



ДОРОЖНАЯ КАРТА ОРГАНИЧЕСКИХ И ПЕЧАТНЫХ КОМПОНЕНТОВ

По материалам Ассоциации органической и печатной электроники (ОЕ-А)

Антон Нисан

edu@ostec-group.ru

2011 год стал для нас «урожайным» по количеству статей и публикаций по перспективным технологиям и направлениям развития электроники. Многие наши читатели, сотрудники и руководители производств и даже чиновники, начали задавать нам вопросы о систематизации информации по перспективным технологиям, а также где и как получить более подробные материалы о построении технологических процессов. Поэтому в 2012 году мы решили на системном уровне рассказать о самом интересном, о принципиально новых электронных компонентах, построенных на основе органической и печатной электроники. Статья посвящена пяти ключевым направлениям развития органических и печатных электронных компонентов. А в каждом из следующих пяти номеров нашего бюллетеня мы подробно расскажем о технологиях создания данных компонентов.

1 ВВЕДЕНИЕ

В конце 2011 года Ассоциацией ОЕ-А была опубликована новая версия дорожной карты, в которой рассматривается пять направлений развития органической и печатной электроники:

- освещение;
- органические солнечные батареи;
- гибкие экраны;
- компоненты;
- интегрированные «умные» системы.

Данная статья посвящена компонентам – направлению, в котором можно выделить следующие группы: RFID-метки, память, батареи, транзисторы и пассивные компоненты (рис. 1).

2 ПЕЧАТНЫЕ RFID-МЕТКИ

Радиочастотная идентификация (RFID) – один из методов бесконтактной автоматической идентификации, в котором по радиоканалу считываются или записываются хранящиеся в метках данные. Существуют активные и пассивные RFID-метки. Пассивные RFID-метки не имеют собственного источника энергии и активируются считывающим устройством, передающим метке энергию, например, на частоте 13,56 МГц (ВЧ-метки) или 850-950 МГц (СВЧ-метки). После активации пассивная метка передает считывающему устройству хранящуюся в ней информацию. В отличие от пассивных, активные RFID-метки снабжены батареями, что позволяет не только считывать их сигнал на большем расстоянии, но и размещать в них датчики, например, для мониторинга

