

Энтони Энг (Anthony Ang) | Сулейман Тургут (Suleyman Turgut) |  
Мэри-Энн Джорджио (Mary Ann Giorgio)

# Роль специальной оптики в биологически и эмоционально эффективном освещении и архитектуре

➔ Несмотря на то, что тема биологически и эмоционально эффективного освещения относительно новая и окружена некоторыми спорами, мало кто станет оспаривать преимущества более естественного освещения в офисах, торговых залах и других архитектурных объектах. В статье рассказывается о специальной, или «третичной», оптике, которая может сыграть ключевую роль в новом подходе к освещению, учитывающем биологические и эмоциональные потребности людей. Примерами такой оптики могут служить рассеиватели и светонаправляющие пленки.



Энтузиасты биологически и эмоционально эффективного освещения стремятся привлечь внимание к преимуществам яркого освещения. Нарушения здоровья, связанные с неудачным планированием освещения, такие как снижение концентрации внимания, расстройства сна, утомление и раздражительность, хорошо подтверждены документально и могут усугубляться у лиц, страдающих светобоязнью, высокой светочувствительностью или сниженной остротой зрения.

По мере замены традиционных ламп и светильников энергоэффективными светодиодными аналогами проектировщики и изготовители светотехнических изделий сталкиваются с новыми трудностями. Свет, излучаемый открытым светодиодом, отличается высокой направленностью в сравнении со светом традиционных источников, и все же расхождение его светового пучка слишком велико для направленного освещения. Первичная оптика — линза — уменьшает расхождение пучка во всех направлениях и сосредотачивает его в пределах конуса с более узким углом раствора (около  $80^\circ$ ). Для дополнительной коллимации света в пучок с углом расхождения около  $10^\circ$ , которая необходима для освещения объектов на расстоянии более 1 м, требуется дополнительная вторичная оптика, например рефлектор или оптический компонент на основе эффекта полного внутреннего отражения (TIR-оптика). Обычно кроме этого нужна еще третичная оптика (например, рассеиватель или рассеивающая линза) для устранения неоднородностей светового пучка или получения требуемых геометрических параметров пучка (формы и угла расхождения).

Светодиодные лампы с переменным цветом свечения, подстраивающиеся под циркадные ритмы человеческого организма, а также новые достижения в части формирования необходимой цветовой температуры, освещенности и рассеивания света способствуют совершенствованию светодиодных светильников. Тем не менее равномерного распределения света достичь по-прежнему трудно из-за концентрированной и направленной природы света светодиодов. Кроме того, силы света светодиодов недостаточно для эффективного освещения объектной плоскости, находящейся на расстоянии

более полуметра. Специальная оптика (например, рассеиватели и светонаправляющая пленка), изначально предусмотренная конструкцией или добавленная на этапе эксплуатации, может быть эффективным и экономичным способом контроля над уровнем освещенности, блескостью, равномерностью цветовой температуры, направлением светового пучка и другими факторами, придающими освещению более здоровый (биофильный) характер.

### Роль третичной оптики в биологически и эмоционально эффективном освещении

Вторичная оптика — основополагающий компонент, обеспечивающий коллимацию светового пучка. В свою очередь, третичная оптика вступает в игру там, где возможностей вторичной оптики недостаточно для решения поставленной задачи. Например, биологически и эмоционально эффективное освещение будет устроено по-разному в крупном розничном магазине и в офисе, где требуется повысить производительность труда персонала за счет более здорового освещения. Рефлекторы могут оказывать слепящее действие при использовании их в помещениях с блестящими полами, а TIR-оптика, хотя и обеспечивает эффективную коллимацию, может оказаться не столь действенной в случае встраиваемых потолочных светильников, которые должны давать рассеянный свет, распределенный по большей площади. Именно в таких прикладных нюансах может помочь третичная оптика, например формирующие рассеиватели (Light Shaping Diffuser, LSD) и светонаправляющие пленки (Direction Turning Film, DTF). Эти оптические элементы позволяют изменить направление светового пучка, повысить однородность цвета, снизить блескость и устранить отвлекающие внимание яркие световые точки от светодиодов. Наконец, третичная оптика может помочь проектировщикам справиться с неудобными пространствами и не слишком удачным расположением светильников.

