

## Когда же появятся AMOLED-телевизоры?

Появление телевизоров с OLED-экраном прогнозировалось аналитиками известных мировых консалтинговых компаний еще в начале 2000-х годов. Что никого не удивляло, так как сами производители неоднократно заявляли о предстоящем начале серийного выпуска AMOLED TV, а на выставках демонстрировались прототипы продукции с экранами 20 дюймов и более. Однако шло время, а продукция так и не появлялась на рынке. И наконец, в 2007 году Sony стала первой компанией, которой удалось с немалым трудом освоить серийное производство OLED-телевизоров с 11-дюймовым экраном. Продукт вызвал большой ажиотаж на рынке и даже стал золотым призером в номинации «Лучший дисплей 2008 года», однако вскоре был снят с производства как абсолютно нерентабельный. Причины просты — огромная цена и малый спрос. Итак, всем оптимистическим прогнозам и намерениям не суждено было сбыться. В чем же причина? Какие ошибки были допущены производителями и аналитиками?

Александр САМАРИН

### Введение

Первоначальный прогресс развития OLED-технологии в конце 1990-х годов породил надежду на то, что будет учтен опыт и технология создания AMLCD. Были разработаны даже микросхемы драйверов для не существующих в то время OLED-дисплеев большого формата. Но затраты на разработку технологии OLED-материалов оказались непомерно высокими. Многие компании закрыли свои разработки в этом секторе, поскольку поняли, что не в состоянии нести тяжелое бремя расходов при условии сомнительной отдачи в ближайшие годы.

Демонстрация прототипов не является признаком готовности к серийному производству. Прототип можно сделать на опытном производстве не считаясь с потерями и затратами. Серийная продукция должна быть рентабельной и выдержать конкуренцию с TFT ЖК-телевизорами аналогичного формата. Пока что у технологии OLED только три потенциальных преимущества — лучшая контрастность и насыщенность цветов, широкий угол обзора. Однако широкий угол не всегда особенно интересует массового потребителя. А контрастность и насыщенность привлекает лишь определенную и недоминантную категорию покупателей. Малая толщина телевизора? Уменьшение толщины корпуса на пару сантиметров не добавляет потребительских качеств. Успех и рентабельность определяют цена и массовый спрос.

Проблемы производства и реализации AMOLED-телевизоров можно разделить на две категории. Первая — это технологические проблемы, вторая — экономические

(цена, спрос, рентабельность, конкурентоспособность).

### Основные проблемы технологии большеформатных AMOLED-панелей

Пока не решенных до конца проблем у этой технологии много:

- Дegradация светоэмиссионных материалов (уменьшение яркости с нарушением цветовой гаммы).
- Недостаточно большой ресурс панели (уменьшение яркости).
- Высокая стоимость исходных материалов.
- Высокая стоимость технологических процессов и оборудования.
- Недостаточно большой выход годных.
- Отсутствие фабрик для рентабельного и массового производства AMOLED-панелей (уровня не менее Gen 8).
- Проблемы масштабирования технологии для панелей больших размеров.
- Проблемы LTPS-технологии для большеформатных подложек.
- Недостаточно высокая светоэмиссионная эффективность OLED-материалов.
- Недостаточная энергоэффективность для конкуренции с TFT ЖК-панелями со светодиодной подсветкой.

И это только часть проблем.

AMOLED-дисплеи имеют худший по сравнению с ЖК-дисплеями внешний контраст и худшее восприятие изображения при ярком солнечном свете. Правда, разработанная недавно Samsung технология Super AMOLED позволила улучшить внешний контраст за счет уменьшения зазора между

эмиссионной поверхностью и защитной стеклянной подложкой. Однако основной недостаток пока остается — это малый ресурс материала. Органические материалы, используемые в AMOLED, склонны к деградации. Сейчас разрабатываются методы и технологии для компенсации деградации материала и увеличения ресурса дисплея.

