

# ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ ДИСПЛЕИ

**Виктор Беляев**, д.т.н., ФГУП ЦНИИ «Комета», директор Российского отделения общества информационных дисплеев SID,

**Владимир Брежнев**, начальник отдела ФГУП НИИ «Волга»

*В обзоре описаны и систематизированы технологии ЖК-дисплеев, изделия на их основе и рыночная ситуация с ЖКД в мире и в странах СНГ.*

## ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЖКД (ПАССИВНО- И АКТИВНО-АДРЕСУЕМЫЕ МАТРИЧНЫЕ УСТРОЙСТВА)

Практически все применяемые в ЖКД электрооптические эффекты основаны на изменении двулучепреломления ЖК под действием приложенного электрического поля. В результате этого изменяется фазово-поляризационное состояние пучка света, прошедшего через слои ЖК. При наличии поляризатора и анализатора в дисплеях, работающих как на пропускание, так и на отражение, модулируется интенсивность света пикселем. Яркость изображения, создаваемого ЖК-дисплеями, определяется подсветкой, поэтому для них более важной характеристикой является контрастное отношение. Интенсивность света может модулироваться не только за счет поглощения в анализаторе, но и за счет отклонения (рассеяния) пучка, если неоднородность распределения директора (ориентации) в пикселе сравнима с длиной волны. Ясно, что в ЖКД рассеивающего типа выше коэффициент использования подсвечивающего излучения.

Среди пассивных ЖКД наибольшей мультиплексностью обладают супер-твист (STN) экраны. Наличие двулучепреломления у ЖК приводит к сужению углов обзора, что исправляется введением в состав ячейки одного или двух компенсаторов – фазовых пластин с отрицательным двулучепреломлением – или статического (не управляемого электрическим полем) слоя ЖК с одинаковым по величине и противоположным по знаку углом закрутки.

Уровень мультиплексности порядка 1000 достигнут и в других ЖКД с пассивным управлением (эффект управляемого двулучепреломления в гомеотропно ориентированных слоях ЖК, пи-ячейки, сегнето- и антисегнетоэлектрические ЖКД). Однако, по различным причинам, прежде всего технологическим, эти эффекты используются сравнительно редко, хотя в последние

годы много сделано для улучшения этих параметров.

В первую очередь, для пассивных дисплеев разработаны способы адресации, которые в сочетании с ориентацией ЖК и составом материала позволяют выполнять одновременную адресацию нескольких или даже всех строк дисплея. Последний метод носит название активной или многострочной (multi-line) адресации пассивного дисплея. При этом в ряде разработок реализована оптическая память.

В настоящее время интенсивно развиваются технологии дисплеев, в которых изменение оптического состояния ЖК достигается не за счет управляющих сигналов, поступающих со схемы управления, а из-за изменения электрического состояния элемента с нелинейной вольт-амперной характеристикой (тонкопленочного транзистора – ТПТ или диода – ТПД), включенного последовательно с ЖК-ячейкой. При активном управлении, в отличие от пассивного, параметры вольт-контрастной характеристики электрооптического эффекта оказываются не связанными непосредственно с управляющими электрическими сигналами. Классификация ЖКД по способу управления приведена на рис. 1.

Использование активных матриц (АМ) нелинейных элементов позволяет значительно увеличить быстродействие, контраст и угол обзора дисплея.

Известно, что более высокая цена ЖКД на основе активной матрицы управляющих тонкопленочных транзисторов (ТПТ) обусловлена сравнительно небольшим процентом выхода годных изделий (около 50%). Чтобы увеличить этот процент, к 2005 году предполагается разработка ППД 5-го поколения за счет использования исходных стеклянных пластин большого размера – 960 × 1100 × 0,7 мм (4-му поколению соответствуют пластины размером 550 × 650 мм). Из такой пластины можно сделать две подложки для дисплея с диагональю 40 дюймов (102 см) и апексом (отношением сторон) 16 : 9 или

16 подложек для 12-дюймового (30,5 см) дисплея с апексом 4 : 3.

Дисплей 5-го поколения, который будет производиться в 2005 году, должен иметь следующие характеристики:

- Видеостандарт: QXGA, или 2000 × 1600 пикселей. При этом шаг пикселей составит 180...200 мкм.

- Размер подложки соответствует стандартам A4 (297 × 210 мм) или B5 (257 × 182 мм) и A3 (410 × 297 мм, или 19,9 дюйма, т.е. 505 мм по диагонали) или B4 (364 × 257 мм, или 17,5 дюймов, т.е. 442 мм по диагонали).

- Энергопотребление: 3...4 Вт.

- Время производства одного изделия: 30...45 с (вместо 60...90 с в настоящее время).

- Количество фотолитографических операций: 4 – 5 вместо 6 – 8.

Рассмотрим кратко характеристики некоторых типов ЖКД с высокой информационной емкостью, в особенности тех, которые используются в коммерческих разработках. Прежде всего, это ЖКД для портативных ЭВМ (notebook). В таблице 1 приведены характеристики ЖКД с размером по диагонали 12,1 дюйма (30,7 см).

Чтобы заменить ЭЛТ-мониторы, ЖКД, согласно оценкам, должны иметь следующие технические характеристики: размер по диагонали 15 дюймов (38,1 см), XGA-стандарт разрешения, угол обзора 140°, яркость 200 кд/м<sup>2</sup> и потребляемую мощность 6 Вт. За исключением последнего параметра, к этим требованиям приближаются характеристики XGA активной матрицы фирмы Mitsubishi (Япония): размер по диагонали 15,1 дюйма (38,4 см), угол обзора ±60°, яркость 250 кд/м<sup>2</sup> и потребляемая мощность 19,3 Вт.

