

# OLED-дисплеи: от мифов к реальности

Александр САМАРИН

Данная статья описывает реальное состояние на рынке OLED (Organic Light Emitting Diode), а также проблемы технологии и схемотехники OLED-дисплеев. Приведен обзор микросхем драйверов для OLED-дисплеев с пассивной адресацией.

В настоящее время технологиями OLED/PLED занимаются несколько десятков компаний и университетов. Долгие годы рынок разогревался в предчувствии глобального доминирования OLED-дисплеев. Однако период взросления технологии OLED затянулся. Предполагалось, что поскольку для производства OLED-дисплеев можно использовать те же технологические процессы и оборудование, что и для производства ЖК-дисплеев, то преемник возьмет наследство, а затем вытеснит с рынка своего кормильца. Однако все оказалось значительно сложнее. Объемы затрат на исследования и разработки технологии в данном секторе дисплейной технологии продолжают расти год от года, а уровень зрелости технологии для того, чтобы конкурировать в той же ценовой категории с ЖК-дисплеями, пока не достигнут. Некоторые фирмы, рискнувшие поучаствовать в освоении данного рынка, сошли с дистанции, так и не дождавшись прибыли.

Развитие технологии OLED началось в 1987 году с публикации статьи о свойствах органических светоизлучающих материалов двух

Таблица 1. Сравнительные характеристики долговечности и эффективности излучения для двух технологий органических дисплеев

Цвет	Полимерный материал		Молекулярный материал	
	Эффективность, кд/А	Долговечность, часов (яркость 150 нит)	Эффективность, кд/А	Долговечность, часов (яркость 150 нит)
Красный	1–2	>20 000	4–5	>40 000
Зеленый	8–10	15 000	8–9	>40 000
Синий	4	3000	3	10 000
Желтый	8–10	>30 000	8	>30 000
Белый	2–4	5 000	6–8	20 000

ученых из исследовательской лаборатории Eastman Kodak. Чуть позднее, в 1989 году, в Кавендишской лаборатории Кембриджского университета были получены полимерные органические светоизлучающие материалы. С этого времени стали независимо развиваться два направления в OLED — микромолекулярных (small molecules) и полимерных (PLED) светоизлучающих органических дисплеев.

## Хронология ключевых событий в области OLED технологий

- 1991 — год демонстрации в лаборатории Кембриджского университета первого образца матричного OLED-дисплея форматом 3×5;
- 1992 — образована компания CDT (Cambridge Display Technology);
- 1996 — CDT впервые провела публичную демонстрацию работы полимерных светодиодов;
- 1997 — UDC демонстрирует технологию гибких дисплеев;
- 1997 — Universal Display Corporation анонсирует образцы прозрачных гибких органических дисплеев;
- 1997 — Pioneer Electronic разработал полимерный цветной дисплей с 260 тыс. цветами;
- 1998 — Kodak и Sanyo заключили союз для совместной разработки органических электролюминесцентных дисплеев;
- 1998 — Kodak и Sanyo продемонстрировали полноцветный активно-матричный OLED-дисплей;

- 1998 — создан OLED зеленого свечения с высокой эффективностью излучения.

Начальный успех в развитии новой дисплейной технологии поначалу окрылил надеждой десятки и сотни исследователей и разработчиков во многих странах мира. Были образованы десятки компаний в США, Японии, Корее, Тайване, Китае, Европе для освоения производства OLED-дисплеев. Одни из фирм приобретали лицензии у Eastman Kodak, а другие — у CDT.

Ключевыми параметрами, определяющими оптические свойства OLED-дисплеев, являются эффективность светоотдачи и долговечность. Обе конкурирующие технологии достигли к настоящему моменту определенных успехов в деле совершенствования данных параметров (табл. 1).

Основное достоинство технологии полимерных органических светодиодов — возможность применения более простых и дешевых безвакуумных технологий. Одной из привлекательных технологий нанесения органического слоя на подложку является технология струйной печати. Эту технологию (рис. 1) разработал альянс Seiko Epson и Cambridge Display Technology (CDT). Точность нанесения может достигать 7–10 мкм, а плотность элементов изображения — 200 ppi.

На рис. 2 показаны структуры светодиодов, полученных с помощью двух конкурирующих технологий.

Технология PLED теоретически проще и дешевле, однако эффективность излучения для определенных цветовых компонентов, а также долговечность эмиттеров у нее несколько ниже, чем у молекулярной OLED.

### Eastman Kodak

Компания Eastman Kodak ([www.kodak.com](http://www.kodak.com)) первоначально занималась разработкой и производством традиционных и цифровых технологий и устройств для регистрации изображений. Технология OLED была впервые разработана и запатентована Kodak. Сегодня Kodak занимается лицензированием и производством OLED-экранов. Kodak впервые в мире создала цифровую фотокамеру с OLED-дисплеем и продала лицензии на свою OLED-технологию следующим компаниям:

- eMagin;
- Pioneer Electronics Corp;
- Sanyo Electric Co., Ltd;
- TDK Corporation;
- Nippon Seiki;
- Ritek;
- Opsys;
- Rohm;
- Teco;
- Lite Array, Inc.

Следует отметить, что сектор OLED представляет только малую часть бизнеса компании Kodak.

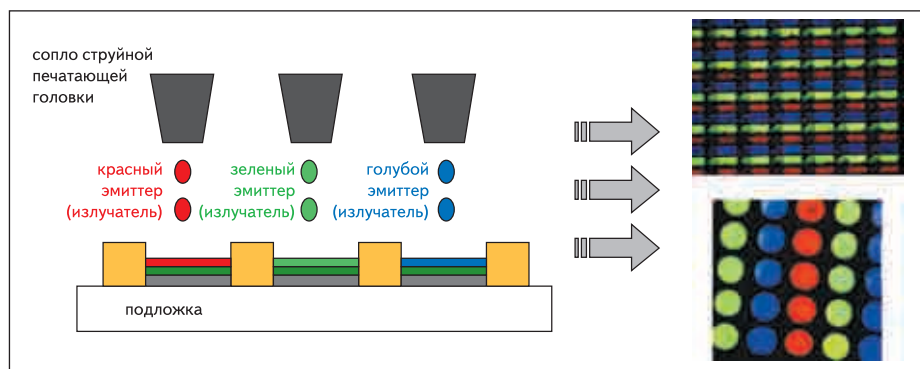


Рис. 1. Технология струйной печати органического материала на подложку

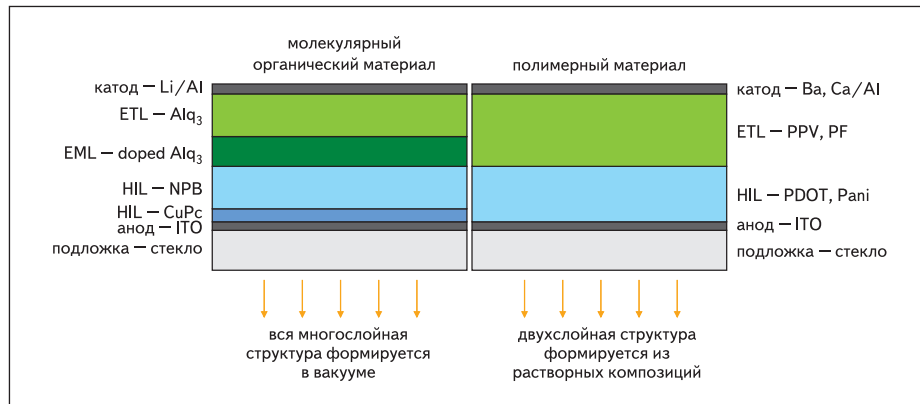


Рис. 2. Сравнение структуры двух конкурирующих технологий OLED

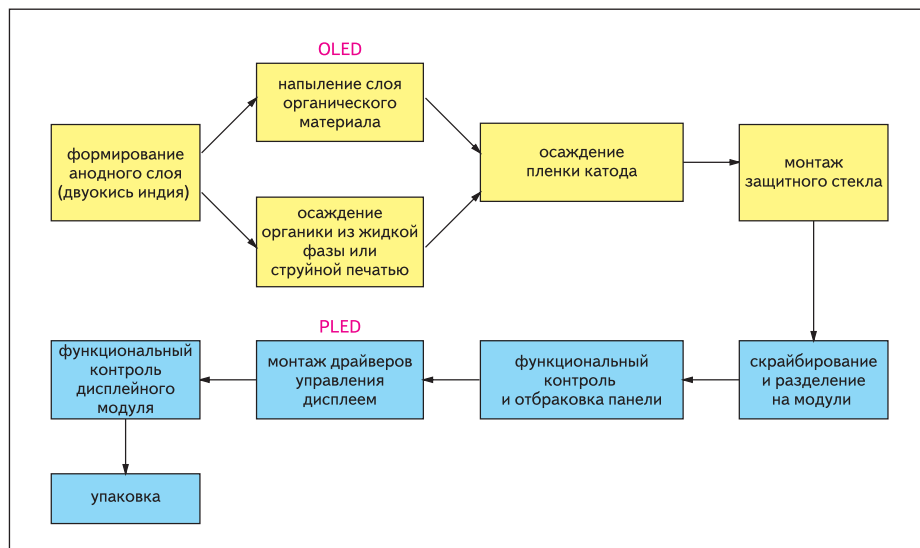


Рис. 3. Технологические маршруты PLED и OLED-дисплеев

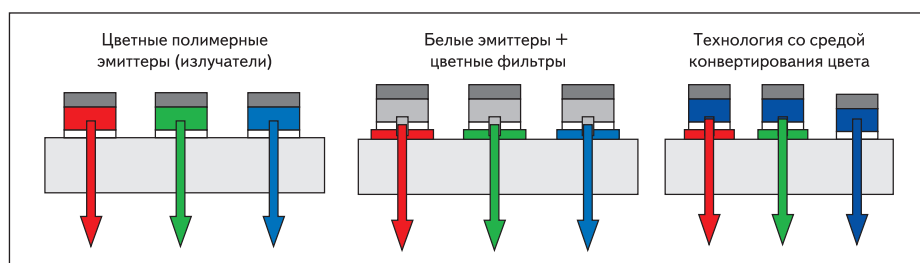


Рис. 4. Три варианта формирования структур цветных OLED

## О фирме CDT

Cambridge Display Technology ([www.cdtltd.co.uk](http://www.cdtltd.co.uk)) является пионером в разработке полимерных органических излучающих диодов (P-OLED). Разработанная фирмой CDT технология P-OLED в настоящее время воплощена во многих дисплеях, широко используемых во всем мире. P-OLED является частью семейства OLED. Ключевым моментом технологии P-OLED является возможность применения очень дешевого метода нанесения органического слоя печатным способом. Компания образована в 1992 году в Кембридже. В 2005 году был образован альянс CDT с химической компанией Sumitomo Chemical для разработки, массового производства и продажи P-OLED материалов для нужд дисплейной промышленности. В январе 2007 года компания Cambridge Display Technology (CDT) приобрела небольшую калифорнийскую фирму Next Sierra, Inc. для того, чтобы реализовать высокий потенциал, заложенный в методе TMA. Выбор был обусловлен, с одной стороны, ограниченными финансовыми возможностями CDT, а с другой — наличием определенного опыта проектирования микросхем OLED-драйверов у фирмы Next Sierra. Ранее фирма занималась разработками заказных микросхем для телекоммуникационного оборудования, бытовой электроники, запоминающих устройств. Специалисты фирмы имеют опыт разработки аналого-цифровых микросхем, а также высоковольтной электроники.

