

# ЭЛЕКТРОННАЯ БУМАГА И ГИБКИЕ ДИСПЛЕИ

**Владимир Мащенко**, научный сотрудник химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова

**Виктор Беляев**, директор Российского отделения SID

**Разработкой новых устройств – гибких дисплеев и электронной бумаги (Е-бумага или E-paper) сейчас занимаются многие крупные мировые компании, специализирующиеся в области электроники. Такие устройства должны найти свое применение в производстве компактных средств вывода изображения с произвольной формой и размерами. Их можно свернуть в трубочку, сложить или скомкать, на их основе можно будет делать газеты, книги и даже одежду. Первые примеры использования таких дисплеев уже появились на рынке.**

В данной публикации рассмотрены двух, казалось бы, различных устройств не случайно и связано с тем, что две эти разработки идут параллельно друг другу и имеют целый ряд схожих свойств, а именно, возможность выведения изображения, гибкость, эластичность и др. Но есть и одно существенное различие. А именно, под Е-бумагой обычно понимают устройство, которое может долгое время сохранять выведенное на нее изображение без внешнего источника энергии, в то время как дисплеи должны иметь постоянный источник питания. При этом подача питания в Е-бумаге требуется только в момент перезаписи изображения. Перезапись может осуществляться с помощью специального устройства. Е-бумага с таким устройством получила название перезаписываемой (rewritable paper), а без такового – «дисплея в виде бумаги» (paper like display).

Время перезаписи в имеющихся аналогах Е-бумаги пока относительно велико, в то время как гибкий дисплей обычно работает в режиме обычного дисплея, то есть частота смены изображения обычно составляет около 100 Гц. Таким образом, одним из преимуществ Е-бумаги является малое энергопотребление, а преимуществом гибкого дисплея – возможность выведения не только статического, но динамического изображения.

Какие же требования предъявляют разработчики к рассматриваемым устройствам?

Более подробно рассмотрим одно из основных требований – гибкость. В устройствах она обычно достигается за счет использования пластиковых полимерных подложек вместо стеклянных, используемых в технологии твердых дисплеев. При этом, чем тоньше дисплей, тем выше его гибкость при

прочих равных условиях. Поэтому разработчики стремятся сделать как можно более тонкими не только подложки, но и другие необходимые компоненты, такие, например, как светофильтры и поляризаторы. Самый тонкий прототип – гибкий дисплей, работающий в режиме Е-бумаги. Он создан компанией Philips на основе так называемых электронных чернил, и его толщина составляет 100 мкм.

Еще одним немаловажным требованием является комфортность чтения. Следует отметить, что вопрос о том, почему мы не любим читать с экрана монитора, остается открытым. Но именно это человеческое качество и послужило требованием к разработчикам создать удобочитаемую Е-бумагу. По-видимому, одними из основных факторов, способных сделать Е-бумагу максимально похожей по своим потребительским качествам на обычную бумагу, являются отсутствие мерцания и независимость характера изображения от угла наблюдения.

И последнее требование – это многофункциональность. То есть возможность выведения на экран информации, прослушивание звука, возможность получения беспроводной информации и т.д.

Суммируя вышесказанное, можно сделать вывод, что слагаемыми успеха для рассматриваемых устройств являются:

- от обычной бумаги – удобочитаемость, гибкость, компактность;
- от дисплея – возможность перезаписи и возможность выведения динамического изображения;
- от компьютера – электронная многофункциональность.

Далее рассмотрим материалы, наиболее часто используемые для создания гибких дисплеев и Е-бумаги.

1. Различные типы ЖК (нематричные, холестерические и сегнетоэлектрические) и композиты на их основе. К наиболее распространенным композитам относятся PDLC (Polymer Dispersed Liquid Crystals) – жидкие кристаллы, диспергированные в полимере или PSLC (Polymer Stabilized Liquid Crystals – жидкие кристаллы, стабилизированные полимером).

2. Полимерные или органические светоизлучающие диоды PLED, OLED (Polymer (Organic) Light-Emitting Diode).

3. Электрофоретические материалы. Эта технология получила название электронные чернила.

