

Алексей Ковш, к. ф.-м. н.

Направления конкурентной борьбы на светодиодном рынке

Светодиоды обретают все большую популярность в повседневной жизни. В настоящее время наиболее активно они применяются в автомобилестроении, мобильных устройствах (сотовые телефоны, фотоаппараты, ноутбуки и т. д.) и различных дисплеях (мониторы компьютеров, телевизоры, ноутбуки). К сожалению, российские производители в этих отраслях либо вовсе отсутствуют, либо их товар не имеет конкурентных преимуществ по сравнению с мировыми аналогами. Как следствие, единственным сектором для активного внедрения светодиодов в России становится рынок осветительной техники.

Именно в этой сфере Россия может дать производителям светодиодов огромное преимущество в виде обширной территории, в особенности в северной части страны, которая является идеальным местом для тестирования пилотных проектов и дальнейшего распространения продукции, успешно прошедшей тестирование. Экономия и перераспределение электроэнергии на севере страны, в городах, лежащих за полярным кругом, становится делом государственной важности.



Рис. 1. Светодиодные светильники для офиса:
а) Оптолукс-Офис-45;
б) Оптолукс-Офис-60

Российский рынок в настоящее время мал, он составляет примерно 1% от мирового. Большинство российских светодиодных компаний не могут похвастаться самостоятельным изготовлением светодиодов. Они закупают за рубежом светодиодные чипы либо уже готовые корпусированные светодиоды и монтируют их в светотехнику собственного производства.

Группа компаний «Оптоган» — одна из немногих в мире вертикально интегрированных светодиодных компаний. Один из основных принципов работы фирмы заключается в производстве светотехнической продукции только на основе собственных светодиодов (рис. 1). На сегодня светодиоды производятся в Германии, но «Оптоган» активно наращивает производственные мощности в России и намерен в последующие два года перевести сюда полный технологический процесс производства. Все это делается с целью занять существенную долю российского рынка.

Учитывая поддержку государственных структур и наличие ряда государственных программ, способствующих развитию инновационных компаний, можно предположить, что в скором будущем российский рынок будет достаточно развит и на нем появятся светодиоды и светодиодная светотехника различных российских производителей.

Компания «Оптоган» обладает собственными уникальными запатентованными разработками в области эпитаксиального выращивания светоизлучающих гетероструктур и процессирования светодиодных чипов. Одна из таких разработок — собственно процесс выращивания полупроводниковой гетероструктуры с пониженной плотностью дислокаций.

Одна из главных проблем светодиодов — это ограничение по максимальному току, который может через него пропускаться. С увеличением тока эффективность преобразования электрической энергии в световую резко снижается. Большая часть энергии преобразуется в тепло, вызывая повышение температуры светодиода, что, в свою очередь, ведет к сокращению срока его службы. Это в основном

обусловлено паразитными процессами безызлучательной рекомбинации носителей заряда на дефектах кристаллической структуры GaN — ростовых дислокациях (РД). Ростовые дислокации возникают при эпитаксиальном росте пленок нитрида галлия на подложках (например сапфира или карбида кремния), рассогласованных с ним по параметру постоянной решетки.

Основателями «Оптогана» в результате исследований была разработана теоретическая модель, позволяющая описывать эволюцию плотности РД в зависимости от толщины эпитаксиальной пленки GaN с учетом управляемого изменения наклона РД путем контроля режимов роста пленки.

Предсказано, что управление параметрами модели позволяет достичь уменьшения плотности РД вплоть до $2,0 \times 10^7 \text{ см}^{-2}$ для пленок микронной толщины, в то время как обычно достижимая плотность РД составляет $10^8 - 10^9 \text{ см}^{-2}$. Была предложена новая экспериментальная многоступенчатая схема роста пленок GaN, которая отличается эффективностью и простотой реализации. В частности, данная схема может быть реализована без дорогостоящих технологических операций, связанных с остановками и повторными запусками технологического процесса. В результате наблюдаемая

