

Олег Рабинович | rawork2008@mail.ru | Андрей Максимов | maximov@ultran.ru  
 Михаил Моисеев | khatodrussia@khatod.com

# Фотолюминесценция во вторичной оптике для светоизлучающих диодов

➔ В статье рассматривается применение технологии фотолюминесценции люминофоров для создания эффективной вторичной оптики. Подробно представлены инновационные рассеиватели LUNA компании Khatod.



## Введение

Мудрые утверждали: *Per crucem ad lucem* (лат. «Через крест к свету»). Данный постулат совершенно точно подходит к светоизлучающим диодам (СИД), которые имеют очень сложную, но крайне увлекательную историю.

Начиная с 1907 г. и первого упоминания о свечении твердотельного полупроводникового материала и до начала XXI в. СИД на основе четверных многокомпонентных наногетероструктур прошли непростой путь развития. Трудно назвать другую область современной науки и техники, которая оказывала бы сейчас столь же сильное влияние на развитие экономики и науки, как полупроводниковая электроника. Подобно тому как изобретение транзистора У. Б. Шокли (W. B. Shockley), У. Х. Браттейном (W. H. Brattain) и Д. Бардином (J. Bardeen) в 1947 г. привело к электронному прорыву, оптоэлектроника как научно-техническое направление, стартовав на заре прошлого века, приобрела такую динамику развития, что становится правомерным сравнение оптоэлектроники с очередной научно-технической революцией.

В 2015 г., во время вручения награды SAPPHIRE AWARDS 2015 в области твердотельного освещения, г-н Джузеппе Васта (Giuseppe Vasta) (рис. 1), владелец компании Khatod Optoelectronic Srl., авторитетно отметил, что на сегодня для реализации закона Хейтца [3] (закон



Рис. 1. Г-н Джузеппе Васта (Giuseppe Vasta)

о двадцатикратном увеличении светового потока СИД при десятикратном уменьшении стоимости одного люмена в течение десятилетия, рис. 2) необходимо применение вторичной оптики. Обширный ассортимент продукции компании Khatod дает широкие возможности для творчества дизайнеров и расширяет области применения СИД. Инновационные продукты компании признаны во всем мире [1–4]. Безусловно, оптика не прибавляет искусственно световой поток, а только расширяет возможности направления/перенаправления светового потока — особенно для узкоугольных изделий, например прожекторов архитектурной подсветки.

За последние 20 лет достигнутый световой поток, излучаемый одним СИД, например белого цвета свечения, вырос с 0,5 лм в 1996 г. до нескольких тысяч люмен в настоящее время (например, СИД в корпусе COB (Chip-on-board, «чип на плате»), для которых компания Khatod предлагает большой выбор вторичной оптики), а стоимость одного люмена снизилась с €3 до пары центов за тот же период времени. КПД СИД белого цвета свечения увеличился с 10 до 45% за последнее десятилетие, подтверждая значительное увеличение эффективности СИД во всем спектральном диапазоне. Высокая эффективность и световой поток позволили современным СИД существенно сократить присутствие традиционных источников на рынке светотехники.

В настоящее время, в связи с ограниченными углами свечения от стандартных СИД, особое внимание уделяется проектированию и производству вторичной оптики, которая позволяет с большей эффективностью использовать широкие возможности СИД.

### Фотолюминесценция — принцип и применение

В начале XX в. было опубликовано множество статей, посвященных явлению излучения света из веществ при воздействии электрических полей. Этот эффект был назван «фотолюминесценция». В то время свойства и структуру материалов точно определить было невозможно, да и сам процесс эмиссии еще не был досконально изучен. В настоящее время общепринятым является тот факт, что фотолюминесценция — это люминесценция, возникающая под действием световых квантов. Различают

фотолюминесценцию с коротким послесвечением ( $\sim 10^{-10}$  с), называемую флуоресценцией, и с длительным послесвечением (секунды, минуты, часы), называемую фосфоресценцией. Правильнее, конечно, под флуоресценцией понимать спонтанную (самопроизвольную) фотолюминесценцию. В твердом состоянии способностью к фотолюминесценции обладают редкоземельные элементы и многокомпонентные системы, состоящие из кристаллических веществ, содержащих примесь посторонних ионов-активаторов. Многие элементы образуют с органическими соединениями флуоресцирующие комплексы или соли, причем их интенсивность свечения пропорциональна содержанию в растворе элемента. Фотолюминесценция органических веществ определяется строением их молекул; характерной является жесткость структуры, исключающая свободное вращение частей молекулы, что снижает возможность безызлучательных переходов. Данные эффекты являются основой рассматриваемых ниже инновационных продуктов компании Khatod.

