

Матрица



Дисплеи сотовых телефонов



▲ На дисплее первого коммерческого телефона компании Motorola DynaTAC 8000X умещалось две строки текста (по 7 символов)

Пользователи обычно различают дисплеи телефонов по двум признакам: большой/маленький и цветной/монохромный. А вот когда устают глаза и раздражают блики на экране, начинают проявлять интерес к технологическим характеристикам устройств.

Две строки символов

Словосочетание «дисплей мобильного» родилось 6 марта 1983 года, когда компания Motorola представила аппарат DynaTAC 8000X — первый в мире коммерческий портативный сотовый телефон. Это было революционное событие в истории развития беспроводной связи, но тогда мало кто обратил внимание на светодиодный дисплей (две строки по семь символов в каждой) нового устройства. Тем не менее начало истории дисплея было положено.

Изучение структуры жидких кристаллов и их способности отражать или поглощать свет под воздействием тока позволило японским инженерам создать первый ЖК-экран для калькуляторов компании Sharp, которые появились на рынке гораздо раньше первого сотового, в 1964 году. Пути LCD-технологий и мобильных телефонов пересеклись только

в начале 90-х годов прошлого века. Одними из первых моделей с ЖК-дисплеями стали сотовые телефоны корпорации Motorola серии MicroTac.

С тех пор алфавитно-цифровые жидкокристаллические монохромные дисплеи стали неотъемлемой частью большинства телефонов, и лишь в начале нового тысячелетия «серо-зеленая масса» была разбавлена 256-цветной палитрой. До тех пор пользователей больше заботила функциональная оснащенность аппаратов, а качество изображения отходило на второй план. Но все возрастающая мультимедийная нагрузка, которая легла на хрупкие плечи мобильных устройств, в корне изменила такое пренебрежительное отношение к дисплеям (как производителей, так и пользователей). И теперь при покупке нового аппарата одним из основных критериев выбора является его дисплей.

» За последние полтора-два года процент цветных дисплеев на мобильном рынке резко возрос, и монохромные экраны встречаются все реже, не говоря уже о раритетных светодиодных устройствах.

Жидкие кристаллы

В современных мобильных устройствах для вывода изображения на экран и управления им используются два вида матриц, имеющие принципиальные отличия. Само слово матрица, если отбросить весь тот фантазмагорический угар, которым оно обросло по воле создателей одноименного блокбастера, говорит нам лишь о наличии вертикальных столбцов, горизонтальных строк и связей между ними. В нашем случае это сеть электродов, расположенная под жидкокристаллическим слоем экрана, каждый из которых управляет одной видимой точкой (ячейкой) дисплея. Формирование изображения происходит путем подачи управляющего напряжения на отдельные электроды согласно заданным координатам. При этом потревоженные кристаллы изменяют свою структуру. В зависимости от силы тока колеблется уровень искажения (поворота) кристаллов, то есть меняется их прозрачность. Это позволяет в нужной форме поляризовать белый свет электролюминесцентной лампы задней подсветки и выделить тот или иной сегмент спектра, то есть выбрать нужный цвет ячейки экрана.

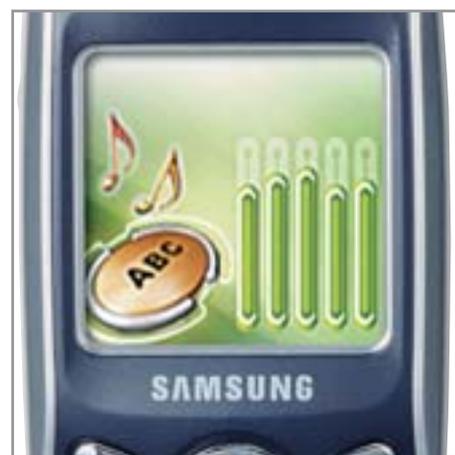
В состоянии покоя жидкие кристаллы имеют свойство принимать свою начальную форму, при этом изображение на экране постепенно затухает и исчезает. Особенность активной матрицы (Active Matrix) в том, что к каждому электроду добавлен полупроводниковый запоминающий транзистор, который хранит цифровую информацию (двоичный код) и поддерживает нужное состояние кристалла. Это позволяет сохранить изображение до поступления нового сигнала. В пассивной матрице (Passive Matrix) для этого используют несколько слоев ЖК. Это позволяет лишь продлить время нахождения четкой картинки на экране, а избежать затухания полностью, используя этот тип матриц, увы, не удастся.

