

Генрих Азизян | kv68@mail.ru
 Антон Артамонов | art4ama@yandex.ru
 Сергей Никифоров | snikiforov@list-lab.ru

Гониофотометрическая установка

для определения углового распределения силы света

В статье описана авторская идея создания установки для измерений углового распределения силы света. Описаны принципы построения, метрологические характеристики, технические возможности измерений и области использования установки. Сделан упор на физические основы измерений фотометрических характеристик, их интеграцию с электронным оборудованием и программным обеспечением, также разработанным авторами. Рассмотрен пример сертификации измерительных стендов на основе представленной установки.

Цели создания установки

Угловое распределение силы света, или, как в нашем отечестве с легкой руки прародителей-светотехников принято называть эту зависимость, кривая силы света (КСС), является одной из наиболее важных характеристик любого источника света. В последнее время в связи с появлением большого количества новых разнообразных источников (светодиодных) эти измерения приобретают дополнительный интерес. Изучение КСС отдельных светодиодов или светодиодных конструкций позволяет оценить эффективность выбранных технических решений или их исходных элементов, как, например, оптических систем светодиодов.

Для решения этой задачи, т. е. для измерения распределения силы света источника излучения в пространстве, разрабатываются самые разнообразные гониофотометрические установки, снабженные однокоординатными или даже двухкоординатными приводами, позволяю-

щими получить полную картину распределения силы света по всем углам и плоскостям излучения.

Эти установки [1], как правило, дороги и труднодоступны. Некоторые из них позволяют работать только с очень небольшими источниками (с отдельными светодиодами) [2].

Занимаясь на протяжении ряда лет изучением различных светоизлучающих кристаллов и светодиодных конструкций на их основе, авторы разработали и изготовили гониофотометрическую установку с принципами работы, несколько отличающимися от традиционных устройств с приводами, которая позволяет заметно упростить и ускорить сам процесс измерения, сохраняя при этом высокую точность получения значений силы света.

В настоящее время изготовлено около десятка подобных гониофотометров, отличающихся друг от друга габаритами, разрешающей способностью, различным программным обеспечением и т. д. В настоящей статье будет

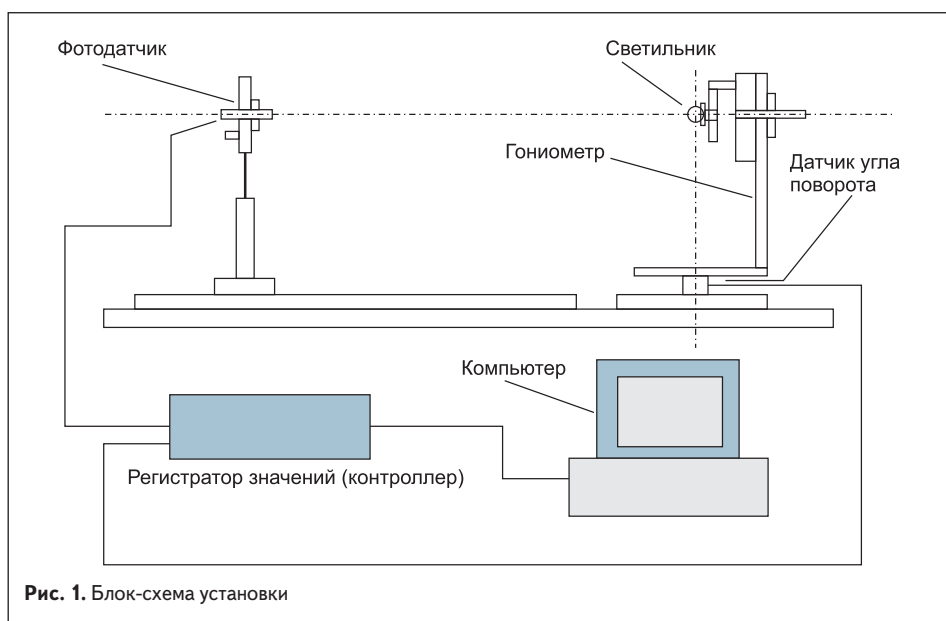
приведено краткое описание, рассмотрены схема и возможности последней версии двухкоординатной гониофотометрической установки, предназначенной для измерения КСС от отдельных светоизлучающих кристаллов до источников, имеющих габариты в несколько десятков сантиметров и вес до 10–12 кг. Общая схема установки приведена на рис. 1, а внешний вид отдельных узлов — на рис. 2.

