

Гибкие OLED-дисплеи

Павел Куркин

Дается обзор последних достижений в области гибких дисплеев на основе органических материалов. Отмечается хороший уровень технологической готовности для массового производства новой дисплейной технологии.

Гибкие дисплеи давно являются мечтой многих пользователей, и разработчики постоянно работают над реализацией этой мечты. Такие дисплеи были бы идеальны почти для всех типов портативных устройств — электронных книг, мобильных телефонов, игр, плееров, карманных компьютеров и даже ноутбуков. Однако с практической реализацией мечты дело обстоит не так уж хорошо. Хотя отделы разработки многих компаний постоянно сообщают о разработке очередного прототипа с замечательными характеристиками, в продаже устройств с гибкими дисплеями практически нет.

Но в начале этого года компания LG.Philips на выставке CES 2008 впервые показала гибкий 14,3-дюймовый дисплей формата A4 разрешением 1280x800, отображением 16,7 миллионов цветов и углами обзора, близкими к 180 градусам (рис. 1).

В мае инженеры фирмы Sony показали гибкий дисплей на базе органической светодиодной технологии (OLED), отображающий

16,7 миллионов цветов — с габаритами 64x64 мм и разрешением 160x120 точек, обладающий очень малой толщиной 0,3 мм (рис. 2).

По сравнению с прошлогодними гибкими панелями налицо явный прогресс, но розничных продаж устройств с такими панелями в магазинах пока мало, весь рынок 2007 года оценивается в 80 миллионов долларов. Однако аналитики считают будущее технологий гибких дисплеев вполне перспективным. Например, по мнению специалистов из агентства iSupply, именно 2008 год является переломным для рынка гибких дисплеев, а уже к 2013 году объем рынка гибких дисплеев достигнет 2,8 миллиарда долларов. Насколько можно доверять этим прогнозам? Путь от образца к серийному устройству не является прямолинейным. Часто оказывается, что маленькие опытные образцы совершенно не удается увеличить до приемлемой диагонали, высокое разрешение достигается лишь в лаборатории. К тому же обычно красивые полноцветные прототипы через год-другой совершенно теряют яркость и насыщенность цветов — органика крайне недолговечна. Например, давно ожидалось, что

обычные негибкие органические светодиодные панели OLED (Organic Light Emitting Diode) уже должны были заменить ЖК-дисплеи. Прототипов крупных OLED-дисплеев сделано много, включая с диагональю 27 дюймов и более. Однако до сих пор основное назначение OLED-дисплеев — небольшие экраны телефонов и плееров, а единственный серийный OLED-телевизор Sony XEL-1 с диагональю 11 дюймов и разрешением 960x540 точек (QHD) остается крайне дорогим (рис. 3).

Тем не менее ситуация в этом году явно изменилась и успехи в разработке гибких OLED-дисплеев обозначились довольно серьезно. В октябре о реальной возможности такого производства сообщили разработчики из научной лаборатории материалов (Materials Science Laboratory) Sony Deutschland GmbH в Штутгарте и исследователи лаборатории полимеров при Институте Макса Планка (Max-Planck-Institute) в Майнце. Совместными усилиями ученым удалось создать и продемонстрировать первый гибкий светопрозрачный многоцветный дисплей на клейкой полимерной матрице на базе технологии триплет-триплетной аннигиляции энергии фотонов



