

ЗАДЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. РАЗВИТИЕ ПЕЧАТНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

А.Ефремов, А.Нисан edu@ostec-group.ru

Технические характеристики изделий радиоэлектроники, конкурентоспособность продукции и, самое главное, создание перспективных образцов вооружений зависят от того, какие радиоэлектронные технологии применяются сейчас и будут применяться в ближайшем будущем. Именно поэтому разработка отечественных заделных (создающих научно-технический задел, основу) технологий производства радиоэлектронной аппаратуры, которые будут определять технический уровень конечных изделий в краткосрочной (3–5 лет) и среднесрочной (5–10 лет) перспективе, не только важна, но и необходима.

Печатная электроника – одна из быстро развивающихся заделных технологий (рис.1, 2). Хотя уже и сейчас методами печатной электроники создаются перспективные образцы изделий,

массовое внедрение этой технологии в промышленность ожидается через 5-7 лет. Будет ли Россия к этому готова?

К заделным технологиям предъявляются следующие требования:

Органические солнечные батареи	Портативные зарядные устройства	Потребительская электроника, специализированные мобильные источники питания	Без подключения к общим электросетям, встраивание в здания	Подключаемые к общим электросетям
Гибкие дисплеи	Гибкие сегментные дисплеи, интегрированные в умные карты, ценники; гибкие цветные дисплеи	Гибкие OLED-дисплеи, сворачиваемые цветные дисплеи	Сворачиваемые OLED-дисплеи с матрицей на органических транзисторах, полупрозрачные сворачиваемые дисплеи, гибкая потребительская электроника	Сворачиваемые OLED-телевизоры, телемедицина
OLED-освещение	Прототипы светильников	Прозрачные и декоративные светильники	Гибкие светильники	Общее освещение
Печатные компоненты	Батарейки, память для игр, прозрачные проводящие пленки, не содержащие ITO	Аккумуляторы, прозрачные проводники для сенсоров, печатные отражательные дисплеи	Печатные многоэлементные батареи, интегрированные гибкие сенсоры, печатные логические схемы	Печать батареек, активных и пассивных компонентов непосредственно на "умных" объектах
Интегрированные "умные" системы	Одежда с интегрированными датчиками, противокражные этикетки защита бренда, печатные тестовые полоски, датчики физических величин	Интегрированные в одежду системы, матрица датчиков, "умная" упаковка для массового рынка	Встроенные в ткань датчики, ценники с экранами, умные этикетки NFC/RFID, одноразовые средства мониторинга	OLED на текстиле, электроника в ткани, системы мониторинга состояния здоровья, "умные" здания
	Существуют (до 2013 г.)	Краткосрочная перспектива (2014–2016 г.)	Среднесрочная перспектива (2017–2020 г.)	Долгосрочная перспектива (2021+)

Рис.1. Прогноз доступности на рынке изделий органической и печатной электроники (источник OE-A)