Для достижения больших углов обзора, когда визуальное восприятие изображения на дисплее не изменяется при рассматривании его практически с любого направления пространства перед устройством, предложен метод так называемой адресации в плоскости (in-plane-switching, IPS-mode). В этом случае электрическое поле направлено не поперек, а параллельно подложке, на которой размещены активные элементы. Особенно преуспели в создании ЖКД на основе IPS-моды японские фирмы NEC и Hitachi (см. таблицу 2).

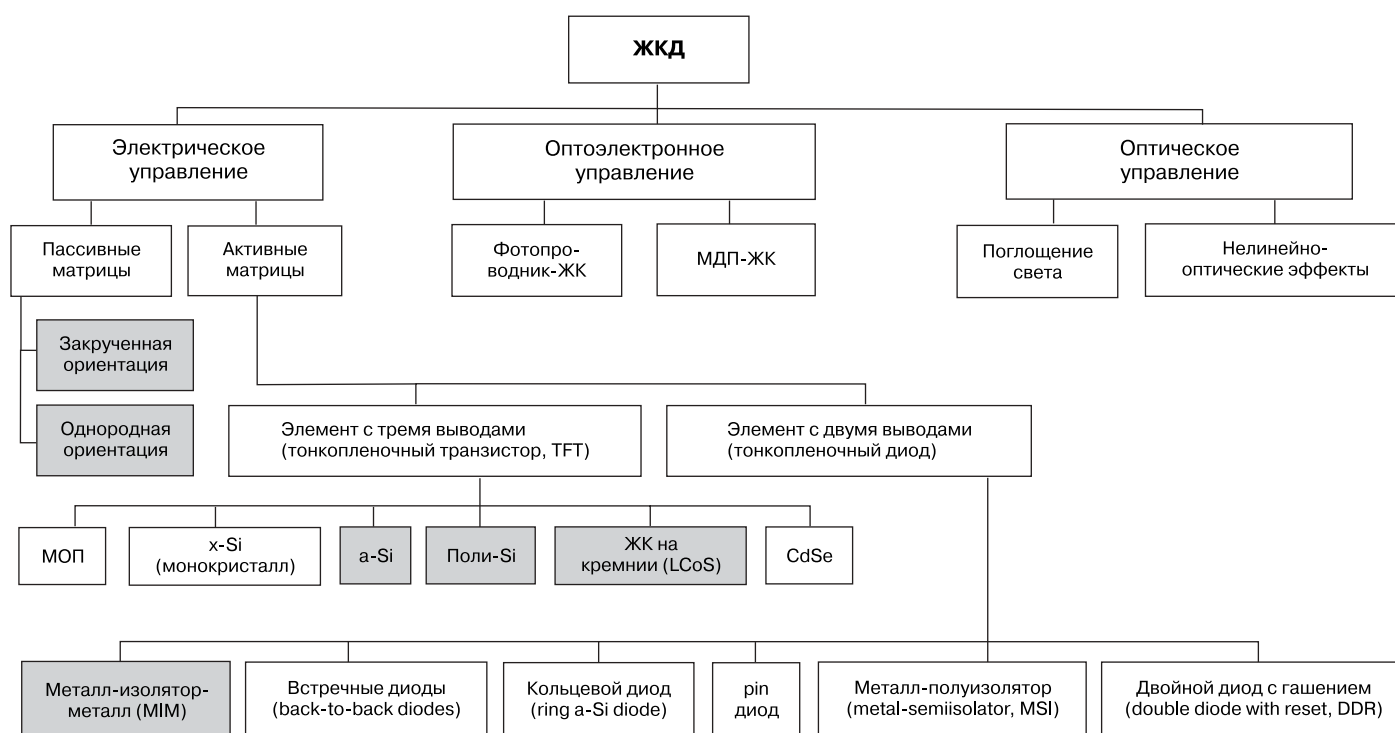


Рис.1. Классификация ЖКД по способу управления (заштрихованы структуры, используемые в производимых ЖКД)

В последнее время наиболее интенсивно ведутся разработки активного элемента на основе поликремния, который лучше, чем аморфный кремний, подходит для устройств с высокой степенью интеграции, прежде всего, для устройств на кремниевых подложках. Дисплеи с поликремниевыми ТПТ пока имеют небольшой размер и применяются в проекционных устройствах или напольных дисплеях. Их характеристики приведены в таблице 3. Апертурное отношение является отношением площади пиксела, не занятой черной маской, защищающей ТПТ от света, к полной площади пиксела.

Из приведенных данных видно, что на основе поликремниевых АМ можно создавать устройства с высоким апертурным отношением и, соответственно, с высоким пропусканием и высокой эффективностью использования подсветки. Надо напомнить, что типичное значение пропускания цветной активной матрицы с ЖК равно 4...6%.

Фирма Seiko Epson (Япония) разработала цветной VGA-дисплей на основе поликремниевых ТПТ размером 4,5 дюйма (11,4 см), а Sharp – 4,7 дюйма

(11,9 см) VGA-дисплей с апертурным отношением 80%, контрастом 300 : 1 и рабочим напряжением 10 В. Температура процесса получения ТПТ доведена до 150°C (Калифорнийский университет и Ливерморская национальная лаборатория, США), что позволяет получать АМ на полимерных подложках.

Однако сейчас самой перспективной АМ-технологией для проекционных устройств считается наиболее интегрированная технология «ЖК-на-кремнии» (LCoS, Liquid-Crystal-on-Silicon).