Описание установки и ее технические возможности

Гониофотометрическая установка в своем простейшем виде представляет собой платформу, способную свободно поворачиваться вокруг вертикальной оси, на которой размещается исследуемый источник (рис. 2а). Замеряя излучение закрепленного на платформе источника света по фотодатчику, находящемуся на некотором удалении (рис. 2б), мы получаем искомое распределение силы света источника в зависимости от направления излучения. Положение вращающейся части платформы контролируется датчиком угла поворота, который соединен с контроллером, управляющим всем процессом измерений. Каждому отсчету датчика угла поворота ставится в соответствие значение измеренной фотометром силы света. Контроллер, в свою очередь, соединяется с персональным компьютером практически любого типа, на котором установлена программа измерения и обработки результатов. Процесс измерения при этом выглядит следующим образом:

- оператор закрепляет на платформе исследуемый источник света и совмещает его оптическую ось с осью фотометра;
- оператор, поворачивая рукой платформу, выбирает подходящий диапазон чувствительности фотодатчика;
- после того как требуемый диапазон выбран, оператор включает процесс измерения и поворачивает платформу вручную произвольным образом на желаемый угол в ту или иную сторону.

В процессе измерения показания фотометрического датчика фиксируются при каждом конкретном значении угла поворота и передаются в компьютер вместе с ними. Датчик угла поворота выдает синхросигналы, требуемые для запуска аналого-цифрового пре-



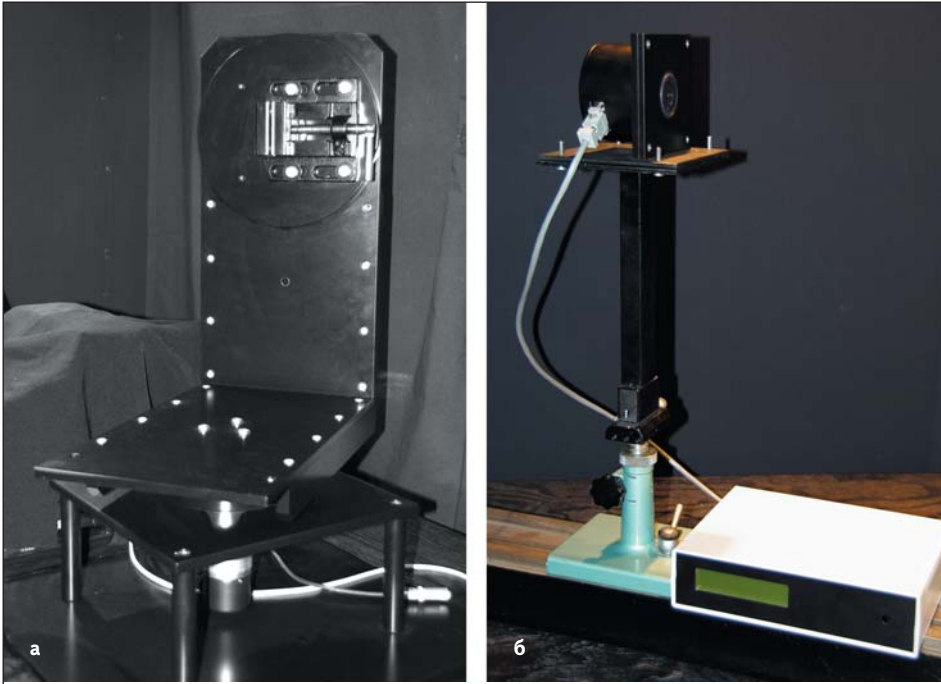


Рис. 2. Внешний вид установки: а) гониометр; б) фотометр

образователя, фиксирующего показания фотометрического датчика.

Весь процесс измерения занимает весьма небольшое время (3–5 с), поскольку оператор может вращать платформу произвольным образом достаточно быстро. Для одного измерения достаточно повернуть платформу в желаемом диапазоне углов всего один раз. Если многократно пройти по одним и тем же углам поворота, то будут зафиксированы показания фотометрического датчика при последнем проходе соответствующих углов. В состав гониофотометрической установки входит фотодатчик, подключаемый непосредственно к контроллеру. Фотодатчик представляет собой фотодиод с корригированным под кривую видности оптическим фильтром, включенный в электронную схему, которая позволяет по желанию оператора изменять чувствительность фотодатчика в весьма широких пределах. В последней версии установки имеется четыре диапазона чувствительности фотодатчика: 1, 10, 100 и 1000. Кроме этого, имеется дополнительный узел усиления с коэффициентом 3, который может подключаться оператором в случае необходимости. В результате мы имеем 8 диапазонов (с шагом около 3), позволяющих выбрать желаемый уровень чувствительности в зависимости от исследуемого источника света.

