

НЕТРАДИЦИОННЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИЗЛУЧАЮЩИХ ДИОДОВ

Представлен обзор последних тенденций в применении излучающих диодов (ИД) в разных областях и сферах нашей жизни: это и сельское хозяйство, и медицина, и различные электронные устройства, и использование для нужд милиции, и в авиа- и автомобилестроении, и, конечно же, в знаковосинтезирующих приборах и освещении.

За последнее десятилетие произошёл прорыв в исследованиях и производстве нитридных многокомпонентных гетероструктур, а также приборов на их основе. Нитриды, соединения III группы, такие как GaN, InN, AlN и их твёрдые растворы $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ и $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$, являются очень интересными для оптоэлектронных приборов [1]. Обширный диапазон изменения ширины запрещённой зоны от 1,95 до 6,3 эВ, сильные связи взаимодействия и высокая теплопроводность GaN и его твёрдых растворов делают их особенно интересными для применения в оптоэлектронике, в коротковолновой, электролюминесцентной и высокочастотной электронике.

Прогресс, достигнутый в разработках и производстве оптоэлектронных полупроводниковых приборов в настоящее время, в первую очередь связан с использованием соединений и твёрдых растворов типа $\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{V}}$ [2]. Яркими представителями этого класса приборов являются излучающие диоды (ИД). Исследования и разработки в области материалов и технологий их производства в 60–90-е годы дали мощнейший импульс развитию электроники. В ряду этих «атлантов» были Н. Холодняк, Х. Маруска, Дж. Тиджен, Ж. Панков, О. Лосев и многие другие [3, 4].

Появление ИД на основе многокомпонентных гетероструктур AlInGaN позволили решить проблему низкого светового выхода, а также ограниченного диапазона цветов, что ранее препятствовало применению ИД в освещении. Широкое распространение ИД стало возможным благодаря существенному росту их светового потока и уменьшению стоимости. Яркость, квантовый выход и многообразие цветов свечения ИД достигли такого уровня, что это может привести к революции в освещении и в других областях применения ИД. Появление ИД из новых материалов, с излучением в разных спек-

тральных диапазонах, отразилось в названиях: в видимой области – это СИД, в УФ-области – УФИД, органические ИД – ОСИД. Публикуется много информации о преимуществах светодиодной продукции перед традиционными источниками излучения, идут споры о надёжности заявленных характеристик, о снижении энергопотребления при освещении. По данным компании Strategies Unlimited к 2012 году рынок СИД будет расширяться и в дальнейшем достигнет трёхкратного увеличения (рис.1) [5]. Количество областей применения ИД неуклонно растёт.

Компания Merging Optics&Nanotechnologies (MONA) недавно представила свой прогноз развития и начала массового промышленного производства приборов для фотоники и оптоэлектроники в Европе. Как видно из схемы (рис.2), к 2012 году ожидается долгожданный переход освещения на СИД [6].

СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

По результатам исследований [7], использование СИД в диапазоне свечения от 400 до 700 нм позволяет существенно влиять на форму, сроки цветения и созревания плодов, а также даже на химический состав лекарственных растений. Например, освещение фуксий красным цветом свечения позволяет зацвести цветку на 4 недели раньше, а облучение на длине $\lambda \sim 465$ нм приводит к ярко насыщенным цветам окраски растений.

МЕДИЦИНА

В медицине СИД широко используются: 1) как «точечный» (узкофокусированный), безопасный и недорогой источник света (нет нагрева помещения, есть возможность управления интенсивностью свечения, нет присутствия отравляю-

щих/вредных веществ, безопасность использования); 2) для диагностики состояния больных; 3) светотерапия в дерматологии и при желтухе у новорожденных; 4) для профилактики и снятия усталости и депрессии, для поднятия тонуса сотрудников компаний (так сеанс при освещении 10000 люкс на 30 минут не допустит депрессии); 5) УФВД используются для очищения воды любого качества от болезнетворных бактерий: результаты превзошли все ожидания – у разных групп исследователей величина очищения составила от 60 до 95 % [8].

ЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА

Нынешняя подсветка экранов/мониторов с помощью флуоресцентных ламп имеет ряд недостатков, которые можно считать фундаментальными. Например, при ламповой подсветке сложно реализовать глубокие чёрные тона – постоянно включенные лампы всё равно создают определённую “утечку” света даже на тех фрагментах изображения, которые по задумке в данный момент должны быть тёмными (субъективное снижение чёткости изображения). Подсветка с помо-



Рис. 1 Прогноз динамики развития рынка СИД с 2007 по 2012 годы (по материалам Strategies Unlimited)

щью флуоресцентных ламп затрудняет передачу множества цветовых оттенков, в результате чего добиться хорошей цветовой насыщенности оказывается очень сложно.

