

РЫНОК ПЛОСКИХ ДИСПЛЕЕВ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

С.Иванов

Около 20 лет назад цветные дисплеи вытеснили в нишевые применения своих черно-белых собратьев. Сегодня все возвращается на круги своя – плоские дисплеи продолжают вытеснять дисплеи на электронно-лучевых трубках (ЭЛТ). Внутри группировки плоских дисплеев наиболее активно развиваются жидкокристаллические дисплеи (ЖКД) и дисплеи на органических светодиодах (ОСИД). И если в среднесрочной перспективе господство ЖКД безусловно, то после 2013–2015 годов конкуренция со стороны ОСИД-дисплеев станет весьма острой. Причем в секторе малоразмерных дисплеев это происходит уже сейчас. Кроме того, существует ряд перспективных технологий, позволяющих в ближайшее время создать дисплеи, превосходящие с точки зрения функциональных характеристик и себестоимости дисплеи на ОСИД. То есть уже сейчас закладывается конкуренция между ОСИД-дисплеями и приборами следующего поколения. При этом не стоит забывать, что среди плоских дисплеев наибольшими темпами развития обладают гибкие дисплеи.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЫНКА

По данным фирмы iSuppli (середина 2007 года), за период 2006–2010 годов ожидается снижение мирового объема продаж дисплеев на ЭЛТ, плазменных дисплеев и ЖКД на тонкопленочных транзисторах (ТПТ, TFT) с пассивной матрицей (ПМ) (табл.1). Основной прирост продаж будет достигнут за счет ЖКД с активной матрицей (АМ) и дисплеев на ОСИД. Кроме того, значительный потенциал роста демонстрируют гибкие плоские дисплеи [1].

По данным маркетинговой фирмы DisplaySearch, в 2006–2007 годы мировой объем продаж ЖКД вырос с 55,1 млн. до более чем 85 млн. шт., а плазменных панелей – с 10,7 млн. до 17 млн. шт. Причем дисплеи с диагональю более метра остаются единственной нишей для плазменных панелей – за счет того, что в данном сегменте они по качеству, надежности и цене зачастую не уступают ЖКД. При этом объем продаж крупноформатных ЖКД (с диагональю не менее 40 дюймов) превысил объем продаж крупноформатных плазменных панелей примерно на 21 млн. шт. Причем на долю крупноформатных панелей и ЖКД для ноутбуков компаний AU Optronics и Quanta Displays приходится 21,4% и 27,6% соответственно, а на долю таких же панелей и дисплеев компании LG.Philips LCD – 17,6% и 21,3%.

По данным iSuppli, с первой половины 2006 года наблюдался экономический спад в промышленности, занятой про-

Таблица 1. Мировой рынок дисплеев в 2005–2007 и прогноз на 2008–2010 годы (млн. долл.)

| Технология | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 прогноз | 2009 прогноз | 2010 прогноз | Среднегодовые темпы роста за 2006–2010 годы, % |
|-------------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--|
| На ЭЛТ | 13533 | 12121 | 10221 | 8293 | 6633 | 5204 | -19,1 |
| Плоские дисплеи, в том числе: | 76232 | 86756 | 101823 | 106858 | 112585 | 116890 | 7,7 |
| ЖКД (все), в т.ч.: | 64586 | 72982 | 86642 | 94176 | 100317 | 104125 | 9,3 |
| - ЖКД с АМ | 58584 | 68103 | 82542 | 90885 | 97268 | 101316 | 10,4 |
| - ЖКД с ПМ | 6003 | 4879 | 4099 | 3291 | 3049 | 2809 | -12,9 |
| Плазменные | 9705 | 11574 | 12612 | 9815 | 9045 | 9045 | -6,0 |
| На ОСИД | 520 | 743 | 1088 | 1425 | 1751 | 2219 | 31,4 |
| Другие плоские дисплеи | 1420 | 1457 | 1481 | 1441 | 1471 | 1501 | 0,7 |
| Прочие дисплеи и панели | 4079 | 4601 | 4768 | 4601 | 4291 | 3915 | -4,0 |
| ВСЕГО | 93844 | 103478 | 116812 | 119752 | 123509 | 126009 | 5,0 |



изводством крупноформатных ЖК-панелей для телевизоров. Это было вызвано меньшим, по сравнению с ожидавшимся, спросом. Из-за этого большинство производителей ЖК-панелей (за исключением Samsung Electronics и Sharp) сократили в 2006–2007 годах капиталовложения в новые предприятия. Все крупные производители в данной области изменили стратегию, поставив на первое место потребности покупателя, а не стимулирование спроса. Благодаря этому в 2008 году можно ожидать экономический подъем в данной области [2].

Так, по прогнозу группы The Information Network, в 2008 году ожидается резкий рост мирового рынка технологичес-

Таблица 2. Прогноз доли различных технологий на мировом рынке дисплеев, %

| Технология | 2005 | 2010 прогноз |
|--------------------------|------------|--------------|
| На ЭЛТ | 14,4 | 4,1 |
| Плоские дисплеи, в т.ч.: | 81,2 | 92,8 |
| ЖКД (все), в т.ч.: | 68,8 | 82,6 |
| - ЖКД с АМ | 62,4 | 80,4 |
| - ЖКД с ПМ | 6,4 | 2,2 |
| Плазменные | 10,3 | 7,2 |
| На ОСИД | 0,5 | 1,7 |
| Другие плоские дисплеи | 1,5 | 1,2 |
| Прочие дисплеи и панели | 4,4 | 3,1 |
| ВСЕГО | 100 | 100 |