Кроме того, в пассивной матрице для подсветки ячеек экрана используется сеть вертикальных и горизонтальных полюсов, и каждый электрод получает элект-



▲ Телефон бизнес-класса с STN-дисплеем Siemens S55

рический заряд последовательно, по строкам. Поскольку количество зерен дисплея может достигать нескольких десятков или даже сотен тысяч, подача напряжения на весь экран в целом происходит сравнительно медленно, вследствие чего при обновлении анимированных изображений возникают задержки, а смена кадров сопровождается рывками. Активная матрица лишена такого недостатка, так как подсветка всех ячеек происходит одновременно. Такой способ управления позволяет обновлять изображение в несколько раз быстрее, но в любом случае свойства ЖК не позволяют реализовать полноценное живое



▲ Компания Samsung ставит на свои модели UFB-дисплеи

изображение, поскольку сама скорость реакции кристаллов на электрический разряд недостаточно велика.

Дорого и удобно

На сегодняшний день почти весь рынок мобильных дисплеев делят между собой две технологии, одна из которых основана на активном, а другая — на пассивном типе матрицы. Поскольку запоминающие транзисторы активной матрицы располагаются непосредственно на панели с жидкими кристаллами (с внутренней стороны), в их производстве необходимо применять прозрачные материалы, чтобы световой луч внутренней подсветки имел »



Дисплеи телефонов-раскладушек

Она голова хорошо, а две — дорого

В отдельную категорию можно выделить дисплеи на так называемых телефонах-раскладушках. Как правило, в этих моделях используется основной внутренний дисплей и дополнительный внешний (для отображения текущего времени и данных о поступившем звонке в сложенном состоянии).

На моделях телефонов среднего класса внешний дисплей обычно монохромный или в лучшем случае способен отображать 256-цветовую гамму. В более дорогих аппаратах оба дисплея имеют схожие цветовые характеристики, и лишь размер внешнего немного меньше, нежели внутреннего. Яркий пример подобного решения — аппарат Pantech G500, в котором оба экрана отображают 262 тыс. цветов.

Наличие двух мониторов повышает функциональную оснащенность телефона, од-

нако при этом сильно страдают такие весомые показатели, как энергосбережение и физический размер. На помощь пришли специалисты компании Mitsubishi Electric, которые разработали дисплей, способный отображать информацию с двух сторон. Новинка отличается от своих жидкокристаллических собратьев наличием двух прозрачных блоков подсветки, расположенных по обеим сторонам панели. Для возможности просмотра на каждом из экранов отдельного изображения на ЖК-матрицу две картинка подаются поочередно, с частотой 120 Гц. Смена кадров сопровождается синхронным включением/выключением в нужный момент каждой из подсветок, что позволяет наблюдать правильное изображение на обеих сторонах дисплея.



▲ TFT-дисплей Nokia 6600 — пожиратель энергоресурсов смартфона

» возможность свободно проникать сквозь них. Идеальным материалом в этих условиях стал аморфный кремний (a-Si), с помощью которого разработчикам удалось создать тонкопленочный транзистор.

TFT-технология стала основной, использующей принцип Active Matrix. Ячейка TFT-дисплея состоит из трех подъячеек красного, зеленого и синего цветов, каждая из которых имеет собственный транзистор. То есть дисплей размером всего 132x162 пикселя содержит более 20 тысяч управляющих элементов. Основные проблемы, которые при этом возникают, — сложность производства и повышенное энергопотребление. Мало того что первая проблема повышает рыночную стоимость конечного продукта, так страдает еще и надежность техники. Выход из строя управляющих транзисторов производители оформили как допустимую технологическую норму, ограничив лишь количество таких неисправностей на одном дисплее. Но кому же захочется приобретать или работать с мобильным устройством, на экране которого несколько точек постоянно светятся или, наоборот, всегда остаются черными. На борьбу со второй проблемой разработчики направили родственную TFT технологию — TFD (Thin Film Diode), в которой транзисторы заменены тонкопленочными управляющими диодами.

