

Обзор современных технологий производства ЖК-матриц

Игорь Матешев, Андрей Туркин (Москва)

С момента своего появления в 1970-х годах жидкокристаллические панели прошли долгий и достаточно сложный путь развития от простых монохромных дисплеев, встраиваемых в часы и бытовую технику, до ультрасовременных моделей с широчайшими углами обзора, возможностью динамически изменять яркость и даже становиться зеркалом. Многие из современных жидкокристаллических панелей способны работать по 24 часа 7 дней в неделю в жёстких условиях эксплуатации – при экстремальных температурах, постоянных вибрациях, под воздействием яркого солнца – и при этом обеспечивать высококачественное изображение, удовлетворяющее достаточно жёстким требованиям производителей промышленного оборудования, медицинской техники, рекламных компаний и др.

ВВЕДЕНИЕ

В 1970-х годах компания Radio Corporation of America впервые представила миру жидкокристаллический монохромный экран. Созданные ею жидкокристаллические дисплеи начали использоваться в электронных часах, калькуляторах, измерительных приборах. Дальнейшим развитием этой технологии стали матричные дисплеи, воспроизводящие чёрно-белое изображение. В 1987 году компания Sharp разработала первый цветной жидкокристаллический дисплей диагональю 3 дюйма. Так началась эра современных ЖК-матриц.

Сначала матрицы были чёрно-белыми, потом, благодаря усилиям Sharp, технология цветного дисплея пошла в серию, но все матрицы по-прежнему были «пассивного» типа. Они довольно сносно отображали статические изо-

бражения, но при малейшем движении картинка размазывалась – на экране невозможно было что-либо разобрать. Естественно, это ограничивало сферы использования нового типа дисплеев. Дальнейшая эволюция жидкокристаллических матриц привела к созданию нового типа – «активного». Такие дисплеи уже справлялись с отображением на экране движущихся объектов, и это способствовало появлению стационарных мониторов.

Сейчас рынок ЖК-панелей удивительно разнообразен. Несмотря на то, что это очень дорогое и сложное производство, количество производителей постоянно увеличивается, и одновременно появляются всё новые и новые разработки. Особенно интенсивно процесс внедрения новых технологий идёт в секторе PID-панелей, предназначен-

ных для использования в рекламно-информационном секторе. В то же время в секторе промышленных панелей в основном доминируют отработанные и надёжные технологии, проверенные долгим использованием в суровых условиях.

ASV-МАТРИЦЫ

Компания Sharp разработала тип матриц, существенно отличающийся от традиционных. Они получили название ASV-матрицы [1].

Технология ASV (Advanced Super View) стала дальнейшим развитием технологии VA (Vertical Alignment) – режима работы жидких кристаллов, при котором они в выключенном состоянии выстраиваются перпендикулярно фильтру, не пропуская свет. Этот режим также называют гомеотропной ориентацией кристаллов.

Принцип работы ASV-технологии заключается в следующем. В каждом субпикселе располагаются два электрода – один в виде подложки в нижней части субпикселя, а второй, точечный, – в верхней части. При включении электрического поля, жидкие кристаллы выстраиваются вдоль него, а поскольку оно имеет ярко выраженный наклонный компонент, то в итоге кристаллы выстраиваются в форму, напоминающую цветок. Такое ориентирование кристаллов в пространстве (см. рис. 1) получило название «Continuous Pinwheel Alignment» (CPA). Из-за кругового вращения вектора направления ориентации кристаллов (т.н. директора) образуется очень симметричный конус обзора, и, как следствие, получаются очень широкие углы обзора.

Другая методика получения специфического «цветочного» ориентирования жидких кристаллов заключается в формировании на светофильтре специальных выступающих стенок, покрытых ориентирующей полимерной плёнкой. Они образуют индивидуальные ЖК-ячейки с требуемой ориентацией кристаллов. Стенки, ограничивающие ЖК-ячейки, получаются в результате внедрения в состав кристалла молекул полимеризованной смолы и облучения полученной смеси