Таблица 3. Продажи плоских дисплеев различного типа по конечному применению в натуральном выражении в первом квартале 2008 года и прогноз на период до 2015 года

| Применение (конечная система) | Продажи в 1 кв. 2008 г., тыс. шт. | Прирост, %, в 1 кв. 2008 к: | | Прогноз темпов прироста за период 2007–2015 годов, % |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------|--|
| | | 4 кв. 2007 г. | 1 кв. 2007 г. | |
| ОСИД ТВ | 5 | 58 | н/д | 167 |
| Ультратонкие ЖК | 1129 | 135 | 2409 | 74 |
| Цифровые фото-рамки на ЖКД | 6560 | 21 | 646 | 32 |
| ЖКД для общественных мест | 354 | 2 | 36 | 26 |
| Ноутбуки | 32998 | 2 | 44 | 17 |
| ЖК-ТВ | 27865 | -10 | 78 | 12 |
| Промышленные системы | 5812 | -13 | 37 | 10 |
| Автомобильные мониторы | 4608 | 0 | 24 | 9 |
| Портативные навигационные приборы | 12540 | -5 | 181 | 9 |
| Портативные медиаплееры | 11498 | -59 | -12 | 9 |
| Плоские дисплеи, всего | 881705 | -12 | 15 | 5 |

кого оборудования для изготовления матриц ЖКД на ТПТ с АМ (на 20%) после спада 2007 года (на 36,5%). Всего в 2006–2007 годах этот рынок сократился на 50%. Ожидаемый рост рынка связан с вводом в строй в Тайване предприятий поколения 8,5 в Каосиюнге (компания СМО) и в Тайчунге (компания АУО). В 2008 году сектор литографического оборудования для ЖКД восстановится до прежнего уровня (вырастет на 56% после спада на 48% в 2007 году). По утверждениям The Information Network, перепроизводство технологического оборудования для ЖКД с АМ в 2006 и 2007 годах перейдет в дефицит поставок во второй половине 2008 года, так как в этот период спрос превысит предложение на 6,5%. Поставки оборудования для крупноформатных панелей вырастут на 19% (в дополнение к росту на 34% в 2007 году). Что касается роста занимаемых оборудованием площадей, в 2008 году они достигнут 67 млн. м² (на 28,5% больше, чем в 2007 году) [3].

Отмечается, что если по объему продаж в стоимостном выражении ЖКД обогнали ЭЛТ-дисплеи еще в 2003 году, то превосходство по продажам в натуральном выражении было достигнуто только в 2007 году. Дисплеи на ОСИД занимают пока малую долю рынка (табл.2), но отличаются наибольшими темпами роста продаж (табл.1) [1].

По данным фирмы DisplaySearch, в 2007–2015 годы наибольшие среднегодовые темпы прироста продаж проде-

Таблица 5. Структура отгрузок ЖК-мониторов 1 квартале 2008 года по размеру, разрешению и формату кадра

| Место | Размер, дюймы | Разрешение | Формат кадра | Доля, % |
|-------|---------------|------------|--------------|---------|
| 1 | 19 | 1440×900 | 16:10 | 27,0 |
| 2 | 17 | 1280×1024 | 5:4 | 23,3 |
| 3 | 19 | 1280×1024 | 5:4 | 14,5 |
| 4 | 22 | 1680×1050 | 16:10 | 12,3 |
| 5 | 17 | 1440×900 | 16:10 | 5,9 |
| 6 | 20 | 1680×1050 | 16:10 | 5,6 |
| 7 | 15 | 1024×768 | 4:3 | 4,4 |
| 8 | 24 | 1920×1200 | 16:10 | 2,0 |
| 9 | 20,1 | 1600×1200 | 4:3 | 1,1 |
| 10 | 17 | 1280×720 | 16:9 | 0,9 |

монстрируют ОСИД-дисплеи для телевизоров (табл.3). За ними, с существенным отрывом от других конечных применений по темпам роста будут находиться ультрабюджетные ПК – дешевые компьютеры ценой около 100 долл. и менее, активно продвигаемые ведущими изготовителями на рынки развивающихся стран с огромной численностью населения, но малой покупательной способностью. На третьем месте идут цифровые фоторамки, способные хранить различное число изображений и менять их либо по программе, либо непосредственно пользователем [4].

В натуральном выражении, в первом квартале 2008 года на мобильные телефоны пришлось 45,8% отгрузок всех плоских панелей. На настольные ПК и ноутбуки разных типов пришлось 9,1% отгрузок, а на ЖК- и плазменные телевизоры – 3,5%. С точки зрения технологий, ЖКД на ТПТ составили 88,6% отгрузок, плазменные панели – 9,4%, а ОСИД – 0,1% [4].

ЖКД: ПИК УЖЕ БЛИЗКО – ЧТО ДАЛЬШЕ?