На сегодня основными элементами вторичной оптики на рынке являются рассеиватели, которые устанавливаются в светильниках на основе люминесцентных ламп или на основе СИД. С их помощью производитель скрывает эффект образования неприятной для глаз высокой точечной яркости примененных источников света. Такой элемент светильника частично или полностью закрывает лампочку и тем самым обеспечивает более равномерное распределение света. Производители используют при изготовлении рассеивателей материалы, пропускающие и рассеивающие

свет, например высококачественный поликарбонат, метакрилат или полистирол. Рассеиватели позволяют перенаправлять световой поток от источника в заданную область пространства, что повышает комфорт пребывания в помещении и производительность работы персонала. Большинство современных рассеивателей производится из стабилизированного полистирола. Данный вид рассеивающих элементов пользуется большой популярностью ввиду своей невысокой стоимости. Однако нужно учитывать, что все составляющие осветительного оборудования должны быть не только недорогими, но и надежными и долговечными. Надежность рассеивателя заключается в постоянстве и неизменности его свойств несмотря на долговременную работу и внешние воздействия (нагрев, влажность). Существует несколько видов рассеивателей — прозрачные, матовые, они могут иметь гладкую поверхность (опал) или рифленую с графическим тиснением (призма, микропризма, «колотый лед», сота, «пинпост»).

Компания Khatod, один из мировых лидеров в разработке и производстве оптических линз и рассеивателей для светодиодного освещения из различных материалов, от пластика до силикона, продолжает расширять используемые технологии в светодиодной оптике. Совсем недавно Khatod выпустил серию инновационных рассеивателей LUNA, которые используют технологию фотолюминесценции люминофоров на основе алюминатов, позволяющую расширить границы светодиодного освещения. Основанные на технологии фотолюминесценции, рассеиватели LUNA могут иметь

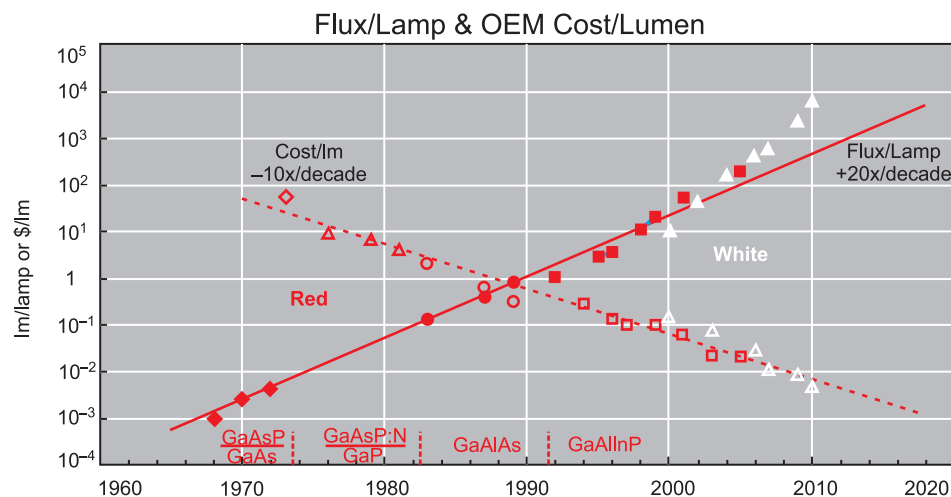


Рис. 2. Закон Хейтца

множество применений. Например, они оптимально подходят для случаев, когда требуется равномерный мягкий свет при включенном СИД, и обладают исключительной особенностью светиться в темноте при выключении питания СИД.

Как и все источники, основанные на эффекте фотолюминесценции, рассеиватели являются «заряжаемыми» и могут быть «перезаряжены» простым воздействием естественного или искусственного света всего за несколько минут. В частности,



**Рис. 3.** Рассеиватель серии LUNA в дневном режиме работы



**Рис. 4.** Рассеиватель серии LUNA при включенном светильнике



**Рис. 5.** Рассеиватели серии LUNA в ночном режиме

кристаллы рассеивателей серии LUNA «перезаряжаются» под воздействием света от включенного СИД, для которого и используется рассеиватель. После выключения источника света LUNA продолжает светиться в темноте в течение нескольких часов.

Как же работают рассеиватели серии LUNA на самом деле?

В дневном режиме, когда светильник выключен, кристаллы фотолюминесценции рассеивателей накапливают и запасают энергию (рис. 3). В рабочем режиме, когда светильник включен (рис. 4), рассеиватель освещает окружающее пространство, и свет от источника заряжает фотолюминесцентные кристаллы. В ночном режиме при выключенном светильнике рассеиватель излучает мягкий зеленый или синий свет (активизируются зеленые или, соответственно, синие кристаллы). В темноте кристаллы в рассеивателях серии LUNA излучают накопленную энергию в течение 6–8 ч, равномерно уменьшая яркость с течением времени (рис. 5).

Технология фотолюминесценции основана на применении люминофоров, полученных из природных нерадиоактивных, нетоксичных и безвредных редкоземельных минералов, которые обладают уникальной способностью поглощать и хранить энергию света, естественного или искусственного (рис. 6).

