

Современные ЖК-матрицы: технология IPS

Игорь Матешев (Москва)

В статье приведён обзор технологий изготовления IPS-матриц. Перечислены основные наследники IPS-матриц, их краткие характеристики и современные тенденции развития IPS-матриц на рынке жидкокристаллических дисплеев.

ВВЕДЕНИЕ

При выборе жидкокристаллического дисплея необходимо учитывать множество характеристик. Одна из них, возможно, самая главная, – технология изготовления матрицы. Различаются они геометрией субпикселей, управляющей пластины и электродов. Этими различиями обусловлены характеристики дисплеев, например, цветопередача, контрастность, время отклика, углы обзора и другие.

Многие производители матриц стремятся выделиться на рынке, поэтому они объявляют о создании (зачастую исключительно в маркетинговых целях) технологий, на самом деле незначительно отличающихся друг от друга. Именно этим и обусловлено огромное количество типов матриц на современном рынке жидкокристаллических дисплеев, разобраться в которых подчас очень непросто. В данной статье мы рассмотрим матрицы, которые произошли от базовой технологии IPS (In Plane Switching, планарная коммутация) и стали весьма популярны в решениях, требующих широких углов обзора и качественной цветопередачи.

Технология IPS (также известная как Super TFT) была разработана Hitachi в 1996 году с целью снять два основных ограничения TN-матриц, а именно – небольшие углы обзора и низкое качество цветопередачи. Название In-Plane Switching обусловлено расположением кристаллов в ячейках IPS-матрицы – они всегда лежат в одной и той же плоскости и всегда параллельны плоскости панели (если не брать во внимание незначительные помехи от электродов) [1]. Когда к ячейке прикладывается напряжение, все кристаллы внутри неё поворачиваются на 90° (см. рис. 1). Этим обусловлен тот факт, что при выходе из строя тонкоплёночного транзистора соответствующий пиксель всегда будет оставаться чёрным (а не белым, в отличие от TN-матрицы), поскольку IPS-панель пропускает свет от подсветки, будучи в активном состоянии, и блокирует его, когда не приложено напряжение. Матрицы IPS отличаются от плёночных панелей TN не только структурой кристаллов, но и размещением электродов – оба электрода находятся на одной пластине и занимают больше места, чем электроды TN-матрицы. Это приводит к более низкой контрастности и яркости матрицы [1].

Изначально технология IPS была разработана для создания цветных профессиональных дисплеев, поскольку обеспечивает широкие углы обзора, хорошую цветопередачу и стабильное качество изображения. Тем не менее, первоначально время отклика было очень медленным, что делало IPS-панели непригодными для динамического контента. Однако это не остановило производителей, а привело к созданию множества наследников IPS-технологии, рассмотренных далее.

SUPER-IPS (S-IPS)

Оригинальная технология IPS стала основой для нескольких улучшенных технологий: Super-IPS (S-IPS), Dual

Domain IPS (DD-IPS), а также Advanced Coplanar Electrode (ACE). Последние две технологии принадлежат IBM (DD-IPS) и Samsung (ACE). Производство ACE-панелей остановлено. DD-IP-панели разрабатывались компанией IDTech, которая превратилась в Chi Mei Optoelectronics и вошла в холдинг Sony. NEC также производит IPS-матрицы под такими марками, как A-SFT, A-AFT, SA-SFT и SA-AFT, но, на самом деле, это не более чем вариации и незначительные улучшения технологии S-IPS.

Производство панелей Super-IPS началось в 1998 году. К сегодняшнему дню технология прошла уже через несколько стадий обновления. Изначально S-IPS создавалась с целью использовать сильные стороны IPS-матрицы в сочетании с передовой технологией мультидоменной ориентации жидкокристаллических ячеек. Технология S-IPS широко используется в современных дисплеях и поныне, но технически есть небольшие различия между S-IPS, e-IPS, H-IPS или p-IPS. Эти технологии мы рассмотрим подробнее в следующих разделах.

Первоначально производство панелей S-IPS в 1998 году получило широкое признание из-за их относительной дешевизны и при этом высокого качества. Серьёзным недостатком IPS-технологии было значительное время отклика (первые дисплеи только по официальным данным совершали переход «чёрный–белый» за 60 мс, а переход «серый–серый» и того медленнее). К счастью, разработчики довели полное время отклика до 25 мс, а затем и до 16 мс, и это время поровну делится между активацией и выключением пикселей.