По данным DisplaySearch, в первом квартале 2008 года продажи крупноформатных ЖК-панелей (более 10 дюймов) в

Таблица 6. Рейтинг ведущих поставщиков ЖК-мониторов по итогам 1 квартала 2008 года

| Место | Фирма | Объем отгрузок, млн. шт. | Прирост (%) в 1 кв. 2008 г. к: | |
|-------|-----------------|--------------------------|--------------------------------|---------------|
| | | | 4 кв. 2007 г. | 1 кв. 2007 г. |
| 1 | Samsung | 6,3 | 4 | 21 |
| 2 | Dell | 6,1 | -1 | 9 |
| 3 | Hewlett-Packard | 4,5 | -13 | 18 |
| 4 | LG Electronics | 4,1 | 0 | 29 |
| 5 | Acer | 3,5 | 15 | 13 |
| 6 | Lenovo | 1,9 | -19 | 17 |
| 7 | AOC | 1,8 | 51 | 72 |
| 8 | ViewSonic | 1,7 | -7 | -15 |
| 9 | BenQ | 1,2 | 12 | 2 |
| 10 | Philips | 1,1 | 0 | -10 |

* Не включая торговые марки Gateway или eMachines

стоимостном выражении составили 20,9 млрд. долл., что на 61% больше показателей 1 квартала 2007 года (но на 9% меньше показателей предыдущего квартала) (табл.4). ЖКД с разрешением 1920×1080 пикселей (Full HD) составляют 64% всех ЖКД для телевизоров с диагональю 40 дюймов и более. Кроме того, подобные модели начинают активно осваивать рынок ЖК-телевизоров с диагональю 32 дюйма. В целом же доля Full HD в отгрузках ЖКД для телевизоров составляет 24%. В области ЖКД для ноутбуков 53% продаж составляют мониторы с диагональю 15,4 дюйма, 24% – 14,1-дюймовые мониторы.

Часть ЖК-панелей, изначально предназначенных для ЖК-мониторов (с диагональю 19–22 дюйма), оказались востребованными в сегменте ЖК-телевизоров (3 и 2,8 млн. шт. в 4 кв. 2007 года и в 1 кв. 2008 года, соответственно). Спад в первом квартале по сравнению с предыдущим – типичная картина, обусловленная сезонными колебаниями после рождественских каникул (табл.5, 6) [5].

По продажам ЖКД на ТПТ различного назначения в денежном выражении лидирует Samsung (23,6% рынка), за ним следуют компании LG Display (19,5%) и AU Optronics (AUO) (19,2%). Далее – компании Chi-Mei Optoelectronics (CMO) (13,5%) и Sharp (7,7%). Эти пять гигантов контролируют 83,6% мирового рынка ЖКД. В натуральном выражении картина несколько иная – впереди Samsung (22,9 млн. ЖКД, 20,5% рынка), за ним – AUO (22,3 млн. шт., 20%), LG Display (22,1 млн. шт., 19,8%), CMO (15,7 млн. шт., 14%) и Chunghwa Picture Tubes (CPT) (6,2%).

В области производства настольных ЖК-мониторов фирма Samsung опередила корпорацию Dell в качестве ведущего поставщика ЖКД в натуральном выражении (табл.6). При этом настольные мониторы для ПК являются крупнейшим рынком для крупноформатных ЖКД, превосходя в 1,8 раза поставки этих приборов для телевизоров.

В сфере панелей для ЖКД лидируют компании CMO (8,46 млн. шт. в 1 квартале 2008 года), в сфере ЖКД для ноутбуков – компания LG Display (9,96 млн. шт.), в области ЖК-панелей для телевизоров – AUO (5,6 млн. шт.). Причем AUO произвела и больше всех ЖКД для других применений (1,2 млн.шт.). Примечательно, что на второй строке рейтинга во всех этих применениях – компания Samsung [2].

Одним из значимых параметров для ЖКД становится энергопотребление. Компания AU Optronics выступила с инициативой "зеленые решения". Она уже выпускает ЖК-телевизоры с малой потребляемой энергией за счет оптимизации задней подсветки. Последняя 46-дюймовая модель ЖК-панели для телевизора потребляет на 50% меньшую мощность при сохранении яркости в 500 кд/м² и контрастности 5000:1.

Одно из направлений работ по снижению энергопотребления – применение датчиков комнатного освещения, спо-



собных автоматически снижать яркость телевизоров в темной комнате за счет уменьшения мощности задней подсветки. Это может привести к снижению потребляемой мощности не менее чем на 30%.

Компания 3M продемонстрировала 60-Вт 32-дюймовый ЖК-телевизор и 20-Вт монитор Lenovo с диагональю 19 дюймов, использующий только две люминесцентные лампы с холодным катодом, оптимизированные повышающими яркость пленками Vikuiti [6].

РЫНОК ЖК-ТЕЛЕВИЗОРОВ

По данным компании DisplaySearch, в 2007 году рынок телевизоров в натуральном выражении достиг 200 млн. шт., а в стоимостном – впервые превысил 100 млрд. долл. Причем в третьем и четвертом кварталах 2007 года объем продаж телевизоров в мире в натуральном выражении вырос на 21%, а в стоимостном – на 26% (до 32,9 млрд. долл.). За год мировой объем продаж в натуральном выражении вырос на 5%, а в стоимостном – на 10% [7].

В 2007 году мировой рынок ЖК-телевизоров в натуральном выражении достиг 79,3 млн. шт. (на 73% больше, чем в 2006 году), а в стоимостном – 68 млрд. долл. (на 40% больше, чем в 2006 г.). В четвертом квартале 2007 года объем продаж ЖК-телевизоров в натуральном выражении впервые превысил объем продаж традиционных телевизоров на ЭЛТ. В четвертом квартале 2007 года рынок ЖК-телевизоров в натуральном выражении вырос на 56% по сравнению с четвертым кварталом 2006 года, превысив 28,5 млн. шт., а в стоимостном – на 34% (до 22,8 млрд. долл.) [8].