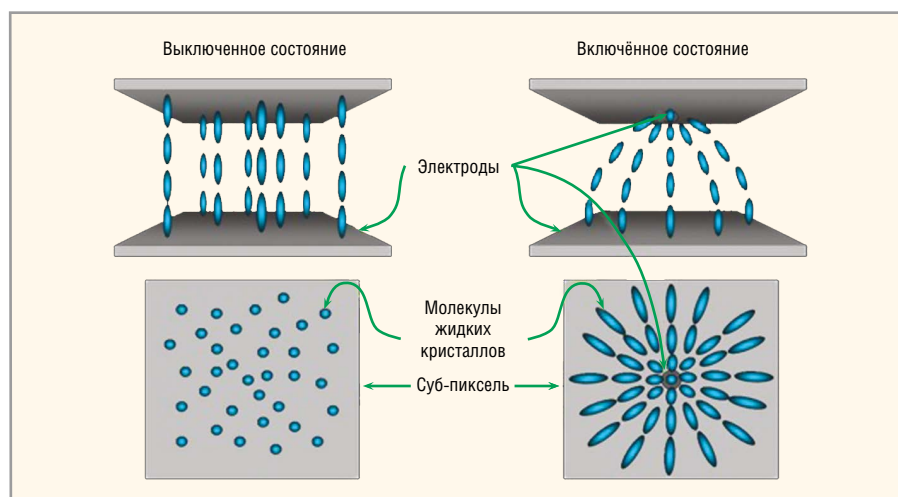


Рис. 1. Ориентация молекул жидких кристаллов ASV-матрицы в выключенном (Off) и включённом (On) состоянии

ультрафиолетовым излучением после фазового разделения.

Основными достоинствами технологии ASV, помимо уже упоминавшихся широких углов обзора (более 170°), являются высокое качество цветопередачи и быстрое время отклика (сравнимое с TN-матрицами). Благодаря этому ASV-матрицы стали очень популярны в промышленности и на транспорте. Характеристики основных моделей ЖК-панелей с ASV-матрицами компании Sharp представлены в таблице 1 [1].

Дальнейшим развитием технологии ASV стала технология UV²A.

UV²A-матрицы

UV²A – это технология для мультимедийного вертикального выравнивания молекул жидких кристаллов с помощью ультрафиолетового источника [2]. Технология основана на сочетании технологии ультрафиолетового облучения со специально разработанными Sharp материалами. Она обеспечивает возможность упорядочения молекул жидких кристаллов в определённых местах панели под воздействием ультрафиолетового света.

Таблица 1. Примеры ЖК-панелей с ASV-матрицами производства Sharp

Характеристики	Модель		
	LQ190E1LX75	LQ150X1LX95	LQ070Y3LW01
Рабочая область (ш × в), мм	376,32 × 301,056	304,1 × 228,1	152,4 × 91,4
Система подсветки	LED (встроенный драйвер)		LED
Яркость, нит	350		360
Контрастность	1500:1		800:1
Размер диагонали, дюймы (см)	19,0 (48,0)	15,0 (38,1)	7,0 (18,0)
Интерфейс	LVDS		
Диапазон рабочих температур, °C	–15...+65		–10...+65
Габаритные размеры (ш × в × г), мм	396,0 × 323,7 × 11,5	326,5 × 253,5 × 9,6	170,0 × 110,0 × 9,0
Разрешение, пиксель	1280 × 1024	1024 × 768	800 × 480
Время отклика, мс	35		
Температурный диапазон хранения, °C	–25...+65		–25...+70
Тип	SXGA	XGA	WVGA
Угол обзора – 12 часов, °	85		
Угол обзора – 6 часов, °	85		
Угол обзора – боковой, °	170		

По сложности структуры на экране, обеспечивающей ориентацию молекул жидких кристаллов, технологии ASV и UV²A одинаковы. Основное различие состоит в том, что для UV²A-технологии микроструктура возникает из специального полимерного слоя, покрывающего стекло экрана, так называемого слоя выравнивания [2]. Полимерные цепи, прилегающие к поверхности слоя выравнивания, ориентируются фотометрическим способом с целью образования микрорёбер, причём заданный угол

наклона рёбер совпадает с направлением ультрафиолетового света, вызывающего выравнивание полимерных цепей (см. рис. 2). Эта ребристая микроструктура обеспечивает возможность очень точного управления упорядочиванием молекул жидких кристаллов. При этом угол наклона молекул жидких кристаллов, имеющих размеры всего около двух нанометров, может быть задан с точностью до пикометров.

