

# Технологические преимущества светодиодов OSRAM OS

Технологическое превосходство компании OSRAM OS обусловлено высокими финансовыми, технологическими и ресурсными инвестициями на всех стадиях процесса, начиная от глубоких теоретических изысканий и заканчивая процессами контроля качества конечной продукции. Это касается и разработки новых люминофоров. Особое внимание при разработке нового поколения светодиодов компания уделяла вариантам с высоким CRI, которые наиболее часто ис-

пользуются при конструировании офисных светильников (рис. 1). Люминофоры получили новые компоненты, которые усилили светоотдачу, уменьшили падение светового потока в зависимости от рабочей температуры. С учетом уменьшения падения напряжения на кристалле изменение эффективности светодиода от комнатной до рабочей температуры составляет всего 3%.

Помимо повышения светоотдачи и улучшения температурных свойств люминофора

была усилена его стойкость к воздействию водяного пара. Люминофоры OSRAM OS отличаются особенно высокой водостойкостью. Это, в том числе, относится и к люминофорам для «теплых белых» светодиодов. Проверкой водостойкости является так называемый тест в «духовке» (рис. 2). Светодиоды выдерживаются при экстремальных условиях в течение ~160 часов (окружающая температура  $T = 120\text{ }^{\circ}\text{C}$ , относительная влажность 100%). Этот тест моделирует поведение светодиода в течение

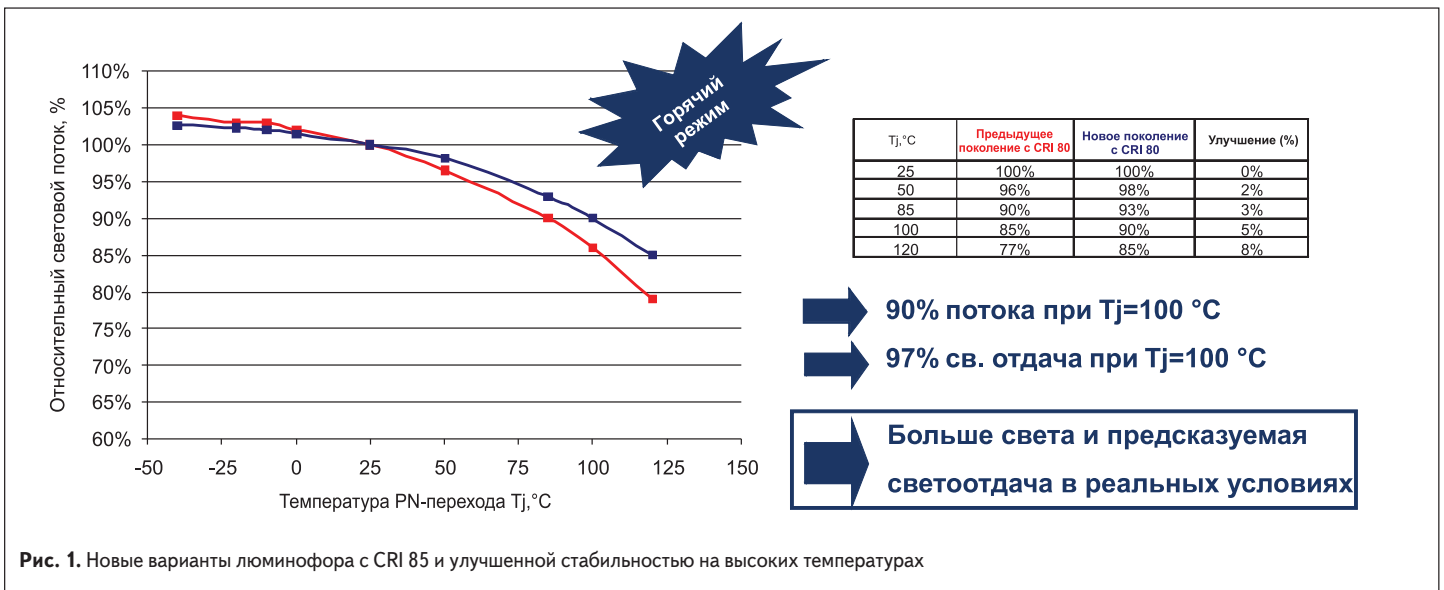


Рис. 1. Новые варианты люминофора с CRI 85 и улучшенной стабильностью на высоких температурах