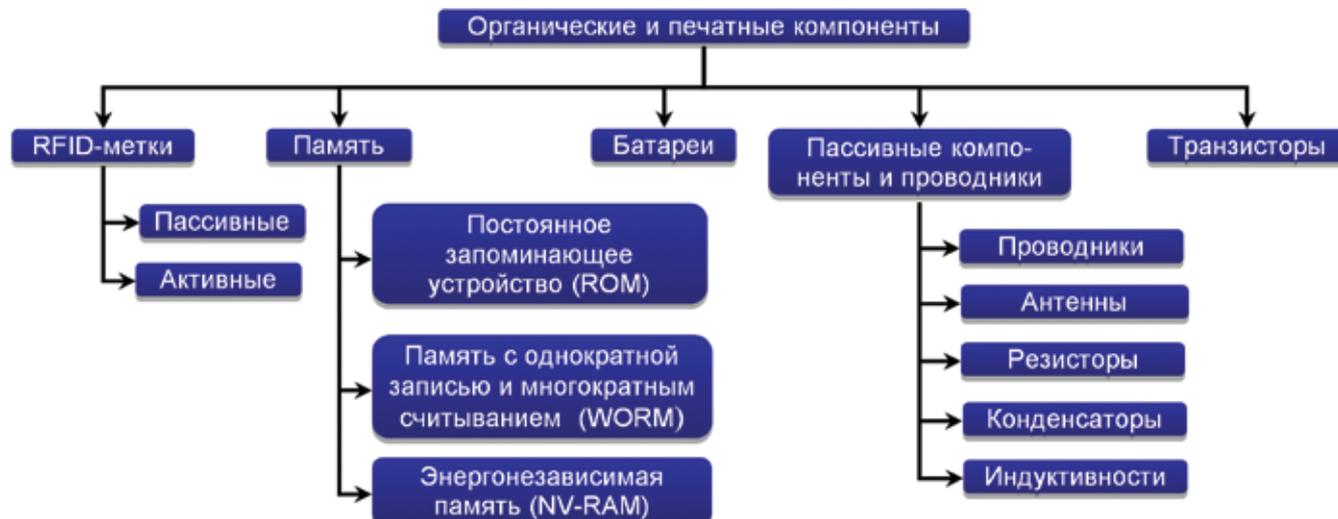


Рис. 1 Классификация органических и печатных компонентов

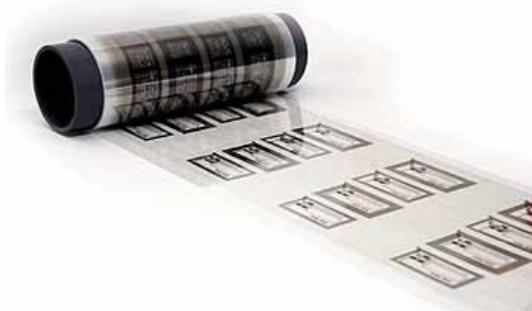


Рис. 2 Полностью напечатанные RFID-метки. Источник: Sunchon National University

температуры скоропортящихся товаров. Наиболее широко RFID-метки применяются в билетах и пропусках, в розничной торговле для предотвращения краж, для идентификации грузов.

В печатных метках логическая схема и память формируются технологиями печатной электроники, а антенна может быть, как в традиционных метках, вытравлена из меди или алюминия, или же напечатана проводящими чернилами, или нанесена другими аддитивными технологиями. Полностью напечатанная RFID-метка (рис. 2) была представлена в 2010 году Университетом Сунчхона, Южная Корея, но она была способна хранить лишь один бит информации. Однако в том же году университету удалось увеличить емкость памяти полностью печатной RFID-метки до 16 бит.

Применение технологий печати позволит массово производить метки, которые будут дешевле по сравнению с традиционными метками с кремниевыми чипами. Однако печатные метки будут уступать традиционным по многим параметрам, например, по объему памяти, скорости передачи данных, максимальному расстоянию считывания. Поэтому ожидается, что, в первую очередь, печатные RFID-метки будут применяться в тех областях, в которых на данный момент нет решений на традиционных метках. Примером такой области служит электронная защита интересов торговой марки. Но с развитием технологии печати параметры меток будут улучшаться, а их область применения расширится (Таблица 1, рис. 3). Согласно прогнозам OE-A, традиционные метки будут продолжать использоваться в случаях, когда необходимо обеспечить высокие технические параметры, а печатные метки станут выгодной альтернативой, когда требуется крупносерийное производство дешевых меток со сравнительно низкими параметрами. Например, печатные RFID-метки могут служить заменой штрих-коду на потребительских товарах (рис. 4).

Таблица 1 Поколения печатных RFID-меток. Источник: OE-A

Поколение	Описание изделия	Применение	Доступность на рынке
1	4-16 бит, только считывание, ВЧ	Защита интересов 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

¹ Информация о проекте: <http://www.rusnanonet.ru/products/58083/>

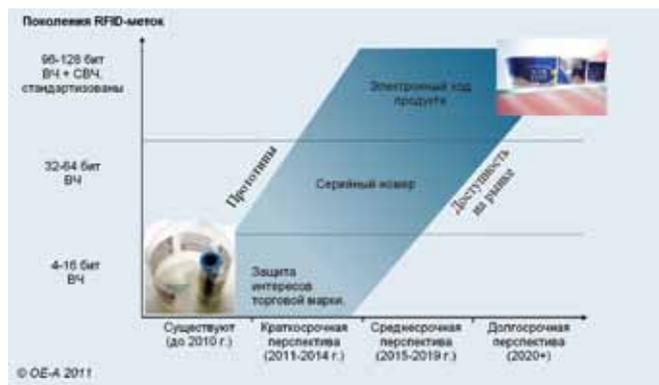


Рис. 3 Дорожная карта RFID-меток. Источник: OE-A



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

Переход со штрих-кодов на RFID-метки не только ускорит прохождение покупателя через кассу за счет автоматического считывания меток с товаров в корзинке или тележке, но также обеспечит возможность контроля наличия товаров на полках и контроля свежести (не истечения срока годности) продуктов при помощи периодического считывания RFID-меток с товаров на полках магазина. Приятно осознавать тот факт, что работы в этом направлении ведутся и в России, например, в 2011 году стартовал проект «Магазин будущего». Создание технологического решения по внедрению и эксплуатации RFID технологий¹, в котором участвуют ГК РОСНАНО, X5 Retail Group, ОАО «Ситроникс», ООО «Магазин будущего» (проектная компания). Правда, в упомянутом проекте разрабатываются решения на основе традиционных, а не печатных меток.

