Лаборатория исследований источников света «Архилайт»

Руководители:

Архипов Александр Леонидович,

Никифоров Сергей Григорьевич, доктор технических наук.

Задача высечь огонь из чего бы то ни было, сопутствовала человечеству всю историю его существования. Однако на определенном этапе, огонь, полученный с помощью кремния, разделился на большое количество функций, одной из которых является его важная составляющая – свет. По-разному решалась задача добывания огня в прежние века, но в этой книге речь пойдет о самом современном способе получения света из камня, и о самом совершенном методе измерения его характеристик.

Почему мы создали «АРХИЛАЙТ»

Сейчас даже любой школьник может очень легко измерить расстояние, вес, силу тока, время, давление и множество величин. Но оказалось, что измерить характеристики света и цвета — очень непростая, как кажется на первый взгляд, задача даже для взрослых, да так, чтобы было еще и точно. Соответственно, 99,99% (а может, и больше) людей пользуются только одним средством измерения параметров света — собственными глазами. Однако, несмотря на то, что глаз человека является самым совершенным фотометрическим прибором в своем диапазоне длин волн, такое «измерение» абсолютно субъективно, и поэтому порождает многозначность его результатов. Но насколько ни был бы совершенен наш зрительный аппарат, безусловно, он имеет разброс по своим метрологическим, если можно так выразиться, характеристикам: все мы видим по-разному цвет, воспринимаем освещенность и яркость. Этот разброс можно определить количественно, но до сих пор нельзя абсолютно уверенно сказать, где истинная точка отсчета.

Создавая нашу фотометрическую лабораторию, мы разработали и воплотили в действие такое метрологическое оборудование, которое позволяет нам находить решения самой важной задачи в фотометрии — современными средствами максимально точно измерять характеристики света, обеспечив таким образом независимость и объективность результатов. При этом мы нашли свой собственный путь в решении этой задачи, создали свои методики исследований, принципиально новые средства измерения. Сделали это с любовью и «от души», опираясь на научное знание. Мы прошли непростой путь — от разработки производственных измерительных систем по определению качества светотехнической продукции до создания независимого аккредитованного центра по сертификационным испытаниям, одного из самых компетентных и современных в России.

Создание фотометрической лаборатория «АРХИЛАЙТ», хотя и не является революционным событием в современной светотехнике и метрологии света, но по праву может считаться продолжением отечественной школы фото-

метрии, всегда считавшейся одной из ведущих в мире. Скорее, «АРХИЛАЙТ» — современное и высокотехнологическое научно-практическое образование, своими возможностями и оборудованием, решающее самые насущные проблемы разработки, производства и использования светотехнических устройств на самом высоком техническом уровне.

И каковыми бы ни были дальнейшие пути продвижения светотехники, как науки, всем совершенно ясно, что нельзя стоять на месте, жизнь требует развития. Еще 10–15 лет назад было невозможно представить, что настолько сблизятся несколько наук: оптоэлектроника, физика полупроводника, светотехника и квантовая механика. Идея созданной лаборатории и состоит в том, чтобы, в конце концов, дать возможность этим направлениям существовать вместе, дополняя друг друга. Совершенно понятно, что только таким образом можно реализовать чаяния наших учителей — родителей полупроводниковой, твердотельной светотехники — смочь рассматривать излучающие гетероструктуры, имея в голове не только опыт разработок в области физики полупроводника, но и знания фотометрии на самом высоком уровне. Это может принести очередные революционные плоды и позволяет выразить надежду, что Нобелевская премия Ж.И. Алферова — вовсе не последняя международная награда для нашей страны в этой области науки.

Статус лаборатории

Лаборатория исследований источников излучения «Архилайт» — это полностью независимое предприятие, предоставляющее услуги по измерениям параметров светотехнических устройств, изучению и исследованию характеристик полупроводниковых излучающих светодиодов и структур, формированию светотехнических проектов на основе собственных измерений. Уникальным является оборудование и опыт по изучению деградации параметров источников света. Одними из самых важных принципов работы лаборатории являются максимальная компетентность, абсолютная объективность и полная гарантия конфиденциальности исследований. Основное оборудование лаборатории было разработано и изготовлено при участии персонала специально для «Архилайт» и позволяет выполнять самые сложные измерения и расчеты фотометрических, колориметрических и энергетических величин излучения, получая их с высочайшей точностью. Не менее чем 15-ти летний опыт работы персонала лаборатории в метрологии светотехнических устройств, исследований в области физики излучающих полупроводниковых гетероструктур позволяет решать широкий круг задач по проектированию устройств светотехники, измерениям и исследованиям характеристик осветительных устройств и приборов световой сигнализации, формированию систем параметров любых источников излучения.

Лаборатория «Архилайт» является аккредитованным испытательным центром в области сертификационных испытаний светотехнических устройств, осветительных приборов и источников света в системе ГОСТ Р — аккредитована Федеральным Агентством по Техническому регулированию и Метрологии на компетентность и независимость и право проведения таких испытаний. Также, лаборатория «Архилайт» является участником (аккредитована на компетентность и независимость в качестве испытательного центра) добровольной системы сертификации промышленной светотехники «ВЦСПС СТАНДАРТ». Область аккредитации (кратко): лампы накаливания, разрядные, оборудование светотехническое, осветительные и сигнальные устройства и устройства оповещения, лампы светоизмерительные, диоды и излучатели полупроводниковые, стекло техническое, оборудование систем освещения автомобилей, тракторов, мотоциклов и сельскохозяйственных машин, арматура светосигнальная, светофоры и прочие средства для регулирования движения. Аттестаты аккредитации - РОСС RU.0001.21МЮ54 и ЖУШ0 RU.AA15001 (рис. 1).

РОСАККРЕДИТАЦИЯ

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО АККРЕДИТАЦИИ № 0007834

АТТЕСТАТ АККРЕДИТАЦИИ

№ РОСС RU.0001.21МЮ54 выдан 28 октября 2016 г.

номер аттестата аккредитации и дата выдачи

Настоящий аттестат выдан Обществу с ограниченной ответственностью "АРХИЛАЙТ"

полное наименование (фамилия, имя, отчество) заявителя

ИНН:7719715314

115408,г. Москва, ул. Братеевская, д. 16, корп. 1, кв. 38

место нахождения (место жительства) заявителя

и удостоверяет, что Испытательная лаборатория ООО "АРХИЛАЙТ"

115114, РОССИЯ, город Москва, наб. Павелецкая, д. 2

адрес места (мест) осуществления деятельности

соответствует требованиям ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009

аккредитован(о) в качестве Испытательной лаборатории (центра)

в соответствии с областью аккредитации, область аккредитации определена в приложении к настоящему аттестату и является неотъемлемой частью аттестата.

Дата внесения сведений в реестр аккредитованных лиц 05 октября 2015 г.

М.П.

Руководитель (заместитель Руководителя) Федеральной службы по аккредитации — подпись — А.Г. Литвак (инициалы, фамилия)

ВЦСПС СТАНДАРТ

СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ВЦСПС СТАНДАРТ

РОСС.RU.31335.04ЖУШ0

АЛ 0005

АТТЕСТАТ АККРЕДИТАЦИИ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ (ЦЕНТРА)

№ ЖУШ0.RU.АА15001

НАСТОЯЩИЙ АТТЕСТАТ ВЫДАН ОБЩЕСТВУ С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АРХИЛАЙТ» ОГРН 1097746003277

115408, г. Москва, ул. Братеевская, д.16, корп.1, оф. 38

И УДОСТОВЕРЯЕТ, ЧТО ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ

ПО АДРЕСУ: РФ, 115114, г. Москва, Павелецкая набережная, д.2.

СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009

АККРЕДИТОВАНА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ ПО ИСПЫТАНИЯМ В СИСТЕМЕ ДОБРОВОЛЬНОЙ СЕРТИФИКАЦИИ «ВЦСПС СТАНДАРТ» (РЕГ. № РОСС RU.31335.04ЖУШ0) В СООТВЕТСТВИИ С ОБЛАСТЬЮ АККРЕДИТАЦИИ. ОБЛАСТЬ АККРЕДИТАЦИИ ОПРЕДЕЛЕНА В ПРИЛОЖЕНИИ К НАСТОЯЩЕМУ АТТЕСТАТУ И ЯВЛЯЕТСЯ ЕГО НЕОТЪЕМЛЕМОЙ ЧАСТЬЮ.

СРОК ДЕЙСТВИЯ АТТЕСТАТА АККРЕДИТАЦИИ с 02.06.2018 по 01.06.2019

РУКОВОДИТЕЛЬ ЦЕНТРАЛЬНОГО ОРГАНА (ЗАМЕСТИТЕЛЬ РУКОВОДИТЕЛЯ) Романов Н.В.

ООО "ВЦСПС"

Рис. 1. Аттестаты аккредитации

Измерительное оборудование и его назначение

Концепция современного метрологического обеспечения научно-практической фотометрической лаборатории предполагает изучение максимально возможного количества параметров источников излучения, а измерение их характеристик является одной из самых ответственных частей ее деятельности. Поэтому подход к разработке и созданию оборудования измерительного комплекса был направлен на интеграцию измерений различных величин в одном месте с одной стороны, и на универсальность такого комплекса без потери метрологических характеристик по отношению к большому динамическому диапазону и типам исследуемых источников с другой. Для осуществления данной программы большинство электронных устройств, механических систем и средств измерения было разработано и изготовлено специально.

Фотометрическая лаборатория «Архилайт» представляет собой измерительный комплекс из 2-х независимых помещений (лабораторий) с отдельными фотометрическими установками. Метрологические возможности оборудования позволяют выполнять прецизионные измерения всех необходимых для оценки и проектирования светотехнических устройств величин, а аналитическая часть оборудования – выполнять любые расчеты. Измерительное оборудование лаборатории ориентировано на измерения параметров полупроводниковых источников излучения, однако это не исключает возможности любых измерений традиционных источников света.

В соответствии с требованиями федерального закона «Об обеспечении единства измерений» и для корректности выполняемых измерений с точки зрения соответствия метрологических характеристик эталонным величинам, все средства измерений лаборатории внесены в Государственный реестр средств измерений (СИ) и имеют соответствующие свидетельства о поверке. Основными средствами измерений фотометрических и колориметрических единиц (разработанных и произведенных непосредственно для «Архилайт») являются:

- установка для измерения силы света и силы излучения и их пространственного распределения «ФЛАКС-7»;
- установка для измерения силы света и силы излучения и их пространственного распределения «ФЛАКС-20»;
- установка спектрометрическая «Спекорд».

Средства измерений лаборатории «Архилайт» делятся по функциональному назначению на следующие категории по видам измеряемых величин.

Фотометрические, радиометрические измерения

Основные параметры: сила света, сила излучения, световой поток, мощность излучения, угловые характеристики излучения, пространственное распределение силы света и силы излучения, формирование файлов формата.ies и др.

- Фотометрическая установка «Флакс-20» (измерительная трасса 0,3–20 м)
- Фотометрическая установка «Флакс-7» (измерительная трасса 0,1–3,0 м)
- Фотометрические головки по ГОСТ 8.023-03
- Радиометрические головки на основе фотодиодов Hamamtsu

В состав установок входят трехкоординатные гониометры с шагом угла поворота 0,02° в обеих плоскостях вращения и регулируемым положением оси вращения (третья координата).

Колориметрические и спектральные измерения

Основные параметры: относительное спектральное распределение плотности энергетической яркости, цветовая температура, координаты цветности, характеристики спектра (длины волн), спектральная световая эффективность и др.

- Спектрометрическая установка «Спекорд» на основе спектрофотометра Specord-S600.

Шаг измерения ОСПЭЯ – 0,5 нм в диапазоне 180-1100 нм
- Колориметр-яркомер Minolta CS100A
- Спектрофотометр Ocean Optics HR4000
- Спектроколориметр – люксметр UPRtek MK350 LED
- Спектроколориметр ТКА - ВД

В состав установки входят образцовые (калиброванные) по СПЭЯ лампы.

Измерение электрических характеристик

Основные параметры: коэффициент мощности, активная и реактивная потребляемая мощность, потребляемый ток, вольт-амперная характеристика и др.
- Измерители электрической мощности
- Прецизионные источники переменного тока (эквивалент сети)
- Измеритель ВАХ (в т.ч. в импульсном режиме)
- Цифровой запоминающий осциллограф
- Измерители электрических параметров цепей (универсальные вольтметры)

Измерение освещенности
- Измерители освещенности (люксметры)

В состав средств измерения входят приборы Testo.

Другие средства измерения и вспомогательная аппаратура
- Система прецизионного питания источников излучения
- Система стабилизации сетевого напряжения
- Измерители геометрических величин (дальномеры, гониометры, штангенциркули)
- Измерители параметров окружающей среды. Приборы серии ИВТМ
- Система питания образцов при тестах на наработку (деградационные испытания) и вторичные источники питания светодиодов

Основные технические характеристики фотометрического оборудования:
- диапазон длин волн: 180–1100 нм
- диапазон измерения силы света: 0,01–80 000 000 кд
- диапазон измерения силы излучения: 0,01–2000 Вт/ср
- минимальный шаг угла поворота в горизонтальной плоскости гониометра: 0,02° (1,2 угловые минуты или 16400 точек силы света в 360°)
- минимальный шаг угла поворота в вертикальной плоскости гониометра: 0,02°
- разрешение спектрофотометра 0,5 нм
- погрешность измерения силы света: не более 3%
- погрешность измерения силы излучения: не более 2–4%
- время измерения углового распределения силы света в 360°: 2–3 сек.

Основные нормативные документы, регламентирующие методы измерений и технические требования к светотехнической продукции
- ГОСТ Р 54350-2015 (взамен ГОСТ 17677-82) Приборы осветительные. Светотехнические требования и методы испытаний
- ГОСТ Р 55702-2013 Источники света электрические. Методы измерения электрических и световых параметров
- ГОСТ Р 55703-2013. Источники света электрические Методы измерения спектральных и цветовых характеристик
- ГОСТ Р 55705-2013 Приборы осветительные со светодиодными источниками света

Общие технические условия
- ГОСТ Р 55706—2013 Освещение наружное утилитарное. Классификация и нормы
- ГОСТ Р 55707—2013 Освещение наружное утилитарное. Методы измерений нормируемых параметров

- ГОСТ Р 55708—2013 Освещение наружное утилитарное. Методы расчета нормируемых параметров
- ГОСТ Р 54945—2012 Здания и сооружения. Методы измерения коэффициента пульсации освещенности
- ГОСТ Р 54944—2012 Здания и сооружения. Методы измерения освещенности
- ГОСТ 25695-91 Светофоры дорожные. Типы. Основные параметры
- ГОСТ Р 53784-2010 Элементы оптические для световых сигнальных приборов железнодорожного транспорта
- ГОСТ Р 56057-2014 Системы светооптические светодиодные для железнодорожной светофорной сигнализации. Общие технические требования и методы испытаний
- ГОСТ Р МЭК 60598-1 – 2003 Светильники. Часть 1. Общие требования и методы испытаний
- ГОСТ Р МЭК 60598-2-22 – 99 Светильники. Часть 2-22. Частные требования. Светильники для аварийного освещения
- ГОСТ Р МЭК 62471-2013 Светобиологическая безопасность ламп и ламповых систем
- Технический доклад МКО «Измерения СИД». Technical report «Measurements of LED's» - CIE127-2007

Документы, регламентирующие требования к средствам измерений и их аттестации

- ГОСТ 8.023-03 «Государственная поверочная схема для средств измерений световых величин непрерывного и импульсного излучений «.
- ГОСТ 8.127-2005. Государственная поверочная схема для средств измерений спектральной плотности энергетической яркости в диапазоне 0,04–0,25 мкм.
- ГОСТ 8.195-89 Государственная поверочная схема для средств измерений спектральной плотности энергетической яркости, спектральной плотности силы излучения, спектральной плотности энергетической освещенности в диапазоне 0,25–25мкм, силы излучения и энергетической освещенности в диапазоне 0,2–25 мкм
- ГОСТ 8.205-90 Государственная поверочная схема для средств измерений координат цвета и координат цветности
- ГОСТ 8.332-78 ГСОЕИ Световые измерения. Значения относительной спектральной световой эффективности монохроматического излучения для дневного зрения
- ГОСТ 8.552-86 ГСОЕИ Государственная поверочная схема для средств измерений потока излучения и энергетической освещенности в диапазоне 0,03–0,4 мкм
- ГОСТ 8.563 – 96 Государственная система обеспечения единства измерений. Методики выполнения измерений.

Имеющиеся нормативные документы дополнены собственными методиками, разработанными непосредственно для измерений и расчетов некоторых необходимых величин.

Компетентность лаборатории соответствует

- ГОСТ Р 51000.4-96. Система аккредитации в РФ. «Общие требования к аккредитации испытательных лабораторий». Госстандарт РФ, официальная копия документа № 036.637
- ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025. «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий». Все светотехнические измерения основаны на существующей международной и российской нормативной базе

Назначение оборудования

По функциональному использованию все оборудование лаборатории делится на 4 части (рис. 2). Одну группу составляют средства

измерения и регистрации различных величин, устройства преобразования их сигналов (АЦП, периферийные устройства), высокоточные источники питания, электромеханические установки и вспомогательные приборы. Эта группа представляет собой фотометрическую установку. Вторая часть оборудования представлена аналитическим центром. В состав лаборатории входит установка для измерения спектральных характеристик на основе спектрофотометра «Specord» S-600. Последняя группа оборудования предназначена для реализации необходимых режимов во время наработки образцов с целью исследования деградации параметров излуче-

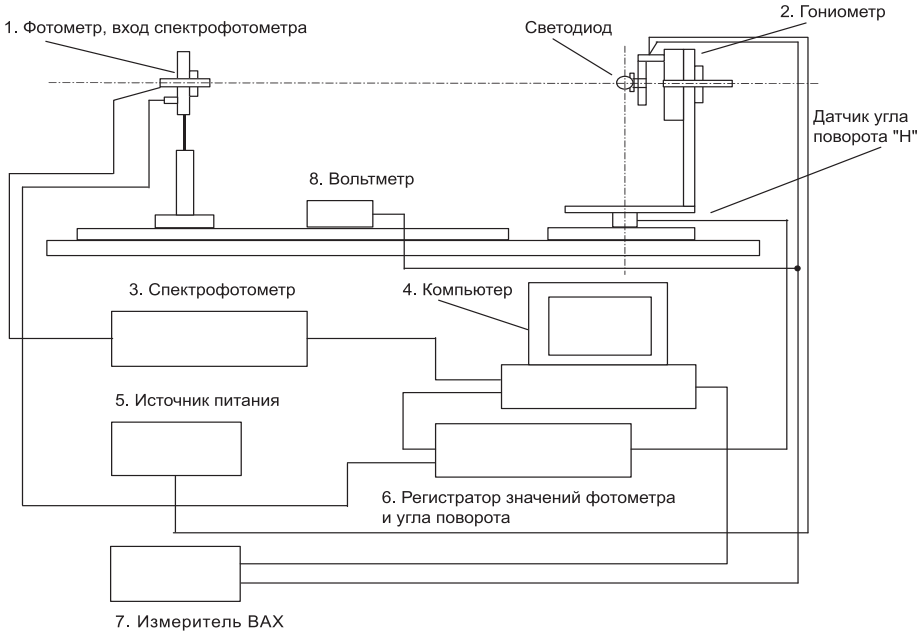


Рис. 2. Блок-схема и внешний вид фотометрического стенда

ния и представлена устройствами обеспечения стабилизированного питания и температурного режима работы источников излучения во время проведения измерений.

Фотометрические установки

В арсенале лаборатории имеется две фотометрические установки «ФЛАКС-7» и «ФЛАКС-20», отличающиеся своими возможностями по измерению значений силы света и размеров исследуемых источников. Для рассмотрения принципов их работы и метрологических характеристик можно воспользоваться описанием одного из них, поскольку в отношении методов измерений пространственного распределения силы света и ее значений, они аналогичны.

Все установки располагается в отдельных помещениях, особой конфигурации и специальной отделки (рис. 2). Поскольку измерения фотометрических величин ведутся в непрерывном режиме (что наиболее корректно с точки зрения физики процесса измерения) без использования модуляции излучения, при котором нельзя проводить измерения непосредственно при внешнем освещении, очень важным требованием к данному помещению является полное отсутствие посторонних засветок, отражений от стен, других поверхностей и посторонних предметов.

Поэтому в помещениях лаборатории, на фотометрической трассе все указанные поверхности отделаны светопоглощающим материалом, обеспечивающим коэффициенты отражения не более 1–1,5%. Помимо этого, в конструкции фотометров (радиометров) применена специальная насадка – бленда, исключающая боковую засветку (рис. 5 в,г). Для наибольшей эффективности нейтрализации внутренних отражений от стенок насадки во входное окно фотометра, бленда выполнена с 2-мя внутренними диафрагмами различного диаметра, и представляет собой усеченный конус с небольшим углом образующей, у которой больший диаметр расположен ближе к фотометрической головке. Длина насадки составляет прибл. 30см, вся конструкция обеспечивает телесный угол зрения фотометрической (радиометрической) головки, образованный плоским в 5–6° (Патент РФ №130404).

Другим, не менее важным требованием является обеспечение необходимого расстояния фотометрирования для выполнения закона «обратных квадратов» при измерении силы света (силы излучения) и ее углового распределения. Исходя их указанных условий, было спроектировано соответствующее помещение. Размеры фотометрической трассы в нем обеспечивают измерительную базу (расстояние от источника излучения до фотометра) до 20 м. Для удобства выполнения измерений источников со средним значением силы света 500–5000 кд и малым размером светящей поверхности (до 0,3×0,3 м) имеется отдельная дистанция фотометрирования — 13 м, со «своим» фотометром. При этом не требуется перенастройка всего тракта стенда – достаточно лишь скоммутировать соответствующие фотометры. Для выполнения измерений небольших световых величин (до 300–400 кд), применяется специальный стол, на котором располагается оптический рельс, позволяющий изменять расстояние фотометрирования в пределах 0,1–2,5м. Большинство средств измерения также располагаются на этом столе в непосредственной близости от гониометра, жестко связанного с поверхностью стола и сьюстированного с фотометром (радиометром), расположенным на рейтере и перемещаемом по рельсу, вторым фотометром, находящимся в конце трассы и третьим – на расстоянии около 13 м. Как говорилось ранее, в качестве фотодатчика может использоваться как фотометрическая, так и радиометрическая головка (Патент РФ №130394). Точность измерения расстояния фотометрирования на любой дистанции не хуже $\pm$1 мм.

Частным случаем измерения углового распределения силы света является измерение ее значения в одной точке. Совокупность этих

точек (значений), соответствующих углу отклонения Ω от произвольно выбранной оси и есть функция пространственного распределения силы света $I_v(\Omega)$.

Процесс измерения углового распределения силы света с помощью установок «ФЛАКС» состоит в следующем. Относительно неподвижных фотометров на некотором расстоянии расположен источник света (осветительный прибор), закрепленный на гониометре и имеющий возможность поворота в горизонтальной и вертикальной плоскостях вокруг своей оси на некоторый известный угол с помощью поворотных устройств (рис. 3).

Каждому повороту на этот известный угол приписывается соответствующее значение силы света, которую измеряет фотометр. Для корректного измерения по этой схеме необходимо одновременное выполнение трех условий:

- Уровень освещенности площадки фотометра должен быть таким, чтобы его преобразователь находился на линейном участке характеристики.

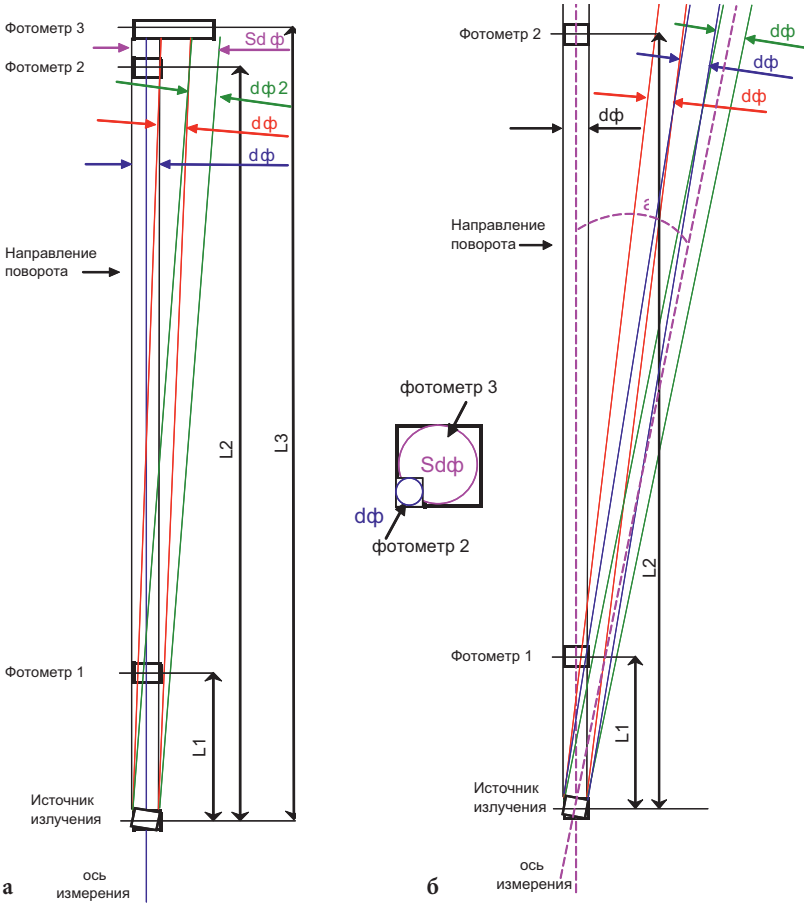


Рис. 3. Схематическое изображение процесса измерения углового распределения силы света: а) с минимальным дискретом угла поворота, оптимизации расстояния фотометрирования и площади фотометра; б) с некорректным выбором минимального дискрета угла поворота и расстояния фотометрирования

- Площадь фотометра должна быть «точечной» по отношению к площади излучения (геометрическим размерам) источника.
- Расстояние от источника до фотометра должно обеспечивать соблюдение двух предыдущих условий.

Все эти условия связаны соответствующим соотношением и являются компонентами закона «обратных квадратов», когда значение элементарной энергии (освещенности), которую фиксирует фотометр с площадью $S_ф \to 0$ изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния с $L \to \infty$ от источника. В этом случае освещенность площадки фотометра E [лк] вырождается в единицу, не зависящую от расстояния — силу света I_v [кд].

Исходя из этих условий и простых физических выводов, нахождение необходимого расстояния от источника излучения до фотометра для корректного выполнения измерений не представляет определенных сложностей. Однако на этот счет существует и рекомендация в ГОСТ Р 54350-2015: «*10.2.2.3. Расстояние фотометрирования, определяемое расстоянием от фотометрического центра гониофотометра до центра приемной поверхности фотометрической головки (с учетом отражения от зеркал при их наличии), должно быть таким, при котором его отношение к максимальному размеру светящей поверхности светильника составляет, не менее: десяти — для осветительных приборов с концентрированной кривой силы света; семи — для осветительных приборов с глубокой кривой силы света; пяти — для осветительных приборов со всеми остальными типами кривой силы света*». Имеются также и рекомендации МКО для расстояния фотометрирования при измерении силы света светодиодов. Документ № 127-2007 CIE предписывает пользоваться двумя стандартными значениями: A — 100 и B — 316 мм при площади фотометра 100 мм^2. Стоит отметить, что на этих рекомендациях и построено большинство стандартных измерительных приборов и установок, используемых производителями светодиодов, на основе измерений которых они формируют свои спецификации и «даташиты», а также осуществляют сортировку по параметрам.

На рис. 3, помимо источника света, показаны несколько фотометров и фотометрическая трасса с различными расстояниями. Для удобства рассмотрения выбраны элементарные световые потоки $d\phi$, формирующие пропорциональную освещенность на площадке фотометра. Они заключены в телесный угол, образованный плоским основанием, равным диаметру площадки фотометра, и при повороте (угловом перемещении) источника света перемещаются в соответствии с минимальным шагом угла поворота. На рис. 3а можно заметить, что при одном и том же угле отклонения источника от оси измерения (повороте), Фотометр 1 и Фотометр 2 оказываются в разных условиях фотометрирования (условиях освещенности потоками $d\phi 0$, $d\phi 1$, $d\phi 2$). Фотометр 2, находящийся на гораздо большем расстоянии $L2$ с каждым шагом поворота освещается разным световым потоком $d\phi$, не пересекающимся с предыдущим и не имеющим с ним разрыва и являющимся его продолжением. В то же время отсутствуют участки диаграммы, не охваченные фотометром, а следовательно, с незафиксированной силой света, как на рис. 3б, где шаг угла поворота α слишком велик, и Фотометр 2 фиксирует только один из шести условных $d\phi$. Это особенно нежелательно при условии, что значения $d\phi 0$, $d\phi 1$, $d\phi 2$, $d\phi 3$ и т. д. не равны (а это бывает в 100% случаев — как теоретически, так и на практике), т. е. значения силы света в этих точках различны. Однако Фотометр 1 при том же угле поворота практически несколько раз фиксирует одно и то же значение силы света, находясь одновременно в режиме, близком к пределу своего динамического диапазона из-за довольно большой разницы сигналов в максимуме и минимуме диаграммы. В этом случае он каждый раз интегрирует части соседних потоков, и поэтому возникает большая ошибка в измерении как самого значения силы света в большинстве точек

углов поворота, так и, как следствие, различных угловых характеристик по разным уровням I_v и особенно светового потока. Таким образом, получается, что расстояние фотометрирования L2, при котором элементарные потоки $d\phi 0$, $d\phi 1$, $d\phi 2$ (рис. 3а) не пересекаются, является оптимальным для измерения пространственного распределения силы света данного источника излучения с минимальной ошибкой, в пределе определяемой только точностью фиксации угла поворота и погрешностью фотометра. Однако здесь имеется еще и Фотометр 3, площадь которого существенно (в девять раз) больше площади Фотометра 2. Находясь на большем, чем Фотометр 2 расстоянии, тем не менее, он также одновременно засвечен всеми потоками $d\phi 0$, $d\phi 1$, $d\phi 2$, образующими на рис. 6а суммарный поток $\Sigma d\phi$. Таким образом, измеренная им сила света окажется результатом интегрирования элементарных потоков и ее значение будет одно, вместо девяти различных. На сноске к рис. 3 наглядно показана разница в пятне засветки различающихся по площади Фотометров 2 и 3, указывающая на существенное различие в разрешении измерения силы света. Отсюда совершенно понятно, что каким бы ни был малым минимальный угол поворота гониометра, он не сможет обеспечить физическое разрешение диаграммы по этому углу с фотометром такой площади. Таким образом, все перечисленные обстоятельства — это и есть подтверждение трех условий корректности измерений, описанных выше. Другими словами, для обеспечения высокой точности фотометрических измерений необходимо выбрать такое расстояние фотометрирования и такую площадь фотометра, чтобы, с одной стороны, каждый последующий шаг угла поворота обеспечивал новый элементарный поток, освещающий фотометр, а с другой — не позволял формировать разрывы между соседними $d\phi 0$, $d\phi 1$, $d\phi 2$, $d\phi 3$ (рис. 3.), т. е. угол поворота должен быть в приближении равен телесному углу, образованному плоским с основанием, равным диаметру площадки фотометра. Только тогда мы получим корректно измеренное фотометрическое тело источника с заданным физическим разрешением и рассчитаем производные единицы (световой поток) с предельно высокой точностью. Стоит отметить, что именно описанные условия фотометрирования лежат в основе построения описанных ранее установок «Флакс» (Патент РФ №130394), где простой расчет геометрических размеров фотометрических трасс и соответствующих характеристик фотометров показывает, что заявленное физическое разрешение измерения силы света с шагом угла поворота 0,02° обеспечено. Практика измерений силы света и ее пространственного распределения гониофотометрическим методом, а также расчетов светового потока при отклонении от обсужденных условий даже в небольшой степени, свидетельствует о возможности получения ошибки до 20% (как правило, в большую сторону), что сравнимо с точностью измерений в сферическом интеграторе, а некорректные измерения узконаправленных источников света искажают расчеты светового потока в разы.

Гониометр имеет возможность подсоединения к цепям питания и закрепления на своей поворотной части источников излучения любой конфигурации, размером до 1,8×1,8 м и весом до 50 кг (для возможности измерения светотехнических характеристик любых светильников и устройств на основе ламп или светодиодов: модулей, светильников, прожекторов, светоблоков, светофоров и т. д., имеющих большую массу и размеры). Для исключения влияния механических вибраций при угловым перемещением гониометра во время измерения и передаваемых стенду от пола здания, стол имеет значительную (не менее 500 кг) массу, и особый, регулируемый по высоте для юстировки постамент. Вся конструкция расположена на специальных виброопорах, гасящих возможные колебания пола и стен. Гониометр установки «Флакс-20» имеет 2 перпендикулярные плоскости вращения измеряемого источника, образуя 2 координаты сканирования его фотометрического тела. Третья

переменная координата установки пространственного положения источника образована особым устройством безлюфтового перемещения всей базы гониометра относительно оси вращения поворотной платформы (рис. 4) (Патент РФ №130394).

Этим достигается идеальное положение центра вращения и оптического центра закрепленного на нем источника относительно системы отсчета координат углового пространственного перемещения взаимно перпендикулярных платформ гониометра. Для регистрации значений углов поворота в обеих перпендикулярных плоскостях применены инкрементные оптические датчики с разрешением угла поворота 0,02°.

Особо стоит отметить возможности фотометрических установок для измерений параметров люминесцентных ламп и ламп накаливания: помимо определения светового потока возможно получение диаграмм пространственного распределения силы света, что для ламп с несимметричным и широким распределением представляет большую сложность. Получение таких характеристик наиболее актуально, например, для ламп со встроенным отражателем, светодиодных ламп, автомобильных ламп.

Фотометрические установки укомплектованы несколькими фотометрическими и радиометрическими датчиками, имеющими одинаковый интерфейс для подключения к контроллеру. Таким образом, можно в зависимости от метрологической задачи исследования источника излучения оперативно пользоваться необходимым датчиком, не меняя схемы измерений.

Фотометр (рис. 5б, в) выполнен на основе фотометрической головки типа ГФ, разработанной с применением кремниевого фотодиода типа ФД 288 (прошедшего процесс старения для стабилизации параметров), и скорригированной под функцию видности глаза $V(\lambda)$. Расчет коэффициента преобразования фотометра для конкретного спектрального распределения излу-

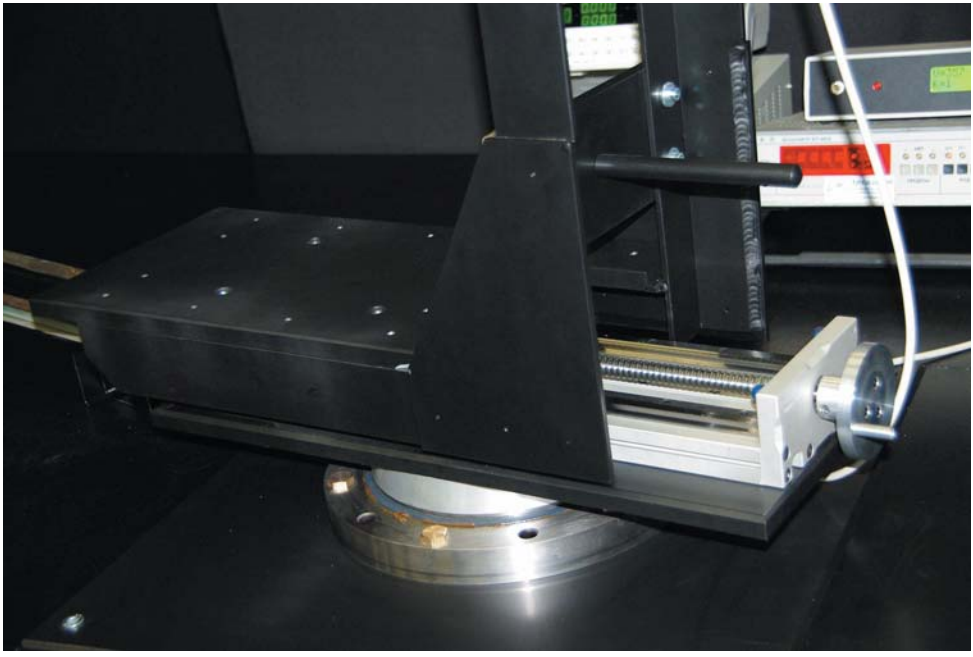


Рис. 4. Регулировочное устройство положения горизонтальной оси вращения гониометра стенда «Флакс-20»

чения измеряемого образца позволяет исключить систематическую составляющую погрешности измерений, связанную с переходом от источника типа «А» (калибровка эталонной фотометрической головки) к спектру излучения этого источника. Поправочный коэффициент рассчитывается для каждого измерения источника, если был изменен его электрический или иной режим.

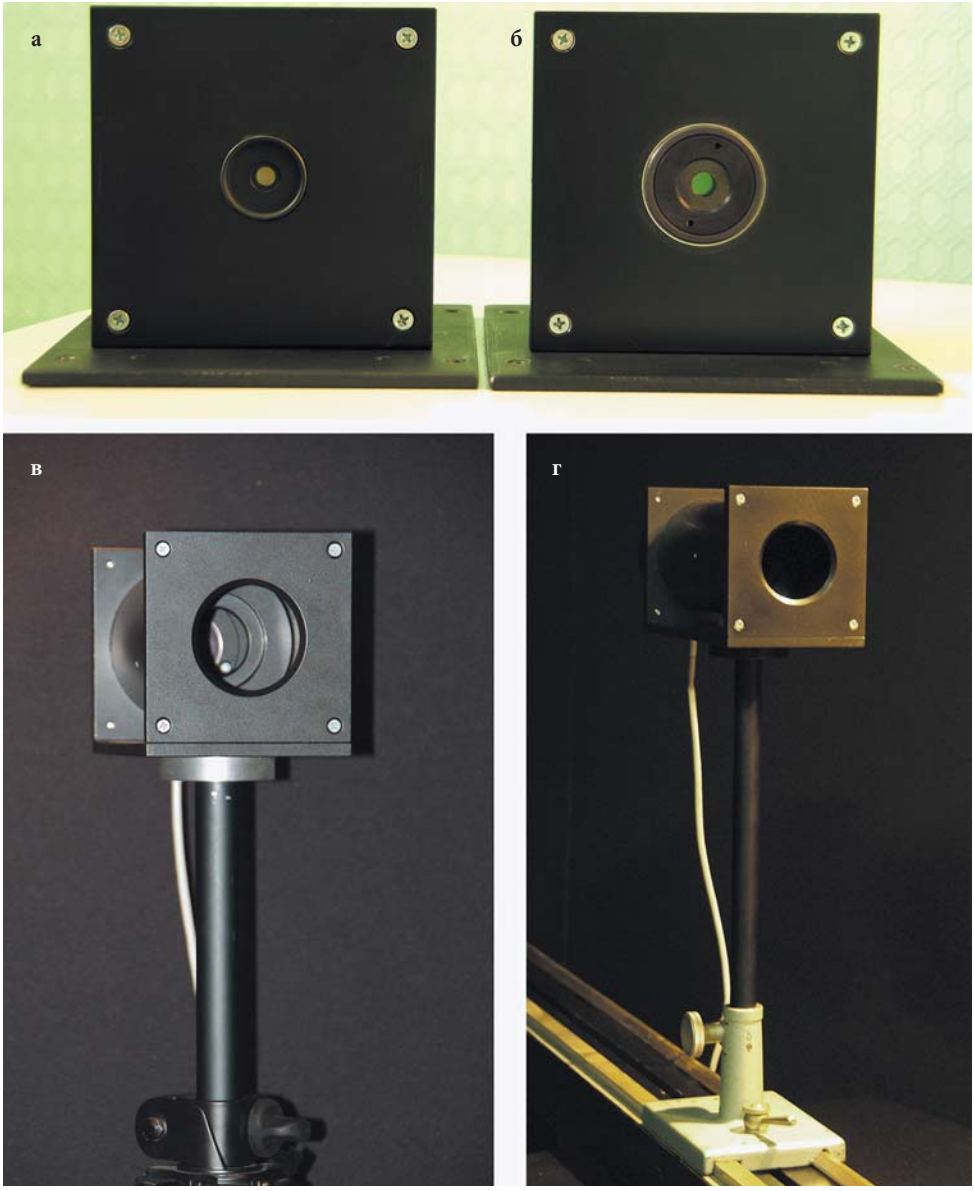


Рис. 5. Головки установок типа «Флакс»: а) радиометрическая; б) фотометрическая; в, г) фотометр (радиометр) с блендой (Патент РФ №130404)

Погрешность нелинейности фотометрической головки не более 3%.

Отдельно следует остановиться на радиометрических измерениях энергетических характеристик источников излучения. Применение калиброванных радиометрических датчиков типа ГР (рис. 5а, г) собственных конструкций на основе высокостабильных фотодиодов фирмы Hamamatsu сводит к минимуму погрешности измерения силы света и расчетов светового потока из-за отсутствия корригированных под кривую видности V(λ) фильтров, применяемых в фотометрах. Данное обстоятельство наиболее актуально при измерении параметров излучения полупроводниковых структур в фиолетовой или длинноволновой красной части спектра, где погрешность фотометров может доходить до 25%, в отличие от 2–3% погрешности радиометра. Это относится и к корректности измерений характеристик светодиодов, построенных по системе синий кристалл–люминофор из-за большой доли совокупной энергии излучения, лежащей в синем диапазоне (Патент РФ №130404).

Для устранения возникновения возможных помех в тракте передачи малых значений фототока от фотометра (радиометра), непосредственно за ним, на расстоянии не более нескольких сантиметров расположен блок с усилителем сигнала и АЦП. Выходной сигнал с фотометра на регистратор значений передается в цифровом виде. Это обеспечивает высокую помехозащищенность и верность передачи информации от фотометрической головки на всем расстоянии фотометрирования, которое, как говорилось, может составлять до 20 м. Это обстоятельство позволяет измерять очень малые значения световых величин без опасения искажения при передаче, тем самым существенно расширяет динамический диапазон установки.

Площадь активного окна одного из фотометров составляет 100 мм^2. Это соответствует требованиям МКО (также МКО предписывается пользоваться двумя стандартными значениями расстояния фотометрирования: А — 100 мм и В — 316 мм). Однако довольно стабильная тенденция существенного увеличения силы света источников, и светодиодов в частности, тяготеет к применению фотометров с меньшей площадью активного окна и большим расстоянием фотометрирования. В таком случае, меньшая площадь апертуры фотометра позволяет наиболее точно измерять диаграмму пространственного распределения силы света по причине малого дискрета угла поворота гониометра (0,02° или 1,2 угловые минуты) и поэтому вероятности пересечения световых потоков соседних точек, интегрированных фотометром с большой площадью, будут минимальны. Это значительно повышает точность измерения диаграмм пространственного распределения излучения. В практике измерений характеристик источников света в лаборатории применяются методики собственных разработок или комбинируются с общепринятыми. Необходимо отметить, что конструкция поворотной части гониометра позволяет без потери указанной точности производить измерения любых – даже самых сложных светотехнических устройств в 3-х системах координат (по ГОСТ Р 54350-2015): С-γ, В-β и в системе координат распределительного фотометра ближнего поля. Обозначенные возможности показаны на рис. 6.

Гониометр имеет датчик угла поворота в горизонтальной плоскости, способный регистрировать угловое перемещение платформы вместе с закрепленным на ней источником в размере 1,2 угловой минуты. Также в виде цифрового кода информация с датчика передается в блок регистрации значений, где каждому дискрету угла Ω присваивается свое значение силы света I_{vi}, информация о котором, соответственно, поступает с АЦП фотометра. Регистратор значений также автоматически определяет шкалу значений фототока, в пределах которой будет проходить измерение. Далее вся обработанная последовательность передается в компьютер через скоростной USB-порт в виде таблиц со значениями углов поворота и соответствую-

щим им значениям силы света. Синхронизация работы системы осуществляется от тактовой частоты компьютера с помощью специально разработанного программного обеспечения. Скорость регистрации указанных параметров позволяет измерить диаграмму пространственно излучения силы света во всей плоскости (поворот на угол 360°) с фиксацией порядка 16400 точек дискретов (значений силы света) за 2–3 сек. При этом возможно многократное повторение поворотов гониометра и автоматическое вычисление среднего значения силы света в каждой точке, независимо от числа прохождения фотометра через нее. С помощью комбинаций поворотов в 2-х плоскостях закрепленного на гониометре светодиода можно получить диаграммы углового распределения излучения в любой плоскости, в пределе получив объемный вид этой диаграммы и, соответственно, распределение силы света (силы излучения) в 4π ср (Патент РФ №130394).

Основные технические характеристики установки «Флакс-20»:

- диапазон длин волн: 190–1100 нм;

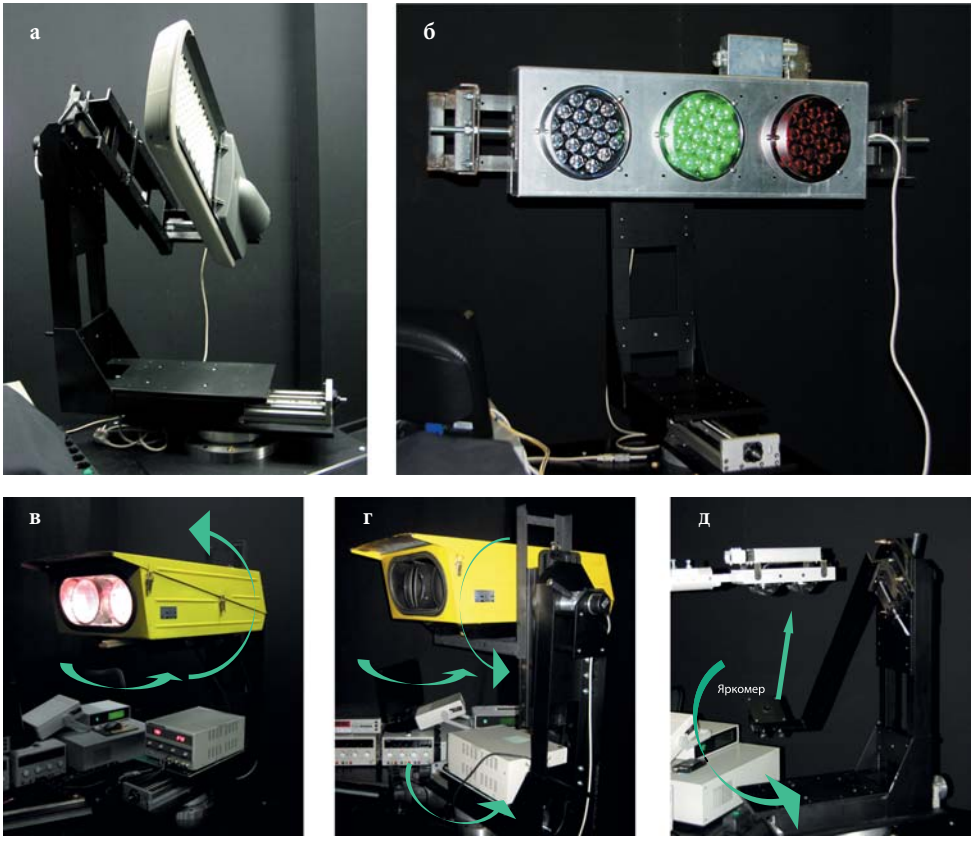


Рис. 6. Измерение: а) пространственного распределения силы света уличных светильников в системе C-γ; б) пространственного распределения силы света в системе C-γ и соосности светооптических систем ЖД светофорной головки (угол излучения 2Θ по уровню 0,5Iv — 3°, сила света — до 20 000кд); в, г) пространственного распределения силы света прожекторов (глиссадных аэродромных огней) в системах C-λ и B-β (угол излучения (2Ω) по уровню 0,5Iv —— до 3°, сила света — до 150 000кд); д) измерение поля яркости, габаритной яркости и других характеристик осветительного прибора в режиме гониофотометра ближнего поля

- диапазон измерения силы света: 0,01–80 000 000 кд;
- диапазон измерения силы излучения: 0,1–2000 Вт/ср;
- минимальный шаг угла поворота в горизонтальной плоскости гониометра:0,02° (1,2 угловые минуты или 16 400 точек силы света в 360°);
- минимальный шаг угла поворота в вертикальной плоскости гониометра: 0,02°;
- погрешность измерения силы света: не более 3%;
- время измерения углового распределения силы света в 360°: 2–3 сек.

Стенд позволяет измерять силу света источников излучения в двух рекомендованных МКО геометриях:

- стандартные условия МКО типа «А» с расстоянием фотометрирования 0,316м;
- стандартные условия МКО типа «В» с расстоянием фотометрирования 0,100м.

Для корректных расчетов световой эффективности светильников в комплекте с фотометрической установкой имеется измеритель электрической мощности, одновременно контролирующий все электрические характеристики сетевого питания светотехнических устройств во время измерений. Таким образом, возможно одновременное измерение светотехнических параметров и контроль коэффициента мощности, напряжения и потребляемого тока. Стоит добавить, что в лаборатории организована стабилизация всего использующегося для питания метрологической аппаратуры и исследуемых образцов сетевого напряжения с точностью поддержания его значения ~230 +3,5%.

Фотометрический стенд второй лаборатории «Флакс-7» (рис. 7) по основным характеристикам идентичен первому. Отличием является меньшее расстояние фотометрирования (0,1–4 м) и наличие прецизионных источников тока для питания полупроводниковых источников излучения.

В комплект стенда входит аппаратура для визуального исследования излучающих кристаллов и светодиодов на их основе, определения производственных дефектов при монтаже кристаллов. В совокупности с измерениями фотометрических и электрических характеристик возможно определение качества большинства технологических операций при производстве полупроводниковых излучающих приборов. Однако самая достоверная оценка качества про-

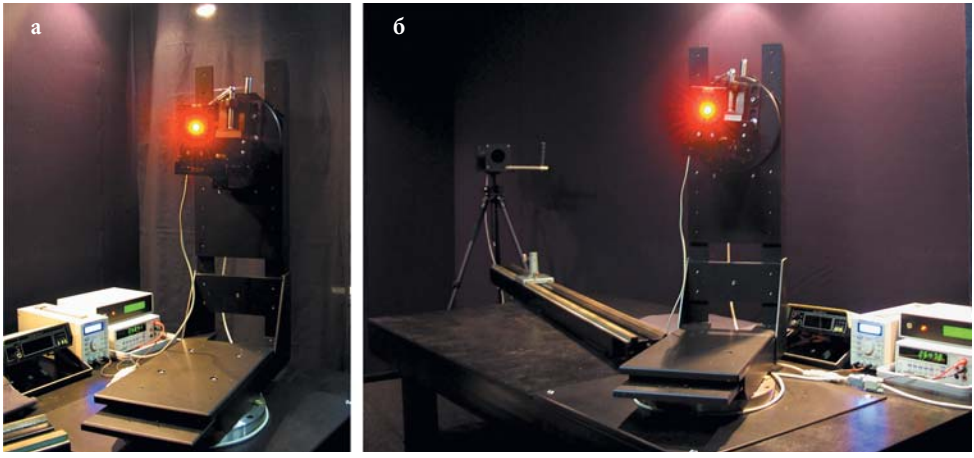


Рис. 7. Фотометрический стенд «Флакс-7». Гониометр и общий вид.

изведенных устройств проводится с помощью исследования деградационных характеристик по методикам собственных разработок. Также в гониометре применена специальная оснастка для подключения и измерения светодиодов любых конструкций корпусов. Имеется возможность измерения комплекса фотометрических и спектральных характеристик излучения светодиодов одновременно с фиксацией электрических параметров и режимов, вольт-амперных характеристик. Фотометрический стенд второй лаборатории ориентирован для проведения исследований в области физики полупроводниковых излучающих структур, реализации научных и производственных программ по изучению деградации параметров светодиодов, кристаллов и гетероструктур.

Следует отметить, что описанное размещение и укомплектованность оборудования (в независимых помещениях) позволяет выполнить условие, когда оба стенда могут использоваться лабораторией одновременно, абсолютно не влияя друг на друга при проведении любых измерений.

По результатам измерений с помощью описанных стендов, возможно определение (расчет) следующих светотехнических, энергетических и фотометрических величин (неполный перечень):

- сила света в любой точке диаграммы пространственного распределения излучения источника, *Iv* [кд];
- энергетическая сила света в любой точке диаграммы пространственного распределения излучения источника в диапазоне 185–1100 нм, I_p [Вт/ср];
- диаграмма углового распределения силы света (индикатриса, кривая силы света) в любой плоскости пространства, $I_v(\Omega)$ [кд(град)] (рис. 8);
- световой поток, Ф [лм]. Измерение светового потока выполняется

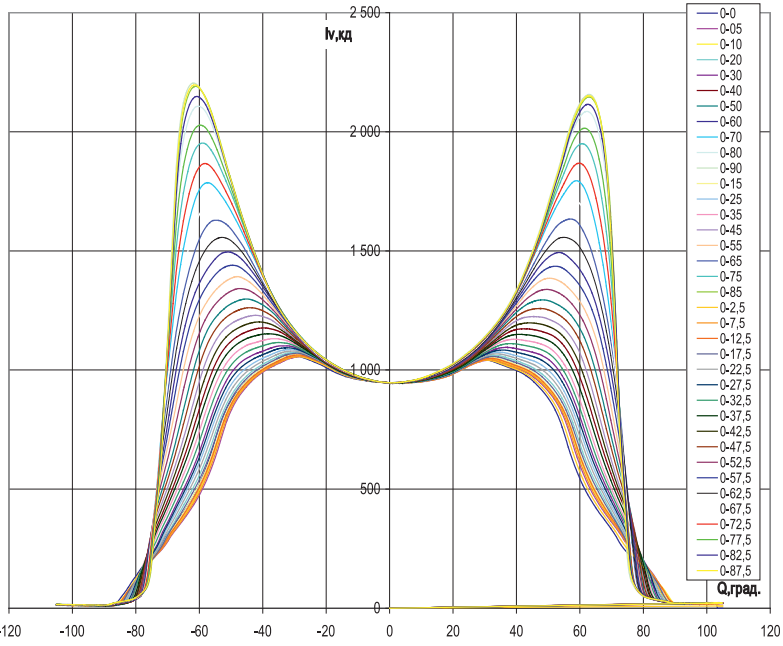


Рис. 8. Угловое распределение силы света в основных плоскостях излучения светильника

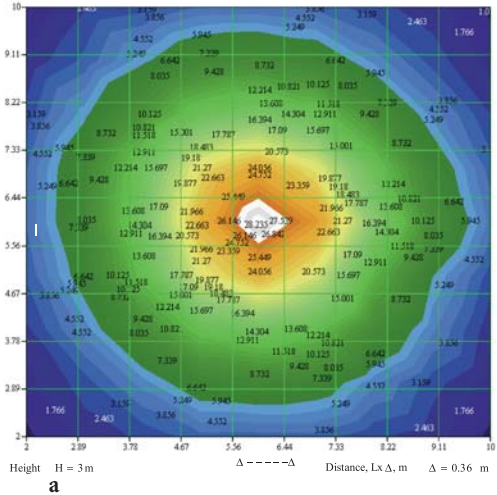
гониофотометрическим методом, как наиболее точным.

- распределение светового потока по любым уровням силы света или углам излучения в пределах диаграммы пространственного распределения, Φ(Ω) [лм(град)].
- распределение плотности светового потока по углу излучения, $r\Phi(\omega)$ [лм/ср)];
- диаграмма углового распределения силы излучения в любой плоскости пространства, I_p (Ω) [Вт/ср(град)];
- распределение мощности излучения в пределах фотометрического тела (рис. 7б) P(W) [W(deg)];
- угловые характеристики излучения по любым уровням силы света, силы излучения $\Omega(n\times I_v)$ [град (n×кд)], $\Omega(n\times I_p)$ [deg (n×Вт/ср)];
- яркость источника излучения, L [кд/м^2];
- энергетическая яркость источника излучения, L [Вт/(ср×м^2)];
- мощность излучения интегральная, P [Вт];
- освещенность поверхности от исследуемого источника излучения на любом расстоянии от него, E [лк];
- энергетическая освещенность поверхности от исследуемого источника излучения на любом расстоянии от него, E [Вт/м^2];
- распределение освещенности (энергетической освещенности) поверхности в зависимости от пространственной диаграммы распределения излучения источника (рис. 9а) или системы источников на любом расстоянии от него (них), $E(\Omega)$ [лк(град)];
- фотометрическое тело источника;
- световая эффективность, K [лм/Вт эл];
- КПД излучения, K_p [Вт опт /Вт эл];
- КПД светильника [%].

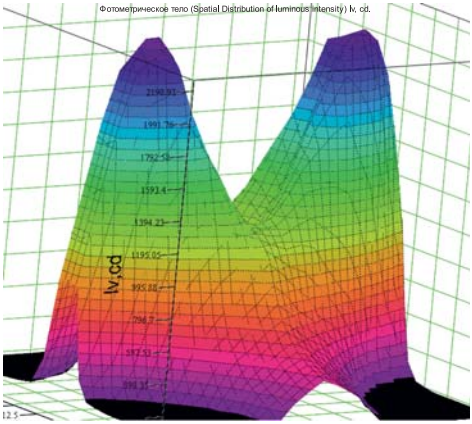
Важным дополнением к фотометрической установке является измеритель вольт-амперных характеристик (ВАХ) светодиодов и излучающих кристаллов (рис. 10).

Измеритель ВАХ был разработан с учетом возможности измерений подавляющего большинства электрических характеристик светодиодов. Он представляет из себя программно управляемый источник тока с его калиброванными значениями.

Весь диапазон рабочих токов до 100 мА разбит на 2 поддиапазона: 0–10 мА с возможностью установки



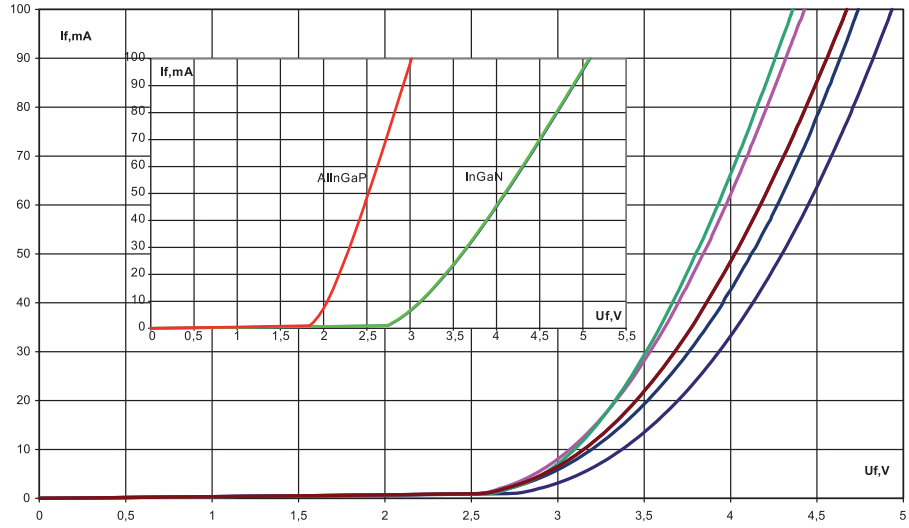
а



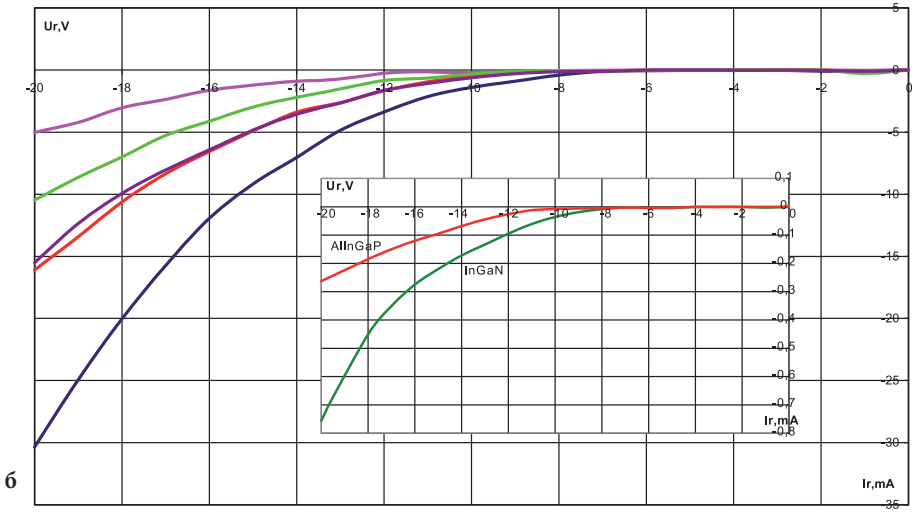
б

Рис. 9. а) Пример распределения освещенности поверхности от источника; б) фотометрическое тело, построенное на основе диаграмм рис. 7б)

минимального дискрета тока 0,01 мА (1000 точек) для более точного измерения экспоненциального участка ВАХ светодиодов и 0–500 мА и более с возможностью установки минимального дискрета тока 0,1 и 1 мА. Прямое падение напряжения на измеряемом приборе по отдельной линии подается на компаратор сигнала и впоследствии поступает на АЦП. Быстродействие ограничено необходимым временем на формирование импульса заданного значения тока, фиксации аналогового напряжения на нагрузке, его «оцифрением» и передачей в компьютер в режиме реального времени.



а



б

Рис. 10. Вольт-амперные характеристики (ВАХ) светодиодов: а) прямые; б) обратные (на сносках показаны примеры ВАХ для различных материалов излучающих кристаллов)

Также предусмотрена возможность изменения времени измерения между дискретами в диапазоне 20 мс–30 мин для реализации режимов импульсного и разогревающего действия тока. Эта функция имеет 2 режима: независимо от установленного времени между измерениями, можно задавать любое значение тока в паузе между этими измерениями, тем самым устанавливая необходимую степень теплового действия тока или моделируя различные электрические режимы работы светодиода в реальных условиях. Измерение ВАХ обратной ветви (рис. 10б) обеспечивается подачей на светодиод обратного смещения до -20 В. Однако здесь алгоритм работы устройства меняется на противоположный и заданным значениям обратного напряжения U_r будут присваиваться соответствующие значения обратного тока I_r в диапазоне до 500 мА. Обработка результатов измерения производится по аналогичному принципу, описанному для прямой ветви ВАХ. Обратное напряжение U_r можно устанавливать с точностью до 0,1 В. Всю последовательность измерений и установку необходимых значений обеспечивает программное обеспечение, также разработанное для совместной работы с измерителем ВАХ. Реализация указанных электрических режимов светодиодов этим устройством во всей полноте используется и при измерении светотехнических характеристик. Для этого разъем на плате гониометра, на которую устанавливается светодиод, имеет совместимую с разъемом источника питания распайку, поэтому достаточно переключить эти разъемы и программная установка электрических режимов с помощью измерителя ВАХ одновременно будет соотнесена со светотехническими характеристиками светодиода. Особенно удобно пользоваться таким сочетанием, когда необходимо достаточно точно измерять люмен-амперную характеристику (ЛАХ): время

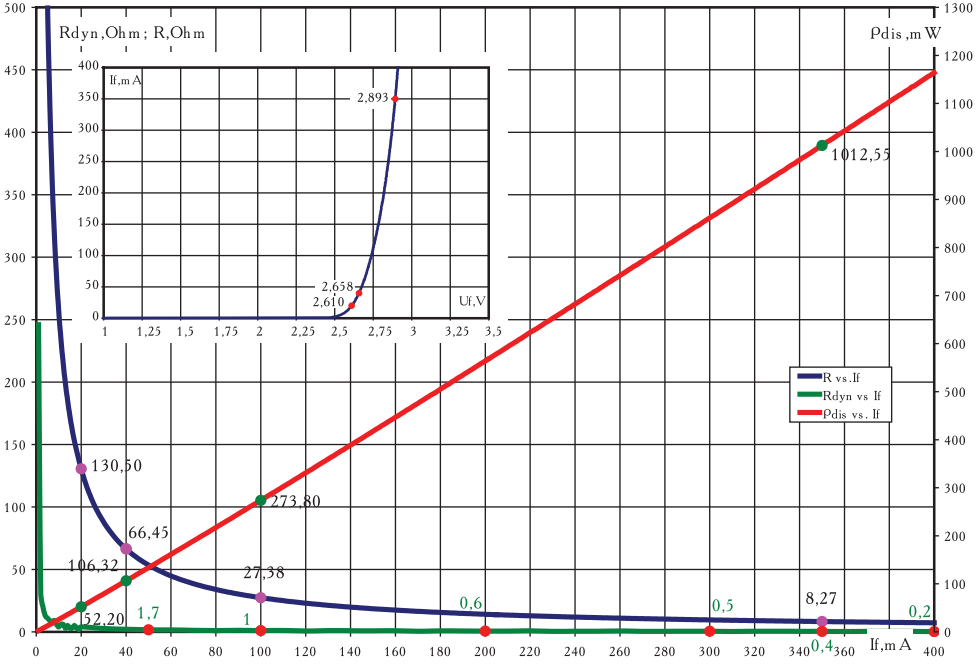


Рис. 11. Потребляемая электрическая мощность P_{dis} и динамическое сопротивление R_{dyn} (на сноске сверху показана исходная прямая ВАХ)

установления термодинамического равновесия работающего светодиода задается программой, а фотометр фиксирует значение силы света через это время.

Имеется опыт по исследованиям зависимостей светотехнических параметров источников излучения от формы протекающего тока. Возможно исследование временны*х* параметров импульсного излучения от характеристик модулирующего питающего тока и расчеты динамического сопротивления и потребляемой мощности (рис. 11).

С помощью указанной установки возможно также и косвенное измерение температуры *p-n*-перехода кристалла светодиода. Однако следует отметить также, что судить о температуре *p-n*-перехода можно, изучая спектральные свойства излучения этого перехода, например по сдвигу максимума спектра излучения. Подобные более или менее успешные попытки измерения предпринимаются на основе анализа спектрального распределения излучения, но совершенно не могут быть рекомендованы как инструмент для разработчика, так как требуют детальных знаний о спектрах применяемых приборов, которые легко могут меняться от случая к случаю в зависимости от типа применяемых светодиодов или светодиодных кристаллов. На сегодняшний момент наиболее точным и адекватным следует считать способ измерения температуры *p-n*-перехода по прямому падению напряжения на переходе при протекании через него определенного измерительного тока. Известно, что повышение абсолютной температуры перехода светоизлучающих кристаллов приводит к практически линейному понижению прямого падения напряжения на переходе во все интересном для практики диапазоне температур -40…+120 °С. Соответствующий температурный коэффициент напряжения (ТКН) может зависеть от типа применяемых кристаллов. У последовательно соединенных в цепочку светодиодов температурный коэффициент напряжения (ТКН) всей цепочки будет в соответствующее число раз больше, в зависимости от количества светодиодов в цепочке. Зная этот коэффициент и измеряя прямое падение напряжения на переходе при фиксированном измерительном токе можно с весьма высокой точностью (на практике до долей градуса) судить о реальной температуре *p-n*-перехода.

