

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ И ПЕЧАТНЫХ КОМПОНЕНТОВ ПО МАТЕРИАЛАМ АССОЦИАЦИИ OE-A

А.Нисан edu@ostec-group.ru

Одна из самых современных и активно развивающихся областей электроники – печатные и органические технологии. Использование гибких печатных компонентов позволяет существенно расширить области применения электронных схем. Уже сегодня серийно выпускаются гибкие печатные модули памяти и батареи, которые находят применение в "умных" товарных упаковках и игрушках. Перспективные разработки в области печатных микропроцессоров позволят расширить функциональность гибких электронных модулей. Изготовленные по полностью печатной технологии RFID-метки становятся дешевой альтернативой традиционным, использующим кремниевые чипы меткам.

В конце 2011 года Ассоциация органической и печатной электроники (OE-A) опубликовала новую версию "дорожной карты" – перспектив развития органической и печатной электроники [1]. В ней рассматривается пять направлений – освещение, органические солнечные батареи, гибкие экраны, компоненты, интегрированные "умные" системы. Статья посвящена перспективам развития печатных компонентов. В этом направлении можно выделить следующие группы: RFID-метки, память, батареи, транзисторы и пассивные компоненты (рис.1).

ПЕЧАТНЫЕ RFID-МЕТКИ

Радиочастотная идентификация (RFID) – один из методов бесконтактной автоматической идентификации. Он подразумевает считывание и/или запись по радиоканалу данных, хранящихся в метках.

Существуют два вида RFID-меток. Пассивные метки не имеют собственного источника энергии и активируются считывающим устройством, передающим энергию, например, на частоте 13,56 МГц (ВЧ-метки) или 850–950 МГц (СВЧ-метки). После активации пассивная метка передает считывающему устройству



Рис.1. Классификация органических и печатных компонентов

Таблица 1. Поколения печатных RFID-меток

Поколение	Описание	Применение	Год появления на рынке
1	4–16 бит, только считывание, ВЧ	Защита торговой марки	2014
2	32 бит, только считывание, ВЧ	Серийный номер (уникальный в пределах одной организации)	2016
3	64 бит, однократная запись, многократное считывание, ВЧ	Серийный номер (уникальный в пределах нескольких организаций)	2018
4	96–128 бит, многократная запись/считывание, ВЧ	Электронный код продукта (розничная торговля)	2020
5	96–128 бит, многократная запись/считывание, СВЧ	Электронный код продукта (розничная торговля)	2022

хранящуюся в ней информацию. Активные RFID-метки снабжены батареями, что позволяет не только считывать их сигнал на большем по сравнению с пассивными метками расстоянии, но и размещать в них датчики, например, для контроля температуры скоропортящихся продуктов. Сегодня наиболее широко RFID-метки применяются в системах проверки билетов или пропусков, в магазинах розничной торговли для предотвращения краж и идентификации грузов.

При печатной технологии производства RFID-меток логическая схема и память формируются технологиями печатной электроники, а антенна может быть вытравлена из меди или алюминия (как в традиционных метках), напечатана проводящими чернилами или нанесена другими аддитивными технологиями. Первая полностью напечатанная RFID-метка (рис.2) была представлена в 2010 году Университетом Сунчхона (Южная Корея), однако она могла хранить лишь 1 бит информации. В том же году удалось увеличить емкость памяти до 16 бит [2].

Печатные технологии позволят массово производить более дешевые по сравнению с традиционными, использующими кремниевые чипы, печатные метки. Однако они будут уступать традиционным по многим параметрам, например, по объему памяти, скорости передачи данных и максимальному расстоянию считывания. Поэтому ожидается, что печатные RFID-метки будут в первую очередь применяться в тех областях, в которых пока невозможно использовать традиционные, например, в электронной защите торговой марки (brand protection). Однако

с развитием технологий печати характеристики меток будут улучшаться, а области их применения расширяться (табл.1, рис.3).