Средний размер экрана ЖК-телевизора в четвертом квартале 2007 года впервые превысил 32 дюйма, при этом в 2007 году на долю телевизоров с диагональю не менее 40 дюймов пришлось 25% всех проданных телевизоров и 44% от объема продаж в стоимостном выражении (против 17% и 33%, соответственно, в 2006 году). Сегодня по числу проданных ЖК-телевизоров лидирует Samsung, однако компания Sony обошла эту корпорацию по объему продаж в стоимостном выражении (19,5% мирового рынка) [7].

По прогнозу фирмы iSuppli, за 2008–2012 годы мировой рынок ЖК-телевизоров в натуральном выражении возрастет почти в два раза (в основном за счет снижения цен и роста потребительского спроса) – с 100,1 млн. до 193,9 млн. шт. при среднегодовых темпах роста 67%. Сейчас средняя цена ЖК-телевизора с диагональю экрана 42 дюйма не превышает 1000 долл. (против не менее 2000 долл. в начале 2006 года). Причем в секторе ЖК-телевизоров высокой четкости (ТВЧ) ожидаются более высокие темпы роста, к 2012 году предсказывается продажа 104 млн. таких телевизоров (54% мирового рынка). В 2007 году на долю ЖК ТВЧ приходилось только 14% поставок. Причиной

быстрого роста продаж ТВЧ является наличие в них новейших DVD, игровых приставок и других устройств.

Наиболее крупные рынки ЖК-телевизоров сохраняются в Европе и Северной Америке (сегодня на долю Западной Европы приходится 32%, а на долю Северной Америки – 31% мирового рынка). Благодаря летним Олимпийским играм 2008 года ожидается значительный рост китайского рынка [8].

ДИСПЛЕИ НА ОСИД – БЛИСТАТЕЛЬНЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ

Дисплеи на ОСИД в основном применяются в сотовых телефонах и медиаплеерах с диагональю менее 3 дюймов. Стоимость дисплеев на ОСИД большего размера пока весьма высока и останется такой до освоения крупносерийного производства. Тем не менее, в секторе дисплеев на ОСИД в ближайшие годы произойдут серьезные подвижки. За счет лучших качеств продажи ОСИД на активных матрицах в стоимостном выражении превзойдут отгрузки ОСИД на пассивных матрицах (ПМ) уже в текущем году, а в натуральном выражении – в 2012 году (таблицы 7, 8). При этом среднегодовые темпы прироста продаж ОСИД на АМ в период 2007–2012 годов составят 96%.

В области производства ОСИД-дисплеев с активной матрицей лидируют две компании – Samsung SDI, выпускаю-

Таблица 7. Прогноз отгрузок ОСИД-дисплеев в натуральном выражении в период 2007–2012 годов по типам изделий

| Тип дисплеев | Объем отгрузок, млн. шт. | | | | | |
|---------------------------|--------------------------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
| ОСИД на АМ | 3513 | 16919 | 36988 | 65457 | 85931 | 118555 |
| ОСИД на ПМ | 72589 | 84314 | 88252 | 94865 | 101088 | 108563 |
| Прирост,%, по ОСИД на АМ* | 1071 | 382 | 119 | 77 | 31 | 38 |
| Прирост,%, по ОСИД на ПМ* | 1 | 16 | 5 | 7 | 7 | 7 |

* по сравнению с предыдущим годом

Таблица 8. Прогноз отгрузок ОСИД-дисплеев в стоимостном выражении в период 2007–2012 годов по типам изделий

| Тип дисплеев | Объем продаж, млн. долл. | | | | | |
|---------------------------|--------------------------|------|------|------|------|------|
| | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
| ОСИД на АМ | 93 | 422 | 1115 | 1909 | 2219 | 2719 |
| ОСИД на ПМ | 395 | 405 | 394 | 393 | 392 | 396 |
| Прирост,%, по ОСИД на АМ* | 517 | 354 | 164 | 71 | 16 | 23 |
| Прирост,%, по ОСИД на ПМ* | -12 | 2 | -3 | 0 | 0 | 1 |

* По сравнению с предыдущим годом

щий дисплеи для мобильных телефонов, и Sony, стремящаяся к освоению массового производства телевизоров на ОСИД. Компания Samsung SDI уже освоила массовое производство пяти мобильных телефонов с дисплеями на ОСИД на активных матрицах; кроме того, компания Nokia выпустила на рынок телефон с дисплеем Samsung.

Лидирующее положение на этом рынке займет компания Samsung SDI (70% всего рынка), являющаяся единственным производителем дисплеев на ОСИД на активных матрицах для мобильных телефонов (тайваньский филиал SMEL компании Ci Mei Optoelectronics также производит такие дисплеи, однако еще не освоено производство конечных продуктов на их основе) [9].

Компания Samsung SDI намерена объявить о планируемом производстве первого в мире дисплея на ОСИД с активной матричной адресацией WVGA-формата (480×800 пикселей) с диагональю 3 дюйма (7,6 см). До сих пор дисплеи на ОСИД для портативных компьютеров и мобильных устройств производились только с форматом не более QVGA (240×320 пикселей). В дисплее используется технология PenTile компании Clairvoyante, позволяющая достичь WVGA-формат за счет удаления трети субэлементов изображения при сохранении такого же разрешения дисплея. Освоение опытного производства панелей запланировано на первый квартал 2008 года, а массового – на третий квартал 2008 года [9].

