

## **ЭФФЕКТИВНЫЕ КРЕМНИЕВЫЕ ФОТОПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ И НАЗЕМНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Н.В. Латухина<sup>1</sup>, Г.И. Леонович, А.С. Рогожин<sup>1</sup>, Г.В. Пузырная<sup>1</sup>, А.С. Гуртов<sup>2</sup>, С.В. Ивков<sup>2</sup>,  
С.И. Миненко<sup>2</sup>, Н. В. Афанасьев<sup>3</sup>, Ю.В. Морозов<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Самарский государственный университет, Самара, Россия

<sup>2</sup>ОАО «Ракетно-космический центр «Прогресс», Самара, Россия

<sup>3</sup>ОАО ПОЗИТ, Москва, Россия

На МКА «АИСТ 2» планируется проведение эксперимента по исследованию влияния условий открытого космоса на характеристики экспериментальных кремниевых фотоэлектрических преобразователей (ФЭП), изготовленных по технологии, разработанной в Самарском госуниверситете. Эффективные фотоэлектрические преобразователи (ФЭП) как источники энергии для летательных аппаратов вызывают большой интерес со стороны разработчиков космической техники, так как для большинства космических аппаратов солнечные батареи являются практически безальтернативным источником энергии. Наиболее высокими эксплуатационными характеристиками на сегодняшний день обладают наногетероструктурные ФЭП на основе материалов АШВ. Однако, несмотря на то, что кремниевые ФЭП уступают им по такому важному показателю, как КПД, кремний продолжает оставаться главным материалом фотоэнергетики. Это обусловлено широкой распространенностью исходного сырья и развитой технологией изготовления самого материала и приборов на его основе, что обеспечивает существенно меньшую стоимость кремниевых ФЭП по сравнению с аналогами на основе материалов АШВ. Поэтому актуальной проблемой кремниевых ФЭП является повышение их КПД. Экспериментально доказано, что кремниевый ФЭП, не уступающий по эффективности преобразования энергии наногетероструктурным, может быть создан на основе многослойных структур на монокристаллической подложке кремния, в которых присутствуют материалы с различной шириной запрещенной зоны  $E_g$ , благодаря чему удается уменьшить потери в кристалле и превысить теоретический предел фотовольтаического преобразования энергии для моно-кремния в 27% [1].

В данной работе фоточувствительные структуры содержали слои нанокристаллического пористого кремния, карбида кремния, фторидов редкоземельных элементов. В нанокристаллах кремния ширина запрещенной зоны определяется квантово-размерными эффектами и может быть заметно больше, чем для объемного монокристаллического кремния, что позволяет увеличить спектральную чувствительность ФЭП в коротковолновой части спектра [2]. Увеличить спектральную чувствительность кремниевого ФЭП в длинноволновой части спектра позволяет применение диэлектрических покрытий из фторидов редкоземельных элементов (РЗЭ), благодаря наблюдаемому в этих материалах эффекту перепоглощения [3]. Кроме того, нанесение покрытий из пленок оксидов и фторидов РЗЭ позволяет значительно снизить рекомбинационные потери. Нанесение пленки фторида РЗЭ на рабочую поверхность кремниевого фотопреобразователя позволяет увеличить фототок более чем на 50% [4].

Для исследования фоточувствительности структур проводились измерения зависимости фототока от уровня освещенности рабочей поверхности структуры белым светом от лампы накаливания, имеющей спектр излучения, наиболее близкий к солнечному. На рис. 1 приведены люкс-амперные характеристики полученных образцов фоточувствительных структур с пористым слоем в сравнении с характеристикой структуры без пористого слоя. Из рисунка видно, что величина фототока структур с пористым слоем превышает величину фототока структур без пористого слоя в несколько раз при одинаковых значениях освещенности.

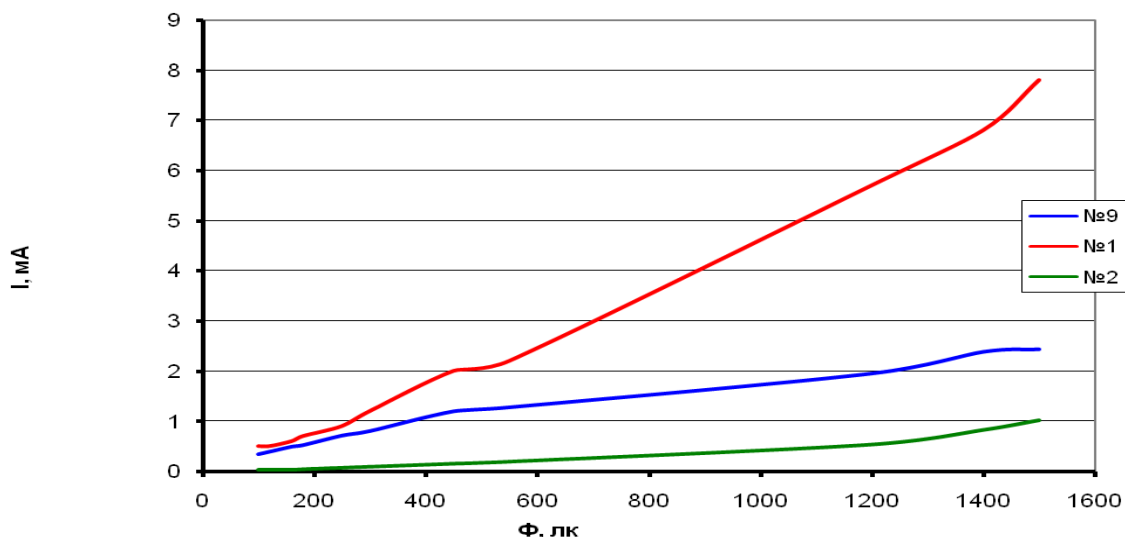


Рисунок 1 Люкс-амперные характеристики образцов фоточувствительных структур: №9 и №1 – с пористым слоем, №2 – без пористого слоя