Лицензии на технологию PLED приобрели следующие компании:

- Philips;
- OSRAM;
- MED;
- Toku;
- Lintex;
- Covion;
- UlvacPlastik Logic.

## Сравнение технологий молекулярных и полимерных органических светодиодов

На рис. 3 показан упрощенный технологический маршрут производства OLED дисплеев (реальная технология существенно сложнее).

### Современные технологии реализации цветных OLED

В настоящий момент применяются три схемы для реализации цветных OLED (рис. 4):

- схема с отдельными цветными эмиттерами;
- схема WOLED+CF (белые эмиттеры + цветные фильтры);
- схема с конверсией коротковолнового излучения.

Самый первый и логичный вариант — с отдельными эмиттерами. Этот вариант и самый эффективный с позиции использования энергии. Однако он реализуется с определенными технологическими трудностями. Второй вариант проще в части создания белых эмиттеров, одинаковых для всех трех компонентов цвета, однако значительно проигрывает по эффективности использования

**Таблица 2.** Преимущества и недостатки разных вариантов цветовой схем OLED

Тип структуры	Раздельные RGB эмиттеры	Белый эмиттер + цветные фильтры	Конвертирование спектра ССМ
Преимущества	<ul style="list-style-type: none"> <li>Высокая эффективность использования энергии</li> <li>Низкая цена</li> <li>Применение отлаженной ИТО технологии</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Использование технологии ЖК-дисплеев</li> <li>Не требуется формирование раздельных по цветам эмиттеров</li> <li>Однородное старение эмиттеров (?)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Однородное старение излучателей (?)</li> <li>Более эффективное использование энергии излучателей</li> <li>Не требуется формирование раздельных по цветам эмиттеров</li> </ul>
Недостатки	<ul style="list-style-type: none"> <li>Требуется отдельная оптимизация цветных эмиттеров</li> <li>Различная скорость старения эмиттеров</li> <li>Требуется формирование отдельных эмиттеров по цветам</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Низкая эффективность использования мощности</li> <li>Требуется напыление ИТО на цветные фильтры</li> <li>Требуется высокая эффективность излучения белого эмиттера</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Требуется напыление ИТО на ССМ</li> <li>Необходима стабильность голубого эмиттера</li> <li>Старение ССМ</li> </ul>

(?) — непроверенные и неподтвержденные факты. Достоинство может оказаться чисто гипотетическим.

энергии первому варианту. В третьем варианте (ССМ — Color Changing Media) применяются голубые эмиттеры и люминесцентные материалы для преобразования коротковолнового голубого излучения в более длинноволновые — красный и зеленый.

У каждого из вариантов есть свои достоинства и недостатки (табл. 2).

### Рынок малоформатных дисплеев и производители OLED

На рынке малоформатных дисплеев в настоящее время пока доминируют AMOLED. Данные, представленные в таблице 3, подтверждают тот факт, что в целом за ними более 62% продаж. Уверенные позиции и у технологии на поликремнии. В секторе STN хотя и не наблюдается прирост в последние два года, но сохраняется большая доля продаж.

Анализируя показатели, представленные в таблице 3, можно сделать вывод, что технология OLED пока еще не вышла из «детского возраста», и присутствие дисплеев этого типа на рынке незначительно. Начало развертывания массового производства малоформатных OLED-дисплеев с активной адресацией ожидается в первом квартале 2007 года.

В настоящее время около 22% MP3-плееров используют OLED-дисплеи.

В качестве дополнительного дисплея в мобильных устройствах нашли применение около половины всех выпущенных в 2006 году OLED-панелей во всем мире. По итогам продаж в 2006 году хитом применения малоформатных OLED-дисплеев стал сектор MP3-плееров. Правда, некоторые из производителей плееров плутовали — в их MP3-плеерах вместо заявленных OLED-дисплеев использовались ЖК-дисплеи с OLED-подсветкой.

**Таблица 3.** Объемы продаж малоформатных дисплеев за 2006 год

Технология	Объем продаж млн. \$	Доля	Квартальный прирост	Годовой прирост
a-Si TFT LCD	2 749,7	36,7%	50,0%	-12%
LTPS TFT LCD	1 636,7	17,2%	29,7%	30%
CSTN	696,5	4,9%	12,7%	-33%
MSTN	205,6	7,8%	3,7%	2%
PMOLED	115,3	8,4%	2,1%	23%
TN LCD	76,8	7,8%	1,4%	
HTPS TFT LCD	10,8	8,4%	0,2%	0%
LCOS	10,4	7,8%	0,2%	-47%
LTPS TFT OLED	0,1	8,4%	0,0%	45%
Всего	5 501,8	7,8%	100,0%	-7%

Третье место по объемам продаж занял сектор автомагнитол — только 3%.

В шестерку ведущих производителей OLED-дисплеев на конец 2006 года входят следующие фирмы: Samsung SDI, LGE, RiTdisplay (Тайвань), Pioneer, Univision (Тайвань), TDK. На их долю приходится свыше 92% всего объема продаж. Остальные 8% рынка представляют десятки других производителей (табл. 4). PMOLED продолжают доминировать на рынке OLED с цифрой 93%. В целом годовой объем продаж OLED в 2006 году снизился на 3% по сравнению с прошлым годом. Только за последний квартал продажи OLED-дисплеев сократились на 2%. Самые большие потери наблюдались в секторе основных дисплеев для сотовых телефонов — 11% и в секторе дисплеев для MP3-плееров — 12%.



**Рис. 5.** Электробритва Philips с OLED-дисплеем



**Рис. 6.** OLED-дисплей Kodak в цифровом фотоаппарате

**Таблица 4.** Рыночные показатели шести ведущих производителей OLED-дисплеев

Место	Компания	Объем продаж за 2006 год, млн \$	Доля рынка, %	Годовой прирост, %
1	Samsung SDI	100	21,0	-34
2	LGE	93	19,6	179
3	RiTdisplay	79	16,7	-14
4	Pioneer	77	16,3	-7
5	Univision	57	11,9	19
6	TDK	32	6,8	22
	Все остальные	36	7,6	-31
	Всего	475	100,0	-3

### Столь ли реальны достоинства OLED?

К сожалению, реальная ситуация с OLED несколько отличается от преподносимой в прессе. Нет, OLED не такие уж и плохие! Просто пока они «не дозрели». И такого уж сильного преимущества по сравнению с ЖК-дисплеями у них нет. И в ближайшее время им вряд ли удастся доминировать, а тем более вытеснить ЖК-дисплеи. Для этого пока мало оснований.

Начнем с развенчивания некоторых мифов об OLED. Во всех материалах об OLED можно видеть восхваление стандартного набора достоинств OLED и мало пишется о недостатках. Какова же реальная ситуация?

### Угол обзора 180°

Реально же он 160°, и это тоже неплохо. Не стоит только преувеличивать значение этого параметра. Не является он доминирующим при выборе между OLED и LCD. Во-первых, ну кому в голову придет рассматривать экран дисплея под предельными углами при реальной работе? Наоборот, для конфиденциальности было бы полезнее уменьшить эти углы, что, кстати, и делается в некоторых моделях ЖК-дисплеев. В настоящее время у TFT-дисплеев угол обзора колеблется в пределах 140–170° и достаточен практически для всех применений. А для дисплеев мобильных устройств реальные рабочие углы существенно меньше.

### Быстродействие

10–100 мкс. Это чистая правда. Но такое высокое быстродействие реально не дает никакого преимущества пользователю.

### Малая толщина модуля дисплея

И это правда! Только не вся. Параметр имеет смысл для портативной аппаратуры. Однако все быстро меняется, и в настоящее время малоформатные TFT-дисплеи вместе с узлом задней подсветки имеют толщину даже меньшую, чем у некоторых OLED.

В сентябре 2006 года компанией LG.Philips LCD было заявлено, что ею разработана самая тонкая в мире LCD-панель для мобильного телефона толщиной 1,3 мм — тоньше, чем у заявленного ранее OLED-дисплея Samsung. Рекорд продержался несколько часов. Samsung SDI тут же выпустила свой пресс-релиз, в котором заявила, что у нее есть уже

отработанный технологический процесс, обеспечивающий толщину OLED-панели 0,8 мм.

Samsung SDI, глобальный конкурент компании LG.Philips на рынке малоформатных дисплеев, заявила также, что их новые OLED панели для сотовых телефонов значительно лучше по качеству, чем ЖК-панели LG.Philips.

Однако в настоящее время Samsung запустила технологическую линейку для производства OLED-панелей лишь толщиной 1,47 мм.

### **Малое потребление**

Для портативной аппаратуры сохраняется определенное преимущество по сравнению с TFT-дисплеями. Однако в реальности, благодаря разработке новых энергосберегающих технологий, мощность, потребляемая блоком подсветки и схемами управления TFT-дисплеев для мобильных приложений, падает. Схемы управления OLED токовые, а драйверы ЖК-дисплеев — потенциальные. Потребление драйверов OLED значительно выше, чем у драйверов ЖК-дисплеев. Следует также принять во внимание и потери мощности в OLED-дисплеях при передаче токовых сигналов управления по шинам адресации.

В полной мере реализовать свое преимущество по данному параметру OLED не удастся. Приходится идти на компромиссы. В итоге, большого отрыва не получаем и в этом случае. Для портативной аппаратуры, в которой на первом месте стоит потребление, а цвет и разрешение не столь важны, OLED по мощности потребления вчистую проигрывает ЖК-дисплеям с пассивной адресацией, работающим на отражение.

### **Простота и дешевизна технологии OLED**

Пока это только теоретически. В настоящее время материалы, используемые в производстве OLED, и сама технология остаются довольно дорогими, а выход годных гораздо меньше, чем выход годных аналогичных ЖК-дисплеев. Корректное сравнение следует производить только с учетом надежности и долговечности этих двух технологий. А здесь сравнение не в пользу OLED. Затраты на производство OLED-дисплеев пока выше, чем на аналогичные ЖК-дисплеи.