В OLED-дисплеях потребление сильно зависит от яркости контента изображения, в частности от яркости фона «картинки». Если в ЖК-дисплее (без динамической подсветки) потребляемая мощность не зависит от «белизны» фона, то для OLED ситуация иная. При отображении компьютерного изображения, например Excel-таблиц или Word-страниц, AMOLED-дисплей потребляет на 20–30% больше энергии, чем аналогичный TFT ЖК-дисплей с подсветкой. Но если запустить отображение видео или реальных картинок без доминирования белого, то OLED будет потреблять уже на 15% меньше энергии, чем ЖКД. Качество и эффективность OLED-материалов непрерывно растут, примерно на 10–20% ежегодно. Можно надеяться, что в ближайшие два года AMOLED будет потреблять энергии уже меньше, чем аналогичный TFT ЖК-дисплей с подсветкой, даже в режиме с белым фоном изображения.

### Первые серийные AMOLED-телевизоры LG Electronics и Sony

Итак, 11-дюймовый телевизор XLE-1 стал первым в истории OLED-телевизором, который был запущен Sony в серийное производство в декабре 2007 года. Это событие —



Рис. 1. Внешний вид моделей AMOLED-телевизоров: а) LG (15EL9500); б) Sony (XLE-1)

большое достижение OLED-технологии для дисплеев малого и среднего форматов. Однако высокая цена (\$1743) не оставила никаких шансов для серьезной конкуренции с аналогичными TFT ЖК-телевизорами. Сейчас телевизоры с таким малым экраном не устанавливают даже на кухне, где в основном востребованы телевизоры с экранами от 20 до 30 дюймов. Модель XLE-1 покупали, как правило, фанаты экзотичной электроники. И вскоре телевизор был снят с производства, так и не став массовым потребительским товаром.

Несмотря на негативный опыт Sony, через два года, в декабре 2009-го, компания LG Electronics запустила в серийное производство свою модель уже 15-дюймового OLED-телевизора (15EL9500) (рис. 1а). Формат экрана — 1366×768 пикселей. На данный момент представленная LG модель является пиком возможностей OLED-технологии как массового потребительского товара. Понятно, что 15-дюймовая модель не будет представлять для любителей хорошей видеотехники особого интереса: она не подходит для больших помещений. Да и цена, около \$2600 за 15-дюймовый телевизор, очень высока для товара этой категории. Если рассматривать этот телевизор с позиций полезности и эффективности, то 15EL9500 относится к низшему классу телевизоров для кухни и спальной комнаты, доступному лишь богатым покупателям. Для всех прочих это экзотичный представитель возможностей OLED-технологии. Впрочем, отчасти полезный для подготовки психологии покупателей к появлению OLED с большим размером экрана.

Таблица. Сравнение ключевых параметров OLED ТВ Sony и LG

Параметр/модель	11" (2007Q4,2G)	15" (2009Q4,2.5G)
Себестоимость модуля, \$	692	617
Удельная себестоимость за дюйм (PPI), \$	62,91	41,1
Уменьшение цены модуля, %		11
Уменьшение PPI, %		35
Снижение стоимости материалов, %		43

Несомненно, разработка LG является еще одним шагом в прогрессе технологии AMOLED и заслуживает внимания и уважения. За два года LG сумела снизить себестоимость AMOLED-панели. В таблице дано сравнение базовых стоимостных показателей для панелей Sony (рис. 1б) и LG.

Предполагается, что эту модель еще будут выпускать серийно некоторое время для обкатки новой линейки Gen 8.5. Поэтому ее себестоимость и цена уменьшатся.

Однако аналитики признают, что модель Sony 11-дюймового AMOLED TV 2007 года и 15-дюймовая модель телевизора LG Electronics, выпущенного в 2009-м, по своей сути остаются прототипами и по ряду показателей не являются массовой продукцией.

**Тенденции развития AMOLED-технологии**

Нынешний год по прогнозам аналитиков является переломным в развитии дисплейных технологий. Это можно заметить на диаграмме, представленной на рис. 2.