Очевидный недостаток такой методики измерения состоит в том, что любой измерительный ток, протекая через *p-n*-переход, нагревает его и, следовательно, несколько меняет его текущую температуру в сторону увеличения. Этот недостаток преодолевается подачей на переход измерительный ток в виде кратковременных, длительностью в несколько микросекунд, импульсов. Если импульсы подавать на светодиод достаточно редко, с частотой в несколько Гц, то ни за время действия одного импульса, ни за длительное время измерений температура перехода измениться не успеет, точнее, изменится крайне незначительно из-за очень малой мощности, подводимой к светодиоду в процессе измерений. В то же время, определяя прямое падение напряжения на переходе в процессе воздействия импульса, можно получить достоверную информацию о реальной температуре перехода в этот момент. В промежутках между импульсами измерительного тока на светодиод можно подавать любой допустимый нагревающий (рабочий) ток, прерывая его только на момент возникновения измерительного импульса.

В описываемой установке измерительный ток может быть выбран по усмотрению оператора от единиц до тысяч мА. Это позволяет работать со светодиодами практически любых размеров, вплоть до самых мощных. При этом в измерениях можно независимо устанавливать нагревающий ток в пределах 0–1000 мА. Светодиод подключается к измерительному прибору по четырехпроводной схеме, позволяющей исключить погрешность, связанную с падением напряжения на соединительных проводах, которая оказывается довольно значительной при больших токах.

Другой существенной особенностью разработанной методики является необходимость каким-либо образом получить сведения о температурном коэффициенте напряжения для исследуемых светодиодов. Такие данные можно было бы получить при наличии климатической камеры, которая позволила бы произвести измерения с диодом или кластером при различных температурах. Однако для определения ТКН отдельных светодиодов был изготовлен т.н. «термостол», т. е. компактное устройство, позволяющее поддерживать стабильную температуру небольшой платы со светодиодом в диапазоне +10…+150 °С. Устройство представляет собой небольшую плату из дюралюминия с платиновым температурным датчиком на ней, которая может подогреваться или охлаждаться при помощи установленных один на другом двух элементах Пельтье. Температура внешней поверхности пластины, на которой закрепляется плата с исследуемым светодиодом, контролируется платиновым датчиком температуры фирмы Honeywell и специально сконструированным контроллером на базе температурного контроллера Autonics. Все устройство позволяет в процессе измерений программировать контроллер на любое желаемое значение температуры из указанного диапазона и далее, после достижения требуемого значения, поддерживать температуру верхней поверхности пластины в пределах +0,2 °С. Нижняя граница рабочего диапазона температур определялась точкой росы, поскольку прибор был открыт и при достаточно низкой температуре платы, влажность в лаборатории, в виде оседающей на пластину росы, определяла нижнюю достижимую границу температур. Верхний предел температур определяется максимальной рабочей температурой перехода. Если удалить плату со светодиодом с термостола и измерить прямое падение напряжения на ней при каком-нибудь нагревающем токе, то пользуясь полученным графиком можно легко установить, какую именно температуру имеет *p-n*-переход при выбранном уровне нагрева.

Оба прибора, измеритель прямого падения и «термостол» позволяют определить тепловое сопротивление отдельного светодиода. Следует добавить, что конструкция «термостола» позволяет закрепить его на гониофотометре, расположив исследуемый диод или кластер на пластине 60×60 мм и произвести любые измерения в контролируемых по температуре условиях, что позволяет например, проконтролировать данные, предоставляемые производителем в части температурной зависимости силы света и зависимости силы света от уровня тока, протекающего через диод.

Установка для измерения колориметрических параметров и спектральных характеристик

Установка для измерения колориметрических параметров и спектральных характеристик «Спекорд» (рис. 12). Стенд построен на основе спектрофотометра Specord S600. Опорным источником является калиброванная по СПЭЯ галогенная лампа. Стенд имеет возможность перемещения по обеим лабораториям для измерений спектральных характеристик на любом расстоянии фотометрирования, а применение дополнительной прецизионной оптики фирмы Hellma позволяет «вырезать» для измерения очень узкий сектор потока излучения из всей пространственной диаграммы, что используется при измерении зависимости спектрального распределения плотности энергетической яркости от угла излучения. Это достигается близким взаимным расположением оптического входа спектрофотометра (площадка оптоволоконного удлинителя диаметром 4мм), и входного окна фотометра (радиометра). Таким образом, одновременно с фиксацией значения силы света (силы излучения) возможно измерение ОСПЭЯ и получение подробной характеристики распределения характеристик спектра по пространственной диаграмме излучения (рис. 14). Последняя функция крайне важна для оценки параметров люминофорных светодиодов на основе кристаллов InGaN.

Основные технические характеристики измерительной установки:

- диапазон длин волн: 182–1100 нм;
- спектральное разрешение во всем диапазоне: 0,5 нм;
- воспроизводимость установки длины волны: не хуже ±0,05 нм;

Функциоанальные возможности установки:

- измерение относительного спектрального распределения плотности энергетической яркости.

Дальнейшая математическая обработка позволяет определить следующие характеристики:

- относительное спектральное распределение мощности излучения P(λ) [A.U.(нм)] (рис. 13б);
- абсолютное спектральное распределение мощности излучения (светового потока) (при соотв. измерении интегральных энергетических единиц излучения) P(λ) [A.U.(нм)];
- координаты цветности X,Y,Z (рис. 13а);
- относительную (коррелированную) цветовую температуру T [K] (рис. 13а);
- полуширину спектра FWHM [нм];
- ширину спектра по любому уровню отн. энергетической яркости;
- индекс цветопередачи Ra (CRI);
- доминирующую (относительно любого стандартного источника), центроидную, максимальную длины волн: λD, λ_{cen}, λ_{max} [нм];
- спектральную световую эффективность (Коэффициент лм/Вт опт);
- измерение интегральных и спектральных коэффициентов пропускания материалов в проходящем излучении во всем диапазоне длин волн 185–1100 нм.

В аналитическом арсенале лаборатории имеется программа расчета индекса цветопередачи (*Ra*, CRI), позволяющая определять этот параметр с высокой точностью. И, хотя расчет CRI опирается на вычисленное до этого значение коррелированной цветовой температуры, которое по причине своей относительности не может быть определено точно, тем не менее, указанная программа позволяет рассчитать индекс цветопередачи относительно коррелированной цветовой температуры с разрешением

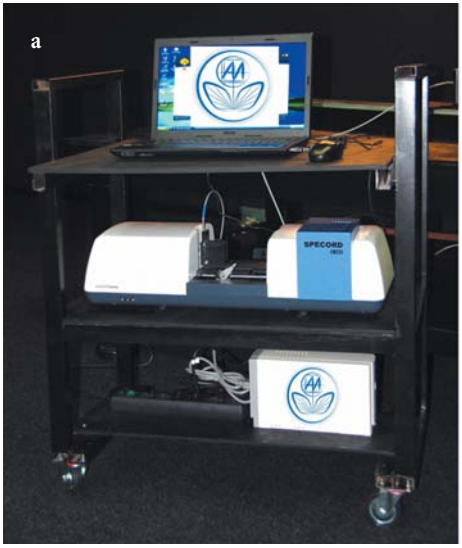
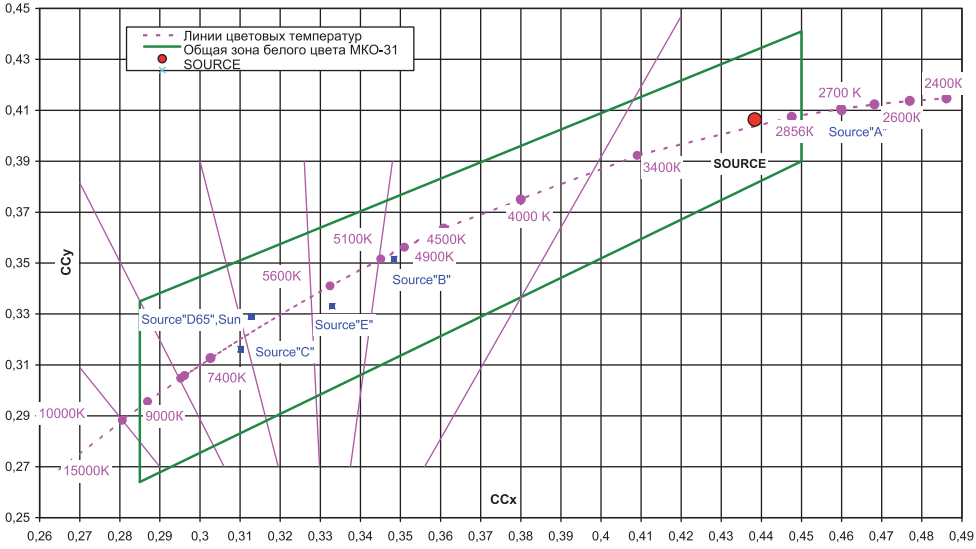
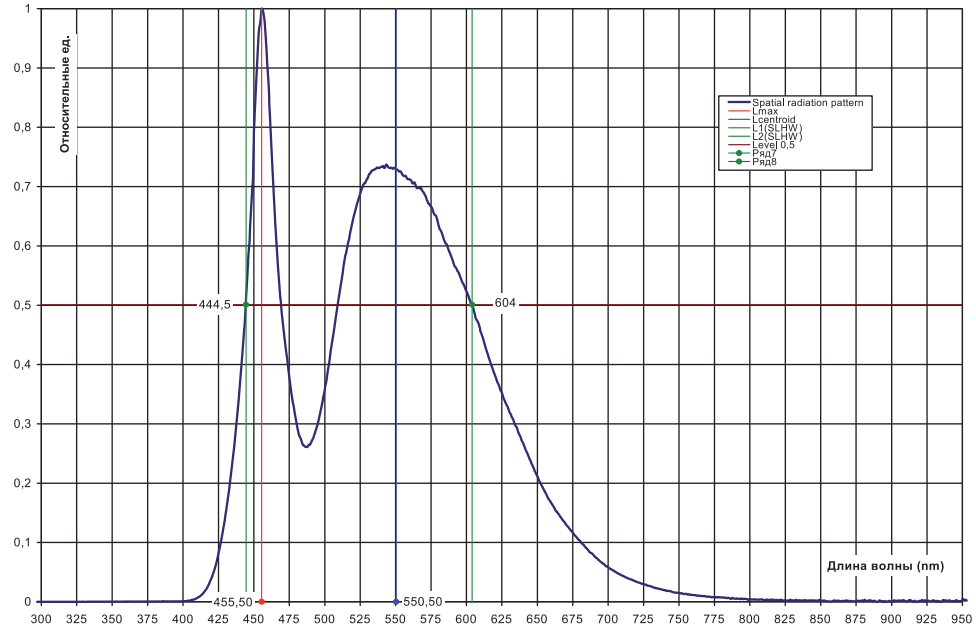


Рис. 12. Установки: а) для измерения спектральных и колориметрических характеристик на основе спектрофотометра Specord-S600; б) «Спекорд» во время измерений совместно с установкой «Флакс-20»



а



б

Рис. 13. а) Коррелированная цветовая температура и координаты цветности; б) деталировка спектра излучения (примеры представления)

в 1 К в диапазоне 1800–25000 К. Это означает, что если бы ГОСТ Р 55703-2013 (Приложение Е) не требовал бы округления полученного значения *Ra* до целого числа, то в указанном диапазоне можно было бы получить более 23000 значений индекса цветопередачи. Стоит добавить, что помимо самого *Ra*, возможно получение всех 14-ти его составляющих с такой же точностью.

В совокупности с гониофотометрическим стендом и комплексом по измерению электрических характеристик, возможно получение множества зависимостей между всеми параметрами источников излучения. Таких как зависимости координат цветности и длин волн от угла излучения ($\lambda_{max}(\Omega)$), зависимости цветовых характеристик от потребляемого тока, и другого множества необходимых зависимостей, позволяющих максимально достоверно оценить работу любого источника излучения (рис. 14).

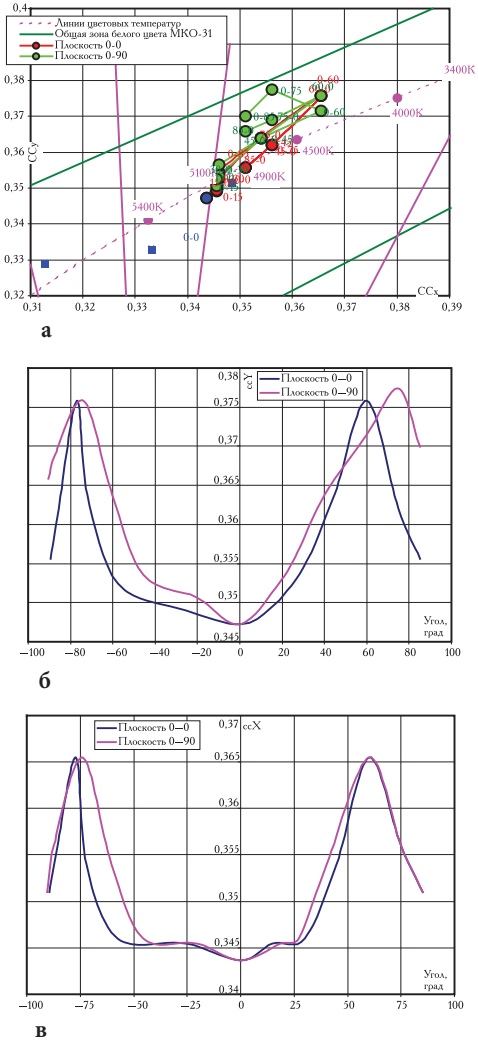


Рис. 14. Зависимость координат цветности и коррелированной цветовой температуры от угла излучения. Пример представления.

Научные программы исследований полупроводниковых источников излучения

Большой интерес представляют исследования светоизлучающих кристаллов (рис. 15), светодиодов и устройств на их основе по методикам собственных разработок, начиная от методов монтажа и заканчивая способами измерения параметров с применением изучения деграда-

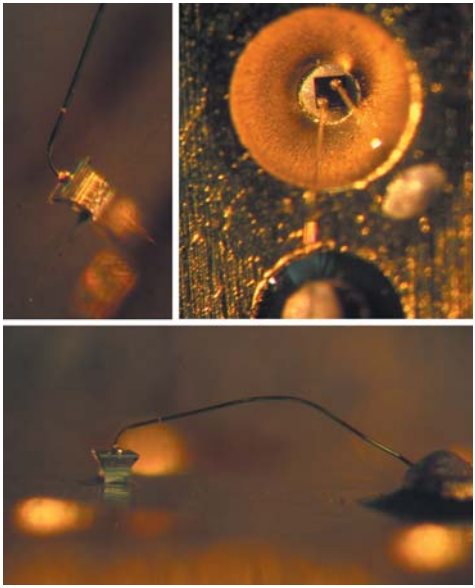


Рис. 15. Примеры исследуемых излучающих кристаллов и варианты их монтажа

Рис. 16. Стенд для непрерывной наработки образцов с целью изучения деградационных характеристик излучающих структур и светодиодов на их основе

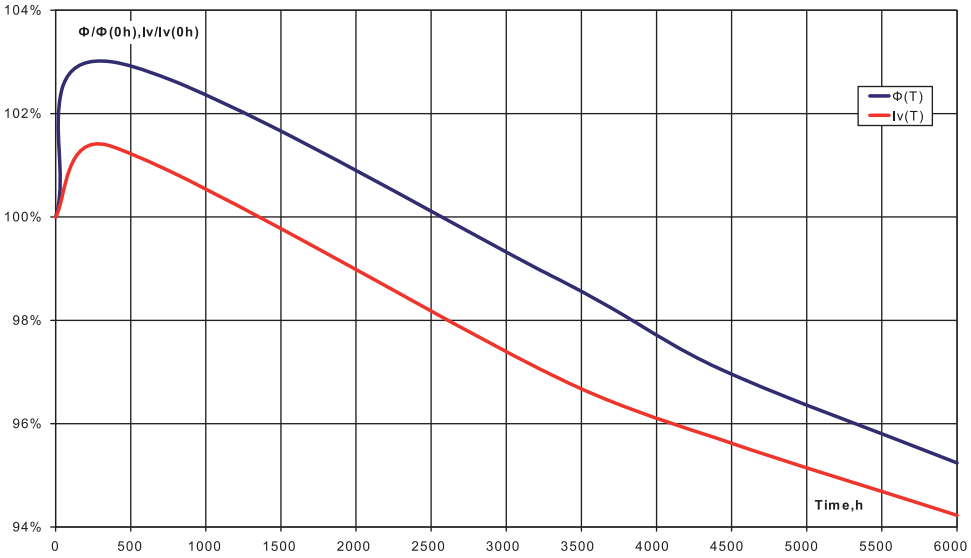
ционных характеристик (изменения значений параметров со временем наработки). Результаты таких исследований позволяют с большой долей достоверности судить о качестве изготовления светодиодов, примененном кристалле, влиянии различных факторов на долговечность светотехнических устройств с одновременным прогнозом изменения их характеристик во времени.

С целью исследования параметров излучающих структур и светодиодов на их основе в процессе наработки создан специальный комплекс для обеспечения режимов непрерывного функционирования образцов в течение длительного времени (несколько лет) (рис. 16).

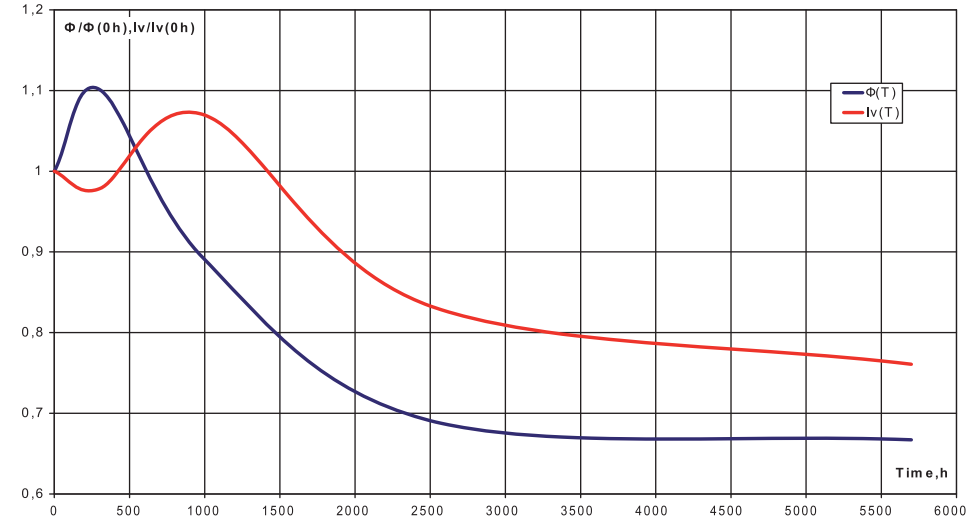
Описанные средства измерений и соответствующие условия позволили разработать ряд собственных методов исследования излучательных свойств и процессов в гетероструктурах, способов оценки потенциальной степени деградации светодиодов и устройств на их основе (рис. 17, 18). Наиболее важным из них является метод изучения перераспределения светового потока (мощности излучения) по пространственной диаграмме излучения силы света (силы излучения) в процессе первых 1000–2000 часов наработки.

С его помощью можно не только сделать выводы об изменениях в работе самой структуры, причины которых могут быть объяснены на уровне физики ее работы, но и предположить, что подобное перераспределение светового потока, пропорциональное перераспределению центров излучательной рекомбинации со временем наработки, существует и внутри излучающего кристалла, в его активной области. Предложенный метод выявил большие перспективы его использования при изучении потенциальной степени деградации параметров светодиодов на производстве, определению дефектов эпитаксии или монтажа чипов в корпуса.

На основе исследований полных комплексов характеристик, поэтапно измеряемых в течение длительного времени наработки светодиодов и излучающих кристаллов (до 50 000 часов), разработаны методики определения потенциальной степени изменения квантовой эффективности работы структур, светового потока (мощности излучения), спектральных параметров излучения, электрических характеристик не прибегая к тестированию образцов в течение периода стабилизации параметров (1000–2000 часов). Результаты длительного реального наблюдения за изменением параметров гетероструктур (до 50 000ч) в совокупности с изучением перераспределения светового потока (мощности излучения), взаимосвязь исследованных изменений, легли в основу создания производственной методики сортировки излучающих кристаллов и светодиодов по принципу различной степени потенциального изменения светового потока при последующей эксплуатации. Изначально, все характеристики, свойственные исправным кристаллам или светодиодам будут присутствовать в момент сортировки, и такие приборы будут признаны годными на производстве. Однако степень изменения их параметров



а



б

Рис. 17. Деградационнаые характеристики светового потока и силы света. Отличаются в зависимости от степени перераспределения светового потока по фотометрическому телу в процессе наработки

при наработке может существенно отличаться. Выявление этого факта стало возможным только при исследовании большого числа светодиодов по предложенной методике, что позволило обнаружить очень важный недостаток в принятой мировой практикой системе сортировки готовых светодиодов, и тем самым объяснить причину появления потенциально дефектных приборов в общей массе признанных годными. В результате применения методики, обосновано, что предложенный вариант сортировки позволяет сделать достоверный прогноз качества произведенных светодиодов (выявить более 95% потенциально негодных приборов) и мобильно скорректировать необходимые технологические операции для устранения возможного брака на выходе. Показано также, что предложенные методы сортировки на производстве не несут ни дополнительных затрат времени, ни оборудования, ни энергии, ни трудозатрат персонала.

Следует отметить, что в данном качестве, лаборатория «Архилайт» может являться важным звеном производственной цепочки для изучения и тестирования всей линейки светотехнической аппаратуры. От результатов лабораторных исследований может зависеть выбор того или иного производителя светодиодов, определение параметров и долговечности будущей продукции.

Светотехническое проектирование

Метрологические возможности лаборатории широко применяются в светотехническом проектировании. Этот вид деятельности во многом зависит от достоверности взятых в расчет данных о применяемых светильниках. Зачастую светотехнические устройства, рекомендованные к применению в проектах, либо имеют некорректные данные о распределении светового потока, его значении, искаженные или фальсифицированные диаграммы распределения силы света, либо не имеют их вообще. Здесь возможен только один вариант: измерение характеристик устройств светотехники, необходимых для специальных программ. Результаты измерений комплекса

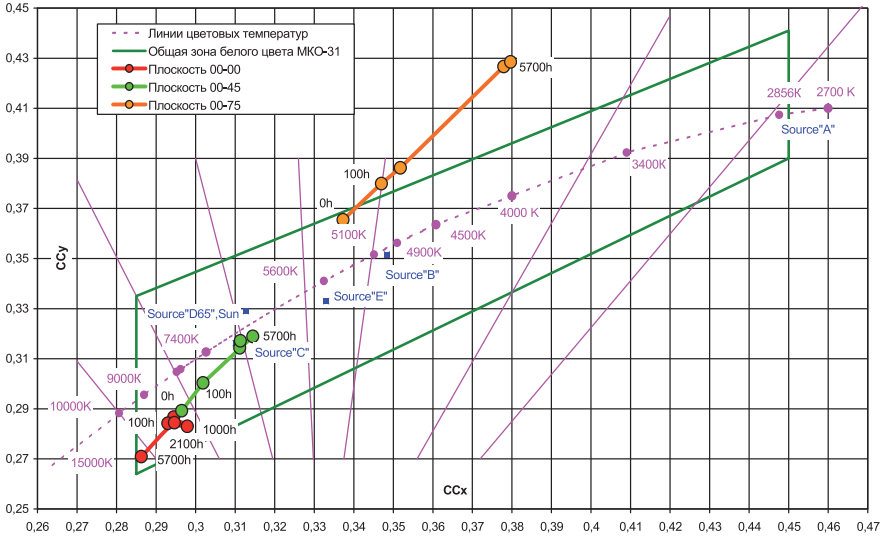


Рис. 18. Примеры зависимости координат цветности от времени наработки

фотометрических и электрических характеристик составляют основу для формирования файлов данных формата.*ies*, которые используются расчетными программами Dialux, Relux в формировании проектов освещения (рис. 19). Указанные файлы данных на основе собственных измерений пространственного распределения силы света могут предоставляться как в качестве отдельного продукта, так и для проектирования силами специалистов лаборатории. Такие файлы, как правило, могут содержать от 40 до 100 диаграмм углового распределения силы света фотометрического тела светильника, что делает проект на их основе максимально достоверным по рассчитанным параметрам освещенности поверхностей.

Программы исследований

Результаты изучения спроса на услуги по описанным измерениям показали, что большинство технических заданий на определенные виды исследований, имеют в целом сходный состав. Исходя из этого, а также с целью оптимизации сроков и стоимости выполнения измерений для клиентов, было разработано более 10-ти комплексных стандартных программ, включающих разные наборы характеристик для различных целей исследований. Самая простая содержит несколько фотометрических параметров, одна из самых сложных – до пятидесяти колориметрических, электрических и фотометрических. Предусмотрена также отдельная программа измерения радиометрических характеристик, измерения коэффициента пульсации светового потока, коэффициента мощности и электрических характеристик. Также имеются программы для исследования причин неисправности светодиодов и осветительных приборов на их основе, определения деградационных характеристик параметров и прогнозирования срока службы, климатических испытаний светотехнической продукции, измерения параметров фотосинтетически активной радиации (ФАР) и формирование файлов данных для расчетов PPFD [мкмоль/с×м^2], измерения параметров освещения улиц городов и объектов инфраструктуры, зданий и сооружений с помощью передвижной лаборатории. Ниже приведены описания некоторых программ исследований и измерений, а также содержание Протоколов по их результатам. Примеры протоколов измерений по некоторым программам, выдаваемых клиентам приведены в приложениях и СПРАВОЧНЫХ МАТЕРИАЛАХ.

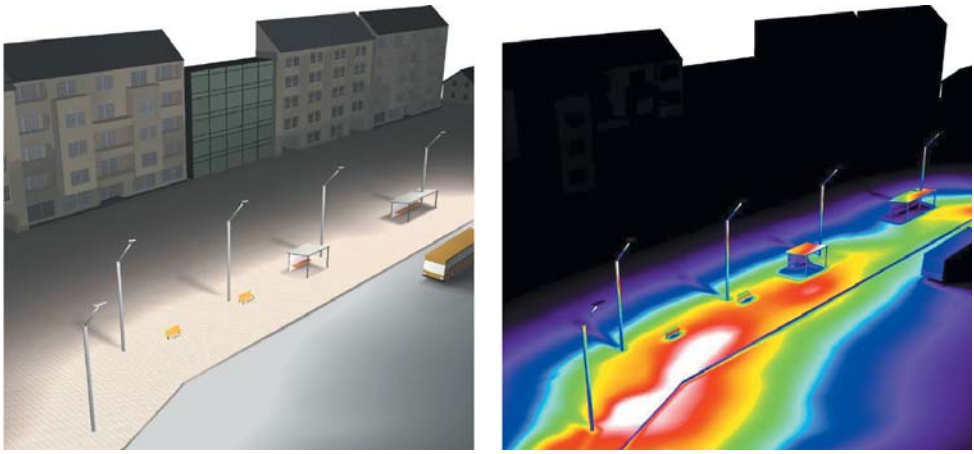


Рис. 19. Пример проектирования освещения автобусной остановки с применением файлов данных формата .ies уличных светодиодных светильников на основе собственных измерений их параметров.

Программы комплексных фотометрических измерений

Базовая программа измерений характеристик источников излучения (светильников, ламп, светодиодов) №1

Содержит необходимый минимум значений параметров, требуемых для оценки основных фотометрических параметров источника света - светильника, лампы, светодиода и др.: световой поток, угловые характеристики излучения, силу света. Применяется для проверки соответствия рассчитанных или декларируемых характеристик ИС реальным.

Базовая программа измерений характеристик источников излучения (светильников, ламп, светодиодов) №2

Содержит расширенный список значений параметров, требуемых для подробной оценки фотометрических параметров источника света (светильника, лампы, светодиода и др.): световой поток, угловые характеристики излучения, силу света, световую эффективность и др. Применяется для проверки соответствия рассчитанных или декларируемых характеристик ИС реальным, а также для формирования ТУ, спецификаций, «даташитов», проверки соответствия рассчитанных или декларируемых характеристик ИС реальным.

Базовая программа измерений характеристик источников излучения (светильников, ламп, светодиодов) №3

Содержит полный список значений параметров (до 40 позиций), требуемых для самой подробной оценки фотометрических (энергетических) и колориметрических (спектральных) параметров источника света (излучения) (светильника, лампы, светодиода и др.): световой поток (мощность излучения), угловые характеристики излучения, силу света, световую эффективность, коррелированную цветовую температуру, координаты цветности, потребляемую мощность, коэффициент мощности и др. Применяется для проверки соответствия рассчитанных или декларируемых характеристик источников, (осветительных приборов) реальным, для формирования ТУ, спецификаций, «даташитов», а также для прецизионных и полных исследований характеристик любого источника излучения. Программа входит в основу измерений для исследования деградационных характеристик полупроводниковых источников света и прогнозирования их срока службы.

Программа климатических испытаний

Измерения большинства характеристик осветительных приборов выполняется, как правило, при т.н. «нормальных условиях», то есть при комнатной температуре и остальных соответствующих климатических факторах (давление, влажность). Однако большинство приборов предназначены для работы как минимум, в условиях, соответствующих критериям УХЛ или более жестких. Поэтому важно знать, как изменятся ключевые параметры светотехнических устройств при изменении условий окружающей среды.

Этим исследованиям посвящена программа испытаний осветительных приборов или источников света, а также вторичных источников питания в лаборатории АРХИЛАЙТ с применением камеры тепла и холода, интегрированной непосредственно в фотометрическую установку (рис. 21), где можно исследовать практически любую фотометрическую, спектральную и электрическую характеристику при изменении температуры –70…+150 °С и относительной влажности до 100%. Указанная интеграция позволяет использовать все метрологические ресурсы фотометрической установки (точность, воспроизводимость, динамический диапазон и др.) при созданных в камере необходимых климатических условиях. Подобные условия вряд ли созданы в какой-либо другой лаборатории. Следует отметить, что возможно также параллельное исследование изменения параметров ЭМС и электробезопасности при указанном изменении условий окружающей среды. Все описанные исследования крайне актуальны

Рис. 20. Примеры Протоколов фотометрических измерений по различным программам

ООО «Архилайт»
115114, г. Москва, Павелецкая наб., д. 2.
Тел. + 7 (495) 773 11 57 www.arhilight.ru
ИНН 7719715314 КПП 772401001
р/с 40702810297210000044 в Московском филиале
ОАО АКБ «РОСБАНК» БИК 044552272 К/с 30101810200000000272

Аттестат аккредитации РОСС RU.0001.21МЮ54

Лист 2 Листов 12
Экземпляр №1

«хх» сентября 2011 г.

ПРОТОКОЛ
измерений фотометрических характеристик №1109/ххх/ххх.

1.Объект измерений: Образцы светильников №№ 1103ххх-1103ххх, на основе люминесцентных ламп, №№ 1109ххх-1109ххх на основе светодиодов.
Общее количество предъявленных образцов – 6 шт.
Образцы предъявлены: хх.09.2011.

2. Предъявитель образцов: ООО «АРХИЛАЙТ»

3. Цель измерений: Получение диаграмм пространственного распределения силы света в 2- плоскостях и комплекса фотометрических характеристик по программе №2. Образцы №№ 1103ххх-1103ххх исследуются по программе №3 (полный комплекс фотометрических, электрических и колориметрических параметров).

4. Средства измерений: Двухкоординатный гониофотометр с минимальным шагом угла поворота 1,2 угловые минуты (0,02 град.) и изменяемым расстоянием фотометрирования 10см-13м. «ФЛАКС-20», фотометрическая головка по ГОСТ 8.023-03, свидетельство о поверке №5773/11-О, спектроколориметр ХХХ, свидетельство о поверке № 444/55555, дальномер «ХХХХ», свидетельство о поверке №66666, вольтметр ХХХХ, свидетельство о поверке 444/447, ваттметр универсальный ХХХХХХХ свидетельство о поверке 363625 .

Нормативные документы: ГОСТ 8.023-03 "Государственная поверочная схема для средств измерений световых величин непрерывного и импульсного излучений", ГОСТ 8.127-2005. Государственная поверочная схема для средств измерений спектральной плотности энергетической яркости в диапазоне 0,04 – 0,25 мкм., ГОСТ 8.195-89 Государственная поверочная схема для средств измерений спектральной плотности энергетической яркости, спектральной плотности силы излучения, спектральной плотности энергетической освещённости в диапазоне 0,25 - 25мкм., силы излучения и энергетической освещённости в диапазоне 0,2 - 25мкм.

5. Методы измерений: 5.1. Определение силы света выполняется методом измерения освещенности корригированной под V(λ) фотометрической головкой на расстоянии полной светимости, обеспечивающим выполнение закона «обратных квадратов» и расчете её по формуле $I = E \times L^2$ (где E - освещенность в лк., L - расстояние в м., I - сила света в кд.).
5.2. Измерение пространственного распределения силы света выполняется методом фиксации значения силы света по п. 5.1. при каждом повороте гониометра на минимальный угол (0,02 град.).
5.3. Коэффициент преобразования фотометра и колориметрические характеристики рассчитываются по результатам измерения относительного спектрального распределения плотности энергетической яркости измеряемого источника.
5.4 Световой поток источников света измеряется в соответствии с ГОСТ 17677-82.

6. Условия измерений:
температура воздуха, ° С 22 ± 5,
относительная влажность, % 60 ± 15, атмосферное давление, кПа 100 ±4,
отсутствие посторонних засветок, коэффициент отражения поверхностей <0,015.

7. Результаты измерений:
результаты измерений представлены в приложениях № 1-8.
Результаты измерений, представленные в настоящем протоколе распространяются только на предъявленные для исследования образцы. Настоящий протокол ЗАПРЕЩАЕТСЯ копировать без письменного согласия лаборатории «АРХИЛАЙТ»

Генеральный директор: _____/XXXXXXXXXX/

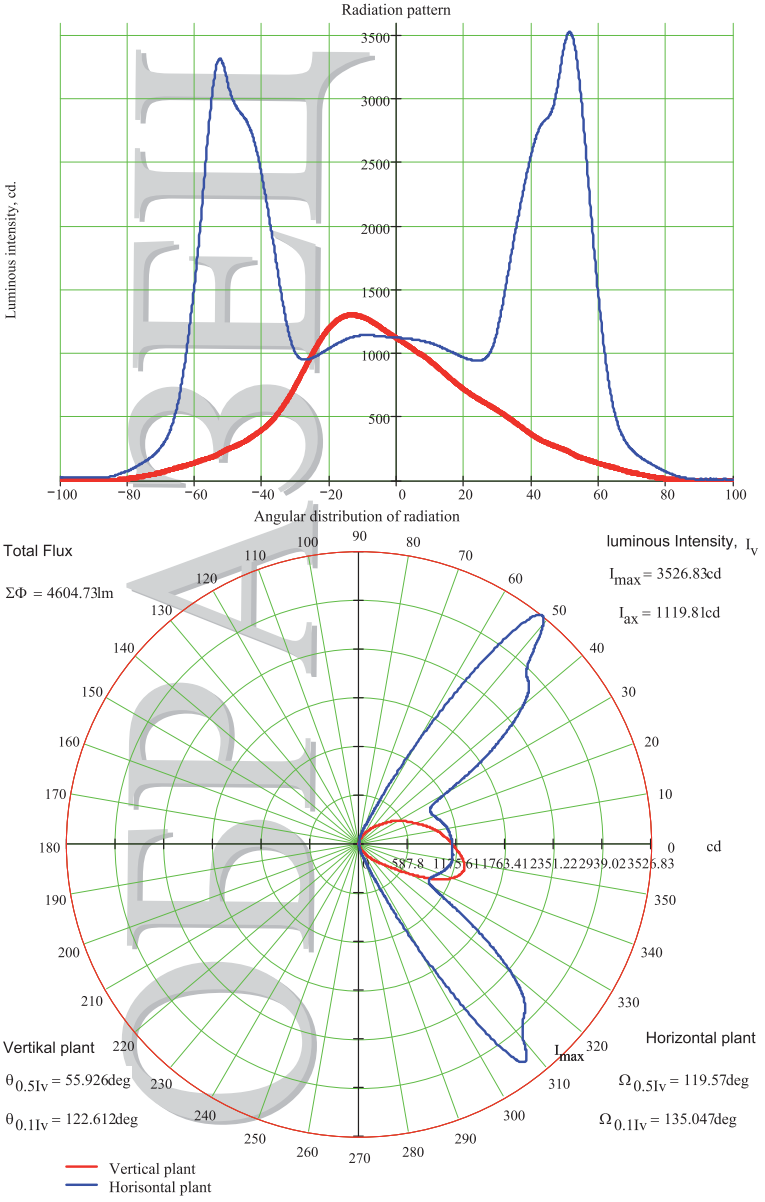
М. П.

Руководитель лаборатории: _____/XXXXXXXXXX/

ООО «Архилайт» Лаборатория исследований источников света Приложение 1
к протоколу № 1108/01/001 от 01.09.2011. Листов 2

Образец № 1109xxx Лист 1

Фотометрические характеристики.



ООО «Архилайт» Лаборатория исследований источников света

Приложение 1
к протоколу № 1108/01/001 от 01.09.2011. Листов 2

Образец № 1109xxx Лист 2

Все параметры

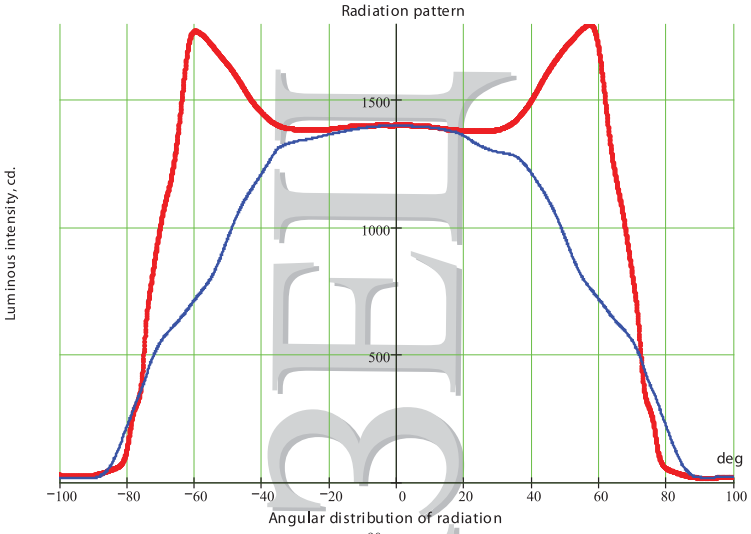
Суммарный световой поток	Total Luminous Flux	$\Sigma\Phi = 4604.73\,lm$
Максимальная сила света	Luminous Intensity Vertical	$I_{vmax} = 1306.11\,cd$
	Horizontal	$I_{hmax} = 3526.83\,cd$
Осевая сила света	on – axis	$I_{ax} = 1119.81\,cd$
Угловые характеристики	Angles Vertical	$\theta_{0.5Iv} = 55.926\,deg$
		$\theta_{0.1Iv} = 122.612\,deg$
	Horizontal	$\Omega_{0.5Iv} = 119.57\,deg$
		$\Omega_{0.1Iv} = 135.047\,deg$
относительно суммарного потока	Relative to the all flux	$\eta_v = 44.04\,\%$

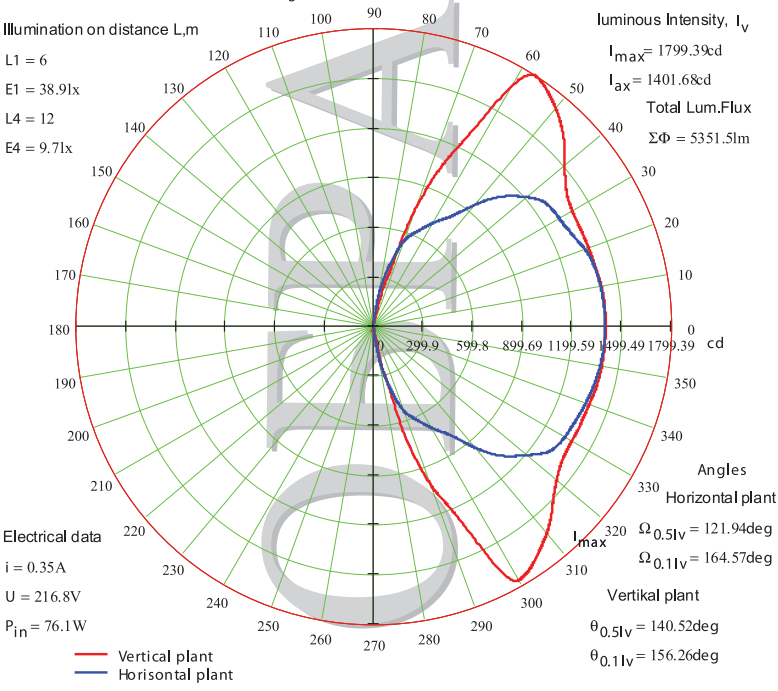
ОБРАЗЕЦ

ООО «Архилайт» Лаборатория исследований источников света

Приложение 1
к протоколу № 1109/01/001 от 01.09.2011. Листов 2
Образец № 1109xxx Программа №2 Лист 1

Фотометрические характеристики.





ООО «Архилайт» Лаборатория исследований источников света

Приложение 2
к протоколу № 1109/01/001 от 01.09.2011. Листов 2

Образец № 1109xxx Программа №2 Лист 2

Все параметры

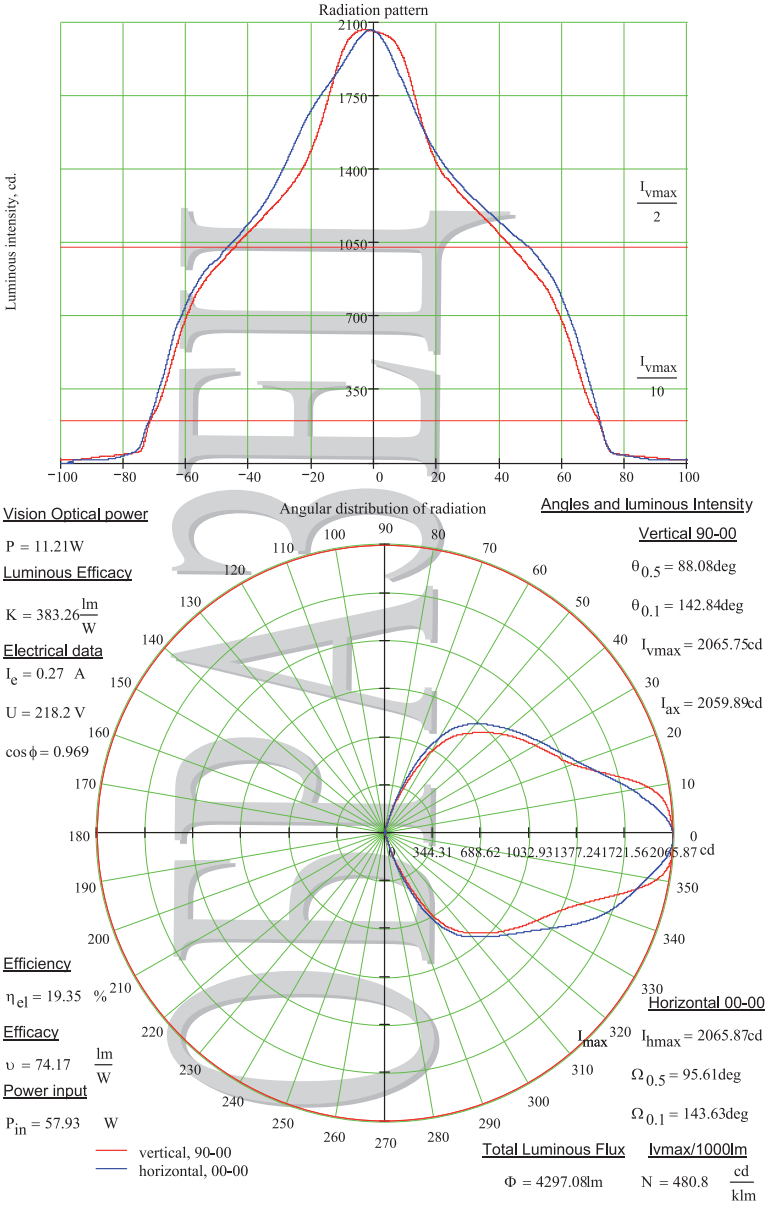
Суммарный световой поток	Total Luminous Flux	$\Sigma\Phi$ = 5351.50lm
Максимальная сила света	Luminous Intensity Vertical	I_{max} = 1799.39cd
	Horizontal	I_{hmax} = 1400.77cd
Осевая сила света	on − axis	I_{ax} = 1401.68cd
Угловые характеристики	Angles Vertical	$\theta_{0.5Iv}$ = 140.52deg
		$\theta_{0.1Iv}$ = 156.26deg
	Horizontal	$\Omega_{0.5Iv}$ = 121.94deg
		$\Omega_{0.1Iv}$ = 164.57deg
Световой поток по уровню 0,5 I_{max}	Luminous Flux $\theta_{0.5}$	η_h = 76.56%
Относительно суммарного потока	Relative to the all flux	η_v = 92.24%
Электрические параметры	Electrical data	i = 0.35A
		U = 216.8V
	Power input	P_{in} = 76.1W
Фотометрическое отношение	Ivmax/1000lm	N = 336.24 $\frac{cd}{klm}$
Эффективность световая	Efficacy	υ = 70.32 $\frac{lm}{W}$
Освещённость по оси на различных расстояниях	On-axis Illumination on distance L,m	
	L1 = 6	E1 = 38.94lx
	L2 = 8	E2 = 21.9lx
	L3 = 9	E3 = 17.3lx
	L4 = 12	E4 = 9.73lx

ООО «Архилайт» Лаборатория исследований источников света

Приложение 1
к протоколу № 1109/01/001 от 01.09.2011. Листов 6

Образец №1109хх. Вариант с 2-мя плоскостями. Лист 1

Фотометрические характеристики.



Vision Optical power

P = 11.21W

Luminous Efficacy

$K = 383.26 \frac{lm}{W}$

Electrical data

$I_e = 0.27$ A

U = 218.2 V

$\cos\phi = 0.969$

Efficiency

$\eta_{el} = 19.35$ %

Efficacy

$\upsilon = 74.17 \frac{lm}{W}$

Power input

$P_{in} = 57.93$ W

Angles and luminous Intensity

Vertical 90-00

$\theta_{0.5} = 88.08$deg

$\theta_{0.1} = 142.84$deg

$I_{vmax} = 2065.75$cd

$I_{ax} = 2059.89$cd

Horizontal 00-00

I_{max} $I_{hmax} = 2065.87$cd

$\Omega_{0.5} = 95.61$deg

$\Omega_{0.1} = 143.63$deg

Total Luminous Flux

$\Phi = 4297.08$lm

Ivmax/1000lm

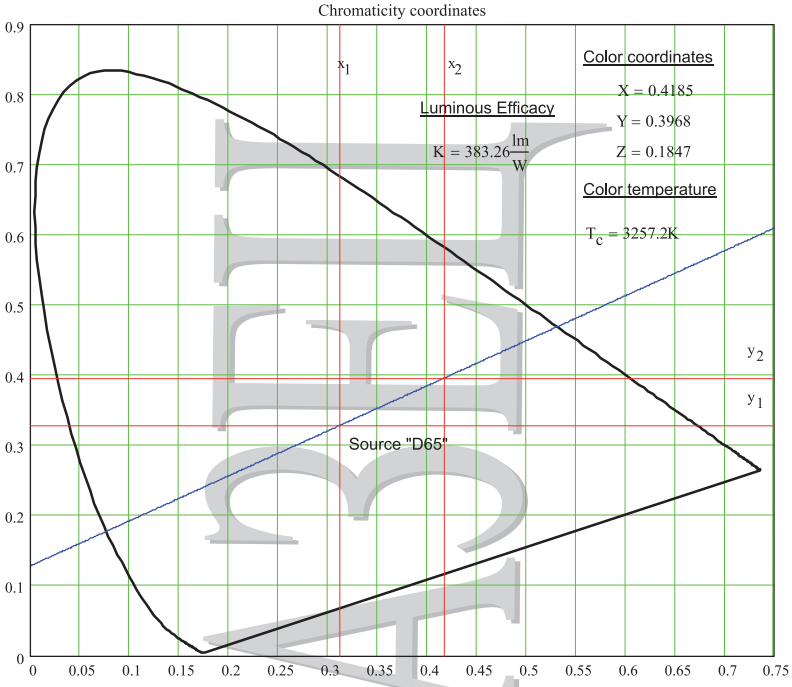
$N = 480.8 \frac{cd}{klm}$

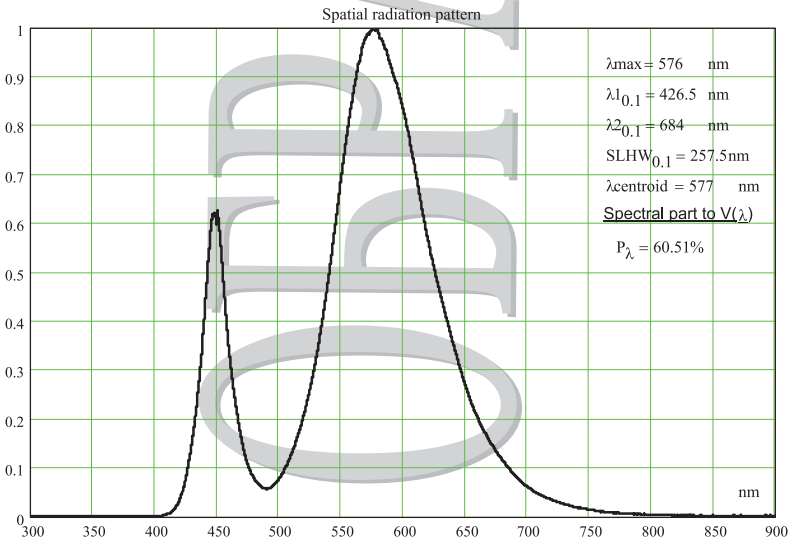
ООО «Архилайт» Лаборатория исследований источников света

Приложение 2
к протоколу № 1109/01/001 от 01.09.2011. Листов 6

Образец №1109xx.. Лист 2

Спектральные и колориметрические характеристики.





ООО «Архилайт» Лаборатория исследований источников света

Приложение 3
к протоколу № 1109/01/001 от 01.09.2011. Листов 6

Образец №1109xx. Лист 3

All parameters

Мощность излучения в видимом диап.	Vision Optical power	P = 11.21 W
Суммарный световой поток	Total Luminous Flux	Φ = 4297.08 lm
Максимальная сила света	Max Luminous Intensity	I_{max} = 2065.87 cd
	Vertical	I_{vmax} = 2065.75 cd
	Horizontal	I_{hmax} = 2065.87 cd
Осевая сила света	on – axis	I_{ax} = 2060.22 cd
Энергетическая сила света максимальная	Power Intensity max	I_{Emax} = 5.39 $\frac{W}{sr}$
осевая	Power Intensity on-axis	I_{Eax} = 5.376 $\frac{W}{sr}$
Угловые характеристики и распределение потока по основным плоскостям	Angles and Verti cal Luminous Flux pattern to planes,%	$\theta_{0.5}$ = 88.08 deg
		$\theta_{0.1}$ = 142.84 deg
	$d\Phi_{90}$ = 51.65 %	$\Omega_{0.5}$ = 95.61 deg
	Horizontal $d\Phi_{00}$ = 48.35 %	$\Omega_{0.1}$ = 143.63 deg
Средние значения углов	Averadge angle 0,5Iv max	$\Theta_{0.5}$ = 91.84 deg
	Averadge angle 0,1Iv max	$\Theta_{0.1}$ = 143.24 deg
Световой поток по уровню 0,5 I_{max}	Luminous Flux $\theta_{0.5}$	$\Phi_{0.5}$ = 2.33 × 10^3 lm
Освещённость по оси на расст. 2,5м	On-axis illumination on dist.2,5m	E_v = 329.64 lx
Относительно суммарного потока	Relative to the all flux	$\eta_{0.5}$ = 54.32 %
Напряжение питания	Electrical data Voltage	U = 218.2 V
Потребляемый ток	Current	I_e = 0.274 A
Коэффициент мощности	cos ϕ	cos ϕ = 0.969
Активная потребляемая мощность	Power input	P_{in} = 57.93 W
Полная мощность	Total Power input	S = 59.79 VA
Реактивная мощность	Reactive Power	Q = 14.77 VAr
Фотометрическое отношение	Ivmax/1000lm	N = 480.8 $\frac{cd}{klm}$
Эффективность	Efficacy	υ = 74.17 $\frac{lm}{W}$
КПД	Efficiency	η_{el} = 19.35 %
Спектральная Световая эффективность	Luminous Efficacy	K = 383.26 $\frac{lm}{W}$
Координаты цветности	Color coordinates	X = 0.4185
		Y = 0.3968
		Z = 0.1847
Максимальная длина волны	Maximum wavelength	λmax = 576 nm
Ширина спектра по уровню 0,1	SLHW 0.1	$SLHW_{0.1}$ = 257.5 nm
Ширина спектра по уровню 0,5	SLHW 0.5	$SLHW_{0.5}$ = 182.5 nm
Доля ОСПЭЯ относительно V(λ)	Spectral part to V(λ)	P_λ = 60.51 %
Цветовая температура по Планку	Color temperature	T_{Plank} = 2854.5 K
Коррелированная цветовая температура	Correlated color temperature (CCT)	T_c = 3257.2 K

8-spectral parts ratio of some sources Luminous Flux

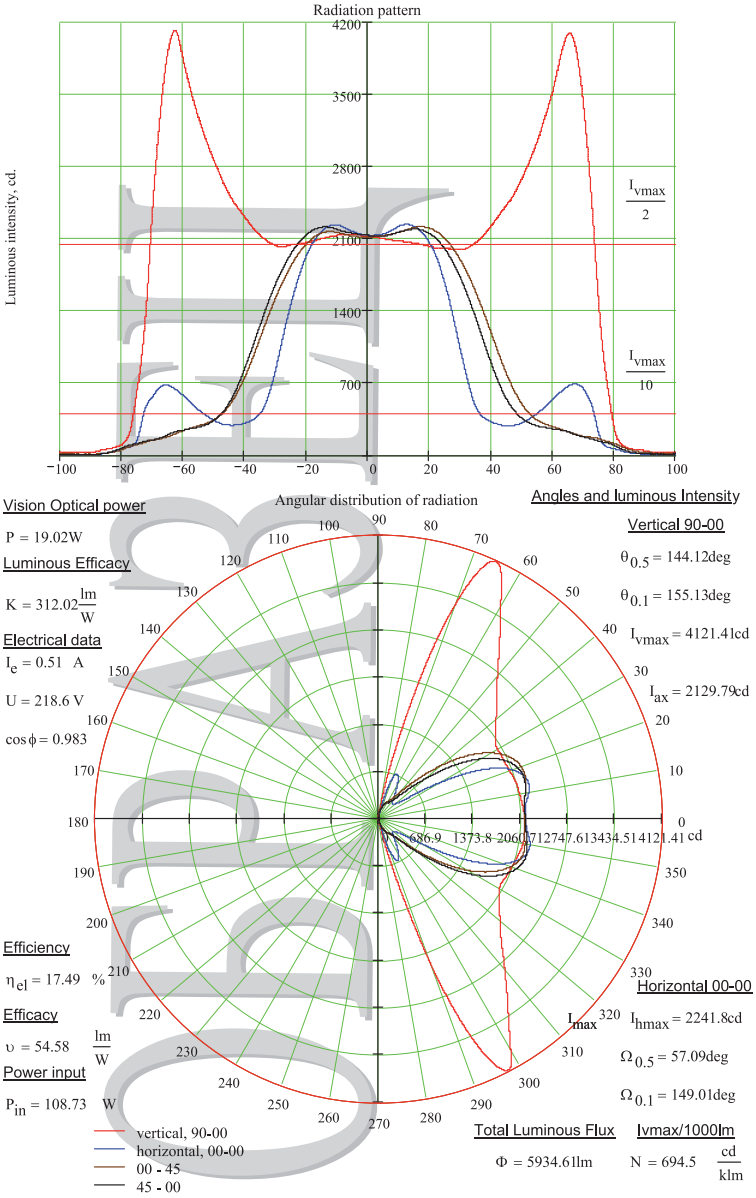
source T=2856 K %	source T=6130 K %	source V(λ) %	spectral part nm
fR = 21.04	fR1 = 2.12	fR2 = 1.46	380 – 420
gR = 238.58	gR1 = 33.87	gR2 = 23.22	420 – 440
hR = 395.11	hR1 = 61.344	hR2 = 50.632	440 – 460
jR = 45.22	jR1 = 10.77	jR2 = 9.62	460 – 510
kR = 150.25	kR1 = 50.67	kR2 = 48.1	510 – 560
lR = 208.21	lR1 = 98.12	lR2 = 91.97	560 – 610
mR = 87.25	mR1 = 55.83	mR2 = 49.43	610 – 660
nR = 20.46	nR1 = 16.96	nR2 = 14.17	660 – 760
R_a = 145.76	R_{a1} = 41.21	R_{a2} = 36.07	

ООО «Архилайт» Лаборатория исследований источников света

Приложение 4
к протоколу № 1109/01/001 от 01.09.2011. Листов 6

Образец №1109хх. Вариант с 4-мя плоскостями. Лист 4

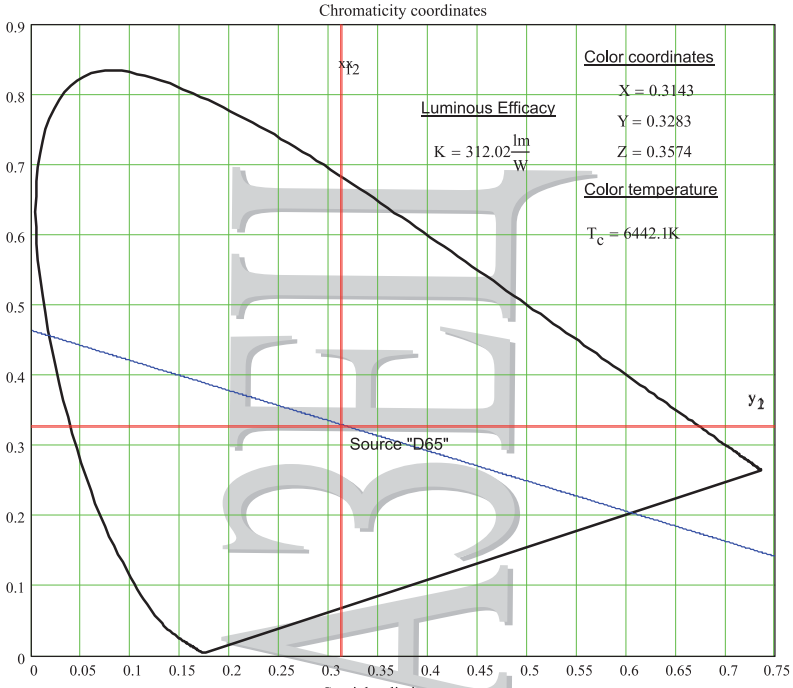
Фотометрические характеристики.

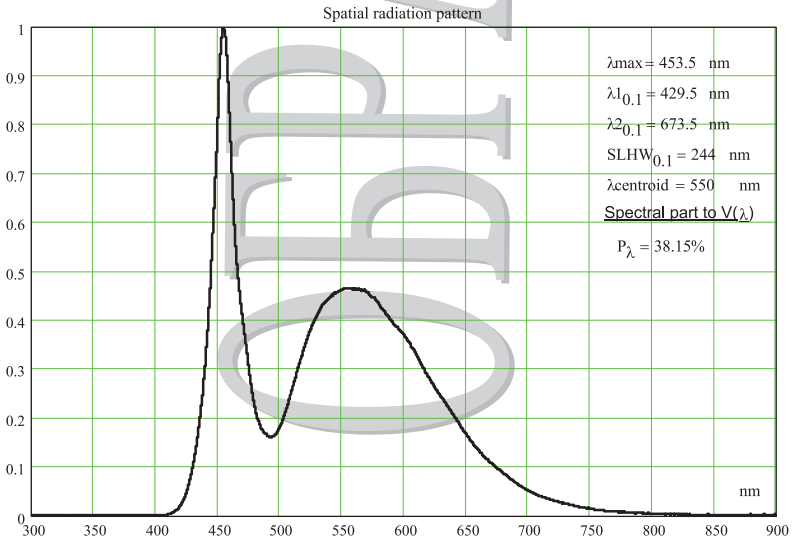


ООО «Архилайт» Лаборатория исследований источников излучения Приложение 5
к протоколу № 1109/01/001 от 01.09.2011. Листов 6

Образец №1109xx. Лист 5

Спектральные и колориметрические характеристики.





ООО «Архилайт» Лаборатория исследований источников света

Приложение 6
к протоколу № 1109/01/001 от 01.09.2011. Листов 6

Образец №1109xx.. Лист 6

All parameters

Оптическая мощность в видимом диап.	Vision Optical power	P = 19.02 W
Суммарный световой поток	Total Luminous Flux	Φ = 5934.61 lm
Максимальная сила света	Max Luminous Intensity	I_{max} = 4121.41 cd
	Vertical	I_{vmax} = 4121.41 cd
	Horizontal	I_{hmax} = 2241.8 cd
Осевая сила света	on – axis	I_{ax} = 2132.98 cd
Энергетическая сила света максимальная	Power Intensity max	I_{Emax} = 13.209 $\frac{W}{sr}$
осевая	Power Intensity on-axis	I_{Eax} = 6.836 $\frac{W}{sr}$
Угловые характеристики и распределение потока по основным плоскостям	Angles and Luminous Flux pattern to planes,%	Verti cal
		$d\Phi_{90}$ = 14.32 %
		Horizontal
		$d\Phi_{00}$ = 54.69 %
		00-45 plane
		$d\Phi_{045}$ = 15.84 %
		45-00 plane
		$d\Phi_{450}$ = 15.15 %
Средние значения углов	Averadge angle 0,5Iv max	$\theta_{0.5}$ = 144.12 deg
	Averadge angle 0,1Iv max	$\theta_{0.1}$ = 155.13 deg
Световой поток по уровню 0,5 I_{max}	Luminous Flux θ 0.5	$\Omega_{0.5}$ = 57.09 deg
Освещённость по оси на расст. 2,5м	On-axis illumination on dist.2,5m	$\Omega_{0.1}$ = 149.01 deg
Относительно суммарного потока	Relative to the all flux	$\psi_{0.5}$ = 76.26 deg
		$\psi_{0.1}$ = 127.08 deg
		$\zeta_{0.5}$ = 74.31 deg
		$\zeta_{0.1}$ = 128.56 deg
		$\Theta_{0.5}$ = 87.94 deg
		$\Theta_{0.1}$ = 139.95 deg
		$\Phi_{0.5}$ = 1.22 × 10^4 lm
		E_v = 341.28 lx
		$\eta_{0.5}$ = 205.16 %
Напряжение питания	Electrical data Voltage	U = 218.6 V
Потребляемый ток	Current	I_e = 0.506 A
Коэффициент мощности	cos ϕ	cos ϕ = 0.983
Активная потребляемая мощность	Power input	P_{in} = 108.73 W
Полная мощность	Total Power input	S = 110.61 VA
Реактивная мощность	Reactive Power	Q = 20.31 VAr
Фотометрическое отношение	Ivmax/1000lm	N = 694.5 $\frac{cd}{klm}$
Эффективность	Efficacy	υ = 54.58 $\frac{lm}{W}$
КПД	Efficiency	η_{el} = 17.49 %
Спектральная Световая эффективность	Luminous Efficacy	K = 312.02 $\frac{lm}{W}$
Координаты цветности	Color coordinates	X = 0.3143
		Y = 0.3283 Z = 0.3574
Максимальная длина волны	Maximum wavelength	λmax = 453.5 nm
Ширина спектра по уровню 0,1	SLHW 0.1	$SLHW_{0.1}$ = 244 nm
Ширина спектра по уровню 0,5	SLHW 0.5	$SLHW_{0.5}$ = 21 nm
Доля ОСПЭЯ относительно V(λ)	Spectral part to V(λ)	P_λ = 38.15 %
Цветовая температура по Планку	Color temperature	T_{Plank} = 6280.5 K
Коррелированная цветовая температура	Correlated color temperature (CCT)	T_c = 6442.1 K

8-spectral parts ratio of some sources Luminous Flux

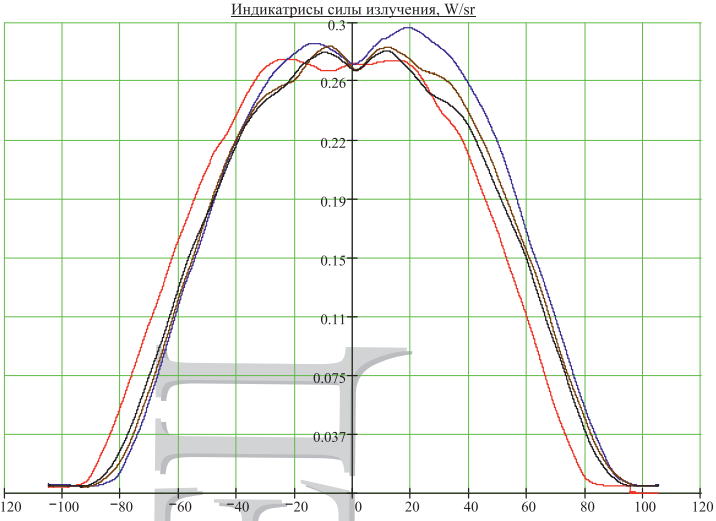
source T=2856 K %	source T=6130 K %	source V(λ) %	spectral part nm
fR = 12.77	fR1 = 1.29	fR2 = 0.89	380 – 420
gR = 171.83	gR1 = 24.4	gR2 = 16.72	420 – 440
hR = 615.269	hR1 = 95.526	hR2 = 78.844	440 – 460
jR = 109.07	jR1 = 25.98	jR2 = 23.2	460 – 510
kR = 130.86	kR1 = 44.13	kR2 = 41.89	510 – 560
lR = 94.77	lR1 = 44.66	lR2 = 41.86	560 – 610
mR = 44.92	mR1 = 28.74	mR2 = 25.45	610 – 660
nR = 14.5	nR1 = 12.03	nR2 = 10.05	660 – 760
R_a = 149.25	R_{a1} = 34.59	R_{a2} = 29.86	

ООО «Архилайт» Лаборатория исследований источников света Приложение 1
к протоколу № 1109/01/001 от 01.09.2011. Листов 3

Образец №1109xx. Вариант с 4-мя плоскостями. лист 1

Радиометрические характеристики.

