

# БОЛЬШЕФОРМАТНЫЕ ТЕЛЕВИЗОРЫ — НОВЫЙ ФРОНТ НАСТУПЛЕНИЯ ЖК-ПАНЕЛЕЙ

Александр Самарин, ведущий специалист, фирма «Зелакс»

Активно-матричные ЖК-панели на тонкопленочных транзисторах (TFT) сначала завоевали рынок экранов для переносных компьютеров, где они постепенно вытеснили ЖК-панели с пассивной адресацией. Следующим сектором стали мониторы «больших» персональных компьютеров (42% рынка уже принадлежит ЖК-дисплеям), а также не очень дорогие видеопроекторы. На ближайшую перспективу, ведущими производителями ЖК-панелей выбран новый фронт для наступления ЖК-технологии — экраны для большеформатных телевизоров, в том числе высокой четкости (HDTV).

Жидкокристаллические дисплеи стали применяться в телевизионной технике лет 20 назад. Правда, телевизоры были портативные, с экраном 2...5 дюймов по диагонали. Со временем, рынок портативных телевизоров значительно уменьшился, а в секторе телевизоров большого формата лидерство захватили плазменные панели. ЖК-дисплеи долгое время проигрывали им по ряду основных параметров: максимальному размеру экрана, диапазону яркости, контрастности, цветовой насыщенности, быстродействию и рабочим углам обзора. Следующее поколение ЖК-панелей типа TFT намерено играть ключевую роль в данном секторе. Каким образом это будет реализовано?

Плазменные панели, при всех своих достоинствах, имеют один существенный недостаток — большой размер единичного элемента изображения (пикселя). Размер пикселя в плазменной панели определяется минимальными физическими размерами элементарной газоразрядной ячейки и не может быть менее 0,8 × 0,8 мм. Для ЖК-панели типа TFT такого ограничения не существует, поэтому для большеформатных TFT-панелей может быть достигнут размер пикселя 0,2 × 0,2 мм, что дает значительный выигрыш в четкости изображения по сравнению с экраном на основе плазменной панели.

## КЛЮЧЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ЖК-ДИСПЛЕЕВ ДЛЯ ТЕЛЕВИЗОРОВ

В таблице 1 перечислены новые технологии, позволяющие улучшить базовые параметры TFT-дисплеев.

ЖК-дисплеи изготавливаются на основе тонких прецизионных стеклянных подложек из специального стекла. Листы подложек должны иметь равномерную толщину (от 0,4 до 0,65 мм) по всей площади, полиро-

ваную поверхность без дефектов, отсутствие локальных деформаций по площади, отсутствие примесей в составе стекла, которые могут повлиять на результат последующих технологических процессов.

Как правило, стеклянные подложки поставляются уже с нанесенной пленкой ИТО (прозрачным проводящим слоем двуокиси индия). В процессе формирования рисунка электродов производитель проводит операции фотолитографии и травления по данному слою. Качество слоя ИТО определяет многие оптические характеристики ЖК-дисплея, в частности, спектральную характеристику коэффициента пропускания. Требуется обеспечить высокую прозрачность во всем видимом световом диапазоне и однородность коэффициента пропускания по площади



Рис. 1. Оператор со стеклянной подложкой 5-го поколения

подложек, с хорошей повторяемостью характеристик в больших партиях пластин. Одним из монополистов — поставщиков базовых стеклянных заготовок для большинства производителей ЖК-дисплеев, является японская фирма Asahi Glass.

Раскрой листа выполняется для нескольких панелей. Размер стеклянной подложки однозначно определяет два фактора: максимальный размер диагонали ЖК-панели и максимальное число подложек дисплея, которое изготовить из одной пластины. На рисунке 1 оператор демонстрирует стек-

Таблица 1. Прогноз улучшения базовых параметров TFT ЖК-панелей

Параметры	2003 год	Прогноз на 2004/2005 годы	Ключевые технологии
Размер диагонали экрана, дюймы	15...40	15...57	Сборочные технологии 6-го и 7-го поколения
Яркость, кд	450	600	COA, RGBW
Контраст	500:1	700:1	PVA
Быстродействие, мс	16...25	7...10	DCC-2
Угол обзора, град	170/170	170/170	PVA
Цветовая насыщенность, %	65...72	>80	Новые материалы для цветных фильтров
Долговечность, тыс. часов	40...50	60...70	Лампы подсвета повышенного ресурса