### **Цветопередача**

Почему-то повсеместно автоматически и бездоказательно утверждается, что поскольку OLED-дисплей является светоэмиссионным, то цветовая палитра однозначно лучше, чем у светомодулирующего цветного ЖК-дисплея. Правильная цветопередача дается технологии OLED довольно непросто, несмотря на кажущуюся простоту его светоэмиссионной схемы. Палитра задается подбором определенных композиционных материалов, выбор которых весьма ограничен. Не обходится и без компромиссов. Для выравнивания спектра в основной светоэмиссионный материал требуется добавлять дополнительные фосфоресцентные и люми-

несцентные вещества, которые позволяют скорректировать спектр за счет частичного конвертирования светового потока. А теперь пора сказать и о главном в этом вопросе: эти материалы подвержены сильной деградации. В принципе сложные и физически активные материалы довольно неустойчивы по природе и склонны к потере своих свойств. В данном же случае материал боится воздействия кислоты и водяных паров — как на стадии производства, так и в процессе эксплуатации. Этот же материал разлагается при действии сильного света и высокой температуры. Протекание тока, особенно при передаче больших яркостей, также обеспечивает ухудшение параметров. Для цветных дисплеев деградация цветных компонентов происходит неравномерно. Следовательно, со временем будет нарушаться цветовой баланс.

### **Цветные фильтры**

Часто вспоминают даже о таком преимуществе OLED, как отсутствие цветных фильтров. Теперь они появились и у некоторых типов OLED (речь идет о технологии WOLED+CF, в которой используются излучатели белого света и цветные фильтры точно такие же, как и у TFT-дисплеев). Это проявление компромисса — данная схема обеспечивает более простую и дешевую технологию, однако пришлось пойти на значительное снижение эффективности использования энергии.

### **Контраст**

Теоретически OLED может иметь довольно высокий контраст 1000:1, и даже 5000:1, поскольку светодиоды являются источниками излучения и в связи с этим не возникает проблем с уровнем черного. Однако и здесь есть масса нюансов и проблем, связанных в первую очередь с нестабильностью характеристик OLED во времени. Стоит начать с того, что в серийных моделях современных TFT-дисплеев уже достигнуто такое же высокое значение контраста. А вот для малоформатного дисплея мобильной аппаратуры имеет ли смысл городить огород, добиваясь такого контраста? Это совсем не просто и получается не даром. Здесь главное — низкая цена, надежность и малое потребление. Больших экранов OLED, выпускаемых серийно, на рынке пока замечено не было, значит, утверждать о преимуществе в контрасте пока преждевременно. Само определение параметра контраста для ЖК-дисплеев и OLED разные. В ЖК-дисплеях имеет смысл уровень яркости пикселя, соответствующий «черному» выключенному состоянию. Вследствие неидеальности работы оптического затвора неизбежно «просачивание» части светового потока через закрытый пиксель. Контраст определяется отношением максимальной яркости пикселя к яркости в «черном» состоянии.

Для OLED пиксель в «черном» состоянии всегда черный, то есть излучение полностью отсутствует. В таком случае имеет смысл

определить понятие контраста как влияние излучения соседних включенных пикселей, имеющих максимальную яркость, на находящийся в центре выключенный «черный» пиксель. В этом случае контраст будет определять степень паразитного просачивания излучения от соседних пикселей. Для повышения контраста нужно формировать оптическую изоляцию между пикселями. Сделать это можно только за счет сужения диаграммы излучения эмиттеров. Как следствие — сужаются и рабочие углы всего OLED-экрана до уровня 150–160°.

Кстати, на прошедшей в январе 2007 года выставке бытовой электроники CES в Лас-Вегасе Sony продемонстрировала прототипы телевизоров с OLED-экранами с диагоналями 11 и 27 дюймов. Утверждается, что в некоторых из них достигнут контраст 5000:1. Сказать можно все что угодно, и для выставки можно сделать пару устройств, которые обойдутся фирме в несколько десятков тысяч долларов. Остается вопрос: а какие параметры и цена реально будут у серийных образцов этих телевизоров?

### **Температурный диапазон**

Осталось одно, но несомненное пока преимущество OLED — работа при низких температурах. Однако с этим вопросом еще предстоит разобраться. Если самому материалу органических светодиодов при данной температуре обеспечиваются комфортные условия, то для остальных компонентов дисплейной системы эта температура вряд ли добавит надежности в работе. Отдельно стоит сказать и об OLED с активной адресацией. Для формирования активной матрицы обычно используется технология аморфного кремния. У него подвижность носителей и так довольно низкая, а при пониженной температуре станет совсем никакой — а ведь это токовая схема управления. Речь идет о реальных устройствах с OLED-дисплеями, которые смогут функционировать при температурах, скажем, –40...–50 °C. В любом случае, нужно делать специальные исполнения устройств. Вопросы надежности останутся на первом месте.

### **Цена**

В массовом сознании до сих пор бытует довольно популярное заблуждение, что цена любого изделия должна автоматически уменьшаться с ростом объема выпуска. В случае с OLED заблуждение выглядит так — стоит лишь их делать больше, и они будут стоить дешевле, чем ЖК-дисплеи. На самом деле снижение цены, если оно и достигается при увеличении масштабов выпуска, в первую очередь связано с использованием новых технологий и нового оборудования, которое и обеспечивает снижение удельных производственных затрат. Но сначала деньги нужно затратить на разработку, изготовление и монтаж этого оборудования. И деньги это немалые. Предполагается, что затраты долж-

ны окупиться в кратчайшее время. Нужно учитывать и такой фактор: цена OLED-дисплеев должна быть, по крайней мере, на уровне цены аналогичных по параметрам ЖК-дисплеев, иначе они будут неконкурентоспособными. Риск при вкладывании капитала довольно большой, технология ЖК-дисплеев не стоит на месте, а прогресс в последние годы у нее фактически больший, чем у OLED.

Факты таковы: стоимость OLED-дисплеев еще ощущают выше, чем ЖК-дисплеи, а выход годных еще недостаточно большой.

Пока речь шла только о достоинствах OLED, мнимых и реальных. А ведь у них есть еще и недостатки. И они как раз более реальные и существенные, чем достоинства. Часть из них общеизвестны (малая долговечность), а с другими многие из читателей пока еще не знакомы. Более подробно о них будет сказано далее.

### Бегство с рынка OLED

Первой решила покинуть рынок OLED японская компания Pioneer, которая как раз и была пионером в области коммерческого применения OLED-дисплеев с пассивной адресацией. Это решение выглядело довольно странным: ведь у нее было уже налаженное производство и свой сегмент рынка. Тем более, что компании Pioneer принадлежала пятая часть рынка OLED, и она считалась третьим в мире поставщиком панелей этого типа. В 1998 году фирма начала выпускать OLED-дисплеи для автомагнитол. Чуть позднее OLED-дисплей Pioneer был впервые применен в сотовом телефоне Motorola Timerport. Уровень доходности данного направления в бизнесе компании оказался низким, а надежды на расширение спроса на данную продукцию так и не оправдались. В середине 2005 года было отмечено падение объема продаж OLED-дисплеев Pioneer на 30% по сравнению с уровнем предыдущего года, после чего было принято решение о свертывании данного направления в фирме.

В начале 2006 года компания Sanyo, как владелец двух третей акций ее с Kodak совместного предприятия SK Display Corp., решает сфокусироваться на своем основном бизнесе и выйти из рынка OLED. Объединение SK Display было расформировано. Завод по выпуску OLED, который принадлежал компании Sanyo и находится в японском городе Гифу, был выставлен на продажу.

В середине 2006 года два крупнейших тайваньских производителя OLED — AU Optonics (AUO) и Chi Mei Optoelectronics (CMO) — решили приостановить разработки OLED. AUO уже остановила НИР в данной области, а дочерняя компания Chi Mei Electroluminescence (CMEL) собирается сократить свой штат на две трети. Среди названных причин решения компаний можно выделить две: неопределенность рыночных перспектив технологии и невысокий процент выхода годной продукции. Компании продолжают выпускать уже разработанные

новые продукты, а новые исследовательские работы пока отложены на неопределенный срок.

Кроме того, в середине лета 2006 года решила избавиться от своего подразделения по выпуску OLED-дисплеев компания LG Electronics и продала его родственной фирме LG.Philips LCD, также входящей в концерн LG Group. LG Electronics имела две линии по изготовлению дисплеев с пассивной матрицей на основе органических светодиодов в городе Гуми (Южная Корея). Общие объемы производства составляли 2–3 миллиона OLED-панелей для мобильных телефонов в год.

Финансовые проблемы есть и одного из крупнейших производителей OLED — тайваньской фирмы Univision Technology (образована в 2000 году). Univision находится в пятерке ведущих производителей OLED-дисплеев. Линейка продукции включает полноцветные, мультицветные и монохромные дисплеи, которые могут использоваться в качестве основных или вспомогательных дисплеев в мобильных телефонах, MP3-плеерах, гарнитурах Bluetooth, игровых устройствах, цифровых камерах, автомагнитолах, а также в других промышленных приложениях. Univision выпускает различные типоразмеры OLED-модулей с экранами от 0,95 до 1,5 дюймов, а также монохромные и мультицветные OLED-модули с размерами экранов от 0,66 до 3,12 дюймов.

В декабре 2006 года поступило сообщение о том, что фирма Univision терпит убытки. Univision имеет две линейки для производства OLED с месячной производительностью 9 тыс. и 15 тыс. панелей соответственно, однако реальная загрузка линий едва дотягивает до уровня 50%. Очевидно, что недогрузка оборудования наносит определенный ущерб компании.

В течение последних двух лет прекратили выпуск PLED-модулей некоторые компании, специализирующиеся на сборке стандартных алфавитно-цифровых модулей. Модули PLED имеют конструкцию и интерфейс, совместимые с конструкцией и интерфейсом ЖК-модулей. Однако цена их существенно выше. Большая часть потребителей данной продукции так и не решились на замену в своих изделиях алфавитно-цифровых ЖК-модулей на аналогичные, но более дорогие OLED-модули. Одной из таких фирм является американская Crystalfontz America Inc.

Пока одни фирмы терпят убытки и сокращают финансирование разработок, другие продолжают уверенно расширять свой бизнес в сфере производства OLED.

К ним относится и Samsung SDI, которая планирует начать массовое производство AM OLED в 2007 году с расчетной годовой производительностью около 20 млн шт. и довести ее к 2008 году до 50 млн шт.