По прогнозам OE-A, традиционные метки будут и далее использоваться в случаях, когда необходимо обеспечить высокие технические параметры, а печатные метки станут выгодной альтернативой при крупносерийном производстве дешевых меток со сравнительно малыми возможностями. Например, печатные RFID-метки могут в будущем заменить штрих-код на товарах и продуктах (рис.4). Это не только ускорит обработку покупок на кассе в розничных магазинах, но также позволит контролировать наличие товаров и степень свежести продуктов (метки будут автоматически считываться с товаров в корзинке или тележке и с находящихся на полках).

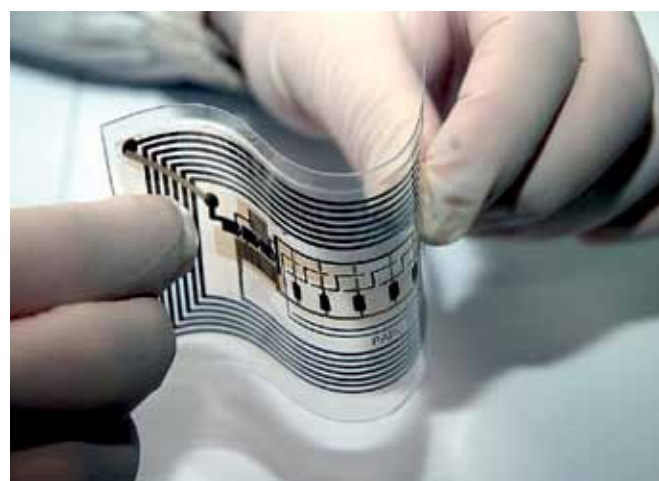


Рис.2. RFID-метки, изготовленные по полностью печатной технологии



Рис.3. Перспективы развития RFID-меток

Работы в этом направлении ведутся и в России. Например, в 2011 году стартовал проект под названием "Магазин будущего. Создание технологического решения по внедрению и эксплуатации RFID-технологий", в котором участвуют ГК РОСНАНО, X5 Retail Group, ОАО "Ситроникс" и проектная компания ООО "Магазин будущего" [3]. Однако в рамках этого проекта разрабатываются решения на основе традиционных, а не печатных меток.

ПЕЧАТНАЯ ПАМЯТЬ

Модули памяти можно разделить на три вида. Наиболее проста в производстве так называемая постоянная память (Read-only memory, ROM), содержание которой определяется на этапе изготовления и не может быть изменено



Рис.5. Печатная перезаписываемая энергонезависимая память



Рис.4. Печатная RFID-метка на упаковке товара вместо штрих-кода

в дальнейшем. Более сложна в производстве память с однократной записью и многократным считыванием (Write once, read many, WORM). Для многократного изменения содержания памяти используется

перезаписываемая энергонезависимая память (Non-volatile random access memory, NV-RAM, рис.5).

Серийное производство печатных модулей памяти по рулонной технологии впервые было запущено в 2009 году норвежской фирмой Thin Film Electronics ASA (Thinfilm) [4]. Произведенная этой фирмой печатная память нашла применение в RFID-метках, защите интересов торговой марки и в интерактивных игрушках (рис.6). Например, ребенок сможет "оживить" игрового персонажа, нарисованного на карточке, вставив ее в игровое устройство. Новые карточки позволяют



Рис.6. Игровая карточка с печатной перезаписываемой энергонезависимой памятью (а), игровое устройство, которое может считывать и записывать данные в печатную память на карточке (б). Объем памяти карточки – 20 бит

Таблица 2. Поколения печатной памяти

Поколение	Описание	Применение	Год появления на рынке
1	Постоянное запоминающее устройство (ROM); память с однократной записью и многократным считыванием (WORM), малый объем	Идентификация, игрушки, защита торговой марки	2008
2	Перезаписываемая энергонезависимая память (NV-RAM), малый объем	Идентификация, игрушки, защита торговой марки	2009
3	Память с однократной записью и многократным считыванием, средний объем	Улучшенная защита торговой марки	2010
4	Перезаписываемая энергонезависимая память, средний объем, печатная схема	Игрушки, маркетинг	2012
5	Перезаписываемая энергонезависимая память, средний объем, печатная схема	Игрушки, датчики, логистика, "умная" упаковка, маркетинг	2014
6	Память, интегрированная в метку с электронным кодом продукта	Идентификация, защита торговой марки	2018
7	Память с однократной записью и многократным считыванием, большой объем	Мультимедиа, датчики	2020
8	Перезаписываемая энергонезависимая память, большой объем	Потребительская электроника	2022

добавлять в игру персонажей или открывать новые уровни, их также можно использовать для сохранения состояния игры [5].

