

ПЕРСПЕКТИВЫ

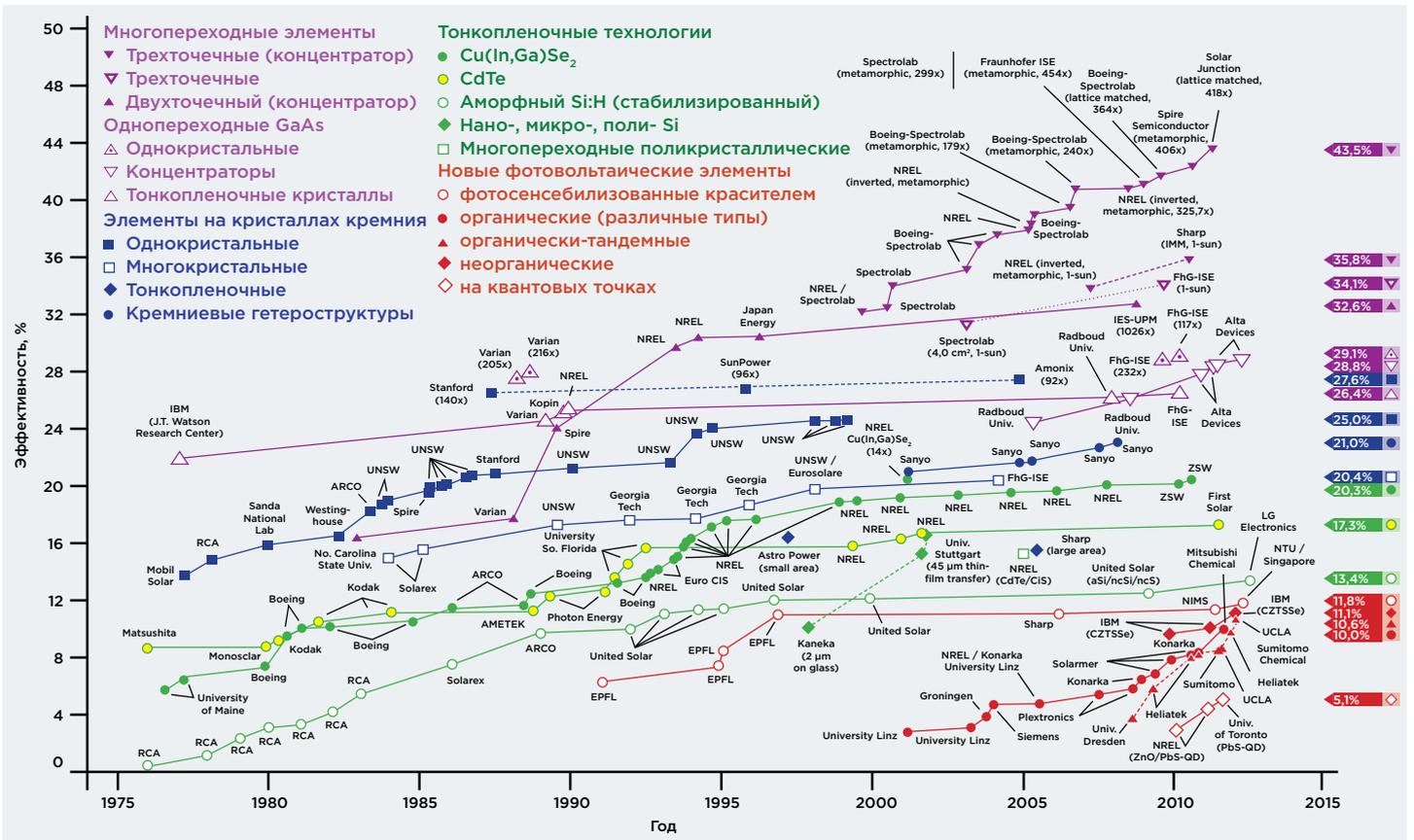
Какие барьеры преодолеют печатные солнечные элементы



Текст: **Николай Павлов**



В статье «Новые горизонты солнечной энергетики» (информационный бюллетень «Поверхностный монтаж» № 2 (99), март 2013) были рассмотрены общие перспективы и специфика развития солнечной энергетики. В данной статье мы более подробно рассмотрим сами солнечные элементы, сравним «классические» кристаллические элементы и полимерные, с помощью которых удастся достигнуть гибкости и легкости конечных изделий. Диапазон применений таких батарей позволяет говорить о новых нишах их применений.