Технология IPS всегда была лучшей по цветопередаче. Даже в современных дисплеях матрица IPS по этому показателю может превзойти аналоги TN и VA. Важная составляющая цветопередачи – это углы обзора, а в IPS-матрицах они намного лучше, поскольку в них отсутствует нецентральный контрастный сдвиг – главная проблема VA-дисплеев (см. рис. 2). IPS считается предпочтительным выбором для задач, где качество цветопередачи критично, а также в профессиональных цветных дисплеях, поскольку сочетает безупречную

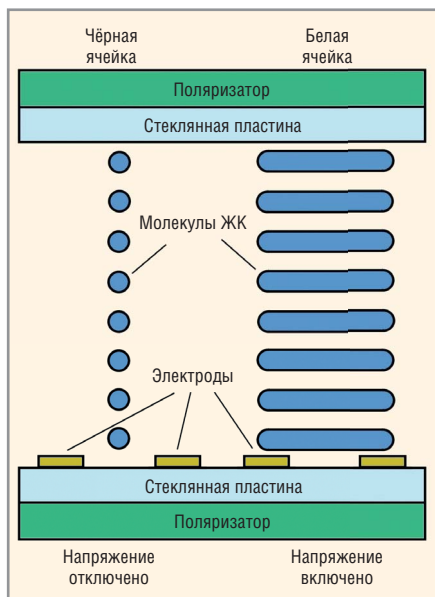


Рис. 1. Принцип работы IPS-матрицы

цветопередачу с очень широкими углами обзора (178°/178°).

Одной из главных проблем технологии S-IPS традиционно был низкий коэффициент контрастности. Проблемой была и глубина чёрного. В итоге контрастность ранних моделей S-IPS не превышала 500:1–600:1. Однако они были значительно улучшены, и значения контрастности в современных поколениях IPS-матриц гораздо выше (у некоторых матриц AU Optronics они составляют около 1500:1). S-IPS панели иногда критикуют за их антибликовое покрытие (Anti-Glare, AG), которое может оказаться несколько зернистым и грязным на вид, особенно при просмотре белого/светлого фона в офисных приложениях. Однако эта незначительная проблема была недавно решена.

И ещё одна важная особенность IPS-матриц – при нажатии на дисплей изображение не «залипает» и не идёт рябью, как в VA-матрицах.

ENHANCED и ADVANCED S-IPS (E-IPS и AS-IPS)

Хотя многие производители не выделяют эти технологии в отдельное

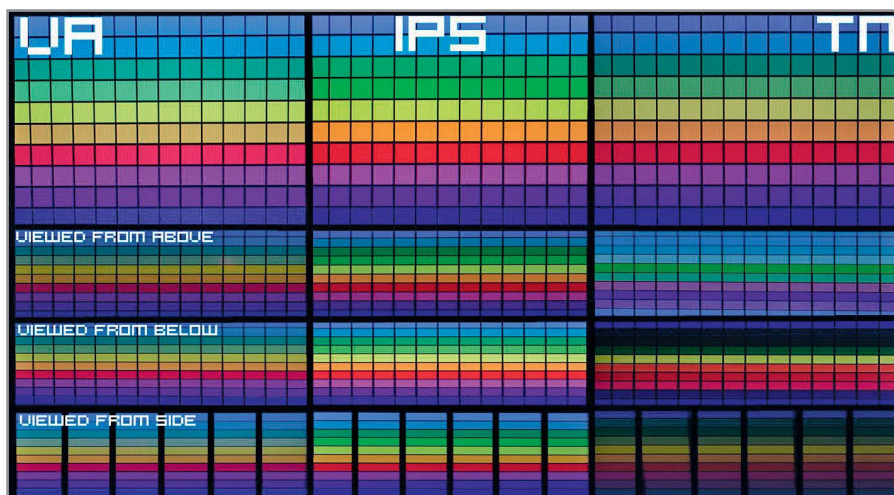


Рис. 2. Сравнение углов обзора матриц VA, IPS и TN по центру, сверху, снизу и сбоку

семейство и по-прежнему обобщают их под маркировкой S-IPS, некоторые (например, LG) всё-таки используют эти термины. В 2002 году технология Advanced Super IPS (AS-IPS) увеличила количество проходящего от ламп света примерно на 30% по сравнению со стандартной технологией Super IPS. Благодаря этому удалось повысить контрастность, но она всё равно не выдерживала конкуренции с VA-матрицами.

