

ПЕРСПЕКТИВЫ

Выставка

«Печатная электроника США 2013»:

ЧТО ИЗМЕНИЛОСЬ

за год?



Текст: Антон Нисан

«В ДОЛГОСРОЧНОЙ ПЕРСПЕКТИВЕ САМ ПРИНТЕР БУДЕТ РАЗМЕЩЕН НА УДАЛЕННОМ РАБОЧЕМ МЕСТЕ В КОСМОСЕ, И ФАЙЛЫ ПРОЕКТОВ БУДУТ ПЕРЕДАВАТЬСЯ ПО БЕСПРОВОДНОМУ КАНАЛУ [С ЗЕМЛИ] ДЛЯ ПЕЧАТИ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ НЕПОСРЕДСТВЕННО НА КОСМИЧЕСКОМ КОРАБЛЕ»

KENDRA SHORT, DAVID VAN BUREN. PRINTABLE SPACECRAFT: FLEXIBLE ELECTRONICS PLATFORMS FOR NASA MISSIONS

В 2013 году мы вновь посетили выставку и конференцию по печатной электронике Printed Electronics USA, прошедшую в конце ноября в Санта-Кларе в Кремниевой долине, чтобы оценить прогресс в развитии этого перспективного направления электроники за прошедший год и поделиться впечатлениями с вами.

В этом году количество участников выставки составило 160 — это примерно в 1,5 раза больше по сравнению с предыдущим годом. На наш взгляд, основной

прирост участников произошел за счет новых поставщиков материалов и оборудования. Конференция в этот раз получилась намного информативнее и представительнее: всего состоялось около 200 докладов, в том числе представителей таких именитых компаний, как: 3M, Boeing, Bosch DuPont, Flextronics, IBM, Intel, Johnson & Johnson, Konica Minolta, Microsoft, Murata, OSRAM, Panasonic, Texas Instruments, Xerox.

На конференции помимо докладов по общим вопросам печатной электроники были организованы отдельные сессии по OLED дисплеям и освещению, солнечным батареям, прозрачным токопроводящим материалам, графену, 3D принтерам, «сбору» энергии (energy harvesting), суперконденсаторам, «интернету вещей».

К сожалению, новых¹ конечных применений полностью или преимущественно печатных серийных изделий мы не обнаружили. Тем не менее, на выставке и конференции был представлен ряд интересных новинок, о которых речь пойдет ниже.

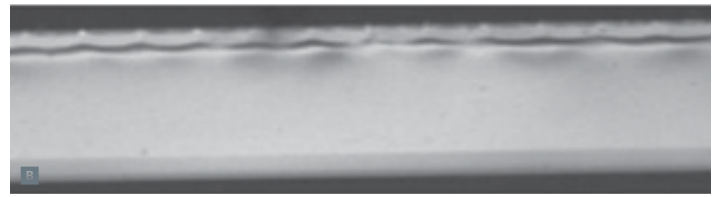
¹ То есть конечных применений, не представленных на выставках Printed Electronics USA 2012 и LOPE-C 2013, статьи о которых были в предыдущих номерах издания:

А. Ефремов. Выставка и конференция Печатная Электроника США (Printed Electronics USA) // Поверхностный монтаж. — 2013. — №3. — С. 4-5.

А. Ефремов, А. Нисан. Задельные технологии. Перспективы развития печатной электроники // Вектор высоких технологий. — 2013. — №2. — С. 4-9.