Таблица 2. Варианты «раскроя» стеклянных подложек различных поколений для ЖК-панелей с диагональю от 15 до 40 дюймов

Поколение	Размер подложки, мм	15"	17"	20"	22"	24"	32"	40"
4.0	680 × 880	6	4	4	—	—	—	—
5.0	1100 × 1250	15	12	6	6	6	2	—
5.0	1100 × 1300	16	12	9	8	6	3	—
6.0	1500 × 1800	30	25	16	15	15	8	3
6.0	1500 × 1850	30	25	16	18	12	8	—
7.0	1870 × 2200	—	35	—	—	—	12	8



Рис. 2. Телевизор Samsung с самым большим ЖК-экраном (диагональ 144 см)

лянную подложку 5-го поколения. В таблице 2 показаны варианты «раскроя» стеклянных подложек различных поколений при изготовлении ЖК-панелей разного формата.

Технологические процессы — фотолитография, травление, нанесение слоев металлизации, формирование активной структуры, создание цветных фильтров и т.д. — проводятся на базовой заготовке без ее «распиливания». Два технологических процесса проводятся параллельно для формирования верхней и нижней подложки будущего ЖК-дисплея. После каждого процесса проводится контроль основных электрических параметров и оптический контроль дефектов структуры. Только после завершения обоих процессов производится резка подложек с последующей сборкой дисплеев. Перед этим производится формирование ориентирующих покрытий на обеих стеклянных подложках. Операция достаточно сложная. От ее качества будет зависеть поведение жидкого кристалла по всей рабочей площади экрана. Затем производится нанесение спейсеров — распорных зазорозадающих элементов, как правило, имеющих форму шарика диаметром 4...20 мкм. И, наконец, — совмещение и склеивание верхней и нижней пластин. После сборки клеевой шов герметизируется. Заливка ЖК-материала осуществляется отдельно для каждой панели. Почти каждая операция в этой технологии является непростой и ответственной. Даже, казалось бы, элементарные операции требуют использования сложного и дорогого оборудования.

Итак, заливка ЖК-материала. Проблема в том, что размер рабочего зазора (расстояние между внутренними поверхностями подложек) составляет всего несколько микрон. Материал жидкого кристалла обладает доста-

точной вязкостью и под действием капиллярных сил очень неохотно растекается внутри зазора, образованного стеклянными подложками. Наполнение производится при пониженном давлении через узкое заливочное отверстие на краю склейки. Пакеты пластин помещаются в технологическую камеру, из которой откачивается воздух. Следует отметить, что газ также очень неохотно удаляется из тонкого слоя, зажатого между двумя стеклами. Поэтому данный процесс также требует определенного времени. Затем край пакета со стороны заливочного отверстия опускается в кювету с жидким кристаллом. После контролируемого контакта с заливочным отверстием, производится выпуск в камеру нейтрального газа. Под действием внешнего давления жидкость начинает заполнять внутренний капиллярный слой между стеклянными подложками. Малейшая неоднородность поверхности стекол или колебание давления приведет к возникновению разрыва капиллярного фронта и образованию пузырей внутри зазора.

Чтобы избежать появления воздушных пузырей, процесс заливки ЖК материала проводится достаточно медленно, с контролем давления, и, до недавнего времени, продолжался несколько суток! Лишь недавно фирме Sharp удалось разработать технологический процесс, который позволяет сократить время заливки жидкого кристалла до нескольких минут. После заливки производится герметизация заливочного отверстия, финишная герметизация по периметру и наклейка поляризационных пленок.

### ТЕСТИРОВАНИЕ И РЕМОНТ ЖК-ПАНЕЛЕЙ

После сборки панель тестируется по электрическим характеристикам.

Проверяется сама активная матрица, качество и характеристики цветочных фильтров, оптический контроль топологии по всей площади экрана. Поскольку маршрут достаточно сложный и состоит из десятков операций, вероятность появления дефектов стремительно нарастает, поскольку она зависит от площади пластин и числа процессов. Для повышения выхода годных изделий и снижения их цены предусмотрены операции ремонта обрывов и локальных закороток. В топологию матрицы заложены ремонтные элементы, тестовые площадки и тестовые структуры. Ремонт пластин может производиться, естественно, до сборки ЖК-дисплея. В структуре предусмотрена система обходов для проводников и их дублирование. Дефекты могут быть нескольких типов: закоротки и обрывы. Для ремонта обрывов, возникших вследствие дефектов шаблона или наличия пылинок, предусмотрены шины запасных соединений. Локальные закоротки между шинами матрицы выжигаются лазерным лучом. Разумеется, ремонтируемость дефектов не 100-процентная, но позволяет существенно поднять выход годных изделий.