1 Эффективность преобразования солнечной энергии различными типами элементов. Источник: NREL

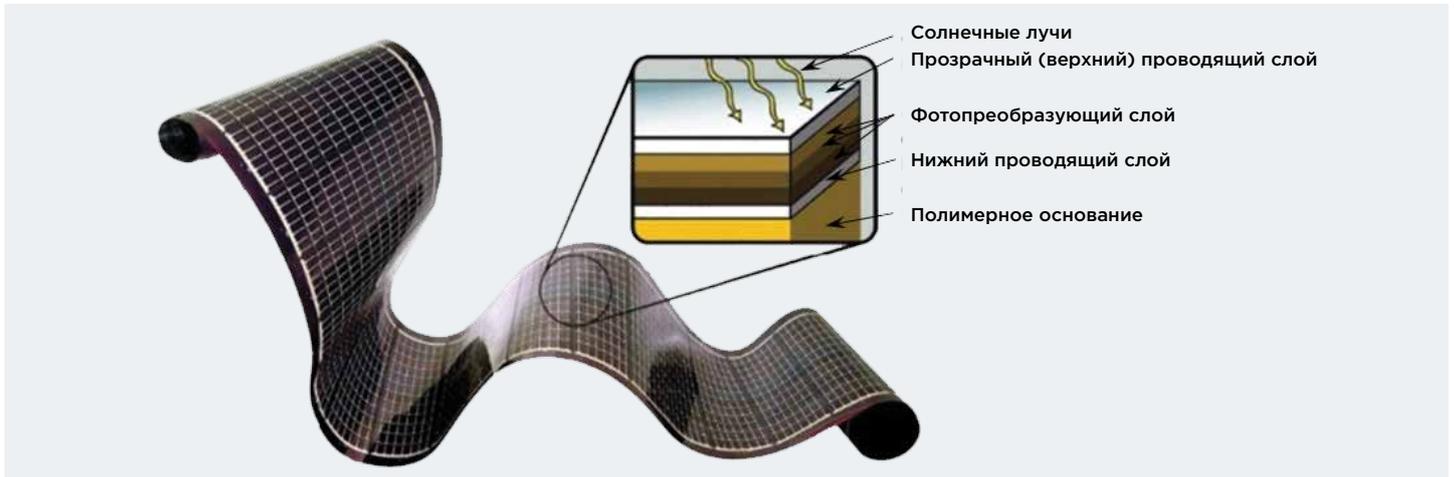
На текущий момент печатные элементы обладают меньшим КПД преобразования солнечной энергии по сравнению с «классическими» кремниевыми и другими кристаллическими солнечными элементами. Эффективность преобразования солнечной энергии различными типами солнечных элементов, включая печатные, приведена на рис 1. Важно, что печатные солнечные элементы развиваются наиболее динамично и демонстрируют существенный рывок в развитии в последние 5-7 лет.

Наиболее распространенные «традиционные» солнечные элементы изготавливаются из кремния. Несмотря на то, что кремний — это часто встречающийся элемент и его содержание в земной коре составляет около 20%, процесс изготовления солнечных элементов сложен и дорог. Кроме этого, при работе кремниевые фотоэлементы сильно нагреваются, после чего их производительность начинает снижаться. Поэтому в сборках кремниевых батарей помимо фотоэлементов требуются еще и дорогостоящие системы охлаждения.

Солнечная батарея состоит из набора фотоэлементов. Фотоэлемент представляет собой полупроводниковое устройство, которое преобразует энергию солнца в электрический ток рис 2.