В 2005 году с внедрением в производство технологий динамической контрастности и ODC (Overdrive Circuitry, технология разгона) появились матрицы, произведённые по схеме Enhanced IPS (E-IPS, не путать с e-IPS). Время отклика пикселя было снижено (для переходов «серый – серый») до величины в 5 мс (согласно документации).

Enhanced S-IPS базируется на технологии S-IPS, обеспечивая тот же угол

AUO

LCD-панели AU Optronics

Высокое качество по лучшим ценам

Области применения:

- Промышленное оборудование
- Банкоматы и терминалы оплаты
- Торговые терминалы (POS)
- Мультимедиа-системы
- Промышленные компьютеры (IPC)
- Системы безопасности
- Игровые автоматы
- Медицинское оборудование
- Системы автоматизации производственных процессов
- Информационные панели (PID)

ProCHIP
POWERED BY PROSOFT

Активный компонент вашего бизнеса

ТЕЛ.: (495) 232-2522 / ФАКС: (495) 234-0640 / INFO@PROCHIP.RU / WWW.PROCHIP.RU

Реклама

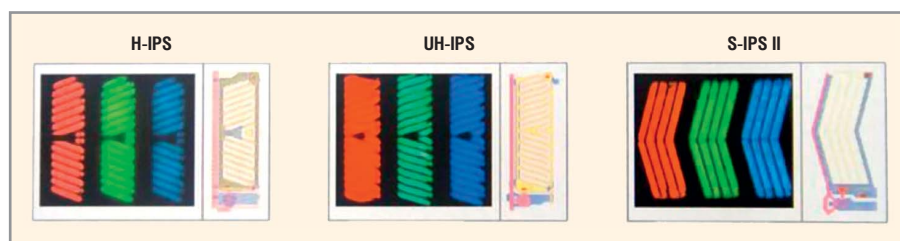


Рис. 3. Сравнение субпиксельной структуры матриц H-IPS, UH-IPS и S-IPS

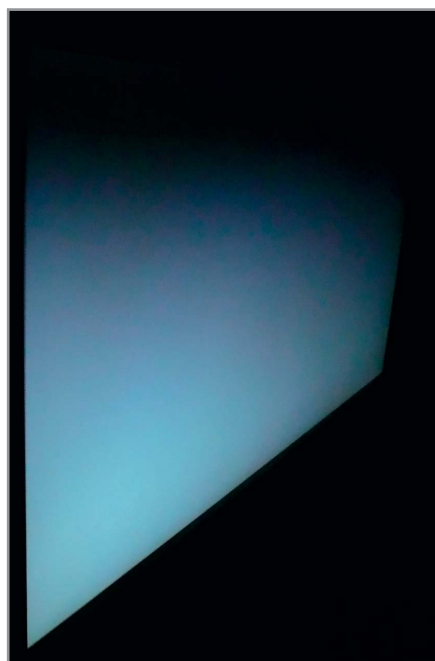


Рис. 4. IPS-свечение при взгляде под углом

обзора в 178° сверху, снизу и по бокам, но значительно улучшает качество просмотра в промежуточных положениях, обеспечивая чёткие изображения с минимальным сдвигом цвета, даже если смотреть под углом 45°.

Термин E-IPS используется редко, поскольку технология недалеко ушла от родительской S-IPS. Иногда можно увидеть название Advanced S-IPS (AS-IPS), но в основном это связано с тем, что некоторые производители, в частности NEC, предпочитали маркировать так свои дисплеи, сделанные на основе E-IPS матрицы, в маркетинговых целях. Кроме того, дополнительную путаницу создаёт тот факт, что название AS-IPS использовалось и создательницей IPS – Hitachi. Например, в некоторых предыдущих поколениях IPS, выпущенных компанией до 2003 года.

Horizontal-IPS (H-IPS)

В 2006-2007 годах компания LG Display изменила расположение пикселей в IPS-матрице, что положило начало панелям с «горизонтальным-IPS» (H-IPS). Производитель уменьшил ширину электрода, чтобы умень-

шить рассеяние светового потока, и это, в свою очередь, привело к созданию новой структуры пикселей. Данная структура характеризуется вертикальным расположением субпикселей, в отличие от старых панелей с S-IPS, где субпиксели имеют форму стрелки (см. рис. 3).