Точное упорядочение молекул жидких кристаллов за счёт применения

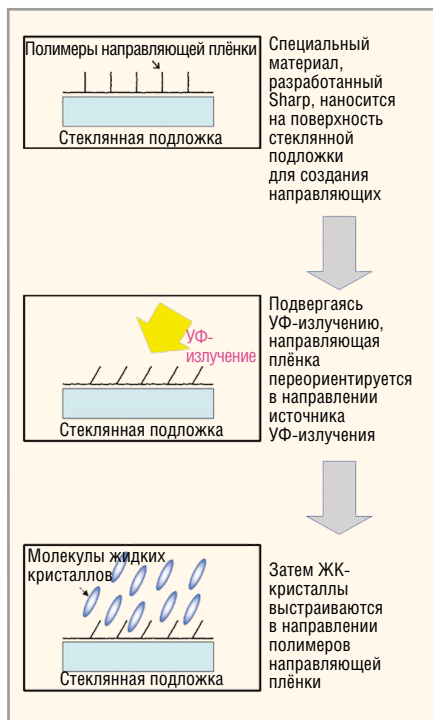


Рис. 2. Технология UV²A в ЖК-панелях Sharp

UV²A-технологии даёт два эффекта, значительно влияющих на улучшение качества изображения ЖК-панелей. Во-первых, это устраняет утечку света от системы задней подсветки, что повышает статическую контрастность до 5000:1 и обеспечивает исключительно высокую глубину чёрного. Во-вторых, благодаря UV²A-технологии в ЖК-экранах может быть достигнут увеличенный коэффициент апертуры, повышающий проницаемость светового потока от системы задней подсветки более чем на 20%. Результатом является более эффективное использование энергопотребления при более ярких и насыщенных цветах. По заявлению Sharp, все панели, произведённые на заводе по изготовлению ЖК-панелей 10-го поколения в Сакаи и на заводе 8-го поколения Камеяма 2, будут изготовлены с использованием технологии UV²A [2].

AMVA-матрицы

Одним из главных конкурентов Sharp на рынке ЖК-матриц является тайваньская компания AU Optonics (AUO), образованная в 2001 году слиянием компаний Acer Display Technology и Unipac Optoelectronics Corporation, дочерней компании BenQ Electronics. Среди разработок этой компании особое место занимают технологии AMVA и AHVA.

Как и ASV, технология AMVA стала дальнейшим развитием MVA-технологии, призванной бросить вызов

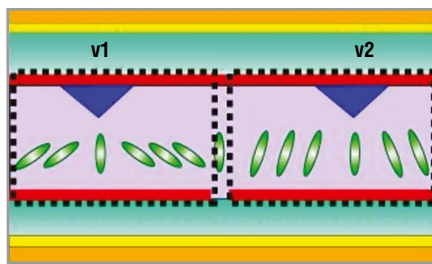


Рис. 3. Мультидоменная структура в MVA-матрице

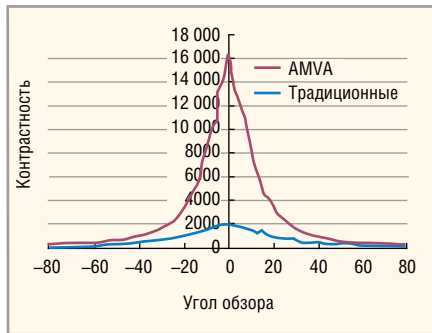


Рис. 4. Сравнение контрастности обычных MVA и AMVA-матриц

основным недостаткам VA-матриц, а именно совершенно неприемлемому искажению цвета при малейшем изменении угла обзора по горизонтали и низкой контрастности.

В панелях, изготовленных по технологии VA, каждый светоизлучающий элемент состоит из нескольких зон – доменов, представляющих собой длинные, вертикально ориентированные цепочки кристаллов. При изменении угла обзора может сильно меняться светоотдача субпикселя, а следовательно, и цвет результирующего пикселя. Поэтому в новой технологии каждый субпиксель был разделён на несколько таких зон (отсюда и аббревиатура MVA: Multi Domain Alignment), каждая из которых оптимизирована для наилучшей светоотдачи в своём секторе обзора. Каждый из доменов излучает свет не перпендикулярно плоскости экрана, а под некоторым углом к ней. Расчёты показали, что наилучший результат с точки зрения угла обзора, с учётом не слишком серьёзного усложнения технологии, будет достигнут при количестве доменов, равном четырём (см. рис. 3). Таким образом, была решена проблема сильно ограниченных углов обзора в исходной технологии VA.