Совместными усилиями компаний Samsung SDI и Bundesdruckerei (Германия) разработан паспорт, содержащий микродисплей на АМ ОСИД для визуализации паспорт-

ной информации с возможностью отображения движущихся изображений. К такому микродисплею предъявляются более высокие требования. В частности, он должен допускать ламинацию всех страниц паспорта, в том числе – страницы с дисплеем. Кроме того, он должен быть весьма тонким и гибким. Поэтому был создан дисплей толщиной 300 мкм (общая толщина страницы с дисплеем и защитным слоем – порядка 700 мкм). Микродисплей был представлен на выставке общества SID-2008 в Лос-Анджелесе [10].

В области микродисплеев компания eMargin продемонстрировала микродисплей SVGA+Rev3 на ОСИД, являющийся, по утверждению разработчиков, наиболее энергетически эффективным ОСИД-решением для персонального просмотрового устройства в непосредственной близости от глаз. Дисплей потребляет менее 115 мВт в монохромном режиме (для тепловидения) и менее 175 мВт при яркости 400 кд/м² в режиме цветного воспроизведения видеоизображений. В дисплее используются все функциональные и конструкционные характеристики ранее разработанных компаний eMargin дисплеев на ОСИД SGVA-формата, которые благодаря высокому быстродействию при температурах до -40°С на практике подтвердили свою эффективность для использования в военных системах.

Кроме того, новый микродисплей демонстрирует наиболее оптимальное сочетание высокого разрешения и малой потребляемой мощности. Цветной микродисплей следующего поколения, ожидаемый в третьем квартале 2008 года, обеспечивает обработку аналоговых и цифровых сигналов при компактном корпусе (диагональ активной области 1,96 см) и потребляемой мощности менее 200 мВт. Яркость микродисплея – 400 кд/м². К преимуществам такого дисплея относятся повышенная однородность элементов изображения, расширенная цветовая гамма, наличие внутрикристалльного датчика температуры, а также совместимость как с аналоговыми RGB, так и цифровыми видеосигналами. По утверждению разработчиков, такой микродисплей на основе технологии "ОСИД-на-кремнии" станет экономически доступным легкоинтегрируемым решением для большого числа систем формирования виртуального изображения.

Перспективный рынок для дисплеев на ОСИД – рынок телевизоров. Телевизоры на ОСИД претендуют на собственное место на мировом рынке плоских телевизоров (объем продаж 82 млрд. долл.), где лидирующее положение занимают ЖК- и плазменные телевизоры. Однако пока этому препятствует ряд технических проблем, таких как стоимость, максимальный размер экрана, срок службы и др. [11].

В частности, на выставке SID-2008 демонстрировались крупнейшие в мире ОСИД-дисплеи. Так, компания Samsung представила ОСИД-дисплей с диагональю экрана 14 дюймов и разрешением 1920×1080 пикселей, а также опытный ноутбук с таким дисплеем. Однако, по мнению представите-



лей компании, выпуск коммерческих ноутбуков с экраном на ОСИД ожидается не ранее конца 2009 года. Компания Sony также продемонстрировала крупноформатные дисплеи на ОСИД, а также телевизор с ОСИД-экраном с диагональю 11 дюймов XEL-1 стоимостью более 1700 долл. Компания Sony планирует ежемесячно производить 2000 таких телевизоров (против 10 млн. ЖК-телевизоров). Ряд фирм также занимается разработкой крупноформатных дисплеев на ОСИД, однако до сих пор им не удалось освоить эту технологию в производстве. ОСИД-технологию пока невозможно реализовать даже для выпуска сверхмобильных ПК с экранами порядка 7 дюймов. По утверждению представителей Sony, телевизор XEL-1 потребляет на 60% меньшую мощность, чем аналогичные ЖК- и плазменные телевизоры.

Причина высокой стоимости ОСИД-мониторов – несовершенство технологии. До сих пор нет масштабируемой технологии формирования их структуры, невысок выход годных. Кроме того, срок службы телевизора Sony на ОСИД составляет 30 тыс. часов – примерно вдвое меньше, чем у ЖК-телевизоров той же фирмы.

Тем не менее, это направление в ближайшие годы будет интенсивно развиваться. Основными преимуществами ноутбуков с экранами на ОСИД станут сверхмалая толщина, небольшая масса и низкая потребляемая мощность. Дейс-

твительно, основной потребитель энергии в мониторах ноутбуков – система задней подсветки, а для ОСИД-дисплеев она не нужна. По мнению разработчиков, высокая стоимость ОСИД-мониторов (не менее чем в два раза по сравнению с ЖК) будет вполне оправдана при таких преимуществах. Но это произойдет не завтра. Так, представители компании Hewlett-Packard полагают, что дисплеи на ОСИД для ноутбуков даже малых размеров (10,4–13,3 дюймов) появятся не ранее 2010 года. Создание таких ноутбуков уже присутствует в планах ряда компаний.

Кроме того, при всех достоинствах ОСИД, по мнению ряда специалистов, ЖК-дисплеи прошли лишь немногим более половины своего эволюционного пути. В частности, компания Apple выпустила на рынок ноутбук MacBook Air стоимостью 1700 долл. на основе стандартного ЖКД. Толщина ноутбука – 19 мм, а масса – 1,36 кг. Представители компании Sharp Electronics сообщили о строительстве предприятия по производству ЖКД 10 поколения, в которое уже вложено 9,1 млрд. долл. Примерно через два года оно начнет выпускать ЖК-пластины размером 112×120 дюймов, одной такой пластины достаточно для изготовления 15 40-дюймовых панелей. По мнению представителей компании Sharp Electronics, крупносерийное производство крупноформатных дисплеев на ОСИД в обозримом будущем не будет освоено [12].