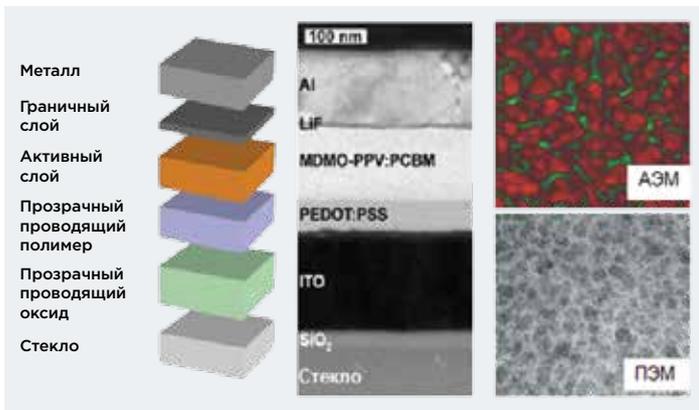
Полимерные гибкие солнечные батареи, выполненные по печатной технологии — это пленка, состоящая из активного слоя (полимера), электродов из алюминия и прозрачного ITO, гибкой органической подложки и защитного слоя. Более подробная структура реального образца полимерного солнечного элемента представлена на рис 3. На снимках приведены изображения структуры элемента, полученные на аналитическом электронном микроскопе (АЭМ) и просвечивающем электронном микроскопе (ПЭМ).

Достоинством таких фотоэлементов можно считать компактность, легкость и гибкость. Основным недостатком, как уже отмечалось, является их низкий КПД. Максимальное значение КПД полимерных элементов, которого удалось добиться при освещенности 0,2 ватта на см² — это 6,5%. У лучших кремни-



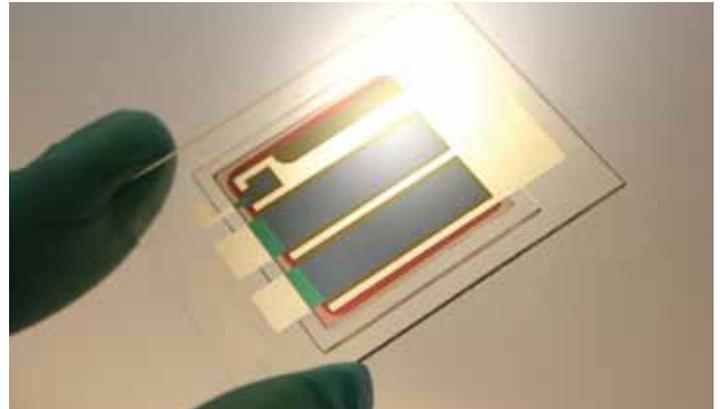
2

Гибкий полимерный фотоэлемент



3

Структура печатного солнечного элемента



4

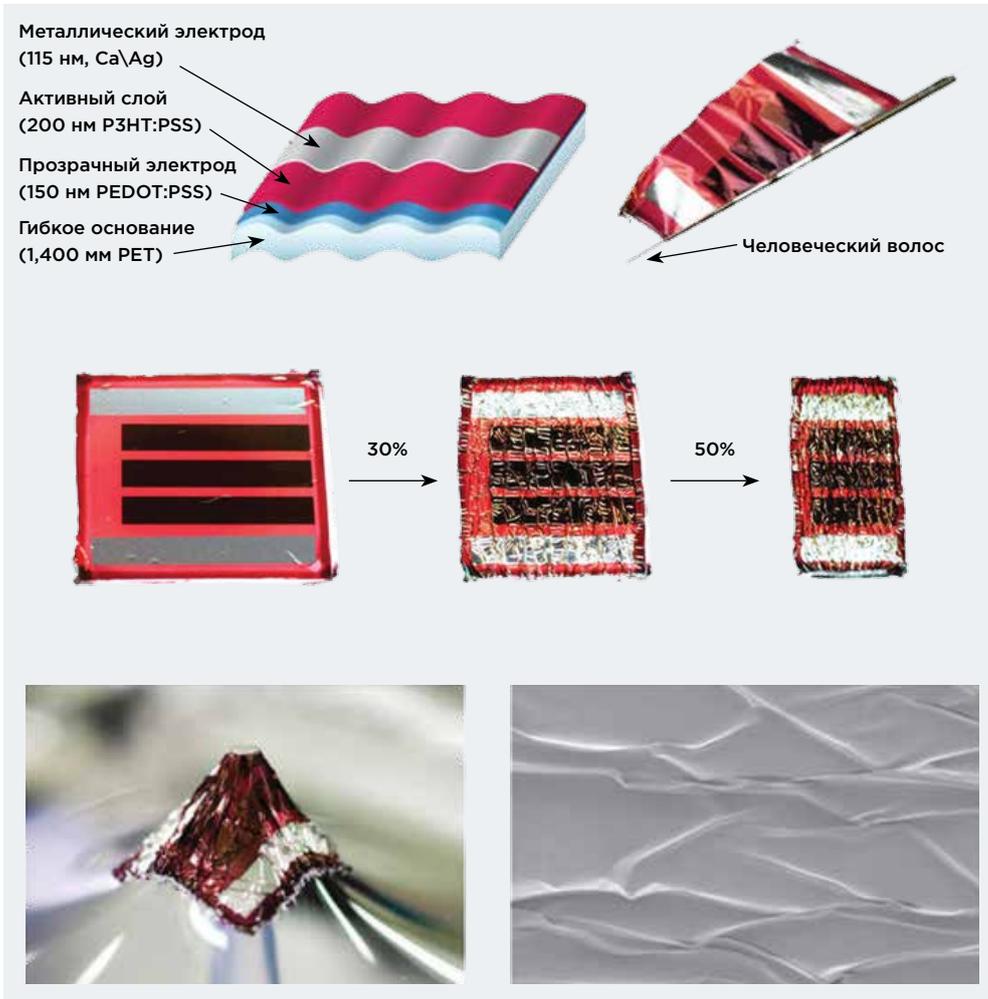
Органический солнечный элемент. Источник: Heliatek