В то же время, несмотря на успехи транзисторной технологии, ведутся разработки АМ на основе тонкопленочных диодов (ТПД), особенно МИМ-структур (металл-изолятор-металл; МИМ – metal-insulator-metal). При несколько худшем качестве изображения и большей чувствительности к изменению температуры по сравнению с ТПТ АМ МИМ-структуры имеют намного более низкую стоимость изготовления из-за меньшего количества фотолитографических операций. Особенно популярен этот вид нелинейного элемента в проекционных устройствах, так как

высокое значение апертурного отношения и возможность нанесения на подложку пленки с зеркальным отражением позволяет максимально увеличить эффективность использования подсветки, которая может вообще отсутствовать при работе с дневным освещением. Некоторые характеристики МИМ ЖКД приведены в таблице 4.

Из других перспективных разработок АМ ЖКД надо отметить следующие.

Еще в 1984 г. был предложен метод адресации жидкокристаллического пиксела газовым (плазменным) разрядом, имеющим крутую вольт-амперную характеристику. Преимуществами такого дисплея являются возможность создания ЖК-дисплея такого же размера, как и ПДП (около 1 м), и большая яркость такого устройства. Параметры PALS-дисплеев (плазменно-адресуемых ЖК) приведены в таблице 5, хотя в последние три года новых публикаций по этому направлению не было.

Другим интересным направлением являются разработки фирмы Xerox (США) и ее дочернего ответвления dPiX активных матриц со сверхвысоким разрешением, так называемой «оцифрован-

Таблица 1. Характеристики цветных SVGA (800 × 600 пикселей) или XGA (1024 × 768 пикселей) ЖКД для портативных ЭВМ

Фирма	Mitsubishi	Samsung Semiconductors	Hitachi	Fujitsu
Яркость, кд/м <sup>2</sup>	70	100	100	70
Стандарт разрешения	XGA	SVGA	XGA	SVGA
Потребляемая мощность, Вт	2,9	2,5	3,5	2,2 (1,3 с vivid драйверами)

Примечание. Прочерк означает: нет данных.

ной бумаги» (digital paper). Так, матрица размером 13,5 дюйма (34,3 см) имеет  $1536 \times 1120$  цветных пикселей или  $3360 \times 2048$  черно-белых (бинарных) пикселей. Но наибольшее развитие идея оцифрованной, или электронной, бумаги нашла при использовании полимерных материалов для подложек и ТПТ.

Продолжаются исследования возможности использования в средствах отображения информации сегнето- или антисегнетоэлектрических ЖК (СЭЖКД) и диспергированных в полимере ЖК (ПДЖК, PDLC). Однако, похоже, обе технологии пока не оправдывают возлагавшихся на них надежд. В первом случае СЭЖК не имеют воспроизводимой шкалы серости при пассивной адресации сигналом со случайным значением амплитуды, во втором – при изготовлении пленок ПДЖК часто наблюдается неоднородность их физических характеристик.

В целом ЖКД являются перспективными в качестве компактных настольных приборов, для получения объемного изображения в нашиваемых устройствах, а также в качестве больших панелей на приборной панели или на стене.

## ПРИМЕНЕНИЯ ЖКД В УСТРОЙСТВАХ, РАСПРОСТРАНЯЕМЫХ НА РЫНКЕ РОССИИ И СНГ

По количеству продаваемых изделий и объему продаж в денежном выражении среди ЖКД лидерами являются плоскостельные, так называемые TFT-мониторы (или по-русски ТПТ). В статье Алексея Лобанова в газете «Модус» (№134, октябрь 2001 г.) приводится ожидаемое количество продаж ЖКД-мониторов в 2001 г. 120 тыс. штук, что в четыре раза больше, чем в предыдущем году. При этом рынок мониторов в России составлял в 2000 г. 1,8 млн. штук, а в 2001 г. 2,4 млн. штук, что несколько рассогласовывается с приводимым ниже количеством проданных ПК.

На мировом рынке наибольшая часть ЖКД-мониторов различных размеров производится в основном следующими фирмами: AU Optoelectronics (объединение Acer Display Technology & Unipac Optoelectronics), CPT, Hannstar (размер экрана 15...17 дюймов), Fujitsu (размер экрана 17,4...23,1 дюймов), TopVision (размер экрана 18...19 дюймов), AmTran (размер экрана 20,1...23,1 дюймов).

У нас в стране подавляющее большинство продаваемых ЖКД-мониторов (95%) имеют размер рабочей части экрана 15 дюймов (38 см) по диагонали. В России представлена продукция CTH, Samsung, LG, Philips, Acer, Compaq, Digital Vision, Hitachi, RoverScan, Fujitsu-Siemens, D-Pro, IBM, Nokia,

Таблица 2. Характеристики XGA супер-ТПТ активных матриц с адресацией в плоскости

Фирма	NEC			Hitachi
Яркость, кд/м <sup>2</sup>	200			120
Углы обзора, град.	160			140
Размер, дюйм (см)	20,1 (51,1)	14,1 (35,9)	12,1 (30,7)	13,3 (33,3)
Энергопотребление, Вт	–			18

Таблица 3. Характеристики АМ ЖКД с поликремниевыми ТПТ

Фирма	Hitachi	Epson America	Fujitsu
Апертурное отношение, %	–	65	–
Пропускание, %		23	
Стандарт разрешения	VGA	VGA	EWS(SXGA)
Размер по диагонали, дюймов (см)	1 (2,5)	1,3 (3,3)	3,2 (8,1)

Таблица 4. МИМ-ЖК-дисплей

Фирма и название дисплея	Epson America		БГУИР, Минск, Беларусь
	УльтраМИМ	Супер-МИМ	
Контраст	>100 : 1	30 : 1	–
Размер по диагонали, см	4,6	16	5
Разрешение	312 × 230	–	480 × 480
Энергопотребление, мВт	200 (с подсветкой в течение 30 000 часов)	75	–
Количество масочных процессов	3	–	–