### Адресация OLED-дисплеев

Согласно аналитическому обзору DisplaySearch, объем рынка дисплеев OLED достиг в 2006 году уровня \$1227 млн. В большинстве

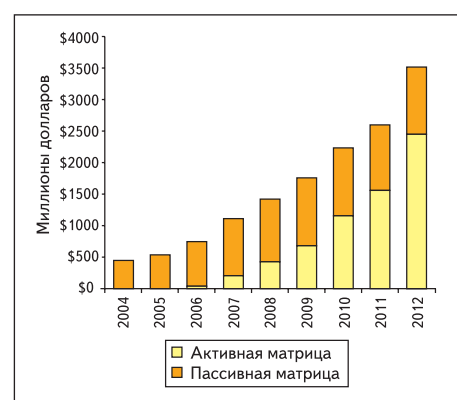


Рис. 7. Соотношение активной и пассивной адресации

OLED-дисплеев пока применяется более дешевая и простая пассивная адресация (рис. 7).

В 2007 году ожидается массовое проникновение на рынок AMOLED-дисплеев. Активная адресация позволит значительно улучшить оптические характеристики дисплеев и увеличить размер экранов. Однако, согласно прогнозу DisplaySearch, до 2010 года пассивная адресация останется преобладающей на рынке OLED-дисплеев. А если вспомнить о том, что практически все оптимистические прогнозы относительно прогресса развития OLED на протяжении последних 8 лет так и не сбылись, то, скорее всего, доминирование активной адресации наступит с опозданием на 2–3 года.

### Управление OLED с пассивной адресацией

OLED дисплей имеет матричную структуру с  $n$ -строками и  $m$ -столбцами. В схеме с пассивной адресацией в узлах пересечений между строками располагается светодиод, работающий как пиксель (рис. 8). Цветное изображение представляет собой интегральную матрицу  $n \times m$  ( $r_{ij}$ ), представленную RGB-элементами. В отличие от ЖК-дисплеев, управление пикселями в OLED-дисплеях осуществляется токовыми сигналами.

Яркость свечения органического светодиода, как и любого другого светодиода, пропорциональна протекающему току (рис. 9). Эта зависимость нелинейная. Следует напом-

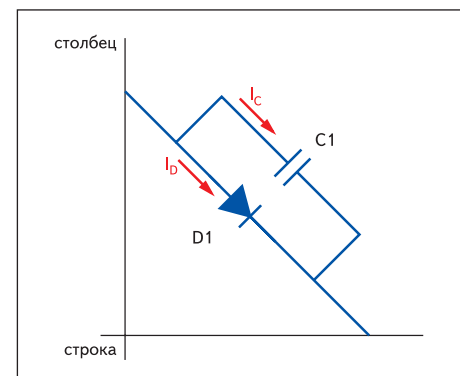


Рис. 8. Эквивалентная схема пассивной адресации OLED

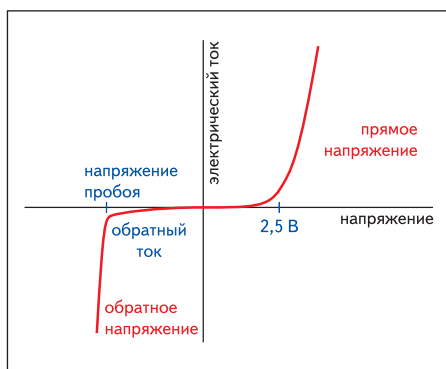


Рис. 9. Вольт-амперная характеристика органического светодиода

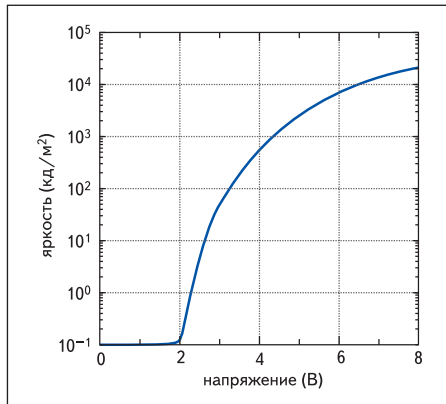


Рис. 10. Типовая вольт-яркостная характеристика органического светодиода

нить, что у органического светодиода есть пороговое напряжение, ниже которого свечение не начинается.

Величина порогового напряжения зависит от типа органического материала. В цветных OLED для каждого цветного светодиода существует свое пороговое напряжение и своя функциональная нелинейная зависимость яркости от тока (рис. 10).

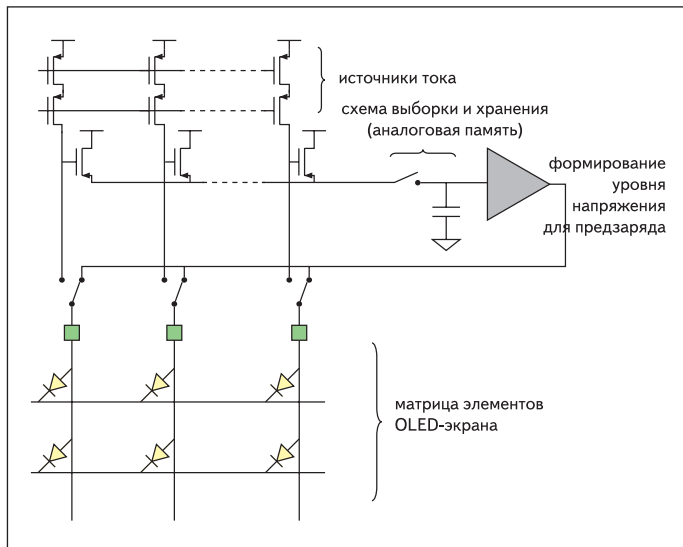


Рис. 12. Схема формирования напряжения предзаряда для одного цветного канала OLED

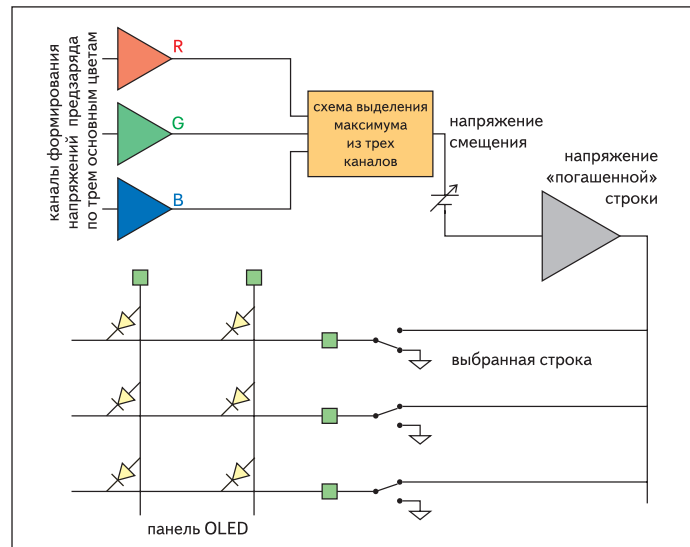


Рис. 13. Схема формирования напряжения предзаряда для трех цветных каналов OLED

В случае применения оптической схемы с использованием только одного белого эмиттера задача облегчается — формирование цветных компонентов излучения обеспечивается цветными фильтрами. Предполагается, что и деградация по спектру всех цветных компонентов в этом случае должна происходить равномерно.

Время выборки каждой строки при пассивной адресации фиксированное. Практически пассивная адресация OLED эквивалентна динамической адресации, используемой для управления дискретными матрицами твердотельных светодиодов. Для адекватного управления яркостью каждого пикселя OLED-дисплея требуется дозировать ток. Это можно сделать двумя способами. В первом при выборке строки используется фиксированное время для активной фазы подачи тока, а на выходе драйвера столбца используется программируемый видеосигналом генератор тока. Во втором методе применяется генератор тока фиксированного максимального значения, а для модуляции тока используется ШИМ. Первый способ обеспечивает более щадящие режимы для возбуждения светодиода, поскольку регулируется величина самого тока, но этот способ более дорогой в реализации и более капризный в работе. Второй способ более простой и надежный, однако в нем приходится использовать максимальные амплитудные токовые значения. Перегрузка по току приводит к стрессу органической структуры и уменьшает ресурс дисплея.

Практически в настоящее время широкое распространение получил именно второй, более простой и дешевый, метод. Каждый цикл выборки строк состоит из трех фаз: фазы предзаряда, фазы возбуждения пикселя от генератора тока, фазы разряда. Часть времени (подготовительная фаза) должна быть потрачена на заряд паразитной емкости шин адресации и достижения уровня по крайней

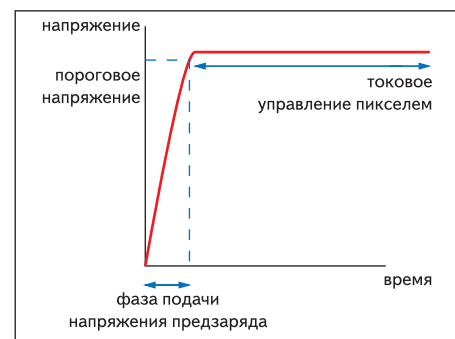


Рис. 11. Фаза предзаряда для управления пикселем OLED

мере порогового напряжения. В зависимости от уровня рабочего тока меняется и уровень напряжения, который должен быть достигнут в фазе предзаряда. В фазе разряда производится быстрый разряд емкости шины строки до нулевого потенциала, чтобы зафиксировать процесс выборки (рис. 11).

Если же использовать фиксированное напряжение для предзаряда, то часть времени в рабочей фазе будет израсходовано на дозарядку. В итоге будет наблюдаться искажение при передаче яркости. Следовательно, для сохранения точности передачи яркости за время предзаряда нужно выходить сразу на уровень напряжения, соответствующего току возбуждения. В современных драйверах разработан узел, который обеспечивает автоматическую подстройку уровня напряжения предзаряда в зависимости от цвета и средней яркости пикселя (рис. 12).

Основное отличие схемы (рис. 13) от предыдущей (рис. 12) — наличие после схем формирователей напряжения предзаряда по каждому из цветных каналов.

Адекватность управления зависит от точности передачи токовых сигналов, от баланса фаз предзаряда, заряда и разряда. Подбор баланса позволяет уменьшить потребление

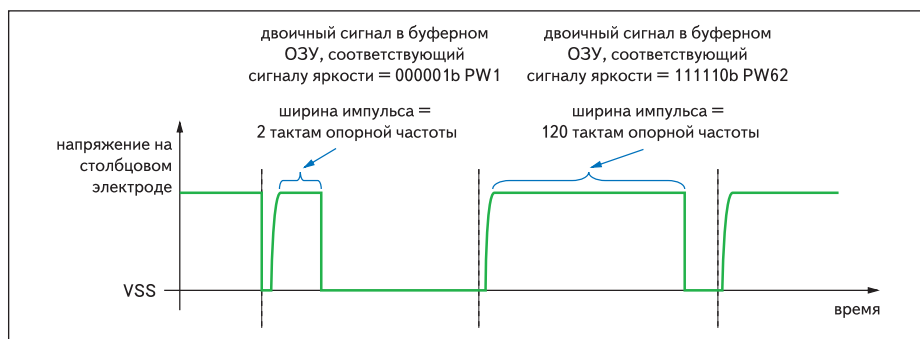


Рис. 14. Сигналы, формируемые на столбцовых электродах для ШИМ-модуляции по яркости

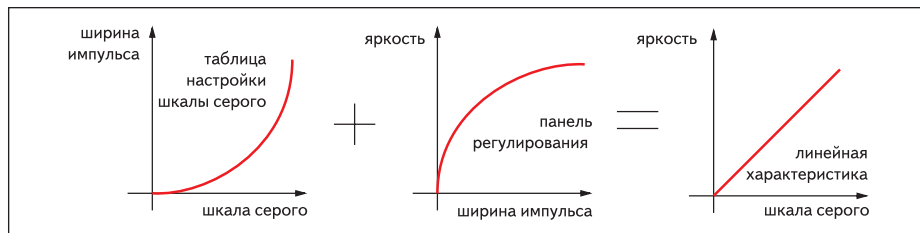


Рис. 15. Функциональные преобразования при гамма-коррекции

и обеспечить надежное управление при различных рабочих температурах.

