

# ПРОМЫШЛЕННЫЕ ДИСПЛЕЙНЫЕ МОДУЛИ — КОНСЕРВАТОРЫ В МИРЕ ЦВЕТА И СВЕТА

ТАНАСИС РАХМАН

Дисплейные модули, как никакой другой электронный компонент, способны создать ажиотаж на рынке своими инновационными решениями, прорывными технологиями. Это лицо современного гаджета — будь то смартфон, планшет или ноутбук, не говоря уже о мониторе и телевизоре, — которое буквально затмевает прочие характеристики изделия. Но то, что встречают с восторгом и энтузиазмом на эмоциональном потребительском рынке, обычно вызывает лишь легкое волнение во вдумчивом и скептическом мире промышленной электроники, привыкшем смотреть на любую технологию через призму эффективности и технико-экономического обоснования.

Прорывы в решениях для рынка промышленных дисплеев — явление нечастое. Здесь даже самые инновационные устройства медленно и с трудом пробивают себе дорогу, постоянно доказывая собственную эффективность, а иные модели и вовсе растворяются бесследно, оставив воспоминания лишь в виде опытных образцов и пары статей в специализированных изданиях. Не стал исключением и год, прошедший с прошлого «дисплейного» выпуска нашего журнала. Поэтому следует обратить внимание скорее на новые тенденции и акценты рынка, основанные, в общем-то, на давно известных технологиях.

## **ПРОМЫШЛЕННЫЕ TFT-МОДУЛИ: КЛАССИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ**

«Да, они цветные, 262 тыс. цветов, разрешение намного выше.

Да, и расширенный температурный диапазон от  $-20^{\circ}\text{C}$ . Ну да, интерфейс специфический — LVDS. Нет, это не как в обычном ЖКИ, я постараюсь объяснить...» — примерно так обычно начинали специалисты разговор с заказчиком, которому предлагали TFT-модуль для замены монохромного ЖК-индикатора, зачастую даже не веря в успех. За 10 лет восприятие TFT-модулей изменилось самым решительным образом: преимущества их стали очевидными, а интерфейсы уже не кажутся экзотическими. Сегодня выбор в пользу монохромных ЖКИ с пассивной матрицей либо подкреплен неоспоримым технико-экономическим обоснованием, либо вызван инерцией массового производства (рис. 1).

Порой кажется, что в классических применениях для промышленных дисплеев — промышленной автоматизации, безбумажных регистраторах, медицинской технике — время почти замерло. В ходу те же промышленные TFT-модули, что и десятилетие назад, разве что XGA-разрешение стало обычным для модулей средних диагоналей.

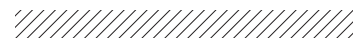
Изменения, тем не менее, есть и тут. Широкие углы обзора, уже лет 10 как ставшие нормой для мониторных матриц, превратились если не в обязательное требование, то в желательную характеристику. Если еще 5–7 лет назад TN-технология безоговорочно доминировала, а версии с широкими углами обзора были в основном

представлены в линейках дорогих премиальных производителей Hitachi (KOE), NLT и Mitsubishi, то в последние пару лет ведущие массовые производители стали предлагать TFT-модули, выполненные на основе VA- и IPS-технологии, по ценам, практически равным TN-версиям. И AUO, и Innolux имеют в модельном ряду широкоугольные версии популярных диагоналей 10,4; 12,1 и 15 дюймов. Компания Tianma, всегда считавшаяся бюджетным производителем даже на фоне AUO и Innolux, тоже стала вводить в линейку IPS-модели (точнее, SFT, по унаследованной от поглощенного дисплейного подразделения NEC терминологии).