MEMS- ТЕХНОЛОГИИ

Технологии микроэлектромеханических систем (МЭМС) уже достаточно давно рассматриваются как перспективные для применения в дисплеях. Однако практические результаты они только начинают демонстрировать.

Так, более 10 лет назад компания Iridigm Display анонсировала МЭМС-технология iMoD (interferometric-modulator) [13]. В 2004 году эту фирму купила корпорация Qualcomm (ведущий разработчик технологий CDMA для беспроводной связи), продолжив развитие и внедрение данной технологии в лице своей дочерней фирмы Qualcomm MEMS Technologies.

В дисплеях технологии iMoD каждый пиксел состоит из двух основных элементов – стеклянной подложки с тонкой проводящей пленкой и подвешенной под ней металлической отражающей мембраны. Между мембраной и подложкой – воздушный зазор заданной толщины. Падающий свет отражается от подложки с пленкой и от мембраны, эти два пучка интерферируют, в результате формируется световой пучок заданного цвета (как в случае бензиновой пленки на воде). Если между подложкой и мембраной приложить напряжение, мембрана притянется к подложке и свет отражаться не будет – пиксел останется черным. Объединяя в одной ячейке пиксельные элементы с разным зазором (наибольший – для красного цвета, наименьший – для синего), можно формировать полноцветный дисплей.

Важная особенность – поскольку такой пиксел бистабилен, для его удержания в заданном состоянии нужно затратить гораздо меньше энергии, чем для ее перемещения. Поэтому, будучи по сути пассивным, iMOD-дисплей по электрофизическим характеристикам подобен активной ЖК-матрице. Благодаря отсутствию цветных фильтров, активно-матричных элементов, поляризаторов, исключению обработки подложек для нанесения однородного ЖК-слоя, новые дисплеи потенциально более тонкие и технологичные, чем ЖК. Отражательная способность iMoD-дисплеев почти в два раза выше, чем у ЖКД на ТПТ. Для iMoD-дисплея требуется дополнительное освещение только в условиях низкой освещенности, затрудняющих чтение. По оценкам, их энергопотребление примерно в 1,5 раза меньше, чем у отражательных ЖКД с ПМ, в 6–7 раз меньше, чем у отражательных АМ ЖКД. Также немало-

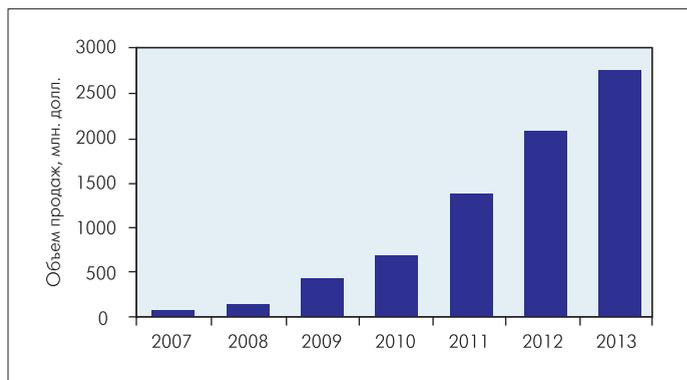
важно, что пиксел в iMoD-дисплее изменяет свое состояние за ~10 мкс (против 4 мс для STN ЖКД). Поэтому таким дисплеям не будут свойственны эффекты размытости изображения движущегося объекта.

Кроме того, к преимуществам iMoD-дисплеев относятся невосприимчивость к УФ облучению, широкий диапазон рабочих температур (от -30 до 70°C) и большой угол обзора. По многим характеристикам iMoD-дисплеи близки к электрофоретическим дисплеям, получившим уже промышленное освоение в виде дисплеев типа "электронная книга" (по считываемости при ярком солнечном освещении, малой потребляемой мощности, большому углу обзора, высокой отражательной способности). Однако электрофоретические дисплеи могут воспроизводить только два цвета, а для создания цветного дисплея потребуются сложные структуры цветных светофильтров, снижающих качество и яркость изображений. Кроме того, скорости переключения (частота смены кадров) электрофоретических дисплеев гораздо ниже, что исключает возможность их применения для воспроизведения видео- и анимационных изображений.

Компания Qualcomm MEMS Technologies на конференции SID-2008 сообщила о создании цветного дисплея Mirasol на основе технологии iMOD. Компания предлагает цветные дисплеи с диагональю 0,9, 2,1 и 3,3 дюйма. 0,9-дюймовое устройство с форматом 128×96 пикселей, потребляющее всего 9 Вт, выбрала компания Freestyle Audio для водостойких и ударопрочных MP3-плееров следующего поколения. Монохромные дисплеи Mirasol производятся на предприятии Prime View International в Тайване. Недавно объявлено о будущем сотрудничестве Qualcomm MEMS Technologies с тайваньской фирмой Cheng Uei Precision по созданию нового предприятия по производству цветных дисплеев [12].

Аналогичный дисплей, но на основе органических пластиковых материалов, разработан и в Токийском университете [14]. На стеклянной (или любой полимерной прозрачной) подложке формируется отражающий алюминиевый слой, одновременно служащий одним из электродов. Сверху на него осаждают пленку SiO₂ (310 нм), над ней – сетка воздушных полостей (~0,6 мкм толщиной, каждая ячейка – 600×600 мкм) (в качестве материала для стеки использовался фоторезист). Поверх сетки формируют второй отражающий элемент – слой полиэтиленафталята (ПЭН) толщиной 16 мкм с металлическим полупрозрачным зеркалом (алюминий, 12 нм). То есть сформирована структура интерферометра Фабри-Перо.