Таблица 5. Характеристики PALC-дисплеев

Фирма	Sony	Sony, Philips, Sharp
Контраст	70 : 1	100 : 1 (при 300 люкс)
Количество передаваемых цветов	260 000	16,7 млн.
Яркость, кд/м <sup>2</sup>	250	400
Кол-во пикселей	768 × 448	854 × 480
Размер, мм	–	524,2 × 932,6
Диагональ, дюйм (см)	25 (63,5)	42 (106,7)

ViewTech, Hyundai, MAG, ADI, Sony, Scott, Bliss, Zolauf и некоторых других зарубежных компаний. Показательным является появление на нашем рынке фирм, специализирующихся только на ЖКД-мониторах: SliMex, NeoView. Особо интересные продукты с множеством опций предлагаются южно-корейской компанией DiCON. Продажи мониторов с диагональю 17 и 18,1 дюйма также растут, причем за счет не только корпоративных, но и частных покупателей. Наименьшая доля принадлежит дорогим (от \$2700 до \$5700) профессиональным ЖК-мониторам (Samsung, Apple Cinema и некоторые другие).

На российском рынке появилось небольшое количество моделей, в которых ЖКД-монитор с диагональю 15...17 дюймов интегрирован в компьютер. Одна из компаний (WindRover), представляющая такие компьютеры, является российской, остальные (Acer, IBM, NEC) зарубежные.

В 2001 г. на мировом рынке ЖКД-мониторов значительно снизились це-

ны поставки – до 340...360 долларов для 15-дюймовых (38 см) мониторов и 550...600 долларов для 17-дюймовых (43 см) мониторов. Предполагается, что при дальнейшем увеличении этого рынка цена 15-дюймового изделия может снизиться до 300 долларов.

Из так называемых продвинутых жидкокристаллических мониторов, выпущенных на рынок, стоит отметить разработку компании ViewSonic VP230mb с разрешением  $1600 \times 1200$  и размером по диагонали 23,1 дюйма (59 см). Монитор имеет DVI-интерфейс и время оптического отклика 30 мс. Цена 6999 долларов.

Однако параметры этого дисплея меркнут перед характеристиками «Берты» – последней разработки американской IBM (стоит напомнить, что «Бертой» была названа немецкая сверхмощная пушка, обстреливавшая Париж с больших расстояний в конце первой мировой войны). Если размер дисплея (22,2 дюйма, т.е. 57 см) даже чуть меньше, чем у разработки ViewSonic, то для



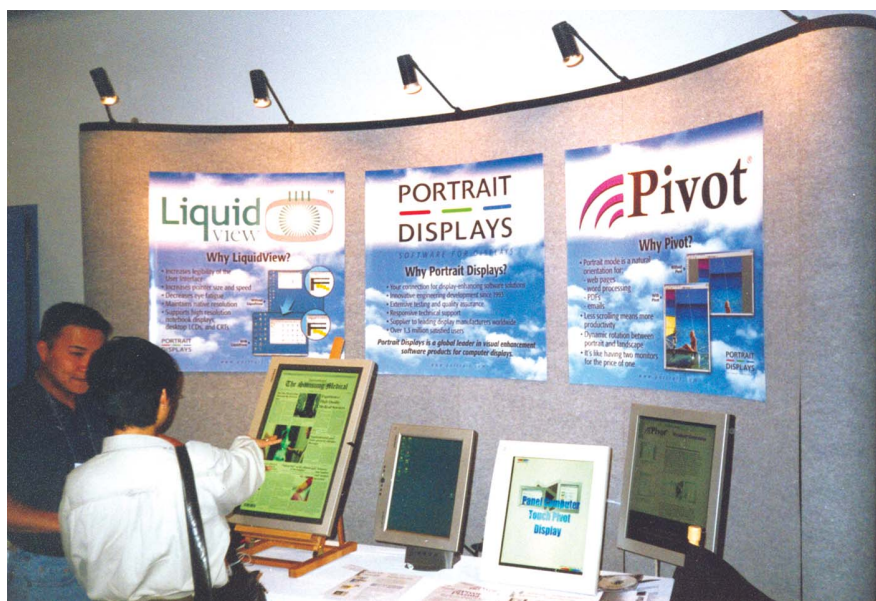


Рис. 2. ЖКД компании Portrait Displays с вертикальным форматом изображения



Рис. 3. Облегченная модель ноутбука Toshiba Portege 3490T

разрешения пришлось придумывать новый термин (QUXGAW). Оно составляет  $3840 \times 2400$ , т.е. более 9 мегапикселей. Плотность пикселей 204 на дюйм (8 пикселей на мм), имеется 24-битовая передача цвета.

Характеристики других ЖКД-мониторов с высоким разрешением приведены в таблице 6.

Для ряда применений удобнее использовать так называемый портретный (вытянутый по вертикали) формат монитора (рисунок 2). На нем удобнее представлять страницы текста, технических сообщений, вертикально ориентированные изображения. Программное обеспечение LiquidView для компьютеров с такими экранами поставляет американская компания Portrait Displays из штата Калифорния.

В 2001 г. в мире начался бум цифрового телевидения на ЖК-панелях. Сейчас самый большой ТПТ ЖК-модуль для цифрового телевидения делается международной компанией LG. Philips LCD.