Сегодня на рынке имеются все три типа памяти (табл.2), но область их применения пока сильно ограничена малой емкостью

(в большинстве случаев – не более 100 бит). За ближайшее десятилетие емкость и быстродействие серийно выпускаемой печатной памяти увеличатся в десятки раз. Ожидается, что ее объем составит до 5000 бит, а скорость передачи данных – до 10 кбит/с (рис.7).

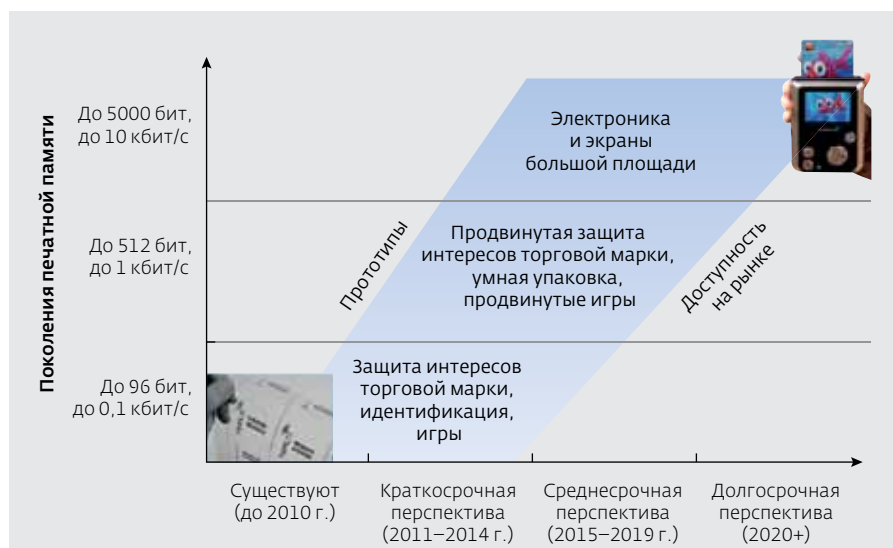


Рис.7. Перспективы развития печатной памяти

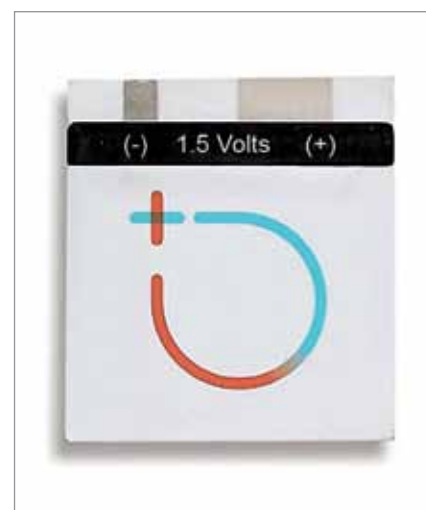


Рис.8. Гибкая печатная марганцево-цинковая батарея STI-104

Таблица 3. Поколения печатных батарей

Поколение	Описание	Применение	Год появления на рынке
1	Тонкие гибкие батареи, производятся отдельно, не полностью печатные	Смарт-карты, банковские карты, идентификация	2014
2	Тонкие полностью печатные гибкие батареи, производятся отдельно	Датчики, "умная" упаковка, контроль состояния здоровья	2019
3	Полностью интегрированные батареи	Реклама, поздравительные открытки, "умная" упаковка	2022

ПЕЧАТНЫЕ БАТАРЕИ

Большинство изделий органической и печатной электроники являются портативными и, соответственно, нуждаются в компактных источниках питания. Поэтому для успешного и перспективного развития этих устройств необходима разработка гибких печатных батарей. Уже сегодня несколько фирм серийно производят такие изделия. Более того, в начале 2012 года компания Blue Spark Technologies, один из ведущих производителей тонких гибких печатных батарей, заявила об открытии нового крупносерийного производства в городе Вест Бенд (штат Висконсин, США) [6], которое позволит расширить возможности компании по выпуску гибких марганцево-цинковых

батарей и удовлетворить растущую потребность в изделиях печатной электроники. Заявленная производительность нового завода – более 300 млн. печатных батарей в год, что говорит о достаточно высоком спросе на эти изделия. На рис.8 представлена фотография серийно выпускаемой печатной батареи ST1-104 с рабочим напряжением 1,5 В, максимальным током 1-2 мА, емкостью 33 мА/ч и габаритами 55×47×0,75 мм.