Как же работать с подложками таких размеров? Представьте себе «листок» размером 2 на 2 метра и толщиной 0,5 мм! Не может быть и речи о ручных манипуляциях с таким объектом. Кроме того, вес каждой пластины составляет 6...8 кг. Понятно, что для массовых процессов требуется специальное оборудование, где перенос пластин осуществляется специальными транспортными механизмами, без участия человека. Весь конвейерный процесс должен выполняться без выхода на воздух с использованием переходных шлюзов. Поэтому технологическая линейка напоминает состав из нескольких вагонов. Держатели пластин и физические объемы технологических камер должны соответствовать размерам стеклянных пластин. Для технологических процессов каждого следующего поколения необходимо новое оборудование.

### САМЫЙ БОЛЬШОЙ TFT-ДИСПЛЕЙ

Размер экрана за счет использования подложек большего формата уже «добрался» до диагонали в 57 дюймов (144 см). Рекорд принадлежит компании Samsung, — 27 ноября 2003 года Samsung Electronics Co., Ltd., крупнейший производитель TFT-LCD панелей, объявил о создании крупнейшей в мире 57-дюймовой TFT-LCD панели для телевизоров высокой четкости. Новая панель произведена на

второй производственной линии 5-го поколения, которая использует подложки размером 1100 × 1300 мм. Линия была запущена для серийного производства в сентябре 2003 года. Компания Samsung продолжает традицию установки непрерывной череды рекордов в дисплейной индустрии. На рисунке 2 показан образец телевизора, созданного на основе 57-дюймовой ЖК-панели компании Samsung.

### ТЕХНОЛОГИЯ COA (COLOR FILTER ON ARRAY)

По этой технологии цветные фильтры переносятся с верхней подложки на подложку с активной матричной структурой и размещаются поверх транзисторной матрицы. Такой способ дает уменьшение параллакса, устраняет необходимость в черной решетке с широкими дорожками, увеличивает числовую апертуру и яркость изображения за счет уменьшения ширины дорожек Black Matrix. Черная матрица используется для маскирования дорожек шин адресации и световой защиты транзисторов в узлах коммутации матрицы. Коэффициент поглощения излучения задней подсветки также уменьшается. Однако данная технология сложнее и дороже обычной. На рисунке 3 показано различие топологий цветных фильтров.

### ТОПОЛОГИЯ ЦВЕТНЫХ ФИЛЬТРОВ RGBW

Увеличение яркости и цветовой насыщенности достигается за счет использования еще одной новации — топологии RGBW с дополнительным субпикселем белого W (white) цвета.