3 ПЕЧАТНАЯ ПАМЯТЬ

Укрупненно выделяют три типа печатной памяти. Наиболее проста в производстве так называемая постоянная память (ROM), содержание которой определяется на этапе изготовления и не может быть изменено в дальнейшем. Более сложна в производстве память с однократной записью и многократным считыванием (WORM). Такую память пользователь может запрограммировать только один раз, поэтому при необходимости многократного изменения содержания памяти используется перезаписываемая энергонезависимая память (NV-RAM).

Впервые серийное производство печатной памяти по рулонной технологии было запущено в 2009 году норвежской компанией Thin Film Electronics ASA («Thinfilм»). Печатная память, производимая компанией, нашла применение в игрушках, RFID-метках, защите интересов торговой марки (рис. 5, 6). Использование дешевой печатной памяти в игрушках добавляет им интерактивности. Так, наличие памяти в коллекционируемых игровых карточках позволит ребенку персонализировать игрового персонажа, связанного с карточкой. При помещении карточки в игровое устройство персонаж «оживает», и игра может продолжаться с сохраненного момента. Новые карточки могут



Рис. 5 Игровые карточки 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. Источник: Thinfilm

добавлять в игру персонажей или открывать новые уровни. На данный момент на рынке имеются все три перечисленных типа памяти (Таблица 2), но ее область применения пока сильно ограничена из-за малой емкости, в большинстве случаев не превышающей 100 бит. За ближайшее десятилетие емкость и быстродействие серийно выпускаемой печатной памяти увеличится в десятки раз: ожидается, что объем серийно выпускаемой памяти составит до 5000 бит, а скорость передачи данных до 10 кбит/с (рис. 7).

Таблица 2 Поколения печатной памяти. Источник: OE-A

Поколение	Описание изделия	Применение	Доступность на рынке
1	Постоянное запоминающее устройство (ROM); память с однократной записью и многократным считыванием (WORM), малый объем	Идентификация, игрушки, защита интересов торговой марки	2008
2	Перезаписываемая энергонезависимая память (NV-RAM), малый объем	Идентификация, игрушки, защита интересов торговой марки	2009
3	Память с однократной записью и многократным считыванием, средний объем	Продвинутая защита интересов 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, интересов 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



Рис. 6 Печатная перезаписываемая энергонезависимая память. Источник: Thinfilm

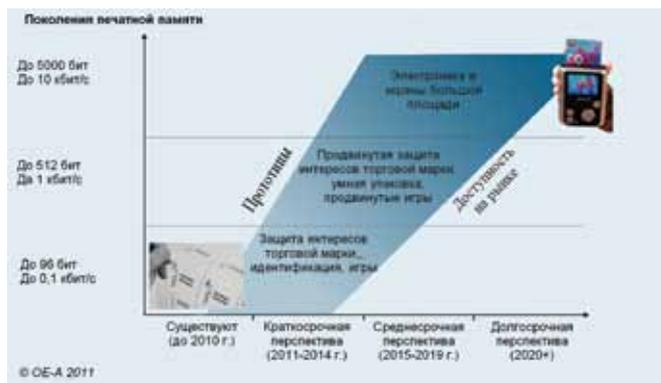


Рис. 7 Дорожная карта печатной памяти. Источник: OE-A

4 ПЕЧАТНЫЕ БАТАРЕИ

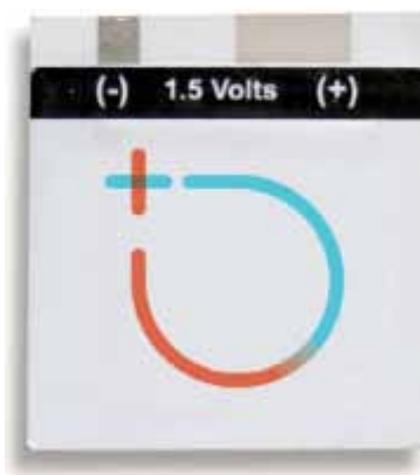


Рис. 8 Гибкая печатная марганцево-цинковая батарея ST1-104. Размеры батареи: 55x47x0,75 мм. Источник: Blue Spark Technologies