Когда напряжение не приложено, свет проходит со стороны подложки и выглядит как серый. Если к электродам приложено напряжение (80–120 В), верхний слой ПЭН деформируется, вплотную прижимается к слою SiO₂, и свет интерферирует только на слое SiO₂, приобретая соответствующий цвет (зеленый при толщине SiO₂ 310 нм, красный – при 370 нм и синий – при 240 нм).



Объем динамики мировых продаж гибких дисплеев



Компания планирует в 2009 году продать лицензии многим производителям ЖКД. В результате существует реальная возможность увеличения рынка дисплеев до 107 млрд. долл., а к 2010 г. – до более 128 млрд.долл.

Кроме того, компания UniPixel продемонстрировала на SID-2008 свои пленки Orcuity (ключевой компонент для партнеров по производству). Пленки предназначены для использования в качестве верхнего слоя для сенсорных экранов. На таких пленках не остаются отпечатки пальцев, они не царапаются и не образуют блики. По прогнозу исследователей компании DisplaySearch, к 2015 году рынок сенсорных экранов достигнет свыше 660 млн.шт. [12].

ТЕХНОЛОГИЯ TMOS

Компания UniPixel Displays разработала технологию на основе оптических затворов с временным мультиплексированием (time-multiplexed optical-shutter – TMOS), перспективную для создания дисплеев с большими яркостью, энергетической эффективностью и физической гибкостью, а также лучшей цветопередачей и меньшей стоимостью, чем у традиционных ОСИД, плазменных и ЖКД.

Конструктивно элемент UniPixel представляет собой стеклянную подложку и расположенный над ней с воздушным зазором гибкий слой – пленку с TFT-структурой, на-

званную Orcuity. В подложку циклически последовательно вводится красный, зеленый и синий свет. Благодаря воздушному зазору он претерпевает полное внутреннее отражение и не излучается из подложки. Если приложить напряжение к управляющему электроду одного из элементов верхнего слоя Orcuity, пленка вплотную прижимается к подложке, условия полного внутреннего отражения нарушаются и в данном месте свет излучается наружу. Интервалы смены цветов много меньше времени реакции глаза, поэтому, управляя длительностью свечения каждого из основных цветов, можно воспроизвести всю цветовую гамму.

Среди достоинств технологии разработчики называют ее технологичность и потенциально низкую себестоимость (примерно вдвое дешевле существующих ЖКД). Компания UniPixel Displays уже производит опытные образцы, вступив в партнерство с производителями конечных изделий для интеграции TMOS в мобильные дисплеи [15].

ГИБКИЕ ДИСПЛЕИ, "ЭЛЕКТРОННАЯ БУМАГА"

Технология гибких дисплеев, похоже, выходит на массовый промышленный уровень. Согласно данным исследовательской корпорации iSuppli, доходы от продаж гибких дисплеев в 2007–2013 годы увеличатся в 35 раз – с 80 млн. до 2,8 млрд. долл. (см. рисунок). Основным фактором столь стремительно-

го роста станет новое поколение портативных приборов. Привлекательность гибких дисплеев для конечных пользователей и разработчиков заключается в повышении их прочности, уменьшении толщины, снижении веса и оригинальности. Эти дисплеи обеспечивают изготовителям возможность применения недорогих способов производства, таких как новые печатные технологии и рулонная обработка.

Для изготовления гибких дисплеев используется более десятка методик, включая традиционную ЖК-технологии, бистабильную ЖК-технологии, ОСИД-технологии, технологии электрофоретических, электрохромных и электролюминесцентных дисплеев. Кроме того, в последнее время гибкие АМ-дисплеи по качеству изображения догнали ЖК-телевизоры и компьютерные мониторы. Гибкие дисплеи на пассивных матрицах очень дешевы в производстве и хорошо подходят для таких применений, как электронные ценники. Приборы же с активной матрицей более дорогостоящи, но предлагают лучшую разрешающую способность для таких применений, как электронные книги. Еще один основной конечный рынок для изготовителей гибких дисплеев – мобильные телефоны.

Основные игроки на этом рынке, уже приступившие к серийному производству, – компании E Ink, SiPix, Kent Displays, Flexmedia and Shenzhen Guanxin. Хорошими позициями для выхода на данный рынок в ближайшей перспективе обладают фирмы Polymer Vision, Plastic Logic, Prime View International, Aveso, LG Display, UDC, Sony, Samsung, Bridge Stone и Add-vision [16, 17].

Компания Polymer Vision, разработчик рулонной дисплейной технологии для мобильных устройств, позволяющей встраивать в них дисплеи, превышающие размеры самого устройства, сообщила о начале массового производства таких дисплеев на недавно приобретенном предприятии в Саутгемптоне. Столь успешное освоение производства стало возможным благодаря использованию стандартной полупроводниковой инфраструктуры. В частности, Polymer Vision использует в активных матрицах органические слои для ТПТ для управления дисплейными элементами ("электрофоретическая пленка") компании E Ink. По утверждению представителей компании, в изготовлении готовых дисплеев им примерно на год удалось опередить всех конкурентов [18].

Компания Fujitsu приступила к опытному производству персональных информационных терминалов с дисплеем на основе технологии цветной "электронной бумаги". Терминал, работающий с Windows CE 5.0, представляет собой конгломерат книги, просмотрного устройства для Интернета и персонального цифрового помощника. Компания Fujitsu планирует в 2008 году приступить к поставкам таких терминалов японским, а в дальнейшем – и зарубежным потребителям. В 2010 году планируется продавать 250–500 тыс. таких терминалов.