1
A демонстрация гибкости стекла, катушка, на которую намотано около 300 метров ленты из гибкого стекла шириной 1 метр. Источник: Corning
B



2
 Качество резки стекла: **A** лазером, **B** механически. Источник: Corning

Гибкое стекло для рулонной печати

Компаниями Corning и Schott были представлены тонкие гибкие стекла толщиной 25-200 мкм **рис 1**, которые могут быть использованы как в качестве оснований в рулонной и листовой печати, так и барьерных слоев. Преимущества представленных тонких стекол над обычными стеклами в гибкости, уменьшении толщины и массы, в меньших затратах на производство благодаря возможности применения в рулонных процессах. По сравнению с пластиковыми основаниями, гибкие стекла обеспечивают меньшую влаго- и газопроницаемость², более высокую термостойкость (до 500°C) и химическую стойкость, большую светопропускаемость (на 7%), меньшую шероховатость поверхности. Основным недостатком тонких стекол по сравнению с пластиковыми основаниями — хрупкость. С этим недостатком борются двумя способами: качественной лазерной резкой стекла **рис 2**, так как прочность стекла во многом определяется качеством реза, и ламинированием или нанесением тонкого слоя полимера.

Подобные стекла могут найти применение в гибких дисплеях как в качестве оснований для формирования транзисторной схемы управления, так и экранных сенсоров, OLED освещении, «умных» окнах.

Термостойкая бумага

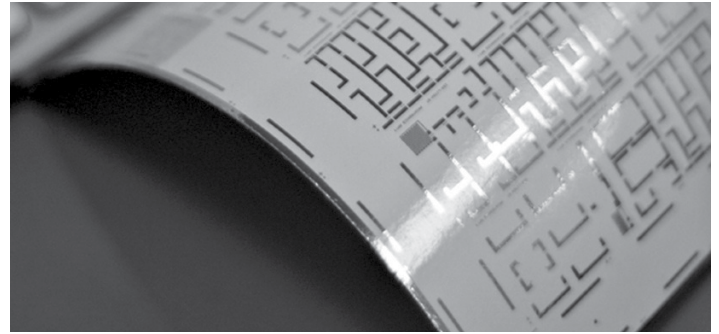
Сама идея печати электроники на бумаге не нова и привлекательна хотя бы по двум причинам: с одной стороны, из-за возможности формирования электронных компонентов непосредственно на упаковке или товаре, с другой — из-за большей экологичности, так как бумага изготавливается из возобновляемого сырья, биоразлагаема и может быть сравнительно легко переработана. Для иллюстрации важности экологической составляющей приведем лишь один пример: по данным Управления по охране окружающей среды США³ в 2011 году только в штатах было создано 32 миллиона тонн пластиковых отходов (порядка 100 кг на душу населения), из них только 8% удалось переработать.

Интерес вызывает представленная на выставке бумага PowerCoat, выдерживающая температуру 200°C в течение 5 минут

2 Результаты испытаний гибкого стекла на влагопроницаемость, представленные компанией Corning: при температуре 50°C и относительной влажности 100% — не более $5 \cdot 10^{-5}$ г/м² в сутки (меньше предела обнаружения использованного оборудования), а при температуре 50°C и относительной влажности 85% — не более $6 \cdot 10^{-5}$ г/м² в сутки (на этом образце проникновение влаги происходило преимущественно не через стекло, а через боковые швы). Это примерно соответствует одной капле воды на площадь с футбольное поле в месяц.

3 <http://www.epa.gov/osw/conservation/materials/plastics.htm>

Но применяемость бумаги в качестве основания для печати электронных компонентов ограничена ее температурной стойкостью⁴ и шероховатостью. В этой связи интерес вызывает представленная на выставке бумага PowerCoat рис 3, выдерживающая температуру 200°C в течение 5 минут. Относительно высокая термостойкость бумаги позволяет добиться в несколько раз меньшего сопротивления печатного рисунка. Бумага подходит для струйной, трафаретной, офсетной, глубокой и флексографской печати, а также лазерной абляции.