Экономично и просто

В противовес активноматричным технологиям возникла сравнительно дешевая, простая в производстве, а следовательно, и более доступная рядовому покупателю STN-технология. Жидко-



▲ На смартфоне Siemens SX1 установлен экономичный TFD-дисплей

кристаллические дисплеи на основе пассивной STN- или CSTN-матрицы (CSTN, Color Super Twisted Nematic) используют нематические кристаллы со степенью кручения до 140%.

Конструктивной особенностью STN-дисплея является использование DSTN-ячейки (Double Super Twisted Nematic), состоящей из двух слоев STN, элементы которых закручиваются в противоположные стороны. Это повышает контрастность экрана, но, как показывает практика, этого все-таки недостаточно для нормальной работы. Неспособность экрана бороться с ярким солнечным светом и возможность пользователя видеть качественное изображение только с фронтальной позиции по отношению к экрану являются основными недостатками STN-технологии.

Компания Samsung, решившая все-таки взяться за доработку пассивноматричной технологии, в 2002 году предложила улучшенный вариант STN — UFB-панель. Само название UFB (Ultra-Fine & Bright) уже характеризует экран как более яркий и контрастный. Кроме качественного изображения при солнечном освещении разработчикам удалось добиться еще более низкого энергопотребления (у STN-дисплеев оно и без того было низким) и снижения стоимости производства. Что характерно, именно UFB-дисплей первым из пассивноматричных преодолел рубеж в 262 тысячи цветов.

Хотя пассивноматричные дисплеи по качеству, яркости и четкости изображения вплотную приблизились к активноматричным, угол обзора до 140° без потери качества изображения наряду с более живой анимационной картинкой, пожалуй, ос-

танутся для них недостижимой вершиной. Впрочем, с трудом верится в снижение энергопотребления и сложности производства активноматричных экранов. Так что каждая из технологий заняла свою нишу и будет существовать, пока на смену ей не придет другая, более совершенная.

Органика светодиодов

Возможно, этой более совершенной технологией станет OLED. Коммерческое производство дисплеев, основанных на органических светоизлучающих диодах OLED (Organic Light Emitting Diodes), началось совсем недавно, в 2003 году. Уже само название говорит о том, что их разработчики обошлись без жидких кристаллов. В основе технологии лежит принцип люминесценции. Исследователи компании Kodak, еще в 1987 году начавшие изучение и достигшие наибольших успехов в данной области, обнаружили что при пропускании электрического тока через два соединенных между собой полупроводника различных видов (p — электрон и n — дырка) выделяется световая энергия.

Каждая из рассмотренных нами LC-технологий имеет некоторые недостатки. Не исключение здесь и OLED, но в отличие от предыдущих достоинств у нее гораздо больше. На протяжении всего времени разработки OLED-дисплеев проблема малого времени жизни органических светодиодов тревожила производителей. Светимость первых образцов экранов падала вдвое уже после 100 часов непрерывной работы. Сейчас удалось добиться повышения срока жизни OLED-дисплея до 10 тыс. часов (чуть больше года), но и эта цифра отпугнет даже тех пользователей, которые меняют телефоны, как перчатки.

Поскольку в OLED светятся непосредственно сами элементы поверхности дисплея, в отличие от ЖК им не требуется дополнительная подсветка. Этот факт положительно влияет как на яркость и контрастность дисплея, так и на его энергосберегающие функции (лампа подсветки в LCD требует довольно много энергии). При этом сама собой решается проблема плохой видимости при ярком солнечном освещении, а благодаря близкому расположению светоизлучающих элементов к экрану качество изображения не зависит от угла обзора (до 160–170°). »

» Чуть раньше мы критически отозвались о способности ЖК-дисплеев воспроизводить полноценное анимационное изображение. Теперь же, когда реакция OLED-ячеек на изменение напряжения примерно в 1000 раз превышает реакцию ЖК-элементов, появляется реальная возможность просматривать видеоролики на дисплее мобильного аппарата.