Использование пластиковых пленочных подложек при производстве таких дисплеев позволяет применять рулонный способ их производства. Сейчас Fujitsu использует рулоны шириной

30 см, но в массовом производстве их ширина возрастет. В дисплее используется технология "электронной бумаги" на основе ЖК-материала холестерического типа со свойством памяти. Терминалы с XGA-разрешением (768×1024 пикселей) будут выпускаться в двух модификациях – с диагональю 30,5 и 20 см.

В дисплеях "электронная бумага" используются наложенные друг на друга слои красного, зеленого и синего цветов. Для структуры не требуются используемые в традиционных ЖК-панелях цветные светофильтры или поляризационные пленки. Цветная "электронная бумага" обеспечивает более яркое воспроизведение, чем ЖКД отражательного типа. Терминалы можно переключать между двумя состояниями (с 8 и 4096 цветами). Обновление с 8 цветами занимает 2,3 с, а с 4096 цветами – 10 с. В дальнейшем при освоении массового производства планируется использовать 260 тыс. цветов.

Специалисты компании E Ink уже разработали пленку для формирования изображения с вдвое большим быстродействием и возросшей на 20% яркостью, чем у существующих дисплеев "электронная бумага". Кроме того, пленка позволит расширить номенклатуру дисплеев с различными размерами и форматами. Компания объявила также о расширении диапазона контроллеров дисплеев и создании комплекта разработчика для новой технологии. Одновременно ведутся работы по повышению разрешения для большего числа размеров экрана, по усовершенствованию электронных схем и по обеспечению большего числа градаций серого.

Совместными усилиями компаний E Ink и PrimeView International (единственного производителя дисплеев "электронная бумага" на активных матрицах) ведутся разработки ТПТ модулей с диагональю 4,8; 12,7; 15,2; 20,3 и 24,6 см. Они предназначены для монохромных устройств (мобильных телефонов, MP3 плееров, компьютерных аксессуаров, микропроцессорных карманных устройств, идентификационных комплектов, электронных устройств, "электронных книг"). Ранее компания выпускала только 15,2-см модули, предназначенные для "электронных книг".

Отметим, что дисплеи на основе пленок компании E Ink будут использоваться в новом семействе мобильных телефонов компании Casio Hitachi Mobile Communications. Первым стал телефон Hitachi W61H, оснащенный вторым экраном с диагональю 2,7 дюйма. Данная технология была выбрана благодаря большому углу обзора (180°), хорошей видимости при прямом солнечном свете, механической стойкости, сверхмалой толщине и, что особенно важно, малому энергопотреблению [19].

ЛИТЕРАТУРА

1. This week's market focus: Display component forecast from iSuppli. – Electronic Business, 11.7.2006.
2. Samsung Ranks #1 for Preliminary Worldwide LCD Monitor Market Share for Q1'08. – <http://www.displaysearch.com>, May 21, 2008.



3. **John Walko.** Processing gear market for LCDs set to rebound. – EE Times Europe, 14.03.2008.
4. Total Flat Panel Display Shipments Will Grow 5% Per Year Through 2015; Consumer and Industrial Applications Driving Growth. – <http://www.displaysearch.com>, February 5, 2008.
5. Q1 Large-Area LCD-TV Panel Shipments Growth 69% Y/Y to 25.1M Units, DisplaySearch Reports. – <http://www.displaysearch.com>, April 29, 2008
6. **Nicolas Mokhoff.** Display conference highlights green technologies. – EE Times, 23.05.2008.
7. **Antone Gonsalves.** LCD TV forecast to double in four years. – InformationWeek, 12.03.2008.
8. **K.C.Jones.** LCD Television Shipments Surpass CRTs For First Time. – InformationWeek, 19.02.2008.
9. DisplaySearch Sees Expanded Growth for OLED Displays Reaching over US\$3,1B by 2012; AMOLEDs Projected to Achieve a Five Year CAGR of 96%. – <http://displaysearch.com>, April 11, 2008.
10. Samsung SDI's AMOLEDs Reach Mass Production; Drives Q4'07 OLED Display Revenues to US\$158.8M, Up 82% Q/Q and 13% Y/Y. – <http://www.displaysearch.com>, March 6, 2008.
11. Consumer Grade Flat Panel Displays for Commercial Applications Becoming Prevalent, but Could Have Long-term Industry Implications. – <http://www.displaysearch.com>, February 13, 2008/
12. **Gina Roos.** Demos, prototypes showcase new display technologies at SID 2008. – eeProductCenter, 21.05.2008.
13. **Гузенкова Н.** Эпоха миниатюризации: на очереди дисплеи. – ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 1998, №5–6.
14. **Y.Taii, A.Higo, H.Fujita, and H.Toshiyoshi.** Transparent color pixels using plastic MEMS technology for electronic papers. – IEICE Electronics Express, Vol.3 (2006), № 6, p.97–101.
15. **Nicolas Mokhoff.** UniPixel to show 'TMOS' prototypes at SID. – EE Times, 05/16/2008.
16. Flexible Display Market to Expand by Factor of 35 from 2007 to 2013. – <http://www.isuppli.com>, June 9, 2008.
17. Flexible display market to top \$2.8 billion. – <http://optics.org>, Jun25, 2008.
18. **Peter Clarke.** Polymer Vision begins volume production of rollable displays. – EE Times Europe, 11.12.2007.
19. **Nicolas Mokhoff.** E-paper advances shown at SID. – Electronics Supply & Manufacturing, 23.05.2007.