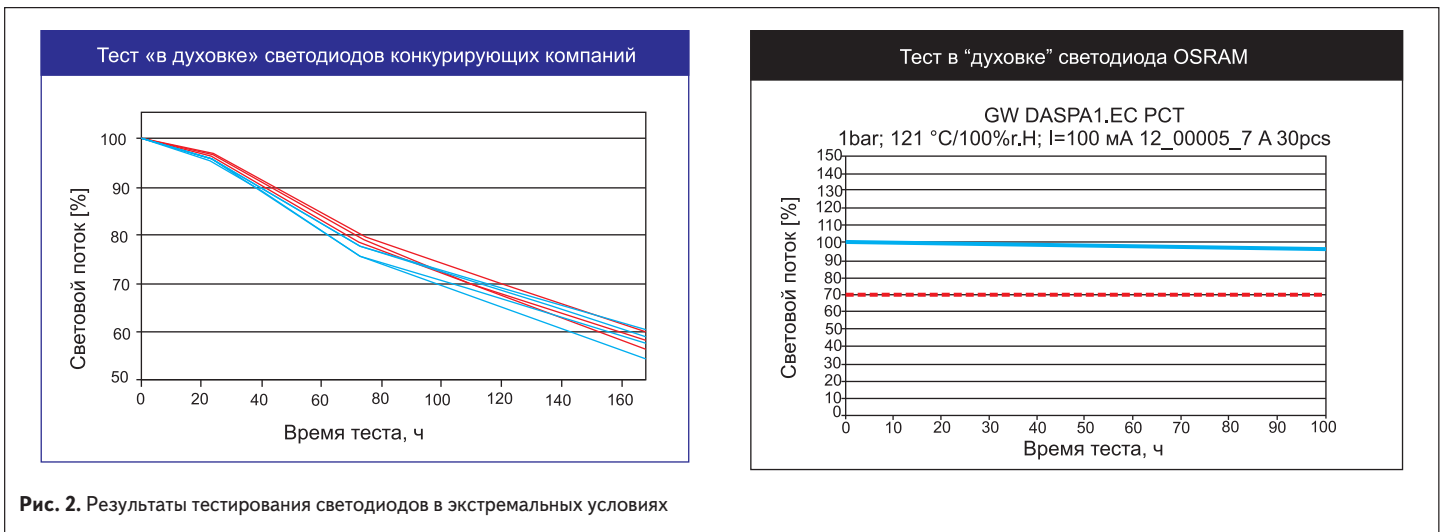


Рис. 2. Результаты тестирования светодиодов в экстремальных условиях

срока службы. Изменение светового потока светодиода, не обладающего водостойкостью, заметно отличается от светового потока светодиода OSRAM. Измерения проводились для «теплого белого» варианта светодиода.

Оптимизация технологии выращивания гетероструктуры на сапфире позволяет превосходить светодиоды, выращенные на подложках из SiC.

Примитивная модель выращивания гетероструктуры на подложке из карбида кремния показывает наличие 3% неоднородностей (рис. 3). Технология выращивания на основе сапфира дает 13% неоднородностей в границах с подложкой. Для решения данной технической задачи учеными OSRAM OS был разработан механизм коррекции кристаллических деформаций, резко уменьшающий количество дефектов в области p-n-перехода по мере удаления от подложки. Именно количество дефектов в области p-n-перехода определяет эффективность кристалла и обеспечивает высокую световую отдачу. Таким образом, величина остаточных дефектов в кристалле снижается до 1,4%, что в несколько раз ниже, чем при использовании технологии выращивания кристаллов на подложке из карбида кремния (рис. 4) Данная технология коррекции кристаллических деформаций применима только в случае наличия большого количества неоднородностей кристаллической решетки на начальном этапе выращивания кристалла и не подходит для устранения дефектов в структурах на основе карбида кремния. Таким образом, уровень дефектов в 1,4% является недостижимой величиной для технологий на основе карбида кремния.