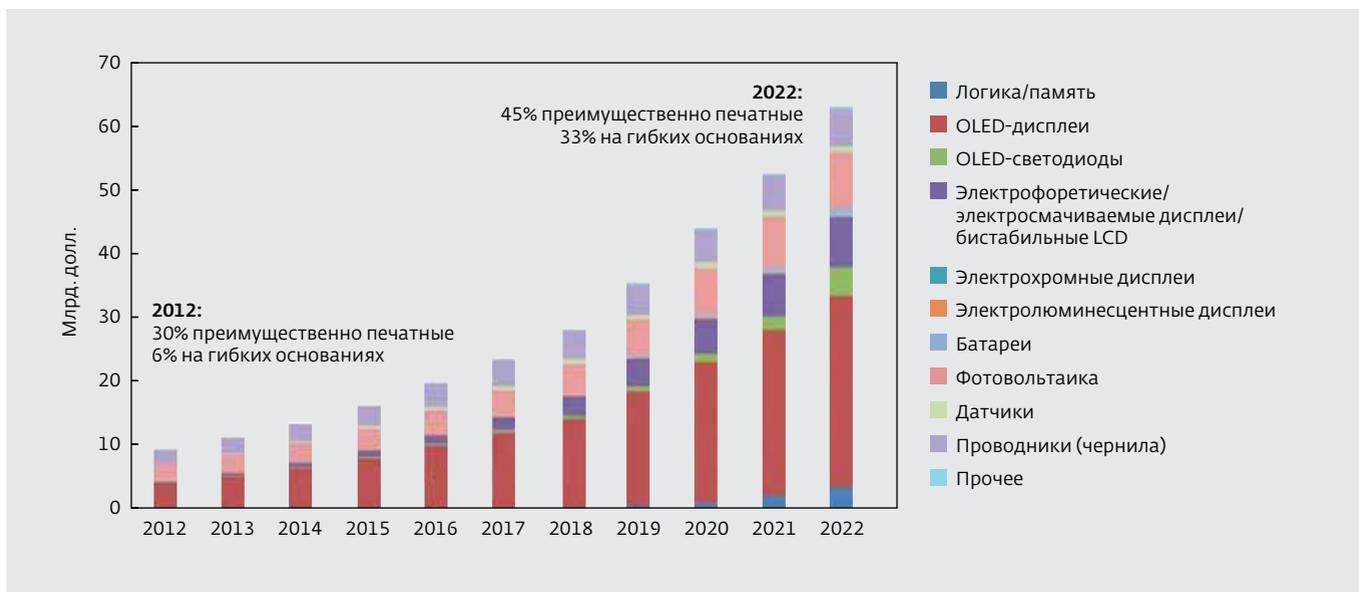


Рис.2. Прогноз рынка органической и печатной электроники (источник IDTechEx)

- наличие существенных преимуществ перед классическими технологиями;
- универсальность, т.е. возможность изготовления широкого спектра изделий;
- наличие рынков сбыта продукции.

Рассмотрим несколько примеров, иллюстрирующих возможности печатной электроники как задельной технологии. Конечные продукты,

рассмотренные в этих примерах, уже начинают серийно выпускаться, либо планируется их выпуск в ближайшее время.

ИНТЕГРАЦИЯ ПЕЧАТНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ С КОРПУСНЫМИ ИЗДЕЛИЯМИ

Технологии печатной электроники разрабатываются не только как самостоятельное

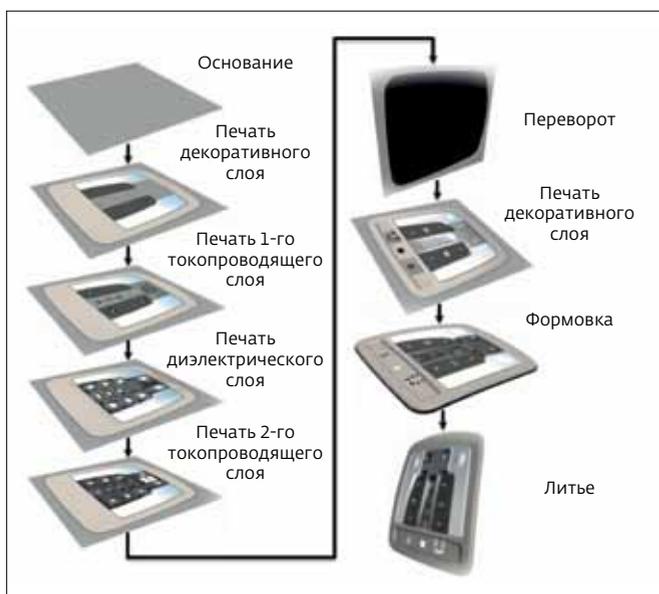


Рис.3. Интеграция печатной электроники в корпус на примере потолочной панели управления автомобиля Ford Fusion. Схема процесса изготовления (источник T-Ink)

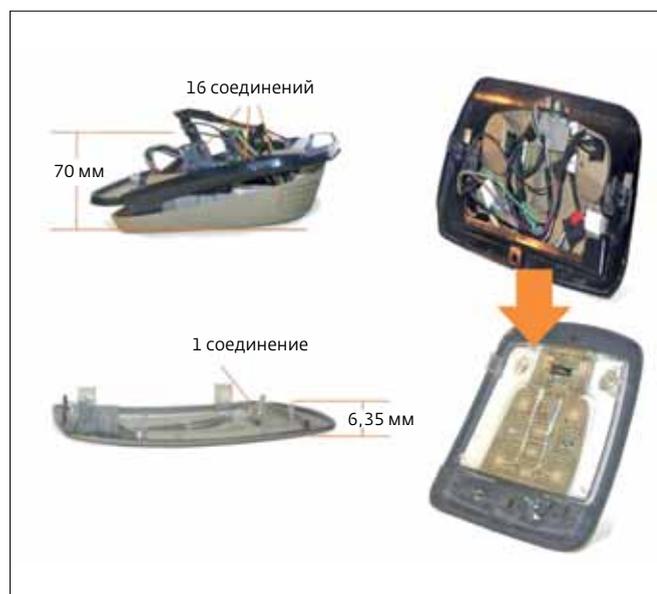


Рис.4. Потолочная панель управления автомобиля Ford Fusion, выполненная по классической (сверху) и задельной (снизу) технологиям (источник T-Ink)



