



Виктор Жданкин

# Жидкокристаллические дисплеи Sharp для промышленных и специальных применений

Данный материал завершает статью, первая часть которой была опубликована в «СТА» 1/2005. В нём кратко представлены используемые корпорацией Sharp для TFT ЖК-дисплеев технологии, благодаря которым достигаются высокие эксплуатационные характеристики этих изделий.

## Часть 2

### НОВЕЙШИЕ ТЕХНОЛОГИИ КОРПОРАЦИИ SHARP ДЛЯ ЖК-ДИСПЛЕЕВ

#### Технология Black TFT

Первая часть статьи завершалась описанием выпускаемых корпорацией Sharp ЖК-дисплеев большого формата. Однако неважно, насколько большими могут быть размеры экрана, и от самого ЖК-дисплея будет немного пользы, если при ярком внешнем освещении визуальное восприятие изображения на экране дисплея будет затруднено из-за бликов или пониженной контрастности.

Корпорация Sharp взялась за разрешение данной проблемы и разработала

оригинальное покрытие с низким коэффициентом отражения, названное Black TFT (технология его применения носит такое же название). Это покрытие обеспечивает высококонтрастное отображение даже при сильной внешней засветке.

Рис. 1 даёт представление о конструкции ЖК-дисплея, выполненного по технологии Black TFT. Сочетание антибликовой обработки и покрытия с низким коэффициентом отражения обеспечивает чёткость изображения и яркие краски.

График на рис. 2 позволяет сравнить контрастности типового ЭЛТ-дисплея и выполненного по технологии Black TFT ЖК-дисплея. В

условиях низкой освещённости (до 30 лк) контрастное отношение дисплея на ЭЛТ превышает 500:1. Однако при средней и сильной внешней освещённости (более 40 лк) величина этого параметра у Black TFT ЖК-дисплея становится выше, чем у ЭЛТ-дисплея. Здесь необходимо заметить, что уровень освещённости в обычной жилой комнате достигает значения около 300 лк, а в солнечной комнате — около 1500 лк.

Технология Black TFT применяется корпорацией Sharp при производстве цветных ЖК-телевизоров AQUOS, а

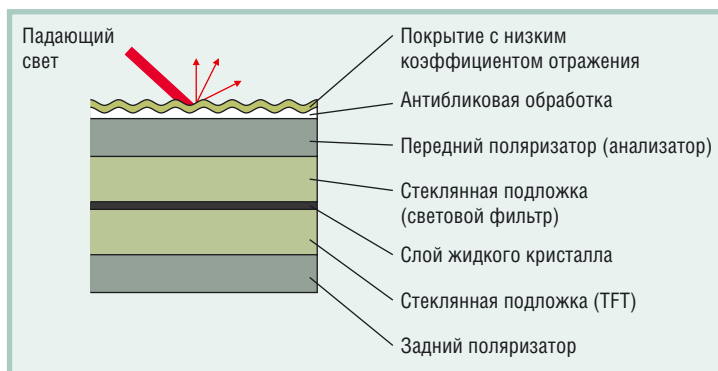


Рис. 1. Конструкция ЖК-дисплея, выполненного по технологии Black TFT

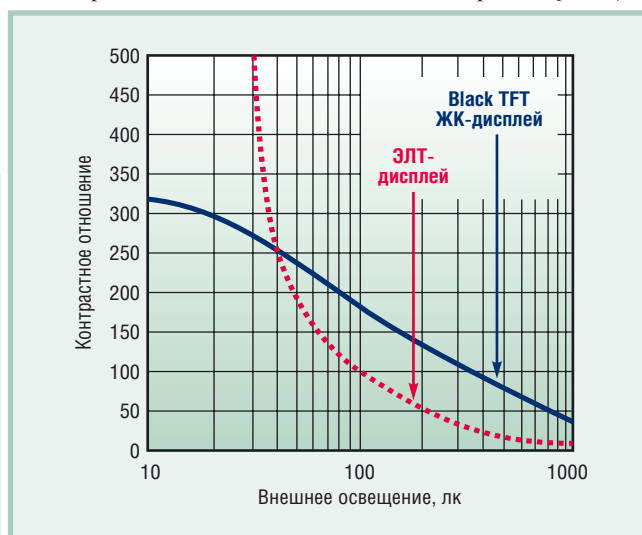


Рис. 2. Сравнение контрастных отношений дисплеев ЭЛТ и ЖК



Рис. 3. Сравнение структур просветного TFT и отражательного HR-TFT ЖК-дисплеев

также в комплектующих модулях для ЖК-дисплеев.