Рабочий температурный диапазон  $-30...+70^{\circ}\text{C}$ , когда-то считавшийся уникальной особенностью отдельных TFT-модулей этого класса, давно стал общим местом. В ответ на запрос ряда отраслей, прежде всего железнодорожной автоматики и транспортной электроники, ряд производителей, в первую очередь Mitsubishi и KOE, продолжают расширять линейку моделей с заявленным рабочим диапазоном температур от  $-40^{\circ}\text{C}$ . Столь расширенный температурный диапазон логично было бы ожидать для базовых промышленных форматов и диагоналей, например 3:4, XGA, однако и у KOE, и у Mitsubishi присутствуют и широкоформатные 16:9, и совершенно нестандартные 8:3. Это следствие разработки таких модулей под целевые применения конкретных заказчиков

**РИС. 1. ▼**  
Даже рутинная технологическая информация предполагает сегодня сложную визуализацию





«Модуль», «дисплей», «монитор»... Как ни странно, терминология в мире средств отображения до сих пор не устоялась. В статье рассматривается дисплей как функциональный узел и одновременно электронный компонент, отвечающий только за отображение информации. В случае решений на основе TFT-матрицы будут использованы термины «панель» и «модуль» — то есть сборка из «стекла», заготовки на основе TFT-матрицы, поляризаторов, светофильтров и т. д., подсветки и некоторых «базовых» интерфейсов — это могут быть параллельный RGB, LVDS, реже eDP, SPI и 8/16 bit параллельные интерфейсы. Для модулей не характерны композитные, VGA-, DVI- и другие входы, а также наличие органов управления — кнопок и переключателей. Это прерогатива иного класса изделий, мониторов.

(например, производителей приборных панелей локомотивов или тракторов) с последующим запуском моделей в широкий доступ.

К сожалению, практически всегда методика температурных испытаний остается нераскрытой, технические описания, предлагаемые компаниями, дают лишь самую общую информацию без допустимого отклонения характеристик вблизи предельных температур. В ряде случаев вообще

неясно, заявленный диапазон — это фактическая характеристика, основанная на специфических технических и технологических решениях, или параметр, искусственно ограниченный условиями проведения испытаний. В зависимости от отраслей применения и жесткости их нормативного регулирования здесь возможны два подхода: самостоятельное проведение температурных испытаний заказчиком для подтверждения,

### ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ (ПРОМЫШЛЕННЫЙ) КЛАСС TFT-МОДУЛЕЙ

В отличие от прочих электронных компонентов, в мире средств отображения «индустриальный» класс не подразумевает обязательные расширенные эксплуатационные характеристики. Основным потребителем TFT-модулей являются изготовители бытовой и компьютерной видеотехники, мобильных устройств. Именно под нужды таких клиентов выпускается большинство TFT-моделей, срок их массового производства (до момента снятия с конвейера) определяется жизненным циклом изделия заказчика. Словом, здесь действует такой принцип: сняли определенный вид телефонов, телевизоров с производства — нет и TFT-модулей к нему. Для изготовителей индустриального оборудования, имеющего длительный жизненный цикл, данные TFT-модули не подходят, их выпуск прекращают порой до окончания НИОКР.

Для производителей промышленного оборудования и выделен особый класс TFT-модулей, с периодом выпуска до 3–5 лет, а перед снятием их с конвейера обычно анонсируется модель-преемник, близкая по характеристикам. Под производство индустриальных модулей обычно резервируются определенные технологические мощности, номенклатура таких изделий не может быть беспредельной и ограничивается наиболее популярными или стандартными диагоналями/разрешениями. Цена индустриальных модулей значительно выше: они примерно в 3–4 раза дороже, чем близкие по характеристикам «коммерческие» собратья. Обычно данные модели отличают более-менее стандартизированные интерфейсы — LVDS или параллельный RGB со стандартизированными алгоритмами цветопередачи и увеличенными заявленными ресурсами подсветки. Расширенный температурный диапазон, виброустойчивость и иные эксплуатационные характеристики, с которыми нередко ассоциируется слово «индустриальный», являются частым, но вовсе не обязательным атрибутом этих TFT-модулей.

а порой и расширения заявленных температурных характеристик или безусловное принятие на веру указанных параметров.