3 Бумага PowerCoat с напечатанным токопроводящим рисунком. Источник: Arjowiggins Creative Papers

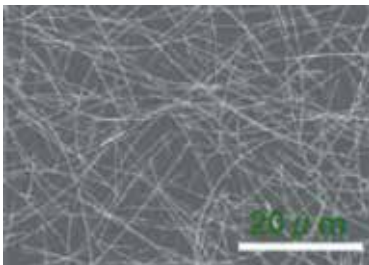
Серебряная нанопроволока — замена ИТО

Оксид индия и олова (ИТО) очень широко применяется в сенсорных емкостных экранах для создания прозрачных проводящих слоев, но малые объемы добычи индия и его невысокая распространенность на Земле, растущая стоимость, а также ограниченная применяемость ИТО в гибких дисплеях из-за хрупкости вынуждает компании и исследовательские центры искать альтернативы.

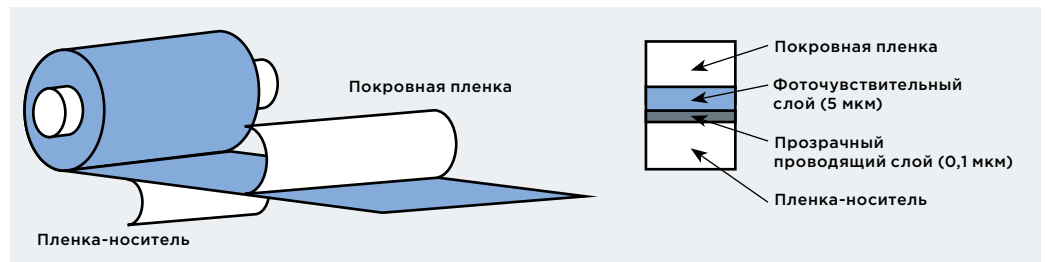
Одной из альтернатив ИТО являются проводящие слои из серебряных нанопроволок (nanowire) рис 4. Компанией Cambrios были разработаны и коммерциализированы чернила на основе серебряных нанопроволок для формирования проводящих слоев. Совместно с компанией Hitachi разработаны прозрачные пленки TCTF

со слоем из серебряных нанопроволок, сухого фоторезиста, структура которых показана на рис 5. Применение этой пленки позволяет примерно в три раза уменьшить количество технологических операций процесса изготовления емкостных сенсоров для дисплеев по сравнению с традиционным процессом изготовления сенсоров на ИТО рис 6 и рис 7. Удалось достичь следующих характеристик проводящего слоя: сопротивление 10-250 Ом/□ при коэффициенте светопропускания 85-91%.

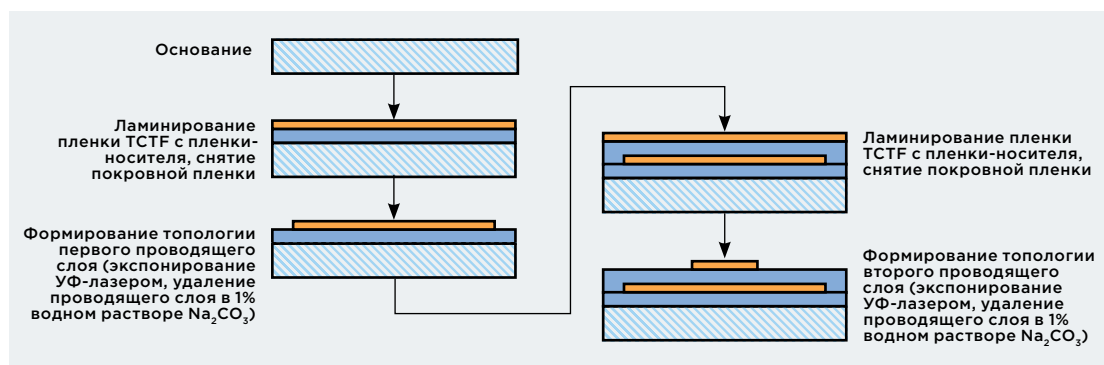
Пленки с токопроводящим слоем из чернил с серебряными нанопроволоками уже используются в производстве емкостных сенсоров для экранов смартфонов NEC и Huawei, мониторов, моноблоков Lenovo и LG рис 8.