Индикатрисы силы излучения, W/sr



На расстоянии H = 17.43 m

Энергетическая освещённость в области точки максимума

$P_s = 9.09 \times 10^{-4}$ W/m²

Энергия в точке максимума

$P_\eta = 1.079 \times 10^{-5}$ W

Эффективность спектральная световая

K = 349.739 lm/W

Эффективность излучения

υ = 7.087%

Мощность излучения

За пределами V(λ)

P_E = 0.0175W

$\frac{P_E}{P_\Sigma}$ = 1.96%

В видимом диапазоне

P_{Iv} = 0.8761W

$\frac{P_{Iv}}{P_\Sigma}$ = 98.038%

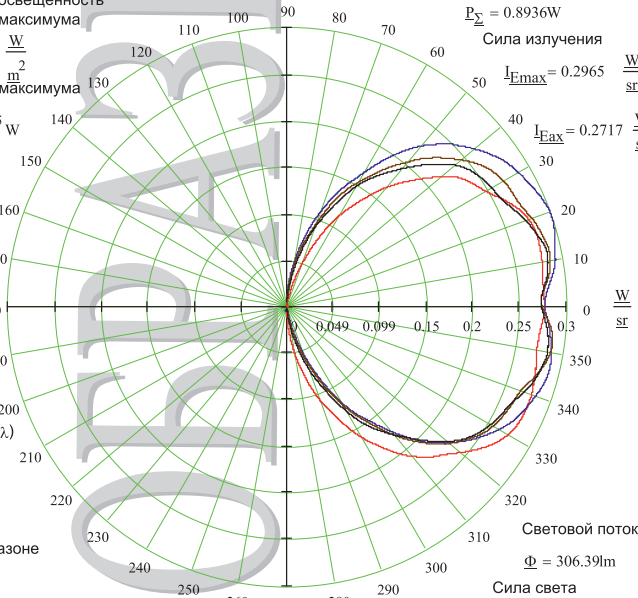
Интегральная мощность излучения

P_Σ = 0.8936W

Сила излучения

I_{Emax} = 0.2965 W/sr

I_{Eax} = 0.2717 W/sr



Световой поток

Φ = 306.39lm

Сила света

I_{vmax} = 103.7cd

45-00 deg
horizontal
00-45 deg
vertical

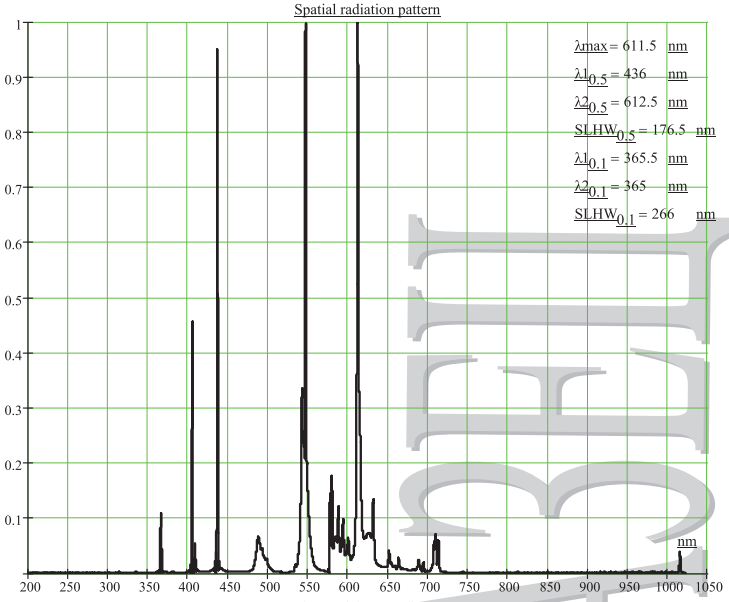
ARHILIGHT

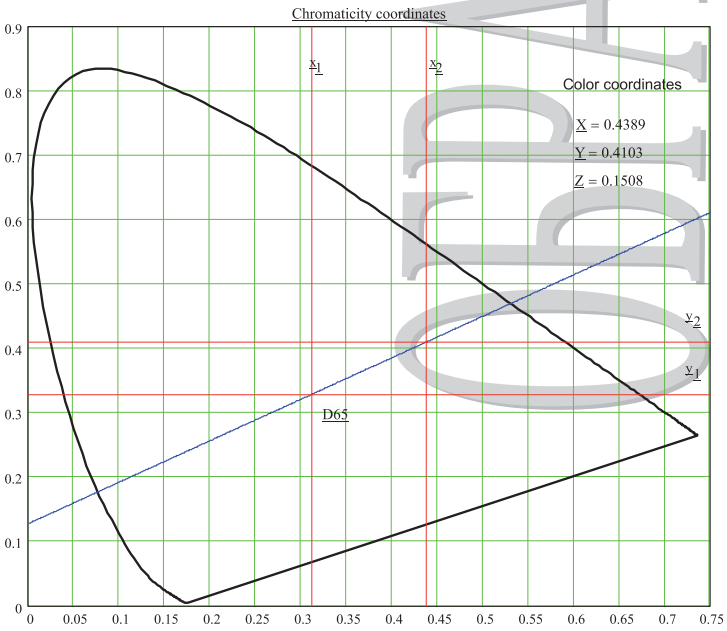
ООО «Архилайт» Лаборатория исследований источников света

Приложение 2
к протоколу № 1109/01/001 от 01.09.2011. Листов 3

Образец №1109xx.. лист 2

Спектральные и колориметрические характеристики.





ООО «Архилайт» Лаборатория исследований источников света Приложение 3
к протоколу № 1109/01/001 от 01.09.2011. Листов 3

Образец №1109xx. лист 3

All parameters

Мощность излучения	Total Optic power	P_{Σ} = 24.22 W
Мощность излучения в видимом диапазоне	Optic power into V(λ)	P_{Iv} = 24.179 W $\frac{P_{Iv}}{P_{\Sigma}}$ = 99.83 %
Мощность излучения за пределами видимого диапазона	Optic power out V(λ)	P_{E} = 0.0412 W $\frac{P_{E}}{P_{\Sigma}}$ = 0.17 %
Суммарный световой поток	Total Luminous Flux	Φ = 1090.0 lm
Максимальная сила света	Luminous Intensity max	I_{vmax} = 299.13 cd
Осевая сила света	on – axis	I_{vax} = 298.53 cd
Освещённость по оси на расст. H = 17.506 m	On-axis illumination on dist.H	E_{v} = 0.97 lx
Энергетическая сила света максимальная	Power Intensity max	I_{Emax} = 6.6353 $\frac{W}{sr}$
осевая	Power Intensity on-axis	I_{Eax} = 6.622 $\frac{W}{sr}$
Угловые характеристики и распределение мощности по основным плоскостям	Angles and Optic Power pattern to planes,% 45-00 plane	$\theta_{0.5}$ = 138.867 deg $\theta_{0.1}$ = 168.705 deg dP_{450} = 25.02 %
	Horizontal plane	$\Omega_{0.5}$ = 136.434 deg $\Omega_{0.1}$ = 169.085 deg dP_{00} = 25.2 %
	00-45 plane	$\psi_{0.5}$ = 138.357 deg $\psi_{0.1}$ = 167.99 deg dP_{045} = 25.01 %
	Vertical plane	$\zeta_{0.5}$ = 138.481 deg $\zeta_{0.1}$ = 166.576 deg dP_{90} = 24.77 %
Средние значения углов	Averadge angle 0,5Iv max	$\Theta_{0.5}$ = 138.035 deg
	Averadge angle 0,1Iv max	$\Theta_{0.1}$ = 168.089 deg
Электрические параметры	Electrical data	
Потребляемый ток		I_{e} = 0.429 A
Напряжение питания		U = 218.7 V
Активная потребляемая мощность	Power input	P_{in} = 80.312 W
Коэффициент мощности	cos ϕ	cos ϕ = 0.856
Полная мощность	Total Power input	S = 93.82 VA
Реактивная мощность	Reactive Power	Q = 48.5 VAr
Эффективность световая	Efficacy	υ_{v} = 13.57 $\frac{lm}{W}$
Фотометрическое отношение	Ivmax/1000lm	N = 274.4 $\frac{cd}{klm}$
КПД	Efficiency	υ = 30.16 %
Спектральная Световая эффективность	Luminous Efficacy	K = 45.08 $\frac{lm}{W}$
Энергетическая освещённость на расстоянии H = 17.506 m	Energy illumination on a distance: H = 17.5lm	P_{s} = 0.02 $\frac{W}{m^2}$
Максимальная длина волны	Maximum wavelength	λmax = 665 nm
Полуширина спектра излучения	SLHW 0.5	$SLHW_{0.5}$ = 231 nm
Ширина спектра излучения	SLHW 0.1	$SLHW_{0.1}$ = 254.5 nm
Координаты цветности	Color coordinates	X = 0.2594 Y = 0.0708 Z = 0.6699
Доминирующая длина волны	Dominant wavelength	λ_{dom} = −3.16 × 10^{5} nm
Центроидная длина волны	Centroid wavelength	λcentroid = 653.5 nm
Доля ОСПЭЯ отн. V(λ)	Spectral part to V(λ)	P_{λ} = 2.67 %
Коррелированная цветовая температура	Correlated color temperature (CCT)	T_{c} = 2691.4 K
Цветовая температура по Планку	Plank Color temperature	T_{Plank} = 0 K

для оценки соответствия заявленных производителем характеристик приборов ответственного применения (таких как светофоры, приборы ЖД сигнализации, устройства авиационной и морской навигации, тепличные и животноводческие приборы, стратегические светотехнические изделия и др.) фактически полученным при созданных в лаборатории климатических условиях.

Лаборатория располагает всем необходимым для обеспечения питания образцов при исследовании любым напряжением в диапазоне 0,1–380 В переменного (40–500 Гц) и 0,01–300 В постоянного тока. Средства измерений, используемые при испытаниях имеют соответствующие свидетельства о поверке.

Предлагаемая комплексная программа подразумевает измерения светотехнических, электрических и спектральных (колориметрических) характеристик осветительных приборов, светодиодов, излучающих структур, других источников света (источников излучения в диапазоне 180-1100нм) в различных климатических условиях окружающей среды. Для исследований доступны следующие условия:

- диапазон температур: –70…+150 °С;
- диапазон относительной влажности: до 100%;
- размеры исследуемых приборов: до 0,7×0,6×0,6 м;
- потребляемая мощность: до 800 Вт;
- скорость набора температур: не менее 1 °С/мин (имеется возможность формирования любого профиля нагрева (охлаждения) в указанном диапазоне климатических характеристик).

Основная нормативная документация по методам измерений:

- Испытание на воздействие верхнего значения температуры среды при эксплуатации 201 п 2.1. ГОСТ 16962.1-89
- Испытание на воздействие верхнего значения температуры среды при транспортировании и хранении 202 п. 2.2. ГОСТ 20.57.406
- Испытание на воздействие нижнего значения температуры среды при эксплуатации 203 п 2.3. ГОСТ 20.57.406

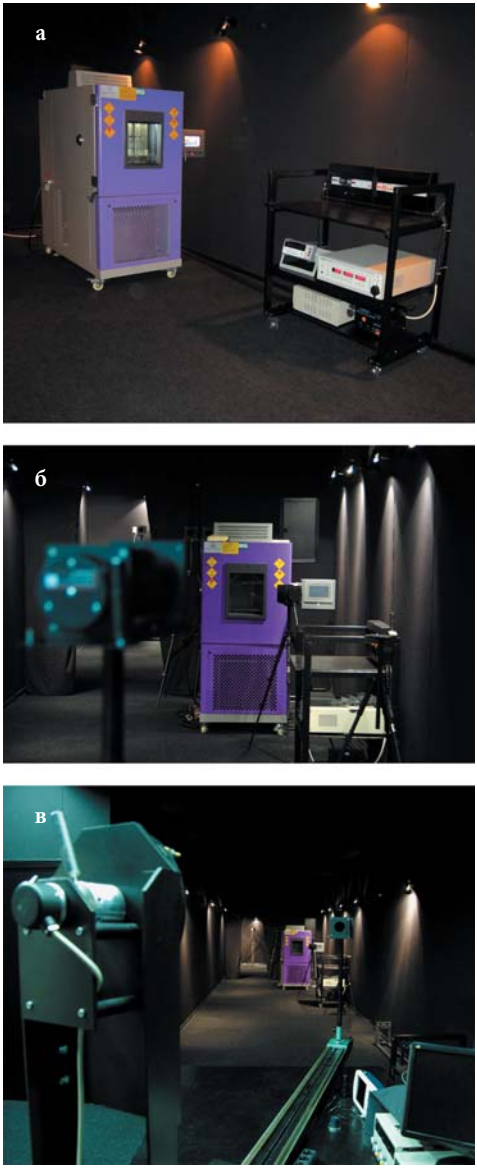
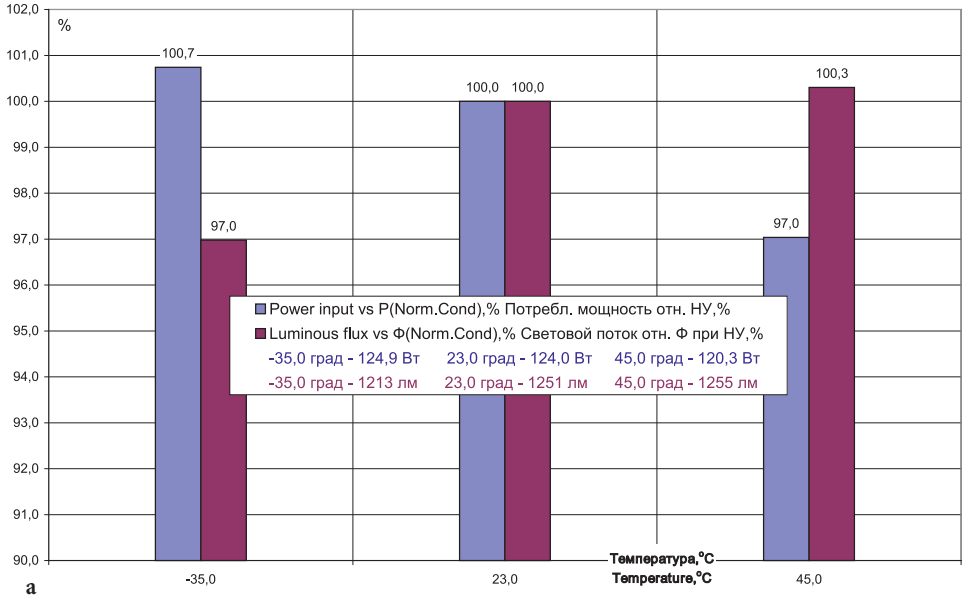
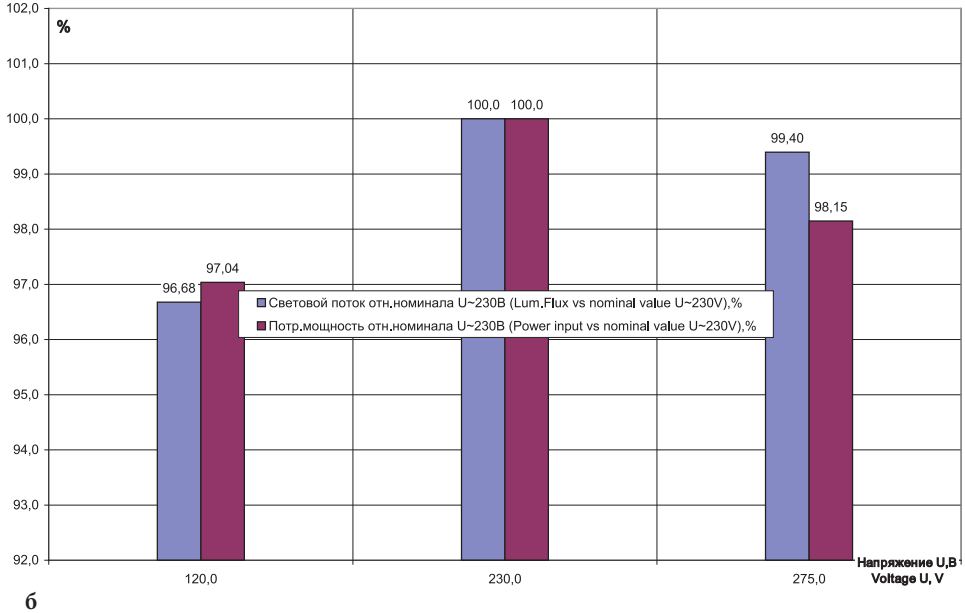


Рис. 21. Внешний вид климатической камеры, станции управления режимами испытуемых образцов и измерительными приборами, интегрированных в фотометрическую установку лаборатории



а



б

Рис. 22. Примеры представления результатов измерений при испытаниях светотехнических устройств в термокамере при различных условиях окружающей среды и параметрах питающего напряжения

- Испытание на воздействие нижнего значения температуры среды при транспортировании и хранении 204 ГОСТ 20.57.406
- Испытание на воздействие изменения температуры среды 205 п. 2.3. ГОСТ 16962.1-89 и ГОСТ 20.57.406
- Испытание на воздействие инея с последующим его оттаиванием 206 ГОСТ 20.57.406
- Испытание на воздействие влажности воздуха 207 п. 2.4. ГОСТ 16962.1-89:
  1. длительное
  2. ускоренное
  3. в условиях выпадения росы
  4. кратковременное
- ГОСТ 15150-69. Исполнение для различных климатических районов
- ГОСТ Р 60598-1-2011 Светильники. Ч. 1. Общие требования и методы испытаний.

Примеры представления результатов измерений при испытаниях светотехнических устройств в термокамере при различных условиях окружающей среды и параметрах питающего напряжения (рис. 22, табл. 1, 2).

Таблица 1

Температура, °С	Потребляемая мощность, Вт	Потребл. мощность отн. НУ, %	Световой поток, лм	Световой поток отн. Ф при НУ, %
–35,0	124,9	100,7	1213,2	97,0
23,0	124,0	100,00	1251,0	100,00
45,0	120,3	97,0	1254,8	100,3

Таблица 2

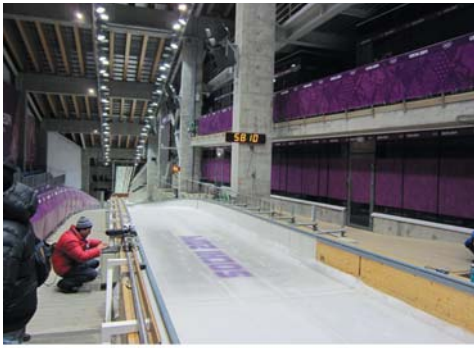
Температура –35 °С					
Напряжение питания,В	Частота, Гц	Потребляемая мощность,Вт	Напряжение отн. номинала,%	Потр.мощность отн.номинала U,%	Световой поток отн.номинала U,%
120,0	50,0	124,0	52,2	99,3	100,31
230,0	50,0	124,9	100,0	100,0	100,00
275,0	50,0	123,1	119,6	98,5	102,18
Температура 23 °С (НУ) (Normal Conditions)					
Напряжение питания,В	Частота, Гц	Потребляемая мощность,Вт	Напряжение отн. номинала,%	Потр.мощность отн.номинала U,%	Световой поток отн.номинала U,%
120,0	50,0	120,3	52,2	97,0	96,68
230,0	50,0	124,0	100,0	100,0	100,00
275,0	50,0	121,7	119,6	98,1	99,40
Температура 45 °С					
Напряжение питания,В	Частота, Гц	Потребляемая мощность,Вт	Напряжение отн. номинала,%	Потр.мощность отн.номинала U,%	Световой поток отн.номинала U,%
120,0	50,0	119,4	52,2	99,2	100,90
230,0	50,0	120,3	100,0	100,0	100,00
275,0	50,0	118,5	119,6	98,5	100,60

Измерения характеристик освещения объектов инфраструктуры: улиц городов, магистралей, архитектурных, спортивных сооружений и др.

В распоряжении лаборатории имеется всё для обеспечения сервиса по измерениям параметров и характеристик освещения улиц городов, магистралей, архитектурных и спортивных сооружений, станций, вокзалов, аэропортов и иных объектов инфраструктуры, фотометрических параметров светофоров и устройств световой сигнализации, в т.ч. на объектах ОАО «РЖД».

Комплект мобильной лаборатории обеспечивает измерения всех требуемых СП52.13330.2016, ГОСТ 33176-2014, ГОСТ 54305-2011, ГОСТ Р 54308-2011, ГОСТ 26824-2010, ГОСТ Р 55706-2013 (и др. соответствующими стандартами) параметров указанных выше объектов непосредственно на месте их расположения, основными из которых являются: яркость и освещённость дорожного полотна, яркость и колориметрические характеристики освещённых зданий и сооружений, спортивных объектов, аналогичные характеристики архитектурной подсветки, силу света, цветность, яркость и др. светофорных объектов, устройств световой сигнализации.

Передвижной вариант лаборатории позволяет также непосредственно на месте установки про-



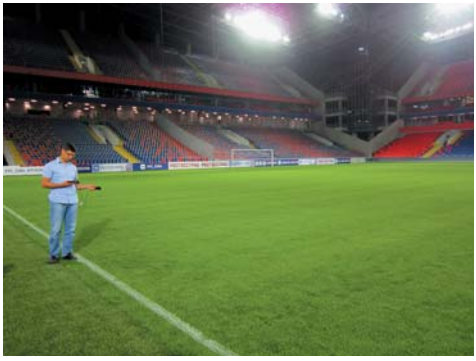
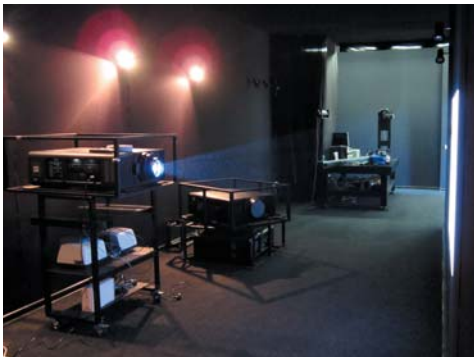


Рис. 23. Светотехнический аудит спортивных объектов в г. Сочи в 2014 г.: Большой Ледовой Арены и санно-бобслейной трассы



водить измерения колориметрических характеристик (параметров цветности — цветовых температур, координат цветности) как самих объектов — дорожных покрытий и фасадов зданий, так и источников света, их освещающих. Особое место в передвижном варианте лаборатории занимает аппаратура, позволяющая с высокой точностью измерять параметры пульсации светового потока (освещённости) любых источников света непосредственно в месте их установки.

Основные нормативные документы на методы измерений: ГОСТ 26824-2010, ГОСТ 24940-2016, ГОСТ 33393-2015, ГОСТ Р 54350-2015, ГОСТ Р 55707-2013, ГОСТ Р 55708-2013. Основные средства измерений передвижного варианта лаборатории: яркомер-колориметр Minolta CS-100A, люксметр TESTO 545, фотометры, аналитическая аппара-

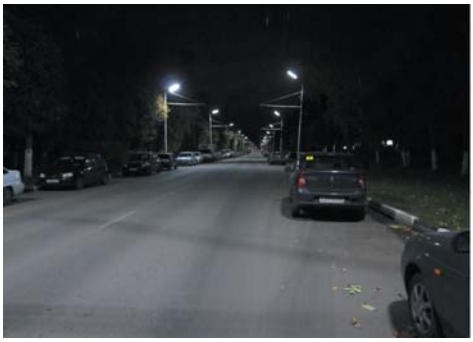


Рис. 24. Измерение параметров уличного освещения городов

тура. Указанные средства измерений основаны на высокостабильных кремниевых фотодиодах с высокоточной коррекцией к кривой видности, и имеют ряд метрологических преимуществ перед приборами на основе ПЗС-матриц (которые средствами измерений не являются), особенно это касается измерений яркости (высокая воспроизводимость результатов, низкая погрешность). Метрологические характеристики оборудования позволяют измерять яркость с точностью до 0,001 кд/м^2.

Среди масштабных заказов, реализованных силами лаборатории по выполнению измерений параметров освещения перечисленных выше типов объектов, стоит отметить следующие.

- Светотехнический аудит спортивных объектов в г. Сочи в 2014г. – Большой Ледовой Арены, санно-бобслейной трассы, участков лыжных трасс
- Измерение параметров освещения стадиона ЦСКА (Москва),
- Измерение параметров уличного освещения г. Брянска
- Измерение параметров уличного освещения г. Рязани
- Светотехнический аудит сети магазинов «Пятёрочка».
- Измерение параметров освещения надземных пешеходных переходов на МКАД (г. Москва).
- Измерение параметров уличного освещения города Петрозаводска.
- Измерение характеристик информационного экрана и архитектурного освещения объектов в г. Тобольске, стадиона Зенит-Арена (Санкт – Петербург), экранов и табло объектов инфраструктуры МО
- Измерение параметров яркости изображений проекций на фестивале «Круг Света», результаты легли в основу рекорда книги Гиннеса
- Измерение параметров освещения ряда столичных аэропортов.

Анализ причин выхода из строя осветительного прибора (светодиода, др. источников света)

Любая поставка или установка светотехнического оборудования непосредственно на объекте может быть сопряжена с возникновением его неисправностей или выходом из строя как в процессе подключения, так и в течение эксплуатации, несмотря на гарантии производителя или поставщика.

Качественно выход из строя может быть охарактеризован как:

- полная неработоспособность осветительного прибора;
- погасание части светодиодов, матриц;
- существенное (в разы) уменьшение светового потока;
- увеличение пульсаций светового потока;
- изменение пространственного распределения силы света.

Причин выхода из строя осветительных приборов (источников света) может быть много, например:

- несоответствующее напряжение сети (напряжение питания источника света);
- наличие выбросов или гармоник в питающем фидере;
- неисправность или выход из строя драйвера осветительного прибора;
- неисправность или выход из строя светотехнической части (светодиодов, др. источников света);
- выход из строя вспомогательных элементов электрической схемы осветительного прибора.

В той или иной степени, эти причины указывают на соответствующую ответственность за возникновение подобной ситуации как со стороны потребителя, так и со стороны производителя (поставщика). Предлагаемая программа исследований позволяет установить истинную причину (из-за чего возникла неисправность: некачественные светодиоды и в чём их дефект, несоотв. электропитание и причины

Рис. 25. Примеры представления результатов измерений при анализе параметров уличного освещения

“Архилайт ” Лаборатория исследований источников света Приложение 1
к протоколу № 1500/000/000 от 32.13.2115. Листов 13
Объект №1500111-1.Участок дороги г. Лондон, ул. Бейкер-Стрит. Лист 4
Внешний вид осветительной установки объекта

Характеристики объекта и условия измерений яркостных параметров

Наименование улицы (дороги, площади)	г. Лондон, ул. Бейкер-Стрит			
Категория / Класс объекта	В	В2		
Ширина проезжей части, м	12			
Расположение светильников	Высота, м	11	Шаг опор, м	39,7
Тип светильников	Светодиодные с оптическими элементами			
Число светильников на опоре/ угол установки	1	15	град. отн. покрытия	
Расстановка ОП на объекте	однорядная левая			
Напряжение сети, В	249/---/---		249/---/---	
	в начале измерений		в конце измерений	
Дата проведения измерений	32.13.2115.			
Время проведения измерений	02:25 - 03:05			
Состояние осветительной установки	удовлетворительное			
Климатические условия измерений	–1	°С	80	%
	температура		отн. влажность	
Наименование действующего нормативного документа	СП 52.13330.2011			
Характеристики дорожного покрытия	асфальтовое			
Состояние дорожного покрытия	влажное			
Тип измерительного прибора	яркомер-колориметр Minolta CS-100A			

"Архилайт " Лаборатория исследований источников света Приложение 2
к протоколу № 1500/000/000 от 32.13.2115. Листов 13
Объект №1500111-1.Участок дороги г. Лондон, ул. Бейкер-Стрит. Лист 5

Таблицы результатовизмеренийяркостных характеристик

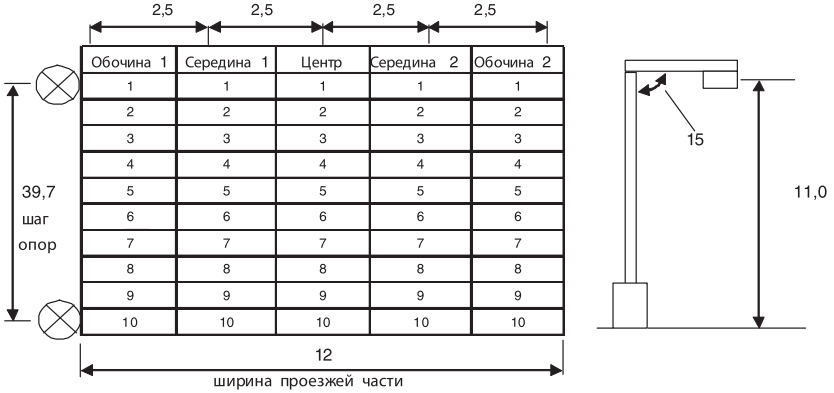
№ контрольных точек	Яркость , кд/м^2												Заключение
	Измеренная										Средняя	Нормируемая	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Обочина 1	1,46	1,77	1,87	2,44	1,49	0,99	0,72	0,82	0,67	0,52	1,28	0,6	Соответствует
Середина 1	1,50	1,79	1,88	2,44	1,93	2,00	1,68	2,20	2,00	1,10	1,85	0,6	Соответствует
Центр	1,86	1,70	1,60	1,89	1,69	2,00	1,28	1,20	1,40	1,49	1,61	0,6	Соответствует
Середина 2	0,54	0,45	0,39	0,44	0,44	0,57	0,31	0,21	0,83	1,44	0,56	0,6	НЕ соответствует
Обочина 2	0,07	0,07	0,07	0,08	0,07	0,09	0,06	0,07	0,08	0,08	0,07	0,6	НЕ соответствует
Заключение	Средняя яркость, $L_{ср}$ кд/м^2										1,07	0,6	Соответствует
Заключение	Продольная равномерность яркости $L_{мин}/L_{макс}$										0,42	0,5	НЕ соответствует
Заключение	Равномерность яркости $L_{мин}/L_{ср}$										0,06	0,4	НЕ соответствует

№ контрольных точек	Яркость , кд/м^2												Заключение
	Измеренная										Средняя	Нормируемая	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Обочина 1	0,47	0,39	0,37	0,32	0,29	0,32	0,89	1,63	0,97	0,4	0,61	0,6	Соответствует
Середина 1	0,53	0,47	0,47	0,43	0,35	0,34	0,58	0,94	0,61	0,35	0,51	0,6	НЕ соответствует
Центр	0,26	0,26	0,29	0,28	0,31	0,4	0,53	0,77	0,58	0,44	0,41	0,6	НЕ соответствует
Середина 2	0,19	0,19	0,21	0,2	0,24	0,33	0,41	0,57	0,5	0,47	0,33	0,6	НЕ соответствует
Обочина 2	0,07	0,06	0,06	0,06	0,15	0,26	0,27	0,34	0,33	0,35	0,20	0,6	НЕ соответствует
Заключение	Средняя яркость, $L_{ср}$ кд/м^2										0,41	0,6	НЕ соответствует
Заключение	Продольная равномерность яркости $L_{мин}/L_{макс}$										0,28	0,5	НЕ соответствует
Заключение	Равномерность яркости $L_{мин}/L_{ср}$										0,15	0,4	НЕ соответствует

Общая таблица результатовизмеренийяркостных характеристик

Заключение	Средняя яркость, $L_{ср}$ кд/м^2	0,74	0,6	Соответствует
Заключение	Продольная равномерность яркости $L_{мин}/L_{макс}$	0,35	0,5	НЕ соответствует
Заключение	Равномерность яркости $L_{мин}/L_{ср}$	0,10	0,4	НЕ соответствует

Схема расположенияточек измеренийи геометрическиеданные объекта



"Архилайт" Лаборатория исследований источников света Приложение 3
к протоколу № 1500/000/000 от 32.13.2115. Листов 13
Объект №1500111-1. Участок дороги г. Лондон, ул. Бейкер-Стрит. Лист 6

Характеристики объекта и условия измерений параметров освещённости

Наименование улицы (дороги, площади)	г. Лондон, ул. Бейкер-Стрит			
Категория / Класс объекта	В	В 2		
Ширина проезжей части, м	12			
Расположение светильников	Высота, м	11	Шаг опор, м	39,7
Тип светильников	Светодиодные с оптическими элементами			
Число светильников на опоре/ угол установки	1	15	град. отн. покрытия	
Расстановка ОП на объекте	однорядная			
Напряжение сети, В	249/---/---		249/---/---	
	в начале измерений		в конце измерений	
Дата проведения измерений	32.13.2115.			
Время проведения измерений	02:25 - 03:05			
Состояние осветительной установки	удовлетворительное			
Климатические условия измерений	-1	°C	80	%
	температура		отн. влажность	
Наименование действующего нормативного документа	СП 52.13330.2011			
Характеристики дорожного покрытия	асфальтовое			
Высота расположения изм. прибора, м	0			
Тип измерительного прибора	Testo 545			

Таблицы результатов измерений характеристик освещённости

№ контрольных точек	Освещённость, лк										Средняя	Нормируемая	Заключение
	Измеренная												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Обочина 1	37	21	19	18	13	19	21	19	20	30	21,70	10	Соответствует
Середина 1	19	18	20	14	13	14	17	20	12	24	17,10	10	Соответствует
Центр	12	11	16	13	12	13	15	15	15	15	13,70	10	Соответствует
Середина 2	8	7	9	10	10	11	10	12	10	11	9,80	10	НЕ соответствует
Обочина 2	3	3	6	4	5	8	8	7	5	5	5,40	10	НЕ соответствует
Заключение	Средняя освещённость, $E_{ср}$ лк										13,54	10	Соответствует
Заключение	Равномерность освещённости $E_{мин}/E_{ср}$										0,22	0,25	НЕ соответствует

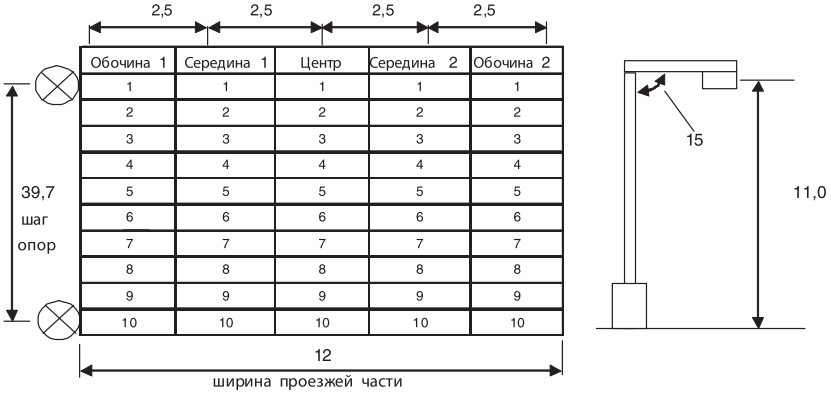
№ контрольных точек	Освещённость, лк										Средняя	Нормируемая	Заключение
	Измеренная												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Обочина 1	24	17	10	9	13	11	12	15	20	24	15,50	10	Соответствует
Середина 1	19	13	8	9	8	9	10	15	19	19	12,90	10	Соответствует
Центр	16	10	8	8	8	9	10	12	14	14	10,90	10	Соответствует
Середина 2	10	7	6	3	6	7	8	8	10	11	7,60	10	НЕ соответствует
Обочина 2	5	4	6	3	3	4	5	5	7	5	4,70	10	НЕ соответствует
Заключение	Средняя освещённость, $E_{ср}$ лк										10,32	10	Соответствует
Заключение	Равномерность освещённости $E_{мин}/E_{ср}$										0,29	0,25	Соответствует

“Архилайт ” Лаборатория исследований источников света Приложение 4
к протоколу № 1500/000/000 от 32.13.2115. Листов 13
Объект №1500111-1.Участок дороги г. Лондон, ул. Бейкер-Стрит. Лист 7

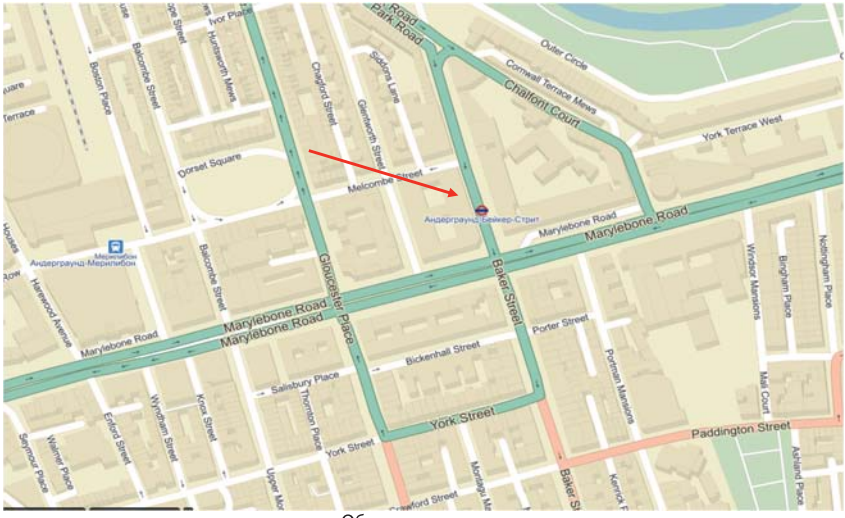
Общая таблица результатов измерений характеристик освещённости

Заключение	Средняя освещённость , $E_{ср}$ лк	11,93	10	Соответствует
Заключение	Равномерность освещённости $E_{мин}/E_{ср}$	0,26	0,25	Соответствует

Схема расположения точек измерений и геометрические данные объекта



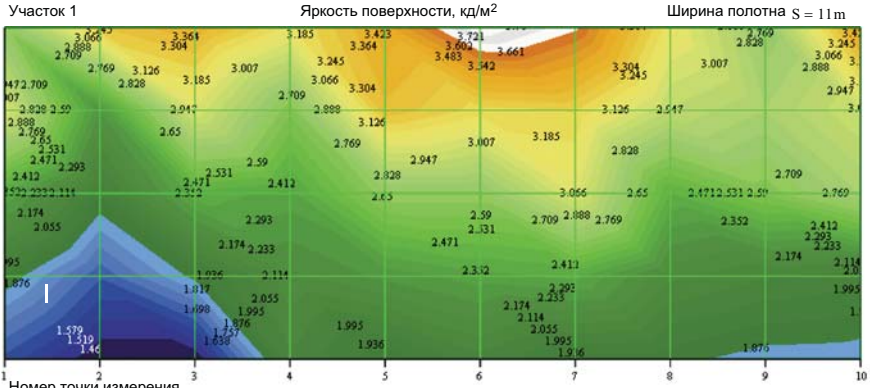
Географическое положение объекта



Общее заключение

Средняя освещённость дорожного покрытия, равномерность освещённости и средняя яркость соответствуют, а общая и продольная равномерности яркости НЕ соответствуют требованиям СП 52.13330.2011 «Свод правил Естественное и искусственное освещение Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*».

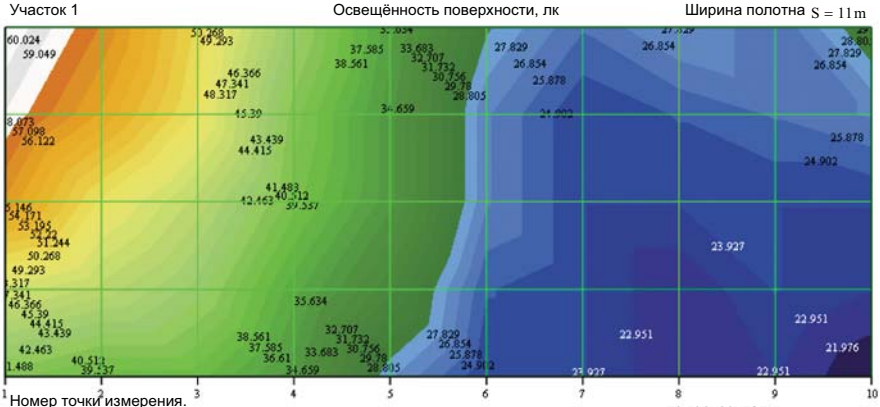
Визуализация распределения яркости



Номер точки измерения.
Шаг опор $\Delta L = 60.0m$

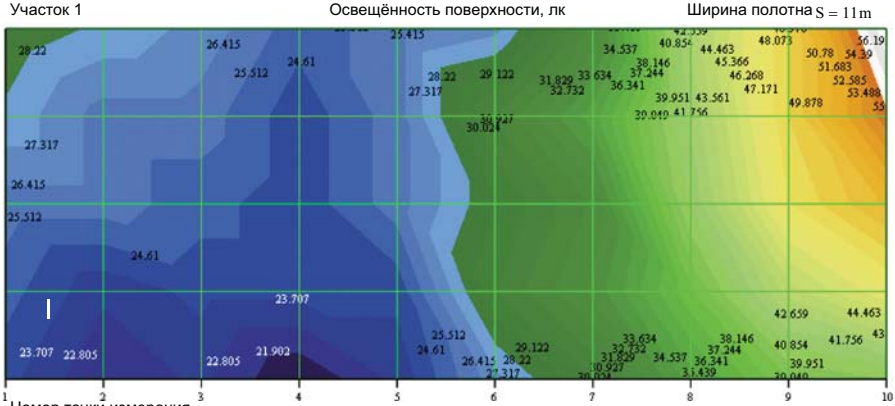
Расстояние между точками: по горизонтали: $\Delta h = 3m$ по вертикали: $\Delta v = 2m$

Визуализация распределения освещённости поверхности



Номер точки измерения.
Шаг опор $\Delta L = 60.0m$

Расстояние между точками: по горизонтали: $\Delta h = 3m$ по вертикали: $\Delta v = 2m$



Номер точки измерения.
Шаг опор $\Delta L = 60.0m$

Расстояние между точками: по горизонтали: $\Delta h = 3m$ по вертикали: $\Delta v = 2m$

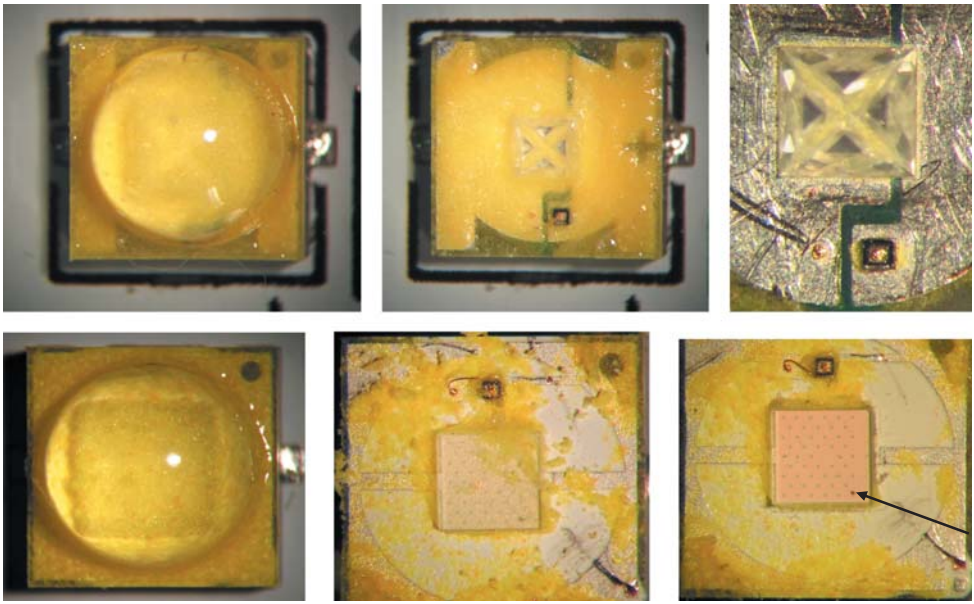


Рис. 26. Светодиод и его вид со снятой линзой

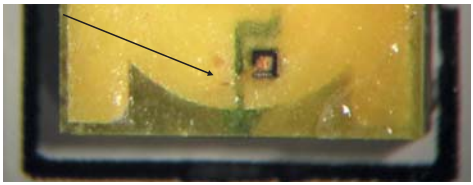


Рис. 27. Обрыв контактной нити защитного кристалла (указано стрелкой)

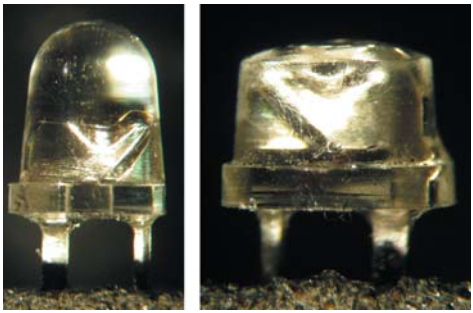


Рис. 28. Неисправный светодиод и он же со спиленной до уровня контактной площадки кристаллодержателя линзой.

несоответствия, различные воздействия и др.) и техническую картину выхода из строя или воссоздания сценария возникновения неисправности и таким образом определить соответствующую долю ответственности участников сделки. Также, этой программой могут воспользоваться

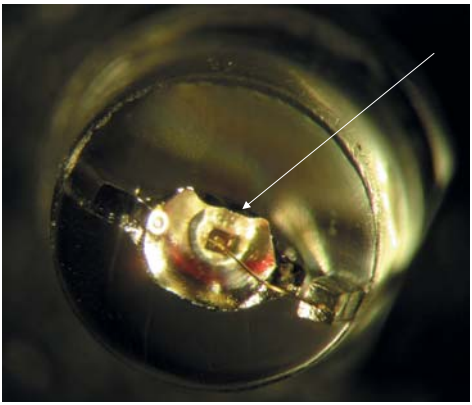


Рис. 29. Спиленная линза неисправного светодиода. Вид сверху.

разработчики осветительных приборов для установления причин возникновения неисправностей с целью соответствующей коррекции конструкции или электрической схемы изделия. Настоящая программа может использоваться также и для установления условий эксплуатации светотехнических изделий или восстановления типа возможных воздействий в процессе эксплуатации по их результатам — проявлению неисправности. Для большинства изделий на основе светодиодов, помимо анализа причин неработоспособности, возможно исследование качества производства (выполнения технологических операций сборки и др.) светодиодов и излучающих кристаллов, определение производителя кристаллов и светодиодов, их биновой комбинации параметров и её соответствия спецификации или определение фактических характеристик.

В Протокол анализа неисправности входит: описание неисправности, качественные показатели, фотографии, результаты измерений различных фотометрических величин или электрических режимов, пояснения и комментарии с выводами и заключением о причинах возникновения неисправности.

Примеры визуализации анализа неисправности светодиодов, составляющих основу для описания причин выявленных неисправностей, приведены на иллюстрациях.

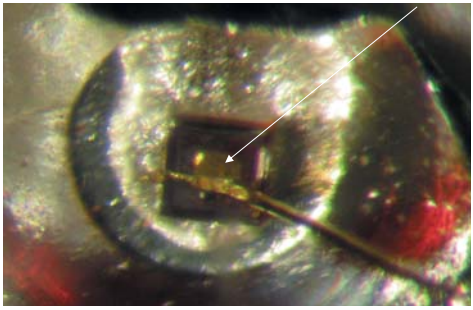


Рис. 30. Вид кристалла и места приварки контактной нити в области омического контакта.

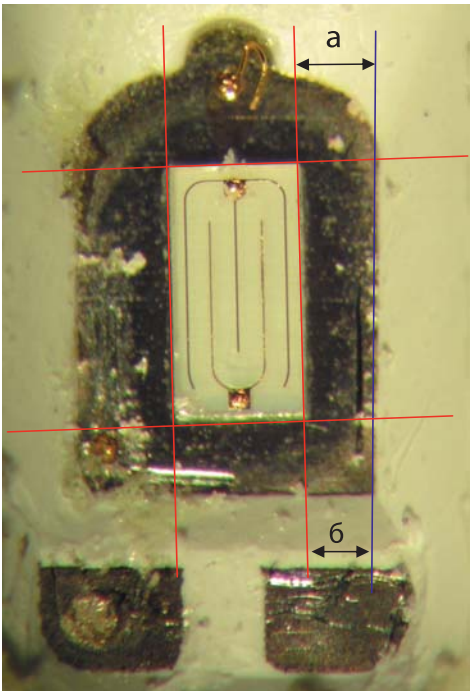


Рис. 31. Иллюстрация неровно установленного кристалла в светодиоде (расстояние а не равно расстоянию б)

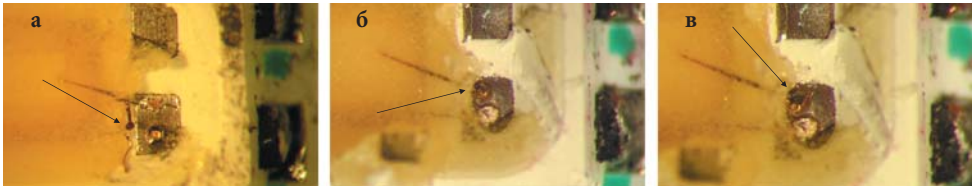


Рис. 32. Анализ причин выхода из строя светодиодов. Исследование качества выполнения технологической операции приварки контактных нитей: а) место приварки контактной нити к печатному проводнику в светодиоде; б) сварной шарик (вид сверху); в) сварной шарик сдвинут (заметен темный след от отсутствующего под ним контакта)

«В светильнике применены светодиоды, в которых излучающий кристалл закреплён на керамической подложке методом «f lip-chip» и не имеет контактных нитей к омическим контактам (рисунок 1). Параллельно излучающему установлен кристалл защитного диода, работающий в обратном направлении и препятствующий пробою первого высоким обратным напряжением.

Анализ неисправных светодиодов показал, что описанное состояние короткого замыкания

Рис. 33. Вторичный источник питания постоянного тока.

с нулевым внутренним сопротивлением может быть вызвано...

….Следует напомнить, что светодиод — прибор, способный работать на частотах вплоть до 800 МГц. При этом защитный диод остался целым, но для проверки вышеуказанной версии причины неисправности, был исключён из схемы путём обрыва его контактной нити (рисунок 2).

Примеры исследования неисправности светодиодов с эпоксидными корпусами-линзами.

Исследование качества выполнения технологической операции установки кристалла в корпус светодиода. Иллюстрация неровно установленного кристалла в светодиоде. Расстояние а не равно расстоянию б.

Анализ неисправности вторичных источников питания (драйверов) и систем управления.

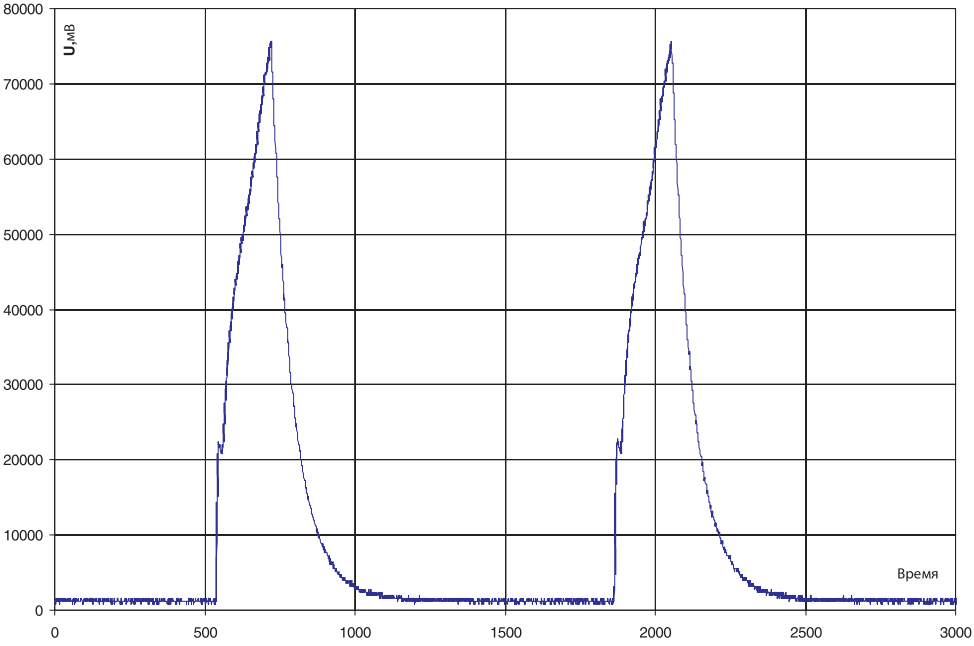


Рис. 34. Исследование нагрузочной характеристики источника. Режим срыва генерации из-за отсутствия нагрузки. Значения на шкале «Время» показаны условно: частота импульсов ~ 1,5Гц., Rнагрузки >> 175 Ом.

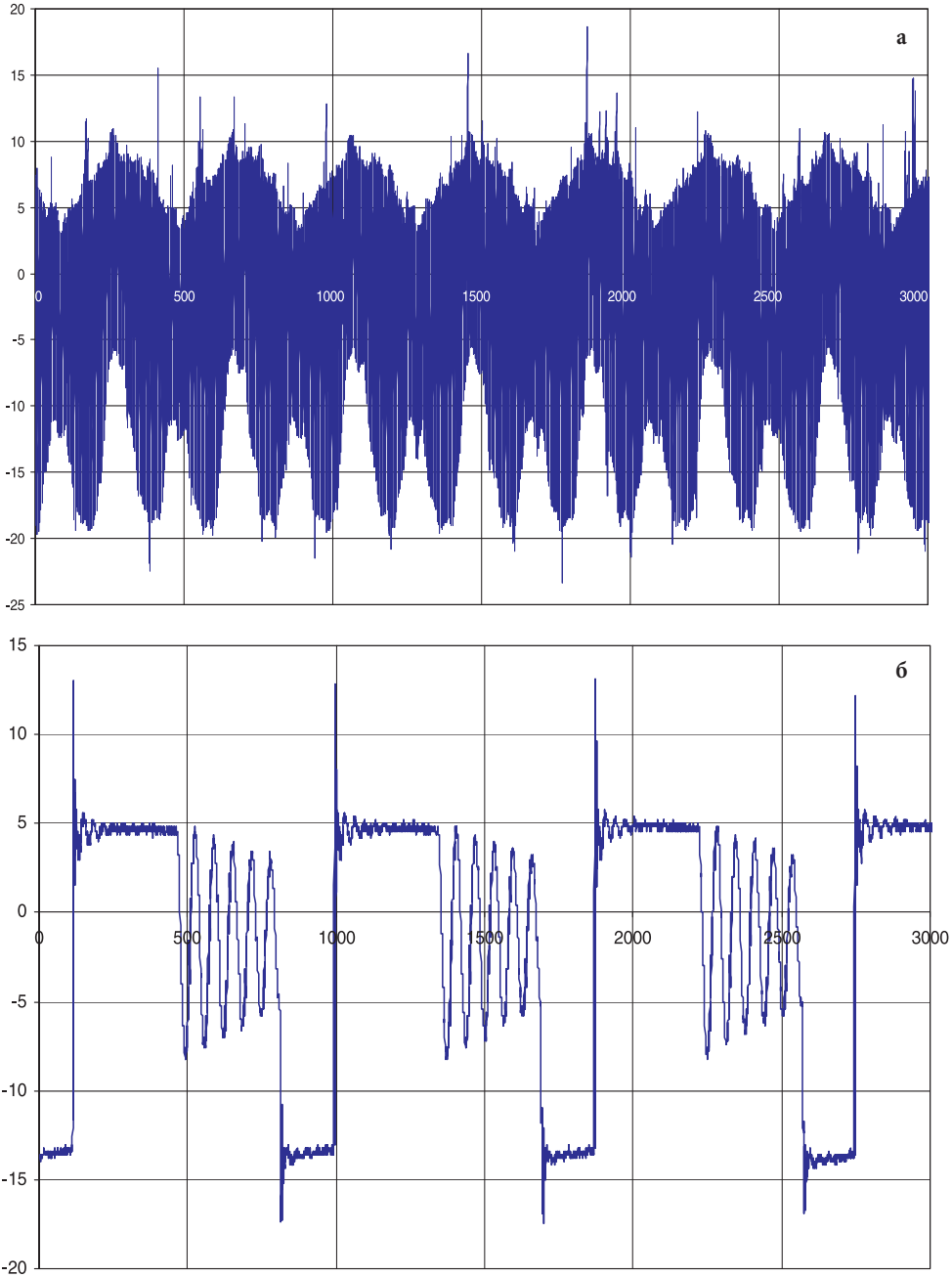


Рис. 35. Переменная составляющая выходного напряжения вторичного источника питания в штатном режиме стабилизации выходного тока. а) вид АМ сигнала, б) структура импульсов заполнения с частотой 273,56кГц. Значения амплитуды и времени на всех диаграммах показаны условно

Таблица 3. Характеристики времени переходных процессов при коммутации напряжения питания.

Параметр	Значение	Размерность
Время задержки начала излучения относительно момента подачи Uпит	345,2	мс
Время достижения 60% Ф	230,2	мс
Время достижения 95% Ф	742	мс
Время достижения 100% Ф	1750	мс
Общее время процесса включения	2095,2	мс
Время задержки начала спада излучения относительно момента выключения Uпит	37,286	мс
Время 100% спада излучения	685,4	мс
Общее время процесса выключения	722,69	мс

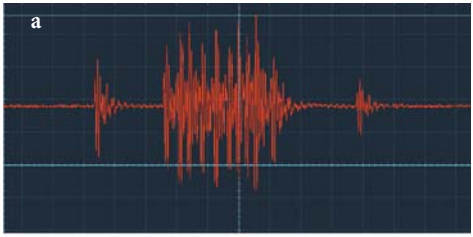
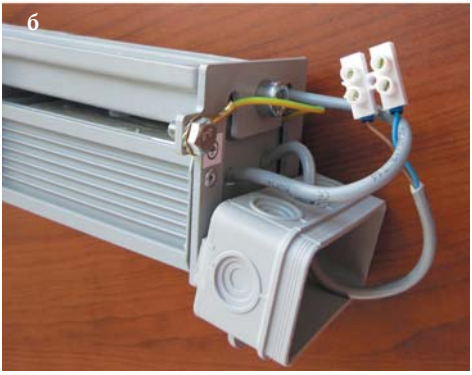
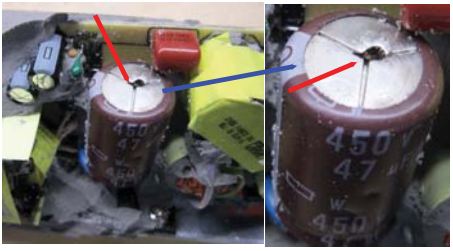
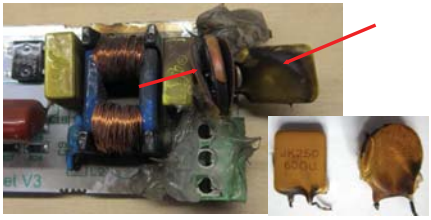


Рис. 36. Исследование электрических характеристик выходного напряжения вторичного источника питания в момент включения сетевого питания. Определение бросков тока и напряжения на нагрузке: а) осциллограмма сигнала при измерении в точке подключения к светодиодному модулю; б) осциллограмма с экрана осциллографа (фото) с параметрами сигнала







Анализ неисправности вторичных источников питания (драйверов) и цепей их подключения.

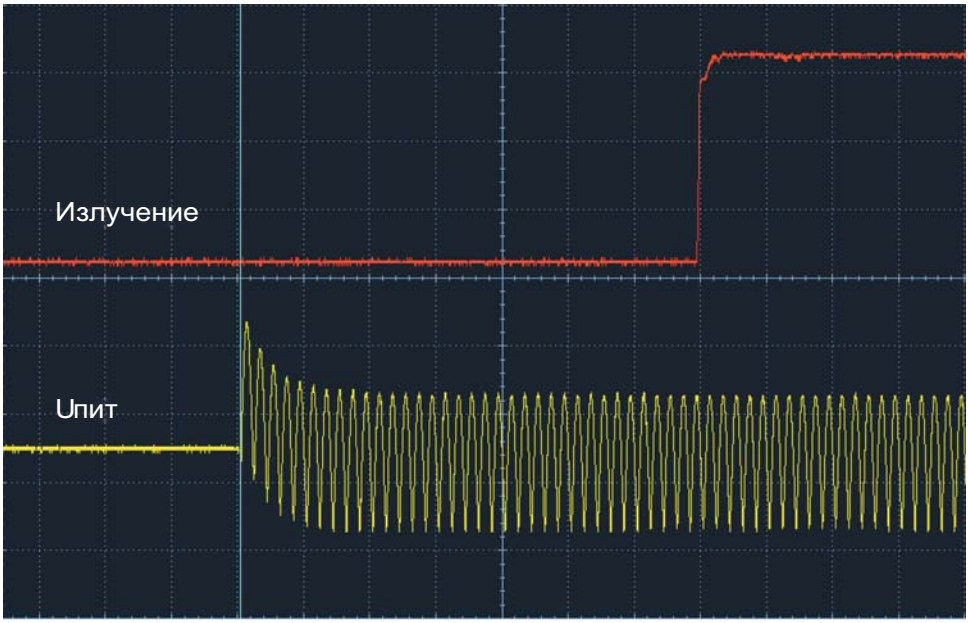


Рис. 38. Визуализация задержки начала свечения относительно момента подачи напряжения питания (красный — оптический сигнал со светильника; желтый — напряжение питания, момент включения напряжения питания отмечен вертикальной линией)

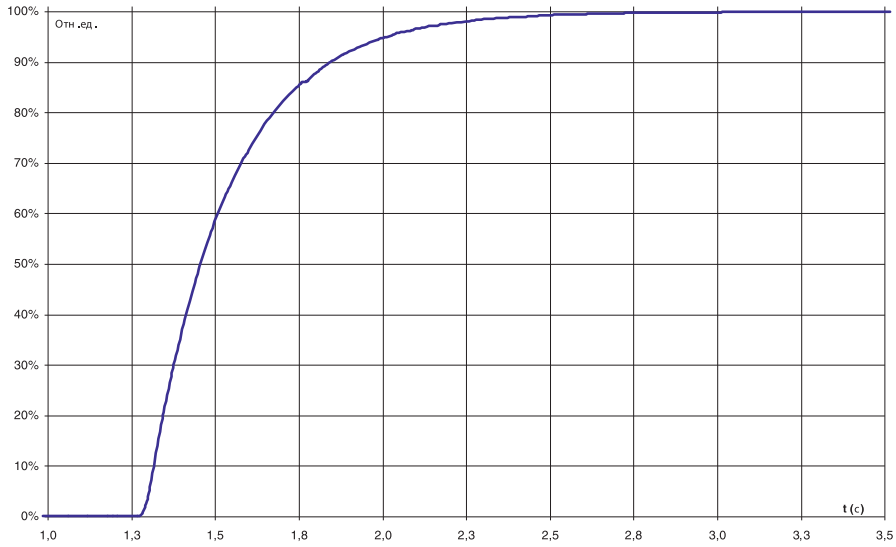


Рис. 39. Временная зависимость переднего фронта переходного процесса начала свечения

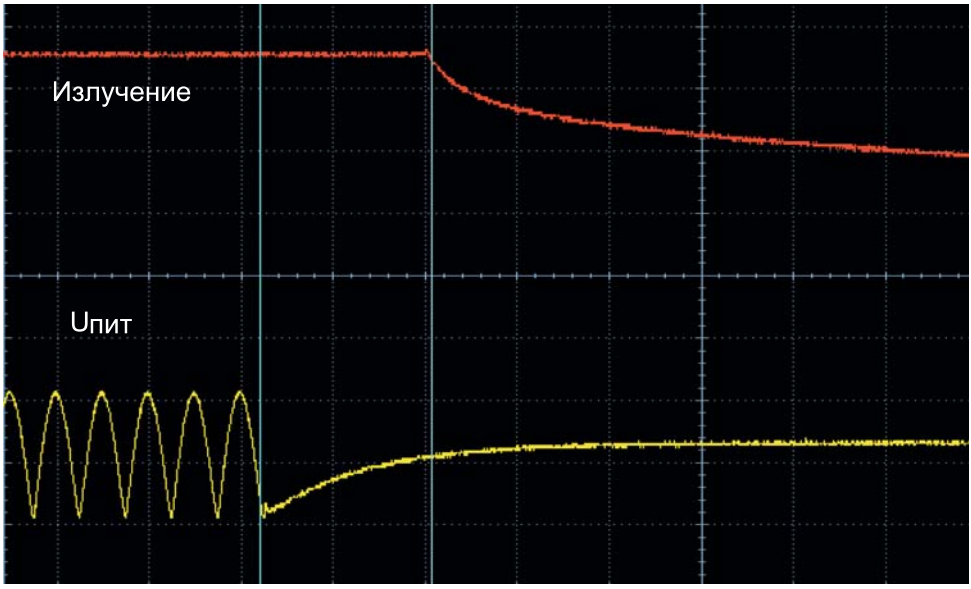


Рис. 40. Визуализация задержки начала спада свечения относительно момента выключения напряжения питания (красный — оптический сигнал со светильника, желтый — напряжение питания, момент выключения напряжения питания отмечен вертикальной линией)

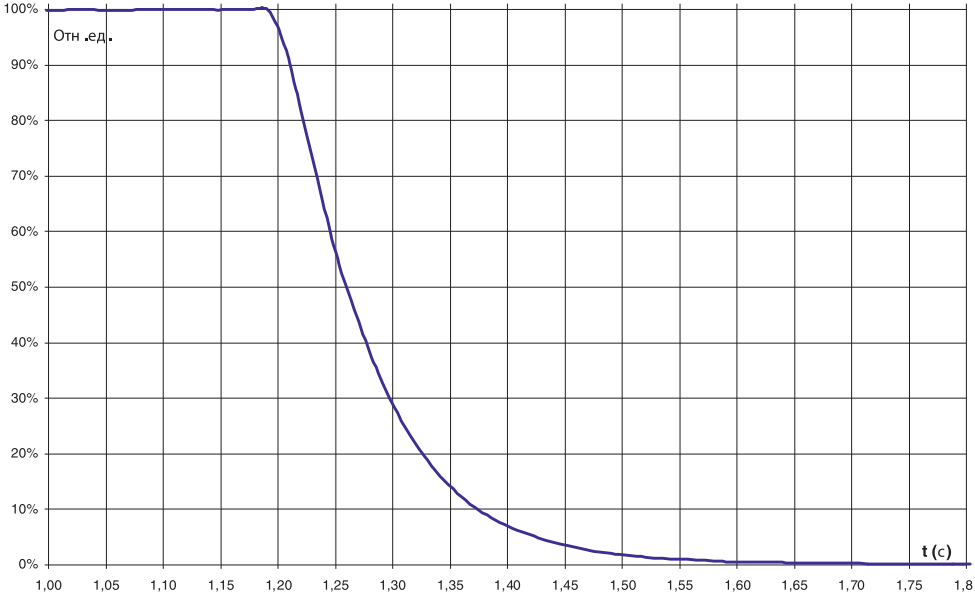


Рис. 41. Временная зависимость заднего фронта переходного процесса спада свечения.

Программа испытаний на определение срока службы, деградационные исследования (по внутреннему стандарту «Архилайт», по LM-80 и др.)

