

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 621.311.6

Казаркин
Борис Андреевич

Прозрачные солнечные элементы

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-41 80 03 Нанотехнологии и наноматериалы (в
электронике)

Научный руководитель
Д. т. н.,
проф. каф. МНЭ
Смирнов А. Г.

Минск 2015

ВВЕДЕНИЕ

Полимерные фотоэлементы (ФЭ) являются чрезвычайно привлекательными кандидатами для использования в следующем поколении технологий фотоэлементов из-за их механической гибкости, легкого веса, и экономической эффективности. Для достижения коммерциализации и массового производства, полимерные ФЭ должны демонстрировать высокую эффективность и уникальные применения. Большие усилия в настоящее время уделяют различным областям исследований в стремлении достичь высокой эффективности таких устройств. Например, морфологический контроль, проектирование поверхности и мульти-распределительные тандемные структуры были разработаны для повышения степени поглощения света и совершенствования сбора и транспорта носителей заряда в полимерных ФЭ. Тандемные структуры полимерных ФЭ, в частности, могут обеспечить КПД больше, чем 10%. Повышение производительности происходит из-за увеличения части поглощенного солнечного спектра различными органическими материалами, обладающими тщательно отобранными энергиями запрещенной зоны. Полимерные ФЭ прозрачного типа представляют собой продолжение общих полимерных ФЭ для специальных применений. Соответственно, прозрачные полимерные ФЭ с различной степенью пропускания видимого спектра были определены в качестве ключевых компонентов для строительных интегрированных солнечных элементов, которые могут быть изготовлены в виде энергетических окон, кровельных покрытий, и наружных стеновых материалов, все время поддерживая красивый внешний вид зданий. Эти уникальные применения прозрачных полимерных ФЭ могут дистанцировать данные технологии от других конкурирующих новых технологий солнечных батарей.

Хотя для многих прозрачных полимерных ФЭ отсутствуют приемлемые материалы для использования в поглощающем слое, что означает, что эти устройства показывают либо низкий КПД (<4%), либо низкую прозрачность в видимом диапазоне (<30%). Один из способов дальнейшего повышения эффективного поглощения является использование стека полимерных пленок в последовательном соединении в тандемных структурах. Соответственно, несколько светочувствительных материалов могут быть введены в полимерный ФЭ, что даёт возможность для точной регулировки его поглощения и, следовательно, его цвета.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с приоритетными направлениями научных исследований

Тема диссертационной работы соответствует подразделу 6.7 «Нанотехнологии, наноструктуры и наноматериалы в электронике, оптике, оптоэлектронике» приоритетных направлений фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь на 2011 – 2015 гг., утверждённых Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 19 апреля 2010г., № 585. Работа выполнялась в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

Цель и задачи исследования

Цель диссертационной работы заключается в разработке и исследовании физико-химических методов формирования прозрачных и полупрозрачных солнечных элементов и исследовании электрооптических свойств полученных структур.

Для достижения поставленной цели необходимо было выполнить следующие задачи:

1. Определить оптимальные условия формирования прозрачной проводящей алюминиевой наносетки.
2. Разработать методы формирования прозрачных и полупрозрачных солнечных элементов.
3. Провести исследования полученных структур.

Личный вклад соискателя

Все основные результаты, выводы получены соискателем самостоятельно. Методики формирования прозрачной проводящей алюминиевой наносетки и прозрачных и полупрозрачных солнечных элементов разработаны самостоятельно. Все опытные данные получены во время непосредственной работы соискателя.

Апробация результатов диссертации

Основные положения и результаты диссертации обсуждались на Международной конференции Россия – Беларусь – Сколково: единое инновационное пространство, Минск, и 1st International School and Conference on Optoelectronics, Photonics, Engineering and Nanostructures: “Saint-Petersburg OPEN 2014”, St. Petersburg, Russia.

Опубликованность результатов диссертации

По результатам исследований, представленных в диссертации, опубликовано 5 работ, в том числе 4 статьи в сборниках материалов конференций.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Диссертация состоит из Введения, трёх глав, Заключения, списка цитируемой литературы из 89 наименований. Общий объем диссертации 56 страниц, в том числе 29 рисунков и 4 таблицы.