При взгляде на матрицу невооружённым глазом довольно трудно заметить разницу, но при внимательном изучении обнаруживается менее «блестящий» внешний вид и слегка улучшенный коэффициент контрастности. Некоторые пользователи также видят разницу в отображении текста и относят её к этой новой структуре пикселя, но и в обычной матрице S-IPS текст остаётся чётким и резким. При взгляде на тёмное изображение под большим углом сбоку на матрицах H-IPS также проявляется белое свечение, в отличие от фиолетового отлива, наблюдаемого в тех же условиях у матриц S-IPS (см. рис. 4). Поскольку это явление замечают чаще, то даже появился термин «IPS-свечение». Некоторые IPS-панели в дорогих дисплеях комплектуются поляризатором A-TW (Advanced True Wide), который помогает улучшить чёрный цвет на широких углах обзора и уменьшает бледное свечение. Тем не менее, это заслуга именно поляризатора A-TW, не включённого в каждый дисплей с матрицей H-IPS.

E-IPS

В 2009 году начало развиваться новое поколение матриц под названием e-IPS. По сути своей это подкатегория H-IPS. Субпиксельная структура была упрощена по сравнению с H-IPS, что увеличило прозрачность матрицы, поскольку матрица фактически получила более широкую диафрагму для пропускания света. Производственные затраты на создание матрицы уменьшились, так же как и энергопотребление элементов подсветки (поскольку для достижения той же яркости картинка стало достаточно меньшей яркости подсветки).

Недостатком e-IPS (по сравнению с S-IPS) является тот факт, что углы обзора несколько уменьшились. При взгляде на e-IPS матрицу со стороны заметно, что изображение теряет свою контрастность, так как чёрный цвет превращается в серый. С другой стороны, такого тонального сдвига (как в случае с матрицами TN и CPVA) нет, а углы обзора, особенно вертикальные, по-прежнему значительно больше, чем у TN-матриц. Многие панели e-IPS фактически 6-битные со встроенными AFRC-модулями, что объясняет низкие затраты на производство, хотя на практике алгоритм контроля частоты кадров реализован очень хорошо – никаких явных побочных эффектов не видно.

Интересный факт: аббревиатура e-IPS не расшифровывается ни в одном официальном документе, однако можно предположить, что она означает «eonomic», поскольку основное преимущество этих матриц, по сравнению с аналогами, – сниженная себестоимость при сохранении большинства параметров.

UH-IPS и H2-IPS

Названия UH-IPS и H2-IPS некоторые производители активно продвигали в 2009-2010 годах. Было заявлено, что эти «новые» матрицы обеспечивают повышенную энергоэффективность. На самом деле, это слегка обновлённые версии панелей H-IPS, по сути своей похожие на e-IPS. Есть вероятность, что UH-IPS – это та же технология e-IPS, но выпущенная под другим названием, чтобы не вызвать нежелательных вопросов со стороны правообладателя патента на e-IPS.

В некоторых спецификациях дают различия матриц UH-IPS и H-IPS. По данным LG, линии, разделяющие субпиксели в панелях с UH-IPS, – меньше, что приводит к увеличению светосилы на 18% (см. рис. 3). Однако это увеличение светосилы используется не для увеличения яркости картинки, а для снижения затрат на систему подсветки (так же как и в случае с e-IPS).

S-IPS II

S-IPS II – обозначение, появившееся на рынке в 2010 году. Матрица S-IPS II имеет ещё более высокую светосилу, чем UH-IPS (на 11,6%), улучшенную яркость и контрастность и помогает экономить энергию. Кроме того, пиксельная структура матриц S-IPS II вернулась к традиционной для IPS стрело-

видной форме, а не вертикальной, как в случае с H-IPS.

PERFORMANCE IPS (P-IPS)

Новое название Performance IPS было объявлено компанией NEC в начале 2010 года, одновременно с презентацией новой серией дисплеев. Это название – всего лишь маркетинговый ход корпорации, призванный отличить их новые матрицы от матриц конкурентов. На самом деле, эти матрицы всего лишь подкатегория обычных матриц H-IPS, отличающиеся «10-битностью». Если внимательно посмотреть на спецификацию этих дисплеев, становится ясно, что в этих матрицах на каждый субпиксель приходится по 8 бит и «виртуальные» биты от FRC-модуля. Таким образом, можно получить цветовую гамму в 1,07 млрд цветов, но это вовсе не «честные» 10 бит на субпиксель, поскольку они получены с использованием FRC-технологии.

