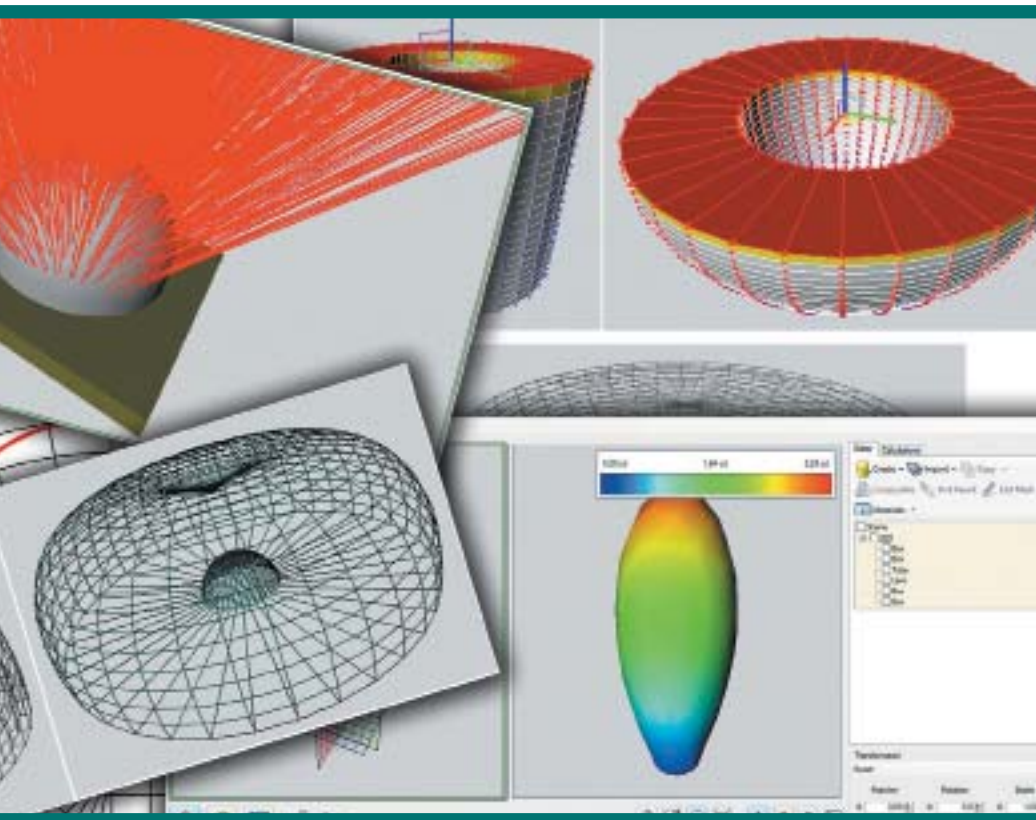


Расчет и проектирование светодиодных оптических систем

➔ В статье рассматриваются оптические системы для светодиодов. Проанализированы особенности применения вторичных оптических элементов в виде линз и отражателей для получения различных диаграмм направленности излучения светодиодов в пространстве. Рассмотрены особенности и проблемы расчета вторичных оптических систем. Описаны возможности разработанного программного обеспечения для моделирования и исследования светодиодных осветительных систем.



Введение

В настоящее время светодиоды (СД), используемые для освещения, занимают наряду с другими источниками уверенную позицию на рынке осветительных систем. Светодиодные светильники, прожекторы и другая осветительная техника, получившие широкое распространение, активно применяются для создания искусственного освещения, декоративной подсветки, для ландшафтного и архитектурного освещения, при оформлении рекламных объектов. Основные свойства СД, которые в ближайшем будущем сделают их самыми экономичными по сравнению с другими источниками света:

- высокая световая отдача;
- малые энергопотребление и габариты;
- высокая долговечность;
- отсутствие пульсации светового потока;
- возможность получения излучения различного спектрального состава;
- высокая устойчивость к внешним воздействиям (температуре, вибрации, ударам, влажности);
- электро- и взрывобезопасность;
- высокая степень управляемости (возможность построения систем многоуровневого управления освещением) и пр.

Такие преимущества и широкие возможности применения СД делают актуальными расчет и проектирование светодиодных оптических систем.