Рис. 1. Гибкий дисплей компании LG



Рис. 2. Гибкий дисплей фирмы Sony



Рис. 3. Телевизор Sony с OLED-дисплеем

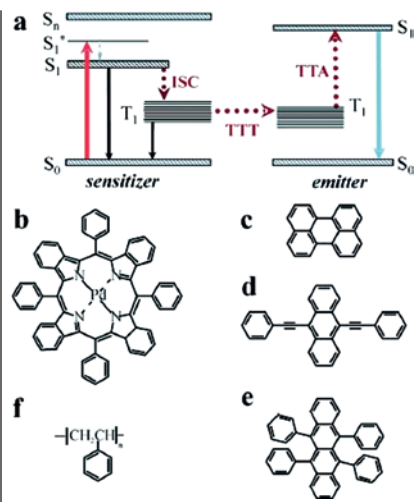


Рис. 4. Принцип формирования излучения в органических дисплеях

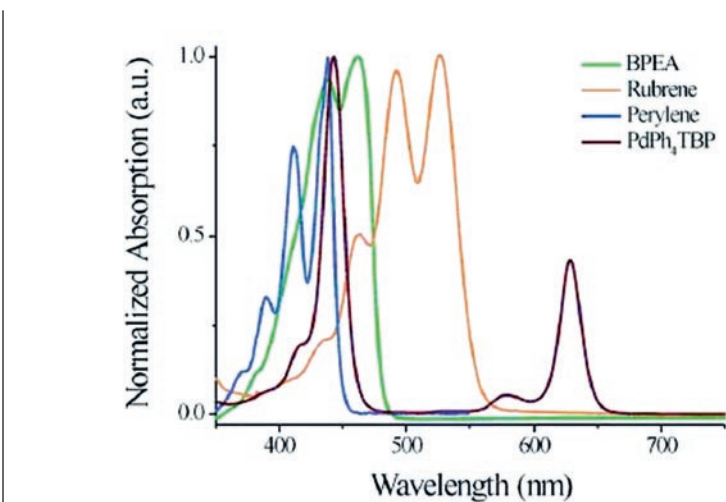


Рис. 5. Спектральные характеристики излучения органических веществ OLED

с повышением частоты красного или инфракрасного источника света (triplet-triplet annihilation assisted photon energy upconversion), сделанный полностью из органических материалов. Рассмотрим эту технологию подробнее.

Разработчики опубликовали совместный документ под названием *Annihilation Assisted Upconversion: All-Organic, Flexible and Transparent Multicolour Display*, который рассказывает о новых рубежах технологии производства гибких OLED-дисплеев. В частности, теперь сняты ограничения на производство крупных экранов с высоким разрешением, ранее недоступные в связи со сложностями разработки органических компаундов с подходящими структурами, не разрушаемыми в процессе сгибания дисплея. Разработчикам удалось создать и разместить на специальной клейкой полимерной матрице уникальные композиционные органические материалы, благодаря чему появляется возможность создавать яркие и контрастные дисплеи с любой диагональю и высоким разрешением. [1, 2]

К преимуществам новой технологии создания гибких органических дисплеев относят:

- использование исключительно органических материалов;
- прозрачность и гибкость без потери функциональности;
- ультранизкая мощность активации (в красном или инфракрасном диапазоне) — менее 15 мВт/см²;

