

Йорг Вертли (Joerg Wertli)

# Линзы с настраиваемым фокусом

## для светодиодов

**Линзы с настраиваемым фокусом открывают новые возможности в проектировании светодиодного освещения. С этими линзами, умеющими менять форму, можно варьировать пространственное распределение силы света светильника, сохраняя эффективность на постоянном высоком уровне. Таким образом могут быть созданы компактные устройства, сочетающие в себе как направленный, так и заливающий свет. Эта инновационная технология предлагает простые и гибкие решения, особенно для музеев и магазинов.**

В случае точечного источника света существует множество вариантов, из которых можно выбрать любой с нужным углом рассеяния пучка. Так как они заранее известны и постоянны, производитель может еще на стадии проектирования выбрать, какие углы использовать. В некоторых случаях можно будет заменить оптику для получения другого пространственного распределения силы света. Однако это требует больших затрат времени и труда, особенно если после установки светильника затруднен доступ к лампе. Традиционные решения, которые позволяют изменять диаграммы пространственного распределения силы света без замены компонентов, обычно обладают такими недостатками, как снижение эффективности и сложность.

Один из подходов заключается в перемещении линзы относительно светодиода, чтобы сфокусировать поток до нужной величины. Однако обычно в процессе появляются артефакты (кольца и тени), кроме того, с увеличением расстояния от светодиода теряется много света. С другой стороны, крупные выставочные или некоторые музейные светильники укомплектованы увеличивающей линзой для настройки размера светового пятна. Но пока что они громоздки и недостаточно эффективны, дороги в проектировании и изготовлении, что делает такой способ неприемлемым для массового применения. В противоположность

им настраиваемые линзы позволяют установить угол излучения по месту и менять его по мере необходимости. Также существует возможность автоматизации процесса настройки для удаленного управления светом. Наличие одного устройства, сочетающего в себе возможность получить направленный и заливающий свет, понижает сложность и стоимость осветительной системы в целом. Кроме того, настраиваемые линзы предлагают новые возможности варьирования диаграммы пространственного распределения силы света для различных ситуаций, что востребовано, например, в выставочных галереях со сменными экспозициями.

### Принцип работы линз с настраиваемым фокусом

Настраиваемые линзы для светодиодов от Optotune способны менять свою форму. Основа линзы — контейнер, заполненный оптической жидкостью и закрытый эластичной полимерной мембраной. При наклоне корпуса контейнер сжимается кольцом (так называемый «формирователь»), вследствие чего в нем повышается давление, меняется форма линзы и уменьшается фокусное расстояние (рис. 1). Световой диаметр и положение формирователя линзы остаются постоянными во всем диапазоне настройки, ввиду чего отсутствуют потери эффективно-

сти вне зависимости от того, настроена линза на заливающий свет или точечный источник. Эффективная и компактная, эта технология позволяет достаточно точно изменять фокусировку. Жидкость для таких линз изготовлена на полимерной основе, легко проницаема для длин волн от УФ- до ближнего ИК-диапазона. Кроме того, материал стабилен по отношению к УФ-лучам, поэтому может быть использован в светильниках, где присутствует постоянное воздействие ультрафиолета вплоть до длин волн 250 нм. В дополнение к этому полимерный материал имеет высокое число Аббе, что сводит к минимуму возникновение аберраций при передаче цвета.

### Оптические устройства. Общие положения

На рис. 2 изображен прожектор ML-25-50 Lumilens, разработанный фирмой Optotune и обладающий компактным дизайном. Оптическая схема светильника с настраиваемой линзой приведена на рис. 3. Светодиод и вторичная оптика определяют максимальный угол рассеяния луча. Настраиваемая линза формирует луч от рассеянного до направленного. При разработке оптики с использованием настраиваемой линзы надо учитывать, что результирующий угол настройки сильно зависит от световых характеристик светодиода и вторичной оптики. Их комбинация, дающая угол рассеяния 40° и выше, демонстрирует наилучшие результаты, открывая возможности