2011-й должен стать последним годом серийного выпуска ЭЛТ-телевизоров и началом

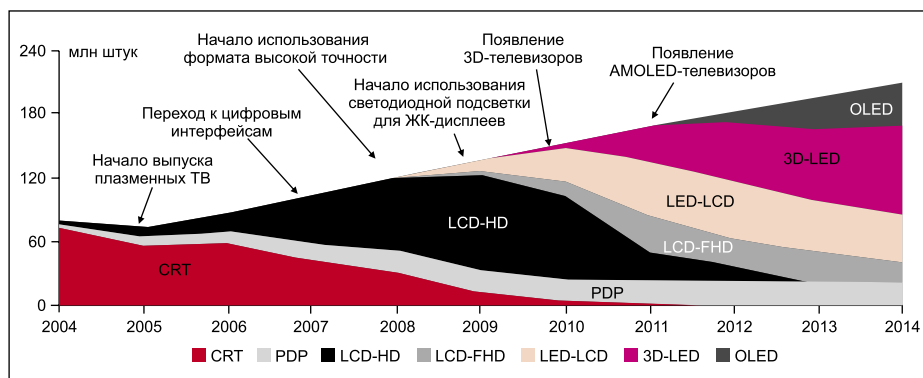


Рис. 2. Тенденции развития дисплейных технологий

серийного выпуска AMOLED-телевизоров. В этом же году предполагается развернуть технологические мощности по производству AMOLED-телевизоров. Согласно приведенной диаграмме, в 2011 году должен появиться и сектор 3D ЖК-телевизоров.

Трудности производства панелей большого размера пока остались те же. Ведущие производители AMOLED, такие как SMD (рис. 3) и LGD, объявили о своих планах инвестировать значительные средства в организацию линий 5-го поколения, поэтому ситуация с производством большеформатных OLED вскоре улучшится. Точно так же, как и в случае с OLED-панелями малого размера, должна уменьшиться цена и увеличиться выход годных.

Очевидно, что большеформатные AMOLED-телевизоры нельзя выпускать в больших объемах, пока не запущена фабрика Gen 8. Сейчас никто из производителей не имеет такого производства. Свыше 95% мирового производства AMOLED-дисплеев сосредоточено в Samsung Mobile Display's (SMD) на фабрике Gen 4. В настоящее время SMD строит фабрику Gen 5.5, запуск которой планируется в июле этого года, а фабрика Gen 4.5 LG Display по плану вступит в строй в течение ближайших месяцев.

Хотя стойте... LG Display ранее планировала совершить скачок от уровня Gen 4.5 к Gen 8. Было даже заказано соответствующее технологическое оборудование для установки на площадях в Рају, где построено точно такое же здание, что и для фабрики Gen 4.5. Запуск этой линейки планировался в конце этого года или в начале 2012-го. LGD заявила, что готова производить AMOLED-панели вплоть до 55 дюймов по диагонали на новой технологической линейке в Рају. Эта новость прозвучала в марте 2011 года.

Является ли переход от Gen 4.5 к Gen 8 действительно большим достижением? Безусловно, это так, но есть и другие обстоятельства, которые ставят под сомнение достаточность этого условия для начала серийного производства AMOLED-панелей большого размера. Дело в том, что LGD пока использует традиционную технологию, основанную на OLED белого свечения в комбинации с цветными RGBW-фильтрами. Этот метод был в свое время разработан Kodak



Рис. 3. Технологическая линейка компании SMD по выпуску AMOLED для мобильных телефонов

применительно и к AMOLED-дисплеям большого формата. LGD даже приобрела OLED-подразделение Kodak в прошлом году. Однако эта технология не обеспечивает большой эффективности. Цветные фильтры поглощают те же 66% световой энергии, что и цветные фильтры TFT ЖК-панелей. К тому же наличие фильтров увеличивает себестоимость панели. В итоге технология становится полностью неконкурентоспособной по сравнению с технологией TFT ЖК-дисплеев.