Рассеиватели серии LUNA имеют форму сферы диаметром 55 мм, выполненной из молочно-белого поликарбоната оптического класса, и предназначены для большинства популярных высокомоощных СИД типа COB. Люминофор содержится в массе материала, не стирается, не выцветает и сохраняет свойства на протяжении всего срока эксплуатации. Кристаллы или пигменты, применяемые для фотолюминесцентных рассеивателей серии LUNA, сертифицированы по стандарту REACH, являются взрыво- и влагоустойчивыми, нерадиоактивными, не токсичны и безопасны для экологии. Присутствие тяжелых металлов является незначительным и соответствует как европейским, так и российским стандартам безопасности.

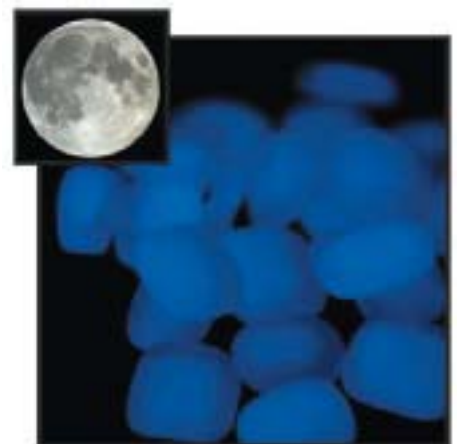
LUNA снабжены специальными адаптерами, совместимыми с большинством наиболее распространенных моделей СИД COB. Способ установки рассеивателя очень прост, он не требует пайки или приклеивания. Монтаж рассеивателя произво-

дится непосредственно на светодиодную матрицу с помощью системы Twist & Lock. Концепция очень проста, для установки нужно: а) закрепить адаптер на печатной плате с помощью двух винтов; б) зафиксировать рассеиватель LUNA на адаптере, просто повернув его (рис. 7).

Подчеркнем основные особенности рассматриваемых рассеивателей:

- взрыво-, вибро- и влагоустойчивость;
- устойчивость к воздействию УФ-лучей;
- нерадиоактивность, нетоксичность, экологическая чистота, безвредность для окружающей среды и человека (Green product);
- простота крепления на СИД;
- соответствие стандарту REACH (наличие сертификата);
- соответствие стандартам Zhaga;
- соответствие стандарту UL94.

Применение светильников с рассеивателями серии LUNA от компании Khatod



**Рис. 6.** Варианты люминофоров, полученных из природных нерадиоактивных, нетоксичных и безвредных редкоземельных минералов

позволяет расширить границы ландшафтного и архитектурного дизайна, воплотить в жизнь уникальные решения и взглянуть на обыденные вещи под новыми углами, не нанося вред ни природе (Green product), ни человеку, использующему такой светильник. ●

### Литература

1. [www.khatod.com/Khatod/Page.aspx?sio3\\_silicone\\_lenses\\_cob](http://www.khatod.com/Khatod/Page.aspx?sio3_silicone_lenses_cob)
2. Wright M. Recognizing the life and work of LED pioneer Roland Haitz // LEDs Magazine. 2015. № 8.
3. Haitz R., Tsao J.Y. Solid state Lighting // Physica Status Solidi A. 2011. № 208(1).
4. Lerman L. Roland Haitz. A Life of professional // LED professional. 2015. № 8.

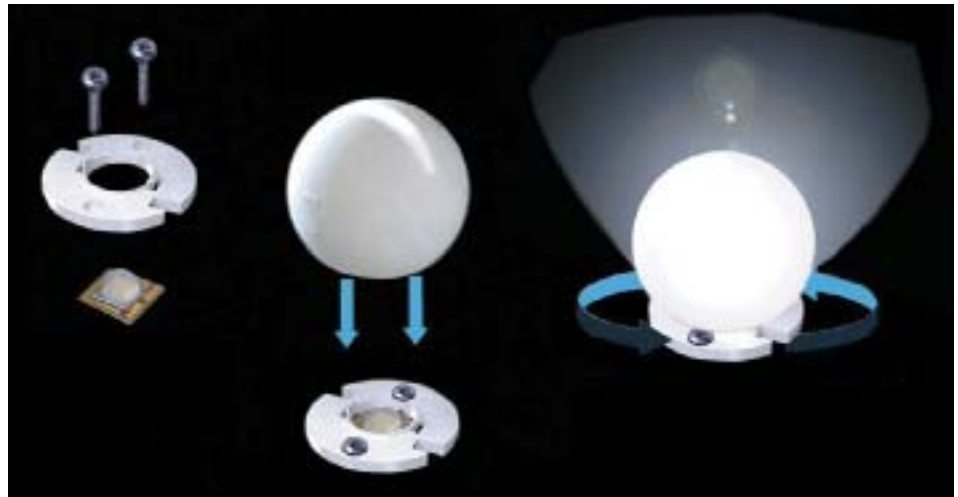


Рис. 7. Схема установки рассеивателя серии LUNA