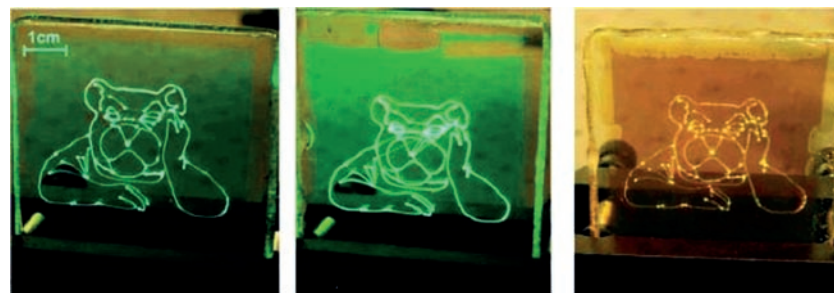


Рис. 6. Фотографии компонентов цветного гибкого органического дисплея

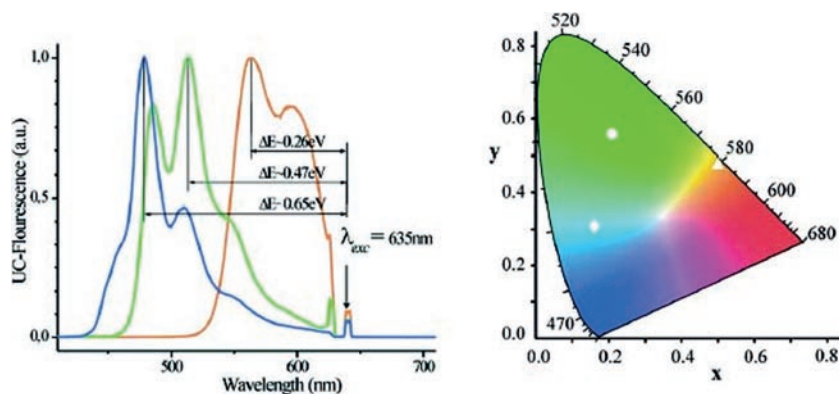


Рис. 7. Принцип формирования цвета в гибком OLED

- эмиссионное излучение — никаких дифракционных пятен;
- возможна когерентная и некогерентная активизация;
- высокая эффективность;
- быстрое время отклика — от 1 до 500 мкс (для сравнения — у ЖК-дисплеев отклик измеряется миллисекундами);
- угол обзора практически без ограничений — вплоть до полного угла внутреннего отражения;
- возможность создания многослойных дисплеев;
- размеры экрана ограничены лишь размерами подложки.

Также следует учесть основное преимущество органических дисплеев — активный режим работы: в ЖК-дисплеях жидкие кристаллы выполняют роль затвора перед источником света, а в органических

дисплея роль источников света выполняют непосредственно органические молекулы, излучающие некогерентный свет во всех направлениях.

Принцип функционирования дисплея нового типа изображен на

рис. 4, спектральные характеристики излучения разных органических веществ показаны на рис. 5. Энергетическую структуру процесса схематически можно представить в виде связанной цепи из трех физических процессов. Их суть сво-

дится к тому, что подобраны такие сочетания органических молекул, в частности, макроциклических молекул порфиринов и фталоцианинов, которые позволили создать прозрачную стабильно излучающую мультикомпонентную органическую структуру.

Измерения стабильности работы полученных материалов показали, что на протяжении 100-дневного периода непрерывного излучения дисплей практически не менял своей эффективности.

На рис. 6 приведены фотографии компонентов цветного гибкого полностью органического 2D-дисплея.

Голубой, зеленый и оранжевый слои дисплея получаются путем сочетания пар соответствующих полимеров. Собранный из них дисплей является прозрачным.

Для синего излучения длина волны 475 нм и ширина кривой на уровне полумаксимума (FWHM) около 25 нм; для зеленого излучения длина волны — 513 нм и FWHM — порядка 50 нм; для оранжевого излучения длина волны 560 нм и FWHM порядка 75 нм (рис. 7). Габариты дисплеев составляют 60х60 мм.

Скорость нарастания свечения у полученных образцов (рис. 8) колеблется в пределах 35–60 мкс в зависимости от материала активаторно-излучающей пары. Соответственно, время после свечения варьируется в пределах 30–200 мкс, также в зависимости от применённых материалов (рис. 9).

На рис. 10 представлена фотография еще одного образца дисплея габаритами 100х60 мм: длина волны излучения — 635 нм, никаких блокирующих фильтров, съемка в условиях дневной освещенности.