Технология Gen 8 использует стеклянные подложки размером 2200×2500 мм. Предполагается наносить OLED-материалы на всю подложку, после чего ее разрежут пополам для передачи на линейку формирования TFT-структуры. Вероятная причина этого шага — отсутствие в настоящее время подходящего оборудования и отлаженного технологического процесса низкотемпературного лазерного отжига пленки аморфного кремния для получения поликристаллической структуры (low-temperature polycrystalline silicon, LTPS). Такой же подход использует SMD и на линейке Gen 4. Технология LTPS сейчас широко используется как для TFT LCD, так и для AMOLED. Этот тип ЖК-дисплеев применяется в смартфонах и планшетных компьютерах нового поколения, рынок которых быстро растет. Производители TFT ЖК-дисплеев также планируют запуск новых фабрик уровня Gen 5.5 с технологией LTPS LCD.

В марте появилось сообщение, что разработана новая система для получения LTPS на подложках размером до 1,95 м<sup>2</sup>. А это уже соответствует уровню технологии Gen 5.5. Теперь SMD заявила, что будет запускать вторую фабрику Gen 5.5. Но там будут использованы процессы, работающие на полную площадь базовой подложки, что позволяет отказаться от резки подложки, как в технологии, предложенной ранее для Gen 8. Все это важно, поскольку масштабируемость разработанных технологий для подложек больших форматов является основной проблемой производства большеформатных AMOLED. Поэтому, если рост фабрик LTPS-LCD увеличит рынок подходящего технологического оборудования для формирования TFT-структуры, то это пойдет на пользу и технологии AMOLED.

Но пока технологические мощности для массового производства большеформатных AMOLED-панелей еще не развернуты. Поэтому реальное серийное производство большеформатных AMOLED TV начнется между 2014-м и 2015 годом, только тогда можно будет организовать агрессивное наступление на рынке против LCD и плазменных телевизоров. В секторе дисплейных панелей для мониторов и ноутбуков о полной коммерциализации речь может пойти лишь после достижения высокого выхода годных, достаточной мощности и производительности оборудования, которые бы позволили получить приемлемую цену AMOLED-панели.

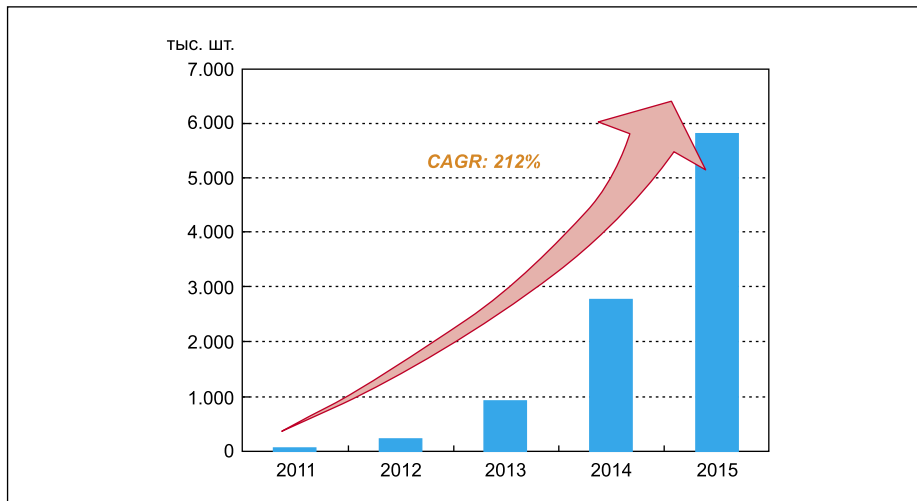


Рис. 4. Прогноз DisplaySearch по экономическому росту сектора AMOLED-телевизоров

Примечание. CAGR (Compound annual growth rate) — комплексный экономический показатель относительного роста промышленного сектора с учетом инвестиций.