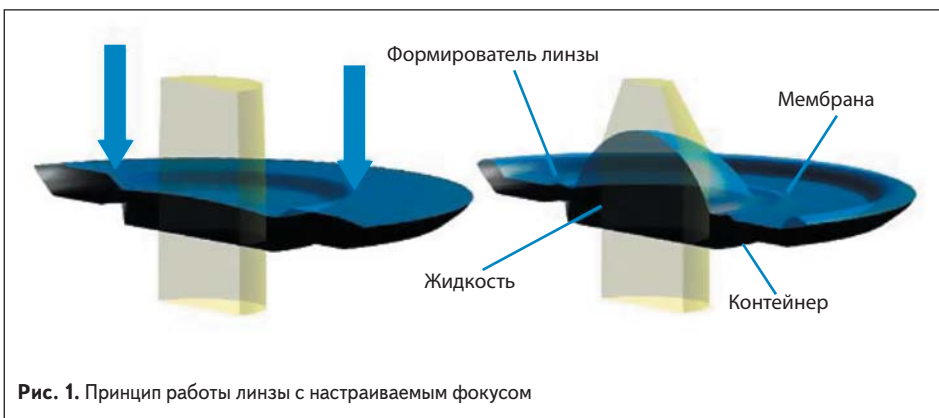
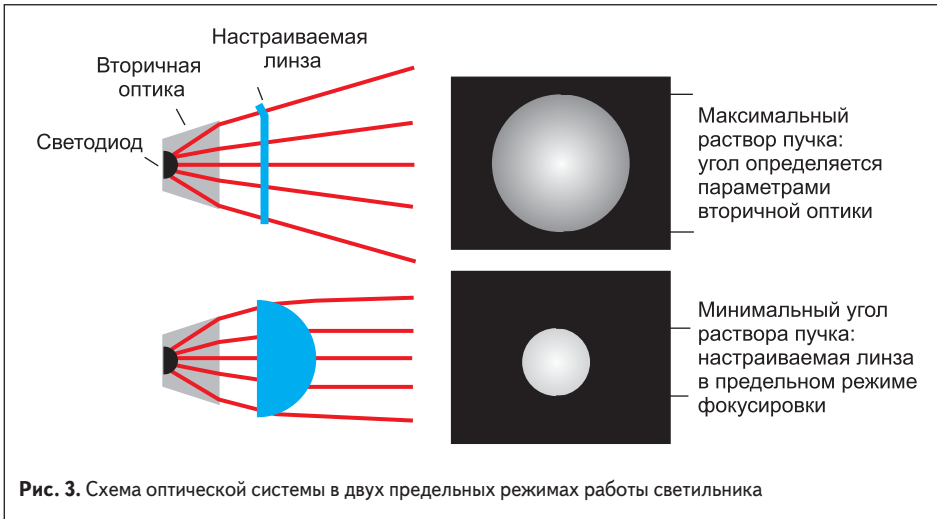


Рис. 1. Принцип работы линзы с настраиваемым фокусом



Рис. 2. Пример применения настраиваемых линз, светильник ML-25-50 Lumilens с компактным дизайном



### Линзы с настраиваемым фокусом в светодиодных сборках

Сборки светодиодов часто используются в больших светодиодных светильниках для увеличения светового потока. Можно создать сетку для фиксирования настраиваемой линзы напротив каждого светодиода. Вторая сетка с формирователями линзы встраивается таким образом, чтобы можно было сжимать жидкость во всех элементах. Таким образом, появляется возможность широкой подстройки для различных массивов светодиодов. Благодаря перекрытию световых полей соседних светодиодов получается однородный свет, который в итоге дает красивое, равномерное пятно освещенности.

### Заключение

Подводя итоги, можно сказать, что линзы с настраиваемым фокусом открывают новые возможности для различных световых решений. Благодаря использованию полимерных материалов эти линзы имеют выдающиеся цветовые характеристики трансформированного излучения и большой диапазон расстояния, на котором обеспечивается приемлемая освещенность. Материалы, из которых изготавливаются линзы, показывают высокое пропускание во всем диапазоне спектра от УФ до ближнего ИК, а также стабильны к УФ-излучению. Настраиваемые линзы очень привлекательны для использования в светодиодном освещении, когда требуется изменять размер светового пятна. Принцип формирования линзы позволяет сохранять постоянным расстояние до светодиода, благодаря чему можно избежать потерь светового потока. Кроме вариативного освещения в музеях, магазинах и других ситуациях, когда необходима подсветка изменяющихся объектов, технология настраиваемых линз очень привлекательна для компактных увеличивающих линз, GOBO-проекторов и светодиодных сборок.