Размер изображения  $687 \times 421$  мм (29 дюймов, т.е. 74 см по диагонали), разрешение SXGA ( $1280 \times 1024$ ), яркость  $450 \text{ кд/м}^2$ , а насыщенность цвета 70%. В России на этом рынке присутствуют LG, Loewe, Nakamichi. Производит телевизоры с ТПТ-экраном и российская фирма «Карат». Пока цена телевизора LG с 15-дюймовым экраном \$1600, а Nakamichi с 18-дюймовым экраном – \$6000.

С другой стороны, рядом компаний предприняты попытки комбинирования функций телевидения и Интернета любым современным телевизионным аппаратом, как с ЭЛТ, так и с ЖК-экраном. Интернет-телеприставки выпускаются присутствующими и на российском рынке компаниями American Interactive Media, Batra/Websurfur, Markham, Coollogic, Curtis Mattes, Green Technologies, New Com, Westlake, Sony & Philips, Segen, Thompson.

Среди приборов, неотъемлемую часть которых составляют дисплеи, наибольшие ниши на рынке пока занимают ноутбуки (рисунок 3) и различные средства мобильной телефонии.

По данным газеты «Коммерсант» (№218, 28.11.2001 г.), в Россию было поставлено в 2001 г. 90 тыс. ноутбуков, что оказалось на 33% больше, чем в 2000 г. Это составляет 0,3% от мирового уровня продаж ноутбуков (26 млн.).

Таблица 6. Характеристики ЖКД-мониторов ведущих мировых компаний

Компания	NEC	Fujitsu	Sharp	LG.Philips
Размер по диагонали в дюймах (см)	21,3 (54)	23,1 (59)	28,3 (72)	20,1 (51,5)
Разрешение, пиксел	2018×1536	1600×1200	2560×2048	1600×1200
Угол обзора, град.	170	–	170	–
Время электро-оптического отклика, мс	–	–	15	–
Примечание	Планарное (IPS) переключение	–	Планарное (IPS) переключение	–

По другим экспертным данным, в России было продано в прошлом году от 69 до 76 тыс. ноутбуков при общем объеме продаж персональных компьютеров 1,4 млн. в 2000 г. и 2,1 млн. в 2001 г. При этом можно сказать о существенном подешевлении ноутбуков (ниже \$1000) благодаря ценовой и технологической политике ведущих производителей: Compaq, HP, IBM, RoverBook (торговая марка «Белый ветер»), Fujitsu Siemens Computers и др. В дальнейшем ожидается также рост продаж ноутбуков, но более медленный (~15%), в то время как в ведущих европейских странах этот рынок дошел практически до насыщения (в Западной Европе рост составил 0,9%) при 12% уменьшении продаж ПК в целом.

Пока доля ноутбуков от полного числа ПК в России невелика (4...7% по разным данным), что по сравнению с Западной Европой (23%) в пять раз меньше. При этом, с одной стороны, можно ожидать выхода доли ноутбуков на европейский и мировой уровень, но, с другой стороны, продажа ноутбуков может даже сократиться благодаря появлению и совершенствованию другого типа портативных компьютеров, так называемых палмов и PDA (личных цифровых помощников), и увеличению памяти и быстродействия миникомпьютеров, встроенных в мобильные телефоны, из-за чего оба типа приборов при меньшем размере и весе могут выполнять функции электронной почты и Интернета, навигации и другие.

Названные по имени компании Palm (от слова palm – ладонь), мини-компьютеры сочетают в себе функции появившихся ранее на рынке записных книжек, органайзеров, словарей, а также максимум функциональных возможностей мобильной Интернет-связи. Палмы, а затем и изделия вовремя спохватившейся IBM, взявшей лицензию на Palm Pilot, Work Pad PC (высота 12 см, ширина 8 см, масса 170 г), уже принимают на себя функции настольного компьютера почти в полном объеме. Кроме того, палм можно присоединить к сотовому телефону со встроенным модемом или ИК-портом и принимать электронную почту или информацию из Интернета, в том числе и изображения. Сначала в



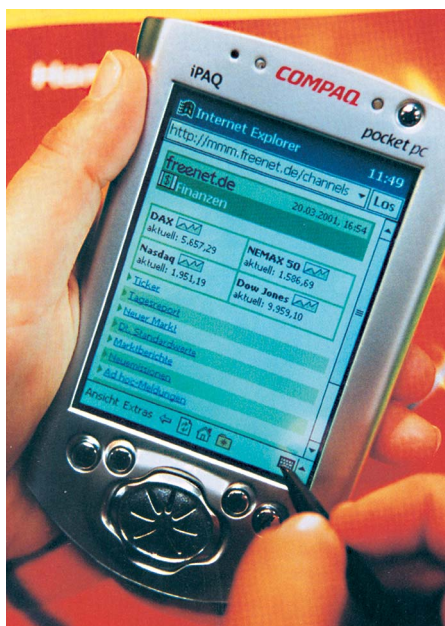


Рис. 4. Карманный компьютер Compaq iPAQ с отображением состояния финансовых рынков и другой полезной информации



Рис. 6. Телефон фирмы FOMA (Япония), благодаря которому пользователь не только слышит, но и видит абонента

палмах были простые ЖК-экраны на основе супертвист-эффекта с сине-фиолетовыми символами на желто-зеленом фоне, но сейчас это уже цветные, правда, не полноцветные, дисплеи с высоким разрешением, приближающимся к VGA.