**Технология HR-TFT**

Мобильные терминалы, а также портативные аудио- и видеоустройства требуют ярких дисплеев, должны быть компактными, иметь облегчённую конструкцию и отличаться низкой потребляемой мощностью, обеспечивая длительный ресурс батарей.

Предназначенные для мобильных применений ЖК-дисплеи Super Mobile используют оригинальные панели, выполненные по технологии HR-TFT корпорации Sharp (рис. 3). Это отражательные дисплеи, не требующие системы подсветки. Они имеют низкопрофильную, лёгкую и энергосберегающую конструкцию и обеспечивают яркое, высококонтрастное изображение даже при ярком солнечном освещении.

По сравнению с предшествующими моделями ЖК-дисплеев Sharp аналогичного назначения дисплеи Super Mobile HR-TFT имеют:

- более низкое энергопотребление (примерно на 1/7),
- более тонкую панель (примерно на 1/3),
- меньший вес (примерно на 1/2).

Технология HR-TFT использует микроотражательную структуру (Micro Reflective Structure — MRS) жидкокристаллических ячеек. Дисплеи, выполненные по этой технологии, превосходят стандартные отражательные ЖК-панели по яркости цветов и отсутствию параллакса (рис. 4).

**Технология ULC — обеспечение сверхнизкого энергопотребления**

Технология ULC (акроним Ultra Low Power Consumption — сверхнизкое потребление мощности) применяется на рынке сотовых телефонов или персональных информационных устройств,

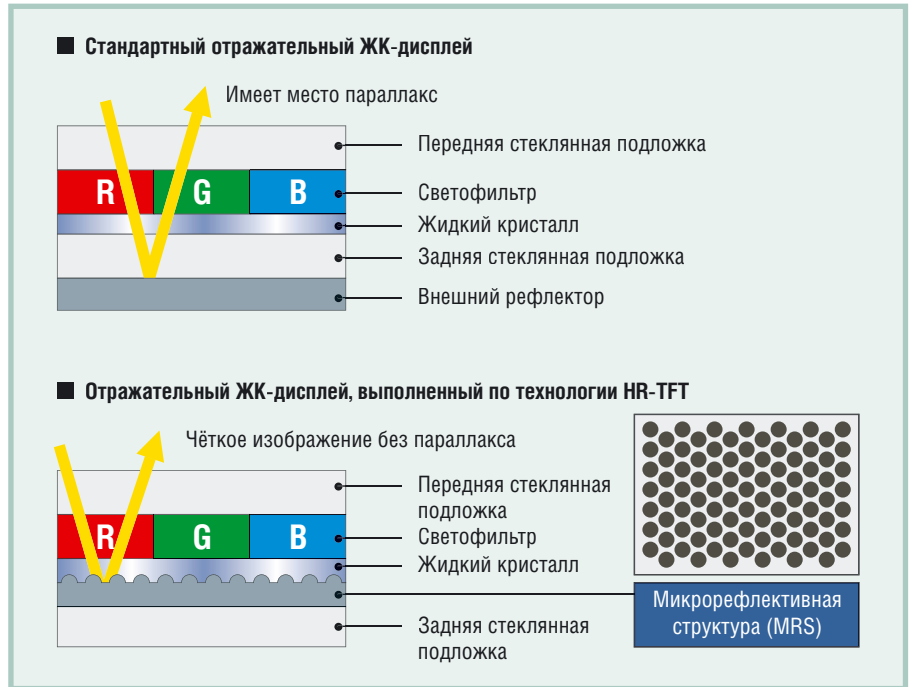


Рис. 4. Микроотражательная структура — одна из главных особенностей технологии HR-TFT

где чрезвычайно важно обеспечить низкое энергопотребление. Кроме того, данная технология позволяет формировать чёткие изображения как в условиях сильной внешней освещённости, так и в плохо освещённых закрытых помещениях.

Малая величина потребляемой мощности в дисплеях ULC достигается избирательной работой в одном из трёх режимов, зависящих от вида отображаемой информации. Первый режим — Full mode (полный режим) — предполагает функционирование подобно обычному TFT-дисплею, но с потреблением примерно трети от обычно потребляемой мощности. В этом