Вторичная светодиодная оптика

В последнее время стремительно нарастает заинтересованность ведущих мировых производителей источников света и потребителей в замене традиционных разрядных источников света на светодиодные световые приборы (СП), основу которых составляют полупроводниковые СД, объединенные в светодиодные модули (СДМ).

Светодиод обладает косинусным светораспределением (рис. 1), но для многих целей освещения оно не подходит. Использование СД в системах освещения требует применения специальной оптики, назначение которой — направлять излученный СД световой поток в заданную область пространства и обеспечивать формирование в этой области требуемого распределения освеще-

ценности [1]. Эти функции выполняет вторичная оптика: линза или зеркальный отражатель, монтирующиеся на один или группу СД и представляющие собой отдельный компонент, не являющийся частью СД.

Использование вторичной оптики позволяет решить следующие задачи:

- изменить светораспределение СД, например сосредоточить излучение в нужном угле или сделать его несимметричным;
- перенаправить весь световой поток от СД в освещаемую область, повышая эффективность светотехнического устройства и понижая его стоимость;
- сформировать требуемое распределение освещенности, соответствующее всем стандартам освещения.

Оптические системы можно разделить на два основных типа: линзовые и отражательные. В качестве вторичной оптики СД используются оптические элементы с преломляющими или отражающими поверхностями, устанавливаемые непосредственно над излучающим элементом. Наиболее перспективными деталями вторичной оптики являются асферические неизображающие¹ охватывающие² линзы, изготовленные методом литья под давлением и имеющие отражающие и преломляющие поверхности. Важную роль в увеличении коэффициента пропускания играет материал, из которого изготовлена оптика. В основном линзы для СД изготавливаются из полиметилметакрилата, оптического поликарбоната с коэффициентом пропускания 95–98% или кремнийорганических соединений (силикона).

В настоящее время выпускается линзовая и отражательная вторичная оптика с большим разнообразием формируемых кривых силы света (КСС³): широкими, полуширокими, косинусными, глубокими и концентрированными. Так, для уличных СД-светильников производятся линзы с асимметричным светораспределением (широким в поперечной плоскости и концентрированным боковым в продольной).

¹ Не создающие изображения, а преобразующие световое распределение источника света к требуемому виду.

² Источник света целиком помещается внутри линзы.

³ Функция, описывающая зависимость силы света СД от направления наблюдения в выбранной плоскости, например в горизонтальной; является сечением светового распределения этой плоскостью.

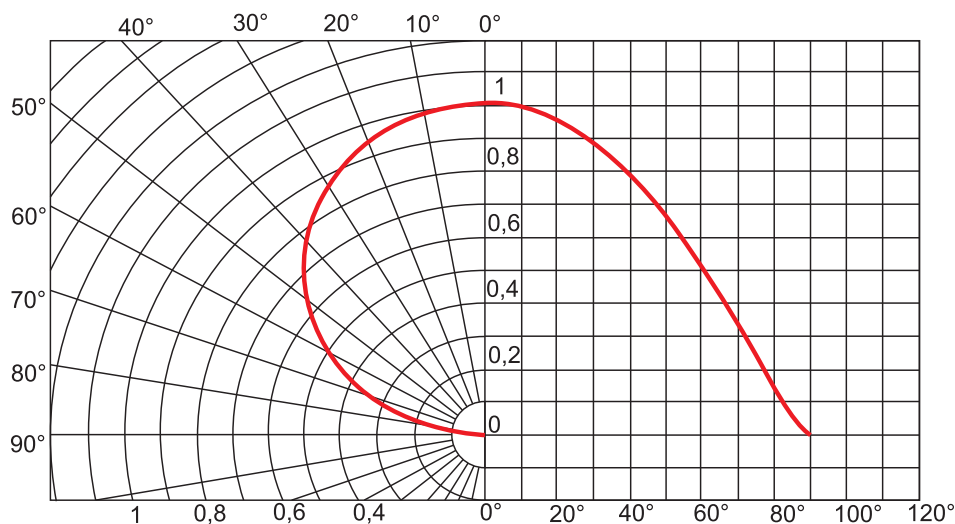


Рис. 1. Типичная диаграмма светораспределения СД

Задачи расчета и моделирования вторичной светодиодной оптики

В настоящее время на рынке представлен широкий ассортимент вторичной оптики от самых различных производителей. Порой разработчику осветительной системы довольно сложно сделать выбор в пользу той или иной компании. В ряде случаев требуется разработка собственной оптики под определенные СД. Расчет вторичной оптики СД является одной из наиболее сложных задач, возникающих в светотехнике. В качестве исходных данных для расчета исполь-