### Коллимация с последующим расширением пучка

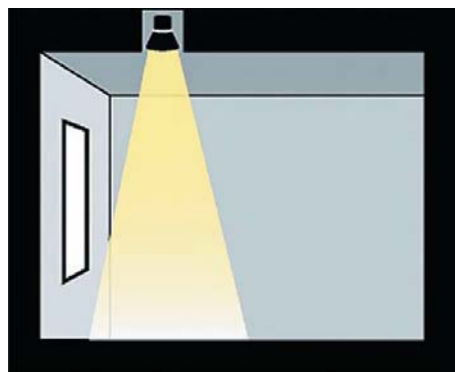
В формирующих рассеивателях используются рельефные поверхностные



Рис. 1. Эффекты, создаваемые эллиптическим формирующим рассеивателем с углами рассеивания  $60^\circ \times 1^\circ$

структуры, воспроизведенные с записанного голографическим способом исходного изображения. Эти псевдослучайные непериодические микроstructures преломляют свет, меняя направление распространения световой энергии. В комбинации со светильником или лампой формирующие рассеиватели позволяют проектировщику создать световой пучок нужной формы для решения конкретной задачи. С их помощью можно эффективно улучшить цветовую и пространственную однородность, а также снизить блескость и ослабить множественные тени. Встроив их в светодиодную ленту, можно устранить пикселизацию светодиодов, отрегулировать угол расхождения светового пучка и повысить однородность света на выходе вторичной оптики. Таким образом, принцип коллимации с последующим расширением заключается в том, что сначала пучок света собирается и коллимируется вторичной оптикой, а затем расширяется до нужного угла.

На рис. 1 показан пример эффектов, создаваемых эллиптическим формирующим рассеивателем с углами рассеивания  $60^\circ \times 1^\circ$  на светодиодной ленте. Свет рассеивается на угол  $60^\circ$  в горизонтальном направлении и всего на  $1^\circ$  в вертикальном направлении, за счет чего устраняются яркие световые точки, муар, дифракционное разложение и т. д.

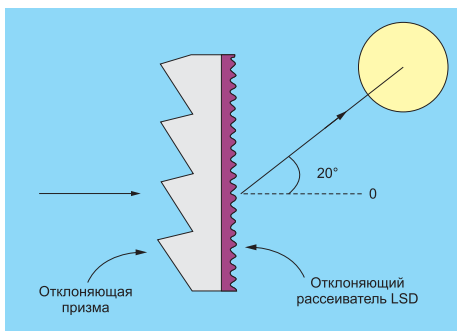


### Роль светонаправляющих пленок в биологически и эмоционально эффективном освещении

Светонаправляющая пленка — еще одна разновидность третичной оптики. Она позволяет проектировщикам лучше контролировать угол расхождения пучка. Светонаправляющая пленка представляет несимметричную линейную микропризматическую структуру, которая отклоняет световой пучок полуколлимированного источника света на  $20^\circ$ . Обычно она устанавливается внутри светильника либо архитектурного элемента со светодиодным источником света или над таковым. В сочетании с формирующим рассеивателем такая пленка позволяет проектировщикам повышать однородность светового пучка источника света, отклонять его и менять угол расхождения. Одно из основных преимуществ светонаправляющих пленок — возможность работы с внеосевым входящим пучком, чему есть множество практических приложений в сфере биологически и эмоционально эффективного освещения.

Рис. 2 показывает, как светонаправляющая пленка позволяет использовать внеосевой входящий пучок, а в сочетании с формирующим рассеивателем позволяет также задавать нужную форму и степень

Рис. 2. Светонаправляющие пленки позволяют работать с внеосевым входящим световым пучком



**Рис. 3.** Основные составные части светонаправляющего элемента и принцип его работы

однородности пучка. На рис. 3 показаны основные составные части светонаправляющего элемента и поясняется принцип его работы. Коллимированный пучок света падает слева. Свет отклоняется на  $20^\circ$  призматической структурой светонаправляющей пленки, а затем падает на поверхность рассеивателя и рассеивается.

Например, мы знаем, что на поведение покупателей в розничных магазинах влияет их самочувствие: если покупатель ощущает себя комфортно, он может дольше задержаться в магазине, а плохое освещение, особенно со спящим эффектом, может негативно сказаться на настроении.