### Прогнозы DisplaySearch по сектору AMOLED TV

DisplaySearch в своих прогнозах (Large-area AMOLED Technology, Investment Trend Analysis & Market Forecast) (рис. 4) предполагает, что к 2015 году будет выпущено около 5,8 млн AMOLED телевизионных панелей. Главное, что разница в цене на аналогичные по формату ЖК и плазменные телевизоры будет значительно уменьшена. Для достижения уровня массового спроса цена на AMOLED-телевизоры должна быть ненамного выше цены TFT ЖК-телевизоров, но меньше цены телевизоров на основе плазменных панелей.

### Планы ведущих производителей AMOLED

В 2011 году компании LG и CMEL AUO продолжают производство OLED-панелей малого и среднего размеров. В прошедшем году серийно выпускала OLED-панели Samsung Mobile Display, которая занимала 98% рынка.

В текущем году компании готовятся произвести 68 млн панелей. По сравнению с данными прошлого года — 34 млн — это означает, что производители вновь обратили свое внимание на OLED вместо LCD.

#### 7–9-дюймовые панели OLED Samsung Mobile Display для рынка планшетных PC

7-дюймовые OLED-панели должны появиться на рынке в конце 2011 года, поскольку компании Samsung Mobile Display необходимо определенное время для подготовки производственной линейки под этот размер дисплея. В первую очередь этот тип дисплея будет использовать Apple в своей продукции, согласно ее планам на 2012 год. Apple даже запатентовала три новых решения на основе AMOLED-дисплеев.

### О компании DisplaySearch

Начиная с 1996 года компания DisplaySearch ([www.displaysearch.com](http://www.displaysearch.com)) является ведущей фирмой на мировом рынке исследований и консультации. Она специализируется на дисплейном сегменте (\$770 млрд), а также на индустрии солнечных панелей. DisplaySearch анализирует тенденции развития дисплейных технологий, прогнозирует и анализирует разработки ведущих компаний-производителей. Работу проводит слаженная команда опытных аналитиков и экспертов, обладающих реальными знаниями и имеющих доступ к информационным ресурсам. Исходные данные предоставляют компании, работающие в секторе дисплейной индустрии.

### Планы Chimei Innolux по разворачиванию нового производства AMOLED-панелей

Компания Chimei Innolux (CMI) после слияния CMO, TPO и Innolux в мае 2010 года испытала определенный спад в производстве и реализации AMOLED-панелей. Ей пришлось снизить производство на 40%.

TPO в свою очередь была в 2006 году обречена при слиянии компаний Torpoly и Philips MDS. Torpoly имела сектор разработки AMOLED-дисплеев и планировала серийный выпуск дисплеев малого формата.

Следует отметить, что компания CMEL вынуждена покинуть в 2010 году рынок малоформатных AMOLED, не выдержав конкуренции с производителями аналогичных TFT ЖК-дисплеев, а также с Samsung. Что не помешало ее руководителям заявить, что отныне основная цель CMEL — большеформатные AMOLED для рынка ТВ с диагональю 20 и более дюймов.

Но вернемся к компании CMI. В настоящее время ситуация исправляется, и CMI должна выйти из кризиса. В первую очередь она планирует построить два новых завода: Gen 3.5 (технология LTPS) в Jhunan и Gen 5.5 (техно-

логия IGZO-TFT) в Tainan. Первая фабрика Gen 3.5 (подложки 620×750 мм) LTPS/OLED в Тайване будет ориентирована на производство панелей малого и среднего размеров. У компании уже есть одна фабрика Gen 5.5 (подложки 1300×1500 мм) в Tainan (Тайвань). Эта фабрика будет выпускать OLED для мониторов и телевизоров. OLED нового типа будут производиться на линейке Gen 5.5 и на базе технологии IGZO (InGaZnOx) TFT.