### КОГДА СОЛНЕЧНЫЙ ДЕНЬ НЕ В РАДОСТЬ

Температура далеко не единственный внешний фактор, затрудняющий эксплуатацию дисплея. Многие TFT-модули применяются в условиях прямого солнечного света, а самый простой и надежный способ повысить читаемость информации в этих условиях — увеличить яркость подсветки. Значительный рост эффективности современных белых светодиодов позволяет изготавливать гораздо более яркие панели при сравнительно невысоком энергопотреблении. В последние год-два те же AUO и Innolux с большим запозданием стали выводить на рынок и сверхъяркие (до 1000–1500 кд/м<sup>2</sup>) версии своих панелей. Увы, далеко не для всех диагоналей. И здесь особенно заметно преимущество Mitsubishi — многие модели компании представлены и в обычном, и в сверхъярком исполнении уже много лет и предлагают известную свободу маневра заказчику. Правда, в позднем выводе на рынок с новым продуктом бывают и свои преимущества: в случае AUO и Innolux это встроенные драйверы подсветки, которых лишены многие сверхъяркие панели премиальных производителей.

Однако для улучшения читаемости в условиях внешней засветки существует и более изящное решение — переход с типичной для TFT-модулей структуры transmissive (основанной на пропускании только света подсветки) на структуру trans reflective, предполагающую также использование частично возвращенного (отраженного) внешнего света. В случае же достаточно контрастного и неплотного изображения типа контурной карты trans reflective панели обеспечивают удовлетворительную читаемость даже при выключенной подсветке — при одном лишь солнечном свете. Конечно, все базовые преимущества TFT-модуля — яркость, контрастность и цветопередача — в полной мере при этом не реализуются. Если на рынке мобильных устройств таких панелей великое множество, то в области промышленных модулей средних диагоналей их единицы. Более-менее массово технология

представлена в линейке продуктов Mitsubishi, которая недавно пополнилась TFT-модулем очень востребованной диагонали 10,4 дюйма.

Еще более интересное решение предлагает компания Ortustech, представляющая свою собственную технологию Blanview, в рамках которой реализовано и улучшенное светопропускание собственной подсветки, и использование отраженного внешнего света, как в trans reflective-дисплеях. Все вместе это значительно улучшает читаемость в условиях интенсивной внешней засветки при общем снижении энергопотребления. К сожалению, в основном зона ответственности Ortustech ограничена на TFT-модулями малой диагонали, до 7 дюймов включительно.

**ПРИШЕЛЬЦЫ ИЗ МИРА МУЛЬТИМЕДИА**

Любой, даже самый погруженный в работу профессионал — это пользователь многочисленных мультимедийных устройств, таких как планшеты, смартфоны, телевизоры. А сегодня именно в данных устройствах реализованы очень высокие оптические характеристики. Отсюда появившееся совсем недавно явление — стремление снабдить порой сугубо функциональное устройство дисплеем с не уступающими мультимедийному решению характеристиками. Пока это распространяется на применения, где реализуется высокая плотность отображаемой информации со сложной визуализацией и внешний вид важен как маркетинговое преимущество. Типичный пример — сложная медицинская техника, в частности прикроватные мониторы пациента и аппараты ИВЛ. Эти устройства не только сложный и многофункциональный инструмент для профессионала, но и лицо клиники, один из видимых признаков ее технологичности. И вот здесь преимущество оказалось в руках компаний, для которых индустриальный рынок более или менее важный, но все же вторичный относительно рынка потребительского. За минувшие год-два AU Optronics, BOE, Innolux активно насытили продуктовые линейки промышленными TFT-модулями, имеющими происхождение из мира ноутбуков и планшетов и унаследовавшими соотношение сторон 16:9 и 16:10, а также очень высокие разрешения, вплоть



**Рис. 2.** ◀ Общественный транспорт — ключевая область применения дисплеев большого удлинения

до FHD. Кроме главного индустриального атрибута — гарантий длительного сохранения в массовом производстве, — рабочие температурные диапазоны все больше расширяются, достигнув в ряде новых и заявленных на будущий год моделей заветного предела -30...+85 °С. Интересно, что вместе с оптическими характеристиками ряд таких моделей унаследовал от своих ноутбучных и планшетных прародителей и пока экзотический для индустриального мира eDP-интерфейс. Насколько массовыми и востребованными на российском и европейском рынках окажутся такие продукты, пока сказать сложно. Формат 3:4 занял такое прочное место в видеографических регистраторах, приборных панелях станков, кабинах машинистов, что, вероятно, эта новая генерация индустриальных панелей сможет утвердиться в правах, лишь когда станет казаться совсем уж архаичной на фоне большинства матриц потребительских устройств.