Как видим, технологические особенности позволяют OLED вобрать в себя достоинства всех видов ЖК-экранов, вдобавок понизив уровень сложности производства и рыночной стоимости продукта. Остается только добавить, что OLED-дисплеи, равно как и LCD, для обработки и вывода изображения используют активный и пассивный типы матриц.

Электронные чернила

Что касается технологий, находящихся на стадии эксперимента, выделим среди них «электронные чернила» (electronic-ink displays). В отличие от всех ранее рассмотренных технологий E-ink изначально ориентирована именно мобильные устройства. Для формирования изображения в дисплеях E-Ink, предложенных одноименной американской фирмой, используются миллионы заключенных в микрокапсулы положительно заряженных молекул чистого белого цвета и черных молекул с отрицательным зарядом. Под действием электрического тока частицы соответствующего цвета, в зависимости от направления электрического поля, поднимаются вверх или опускаются вниз капсулы, окрашивая ее в желаемый цвет и образуя на экране необходимую картинку.

Энергосбережение является одной из основных характеристик дисплеев для сотовых телефонов. Поскольку мониторы E-ink работают преимущественно в отраженном свете, необходимость в использовании внутренней подсветки отпадает. Кроме того, элементы электронных чернил отличаются высокой стабильностью, и для сохранения сформированного изображения им не требуется постоянная подпитка электрическим током. Картинка на дисплее может сохраняться в течение нескольких часов при отключенном питании. Потребляемая мощность E-ink зависит только от частоты изменения картинки и может быть в сотни раз ниже, чем в LC-дисплеях. Фактически изображение на E-ink-дисплее выглядит, как на обычном печатном листе бумаги.

Использование уже изученных методов производства упрощает технологический процесс и снижает стоимость конечного продукта. Единственным на сегодня камнем преткновения для технологии E-ink является низкое время реакции частиц на электрический импульс. Пятикратное превосходство в этом показателе даже ЖК-дисплеев, не говоря уже об OLED, не позволит E-ink-дисплеям воспроизвести даже простую анимированную заставку.

Долой черно-белый экран!

Доля сотовых терминалов с цветными дисплеями на рынке с 16% в 2002 году возросла до 38% в 2003-м, а рост их производства составил 187%.

Столь широкое распространение «цвета» на мобильном рынке вызвало появление аппаратов среднего класса, имеющих



▲ Motorola E680 — телефон нового поколения с дисплеем 240x320

достаточно высокое качество цветопередачи. Сегодня хорошая модель с экраном в 4096 цветов обойдется вам всего в \$100–120. Как правило, такой аппарат оснащен более дешевым экраном STN-типа, процент которых в 2003 году составил 65% от общего числа всех произведенных цветных дисплеев. Ярким примером популярности STN- и UFB-матриц стал российский сотовый рынок, в рамках которого процент продаж телефонов с подобными дисплеями превысил 80%.

Несмотря на появление новых технологий, объемы производства дешевых STN-дисплеев продолжают увеличиваться, а некоторые компании в спешном порядке осваивают эту технологию. Аналитики прочат столь успешное будущее пассивно-матричным мониторам еще на протяжении двух лет, после чего потребность в более высококачественных экранах заставит их уступить пальму первенства.

■ ■ ■ Артем Попов

Рабочие характеристики основных типов дисплеев

Технология	Максимальное количество отображаемых цветов	Потребляемая мощность (режим статической картинки), мВт	Соотношение контрастности	Скорость реакции дисплея, мс	Яркость, кд/м ²	Угол обзора, °	Толщина дисплея, мм	Разрешение, точек на дюйм	Рабочий ресурс, тыс. часов
UFB (STN)	262 тыс.	3-5	100:1	30	150	Только фронтальная позиция	3	<100	>40 (зависит от срока действия лампы подсветки)
TFT (TFD)	262 тыс.	25	150:1	16	200	140°	3	130	>40 (зависит от срока действия лампы подсветки)
E-ink	4096	0,5	300:1	150	300	170°	0,3	160	Нет данных
OLED	16 млн	4	300:1	10	100 000	170°	1,4	720	10