Как правило, в микросхемах драйверов есть специальные управляющие выходы, через которые извне подаются уровни напряжения предзаряда ( $U_{precharge}$ ) для каждого из цветных светодиодов матрицы экрана.

В большинстве современных драйверов уровни напряжений могут устанавливаться программно. Эти технологические параметры устанавливаются на стадии регулировки OLED-панели. Регулировка напряжения предзаряда доступна также и пользователю. В процессе деградации OLED-структуры можно скорректировать управляющие сигналы и сохранить баланс яркости (рис. 14).

На диаграмме можно видеть фазу предзаряда и активную фазу подачи тока, длительность которой пропорциональна яркости. Минимальной яркости PW1 соответствует импульс длительностью 2 такта опорной частоты DCLK, а максимальной — 120 тактов DCLK.

Максимальный рабочий ток с каждого выхода в современных столбцовых драйверах составляет 300–500 мкА. Нагрузочная токовая способность строчного формирователя должна быть, соответственно, в  $m$  раз больше ( $m$  — число пикселей в строке). Для поддержки, например, 128 пикселей в строке нагрузочная способность формирователя строк должна быть  $128 \times 350 \text{ мкА} = 44,8 \text{ мА}$ . Есть микросхемы драйверов строк, в которых максимальный ток при выборке строки доходит до 150 мА.

Естественно, для передачи таких больших значений тока следует обеспечить минимальное сопротивление столбцовых и строчных шин. Однако современная технология позволяет формировать шины с сопротивлением не менее сотен ом. Так что потери на шинах при

пассивной адресации OLED-дисплеев составляют значительную величину и снижают общую эффективность использования энергии, что особенно важно для батарейных портативных устройств. Немалые потери энергии возникают и в схемах формирователей столбцов, в которых должны применяться генераторы тока. Напряжение питания генераторов тока составляет порядка 10–15 В (для того чтобы обеспечить нужный диапазон выходного тока управления матрицей светодиодов OLED).

### Гамма-коррекция

Цветные пиксели имеют каждый свою и нелинейную яркости от тока. Этот параметр определяется свойствами органических материалов и технологией производства. При формировании рабочих сигналов учитываются эти факторы. В столбцовых драйверах вводится модуль гамма-коррекции, в котором используется, как правило, табличный метод для преобразования входного видеосигнала в сигналы управления соответствующего цветного пикселя (рис. 15). Пользователь имеет возможность программно выбирать тип функции для гамма-коррекции.

Для выбора коэффициентов ШИМ используется просмотревая таблица (Look Up Table). Наборы для различных функций гамма-коррекции хранятся в ПЗУ контроллера дисплея. Подключение нужной функции осуществляется программно пользователем в соответствии с параметрами OLED-панели.

### Эффект «прожигания» OLED-экрана (burn-in)

Паразитный эффект «прожигания» экрана проявляется на статических изображениях. После продолжительной экспозиции непо-

движного изображения его профиль прожигается и запоминается на некоторое время на экране. При последующей демонстрации на этом экране видео или другой статической картинки остается паразитный темный фон в местах ярких фрагментов предыдущего изображения. Фон со временем рассеивается, но эффект приводит к ухудшению качества изображения. Это — неизбежное проявление локальной деградации яркости эмиттеров на экране. При больших размерах полей, имеющих большую яркость на статической картинке, становится очень заметной уменьшение яркости пикселей данных полей, хотя разница в яркости между соседними элементами может быть всего доли процента, граница паразитного фона будет очень заметна. Данный эффект свойствен как OLED, так и PLED. Проявляется он в дисплеях и с пассивной, и с активной адресацией.

Для предотвращения эффекта локального «прожигания» экрана рекомендуется использование в графическом интерфейсе пользователя динамических картинок, а также скринсейверов. В современных интегральных драйверах OLED-дисплеев имеется встроенная схема режима аппаратного периодического сдвига картинки вверх и вниз, а также вправо-влево с периодом в несколько минут. Разработчик графического пользовательского интерфейса для устройства с OLED-дисплеем должен позаботиться об активном использовании различных динамических приемов — бегущая строка, прокрутка, дрейф изображения меню.

### Влияние параметров управления OLED на качество изображения

Качество изображения OLED определяется не только свойствами светоизлучающей структуры, но и выбором оптимальных параметров управляющих сигналов. Требуется, с одной стороны, выбрать оптимальные значения, а с другой — обеспечить режим для их аппаратной поддержки. В таблице 5 представлен пример взаимосвязи некоторых сигналов управления при пассивной развертке и качества изображения OLED.

### Метод пассивной адресации — Total Matrix Addressing (TMA)

Известно, что основной причиной деградации в OLED является большой пиковый ток, который протекает через светодиоды пикселя в момент адресации строки. В традиционной схеме пассивной адресации для визуализации изображения производится последовательная выборка строк. Этот метод имеет одно, но очень существенное достоинство — он прост и очень дешев. Однако это не единственный способ адресации в матричных дисплеях. Альтернативой ему является мультистрочная или же активная адресация (не путать с активноматричной адресацией). Мульти-

Таблица 5. Влияние параметров управляющих сигналов развертки на качество изображения

Параметр	Качество изображения	
	Значение параметра выбрано ниже оптимального	Значение параметра выбрано выше оптимального
Напряжение предзаряда	1. Тусклое изображение 2. Нарушение цветопередачи для низких уровней сигнала	1. Уменьшение срока службы дисплея 2. Нарушение передачи полутонов в диапазоне низких уровней видеосигнала 3. Больше проявление эффекта «прожигания» статической картинки на экране
Напряжение VcomH на строчных электродах	Появление артефактов вследствие усиления кросс-эффекта	Ухудшение надежности
Напряжение уровня черного VSL	Высокий уровень потребления	Низкий контраст, артефакты на экране
Частота кадровой развертки	Низкий уровень яркости, проявление фликкера	Высокое потребление, уменьшение динамического диапазона по яркости
Диапазон генераторов тока столбцовых драйверов	Тусклый экран	1. Уменьшение срока службы дисплея 2. Нарушение передачи полутонов в диапазоне низких уровней видеосигнала 3. Больше проявление эффекта «прожигания» статической картинки на экране
Установка контраста	Тусклый экран	1. Уменьшение срока службы дисплея 2. Нарушение передачи полутонов в диапазоне низких уровней видеосигнала 3. Больше проявление эффекта «прожигания» статической картинки на экране
Период выборки строки	Ухудшение передачи полутонов	Тусклый экран
Таблица гамма-коррекции	Ухудшение передачи полутонов	Ухудшение передачи полутонов

строчная адресация в настоящее время широко используется в малоформатных цветных и монохромных STN-панелях для сотовых телефонов. Свои методы мультистрочной адресации запатентовало несколько известных производителей ЖК-дисплеев. Безусловно, реализация мультистрочной адресации значительно сложнее, чем традиционная последовательная адресация. Используются ортогональные функциональные преобразования, память, специальные вычисления для синтеза сигналов строк и столбцов. Для чего это нужно? В случае с STN-дисплеями использование мультистрочной адресации позволяет увеличить контраст и уменьшить время реакции дисплея. Существенное отличие пассивной адресации ЖК-дисплеев и OLED-дисплеев: для первых управляющим сигналом является эффективное напряжение, а для вторых — интегральный ток. То есть при пассивной адресации OLED через шины адресации требуется передавать энергию для возбуждения светодиодных пикселей матрицы. Для OLED-панелей применение мультистрочной адресации позволит значительно уменьшить пиковый ток.

Основная идея метода — использование токовой закачки в пиксели матрицы не за один цикл выборки, а за несколько. Импульсный ток при этом может быть значительно уменьшен, следовательно, будет снижена деградация органического материала. При этом можно уменьшить проявление и кросс-эффекта, связанного с протеканием больших токовых сигналов по шинам адресации. Другой положительный эффект — расширение степени мультиплексирования и границ применимости пассивной адресации на больший формат OLED-экранов.

Путей для реализации метода может быть несколько. Например, можно использовать

декомпозицию или интеграцию требуемого изображения из нескольких последовательных изображений — сэмплов. Синтез сэмплов осуществляется на основе анализа контекста исходного изображения. Традиционная схема пассивной адресации может быть представлена как суперпозиция во времени последовательных  $N$  кадров, в каждом из которых светится всего одна строка. В этом случае яркость элементов строки должна быть в  $N$  раз больше яркости изображения. Интегрированная полная картинка обеспечивается зрительной системой человека. С другой стороны, теоретически профиль изображения может быть представлен как сумма профилей, набранных из отдельных «кирпичиков».

Все это выглядит довольно просто (рис. 16), однако в рамках простой пассивной адресации сделать это несколько затруднительно. Нужно найти функциональные преобразования, обеспечивающие простую реализацию алгоритма в дисплейной электронике, так чтобы полученный эффект стоил бы выше дополнительных аппаратных затрат. В результате мы должны получить размывание энергии при выборке на некоторое множество элементов матрицы, которое имеет больше элементов изображения, чем при обычной пассивной адресации. Уже за счет этого можно снизить амплитуды сигналов и уменьшить стресс органической структуры светодиодов пикселей, а также уменьшить потери мощности на шинах адресации.

При этом можно подобрать такие профили, которые можно реализовать в рамках возможностей пассивной адресации. В «штатном» режиме пассивной адресации выбирается всего одна строка. Если выбирать несколько строк, то на экране будут воспроизводиться фрагменты вертикальных или горизонталь-



Рис. 16. Пример декомпозиции изображений из нескольких кадров

ных полосок, прямоугольников. Синтез изображения можно выполнять по определенной схеме.