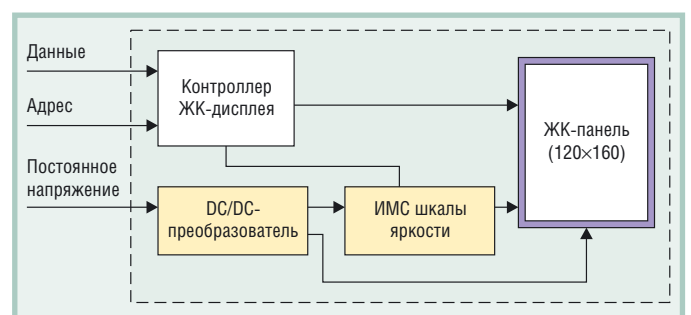
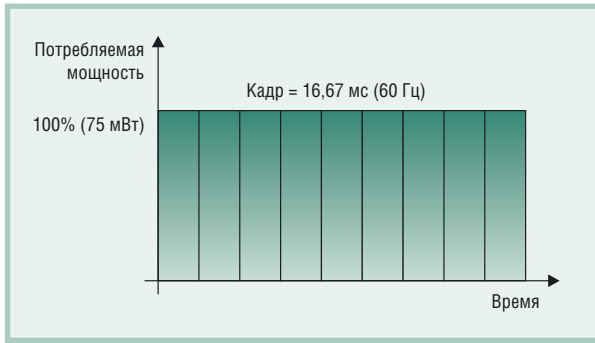


Рис. 5. Функциональная схема обычного (не использующего технологию ULC) ЖК-дисплея

режиме доступен многоцветный диапазон, а соотношение значений временных параметров достаточно для отображения видеоданных. Второй режим — Standby mode (дежурный режим) — предназначен для отображения статичных насыщенных изображений с пониженной цветностью. Третий режим — Partial mode («частичный» режим) — строится на отображении лишь одной активной строки



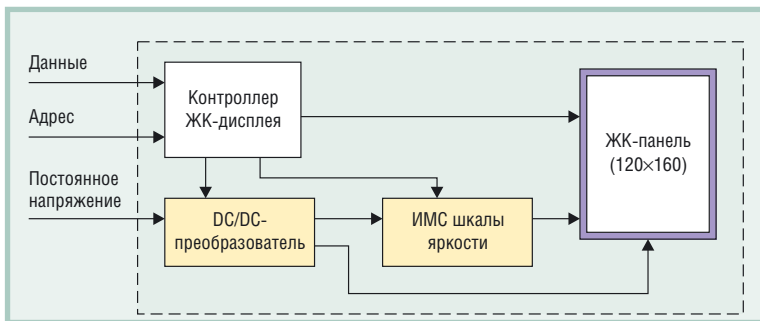
**Рис. 6. Диаграмма потребления мощности 2" TFT ЖК-дисплеем, не использующим энергосберегающую технологию ULC**

только с 8 основными цветами. Например, в сотовых телефонах можно одновременно высвечивать не более одной строки, и в результате будет сэкономлено много энергии в батарее.

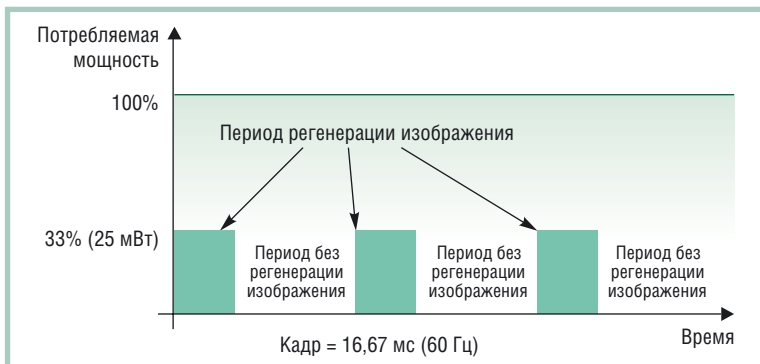
Для понимания технологии ULC сначала рассмотрим работу обычного ЖК-дисплея (рис. 5). Дисплей получает сигналы данных и адреса, а также питание, которые управляют его работой. Необходимо особо отметить, что напряжение питания подаётся вне зависимости от информационного содержания экрана дисплея. В частности, ИМС шкалы яркости постоянно находится в запитанном состоянии, из-за чего потребляет почти треть от общей мощности. Диаграмма на рис. 6 иллюстрирует потребление

мощности работающим в таком режиме стандартным 2" TFT-дисплеем (частота обновления информации 60 Гц, полная потребляемая мощность 75 мВт). Теперь обратимся к рис. 7, на котором представлена функциональная схема ЖК-дисплея, выполненного по

технологии ULC. Здесь благодаря современному исполнению и применяемой технологии полная потребляемая мощность уменьшается до 25 мВт по сравнению с 75 мВт обычной модели. Особое внимание следует обратить на наличие соединений контроллера с DC/DC-преобразователем и специализированной ИМС шкалы яркости. Через эти соединения реализуется функция изменения режимов работы отдельных схем в соответствии с содержанием отображаемой информации. На рис. 8 представлена диаграмма потребления мощности, демонстрирующая, сколько энергии сберегается за счёт ограничения скорости обновления (регенерации) информации при воспроизведении статичных изображений и сколько энергии можно сэкономить дополнительно, ограничивая цветовую насыщенность и отключая специализированную ИМС шкалы яркости.