евых элементов это значение достигает более 40%. Но такая оценка верна лишь отчасти. Указанные значения преобразования солнечной энергии для кремниевых элементов достижимы для малых партий и лабораторных образцов. Предлагаемые на рынке изделия имеют коэффициент преобразования солнечного света в пределах 15%. Разница в два раза довольно существенна, но динамика развития «классических» элементов замедляется, а гибкие печатные солнечные батареи продолжают активно совершенствоваться. Недавно появилась новость об изготовлении органической солнечной ячейки с коэффициентом преобразования солнечной энергии 12% (рис 4). Это позволяет надеяться, что в ближайшие годы коэффициент преобразования гибких печатных фотоэлементов станет соизмерим с аналогичными параметрами

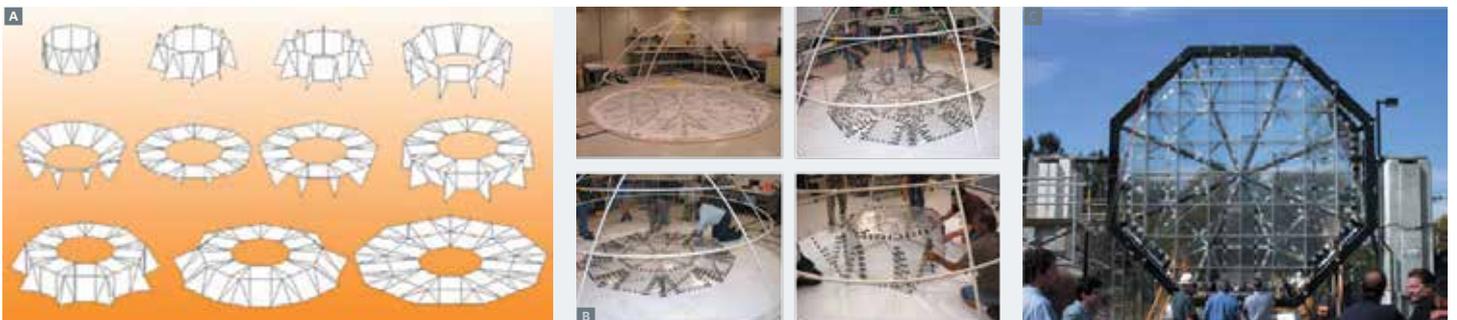
кремниевых элементов, и такие изделия станут доступны на рынке.

В сравнении с кремниевыми батареями гибкость полимерных батарей является одним из преимуществ, позволяющих говорить о больших перспективах для их применения. Пример подобной батареи приведен на рис 5. Эти батареи могут наноситься на различные поверхности: от крыш и окон домов, до ткани одежды и сумок. Такую батарею можно не только изгибать, но и складывать как гармошку. Описанные технологии (особенно с возможностью складывания) создают широкие возможности для использования данных изделий в космической и портативной аппаратуре питания.