При использовании технологии MVA каждая ячейка (субпиксель экрана) разделена на левую и правую часть, так что расположенные в них кристаллы, изменяющие фазу проходящего света, поворачиваются в противоположных

направлениях. Раз кристаллы в доменах ориентированы по-разному, то с какой бы стороны пользователь ни посмотрел на экран, если кристаллы одного домена будут развёрнуты так, что будут пропускать свет, то кристаллы соседнего домена окажутся под углом к ним и задержат свет (разумеется, кроме того случая, когда надо отобразить белый цвет – тогда все кристаллы располагаются почти параллельно плоскости матрицы). То есть наблюдаемый под углом к монитору световой поток складывается из двух составляющих – из части, которая полностью проходит через фильтры (молекулы перпендикулярны потоку) и части, параллельной молекулам (свет не проходит через второй фильтр). Следовательно, при достаточно малых размерах ячеек может быть достигнута одинаковая интенсивность света под любым углом к монитору. Дисплеи, созданные на основе этой технологии, отличаются достаточно большим углом обзора – до 160° и достаточно малым временем реакции на изменение изображения – менее 25 мс.

К основным недостаткам технологии MVA можно отнести пропадание многих тёмных оттенков при взгляде точно перпендикулярно экрану и зависимость цветового баланса изображения от угла наблюдения, которые объясняются выступами на светофильтре, обеспечивающими разделение субпикселя на домены. Однако технология AMVA исправляет это несовершенство традиционных MVA-матриц, сохраняя все их достоинства (см. рис. 4). Матрицы, изготовленные по данной технологии, дают более стереоскопическое изображение и гораздо более чёткую картинку, значительно превосходя по параметру контрастности MVA-матрицы (16000:1 против 2000:1). Как следствие, матрицы такого типа очень распространены в рекламных и информационных решениях, таких как активные табло и информационные мониторы. Характеристики основных моделей ЖК-панелей с AMVA-матрицами компании AUO представлены в таблице 2.

Структура AMVA-матрицы представлена на рисунке 5. Суть технологии заключается в нанесении на ЖК-панель направляющей полимерной плёнки. В процессе производства в молекулы жидких кристаллов добавляют некоторое количество мономеров, после этого на ячейку подаётся напряжение, которое задаёт угол наклона молекул жидких кристаллов рядом с полиимидной

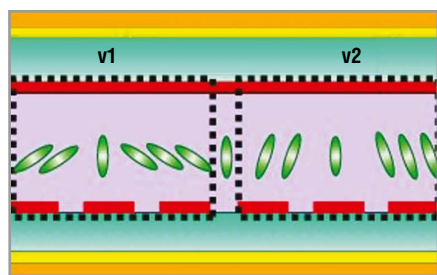


Рис. 5. Мультидоменная структура AMVA-матрицы

областью. Затем ячейка подвергается воздействию УФ-излучения, которое фиксирует угол наклона, завершает процесс стабилизации полимеров и тем самым завершает процесс ориентирования жидких кристаллов.

АНВА-матрицы

Следующим типом матриц ЖК-панелей являются АНВА-матрицы (Advanced Hyper Viewing Angle), также разработанные компанией AUO. Характеристики модели ЖК-панели с таким типом матрицы представлены в таблице 3.

Несмотря на название, матрицы АНВА не имеют никакого отношения к матрицам с гомеотропной (VA) ориентацией жидких кристаллов. Наоборот, эта технология – дальнейшее развитие альтернативной схемы расположения жидких кристаллов – IPS-матрицы (In Plane Switching). Схема IPS-матрицы представлена на рисунке 6.

В матрицах IPS жидкокристаллические молекулы расположены в плоскости поляризационных фильтров и поворачиваются в ней на определенный угол в зависимости от прикладываемого напряжения, изменяя соответственно фазу проходящего через них светового пучка: чем больше управляющее напряжение, тем больше кристаллы закручивают поляризацию светового пучка, и тем ярче светит субпиксель. При этом та часть светового потока, плоскость поляризации которой совпадает с таковой верхнего поляризатора, проходит через него. Жидкие кристаллы в выключенном состоянии не пропускают свет, и субпиксель получается чёрным.