Нечто похожее наблюдается и в области сравнительно больших диагоналей, 19–32 дюйма. Количество предложений здесь уже исчисляется десятками. В основном это те же мониторные панели, но с более-менее гарантированным сроком сохранения в производстве, обычно в пределах двух лет. Лишь несколько моделей в этом диапазоне прочно «застолбили» за собой статус индустриальных, производящихся годами. Это важное конкурентное преимущество крупнейших массовых производителей — LG, Innolux, AU Optronics — возможность «достать» интересное решение из линейки потребительских продуктов и вывести его на промышленный рынок. Предложение же именитых

игроков промышленного рынка — KOE, Mitsubishi, NLT — здесь исчезающе мало: их фабрики изначально не были рассчитаны на такие диагонали.

**ДЛИННЫЙ «НЕФОРМАТ»**

TFT-модули с большим удлинением видимой области известны давно. Если сравнительно небольшая 19,2-дюймовая панель Mitsubishi с разрешением 1920×360 популярна уже несколько лет, то к подобным панелям крупных диагоналей отношение было настороженное: дорого и слишком экзотично. В последние пару лет преимущества таких панелей для видеоинформационных систем (удобство вывода текстовых данных при крупных шрифтах в длинной строке, возможность зонирования экрана на видео- и информационную часть) были «распробованы» многими заказчиками, особенно в транспортной отрасли (рис. 2). Вкупе со снижением цен на 20–25% это сделало их по-настоящему популярными. Здесь следует упомянуть Samsung, AUO и Innolux, предлагающих модули с разрешением 1920×540 или даже 1920×360 с диагональю 28–48 дюймов.

Похоже, это лишь начало и стоит ожидать развития нестандартных форматов под совсем уж целевые применения. В конце минувшего года компания Innolux представила 23,1-дюймовый TFT-модуль сверхбольшого удлинения с разрешением 1920:158 (597×60), предназначенный для использования на торговых полках супермаркетов: динамические ценники, информация об акциях и распродажах, реклама (рис. 3). Это тот случай, когда словосочетание «нишевой продукт» является не мар-



**РИС. 3. ►**

Использование TFT-модулей сможет полностью преобразовать оформление магазинов: например, появятся динамические ценники



кетинговым термином, а вполне конкретным обозначением функциональности изделия.

### КРУПНЫЙ ПЛАН

Если уж TFT-модули диагональю 19–32 дюйма оказываются в промежуточном положении между потребительским и промышленным сегментами, то в случае сверхбольших диагоналей промышленных модулей

нет вовсе, а есть весьма эфемерная граница между PID (Public Information Displays — дисплеи публичных пространств) и телевизионными панелями. В пользу первых — большие заявленные ресурсы подсветки (50 000 ч и выше), предполагающие работу в режиме «24×7», и предсказуемость снятия с производства. Дополнительные бонусы в виде расширенных температурных диапазонов тут



практически не встречаются. Однако появление TFT-модулей очень больших диагоналей, вплоть до 85 дюймов с яркостью 2500–3000 лм/м<sup>2</sup>, выделяет эти PID-панели для уличных применений в совершенно новый класс продуктов, составляющих конкуренцию уже светодиодным экранам. По разрешению/шагу пикселя LED-табло здесь вовсе не конкурентоспособны. FHD-разрешение на основе дискретных светодиодов даже для диагонали 65 дюймов находится на пределе технологических возможностей современных производителей LED-экранов при крайне сомнительной ценовой эффективности: их стоимостькратно превышает даже самые дорогие TFT-панели соответствующих диагоналей.