«Честных» 10-битных панелей на рынке вообще не очень много, в основном из-за их высокой стоимости.

Важно также помнить, что далеко не все применения требуют такого боль-

шого количества цветов, а самое главное – такое количество цветов поддерживают далеко не все интерфейсы. На данный момент DisplayPort и Dual-Link DVI являются единственными вариантами, которые могут работать с таким количеством цветов. Поэтому полный 10-битный поток по-прежнему крайне редок на рынке.

ADVANCED HIGH-PERFORMANCE IPS (AH-IPS)

Термин Advanced High-Performance был введён LG в 2011 году и используется, в основном, когда речь идёт о небольших дисплеях, используемых в планшетах и мобильных устройствах. Термин «Retina» (введён Apple), также используемый для описания этих матриц, распространён среди потребителей ещё больше. Это название намекает на главное достоинство данных дисплеев – повышенную разрешающую способность и большое количество пикселей на дюйм (PPI – Pixels per Inch) [2]. Именно на этих преимуществах акцентировалось внимание при первом появлении дисплеев AH-IPS. Помимо этого в них увеличен размер диафрагмы,

что способствует большему светопропусканию и низкому энергопотреблению (в результате они оказались удачным выбором для планшетов). Чуть позже, в 2012 году, были внедрены новые изменения в IPS-матрицы, среди которых подсветка GB-R, а также новое антибликовое покрытие. Последнее появилось потому, что во многих предыдущих моделях (S-IPS/H-IPS) используемое антибликовое покрытие давало ощутимое «зерно». В новой технологии этого недостатка нет.

В целом характеристики новых матриц очень похожи на характеристики старших технологий H-IPS и e-IPS. Время отклика у современных матриц вышло на очень хороший уровень и показатель в 5 мс («серый-серый») встречается повсеместно. Однако они всё ещё не такие быстрые, как современные TN-матрицы. Единственный производитель, добившийся значительного улучшения времени отклика, – компания AU Optronics (AUO) с их новой технологией AHVA (Advanced Hyper-Viewing Angle).

Сейчас контрастность AH-IPS матриц составляет в среднем 700:1–800:1,



Лучшая замена ЖК-панелям

OLED-дисплей Raystar



Специсполнение по ТЗ заказчика



Прозрачные модели





АВТОМОБИЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА • СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ • ИЗМЕРИТЕЛИ МОЩНОСТИ • БЫТОВАЯ ТЕХНИКА • МЕДИЦИНСКИЕ ПРИБОРЫ

Характеристики

- Яркость экрана до 150 кд/м² обеспечивает считывание изображения при ярком солнечном свете
- Высокая контрастность 2000:1
- Широкий угол обзора до ±175°
- Цвет свечения: жёлтый, зелёный, красный, белый, синий
- Формат изображения: 122×32, 128×64, 240×64, 256×64 и 96×64 точки
- Низкая потребляемая мощность 10 мА (схемы управления – токовые)
- Светозащитная схема: не требуется система подсветки
- Короткое время отклика: 10 мкс при температуре +25°C
- Широкий диапазон рабочих температур от –40 до +80°C
- Малая толщина модуля дисплея, небольшой вес
- Срок службы: 50 000 ч для белого и синего цвета; 100 000 ч для жёлтого, зелёного, красного цветов

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ RAYSTAR



Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru



а лучшие образцы показывают значения в 1000:1–1100:1. В этом отношении VA-матрицы по-прежнему превосходят матрицы IPS. Но, как и раньше, козырями AH-IPS остаются более широкие, чем у матриц VA и TN, углы обзора, а также меньший сдвиг цветности и контрастности на поверхности матрицы. Кроме того, в отличие от VA-матриц, при смещении от центра контрастность дисплея не уменьшается. Однако, если наблюдать изображение под углом, тёмные участки могут отображаться более бледно или с небольшой белёсой засветкой, как и у предшественника – матрицы H-IPS. Это «IPS-свечение» (см. рис. 4) может создать определённые проблемы на экранах с большой диагональю, особенно если работать приходится в тёмном помещении или с большим количеством тёмных изображений. Его часто путают с прорывом света от ламп подсветки, но, в отличие от него, при изменении угла обзора или удалении от дисплея IPS-свечение меняется. К 2015 году технология AH-IPS набрала популярность и, скорее всего, останется популярной в ближайшем будущем.