Чёрный цвет получается действительно чёрным, а не тёмно-серым, и именно поэтому панели IPS имеют хорошую контрастность, а битые пиксели не так заметны. Достоинством матрицы помимо отличной цветопередачи является также и то, что из-за расположения кристаллов в одной плоскости углы обзора получаются очень большими. Критич-

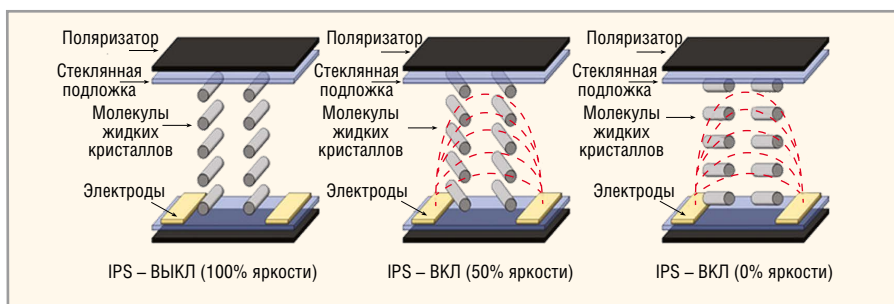


Рис. 6. Схема работы IPS-матрицы

ность больших углов обзора для многих отраслей промышленности (например, для станкостроения) и транспорта позволяет прогнозировать высокий спрос на данную панель.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренные примеры технологий изготовления ЖК-панелей являются лишь некоторыми самыми современными разработками ведущих компаний. На сегодняшний момент ЖК-дисплеи – одни из самых перспективных среди всех устройств для отображения видеoinформации в про-

мышленности, на транспорте, в быту и в информационной сфере, и поэтому своему часу выйти на рынок ждут ещё много интереснейших и перспективных разработок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Матешев И., Туркин А. Обзор новых ЖК-панелей Sharp для промышленного применения. Современная электроника. № 5. 2014.
2. Туркин А. ЖК-панели Sharp для промышленного применения: основные особенности и обзор продукции. Компоненты и технологии. № 3. 2012.



Таблица 2. Примеры ЖК-панелей с AMVA-матрицами производства AUO

Характеристики	Модель		
	G070VFN01.1	G104XVFN01.0	G215HVN01.0
Рабочая область (ш × в), мм	152,4 × 91,44	210,4 × 157,8	476,64 × 268,11
Система подсветки	LED (встроенный драйвер)		
Яркость, нит	450	400	300
Контрастность	1500:1	3000:1	5000:1
Размер диагонали, дюймы (см)	7,0 (17,7)	10,4 (26,0)	21,5 (54,61)
Интерфейс	TTL LVDS		
Диапазон рабочих температур, °C	-20...+70	-30...+80	0...+60
Габаритные размеры (ш × в × г), мм	164,55 × 104,71 × 11,3	238,6 × 175,8 × 6,5	495,6 × 292,2 × 17,35
Разрешение, пиксель	800 × 480	1024 × 768	1920 × 1080
Время отклика, мс	35	30	16
Диапазон температур хранения, °C	-30...+80		
Тип	WVGA	XGA	Full HD
Угол обзора – 12 часов, °	80	89	
Угол обзора – 6 часов, °	80	89	
Угол обзора – боковой, °	160	178	

Таблица 3. Пример ЖК-панели с АНВА-матрицей производства AUO

Характеристики	G190EAN01.0
Рабочая область (ш × в), мм	376,32 × 301,06
Система подсветки	LED (встроенный драйвер)
Яркость, нит	300
Контрастность	1000:1
Размер диагонали, дюймы (см)	19,0 (48,0)
Интерфейс	LVDS
Диапазон рабочих температур, °C	0...+50
Габаритные размеры (ш × в × г), мм	396,0 × 324,0 × 17,0
Разрешение, пиксель	1280 × 1024
Время отклика, мс	25
Диапазон температур хранения, °C	-20...+60
Тип	SXGA
Угол обзора – 12 часов, °	89
Угол обзора – 6 часов, °	89
Угол обзора – боковой, °	178