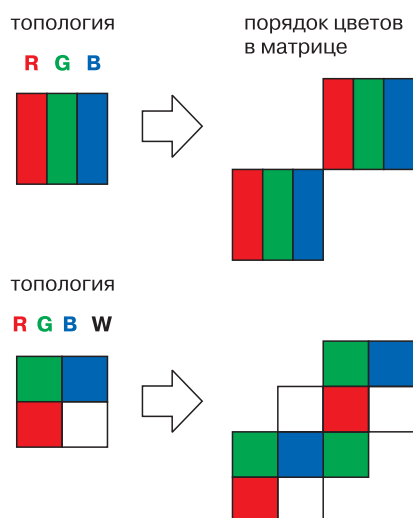


Рис. 4. Сравнение двух топологий цветных фильтров

Для обычной технологии TN переход на COA дает увеличение апертуры на 26%

Для технологии PVA переход на COA дает увеличение апертуры на 33%

\* BM — черная решетка

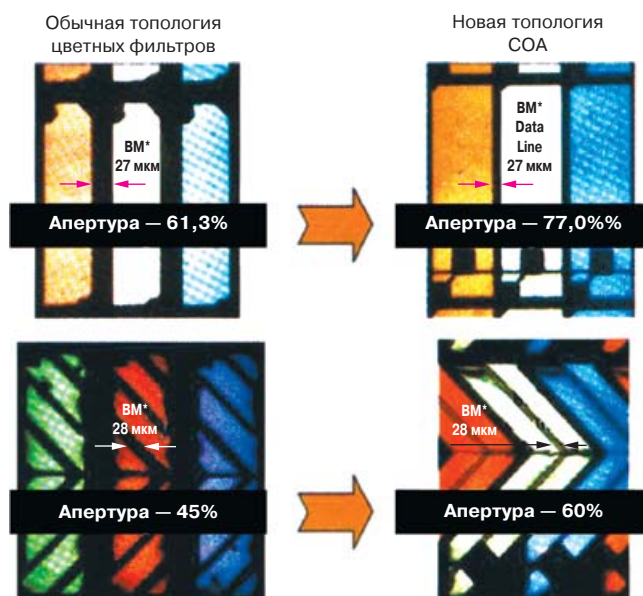


Рис. 3. Сравнение типовой и COA топологий цветных фильтров

Наличие дополнительного пикселя расширяет диапазон передачи цветовой гаммы и увеличивает диапазон яркости. Дополнительная W-«заслонка» в цветном пикселе с минимальным коэффициентом поглощения расширяет диапазон регулировки яркости. Топология цветных фильтров с четырьмя субпикселями использовалась и раньше в первых моделях цветных портативных ЖК-телевизоров. Однако в те времена она оказалась достаточно дорогой в реализации и при невысоком разрешении приводила к значительному искажению цветов. Новая технология Samsung отличается порядком следования цветов и специальным алгоритмом, реализованным в микросхеме контроллера, который и обеспечивает минимальные искажения цветов. На рисунке 4 сравниваются стандартная топология цветных фильтров и топология RGBW.

Яркость увеличивается также за счет новых эффективных и долговечных источников подсветки, в том числе и светодиодных.

### БЫСТРОДЕЙСТВИЕ

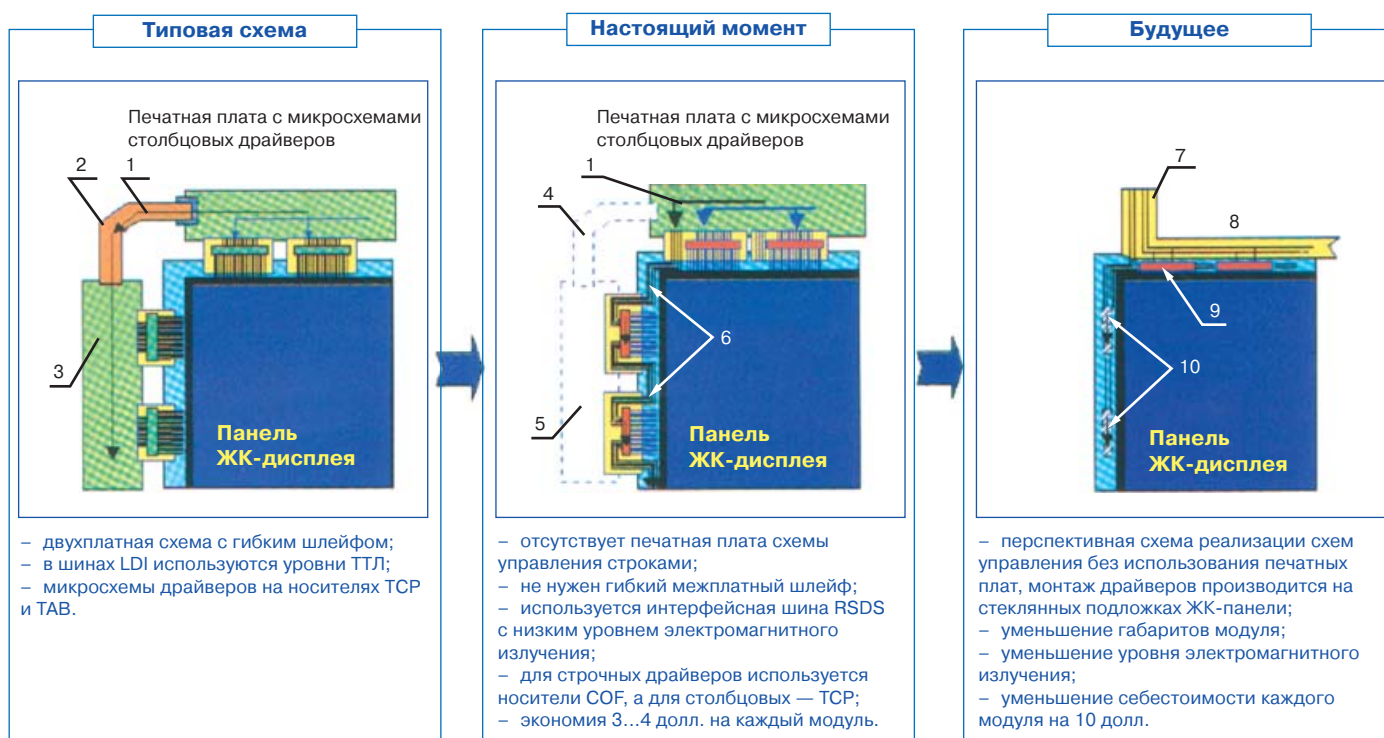
Динамика изображения определяется временем перехода пикселей из светлого состояния в темное, и наоборот. Для качественной оценки быстродействия в последнее время, наряду с временами реакции и релаксации, используются и параметры быстродействия, характеризующие переход внутри градаций шкалы серого, например, время перехода контраста пикселя из среднего состо-