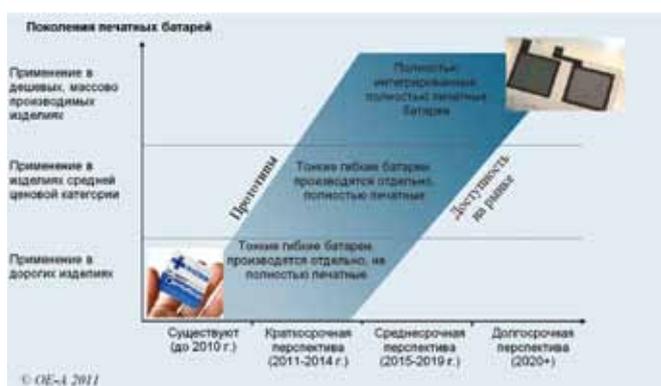


Рис. 9 Дорожная карта печатных батарей. Источник: OE-A

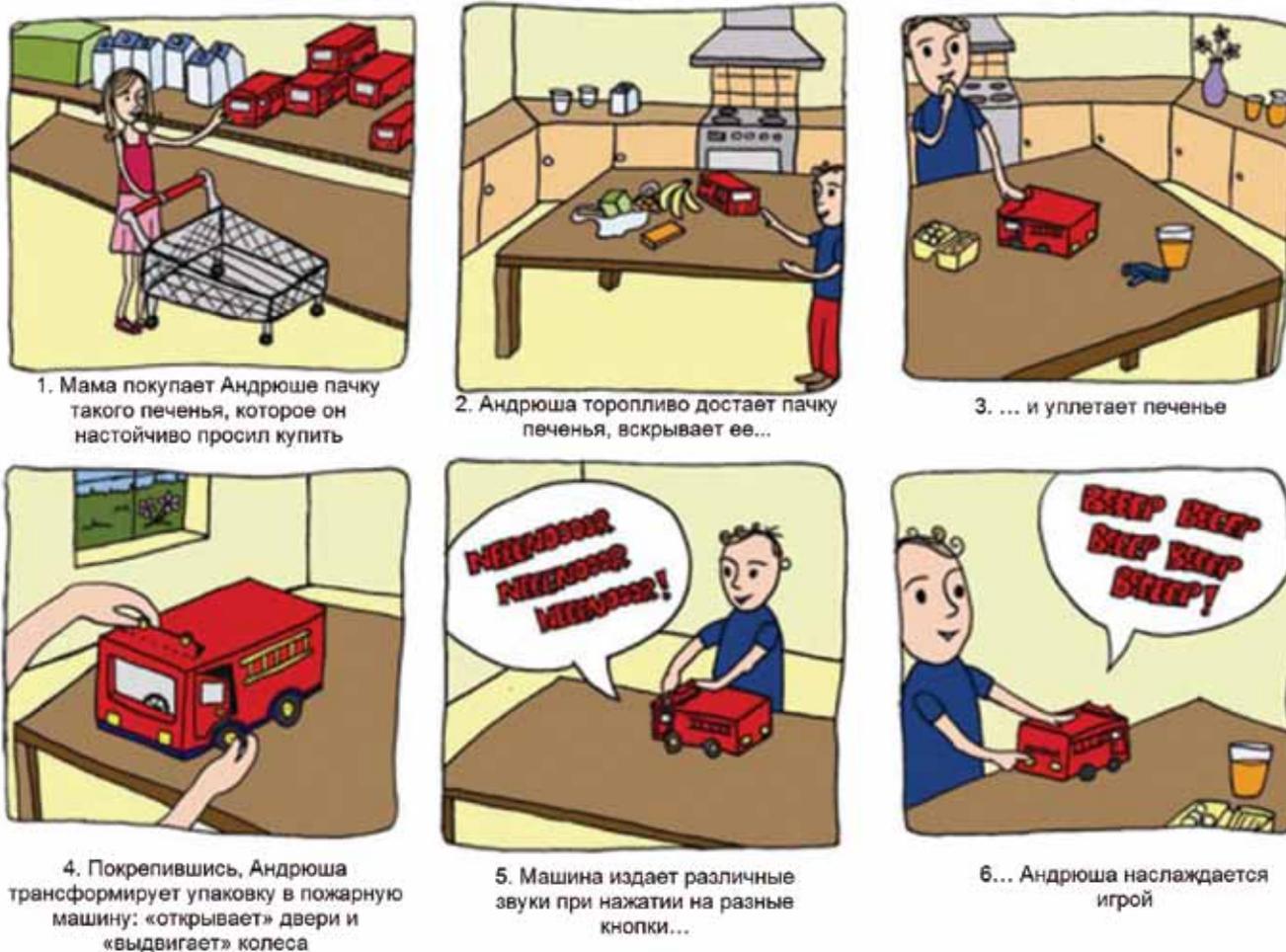


Рис. 10 Пример применения печатных батарей в «умной» упаковке: коробка, в которую запакковано печенье, руками ребенка превращается в пожарную машину. Источник: David Savastano. Novalia, Blue Spark Team Up on Interactive PE Projects. Printed Electronics Now. С видеороликом демонстрации пожарной машины из упаковки можно ознакомиться здесь: <http://www.youtube.com/user/NovaliaLtd>, полик «interactive toy fire truck carton»

Большинство изделий органической и печатной электроники являются портативными и, соответственно, нуждаются в компактных источниках питания. В этой связи разработка гибких печатных батарей – необходимая слагающая успеха органической и печатной электроники.

Гибкие печатные батареи уже серийно производятся несколькими компаниями. Более того, в начале 2012 года компания Blue Spark Technologies, один из ведущих производителей тонких гибких печатных батарей, заявила об открытии нового крупносерийного производства батарей в Вест Бенде, Висконсин, США. Новое производство расширяет возможности компании по выпуску гибких марганцево-цинковых батарей для удовлетворения растущей