Высокая скорость совершенствования технологий производства излучающих структур в последние годы привела к значительным успехам в области повышения качества приборов на их основе. Существенно увеличилось число различных конструкций и типов серийно производимых кристаллов, изготовленных на основе эпитаксиальных гетероструктур твёрдых растворов AlGaInP, InGaN и AlGaInN, позволяющих создавать источники излучения с любыми необходимыми характеристиками для различных сфер применения. Большой выбор цветов свечения, комбинация мощного излучения с любой формой его пространственного распределения и с возможностью получения любого цветового оттенка в широком динамическом диапазоне интенсивностей излучения открывают огромные перспективы использования светоизлучающих диодов на основе этих структур в качестве источников света для различных устройств. Большое внимание уделено созданию твердотельного энергосберегающего освещения на основе мощных синих InGaN/GaN светодиодов с люминофорным покрытием. В настоящее время серийные светодиоды имеют светоотдачу до 150-160 лм/Вт, а декларируемые лидирующими производителями рекордные лабораторные образцы достигли 303 лм/Вт. Таким образом, светодиоды в несколько раз превысили светоотдачу лучших ламп, но заметно превосходят последних по стоимости. В то же время, имеют место проблемы деградации параметров как при изготовлении самих гетероструктур, так и светодиодов на их основе, которые до сих пор недостаточно исследованы. Отсутствие методов комплексного решения проблем деградации на стадии производства излучающих кристаллов и технологии их сборки в светодиодах существенно ограничивает применение готовых приборов в большинстве устройств специальной сигнализации (светофоры, световая сигнализация), в устройствах ответственного применения с повышенной степенью надёжности (железнодорожное, судовое, шахтное и аварийное освещение) и в устройствах стратегического назначения (военная и космическая техника). Наиболее значимой из всего спектра существующих проблем является проблема изменения (деградации) всего комплекса первоначальных параметров излучающих структур и светодиодов в целом. Эти эффекты значительно повышают общую стоимость производимого света, что может привести к нерентабельности перехода на твердотельное освещение. Природа этих явлений интенсивно изучается мировым научным сообществом на протяжении двух десятилетий, однако остается далеко не до конца выясненной, а общепринятые модели и методики исследования деградации отсутствуют до сих пор. Применение некоторых (LM-80, TM-21), получивших наибольшее распространение связано с большим сроком исследования (порядка 1 года), что явно не отвечает потребностям отрасли и динамике совершенствования технологий производства светодиодной продукции. В то же время, корректные методики измерений параметров светодиодов в мировом масштабе остаются лишь на уровне рекомендаций МКО, в том числе, по причине отсутствия современных фотометрических и спектральных средств измерений. Отечественная метрологическая база уровня аккредитованных фотометрических лабораторий представлена лишь оборудованием китайского производства крайне низкого качества, либо использующим методики, не позволяющие корректно измерять параметры светодиодов. Поэтому, изучение механизмов деградации в сложившихся условиях массового производства кристаллов и светодиодов на их основе являясь очень актуальным само по себе, в то же время, служит существенным стимулом к разработке современного фотометрического оборудования, могущего реализовать эти исследования.

В предлагаемой лабораторией «Архилайт» программе, большой интерес представляют исследования светоизлучающих кристаллов, светодиодов и устройств на их основе по методикам собственных разработок, начиная от методов монтажа и заканчивая

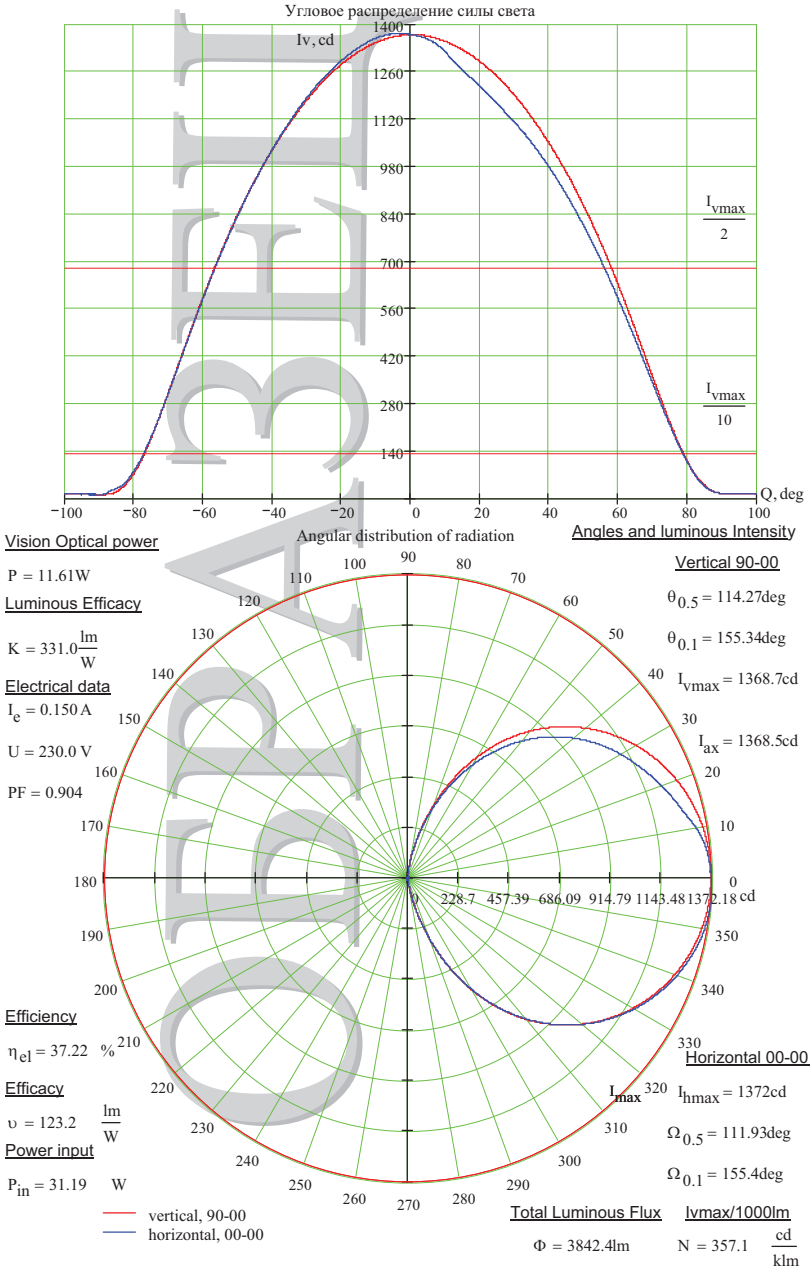
способами измерения параметров с применением изучения деградационных характеристик (изменения значений параметров со временем наработки). Результаты таких исследований позволяют с большой долей достоверности судить о качестве изготовления светодиодов, применённом кристалле, влиянии различных факторов на долговечность светотехнических устройств с одновременным прогнозом изменения их характеристик во времени.

С целью исследования параметров излучающих структур и светодиодов на их основе в процессе наработки создан специальный комплекс для обеспечения режимов непрерывного функционирования образцов в течение длительного времени (на настоящий момент — около 15 лет). Применяемые средства измерения и соответствующие условия позволили разработать ряд собственных методов исследования излучательных свойств и процессов в гетероструктурах, способов оценки потенциальной степени деградации светодиодов и устройств на их основе. Наиболее важным из них является метод изучения перераспределения светового потока (мощности излучения) по пространственной диаграмме излучения силы света (силы излучения) в процессе первых 1000-2000 часов наработки. Изучение механизмов, вызывающих указанное перераспределение светового потока позволило определить, что величина деградации энергетических характеристик излучения (световой поток, мощность излучения) находится в зависимости от степени перераспределения плотности светового потока (мощности излучения) по пространственной диаграмме в процессе наработки. С помощью предложенного метода можно не только сделать выводы об изменениях в работе самой структуры, причины которых могут быть объяснены на уровне физики её работы, но и предположить, что подобное перераспределение светового потока, пропорциональное перераспределению центров излучательной рекомбинации со временем наработки, существует и внутри излучающего кристалла, в его активной области. Предложенный метод выявил большие перспективы его использования при изучении потенциальной степени деградации параметров светодиодов на производстве, определению дефектов эпитаксии или монтажа чипов в корпуса. На основе исследований полных комплексов характеристик, поэтапно измеряемых в течение длительного времени наработки светодиодов и излучающих кристаллов (до 50 000 часов), разработаны методики определения потенциальной степени изменения квантовой эффективности работы структур, светового потока (мощности излучения), спектральных параметров излучения, электрических характеристик не прибегая к тестированию образцов в течение периода стабилизации параметров (1000–2000 часов). Результаты длительного реального наблюдения за изменением параметров гетероструктур (до 50 000 ч) в совокупности с изучением перераспределения светового потока (мощности излучения), взаимосвязь исследованных изменений, легли в основу создания производственной методики сортировки излучающих кристаллов и светодиодов по принципу различной степени потенциального изменения светового потока при последующей эксплуатации. Изначально, все характеристики, свойственные исправным кристаллам или светодиодам будут присутствовать в момент сортировки, и такие приборы будут признаны годными на производстве. Однако степень изменения их параметров при наработке может существенно отличаться. Выявление этого факта стало возможным только при исследовании большого числа светодиодов по предложенной методике, что позволило обнаружить очень важный недостаток в принятой мировой практикой системе сортировки готовых светодиодов, и тем самым объяснить причину появления потенциально дефектных приборов в общей массе признанных годными. В результате применения методики, обосновано, что предложенный вариант сортировки позволяет сделать достоверный прогноз качества произведённых светодиодов (выявить более 95% потенциально негодных приборов) и мобильно скорректировать необходимые технологические операции для устранения возможного брака на выходе. Показано также, что предложенные методы сортировки на производстве не несут ни дополнительных затрат времени, ни обору-

Рис. 42. Содержание Протокола деградационных испытаний (определение срока службы осветительного прибора на светодиодах).

Образец №1800XXX.Светильник светодиодный Лист 5

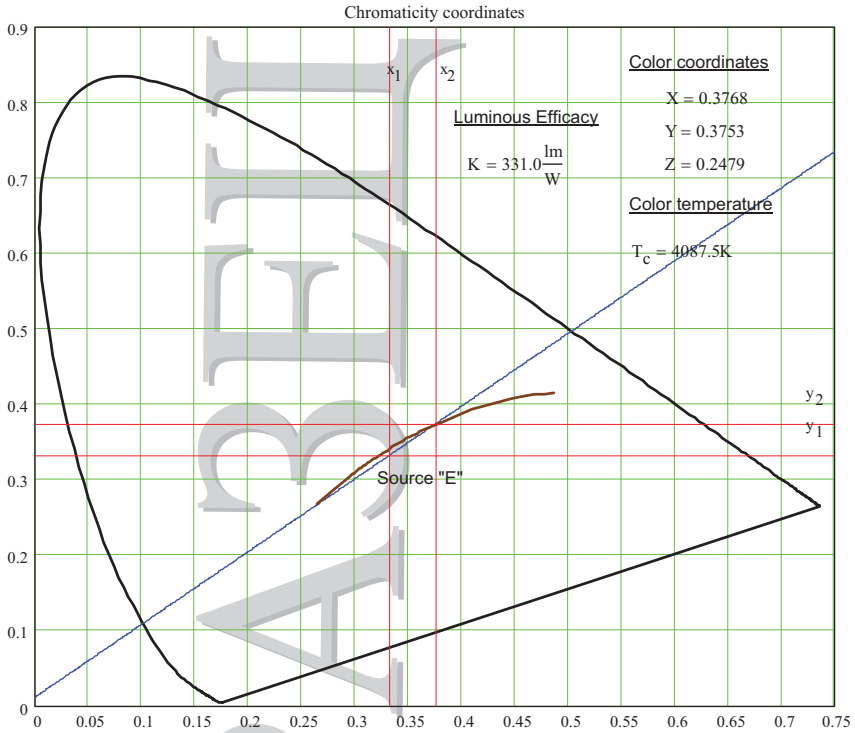
Фотометрические характеристики при 0 ч. наработки.

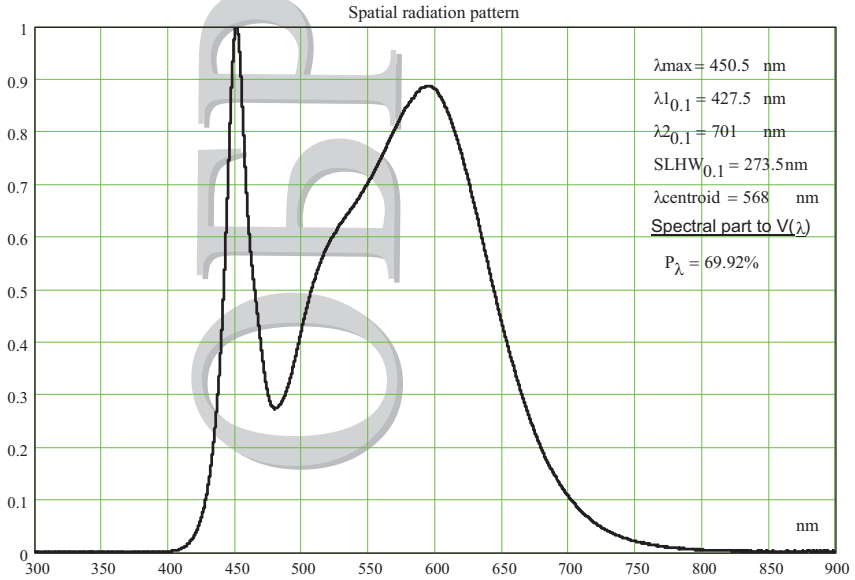


ОБРАЗЕЦ

Образец №1800XXX.Светильник светодиодный Лист 6

Спектральные и колориметрические характеристики. 0 ч. наработки.





Образец №1800XXX.Светильник светодиодный Лист 7

Таблица параметров. 0 ч. наработки.

№	Параметр		Значение		Размерность
	Русский	English			
	Фотометрические и энергетические характеристики излучения				
1	Световой поток Ф	Total Luminous Flux	**3842,4**		lm
2	Мощность излучения P (в видимом диапазоне)	Vision Optical power	**11,61**		W
3	Максимальная сила света Iv	Max Luminous Intensity	**1372,4**		cd
	- в вертикальной плоскости	Vertical plane 00-90	**1368,7**		cd
	- в горизонтальной плоскости	Horizontal plane 00-00	**1372,1**		cd
4	Осевая сила света	On-axis Luminous Intensity	**1368,5**		cd
5	Сила излучения - осевая	Power Intensity on-axis	**4,1**		W/sr
	- максимальная	Power Intensity max	**4,1**		W/sr
	Угловые параметры, освещённость и распределение потока по плоскостям излучения				
6	Вертикальная плоскость 00-90	Vertical angle	$0,5I_{vmax}$	**114,27**	$N*I_{vmax}$/deg
	доля светового потока $d\Phi_{90}$,%	**50,7%**	$0,1I_{vmax}$	**155,27**	$N*I_{vmax}$/deg
	Горизонтальная плоскость 00-00	Horizontal angle	$0,5I_{vmax}$	**111,93**	$N*I_{vmax}$/deg
	доля светового потока $d\Phi_{00}$,%	**49,3%**	$0,1I_{vmax}$	**155,34**	$N*I_{vmax}$/deg
7	Максимальный угол излучения	Maximum view angle	$0,5I_{vmax}$	**114,27**	$N*I_{vmax}$/deg
8	Минимальный угол излучения	Minimum view angle	$0,5I_{vmax}$	**111,93**	$N*I_{vmax}$/deg
9	Средние значения углов $0,5I_{vmax}$	Average angle 0,5Iv max	**112,80**		deg
	$0,1I_{vmax}$	Average angle 0,1Iv max	**155,60**		deg
10	Световой поток по уровню $0,5I_{v\,max}$	Luminous flux level $0,5I_{v\,max}$	**75,1%**	**2887**	% / lm
11	Световой поток по уровню $0,1I_{v\,max}$	Luminous flux level $0,1I_{v\,max}$	**97,7%**	**3752**	% / lm
12	Произвольный уровень $N*I_{v\,max}$ (Ф)	Arbitrary level $N*I_{v\,max}$ (Ф)	**0,333**	**3378**	$N*I_{v\,max}$ / lm
	Угол излучения по / 00-90	Angle by an / 00-90	**131,34**	**87,9%**	deg / %
	произвольному уровню / %Ф 00-00	arbitrary level / %Ф 00-00	**130,13**		
13	Световой поток в диапазоне углов	Luminous flux in the angle range	**-60,00**	**3101**	deg / lm
			60,00		
14	Тип углового распределения силы света по ГОСТ Р 54350	Vertical plane 00-90	**Д**		-------
		Horizontal plane 00-00	**Д**		-------
15	Класс светораспределения	Type of radiation pattern	**П**		-------
16	Тип светораспределения в зоне слепимости	Type of radiation pattern in the glare area	**Не нормируется**		-------
17	Коэффициент формы углового распределения силы света	Vertical plane 00-90	**1,66**		-------
		Horizontal plane 00-00	**1,70**		-------
18	Освещённость поверхности по оси излучения на различных расстояниях от образца	On-axis Illumination on distance, m	**9,0**	**16,9**	m / lx
			10,5	**12,4**	m / lx
			12,0	**9,5**	m / lx
19	Относительная макс.сила света	Ivmax/1000lm	**357,2**		cd/klm

ОБРАЗЕЦ

Образец №1800XXX.Светильник светодиодный Лист 8

Таблица параметров. 0 ч. наработки. Продолжение.

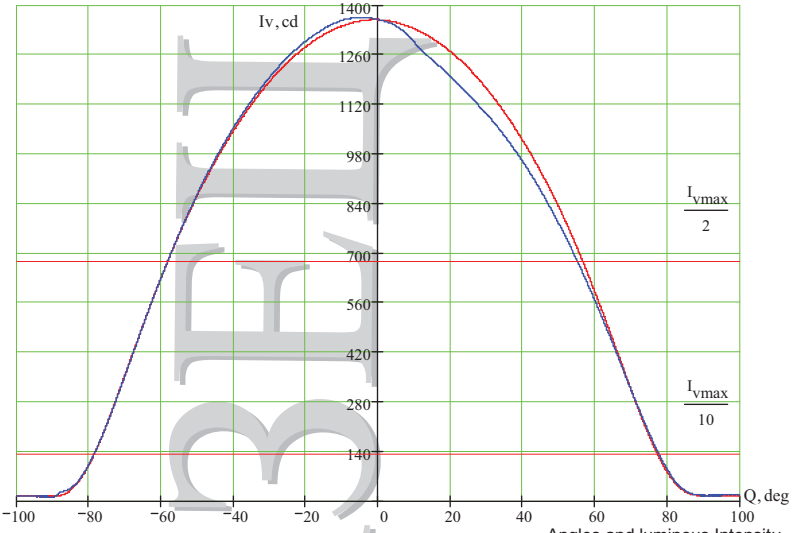
№	Параметр Русский	Параметр English	Значение		Размерность
	Электрические характеристики и параметры энергоэффективности				
20	Напряжение питания	Voltage	**230,0**		V
21	Частота сетевого напряжения	Frequency power source	**50,0**		Hz
22	Активная потребляемая мощность	Active power consumption	**31,2**		W
23	Световая отдача	Efficacy	**123,2**		lm/W
24	Коэффициент мощности	Power factor	**0,904**		-------
25	Потребляемый ток	Consumption Current	**0,150**		A
26	Реактивная мощность	Reactive Power	**14,7**		Var
27	Полная мощность	Total power consumption	**34,5**		VA
28	Энергетический КПД	Efficiency	**37,2**		%
	Колориметрические и спектральные характеристики (по оси излучения)				
29	Спектральная световая эффект.	Spectral luminous efficiency	**331,1**		lm/W
30	Координаты цветности X	Color coordinates X	**0,3768**		-------
	Y	Y	**0,3753**		-------
	Z	Z	**0,2479**		-------
31	Максимальная длина волны	Maximum wavelength	**450,5**		nm
32	Центроидная длина волны	Centroid wavelength	**568,0**		nm
33	Доминирующая длина волны	Dominant wavelength	**578,5**		nm
34	Ширина спектра по уровню 0,5I	SLHW 0,5	**202,0**		nm
35	Ширина спектра по уровню 0,1I	SLHW 0,1	**273,5**		nm
36	Коррелированная цветовая температура по оси излучения	On-axis Correlated color temperature (CCT)	**4087**		K
37	Коррелированная цветовая температура интегральная	Integrated Correlated color temperature (CCT)	**X**		K
38	Цветовая температура по Планку	Plankian Color temperature	**3336**		K
39	Доля ОСПЭЯ относительно V(λ)	Spectral part to V(λ)	**69,9**		%
40	Индекс цветопередачи	Color rendering index (CRI)	Ra	**82,6**	-------
	Частные индексы цветопередачи	Separate color rendering index	R1 / R8	**80,9**	**61,7**
			R2 / R9	**86,6**	**4,1**
			R3/R10	**92,8**	**69,8**
			R4/R11	**82,7**	**82,2**
			R5/R12	**83,5**	**77,3**
			R6/R13	**88,8**	**79,6**
			R7/R14	**83,6**	**96,1**

ОБРАЗЕЦ

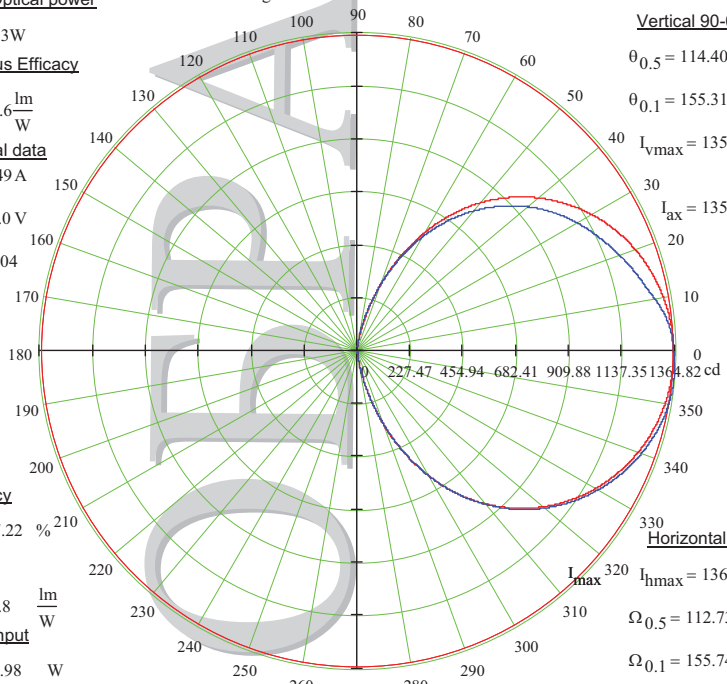
Образец №1800XXX.Светильник светодиодный Лист 9

Фотометрические характеристики при 350 ч. наработки.

Угловое распределение силы света



Angular distribution of radiation



Angles and luminous Intensity

Vertical 90-00

$\theta_{0.5}$ = 114.40deg

$\theta_{0.1}$ = 155.31deg

I_{vmax} = 1358.7cd

I_{ax} = 1358.0cd

Horizontal 00-00

I_{hmax} = 1365cd

$\Omega_{0.5}$ = 112.73deg

$\Omega_{0.1}$ = 155.74deg

Vision Optical power

P = 11.53W

Luminous Efficacy

K = 332.6 $\frac{lm}{W}$

Electrical data

I_e = 0.149 A

U = 230.0 V

PF = 0.904

Efficiency

η_{el} = 37.22 %

Efficacy

υ = 123.8 $\frac{lm}{W}$

Power input

P_{in} = 30.98 W

Total Luminous Flux

Φ = 3835.8lm

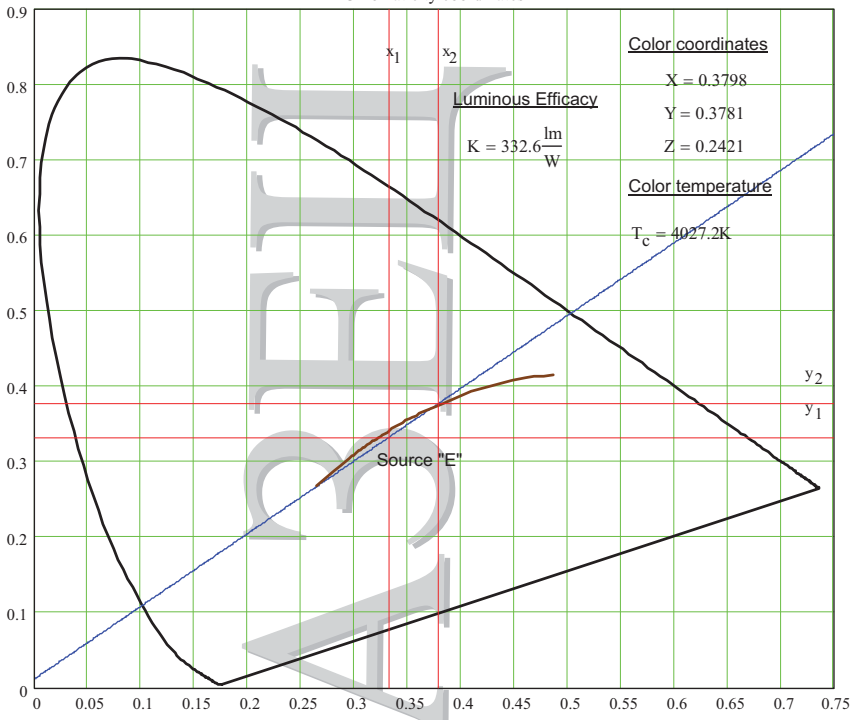
lvmax/1000lm

N = 355.8 $\frac{cd}{klm}$

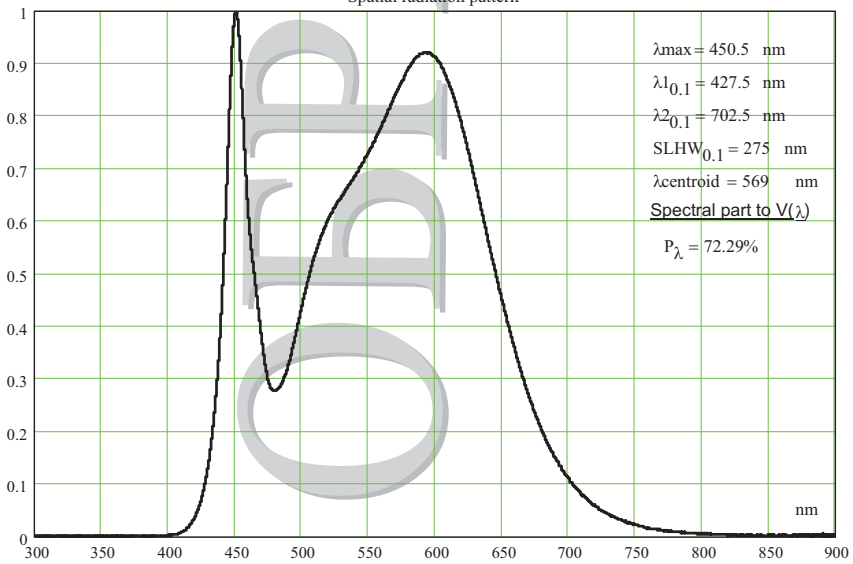
Образец №1800XXX. Светильник светодиодный Лист 10

Спектральные и колориметрические характеристики. 350 ч. наработки.

Chromaticity coordinates



Spatial radiation pattern



Образец №1800XXX. Светильник светодиодный Лист 11

Таблица параметров. 350 ч. наработки.

№	Параметр		Значение		Размерность
	Русский	English			
	Фотометрические и энергетические характеристики излучения				
1	Световой поток Ф	Total Luminous Flux	**3835,8**		lm
2	Мощность излучения P (в видимом диапазоне)	Vision Optical power	**11,53**		W
3	Максимальная сила света Iv	Max Luminous Intensity	**1364,8**		cd
	- в вертикальной плоскости	Vertical plane 00-90	**1358,7**		cd
	- в горизонтальной плоскости	Horizontal plane 00-00	**1364,8**		cd
4	Осевая сила света	On-axis Luminous Intensity	**1358,0**		cd
5	Сила излучения - осевая	Power Intensity on-axis	**4,1**		W/sr
	- максимальная	Power Intensity max	**4,1**		W/sr
	Угловые параметры, освещённость и распределение потока по плоскостям излучения				
6	Вертикальная плоскость 00-90	Vertical angle	$0,5I_{vmax}$	**114,40**	$N*I_{vmax}$/deg
	доля светового потока $d\Phi_{90}$,%	**50,5%**	$0,1I_{vmax}$	**155,27**	$N*I_{vmax}$/deg
	Горизонтальная плоскость 00-00	Horizontal angle	$0,5I_{vmax}$	**112,73**	$N*I_{vmax}$/deg
	доля светового потока $d\Phi_{00}$,%	**49,5%**	$0,1I_{vmax}$	**155,67**	$N*I_{vmax}$/deg
7	Максимальный угол излучения	Maximum view angle	$0,5I_{vmax}$	**114,40**	$N*I_{vmax}$/deg
8	Минимальный угол излучения	Minimum view angle	$0,5I_{vmax}$	**112,67**	$N*I_{vmax}$/deg
9	Средние значения углов $0,5I_{vmax}$	Average angle 0,5Iv max	**113,12**		deg
	$0,1I_{vmax}$	Average angle 0,1Iv max	**155,77**		deg
10	Световой поток по уровню $0,5I_{v\,max}$	Luminous flux level $0,5I_{v\,max}$	**75,3%**	**2887**	% / lm
11	Световой поток по уровню $0,1I_{v\,max}$	Luminous flux level $0,1I_{v\,max}$	**97,6%**	**3745**	% / lm
12	Произвольный уровень $N*I_{v\,max}$ (Ф)	Arbitrary level $N*I_{v\,max}$ (Ф)	**0,333**	**3374**	$N*I_{v\,max}$ / lm
	Угол излучения по / 00-90	Angle by an / 00-90	**131,40**	**88,0%**	deg / %
	произвольному уровню / %Ф 00-00	arbitrary level / %Ф 00-00	**130,87**		
13	Световой поток в диапазоне углов	Luminous flux in the angle range	**-60,00**	**3088**	deg / lm
			60,00		
14	Тип углового распределения силы света по ГОСТ Р 54350	Vertical plane 00-90	**Д**		-------
		Horizontal plane 00-00	**Д**		-------
15	Класс светораспределения	Type of radiation pattern	**П**		-------
16	Тип светораспределения в зоне слепимости	Type of radiation pattern in the glare area	**Не нормируется**		-------
17	Коэффициент формы углового распределения силы света	Vertical plane 00-90	**1,66**		-------
		Horizontal plane 00-00	**1,69**		-------
18	Освещённость поверхности по оси излучения на различных расстояниях от образца	On-axis Illumination on distance, m	**9,0**	**16,8**	m / lx
			10,5	**12,3**	m / lx
			12,0	**9,4**	m / lx
19	Относительная макс.сила света	Ivmax/1000lm	**355,8**		cd/klm

Образец

Образец №1800XXX. Светильник светодиодный Лист 12

Таблица параметров. 350 ч. наработки. Продолжение.

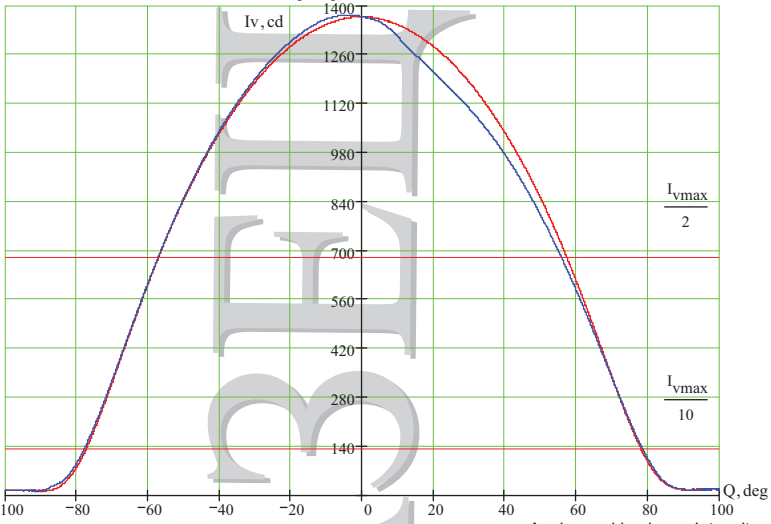
№	Параметр		Значение		Размерность
	Русский	English			
Электрические характеристики и параметры энергоэффективности					
20	Напряжение питания	Voltage	**230,0**		V
21	Частота сетевого напряжения	Frequency power source	**50,0**		Hz
22	Активная потребляемая мощность	Active power consumption	**31,0**		W
23	Световая отдача	Efficacy	**123,8**		lm/W
24	Коэффициент мощности	Power factor	**0,904**		-------
25	Потребляемый ток	Consumption Current	**0,149**		A
26	Реактивная мощность	Reactive Power	**14,7**		Var
27	Полная мощность	Total power consumption	**34,3**		VA
28	Энергетический КПД	Efficiency	**37,2**		%
Колориметрические и спектральные характеристики (по оси излучения)					
29	Спектральная световая эффект.	Spectral luminous efficiency	**332,7**		lm/W
30	Координаты цветности X	Color coordinates X	**0,3798**		-------
	Y	Y	**0,3782**		-------
	Z	Z	**0,2421**		-------
31	Максимальная длина волны	Maximum wavelength	**450,5**		nm
32	Центроидная длина волны	Centroid wavelength	**569,0**		nm
33	Доминирующая длина волны	Dominant wavelength	**578,5**		nm
34	Ширина спектра по уровню 0,5I	SLHW 0,5	**204,0**		nm
35	Ширина спектра по уровню 0,1I	SLHW 0,1	**275,0**		nm
36	Коррелированная цветовая температура по оси излучения	On-axis Correlated color temperature (CCT)	**4027**		K
37	Коррелированная цветовая температура интегральная	Integrated Correlated color temperature (CCT)	**X**		K
38	Цветовая температура по Планку	Plankian Color temperature	**3311**		K
39	Доля ОСПЭЯ относительно V(λ)	Spectral part to V(λ)	**72,3**		%
40	Индекс цветопередачи	Color rendering index (CRI)	Ra	**80,9**	-------
	Частные индексы цветопередачи	Separate color rendering index	R1 / R8	**76,2**	**59,8**
			R2 / R9	**84,6**	**3,3**
			R3/R10	**91,1**	**68,7**
			R4/R11	**81,6**	**81,4**
			R5/R12	**82,7**	**77,5**
			R6/R13	**90,5**	**76,3**
			R7/R14	**80,7**	**94,2**

ОБРАЗЕЦ

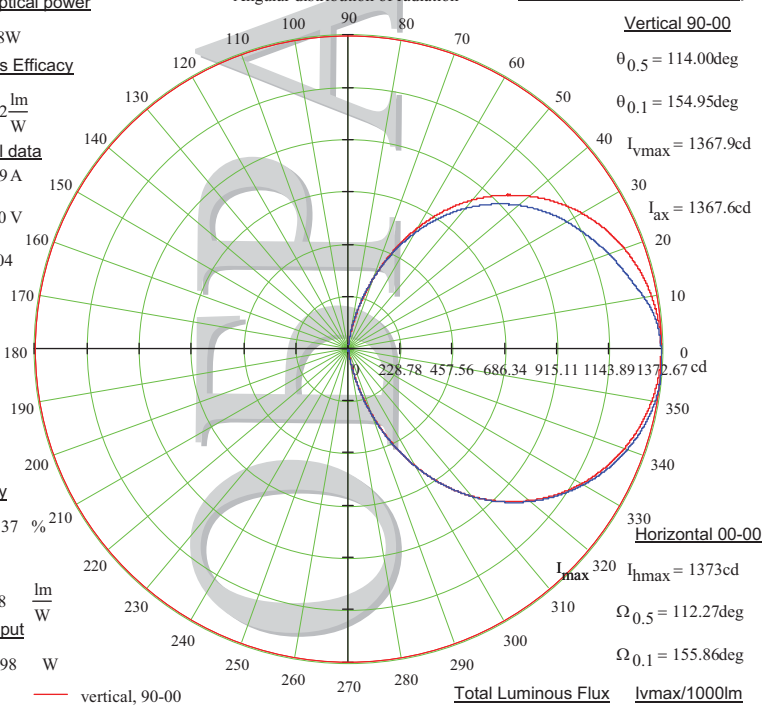
Образец №1800XXX. Светильник светодиодный Лист 13

Фотометрические характеристики при 1000 ч. наработки.

Угловое распределение силы света



Angular distribution of radiation



Vision Optical power

P = 11.58W

Luminous Efficacy

$K = 331.2 \frac{lm}{W}$

Electrical data

$I_e = 0.149$ A

U = 230.0 V

PF = 0.904

Efficiency

$\eta_{el} = 37.37$ %

Efficacy

$\upsilon = 123.8 \frac{lm}{W}$

Power input

$P_{in} = 30.98$ W

Angles and luminous Intensity

Vertical 90-00

$\theta_{0.5} = 114.00$deg

$\theta_{0.1} = 154.95$deg

$I_{vmax} = 1367.9$cd

$I_{ax} = 1367.6$cd

Horizontal 00-00

I_{max} $I_{hmax} = 1373$cd

$\Omega_{0.5} = 112.27$deg

$\Omega_{0.1} = 155.86$deg

Total Luminous Flux

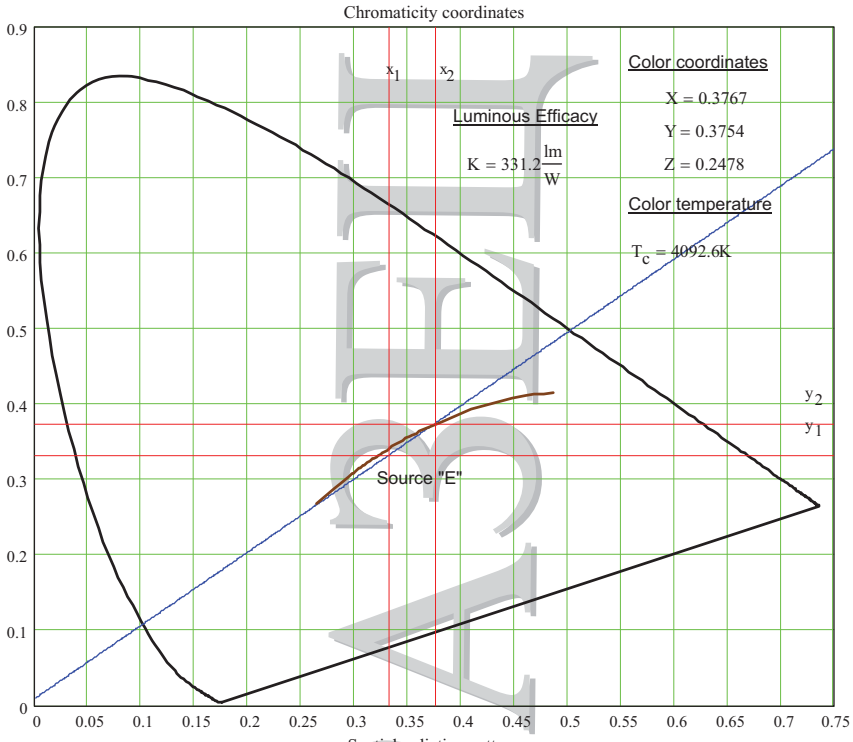
$\Phi = 3834.8$lm

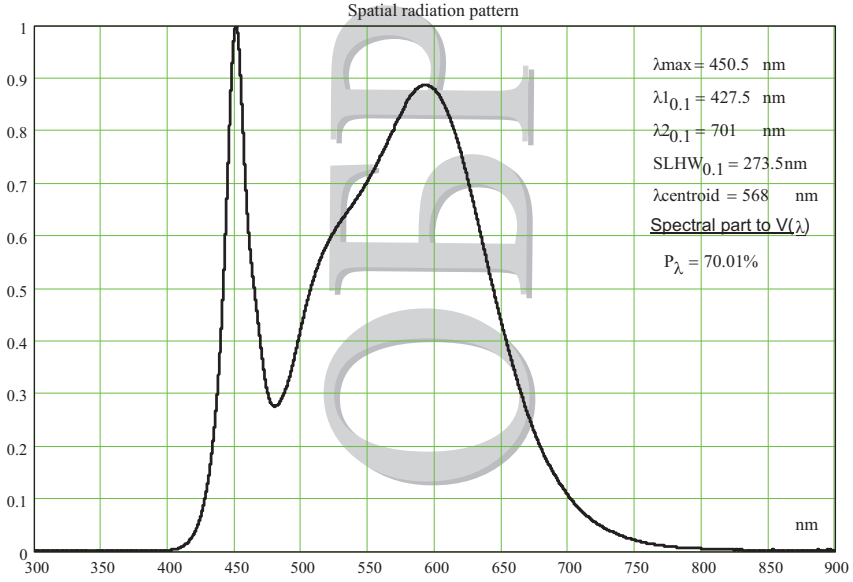
Ivmax/1000lm

$N = 358 \frac{cd}{klm}$

Образец №1800XXX. Светильник светодиодный Лист 14

Спектральные и колориметрические характеристики. 1000 ч. наработки.





Образец №1800XXX. Светильник светодиодный Лист 15

Таблица параметров. 1000 ч. наработки.

№	Параметр Русский	Параметр English	Значение		Размерность
	Фотометрические и энергетические характеристики излучения				
1	Световой поток Ф	Total Luminous Flux	**3834,8**		lm
2	Мощность излучения P (в видимом диапазоне)	Vision Optical power	**11,58**		W
3	Максимальная сила света Iv	Max Luminous Intensity	**1372,6**		cd
	- в вертикальной плоскости	Vertical plane 00-90	**1367,9**		cd
	- в горизонтальной плоскости	Horizontal plane 00-00	**1372,6**		cd
4	Осевая сила света	On-axis Luminous Intensity	**1367,6**		cd
5	Сила излучения - осевая	Power Intensity on-axis	**4,1**		W/sr
	- максимальная	Power Intensity max	**4,1**		W/sr
	Угловые параметры, освещённость и распределение потока по плоскостям излучения				
6	Вертикальная плоскость 00-90	Vertical angle	$0,5I_{vmax}$	**114,00**	$N*I_{vmax}$/deg
	доля светового потока $d\Phi_{90}$,%	**50,4%**	$0,1I_{vmax}$	**154,94**	$N*I_{vmax}$/deg
	Горизонтальная плоскость 00-00	Horizontal angle	$0,5I_{vmax}$	**112,27**	$N*I_{vmax}$/deg
	доля светового потока $d\Phi_{00}$,%	**49,6%**	$0,1I_{vmax}$	**155,80**	$N*I_{vmax}$/deg
7	Максимальный угол излучения	Maximum view angle	$0,5I_{vmax}$	**114,00**	$N*I_{vmax}$/deg
8	Минимальный угол излучения	Minimum view angle	$0,5I_{vmax}$	**112,00**	$N*I_{vmax}$/deg
9	Средние значения углов $0,5I_{vmax}$	Average angle 0,5Iv max	**112,60**		deg
	$0,1I_{vmax}$	Average angle 0,1Iv max	**155,50**		deg
10	Световой поток по уровню $0,5I_{v\,max}$	Luminous flux level $0,5I_{v\,max}$	**75,0%**	**2875**	% / lm
11	Световой поток по уровню $0,1I_{v\,max}$	Luminous flux level $0,1I_{v\,max}$	**97,6%**	**3742**	% / lm
12	Произвольный уровень $N*I_{v\,max}$ (Ф)	Arbitrary level $N*I_{v\,max}$ (Ф)	**0,333**	**3367**	$N*I_{v\,max}$ / lm
	Угол излучения по / 00-90	Angle by an / 00-90	**131,00**	**87,8%**	deg / %
	произвольному уровню / %Ф 00-00	arbitrary level / %Ф 00-00	**130,53**		
13	Световой поток в диапазоне углов	Luminous flux in the angle range	**-60,00**	**3095**	deg / lm
			60,00		
14	Тип углового распределения силы света по ГОСТ Р 54350	Vertical plane 00-90	**Д**		-------
		Horizontal plane 00-00	**Д**		-------
15	Класс светораспределения	Type of radiation pattern	**П**		-------
16	Тип светораспределения в зоне слепимости	Type of radiation pattern in the glare area	**Не нормируется**		-------
17	Коэффициент формы углового распределения силы света	Vertical plane 00-90	**1,66**		-------
		Horizontal plane 00-00	**1,70**		-------
18	Освещённость поверхности по оси излучения на различных расстояниях от образца	On-axis Illumination on distance, m	**9,0**	**16,9**	m / lx
			10,5	**12,4**	m / lx
			12,0	**9,5**	m / lx
19	Относительная макс.сила света	Ivmax/1000lm	**357,9**		cd/klm

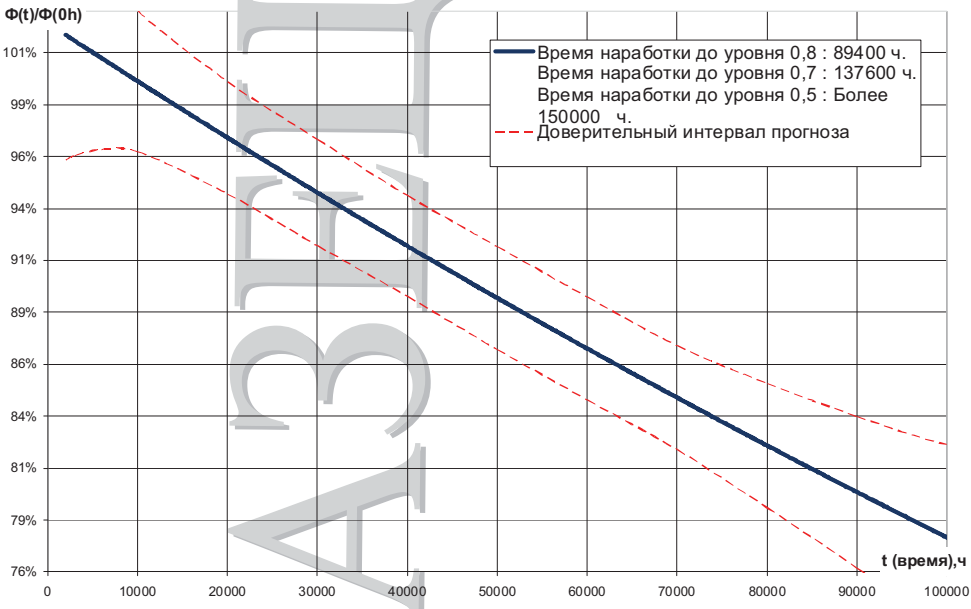
ОБРАЗЕЦ

Образец №1800XXX. Светильник светодиодный Лист 16

Таблица параметров. 1000 ч. наработки. Продолжение.

№	Параметр		Значение		Размерность
	Русский	English			
	Электрические характеристики и параметры энергоэффективности				
20	Напряжение питания	Voltage	**230,0**		V
21	Частота сетевого напряжения	Frequency power source	**50,0**		Hz
22	Активная потребляемая мощность	Active power consumption	**31,0**		W
23	Световая отдача	Efficacy	**123,8**		lm/W
24	Коэффициент мощности	Power factor	**0,904**		-------
25	Потребляемый ток	Consumption Current	**0,149**		A
26	Реактивная мощность	Reactive Power	**14,7**		Var
27	Полная мощность	Total power consumption	**34,3**		VA
28	Энергетический КПД	Efficiency	**37,4**		%
	Колориметрические и спектральные характеристики (по оси излучения)				
29	Спектральная световая эффект.	Spectral luminous efficiency	**331,2**		lm/W
30	Координаты цветности X	Color coordinates X	**0,3767**		-------
	Y	Y	**0,3755**		-------
	Z	Z	**0,2478**		-------
31	Максимальная длина волны	Maximum wavelength	**450,5**		nm
32	Центроидная длина волны	Centroid wavelength	**568,0**		nm
33	Доминирующая длина волны	Dominant wavelength	**578,4**		nm
34	Ширина спектра по уровню 0,5I	SLHW 0,5	**202,0**		nm
35	Ширина спектра по уровню 0,1I	SLHW 0,1	**273,5**		nm
36	Коррелированная цветовая температура по оси излучения	On-axis Correlated color temperature (CCT)	**4093**		K
37	Коррелированная цветовая температура интегральная	Integrated Correlated color temperature (CCT)	**X**		K
38	Цветовая температура по Планку	Plankian Color temperature	**3336**		K
39	Доля ОСПЭЯ относительно V(λ)	Spectral part to V(λ)	**70,0**		%
40	Индекс цветопередачи	Color rendering index (CRI)	Ra	**82,5**	-------
	Частные индексы цветопередачи	Separate color rendering index	R1 / R8	**81,2**	**61,6**
			R2 / R9	**86,9**	**3,6**
			R3/R10	**93,4**	**70,0**
			R4/R11	**82,6**	**82,0**
			R5/R12	**83,1**	**77,0**
			R6/R13	**87,9**	**79,8**
			R7/R14	**83,4**	**96,5**

Прогноз деградационной характеристики светового потока по наработке 1000ч.



ОБРАЗЕЦ

Таблица основных параметров за время наработки 1000ч (пример).

№	Параметр		Значение при 0ч	Значение при 350ч	Значение при 1000ч	Отношение X(1000ч)/X(0ч)	Размер-ность
Фотометрические и энергетические характеристики излучения							
1	Световой поток Ф, lm		**3842,4**	**3835,8**	**3834,8**	**-0,2**	%
2	Мощность излучения P (в видимом диапазоне), W		**11,61**	**11,53**	**11,58**	**-0,3**	%
3	Максимальная сила света Iv, cd		**1372,4**	**1364,8**	**1372,6**	**0,0**	%
Угловые характеристики излучения							
4	Вертикальная плоскость 00-90, deg	0,5Iv$_{max}$	**114,27**	**114,40**	**114,00**	**-0,27**	deg
		0,1Iv$_{max}$	**155,27**	**155,27**	**154,94**	**-0,33**	deg
	Горизонтальная плоскость 00-00, deg	0,5Iv$_{max}$	**111,93**	**112,73**	**112,27**	**0,34**	deg
		0,1Iv$_{max}$	**155,34**	**155,67**	**155,80**	**0,46**	deg
Электрические характеристики и параметры энергоэффективности							
5	Активная потребляемая мощность,W		**31,2**	**31,0**	**31,0**	**-0,21**	W
6	Световая отдача, lm/W		**123,2**	**123,8**	**123,8**	**0,5**	%
Колориметрические и спектральные характеристики							
7	Максимальная длина волны, nm		**450,5**	**450,5**	**450,5**	**0,00**	nm
8	Центроидная длина волны, nm		**568,0**	**569,0**	**568,0**	**0,00**	nm
9	Доминирующая длина волны, nm		**578,5**	**578,5**	**578,4**	**-0,10**	nm
10	Ширина спектра по уровню 0,5I, nm		**202,0**	**204,0**	**202,0**	**0,00**	nm
11	Ширина спектра по уровню 0,1I, nm		**273,5**	**275,0**	**273,5**	**0,00**	nm
12	Коррелированная цветовая температура по оси излучения, K		**4087**	**4027**	**4093**	**5**	K
13	Индекс цветопередачи Ra		**82,6**	**80,9**	**82,5**	**-0,1**	-----
Таблица прогноза деградации светового потока							
14	Время наработки до уровня Ф		**85%**	**63900**			ч.
	Время наработки до уровня Ф		**70%**	**140200**			ч.
	Время наработки до уровня Ф		**50%**	**Более 150000**			ч.
	Время наработки до уровня Ф		**30%**	**Более 150000**			ч.

ОБРАЗЕЦ

дования, ни энергии, ни трудозатрат персонала. Следует отметить, что в данном качестве, лаборатория «АРХИЛАЙТ» может являться важным звеном производственной цепочки для изучения и тестирования всей линейки светотехнической аппаратуры. От результатов лабораторных исследований может зависеть выбор того или иного производителя светодиодов, определение параметров и долговечности будущей продукции. Итогом анализа результатов деградационных исследований является долгосрочный прогноз (деградационная характеристика) изменения светового потока, световой эффективности и др.

Также в Протоколе приводятся данные по результатам измерений комплексов характеристик, аналогичных предоставляемым по программе №3 (приведены на нижеследующих рисунках), в нескольких точках временного диапазона наработки. Сводная таблица значений основных параметров в ключевых временных точках упрощает их сравнение и прослеживание изменений в течение всего периода деградационного исследования.

Исследования фотобиологической безопасности по ГОСТ IEC 62471 – 2013 и ГОСТ Р МЭК 62471 – 2013

Большое внимание производителей, потребителей светотехнической продукции и проектировщиков в настоящее время приковано к вопросам фотобиологической безопасности применения различных источников света и источников излучения. Это связано с продолжающимися спорами о степени безопасности воздействия тех или иных составляющих спектра различных источников на органы зрения, организм в целом и влиянии на утомляемость при зрительной нагрузке.

С целью контроля осветительных приборов, источников света и излучения в диапазоне 200 нм и более, светосигнальных приборов и др. на предмет фотобиологической опасности в настоящее время (с 2015г.) в РФ действует ГОСТ Р МЭК 62471-2013 (IEC 63471:2006) «Светобиологическая безопасность ламп и ламповых систем», а с 2017 года ещё и ГОСТ IEC 62471 – 2013 «Фотобиологическая безопасность ламп и ламповых систем» в рамках ТР ТС для обязательного применения всеми без исключения светотехническими устройствами, входящими в область регулирования ТР ТС по безопасности низковольтного оборудования. Поэтому, как вопросы самой фотобиологической безопасности, так и реализация методик исследований и метрологическое обеспечение являются крайне важными аспектами. Одним из ключевых процессов испытаний на фотобиологическую безопасность является измерение энергетической экспозиции излучения (энергетической освещённости, энергетической яркости, энергетики воздействия и прецизионные измерения спектрального распределения необходимых единиц измерения излучения, начиная с 200 нм).

Владея требуемыми в указанных стандартах методиками и аттестованными радиометрическими средствами измерения (гониорадиометры установок «Флакс» (Госреестр СИ №39536-08 и №39535-08, Патенты РФ № 130404, № 130394), а также многолетним опытом проведения указанных исследований (начиная с 2009 г), лаборатория «АРХИЛАЙТ» выполняет услуги по испытаниям осветительных приборов, источников света, светосигнальных приборов на предмет их фотобиологической безопасности. Следует отметить, что лаборатория «АРХИЛАЙТ» аккредитована на право проведения испытаний в рамках обозначенных стандартов в нескольких системах сертификации (ГОСТ Р – аттестат аккредитации РОСС RU.0001.21МЮ54, ВЦСПС Стандарт – аттестат аккредитации ЖУШ0 RU.AA15001), и поскольку эти стандарты (ГОСТ Р МЭК 62471-2013 (IEC 63471:2006) «Светобиологическая безопасность ламп и ламповых систем», ГОСТ IEC 62471–2013 «Фотобиологическая безопасность ламп и ламповых систем») являются частью области аккредитации лаборатории, указанные испытания обладают всеми юридическими возможностями для рассмотрителей их результатов (Протоколов измерений) с целью сертификации (декларирования соответствия) светотехнической продукции, в том числе, в рамках ТР ТС.

Рисунок 43. Содержание Протокола испытаний на фотобиологическую безопасность.

ООО "Архилайт" Лаборатория исследований источников света Приложение 1
к протоколу № 1400/000/000 от 15.03.2014. Листов 17
Образец №14XXXX.Светильник светодиодный XXXXXXXXXXXXXX. Лист 8
Оценка фотобиологической безопасности излучения.

Общие условия измерения по IEC 62471:2006 (ГОСТ Р МЭК 62471 – 2013)		
Расстояние до источника	0,348	м
α	0,1477	рад
Эффективное облучение сетчатки (синий свет) L_B		
Параметры L_B (300-700нм)		
Доля энергии в диап.спектра	91,4	%
Угол наблюдения, γ	0,10	рад
Диаметр диафрагмы	0,034785	м
Телесный угол Ω	0,007854	ср
L_B	0,016	Вт/м^{2}ср
Предельное значение	100	Вт/м^{2}ср
Заключение по L_B	Полное отсутствие риска	
Эффективное облучение сетчатки (тепловое поражение) L_R		
Параметры L_R (380-1400нм)		
Доля энергии в диап.спектра	100,0	%
Угол наблюдения, γ	0,011	рад
Диаметр диафрагмы	0,003823	м
Телесный угол Ω	0,000095	ср
L_R	307,2	Вт/м^{2}ср
Предельное значение	189555	Вт/м^{2}ср
Заключение по L_R	Полное отсутствие риска	
Эффективное облучение сетчатки (тепловое поражение - слабый визуальный стимул) L_{IR}		
Параметры L_{IR} (780-1400нм) для яркости поля <10кд/м^2		
Доля энергии в диап.спектра	1,0	%
Угол наблюдения, γ	0,011	рад
Диаметр диафрагмы	0,003823	м
Телесный угол Ω	0,000095	ср
L_{IR}	1,239	Вт/м^{2}ср
Предельное значение	40619	Вт/м^{2}ср
Заключение по L_{IR}	Полное отсутствие риска	
Эффективная облучённость (Тепловая для кожи) E_H		
Параметры E_H (380-3000нм)		
Доля энергии в диап.спектра	100,0	%
E_B	0,363	Вт/м^2
Предельное значение	3557	Вт/м^2
Заключение по E_H	Полное отсутствие риска	

ОБРАЗЕЦ

Оценка фотобиологической безопасности излучения.

Эффективная облучённость сетчатки (небольшой источник синего света) E_B		
Параметры E_B (300-700нм)		
Доля энергии в диап.спектра	91,4	%
Угол наблюдения, γ	0,011	рад
Размер ист./корректность расч.E_B	Большой	Некорректно
Максимальное время облучения	более 100	с
E_B	0,363	Вт/м^2
Предельное значение	1	Вт/м^2
Заключение по E_B	Полное отсутствие риска	
Эффективная облучённость. (актиничный УФ для кожи и глаз) E_S		
Параметры E_S (200-400нм)		
Доля энергии в диап.спектра	0,0	%
Заключение по E_S	Полное отсутствие риска	
Эффективная облучённость (УФ-А для глаз) E_{UVA}		
Параметры E_{UVA} (315-400нм)		
Доля энергии в диап.спектра	0,0	%
Заключение по E_{UVA}	Полное отсутствие риска	
Эффективная облучённость (ИК для глаз) E_{IR}		
Параметры E_{IR} (780-3000нм)		
Доля энергии в диап.спектра	1,0	%
Заключение по E_{IR}	Полное отсутствие риска	
Вспомогательные параметры излучения		
Коррелированная цветовая температура	2441,2	К
Максимальная длина волны	626,5	нм
Ширина спектра по уровню 0,5	142,0	нм
Ширина спектра по уровню 0,1	313,5	нм
Спектральная световая эффективность	279,1	лм/Вт
Координаты цветности		
X	0,4814	
Y	0,4118	
Z	0,1068	
Индекс цветопередачи	85	

ОБРАЗЕЦ

Примеры Протоколов описанных испытаний приведены ниже.

Пример Протокола описанных испытаний приведен ниже (рис. 43).Используя возможности измерительного оборудования лаборатории проводить измерения характеристик мощности излучения источников в области УФ (начиная со 180 нм) и ближнего ИК (до 1100нм), высокую востребованность имеют измерения параметров облученности поверхности от бактерицидных (используемых для дезинфекции) и эритемных (используемых в соляриях) ламп. Уникальность подобных работ состоит в измерении полного комплекса характеристик излучения указанных источников, в том числе радиометрического тела, при условии их достаточной протяженности (до 2 м). В частности, полную мощность излучения источников с такими размерами и основной

длиной волны 253,5 нм (бактерицидные ртутные лампы) невозможно измерить в сферическом интеграторе. Таким образом, радиометрическая часть установок «Флакс» в настоящее время является едва ли не единственным аттестованным инструментом в нашей стране, позволяющим проводить подобные измерения. Примеры представления данных измерений бактерицидных ламп приведены на рис. 44.

Измерение параметров пульсации освещённости (светового потока) по ГОСТ 33393-2015

Пульсации светового потока (освещённости) характеризуются коэффициентом пульсаций, формой и частотой повторения. Предлагаемая программа измерений параметров пульсации позволяет получать все вышеперечисленные характеристики и использовать их для оценки качественных показателей осветительного устройства или источника света.

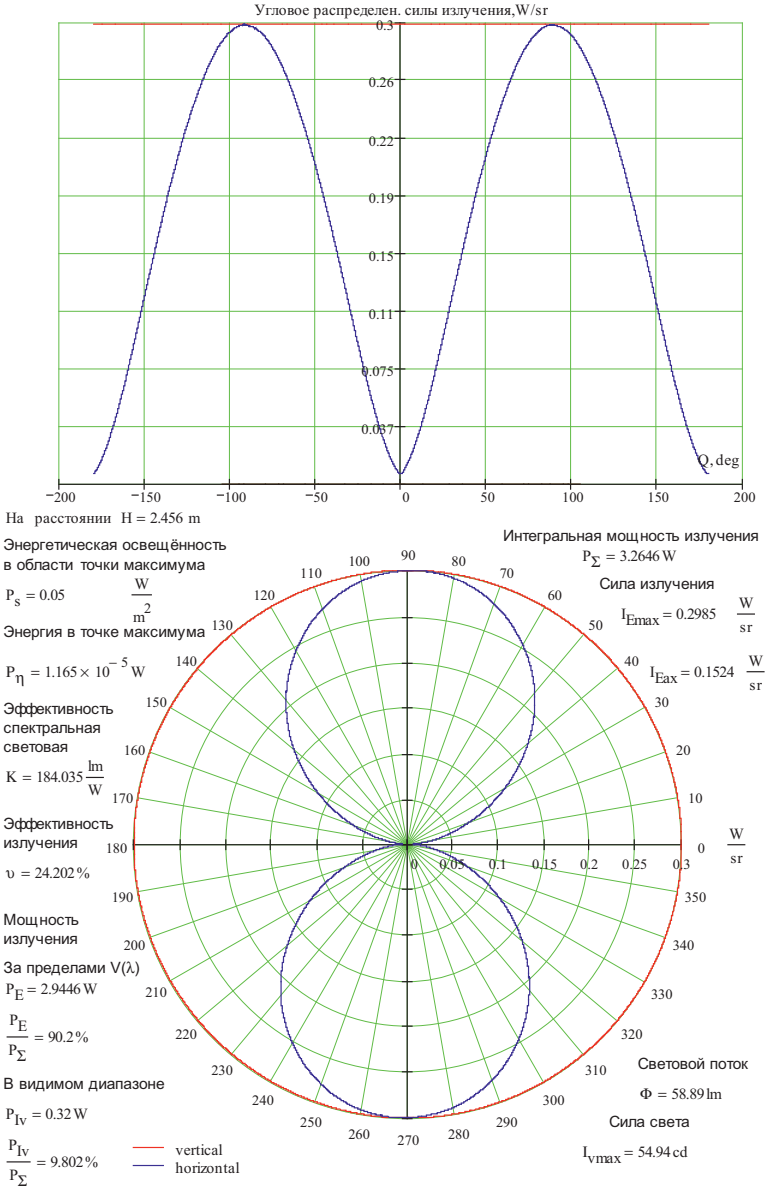
Коэффициент пульсации светового потока (освещённости) измеряется осциллографическим методом по ГОСТ 33393-2015, как наиболее точным из существующих. Следует отметить, что лаборатория «АРХИЛАЙТ» является одним из авторов-разработчиков указанного стандарта.

Формирование файлов данных форматов. ies и.LDT для светотехнического проектирования

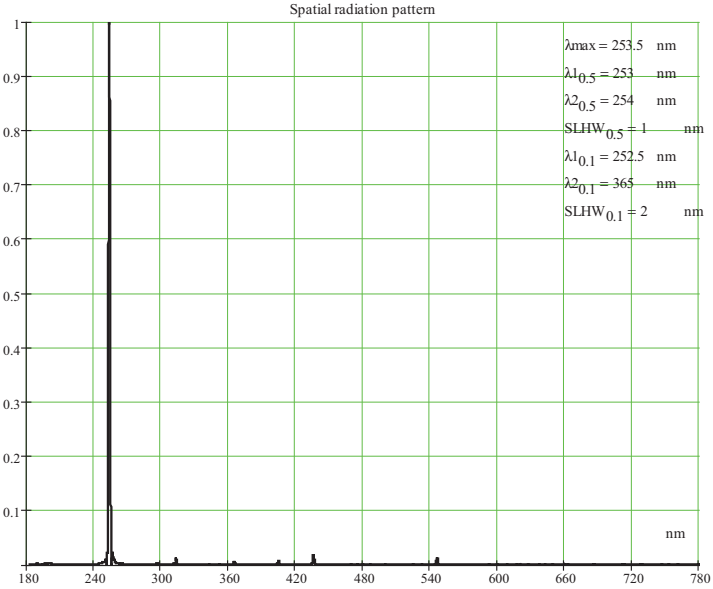
Любой осветительный прибор или источник света описывается пространственным распределением силы света (фотометрическим телом), которым и руководствуются, создавая.*ies*-файлы или файлы данных в формате.*LDT* (существуют и другие форматы, но они распространены гораздо меньше). Так, например, программа 3DS MAX работает только с.*ies*-файлами и не поддерживает никакие другие форматы. Формат. *ies* является международным и используется для светотехнических расчетов профессиональными светотехниками и светодизайнерами.

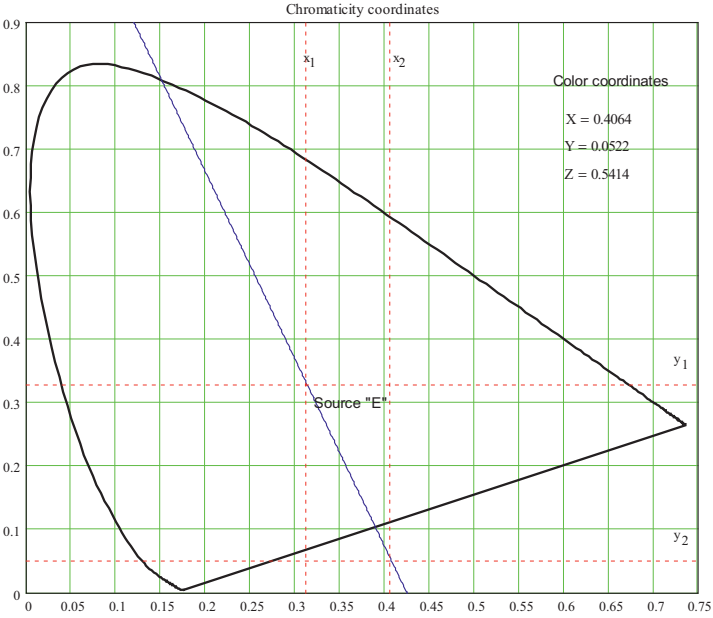
Файлы формата.*ies* содержат информацию, которая позволяет программе DIALux и RELUX максимально приближенно к реальному воплощению рассчитывать и создавать светотехнические проекты по освещению любых объектов. Корректность файлов данных основана на достоверности и точности измеренных характеристик осветительного прибора. Фотометрическая лаборатория «Архилайт» располагает всеми возможностями для создания.*ies*-файлов данных самого высокого уровня для максимального качества воспроизведения светотехнических проектов. Метрологическое оборудование позволяет формировать фотометрическое тело источника света, используя до 1000 измеренных диаграмм углового распределения силы света в разных плоскостях с шагом угла в каждой плоскости до 0,02°, таким образом, получив массив данных из 14000000 (14 млн) значений силы света. Протокол измерений по программе создания.*ies*- или. LDT-файлов (помимо самих файлов) содержит все светотехнические расчеты и измеренные параметры, полученные при исследовании, а также 3D вариант представления фотометрического тела источника, подробная и высокоточная диаграмма распределения освещенности поверхности

Рис. 44. Содержание Протокола измерений параметров бактерицидных ламп



Радиометрические характеристики.