**Рис. 4.** Применение формирующих рассеивателей и светонаправляющих пленок в крупном розничном магазине

Поскольку линейные светильники зачастую расположены по центру проходов между прилавками, блики от них на блестящем полу могут отвлекать. Светонаправляющая пленка, размещенная под вторичной оптикой, может перенаправить свет с пола на товар, освещая обе стороны прохода без воздействия на покупателей под светильником. Создать более комфортную атмосферу можно с помощью уже имеющихся светильников и без изменений во вторичной оптике.

Пример использования третичной оптики (формирующих рассеивателей и светонаправляющих пленок) в крупных розничных магазинах, где часто применяются линейные светильники, расположенные по центру прохода, показан на рис. 4. Эти пленки могут отклонять световой пучок от блестящего пола в направлении товара на витринах, уменьшая блескость и создавая более приятную атмосферу для покупок.

Светонаправляющую пленку можно применять во встраиваемых потолочных светильниках, которые монтируются близко к стене. Световой пучок, который в обычном случае был бы направлен вниз и отражался бы от стола, стойки или другой поверхности, можно отклонить на  $20^\circ$  и подсветить («залить светом») стену, превратив тем самым направленное освещение в объемное. Призматические структуры светонаправляющей пленки позволяют отклонять направленный свет, обеспечивают повышенную зрительную четкость, снижают блескость и повышают освещенность пола в проходах и на лестницах, что особенно полезно в больницах и домах престарелых. Рассеиватель с противоположной стороны пленки помогает создать более мягкое и комфортное освещение, ослабить тени, снизить блескость и смягчить другие факторы, способные вызвать дискомфорт. Светонаправляющие пленки могут также пригодиться во встраиваемых в пол или грунт светильниках для отклонения светового пучка на целевую стену или конструкцию и повышения освещенности или увеличения объема освещаемого пространства. Кроме того, светонаправляющие пленки успешно применяются в освещении бассейнов: с их помощью можно направить световой пучок на дно бассейна, не устанавливая светильник под углом.

На рис. 5 показан еще один пример применения светонаправляющих пленок.



**Рис. 5.** Светонаправляющая пленка может также использоваться для создания более приятного и равномерного освещения. Показан пример перенаправления света в бассейнах

Помимо решения распространенных задач внутреннего освещения, светонаправляющие пленки могут использоваться для перенаправления света в бассейнах. Помимо создания более приятного и равномерного освещения, пленка помогает предотвратить слепящий эффект, которому подвергаются купальщики, плывущие в направлении подводных светильников.

Светонаправляющие пленки имеют множество практических применений в биологически и эмоционально эффективном освещении, но им также свойственен ряд ограничений, с которыми следует считаться проектировщикам. Призматическая структура должна быть обращена к светодиоду, и светонаправляющие пленки наиболее эффективны при использовании с полуколлимированными пучками света от открытых светодиодов с большими углами излучения (более 80°). Пленку можно помещать непосредственно на вторичную оптику, но проектировщикам, работающим с открытыми светодиодами, следует оставлять некоторый зазор между источником света и пленкой, чтобы избежать перегрева.

### Перспективные применения

Хотя третичная оптика применяется в основном для повышения качества

биологически и эмоционального внутреннего и архитектурного освещения, светонаправляющие пленки встраиваются также в дисплеи авионики, чтобы обеспечить оптимальные углы обзора для командира воздушного судна и второго пилота. В числе прочих перспективных применений можно упомянуть сбор солнечного света в энергоэффективных зданиях: с помощью светонаправляющей пленки можно направлять солнечный свет на потолок, откуда он будет рассеиваться вниз для освещения более широких площадей.

Применения третичной оптики ограничены лишь воображением и изобретательностью инженеров, проектировщиков и всех участников рынка светодиодной светотехники. Возможность формировать световой пучок и направлять его в нужное место, не внося конструктивных изменений в светильник, позволяет проектировщикам применять принципы биологически и эмоционально эффективного освещения даже в самых неприспособленных помещениях и пространствах. ●

*Оригинал статьи опубликован на [www.led-professional.com](http://www.led-professional.com)*