зуются следующие параметры: КСС светодиода, стандартная (требуемая) КСС прибора, показатель преломления материала оптики, габаритные размеры линзы. При этом актуальной является разработка программного обеспечения для моделирования светодиодной оптики, позволяющего по известному световому распределению СД и требуемому световому распределению прибора смоделировать геометрию линзы с излучающей поверхностью, обеспечивающей комфортное зрительное восприятие и легко воспроизводимой современными методами производства.

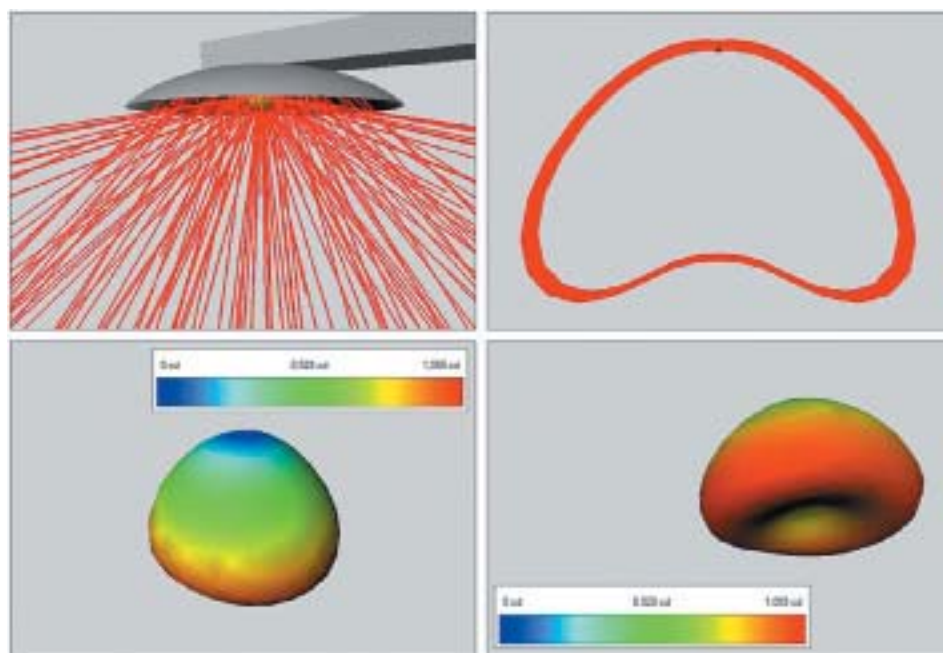


Рис. 2. Светораспределение уличного светильника

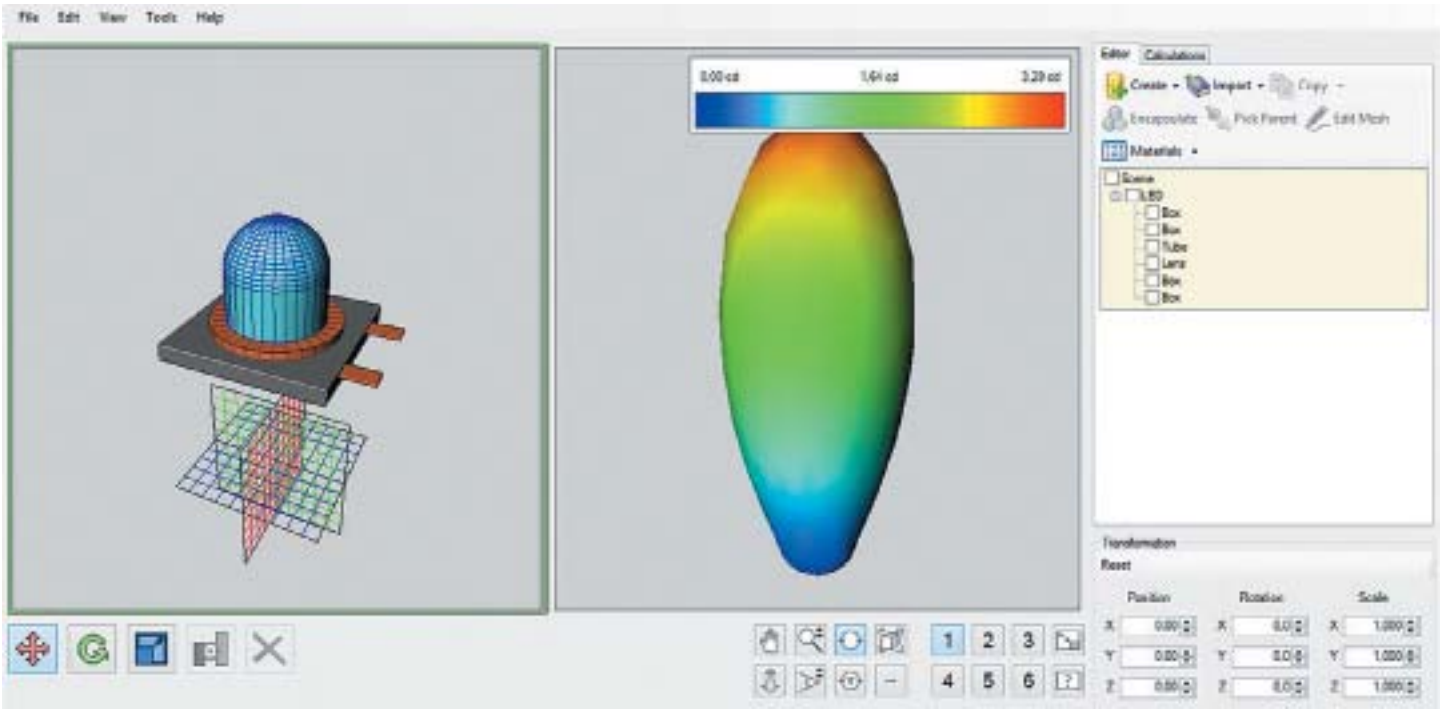


Рис. 3. Модель светодиода и его фотометрическое тело

Программный комплекс для моделирования и расчета светодиодной оптики

Для разработки программного комплекса для моделирования и расчета светодиодных оптических систем в качестве основных среды разработки и языка программирования

были выбраны Microsoft Visual Studio и C#, в основе которых лежит платформа .NET [4]. Для создания дополнительных модулей, содержащих сложные математические и геометрические расчеты, по мере необходимости использовался язык Managed C++/CLI.

Главной оптической характеристикой любого светового прибора является светораспределение. Его удобно представлять в виде так называемого фотометрического тела — геометрического места концов радиус-векторов, выходящих из светового центра, длина которых пропорциональна силе света в данном направлении. На рис. 2 показан пример расчета светораспределения светильника, где на двух нижних видах приведено фотометрическое тело с разных ракурсов. Цветная шкала, содержащая информацию о минимальном и максимальном значениях силы света, помогает «на глаз» оценить силу света в конкретном направлении. Кривая силы света в правом верхнем углу является сечением фотометрического тела заданной плоскостью.

Исследуя и анализируя полученные данные о светораспределении, проектировщик пытается подобрать такие параметры модели оптической системы, которые позволят получить требуемые характеристики светового прибора.

Данный программный комплекс позволяет моделировать любые оптические системы, в том числе СДМ и осветительные приборы на их основе.

Рассмотрим процесс создания моделей оптических систем для светодиодов и моделирования их светораспределения. Для освещения помещений с высокими пролетами от СП требуется КСС, отличная