Успехи же LG и BOE в AMOLED-экранах для телевизоров, скорее всего, полноценно здесь не разовьются. В отличие от телевизоров PID-дисплеи часами отображают практически статичную картинку, например расписание вылетов/прилетов, что неблагоприятно для AMOLED, приводя к неравномерному выгоранию пикселей. Да и при длительной непрерывной работе происходит заметная деградация всей структуры OLED-панели, тогда как у TFT-модуля страдает в первую очередь подсветка, заменяемая в принципе. В то же время возможность формирования изогнутых (а в перспективе и гибких) поверхностей AMOLED-модулей позволяет выпускать специализированные панели, в частности для круглых видеотерминалов. Пока такие решения возможны лишь на основе дискретных светодиодов. Из экзотических продуктов нужно отметить анонсирование компанией AUO в текущем году двустороннего TFT-модуля, потенциально интересного для информационных стоек и реализованного в предельно тонком исполнении. Впрочем, сверхбольшие диагонали — та область, где грань между промышленным применением и мультимедийным весьма условна. Одни и те же изделия предназначены информировать персонал диспетчерских АЭС и развлекать публику в торговом комплексе.

### ОПТИЧЕСКАЯ СКЛЕЙКА: ЗАСЛУЖЕННОЕ ПРИЗНАНИЕ

Уже много лет подогреваемый интерес к технологии optical

### ПРИЗРАЧНЫЕ ПРОЗРАЧНЫЕ

Особый и внушавший большой энтузиазм вид PID-панелей — это так называемые прозрачные панели. Теоретически идея звучала заманчиво. Скучные прозрачные стекла витрин и дверей холодильников расцветали красками полноцветного TFT-изображения, используя вместо подсветки проходящий свет. Неплохо стартовав в Юго-Восточной Азии с ее культом вендинговых машин, в России они встретили довольно прохладную реакцию: призрачные неплотные изображения не произвели должного впечатления на производителей торгового оборудования и видеотерминалов систем. Возможно, причина в различиях потребительской психологии в Юго-Восточной Азии и России, но это тема отдельного исследования. Прозрачные же AMOLED-панели вызывают потенциальный интерес как наиболее технологичный рекламный носитель и эффектный дисплей видеотерминальной системы, при этом открывая новые горизонты для дизайна интерьеров. Действительно, внезапно появляющееся из ничего плотное изображение высокого разрешения производит сильное впечатление. Еще в 2016 году компания Samsung анонсировала вывод на рынок 55-дюймовой прозрачной AMOLED-панели, но то ли сложности в освоении ее в массовом производстве, то ли неприемлемая для рынка цена заставили корпорацию отказаться от этих планов. Прототипы есть и у многих других компаний, но пока основная роль подобных панелей — притягивать взгляды на отраслевых выставках и демонстрировать бесконечные технологические возможности компаний-производителей. В лучшем случае выставочная AMOLED-панель не только прозрачная, но и гибкая, как у LG. Сколько еще месяцев или лет потребуется для вывода этих продуктов на рынок, вопрос скорее из области предсказаний и веры, нежели научного прогнозирования.

bonding — склейки внешнего защитного стекла и поверхности TFT-модуля посредством оптически прозрачного геля — наконец перешел в практическую плоскость, хотя и не совсем так, как ожидалось. Продемонстрированные ведущими производителями образцы TFT-панелей с защитными стеклами (как правило, с сенсорными панелями), наклеенными по такой технологии, как эффективное ноу-хау, убедили заказчиков в ее преимуществах: существенно меньшее (до 60%) отражение внешнего света за счет устранения границ раздела сред «стекло-воздух-стекло», отсутствие между стеклами конденсата при перепадах температуры. В результате данная технология была быстро освоена многочисленными азиатскими производителями и интеграторами, а начиная с этого года внедряется и в российских компаниях применительно к TFT-модулям любых, даже бюджетных вариантов. Как и у любой сложной технологии, тут есть подводные камни: нарушение технологии склейки и просчеты с позиционированием заставят отправить в утиль всю сборку, попытки отклеить TFT-модуль от стекла превратятся в подлинный кошмар.