Еще большее распространение могут найти карманные компьютеры (Handheld personal computers, буквально «ЭВМ, помещающаяся в руке», рисунок 4), которые могут использоваться в качестве телефонной книжки, калькулятора для планирования домашнего бюджета, дорожного атласа (Computer Weekly, №25, 16.07.1998). Такие устройства служат работникам различных профессий, которым приходится много перемещаться и постоянно вести записи: работникам правоохранительных органов, коммунальных служб и других государственных и частных структур. Эти компьютеры имеют довольно большую память (от 8 до 32 Мб), их можно подключать к настольным ПК, локальным сетям, Интернету, видеопроекторному оборудованию, сотовым телефонам, цифровым те-



Рис. 5. Сканирующая авторучка C-Pen 600MX

ле- и фотокамерам. Большинство моделей карманных компьютеров недорого благодаря использованию супертвист-эффекта в ЖКД. На их основе в мире внедряется концепция Information Appliances – бытовых информационных приборов, продвигаемая сейчас компаниями Novatel Wireless, Philips.

Среди профессиональных приборов, не мыслимых без ЖКД, следует сказать также о таком устройстве, как сканирующая авторучка C-Pen 600MX, которая позволяет сканировать текстовую информацию с одновременным отображением трех строк, вводить информацию в компьютер, переводить текст, обмениваться информацией с другими устройствами с ИК-портом, например с карманными компьютерами (рисунок 5). Официальный дистрибьютор мини-сканера – «Галактик Компьютерс».

Другим серьезным конкурентом ноутбукам становятся мобильные телефоны благодаря развитию микропроцессорной техники и все возрастающему увеличению разрешения ЖКД. Например, абонентские терминалы (АТ) представляют собой мобильные телефоны со спутниковой связью, в корпуса которых встроены жидкокристаллические дисплеи, позволяющие формировать цветные изображения высокого разрешения. Хотя в мире наблюдается уменьшение темпов продаж АТ (в 2000 г. реальный объем продаж АТ составил 430...460 млн. штук вместо прогнозируемых 560; из них на долю Ericsson пришлось 43,3 млн. штук), по оценкам газеты «Модус» (№ 13-15, сентябрь 2001), для России АТ с поддержкой GRPS позволят решить проблемы региональных потребителей, где пока плохо развиты новые инфокоммуникацион-

ные инфраструктуры, а главным образом, проблемы навигации и беспроводного Интернета с сохранением функций мобильного телефона. Сегодняшняя цена АТ с поддержкой GRPS составляет \$200 – \$230, но весьма скоро она может понизиться до \$120 – \$140. На российском рынке основными моделями мультимедиа-телефонов являются Nokia 7650 (Финляндия), Ericsson T68 (Швеция), FOMA (Япония, рисунок 6), Motorola V70 (США).

С 2002 г. абонентам сетей GSM будет доступно мобильное телевидение («Коммерсант», №227, 13.12.2001). Новый формат сообщений – Multimedia Messaging Service (MMS) поддерживает передачу не только текста, но и звуковых, и видеофайлов.

Кроме АТ, быстро развивается технология беспроводной связи электронной аппаратуры как дома, так и на рабочем месте (Bluetooth). При этом микросхемы с функциями управления аппаратурой можно встроить в сотовый телефон.

Web-телефоны с ЖК-экраном продают в России компании Navitel Communications, Cidco, Nokia. Например, телефоны Cidco с сенсорным ЖКД до 6 дюймов (15 см) по диагонали и VGA-разрешением модели TouchPhone позволяют разговаривать с другим абонентом и получать сообщения электронной почты, а также содержат ряд стандартных программ – адресный справочник, календарь, будильник, калькулятор. Его цена около 2000 долларов. В четыре раза дешевле модель Web Video Phone (Samsung).

В наиболее распространенных на рынке моделях мобильных телефонов и пейджеров используются индикаторы на основе супертвист-эффекта с белой или голубой подсветкой. При этом стоит отметить, что в



Рис. 7. Промышленные сканеры-эндоскопы

российских разработках по улучшению эргономических характеристик дисплеев любого типа либо предлагается голубая подсветка, расположенная по периметру дисплея и позволяющая глазу адаптироваться к фону различной интенсивности (ВНИИ физической культуры и спорта), либо, наоборот, предлагается уменьшить синюю составляющую изображения из-за ее раздражающего действия на глаза (Институт глазных болезней им. Гельмгольца и компания «Лорнет-М», Москва).

Проблема определения местоположения и направления движения актуальна не только для автомобилистов, но и пешеходов. Как на мировом, так и российском рынках наиболее известными являются изделия компаний Motorola и Benefon. Первый представляет собой карманный клавиатурный компьютер с функциями и возможностями классического компьютера. Активный размер его информационного экрана составляет 45 × 28 мм. На экране навигационного телефона Benefon, имеющего 160 × 120 пикселей, может отображаться до 20 строк текста или местоположение абонента на карте с достаточно высоким разрешением.

В настоящее время предложено множество малогабаритных многофункциональных компьютеров с встроенным ЖК-экраном, устанавливаемым на приборной доске автомобиля. Они обеспечивают навигацию, управление узлами автомобиля через систему электронных датчиков, климат в машине, телефонную и электронную связь, включая Интернет. Компания Visteon – отделение Ford – предложила один из примеров такой системы под названием ICES (Information, Communication, Entertainment, Safety & Security System – система информации, связи, развлечений, надежности и безопасности). В приборной доске встроен 5,8" ЖКД с раз-

решением VGA или QVGA (1/4VGA). Другим примером навигационных систем с отображением местоположения на цветном экране ЖКД является «Навигатор-И», осуществляющая круглосуточный мониторинг и управление автомобилем и комплектуемая GPS-приемником. А система Sat200 с GPS- и GSM-датчиками показывает положение автомобиля на экране сотового телефона.

Цветные ЖК-мониторы в автомобилях для навигации, а также для видеопроигрывателей с размещением в спинке кресла, размером от 5,6 до 6,8 дюймов устанавливают московские фирмы Alpine, Clarion.