Спектральные характеристики.

Все параметры

Мощность излучения	Total Optic power	$P_{\Sigma} = 3.2646$ W
Мощность излучения в видимом диапазоне	Optic power into V(λ)	$P_{Iv} = 0.32$ W $\frac{P_{Iv}}{P_{\Sigma}} = 9.8\,\%$
Мощность излучения за пределами видимого диапазона	Optic power out V(λ)	$P_{E} = 2.9446$ W $\frac{P_{E}}{P_{\Sigma}} = 90.2\,\%$
Световой поток	Total Luminous Flux	$\Phi = 58.89$ lm
Максимальная сила света	Luminous Intensity max	$I_{vmax} = 54.94$ cd
Освещённость по оси на расст. H = 2.456 m	On-axis illumination on dist.H	$E_{v} = 4.65$ lx
Энергетическая сила света максимальная	Power Intensity max	$I_{Emax} = 0.2985 \frac{W}{sr}$
осевая	Power Intensity on-axis	$I_{Eax} = 0.1524 \frac{W}{sr}$

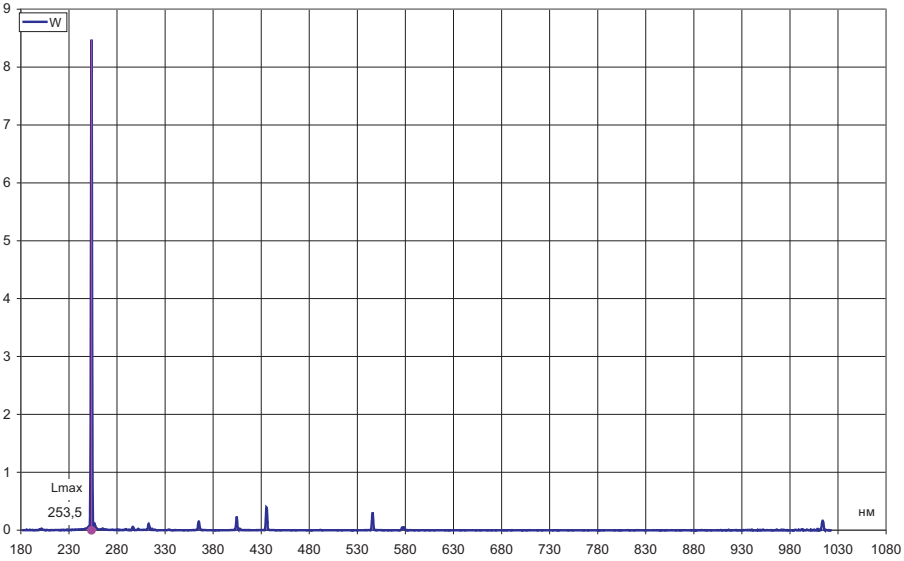
Электрические параметры

Напряжение питания	Electrical data	Voltage	U = 127.0 V
Потребляемый ток		Current	$I_{e} = 0.219$ A
Коэффициент мощности	Power factor		PF = 0.485
Активная потребляемая мощность	Power input		$P_{in} = 13.49$ W
Полная мощность	Total Power input		S = 27.81 VA
Реактивная мощность	Reactive Power		Q = 24.32 VAr
Эффективность световая	Efficacy		$\upsilon_{v} = 4.37 \frac{lm}{W}$
Относительная максимальная сила света	Ivmax/1000lm		$N = 932.9 \frac{cd}{klm}$
КПД	Efficiency		$\upsilon = 24.2\,\%$
Спектральная Световая эффективность	Luminous Efficacy		$K = 184.03 \frac{lm}{W}$
Энергетическая освещённость на расстоянии H = 2.456 m	Energy illumination on a distance: H = 2.46 m		$P_{s} = 0.049 \frac{W}{m^2}$
Максимальная длина волны	Maximum wavelength		λmax = 253.5 nm
Полуширина спектра излучения	$SLHW_{0.5}$		$SLHW_{0.5} = 1$ nm
Ширина спектра излучения	$SLHW_{0.1}$		$SLHW_{0.1} = 2$ nm
Координаты цветности	Color coordinates	X = 0.4064	Y = 0.0522 Z = 0.5414
Доминирующая длина волны	Dominant wavelength		$\lambda_{dom} = 480.94$ nm
Центроидная длина волны	Centroid wavelength		λcentroid = 908 nm
Доля ОСПЭЯ отн. V(λ)	Spectral part to V(λ)		$P_{\lambda} = 1.69\,\%$
Коррелированная цветовая температура	Correlated color temperature (CCT)		$T_{c} = 23662.8$ K
Цветовая температура по Планку	Plank Color temperature		$T_{Plank} = 2300$ K
Индекс цветопередачи	Color rendering index (CRI)		$R_{a} = 23$

Color rendering index (CRI)

1	$R_{a1} = 18.2$	4	$R_{a4} = 19.9$	7	$R_{a7} = 40.2$	12	$R_{a12} = -112.0$	13	$R_{a13} = 15.0$
2	$R_{a2} = 25.9$	5	$R_{a5} = 30.3$	8	$R_{a8} = 30.8$	10	$R_{a10} = -98.3$	14	$R_{a14} = 40.0$
3	$R_{a3} = 2.7$	6	$R_{a6} = 12.2$	9	$R_{a9} = -164.3$	11	$R_{a11} = 7.0$		

Детализация спектра мощности излучения.



Параметры пульсации по ГОСТ 33393-2015

Коэффициент пульсации освещённости (светового потока)	Coefficient of flux pulsation	$K_П = 7.9\ \%$
Основная частота пульсации	Main frequency	$f = 99.9\ Hz$

на нескольких расстояниях от источника, заданных заказчиком (рис. 46), а также пример применения сформированного файла в среде DIALux для сравнения полученного проекта с расчетными параметрами и демонстрации его функционирования (рис. 47). Форма углового распределения силы света источника и его цветность (вплоть до монохромных) при формировании файлов данных значения не имеют.

Некоторые физические ограничения для осветительного прибора:

- максимальное значение силы света: до 80 000 000 кд;
- максимальные размеры: 1,8×1,8 м;
- максимальный вес: до 50 кг;
- максимальная потребляемая электрическая мощность: до 5кВт.

Разработка файлов формата.*ies* является важной задачей лабораторного фотометрического комплекса. Составление файлов максимально близких по результатам проектирования к среднестатистическому светильнику отдельной серии или артикула - является актуальной и наиболее востребованной задачей. Мало кто обращает внимание на параметры (точность представленных в нем данных измерений) файла формата.*ies*. Для составления файла, в большинстве случаев, необходимо проведение измерений в 145 плоскостях

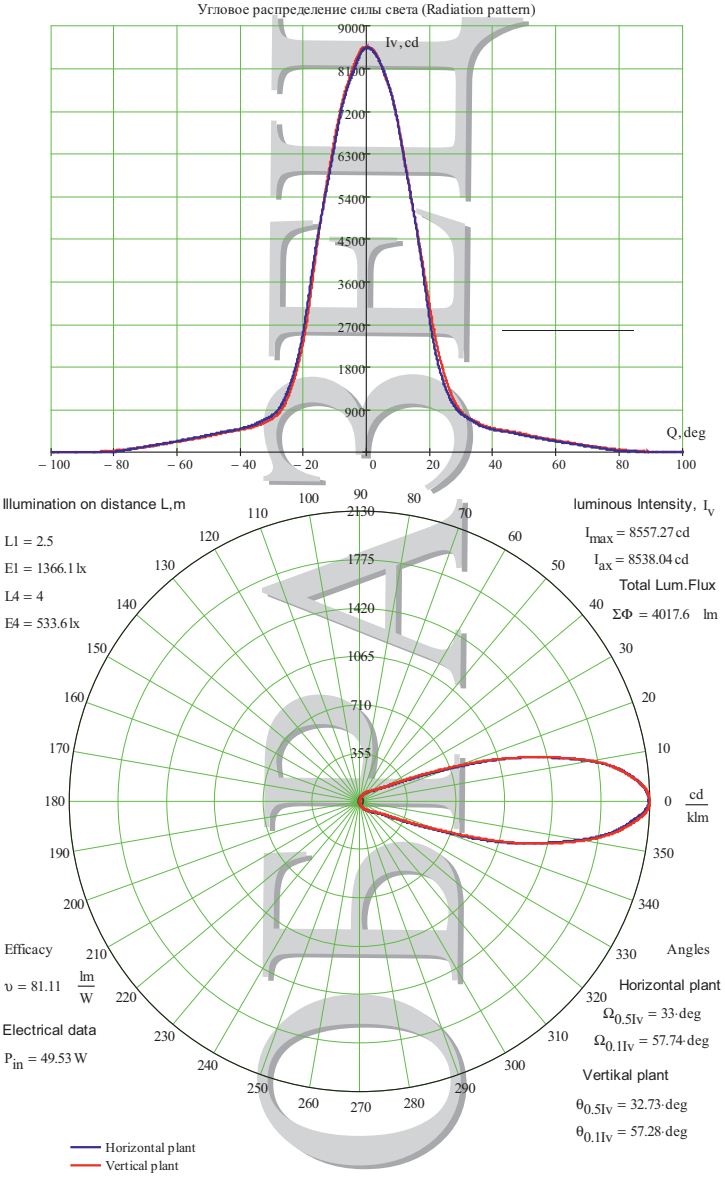
Рис. 46. Пример представления результатов измерений параметров с целью формирования файла формата .ies

ООО "Архилайт" Лаборатория исследований источников света

Приложение 1
к протоколу № 1209/XXX/XXX от 01.09.2012. Листов 15

Образец №1209xxx. Прожектор светодиодный . Лист 4

Фотометрические характеристики.



Образец №1209xxx. Прожектор светодиодный . Лист 5

	Все параметры	
Световой поток	Total Luminous Flux	$\Sigma\Phi$ = 4017.6 lm
Световой поток по уровню 0,5 Iv_{max}	Luminous Flux $\theta_{0.5}$	$\Phi_{0.5}$ = 1652.2 lm
Относительно суммарного потока	Relative to the all flux	$\eta_{0.5}$ = 41.12·%
Световой поток по уровню 0,1 Iv_{max}	Luminous Flux $\theta_{0.1}$	$\Phi_{0.1}$ = 2694.3 lm
Относительно суммарного потока	Relative to the all flux	$\eta_{0.1}$ = 67.06·%
Максимальная сила света	Luminous Intensity	
	Vertical	I_{vmax} = 8557.27 cd
	Horizontal	I_{hmax} = 8542.31 cd
Осевая сила света	on – axis	I_{ax} = 8538.04 cd
Относительна сила света	Ivmax/1000lm	N = 2129.9 $\frac{cd}{klm}$
Угловые характеристики и распределение светового потока по основным плоскостям	Angles Vertical	$\theta_{0.5Iv}$ = 32.73·deg
		$\theta_{0.1Iv}$ = 57.28·deg
Относительно суммарного потока	Luminous Flux Relative to the all flux	η_v = 50.25·%
Световой поток по уровню 0,5 I_{max}	Horizontal	Φ_{vn} = 2018.8 lm
		$\Omega_{0.5Iv}$ = 33·deg
		$\Omega_{0.1Iv}$ = 57.74·deg
Относительно суммарного потока	Luminous Flux Relative to the all flux	η_h = 49.75·%
Световой поток по уровню 0,5 I_{max}		Φ_{hn} = 1998.84 lm
Коэффициент формы углового распределения силы света	Vertical	Kϕv = 5.68
	Horizontal	Kϕh = 5.71
Тип углового распределения силы света по ГОСТ Р 54350-2011	Vertical	KCCv = "K"
	Horizontal	KCCh = "K"
Класс светораспределения	Type of radiation pattern	Klass light = "П"
Неравномерность освещённости на высоте (расстоянии) H = 9 m в поле L = 6.24 m X L = 6.24 m (относительно центра поля)	Illumination uneveness ------on field Vertical	E_{Uv} = 3.23
	Horizontal	E_{Uh} = 3.54
	Средняя Everage	E_{Uev} = 3.38
Электрические параметры		
Напряжение питания	Voltage	U = 220.0 V
Потребляемый ток	Electrical data Current	i = 0.239 A
Коэффициент мощности	Power factor	PF = 0.942
Активная потребляемая мощность	Power input	P_{in} = 49.5 W
Полная мощность	Total Power input	S = 52.6 VA
Реактивная мощность	Reactive Power	Q = 17.65 VAr
Частота сети	Frequency power source	F = 50.0 Hz
Относительная максимальная сила света	Ivmax/1000lm	Iv_{rel} = 2130 $\frac{cd}{klm}$
Эффективность световая	Efficacy	υ = 81.11 $\frac{lm}{W}$
Освещённость по оси на различных расстояниях	On-axis Illumination on distance L,m L1 = 6.5	E1 = 202.08 lx
	L2 = 8	E2 = 133.41 lx
	L3 = 9.5	E3 = 94.6 lx
	L4 = 12	E4 = 59.29 lx

ОБРАЗЕЦ

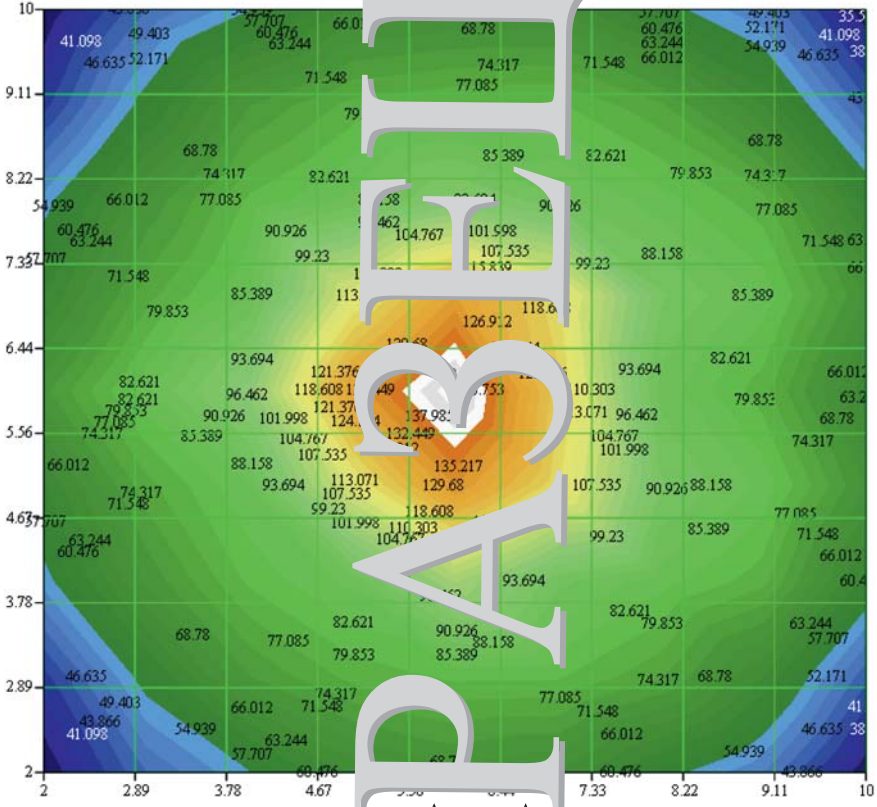
ООО "Архилайт" Лаборатория исследований источников света

Приложение 3
к протоколу № 1209/XXX/XXX от 01.09.2012. Листов 15

Образец №1209xxx. Прожектор светодиодный . Лист 6

Распределение освещённости поверхности.

Distribution of surface illumination. E, lx.



Высота (расстояние) H = 4 m

Δ – – – – – Δ

Distance, Lx Δ, m Δ = 0.156 m

Сторона квадрата масштабной сетки: Δ = 0.156 m

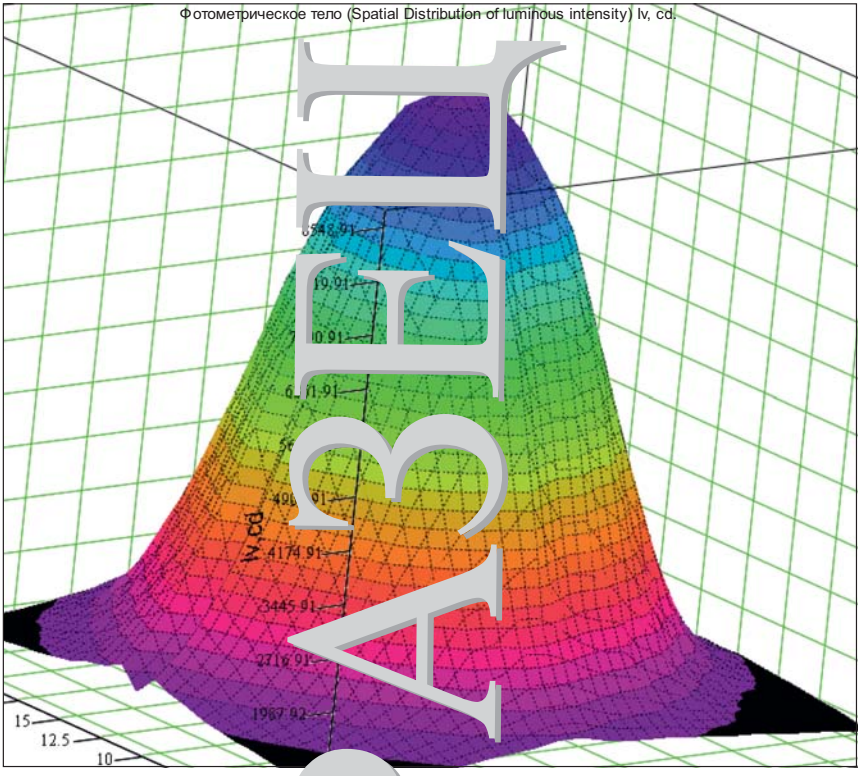
ОБРАЗЕЦ

ООО "Архилайт" Лаборатория исследований источников света

Приложение 4
к протоколу № 1209/XXX/XXX от 01.09.2012. Листов 15

Образец №1209xxx. Прожектор светодиодный . Лист 7

3D диаграмма пространственного распределения силы света (фотометрическое тело).



ОБРАЗЕЦ

пространства излучения с шагом в плоскости не более 1°. Такая точность составления файла нужна для обеспечения максимально близких к реальным результатам проектирования в различных расчетных программах. Это дает возможность проектировщику с помощью файла формата.*ies* сделать правильный выбор светотехнического оборудования и не ошибиться в количестве и расстановке светильников. Испытания светильника и получения файла формата.*ies* проводится единожды при изготовлении одного типа изделия и является для него обычным программным обеспечением. Отсутствие файла делает практически невозможным рассчитать количество светильников в проекте. А неточный, некачественный файл допускает ошибку при проектировании освещенности от 20–40%. Это означает, что проектировщик получит реальные проекты с «недосвеченными» или «пересвеченными» объектами. В лаборатории «Архилайт» все.*ies*-файлы проходят проверку на предмет соответствия полученных при проектировании результатов и реальных измерений освещенности в условиях лаборатории. Данные проверки предоставляются как подтверждение работоспособности.*ies*-файла.

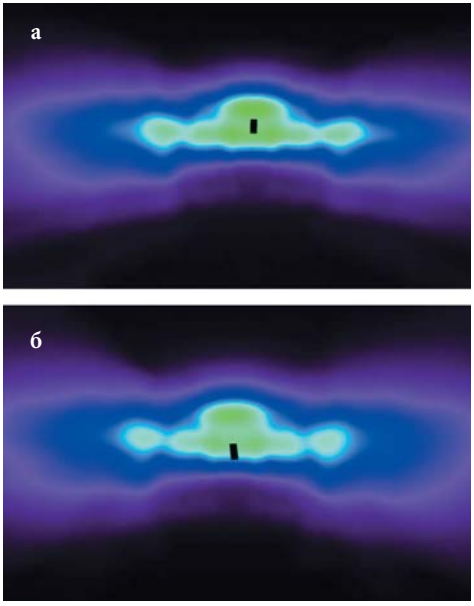


Рис. 47. Визуализация проектов с использованием файлов формата.ies различного качества: а) более точный файл; б) файл с меньшим количеством плоскостей измерения пространственного распределения силы света

На рис. 47 представлены два расчета-проекта с использованием двух различных файлов с разным шагом измеренных диаграмм пространственного распределения силы света. В случае этих двух светильников достоверность распределения освещенности отличается примерно на 10% при незначительном уменьшении шага измерений и количества плоскостей светильника на рис. 47б. Данный пример наглядно показывает разницу в распределении освещенности, незаметную на первый взгляд, но количество светильников в первом варианте (более точный файл на рис. 47а) потребуется меньше чем во втором прибл. на 15% или светильники должны быть более мощными на эти же 15%.

При необходимости расчетов освещенности поверхности при досветке культур в тепличных хозяйствах, возможно измерение подобных характеристик пространственного распределения силы света (силы излучения) источников, излучающих в диапазоне 180–1100 нм (в соответствующих энергетических единицах), а также формирование файлов данных для расчета ФАР-освещенности в мкмоль/с×м^2.

Программа электрических измерений, ЭМС, электробезопасность.

Все электронные устройства, внесенные в перечень продукции, продаваемой на территории России или Таможенного Союза, должны соответствовать требованиям по электромагнитной совместимости и электробезопасности (ЭМС и ЭБ). В России действуют два регламента - ТР ТС 004 «О безопасности низковольтного оборудования» и ТР ТС 020 «Электромагнитная совместимость технических средств». Основные требования, применяемые для любых электронных устройств, в настоящем разделе актуально рассматривать в приложении к светодиодному осветительному прибору.

Ниже приведен ряд стандартов по ЭМС для светотехнических устройств, измерения по методикам которых возможно производить силами лаборатории «АРХИЛАЙТ»:

- ТР ТС 020/2011**
- СТБ IEC 61547-2011 (IEC 61547:2009) Электромагнитная совместимость. Помехоустойчивость светового оборудования общего назначения. Требования и методы испытаний
- СТБ ЕН 55015-2006 (EN 55015:2000) Электромагнитная совместимость. Радиопомехи от электрического светового и аналогичного оборудования. Нормы и методы измерений
- СТБ МЭК 61000-3-2-2006 (IEC 61000-3-2:2005) Электромагнитная совместимость. Часть 3-2. Нормы. Нормы эмиссии гармонических составляющих тока для оборудования с потребляемым током не более 16 А в одной фазе
- ГОСТ Р 51317.3.2-2006 (IEC 61000-3-2-2005) Совместимость технических средств электромагнитная. Эмиссия гармонических составляющих тока техническими средствами с потребляемым током не более 16 А (в одной фазе). Нормы и методы испытаний
- СТБ IEC 61000-3-3-2011 (IEC 61000-3-3:2008) Электромагнитная совместимость. Часть 3-3. Нормы. Ограничение изменений, колебаний напряжения и фликера в низковольтных системах электроснабжения для оборудования с номинальным током не более 16А в одной фазе, которое не подлежит условному соединению
- ГОСТ Р 51317.3.3-2008 (IEC 61000-3-3:2005) Совместимость технических средств электромагнитная. Ограничение изменений напряжения, колебаний напряжения и фликера в низковольтных системах электроснабжения общего назначения. Технические средства с потребляемым током не более 16 А (в одной фазе), подключаемые к электрической сети при несоблюдении определенных условий подключения. Нормы и методы испытаний
- ГОСТ 30585-98**
- СТБ МЭК 61000-4-4-2006 (IEC 61000-4-4:2004) Электромагнитная совместимость. Часть 4-4. Методы испытаний и измерений. Испытания на устойчивость к наносекундным импульсным помехам
- СТБ МЭК 61000-4-5-2006 (IEC 61000-4-5:2005) Электромагнитная совместимость. Часть 4-5. Методы испытаний и измерений. Испытания на устойчивость к микросекундным импульсным помехам большой энергии
- ГОСТ Р 51317.4.34-2007 (IEC 61000-4-34:2005) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к провалам, кратковременным прерываниям и изменениям напряжения электропитания технических средств с потребляемым током более 16 А в одной фазе. Требования и методы испытаний
- ГОСТ Р 51514-2013 (МЭК 61547:2009) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость светового оборудования общего назначения к электромагнитным помехам. Требования и методы испытаний.

В том числе измерения параметров:

- электростатических разрядов по ГОСТ 30804.4.2-2013;
- наносекундных импульсных помех по ГОСТ 30804.4.4-2013;
- микросекундных импульсных помех большой энергии по ГОСТ Р 51317.4.5-99;
- динамических изменений напряжения электропитания по ГОСТ 30804.4.11-2013;
- радиочастотного электромагнитного поля по ГОСТ 30804.4.3-2013;
- магнитного поля промышленной частоты по ГОСТ Р 50648-94;
- кондуктивных помех в полосе частот 0,15 – 80 МГц, наведенные

радиочастотными электромагнитными полями, по ГОСТ Р 51317.4.6-99;
- кондуктивных помех в полосе частот 0 – 150 кГц по ГОСТ Р 51317.4.16-2000.

По уровню индустриальных радиопомех светодиодные светильники с блоками питания должны соответствовать нормам класса «А», в соответствии с ГОСТ 30805.22-2013

Нормы эмиссии гармонических составляющих тока должны соответствовать ГОСТ 30804.3.2-2013

Основные требования по электробезопасности:
- ТР ТС 004/2011**
- ГОСТ 14254-96 (МЭК 529-89) Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP)
- ГОСТ IEC 60598-2-1-2011 Светильники. Часть 2. Частные требования. Раздел 1. Светильники стационарные общего назначения
- ГОСТ Р МЭК 60598-1-2011 Светильники. Часть 1. Общие требования и методы испытаний
- ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды

К светотехническим устройствам применяются дополнительные требования, которые также указаны в списке стандартов. Электробезопасность обеспечивается за счет конструкций светотехнических устройств и является важной его частью. Многие параметры определяются с целью получения информации о степени надежности изделия при экстремальных условиях эксплуатации. И соответствие этим требованиям является залогом долгой работы изделия. Минимальные требования к изделиям указаны в ТР ТС, но фактически они не определяют показатели электробезопасности в тяжелых условиях эксплуатации, по этой причине требования ТР ТС постоянно дополняются. Тоже самое происходит и со стандартами по электромагнитной совместимости, которые дополняются и расширяются. Большинство потребителей предъявляет более жесткие требования, чем ТР ТС, по электробезопасности и электромагнитной совместимости к продукции используемой в тяжелых условиях, это связанно с высокими требованиями к безопасности в целом в этих отраслях. Примером могут служить Российские Железные Дороги, метрополитен, нефтегазовый комплекс и конечно, военная техника. В этих случаях потребителям важно понимать, что сертификат ТР ТС не гарантирует обеспечение качества продукции, а основными критериями качества будут параметры, дополнительно установленные для конкретного потребителя. Лаборатория «АРХИЛАЙТ» проводит испытания по согласованным программам для получения результата в виде качественного, долговечного продукта, работающего в конкретных условиях эксплуатации. Также на основании проведенных испытаний на добровольной основе, возможно получение сертификата в добровольной системе сертификации «ВЦСПС Стандарт». Основной механизм подтверждения соответствия требованиям, выходящим за рамки ТР ТС — добровольная сертификация. Оборудование лаборатории позволяет проводить испытания как обязательные, так и добровольные, производить аналитические работы совместно с производителями и в случае необходимости выработать пути решения сложных технических задач. Лаборатория обладает уникальным измерительным комплексом с возможностью определения параметров, в том числе для оборудования с жесткими условиями эксплуатации и повышенными требованиями по электромагнитной совместимости и электробезопасности.

Лабораторный комплекс представлен следующим оборудованием:
- установка для испытания сопротивления изоляции (GPT 79903);
- пробойная установка (измерение токов утечки и электрической прочности изоляции). (GPT 79903);
- измеритель дозы фликера (FLUKE 435(II));

Рис. 48. Пример протокола измерений по программе ЭМС

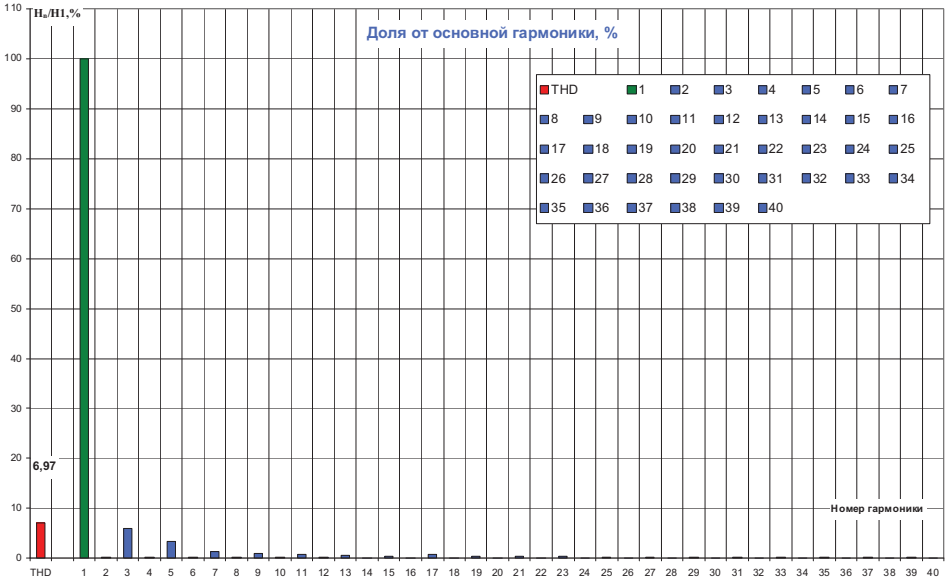
"Архилайт" Лаборатория исследований источников света Приложение 1
к протоколу № 1800/000/000 от 23.12.2018. Листов 14

Образец №1812100.Светильник светодиодный Лист 5

Гармонические составляющие тока на входе. Таблица.

Номер гармоники	Доля от основной гармоники, %	Нормы по ГОСТ 30804.3.2-2013, %	Заключение по ГОСТ 30804.3.2-2013
2	0,193	2	Соответствует
3	5,874	28,2	Соответствует
4	0,146	--	----
5	3,317	10	Соответствует
6	0,139	---	----
7	1,323	7	Соответствует
8	0,133	---	-----
9	0,987	5	Соответствует
10	0,127	---	-----
11	0,801	3	Соответствует
12	0,115	----	-----
13	0,584	3	Соответствует
14	0,101	---	----
15	0,433	3	Соответствует
16	0,09	---	----
17	0,684	3	Соответствует
18	0,081	---	-----
19	0,378	3	Соответствует
20	0,074	---	-----
21	0,344	3	Соответствует
22	0,071	---	----
23	0,427	3	Соответствует
24	0,069	----	----
25	0,272	3	Соответствует
26	0,07	---	----
27	0,284	3	Соответствует
28	0,071	---	----
29	0,27	3	Соответствует
30	0,072	---	----
31	0,246	3	Соответствует
32	0,073	---	----
33	0,211	3	Соответствует
34	0,07	----	----
35	0,175	3	Соответствует
36	0,066	---	----
37	0,157	3	Соответствует
38	0,06	---	-----
39	0,156	3	Соответствует
40	0,058	----	----
THD	**6,97**		

Гармонические составляющие тока на входе.



Заключение

Светильник соответствует требованиям ГОСТ 30804.3.2-2013 для оборудования класса С.

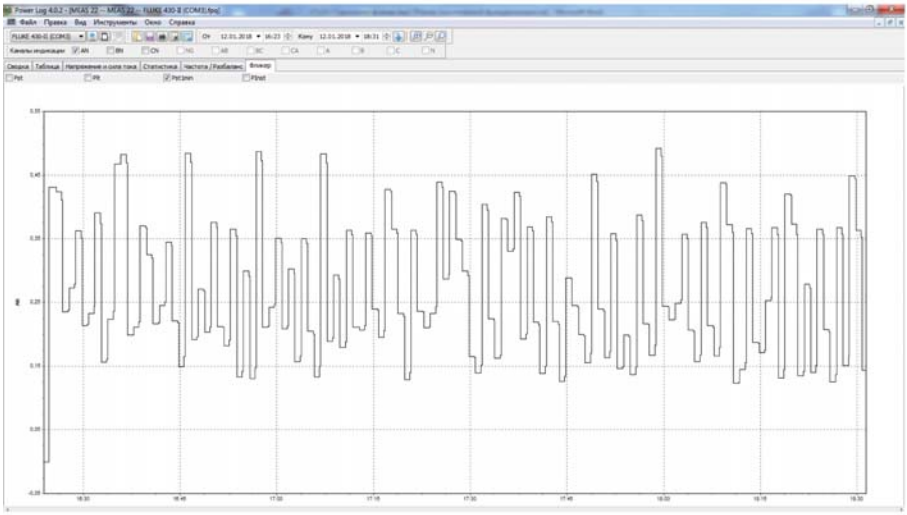
Таблица результатов испытаний воздействием микросекундной импульсной помехи высокой энергии по ГОСТ Р 51317.4.5-99 (МЭК 61000-4-5-95) и их соответствия требованиям нормативной документации

Нормативный документ (НД)	Условия испытаний		Заключение/ Критерий функционирования
ГОСТ Р 51317.4.5-99 (МЭК 61000-4-5-95) Микросекундные импульсные помехи высокой энергии. Цепи питания переменного тока.	провод – провод	± 1кВ	Выдержал / Критерий А
	провод – земля	± 2кВ	Выдержал / Критерий А
			Соответствует НД

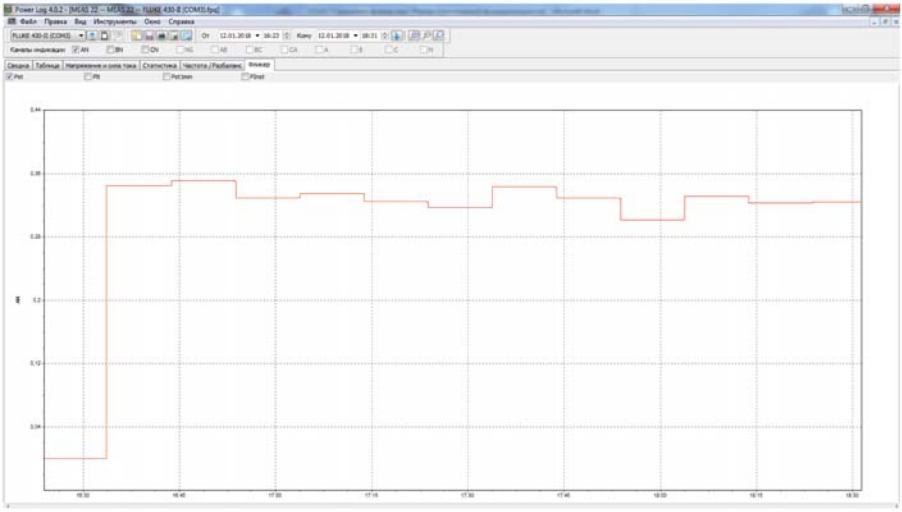
Образец №1812100.Светильник светодиодный Лист 7

Испытание на определение дозы фликера. Режим: последовательно с нагрузкой включено сопротивление. Активная составляющая Ra = 0,24 Ом, индуктивная составляющая Jxa = 0,15 Ом.

Доза фликера Pst (1 минута)



Доза фликера Pst (10 минут)

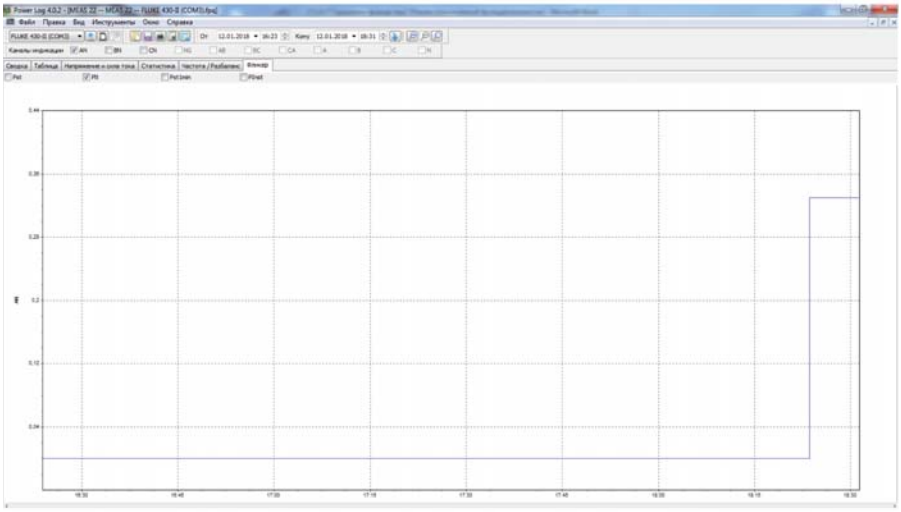


Измеренное значение кратковременной (10 минутной) дозы фликера: от 0,266 до 0,492 соответствует требованиям ГОСТ 30804.3.3.-2013 (Pst (10 минут) < 1).

Образец №1812100.Светильник светодиодный Лист 8

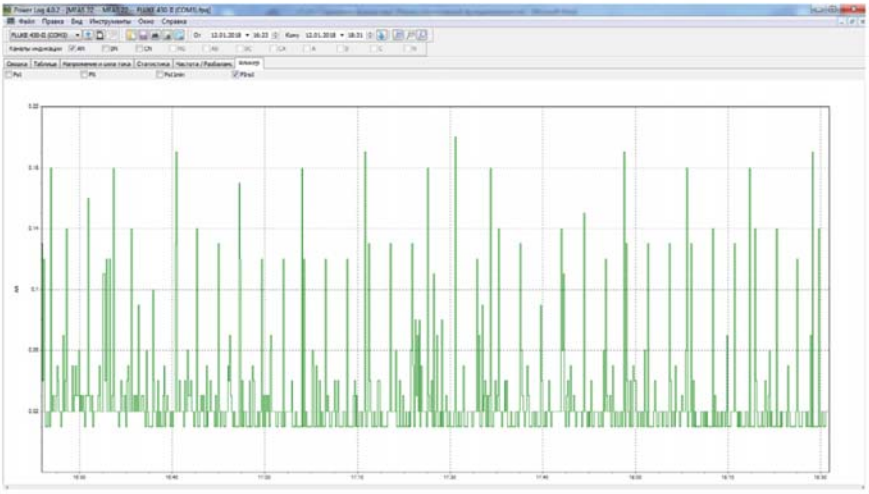
Испытание на определение дозы фликера. Режим: последовательно с нагрузкой включено сопротивление. Активная составляющая Ra=0,24 Ом, индуктивная составляющая Jxa=0,15Ом.

Доза фликера Plt (2 часа)



Измеренное значение длительной (2х часовой) дозы фликера: 0,332 соответствует требованиям ГОСТ 30804.3.3.-2013 (Pst (2 часа) < 0,65).

Мгновенные значения дозы фликера.

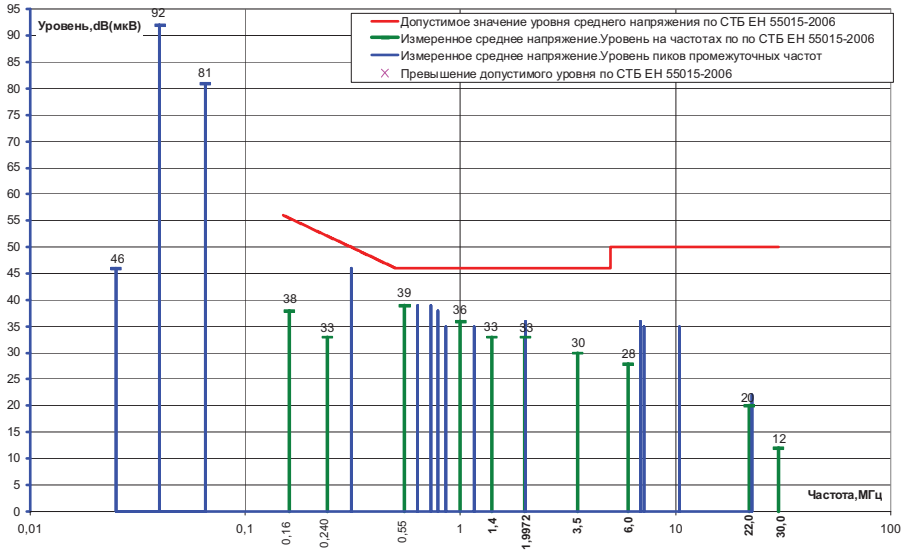


Заключение. Образец СООТВЕТСТВУЕТ требованиям ГОСТ 30804.3.3.-2013.

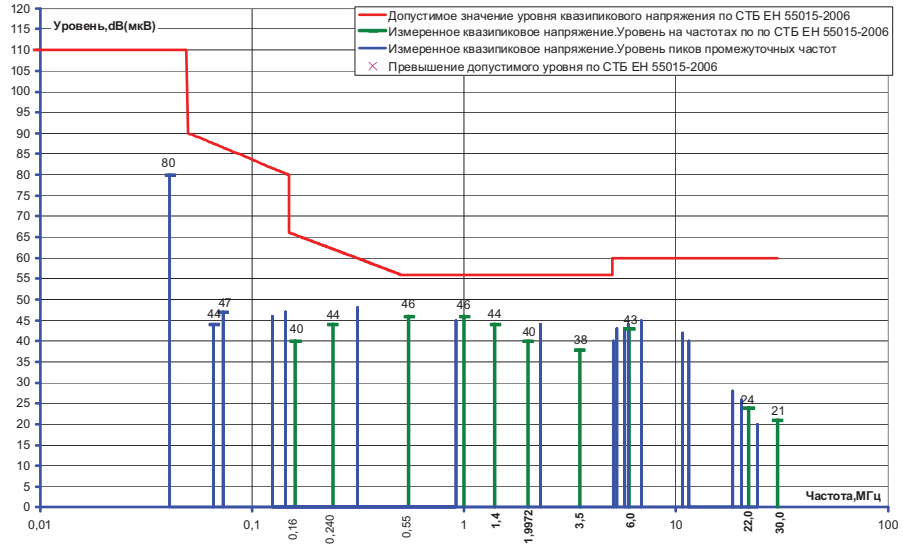
Образец №1812100.Светильник светодиодный Лист 9

Измерение уровней напряжения кондуктивных помех РЧ на зажимах сети по СТБ ЕН 55015-2006.

Кондуктивные помехи на зажимах сети (средние значения AV)



Кондуктивные помехи на зажимах сети (квазипиковые значения QV)



Образец №1812100.Светильник светодиодный Лист 10

Кондуктивные помехи на зажимах сети (средние значения AV). Таблица значений.

№	Частота, МГц	Напряжение РП среднее измеренное, dB(мкВ).	Допустимое значение уровня среднего напряжения РП по СТБ ЕН 55015-2006, dB (мкВ)	Заключение	Превышение допустимого значения Δ, dB (мкВ)
Частоты по СТБ ЕН 55015-2006					
1	0,160	38	55,5	Соответствует	--------
2	0,240	33	52,1	Соответствует	--------
3	0,550	39	46,0	Соответствует	--------
4	1,000	36	46,0	Соответствует	--------
5	1,400	33	46,0	Соответствует	--------
6	1,997	33	46,0	Соответствует	--------
7	3,500	30	46,0	Соответствует	--------
8	6,000	28	50,0	Соответствует	--------
9	22,000	20	50,0	Соответствует	--------
10	30,000	12	50,0	Соответствует	--------
Промежуточные частоты					
11	0,040	92	Не нормируется	Не нормируется	--------
12	0,065	81	Не нормируется	Не нормируется	--------
13	0,025	46	Не нормируется	Не нормируется	--------
14	0,310	46	50,0	Соответствует	--------
15	0,630	39	46,0	Соответствует	--------
16	0,730	39	46,0	Соответствует	--------
17	0,790	38	46,0	Соответствует	--------
18	0,860	35	46,0	Соответствует	--------
19	1,160	35	46,0	Соответствует	--------
20	2,010	36	46,0	Соответствует	--------
21	6,880	36	50,0	Соответствует	--------
22	7,140	35	50,0	Соответствует	--------
23	10,400	35	50,0	Соответствует	--------
24	22,630	22	50,0	Соответствует	--------

Образец №1812100.Светильник светодиодный Лист 11

Кондуктивные помехи на зажимах сети (квазипиковые значения QV). Таблица значений.

№	Частота, МГц	Напряжение РП квазипиковое измеренное, dB(мкВ).	Допустимое значение уровня квазипикового напряжения РП по СТБ ЕН 55015-2006, dB (мкВ)	Заключение	Превышение допустимого значения Δ, dB (мкВ)
Частоты по СТБ ЕН 55015-2006					
1	0,160	40	65,5	Соответствует	--------
2	0,240	44	62,2	Соответствует	--------
3	0,550	46	56,0	Соответствует	--------
4	1,000	46	56,0	Соответствует	--------
5	1,400	44	56,0	Соответствует	--------
6	1,997	40	56,0	Соответствует	--------
7	3,500	38	56,0	Соответствует	--------
8	6,000	43	60,0	Соответствует	--------
9	22,000	24	60,0	Соответствует	--------
10	30,000	21	60,0	Соответствует	--------
Промежуточные частоты					
11	0,041	80	110,0	Соответствует	--------
12	0,066	44	87,6	Соответствует	--------
13	0,073	47	86,7	Соответствует	--------
14	0,920	45	56,0	Соответствует	--------
15	0,125	46	81,6	Соответствует	--------
16	0,144	47	80,3	Соответствует	--------
17	0,314	48	60,0	Соответствует	--------
18	2,300	44	56,0	Соответствует	--------
19	5,040	40	60,0	Соответствует	--------
20	5,260	43	60,0	Соответствует	--------
21	5,740	43	60,0	Соответствует	--------
22	5,960	44	60,0	Соответствует	--------
23	6,860	45	60,0	Соответствует	--------
24	10,720	42	60,0	Соответствует	--------
25	18,500	28	60,0	Соответствует	--------
26	20,350	26	60,0	Соответствует	--------
27	24,200	20	60,0	Соответствует	--------
28	11,480	40	60,0	Соответствует	--------

Заключение

Измеренные значения уровня напряжения кондуктивных помех на сетевых зажимах не превышают допустимые по СТБ ЕН 55015-2006 в диапазоне от 0,009 до 30,0 МГц.

Образец СООТВЕТСТВУЕТ требованиям СТБ ЕН 55015-2006.

Образец №1812100.Светильник светодиодный Лист 9

Измерения параметров электробезопасности по ГОСТ Р МЭК 60598-1-2011.

Таблица результатов измерений и их соответствия требованиям нормативной документации

<table>
<tr><th>Нормативный документ</th><th>Условия испытаний</th><th>Заключение</th></tr>
<tr><td>ГОСТ Р МЭК 60598-1-2011 п. 10.2.1.</td><td>Сопротивление изоляции светильника измерено при напряжении постоянного тока 500В через 1 мин после подачи напряжения. Измерение проведено между токоведущими частями светильника и металлическими деталями корпуса. При подъёме испытательного напряжения пробоя изоляции не произошло.</td><td>Соответствует</td></tr>
<tr><td>ГОСТ Р МЭК 60598-1-2011 п. 10.2.2.</td><td>Изоляция светильника испытана переменным напряжением 1500 В промышленной частоты 50 Гц. Напряжение подавалось на токоведущие части светильника относительно корпуса. Время приложения напряжения 1 минута.
Ток по цепи изоляции при напряжении 1500 В составил 0,0 мА.</td><td>Соответствует</td></tr>
<tr><td>ГОСТ Р МЭК 60598-1-2011 п. 10.3.</td><td>Измерение тока защитного заземления, который возможен при нормальной работе светильника. Измерение проведено по методике Приложения G1 ГОСТ Р МЭК 60598-1-2011. Схема - рис. G1.

Таблица
<table><tr><th>Положение переключателя n</th><th>Положение переключателя p</th><th>Ток через заземляющий проводник (мкА)</th></tr><tr><td>Включен</td><td>1</td><td>112</td></tr><tr><td>Включен</td><td>2</td><td>80</td></tr><tr><td>Выключен</td><td>1</td><td>165</td></tr><tr><td>Выключен</td><td>2</td><td>111</td></tr></table>
Допустимый ток по заземляющему проводу при нормальных условиях эксплуатации 3,5 мА.</td><td>Соответствует</td></tr>
<tr><td>ГОСТ Р МЭК 60598-1-2011 п. 11.</td><td>Зазоры между токоведущими частями светильника и заземленным корпусом монтажной платы светильника превышают 1,5 мм. Зазоров менее 1,5мм не обнаружено.</td><td>Соответствует</td></tr>
</table>

- измеритель гармонических составляющих напряжения и тока (FLUKE 435(II)) (рис. 48);
  - генератор импульсных микросекундных помех высокой энергии ИГМ 4.1.,
  - селективные микровольтметры типа SMV в диапазоне 0,05 – 300 МГц,
  - антенны,
- анализаторы;
- устройства сопряжения;
- образцовые источники напряжения, эквиваленты сети (источники питания переменного тока типа APS-9501);
- генераторы импульсов;
- универсальные вольтметры и осциллографы.

Пример Протокола измерений по программе ЭМС приведен на рис. 48.

Измерение параметров светильников для освещения и досветки растений в теплицах.

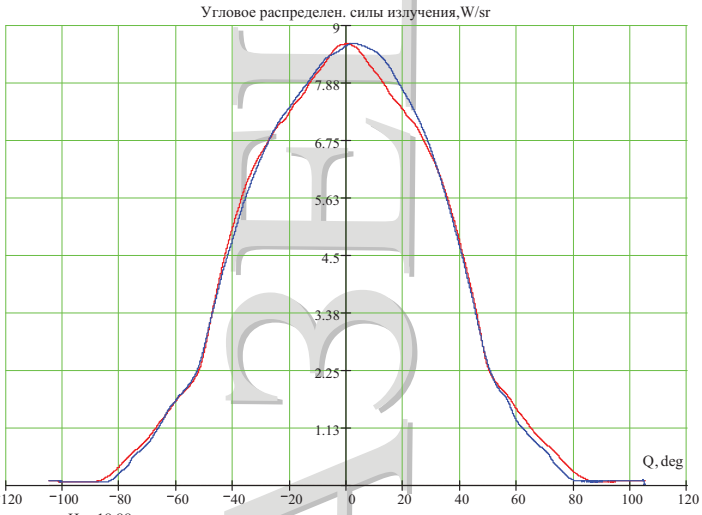
Внедрение светодиодов коснулось ряда сфер применения, в которых освещение является не только стратегическим, но и крайне энергоёмким механизмом производства. Речь идёт о коммерческом выращивании растений в закрытом грунте, где на электроэнергию для досветки промышленных культур тратятся десятки миллионов рублей в месяц. Неоднозначность требований для формирования параметров осветительных приборов для эффективной досветки различных растений требует кропотливости в проектировании и расчёте их характеристик в отношении фотосинтетически активного излучения (ФАР (PPF)). Предлагаемая программа измерений светильников для теплиц (независимо от их источника излучения — светодиодов или ламп), позволяет не только оценить их фактические ФАР — параметры для разных типов хлорофиллов или ФАР — эффективность для известных диаграмм спектральной чувствительности растений, но и сформировать светотехнический (ФАР) проект в привычной среде программы Dialux непосредственно в единицах ФАР — освещённости (PPFD) [мкмоль/с*м^2]. Указанные возможности предлагаемой программы измерений реализуются с помощью применения разработанных в лаборатории «АРХИЛАЙТ» установок «ФЛАКС» в режиме распределительного радиометра с шагом измерения силы излучения 0,02 град. и погрешностью 2%, и установки «Спекорд» в режиме измерения спектрального распределения мощности излучения с шагом 0,5 нм в диапазоне 180–1050 нм. Следует отметить, что обозначенные режимы измерения установок являются штатными с точки зрения описания их типа СИ (Госреестр СИ №39535-08, № 39536-08, №39537-08).

Стоимость комплексной программы с формированием файла данных формата ies. для программирования в среде программы Dialux в единицах ФАР — освещённости (PPFD) [мкмоль/с*м^2] и Протоколом измерений по приведённой форме — 50 000р.

Срок исполнения — 2 рабочих дня.

Образец №1611111.Светильник светодиодный XXXXXXXXX. Лист 5

Радиометрические и фотометрические характеристики.



На расстоянии H = 18.88 m

Энергетическая освещённость в области точки максимума

$P_s = 0.02 \frac{W}{m^2}$

Энергия в точке максимума

$P_\eta = 3.338 \times 10^{-4} W$

Эффективность спектральная световая

$K = 31.572 \frac{lm}{W}$

Эффективность излучения

$\upsilon = 36.064\%$

Мощность излучения

За пределами V(λ)

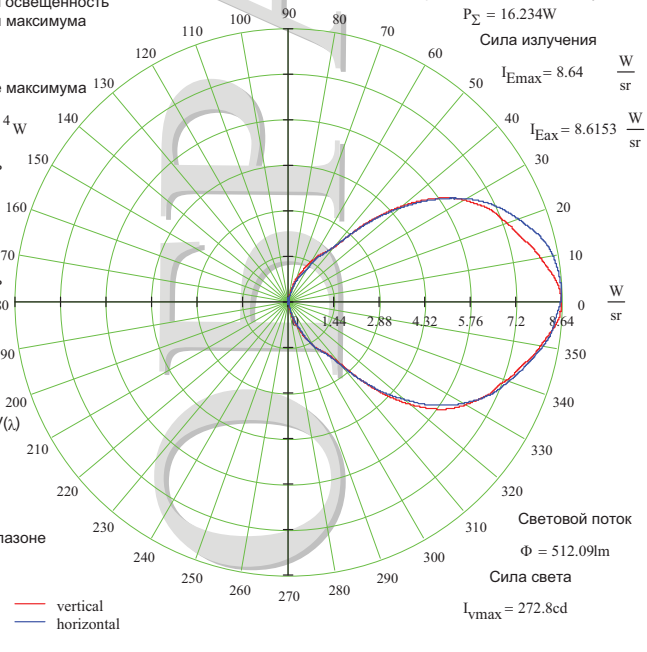
$P_E = 0.0143W$

$\frac{P_E}{P_\Sigma} = 0.09\%$

В видимом диапазоне

$P_{Iv} = 16.22W$

$\frac{P_{Iv}}{P_\Sigma} = 99.912\%$



Интегральная мощность излучения

$P_\Sigma = 16.234W$

Сила излучения

$I_{Emax} = 8.64 \frac{W}{sr}$

$I_{Eax} = 8.6153 \frac{W}{sr}$

Световой поток

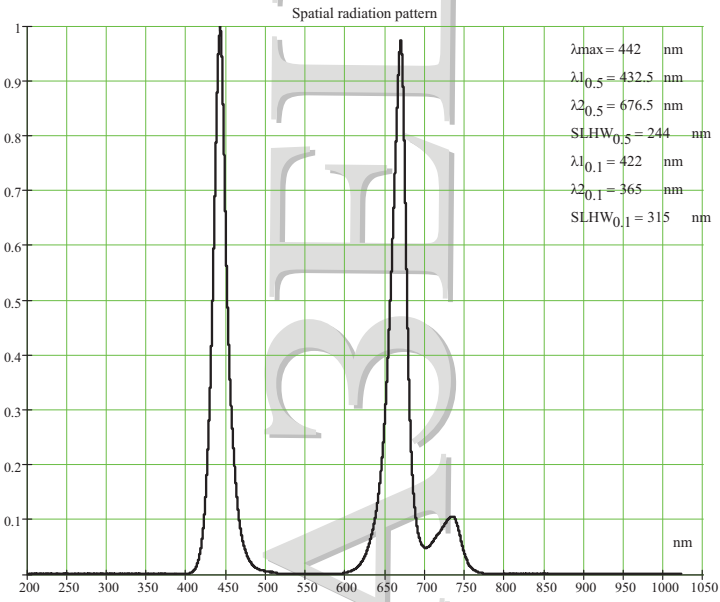
$\Phi = 512.09lm$

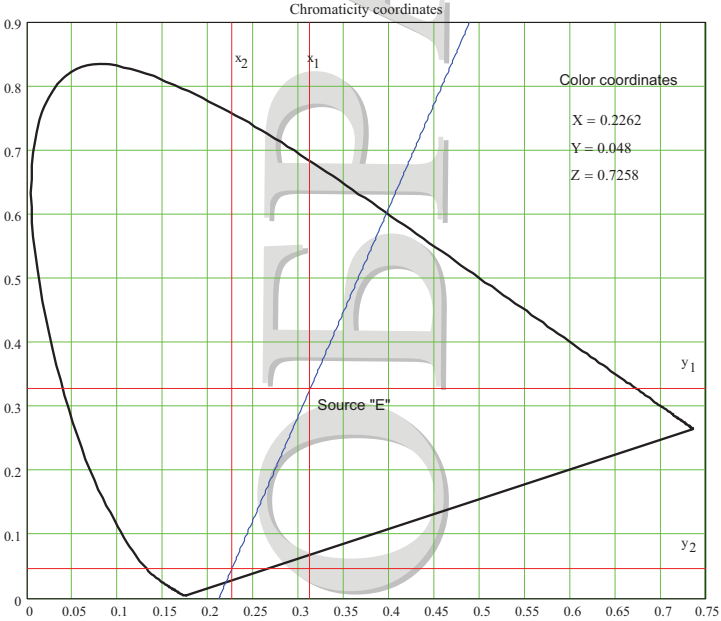
Сила света

$I_{vmax} = 272.8cd$

ОБРАЗЕЦ

Спектральные характеристики.





Все параметры

Мощность излучения	Total Optic power	$P_{\Sigma} = 16.234$ W
Мощность излучения в видимом диапазоне	Optic power into V(λ)	$P_{Iv} = 16.22$ W $\frac{P_{Iv}}{P_{\Sigma}} = 99.91\,\%$
Мощность излучения за пределами видимого диапазона	Optic power out V(λ)	$P_{E} = 0.0143$ W $\frac{P_{E}}{P_{\Sigma}} = 0.09\,\%$
Световой поток	Total Luminous Flux	$\Phi = 512.09$ lm
Максимальная сила света	Luminous Intensity max	$I_{vmax} = 272.79$ cd
Осевая сила света	on – axis	$I_{vax} = 272.01$ cd
Освещённость по оси на расст. H = 18.88 m	On-axis illumination on dist.H	$E_{v} = 0.76$ lx
Энергетическая сила света максимальная	Power Intensity max	$I_{Emax} = 8.64 \frac{W}{sr}$
осевая	Power Intensity on-axis	$I_{Eax} = 8.6153 \frac{W}{sr}$
Угловые характеристики и распределение мощности по основным плоскостям	Angles and Optic Power pattern to planes,% Vertical plane $dP_{90} = 49.47\,\%$	$\theta_{0.5} = 85.463$ deg $\theta_{0.1} = 139.576$ deg
	Horizontal plane $dP_{00} = 50.53\,\%$	$\Omega_{0.5} = 84.193$ deg $\Omega_{0.1} = 135.262$ deg
Средние значения углов	Averadge angle 0,5Iv max	$\Theta_{0.5} = 84.828$ deg
	Averadge angle 0,1Iv max	$\Theta_{0.1} = 137.419$ deg
Мощность излучения по уровню 0,5 I_{Emax}	Flux power per 0,5 I_{Emax}	$P_{0.5} = 10.601$ W
Относительно полной мощности излучения	Relative to total flux power	$\eta_{0.5} = 65.3\,\%$
Мощность излучения по уровню 0,1 I_{Emax}	Flux power per 0,1 I_{Emax}	$P_{0.1} = 15.377$ W
Относительно полной мощности излучения	Relative to total flux power	$\eta_{0.1} = 94.72\,\%$
Электрические параметры		
Напряжение питания	Electrical data Voltage	U = 220.0 V
Потребляемый ток	Current	$I_{e} = 0.209$ A
Коэффициент мощности	Power factor	PF = 0.979
Активная потребляемая мощность	Power input	$P_{in} = 45.01$ W
Полная мощность	Total Power input	S = 45.98 VA
Реактивная мощность	Reactive Power	Q = 9.37 VAr
Эффективность световая	Efficacy	$\upsilon_{v} = 11.38 \frac{lm}{W}$
Относительная максимальная сила света	Ivmax/1000lm	$N = 532.7 \frac{cd}{klm}$
КПД	Efficiency	$\upsilon = 36.06\,\%$
Спектральная Световая эффективность	Luminous Efficacy	$K = 31.57 \frac{lm}{W}$
Энергетическая освещённость на расстоянии H = 18.88 m	Energy illumination on a distance: H = 18.88m	$P_{s} = 0.024 \frac{W}{m^2}$
Максимальная длина волны	Maximum wavelength	λmax = 442 nm
Полуширина спектра излучения	$SLHW_{0.5}$	$SLHW_{0.5} = 244$ nm
Ширина спектра излучения	$SLHW_{0.1}$	$SLHW_{0.1} = 315$ nm
Координаты цветности	Color coordinates	X = 0.2262 Y = 0.048 Z = 0.7258
Доминирующая длина волны	Dominant wavelength	$\lambda_{dom} = -1.55 \times 10^{-5}$ nm
Центроидная длина волны	Centroid wavelength	λcentroid = 649.5 nm
Доля ОСПЭЯ отн. V(λ)	Spectral part to V(λ)	$P_{\lambda} = 2.27\,\%$
Коррелированная цветовая температура	Correlated color temperature (CCT)	$T_{c} = 2345.4$ K
	Planck Color temperature	

Поток фотонов ФАР

Поток фотонов ФАР (PPF) полный			
Тип ФАР	%	мкмоль/с	Диапазон
ФАР УФ	0,02	0,02	270-360нм
ФАР синий	22,44	25,53	360-500нм
ФАР зелёный	49,47	56,27	500-600нм
ФАР красный	26,46	30,10	600-700нм
ФАР ИК	1,62	1,84	700-750нм
Поток фотонов ФАР (PPF)		113,77	мкмоль/с

Поток фотонов ФАР (PPF) по DIN 5031-10			
Тип ФАР	%	мкмоль/с	Диапазон
ФАР УФ	0,00	0,00	270-360нм
ФАР синий	32,28	23,36	360-500нм
ФАР зелёный	37,47	27,12	500-600нм
ФАР красный	29,64	21,46	600-700нм
ФАР ИК	0,61	0,44	700-750нм
Поток фотонов ФАР (PPF)		72,38	мкмоль/с

Поток фотонов ФАР (PPF) по McCree, 1972 г.			
Тип ФАР	%	мкмоль/с	Диапазон
ФАР УФ	0,01	0,01	270-360нм
ФАР синий	16,83	13,46	360-500нм
ФАР зелёный	47,96	38,36	500-600нм
ФАР красный	35,01	28,00	600-700нм
ФАР ИК	0,18	0,15	700-750нм
Поток фотонов ФАР (PPF)		79,98	мкмоль/с

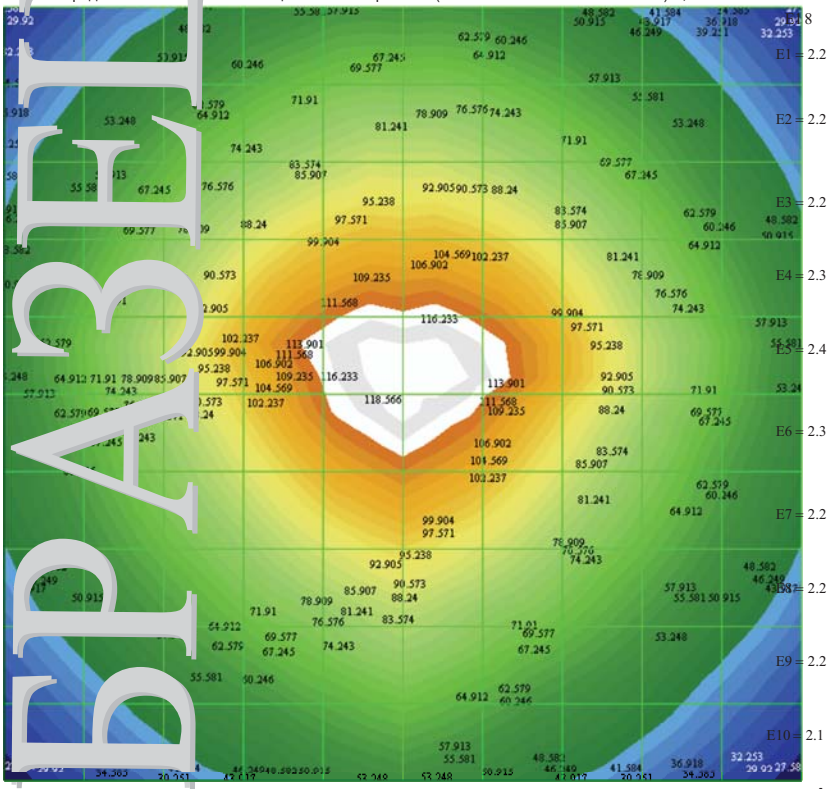
Поток фотонов ФАР (PPF) для Хлорофилла "a"			
Тип ФАР	%	мкмоль/с	Диапазон
ФАР УФ	0,00	0,00	270-360нм
ФАР синий	33,62	8,91	360-500нм
ФАР зелёный	22,44	5,95	500-600нм
ФАР красный	43,09	11,42	600-700нм
ФАР ИК	0,85	0,22	700-750нм
Поток фотонов ФАР (PPF)		26,51	мкмоль/с

Поток фотонов ФАР (PPF) для Хлорофилла "b"			
Тип ФАР	%	мкмоль/с	Диапазон
ФАР УФ	0,00	0,00	270-360нм
ФАР синий	55,59	16,98	360-500нм
ФАР зелёный	12,39	3,79	500-600нм
ФАР красный	31,84	9,73	600-700нм
ФАР ИК	0,19	0,06	700-750нм
Поток фотонов ФАР (PPF)		30,55	мкмоль/с

Образец №1611111.Светильник светодиодный XXXXXXXXX. Лист 9

Распределение ФАР-освещённости поверхности (PPFD).