фокусировки в сторону малых углов (до 10° в некоторых случаях). Для достижения лучшего из возможных результатов настраиваемая линза должна быть помещена на таком расстоянии от вторичной оптики, чтобы все рабочее отверстие заполнялось светом. Таким образом, с возрастанием размера отверстия по сравнению с размером вторичной оптики возрастает и расстояние между ними. Теоретический подход и оптические симуляторы очень эффективны для определения точного расстояния и ожидаемых характеристик. С другой стороны, эффективным может быть практический подход, позволяющий гибко изменять дистанцию между различными компонентами, чтобы определить оптимум в лабораторных условиях. Если используется отражатель для сведения лучей перед настраиваемой линзой, следует установить рассеиватель между ними, чтобы избежать отображения кристалла светодиода на малых углах раствора. Кроме того, отражатель должен иметь гладкую поверхность или очень мелкую структуру, чтобы избежать проявления его структуры в световом пятне. TIR-оптика с матовой поверхностью может позволить не использовать дополнительный рассеиватель.

например трапециевидной — для подчеркивания перспективы картин в музеях. В таких случаях промежуточная маска получается с помощью проекционной оптики. Тот же принцип применяется в GOBO-проекторах, где маска может содержать, к примеру, логотип компании. Увеличивающая оптика включает в себя различные линзы, позволяющие изменять размер проекции. И в этом случае линзы с настраиваемым фокусом могут помочь уменьшить размер и повысить эффективность таких устройств. Оптические системы с плоско-выпуклой линзой дают увеличение в 4–16 раз при использовании двух подвижных линз и нескольких постоянных. С настраиваемыми линзами такая система может получиться компактнее, чем традиционная. К тому же присутствует возможность описанного преобразования без физического перемещения линз, а лишь за счет искривления настраиваемой линзы. Таким образом, увеличивающие системы могут быть функционально аналогично организованы при той же стоимости, что и традиционные системы.

### Оптические устройства. Особые решения

Как было сказано выше, оптические конструкции с углом рассеяния около 40–50° дают лучшие результаты, однако есть ситуации, когда требуется особенно узкий или широкий угол с возможностью настройки. К примеру, на рис. 4 показано устройство с узким пучком. Использование TIR-оптики с расхождением 24° позволяет добиться фокусировки до 6°. С другой стороны, оптика с углами более 100° хороша с практической точки зрения. Используя постоянную линзу для получения пучка 100° перед настраиваемой линзой, можно добиться значений в 30°.

### Оптические системы для увеличения изображения

В большинстве ситуаций требуется размытое пятно, но иногда нужно получить однородное пятно со специфической, определенной формой,

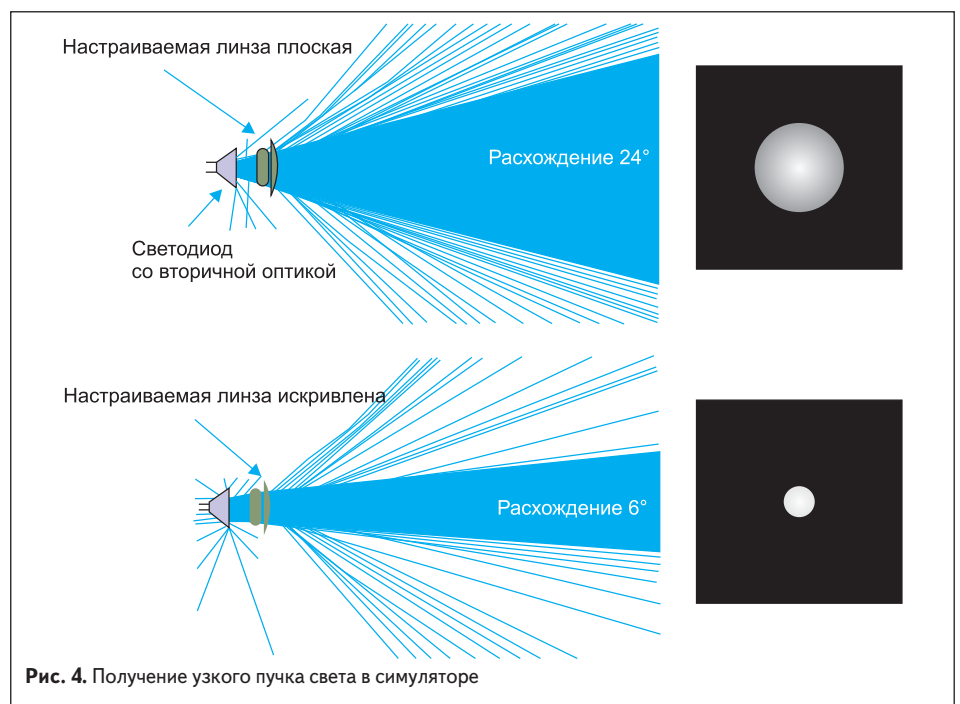


Рис. 4. Получение узкого пучка света в симуляторе