Заговорив о ЖКД в автомобилях, нельзя не сказать о небольших ЖК-дисплеях в брелоках с сигнализацией, применяющихся в охранных системах Inspector Boomerang@2000, CENTURION Two Way Systems, Technics 2Mx2000 (Matsushita), MEGAGOLD MG 500 Two Way и др.

Значительную нишу электронных устройств с активно-матричными ЖКД с размером экрана от 2,5 до 3,5 дюймов занимают теперь в России цифровые и телевизионные камеры Canon, Sony, JVC, Panasonic, Samsung, Hitachi, Thompson, многие из которых представляют собой мини-ЭВМ с флэш-памятью от 4 до 16 Мбит.

Встроенные ЖКД входят в состав многих промышленных устройств (рисунков 7). Одним из наиболее наглядных примеров использования ЖКД с разрешением около 500 × 800 пикселей с диагональю экрана около 15 см, является видеэндоскоп серии VIDEO-PROBE XL (компания Everest VIT, эксклюзивный представитель в России и СНГ СП Industry Service). Применение ПЗС-камеры высокого разрешения, специальной лампы и длинных зондов позволяет обнаруживать и визуализировать дефекты в труднодоступных узлах различных машин. Встроенная система архивирования изображений эндоскопа позволяет хранить до 450 изображений во внутренней флэш-памяти и вызывать их на ЖК-монитор.

### ОРГАНИЗАЦИИ, ЗАНИМАЮЩИЕСЯ ПРОИЗВОДСТВОМ И ПРОДАЖЕЙ ЖКД

ЖКД является лишь частью любого изделия, в котором оно используется, поэтому в этом разделе мы будем говорить только об организациях, имеющих дело лишь с производством или распространением этого типа индикаторов.

В СССР работы по производству ЖК-индикаторов начались в 1971 г., почти сразу же после появления первых патентов и публикаций, в которых была доказана возможность модуляции света ячейками с помощью небольшого управляющего напряжения. В начале 1990-х

годов в стране выпускалось 13 млн. ЖК-индикаторов различного назначения с мультиплексностью до 200 строк. Сейчас это производство во всем СНГ снизилось почти на два порядка. Еще в 1994 г. в СНГ было несколько организаций, разрабатывавших ЖК-матрицы с активной адресацией на основе тонкопленочных транзисторов и диодов, причем среднее отставание по характеристикам, например, размеру, составляло семь лет. Сейчас у нас производятся только дисплеи с пассивным управлением.

Информация об игроках на этом сегменте рынка приведена в статьях данного спецвыпуска журнала, написанных специалистами различных организаций, и в таблицах. Тем не менее кратко обрисует общую ситуацию.

В России основным производителем ЖКД является НИИ знаковсинтезирующих устройств «Волга», обеспечивающий 40% всего отечественного производства. В номенклатуре института – несколько десятков типов индикаторов различных типоразмеров и световые затворы для масок сварщика и для стереовидения. В последние годы в НИИ «Волга» разработан новый тип телевизионного ЖК-экрана на основе электрооптического эффекта «быстрая супертвист-мода».

НИИ «Платан» разрабатывает и производит ЖКД на основе твист- и супертвист-эффектов для различных потребителей. В институте предполагалось установить производственную линию для ТПТ-ЖКД на основе аморфного кремния, однако эта работа не была доведена до конца. Особенностью ЖКД, производимых в НИИ «Платан», является необходимость дальнейшего установления на изделиях контроллеров для адаптации параметров драйверов (управляющих микросхем) и сигналов приборов, в которых устанавливаются ЖКД. Обычно эта работа делается московским ООО «Дисплей».

В Беларуси после распада СССР в 1990-е годы реализована государственная программа «Жидкие кристаллы», в рамках которой, помимо ряда интересных фундаментальных исследований, были поддержаны организации, инициировавшие производство ЖКД различной мультиплексности. Благодаря программе были отработаны многие технологические операции, разработаны материалы и оборудование. Сейчас в стране имеется несколько государственных организаций и частных фирм, в которых производятся индикаторы для потребностей белорусских и российских предприятий. Основные производственные мощности сосредоточены на заводе «Электроника», СКБ «Немига», АО «Дисплей» (Минск), АО «Протон-Запад». Витебское КБ «Дисплей» на основе белорусских и зарубежных ЖКД



производит мониторы, главным образом, для специальных применений.

На Украине имелось хорошо развитое производство с широкой номенклатурой на заводе в г. Ровно и КБ «Гелий», г. Винница. Сейчас, в связи с практически полным отсутствием заказов производство стоит на очень низком уровне. Следует отметить оригинальные разработки индикаторов с оптической памятью и типа «бегущая строка» на основе эффектов «переход-холестерик-нематик» и «управляемое селективное отражение света» в холестерических ЖК, сделанные в Институте физики полупроводников национальной академии наук Украины. Непосредственно с производством ЖК-экранов связана другая разработка этого института – установка контроля параметров ЖКД. В режиме реального времени эта установка позволяет определить яркостные, контрастные, угловые характеристики как изделия в целом, так и отдельных его участков, вплоть до одного пикселя. Установка была приобретена рядом предприятий СНГ, Южной Кореи, Индии.