Распределение потока ФАР-освещённости поверхности (Distribution of surface illumination).E,mkmol/sm2



Высота (расстояние) H = 0.5m Δ – – – – – –Δ Неравномерность освещённости по горизонтали

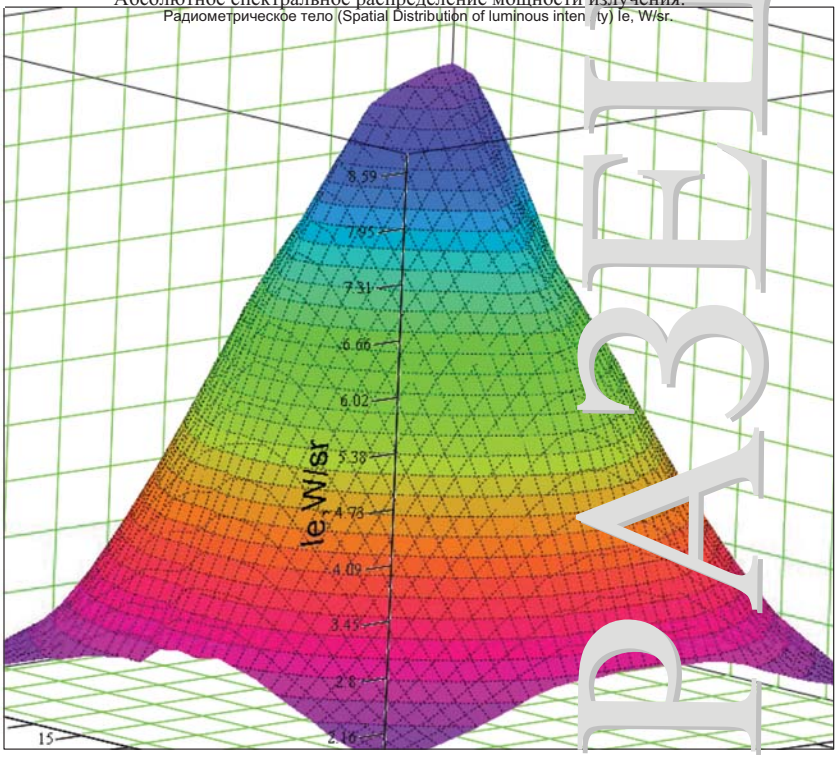
Сторона квадрата масштабной сетки: Δ = 0.07 m Сторона квадрата поля диаграммы L = 0.72m

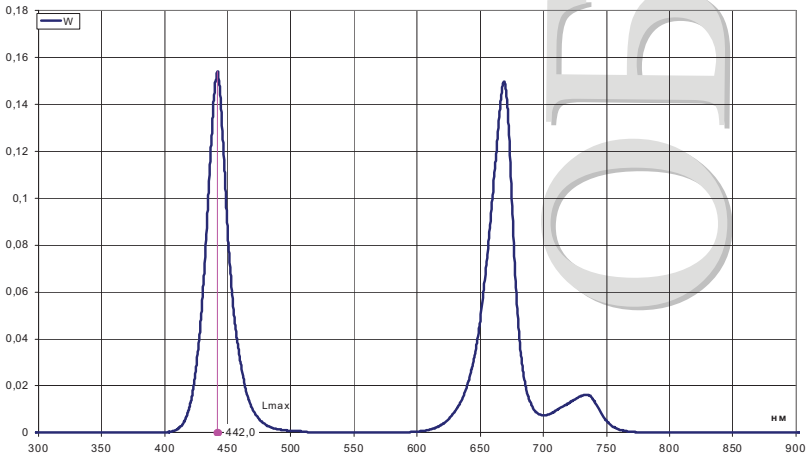
ОБРАЗЕЦ

Образец №1611111.Светильник светодиодный XXXXXXXXX. Лист 10

3D диаграмма пространственного распределения силы излучения (радиометрическое тело).

Абсолютное спектральное распределение мощности излучения.





ОБРАЗЕЦ

Программа «Инженерная и прецизионная спектрометрия и колориметрия»

Углублённая программа измерений спектральных характеристик и их производных у устройств светотехники или любых источников излучения направлена на детальное исследование образцов с целью их проектирования, доработки, моделирования и разработки оптических систем, а также определения параметров осветительных приборов (излучающих устройств) с точки зрения зависимости их спектра излучения (координат цветности, коррелированной цветовой температуры, индекса цветопередачи и др.) от угла наблюдения в диаграмме пространственного распределения силы света (мощности излучения). Применение светодиодов в светотехнических устройствах, с одной стороны решает ряд их ключевых задач существенно эффективнее ламп, однако с другой - имеет и свои проблемы, решение которых основано, прежде всего, на точном определении (измерении) «технической картины» этих проблем. Среди последних можно назвать одну из самых распространённых и типичных для светодиодных осветительных приборов всех типов — существенная неравномерность координат цветности, коррелированной цветовой температуры (КЦТ), оттенков белого цвета в зависимости от угла излучения. Проявлением которых является «разноцветность» пятна освещённости поверхности: как правило, от буквально синего цвета в середине, и практически жёлтого — по краям.

Хотя именно о КЦТ и её трактовке в предлагаемой программе исследований стоит сказать особо. Дело в том, что масштабные споры о методах её определения у светодиодов и в устройствах на их основе так и не привели к некому конструктивному и единому мнению. Поэтому, порой, результаты измерений её значений у одних и тех же источников, могут отличаться. Как известно, вся проблема с этим решением основана на существенной неравномерности спектрального состава излучения светодиода в зависимости от угла излучения. Основная причина тому — несовершенство методов нанесения люминофорного покрытия, первичная и вторичная оптика, а также имеющаяся неравномерность плотности светового потока по площади кристалла. С одной стороны, очевидно, что обладая узким (в 1 град) полем зрения, наш глаз не может интегрировать световой поток не только от всей, но и даже от небольшой доли пространственной диаграммы излучения осветительного прибора, поэтому важно, чтобы обозначенное значение КЦТ было одинаково по всей диаграмме (иначе оно не будет соответствовать спецификации). Но с другой стороны, если декларировать именно КЦТ суммарного потока источника, то тогда действительно, можно говорить об интегральном значении КЦТ независимо от её неравномерности распределения. По нашему мнению, наиболее справедливым результатом рассуждения о корректности сути КЦТ окажется условие, при котором первая ситуация будет характеризовать осветительные приборы, а вторая — источники света. Вероятно, благодаря именно этой трактовке «соломонова решения» о методике измерений, с января 2016 г. в ГОСТ Р 54350-2015 отсутствует требование по измерению КЦТ интегральным методом. Это, по сути, значительно ужесточает требование по неравномерности КЦТ, поскольку она может быть измерена в любой точке фотометрического тела и должна оставаться в рамках заявленного значения, что обеспечить в большинстве случаев, крайне затруднительно. Но по смыслу — гораздо правильнее и логичнее. Это заключение как раз касается именно осветительных приборов, стандарт на методы измерений которых и приведён в примере, этим же подтверждаются предыдущие предположения о трактовке КЦТ. В результате, имея подробную (предусмотренную настоящей Программой) информацию о пространственном распределении спектральных (колориметрических) характеристик, можно учесть полученные данные при разработке светотехнического устройства или

при построении осветительной системы, таким образом, избежав эффекта «разноцветности» освещённости.

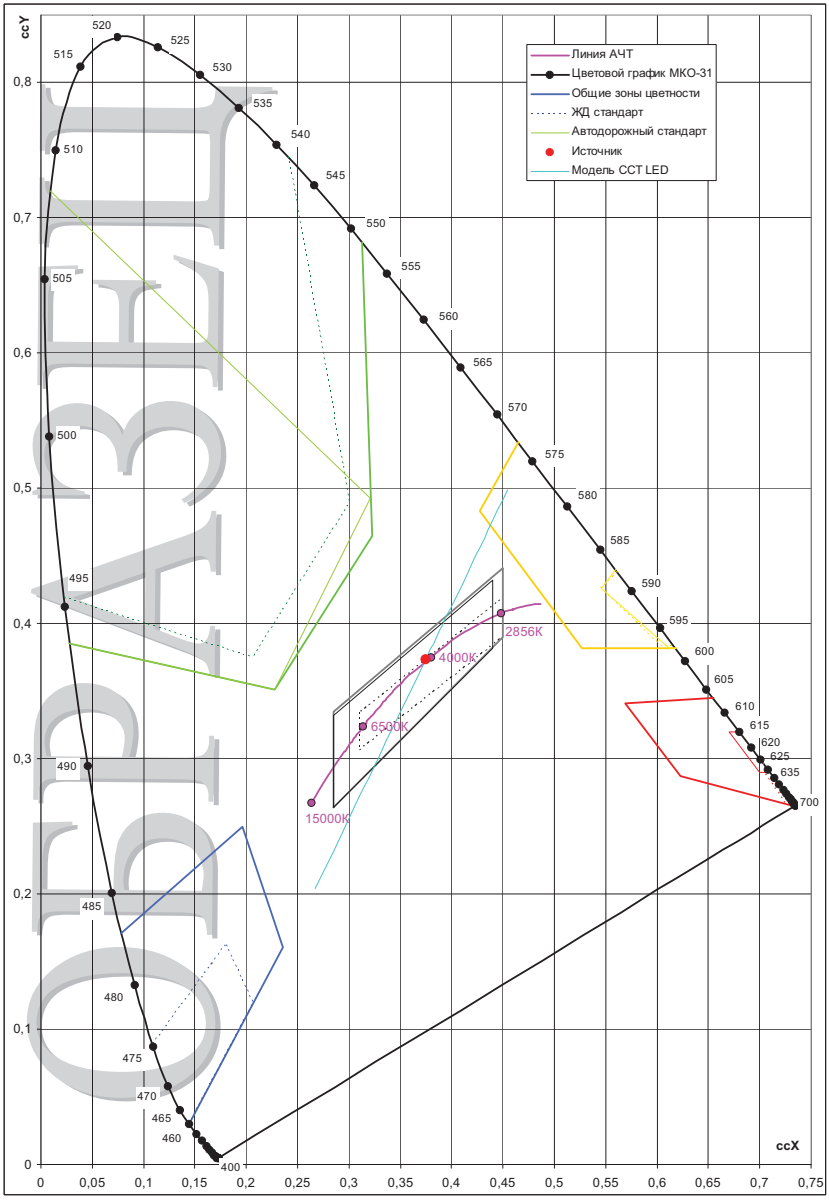
Одна из важных составляющих комплекта предлагаемой программы исследований по высшей колориметрии — возможность расчёта и построения пороговых эллипсов цветоразличения Мак-Адама в равноконтрастной колориметрической системе МКО-31 для источников любых оттенков белого или квазимонохромных излучателей. Данная часть может быть полезна при оценке разброса колориметрических характеристик светодиодов, на основе которых построено светотехническое устройство (оценка качества биновки), исследовании люминесцентных свойств люминофоров или при расчётах порогов цветоразличения при исследовании зависимости спектра от угла излучения светильника с оптическими элементами (уличные, промышленные, узконаправленные осветительные приборы).

Следует отметить, что Программой предусмотрены различные исследования и расчёты на основе высокоточных измерений спектрального распределения излучения образцов в диапазоне 180–1100 нм (шаг измерения — 0,5 нм, время измерения всего диапазона — 10 мс) с помощью установки «Спекорд» (Госреестр СИ №39537-08) и гониофотометрической установки «Флакс» (Госреестр СИ №39536-08 и №39535-08). Например, наглядные или табличные представления спектров исследуемых образцов относительно спектров Планковских источников, или моделирование КЦТ и др. колориметрических параметров для различных составов или количеств люминофорной композиции в составе системы нитридный излучающий кристалл — люминофор, расчёты и исследования коэффициентов пропускания (поглощения) материалов и оптических фильтров.

Подробные примеры различных зависимостей и характеристик, содержащихся в отчётах о результатах измерений по настоящей Программе, приведены в Образцах Приложений к Протоколу измерений.

Образец №1700000. Светильник светодиодный. Лист 4

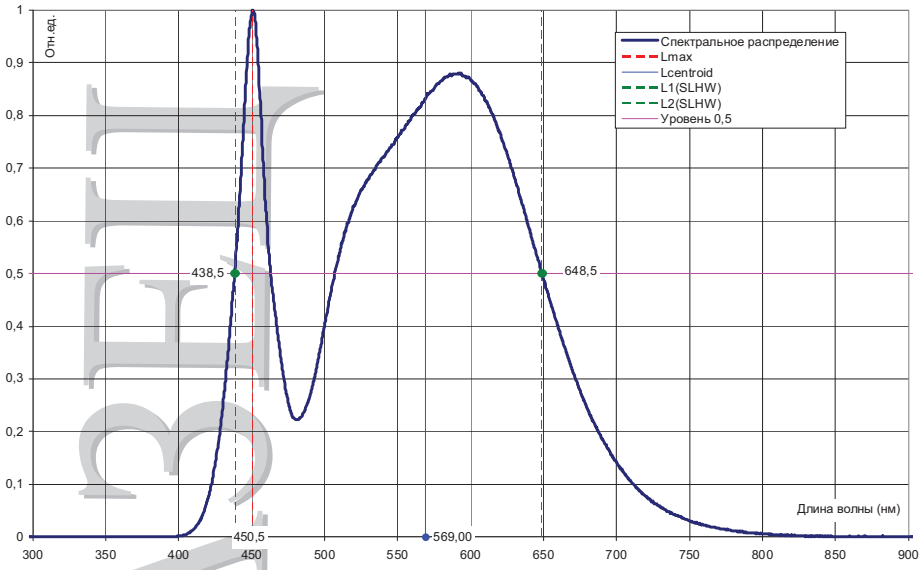
Положение координат цветности на равноконтрастном цветовом графике МКО-31.



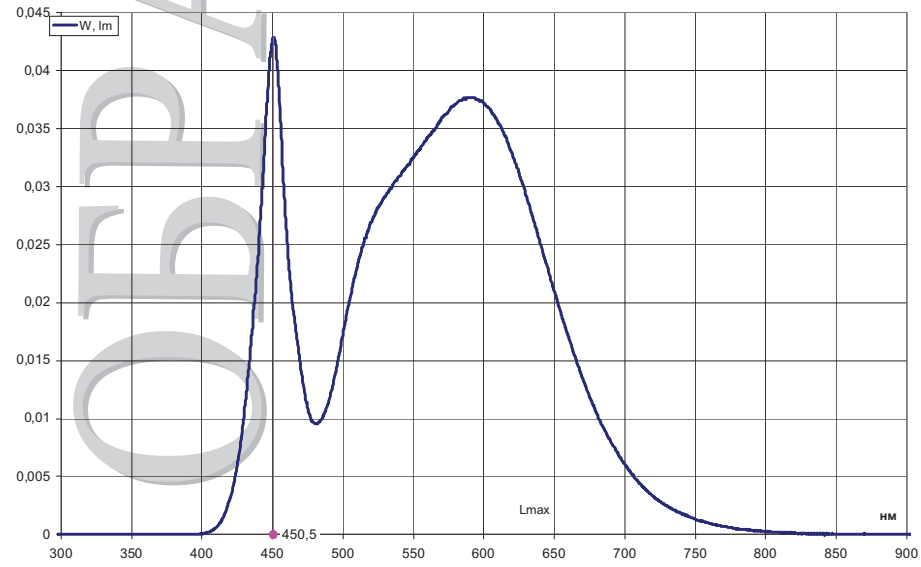
"Архилайт" Лаборатория исследований источников света

Приложение 2
к протоколу № 1703/006/012 от 00.03.2017. Листов 16
Образец №1700000. Светильник светодиодный. Лист 5

Относительное спектральное распределение мощности излучения.

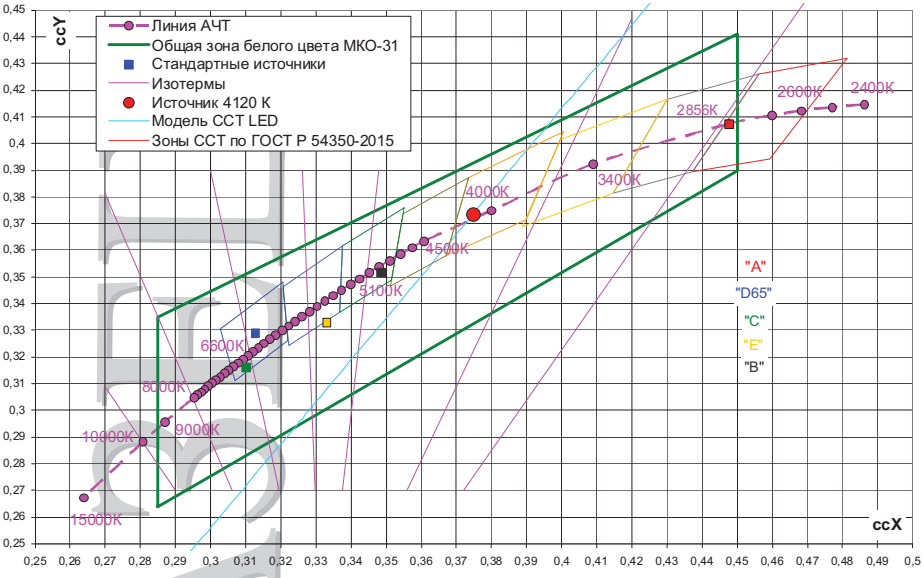


Абсолютное спектральное распределение мощности излучения.

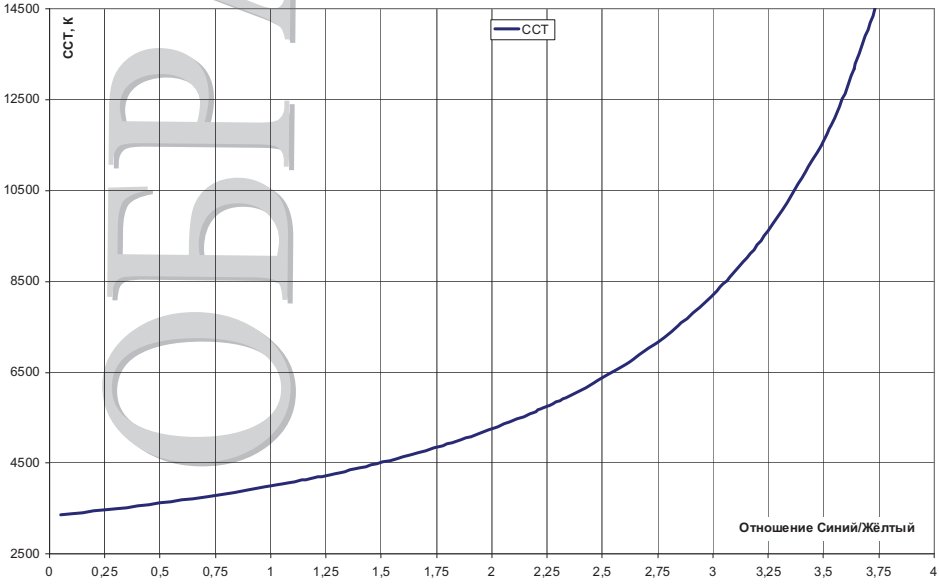


ОБРАЗЕЦ

Координаты цветности и коррелированная цветовая температура

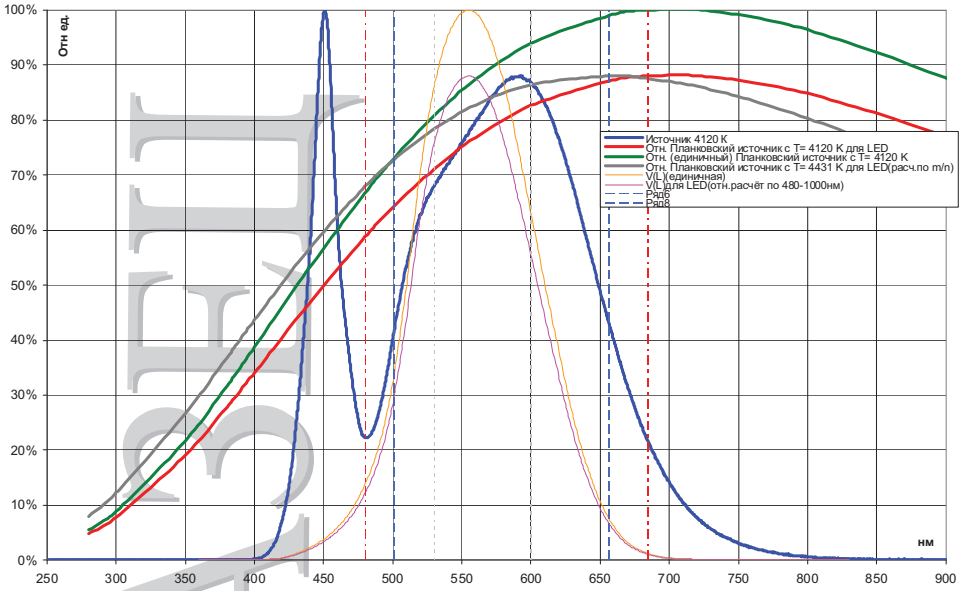


Модель ССТ светодиода в зависимости от соотношения уровней излучения кристалл / люминофор

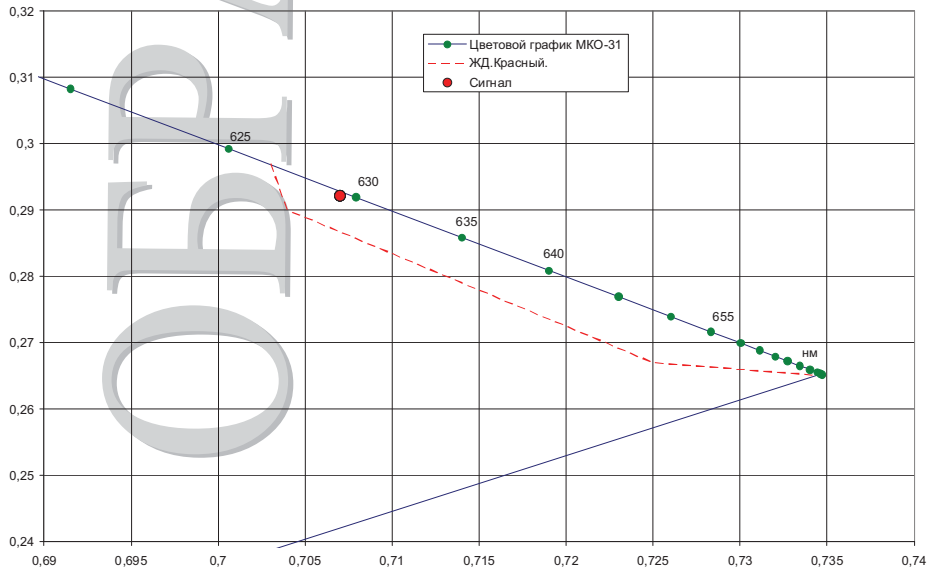


ОБРАЗЕЦ

Определение колориметрических характеристик отн. Планковских источников



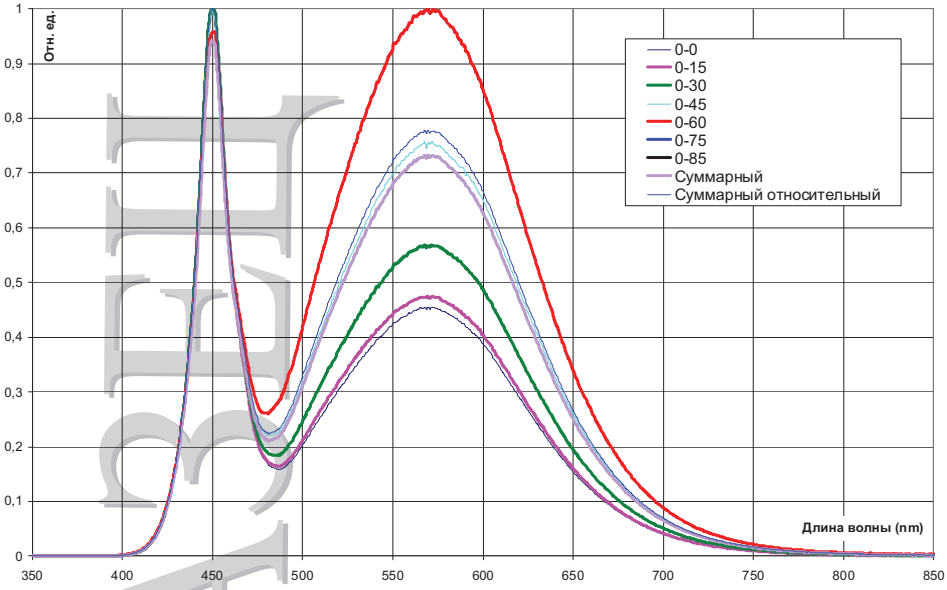
Положение координат цветности в областях, регламентированных стандартами



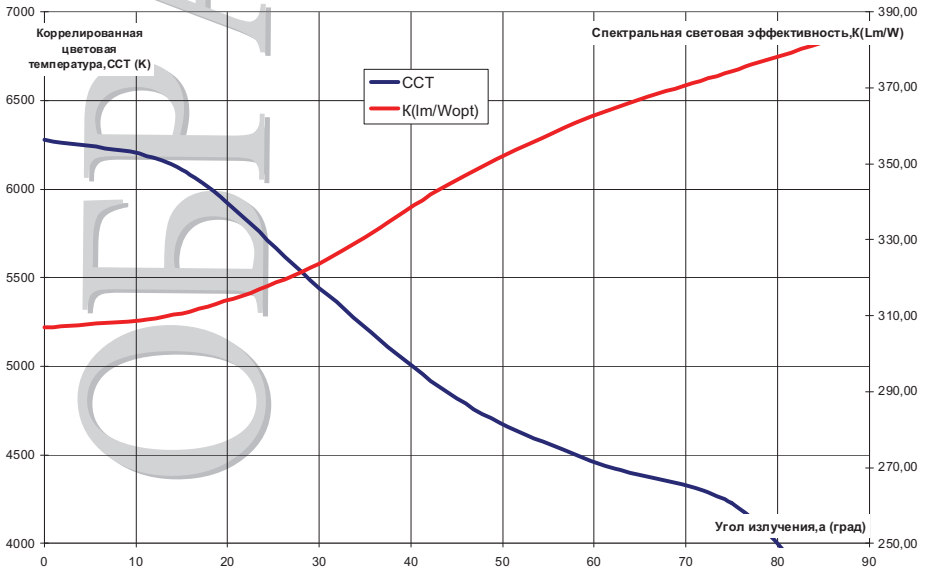
ОБРАЗЕЦ

Образец №1700000. Светильник светодиодный. Лист 7

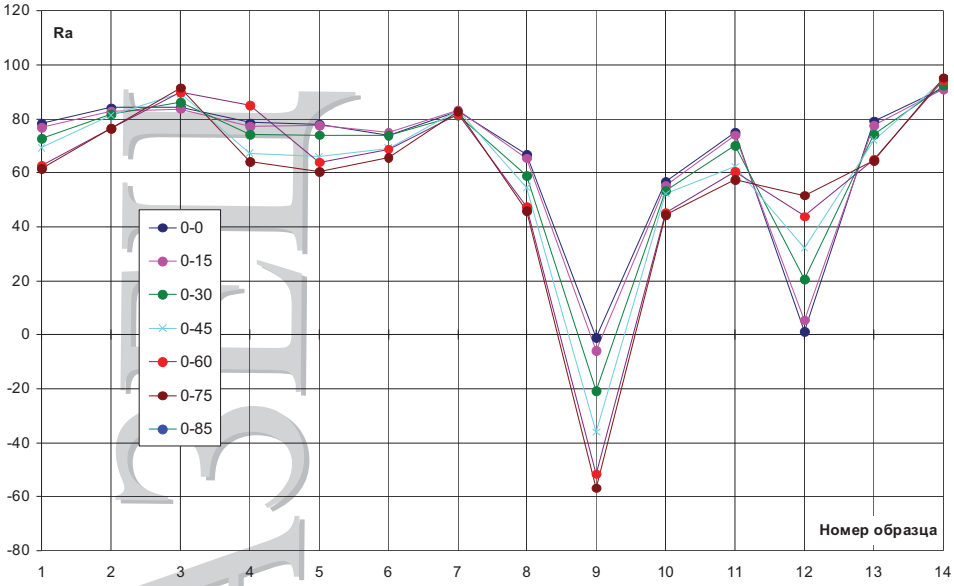
Спектральное распределение излучения в зависимости от угла пространственной диаграммы



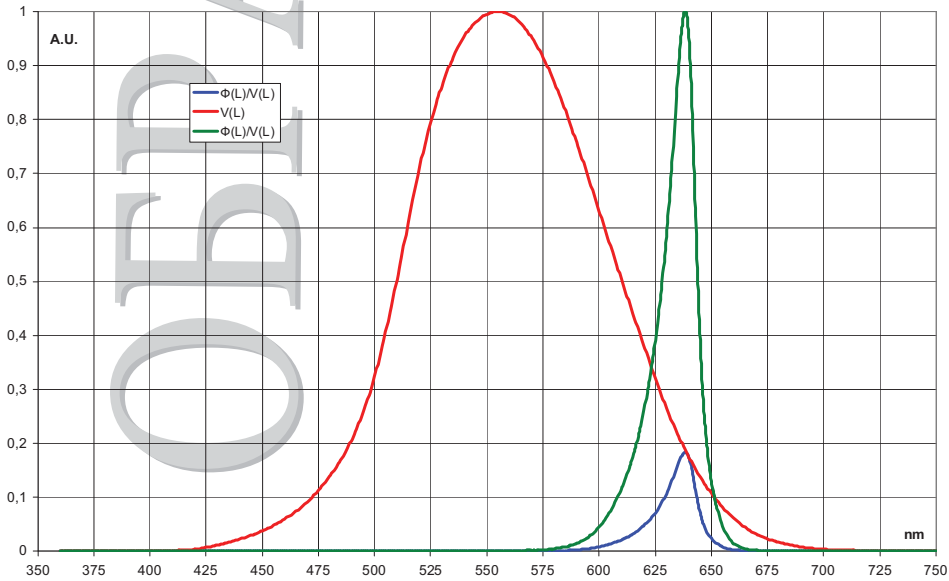
Угловое распределение спектральной световой эффективности и КЦТ (ССТ)



Угловое распределение частных индексов цветопередачи

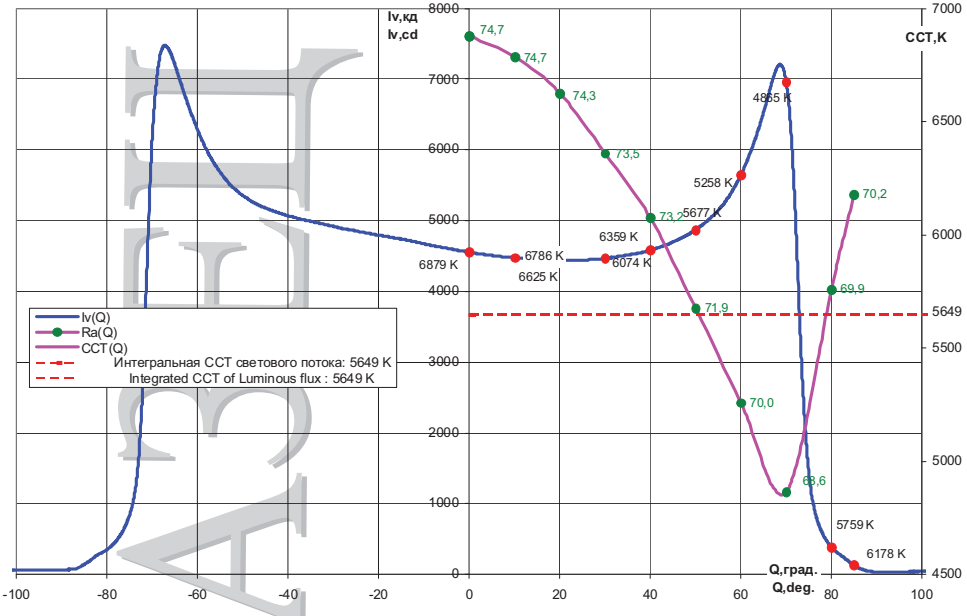


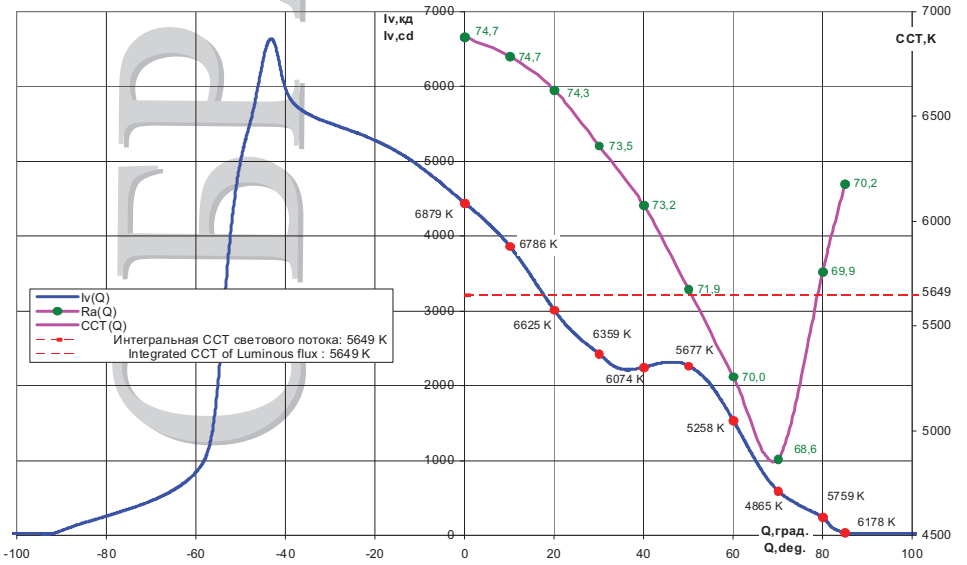
Свёртка спектра излучения с кривой видности V(λ)



Образец №1700000. Светильник светодиодный. Лист 9

ССТ и Ra и их зависимость от угла излучения. Приведено непосредственно на диаграмме пространственного распределения силы света. Расчёт интегральной ССТ гониоспектрометрическим методом.



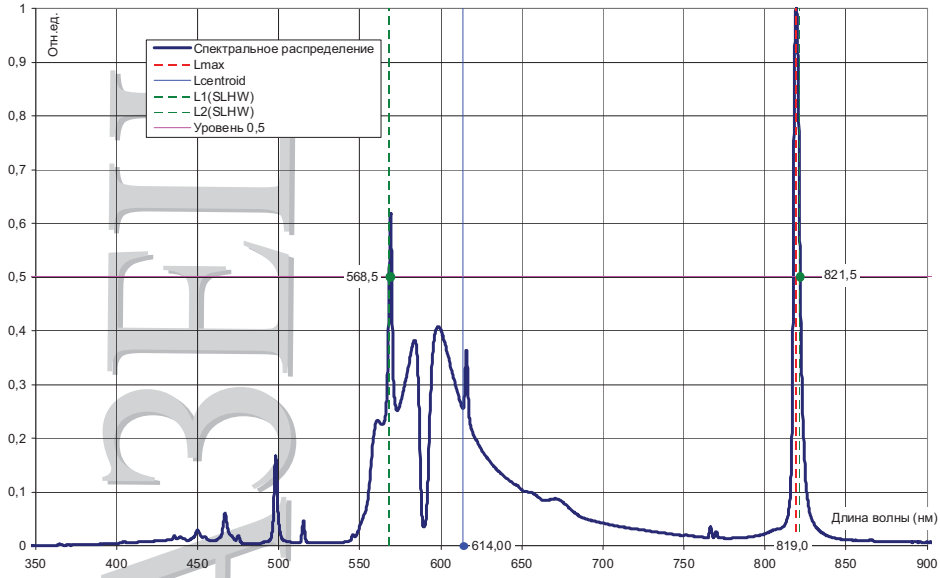


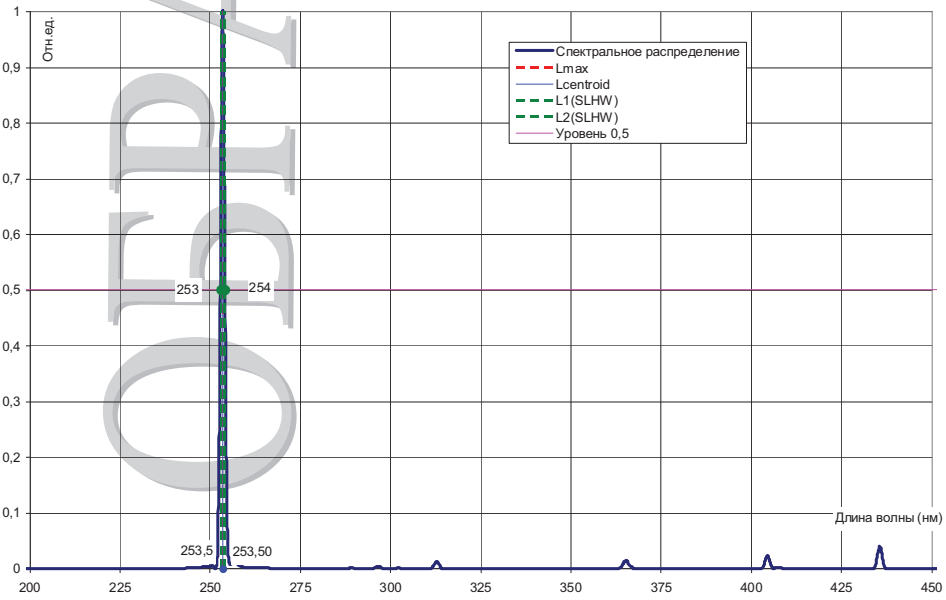
"Архилайт" Лаборатория исследований источников света

Приложение 8
к протоколу № 1703/006/012 от 00.03.2017. Листов 16

Образец №1700000. Светильник. Лист 10

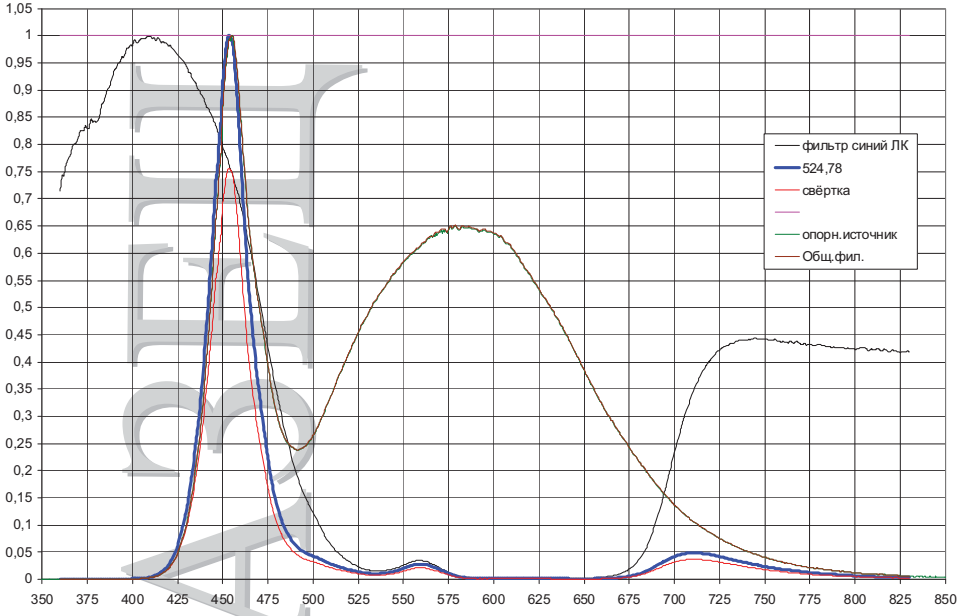
Высокоточное измерение прерывистых, полосатых, линейчатых и ультраузких спектров излучения газоразрядных источников





ОБРАЗЕЦ

Исследование коэффициентов пропускания (поглощения) материалов, измерения параметров и расчёт оптических фильтров и систем.

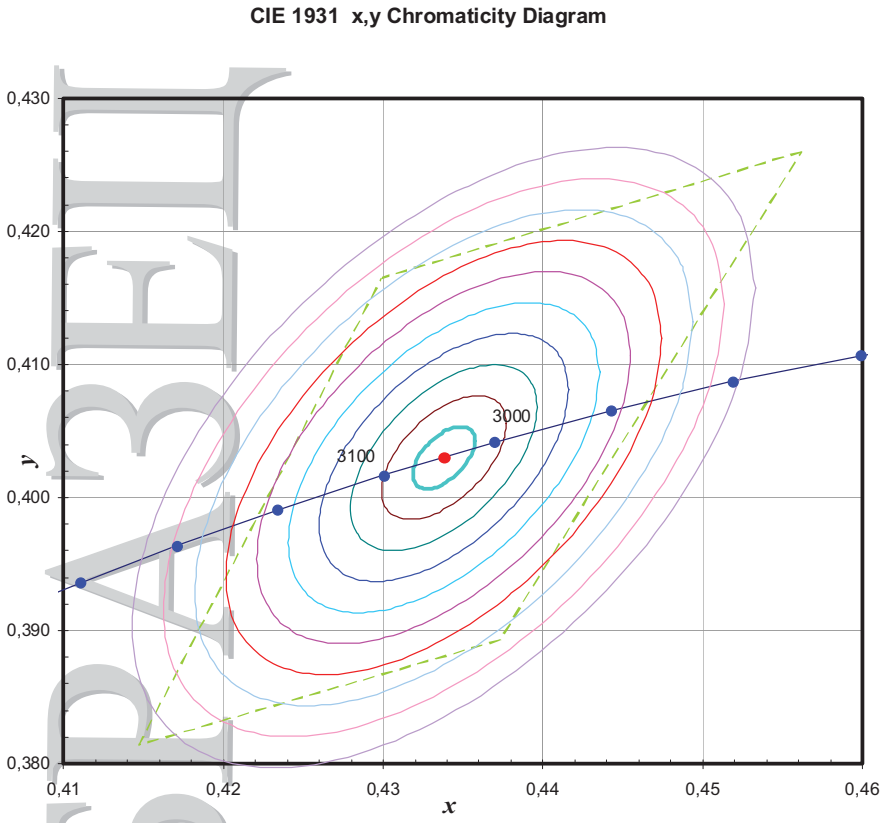


ОБРАЗЕЦ

"Архилайт" Лаборатория исследований источников света

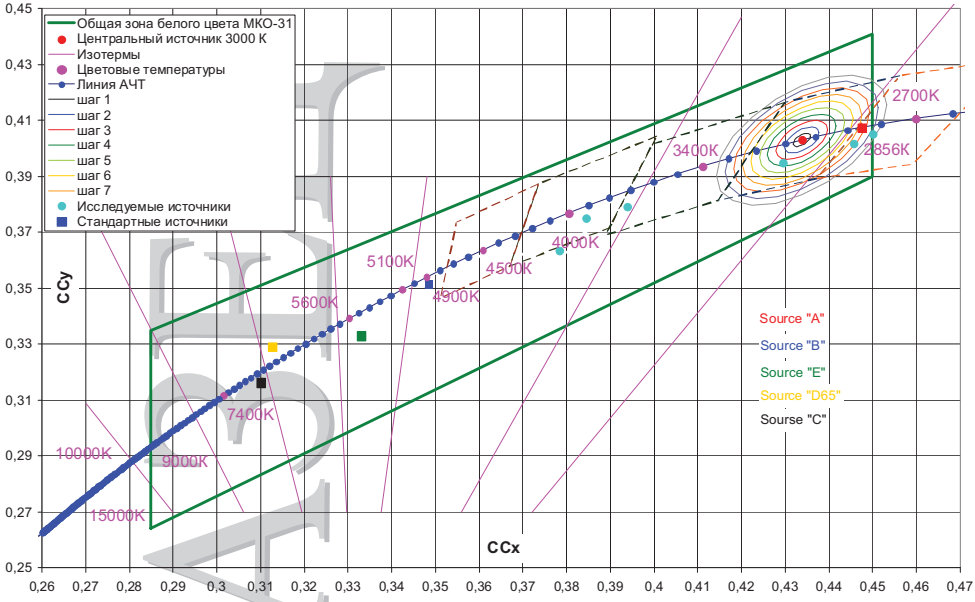
Приложение 10
к протоколу № 1703/006/012 от 00.03.2017. Листов 16
Образец №1700000. Источник. Лист 12

Эллипсы Мак-Адама с определённым порогом цветоразличения в среде равноконтрастного графика МКО-31



ОБРАЗЕЦ

Эллипсы Мак-Адама с определённым порогом цветоразличения в среде равноконтрастного графика МКО-31. Общая зона цветности белого.



ОБРАЗЕЦ

Программа испытаний на соответствие требованиям СанПиН

С момента появления светодиодных светильников для внутреннего применения – для жилых и общественных помещений, нормы, правила и порядок их применения обсуждаются до сих пор. В связи с этим, имеется определённая неоднозначность при принятии решения об использовании таких светильников в тех или иных проектах, а также в формировании характеристик осветительных систем на их основе. Лаборатория «АРХИЛАЙТ» принимает активное участие в исследованиях, консультациях и прениях по упомянутым вопросам, а также предлагает клиентам ряд испытаний светотехнической продукции на соответствие действующим нормативным документам.

В настоящее время в действующих санитарных правилах и нормах отсутствуют требования, запрещающие использовать светодиодное освещение в жилых, общественных зданиях, в общеобразовательных организациях и учреждениях начального профессионального образования, а также на производстве.

Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий» в соответствии с п. 1.3. распространяются на проектируемые, реконструируемые и существующие жилые и общественные здания и в соответствии с п. 3.1.5. предъявляют гигиенические требования к световым приборам для общего и местного освещения, предназначенным к эксплуатации со светодиодами.

Санитарные правила и нормы СанПиН 2.4.2.2821-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях» в пункте 7.2.2. разрешают использование светодиодов в системах общего освещения, которое обеспечивается потолочными светильниками. В пункте 7.2.5 указаны условия размещения светильников со светодиодами.

Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.4.3.118603 «Санитарно-эпидемиологические требования к организации учебно-производственного процесса в образовательных учреждениях начального профессионального образования» в п. 2.4.2.3 допускают использование разных светильников, имеющих определенные светотехнические характеристики и конструктивное исполнение. Требования к типу источника света, а также к запрету использования светодиодов не предъявляются.

Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах» также не содержит ограничений по применению светодиодов на рабочих местах.

Кроме указанных нормативных документов, актуальным остаётся Письмо Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 1 октября 2012 г. № 01/11157-12-32 «ОБ ОРГАНИЗАЦИИ САНИТАРНОГО НАДЗОРА ЗА ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА», где имеются следующие требования.

«При использовании в системах общего освещения в помещениях общественных зданий и в учебном процессе светильники со светодиодами должны соответствовать ряду качественных и количественных показателей освещения.

1. Условный защитный угол светильников должен быть не менее 90°. Указанный параметр предъявляет требования к конструктивным особенностям осветительной арматуры для ограничения слепящего действия светодиодных ламп.
2. Габаритная яркость светильников не должна превышать 5000 кд/м^2. В связи с тем, что габаритная яркость открытых светодиодов чрезвычайно высока, использовать светильник с открытыми светодиодами для общего освещения помещений нельзя. Осветительная арматура должна иметь в своем составе эффективные рассеиватели, снижающие

габаритную яркость до вышеуказанных значений.

3. Допустимая неравномерность яркости выходного отверстия светильников L_{max}: L_{min} должна составлять не более 5:1 (измерения проводятся по ГОСТ Р 54350-2015).
4. Цветовая коррелированная температура светодиодов белого света не должна превышать 4000 °К.
5. Не рекомендуется использовать в осветительных установках светодиоды мощностью более 0,3 Вт».

Предлагаемая программа испытаний подразумевает полный комплекс измерений по всем параметрам, значение которых нормируется в указанных документах. Однако состав испытаний может быть изменён по желанию заказчика.

"Архилайт" Лаборатория исследований источников света
Приложение 1
к протоколу № 1700/900/906 от 33.13.2017. Листов 12
Образец №17хххх.Светильник светодиодный. Лист 4

Внешний вид образца (фото).

ОБРАЗЕЦ

Соответствие нормативным документам, указанным в письме Главного санитарного врача № 01/11157-12-32 от 01.10.2012 (СанПиН 2.4.2.2821-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях», СанПиН 2.4.3.1186-03 «Санитарно-эпидемиологические требования к организации учебно-производственного процесса в образовательных учреждениях начального профессионального образования». СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий»).

Габаритная яркость

Таблица габаритной яркости, кд/м^2

Gamma	C 0°	C 5°				C 30°	C 35°	C 40°	C 45°	C 50°	C 55°	C 60°	C 65°	C 70°	C 75°	C 80°	C 85°	C 90°
0.0°	4916	4916	4916	4916	4916	4916	4916	4916	4916	4916	4916	4916	4916	4916	4916	4916	4916	4916
5.0°	4799	4789	4781	4774	4767	4758	4755	4753	4753	4753	4755	4758	4762	4767	4774	4781	4789	4799
10.0°	4677	4659	4643		4617	4600	4594	4591	4590	4591	4594	4600	4607	4617	4629	4643	4659	4677
15.0°	4547	4521	4498	44	4461	4436	4428	4424	4422	4424	4428	4436	4447	4461	4478	4498	4521	4547
20.0°	4373	4340	4311	42	4265	4233	4223	4217	4215	4217	4223	4233	4247	4265	4286	4311	4340	4373
25.0°	4162	4123				3997	3985	3978	3976	3978	3985	3997	4013	4034	4059	4089	4123	4162
30.0°	3877	3833	3795	3762	3734	3693	3680	3672	3670	3672	3680	3693	3711	3734	3762	3795	3833	3877
35.0°	3417	3372	3332	3298	3269	3228	3215	3207	3204	3207	3215	3228	3246	3269	3298	3332	3372	3417
40.0°	2918	2873				2731	2719	2711	2709	2711	2719	2731	2749	2772	2800	2834	2873	2918
45.0°	2467	2423	2386	2	2326	2287	2275	2268	2266	2268	2275	2287	2304	2326	2353	2386	2423	2467
50.0°	1816	1780	1748	17	1699	1666	1657	1651	1649	1651	1657	1666	1680	1699	1721	1748	1780	1816
55.0°	1358	1327		1278	1259	1232	1223	1218	1217	1218	1223	1232	1243	1259	1278	1300	1327	1358
60.0°	1200	1169	1142	1120	1101	1074	1066	1061	1059	1061	1066	1074	1086	1101	1120	1142	1169	1200
65.0°	1042	1011	984	962		918	910	905	904	905	910	918	929	944	962	984	1011	1042
70.0°	906	875	849			783	776	771	770	771	776	783	794	809	827	849	875	906
75.0°	874	838		765	749	737	729	724	723	724	729	737	749	765	785	809	838	874
80.0°	733	698		645	626	611	600	592	587	586	587	592	600	611	626	645	669	698	733
85.0°	528	497	471	451		413	407	403	402	403	407	413	423	435	451	471	497	528

Таблица значений параметров

Параметр	Нормируемое значение	Полученное значение	Заключение
Коррелированная цветовая температура ССТ, К	2400 - 6800	4100	Соответствует
Индекс цветопередачи Ra	> 90	91	Соответствует
Габаритная яркость, L, кд/м^2	< 5000	4916	Соответствует
Неравномерность яркости	< 5 : 1	4,5 : 1	Соответствует
Защитный угол, град.	≥ 90	90,0	Соответствует
Коэффициент пульсации освещённости, Кп, %	< 10	1,0	Соответствует
Облучённость (макс.) в диапазоне излучения УФ 320 - 400 нм, Вт/м^2	< 0,03	0,0040	Соответствует
Высота подвеса (для оценки облучённости и освещённости), м			3,2
Наличие излучения менее 320 нм	Полное отсутствие	Отсутствует	Соответствует
Потребляемая мощность / кол-во светодиодов, Вт / шт	< 0,3 Вт	0,25 / 100	Соответствует

Программа «Радиометрия и прецизионная фотометрия»

Прецизионная фотометрия с помощью распределительного радиометра

Измерения радиометрических характеристик излучателей в диапазоне 180–1700 нм

В условиях появления современных объектов исследования – светодиодов и устройств на их основе, параметры которых стоят отдельно от всех существующих до них источников света, остро встала необходимость разработки методик измерения их параметров, потому как классические варианты использования традиционных средств измерений, применимы лишь в общих случаях, и, как показал опыт их применения параллельно с радиометрическими методами, не могут обладать высокой достоверностью по сравнению с последними.

Коэффициент преобразования фотометров (величина в размерности электрического тока (напряжения), пропорциональная освещённости чувствительной части фотометра) определяется с некоторой погрешностью относительно стандартного источника типа «А», соответствующего спектру излучения абсолютно чёрного тела (АЧТ) с цветовой температурой в 2856К. Следовательно, любое отклонение спектрального распределения мощности излучения (светового потока) измеряемого источника от указанного, вызовет увеличение погрешности измерения. А если говорить о таких квазимонохроматических источниках, как светодиоды, с полушириной спектра в 10–25 нм, то погрешность может возрасти на порядок величины, особенно на краях чувствительности: в зоне коротковолнового синего и длинноволнового красного. Увеличение погрешности также неизбежно будет и при измерении светодиодов белого цвета свечения на основе люминофора из-за значительной доли синего в спектре излучения. Для уменьшения погрешности измерений освещённости (силы света) такими фотометрами применяют корректировку коэффициента преобразования фотоприёмников с известными значениями относительно стандартных источников с привязкой к конкретному спектру излучения измеряемых источников. Однако здесь требуется точное измерение спектра их излучения, что также вносит свою погрешность. И, тем не менее, если все калибровки и расчёты будут выполнены корректно, то описанное уточнение в значение коэффициента преобразования существенно снизит погрешность измерения.

Однако приведённые здесь случаи измерений с помощью фотометра являются частными в более широкодиапазонной радиометрии, которая охватывает весь диапазон электромагнитных излучений. И, если ограничить этот диапазон видимым светом, то радиометрические методы с успехом могут быть применены и для фотометрических целей. Прежде всего, это обусловлено отсутствием какого-либо оптического фильтра на входе радиометрической головки, что однозначно исключает целый класс погрешностей, связанных с точностью попадания коррекции ОСЧ приёмника как можно ближе к функции V(l). Безусловно, измерение спектра измеряемого источника здесь обязательно, потому как расчёт коэффициента преобразования радиометра будет основан исходя из его результатов. Однако для увеличения точности измерений фотометром, это также будет необходимо, следовательно, по трудоёмкости эти 2 процесса могут быть приблизительно приравнены с той лишь разницей, что потребуется расчёт фотометрических величин из энергетических с помощью найденной в процессе измерений спектральной световой эффективности. Таким образом, можно сделать вывод, что измерения непосредственных энергетических единиц с помощью радиометра оказываются существенно точнее и корректнее с точки зрения физики процесса измерения. Следует отметить, что все приведённые рассуждения справедливы при условии применения гониорадиометрического метода измерения интегральной мощности излучения **в дальней зоне**, как наиболее точного из существующих. Именно такой метод используется в лаборатории «АРХИЛАЙТ» с помощью

установок «Спекорд» (Госреестр СИ №39537-08) и гониофотометрических установок «Флакс» (Госреестр СИ №39536-08 и №39535-08) (Патент № 130394), а в совокупности с отмеченным выше вариантом применения радиометров особой конструкции (Патенты № 130404, № 130394), позволяет проводить измерения фотометрических и радиометрических единиц с высочайшей точностью.

Измерение радиометрических параметров облучателей по ГОСТ Р 8.760-2011 в сравнении с предлагаемым гониорадиометрическим методом

Указанный стандарт определяет методику измерений энергетической освещённости и мощности излучения облучателей с помощью радиометров – дозиметров или измерителей облучённости. Документ рекомендует ряд формул для расчётов обозначенных единиц, однако ключевые зависимости имеют крайне неопределённые, и даже сомнительные переменные, значения которых не предполагается измерять в процессе исследования – их необходимо взять из неких паспортов средств измерений, или принять как некую данность, определение которой относится как раз к гониометрическому способу. Примеры отмеченных формул приведены ниже, где красным показаны условно принятые переменные.

Зависимость для расчёта энергетической освещённости:

$$Ec=(Ei-Ej)K(\Psi\phi)/K\tau,$$

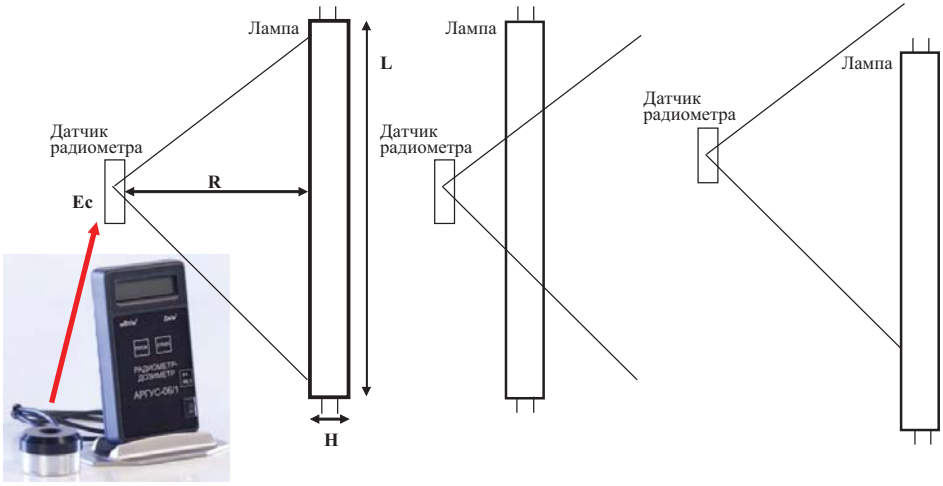
$K(\Psi\phi)$ — относительный коэффициент угловой коррекции (из паспорта СИ).

Зависимость для расчёта мощности излучения:

$$P=\gamma Ec\,R2,$$

γ — геометрический фактор, определяемый при измерении углового распределения потока излучения с помощью гониометра.

Иллюстрация, демонстрирующая, насколько рекомендованный в стандарте метод является частным: корректное измерение можно произвести только при условии соответствия размеров источника (например, бактерицидной лампы) и расстояния радиометрирования. Однако нормировка облучённости от бактерицидных ламп осуществляется, как правило, на одном расстоянии — 1м. При таком условии, достоверность измерений ламп различных размеров окажется крайне низкой.



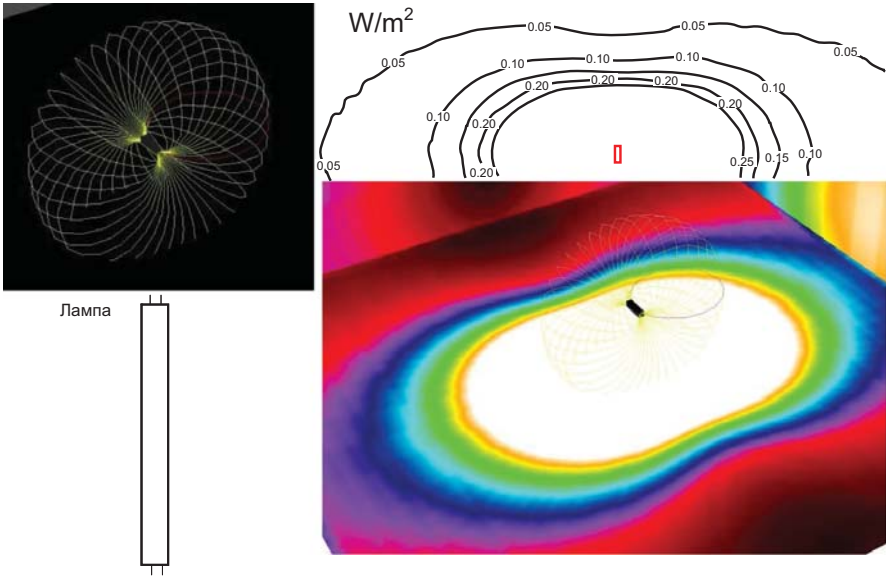
В отличие от описанного метода, применение распределительного радиометра, позволяет не только исключить подавляющее большинство методологических проблем измерений, но и значительно расширяет возможности использования полученной при исследовании информации. Например, проектирование параметров энергетической освещённости помещений облучательными установками в среде программы DIALux непосредственно в единицах энергетической освещённости. Пример такого использования полученных данных приведён на рисунке.

Таким образом, подчёркивая универсальность предлагаемого метода измерения радиометрических параметров облучателей с помощью распределительного радиометра, в отличие от имеющегося в единственном регламентирующем этот вид измерений стандарте ГОСТ Р 8.760-2011, можно подытожить, что в нашем случае, точность определения радиометрических характеристик **не зависит** от:

- Формы пространственной диаграммы излучения источника.
- Размеров источника.
- Расстояния от источника.
- Спектрального распределения излучения (180–1700 нм).
- Диапазона измеряемых величин (0,0–10 000 Вт/ср).
- Позволяет одновременное получение всего комплекса параметров.

Элементы Программы «Радиометрия и прецизионная фотометрия» уже не первый год с успехом используется лабораторией «АРХИЛАЙТ» в измерениях энергетической экспозиции излучения для целей исследований фотобиологической безопасности в рамках обязательного стандарта ГОСТ IEC 62471- 2013 «Фотобиологическая безопасность ламп и ламповых систем», а также при выполнении измерений и расчётов параметров фотосинтетически активного излучения (ФАР) осветительных приборов и систем для освещения и досветки растений в теплицах.

Подробные примеры различных зависимостей и характеристик, содержащихся в отчётах о результатах измерений по настоящей Программе, приведены в Образцах Приложений к Протоколу измерений.



Программа

«Автомобильные световые приборы по требованиям Предписаний ЕЭК ООН (112, 128, 98, 48, 19, 7 и др.)»

Настоящая программа измерений характеристик световых приборов, устанавливаемых на автомобильные транспортные средства, прицепы, мотоциклы и др. по требованиям Единообразных Предписаний (Правила ЕЭК ООН) предполагает полный комплекс исследований светотехнических изделий (фотометрические, колориметрические и электрические параметры) с заключением о соответствии значений измеренных параметров указанным в обозначенных документах. Особая актуальность предлагаемой программы состоит в возможности реализации всех методик измерений, содержащихся в документах измерительным комплексом лаборатории АРХИЛАЙТ. Так, например, Пересмотр 3 Предписаний 112 ЕЭК ООН (январь 2013 г) содержит светотехнические требования к параметрам фар головного света, выраженные в единицах силы света (кд), в то время как предыдущий Пересмотр 2, а также ГОСТ Р 41.112-2005 подобные требования трактует в единицах освещённости поверхности (лк) от света фар. Это означает, что указанные обстоятельства делают невозможным соответствие международным требованиям Правил ЕЭК ООН изделий, сертификационные испытания которых были выполнены в рамках российского стандарта ГОСТ Р 41.112-2005. Подобные требования имеются и в Правилах 128, где содержатся требования и методики измерений источников света, в том числе светодиодных, применяемых в автомобильных световых приборах.

Предлагаемая программа исследований характеристик автотранспортных световых приборов предполагает измерения таких сложных элементов, как параметры светотеневой границы света фар, пространственное распределение колориметрических характеристик и силы света оптических элементов фар и локализация направления светового потока источников света (Правила ЕЭК ООН №№112, 128). Большое внимание уделено измерению параметров таких ответственных элементов, как сигналы торможения, дополнительные сигналы торможения (ДСТ), сигналы указателей поворота и ходовые огни.

Предлагаемая программа базируется на высоких метрологических характеристиках измерительного оборудования лаборатории АРХИЛАЙТ (спектрометрическая установка «Спекорд» (Госреестр СИ №39537-08), гониофотометрические установки «Флакс» (Госреестр СИ №39536-08 и №39535-08) (Патент № 130394)), которые лежат в основе адаптированных к нему методик измерений, содержащихся в Предписаниях ЕЭК ООН.

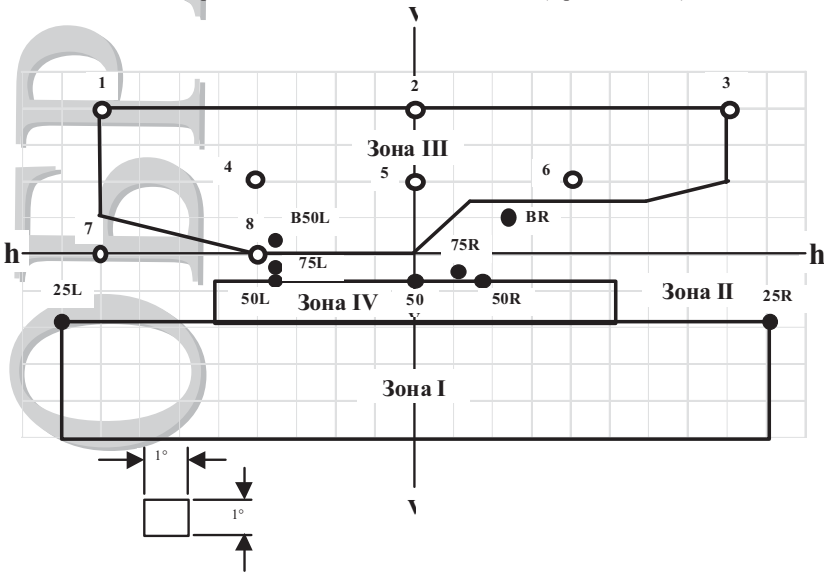
Образец №1700XXX. Фара головного ближнего (дальнего) света
Внешний вид образца (фото).

Наличие этикетки производителя (предъявителя) с названием образца: **ПРИСУТСТВУЕТ**

Параметры, предусмотренные Правилами 112 ЕЭК ООН (Пересмотр 3) п.6.2.4.

Испытательная точка	Норма, кд	Факт, кд	Заключение
B 50 L	≤350	296,8	Соответствует
BR	≤1750	6134,5	НЕ соответствует
75 R	≥5100	4075,1	НЕ соответствует
75 L	≤10600	6586,7	Соответствует
50 L	≤13200	6454,0	Соответствует
50 R	≥5100	4601,6	НЕ соответствует
50 V	≥5100	4292,4	НЕ соответствует
25 L	≥1250	3361,8	Соответствует
25 R	≥1250	4688,6	Соответствует
Зона III	≤625	122,5	Соответствует
Зона IV	≥1700	5959,7	Соответствует
Зона I	≤17600	5184,1	Соответствует
1	≥190	72,6	Соответствует
2		68,9	
3		738,0	
4	≥375	87,0	Соответствует
5		97,7	
6		3127,2	
7	≥65	5817,0	Соответствует
8	≥125	6229,3	Соответствует

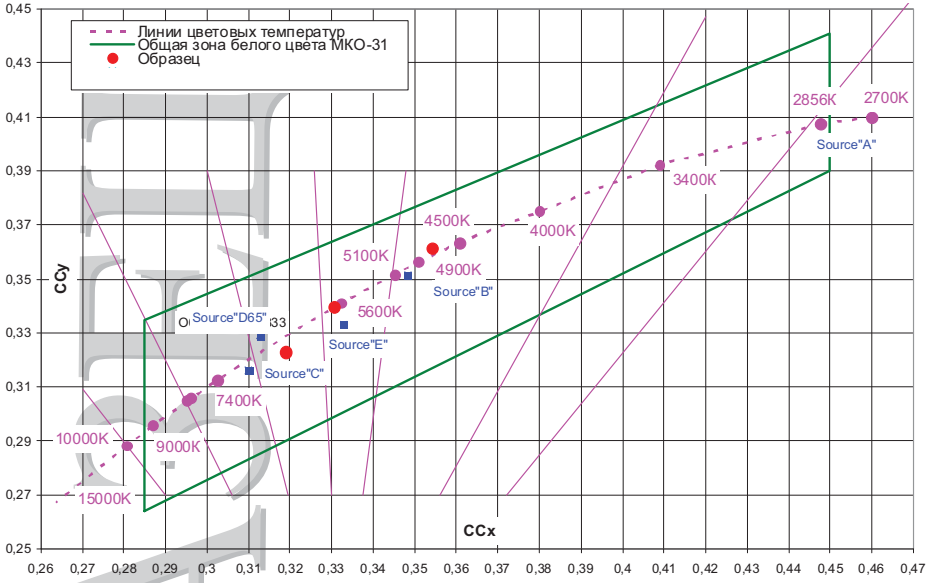
Схема расположения испытательных точек (Приложение 3)



Образец №1700XXX. Фара головного ближнего (дальнего) света Лист 6

Параметры, предусмотренные Правилами 112 ЕЭК ООН (Пересмотр 3) п.7.