**Рис. 7. Функциональная схема ЖК-дисплея, выполненного с применением технологии ULC**



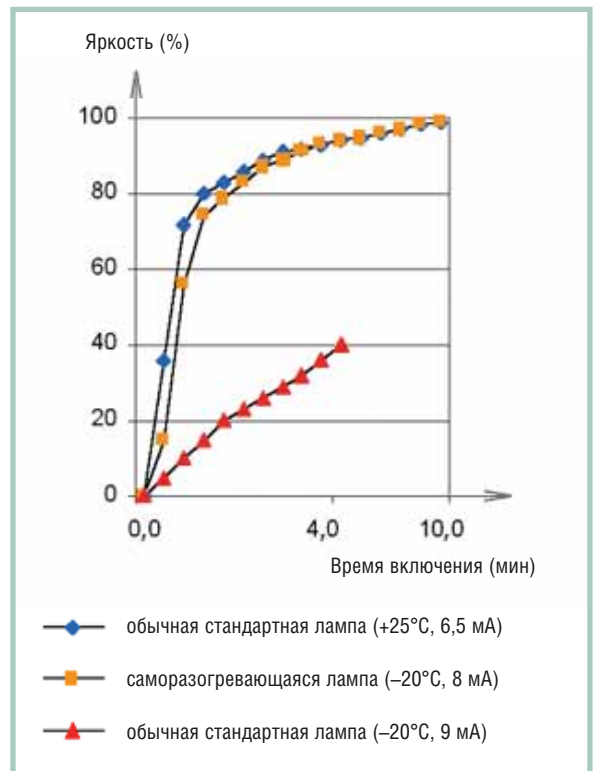
**Рис. 8. Диаграмма потребления мощности ЖК-дисплеем, выполненным по технологии ULC, при воспроизведении статического изображения**

### Саморазогревающаяся система задней подсветки

Одной из проблем люминесцентных ламп с холодным катодом (Cold-cathode fluorescent tube — CCFT) является работа при низких температурах. Классическим решением данной проблемы является внешний подогрев лампы. Однако более эффективным решением представляется предложенная корпорацией Sharp система подсветки с саморазогревом.

Саморазогревающиеся системы задней подсветки используют специальные люминесцентные лампы, которые могут быть перегружены избыточным током, рассеивающимся в виде тепла. Это тепло и разогревает лампу. Так как нагрев является внутренним, температура быстро возрастает и полная яркость достигается в течение двух минут (требование автомобильной промышленности).

График, приведённый на рис. 9, показывает, что для обычной люминесцентной лампы, зажжённой при температуре  $-20^{\circ}\text{C}$  и перегруженной током 9 мА, требуется 4 минуты для достижения только 40% от номинального значения яркости. Из других графиков на рис. 9 видно, что саморазогревающаяся лампа, зажигаемая при той же температуре и даже чуть меньшем токе перегрузки, выходит на номинальную яркость практически по тому же зако-



**Рис. 9. Графики нарастания яркости при включении ламп задней подсветки в условиях низких температур**

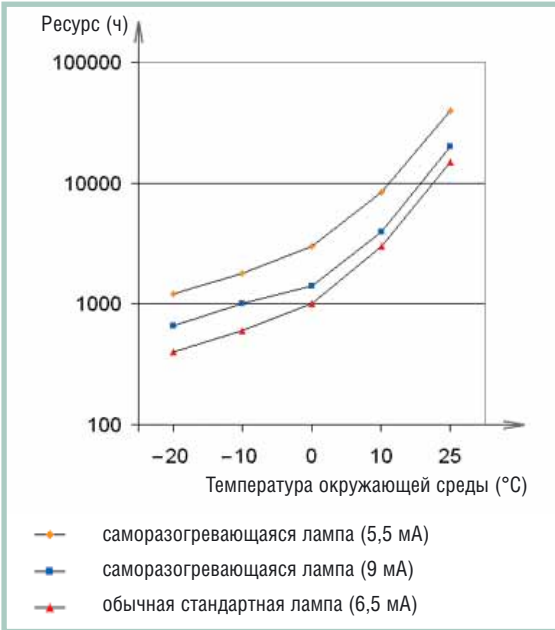


Рис. 10. Минимальный ресурс ламп задней подсветки при разных температурах окружающей среды