В производимых на территории СНГ ЖКД используются жидкокристаллические материалы, разработанные как в НИИ органических полупродуктов и красителей, г. Долгопрудный Московской обл., НИИ прикладных физических проблем, г. Минск, так и закупленные за рубежом, в основном, в немецкой компании E. Merck, г. Дармштадт. Для планарной ориентации ЖК применяются полимерные производные полиимида МП «Белполиимид», г. Минск, НИИ «Полимер», г. Москва. Для вертикальной (гомеотропной) ориентации ЖК в Государственном научном центре химии и технологии элементоорганических соединений разработаны и испытаны некоторые кремнийорганические соединения. Следует отметить, что специалистами России и Украины (В.М. Козенковым, В.Г. Чигриновым, Ю.А. Резниковым и др.) был изобретен и запатентован совместно с швейцарской компанией «Хоффманн-Ла-Рош» (теперь группа ROLIC) новый метод фо-

тоориентации ЖК путем облучения подложки с фотополимером поляризованным пучком УФ-света. Этот метод нашел довольно широкое применение в мире, хотя в самой России он не используется.

В производстве ЖКД сейчас в России применяется в основном импортное (бельгийское) стекло, в Беларуси также используется стекло заводов г. Гомель и г. Лида. В то же время стекло хорошего качества предлагает Обнинское НПП «Технология» Калужской области.

Для производимых в России и СНГ ЖКД, в основном, используются японские поляризаторы и компенсирующие пленки. Однако значительная часть потребности в поляризаторах для белорусских производителей удовлетворяется Институтом физической и органической химии НАНБ, Минск, где среди многих разновидностей разработана поляроидная пленка, которая, в зависимости от условий освещения, позволяет ЖКД работать в режиме как на пропускание, так и на отражение (так называемая трансфлексивная пленка).

Стоит также отметить российский приоритет в изобретении так называемых 100% поляризаторов на основе эффектов селективного отражения и циркулярного дихроизма в холестерических ЖК (запатентовано совместно с швейцарской компанией «Хоффманн-Ла-Рош»). Такие поляризаторы могут использоваться в отражательных ЖКД. Они позволяют конвертировать (преобразовать) практически весь проходящий через слой ХЖК свет в циркулярно поляризованный с одним направлением вращения вектора поляризации электромагнитной волны. Правда, основной разработчик таких поляризаторов С.В. Беляев работает сейчас в Южной Корее в компании LG.

Другим примером разработки уникального поляризатора, продвигаемой сейчас за границы, является так называемый внутренний поляризатор на основе лиотропных жидких кристаллов, наносимый, в отличие от обычных ЖКИ, с внутренней, а не внешней стороны ячейки. Тот же самый дихроизм, что и

у обычных поляроидов, достигается при толщине пленки порядка 50...100 нм, благодаря чему не происходит увеличения управляющего напряжения. В конце 1980-х годов на разработку были получены авторские свидетельства на изобретения сотрудниками зеленогоградского НИИ физических про-

блем (В.А. Быковым, Ю.А. Бобровым и др.). Однако международное признание разработка получила лишь после того, как уехавший в США П.В. Лазарев основал в Южном Сан-Франциско компанию Optiva и доказал возможность использования этой технологии для ЖКД с низкой мультиплексностью и для ряда декоративных применений.

Для изменения пропускания слоя ЖК применяются управляющие микросхемы (драйверы), которые сейчас, в основном, поступают из-за рубежа, хотя еще десяток лет назад были популярными ИС производства НПО «Интеграл» (г. Минск) серии «Делегат». Тем не менее, в России разрабатываются новые методы адресации пассивно управляемых ЖКД, которые по сравнению с предложенными ранее методами многострочной адресации типа «Шарп» или «Хитачи» позволяют улучшить контраст изображения и подавить паразитные составляющие управляющего сигнала. Такой метод запатентован В.А. Володиным (РусПЭ, НПО «Пульсар», Москва).

Для подсветки ЖКД в СССР и России использовались специальные лампы, разработанные в КБ «МЭЛЗ». Сейчас для уменьшения толщины индикатора применяется либо электролюминесцентная пластина, либо световодная пластина, в которую заводятся пучок света, излучаемый светодиодами. Различные варианты такой подсветки предложены в Институте электроники национальной академии наук Беларуси, г. Минск (см. обзор Ю.В. Трофимова в этом номере журнала).

Из дистрибьюторских компаний, работающих в России и СНГ по поставке ЖКД, следует отметить «Микроприбор» (Hitachi, NEC, Samsung Electronics, Sharp, Siemens, S untai, LG Semicon, Display Elektronik GmbH и др.), «Прософт» (Octagon Systems, Industrial Electronic Engineers Inc., Planar, хотя последняя компания из США больше известна своими ЭЛД), «Интеркомплект» (NEC), Russian Style (Hitachi, Scott) и ряд других. Значительную долю на российском рынке занимают изделия тайваньских компаний Varitronix («Микроприбор»), Winstar Display (SEA Company, «Электромир», MTComputers Group), Wintek («Симметрон»), Salomon («Микро-М»), Grand Pacific Optoelectronic Corp., Powertip Technology Corporation (в скобках указаны фирмы-дистрибьюторы в России). Для продвижения на российский рынок некоторые тайваньские компании, например Salomon, даже устанавливают в контроллеры ЖКД шрифт кириллицы.

В России разрабатываются и производятся также интересные конструкции световых затворов и дисплеев специального назначения, о чем вы можете прочитать в других статьях нашего журнала.

**ШИРОКИЙ АССОРТИМЕНТ  
ВСЕГДА НА СКЛАДЕ**

- ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ ИНДИКАТОРЫ
  - знаковосинтезирующие
  - графические
- СВЕТОДИОДЫ
- СЕГМЕНТНЫЕ ИНДИКАТОРЫ



**Универсал-Сервис**  
 Электронные Компоненты  
<http://www.universalservice.ru>  
 E-mail: [sales@universalservice.ru](mailto:sales@universalservice.ru)  
 Тел./факс: (8352) 55-1908, 56-6303  
 Правильные решения для правильных людей