PLANE TO LINE SWITCHING (PLS) / SUPER-PLS (S-PLS)

PLS-матрица была разработана компанией Samsung в конце 2010 года. Она призвана конкурировать с традиционными IPS-технологиями. На самом деле – это всё тот же IPS, просто выпускаемый под другим названием. Samsung утверждает, что они добились снижения издержек производства, по сравнению с IPS, примерно на 15%. В самом начале компания называла данную технологию S-PLS (Super-PLS), но название очень быстро сократилось до PLS. На массовом рынке первые PLS-матрицы стали появляться в 2011 году.

Время отклика у PLS-матриц сопоставимо с этим показателем у матриц IPS (около 5 мс, согласно документации). На данный момент матрицы от Samsung не поддерживают частоту обновления выше 60 Гц. Контрастность, как правило, на практике составляет около 700:1–900:1, хотя может доходить и до 1000:1. Углы обзора также сопоставимы с углами обзора IPS-матриц, как и широкая область обзора. Изменение контрастности, наблюдаемое в VA-матрицах при удалении взгляда от центра, в PLS-матрицах отсутствует. IPS-свечение в этой матрице никуда не делось, раз-

ве что его название сменилось на «PLS-свечение». Антибликовое покрытие также практически не отличается от покрытия на современных матрицах AH-IPS.

В целом, появление PLS-технологии говорит о том, что Samsung, ранее сконцентрировавшийся на производстве PVA-матриц, стал диверсифицировать свою продукцию и сейчас сконцентрировался на производстве PLS-матриц, чтобы ликвидировать своё отставание в этой области. Максимальная диагональ PLS-матрицы, выпускаемой в данный момент, составляет 31,5" с UHD-разрешением (3840 × 2160). Несмотря на своё продвижение изогнутых экранов, Samsung пока не выпускает PLS-матриц в таком форм-факторе.

ADVANCED PLS (AD-PLS)

В 2012 году некоторые PLS-матрицы начали поступать в продажу с маркировкой AD-PLS. Однако о каких-то изменениях в технологии производства не сообщается. Это даёт основание предполагать, что новое обозначение – это исключительно маркетинговый ход Samsung. Эксплуатационные характеристики остаются теми же, что и у обычных PLS-матриц.

ADVANCED HYPER-VIEWING ANGLE (AHVA)

Ещё один крупный игрок на рынке дисплеев – компания AU Optronics – также инвестировала в разработку собственных матриц IPS-типа [3]. Новая разработка получила название AHVA. Важный момент: эту технологию не стоит путать с AMVA-технологией (от той же компании), которая является дальнейшим развитием VA-матриц [4]. Среди матриц, изготовленных по данной технологии, – широкоформатные дисплеи G156HAN01.0 и G230HAN01.0, применяемые как в промышленных, так и в потребительских мониторах.

Производитель заявляет время отклика в 4 мс при переходе «серый–серый», что является рекордом для IPS и производных от них матриц. Контрастность достигает заявленных значений в 1400:1, а углы обзора, традиционно для подобных матриц, доходят до 178°/178°. Как и у аналогичных дисплеев других производителей, AHVA-матрицы выгодно отличаются от VA отсутствием изменения контрастности, наблюдаемого в VA-матрицах при удалении взгля-

да от центра. Антибликовое покрытие на данных матрицах очень лёгкое, с небольшим глянецом.

В конце 2015 года AU Optronics первой объявила о выпуске панелей с матрицей AHVA-типа с поддержкой высокочастотного обновления экрана (144 Гц). Эта технология была оценена даже производителями мониторов для геймеров: ранее IPS-матрицы ими традиционно игнорировались из-за большого времени отклика и невысокой частоты обновления.

