

Министерство промышленности и торговли РФ
Государственная корпорация «Ростех»
АФК «Система»
Фонд «Сколково»
АО «НИИМЭ»
АО «НИИМА «Прогресс»
НИУ «МИЭТ»

Генеральный информационный партнер –
АО «РИЦ «ТЕХНОСФЕРА»

Международный форум «Микроэлектроника-2019»
5-я Международная научная конференция
«Электронная компонентная база и микроэлектронные модули».
Сборник тезисов

Республика Крым,
г. Алушта, 30 сентября – 05 октября 2019 г.

ТЕХНОСФЕРА
Москва
2019

УДК 621.3.01/.09

ББК 38.843

М43

**Международный форум «Микроэлектроника-2019»
5-я Международная научная конференция
«Электронная компонентная база и микроэлектронные модули».
Сборник тезисов
Республика Крым, г. Алушта, 30 сентября – 05 октября 2019 г.
Москва: ТЕХНОСФЕРА, 2019. – 592 с.**

В выпуск включены тезисы докладов конференции, освещающие актуальные вопросы разработки, производства и применения электронной компонентной базы и электронных модулей.

Из года в год «Микроэлектроника» привлекает все большее число участников, их география расширяется новыми российскими регионами и зарубежными странами. За пять лет работы форума в нем приняло участие 2044 делегата. С момента создания мероприятия прозвучало 963 доклада, участниками события стали 859 компаний.

Оргкомитет форума выражает благодарность Николаю Сергеевичу Савищеву и Дарье Александровне Шевелевой за большую помощь в подготовке к изданию сборника тезисов.

© 2019, Компания «ПрофКонференции»

© 2019, АО «НИИМА «Прогресс»

© 2019, Национальный исследовательский университет «МИЭТ»

© 2019, АО «НИИМЭ»

© 2019, АО «РИЦ «ТЕХНОСФЕРА», оригинал-макет, оформление

Рисунки воспроизводятся в том виде, в котором предоставлены авторами.



3. J. West; et al. Application of magnetohydrodynamic actuation to continuous flow chemistry // Lab. on a Chip, № 2(4), 2002, pp. 224–230, doi: 10.1039/b206756k.
4. Вяселев М. Р., Ермолин В. И., Мифтахов А. Г., Урманчиев Л. М., Нургалеев М. И. Патент RU 2152044 C17 G01P 15/08, G01P 3/42.
5. Greer S. J., Jr., US 5003517A.
6. Жевненко Д. А., Вергелес С. С., Криштоп Т. В., Терешонок Д. В., Горнев Е. С., Криштоп В. Г. Моделирование процессов переноса массы и заряда в планарных электрохимических преобразователях // Электронная техника. Серия 3: Микроэлектроника, 2016. — № 4 (164). — С. 31–37.
7. Дудкин П. В., Жевненко Д. А., Горнев Е. С., Кузьменко В. О., Кохановский С. В., Жабин С. Н., Криштоп В. Г. Исследование электрохимической части передаточной функции электрохимического преобразователя // Наноиндустрия, Спецвыпуск, 2019 (89). — С. 599–603. doi: 10.22184/NanoRus.2019.12.89.599.603.
8. Zhevnenko D. A., Vergeles S. S., Krishtop T. V., Tereshonok D. V., Gornev E. S., Krishtop V. G. The simulation model of planar electrochemical transducer // Proceedings of SPIE, vol. 10224, ICMNE-2016, 1022411, 2016, doi: 10.1117/12.2267082.
9. Zhevnenko D. A., Gornev E. G., Vergeles S. S., Krishtop T. V., Krishtop V. G. Modeling of transferring processes in the planar electrochemical sensors // Advanced Materials Proceeding, vol. 4, Issue 1, pp. 26–29, 2019, doi: 10.5185/amp. 2019.1442.

УДК 620.98:535.343.2:621.383.4:004.942

Использование метаматериала Ti и TiON для эффективного поглощения солнечной энергии в гибких солнечных элементах, комбинированных с термоэлектрическим преобразователем

Махиборода М. А.¹, Харинцев С. С.², Алексеев А. М.³, Андришин Р. Н.³,
Демин Г. Д.³, Дюжев Н. А.³, Рындина Т. С.³

¹ ООО «Сенсор Микрон»

² Кафедра оптики и нанофотоники, Институт физики,
Казанский (Приволжский) федеральный университет

³ ЦКП «МСТ и ЭКБ», Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования

«Национальный исследовательский университет

«Московский институт электронной техники»

demin@ckp-miet.ru

Ключевые слова: фотопреобразователь, термоэлектрический преобразователь, эффект Зеебека, полимерный фотоэлемент.

В настоящее время значительный интерес вызывает вопрос об эффективном преобразовании солнечной энергии в электрическую [1, 2]. Фотопреобразователи могут конвертировать отдельные части солнечного спектра, но при этом значительная часть энергии поглощается в виде тепла. Для того чтобы избежать потери, можно применять устройства, содержащие как фотопреобразователь, так и термоэлектрический преобразователь. В термоэлектрических преобразователях за счет эффекта Зеебека происходит преобразование тепловой энергии в электрическую, что обусловлено движением носителей заряда под действием внешнего теплового потока.

Таким образом, часть солнечного спектра (особенно в инфракрасной области) проходит через полимерный фотоэлемент и может использоваться в качестве дополнительного источника энергии. Основная идея разрабатываемого комбинированного прибора заключается в наиболее полном использовании солнечного излучения, включая часть спектра, прошедшую через фотоэлемент. Для более эффективного поглощения прошедшего излучения в широком диапазоне длин волн эффективно использовать пленку метаматериала на основе тугоплавкого материала (TiN, TiON), что было отмечено в работе [3, 4].