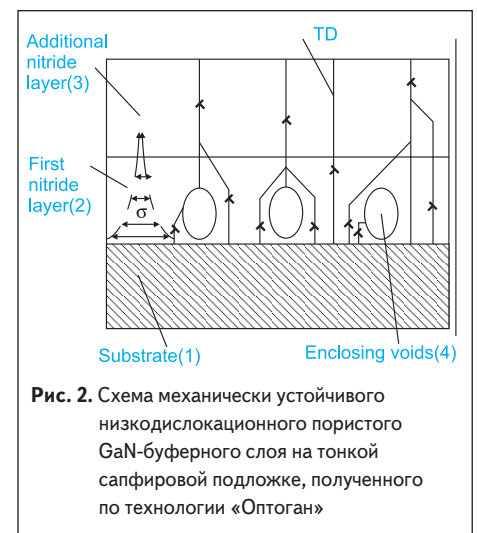


Рис. 2. Схема механически устойчивого низкодислокационного пористого GaN-буферного слоя на тонкой сапфировой подложке, полученного по технологии «Оптоган»

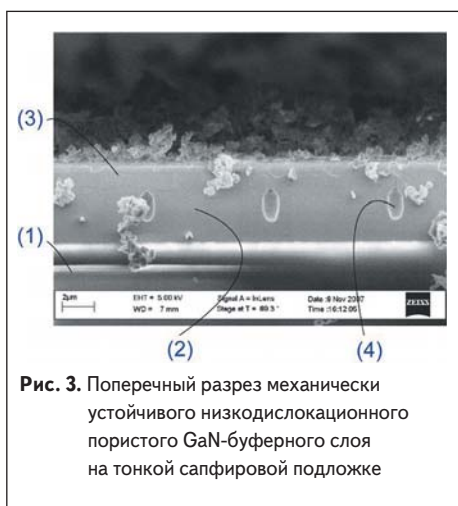


Рис. 3. Поперечный разрез механически устойчивого низкодислокационного пористого GaN-буферного слоя на тонкой сапфировой подложке

в эксперименте плотность РД оказывается порядка $5,0 \times 10^7 \text{ см}^{-2}$, что соответствует предсказаниям модели (рис. 2, 3).

Другим существенным аспектом создания качественных GaN-подложек и буферных слоев является снижение уровня механических напряжений. Компанией «Оптоган» предложен новый метод, основанный на создании зарастаемых пустот (микро- и нанопор) в полупроводниковой структуре с помощью контролируемого травления и последующего изменения режимов роста нитридных слоев (рис. 4). Наличие пор в буферном слое GaN позволяет попутно улучшить выход света из светодиодных чипов за счет эффективного изменения показателя преломления гетероструктуры.

Благодаря современным технологиям и разработкам компания «Оптоган» вполне способна составить конкуренцию основным производителям как по эффективности и качеству, так и по цене производимых светодиодов. Уже сейчас основная борьба между производителями разворачивается по нескольким направлениям.

В первую очередь, это, конечно, общее увеличение светоотдачи с единицы площади светодиодного чипа и связанной с этим эффективности светодиодов. Можно сказать, что в этом году типовые значения эффективности составляли 100 лм на 1 Вт. Уже в следующем году типовые значения могут возрасти до 120 лм/Вт. К 2015 г. ожидается достижение границы в 180 лм/Вт. То есть в течение пяти следующих лет ожидается рост эффективности и соответствующего снижения потребления энергии еще на 80% по отношению к сегодняшнему уровню.

Следующим важным направлением является разработка и внедрение светодиодов с высокой цветопередачей. Производители переходят на более сложные по составу люминофоры. Многих потребителей уже не устраивает «больничный» белый свет светодиодного светильника, искажающий цвета освещаемых объектов. Все более востребованными становятся светодиоды с коэффициентом цветопередачи более 90%.

Третьим направлением является борьба за качество светодиодов, удовлетворяющих

новым потребительским стандартам. Показательной является ситуация в США, где уже разработаны нормы US IESNA LM80 для светодиодных компонентов и LM79 для светодиодных ламп. Лампы и компоненты, не соответствующие данным нормам, в ближайшем будущем практически невозможно будет вывести на американский потребительский рынок.

Кроме этого, производители светодиодной техники стараются создавать эффективные осветительные приборы, максимально дружественные к конечному потребителю и не требующие специальных навыков и знаний при их монтаже. Достижение поставленных целей возможно различными способами, что стимулирует рост количества оригинальных разработок и технологий практически на каждом этапе производства как отдельного светодиода, так и светодиодного светильника или иного светодиодного устройства.