Во Введении приводится обоснование актуальности работы.

Первая глава носит обзорный характер. В ней приводятся основные характеристики органических и гибридных фотоэлементов. Дается обзор современного состояния исследований и разработок фотоэлементов. Кратко описаны научные проблемы, связанные с формированием органических фотоэлементов. Также приводятся методы формирования анодного пористого оксида алюминия для формирования алюминиевой прозрачной проводящей наносетки, используемой в качестве электрода.

Вторая глава посвящена описанию методик формирования алюминиевых наносетчатых структур, прозрачных и полупрозрачных однопереходных солнечных элементов и прозрачных и полупрозрачных тандемных солнечных элементов. А также приведено наименование оборудования для измерения электрооптических свойств полученных структур.

В Третьей главе диссертации представлены:

(1) - результаты формирования алюминиевых прозрачных проводящих наносеток на стеклянных подложках;

(2) - результаты оптических исследований для полимеров и производных фуллеренов, использованных при формировании активных слоёв;

(3) - результаты формирования однопереходных прозрачных солнечных элементов, их структура, вольт- амперные характеристики, результаты измерений внешней и внутренней квантовых эффективностей;

(4) - результаты формирования тандемных прозрачных солнечных элементов, их структура и вольт- амперные характеристики;

(5) - результаты оптических исследований прозрачных солнечных элементов;

(6) - результаты оптических исследований полупрозрачных солнечных элементов.

В Заключении сформулированы основные результаты диссертации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе проведенной работы были получены следующие основные результаты:

1. Созданы прозрачные и полупрозрачные солнечные элементы с алюминиевой наносеткой в качестве прозрачного проводящего электрода;
2. Отработаны методы формирования алюминиевой наносетки, однопереходных прозрачных и полупрозрачных солнечных элементов и тандемных прозрачных и полупрозрачных солнечных элементов;
3. Исследованы электрооптические свойства полученных структур.

Исходя из полученных результатов можно сделать следующие выводы:

- возможно использовать алюминиевую наносетку в качестве прозрачного проводящего электрода в структуре прозрачных солнечных элементов;
- технология производства органических солнечных элементов проста, т.к. не использует сложных технологических приемов;
- использование материалов с различными спектрами поглощения в качестве активных слоёв многопереходных прозрачных солнечных элементов даёт возможность создания прозрачных солнечных элементов с различным спектром поглощения;
- прозрачные солнечные элементы возможно использовать в архитектуре, автомобилестроении, для мобильных электронных устройств и т.п.;
- поскольку в качестве активного слоя используются органические материалы, то возможно создание устройств на гибких подложках.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

- [1] Казаркин, Б.А. LED - излучатели на основе нанопористого кремния для биомедицинских применений / Б.А. Казаркин [и др.] // Россия – Беларусь – Сколково: единое инновационное пространство: тезисы Международной научной конференции – Минск, 2012 – С. 35 - 37.
- [2] Казаркин, Б.А. Солнечные элементы на основе диода Шоттки с наноструктурированным алюминиевым электродом / Б.А. Казаркин [и др.] // Россия – Беларусь – Сколково: единое инновационное пространство: тезисы Международной научной конференции – Минск, 2012 – С. 104 - 106.
- [3] Kazarkin, B.A. Nanomaterials with periodic relief surface as a liquid crystal's alignment media / B.A. Kazarkin [et al.] // "Saint-Petersburg OPEN 2014" 1st International School and Conference on Optoelectronics, Photonics, Engineering and Nanostructures: Book of abstracts – St. Petersburg, Russia, March 25 – 27, 2014 – P. 52 - 54.
- [4] Kazarkin, B.A. Al transparent conductor made of aluminum nanomesh / B.A. Kazarkin [et al.] // "Saint-Petersburg OPEN 2014" 1st International School and Conference on Optoelectronics, Photonics, Engineering and Nanostructures: Book of abstracts – St. Petersburg, Russia, March 25 – 27, 2014 – P. 111 - 113.
- [5] Kazarkin, B.A. Transparent conductor based on aluminum nanomesh / B.A. Kazarkin [et al.] // IOP Science: Journal of Physics 541, 012027, 2014.