яния (коэффициент пропускания 50%) в светлое, и из среднего в темное, которые у активных ЖК-дисплеев в 3–5 раз больше, чем у ЭЛТ. Усилия многих производителей TFT-дисплеев направлены на улучшение данного параметра. Например, фирма Samsung разработала свою технологию для улучшения динамики при передаче полутонов изображения. Разработанный метод называется Dynamic Capacitance Compensation (DCC, компенсация динамической емкости) и обеспечивает значительное улучшение быстродействия при передаче полутонов, что дает улучшение динамики изображений. Метод основан на коррекции управляющих напряжений, формируемых в драйверах столбцов, за счет введения предискажения сигналов с использованием форсирующих перенапряжений, и реализован в логике специальных драйверов столбцов. На выставке очередного симпозиума SID'03, проводимого в Балтиморе (май 2003 года), фирма Samsung продемонстрировала TFT-дисплей с быстродействием 7 мс.

### УГЛОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И КОНТРАСТНОСТЬ

Угловые характеристики обзора 170/170 градусов были достигнуты ранее, и, в принципе, не являются на сегодняшний момент слабым местом ЖК-дисплеев. Широкий обзор обеспечивается за счет применения прогрессивных технологий WVA (Wide-Viewing Angle) ориентации молекул ЖК-материала, таких как IPS (In





1 — шина управления строчными драйверами; 2 — гибкий полиимидный шлейф; 3 — печатная плата со строчными драйверами; 4 — не нужен гибкий полиимидный шлейф; 5 — не нужна печатная плата со строчными драйверами; 6 — прокладка сигнальных проводников шины управления строчными драйверами; 7 — двухслойный гибкий полиимидный шлейф; 8 — не нужна печатная плата с микросхемами столбцовых драйверов; 9 — кристаллы драйверов столбцов монтируются непосредственно на стеклянной подложке ЖК-дисплея; 10 — интеграция на стеклянной подложке микросхем строчных драйверов.

Рис. 5. Тенденция развития интеграции схем управления для TFT дисплеев

Planar Switching — планарная ориентация молекул ЖК-материала между электродами ЖК-ячейки), MVA (Multi-domain Vertical Alignment — многодоменная вертикальная ориентация молекул ЖК в пределах одного пикселя), а также PVA (Patterned Vertical Alignment — разновидность MVA). Метод PVA позволил увеличить контраст до соотношения 800:1.

## ИНТЕГРАЦИЯ СХЕМ УПРАВЛЕНИЯ

В схеме телевизора высокой четкости видеосигнал разделяется на три основные составляющие (RGB), оцифровывается и попадает в буферную видеопамять. Согласование реального видеосигнала, принятого по эфирному каналу, с реальным форматом ЖК-экрана производится на плате видеоконтроллера. Все специальные видеоэффекты реализованы на плате видеоконтроллера.