Для создания гетероструктуры с равномерно низким уровнем дефектов разработана специальная технология горизонтальной лазерной резки, которая удаляет сапфировую подложку вместе с зоной высокой неоднородности кристаллической решетки. Это приводит к дополнительному повышению светоотдачи за счет лучшего растекания тока. Также происходит снижение падения напряжения на кристалле за счет уменьшения паразитного сопротивления гетероструктуры (рис. 5).

Значительные улучшения произошли и в оптической системе светодиода. Применение светоотражающей поверхности позволило на несколько процентов улучшить светоотдачу. Известно, что свет за пределами углов >90° не может использоваться вторичной оптикой светильника. Например, OSLOM Square излучает около 2% света при углах более >90°. Этот свет отражается корпусом и направляется в линзу, получая второй шанс выхода из вторичной оптики. Светодиоды других крупных производителей имеют большие потери в оптических системах (свет при углах >90°), которые могут достигать 8–10%, тем самым ухудшая общую эффективность системы.

Дополнительный выигрыш в эффективности оптической системы светильника дает плазменное глазирование линзы. Силикон, применяемый для изготовления линз, очень липкий. Частицы пыли могут прилипнуть к линзе и уменьшать световой выход. При

### Различие в строении кристаллической решетки на различных подложках по версии компании CREE

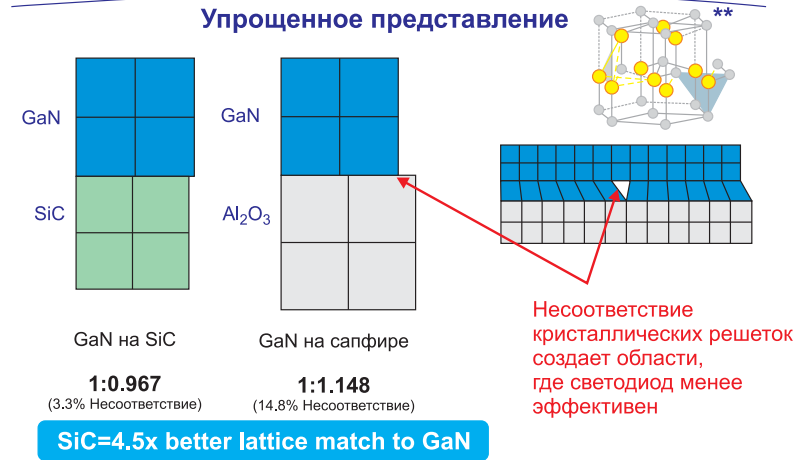
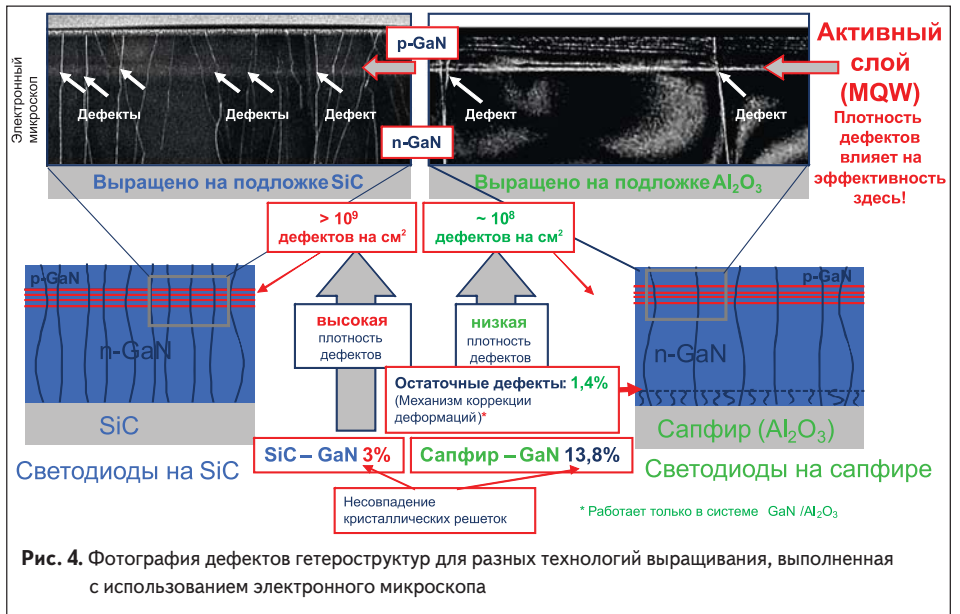