Уже сейчас AU Optronics выпускает AHVA-дисплеи с размерами диагонали от 13 до 32 дюймов. В планах также стоит производство матриц с меньшими диагоналями (от 5 дюймов). Разрешения, предлагаемые AUO, достигают 3840 × 2160 пикселей (UHD), однако пока на рынке нет поддержки форматов 4K или 5K. В настоящее время также планируется к выпуску модель с изогнутым 27" дисплеем с AHVA-матрицей – первая модель с изогнутой матрицей IPS-типа. Следующим шагом в производстве AHVA-матриц должны стать широкоэкранные матрицы формата 21:9.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На современном рынке IPS-матрицы прочно заняли сегмент дисплеев для решений, связанных с высокими требованиями к цветопередаче и нуждающихся в широких углах обзора. Многие производители, разрабатывая новые подвиды этой технологии, стремятся показать, что их технологии более инновационные, но, к сожалению, в большинстве случаев это не более чем маркетинговый трюк. Однако есть и отдельные прорывы, которые расширяют области применения IPS-матриц, сохраняя при этом их традиционные плюсы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Матешев И., Туркин А. Обзор современных технологий производства ЖК-матриц. Современная электроника. 2014. №8.
2. Самарин А. Лауреаты премии «Дисплей года 2011». Компоненты и Технологии. 2011. №8.
3. Наймушин А., Самарин А. Производитель TFT LCD матриц AU Optronics (AUO). Будущее и настоящее. Компоненты и Технологии. 2014. №8.
4. Туркин А., Матешев И. Sharp и AU Optronics диктуют правила игры на мировом рынке ЖК-дисплеев. Электроника НТБ. 2015. Т. 148. №8.





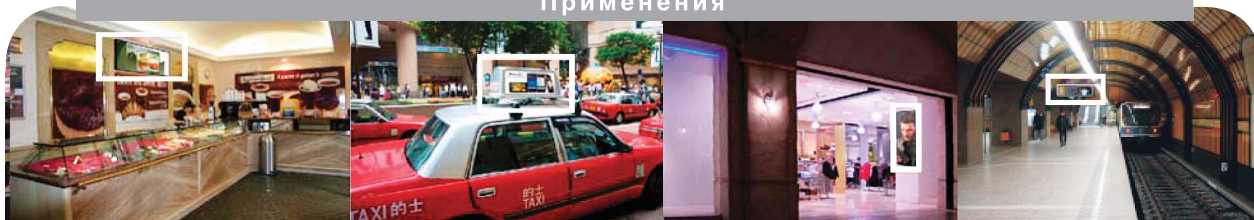
SPANPIXEL™ — новаторские, сверхширокие, с высокой яркостью, нестандартные ЖК-дисплеи со светодиодной подсветкой

- ✓ Поддержка ландшафтного и портретного режимов
- ✓ Наилучший выбор для специфических промышленных применений
- ✓ Наиболее привлекательный для глаз ЖК-дисплей

Основные свойства

- Сверхширокий экран
- Безвентиляторная конструкция
- Светодиодная подсветка обеспечивает считывание изображения при солнечной засветке
- Яркость 1000 кд/м²
- Устойчивость к воздействию ударов и вибрации
- Высокая контрастность
- Широкий угол обзора
- Длительный срок службы, низкая потребляемая мощность

Применения



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ LITEMAX ELECTRONICS

МОСКВА	Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru
С.-ПЕТЕРБУРГ	Тел.: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • info@spb.prosoft.ru • www.prosoft.ru
АЛМА-АТА	Тел.: (727) 329-5121; 320-1959 • sales@kz.prosoft.ru • www.prosoft-kz.com
ВОЛГОГРАД	Тел.: (8442) 260-048 • volgograd@prosoft.ru • www.prosoft.ru
ЕКАТЕРИНБУРГ	Тел.: (343) 376-2820; 356-5111 • Факс: (343) 310-0106 • info@prosoftsystems.ru • www.prosoftsystems.ru
КАЗАНЬ	Тел.: (843) 203-6020 • info@kzn.prosoft.ru • www.prosoft.ru
КIEB	Тел.: +38 (044) 206-2343; 206-2478 • info@prosoft-ua.com • www.prosoft-ua.com
КРАСНОДАР	Тел.: (861) 224-9513 • Факс: (861) 224-9513 • krasnodar@prosoft.ru • www.prosoft.ru
Н. НОВГОРОД	n.novgorod@prosoft.ru • www.prosoft.ru
НОВОСИБИРСК	Тел.: (383) 202-0960; 335-7001/7002 • Факс: (383) 230-2729 • info@nsk.prosoft.ru • www.prosoft.ru
ОМСК	Тел.: (3812) 286-521 • Факс: (3812) 315-294 • omsk@prosoft.ru • www.prosoft.ru
САМАРА	Тел.: (846) 277-9166 • Факс: (846) 277-9165 • info@samara.prosoft.ru • www.prosoft.ru
УФА	Тел.: (347) 292-5216/5217 • Факс: (347) 292-5218 • info@ufa.prosoft.ru • www.prosoft.ru
ЧЕЛЯБИНСК	Тел.: (351) 239-9360 • chelyabinsk@prosoft.ru • www.prosoft.ru