В качестве примера и возможного применения гибких элементов рассмотрим уже выполненный про-



5 Гибкие солнечные батареи (в процентах указана величина деформации относительно исходного размера)



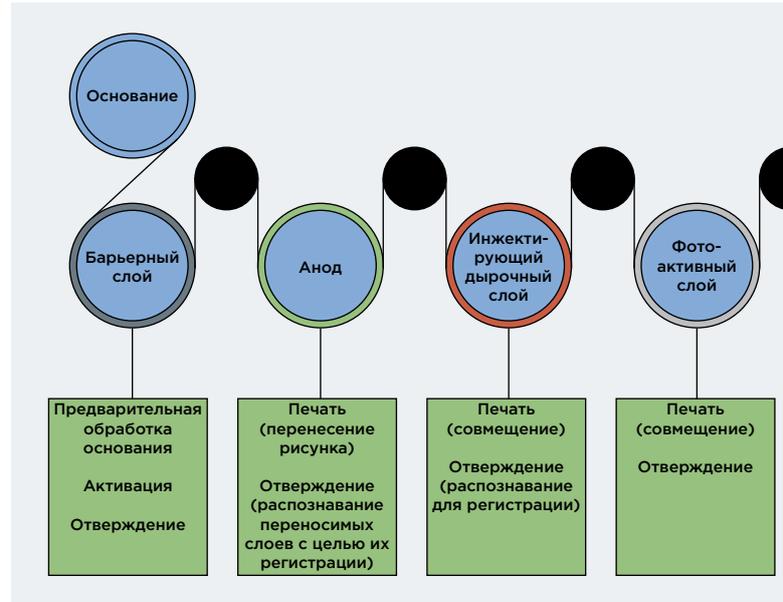
6 Отражающее зеркало космического телескопа:
 А — оригами развертка процесса раскладывания зеркала, состоящего из маленьких частей;
 В — проверка конструкции на малом пятиметровом макете из пластиковых панелей, процесс проводится в четыре этапа, после которых конструкция уместается в полый цилиндр диаметром 1,2 метра и высотой 55 сантиметров;
 С — полноразмерное 25-метровое зеркало, смонтированное на алюминиевой раме и готовое к тестированию



7 Американское космическое агентство NASA объявило о заключении с компанией Alliant Techsystems контракта на создание лёгких солнечных батарей с повышенной производительностью для будущих космических миссий. Прототип системы MegaFlex будет иметь мощность свыше 350 кВт при диаметре 10 метров, что в 20 раз превосходит показатели предшественников

ект, объединяющий технологии использования гибких структур и техники оригами. На рис 6 приведен пример космического телескопа, при проектировании которого перед инженерами стояла задача уместить 25-метровое зеркало в габариты ракеты-носителя. Была предложена оригинальная методика: используя технику оригами разделить зеркало на сегменты и сложить в цилиндрическую форму. При этом раскрытие свернутого зеркала происходит без приложения механических усилий, достаточно убрать фиксирующие конструкции.

Аналогичные конструкции (с применением технологии оригами) космическое агентство НАСА предполагает использовать при работе с солнечными парусами. Ведь чем больше площадь солнечного паруса, тем больше его тяга (солнечный парус — приспособление, использующее давление солнечного света или лазера на зеркальную поверхность для приведения в движение космического аппарата). Используя подобные технологии, возможно в малом объеме разместить разворачиваемые в дальнейшем большие поверхности, в том числе и с печатными солнечными батареями рис 7.



8 Схема рулонного технологического процесса изготовления печатного солнечного элемента