IGZO — новый полупроводниковый прозрачный материал, это альтернатива аморфному кремнию. Технология формирования активной матрицы гораздо дешевле, чем LTPS. Подвижность носителей у нового материала более высокая, чем у a-Si, что позволяет использовать эту технологию не только для активной матрицы, но и для интегрированных драйверов строк и столбцов AMOLED.

Chimei Innolux вновь расширяет штат специалистов и инженеров для секторов разработки и производства OLED. А еще совсем недавно компания планировала свернуть все работы в области OLED и сосредоточить свои усилия исключительно на секторе TFT ЖК-дисплеев. Пока что только линейка Gen 3.5 OLED будет переопрофилирована на выпуск ЖК-панелей, поскольку ее производство оказалось нерентабельным. Компания возлагает надежды на линейку Gen 5.5 в Tainan.

#### Планы LG Display по выпуску большеформатных телевизионных OLED-панелей

Компания LG Display заявила о своих планах сосредоточить усилия в секторе большеформатных OLED телевизионных панелей, переместив ресурсы из сектора дисплеев для мобильных телефонов. Заявление звучит странно, если учесть, что предварительно было заключено соглашение между LG и Nokia на долгосрочную поставку AMOLED-панелей. LG Display планирует начать производство 30-дюймовых OLED-телевизоров в 2012 году. В действительности сроки будут передвинуты. А до этого также было заявлено, что производство AMOLED-телевизоров начнется в 2010 году. Еще ранее LG сообщала о начале производства 15-дюймовых OLED-телевизоров в декабре 2009 года (рис. 5). Пока



Рис. 5. Прототип 15-дюймового AMOLED-дисплея LG

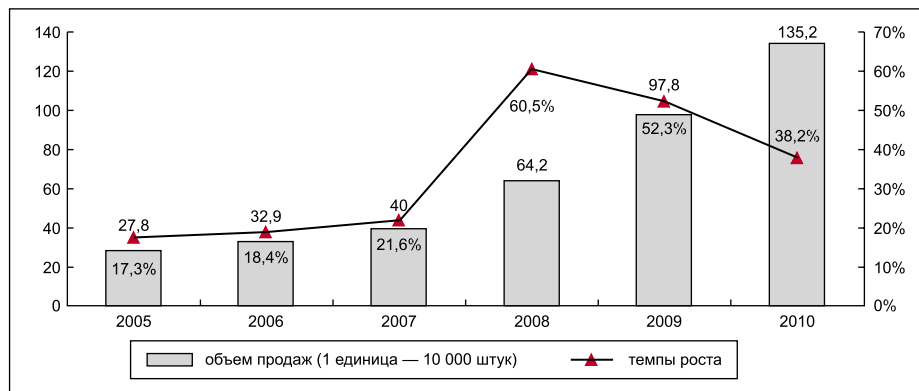


Рис. 6. Поставки и темпы роста китайской OLED-промышленности за 2005–2010 гг.

ни один из планов так и не был реализован на практике.

Тем не менее LG Display запустила линейку на новой фабрике AMOLED (LTPS). Компания вложила \$79 млн в свою новую фабрику Gen 3.5 (подложки 730×460 мм). Производственная мощность — 8000 подложек в месяц.

#### Китайский рынок OLED в 2010–2011 гг.

В 2010 г. китайские компании поставили 1,35 млн OLED-дисплеев — на 38,2% больше, чем в прошлом году (рис. 6). К числу производителей OLED относятся компании Visionox, Shanwei Truly, Sichuan CCO, Irico и другие. Две компании — Shanghai Tianme и Irico — сейчас строят AMOLED-фабрики Gen 4.5, серийное производство на которых начнется уже в этом году. Компании BOE Display и Sichuan CCO занимаются разработкой технологий AMOLED.

Китайское правительство продолжает оказывать поддержку OLED-индустрии, в том числе Министерству промышленности и информационных технологий, и проводит особую налоговую политику в отношении поставок импортных материалов для производителей новых дисплеев. Однако по-прежнему существует несколько проблем в OLED-индустрии: компании испытывают нехватку технологического оборудования, которое импортируется из Японии, Кореи и Евросоюза.