Оптические характеристики светопоглощающей пленки метаматериала рассчитывались на основе метода конечных разностей в программной среде Lumerical FDTD [5]. Поглощение рассчитывалось на основе S-параметров следующим образом: $A = 1 - R - T$, где $R = |S_{11}|^2$ и $T = |S_{12}|^2$ — отражение и пропускание соответственно.

Поскольку спектральный диапазон, в котором могут возбуждаться поверхностные плазмоны, является весьма ограниченным для солнечного света, поэтому наилучшим решением является создание структуры, представленной на рис. 1а. Часть энергии солнечного света поглощается благодаря возбуждению плазмонного резонанса, тогда как другая часть поглощается сплошной пленкой метаматериала. На рис. 1б приведены результаты численного моделирования на основе метода конечных разностей во временной области для золота, нитрида титана, синтезированного в группе Шалаева (для сравнения), и нитрида титана и оксинитрид титана. Несмотря на тот факт, что тонкая пленка нитрид титана (полученная в группе Шалаева) превосходит по эффективности поглощения пленку TiN, пленка оксинитрид титана обеспечивает более высокие (на 8%) показатели эффективности интегрального поглощения в инфракрасной области (как показано на рис. 1). Для сравнения на этом графике показан спектр солнечного света. Таким образом, TiON-пленки могут потенциально использоваться для создания идеальных поглотителей в качестве элементной базы термофотовольтаики.

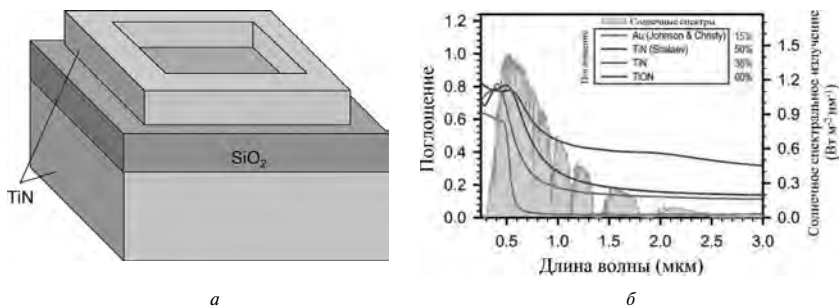


Рис. 1. а) Схематичная картина функционального элемента метаповерхности. б) Спектры поглощения тонкой пленки Au, TiN и TiON

Таким образом, показано, что нитрид титана и оксинитрид титана являются наиболее перспективными метаматериалами для эффективного поглощения излучения в широком диапазоне длин волн. Использование метаматериала в комбинированном устройстве, включающем фотоэлемент и термоэлектрический



преобразователь, позволяет добиться дополнительного увеличения поглощения солнечной энергии за счет ее преобразования в тепловую энергию, которая впоследствии используется для генерации электрической энергии термоэлектрическим преобразователем. Представленная концепция играет важную роль в создании гибких солнечных элементов будущего поколения.

Работы выполнены на оборудовании центра коллективного пользования «Микросистемная техника и электронная компонентная база» НИУ МИЭТ при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (государственный контракт № 14.575.21.0149, уникальный идентификатор проекта RFMEFI57517X0149), с привлечением центра НТИ МИЭТ «Сенсорика»

Литература

1. Green M. A. and Bremner S. P. Energy conversion approaches and materials for high-efficiency photovoltaics // *Nature Materials*, 16, 2017, pp. 23–34.
2. Nayak P. K., Mahesh S., Snaith H. J. and Cahen D. Photovoltaic solar cell technologies: analysing the state of the art // *Nature Reviews Materials*, 4, 2019, pp. 269–285
3. Li W., Guler U., Kinsey N., Naik G. V., Boltasseva A., Guan J., Shalaev V. M., Kildishev A. V. Refractory Plasmonics with Titanium Nitride: Broadband Metamaterial Absorber // *Advanced Materials*. 26(47), 2014, 7959–7965.
4. Liu Z., Chen Z. and Yu F. Microencapsulated phase change material modified by graphene oxide with different degrees of oxidation for solar energy storage // *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 174, 2018, pp. 453–459
5. Lumerical Solutions, Inc. URL: <https://www.lumerical.com/products/fdtd-solutions>.

УДК 620.92:537.322.11:004.942

Усиление термоэлектрических свойств тонкой нанопленки поликристаллического кремния посредством подстройки размера зерна для энергосберегающих применений

Белова С. Д.¹, Дюжев Н. А.², Новиков Д. В.², Глаголев П. Ю.²

¹ ООО «Микрофотоника»

² ЦКП «МСТ и ЭКБ», Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»
glagolev@ckp-miet.ru

Ключевые слова: поликристаллический кремний, теплопроводность, коэффициент Зеебека, тонкие пленки.

В связи со стремительным развитием беспроводных систем связи современные энергосберегающие технологии требуют развития новых классов наноматериалов для термоэлектрических элементов, обеспечивающих высокую эффективность преобразования тепловой энергии в электрический сигнал для обеспечения длительной работы устройств без подзарядки. Поликристаллические кремниевые пленки представляют одним из наиболее перспективных материалов для термоэлектрических преобразователей энергии вследствие своей высокой термоэлектрической эффективности, а также благодаря хорошей совместимости с кремниевой технологией [1]. Дело в том, что основным параметром, характеризующим термоэлектрическую эффективность