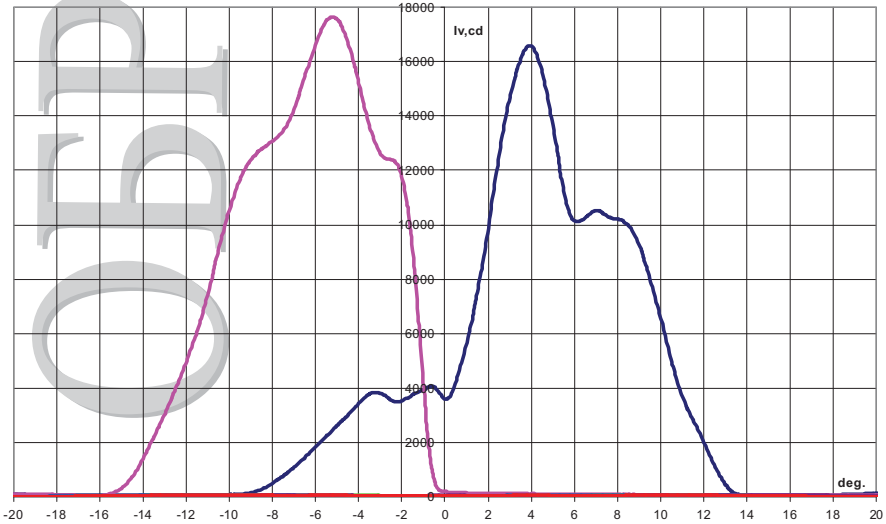
Цветность излучаемого света. Разброс координат цветности по пятну освещённости.



Заключение.

Цветность излучаемого образцом света находится в пределах зоны белого цвета по МКО-31.

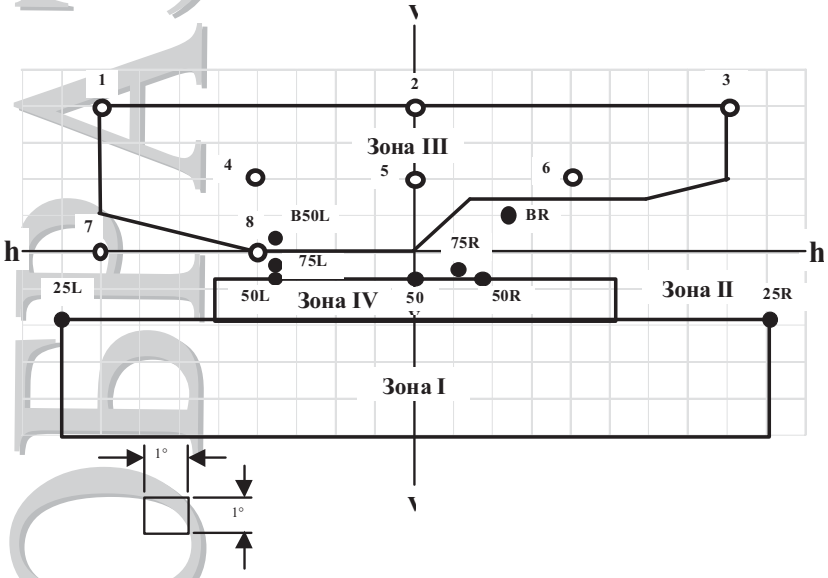
Диаграммы углового распределения силы света основных плоскостей излучения



Параметры, предусмотренные ГОСТ Р 41.112-2005

Испытательная точка	ГОСТ Р 41.112-2005		Заключение
	Норма, лк	Факт, лк	
B 50 L	≤0,4	0,41	НЕ соответствует
BR	-----	0,44	-----
75 R	≥6	21,70	Соответствует
75 L	≤12	16,23	НЕ соответствует
50 L	≤15	5,68	Соответствует
50 R	≥6	22,94	Соответствует
50 V	≥6	4,42	НЕ соответствует
25 L	≥1,5	5,31	Соответствует
25 R	≥1,5	9,43	Соответствует
Зона III	≤0,7	0,34	Соответствует
Зона IV	≥2	18,86	Соответствует
Зона I	≤20	15,19	Соответствует

Схема расположения испытательных точек



ОБРАЗЕЦ

Измерения характеристик устройств отображения информации (экранов, медиафасадов, информационных табло и др.), используемых на улицах городов, фасадах зданий, во внутренних помещениях, вокзалах, аэропортах, архитектурных и спортивных сооружениях, и др.

Массовое внедрение устройств отображения информации на основе самосветящихся элементов (светодиодов, плазменных панелей, ЖКИ и пр.), вызвало необходимость адекватной оценки их параметров и контроля качества производства и установки. Самыми распространёнными среди обозначенных видов устройств являются светодиодные экраны и табло. Многообразие их размеров, цветовых схем и видов формирования изображения не поддаётся исчислению. Несмотря на то, что одно из первых применений светодиодов в устройствах светотехники относится к световой рекламе, массовое их внедрение в качестве источников света в области архитектурно-художественной, рекламной и декоративной подсветки активно продолжается и поныне. Результаты значительного опыта их использования в больших информационных экранах и табло привели к появлению целой индустрии производства светодиодов целевого назначения и существенному снижению стоимости таких проектов. Светодиодные экраны, медиафасады и устройства динамической подсветки стали доступными по цене, экономичными и практически неограниченными по возможностям управления. Однако очевидные недостатки светотехнических систем, содержащих в одном комплексе миллионы светодиодов (необходимость сортировки по параметрам, неравномерная деградация излучения, значительные температурные зависимости) не привели к появлению принципиально новых модификаций таких источников света, замещающих ставшие традиционными излучающие кристаллы на основе нитридов и фосфидов галлия и алюминия. Поэтому актуальность оценки параметров устройств на их основе и контроля качества и установки, остаётся крайне высокой. Этому посвящён один из отечественных стандартов ГОСТ Р 52870-2007 «Средства отображения информации коллективного пользования. Требования к визуальному отображению информации и способы измерения», а также известные СП 52.13330.2016 и СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03, где уже нормируются не столько параметры самих устройств, сколько их «воздействие» на окружающую инфраструктуру – жилые здания и дороги.

В связи с обозначенной актуальностью, лаборатория «Архилайт» разработала для клиентов программу измерений, в которую могут входить испытания как уже смонтированных устройств на соответствие требований перечисленных стандартов (а также каких-либо других), так и отдельных элементов этих устройств (кабинеты, модули, светодиоды, вторичные источники питания и др.). В дополнение к этому, возможен анализ качества произведённых узлов (от излучающих кристаллов светодиодов до полностью смонтированных устройств) на любом этапе производства, с выездом на производственные участки. Последнее наиболее актуально при подготовке и утверждении параметров, входящих в соответствующий контракт на поставку оборудования с целью исключения ситуаций, когда дорогостоящий экран уже поставлен, а его характеристики не были должным образом задекларированы производителем или согласованы с поставщиком.

В наиболее общем случае измерений параметров уже установленных экранов, табло или медиафасадов, их список, как правило, имеет следующее содержание:

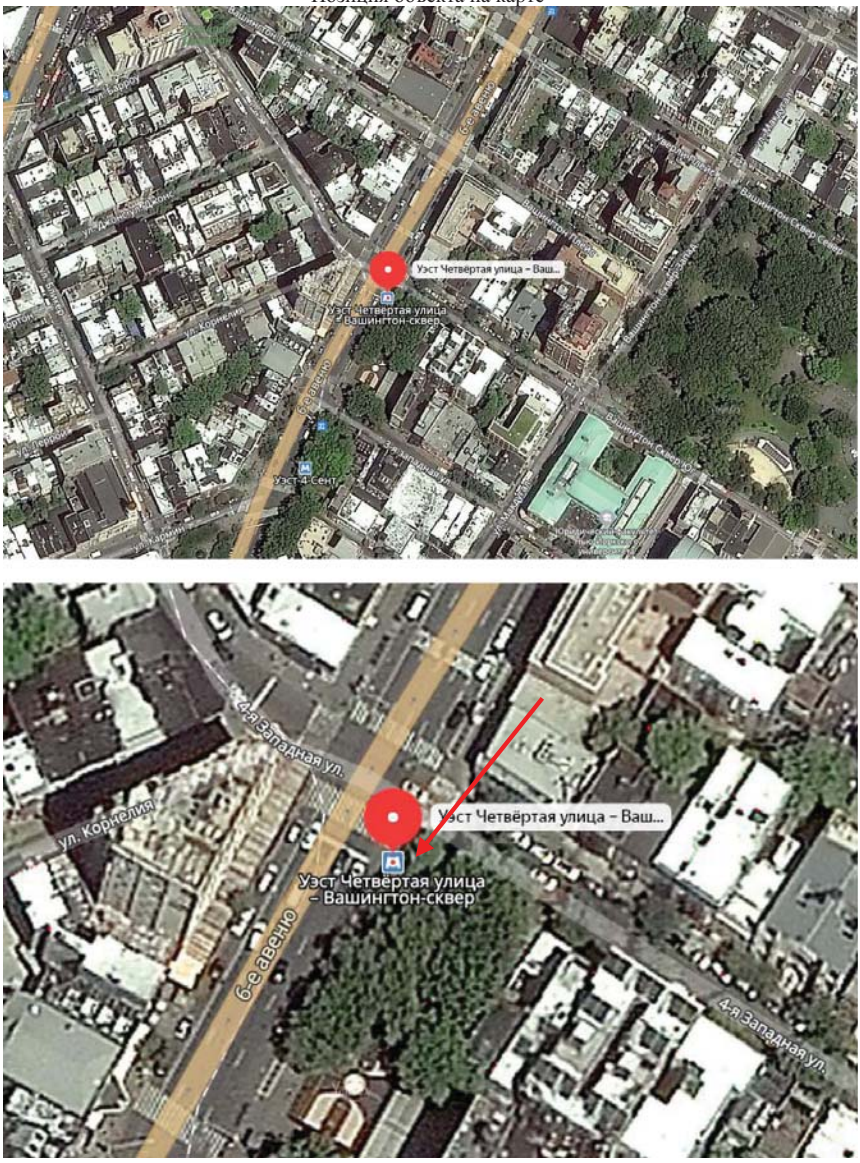
- Яркость поля белого (при условии установки баланса белого) и её неравномерность (распределение яркости по полю)
- Колориметрические характеристики поля белого (Коррелированная цветовая температура)

- Яркость полей базовых цветов и её неравномерность (распределение яркости по полю)
- Колориметрические характеристики полей базовых цветов
- Средняя яркость при динамическом изображении
- Угол излучения (угол обзора) в любой плоскости полотна, как при условии баланса белого, так и при установке базовых цветов
- Анализ параметров и качества сборки узлов устройства (кабинеты, модули, светодиоды, вторичные источники питания и др.).

"Архилайт" Лаборатория исследований источников света Приложение 1
к протоколу № 1812/000/000 от 15.12.2018. Листов 15
Объект №1800300. Медиафасад по адр. г.Нью-Йорк,Четвёртая улица – Вашингтон-сквер Лист 4

Внешний вид объекта (фото).

Позиция объекта на карте

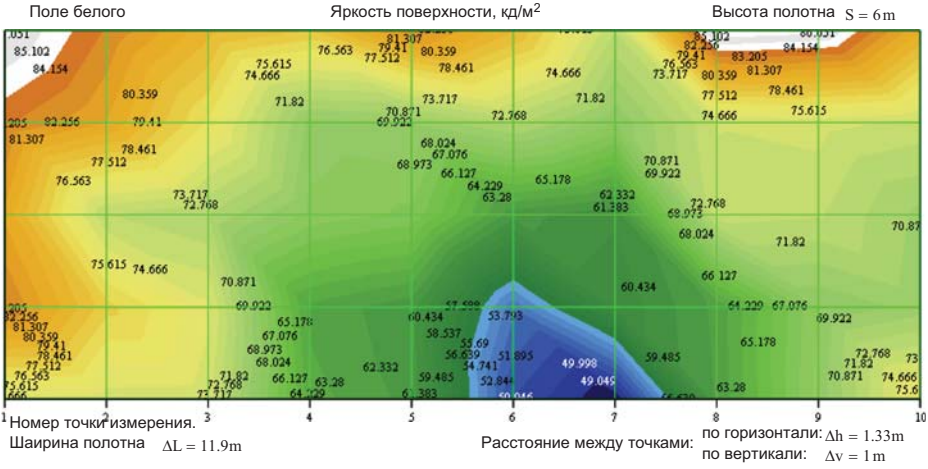


Характеристики яркости медиафасада в ночном режиме.
Распределение яркости по полю экрана. Белый цвет (баланс белого-по версии Предъявителя).

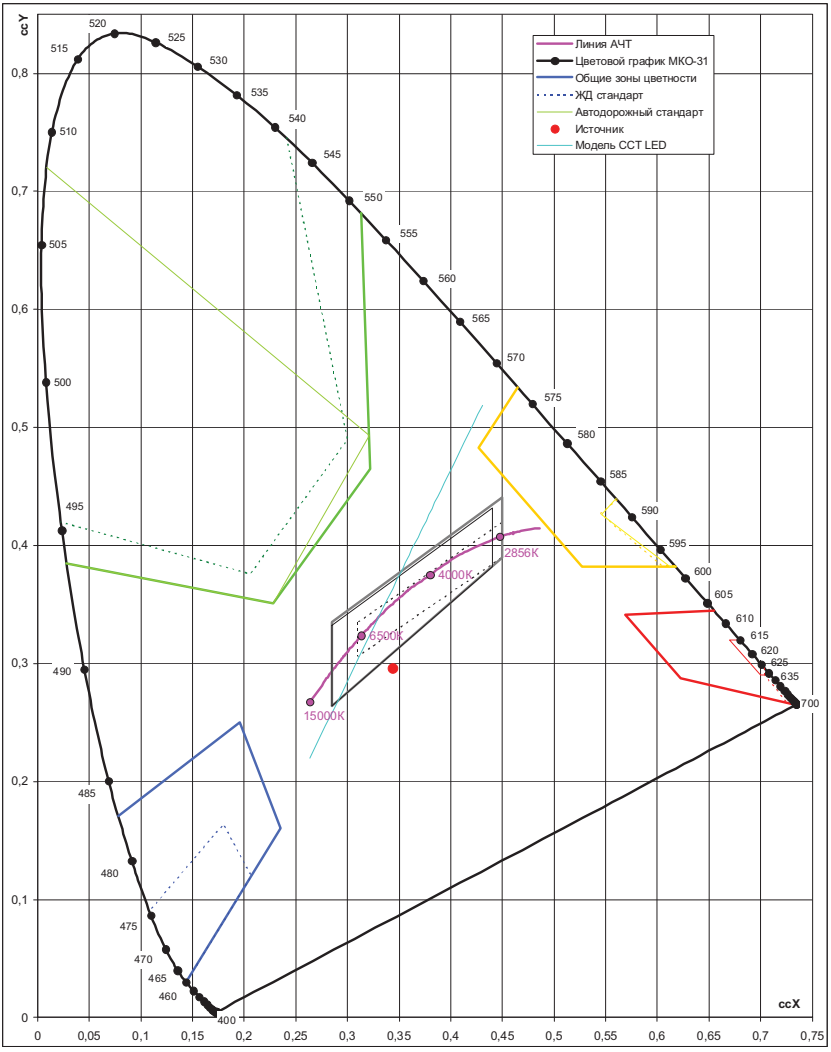
Медиафасад № контрольных точек	Белый цвет. Яркость, кд/м^2												Заключение
	Измеренная										Средняя	Нормируемая СП 52.13330.2016	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Верх	86,3	83,1	79,8	78,4	83	79,6	72,8	87	86,5	80,5	81,7	400	Соответствует
Верх-центр	83,4	81,3	76,4	69,6	70	72,1	69,1	73,8	74,1	73,4	74,3	400	Соответствует
Центр	81,1	72,8	71,8	68,7	67,8	61,8	60,6	73,2	72,9	70,6	70,1	400	Соответствует
Низ-центр	83,4	77,9	74,9	63	61,7	53,1	59,6	62,6	69	70,3	67,6	400	Соответствует
Низ	74,5	74,2	74,1	63,7	62	50,9	48,1	62,4	69,3	76,3	65,6	400	Соответствует
Параметр	Средняя яркость, $L_{ср}$ кд/м^2										71,9	400	Соответствует
	Равномерность яркости по полю $(L_{макс}-L_{мин})/L_{ср}$ *										0,54	0,7	Соответствует
	Неравномерность (разброс) яркости по полю $L_{мин}/L_{макс}$, %										44,71	-----	-----

*По ГОСТ Р 52870-2007

Визуализация распределения яркости поверхности в ночном режиме. Белый цвет (баланс белого - по версии Предъявителя).



Колориметрические характеристики поля белого цвета (баланс белого - по версии Предъявителя). Положение координат цветности на цветовом графике МКО-31.



Колориметрические характеристики
Поле белого цвета (баланс белого - по версии Предъявителя). Таблица значений.

1	Координаты цветности	X	Color coordinates	X	**0,3441** -------
		Y		Y	**0,2961** -------
		Z		Z	**0,3600** -------
2	Коррелированная цветовая температура по оси излучения		On-axis Correlated color temperature (CCT)		**4749** K

Поле красного цвета. Таблица значений.

1	Координаты цветности	X	Color coordinates	X	**0,6781** -------
		Y		Y	**0,3034** -------
		Z		Z	**0,0184** -------
2	Максимальная длина волны		Maximum wavelength		**631,0** nm
3	Центроидная длина волны		Centroid wavelength		**629,5** nm
4	Доминирующая длина волны		Dominant wavelength		**623,6** nm
5	Ширина спектра по уровню 0,5I		SLHW 0,5		**22,5** nm
6	Ширина спектра по уровню 0,1I		SLHW 0,1		**47,0** nm

Поле зелёного цвета. Таблица значений.

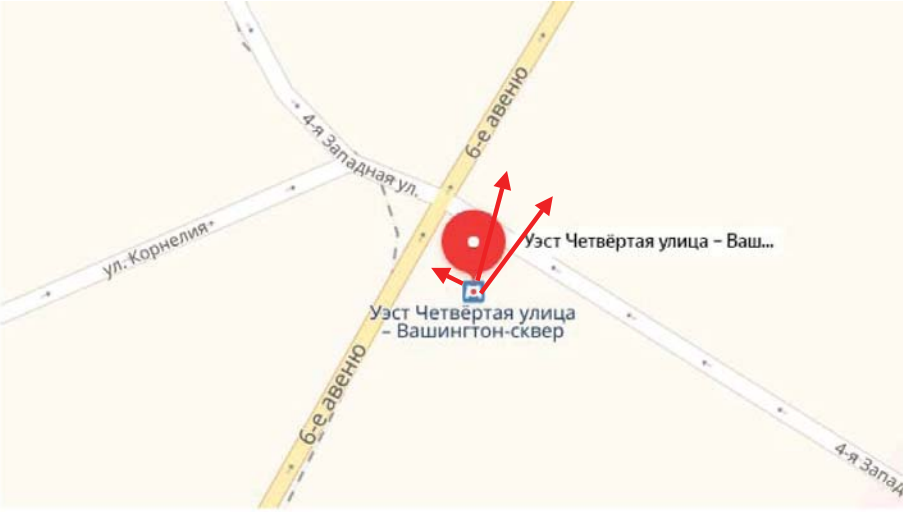
1	Координаты цветности	X	Color coordinates	X	**0,1995** -------
		Y		Y	**0,7352** -------
		Z		Z	**0,0653** -------
2	Максимальная длина волны		Maximum wavelength		**527,5** nm
3	Центроидная длина волны		Centroid wavelength		**529,5** nm
4	Доминирующая длина волны		Dominant wavelength		**533,5** nm
5	Ширина спектра по уровню 0,5I		SLHW 0,5		**32,0** nm
6	Ширина спектра по уровню 0,1I		SLHW 0,1		**71,5** nm

Поле синего цвета. Таблица значений.

1	Координаты цветности	X	Color coordinates	X	**0,1331** -------
		Y		Y	**0,0635** -------
		Z		Z	**0,8035** -------
2	Максимальная длина волны		Maximum wavelength		**464,5** nm
3	Центроидная длина волны		Centroid wavelength		**466,0** nm
4	Доминирующая длина волны		Dominant wavelength		**469,2** nm
5	Ширина спектра по уровню 0,5I		SLHW 0,5		**25,5** nm
6	Ширина спектра по уровню 0,1I		SLHW 0,1		**57,0** nm

Оценка засветки окон близлежащих домов.

Расстояние от светящей поверхности медиафасада до ближайшего окна жилого здания (по адресу: г.Нью-Йорк,Четвёртая улица – Вашингтон-сквер) – **71 м**.
Вертикальная освещённость поверхности (максимальная) в плоскости проёма ближайшего окна жилого здания (по адресу: г.Нью-Йорк,Четвёртая улица – Вашингтон-сквер) составляет: **4 лк.**



Положение жилых зданий относительно медиафасада.

Программа испытаний на определение степени защиты, обеспечиваемой оболочками (код IP)

С ноября 2018 г. в лаборатории открыта реализация полной версии испытаний на определение степени защиты, обеспечиваемой оболочками электротехнической продукции (источники питания, электронные блоки, электротехническая и радиотехническая продукция, бытовая электротехника, светильники, лампы и пр.), а также на все виды изделий, для которых требуется нормирование степеней защиты, обеспечиваемой оболочками от проникновения твердых предметов и воды. Основной нормативный документ – межгосударственный стандарт ГОСТ 14254-2015 (IEC 60529:2013).

Для выполнения требований методик испытаний, содержащихся в этом стандарте, а также иных нормативных документах, лаборатория «Архилайт» располагает комплексом оборудования, содержим камеру пыли, камеру испытаний на воздействие водных капель и струй (для продукции с IP до 64), дополнительный блок для испытаний на воздействие водных струй для продукции с IP 65-66 (рисунок 1), а также сосудами для полного погружения изделий с IP 67. Также имеются все необходимые элементы для реализации испытаний на определение степени защиты от доступа к опасным частям (Таблица 1), обозначаемые первой характеристической цифрой и степени защиты от внешних твердых предметов (Таблица 2) в камере пыли (рисунок 2), также обозначаемые первой характеристической цифрой кода.

В таблице 1 приведены краткое описание и определения степеней защиты от доступа к опасным частям. Перечисленные в таблице 1 степени защиты следует нормировать только с использованием первой характеристической цифры, а не с помощью краткого описания или определения.

В таблице 2 приведены краткое описание и определения степеней защиты оболочек от проникновения в них внешних твердых предметов, в том числе пыли. Защита от попадания внешних твердых предметов предполагает, что щупы-предметы, указанные в таблице 2

Рисунок 1. Дождевальная камера для испытаний на воздействие водных капель и струй (для продукции с IP до 64) с блоком для испытаний на воздействие водных струй для продукции с IP 65-66.

Таблица 1. Степени защиты от доступа к опасным частям, обозначаемые первой характеристической цифрой по ГОСТ 14254-2015

Первая характеристическая цифра	Степень защиты		Условия испытания, номер пункта ГОСТ 14254-2015
	Краткое описание	Определение	
0	Нет защиты	–	–
1	Защищено от доступа к опасным частям тыльной стороной руки	Щуп доступности - сфера диаметром 50 мм - должен оставаться на достаточном расстоянии от опасных частей	12.2
2	Защищено от доступа к опасным частям пальцем	Испытательный шарнирный палец диаметром 12 мм и длиной 80 мм должен оставаться на достаточном расстоянии от опасных частей	12.2
3	Защищено от доступа к опасным частям инструментом	Щуп доступности диаметром 2,5 мм не должен проникать внутрь оболочки	12.2
4	Защищено от доступа к опасным частям проволокой	Щуп доступности диаметром 1,0 мм не должен проникать внутрь оболочки	12.2
5	Защищено от доступа к опасным частям проволокой	Щуп доступности диаметром 1,0 мм не должен проникать внутрь оболочки	12.2
6	Защищено от доступа к опасным частям проволокой	Щуп доступности диаметром 1,0 мм не должен проникать внутрь оболочки	12.2

Примечание: для первых характеристических цифр 3, 4, 5, 6 защита от доступа к опасным частям считается удовлетворительной, если сохраняется достаточный промежуток. Термин «не должен проникать» дан в таблице 1 с учетом увязки с параллельными требованиями таблицы 2.

Таблица 2. Степени защиты от внешних твердых предметов, обозначаемые первой характеристической цифрой по ГОСТ 14254-2015

Первая характеристическая цифра	Степень защиты		Условия испытания, номер пункта ГОСТ 14254-2015
	Краткое описание	Определение	
0	Нет защиты	–	–
1	Защищено от внешних твердых предметов диаметром больше или равным 50 мм	Щуп-предмет - сфера диаметром 50 мм — не должен проникать полностью	12.2
	Защищено от доступа к опасным частям пальцем	Испытательный шарнирный палец диаметром 12 мм и длиной 80 мм должен оставаться на достаточном расстоянии от опасных частей	12.2
2	Защищено от внешних твердых предметов диаметром больше или равным 12,5 мм	Щуп-предмет - сфера диаметром 12,5 мм — не должен проникать полностью	12.2
	Защищено от доступа к опасным частям проволокой	Щуп доступности диаметром 1,0 мм не должен проникать внутрь оболочки	12.2
3	Защищено от внешних твердых предметов диаметром больше или равным 2,5 мм	Щуп-предмет диаметром 2,5 мм не должен проникать ни полностью, ни частично	12.2
	Защищено от доступа к опасным частям проволокой	Щуп доступности диаметром 1,0 мм не должен проникать внутрь оболочки	12.2
4	Защищено от внешних твердых предметов диаметром больше или равным 1,0 мм	Щуп-предмет диаметром 1,0 мм не должен проникать ни полностью, ни частично	
5	Пылезащищено	Проникновение пыли исключено не полностью, однако пыль не должна проникать в количестве, достаточном для нарушения нормальной работы оборудования или снижения его безопасности	
6	Пыленепроницаемо	Пыль не проникает в оболочку	

Наибольший диаметр щупа-предмета не должен проходить через отверстие в оболочке

Таблица 3. Комбинации случаев двойного (тройного) кодирования.

Оболочка успешно выдерживает испытания на воздействие		Обозначение и маркировка	Степень использования
струи воды, вторая характеристическая цифра	временного (непродолжительного) или длительного погружения в воду, вторая характеристическая цифра		
5	7	IPX5/IPX7	Двойная
5	8	IPX5/IPX8	Двойная
6	7	IPX6/IPX7	Двойная
6	8	IPX6/IPX8	Двойная
9	7	IPX9/IPX7	Двойная
9	8	IPX9/IPX8	Двойная
5 и 9	7	IPX5/IPX7/IPX9	Тройная
5 и 9	8	IPX5/IPX8/IPX9	Тройная
6 и 9	7	IPX6/IPX7/IPX9	Тройная
6 и 9	8	IPX6/IPX8/IPX9	Тройная
–	7	IPX7	Ограниченная
–	8	IPX8	Ограниченная
9	–	IPX9	Ограниченная
5 и 9	–	IPX5/IPX9	Двойная
6 и 9	–	IPX6/IPX9	Двойная

до цифры 2 включительно, не проникают в оболочку полностью. Это означает, что наибольший диаметр сферы не должен проходить через отверстие в оболочке. Щупы-предметы, которые соответствуют цифрам 3 и 4, не должны проникать в оболочку.

Пылезащищенные оболочки, соответствующие цифре 5, могут пропускать при определенных условиях ограниченное количество пыли. Пыленепроницаемые оболочки, соответствующие цифре 6, не должны допускать проникновения какой-либо пыли.

Рисунок 2. Камера пыли.

Таблица 4. Степени защиты от воды, обозначаемые с помощью второй характеристической цифры по ГОСТ 14254-2015

Первая характеристическая цифра	Степень защиты		Условия испытания, номер пункта ГОСТ 14254-2015
	Краткое описание	Определение	
0	Нет защиты	–	–
1	Защищено от вертикально падающих капель воды	Вертикально падающие капли воды не должны оказывать вредного воздействия	14.2.1
2	Защищено от вертикально падающих капель воды, когда оболочка отклонена на угол до 15°	Вертикально падающие капли не должны оказывать вредного воздействия, когда оболочка отклонена от вертикали в любую сторону на угол до 15° включительно	14.2.2
3	Защищено от воды, падающей в виде дождя	Вода, падающая в виде брызг в любом направлении, составляющем угол до 60° включительно с вертикалью, не должна оказывать вредного воздействия	14.2.3
4	Защищено от сплошного обрызгивания	Вода, падающая в виде брызг на оболочку с любого направления, не должна оказывать вредного воздействия	14.2.4
5	Защищено от водяных струй	Вода, направляемая на оболочку в виде струй с любого направления, не должна оказывать вредного воздействия	14.2.5
6	Защищено от сильных водяных струй	Вода, направляемая на оболочку в виде сильных струй с любого направления, не должна оказывать вредного воздействия	14.2.6
7	Защищено от воздействия при временном (непродолжительном) погружении в воду	Должно быть исключено проникновение воды внутрь оболочки в количестве, вызывающем вредное воздействие, при ее погружении на короткое время при стандартизованных условиях по давлению и длительности	14.2.7
8	Защищено от воздействия при длительном погружении в воду	Должно быть исключено проникновение воды в оболочку в количествах, вызывающих вредное воздействие, при ее длительном погружении в воду при условиях, согласованных между изготовителем и потребителем, однако более жестких, чем условия для цифры 7	14.2.8
9	Защищено от горячих струй воды под высоким давлением	Горячая вода под высоким давлением, подающаяся на оболочку, не должна оказывать вредного воздействия	14.2.9

Вторая характеристическая цифра обозначает степень защиты, обеспечиваемую оболочками в отношении вредного воздействия на оборудование в результате проникновения воды. В таблице 4 приведены краткое описание и определение защиты для каждой степени, представленной второй характеристической цифрой. Предполагается, что обозначение второй характеристической цифрой от 0 до 6, 9 означает соответствие одновременно всем требованиям для меньших цифр. При этом не обязательно проводить испытания на установление соответствия какой-либо из более низких степеней защиты, если очевидно, что результаты таких испытаний будут заведомо удовлетворительными.

Принимается, что оболочки, обозначаемые только одной характеристической цифрой 7 либо 8, непригодны для выдерживания воздействия струй воды (обозначаемых второй характеристической цифрой 5, 6 или 9) и не должны удовлетворять требованиям цифр 5, 6 или 9, за исключением случаев двойного (тройного) кодирования, как указано ниже (Таблица 3):

Производство и разработка измерительного оборудования для реализации на потребительском рынке

Лаборатория «АРХИЛАЙТ» постоянно совершенствует свой парк оборудования за счет собственных разработок и опыта в нетривиальном решении различных задач по метрологии излучения разных источников. Эта деятельность позволяет формировать соответствующие предложения на рынке измерительного фотометрического оборудования для производителей, поставщиков, разработчиков и потребителей источников света, осветительной аппаратуры.

Основное направление этой части деятельности «АРХИЛАЙТ» направлено на метрологическое обеспечение производственных процессов, контроля качества светотехнической продукции, мини-лабораторий при КБ и проведения ОКР и НИОКР. Ввиду своих метрологических особенностей, указанное оборудование, как правило, разрабатывается и изготавливается для каждого конкретного случая отдельно исходя из задач, которые оно должно решать и условий, в которых предполагается его использовать. Однако если говорить о фотометрических средствах измерения, то базовыми единицами для описанного предложения является в большинстве случаев стандартный комплект установки «Флакс»:

- трехкоординатный гониометр;
- фотометр;
- контроллер;
- средства коммутации, ПО;
- дальномер;
- компьютер;
- образцовый источник излучения.

Метрологические характеристики, в зависимости от комплектации и задачи аналогичны описанным

Рис. 49. Внешний вид установки «Флакс» (модели с 2015 г.) с трехкоординатным гониометром на опорной раме, блоком скользящих контактов и электромагнитным фиксатором положения образца в вертикальной плоскости измерения, управляемым дистанционно

в разделе «Оборудование лаборатории «Архилайт» установкам «Флакс». Перечень приложений к стендам может быть расширен до любого уровня для конкретного применения. Внешний вид установок «Флакс», доступных для заказа на изготовление показан на рис. 49.

Описанные установки используют классические варианты измерения светового потока, силы света, мощности излучения гониофотометрическим методом, как наиболее точным. Если говорить об измерениях светового потока в сферическом интеграторе, то при каждом измерении, требуется калибровка фотодатчиков и измерительного тракта. Существующая нормативная база рекомендует применение в качестве вторичных (рабочих) эталонов лампы СИП (СИС — для калибровки фотометрических установок), представляющие собой источник типа «А». Однако спектральный состав излучения светодиодов, особенно монохромных, существенно отличается от состава спектра источника типа «А», поэтому точность измерений параметров светодиодов и устройств на их основе значительно снижается ввиду слишком большой погрешности, особенно на крайних (в видимом диапазоне) длинах волн: красного или синего цвета свечения. Выходом из такой ситуации при сохранении схем измерения с использованием калибровки от опорного источника, может стать специально разработанный с участием «АРХИЛАЙТ» и предлагаемый как приложение, например, к установкам «Флакс» Образцовый (эталонный) источник излучения на основе светодиодов

УСТАНОВКА РАДИОМЕТРИЧЕСКАЯ «БИОФОТ» для измерения параметров энергетической экспозиции по ГОСТ IEC 62471 (ГОСТ Р МЭК 62471)

Заявка № 2018125434 на патент РФ на изобретение с приоритетом от 11.07.2018.

НАЗНАЧЕНИЕ УСТАНОВКИ

Установка «БИОФОТ» предназначена для измерения параметров энергетической экспозиции по ГОСТ IEC 62471 (ГОСТ Р МЭК 62471) для светильников любого назначения, светоизлучающих диодов, многоэлементных светосигнальных приборов на основе светоизлучающих полупроводниковых диодов, а также любых других источников света (излучения) в диапазоне длин волн, начиная с 200 нм.

Установка «БИОФОТ» обеспечивают измерение параметров энергетической экспозиции в соответствии со следующими нормативными документами:

- ГОСТ IEC 62471 «Лампы и ламповые системы. Фотобиологическая безопасность»;
- ГОСТ Р МЭК 62471 «Лампы и ламповые системы. Светобиологическая безопасность»;
- IEC 62471:2006 «Photobiological safety of lamps and lamp systems».

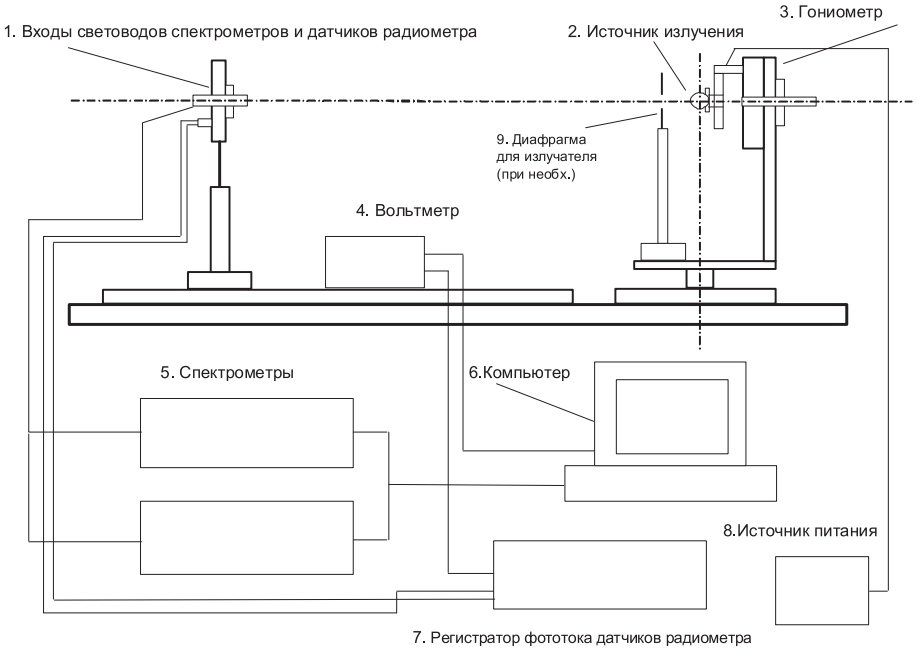
ГАРАНТИЙНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА

Производитель Установки гарантирует её работоспособность с сохранением метрологических

Внешний вид Установки «БИОФОТ».

ТЕХНИЧЕСКИЕ И МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Диапазон измерений мощности излучения, Вт (в диапазоне диаметров зрачка 3 – 7 мм)	от 10^{-12} до 10-4
Диапазон измерений энергетической освещённости, Вт/м² (в диапазоне диаметров зрачка 3 – 7 мм)	от 3×10^{-7} до 600
Рабочий спектральный диапазон, нм (в базовом варианте исполнения)	200–3000 (200–1700)
Предел допускаемой относительной погрешности измерений мощности излучения, %, не более	+ 2–5
Составляющие погрешности измерений мощности излучения:	
Погрешность (усреднённая расширенная неопределённость) калибровки радиометрических головок по Государственному вторичному эталону единицы спектральной чувствительности №2.1.ZZA.0011.2015, %, не более	±1,2
Погрешность нелинейности функции отклика радиометрических головок, %, не более	±1,0
Погрешность измерения относительного распределения плотности энергетической яркости, %, не более	±2,0
Погрешность (усреднённая расширенная неопределённость) калибровки опорного источника по Государственному вторичному эталону единиц СПЭЯ, СПЭО №2.1.ZZA.0009.2015, и последующей калибровки спектрометров по этому источнику, %, не более	±1,5
Относительная погрешность измерения расстояния от оси источника света до радиометрической головки, %, не более (определяется типом используемого лазерного дальномера)	±0,0002
Площадь входной апертуры радиометрической головки, мм²	7,1–38,5
Фотометрическая база, м (максимальное значение определяется типом и размером излучающей поверхности исследуемого образца)	от 0,2 до 20
Габариты (линейный размер или диаметр) и масса исследуемого образца	до 2,0 м, до 50 кг
Диапазон углов поворота гониометра (в 2-х плоскостях)	от 0 до ±180°
Напряжение питания	230 ± 20 В, 50 ± 1 Гц
Потребляемая мощность (без учета исследуемого источника), ВА, не более	10
Габаритные размеры (при расстоянии фотометрирования 200 мм), мм, не более	1800±1000±900
Масса (суммарная) нетто, кг, не более	120
Средний срок службы, лет, не менее	10



Блок-схема установки «БИОФОТ».

характеристик, приведённых в п. 2, в течение не менее 10 лет, при условии соблюдения всех правил эксплуатации. Установка не имеет существенно изнашиваемых механических элементов, влияющих на метрологические характеристики, и не нуждается в плановой замене каких-либо узлов в течение всего срока службы.

СОСТАВ И УСТРОЙСТВО УСТАНОВКИ

Блок-схема установки показана на рисунке.

В состав установки входят следующие основные элементы:

- измерительный блок 1 (содержащий радиометрический датчик (датчики)) и входные апертуры световодов спектрометров (спектрометра);
- блок 2 испытуемого образца — исследуемый источник излучения;
- блок 3 — поворотное устройство для позиционирования измеряемого образца относительно блока 1
- блок анализа и вывода результатов измерения 6 (например, компьютер, или т. п. устройство), а также 4 узел на основе универсального вольтметра и контроллера;
- блок спектрометров 5, как правило, содержит не менее двух спектрометров с произвольным диапазоном измеряемой длины волны у каждого, но с обязательным их перекрытием.
- блок 9, представляющий собой штатив-держатель подготовленных диафрагм.

Установка располагается в специально оборудованном помещении, обеспечивающем полное отсутствие внешней засветки и минимальное влияние рассеянного и отражённого света (излучения) образца от стен и предметов.

Образцовый (эталонный) источник излучения на основе светодиодов

Эталонный источник излучения на основе светодиодов предназначен для калибровки измерительных систем, проведения сравнений (сличений) различных метрологических комплексов, а также применяется при измерениях с обязательным применением калиброванных источников (в фотометрическом шаре, в сферическом интеграторе) (рис. 50).

Источник передает фотометрические, радиометрические и колориметрические единицы одновременно. Благодаря использованию квазимонохромных светодиодов в качестве излучателей, эталоном может быть сформировано соответствующее излучение в диапазоне 300–1200 нм с полушириной спектрального распределения 10–30 нм. Эталон также может иметь в своем составе светоголовки с одноцветными или белыми светодиодами любого оттенка, индекса цветопередачи и коррелированной цветовой температуры со значением светового потока до 200 лм и косинусной диаграммой пространственного распределения силы света (светоголовки потока — СП) или со значением силы света до 10 000кд (светоголовки силы света — СС) с узконаправленной диаграммой пространственного распределения силы света. Возможно комплектование эталона светоголовками с УФ, ИК излучением или светодиодами в видимом диапазоне мощностью излучения

Рис. 50. Эталонный источник излучения

до 1Вт. Некоторые варианты комплектации показаны на рис. 51.

Источник состоит из термостабилизированных светотоголовок и контроллера, задающего температуру в точке пайки светодиода. В состав каждой светоголовки входит один светодиод. Контроллер может обеспечивать питанием и контролем температуры одновременно только одну светоголовку, однако комплектоваться может любым их количеством для смены задач работы прибора. Замена светоголовки в процессе работы производится очень быстро: путем подсоединения к разъему на задней панели (рис. 52). Через несколько минут происходит термостабилизация и прибором можно пользоваться для калибровки.

Рис. 51. Варианты комплектации эталона светоголовками

Каждая светоголовка имеет уникальный номер и паспорт с параметрами, которыми можно воспользоваться при калибровке измерительных систем одновременно по нескольким параметрам.

Основные декларируемые характеристики / точность передачи единицы:

- световой поток / менее 3%;
- сила света (осевая, максимальная) / менее 3%;
- пространственное распределение силы света (силы излучения) / менее 3%;
- мощность излучения/ 2–4%;
- сила излучения / 2–4%;
- координаты цветности / до 0,001;
- все виды длин волн (доминирующая, максимальная, центроидная) / 0,5 нм;
- коррелированная цветовая температура (для белых) / 50 К;
- индекс цветопередачи (для белых) / 1.

Светодиоды, применяемые в светоголовках прошли процесс старения и стабилизации характеристик в течение не менее 6000ч при номинальных электрических и температурных режимах. Все параметры измеряются в лаборатории «АРХИЛАЙТ».

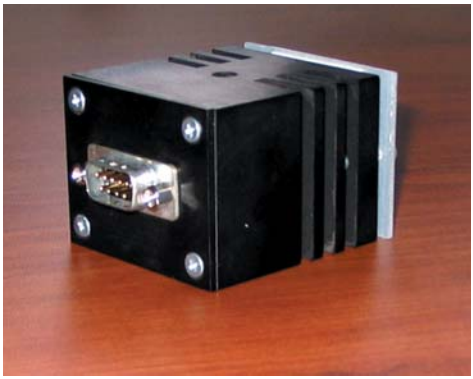


Рис. 52. Разъем на задней панели

Российская система добровольной сертификации устройств светотехники «ВЦСПС СТАНДАРТ»

В 2015 г. лаборатория «АРХИЛАЙТ» и орган по сертификации «Всесоюзный Центр Сертификации Полупроводниковой Светотехники» («ВЦСПС») объявили о создании и начале функционирования на территории РФ Системы добровольной сертификации устройств светотехники «ВЦСПС СТАНДАРТ». Система имеет государственную регистрацию (регистрационный номер РОСС.RU.31335.04ЖУШ0) и традиционные для ее создателей честность, объективность, компетентность, независимость и открытость. Система «ВЦСПС СТАНДАРТ» претендует на роль ключевой системы в создании ряда механизмов регулирования и контроля качества светодиодной светотехнической продукции, которые было указано сформировать в период до 1 декабря 2015 г. решением «Агентства стратегических инициатив по продвижению новых проектов» под председательством Президента России В.В. Путина. Система добровольной сертификации «ВЦСПС СТАНДАРТ» является готовым решением поставленных Президентом задач по совершенствованию качества отраслевой продукции и энергоэффективности освещения для ряда ведомств, которым поручено, по сути, ее же и создать (рис. 53). В отличие от ряда аналогов, Система добровольной сертификации «ВЦСПС СТАНДАРТ» создана абсолютно независимой от участников рынка организацией – лабораторией «АРХИЛАЙТ», не содержит в своей организационной среде ни производителей, ни поставщиков, ни потребителей светотехники. А посему является абсолютно объективной, непредвзято применяемой к любым рыночным ситуациям и способной к решению обозначенной выше и столь существенной задачи упорядочения качества продукции отрасли. Стоит отметить, что некоторые крупные организации (такие, как ОАО «РЖД», ФДА (Росавтодор), ОАО «Сбербанк России», торговые сети ООО «Агроторг» (магазины «Пятерочка»), ЗАО «Тандер» (магазины «Магнит»), ООО «Спортмастер» и др.) уже вплотную подошли к необходимости жесткого контроля качества закупаемой светотехнической продукции и теперь имеют возможность воспользоваться Системой добровольной сертификации «ВЦСПС СТАНДАРТ» для проведения своих тендеров.

ВЦСПС СТАНДАРТ

Рис. 53. Знак добровольной системы сертификации «ВЦСПС СТАНДАРТ».

Создатель Системы добровольной сертификации «ВЦСПС СТАНДАРТ» – лаборатория «АРХИЛАЙТ» надеется на честное и открытое сотрудничество в рамках Системы всех заинтересованных лиц и организаций, для которых в их деле крайне важна самая востребованная и подчас, редко встречающаяся составляющая информации о продукции – абсолютная правда.

Краткая справка о научно-производственной и общественной деятельности лаборатории «АРХИЛАЙТ» за период 2012-2015гг..

За период с начала 2012 по 2015 гг. лаборатория «АРХИЛАЙТ» активно развивала большой сегмент рынка услуг по светотехническим измерениям, фотометрическим

сертификационным испытаниям изделий светотехники, а также коммерческим научным и исследовательским работам в области оптоэлектроники, физики полупроводника и материалов на квантовых эффектах. Было введено в производство не менее 8-ми новых программ исследований образцов, в том числе по вновь введенным стандартам: IEC 62471:2006 «Фотобиологическая безопасность ламп и ламповых систем» (ГОСТ Р МЭК 62471 – 2013 актуален с 01.01.2015.) (подобных исследований не имеет возможности выполнять ни одна аккредитованная лаборатория в нашей стране), ГОСТ Р 54350-2011, ГОСТ Р 54350-2015 «Приборы осветительные. Светотехнические требования и методы испытаний», ГОСТ Р 54945-2012 «Методы измерения коэффициента пульсации освещенности», ГОСТ Р 54944-2012 «Методы измерения освещенности», ГОСТ Р 55707-2013 «ОСВЕЩЕНИЕ НАРУЖНОЕ УТИЛИТАРНОЕ. Методы измерений нормируемых параметров», ГОСТ Р 56057-2014 «СИСТЕМЫ СВЕТООПТИЧЕСКИЕ СВЕТОДИОДНЫЕ ДЛЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СВЕТОФОРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ. ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ И МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ». С целью расширения списка предоставляемых услуг по сертификационным испытаниям продукции, входящей в область аккредитации, введено в строй измерительное оборудование для испытаний по ГОСТ Р 51317.3.2-2006 «ЭМС. Эмиссия гармонических составляющих для потр. до 16 А», ГОСТ Р 51317.3.3-2008 «ЭМС. Колебания напряжения и фликер», ТР ТС 020/2011 «Электромагнитная совместимость технических средств», Электробезопасность.

В конце 2014 г. в строй введен климатико-фотометрический комплекс для измерений большинства параметров и характеристик продукции, составляющих область аккредитации, в различных условиях окружающей среды при температурах –70…+150 °С и относительной влажности до 100%. Основу комплекса составляет камера тепла/холода/влажности внутренним объемом 0,15м^3, интегрированная в фотометрическую трассу установки «Флакс-20». Комплекс позволяет проводить прикладные и научные исследования изменения фотометрических, электрических, спектральных и колориметрических характеристик излучателей (источников света, осветительных приборов) в зависимости от параметров (или их изменения) окружающей среды. Это особенно актуально при контроле качества и разработке таких изделий, как излучатели военного назначения, светосигнальные для ЖД, предназначенные для работы в жестких условиях (уличное, специальное освещение).

За указанный период было исследовано (выполнено измерений по различным программам) около 2500 образцов светотехнических изделий, светодиодов, излучающих кристаллов, ламп, светофоров и др. Соотношение полупроводниковых светотехнических устройств и осветительных приборов на основе ламп – 97/3%.

В указанном периоде лаборатория приняла участие в межлабораторных сличениях совместно с ГУП РМ НИИИС им. А.Н.Лодыгина (2 этапа сличений по измерениям параметров УФ излучения), а также в международных сличениях по фотометрическим и колориметрическим характеристикам с участием ведущих лабораторий РФ и Global Efficient Lighting Centre (GELC), инициированных ПРООН/ГЭФ (рис. 54).

Лаборатория активно участвовала в тематических выставках, конференциях, семинарах. Результаты научных и практических работ нашли свое применение в многочисленных публикациях, в том числе в изданиях, одобренных ВАК. В течение указанного периода, при информационной поддержке «АРХИЛАЙТ» было расширено и популяризировано новое профильное издание — научно-популярный журнал «Полупроводниковая Светотехника». Всего публикаций по теме исследований — 20, в т. ч. 9 — в изданиях, одобренных ВАК:

1. С.Г. Никифоров. Исследование светодиодов производства ОАО «Светлана-ЛЕД» // Полупроводниковая светотехника. 2012. № 2.
2. С.Г. Никифоров. Измерительное оборудование отечественного производства от лаборатории «АРХИЛАЙТ» для оснащения производственных фотометрических лабораторий. // Конференция «СВЕТОДИОДЫ: ЧИПЫ, ПРОДУКЦИЯ, МАТЕРИАЛЫ, ОБОРУДОВАНИЕ» в рамках выставки «Экспоэлектроника-2012», «LED Tech Expo», Москва, 10-13 апреля 2012г. Доклад.
3. С.Г. Никифоров. Интернациональная физика и отечественная лирика современной метрологии света // Полупроводниковая светотехника. 2012. № 5.

Рис. 54.Сертификат об участии в международных сличениях.

4. В.С. Абрамов, С.Г. Никифоров, А.А. Иванов. Светодиодные матричные ЖД светофоры: все «за» и «против» // Полупроводниковая светотехника. 2012. № 6.
5. Е. Трофимова, С.Г. Никифоров. Освещение рабочего места вышивальщицы // Полупроводниковая Светотехника. 2012. № 6.
6. Азизян Г.В., Никифоров С.Г. Эталонный источник света на основе светодиодов для калибровки фотометрического оборудования // Полупроводниковая Светотехника. 2013. № 1.
7. С.Г. Никифоров. Исследование светодиодов средней мощности от Samsung // Полупроводниковая светотехника. 2013. № 2.
8. Никифоров С.Г., А.Л. Архипов. Исследования деградации параметров гетероструктур InGaN на подложках из различных материалов в течение 50000 ч. И сравнение результатов с прогнозом на стадии наработки до 2000 ч. // 9-я Всероссийская Конференция «Нитриды галлия, индия и алюминия: структуры и приборы» МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, 13-15 июня 2013 г. Доклад.
9. С.Г. Никифоров. Исследование светодиодов большой мощности от Seoul Semiconductor // Полупроводниковая светотехника. 2013. № 5.
10. С.Г. Никифоров. Исследование фотобиологической опасности популярных источников света: от ламп накаливания до Солнца // Полупроводниковая светотехника. 2013. № 5.
11. А.П. Аникин, Д.П. Аникин, А.П. Величко, В.В. Кузнецов, С.Г. Никифоров, О.И. Рабинович. Спектральный метод и установка для разработки и исследования люминофоров для производства светодиодов белого цвета // Приборы

и системы. Управление, контроль, диагностика. 2014. №3.
12. Никифоров С.Г., А.Л. Архипов, О.И. Рабинович. Исследования характеристик светодиодов и прогнозирование потенциальной степени деградации // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2014. №5.
13. Никифоров С.Г., Абрамов В.С., Сощин Н.П. Исследование характеристик и получение новых составов люминофоров для производства светодиодов белого цвета свечения // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. Том 81. 2015. №6.
14. С.Г. Никифоров, А.Л. Архипов. Лаборатория «Архилайт» — современный аккредитованный испытательный центр в области исследований полупроводниковых излучающих гетероструктур // Инновации и инвестиции. 2014. №11.
15. С.Г. Никифоров. Методы и средства измерения характеристик фотобиологической опасности популярных источников света // Инновации и инвестиции. 2014. №12.
16. С.Г. Никифоров. Фотометрические и радиометрические методы измерений параметров излучения светодиодов // Перспективы науки. 2014. №12.
17. С.Г. Никифоров. Физические основы цветового восприятия и спектральные методы измерения цветопередачи светодиодных и традиционных источников света // Научное обозрение. 2015. №1.
18. С.Г. Никифоров, А.Л. Архипов. Ремикс по-светотехнически // Полупроводниковая светотехника. 2014. № 5.
19. С.Г. Никифоров. Прогноз срока службы и изменения параметров промышленных светодиодов при наработке с помощью фотометрического метода // Инновации и инвестиции. 2015. №1.
20. Никифоров С.Г. Архипов А.Л. Российское фотометрическое оборудование. Гониофотометрические установки «ФЛАКС». 10 лет на службе отечеству. // Форум LED технологий в рамках выставки «Экспоэлектроника» -2014, Москва, Крокус-экспо, март 2014. Доклад.

Лаборатория «АРХИЛАЙТ» приняла активное участие в следующих выставках и конференциях:

- 9-я Всероссийская Конференция «Нитриды галлия, индия и алюминия: структуры и приборы» МГУ им. Ломоносова, Москва, 13 - 15 июня 2013 г.
- выставка «Интерлайт» - 2012, LED форум, Москва, ноябрь 2012
- выставка «Интерлайт» - 2013, LED форум, Москва, ноябрь 2013
- выставка «Экспоэлектроника» -2013, Москва, апрель 2013
- 2ой Всероссийский светотехнический форум «Инновационные продукты, материалы и технологии», Саранск, декабрь 2013.
- выставка «Силовая электроника» -2013, Москва, апрель 2013
- выставка «Интерлайт» - 2014, LED форум, Москва, ноябрь 2014
- выставка «Экспоэлектроника» -2014, Москва, март 2014
- 3-ий Всероссийский светотехнический форум «Инновационные продукты, материалы и технологии», Саранск, май 2015.

В рамках научной деятельности лаборатории был окончен очередной этап работ, связанных с исследованием деградационных характеристик светодиодов и излучающих структур фотометрическими методами, проведены разработки средств измерений и методик испытаний полупроводниковых излучателей на предмет соответствия требованиям фотобиологической безопасности

и стабильности параметров при температурных воздействиях. Разработаны принципы построения фотометрических установок с целью радикального повышения точности измерений фотометрических и радиометрических единиц, а также особые конструкции фотометров для различных применений. За указанный период сотрудники лаборатории стали авторами ряда (в кол-ве 10) патентов на изобретения в области полупроводниковых излучателей и средств измерений, среди которых патент на полезную модель №130394 «Комплекс средств исследования и измерения светотехнической продукции». Результаты указанных исследований и разработок были выдвинуты на соискание их авторами ученой степени доктора технических наук (автор — Никифоров С.Г.) по теме «Разработка средств измерний и методов контроля параметров полупроводниковых излучателей на основе соединений $A^{III}B^{V}$, используемых в высоконадежных приборах», ученой степени кандидата технических наук (автор – Архипов А.Л.) по теме «Разработка и создание сверхярких светодиодов на основе 4-х компонентных гетероструктур со встроенным Пельтье-охлаждением».

В течение указанного периода, силами специалистов лаборатории были разработаны фотометрические установки и комплексы для реализации соответствующим потребителям. Основная идея этой части деятельности «АРХИЛАЙТ» направлена на метрологическое обеспечение производственных процессов, контроля качества светотехнической продукции, мини-лабораторий при КБ и проведения ОКР и НИОКР. Данная деятельность крайне актуальна в период активного импортозамещения в отечественной промышленности. В дополнение к указанному оборудованию, был разработан образцовый источник излучения на основе светодиодов, который предназначен для калибровки измерительных систем, проведения сравнений (сличений) различных метрологических комплексов. Он также может применяться при измерениях с обязательным применением калиброванных источников (в фотометрическом шаре, в сферическом интеграторе). Следует отметить, что описанные выше измерительные установки не имеют аналогов по принципу действия, универсальности и совокупному (точность, удобство, скорость измерения и др.) эффекту от их применения.

Лаборатория «АРХИЛАЙТ» принимала активное участие в формировании и обсуждении новых национальных стандартов, внесении изменений в СанПиН и СНиП:

- Проект ГОСТ «Светофоры железнодорожные светодиодные». Разработчик — ВНИИЖТ
- Проект ГОСТ «Приборы осветительные светодиодные для объектов ЖД транспорта». Разработчик — ВНИИЖТ
- ГОСТ Р 54350-2011 «Приборы осветительные. Светотехнические требования и методы испытаний» 2-я редакция. Разработчик — ВНИСИ
- СанПиН
- Проект ГОСТ Р «Источники света электрические. Термины и определения». Разработчик — ВНИИС им. Лодыгина.
- Проект ГОСТ Р «Источники света электрические. Методы испытаний». Разработчик — ВНИИС им. Лодыгина.
- СанПиН по аттестации рабочих мест. Разработчик — Роспотребнадзор.

Ниже приведены основные результаты по взаимодействию со СМИ:

- В марте 2012г. Лаборатория «АРХИЛАЙТ», приняла участие в телепередаче телеканала Москва — «Доверие» «Реальное время», посвященной проблемам освещения в быту и применения различных источников света.
- В декабре 2013г. Лаборатория «АРХИЛАЙТ», приняла участие в фильме «Свет» на телеканале Москва — «Доверие» в рамках цикла передач о науке и технике «Нераскрытые тайны».

- В марте 2014г. лаборатория «АРХИЛАЙТ» приняла участие в программе «Главная дорога» на телеканале «НТВ», посвященной теме качества и эксплуатационных характеристик фар головного освещения автомобилей. В передаче, непосредственно ее ведущими были задействованы фотометрические установки «Флакс».
- В июне 2014г. лаборатория «АРХИЛАЙТ» приняла участие в съемках телепрограммы «Главная дорога» на телеканале «НТВ», посвященной проблемам применяемости различных источников света в фарах головного освещения автомобилей (рис. 55).
- В октябре 2014г. Лаборатория «АРХИЛАЙТ», приняла участие в фильме «Тьма» на телеканале Москва — «Доверие» в рамках цикла передач о науке и технике «Нераскрытые тайны».

В течение указанного периода, лаборатория «АРХИЛАЙТ» выступила инициатором создания собственной отраслевой Системы сертификации — «ВЦСПС Стандарт» — разработчиком функционирования системы и ее документации, а также выполнила функцию регистрации Системы в Государственном реестре.

В течение обозначенного периода лаборатория «АРХИЛАЙТ» принимала и продолжает принимать участие в работе Программы развития ООН (ПРООН) в области энергосбережения и энергоэффективности источников света, состоит в рабочей группе Совета по качеству светотехнической продукции НП «Энергоэффективный город», Агентства Стратегических Инициатив, ПРООН/ГЭФ/Минэнерго России, рабочих группах по обсуждению и формированию нормативной документации в Минтруда и Минэнерго РФ.

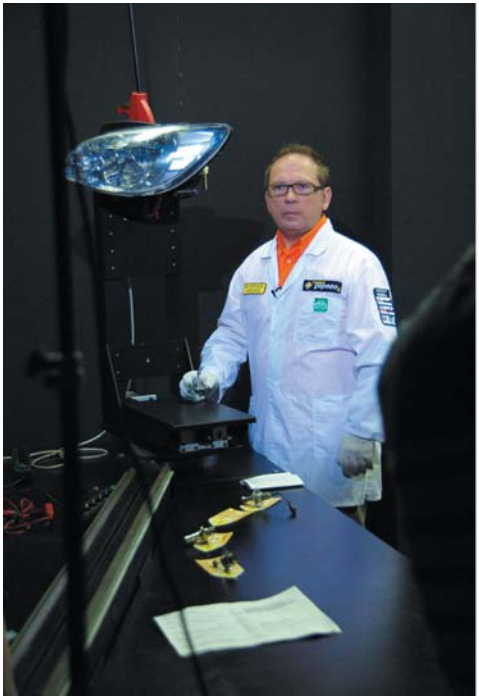


Рис. 55. На съемках передачи телеканала НТВ «Главная дорога». Ведущие передачи показывают как проводятся измерения параметров автомобильных фар с помощью установки «Флакс» в помещении лаборатории «Архилайт»

Краткая справка о научно-производственной деятельности лаборатории «АРХИЛАЙТ» за период 2015-2018 гг

За период с конца 2015 по конец 2017 года, лаборатория «АРХИЛАЙТ» активно развивала большой сегмент рынка услуг по светотехническим измерениям, фотометрическим сертификационным испытаниям изделий светотехники, а также коммерческим и научно-исследовательским работам в области метрологии излучения, разработок оптико-физических средств измерений, фотометрии, колориметрии и радиометрии, оптоэлектроники, физики полупроводника и материалов на квантовых эффектах. Было введено в производство не менее 8-ми новых программ исследований образцов, в том числе по вновь введённым стандартам: ГОСТ IEC 62471-2013 (IEC 62471:2006, IDT) «Фотобиологическая безопасность ламп и ламповых систем» (ГОСТ Р МЭК 62471 – 2013 актуален с 01.01.2015.) (подобных исследований не имеет возможности выполнять ни одна аккредитованная лаборатория в нашей стране), ГОСТ 33393-2015 «Методы измерения коэффициента пульсации освещённости». В частности, разработана уникальная программа измерений параметров фотосинтетически активного излучения (ФАР) светильников для применения в теплицах, в которой использованы возможности гониофотометрических установок «Флакс», работающих в данном случае, в режиме распределительного радиометра. В другой новой программе, посвящённой инженерной и прецизионной спектрометрии и колориметрии использованы возможности спектрометрической установки «Спекорд». Программа подразумевает определение (по результатам измерений) колориметрических характеристик излучения образцов в любой системе координат цветности, контролировать их положение в рамках зон, регламентированных различными стандартами. В её составе имеется раздел, в котором заказчику предоставляется возможность оценивать степень отличия цветности источников света друг от друга с помощью эллипсов Мак-Адама в любом сочетании их шагов цветоразличения в среде равноконтрастного пространства МКО-31 (гармонизация со стандартами ANSI). Это оказалось крайне востребованным, в частности, для определения оттенков цветов окраски поверхностей по шкале RAL, не говоря уже об оценке качества ранжирования (биновки) источников света по цветовой температуре или какому-либо оттенку цвета свечения. Также следует отметить и программу испытаний осветительного оборудования на предмет соответствия его характеристик требованиям СанПиН, важность применения которой для указанных целей, нельзя переоценить, поскольку речь идёт о возможности применения (по результатам испытаний) тех или иных осветительных приборов в таких местах, как учебные и лечебные учреждения.

Новая программа измерений радиометрических характеристик источников излучения, построенная на использовании установок «ФЛАКС» в качестве распределительных радиометров, предлагает клиентам два варианта её использования:

- Для прецизионной фотометрии источников со сложным спектральным распределением мощности излучения с помощью распределительного радиометра
- Измерение радиометрических характеристик облучателей (например, параметров бактерицидных ламп, в т. ч. по ГОСТ Р 8.760-2011) гониорадиометрическим методом.

В условиях появления современных объектов исследования – светодиодов и устройств на их основе, параметры которых стоят отдельно от всех существующих до них источников света, остро встала необходимость разработки методик измерения их параметров, потому как классические варианты использования традиционных средств измерений, применимы лишь в общих случаях, и, как показал опыт их применения

параллельно с радиометрическими методами, не могут обладать высокой достоверностью по сравнению с последними. Непосредственные измерения энергетических единиц с помощью радиометра оказываются существенно точнее и корректнее с точки зрения физики процесса измерения. Следует отметить, что приведённые рассуждения справедливы при условии применения гониорадиометрического метода измерения силы излучения и интегральной мощности излучения **в дальней зоне**, как наиболее точного из существующих. Именно такой метод используется в лаборатории «АРХИЛАЙТ» с помощью установок «Спекорд» (Госреестр СИ №39537-08) и гониофотометрических установок «Флакс» (Госреестр СИ №39536-08 и №39535-08) (Патент № 130394), а в совокупности с отмеченным выше вариантом применения радиометров особой конструкции (Патенты № 130404, № 130394), позволяет проводить измерения фотометрических и радиометрических единиц с высочайшей точностью.

Стандарт ГОСТ Р 8.760-2011 определяет методику измерений энергетической освещённости и мощности излучения облучателей с помощью радиометров – дозиметров, спектрорадиометров или измерителей облученности. В этом случае, корректное измерение можно произвести только при условии соответствия размеров источника (например, бактерицидной лампы) и расстояния радиометрирования. При таком условии, достоверность измерений параметров ламп различных размеров оказывается крайне низкой (расстояние однозначно зафиксировано в стандарте). В отличие от обозначенного в ГОСТ Р 8.760-2011 метода, предлагаемый лабораторией «АРХИЛАЙТ» - с применением распределительного радиометра, позволяет не только исключить подавляющее большинство методологических проблем измерений, но и значительно расширяет возможности использования полученной при исследовании информации.

В имеющихся и успешно практикующихся прежних программах измерений были усовершенствованы методики их проведения, разработан ряд расчётных программ и приложений, позволивший значительно сократить сроки их выполнения, повысить точность измерений и исключить случайные ошибки (например, для расчётов периода стабилизации светового потока по ГОСТ Р 54350, параметров осветительных приборов при климатических испытаниях), а также применены (доработаны или заменены на новые) более современные средства измерения.

С целью расширения списка предоставляемых услуг по сертификационным испытаниям продукции, входящей в область аккредитации, введено в строй измерительное оборудование для испытаний по ГОСТ Р 51317.3.2-2006 «ЭМС. Эмиссия гармонических составляющих для потр. до 16 А», ГОСТ Р 51317.3.3-2008 «ЭМС. Колебания напряжения и фликер», ТР ТС 020/2011 «Электромагнитная совместимость технических средств», а также соответствующее оборудование, позволяющее реализовывать измерения уровня напряжения кондуктивных помех РЧ на зажимах сети и нагрузки по СТБ ЕН 55015-2006.