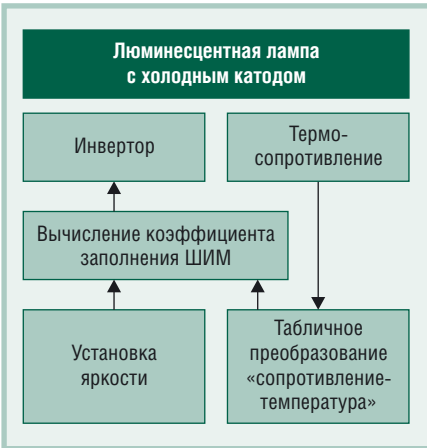


Рис. 11. Схема системы управления задней подсветкой

ну, что и обычная лампа, зажигаемая при комнатной температуре. Кроме того, используемые корпорацией Sharp саморазогревающиеся лампы обладают большим ресурсом (рис. 10), и это справедливо для всего допустимого диапазона изменения температуры окружающей среды.

Саморазогревающаяся система задней подсветки требует внешнего управления для стабилизации тока люминесцентной лампы. Функциональная схема замкнутой системы управления показана на рис. 11. Термосопротивление установлено на лампе для измерения её температуры. Сигнал с термосопротивления таблично преобразуется в соответствующую температуру уставку, на основе которой определяются токовые параметры для инвертора при заданной яркости. Инверторы, не имеющие подобного управления,



Рис. 12. Соединение ИМС управления и ячейки ЖК-дисплея по технологии COG

могут обеспечить лишь одно постоянное значение тока, протекающего через лампу.

### Технология COG — сборка кристалла на стекле

Технология сборки кристалла на стекле (Chip on Glass — COG) обеспечивает чрезвычайно надёжное соединение между ИМС управления и ячейкой ЖК-дисплея (рис. 12). Использование данной технологии приводит к значительным улучшениям многих технических характеристик дисплея: расширяется диапазон температур хранения, наблюдается повышенная устойчивость к ударным воздействиям, растёт вибропрочность и т.д. Например, если сравнивать с современными традиционными моделями, то соответствующие изделия, выполненные по технологии COG, имеют диапазон температур хранения  $-40...+95^{\circ}\text{C}$  против  $-30...+85^{\circ}\text{C}$  и вибропрочность 4,5g вместо 2,9g.

### Передовая технология Advanced TFT

Технология Advanced TFT (AD-TFT), способная обеспечить очень чёткое изображение и в условиях сильной внешней освещённости, и в плохо освещённых закрытых помещениях, уже была кратко представлена в первой части статьи, поэтому здесь основное внимание уделим её сравнению с другими технологиями.

Ранее представленные ЖК-дисплеи Super Mobile, выполненные по технологии HR-TFT, не используют заднюю подсветку, отличаются низким энергопотреблением, а также низкопрофильной и лёгкой

конструкцией. При этом они способны создавать яркие и чёткие изображения при применениях вне помещений, в условиях сильной внешней засветки. Однако при низком уровне внешней освещённости (например, внутри помещения с естественным освещением) их контрастность недостаточна. Корпорация Sharp решила данную проблему путём разработки уникальной технологии Advanced TFT, применение которой привело к созданию нового типа дисплеев. Фактически это просветно-отражательные ЖК-дисплеи с двумя режимами функционирования: в условиях яркого освещения они работают как дисплеи HR-TFT, а при недостаточной освещённости — как просветные ЖК-дисплеи. Такие «дисплеи-многоборцы» проявляют отличные рабочие характеристики «где угодно и когда угодно».

Графики на рис. 13 позволяют сравнить дисплеи, выполненные по разным технологиям. Из рисунка видно, что удобство восприятия изображения пользователем зависит от внешней освещённости для всех типов ЖК-дисплеев, кроме дисплеев AD-TFT. Причём при определённых условиях освещённости по уровню удобочитаемости эти дисплеи практически не уступают дисплеям, оптимизированным для применения только в этих условиях.

Структура ЖК-дисплеев AD-TFT показана на рис. 14.

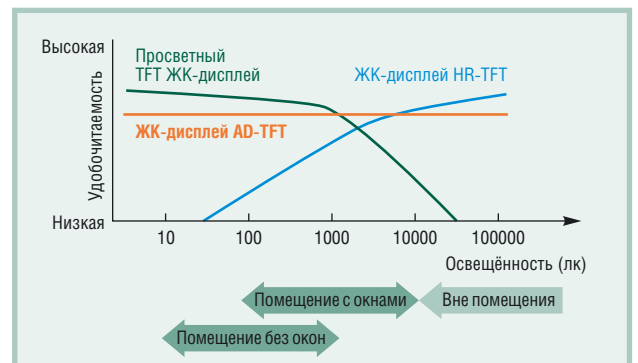


Рис. 13. Сравнение дисплеев по удобочитаемости при разной внешней освещённости

К настоящему времени корпорация Sharp уже успела усовершенствовать Advanced TFT. Появившаяся в результате этого новейшая технология получила название High Transmission Advanced TFT, а главной особенностью ЖК-дисплеев, в которых она реализована, стала значительно улучшенная светопропускная способность.