потребности в печатной электронике. Производительность нового завода оценивается в более чем 300 миллионов печатных батарей в год, что свидетельствует о достаточно высоком спросе на такие батареи. На рис. 8 представлена фотография печатной батареи ST1-104, серийно выпускаемой этой компанией, основные технические характеристики батареи таковы: рабочее напряжение 1,5 В, максимальный ток – 1-2 мА, емкость 33 мА • ч.

Выпускаемые сейчас батареи производятся отдельно и уже в готовом виде интегрируются в конечный продукт. Причем слои батарей формируются не только технологиями печати. Согласно дорожной карте, следующее поколение батарей будет уже полностью печатным, а третье поколение – и вовсе печататься на изделиях в процессе их производства (Таблица 3, рис. 9, рис. 10).

Таблица 3 Поколения печатных батарей. Источник: OE-A

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

5 ПАССИВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ

Проводящий рисунок в большинстве случаев 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.

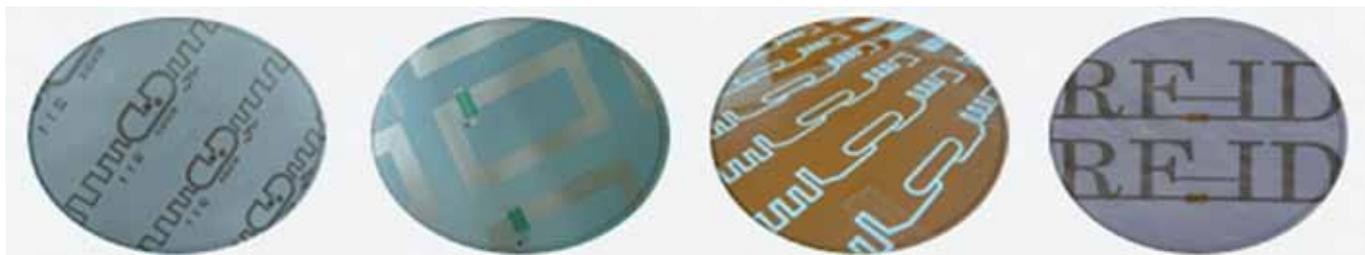


Рис. 11 Антенны, напечатанные на различных основаниях: а) на бумаге, б) на полиэтилентерефталате, в) на полиимиде, г) на ткани. Источник: eгах Inc