Среди других проблем данной технологии – сложность с достижением высоких частот развёртки, ограниченный срок службы ламп, сравнительно высокое энергопотребление и экологический нюанс – использование ртути в составе ламп. Необходимость замены флуоресцентных ламп чем-то более эффективным созрела давно, и в результате многочисленных экспериментов выбор пал на светодиодную подсветку. С её помощью можно улучшить ключевые факторы качества изображения: яркость, контрастность, чёткость изображения и цветовую гамму, равномерность подсветки.

Технология ОСИД-дисплеев основана на воздействии электрического тока на определённые виды органических полимерных материалов, в результате чего они излучают свет. Эта технология действительно перспективна для выпуска высококачественных дисплеев для телевизоров и мониторов – ведь такие дисплеи легче, не требуют подсветки, не мерцают, могут выращиваться сразу необходимых размеров, обладают более качественной цветопередачей, большим диапазоном яркости, меньшим расходом энергии, в некоторых версиях даже гибкостью, позволяющей сворачивать экран в трубку. К настоящему времени разработан ряд различных технологий подсветки ЖК-экранов с помощью СИД (рис.3). Как правило, для создания модулей подсветки (Back Light Unit) используют СИД-массивы, составленные из СИД белого цвета свечения или разноцветных RGB СИД (красного, зелёного и синего цветов свечения).

Принцип подсветки также представлен двумя основными вариантами – прямая (Direct) подсветка и торцевая (Edge). Тильная подсветка предполагает использование не линеек, а групп СИД либо отдельных модулей, размещенных в опре-

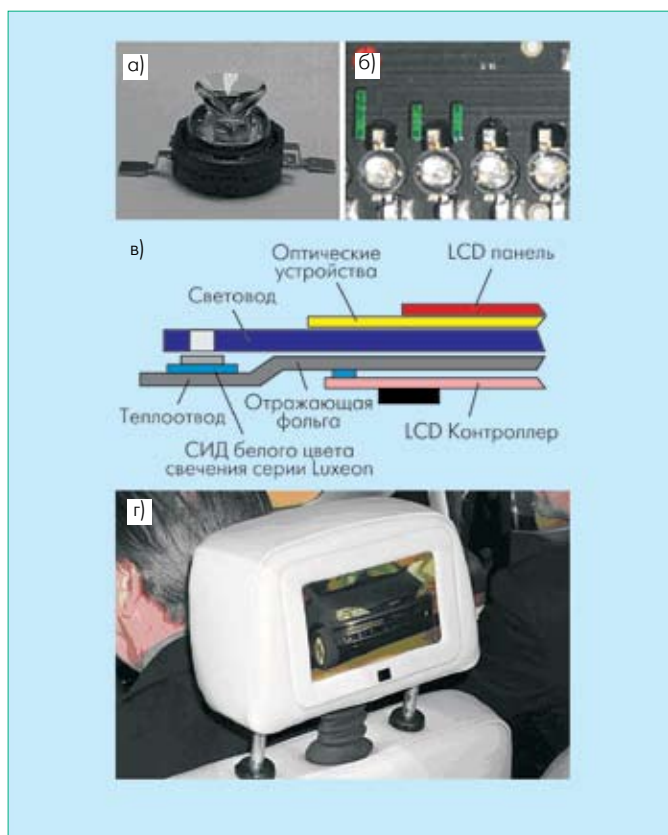


Рис.3 Методы подсветки в ЖК-экранах: в) схема подсветки; а),б) и г) техническое исполнение

деленном порядке позади ЖК-матрицы по всей площади экрана. Основной выигрыш, который достигается в этом случае, – возможность зонного управления яркостью подсветки, что особенно востребовано, к примеру, в телевизорах. Технология «local dimming», используемая рядом производителей, позволяет получать великолепные показатели динамического контраста даже для сцен, в которых в кадре одновременно присутствуют и очень яркие объекты, и темные области.