4 Снимок прозрачного проводящего слоя из нанопроволоки серебра. Толщина слоя 100 нм. Источник: Cambrios

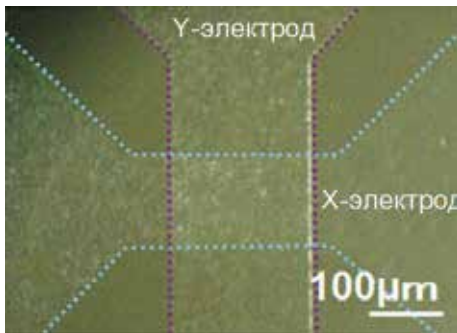


5 Пленка с токопроводящим слоем. Источник: Cambrios



6 Схема процесса изготовления емкостного сенсора для экрана с применением пленки с проводящим слоем. Источник: Cambrios, Hitachi

4 В наших экспериментах фотобумага растрескивалась при нагревании свыше 120°C



7 Фрагмент емкостного сенсора для экрана. Источник: Cambrios




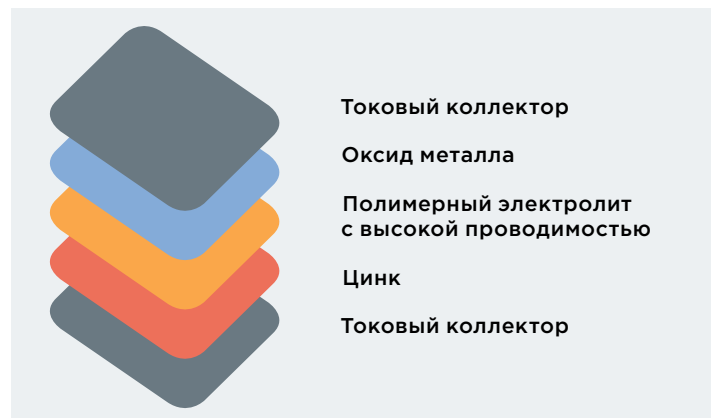
8 Смартфоны Huawei и NEC, моноблок LG, в сенсорах на экранах которых использованы прозрачные проводники из серебряных нанопроволок вместо ITO

Печатные аккумуляторы

Гибкие полностью печатные цинкополимерные аккумуляторы были показаны выходцами из Калифорнийского университета в Беркли, организовавшими стартап Imprint Energy. Все слои аккумулятора наносятся трафаретной печатью, а его итоговая толщина не превышает 1 мм рис 9 и рис 10, при этом были достигнуты следующие электрические характеристики: среднее напряжение от полностью заряженного состояния до разряда (0,9 В) — 1,25 В, удельная емкость — 13 мА•ч/см². Печатные аккумуляторы выдержали 4000 циклов во время испытаний на изгиб радиусом 13 мм без существенного изменения емкости. Также печатные аккумуляторы успешно прошли шестинедельные ресурсные испытания, в ходе которых было проведено 210 циклов зарядки и разрядки до глубины разряда 100%, не оказавших существенного влияния на емкость аккумуляторов.

Заклучение

Хотя выставка и конференция не представили революционных изменений в печатной электронике за прошедший год, но эволюционное развитие налицо: появляются новые материалы и оборудование, всё больше компаний и исследовательских центров втягиваются в активную деятельность по печатной электронике, демонстрируются новые прототипы и результаты многочисленных исследований. А подытожить рассказ о выставке и конференции хочется, вернувшись к эпиграфу — цитате из отчета NASA по применению печатной электроники в космосе. Если выступление восторженного представителя NASA, взалхлеб рассказывающего о печати электроники непосредственно в космосе, вызвало оптимистичные фантазии о месте печатной электроники вне земли, то выставка и конференция в целом убедили в укреплении позиции печатной электроники на земле. 



9 Схематичное изображение полностью печатного аккумулятора. Источник: Imprint energy



10 Прототип беспроводных часов. Источник: Imprint energy