#### Перспективные технологии AMOLED

##### 3D AMOLED TV компании Samsung

Тем временем расширяются и функциональные возможности будущей серийной продукции AMOLED-телевизоров (рис. 7). Смотря в будущее, Samsung разработала прототип AMOLED TV с 30-дюймовым экраном и поддержкой 3D. Толщина панели — 63,5 мм. В телевизоре используется патентованная технология SEAV (Simultaneous Emission with Active Voltage).

#### Технология QLED (Quantum dots LED)

Технология светодиодов с «квантовыми точками» (QLED) использует практически такую же структуру, как и OLED. Различие состоит в том, что используется слой «квантовых точек» (Quantum dots, QD) в качестве светоэмиссионного слоя (emissive material, EM). При создании прототипа была просто сделана вставка слоя QDL в существующую структуру OLED. Однако затем под новую технологию QD были оптимизированы параметры и других слоев дисплейной структуры.

Полупроводниковые квантовые точки имеют размеры порядка нанометра, это гигантские молекулы, состоящие из  $10^3$ – $10^5$  атомов, созданные на основе обычных неорганических полупроводниковых материалов Si, InP, CdSe и т. д. Они больше обычных для химии традиционных молекулярных скоплений (примерно 1 нм при содержании не больше 100 атомов), но меньше структур порядка нанометра, которые производятся современными литографическими средствами электронной промышленности.

Компания QD Vision, разработавшая эту технологию, заявляет, что подобранный состав материалов обеспечивает отличную цветовую гамму и повышение световой эффективности на 30–40% по сравнению с обычной OLED-технологией. В частности, даже QLED-излучатель красного цвета имеет гораздо большую эффективность, чем лучшие образцы фосфоресцентных OLED, а зеленый и голубой QLED близки по эффектив-



Рис. 7. 3D AMOLED телевизор Samsung (для наблюдения объемного изображения требуются специальные очки)

ности к люминесцентным OLED, но имеют более широкую цветовую насыщенность. Эффективность красного для QLED составляет более 18%, или 22 лм/Вт (18 кд/А).

Технология QLED пока еще далека от совершенства и не достигла необходимого уровня для использования в серийном производстве. Но в перспективе она имеет неплохие шансы внести решающий вклад в укрепление позиций OLED на рынке.

#### *Технология составных бесшовных (Seamless Tiling Technology) AMOLED-дисплеев*

Не исключено, что в дальнейшем для AMOLED-экранов большого формата будет использована технология составных OLED-панелей. Технология бесшовных составных

дисплеев из панелей меньшего размера использовалась ранее и для TFT ЖК-дисплеев, однако так и не нашла реального применения в серийной продукции. В настоящее время разработки составных AMOLED проводятся в исследовательских центрах ряда компаний, в том числе и Samsung (Samsung Advanced Institute of Technology, SAIT).

#### **Заключение**

Для начала серийного выпуска AMOLED-дисплеев необходимо выполнение нескольких условий. Первое — подготовка достаточных технологических мощностей, обеспечивающих объем, высокий выход годных и высокие параметры продукции. Главная проблема — снижение себестоимости до уровня

конкурентоспособности с аналогичными TFT ЖК-дисплеями. Только в этом случае возможен массовый спрос на продукцию данного класса. Для удовлетворения потребительского спроса AMOLED-телевизоры должны иметь диагональ не менее 32 дюймов.

При существующих проблемах выпуск серийной и конкурентоспособной продукции AMOLED TV в ближайшие два-три года просто нереален, несмотря на заявления производителей и аналитиков. Если учесть, что сейчас цена 15-дюймового AMOLED-телевизора составляет свыше \$2500, то сколько же будет стоить 32-дюймовый телевизор? По самым скромным оценкам — не менее \$5000. Вряд ли такой товар найдет массовый спрос. Видимо, очередным прогнозам и планам не суждено сбыться. ■