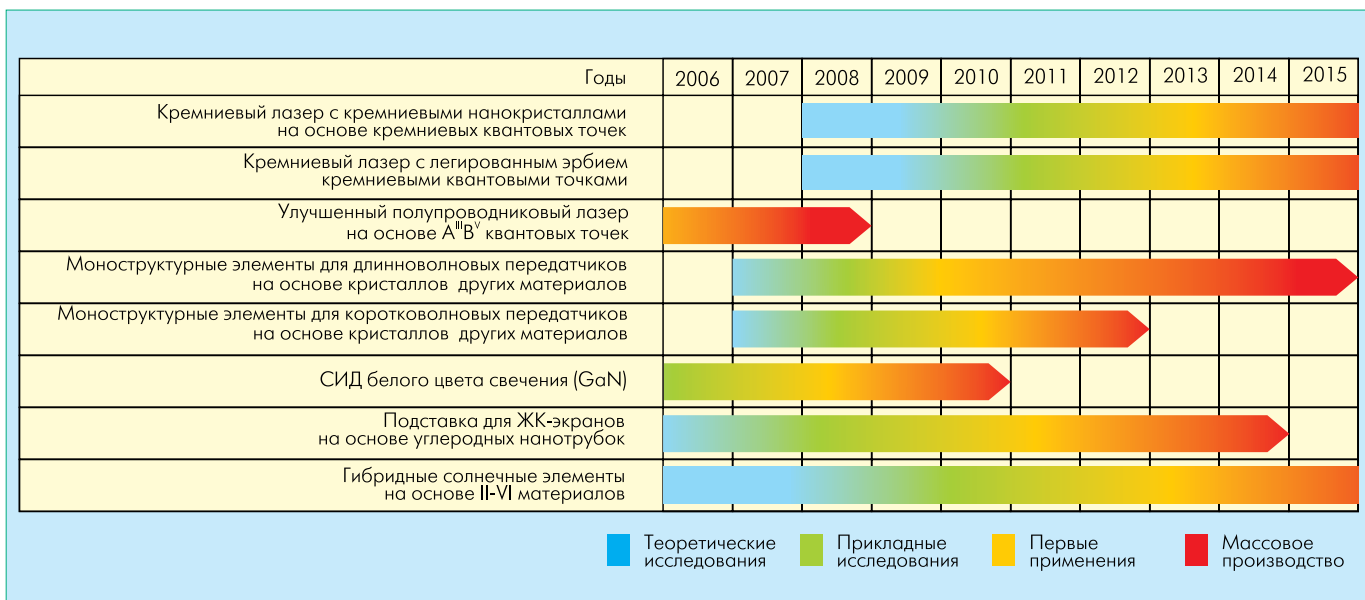


Рис.2 Прогноз развития и начала массового промышленного производства приборов для фотоники и оптоэлектроники в Европе (по материалам Merging Optics&Nanotechnologies)

Однако для RGB СИД (рис.4, а) получение хорошей диффузии цветовых компонентов требует светорассеивателей значительной толщины, в результате толщина и ЖК-панели, и монитора оказывается значительной. Сторонники прямой СИД-подсветки обещают более качественный результат за счёт большего количества СИД и технологии локального затемнения для снижения цветовых разводов. Обратная сторона прямой подсветки – большее количество СИД и сопутствующее повышение расхода энергии и цены. К тому же, о сверхтонком дизайне телевизора придётся забыть. Сторонники торцевой подсветки кроме экономии энергии обещают не худшее качество при более тонком дизайне.

Во втором случае источники света располагаются в торцах панели (чаще всего над матрицей и под ней), и их излучение направляется в световод, представляющий собой толстый лист прозрачного полимера, особым образом перфорированного. В точках перфорации лучи света преломляются и поступают на светорассеиватели, поляризатор и ЖК-матрицу (рис.4, б). Преимущество такого подхода заключается в малой толщине панели и дисплея в сборе; сложность – в достижении равномерности подсветки, которая зависит не только от равномерности ламп, но и от оптических характеристик световода и свойств его перфорации.

В компании Samsung удалось также полностью избавиться

от пайки с помощью соединений свинца и практически свести к нулю выбросы летучей органики и других вредных побочных продуктов при отказе от распыляемых порошковых красок – тонкий, прочный и симпатичный корпус новых телевизоров изготавливается по специальной технологии литья Crystal Design. Яркость свечения светодиодов настолько велика, что, например, в LED-телевизорах компании Samsung серий 6000, 7000 и 8000 коэффициент контрастности достигает 1000000:1.

Использование СИД ($\lambda \sim 650$ нм) позволило увеличить скорость передачи данных в системе POF – (оптоволоконный провод) до 50 МБ/с, что позволяет создавать бизнес-медиацентр, причём с уверенным приёмом и передачей данных практически в любом месте на территории, где есть доступ в Internet, так как сейчас главная отличительная черта таких зданий – это возможность быстрого обмена информацией [9].