Выпускаемые сейчас батареи производятся отдельно и в готовом виде встраиваются в конечный продукт, но слои батарей формируются не только печатными методами. В перспективе следующее поколение батарей будет уже полностью печатным, а третье поколение – и вовсе будет печататься на изделиях в процессе их производства (табл.3, рис.9, 10).



Рис.9. Перспективы развития печатных батарей

ПАССИВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ

В большинстве случаев проводящий рисунок печатается серебряными пастами или чернилами. Золотые, медные и органические проводящие чернила используются реже. Гибкие основания не выдерживают высоких температур, требуемых для спекания частиц металла "обычного" (микронного и более) размера, поэтому для снижения температуры спекания приходится использовать чернила с частицами металла диаметром несколько нанометров.

Например, температура плавления золота (массивного материала) составляет 1063°C, а частицы золота размером 2 нм плавятся уже при температуре примерно 150°C [9].

Печатные антенны, как правило, также формируются из серебряных паст. Разработаны технологии печати антенн на различных основаниях, в том числе, на бумаге, полиэтилентерефталате, полиимиде и ткани (рис.11). Для печати резисторов, конденсаторов и индуктивностей существует особый подход.

ТРАНЗИСТОРЫ

Сравнительно низкое разрешение (десятки микрон) технологий печати ограничивает степень интеграции печатных транзисторов. Для устранения этого недостатка специалистами из Калифорнийского университета и Швейцарской высшей технической школы Цюриха предложена оригинальная технология струйной печати с селективным лазерным спеканием [9]. В этой технологии проводящие чернила с частицами золота (диаметр частиц 1-3 нм) методом струйной печати наносятся на те участки основания, где должен быть проводящий рисунок. Затем отпечатки чернил выборочно спекаются лазером, а не засвеченные лазером чернила