В настоящее время, типовая схема управления TFT-панелью, состоящая из схемы управления строками и столбцами, конструктивно выполнена на двух печатных платах. На одной из них (верхней) размещены микросхемы столбцовых драйверов, а на другой — драйверы строк. Сигналы с платы видеоконтроллера поступают на плату

драйверов столбцов. Между собой платы соединяются гибким печатным кабелем, по которому проходят сигналы управления строчными драйверами. Микросхемы драйверов строк и столбцов выполнены на TCP-носителях. С одной стороны носителя имеется группа выводов для соединения с печатной платой, с другой — выводы для контактирования с площадками ЖК-панели, которое обеспечивается при сборке драйверов за счет анизотропной проводящей пленки AFC.

Чтобы уменьшить стоимость всего изделия, в настоящее время стала использоваться технология с одной печатной платой. Вторая печатная плата не нужна, поскольку шины сигналов управления драйверами строк проходят теперь по поверхности стеклянных подложек. Конструкция TCP-носителей специально изменена под данную технологию. В будущем возможна реализация технологии COG с непосредственным монтажом кристаллов ИС драйверов строк и столбцов на стеклянные подложки. Соединительные шины при данной технологии проходят в нескольких слоях вдоль периметра подложек. На рисунке 5 показана тенденция развития интеграции схем управления для большеформатных TFT-дисплеев.

## УМЕНЬШЕНИЕ СТОИМОСТИ РАСХОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Уменьшение стоимости ЖК-панели обусловлено несколькими факторами. Во-первых, сокращением числа базовых операций, во-вторых, увеличением выхода годных изделий, в-третьих, сокращением объемов расходных материалов, и, наконец, уменьшение числа и длительности технологических операций. Как уже отмечалось ранее, переход на подложки большего размера способствует уменьшению стоимости ЖК-панелей. В таблице 3 приведены и другие факторы, влияющие на сокращение стоимости производства ЖК-панелей.

## ПЛАНЫ КРУПНЕЙШИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ЖК-ДИСПЛЕЕВ

Компания Sharp планирует на новом оборудовании 6-го поколения получать пару 65-дюймовых TFT-панелей из базовой стеклянной пластины размером 1500 × 1800 мм. Из этой же пластины можно «выкроить» 30 панелей для 15-дюймовых XGA-мониторов или 15 22-дюймовых Wide-XGA панелей для телевизоров. После запуска сборочной линейки 7-го поколения, с базовым размером пластин 1870 × 2200 мм, компания Samsung

Таблица 3. Факторы, влияющие на уменьшение себестоимости ЖК-панелей

Процесс	Текущая технология	Новый метод	Улучшение параметров
Заливка ЖК материала	Вакуумный метод, несколько фаз заливки	Непрерывная заливка за одну фазу	Уменьшение времени заливки до 4 минут
Уменьшение числа технологических шаблонов	5 шаблонов	4 шаблона	Сокращение длительности производственного цикла
Цветные фильтры	Отдельные цветные фильтры	Технология COA	Увеличение выхода годных изделий
Схемы управления	Технология сборки Mont Blanc-3 (не требуется печатная плата для строчных драйверов)	Технология сборки Mont Blanc-4 (строчные драйверы интегрированы на стеклянную	Интеграция электроники ЖК-дисплея. Уменьшение электромагнитных помех

планирует «выкраивать» до 45 15-дюймовых панелей или 18 22-дюймовых Wide-XGA панелей из одной пластины. Разумеется, выход годных изделий в данном расчете не учитывается. Однако себестоимость производства панелей на новом оборудовании не уменьшится пропорционально увеличению размеров базовой подложки, т.к. стоимость исходных материалов, а также технологических процессов продолжает оставаться достаточно высокой.

Крупные инвестиции основных производителей, таких как Sharp и Samsung, в сектор производства больших размеров TFT-панелей для освоения линеек нового поколения должны привести к росту выпуска телевизоров с экранами более 22 дюймов по диагонали. Компания Sharp владеет в настоящий момент до 50% рынка TFT-панелей для телевизоров.

Компания LG Philips планирует развитие линейки 6-го поколения для производства 30-дюймовых панелей, нацеленных на рынок телевизионных приложений. На этом же заводе будут выпускаться 25 типов 17-дюймовых дисплейных панелей для мониторов.

В настоящий момент компания AU Optronics уже имеет производство 5-го поколения и собирается оптимизировать его под выпуск 26- и 30-дюймовых ЖК-панелей для телевизоров.