4. Электрохромные материалы.

Смена изображения на устройствах, сделанных на базе данных материалов, происходит под воздействием электрического поля. Однако существуют разработки, в которых для перезаписи используют магнитное поле, нагрев или облучение светом. Следует отметить также, что существуют и иные подходы к созданию рассматриваемых устройств, но они на данный момент не столь популярны.

Рассмотрим несколько разработок, находящихся на различных стадиях внедрения в производство.

В 2003 году немецкая компания Siemens представила модель EPage – концептуальный ежедневник с гибким дисплеем. Эта концепция является частью европейской программы «Технологии интеллектуального общества», о которой мы в очередной раз упоминаем в ЭК. EPage представляет собой цилиндр со встроенным элементом питания, процессором и самим дисплеем с одноименным названием, имеющим размеры 10 × 10 см при толщине 0,5 мм. Для работы с органайзером нужно всего лишь выдвинуть из него дисплей. Информация на дисплее отображается синим цветом на светлом фоне (см. рис.1). Сам дисплей основан на применении электрохромного вещества, меняющего цвет под действием электрического поля.

Компания Sony в 2004 году начинает выпуск на территории Японии первого портативного устройства для чтения электронных книг, используя



Рис.1. Ежедневник с гибким дисплеем EPyrus

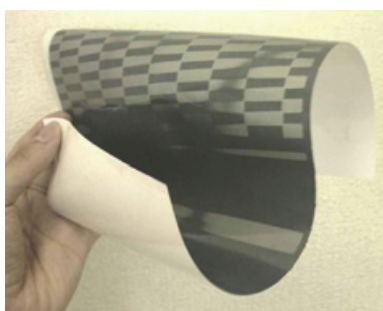


Рис.2. E-бумага на основе PDLC



Рис. 3. Первый прототип гибкого STN-дисплея, на котором видны некоторые дисплейные артефакты и проблемы соединения. Размер дисплея 5 × 3 дюйма. Число линий 100 × RGB × 65



Рис. 4. Полноцветный дисплей на основе технологии OLED. Число линий 160 × RGB × 120

щего дисплей на базе технологии электронных чернил. Чернила эти представляют собой микрокапсулы, заполненные взвесью положительно заряженных частиц белого цвета и отрицательно заряженных частиц черного цвета. В зависимости от поданного к ячейке потенциала, черные или белые частицы в ячейке опускаются вниз, в результате чего ячейка окрашивается в черный или белый цвет. Цена дисплея составляет примерно \$375. Основой для новинки, названной LIBRIe, стал дисплей, разработанный ранее Philips на базе технологий американской компании E-Ink.

Дисплей имеет разрешение порядка 170 точек на дюйм и почти не отличается от листа бумаги. Изображение на нем хорошо видно под любым углом и даже при ярком солнечном освещении. Энергии, производимой четырьмя щелочными батарейками, хватает на прочтение не менее чем 10 тыс. страниц, так как устройство потребляет энергию только при смене изображения на дисплее. Памяти устройства хватает для хранения примерно пятисот книг. Вес электронной книги Sony составляет 190 г, а толщина устройства равняется 13 мм. Хотя данное устройство больше похоже на книгу, а не на лист бумаги, по многим параметрам оно уже приближается к E-бумаге.

Японская корпорация Torrap Printing также совместно с фирмой E Ink создала E-бумагу с самым высоким на сегодняшний день разрешением. Как сообщается, прототип дисплея имеет разрешающую способность в 400 пикселей на дюйм (320 × 240 точек при диагонали экрана в один дюйм).

Огромное количество подходов к созданию гибких дисплеев представлено на основе ЖК материалов. Очевидно, что это вызвано наличием дешевой хорошо отработанной технологии создания негибких ЖК-панелей. Особо следует отметить известные решения на основе полимерных композитов (см. рис. 2).