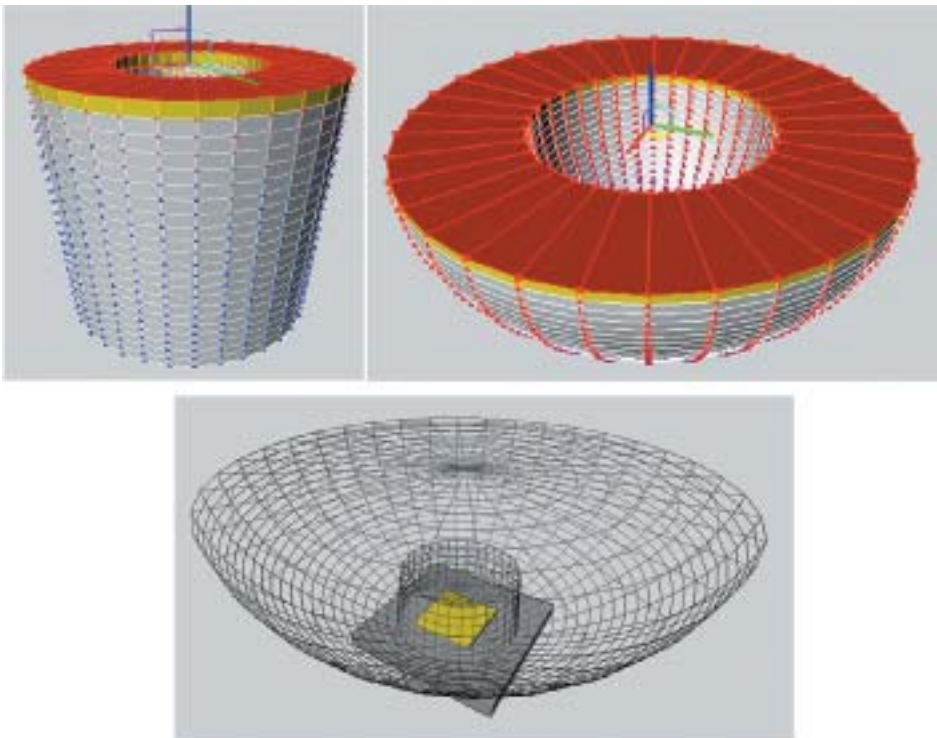


Рис. 4. Построение модели TIR-оптики для светодиода

от косинусной, например глубокая. Для получения такой КСС была смоделирована форма вторичной светодиодной оптики, показанная на рис. 3.

На рис. 4, 5 показан процесс построения модели TIR-оптики для единичного светодиода, трассировки лучей для заданного типа поверхности с получением фотометрического тела.

Для проектирования СП с различными типами светораспределения удобно использовать заранее заготовленные оптические системы (т. е. имеющиеся в базе данных) и варьировать их для определенных приборов с заданными КСС.

На рис. 6 представлены модели вторичной светодиодной оптики с поверхностями свободной формы, разработанные в описываемом программном комплексе для обеспечения соответствующих КСС.

На рис. 7 показаны трассировка лучей для этих систем и полученные их светораспределения.

Заключение

Использование СД в системах освещения требует применения вторичной оптики, которая позволяет изменить светораспределение СД, повышает эффективность светотехнического устройства в целом, формирует требуемое распределение освещенности. Актуальной является задача расчета и моделирования светотехнических характеристик СД и СДМ на стадии проектирования СП. Разработанный программный комплекс позволяет значительно облегчить процесс проектирования оптических светодиодных систем и повысить их качество. ●

Литература

1. Байнев В. В., Байнева И. И. Оптические системы для светодиодов // Фотоника. 2016. № 2(56).

2. Bayneva I. I. Concerns Of Design Of The Energy-Efficient Fixtures // International Journal of Applied Engineering Research. Vol.10, № 3 (2015).

3. Байнева И. И., Байнев В. В. Применение программ оптического моделирования в учебной и научной деятельности // Сборка в машино-

строении, приборостроении. 2015. №4(28).

4. Федосин С. А., Байнев В. В. Геометрические модели и их программная реализация для компьютерного исследования и проектирования световых приборов // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2016. № 6.