За указанный период, помимо ряда единиц вспомогательного оборудования (источники питания, измерители параметров окружающей среды, электрических величин и др.), парк испытательного оборудования пополнен комплексом для измерений уровня напряжения кондуктивных помех РЧ на зажимах сети и нагрузки, установкой для проверки качества электробезопасности, камерой испытания на предмет соответствия степени защиты оболочки от пыли, установкой для испытаний на предмет воздействия УФ и внешнего излучения. Значительно расширен ряд средств и инструментов для обеспечения выполнения действий по программе «Анализ причин неисправности осветительного прибора (светодиода, др. источников света)». В конце 2017 г., лаборатория разработала и предложила клиентам новую программу измерений «Автомобильные световые приборы

по требованиям Предписаний ЕЭК ООН (112, 128, 98, 48, 19, 7 и др.)». Настоящая программа измерений характеристик световых приборов, устанавливаемых на автомобильные транспортные средства, прицепы, мотоциклы и др. по требованиям Единообразных Предписаний (Правила ЕЭК ООН) предполагает полный комплекс исследований светотехнических изделий (фотометрические, колориметрические и электрические параметры) с заключением о соответствии значений измеренных параметров указанным в обозначенных документах. Особая актуальность предлагаемой программы состоит в возможности реализации всех методик измерений, содержащихся в документах измерительным комплексом лаборатории АРХИЛАЙТ. Так, например, Пересмотр 3 Предписаний 112 ЕЭК ООН (январь 2013 г) содержит светотехнические требования к параметрам фар головного света, выраженные в единицах силы света (кд), в то время как предыдущий Пересмотр 2, а также ГОСТ Р 41.112-2005 подобные требования трактует в единицах освещённости поверхности (лк) от света фар. Это означает, что указанные обстоятельства делают невозможным соответствие международным требованиям Правил ЕЭК ООН изделий, сертификационные испытания которых были выполнены в рамках российского стандарта ГОСТ Р 41.112-2005. Подобные требования имеются и в Правилах 128, где содержатся требования и методики измерений источников света, в том числе светодиодных, применяемых в автомобильных световых приборах.

Предлагаемая программа исследований характеристик автотранспортных световых приборов предполагает измерения таких сложных элементов, как параметры светотеневой границы света фар, пространственное распределение колориметрических характеристик и силы света оптических элементов фар и локализация направления светового потока источников света (Правила ЕЭК ООН №№112, 128). Большое внимание уделено измерению параметров таких ответственных элементов, как сигналы торможения, дополнительные сигналы торможения (ДСТ), сигналы указателей поворота и ходовые огни.

За указанный период было исследовано (выполнено измерений по различным программам) около 2000 образцов светотехнических изделий, светодиодов, излучающих кристаллов, ламп, светофоров и др. Большинство исследований было выполнено по расширенным программам, которые подразумевали измерения спектральных, фотометрических, электрических и радиометрических параметров (всего – не менее 40 параметров), а также деградационных характеристик и параметров фотобиологической безопасности излучения. Приблизительно 10% всех исследований были направлены на определение причин выхода из строя источников света (светодиодов), источников питания и установление качественных показателей производственных операций при их сборке и идентификации их производителя. Соотношение полупроводниковых светотехнических устройств и осветительных приборов на основе ламп – 92/8%. Существенную долю от общего количества исследованных осветительных приборов составили уличные светильники и приборы внутреннего (офисного) освещения на основе светодиодов. Следует отметить, что в указанном периоде значительно выросла доля исследований светотехнической продукции медицинского назначения. Лабораторией выполнены измерения характеристик светотехнических приборов для лечения амблиопии, кожных заболеваний, источников излучения для стоматологии — излучателей для отверждения пломб, химических источников для определения раковых клеток в полости рта, приборов подсветки для гинекологии, бестеневых ламп для операционных и хирургических кабинетов, излучателей и ламп для дезинфекции и применения в косметологии и др. Также, отмеченный период содержал ряд испытаний и измерений светотехники для нужд Министерства обороны. В исследованиях энергетической экспозиции излучения на фотобиологическую безопасность

и измерениях бактерицидных ламп широко использовались радиометрические средства измерений и передовые методы измерений характеристик УФ и ближнего ИК с помощью распределительного радиометра (установки «Флакс»).

Также, лабораторией за указанный период были выполнены и более масштабные заказные исследования и измерения. Среди которых стоит отметить следующие. В августе 2016 г. лаборатория приняла участие в светотехническом аудите при приёмо-сдаточных мероприятиях спортивных объектов, построенных для проведения Чемпионата мира по футболу – 2018. В частности, были проведены измерения различных типов освещённости осветительных систем нового стадиона ЦСКА на Ходынском поле в г. Москве с целью соответствия значений указанных параметров требованиям для телевизионной съёмки высокого разрешения. В сентябре 2016 г. в Москве проводился 6-й международный фестиваль «Круг света». Лаборатории (чья компетентность и независимость, а также соответствующие средства измерений были признаны штаб-квартирой Книги рекордов Гиннеса в Лондоне) было поручено измерение суммарного светового потока проекторов, применённых в показе светового шоу в виде проекции изображений на здании МГУ. Измерения прошли в 2 этапа: передвижной аппаратной частью лаборатории — непосредственно на здании Университета и в лабораторных условиях в присутствии официального судьи Книги рекордов Гиннеса. В результате измерений было установлено, что прежний рекорд по аналогичному параметру, зафиксированный ранее в Сингапуре был перекрыт почти на 400 тыс. люмен, а абсолютное значение светового потока в московском шоу на МГУ составило более 4.264.000 лм.

В период 2015–2018 гг. лабораторией были выполнены измерения параметров уличного освещения ряда объектов (улиц) г. Рязани, г. Петрозаводска, Московской обл. (2016–2018 г.г.) на соответствие ГОСТ Р 55707-2013 «ОСВЕЩЕНИЕ НАРУЖНОЕ УТИЛИТАРНОЕ. Методы измерений нормируемых параметров» и др. НД.

Лаборатория активно участвовала в тематических выставках, конференциях, семинарах. Результаты научных и практических работ нашли своё применение в многочисленных публикациях, в том числе в изданиях, одобренных ВАК. В течение указанного периода, при информационной поддержке «АРХИЛАЙТ» было расширено и популяризировано профильное издание — научно- популярный журнал «Полупроводниковая Светотехника», к настоящему времени насчитывающее 48 номеров (при периодичности 1 номер в 2 мес.). Всего публикаций по теме исследований — 10, в т. ч. 4 — в изданиях, одобренных ВАК.

1. С. Г. Никифоров. Физические основы цветового восприятия и спектральные методы измерения цветопередачи светодиодных и традиционных источников света. // «Научное обозрение» №1 2015, стр. 53–64.
2. С. Г. Никифоров. Прогноз срока службы и изменения параметров промышленных светодиодов при наработке с помощью фотометрического метода. // «Инновации и инвестиции» №1, 2015, стр. 152–156.
3. С. Г. Никифоров, В. В. Кузнецов. Особенности применения светодиодов в ЖД светосигнальной технике. // «Инновации и инвестиции» №4, 2015, стр. 131–136.
4. С. Г. Никифоров, А. Л. Архипов. Система добровольной сертификации «ВЦСПС СТАНДАРТ» на страже качества светотехнической продукции в России. // «Полупроводниковая Светотехника» № 4, 2015, стр. 76–78.
5. С. Г. Никифоров, А. Л. Архипов. Samsung: кристаллы — «с ног на голову», параметры светодиодов — «выше крыши» // «Полупроводниковая Светотехника» № 5, 2016, стр. 76–78.

6. Никифоров С. Г., Абрамов В. С., Сощин Н. П. Исследование люминофоров для светодиодов белого цвета свечения. // «Заводская лаборатория. Диагностика материалов» №6 2015 том 81 стр. 39–45.
7. В. С. Абрамов, С.Г. Никифоров, А. А. Иванов. Не все светодиодные светофоры «ослепительно прекрасны». // «Полупроводниковая Светотехника» № 6, 2017, стр. 50–54.
8. С. Г. Никифоров. Передовые методы измерения параметров и оценка фотобиологической безопасности приборов для тепличного освещения. // Конференция «Современная светотехника и энергосберегающие технологии агрофотоники», г. Казань 14-–15 марта 2018 года.
9. С. Г. Никифоров. Современное состояние оценки и передовые методы измерения параметров приборов для тепличного освещения // «Полупроводниковая Светотехника» № 2, 2018, стр. 68-75.
10. С. Г. Никифоров, А. Л. Архипов Установка «БИОФОТ» для измерений параметров фотобиологической безопасности источников излучения по ГОСТ IEC 62471-2013 (ГОСТ Р МЭК 62471-2013) // «Полупроводниковая Светотехника» № 4, 2018, стр. 74-79.

Лаборатория «АРХИЛАЙТ» приняла активное участие в следующих выставках и конференциях:

- 10-я Всероссийская Конференция «Нитриды галлия, индия и алюминия: структуры и приборы» ФТИ им. А.Ф. Иоффе, Санкт-Петербург, 23– 25 марта 2015 г.
- 11-я Всероссийская Конференция «Нитриды галлия, индия и алюминия: структуры и приборы» МГУ им. Ломоносова, Москва, 01 - 03 февраля 2017 г.
- Выставка «Интерлайт» - 2015, LED форум, Москва, ноябрь 2015.
- Выставка «Интерлайт» - 2016, LED форум, Москва, ноябрь 2016.
- Выставка «Интерлайт» - 2017, LED форум, Москва, ноябрь 2017.
- Выставка «Экспоэлектроника» -2016, Москва, апрель 2016.
- Выставка «Экспоэлектроника» -2017, Москва, апрель 2017.
- Конференция «Промышленная светотехника» (доклад «Исследования фотобиологической безопасности различных источников излучения»), Москва, июнь, 2016 г.
- Гонконгская международная осенняя выставка светотехники HKTDC Hong Kong International Lighting Fair (Autumn Edition) 27–30 октября 2015 г.
- 3-ий Всероссийский светотехнический форум «Инновационные продукты, материалы и технологии», Саранск, май 2015 (доклад «Российское фотометрическое оборудование. Гониофотометрические установки «ФЛАКС»: 10 лет на службе отечеству»).
- 4-ый Всероссийский светотехнический форум «Инновационные продукты, материалы и технологии», Саранск, март 2017 (доклад «Измерение параметров УФ излучения источников гониорадиометрическим методом»).
- Номинация Премии «Живая электроника России» – 2016 (доклад «Российское фотометрическое оборудование. Гониофотометрические установки «ФЛАКС»).
- Пятый Международный форум по энергоэффективности и развитию энергетики ENES 2016. Участие в жюри Конкурса на Евразийскую Светотехническую Премию Единого экономического пространства — 2016.

- Круглый стол по теме: «Актуальные проблемы регулирования повышения энергетической эффективности бытовой техники и иных товаров на национальном и наднациональном уровнях».
- Заседание круглого стола-совещания на тему: «Научно-популярные и технические СМИ: как выжить в кризис?» 17 ноября 2015 г., Государственная Дума РФ.
- Номинация Премии «Живая электроника России» — 2018 (доклад «Установка «БИОФОТ» для измерений параметров фотобиологической безопасности источников излучения по ГОСТ IEC 62471-2013 (ГОСТ Р МЭК 62471-2013)».
- Семинар московского Политехнического музея, посвящённый открытию светодиодной коллекции, октябрь, 2018.

В рамках научной деятельности лаборатории был продолжен очередной этап работ, связанных с исследованием деградационных характеристик светодиодов и излучающих структур фотометрическими методами, проведены разработки средств измерений (установки «БИОФОТ», «БИОСОЛ») и методик испытаний полупроводниковых излучателей на предмет соответствия требованиям фотобиологической безопасности и стабильности параметров при температурных воздействиях.

В качестве продолжения научных исследований в области изучения воздействия света на организм человека, были достигнуты соглашения о проведении совместных научно-исследовательских работ по изучению восприятия света от различных источников, и изучению воздействия пульсации освещённости с кафедрой микробиологии вирусологии иммунологии и клинической лабораторной диагностики НИИ Иммунологии ЮУГМУ Минздрава РФ, а также по исследованию воздействия света различного спектрального состава на орган зрения с московским ФГБУ «МНИИ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава РФ.

В рамках сотрудничества с учебными заведениями и поддержания просветительской и учебной деятельности, за обозначенный период лаборатория неоднократно принимала для проведения практических занятий студентов НИТУ «МИСиС», а в июне 2016 г. - профессора Казанского Государственного Энергетического Университета, д.б.н. Тукшаитова Р.Х. В ходе его визита была реализована программа стажировки с целью ознакомления с работой российской аккредитованной испытательной лаборатории, получения навыков работы с уникальными фотометрическими приборами и методиками измерений параметров светодиодных осветительных приборов. Стоит отметить, что в указанном периоде лабораторией оказан ряд коммерческих услуг по обучению персонала светотехнических компаний по таким дисциплинам, как «Светотехника», «Метрология», «Электротехника», «Физика полупроводника», «Технология производства светодиодов».

Лаборатория «АРХИЛАЙТ» постоянно совершенствует свой парк оборудования за счёт собственных разработок и опыта в нетривиальном решении различных задач по метрологии излучения разных источников. Эта деятельность позволяет формировать предложение на рынке измерительного фотометрического оборудования для производителей, поставщиков, разработчиков и потребителей источников света, осветительной аппаратуры. В течение указанного периода, силами специалистов лаборатории были разработаны фотометрические установки и комплексы для реализации соответствующим потребителям. Основная идея этой части деятельности «АРХИЛАЙТ» направлена на метрологическое обеспечение производственных процессов, контроля качества светотехнической продукции, минилабораторий при КБ и проведения ОКР и НИОКР. Данная деятельность крайне актуальна в период активного импортозамещения в отечественной промышленности. Так, в указанный период лаборатория «АРХИЛАЙТ» осуществила поставки фотометрических установок «Флакс» (Патенты № 130404, № 130394) в Федеральное государственное автономное образовательное учреждение выс-

шего образования «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ» («ИТМО»), а также, гониофотометрическая установка «Флакс» вошла в производственную линию электролампового завода «Ledvance» GMBH (бывш. «OSRAM» GMBH) (г. Смоленск) и нового светотехнического завода, открывшегося весной 2017 г. в г. Малгобек республики Ингушетия. Летом 2018 г. была осуществлена поставка новой установки «БИОФОТ» в Санкт – Петербургский ЦСМ ФБУ «Тест – С.-Петербург».

Следует отметить, что описанные выше измерительные установки не имеют аналогов по принципу действия, универсальности и совокупному (точность, удобство, скорость измерения и др.) эффекту от их применения.

Лаборатория «АРХИЛАЙТ» принимала активное участие в формировании и обсуждении новых национальных стандартов, внесении изменений в СанПиН и СНиП.

- СанПиН 2.4.2.2821-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях», СанПиН 2.4.3.1186-03 «Санитарно-эпидемиологические требования к организации учебно-производственного процесса в образовательных учреждениях начального профессионального образования».
- СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий»
- Проект ГОСТ 33393-2015 «Методы измерения коэффициента пульсации освещённости» Разработчик – РААФСН.
- СанПиН по аттестации рабочих мест. Разработчик — Роспотребнадзор.
- Проект закона «О научной, научно-технической и инновационной деятельности в Российской Федерации»
- Проект ПРИЛОЖЕНИЙ № 9 к техническому регламенту Евразийского экономического союза «О требованиях к энергетической эффективности энергопотребляющих устройств».
- Ниже приведены основные результаты по взаимодействию со СМИ.
- В июне 2017 г. лаборатория «АРХИЛАЙТ» приняла участие в программе «Чудо техники» на телеканале «НТВ», посвящённой теме качества и безопасности использования современных электронных книг и телефонов.

В течение указанного периода, лаборатория «АРХИЛАЙТ» участвовала в формировании отраслевых стандартов ассоциации АПСС (Ассоциация Производителей Светодиодов и Систем на их основе), куда входят более 20 самых крупных отечественных производителей, разработчиков и поставщиков светотехнических изделий. Основными элементами указанного сотрудничества стали разработки нормативных требований к осветительным устройствам по цветовой температуре (ССТ) (расчет зон эквивалентной ССТ, построенных на основе 4 шаговых областей эллипсов МакАдама), по фотобиологической безопасности и пульсации освещённости. Лаборатория продолжила поддержку и участие в отраслевой Системе сертификации — «ВЦСПС Стандарт». В указанный период данная Система расширила список аккредитованных в ней испытательных центров и заняла достойное место среди пользователей.

В течение обозначенного периода лаборатория «АРХИЛАЙТ» принимала и продолжает принимать участие в работе Программы развития ООН (ПРООН) в области энергосбережения и энергоэффективности источников света, состоит в рабочей группе Агентства Стратегических Инициатив, ПРООН/ГЭФ/Минэнерго России, рабочих группах по обсуждению и формированию нормативной документации в Государственной Думе РФ, Минтруда и Минэнерго РФ.

Справочные приложения

Система параметров светодиодов. Электрические, фотометрические, спектральные (колориметрические) и энергетические характеристики.

Основной смысл любой технической характеристики какой-либо продукции состоит в наиболее удобном для чтения потребителем информации о ее функциональных возможностях, и в то же время, подлежащей сравнению с другими аналогами, чтобы пользователь мог не только составить необходимый технический портрет изделия, но и определить его положение среди подобных типов в свете предоставляемых технических данных. Однако помимо удобства чтения и сравнения, система должна наиболее полно отражать истинные физические данные изделия, сформированные на основе тех функций, параметров и тех их взаимозависимостей, которые с одной стороны имеются у большинства светодиодов, а с другой стороны, для каждого их типа являются только частным случаем. В то же время, система параметров светодиодов должна включать в себя преимущественно только такие сочетания характеристик и единиц, которые хорошо согласуются с системами параметров других групп, классов и видов изделий, и позволят использовать их для дальнейших расчетов режимов в составе устройств на их основе или выходных характеристик сложных комплексных конструкций. Так, например, на основе фотометрических характеристик источников света (светодиодов в данном случае) рассчитывается и формируется комплекс параметров осветительного прибора, определяется его оптическая система, а колориметрические характеристики ложатся в основу цветовых параметров будущего осветительного прибора. Поэтому очень важно иметь однозначное понимание параметров всех аналогов, которые могут быть использованы в этом светотехническом устройстве в качестве источника света. Электрические характеристики используются для расчетов вторичного источника питания и способа коммутации излучающих кристаллов или светодиодов в световом приборе.

Для представления характеристик светодиодов не существует единой утвержденной международной системы, по которой строились бы все спецификации или «даташиты», с помощью которых производители описывают технические параметры своей продукции. Это касается не только светодиодов, но и кристаллов, на основе которых производятся эти светодиоды. Как правило, в основу подавляющего большинства спецификаций кладутся самые важные и показательные физические характеристики, приводимые в единицах системы СИ, однако, большинство светотехнических и колориметрических единиц, полученных эмпирически или статистически, приняты МКО на основе субъективного анализа психофизических реакций респондентов, часто не несут в себе истинного физического смысла, хотя и указываются наряду с первыми (индекс цветопередачи, коррелированная цветовая температура, координаты цветности). К слову сказать, формально силу света и световой поток также можно отнести к виртуальным единицам, сформированным на основе статистической кривой видности $V(L)$, относительно энергетического потока, являющегося самой «физической» из приведенных единиц. Этот факт является основной проблемой отсутствия единства в системах формирования спецификаций на светодиодную продукцию и порождает множество разногласий при их чтении и сравнении. В данном разделе описана не только существующая система характеристик, но и сформирована наиболее рациональная и информативная с точки зрения автора, отражающая максимальное количество характеристик, и что самое важное, их взаимозависимости, которые могут учитывать также и факторы деградации параметров в зависимости от времени и различных режимов работы.

Все параметры современных спецификаций делятся на группы, отражающие физический

смысл и природу их происхождения, а также необходимость и удобство их использования потребителем при расчетах устройств, учитывающих или основанных на этих параметрах. В составе каждой группы существующей системы параметров светодиодов, ниже представленные характеристики расположены вне зависимости от важности (необходимости использования) для потребителя, однако информативность и физический смысл их находится в некоторой логической последовательности, позволяющей проследить связь большинства параметров. Для характеристик в виде функций или зависимостей в качестве примера, часто только для одного типа кристаллов, приводится диаграмма, наглядно показывающая вид этой зависимости. С целью удобства чтения приведенной информации применена сквозная нумерация описанных и истолкованных параметров. Показаны основные величины и их возможные взаимозависимости. Для наглядности удобно рассматривать систему параметров, как это показано на рис. 56, в виде блок-схемы, где можно проследить как их взаимосвязь, так и положение той или иной группы относительно друг друга. Следует заметить, что предложенная система содержит в основном самые важные и ключевые характеристики, которые можно измерить, рассчитать или косвенно определить реальными измерениями

Группа электрических характеристик

Исходные величины

- Прямое напряжение U_f [В]

Определяется параметрами ширины запрещенной зоны E_g примененной гетероструктуры,

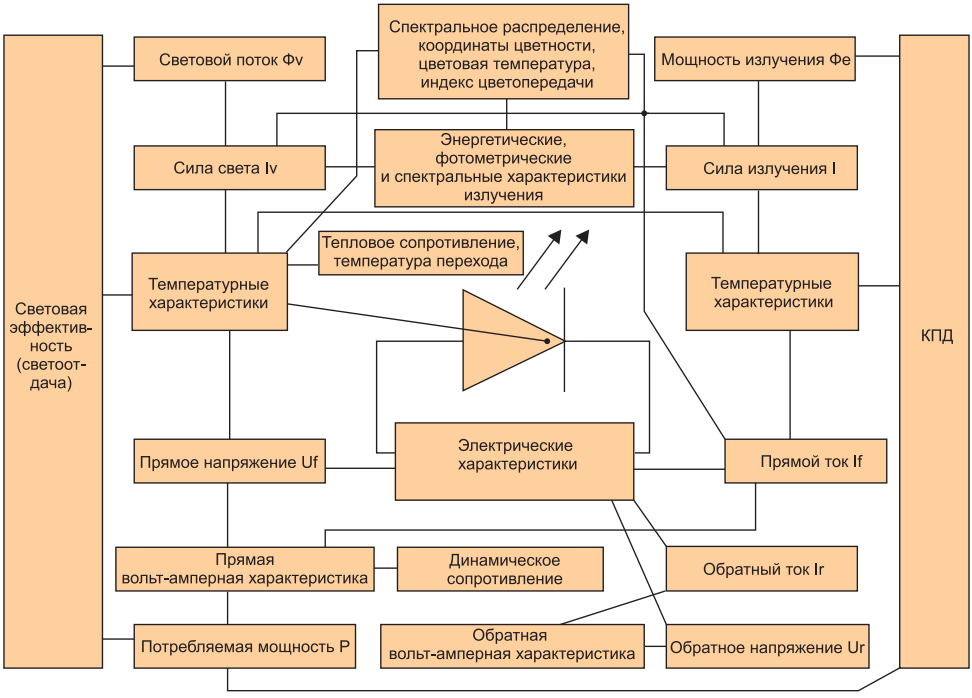


Рис. 56. Блок-схема системы параметров светодиодов и излучающих кристаллов. Показаны основные величины и их возможные взаимозависимости.

материалом подложки, структурой омических контактов и характеристиками токоведущих нитей и их сварных соединений.

Указывает прямое напряжение смещения светодиода при номинальном прямом токе I_f. Применяется, помимо определения потребляемой мощности светодиода, для расчета режимов оконечных каскадов или ключей вторичных источников питания, нагрузкой которых являются светодиоды, а также параметров самих источников питания, буферных, согласующих и стабилизирующих элементов.

- Прямой ток I_f [А]

Рабочий (номинальный) ток светодиода, при котором обеспечивается его работоспособность в течение указанного времени и с указанными далее в спецификации параметрами. I_f достигается подачей на светодиод прямого напряжения U_f. Все характеристики светодиода измеряются при токе I_f. Он считается базовым параметром, относительно которого ведутся расчеты и измерения других электрических параметров, поэтому при любых подобных действиях он жестко зафиксирован и стабилизирован, его величина известна с высокой точностью во время каждого измерения остальных характеристик. Используется для расчетов потребляемой энергии, КПД, эффективности излучения, мощности источника питания светодиода (группы светодиодов).

- Плотность тока через *p-n*-переход ρ_{If} [А/см²]

Указывает отношение прямого тока I_f к площади *p-n*-перехода. Служит для оценки режимов работы гетероструктуры и активной области перехода, деградационных характеристик. Параметр удобен для нормирования прямого тока без указания его непосредственного значения у конкретной группы приборов, с привязкой к площади излучающего кристалла.

- Обратное напряжение U_r [В]

Отрицательное напряжение, подаваемое на анод светодиода относительно его катода, при котором через светодиод протекает обратный ток I_r, значение которого не должно превышать указанную величину. Применяется для расчета характеристик цепей питания светодиода, элементов фильтров и режимов коммутирующих элементов при динамическом управлении.

- Обратный ток I_r [А, мкА]

Обусловлен наличием неоднородностей в материале области пространственного заряда, вызывающим повышенную плотность неосновных носителей заряда в прилегающих к *p-n*-переходу областях. Вызван экстракцией неосновных носителей заряда из указанных областей совпадающим по направлению внешним приложенным электрическим полем (в неравновесном состоянии). Может служить косвенным показателем качества эпитаксиальной гетероструктуры на предмет наличия примесей или дислокаций, а также уровня выполнения производственных операций по утонению – разделению пластин, нанесения омических контактов, посадке кристалла и приварке контактных проводников. Указывает значение тока через светодиод при приложении U_r [В].

- Электрическая емкость светодиода C_f [Ф, пкФ]

Определяется свойствами материала кристалла, геометрией омических контактов и токоведущих частей конструкции светодиода. Применяется для расчетов импульсных режимов работы, переходных характеристик участков цепей, содержащих светодиод и т. д.

- Индуктивность L_f [Гн, мкГн]

Обусловлена геометрией омических контактов, кристалла и токоведущих частей конструкции светодиода. Вместе с емкостью C_f образует реактивную часть комплексного сопротивления светодиода, выраженную характеристическим сопротивлением и учитывается при расчетах временных характеристик импульсов и их фронтов при динамическом управлении, а также соответствующих согласующих цепей оконечных каскадов или ключей с нагрузкой, которой являются светодиоды.

- Максимальный импульсный ток $I_{max}(\tau)$ [А]

Максимальное значение тока I_f, независимо от времени действия (τ) которого на приборе выделяется максимальная мгновенная мощ-

ность $P_{dismax}(\tau)$, способная быть рассеянной конструкцией прибора без появления необратимых изменений.

- Время нарастания и спада (фронт) импульса тока τ_f и τ_b (с, нс)

Интервал времени, в течение которого ток через светодиод изменяется 0,1–0,9 значения. Применяется при использовании светодиодов в устройствах отображения информации с импульсным управлением, а также в приборах для систем приема – передачи информации (инфракрасные порты, считывающие и передающие оптические устройства, оптроны). Благодаря большому значению ширины запрещенной зоны области пространственного заряда излучающих кристаллов (в особенности у твердых растворов нитрида галлия, синих и фиолетовых цветов свечения), светодиоды способны формировать оптические импульсы с фронтами длительностью до единиц наносекунд, соответственно работать при частоте питающего тока вплоть до 500–800 МГц.

Производные величины

- Прямая вольт-амперная характеристика $I_f(U_f)$

Показывает динамику изменения прямого тока при изменении приложенного напряжения в прямом смещении светодиода.

Применяется для расчета динамических характеристик устройств управления и питания светодиодов, а в совокупности с параметрами $P(T_a)$ или $P(I_f)$ для расчетов светотехнических характеристик при изменении указанных электрических параметров. Крутизна вольт-амперной характеристики характеризует динамические характеристики светодиода.

- Обратная вольт-амперная характеристика $I_r(U_r)$

Показывает изменение обратного тока в зависимости от приложенного обратного напряжения. Как и параметр 5, может косвенно определять качественные показатели структуры и светодиода.

- Динамическое сопротивление R_{dyn} [Ом]

Показывает отношение приращения прямого тока к приращению изменения прямого напряжения. Используется при расчетах нагрузочных характеристик буферных каскадов, ключевые элементы которых являются управляющими режимом работы светодиода.

- Потребляемая электрическая мощность P_{dis} [Вт]

Показывает потребляемую электрическую мощность при заданном прямом токе (плотности тока) через светодиод (*p-n*-переход). Применяется для расчетов источников питания для светодиодов или устройств на их основе, расчетов КПД, эффективности излучения и др.

- Температурная зависимость прямого тока $I_f(T_a)$

Зависимость значения прямого тока от температуры окружающей среды при неизменном прямом напряжении.

- Температурная зависимость прямого напряжения $U_f(T_a)$

Зависимость значения прямого напряжения от температуры при неизменном прямом токе.

- Зависимость прямого напряжения от времени наработки $U_f(t)$

Применяется для коррекции электрических режимов светодиода или оконечных устройств управления им со временем наработки.

- Вольт-фарадная характеристика $C_f(U_f)$

Зависимость емкости структуры излучающего кристалла, обусловленной наличием объемного заряда в приповерхностной области полупроводника, от приложенного к ней напряжения. Используется для определения качества гетероструктуры.

Группа фотометрических и энергетических характеристик излучения.

Исходные величины

- Энергетическая сила света (сила излучения) I [Вт/ср]

Характеризует излучение источника в некотором направлении. Равна отношению потока

излучения, распространяющегося от источника внутри элементарного телесного угла, содержащего рассматриваемое направление, к этому элементарному телесному углу. Понятие энергетической силы излучения применимо при расстояниях от источника, намного превышающих его размеры и выполнении закона «обратных квадратов».

- Сила света I_v [кд]

Одна из основных световых величин, характеризующая интенсивность источника видимого излучения (света). Сила света в общем случае различна для различных направлений от источника, равна отношению светового потока $d\Phi v$, распространяющегося от источника внутри элементарного телесного угла $d\Omega$, который содержит данное направление, к этому телесному углу (1). Условие расстояния также справедливо, как и в предыдущем пункте

$$I_v = d\Phi_v / d\Omega. \qquad (1)$$

- Осевая сила света I_{vax} [кд]

Показывает величину светового потока источника, заключенного в элементарном телесном угле, и распространяющегося в направлении оптической или физической оси источника излучения.

- Максимальная сила света I_{vmax} [кд]

Показывает максимальную величину силы света источника, находящуюся в любой точке поверхности фотометрического тела.

Производные величины

- Световой поток Φ_v [ль]

Является основной единицей, определяющей энергию излучения в видимом диапазоне. Показывает мощность излучения, оцениваемую по производимому зрительному ощущению или действию на селективный приемник с характеристикой спектральной чувствительности в виде кривой видности $V(\lambda)$ «стандартного наблюдателя» МКО и пропорциональная потоку излучения с учетом относительной спектральной световой эффективности (2)

$$\Phi_V = K_m \int_{360}^{830} \frac{d\Phi_e d\lambda}{d\lambda} \times V(\lambda) d\lambda, \qquad (2)$$

где $d\Phi_e(\lambda)/d\lambda$ — спектральное распределение энергетического потока; $V(\lambda)$ —относительная спектральная световая эффективность.

- Мощность излучения (энергетический поток оптического излучения ϑ_e) P[Вт]

Полная энергия, переносимая оптическим излучением в единицу времени через данную поверхность. Характеризует энергию излучения любого источника, излучающего в оптическом диапазоне длин волн. Частным случаем мощности излучения является световой поток Φ_v. Используется для расчетов параметров (КПД, эффективности, энергетической яркости и освещенности) источников, спектральное распределение излучения которых выходит за пределы видимого диапазона. Из-за существенной близости большей части составляющих спектра к границе кривой видности, излучение синих (фиолетовых) или красных (малиновых) светодиодов в спецификации характеризуется именно значением мощности излучения.

- Температурная зависимость мощности излучения $P(T_a)$

Показывает зависимость мощности излучения светодиода или устройства на его основе от температуры окружающей среды. Может преобразовываться в температурный коэффициент мощности излучения.

- Зависимость мощности излучения от прямого тока $P(I_f)$
- КПД светодиода η [%]

Выражает отношение потребляемой светодиодом электрической мощности к мощности излучения. Характеризует коэффициент преобразования электрической энергии в световую. Применяется в расчетах эффективности световых приборов и осветительных установок на основе светодиодов, а также при определении общего КПД этих устройств с учетом КПД вторичных источников питания.

- Плотность мощности излучения P_{Ω} [Вт/ср]

Показывает распределение долей интегрального мощности излучения в объеме диаграммы пространственно распределения энергетической силы света, заключенных в соответствующих телесных углах, отнесенных к значениям этих углов.

- Угловое распределение силы излучения $I(\Omega)$

Показывает зависимость значения энергетической силы света от угла излучения относительно физической или оптической оси в одной из плоскостей (сечений) фотометрического тела. Характеризует направление излучения и его интенсивность в этом направлении в указанных плоскостях (сечениях).

- Освещенность E_v [лк]

Отношение светового потока источника $d\Phi_v$, падающего на элемент поверхности, к площади dA этого элемента

$$E_v = dO_v/dA.$$

- Яркость L_v [кд/м²]

Отношение силы света источника излучения, к площади его излучающей поверхности (3)

$$L_V = \frac{d\Phi_V}{dA \times \cos\theta \times d\Omega}, \qquad (3)$$

где $d\Phi_v$ — световой поток, проходящий через элементарную площадь и распространяющийся в телесном угле $d\Omega$, содержащем данное направление, $d\Omega$ — телесный угол; dA — элементарная площадь поверхности; θ — угол между нормалью к данному сечению и направлением излучения.

- Угол излучения по уровню осевой силы света $0{,}1I_{vax}$ $2\Omega_{0,1Iv}$ [град]

Определяется как разница проекций силы света правого и левого спадов характеристики углового распределения силы света с указанным уровнем амплитуды $(0{,}1I_v)$ на ось углов. Характеризует относительную величину угла пространственного распределения излучения в одной плоскости.

- Угол излучения по уровню осевой силы света $0{,}5I_{vax}$ $2\Omega_{0,5Iv}$ [град]

Определяется как разница проекций силы света правого и левого спадов характеристики углового распределения силы света с указанным уровнем амплитуды $(0{,}5I_v)$ на ось углов.

Характеризует относительную величину угла пространственного распределения излучения в одной плоскости.

- Угловое распределение силы света $I_v(\Omega)$

Показывает зависимость значения силы света от угла излучения относительно физической или оптической оси в одной из плоскостей (сечений) фотометрического тела. Характеризует направление излучения и его интенсивность в этом направлении в указанных плоскостях (сечениях).

- Люмен-амперная характеристика $\Phi_v(I_f)$

Показывает зависимость значения светового потока от изменения прямого тока. Ввиду возможного перераспределения относительной плотности потока по диаграмме пространственного распределения силы света при изменении прямого тока через p-n переход, характеристика может не является частным случаем, зависимости, описанной в следующем пункте.

- Зависимость силы света от прямого тока $I_v(I_f)$

Показывает зависимость силы света от изменения прямого тока в одной, любой точке диаграммы пространственного распределения. Частным и наиболее часто встречающимся видом этой характеристики является зависимость осевой силы света от прямого тока $I_{vmax}(I_f)$. Относительная зависимость осевой силы света от прямого тока для светодиодов на основе кристаллов различных типов.

- Температурная зависимость светового потока $\Phi(T_a)$

Показывает изменение светового потока светодиода в зависимости от температуры окружающей среды при неизменных электрических характеристиках.

- Температурная зависимость осевой силы света $I_v(T_a)$

Показывает изменение осевой силы света светодиода от температуры окружающей среды при неизменных электрических характеристиках. Применяется для коррекции расчетов освещенности при использовании светодиодов в различных температурных условиях.

- Распределение светового потока по углу излучения Φ(Ω)

Показывает часть светового потока, его значение или долю, заключенную в заданном телесном угле диаграммы пространственного распределения излучения относительно общего потока светодиода.

- Плотность светового потока $\Phi_{v\Omega}$ [лм/ср]

Показывает распределение долей интегрального светового потока в объеме диаграммы пространственно распределения силы света, заключенных в соответствующих телесных углах, отнесенных к значениям этих углов.

- Световая эффективность (световая отдача) [ГОСТ Р МЭК] η [лм/Вт]

Отношение светового потока источника к потребленной электрической мощности (4).

$$\eta = \Phi_v / P_{dis}, \qquad (4)$$

где Φ_v — световой поток, P_{dis} — потребляемая мощность.

- Среднее время наработки до изменения светового потока на *n*% *t* [ч]

Время, при котором световые параметры составляют *n*% измеренных начальных значений, в функции от *t*. В спецификации должно быть дано указание, если для достижения этих значений необходимо принудительное охлаждение.

- Деградационная характеристика светового потока Φ(*t*)

Зависимость, показывающая изменение значения светового потока со временем наработки при паспортных (рекомендованных производителем) условиях эксплуатации.

- Деградационная характеристика силы света $I_v(t)$

Зависимость, показывающая изменение значения силы света (в определенном направлении, например, в осевом) со временем наработки при паспортных (рекомендованных производителем) условиях эксплуатации. Ввиду возможного перераспределения относительной плотности потока по диаграмме пространственного распределения силы света в процессе наработки, характеристика может не является частным случаем зависимости, описанной в предыдущем пункте, и иметь иную форму, тренд или градиент.

- Время нарастания и спада импульса излучения τ_{fr} и τ_{br} (нс)

Интервал времени, в течение которого световой поток Ф светодиода изменяется от 0,1 до 0,9 значения.

Группа спектральных и колориметрических характеристик излучения.

Исходные величины

- Спектральное распределение мощности излучения (относительное спектральное распределение мощности излучения) $\Phi_e(\lambda)$

Зависимость мощности излучения от длины волны. Может представлять из себя сплошную линию (лампы накаливания, тепловые источники, светодиоды белого цвета свечения) или иметь отдельные узкополосные пики (люминесцентные, металлогалогенные, натриевые, ксеноновые лампы (рис. 57)), соответственно квалифицироваться как сплошной, полосатый, линейчатый. Спектральное распределение является основной совокупностью данных для расчетов всех колориметрических величин или параметров спектра излучения, поэтому считается одной из самых «физических» характеристик излучения. На исследовании спектральных зависимостей основано изучение качественных показателей полупроводниковых излучающих кристаллов, деградационные характеристики, тепловые свойства эпитаксиальных структур и пр. Следует добавить, что спектральный метод исследования является наиболее точным и показательным относительно других.

Производные величины

- Спектральная световая эффективность $K(\lambda)$ [лм/Вт]

Показывает, отношение «весовой» доли исследуемого диапазона спектра (светового потока), присутствующего в излучении относительно всей «массы» потока излучения. Отражает значение светового потока, соответствующего определенной мощности излучения на фиксированной длине волны или в диапазоне длин волн, находящихся в пределах видимого диапазона. Максимальное значение – 683 лм/Вт. Частный случай может быть рассчитан по формуле (5)

$$K = 683 \frac{\int_{360}^{830} E(\lambda)V(\lambda)d\lambda}{\int_{360}^{830} E(\lambda)d\lambda}, \qquad (5)$$

где $E(\lambda)$ — относительное спектральное распределение плотности энергетической яркости исследуемого источника; $V(\lambda)$— кривая видности глаза.

В спецификациях указывается наряду с индексом цветопередачи.

- Ширина спектрального распределения по уровню $0{,}5\Phi_e\Delta\lambda_{0,5}$ [нм].
- Ширина спектрального распределения по уровню $0{,}1\Phi_e\Delta\lambda_{0,1}$ [нм]

Величины $0{,}5\Phi_e\Delta\lambda_{0,5}$ и $0{,}1\Phi_e\Delta\lambda_{0,1}$ получаются как разница длин волн правого и левого спадов (спектральных линий) спектрального распределения мощности излучения с соответствующим значением доли от максимального значения.

- Максимальная (пиковая) длина волны λ_{max} [нм]

Показывает максимальную амплитудную составляющую спектра, по которой можно определить положение пика функции спек-

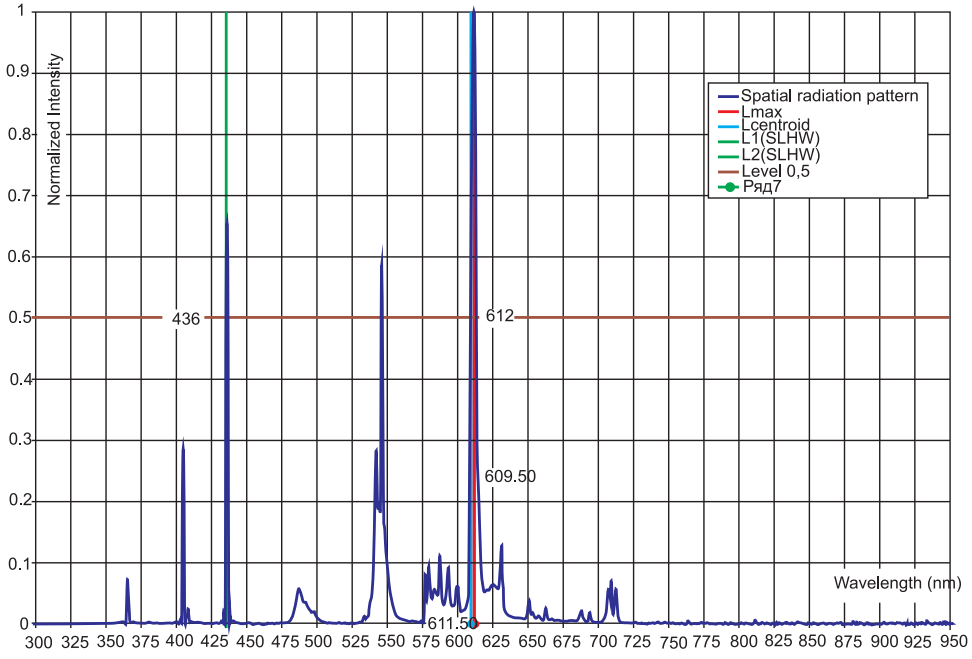


Рис. 57. Пример относительного спектрального распределения. Линейчатый (полосатый) спектр излучения люминесцентной лампы

трального распределения на шкале длин волн. Другими словами – длина волны в максимуме спектрального распределения.

- Центральная (центроидная) длина волны λ_{cen} [нм]

Является «центром масс» интеграла функции $\Phi_e(\lambda)$, может дать понятие о симметрии функции спектрального распределения в соответствии с тем, насколько она отличается от λ_{max}. В идеальном случае λ_{max} и λ_{cen} совпадут.

- Доминирующая длина волны λ_{dom} [нм]

Длина волны монохроматического излучения, которое при сложении в определенных пропорциях с заданным ахроматическим излучением дает цветовое равенство с рассматриваемым излучением. Чтобы характеризовать светодиоды, базовым ахроматическим излучением должен быть стандартный равноэнергетический источник *E* с координатами цветности $xE = 0{,}3333$, $yE = 0{,}3333$, либо *D*65 (127 рекомендации МКО) с координатами цветности $xD = 0{,}31271$, $yD = 0{,}32900$.

Значение доминирующей длины волны λ_{dom} откладывается на линии чистых цветов равноконтрастного цветового графика МКО и пересечении ее прямой, проходящей через точки, образованные координатами цветности искомого источника и ахроматического источника. При значительном удалении источника от линии чистых цветов, понятие доминирующая длина волны теряет смысл и совершенно его не имеет для источников белого цвета.

- Координаты цветности *X,Y,Z*

Отношение каждой из трех координат цвета к их сумме. Являются важной и основной колориметрической характеристикой излучения. Служат для расчетов других колориметрических величин и применяются для описания цветовых характеристик светодиодов в спецификации, где фигурируют границы сортировки (биновки) или необходимость однозначного указания цветности (например, для монохромных светодиодов).

- Температурная зависимость доминирующей длины волны $\lambda_{dom}(T_a)$

Изменение доминирующей длины волны при фиксированном прямом токе светодиода в зависимости от окружающей температуры.

- Температурная зависимость координат цветности $X,Y,Z(T_a)$

Изменение координат цветности при фиксированном прямом токе светодиода в зависимости от окружающей температуры (рис. 58).

- Зависимость доминирующей волны от угла излучения $\lambda_{dom}(\Omega)$

Отражает изменение доминирующей длины волны от угла излучения светодиода. Справедлива для монохромных светодиодов.

- Зависимость координат цветности от угла излучения $X,Y,Z(\Omega)$

Отражает изменение координат цветности от угла излучения светодиода. Зависимость справедлива для любых светодиодов. В основном характеризует равномерность цветности белых светодиодов на основе синего кристалла и люминофора. Косвенно может отражать качество нанесения люминофорного покрытия на кристалл или работу вторичной оптики в такой системе.

- Зависимость координат цветности от времени наработки $X,Y,Z(t)$

Показывает изменение цветности светодиода, выраженное в изменении координат цветности в процессе эксплуатации.

- Зависимость полуширины спектрального распределения излучения от прямого тока $\Phi_e\Delta\lambda_{0,5}(I_f)$
- Зависимость максимальной длины волны от прямого тока $\lambda_{max}(I_f)$
- Зависимость доминирующей длины волны от прямого тока $\lambda_{dom}(I_f)$
- Зависимость центральной длины волны от прямого тока $\lambda_{cen}(I_f)$
- Индекс цветопередачи *Ra*

Мера соответствия зрительных восприятий цветового объекта, освещенного исследуемым и стандартным источниками света, при определенных условиях наблюдения. Отражает степень идентичности цветовых параметров

исследуемого и эталонного источников с очень близкими цветовыми температурами на уровне зрительного ощущения. В спецификации приводится для светодиодов белого цвета свечения и справедлив для коррелированных цветовых температур до 3000–3200 K (близких к источнику типа «A»). Для более высоких температур смысл *Ra* теряется. Это связано с отсутствием эталонного источника, имеющего спектральное распределение «черного тела» с высокими цветовыми температурами, и поэтому невозможность измерения (или сравнения).

Группа общих температурных характеристик, условий хранения и эксплуатации

- Температура активной области кристалла T_j [°C]

Наибольшая допустимая температура в активной области *p-n*-перехода светодиода в течение объявленного срока службы. Либо температура, при которой нормируются фотометрические, электрические или колориметрические характеристики. При отсутствии разогревающего действия тока, в импульсном режиме питания, считается, что эта температура равна температуре окружающей среды. В большинстве спецификаций все параметры нормируются при температуре активной области +25 °C.

- Тепловое сопротивление *p-n*-переход–корпус $R_{tj\text{-}v}$ [°C/Вт]

Определяет способность отводить (препятствовать отводу) тепла от кристалла и выражается разнице температур *p-n*-перехода светодиода и его корпуса. Характеризует перегрев активной области кристалла относительно внешней части корпуса в отношении к единице подводимой электрической мощности. В спецификациях приводится для расчета теплового режима работы светодиода и размеров радиатора охлаждения, а также для определения остальных параметров светодиода при использовании с различными плотностями тока, деградационных зависимостей или предельных режимов.

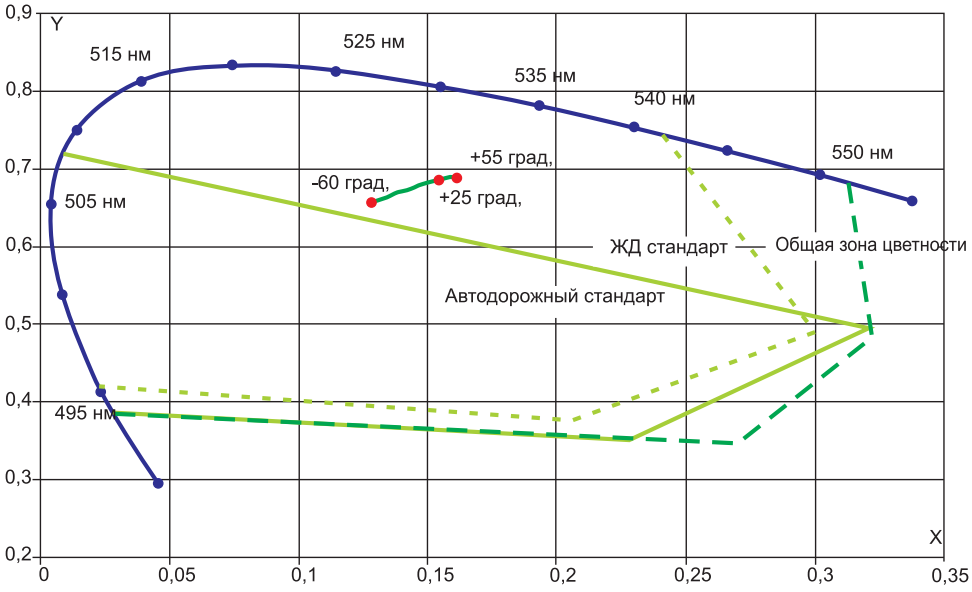


Рис. 58. Температурная зависимость координат цветности. Указаны границы зон цветности.

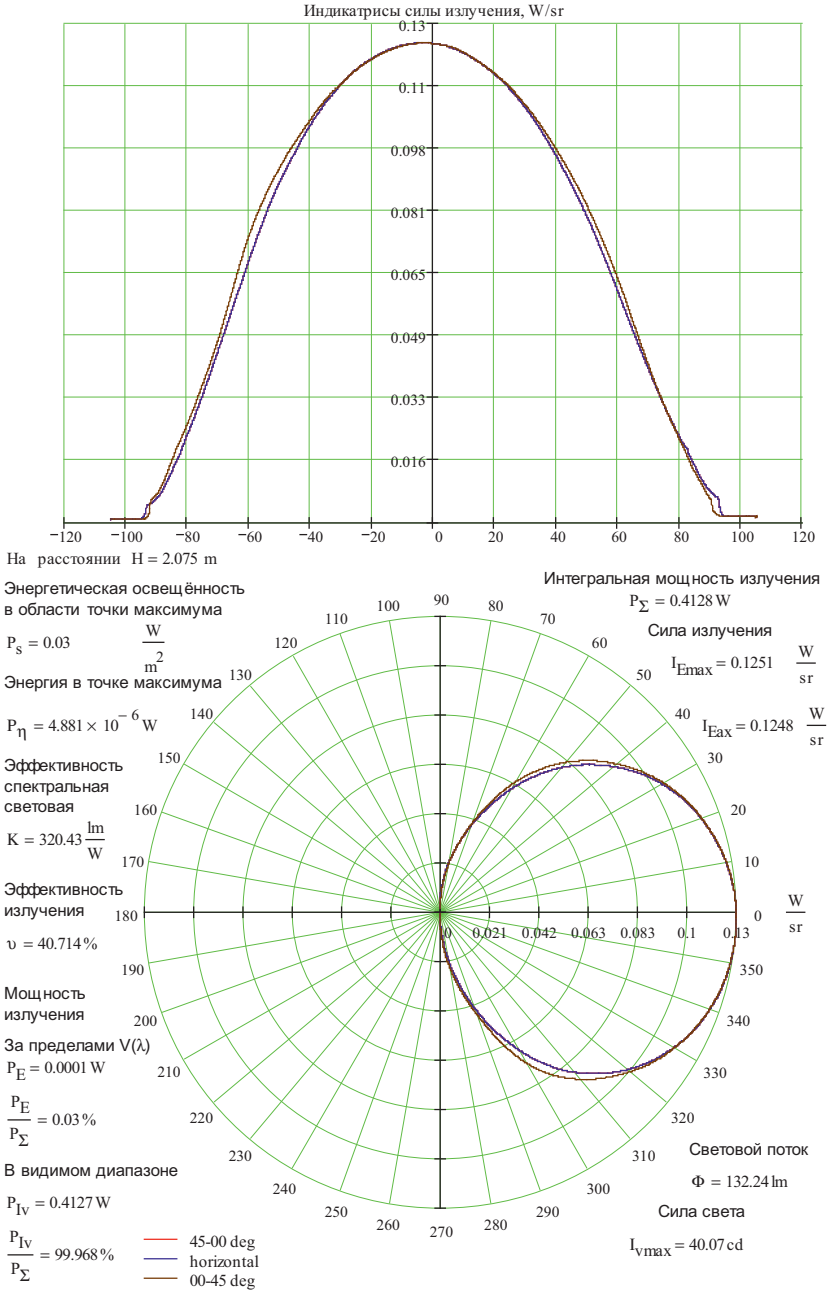
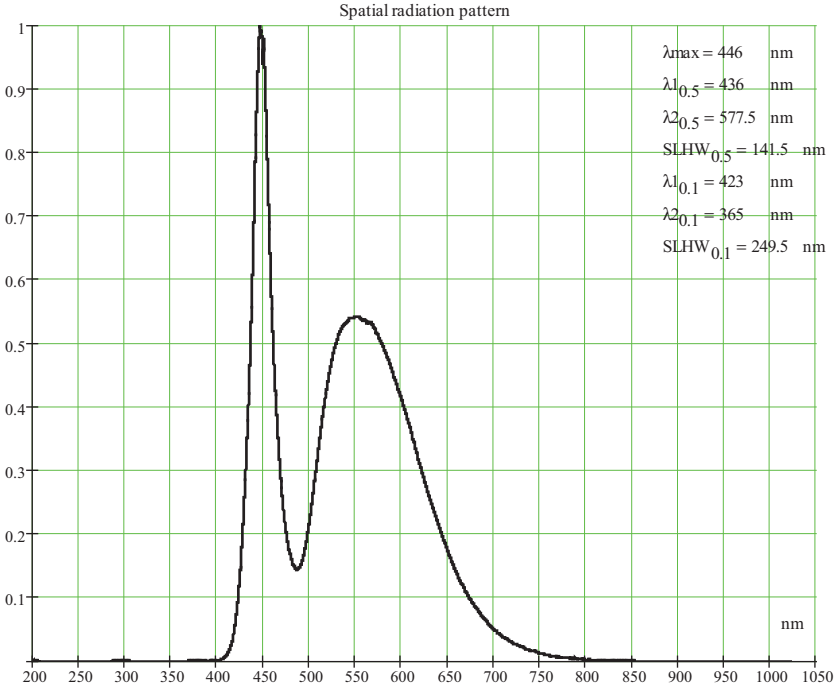
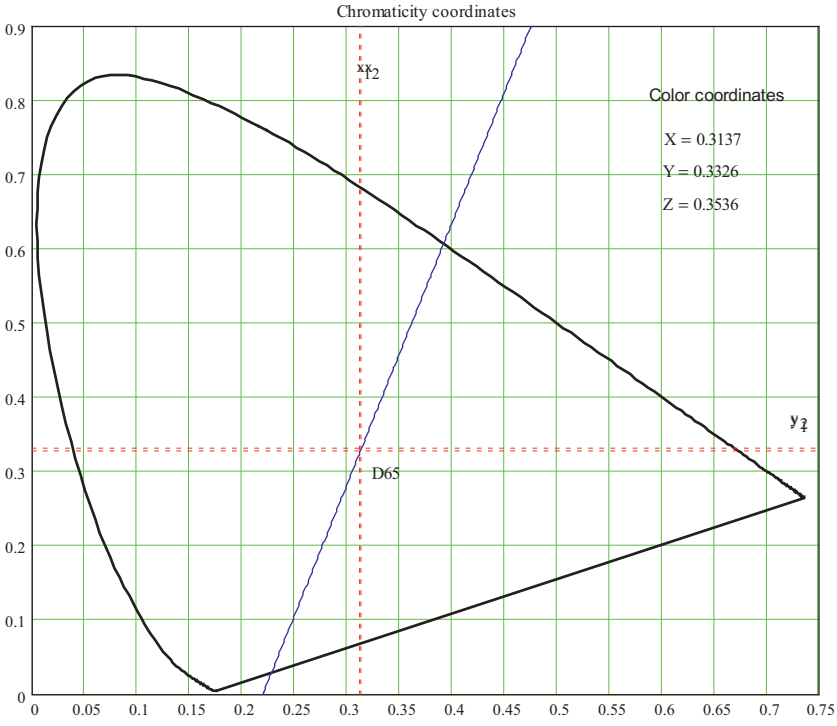


Рис. 59. Пример комплекса измеренных и рассчитанных параметров и характеристик светодиода


Spatial radiation pattern
λmax = 446 nm
λ1 0.5 = 436 nm
λ2 0.5 = 577.5 nm
SLHW 0.5 = 141.5 nm
λ1 0.1 = 423 nm
λ2 0.1 = 365 nm
SLHW 0.1 = 249.5 nm
nm
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
200 250 300 350 400 450 500 550 600 650 700 750 800 850 900 950 1000 1050


Chromaticity coordinates
Color coordinates
X = 0.3137
Y = 0.3326
Z = 0.3536
D65
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
0 0.05 0.1 0.15 0.2 0.25 0.3 0.35 0.4 0.45 0.5 0.55 0.6 0.65 0.7 0.75

All parameters

Мощность излучения	Total Optic power	$P_{\Sigma} = 0.4128\,W$
Мощность излучения в видимом диапазоне	Optic power into V(λ)	$P_{Iv} = 0.4127\,W$ $\frac{P_{Iv}}{P_{\Sigma}} = 99.968\,\%$
Мощность излучения за пределами видимого диапазона	Optic power out V(λ)	$P_{E} = 0.0001\,W$ $\frac{P_{E}}{P_{\Sigma}} = 0.03\,\%$
Суммарный световой поток	Total Luminous Flux	$\Phi = 132.24\,lm$
Максимальная сила света	Luminous Intensity max	$I_{vmax} = 40.07\,cd$
Осевая сила света	on – axis	$I_{vax} = 40\,cd$
Освещённость по оси на расст. H = 2.075 m	On-axis illumination on dist.H	$E_{v} = 9.29\,lx$
Энергетическая сила света максимальная	Power Intensity max	$I_{Emax} = 0.1251\ \frac{W}{sr}$
осевая	Power Intensity on-axis	$I_{Eax} = 0.1248\ \frac{W}{sr}$
Угловые характеристики и распределение мощности по основным плоскостям	Angles and Optic Power pattern to planes,% — 45-00 plane $dP_{450} = 33.03\,\%$	$\theta_{0.5} = 121.262\,deg$ $\theta_{0.1} = 171.725\,deg$
	Horizontal plane $dP_{00} = 33.03\,\%$	$\Omega_{0.5} = 121.262\,deg$ $\Omega_{0.1} = 171.725\,deg$
	00-45 plane $dP_{045} = 33.94\,\%$	$\psi_{0.5} = 125.022\,deg$ $\psi_{0.1} = 172.113\,deg$
Средние значения углов	Averadge angle 0,5Iv max	$Q_{av0.5} = 122.515\,deg$
	Averadge angle 0,1Iv max	$Q_{av0.1} = 171.854\,deg$
Электрические параметры	Electrical data	$I_{e} = 0.35$ A $U = 2.90$ V
	Power input	$P_{in} = 1.014$ W
Эффективность световая	Efficacy	$\upsilon_{v} = 130.418\,\frac{lm}{W}$
Фотометрическое отношение	Ivmax/1000lm	$N = 303\ \frac{cd}{klm}$
КПД	Efficiency	$\upsilon = 40.71\,\%$
Спектральная Световая эффективность	Luminous Efficacy	$K = 320.43\,\frac{lm}{W}$
Энергетическая освещённость на расстоянии H = 2.075 m	Energy illumination on a distance: H = 2.08 m	$P_{s} = 0.03\ \frac{W}{m^2}$
Максимальная длина волны	Maximum wavelength	$\lambda max = 446$ nm
Полуширина спектра излучения	$SLHW_{0.5}$	$SLHW_{0.5} = 141.5$ nm
Ширина спектра излучения	$SLHW_{0.1}$	$SLHW_{0.1} = 249.5$ nm
Координаты цветности	Color coordinates	X = 0.314 Y = 0.333 Z = 0.354
Доминирующая длина волны	Dominant wavelength	$\lambda_{dom} = 562.18$ nm
Центроидная длина волны	Centroid wavelength	$\lambda centroid = 545.5$ nm
Доля ОСПЭЯ отн. V(λ)	Spectral part to V(λ)	$P_{\lambda} = 44\,\%$
Коррелированная цветовая температура	Correlated color temperature (CCT)	$T_{c} = 6446.1$ K
Цветовая температура по Планку	Plank Color temperature	$T_{Plank} = 7389.5$ K

ООО «Архилайт»
115114, г. Москва, Павелецкая наб., д. 2.
Тел. + 7 (495) 773 11 57 www.arhilight.ru
ИНН 7719715314 КПП 772401001
р/с 40702810297210000044 в Московском филиале
ОАО АКБ «РОСБАНК» БИК 044552272 К/с 30101810200000000272

Аттестат аккредитации РОСС RU.0001.21МЮ54

Лист 2 Листов 12
Экземпляр №1

«хх» сентября 2015 г.

ПРОТОКОЛ
измерений фотометрических характеристик №1509/ххх/ххх.

1.Объект измерений: Образцы светильников №№ 1203ххх-1203ххх, на основе люминесцентных ламп, №№ 1109ххх-1109ххх на основе светодиодов.
Общее количество предъявленных образцов – 6 шт. Образцы предъявлены: хх.09.2015.
2. Предъявитель образцов: ООО «АРХИЛАЙТ»
3. Цель измерений: Получение диаграмм пространственного распределения силы света в 2- плоскостях и комплекса фотометрических характеристик по программе №2. Образцы №№ 1103ххх-1103ххх исследуются по программе №3 (полный комплекс фотометрических, электрических и колориметрических параметров).
4. Средства измерений: Двухкоординатный гониофотометр с минимальным шагом угла поворота 1,2 угловые минуты (0,02 град.) и изменяемым расстоянием фотометрирования 10см-13м. «ФЛАКС-20», фотометрическая головка по ГОСТ 8.023-03, свидетельство о поверке №5773/11-О, спектроколориметр ХХХ, свидетельство о поверке № 444/55555, дальномер «ХХХХ», свидетельство о поверке №66666, вольтметр ХХХХ, свидетельство о поверке 444/447, ваттметр универсальный ХХХХХХХ свидетельство о поверке 363625 .
Нормативные документы: ГОСТ 8.023-03 "Государственная поверочная схема для средств измерений световых величин непрерывного и импульсного излучений", ГОСТ 8.127-2005. Государственная поверочная схема для средств измерений спектральной плотности энергетической яркости в диапазоне 0,04 – 0,25 мкм., ГОСТ 8.195-89 Государственная поверочная схема для средств измерений спектральной плотности энергетической яркости, спектральной плотности силы излучения, спектральной плотности энергетической освещённости в диапазоне 0,25 - 25мкм., силы излучения и энергетической освещённости в диапазоне 0,2 - 25мкм.
5. Методы измерений: 5.1. Определение силы света выполняется методом измерения освещенности корригированной под V(λ) фотометрической головкой на расстоянии полной светимости, обеспечивающим выполнение закона «обратных квадратов» и расчете её по формуле $I = E \times L^2$ (где E - освещенность в лк., L - расстояние в м., I - сила света в кд.).
5.2. Измерение пространственного распределения силы света выполняется методом фиксации значения силы света по п. 5.1. при каждом повороте гониометра на минимальный угол (0,02 град.).
5.3. Коэффициент преобразования фотометра и колориметрические характеристики рассчитываются по результатам измерения относительного спектрального распределения плотности энергетической яркости измеряемого источника.
5.4 Световой поток источников света измеряется в соответствии с ГОСТ Р 54350-2015.
6. Условия измерений: температура воздуха, ° С 22 ± 5, относительная влажность, % 60 ± 15, атмосферное давление, кПа 100 ±4, отсутствие посторонних засветок, коэффициент отражения поверхностей <0,015.
7. Результаты измерений: результаты измерений представлены в приложениях № 1-8.

Результаты измерений, представленные в настоящем протоколе распространяются только на предъявленные для исследования образцы. Настоящий протокол ЗАПРЕЩАЕТСЯ копировать без письменного согласия лаборатории «АРХИЛАЙТ»

Генеральный директор: _____ /ХХХХХХХХХХ/

М. П.

Руководитель лаборатории: _____ /ХХХХХХХХХХ/

Рис. 60. Пример титульного листа Протокола измерений.

- Тепловое сопротивление *p-n*-переход–окружающая среда $R_{tj\text{-}a}$ [°C/Вт]

Характеризует перегрев активной области кристалла относительно окружающей среды в отношении к единице подводимой электрической мощности. Выражается разнице температур *p-n*-перехода светодиода и окружающей среды.

- Диапазон рабочих температур окружающей среды T_a [°C]

Диапазон окружающей температуры, при которой светодиод или светодиодный модуль может работать в соответствии с техническими условиями.

· Диапазон температур хранения T_{astr} [°C]

Диапазон окружающей температуры, при котором могут храниться не работающие светодиоды или модули на их основе с сохранением параметров, предусмотренных в соответствующем стандарте или изготовителем или ответственным поставщиком.

- Температура точки пайки выводов T_{sp} [°C]

Наибольшая допустимая температура в точке припайки светодиода в течение объявленного срока службы. Либо температура, при которой нормируются фотометрические, электрические или колориметрические характеристики.

Для лучшего понимания взаимосвязей характеристик и наглядности их представления, далее приводятся примеры расчетов большинства описанных параметров, основанные на реальных измерениях, где можно будет не только проследить «дерево» полученных величин, но и оценить их численное значение. Во всех частях рис. 4 фигурирует один и тот же образец (светодиод белого цвета свечения), где все его измеренные и рассчитанные параметры в комплексе так или иначе связаны между собой и представлены на этом рисунке. Можно заметить, что все исходные измерения сделаны в радиометрическом варианте, однако в процессе расчетов выполнен переход и к светотехническим единицам, тем самым, указывая на их происхождение от исключительно физических величин – энергетической силы света и мощности излучения. Общее количество представленных на рис. 4 параметров и характеристик одного светодиода составляет не менее 50. Все они находятся в такой же системной зависимости, как показано на рис. 59.

Авторы

Никифоров Сергей Григорьевич

Ведущий специалист лаборатории «АРХИЛАЙТ», доктор технических наук, один из руководителей и основателей лаборатории «АРХИЛАЙТ», главный редактор научно-популярного журнала «Полупроводниковая Светотехника».

Окончил Московский Институт Радиотехники, Электроники и Автоматики (МИРЭА), аспирантуру Московского Института Стали и Сплавов (МИСиС) по специальности «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах». Автор более 100 научных и научно-популярных работ и статей по светотехнике, метрологии, физике полупроводника и оптоэлектронике. Автор ряда патентов на изобретения в сфере светодиодных источников света, фотометрических и радиометрических средств измерений.

Стоял у истоков научно-производственной компании «Корвет-Лайтс», ее исследовательской лаборатории и опытного производства полупроводниковых источников света, светодиодов.

Основал фотометрические лаборатории:

- компании «АТВ-Наружные системы»,
- ГОУ СК № 12,
- в компании «НоваСвет»,
- лабораторию «Л.И.С.Т. — Лаборатория Исследований Световых Технологий», ставшую первым в России независимым аккредитованным испытательным центром в области изучения деградационных явлений и метрологии излучения полупроводниковых источников излучения.
- лабораторию «АРХИЛАЙТ», в 2011 г. получившую аккредитацию Федерального Агентства по Техническому регулированию и Метрологии, и преемника лаборатории «Л.И.С.Т.» по всем функциональным позициям.

Разработчик ряда методов контроля и методик расчетов потенциальной степени деградации характеристик светодиодов на основе твердых растворов AlGaInP и AlGaInN, а также фотометрических методов исследования параметров излучающих гетероструктур.

Архипов Александр Леонидович

Руководитель лаборатории «АРХИЛАЙТ», один из руководителей и основателей лаборатории «АРХИЛАЙТ». Окончил Московский Институт Стали и Сплавов (МИСиС) по специальности электроника и микроэлектроника. Аспирант МГИСиС по специальности «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах».

Автор ряда работ по светотехническому проектированию и экономическому обоснованию внедрения полупроводниковой светотехники, научных работ в области исследований полупроводниковых гетероструктур. Более 10 лет занимается проектированием систем освещения. Специалист в области эпитаксии и технологий производства материалов электронной техники. В период 2002–2006 г. инженер, входил в научно-технический совет завода «Северные кристаллы» участник проекта ALICE, большой адронный коллайдер. Является одним из инициаторов создания первой в России независимой аккредитованной светотехнической лаборатории «ЛИСТ».