В создании устройств на основе ЖК преуспела компания Philips. Их исследовательские лаборатории разработали гибкий пассивноматричный дисплей на основе холестерических ЖК, который выдерживает более 20 тыс. циклов сгибания без потери качества изображения. Разработкой компании Philips также является первый пассивноматричный полноцветный ЖК-ячейки. Толщина дисплея, представленного на рисунке 3, составляет 340 мкм, радиус кривизны 4 см.

Американский Институт жидких кристаллов и компания Displaytech, разработали бездефектный бистабильный дисплей на основе сегнетоэлектрических ЖК с короткими временами переключения и высоким контрастом. Украинские ученые из Института физики и Института физики полупроводников Национальной академии наук Украины также разработали гибкий бистабильный ЖК-дисплей с размером 2,5 дюйма.

Разработки на основе OLED/PLED отличает яркость изображения, хорошо считываемого даже при солнечном свете. На рисунке 4 представлен образец 3-дюймового дисплея, сделанного по технологии OLED/PLED японской компанией Pioneer. Его масса составляет 3 г при толщине 0,2 мм.

Фотография такого активноматричного дисплея Philips на основе электронных чернил представлена на рисунке 5. Основные его характеристики представлены в таблице 1.

В шведской компании IVF Industrial R&D и университете Упсалы на основе используемых в промышленности процессов созданы электрохромные дисплеи размером 200 × 200 см с наноструктурированными электродами из оксидов металлов и возможностью отображения, как на бумаге. В калифорнийской компании Gyricon Media изображение со шкалой серого получается за счет вращения под действием приложенного напряжения микроскопических шариков, у которых по-разному раскрашены полушария. Корпорация Iridigm Display активно продвигает в качестве электронной бумаги микроэлектромеханическую систему, в которой изменение цвета достигается изменением толщины зазора элемента дисплея за счет перемещения одной из пластин. Новый тип карт с перезаписью информации за счет использования жидкокристаллических полимеров с эффектом термической записи и стирания предложила японская компания Tokyo Magnetic Printing и Научный университет Токио.

Отдельно следует отметить абсолютно новый подход к созданию гибких дисплеев компании Imaging Systems Technology (IST), USA. Она предлагает использовать технологию плазменных сфер (Plasma-spheres) и представляет монохроматический активноматричный дисплей. Видимым недостатком этого устройства являются достаточные высокие управляющие напряжения, хотя есть и ряд безусловных преимуществ. Такие дисплеи

Таблица 1. Основные характеристики активноматричного дисплея Philips

Размер панели	4,7 дюйма (72 мм × 96 мм)
Разрешение	320 × 240 (85 dpi)
Частота смены кадров	50 Гц
Время обновления	800 мс
Число пикселей	76800
Размер пикселя	300 мкм × 300 мкм
Тип дисплея	Электрофоретические чернила
Толщина дисплея	300 мкм
Масса дисплея	7 г
Гибкость	Радиус кривизны менее 2 см

могут выдерживать высокие температуры, давление и вибрацию, что позволит использовать их в экстремальных условиях.

Обилие существующих подходов к созданию устройств рассмотренного типа не позволяет на данный момент точно сказать, какая из них получит коммерческое признание в ближайшее время. По-видимому, в будущем для массового производства данных изделий будут задействованы несколько принципиально различных подходов и устройства, произведенные по раз-

ным технологиям, займут свою нишу на рынке. Позволим себе предположить, что вскоре E-бумагу будут массово производить, используя технологию электронных чернил, так как по этой технологии достигнута наивысшая удобочитаемость. А гибкие дисплеи будут изготавливаться либо на основе технологии PLED/OLED, так как эта технология позволяет сделать полноцветные яркие экраны, либо на основе композитных ЖК материалов, так как ЖК-технологии являются наиболее дешевыми.



Рис. 5. Гибкий активноматричный электрофоретический дисплей

В заключение хочется отметить, что в будущем технологии гибких дисплеев и E-бумаги сольются в одну. Эти гибкие устройства можно будет использовать, как в статическом режиме, подобно обычной бумаге, так и в динамическом, подобно обычному дисплею.

*При подготовке публикации использованы материалы Общества информационных дисплеев, имеющиеся в библиотеке Российского отделения SID, а также российские и иностранные Интернет-издания.*