Компания Phonosuit готовит к выпуску MiliPro – карманный светодиодный проектор, превращающий изображение с iPhone в 40-дюймовую проекцию на экране [10]. Первыми карманные светодиодные проекторы ещё в 2006 году стали выпускать компании Samsung, Mitsubishi и Toshiba, причём их продукты могли преобразовывать сигнал от телефонов, игровых приставок и цифровых кинокамер [11].

АВИА- И АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЕ

В авиастроении стали широко применяться СИД, так как они дают большую экономию в энергопотреблении, что особенно важно при взлёте и посадке, где большие затраты; улучшают комфорт пассажиров. Например, корпорация Boeing в своём последнем детище 787 Dreamliner использует СИД для общего освещения салона и индивидуального освещения кресел пассажиров и кабины пилотов; в лёгкомоторных самолётах компании Cessna СИД используются для создания габаритных огней. Здесь их использование решает задачу достижения необходимого цвета свечения, что очень жёстко регламентировано [12].

Компания Philips Lumileds Lighting Company представила так называемый «белый» метод, который используется для малых экранов, например для дисплеев в автомобилях. Этот метод требует сочетания бокового излучения СИД белого цвета свечения, идущего в акриловый световод, расположенный по краю экрана. Для более крупных мониторов, таких как ЖК-мониторы для компьютеров, используется преимущество широкого диапазона цветопередачи. Применяется излучение от СИД с ламбертиановским излучением внутри световода. Оптическая система смешивает и распределяет белый свет по всему экрану [13].

ЗНАКИ И ОСВЕЩЕНИЕ

Международная финансовая корпорация (отделение World Bank Group) реализует проект развития СИД-освещения в развивающихся странах (более 27 стран) из-за проблем с энергопоставками, оценивающийся более чем в 7 млн. долларов. Это очень актуально, потому что во многих странах Африки и Азии освещение основано на покупке горючих материалов, с одной стороны, стоимость которых может достигать средней зарплаты, с другой стороны постоянное использование их приводит к проблемам со здоровьем и возможным пожарам. К 2017 году планируется полностью завершить

переход на СИД-освещение, что сделает жизнь более 1,6 млрд. человек более комфортной и позволит сэкономить значительные средства, ведь источником питания являются солнечные элементы, а также сохранить природу, уменьшив выбросы в атмосферу [14].

В городе Торонто на центральных улицах установлены СИД-осветители, эффективность которых 90% и более по сравнению с современными осветительными лампами, у которых до 30% излучения рассеивается в пространстве. Применение СИД в осветителях может уменьшить загрязнение на 18000 т CO₂ и C, что будет соответствовать удалению 3600 автомобилей с дорог города [15]. В зданиях же внедряется внутреннее освещение, основанное на СИД-лампах, которые потребляют в 9 раз меньше энергии и служат в 5 раз дольше, чем аналогичные галогеновые. Использование СИД-ламп экономит жильцам 40000 долларов в год и улучшит окружающую среду, уменьшив выбросы в атмосферу на 110 тонн CO₂ [16].

Компания Orca Green Marine Technology Corp. разработала бакен на основе СИД (525 нм и 660 нм), работающего от батареи или от солнечной энергии. Отличительными особенностями прибора являются малое энергопотребление, устойчивость к агрессивной среде (солёная вода, высокая температура), яркость даже в сложных погодных условиях [17].

РАЗНОЕ

В системе компаний Opti Gauge используют СИД для проверки упаковки продуктов, особенно замороженных. СИД освещает упаковку, и отражаемый свет регистрируется. Если есть в упаковке дырки, то регистрируемый сигнал изменится и определяется поврежденный участок [18]. Компания Lumi Gram SRL представила одежду, основанную на СИД: они либо меняют цвет одежды, либо синхронизируясь с источниками информации, могут выводить сообщения или картинки на экран одежды [19].