На основе анализа изображения (требуется организовать два кадровых буфера) вычисляются сектора изображения, имеющие большой уровень яркости. Эти объекты будут адресоваться в виде суперпозиции агрегатов — нескольких прямоугольных областей. Яркость областей будет рассчитываться так, чтобы обеспечить нужный уровень яркости восстанавливаемого изображения.

Таким образом, процесс будет состоять из двух фаз — первой фазы, в которой крупными «мазками» прорисовываются фрагменты изображения, имеющие больший уровень яркости и большие размеры, и юстировочной фазы, в которой методом обычной последовательной адресации «строка за строкой» подрисовываются тонкие детали и добирается нужный уровень яркости в больших фрагментах.

Красиво? Однако довольно дорого! И все это для того, чтобы решить технологические проблемы адресации за счет усложнения дисплейной электроники. Нужно найти оптимальный алгоритм, чтобы реализовать обработку в реальном масштабе времени с минимальными аппаратными затратами и минимальными искажениями. Должна быть использована арифметика, работающая только с целыми числами.

Более простой вариант мультистрочной адресации не требует анализа контекста всего изображения в кадре. Достаточно иметь буфер памяти всего на несколько строк. На рис. 17 показан пример синтеза яркостного рельефа, представленного матрицей формата  $3 \times 5$ , посредством суммирования матричных сигналов трех последовательных кадров, в которых используется одновременная выборка нескольких строк. При этом на пиксели данных строк подаются одинаковые сигналы. Например, в первом кадре одновременно выбираются строки 1+2, 3+4, во втором кадре — строки 2+3 и 4+5, а в третьем кадре — 2+4.

В узлах матрицы вписаны значения яркостей фрагмента изображения.

Матрица слева — исходное изображение. Справа три матрицы, содержащие сэмплы сигналов для композиции изображения.

Конечно же, на рисунке приведена только иллюстрация метода. В реальности все сложнее.

Метод Total Matrix Addressing разработан фирмой CDT. Ключевое слово в названии Total и характеризует суть метода — использование суммирования для достижения

109 238 28	0 82 25	0 0 0	109 156 3
112 237 28	0 82 25	112 155 3	0 0 0
150 234 25	0 41 22	112 155 3	38 38 0
189 232 22	0 41 22	189 191 0	0 0 0
227 229 19	0 0 0	189 191 0	38 38 19

Рис. 17. Пример декомпозиции изображения тремя последовательными матрицами

Первый патент (US Pat. No.5,485,173) на мультистрочную адресацию MLA (Multi Line Addressing) был выдан авторам из американской компании InFocus Systems 1 апреля 1991 года. Уже в 1992 году на SID'92 был продемонстрирован прототип цветного STN-дисплея форматом 240×240 с активной адресацией. Схема управления прототипом была сделана на базе готовых микросхем драйверов TFT-дисплеев и ПЛИС. Реализация адресации получилась довольно громоздкой и дорогой.

В октябре 1992 года Motorola и InFocus System образовали венчурное предприятие Motif для продвижения технологии мультистрочной адресации. В настоящее время эта фирма занимается продажей лицензий на данную технологию другим компаниям. Однако в последующие годы и другие ведущие производители ЖК-дисплеев, такие как Optrex, Sharp, Philips, сумели создать и запатентовать свои технологии, аналогичные мультистрочной адресации.

требуемого интегрального тока. Впервые метод анонсирован еще на симпозиуме SID'06.

В методе TMA одновременно адресуются несколько строк или столбцов за одну выборку. Пиковый ток уменьшается, уменьшаются и потери на шинах. Также при снижении пиковых значений тока уменьшается стрессовое воздействие на светоизлучающую структуру. Уменьшается эффект «прожигания» экрана, снижается уровень деградации, что приводит к увеличению долговечности дисплея. Предварительные испытания метода адресации TMA на дисплеях малого формата показали уменьшение мощности потребления на 50%, что равноценно удвоению яркости в два раза при потребляемой мощности, соответствующей дисплеям с традиционной пассивной адресацией. В первую очередь будут разработаны микросхемы драйверов для дисплеев, предназначенных для сектора мобильных телефонов, PDA и портативных DVD-плееров. Драйверы могут быть использованы для адресации дисплеев как по технологии OLED, так и по технологии PLED.

Технология TMA потенциально может улучшить возможности пассивной адресации до уровня активной адресации. Однако эти возможности не беспредельны, и OLED-дисплеи большого размера наверняка будут использовать только активную адресацию. В ноябре фирма CDT объявила о начале своей программы по реализации патентованного метода мультистрочной адресации OLED. Для разработки драйверов, в которых будет реализована аппаратная поддержка метода TMA, была закуплена небольшая американская фирма Next Sierra.

Специалисты Next Sierra намерены в кратчайшие сроки произвести разработку линейки серийных драйверов TMA для обеспечения управления малоформатных OLED-экранов. В позапрошлом году фирма была отмечена US Display Consortium за свои разработки двух микросхем драйверов для AM-OLED.

## Драйверы OLED-дисплея для пассивной адресации

Первой фирмой, которая разработала и начала серийное производство драйверов для пассивной адресации OLED, стала американская фирма Clare Micronix. Первые образцы микросхем на TSP-носителях появились на рынке еще в 2000 году.

Разработанные Clare Micronix линейки столбцовых и строчных драйверов должны были обеспечить управление OLED-дисплеями с пассивной адресацией с форматами вплоть до 320×240. Однако вскоре выявился ряд трудностей, которые не позволили реализовать пассивную адресацию с таким мультиплексированием. Так что драйверы Clare оказались невостребованными на рынке в то время. Структура их морально устарела, и на сегодняшний момент фирма прекратила производство OLED-драйверов.

В настоящее время в большинстве дисплейных модулей OLED и PLED используются микросхемы драйверов, а также драйверов-контроллеров нескольких ведущих фирм:

- Solomon Systech (fabless-компания, [w ww.solomon-systech.c om](http://www.solomon-systech.com));
- STMicroelectronics ([w ww.stm.c om](http://www.stm.com));
- Princeton Technology Corp. ([w ww.princeton.c om.tw](http://www.princeton.com.tw));
- SYNCOAM Co. Ltd ([w ww.syncoam.c om](http://www.syncoam.com));
- MagnaChip ([w ww.magnachip.c om](http://www.magnachip.com));
- Eliatech Co. Ltd ([w ww.eliatech.c om](http://www.eliatech.com));
- SinoWealth Micro-Electronics Corp. ([w ww.sinowealth.c om](http://www.sinowealth.com)).

Существуют отдельные драйверы строк и столбцов, например, драйверы Clare Micronix MXED102/MXED103 или PT6807/PT6810 Princeton, а также однокристалльные драйверы, в которых интегрированы драйверы строк и столбцов, а также графическая память. В современных драйверах OLED-дисплеев кроме функций управления разверткой по строкам и столбцам интегрированы и некоторые функции графического контроллера. Благодаря этому имеется возможность построения примитивных графических объектов, таких как отрезок прямой, прямоугольная область, круг. С помощью команд можно производить аппаратный скроллинг, стирание, перенос и копирование объектов на экране. Поддерживается также формирование курсоров нескольких типов. В большинстве драйверов-контроллеров имеется встроенный DC/DC-конвертор для формирования напряжений питания выходных каскадов схем управления строками и столбцами OLED. Как правило, все однокристалльные контроллеры имеют параллельный и последовательный интерфейс для связи с управляющим контроллером. Имеются драйверы-контроллеры, которые предназначены для управления цветными OLED с поддержкой генерации полутонов. В новом поколении драйверов-контроллеров, предназначенных для использования в цветных OLED-дисплеях сотовых телефонов, появился интерфейс для

встроенной КМОП-камеры. Видеосигнал изображения с камеры поступает непосредственно на OLED-дисплей. Для предотвращения «прожигания» экрана в современных контроллерах-драйверах уже заложена функция скринсейвера. Программно можно выбрать режим этой функции, реализуемой посредством управляемой миграции рабочего изображения в поле всего экрана в пределах нескольких пикселей. Период смещения картинок составляет несколько минут, поэтому действие скринсейвера практически незаметно для глаза.

### Микросхемы OLED-драйверов — контроллеров Solomon Systech

Тайваньская фирма Solomon Systech разработала свою линейку OLED-драйверов (табл. 6), которые тут же нашли применение в ряде серийных малоформатных дисплеев ряда тайваньских фирм.

Таблица 6. Семейство драйверов-контроллеров OLED фирмы Solomon Systech

Драйвер	Формат (SEG×COM)	Тип дисплея
SSD1300	104×48	Мультицветный
SSD1301	132×64	Монохромный
SSD1303	132×64	Мультицветный
SSD1305	132×64	Монохромный
SSD1325	128×80	Монохромный с 16 градациями серого
SSD1328	128×128	Монохромный с 16 градациями серого
SSD1329	123×128	Монохромный с 16 градациями серого
SSD1331	96RGB×64	Цветной, 65K
SSD1332	96 RGB×64	Цветной, 65K
SSD1335	132 RGB×88	Цветной, 262K
SSD1338	132 RGB×132	Цветной, 262K
SSD1339	132 RGB×132	Цветной, 262K
SSD1353	160RGB×128	Цветной, 262K
SSD2328	132RGB×132	Цветной AMOLED, 262K
SSD2383	132RGB×132	Цветной AMOLED, 262K
SSD2388	176RGB×220	Цветной AMOLED, 262K

На рис. 18 показана схема цветного OLED-дисплея для сотового телефона на базе микросхемы драйвера-контроллера SSD1339.

Основные параметры драйвера-контроллера SSD1339:

- столбцовых выходов — 396 (132 RGB);
- число строчных выходов — 132;
- 2 отдельных выхода для управления иконками;
- встроенное дисплейное ОЗУ — 132×133×18 бит;
- кодирование цвета — 6 бит/цвет;
- палитра — 262K;
- управление яркостью;
- управление контрастом — 256 градаций;
- встроенный DC/DC-конвертор для формирования высокого напряжения управления OLED;
- встроенная аппаратная поддержка графики — рисование линии, прямоугольника, круга, выделение, копирование и перенос фрагментов изображения, отображение нескольких типов курсоров;
- питание логики — 2,4–3,6 В;
- питание OLED — 7–18 В.