**OLED. НЕСОСТОЯВШИЕСЯ УБИЙЦЫ ЖКИ**

Десять лет назад OLED-технологии пророчили славу могильщика жидкокристаллических индикаторов любых типов, и лишь в последние годы стало ясно, что прогнозы оказались преждевременными. OLED-модули потеснили ЖКИ в некоторых областях, но не достигли решающего преимущества: конкурирующие технологии распозлились по разным функциональным и маркетинговым комнатам большой дисплейной коммуналки, где всем пока хватает места. По большинству технических характеристик OLED с пассивной матрицей превосходят своих ЖК-собратьев. OLED и рассматривались как прямая замена устаревающей ЖК-технологии: даже форматы ЖК с пассивной матрицей и PMOLED зачастую повторяют друг друга: графические 132×64, 128×32, знаковосинтезирующие 16×2, 20×2 и т. д. Достигнув 30–50 тыс. ч ресурса до половинного снижения

яркости для некоторых популярных цветов свечения — зеленого и желтого (янтарного), OLED превзошли ЖКИ и по контрастности, и по температурному диапазону при максимальных возможных углах обзора. Но все же часто сфера применения подобных дисплеев — это очень массовые и бюджетные решения, например приборы контроля и учета энергопотребления, а PMOLED в сборе (вместе с DC/DC-преобразователем) обходятся на 50–100% дороже аналогичного формата ЖКИ с подсветкой. Если же устройство портативное, то OLED с их и без того очень условными преимуществами по энергопотреблению (зависит от количества задействованных пикселей) при конкуренции с ЖКИ без подсветки однозначно проигрывают.

Участь же OLED-панелей с активной матрицей, AMOLED в области промышленных применений, оказалась не то чтобы трагической, но откровенно печальной. В отличие от большинства моделей PMOLED, практически все AMOLED-панели — полноцветные модули с замечательной цветопередачей. Привлекательные на первый взгляд продукты, отличающиеся широким рабочим температурным диапазоном без роста времени отклика на низких температурах, отсутствием ограничений по углам обзора и очень высокой контрастностью, на практике столкнулись с комплексом нерешенных проблем. Свойственная OLED сравнительно быстрая деградация при длительном воздействии высоких температур особо критична для AMOLED, проявляясь неравномерно по цветам. Характерное же для промышлен-

ленных применений длительное отображение статичной картинки приводит к ускоренной деградации активных пикселей, а изначальная технологическая неоднородность структуры вызывает в ходе эксплуатации заметные на светлых фонах артефакты («грязь», пятна разных оттенков).

Хотя относительно высокая цена по сравнению с TFT-модулями не становится фундаментальным препятствием для промышленных дисплеев, их интересней продавать пусть и с меньшей премией, но на по-настоящему массовом рынке мобильных устройств, где упомянутые технические изъяны не критичны, а то и вовсе не проявляются (рис. 4). Мало кто часами смотрит на неподвижную картинку на экране смартфона или телевизора, да и 50 000 тыс. ч ресурса здесь не требуется. Опыт CMEL (OLED-подразделение Innolux), в течение 4–5 лет производившего ограниченную номенклатуру OLED для промышленных применений, был неудачным, компании такой больше нет.

И все же технология OLED развивается, а проблемы деградации решаются, и в том или ином виде AMOLED вернуться в промышленные применения. Сейчас AUO развивает линейку модулей для автоэлектроники (дисплеи комбинаций приборов и центральной консоли), а в диапазоне диагоналей 3–6 дюймов есть как минимум несколько десятков предложений не только от AUO, но и от Samsung, BOE. Эти небезыңтересные в общем-то для промышленной электроники продукты появляются столь же внезапно, как и исчезают, следуя за рын-



**РИС. 4.** ◀ Возможность производства гибких дисплеев и дисплеев с криволинейной поверхностью — преимущество OLED-технологии, пока не востребованное в промышленной электронике

ком смартфонов, GPS-навигаторов, игровых консолей и 3D-очков и шлемов.

Совершенно обособленная и полузакрытая для массового применения ниша AMOLED — сверхминиатюрные (0,5–1 дюйм) дисплеи высокого, до FHD и выше разрешения для таких совсем специфических изделий, как нашлемные визиры индикаторов тактической обстановки, визиры тепловизионных прицелов и тому подобные применения, терпимые к запредельно высоким ценам компонентов. Быстрый прогресс в данной области осуществляется избранными компаниями — китайской Olightek, американской eMagin и отчасти Sony и находится за скобками обычной промышленной электроники и ее системы дистрибуции.