Использование светоизлучающих диодов вносит огромный вклад в защиту окружающей среды и в борьбу с потеплением климата на нашей планете. Например, правительство Великобритании поставило амбициозную цель уменьшить выбросы углекислого газа в 2010 году на 20% по сравнению с 1990 годом, с перспективой уменьшения на 60% к 2050 году [20]. Цель достижима, ведь использование СИД приводит к экономии около 10% потребления электричества в большом мегаполисе, а это значительное количество не выброшенного в атмосферу углекислого газа. Было подсчитано, что в Лондоне, где заменены все светофоры на аналоги с использованием СИД, сэкономлено за год 1 млн. фунтов стерлингов, что в свою очередь равно 9,5 млн. кг не выброшенного CO₂. Однако результаты исследований восприятия излучения ИД глазным аппаратом человека [21] говорят о необходимости соблюдения осторожности в выборе источников излучения для светофоров. Ведь кроме энергетических характеристик излучения

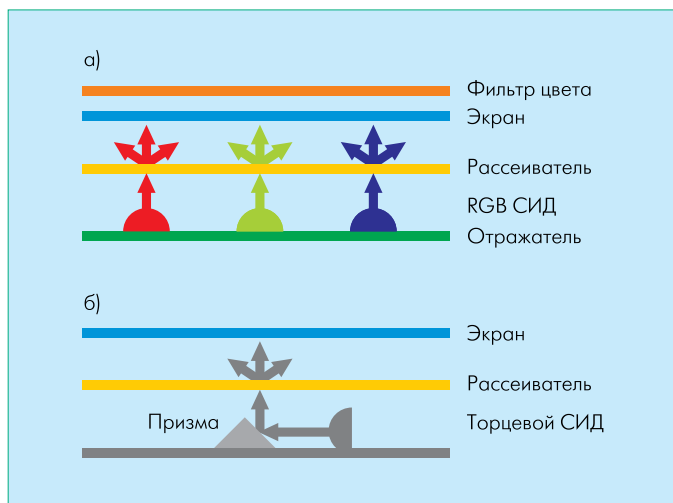


Рис. 4 СИД-подсветка: а) схема задней подсветки; б) схема торцевой подсветки

для глаза важны спектральные параметры и их согласование со спектральной чувствительностью глаза. Наиболее проблемным является желтый цвет ($\lambda = 590$ нм), ошибки в восприятии которого влияют на безопасность жизнедеятельности человека. Поэтому решение об однозначном восприятии человеком цвета светофора необходимо принимать с учетом того, что при изменении температурных условий работы светофора его рабочая длина волны меняется.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Jhou Y.D. et al.** Nitride-based light emitting diode and photodetector dual function devices with InGaN/GaN multiple quantum well structure.—Sol. State Electr., 2005, v. 49.
2. **Steele R.** The story of a new light source.—Nature photonics, 2007, v. 1.
3. **Akasaki I.** Nitride semiconductors – impact on the future world. – J. Cryst. Growth, 2002, v. 237–239.
4. **Schubert E.** Light-emitting diodes. – Cambridge: Cambridge University Press, 2006.
5. **Whitaker T.** LED market growth predicted to exceed 20% over next five years.— LEDs magazine, 2008, is. 20.
6. **Fischer A.** MONA releases Photonics Road Map. Europhotonics, February/March, 2008, p. 14
7. **Fischer A.** LEDs in the Greenhouse.— Photonics spectra, July, 2008.
8. **Whitaker T.** LED modules make dirty water potable.— Compound Semiconductor, May, 2005.
9. **Lambkin J.** Resonant-cavity LEDs fire up latest in-car network.— Compound semiconductor, March, 2006.
10. Газета F5 .—12.07.09.
11. **Whitaker T.** LEDs provide light sources for pocket-sized front projectors.— LEDs magazine, June, 2006.
12. **Whitaker T.** Boeing turns to LED lighting for its new 787 Dreamliner.— LEDs Magazine, June, 2006.
13. **Whitaker T.** LEDs attempt the jump from small screen to large screen.— Compound semiconductor, 2004, v. 10, №11.
14. **Fischer A.** Lighting up the underdeveloped world.— Photonics spectra, November, 2008.
15. **Whitaker T.** LED streetlights help Toronto become brighter and greener.— LEDs magazine, April, 2007.
16. **Owen B.** Toronto condominium adopts LED lamps for interior lighting.— LEDs magazine, January, 2008.
17. **Mills A.** From buoys to boats HB-LED for navigation .— III-Vs Rev, 2003, November..
18. **Hart J.** Measuring food packaging materials.— Photonics spectra, March, 2008.
19. Газета F5 . www.f5.ru.— 6-12.07.09 .
20. **Burton R.** Secrets of smart CO2 reduction.— LEDs magazine, July-August, 2008.
21. **Никифоров С.** Некоторые аспекты восприятия светодиодного излучения глазным аппаратом.— Полупроводниковая светотехника, 2009, №2.