### Технология SHA и высокая яркость

Базовая структура цветного ЖК-дисплея включает, помимо самого жидкокристаллического слоя, два поляризатора и матрицу светофильтров, поглощающих много света. Ячейки-пиксели окружены чёрной рамкой, которая ограничивает боковое излучение, улучшая контрастность изображения и уменьшая при этом количество света, достигающего пользователя. Кроме того, в ЖК-дисплее с активной матрицей каждый пиксел содержит тонкоплёночный транзистор, что ещё сильнее подавляет свет [1]. Всё это придаёт новым технологиям, направленным на повышение яркости TFT ЖК-дисплеев, особую актуальность.

Новейшие телевизионные ЖК-панели и мониторы больших форматов, вы-

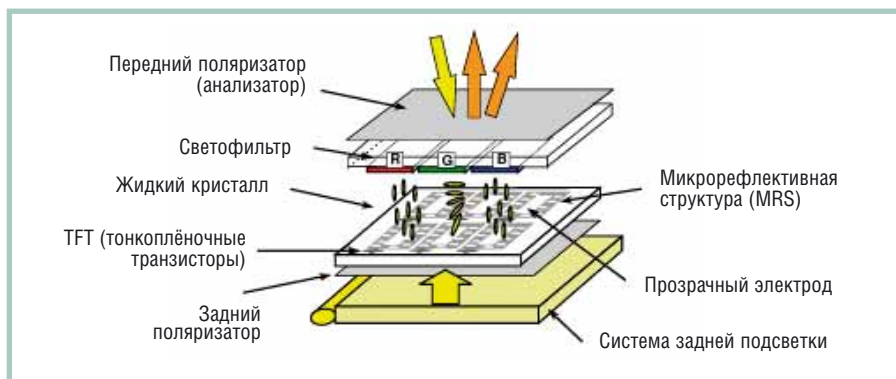


Рис. 14. Структура ЖК-дисплея AD-TFT

пускаемые корпорацией Sharp, не имели бы таких успехов в достижении высокой яркости, если бы в них не использовалась технология SHA (Super High Aperture — сверхвысокая апертура). Эта оригинальная технология позволяет значительно увеличить площадь апертуры у каждого отдельно взятого пиксела экрана благодаря формированию изолирующего слоя из специального полимера между линиями соединения истоков и управляющими электродами (затворами) тонкоплёночных транзисторов. Как видно из рис. 15, такая изоляция делает возможным увеличение площади пиксела, а следовательно, и апертуры при том же разре-

шении, в результате чего более эффективно используется свет задней подсветки и зритель получает более яркое изображение.

Благодаря преимуществу технологии SHA цветной ЖК-телевизор AQUOS, в котором она применена, имеет наивысшую среди изделий своего класса яркость 450 кд/м<sup>2</sup>.

Другая технология, применяемая корпорацией Sharp для повышения яркости ЖК-панелей, — UHA (Ultra High Aperture — ультравысокая апертура). Она используется в производстве 28-дюймовых экранов с разрешением более 5 миллионов (2560×2048) пикселей [2].

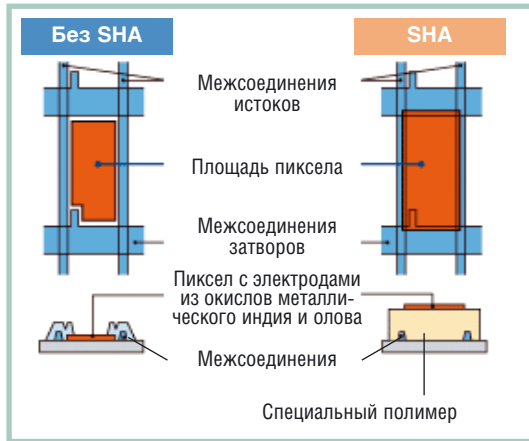


Рис. 15. Структура пиксела ЖК-дисплея, выполненного с применением технологии SHS и без неё

В основе технологии UHA лежит формирование гибридной структуры, которая объединяет модифицированную матрицу управляющих тонкоплёночных транзисторов и низкотемпературные поликремниевые схемы управления. В традиционных ЖК-дисплеях на поликремниевых тонкоплёночных транзисторных структурах используются кристаллы схем управления, которые прикреплены к стеклу дисплея. Между тем, низкотемпературные поликремниевые схемы управления могут быть непосредственно встроены в стекло посредством технологии, аналогичной используемой при производстве полупроводниковых приборов. Возможность такой интеграции схем управления приводит к гораздо более простым межсоединениям, чем в традиционных ЖК-дисплеях.