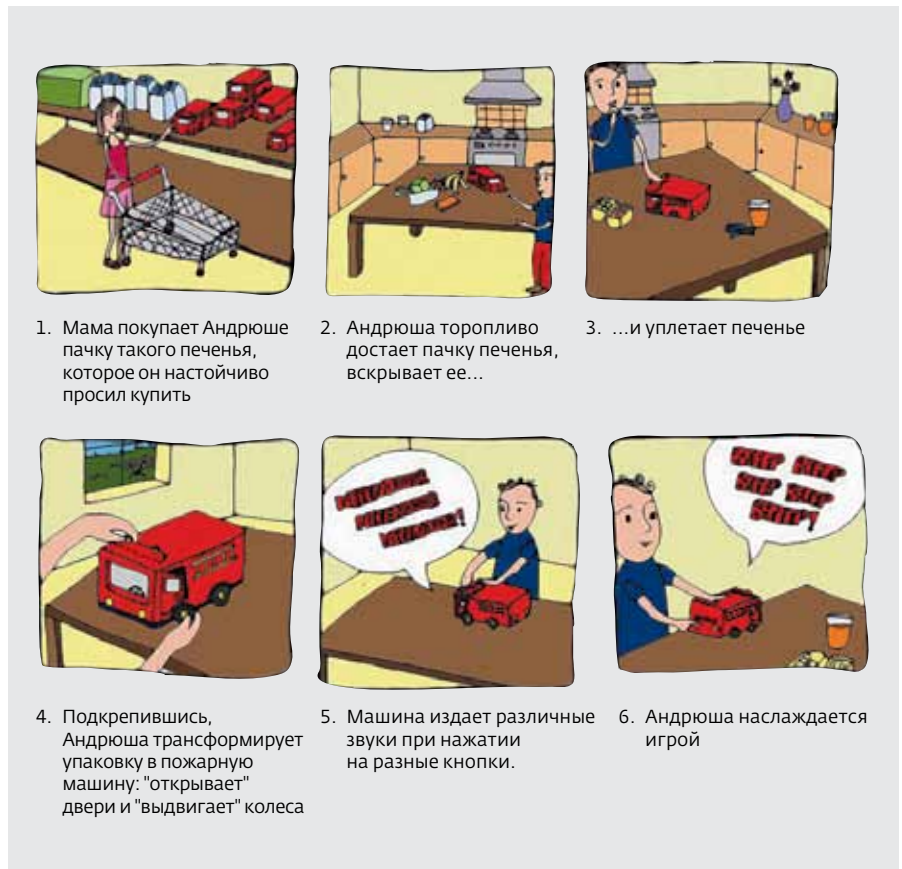


Рис.10. Пример применения печатных батарей в "умной" упаковке: коробка из-под печенья руками ребенка превращается в пожарную машину [7, 8]

удаляются растворителем. Такая технология позволила напечатать транзисторы с длиной канала 10 мкм (рис.12а) и 1,5 мкм (рис.12б).

В 2011 году Imec, Polymer Vision и TNO представили процессор, состоящий из 4000 органических транзисторов (рис.13). В качестве основания использовалась 25-микронная пластиковая

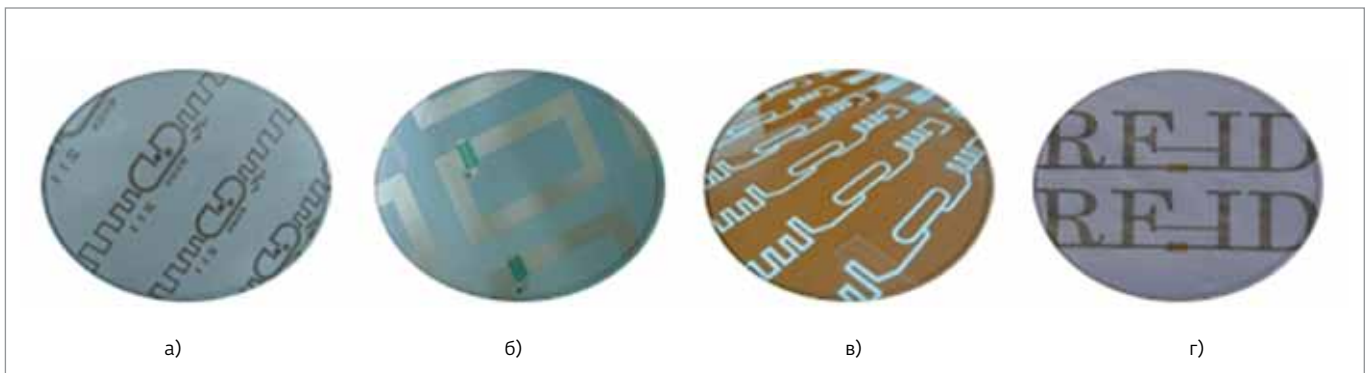


Рис.11. Антенны, напечатанные на различных основаниях: а) на бумаге, б) на полиэтилентерефталате, в) на полиимиде, г) на ткани

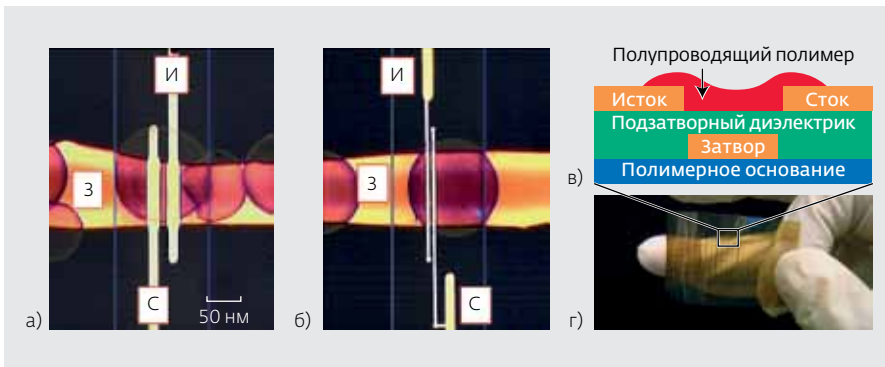


Рис.12. Полевой транзистор, изготовленный струйной печатью: а) транзистор с каналом 10 мкм; б) транзистор с каналом 1,5 мкм; в) схематичное изображение транзистора; г) транзисторная матрица, напечатанная на полиимидном основании