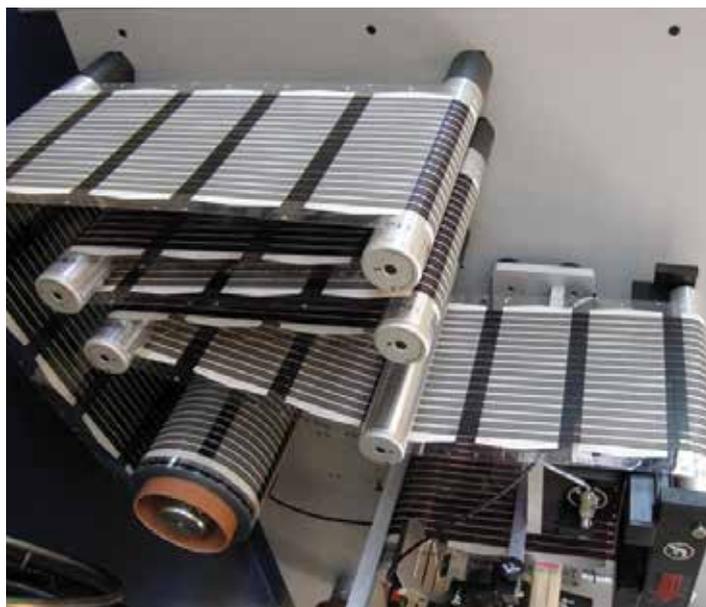
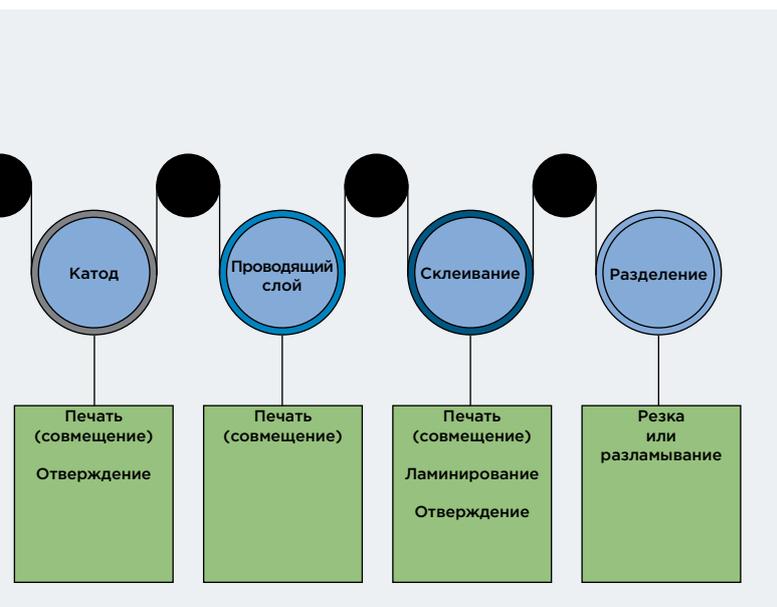
Также можно найти и потребительские решения, комбинирующие различные печатные технологии.

Основная задача для широкого внедрения гибких фотоэлементов — это создание технологии массового производства солнечных батарей с минимизацией их стоимости и увеличением КПД преобразования солнечной энергии.

Для изготовления печатных солнечных батарей в массовом производстве оптимальной является рулонная технология (Roll-to-roll). Блок-схема технологического процесса изготовления гибких солнечных элементов по рулонной технологии представлена на рис 8. Пример одной из секций такой установки приведен на рис 9.

Нанесение материалов на каждом этапе технологического процесса может проводиться различными методами. Общее описание методов печати было приведено в статье «Органическая и печатная электроника — новая ветвь развития электроники», бюллетень «Поверхностный монтаж» № 4 (90) июнь 2011 года.

В результате рулонной печати солнечной батареи будет сформирована фотопреобразующая структура