Для исследования спектральных зависимостей фоточувствительности структур проводилось измерение фототока при освещении рабочей поверхности образца монохроматическим светом известной мощности. Фоточувствительность  $R$  рассчитывалась как отношение фототока  $I_{ph}$  (в мкА) к мощности падающего излучения  $P$  (в Вт):

$$R = \frac{I_{ph}}{P} \quad (1)$$

На рис. 2 приведены спектральные характеристики образцов структур без покрытия и с покрытием из фторида диспрозия. Видно, что при небольшом снижении фоточувствительности структуры в коротковолновой части спектра нанесение пленки фторида диспрозия значительно увеличивает ее длинноволновой части

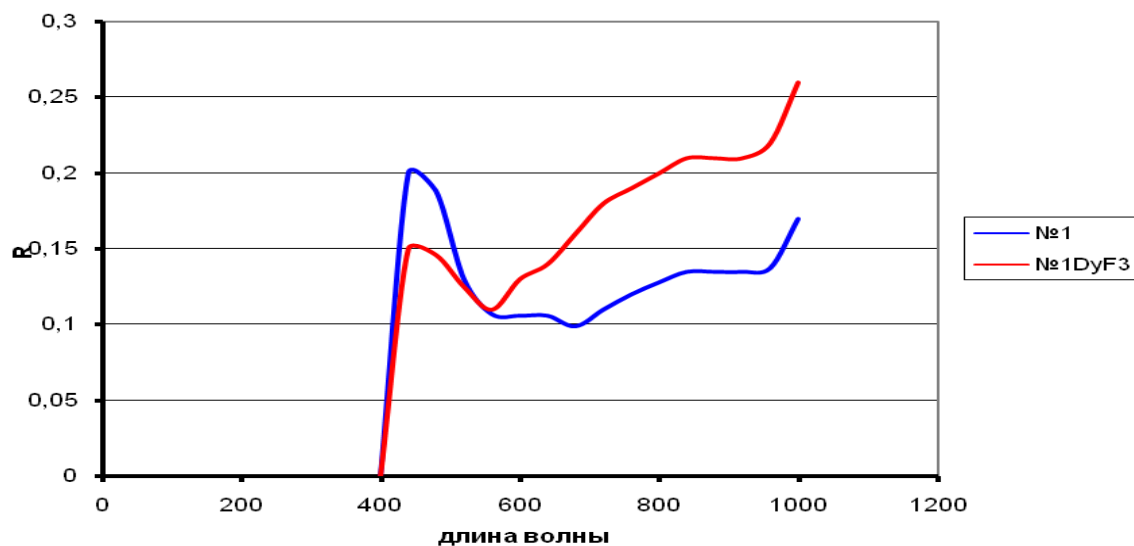


Рисунок 2 Спектральные характеристики образца с пористым слоем, с покрытием из фторида диспрозия и без него

Из приведенных результатов видно, что использование многослойных структур с пористым слоем и диэлектрическим покрытием из фторида диспрозия позволяет создать фоточувствительные структуры с достаточно высокими фотоэлектрическими параметрами, которыми можно управлять, меняя режимы изготовления.

Таким образом, можно сделать вывод, что применение в конструкции ФЭП на кремниевой подложке слоев пористого нанокристаллического кремния, перспективно для повышения его эффективности. В то же время технология изготовления таких структур не сильно отличается от традиционной технологии изготовления кремниевых ФЭП, сохраняя ее очевидные преимущества: доступность сырья, экономичность, экологичность, безопасность, развитая индустрия производства.

*Список литературы*

1. G. Conebeer, M. Green, R. Corkish, Y. Cho, E.-C. Cho, C.-W. Jiang, T. Fangsuwannarak, E. Pink, Y. Huang, T. Puzzer, T. Trupke, B. Richards, A. Shalav, K.-L. Lin. Silicon nanostructures for third generation photovoltaic solar cells. // *Thin Solid Films* – 2006. – V.511-512. – P.654-662.
2. Н.В. Латухина, Т.С. Дерезлазова, С.В. Ивков, А.В. Волков, В.А. Деева Фотополучательные свойства структур с микро- и нано-пористым кремнием // *Известия Самарского научного центра РАН*. 2009. – Т. 11. № 3 (29). С. 66 - 71
3. Shalav, B. Richards, T. Trupke. Application of NaYF<sub>4</sub>:Er<sup>3+</sup> up-converting phosphors for enhanced near-red silicon solar cell response. // *Appl. Phys. Lett.* – 2005. – V.86. – 013505
4. Ю.А. Аношин, А.И. Петров, В.А. Рожков, М.Б. Шалимова. Просветляющие и пассивирующие свойства пленок оксидов и фторидов редкоземельных элементов // *Журнал технической физики*. – 1994. – Т. 64, № 10. – С. 118-123.