Рис.13. Первый процессор на органических полупроводниках

пленка. На нее наносился слой золота толщиной 25 нм, из которого затем вытравливался проводящий рисунок. После этого поверх него создавались слои органического диэлектрика, золота для создания проводящего рисунка и органического полупроводника пентацена. Полученный восьмибитный процессор работал на частоте 6 Гц [10].

Еще одна интересная новинка прошлого года в мире компонентов органической и печатной электроники – энергонезависимая ферроэлектрическая органическая печатная память со схемой адресации на печатных транзисторах (рис.14) – была продемонстрирована фирмами ThinFilm и PARC [11].

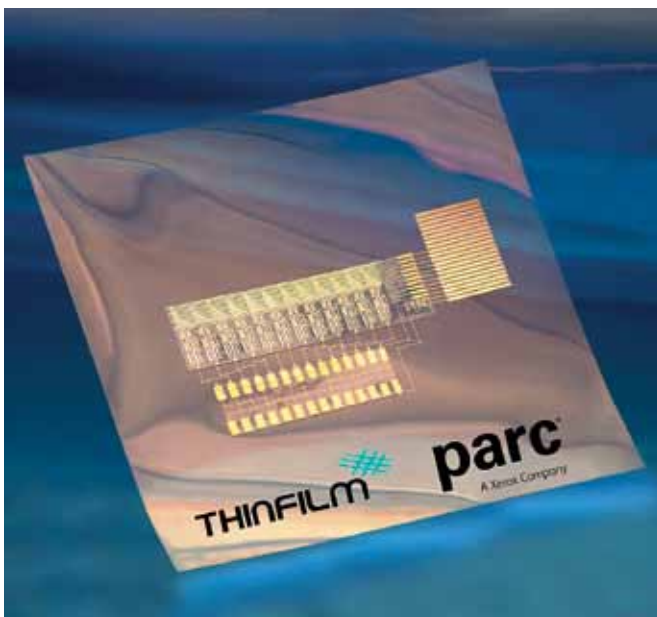


Рис.14. Гибкий модуль печатной памяти

* * *

Краткий анализ развития RFID-меток, памяти, батарей, транзисторов и пассивных компонентов убедительно свидетельствует о том, что это направление органической и печатной электроники постепенно "становится на ноги". Некоторые печатные компоненты – батареи, модули памяти, антенны для RFID – уже производятся серийно. В следующих публикациях будут рассмотрены перспективы развития других направлений в этой области электроники.

ЛИТЕРАТУРА

1. White paper "OE-A Roadmap for Organic and Printed Electronics", 4th edition, december 2011.
2. <http://www.wired.com/wiredscience/2010/03/rfid/>
3. <http://www.rusnanonet.ru/products/58083>
4. <http://www.thinfilm.no/news/press-releases/131-material-synthesis>
5. <https://www.inventables.com/technologies/printed-rewritable-memory-development-kit>
6. <http://www.bizjournals.com/milwaukee/print-edition/2012/02/10/ohio-firm-opens-west-bend-facility.html>
7. <http://www.printedelectronicsnow.com/articles/2009/10/novalia-blue-spark-team-up-on-interactive-pe-proje>
8. <http://www.youtube.com/watch?v=lpxe6uzuM4M>
9. **Seung H. Ko** et al. All-inkjet-printed flexible electronics fabrication on a polymer substrate by low-temperature high-resolution selective laser sintering of metal nanoparticles. – Nanotechnology, 2007, в.18.
10. <http://www.technologyreview.com/news/423410/the-first-plastic-computer-processor/>
11. <http://www.thinfilm.no/news/press-releases/274-thinfilm-unveils-first-scalable-printed-cmos-memory>