Рис. 3. Примитивная модель выращивания гетероструктуры на подложке из карбида кремния



- Удаление дефектов материала в нижнем слое GaN приводит к увеличению светового выхода и как следствие повышению светоотдачи светодиодов

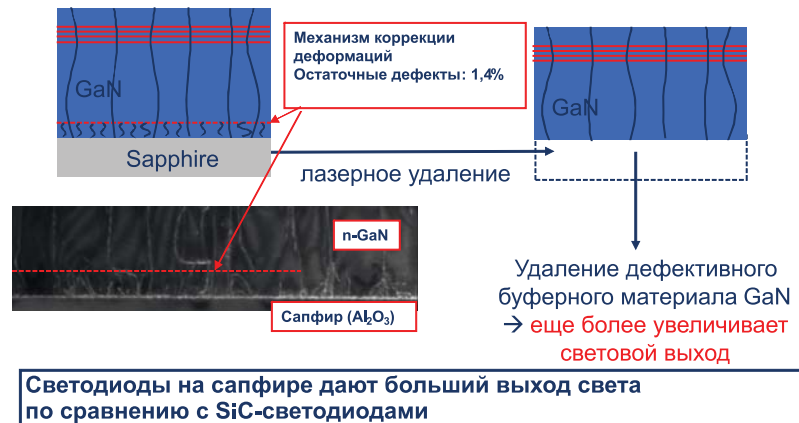


Рис. 5. Технология лазерного удаления дефектной области

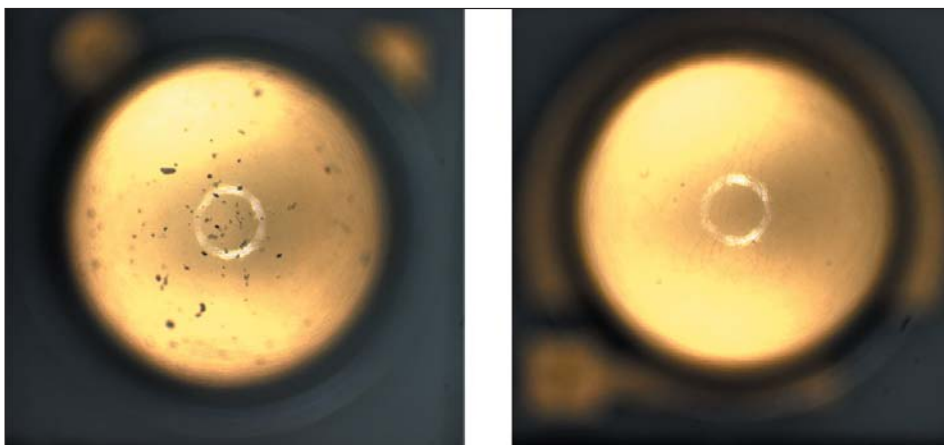


Рис. 6. Плазменное глазирование силиконовой линзы (до и после обработки)

автоматическом монтаже светодиод может прилипнуть к инструменту pick&place и вызвать дополнительные потери компонентов (до 5% на этапе монтажа). Для улучшения параметров силиконовых линз в семействе OSLOON применяется плазменная обработка поверхности линзы. Благодаря этой технологии из силикона удаляются гидрокарбонатные группы и остаются структурированные молекулы Si и O, которые образуют подобную кварцу структуру (рис. 6). Глазированный слой получается нелипким и отталкивает пылевые частицы, оставляя линзу чистой в течение всего срока службы. Глазированный слой более твердый, чем мягкий силикон, что улучшает эксплуатационные качества светодиодов, предотвращает повреждение линзы и кристалла при производстве и обслуживании светильников. ●