Так, повышение эффективности светодиода происходит не только за счет совершенствования эпитаксиальных структур светодиодного чипа, но и за счет изменения дизайна чипа, позволяющего более равномерно распределять большие токи по поверхности и тем самым улучшить эффективность излучательной рекомбинации электронно-дырочных пар в по-

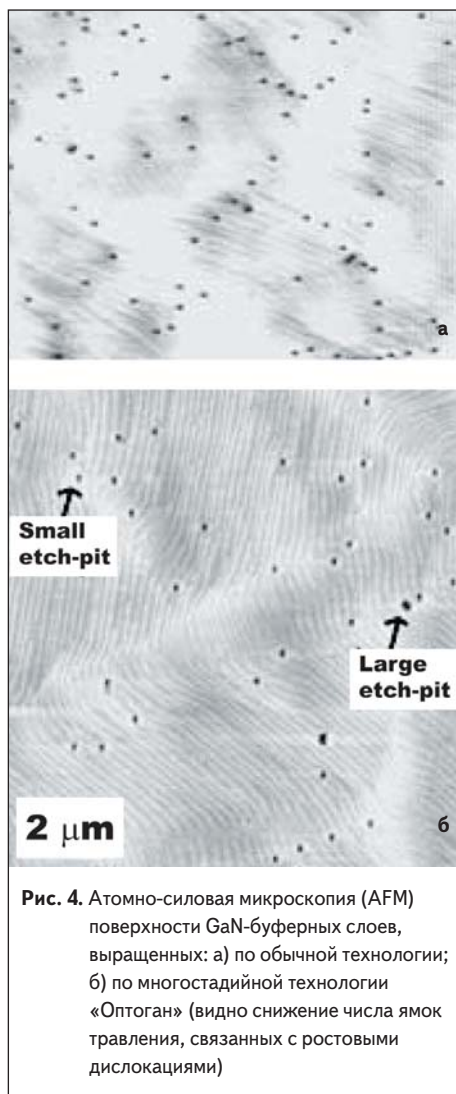


Рис. 4. Атомно-силовая микроскопия (AFM) поверхности GaN-буферных слоев, выращенных: а) по обычной технологии; б) по многостадийной технологии «Оптоган» (видно снижение числа ямок травления, связанных с ростовыми дислокациями)

лупроводниковой структуре и, в конечном итоге, эффективность светодиода. Материалы, покрывающие светодиодный чип, изменяются с целью уменьшения внутреннего отражения на границе сред и увеличения оптического выхода из чипа во внешнюю среду. Сами корпуса светодиодов также претерпевают изменения с целью улучшения отражения света и предотвращения временной деградации материала корпуса, в том числе и под действием внешнего ультрафиолетового излучения солнца.

За каждым из подобных новшеств стоят серьезные научные исследования и разработки в области полупроводников, теплофизики, оптики, электротехники и химии. Каждый месяц ведущими мировыми производителями патентуются несколько десятков новых изобретений, так или иначе связанных со светодиодной тематикой. Именно поэтому светодиоды — это не только результат инновационной деятельности, но также и источник для деятельности подобного рода в смежных областях.

Однако пока в светодиодах не все так гладко, как любят описывать в рекламе некоторые производители светотехники. В настоящее время активно рекламируется срок жизни светодиодов порядка 100 000 часов, это более 11 лет. Но при этом никто не делает оговорки о том, что речь идет о долговечности самого светодиода при определенных, достаточно комфортных условиях, и не учитывается срок службы, например, источника питания, который в настоящий момент в среднем короче, чем срок службы самого светодиода.

Эффективность и долговечность светодиодов существенно падает при росте температуры. Если светодиодный светильник перегревается, то все его преимущества сводятся на нет, вплоть до того, что такой светильник очень быстро выходит из строя. Именно в этом и кроется основная проблема для повсеместного внедрения светодиодной техники — острая нехватка специалистов, умеющих создавать качественные светодиодные осветительные приборы и комплексные решения, работающие в различных, порой сложных внешних условиях. На рынке нет недостатка в качественных светодиодных компонентах, но пока есть недостаток в людях, умеющих правильно разрабатывать светодиодные устройства с эффективной электроникой, правильной оптикой и термическим регулированием.

Покупка эффективного светодиода автоматически не гарантирует, что устройство также будет эффективным. Как раз непродуманные решения приводят к производству некачественных светодиодных систем, которые в итоге приносят конечным потребителям большие разочарования и вредят всему имиджу светодиодной техники. Именно поэтому компания «Оптоган» ведет поиск и сотрудничает только с наиболее перспективными производителями светотехники с целью создания эффективных высококачественных светодиодных приборов, адаптированных к российским условиям.