Новая структура пикселей, соответствующая UHA-технологии, минимизирует площадь межсоединений и увеличивает апертуру примерно на 20% по сравнению с предшествующими моделями ЖК-дисплеев корпорации Sharp, использующими активную матрицу управляющих тонкоплёночных транзисторов. А при сопоставимой яркости моделей этих двух типов ЖК-дисплеев с UHA рассеивают примерно на 20% меньшую мощность.

### Технологии, обеспечивающие широкий угол обзора

В отличие от ЭЛТ-дисплеев, допускающих углы обзора до 180° как по горизонтали, так и по вертикали, ЖК-дисплеи имеют более узкие секторы возможных углов обзора в любой из плоскостей. Границы этих секторов устанавливаются по предельно допустимым для нормального восприятия

значениям яркости и контрастности. Например, для цветных дисплеев угол обзора является приемлемым, пока цвета изображения остаются неизменными.

TFT ЖК-дисплеи Sharp применяют технологию Super V, обеспечивающую углы обзора в горизонтальной плоскости (L/R) до 140°, а в вертикальной плоскости (U/D) до 110° (угол обзора определяется в градусах слева направо и сверху вниз).

Новейшее поколение ЖК-дисплеев Sharp, использующее технологию ASV (Advanced Super View), имеет значительно лучшие показатели: более 170° L/R и U/D. Конкурирующие фирмы предлагают технологию IPS (In Plane Switching), которая создаёт широкий симметричный угол обзора, но сопровождается ухудшениями таких параметров, как скорость отклика, энергетические показатели, диапазон рабочих температур. В ячейке, выполненной по технологии IPS, оба электрода, переключающие яркость пиксела, располагаются на той же пластине, что и тонкоплёночный транзистор (в традиционной ячейке один из электродов вынесен на верхнюю поверхность жидкого кристалла). В результате и во включенном, и в выключенном состояниях молекулы жидкого кристалла не принимают ориентацию, перпендикулярную поверхности, и всё время находятся в плоскости экрана, за счёт чего устраняется главная причина искажений изображения при взгляде на экран сбоку [3].

Главным недостатком технологии IPS является то, что описанное расположение электродов влечёт за собой уменьшение площади, через которую может проходить свет. При этом апертура ячейки снижается примерно на 10% по сравнению с аналогичным по прочим показателям TFT ЖК-дисплеем.

Технология ASV таких недостатков не имеет.

### ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА АКТИВНО-МАТРИЧНЫХ ДИСПЛЕЕВ

Предыдущее поколение ЖК-дисплеев для ПК было представлено устройствами на основе пассивных матриц. Между тем, требования к контрастному отношению, цвету и углу обзора возросли, и стало очевидным, что пассивные ЖК-дисплеи в скором времени пере-

станут им соответствовать. Так как технология производства матриц транзисторов MOSFET усовершенствовалась, доминирующую роль стали играть дисплеи на основе активной матрицы управляющих транзисторов (TFT ЖК-дисплеи). Подробнее рассмотрим две основные категории этих устройств: ЖК-дисплеи на основе аморфных кремниевых тонкоплёночных транзисторных структур (Amorphous Silicon TFTs, или a-Si TFT) и ЖК-дисплеи на поликремниевых тонкоплёночных транзисторных структурах (Polysilicon TFTs).

### Amorphous Silicon TFTs

По этой технологии аморфные кремниевые полупроводниковые материалы осаждаются на обычное стекло. В результате можно построить матрицу транзисторов FETs (Field Effect Transistors), соединённых вместе шинами в ряды и столбцы наподобие решётки. Прикладывая сигналы через соответствующие шины к столбцу и к ряду матрицы, можно активизировать определённый транзистор, находящийся на их пересечении, и обратиться к нужной зоне слоя жидкого кристалла. Таким образом можно управлять каждым элементом в прямоугольной области экрана дисплея. Контактная площадка стока каждого транзистора соединена с цветным светофильтром, который, переключаясь, обеспечивает отображение красного, зелёного или синего цветов. Таковы основные принципы работы a-Si TFT-дисплеев.