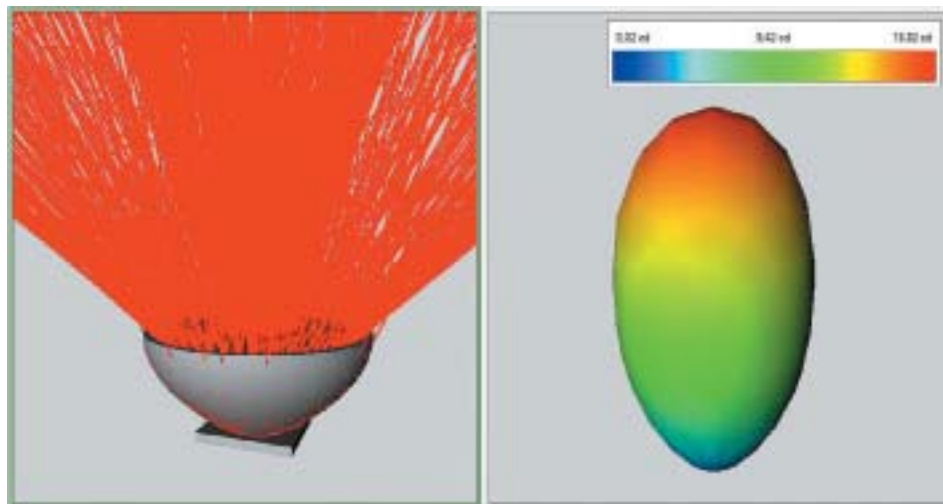


Рис. 5. Результат расчета светораспределения для модели светодиода с TIR-оптикой

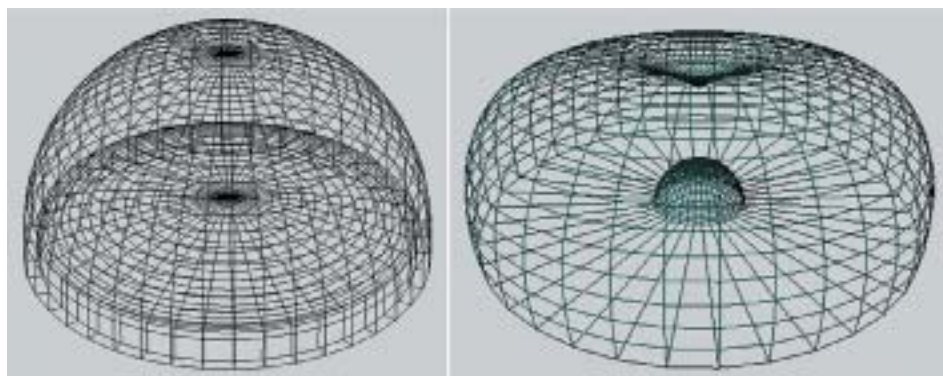


Рис. 6. Модели вторичной светодиодной оптики

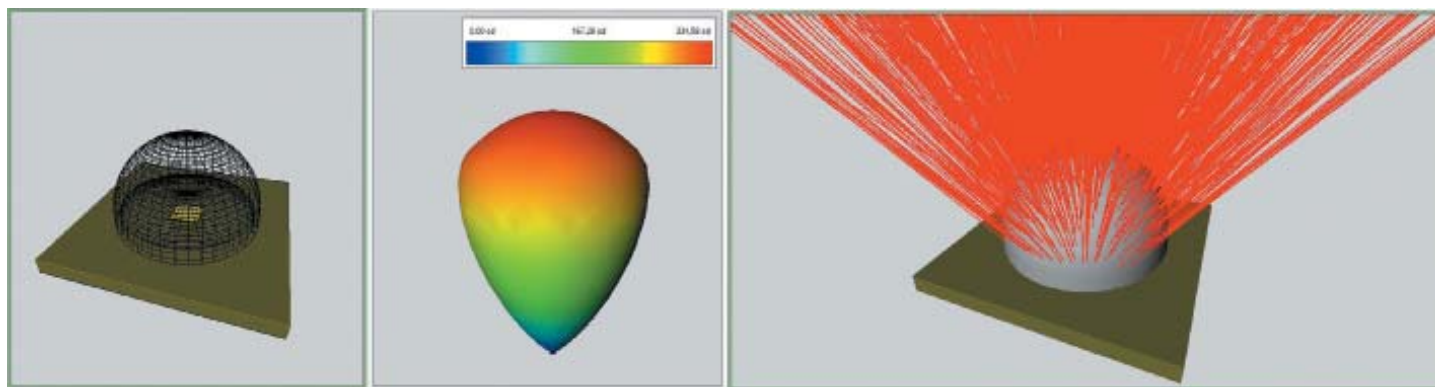


Рис. 7. Пример расчета и моделирования вторичной сферической светодиодной оптики