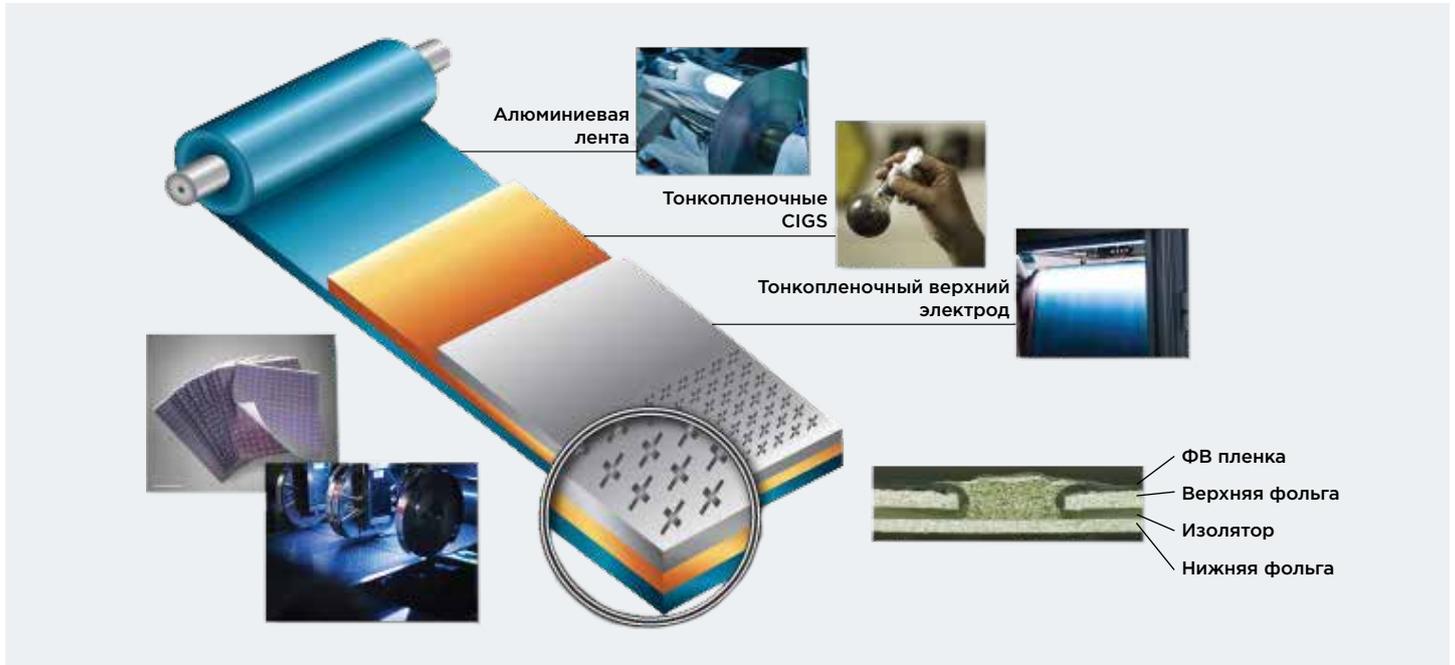
9 Одна из секций устройства рулонной печати



Размещенное в интернете концептуальное решение, комбинирующее в себе изделия печатной электроники — печатные батареи и OLED-светильник. Вероятно так же должны использоваться гибкие аккумуляторные батареи, но на представленном эскизе конкретные технологические решения узлов такого светильника не отражены.



Существуют и оригинальные идеи применения солнечных батарей в комплексе с другими изделиями печатной электроники. «Зачем нужен газ, если есть солнце? Зачем нужны дрова, когда есть солнце? Так считают дизайнеры Yonggu Do, Sukhoon Hong и Eunha Seo, которые создали концепт-идею необычной плиты Hot-Liner. Она поможет готовить горячие блюда даже в самых спартанских условиях. Ведь Hot-Liner работает от солнечной энергии!». Это разработка 2010 года. Дизайнерам, видимо, так и не удалось реализовать удачное технологическое решение, поскольку данный продукт так и не появился на рынках. И уж точно не будет пользы от такого устройства в нашей полосе, только эстетика.



10

Пример структуры солнечного элемента, реализованного по рулонной технологии (CIGS — соединение меди, индия, галия и селенида; ФВ пленка — фотовольтаическая пленка)

на основании с защитным (инкапсулирующим) слоем. Реализация одной из таких батарей на алюминиевом основании показана на рис. 10. Суммарная толщина слоев, нанесенных на алюминиевое основание, не превышает 2 мкм.

Технология позволяет изготавливать опытные и серийно выпускаемые на рынок образцы солнечных батарей рис. 11. Это не крупносерийное производство как в случае с «классическими» кремниевыми элементами. Но технология развивается, и стоит надеяться на скорую доступность солнечных батарей, выполненных по рулонной печатной технологии.

Гибкие печатные солнечные батареи должны в ряде применений стать заменой кремниевым кристаллическим элементам и существенно уменьшить массогабаритные характеристики панелей, упростить процесс создания и эксплуатации таких изделий. Возможность формирования в одном процессе целиком солнечного элемента позволяет рассчитывать на создание в ближайшем будущем изделий с независимым энергопитанием. В комплекте с гибкими печатными батареями возможности технологии существенно увеличиваются. ▢



11

Примеры печатных солнечных батарей