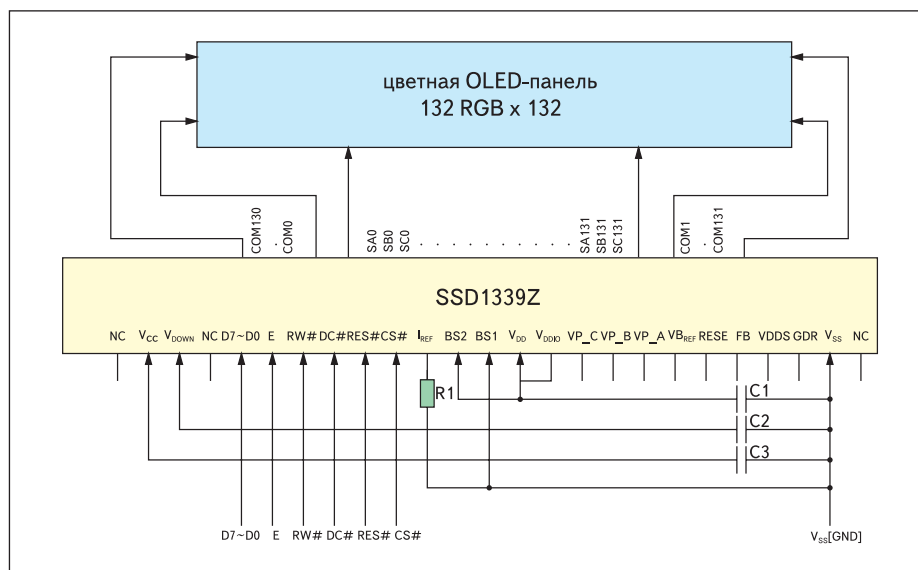


Рис. 18. Схема управления цветным OLED-дисплеем форматом 132 RGB × 132 на базе драйвера-контроллера SSD1339Z

Таблица 8. Драйверы для пассивной адресации PLED корейской компании MagnaChip

Тип	Формат экрана (SEG/COM)	Цветовая палитра	GRAM (байт)	Поле иконок	Vcc, min (В)	VLed (В)	Корпус
EP6002	96×96	65K	18,432	50×4	2,4	8–18	TCP
EP7002	96×96	260K	20,736	50×4	1,8	5–18	TCP
EP7003	96×96	260K	20,736	48×4	1,7	9–18	COG
EP7202	128×160	260K	46,080	50×4	1,65	8–20	TCP/COF

### Микросхемы OLED драйверов-контроллеров SYNCOAM

Южнокорейская компания SYNCOAM производит драйверы-контроллеры как для TFT-дисплеев, так и для OLED-дисплеев сотовых телефонов (табл. 7).

### Драйверы OLED фирмы MagnaChip

Небольшая корейская компания MagnaChip разрабатывает и производит микросхемы драйверов для малоформатных TFT-дисплеев (табл. 8), а также драйверы для OLED-дисплеев. Кроме того, компания производит КМОП-камеры для мобильных устройств. Фирма также производит заказные драйверы для OLED с активной адресацией (AMOLED).

Основные параметры драйвера EP7202:

- формат — 128 RGB столбцовых, 160 строчных выводов;
  - емкость встроенного дисплейного ОЗУ — 128×18(RGB)×160 = 368,640 бит.
- Функции дисплейного контроллера:
- инверсия выделенного изображения;
  - режим выделения окна;
  - режим частичного окна на экране;
  - аппаратный Screen saver: вертикальное, горизонтальное, диагональное, а также другое программируемое смещение;
  - выходной ток столбцов: 7 бит, 0–254 мкА, дискрет 2 мкА;
  - регулировка напряжения предзаряда: 6 бит, диапазон 0–1008 мкА, дискрет 16 мкА;
  - абсолютная погрешность при задании тока <math>< \pm 6\%</math>;

- выходной ток строчного драйвера: макс. 100 мА;
- напряжения питания: ядро контроллера — 1,65–1,95 В, входы–выходы логики — 1,65–3,4 В;
- питание формирователей строк и столбцов: 8–20 В.

Таблица 10. Номенклатура OLED-дисплеев RiTek

Диагональ	Формат	Код	Цвета				Размеры (мм)		Толщина (мм)	Монтаж
			Blue	Yellow	White	Red	Панель	Рабочее поле		
0,7"	64×64	P15901	•				20,0×20,0	12,46×12,46	1,4	TAB
0,8"	80×48	P10802	•			•	26,00×22,5	17,58×10,54	1,65	COG
0,8"	96×39	P12101	•	•			24,46×15,17	19,372×8,138	1,65	TAB
0,8"	96×32	P13203	•		•	•	27,18×14,88	19,18×6,38	1,65	TAB
0,8"	96×16	P13702	•		•	•	26,0×9,20	21,1×3,5	1,65	TAB
1,0"	128×64	P08301	•	•		•	30,0×20,16	23,02×11,98	2,05	TAB
1,0"	128×64	P12301	•	•		•	28,22×21,63	23,02×11,98	1,65	COG
1,0"	128×64	P12302	•	•		•	28,22×21,63	23,02×11,98	1,65	COG
1,0"	128×32	P12601	•	•			30,0×14,0	25,326×6,6	1,65	TAB
1,0"	96×3×64	P12801	65K Full Colors				24,8×22,42	0,147×13,42	1,45	COG
1,0"	96×3×64	P12802	65K Full Colors				24,8×22,42	20,147×13,42	1,2	COG
1,0"	128×64	P13501	•			•	29,6×19,7	21,74×12,14	1,65	TAB
1,0"	128×64	P13502	•		•	•	29,6×19,7	21,74×12,14	1,65	TAB
1,0"	96×64	P15201	•	•			25,34×22,5	20,14×13,42	1,62	COG
1,0"	96×64	P15203	•			•	25,34×22,5	20,14×13,42	1,4	COG
1,1"	128×32	P13603	•	•	•	•	32,7×14,5	27,5×6,86	1,65	TAB
1,1"	96×3×96	P14401	65K Full Colors				27,0×27,0	20,147×20,14	1,45	TAB
1,1"	128×36	P16501					31×16,1	26,86×7,54	1,2	COG
1,3"	128×96	P14201	•	•	•	•	33×26,8	26,86×20,14	1,65	COF
1,3"	96×64	P15301	•				31,1×30,5	24,942×20,122	2,02	COG
1,46"	128×3×128	P15501	262K Full Colors				33,5×33,5	26,291×26,284	1,45	COF
1,5"	128×3×128	P09510	262K Full Colors				36,0×36,0	26,855×26,86	2,05	COF
1,5"	128×128	P15101	•	•	•	•	36,0×35,9	26,86×26,86	1,65	TAB
1,5"	160×3×128	P16001	262K Full Colors				36,4×29,5	29,747×23,79	1,42	COF
1,8"	128×3×160	P11701	262K Full Colors				36,0×41,1	28,007×35,02	2,05	COF
1,8"	160×3×128	P16801	262K Full Colors				42,7×33,4	35,015×28,012	2,05	COF
2,4"	128×64	P09704	•	•	•	•	65,5×40,0	55,01×27,49	2,05	TAB
3,2"	256×64	P16301					87,4×28,5	79,084×19,948	1,82	COF

Таблица 7. Однокристалльные драйверы для PMOLED фирмы SYNCOAM

Драйвер	Основные параметры
SEPS104	96 RGB×64 пикселей, 262K цветов
SEPS225	128 RGB×128 пикселей, 262K цветов
SEPS252	160 RGB×128 пикселей, 262K цветов
SEPS255	128 RGB×160 пикселей, 262K цветов
SEPS645	220 RGB×176 пикселей, 262K цветов

Таблица 9. Драйверы-контроллеры Eliatech Co. Ltd.

Драйвер	Выходы	Описание
ETDP100SM	96×64 +20Icon	Driver & Controller, A/C 4grey, TCP
ETDP101TM	96×64	Driver & Controller, A/C 16grey, TCP
ETDP101XC	96 RGB×96	Driver & Controller, A/C 65k color, TCP
ETDP103TM	128×128	Driver & Controller, A/C 16grey, COF
ETDP200YC	128×RGB	Data driver, TCP
ETDP300YC	160	Scan driver, TCP
ETDP400YC	128 RGB×160	Controller, 16grey, 240QFP
ETDP201YC	176×RGB	Data driver, COF
ETDP301YC	240	Scan driver, COF
ETDP401YC	176 RGB×240	Controller, 16grey, 144QFP

Микросхемы драйверов, а также драйверов-контроллеров выпускает еще одна корейская фирма — Eliatech Co. Ltd. (табл. 9). Микросхемы, в первую очередь, предназначены для использования в OLED-дисплеях Samsung.

### Серийные модули OLED-дисплеев

Для того чтобы получить представление о номенклатуре выпускаемых в настоящее время дисплейных модулей OLED, приведем табличные данные по продукции нескольких ведущих производителей (табл. 10–15).

**Таблица 11. PLED алфавитно-цифровые и графические модули Winstar**

Серия	Формат, символстрока или пиксель	Размер модуля, мм	Рабочее поле, мм	Размер точки, мм	Контроллер
WP1602A	16×2	84,0×44,0	66,0×16,0	0,50×0,60	PT6880
WP1602B	16×2	80,0×36,0	66,0×16,0	0,50×0,60	PT6880
WP1602C	16×2	85,0×36,0	66,0×16,0	0,50×0,60	PT6880
WP1602D	16×2	85,0×30,0	66,0×16,0	0,50×0,60	PT6880
WP1602J	16×2	80,0×36,0	66,0×16,0	0,50×0,60	PT6880
WP1602M	16×2	85,0×32,6	66,0×16,0	0,50×0,60	PT6880
WP1602O	16×2	85,0×25,2	66,0×16,0	0,50×0,60	PT6880
WP1602P	16×2	85,0×25,2	66,0×16,0	0,50×0,60	PT6880
WP2001A	20×1	116,0×37,0	85,0×18,6	0,60×0,67	PT6880
WP2002A	20×2	113,0×41,4	79,0×17,0	0,55×0,60	PT6880
WO12864A	128×64	93,0×70,0	68,5×35,3	0,48×0,48	PT6866
WP2004A	20×4	98,0×60,0	77,0×25,2	0,55×0,55	PT6880

**Таблица 12. PLED алфавитно-цифровые и графические модули OSD (One Stop Displays)**

Серия	Формат, символстрока или пиксель	Размер модуля, мм	Рабочее поле, мм	Размер точки, мм	Контроллер
OSD1002-A	10×2	58,0×32,0	36,0×14,0	0,40×0,50	PT6880
OSD1602-A	16×2	80,0×36,0	56,0×13,8	0,51×0,60	PT6880
OSD1602-3	16×2	84,0×44,0	66,0×16,0	0,50×0,60	PT6880
OSD1602-6	16×2	84,0×44,0	66,0×16,0	0,50×0,60	PT6880
OSD1602-B	16×2	85,0×30,0	56,0×13,8	0,51×0,60	PT6880
OSD1602-B1	16×2	85,0×30,0	56,0×13,8	0,51×0,60	PT6880
OSD1602-D	16×2	85,0×36,0	56,0×13,8	0,51×0,60	PT6880
OSD2002-2	20×2	113,0×41,4	79,0×17,0	0,55×0,65	PT6880
OSD2002-3	20×2	113,0×41,4	79,0×17,0	0,55×0,65	PT6880
OSD2002-B	20×2	116,0×37,0	79,0×17,0	0,55×0,65	PT6880
OSD2401-4	128×64	76,7×52,7	60,0×32,5	0,40×0,40	PT6810
OSD2004	20×4	98,0×60,0	75,0×24,4	0,55×0,55	PT6880
OSD6416-A(F)	64×16	58,0×32,0	36,0×14,0	0,40×0,50	PT6810