### РАЗНООБРАЗИЕ И ИЗМЕНЧИВОСТЬ

Номенклатура современных решений для промышленных систем отображения никак не ограничивается рассмотренными выше TFT- и OLED-модулями, но их детальный анализ в обзоре, посвященном веяниям последних лет, едва ли оправдан (рис. 5).

ЖКИ с пассивной матрицей, занимающие почти непоколебимые позиции в сфере массовых продуктов, чувствительных к цене, но не требующих выдающихся характеристик, стали уже невременной категорией — вряд ли мы увидим их закат в ближайшие 5–7 лет. Инновации в этих продуктах хоть и случаются, но заметны совсем уж узким специалистам.

Ветераны еще первой холодной войны, заставшие ее в различных кабинах боевого управле-

ния, вакуумно-флуоресцентные (VFD) дисплеи застыли в развитии, но удерживают свою узкую и весьма специфическую нишу. Их яркость, контрастность и широкие углы обзора, огромный срок службы и стабильные характеристики при самых разных температурах сохраняют им преданных поклонников и среди военных, и среди энергетиков, и среди нас с вами, стоящих в очередях в кассы супермаркетов и смотрящих на цену покупки на дисплеях, светящихся зеленым цветом.

Электр люминесцентные (EL) дисплеи, даже в период своего расцвета не бывшие массовыми, остались дорогой экзотикой, а их многоцветные версии (полноцветное изображение с поддержкой синего цвета так и не было реализовано) с вовсе неприличными ценами уступают место TFT-модулям, ставшим гораздо терпимей к низким температурам.

Технология электронной бумаги (E-paper, EPD) интересна для ограниченных применений, требующих минимального энергопотребления, но терпимых к инерционности изображения. По этой же причине по-настоящему популярны на рынке электронных ценников/бейджей/меток. Замечательные же по замыслу электронные ценники имеют очень ограниченное распространение в российских торговых сетях, прежде всего из-за сложности интеграции подобных решений в системы ERP, передачи и обновления данных. Такой ограниченный спрос не стимулирует отечественное производство и вполне удовлетворяется силами китайских производителей готовых продуктов. Проблемой для технологии стал и кризис важнейшего драйвера

ее развития — электронных книг. Мода на крупноформатные смартфоны и распространение недорогих планшетов приводят к исчезновению с полок супермаркетов этих недавно модных гаджетов и заметному сокращению модельного ряда EPD-модулей средних диагоналей.

Стремительное продвижение в промышленную электронику современных средств отображения, в первую очередь TFT- и OLED-панелей, и рост требований к качеству визуализации данных приводит к дальнейшему расширению индустриальных линеек продукции ведущих производителей за счет дисплеев с очень высокими оптическими характеристиками. В ряде случаев это становится причиной размывания границ между собственно промышленными и коммерческими модулями для мультимедийных применений: ряды первых активно пополняются адаптированными версиями вторых. И если классические промышленные решения могут похвастаться многолетними гарантиями сохранения в производстве, то судьба новых продуктов куда менее предсказуема, ведь они уже не определяют правила на рынке, а следуют за его конъюнктурой. На этом фоне практически неизбежны новые изменения на рынке TFT- и OLED-модулей. Массовые изготовители, как правило, гораздо мобильней в плане расширения продуктовой линейки. С ростом емкости рынка промышленных дисплеев он перестает быть периферийным для тех же AUO и Innolux, BOE, ранее почти полностью сосредоточенных на коммерческих продуктах. Это усиливает конкурентное давление на традиционных лидеров промышленного рынка. Некоторым из них пришлось пойти по пути укрупнения за счет слияний и поглощения более сильными игроками. В середине десятилетия Hitachi Displays, дисплейные подразделения Toshiba и частично Sony слились в конгломерат Japan Displays, а дисплейный бизнес NEC — безусловного лидера в мире индустриальных TFT-модулей 2000-х — был приобретен китайской Tianma. Не исключено, что уже через 5 лет мы не только вновь увидим на рынке совершенно иную расстановку сил, но и услышим новые имена. ●



**РИС. 5.** ► EL- и VFD-модули — ветераны рынка высоконадежных компонентов, не спешащие сдавать позиции