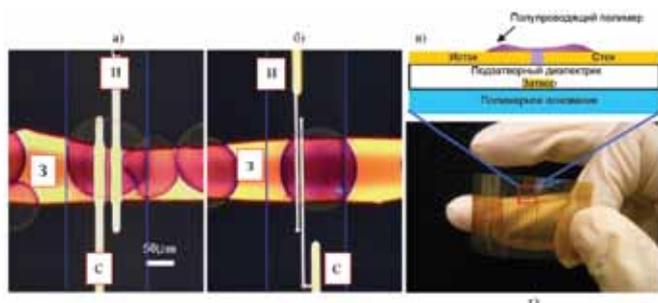


Рис. 12 Полевой транзистор, изготовленный струйной печатью (И – исток, С – сток, З – затвор): а) фотография транзистора с каналом 10 мкм; б) фотография транзистора с каналом 1,5 мкм; в) схематичное изображение транзистора; г) фотография транзисторной матрицы, напечатанной на полиимидном основании²

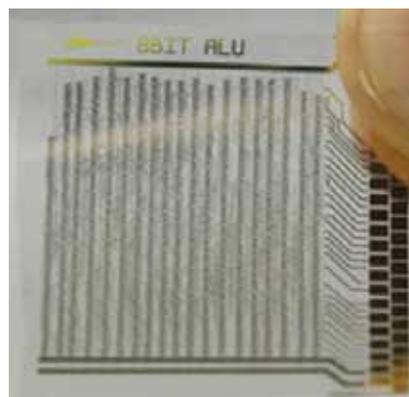


Рис. 13 Первый процесс на органических полупроводниках. Источник: Imec

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).

Существуют определенные подходы к печати резисторов, конденсаторов и индуктивностей.

6 ТРАНЗИСТОРЫ

Сравнительно низкое разрешение (десятки микрон) технологий печати ограничивает степень интеграции печатных транзисторов. Для устранения этого недостатка учеными из Калифорнийского Университета и Швейцарской высшей технической школы Цюриха предложена оригинальная технология струйной печати с селективным лазерным спеканием. В этой технологии проводящие Au чернила (диаметр Au частиц 1-3 нм) струйной печатью наносятся на те участки основания, где должен быть проводящий рисунок. Затем отпечатки чернил селективно спекаются лазером, после чего участки отпечатков, не засвеченные лазером, 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 пленка. На нее наносился слой золота толщиной 25 нм, из которого затем вытравливался проводящий рисунок. После этого наносился органический диэлектрик, еще один слой золота для создания проводящего рисунка, органический полупроводник пентацен. Этот 8-битный процессор работал на частоте 6 Гц.

Еще одна интересная новинка прошлого года в мире компонентов органической и печатной электроники была продемонстрирована компаниями Thinfilm и PARC – энергонезависимая ферроэлектрическая органическая печатная память с адресацией, реализованной с помощью схемы на печатных транзисторах (рис. 14).



Рис. 14 Печатная память и схема адресации. Источник: Thinfilm и PARC

7 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленный 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». Уже существуют серийные производства печатных батарей, памяти, антенн для RFID. В следующих публикациях мы более подробно познакомим вас с органическими и печатными компонентами, а также рассмотрим дорожные карты других направлений органической и печатной электроники. ■

² Источник: Seung H Ko, Heng Pan, Costas P Grigoropoulos, Christine K Luscombe, JeanMJ Frechet and Dimos Poulikakos. All-inkjet-printed flexible electronics fabrication on a polymer substrate by low-temperature high-resolution selective laser sintering of metal nanoparticles. – Nanotechnology 18, 2007