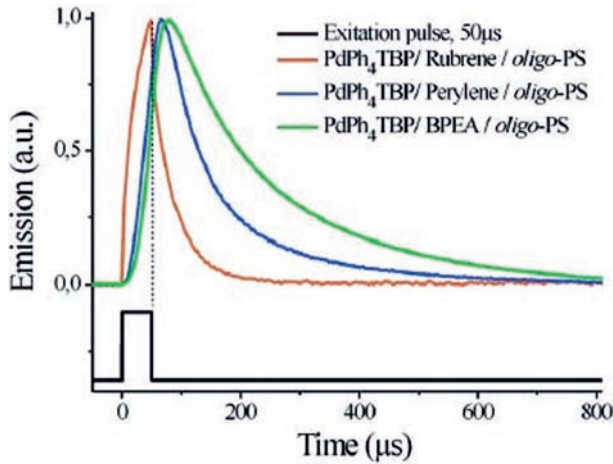


Рис. 8. Временные характеристики гибких OLED

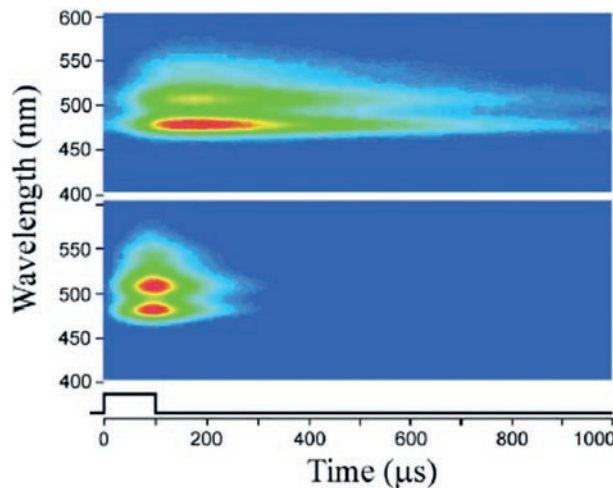


Рис. 9. Временные характеристики послесвечения гибких OLED



Рис. 10. Прозрачный гибкий OLED в диапазоне зеленого света



Рис. 11. Возможные варианты выполнения гибких дисплеев

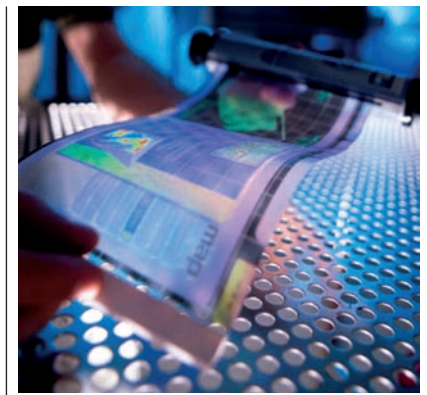


Рис. 12. Прототип гибкого дисплея фирмы HP

В статье разработчиков подчеркивается высокая яркость излучения, великолепная гибкость, стабильная работа образцов на протяжении длительного времени и отсутствие ограничений по габаритам. Более того, утверждается, что оптическую плотность экранов можно с легкостью настраивать с целью достижения необходимой степени прозрачности для различных приложений. То же самое касается времени отклика: этот параметр можно подстроить в широком диапазоне, от пары микросекунд до сотен микросекунд, что позволит измерять частоту обновляемой на экране информации килогерцами.

И, наконец, главное для практики свойство: *устойчивость материалов позволяет применить эффективную технологию производства печати на гибких подложках*. Это заявление оставляет надежду, что в какой-то разумный срок компания Sony объявит о

начале массового производства таких дисплеев и мы увидим в магазинах устройства, типа показанных на рис. 11.

Другая команда разработчиков — компания HP и университет штата Аризона тоже представили первый прототип недорогого гибкого дисплея. Этот дисплей для компьютеров больше похож на обычную бумагу, сделан практически полностью из пластика, его можно легко свернуть, к тому же он потребляет значительно меньше энергии, чем современные компьютерные экраны (рис. 12). Как полагают разработчики, популярным применением этой технологии могут стать электронные газеты и таблички.

Процесс литографии, известный как SAIL (self-aligned imprint lithography), позволил HP создать тонкий TFT-экран, который можно свернуть без сломов и перегибов. В дисплее используется активная матрица, поддерживается возможность отображать движущийся кон-

тент, а технология E-Ink от Vizplex, используемая в электронных книгах, позволяет изображению сохраниться при выключении питания.

HP также отмечает, что подобная технология делает массовое производство значительно менее дорогим и более дружелюбным к экологии. Для создания такого дисплея требуется лишь 90% материалов, которые необходимы для обычного LCD. Когда можно ожидать старта массового производства, эти разработчики тоже пока не сообщили. HP предполагает, что новые дисплеи могут оказаться весьма полезными для ноутбуков, а также других портативных устройств, таких как смартфоны, благодаря невысокой цене и хорошим показателям по энергосбережению.

В обзоре использованы материалы из следующих источников: <http://www.dpg-physik.de/index.html>, <http://www.physorg.com/>, В. Романченко. IT-байки: говорит и показывает гибкая органика // www.3Dnews.ru.