Расстояние между источником света и фотодатчиком также сильно влияет на результаты измерения значений силы света, т. е. нужно выбирать расстояние полного свечения, когда формирование оптическими элементами светового пучка источника уже закончено. Рассматриваемая установка позволяет работать при очень широких уровнях освещенности — от долей люкса (при расстоянии между фотодатчиком и источником света порядка 0,5–1,0 м) до миллионов люкс (при расстоянии порядка

10 м и более). Этот диапазон перекрывает практически все известные источники света, геометрические размеры которых позволяют поместить их на платформу установки, и имеющие вес до 10–12 кг. Единственным ограничением для такого способа измерений является возможность и идентичность работы источника света в любом положении.

Более сложный вариант гониофотометрической установки предусматривает дополнительный поворотный круг, размещаемый на платформе (рис. 2а). Он может вращаться вокруг горизонтальной оси на произвольный угол. Величина угла поворота контролируется дополнительным датчиком, который имеет несколько худшую разрешающую способность.

Этот датчик также соединен с контроллером. В такой установке источник излучения помещается в центр поворотного круга, а его юстировка относительно оси фотометра выполняется совмещением центра источника и горизонтальной и вертикальной осей вращения платформы. При этом процесс измерения выглядит аналогичным образом, с той лишь разницей, что в каждом таком измерении фиксируется точное значение дополнительного датчика угла поворота. Таким образом, поворачивая круг на какие-либо заранее выбранные углы, можно получить для одного и того же источника любое количество «срезов» полной КСС, что позволяет после соответствующей математической обработки получить весьма точное значение полного светового потока, излучаемого исследуемым светильником, что обычно бывает очень трудно сделать, если источник света имеет размеры, исчисляемые десятками сантиметров. Для получения точных значений потока в таком случае требуются светоизмерительные сферы (сферические интеграторы) очень большого диаметра [3].

Разрешающая способность применяемых датчиков угла поворота менялась для основных датчиков от 10 до 1 угловой минуты. Разрешающая способность дополнительного датчика — от 1 углового градуса до 15 угловых минут.

Следует отметить, что при относительно небольших дистанциях между фотодатчиком и источником света разрешающая способность будет определяться, в основном, диаметром диафрагмы на фотодатчике и длиной дистанции. Совершенно очевидно, что применяемые датчики угла поворота избыточны по разрешающей способности и перекрывают подавляющее число возможных измерений.

Погрешность измерений рассматриваемой гониофотометрической установки определяется в первую очередь погрешностью применяемого фотодатчика, т. е. отличием его спектральной чувствительности от кривой видности $V(\lambda)$. В случае необходимости программным образом эта погрешность может быть заметно уменьшена для квазимонохроматических источников света, каковыми и являются светодиодные источники.

Погрешности механических компонент установки невелики: существенно менее 10 угловых минут. Люфты практически незаметны из-за отсутствия сочленений, в которых они могут возникать. В установке не применяется каких-либо редукторов или элементов передачи механических усилий между узлами. Это позволяет быть уверенным в сохранении юстировок осей измерений даже при достаточно тяжелых источниках или таких, у которых имеется несимметричное распределение веса по корпусу.

Программа обработки результатов измерения предусматривает, во-первых, возможность быстрого использования некоторого «списка» фотодатчиков с разными характеристиками чувствительности, во-вторых — возможность введения оператором конкретного значения дистанции измерения и выбора конкретного значения коэффициента преобразования в зависимости от того, в какой части спектрального диапазона производится измерение. Точное расстояние между источником света и фотодатчиком определяется с помощью компактного лазерного дальномера.

Основное назначение программы обработки состоит в том, чтобы отобразить зависимость силы света источника в канделах от направления излучения, измеряемого в угловых градусах или минутах. Кроме этого, программа позволяет производить скользящее осреднение по измеренной диаграмме в зависимости от параметров осреднения, выбираемых оператором. На рис. 3 изображен пример измеренной кривой силы света для конкретного светодиода фирмы CREE.