Рис.5. Серийно выпускаемая печатная перезаписываемая память объемом 20 бит стоимостью 5 центов (источник *Thinfilm*)

Рис.6. "Умная" этикетка для защиты бренда (источник *Thinfilm*)

направление. Активно развивается технология гибридных изделий, когда гибкие элементы печатной электроники интегрируются с жестким пластиковым основанием или корпусом. Например, электрические межсоединения, выключатели, резистивные и другие элементы методами печатных технологий создаются непосредственно на корпусах. Гибридные технологии уже активно внедряются в промышленность, и как пример рассмотрим технологию изготовления потолочной панели для автомобилей Ford. Схема одного из процессов создания гибридного изделия представлена на рис.3. Для формирования электрической схемы и кнопочных выключателей на пленке печатаются проводящие и диэлектрические слои, а для придания изделию необходимого внешнего вида – декоративные

слои. После этого пленка формируется, причем рисунок может увеличиваться по длине в пять раз без нарушения целостности. Затем пленка помещается в литьевую форму, и производится отливка пластмассового корпуса.

Преимущества, которые обеспечивает интеграция печатной электроники с корпусными изделиями (рис.4):

- печать всех элементов с внутренней стороны;
- увеличение надежности: отказ от использования механических переключателей, уменьшение числа соединений;
- уменьшение стоимости;
- простор для конструирования: возможность использования поверхностей сложной формы;
- уменьшение массы и размеров изделия: в рассматриваемом примере (см. рис.4) высота изделия уменьшена более чем в 10 раз.

Таблица 1. Поставки компании *Thinfilm* (источник *Thinfilm*)

Изделие	Область применения изделий	Клиент	Годовой объем продаж, млрд. долл.
Память	Игры (например, игровые карточки)	Hasbro	4,3
	Защита бренда	Не разглашается (крупный производитель потребительских товаров)	>10
Интегрированные системы (могут содержать память, экран, датчики, элемент питания)	Этикетки с датчиками	Bemis (мировой лидер в производстве гибкой упаковки, 78 заводов по всему миру)	3,5 (200 млрд. упаковок)
	Устройства идентификации/"умные" этикетки	Не разглашается (крупный производитель дорогих этикеток)	>10



Рис.7. Прототип "умной" упаковки, отслеживающей температуру скоропортящегося товара во время транспортировки и хранения (источник *ThinFilm*)

ПЕЧАТНАЯ ПАМЯТЬ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Еще одним из наиболее убедительных примеров коммерциализации печатной электроники служит печатная память (рис.5) и изделия на ее основе. Например, этикетки для защиты от подделок, содержащие информацию, на основании которой делается заключение о подлинности товара (рис.6), или "умная" упаковка, отслеживающая температуру во время хранения и транспортировки скоропортящихся товаров (рис.7). Востребованность сложноподделываемых и недорогих этикеток для защиты бренда во многом обусловлена тем, что, по оценкам экспертов, ежегодные суммарные

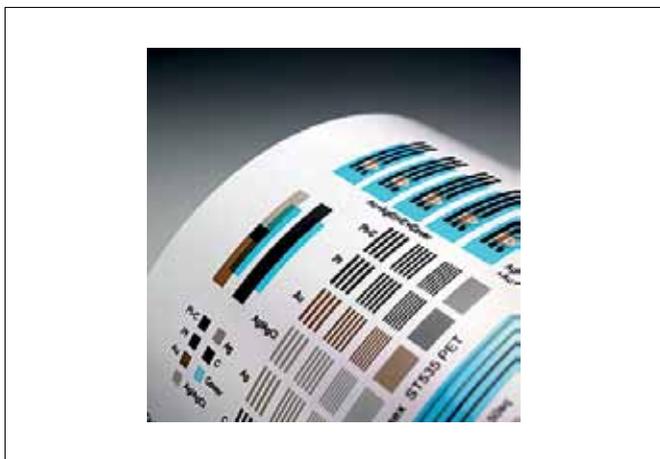


Рис.8. Печатные тестовые полоски для глюкометра (источник *Dr. E. Fu. Application of Inkjet Printing in Printed Electronics*)

потери компаний из-за подделок составляют 600 млрд. долл.