В модулях используются контроллеры PT6810 и PT6880 фирмы Princenton

**Таблица 13. PLED графические дисплеи OSD (One Stop Displays)**

Тип	Разрешение, пиксели	Размер модуля, мм	Контроллер	Параметры
OSD-6448OALBAT02	64×48	21,0×18,4	SSD1303	Монохромный: светло-голубой
OSD-9664OGLBCT01	69×64	27,2×21,5	SSD1303	Монохромный: светло-голубой
OSD-9639OAMBAG01	96×39	23,8×16,2	SH1101A	Монохромный
OSD-9639OAGMBAT01	96×39	26,8×16,7	SSD1303	Монохромный
OSD-9663OGMADT01	96×39	27,2×21,5	SSD1303	Монохромный
OSD-9663OGMACF02	96×39	27,2×21,5	US2020	Монохромный
OSD-9664OGFADF04	96×64	27,2×21,5	SSD1332	Цветной 65K
OSD-9664OGLBBF02	96×64	27,2×21,5	US2020	Монохромный, Blue
OSD-2832OGLBAT01	128×32	33,4×14,5	PT6866	Монохромный
OSD-2864OAMBAG01	128×64	26,7×19,3	SH1101A	Монохромный
OSD-2864OAGMBAT01	128×64	30,0×20,2	SSD1303	Монохромный
OSD-2896OAFEF01	128×96	33,7×26,9	SSD1339	Цветной 262K
OSD-2896OGFEBF01	128×96	35,0×25,4	SSD1339	Цветной 262K
OSD-2828OGFECF01	128×128	32,0×32,0	SSD1339	Цветной 262K
OSD-2828OGCEAF02	128×128	36,0×36,0	SSD1339	Цветной 262K
OSD-3264OAGMCAT01	132×64	33,4×21,7	SSD1303	Монохромный
OSD-5664OASAT02	256×64	84,0×25,8	STV8105	Монохромный, Yellow
OSD-5664OALBBT02	256×64	88,0×27,8	STV8105	Монохромный, Blue

Интерфейс модуля полностью совместим с интерфейсом контроллера HD44780 стандартных алфавитно-цифровых модулей ЖКИ (рис. 19, 20).

### Успехи в области больших экранов OLED

В октябре 2006 года компания Samsung продемонстрировала свой новый продукт — телевизор на базе 17-дюймового AMOLED-дисплея. Экран имеет толщину всего 12 мм, а разрешение — 1600×1200 пикселей. Яркость дисплея — 400 нит, контраст 1000:1.

На прошедшей недавно выставке бытовой электроники CEO в Лас-Вегасе в январе 2007 года Sony продемонстрировала два OLED телевизора с экранами 27 и 11 дюймов. Два года назад Samsung разработал прототип 40-дюймового AMOLED-дисплея.

**Таблица 14. PLED графические дисплеи UNIVISION**

Тип	Разрешение, пиксели	Размер модуля, мм	Контроллер	Параметры
UG-6448ALBAT02	64×48	21,0×18,4	SSD1303	Монохромный: светло-голубой
UG-9639GMBAT01	96×39	26,8×16,7	SSD1303	Монохромный: 2 цветовые области (светло-голубой, желтый); интерфейс: параллельный, SPI
UG-9639GMBBT01	96×39	26,8×16,7	SSD1303	Монохромный: 2 цветовые области (светло-голубой, желтый)
UG-9646GMBBG01	96×46	28,8×21,2	SSD1303	Монохромный: 2 цветовые области (светло-голубой, желтый)
UG-9663GMADT01	96×63	27,2×21,5	SSD1303	Монохромный: 3 цветовые области (светло-голубой, зеленый, оранжевый)
UG-9663GMAACF02	96×63	27,2×21,5	US2020	Монохромный: 128 градаций, 3 цветовые области (светло-голубой, зеленый, оранжевый)
UG-9663GMAAT01	96×63	—	—	Монохромный
UG-9664GLBCT01	96×64	27,2×21,5	SSD1303	Монохромный: светло-голубой; интерфейс: параллельный, SPI
UG-9664GLBBF02	96×64	27,2×21,5	US2020	Монохромный: 128 градаций светло-голубого; интерфейс: параллельный
UG-9664GFADF04	96×64	27,2×21,5	—	Цветной: 64K цветов
UG-9664GLBBT01	96×64	—	—	
UG-2832GLBAT02	128×32	33,4×14,5	PT6866	Монохромный: светло-голубой; интерфейс: параллельный, SPI, I <sup>2</sup> C
UG-2832GLBAT01	128×32	33,4×14,5	SSD1303	Монохромный: светло-голубой; интерфейс: параллельный, SPI
UG-2833ALBAF01	128×33	62,3×22,6	STV8102	Монохромный: светло-голубой; интерфейс: параллельный, SPI, I <sup>2</sup> C
UG-2864GMBAT01	128×64	30,0×20,2	SSD1303	Монохромный: 2 цветовые области (светло-голубой, желтый); интерфейс: параллельный, SPI
UG-2864GMAAT01	128×64	30,0×20,2	SSD1303	Монохромный: 3 цветовые области (светло-голубой, зеленый, оранжевый)
UG-2828GFEFF01	128×128	36,0×36,0	SSD1339	Цветной: 262K цветов; интерфейс: 8/9/16/18-разрядный параллельный, SPI
UG-2828AMBTT01	128×128	—	—	Монохромный
UG-2828AMBAT01	128×128	—	—	
UG-3264GMCAT01	132×64	33,4×21,7	SSD1303	Монохромный: 4 цветовые области (светло-голубой, зеленый, оранжевый, желтый)
UG-5664ALBBT02	256×64	88,0×27,8	STV8105	Монохромный: светло-голубой; интерфейс: Parallel, SPI
UG-5664ASAT02	256×64	84,0×25,8	STV8105	Монохромный: желтый; интерфейс: Parallel, SPI
UG-6028GDEAF01	160×128	35,8×30,8	SEPS525	Цветной: 262K цветов; интерфейс: 8/9/16/18-разрядный параллельный, SPI
UG-6028GDEBF01	160×128	39,9×34,0	SEPS525	Цветной: 262K цветов; интерфейс: 8/9/16/18-разрядный параллельный, SPI

**Таблица 15. Графические OLED-модули Densitron**

Модель	Формат, пиксели	Размеры, мм	Рабочее поле, мм	Контроллер
DD-10416BE-1A	104×16	31,3×9,2×1,85	23,3×5,28	SSD1300Z
DD-128128FC-4B	128×128	33,8×34×1,7	28,865×28,865	SSD1339
DD-12833BE-1A	33×128	62,3×22,6×2,2	57,02×15,18	STV8102
DD-12864WE-1A	64×128	26,7×19,26×2,1	23,74×12,86	SH1101A
DD-160128FC-1A	160×128	35,8×30,8×1,7	30,78×25,02	SEPS525F
DD-160128FC-2A	160×128	39,9×34×1,7	35,575×28,864	SEPS525
DD-25664BE-1A	64×256	88×27,8×2,2	78,78×21,18	STV8105
DD-25664YW-1A	64×256	84×25,8×2,2	71,104×19,264	STV8105
DD-25664YW-2A	64×256	88×27,8×2,2	78,78×21,18	STV8105
DD-2832BE-1A	32×128	33,4×14,5×1,8	29,5×8,06	SSD1303T6
DD-2832BE-2A	32×128	33,4×14,5×1,8	29,5×8,06	SSD1303
DD-2864BY-1A	64×128	30×20,16×1,8	25,02×13,86	SSD1303T6
DD-2864BY-2A	64×128	30×20,16×1,8	25,02×13,86	SSD1303
DD-32645C-1A	64×132	33,4×21,7×1,8	28,38×14,98	SSD1303T6
DD-32645C-2A	64×132	33,4×21,7×1,8	28,38×14,98	SSD1303
DD-6448BE-1B	48×64	21×18,4×2,2	16×12,14	SSD1303T5
DD-96633C-1B	96×63	27,2×21,5×1,8	24×17	SSD1303T3



**Рис. 19.** Алфавитно-цифровой PLED-модуль формата 4×20



**Рис. 20.** Графический монохромный PLED-модуль формата 128×64

## Заключение

За последние годы удалось достичь несомненного прогресса в области дисплейной технологии OLED. Расширяется рынок, растет объем продаж изделий с OLED-дисплеями.

Однако пока еще стабильность цветокорректирующих добавок, а также долговечность самих органических материалов недостаточна для уровня массового производства. Следует признать, что в настоящий момент и позиции ЖК-дисплеев TFT очень крепки. Мало того, они укрепляются за счет совершенствования параметров и снижения цены. ЖК-телевизоры практически вытеснили с рынка плазменные телевизоры. Довольно крепки позиции ЖК-дисплеев и в секторе мобильных устройств. При создании OLED с большими экранами актуальной задачей является трассировка и рассеяние большой энергии. Суммарные токи на OLED с экраном 15–17 дюймов достигают несколько ампер, а выделяемая тепловая мощность — десятков ватт. У ЖК-дисплеев таких проблем нет. В нем свет формируется отдельно от управления модуляцией. То есть преимущество схемы OLED — объединение модуляции и светоизлучения — вызывает дополнительные проблемы, при решении которых приносятся в жертву достоинства OLED. В то же время широкое внедре-

ние сверхмощных светодиодов в качестве излучателей для задней подсветки расширяет возможности ЖК-дисплеев и значительно увеличивает эффективность энергии за счет отказа от применения цветных фильтров. Цветные фильтры поглощают до 70% световой энергии. Для этого требуется повысить быстродействие ЖК-ячеек до уровня 1–2 мс и использовать раздельную модуляцию по трем цветовым компонентам светового потока. И это уже реально. Данная схема последовательной покадровой цветовой модуляции уже используется в некоторых военных дисплейных системах США. А серийные ЖК-мониторы уже сейчас имеют быстродействие на уровне 8–10 мс. Так что развивающейся технологии OLED предстоит нелегкая борьба за выживание со своим очень сильным конкурентом — ЖК-дисплеями. ■

## Литература

1. Eisenbrand F, Karrenbauer A., Skutella M., Xu C. Multiline Addressing by Network Flow.
2. Wang R., Wu G. Cost Effective Color Display Solution For Handheld Devices. Solomon Systech Limited.
3. Kim M. S., Lim J. T., Jeong C. H., Lee J. H., Yeom G. Y. White organic light-emitting diodes from three emitter layers.