Применение гониофотометрических установок

Стоит отметить, что подобные установки измерения пространственного распределения силы света составляют основу измерительных стендов фотометрической лаборатории «Л.И.С.Т.». Они были разработаны совместно

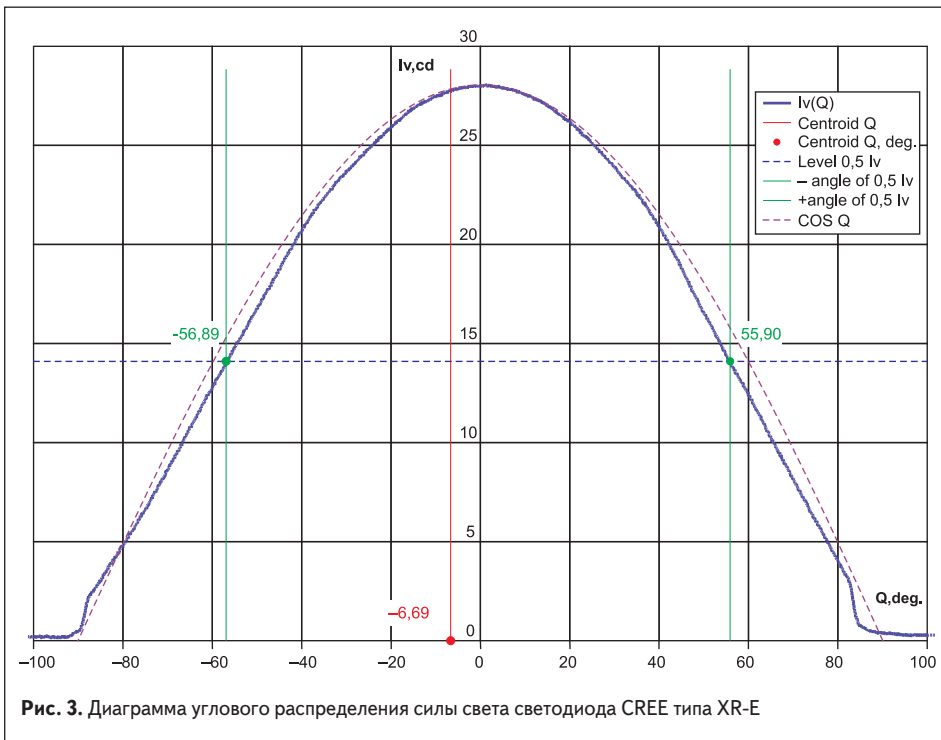


Рис. 3. Диаграмма углового распределения силы света светодиода CREE типа XR-E

с сотрудниками компании исходя из конкретных требований типов и методов измерений, применяемых как в составе сертификационных испытаний, так и в научных исследованиях. Следует добавить, что, в числе прочего, указанное измерительное оборудование лаборатории занесено в Государственный реестр средств измерений, имеет соответствующие сертификаты и подвергается периодической

поверке в соответствии с ГОСТ 8.023-03 «Государственная поверочная схема для средств измерений световых величин непрерывного и импульсного излучений». Это обстоятельство позволило получить признание компетентности Федеральным агентством по метрологии и техническому регулированию в виде аттестата аккредитации на право проведения сертификационных испытаний в области упо-

мянутых фотометрических измерений и исследований устройств светотехники. Таким образом, можно утверждать, что построенные по представленным метрологическим схемам, характеристикам точности и физическим принципам измерений рассмотренные установки вполне могут конкурировать со своими «именитыми» аналогами, к тому же они имеют более чем на порядок меньшую стоимость. Современное состояние описанных в статье установок поддерживается постоянными доработками, использующими опыт практических измерений различных источников излучения. Как показала практика исследований светодиодов и устройств на их основе, использование приемов измерений их базовых характеристик, заложенных в настоящих установках, позволило выявить множество важных эффектов и закономерностей в физике работы излучающих структур. Большинство из них легли в основу методов определения деградационных свойств гетероструктур и светодиодов на их основе. Использование описываемых установок с успехом позволило усовершенствовать традиционные методики измерения параметров излучения применительно к полупроводниковым источникам света, применять их при создании стандартов и технических требований, а также определить пути развития подобных средств измерения. ●

Литература

1. www.lmt.de
2. www.gamma-sci.com
3. ГОСТ 17677-82 «Светильники. Общие технические условия»