Компанией *ThinFilm*, ведущим разработчиком технологии печатной памяти, только за последние 10 месяцев было заключено четыре крупных договора на поставку большого объема изделий на основе памяти, включая игровые карточки, этикетки для защиты бренда, устройства идентификации (табл.1 и 2).

ПЕЧАТНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА В МЕДИЦИНЕ

Технологии печатной электроники могут применяться в медицине для массового производства одноразовых средств диагностики. Например, тестовые полоски глюкометров, которыми пользуются больные сахарным диабетом для самостоятельного измерения уровня глюкозы в крови, могут изготавливаться по технологии трафаретной печати (рис.8).



Рис.9. Тестовая карточка для определения уровня холестерина в крови

Таблица 2. Параметры линий контрактного производителя, на заводе которого изготавливается печатная память компании ThinFilm (источник InkTec)

Изделие	Линия		
	1	2	3
Максимальная ширина печати, мм	350	1600	1600
Годовая производительность (при круглосуточной работе), тыс. м ²	870	10 000	10 000
Длина зоны сушки, м	12	25	25
Методы нанесения			
глубокая печать	+	+	+
ротационная трафаретная печать	+	-	+
покрытие S-образным ракелем (S-knife coating)	+	+	-

Более того, в июне 2013 года на выставке органической и печатной электроники LOPE-C 2013 был представлен экспонат европейского проекта SIMS (разработка миниатюрных автономных систем диагностики) – прототип тестовой карточки для определения уровня холестерина в крови (рис.9). Тестовая карточка состоит из датчика холестерина, на который помещается образец крови, гибкой органической схемы для обработки сигнала с датчика и управления экраном, электрохромного экрана, батарейки. Элементы формировались методами печати:

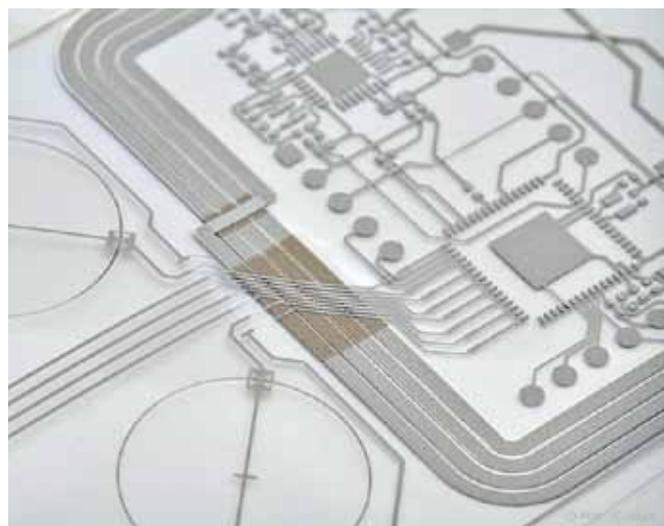


Рис.10. Фрагмент прототипа "умной" упаковки для таблеток (источник Marc Koetse, Holst Centre)

экран и батарейка – трафаретной, датчик – трафаретной и струйной; исключение составила органическая схема, которая была изготовлена фотолитографией.

Технологии печатной электроники также используются для создания упаковки для таблеток (рис.10), которая фиксирует время, когда таблетка извлекается из упаковки (работы в этой области ведутся Хольст-центром совместно с компанией QoTrac). Демонстрируются прототипы упаковки, которые не только отслеживают время принятия таблеток, но и сами напоминают об очередном приеме. Необходимость в таких упаковках вызвана тем, что примерно у 50% пациентов время приема препаратов не соответствует назначениям врача, что сказывается на эффективности лечения.

* * *

Исследования в области печатной электроники ведутся и в России, пока в ограниченном объеме. Например, разрабатываются токопроводящие, диэлектрические, светоизлучающие и другие чернила и пасты, проводятся работы по нанесению функциональных материалов методами печати на различные основания, разрабатываются технологии изготовления солнечных элементов и дисплеев. Для того чтобы Россия была готова к внедрению технологий печатной электроники, эти исследования должны существенно расширяться, ориентироваться на конечные применения и проводиться в сотрудничестве с ведущими мировыми исследовательскими центрами. ●