Компания Sharp, крупнейший производитель ЖК-панелей для телевизионного сектора, строит завод 6-го поколения с объемом инвестиций около 100 миллионов иен. Производительность новой линейки должна со-

ставлять до 100000 штук 30-дюймовых широкоформатных панелей в месяц.

Производство фирмы Chi Mei нацелено на достижение объема выпуска 20-, 27- и 30-дюймовых панелей в 2003 году до 400000 штук.

Компания Samsung отказалась от использования подложек 6-го поколения и направила основные ресурсы на запуск линейки 7-го поколения, с базовыми стеклянными подложками размером 1870 × 2200 мм, который является оптимальным для изготовления 32- и 40-дюймовых телевизионных панелей.

За последнее время стоимость TFT-панелей небольших размеров стремительно уменьшается и фактически сравнялась со стоимостью STN-панелей аналогичных размеров. Однако в тех приложениях, где требуются размер экрана от 3 до 6 дюймов по диагонали при малом потреблении, все-таки предпочтительнее использовать панели STN.

Все цветные ЖК-дисплеи можно условно разделить на три категории:

- низкопотребляющие и компактные дисплеи;
- высокачественные TFT-дисплеи для промышленных приложений;
- большеразмерные TFT-дисплеи высокого разрешения.

К первой группе можно отнести, например, цветные STN ЖК-дисплеи фирмы Hitachi. Диапазон размеров экрана от 3,6 дюйма до 8,2 дюйма. В этой группе имеют сильные позиции еще два производителя: компания Toshiba, с поликремниевыми TFT-дисплеями с диагональю 4 дюйма и 8,4

дюйма, и Samsung, с 12,1-дюймовыми малопотребляющими TFT-дисплеями.

Вторая группа включает TFT-дисплеи, имеющие специальное корпусное исполнение для промышленного применения, например, для терминалов розничной торговли, промышленного измерительного и управляющего оборудования, медицинских диагностических приборов и т.п. Во всех этих приложениях требуются хорошие оптические характеристики, высокая яркость и большая долговечность. Повышенная яркость является наиболее важным параметром для данного класса мониторов, особенно тех, которые используются совместно с сенсорными панелями. К этой же группе относятся упрочненные TFT-мониторы фирмы Siemens, имеющие достаточно большую яркость, подходящую для многих промышленных и медицинских применений.

К третьей группе дисплеев высокого разрешения с большим размером экрана относятся, например, TFT 12,1-дюймовые XGA-дисплеи фирмы IBM и 24-дюймовые широкоэкранные дисплеи компании Samsung. Для дисплеев данной группы требуется высочайшее качество изображения (разрешение, широкие углы обзора, яркость и контрастность). В настоящее время, устройства данного класса находят все большее применение в издательском секторе, в радиолокационном, навигационном и медицинском оборудовании.

#### ЛИТЕРАТУРА

Joe Virginia, *The Future Looks Bright for LCD TV*, Information Display 10/03.

**ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ**

**УСЛУГИ ПО СБОРКЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ МЕТОДОМ ПОВЕРХНОСТНОГО МОНТАЖА**

Москва, Нижегородская ул., 33  
тел./факс: (095) 278-9660, 278-9674, 913-8421  
E-mail: sales@melt.com.ru  
http://www.melt.com.ru

**МЭЛТ**

**Триатрон**

**Электронные компоненты ОПТОМ**

ЧИП-РЕЗИСТОРЫ  
ЧИП-КОНДЕНСАТОРЫ  
КОНДЕНСАТОРЫ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИЕ  
КОНДЕНСАТОРЫ КЕРАМИЧЕСКИЕ  
ТАНТАЛОВЫЕ КОНДЕНСАТОРЫ  
КВАРЦЕВЫЕ РЕЗОНАТОРЫ  
РЕЗИСТОРЫ УГОЛЬНЫЕ  
РЕЗИСТОРНЫЕ СБОРКИ  
ПРЕДОХРАНИТЕЛИ

ФИЛЬТРЫ  
СВЕТОДИОДЫ  
ДИОДЫ  
МИКРОСХЕМЫ  
И МНОГОЕ ДРУГОЕ

125212, Москва, Ленинградское шоссе, д. 58  
Тел./факс: (095) 784-7096, 459-9896  
http://www.triatron.ru  
e-mail: sales@triatron.ru