Однако для управления рядами и столбцами описанной структуры требуется полупроводниковый материал с более высокими рабочими характеристиками, чем тот, который осаждается на стекло. Если рассмотреть матрицу на стекле через микроскоп, можно увидеть, что осаждённый полупроводниковый материал a-Si имеет очень маленькие домены, выстроенные в решётку случайным образом. Эта проблема решается при помощи управляющего устройства, встроеного в отдельный кристалл и соединённого с прозрачными электродами ITO, на базе которого формируется канал для передачи сигналов управления данными к матрице на стекле.

### Polysilicon TFTs

#### Высокотемпературный поликремний

Главной проблемой в поликремниевых дисплеях является размещение электронных схем, особенно схем уп-

равления и сдвиговых регистров, в одном «куске» стекла. В принципе, это может быть сделано посредством высокотемпературных процессов на заготовке расплавленного кремния. По данной методике надо сначала осадить кремниевый слой, а затем, нагрев его до точки плавления и медленно рекристаллизовав из расплава, получить полупроводник с более высокими рабочими характеристиками, чем у a-Si. Однако сегодня нет возможности использовать высокотемпературные процессы в производстве дисплеев больших форматов, так как пока доступны кварцевые подложки с диагональю только около восьми дюймов. Поэтому в целях получения приемлемых цен на дисплеи большого формата промышленность вынуждена применять в технологическом процессе обычное стекло.

#### Низкотемпературный поликремний

Используя низкотемпературный лазерный отжиг вместо высокотемпературного процесса, получают домены с большими размерами, чем у a-Si, но не такими большими, как после обычного высокотемпературного отжига. Это приводит к резкому (в сотни раз) увеличению подвижности электронов, что существенно улучшает полупроводниковые свойства материала по сравнению с a-Si. Теперь становится возможным размещение схем управления и сдвиговых регистров на общей подложке, как и ячеек дисплея. Такой подход позволяет делать дисплеи с очень высоким разрешением, в тех случаях когда плотность межсоединений выходит за пределы, допустимые технологией автоматизированной сборки (напри-

мер, производить VGA-дисплеи с форматом 4").

Различают две разновидности технологии низкотемпературного поликремния (Low Temperature Polysilicon — LTPS).

Первая, известная как n-канальная разновидность, имеет ограничения, связанные с подвижностью электронов. Это наиболее доступная технология LTPS, которая относительно давно применяется в производстве. По этой технологии производятся QVGA-дисплеи и дисплеи малых форматов для камкордеров и цифровых камер.

Другая разновидность LTPS значительно сложнее, использует как n-канальные, так и p-канальные КМОП, требующие значительно большего числа слоёв (10-12 против 6-7). Она обеспечивает разрешения XGA при небольших форматах. Эту технологию трудно реализовать, сохраняя низкую себестоимость изделий, требуемую в таких мобильных применениях, как сотовые телефоны и карманные компьютеры. Данная разновидность технологии LTPS принята в компаниях Sony и Toshiba.

#### Подводя итоги

Имея за плечами более чем 15-летний опыт разработки дисплеев для промышленных применений, корпорация Sharp особое внимание уделяет вопросам постоянного увеличения ресурса своих изделий, снижения эксплуатационных затрат, расширения диапазона рабочих температур, повышения прочности конструкции, а также устойчивости к механическим ударам и случайной широкополосной вибрации. В ре-

зультате этого заказчики получают возможность выбрать из широкого ряда дисплеев Sharp модель, не только по своим рабочим характеристикам соответствующую условиям применения, но и привлекательную по стоимостным и надёжностным показателям.

Всеми этому в немалой степени способствуют новаторские конструкторские решения и активно разрабатываемые и внедряемые корпорацией современные технологии.

Дополнительную информацию о современных ЖК-дисплеях можно почерпнуть из другой статьи данного номера [4], в которой представлены DC/AC-инверторы, используемые в качестве источников питания для ламп задней подсветки. ●

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ken Werner. The flowering of flat displays (Плоские дисплеи)// COMPUTERWEEK — MOSCOW. — 1997. — № 27 (281).
2. Yoshiko Hara. Aperture technology brightens Sharp active-matrix LCDs. EE Times, 26/07/2000.
3. Беляев В., Брежнев В. Жидкокристаллические дисплеи// Электронные компоненты. — 2002. — № 1.
4. Жданкин В. К. DC/AC-инверторы для жидкокристаллических дисплейных панелей// Современные технологии автоматизации. — 2005. — № 2.

**В.К. Жданкин —**  
**сотрудник фирмы ПРОСОФТ**  
**119313 Москва, а/я 81**  
**Телефон: (095) 234-0636**  
**Факс: (095) 234-0640**  
**E-mail: victor@prosoft.ru**