

## КАСКАДНЫЕ СОЛНЕЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Фомин И.О.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Яцук В.А. – магистр, ассистент кафедры ПИКС

**Аннотация.** В этой статье рассказывается о работе каскадных солнечных элементов, методах разработки, структуре и видах каскадов. Основные факторы необходимости развития фото-энергетики.

**Ключевые слова:** каскадные солнечные элементы, фото-энергетика.

**Введение.** В настоящее время в общественном сознании крепнет убежденность в том, что энергетика будущего должна базироваться на крупномасштабном использовании солнечной энергии, причем в самых разных ее проявлениях. Солнце — это огромный, неиссякаемый, абсолютно безопасный источник энергии, в равной степени всем принадлежащий и всем доступный. Ставка на солнечную энергетику должна рассматриваться не только как беспроигрышный, но в долгосрочной перспективе и как безальтернативный выбор для человечества. Мы рассмотрим в ретроспективном и перспективном плане возможности преобразования солнечной энергии в электрическую с помощью полупроводниковых фотоэлементов [1].

**Основная часть.** Для моделирования каскадных солнечных элементов использовалась программа AFORS-HEТ, позволяющая учитывать тип материалов, их электрические и оптические свойства, а также их толщину и степень легирования. Каскадные солнечные элементы состоят из верхнего перехода  $GaP$ , подложки  $Si$ , играющей роль среднего перехода, и нижнего перехода  $Ge$ , соединенных туннельными переходами. Верхний широкозонный слой фосфида галлия поглощает в основном коротковолновую часть спектра солнца, тогда как часть излучения с большей длиной волны поглощается более эффективно в кремниевом и германиевом переходах

На первом этапе лучшие результаты по КПД были получены в механически стыкованных фотоэлементах, хотя все понимали, что действительно перспективными являются фотоэлементы с монокристаллической структурой. Такие структуры ранее разработали сотрудники NREL (США). Используя германиевые подложки, они вырастили методом МОС ГФЭ многослойные согласованные по периоду решетки структуры, в которых верхний фотоэлемент имел  $p-n$ -переход в твердом растворе  $In_{0.5}Ga_{0.5}P$ , а нижний фотоэлемент — в  $GaAs$ . Последовательное соединение фотоэлементов осуществлялось посредством туннельного  $p-n$ -перехода, специально формируемого между каскадами. В дальнейшем к процессу фотоэлектрического преобразования был подключен и третий каскад с  $p-n$ -переходом в германиевой подложке [2].

Наногетероструктуры  $GaP/Si/Ge$  были выращены на подложках  $p-Si$  (001) методом импульсного лазерного напыления. При напылении нанослоев  $GaP$  на подложку кремния  $p$ -типа проводимости в подложке формируется  $p-n$ -переход между подложкой  $Si$   $p$ -типа и приповерхностным слоем  $Si$   $n$ -типа проводимости, который возникает в результате диффузии атомов фосфора в подложку. Глубина залегания  $p-n$ -перехода составляет  $\sim 120$  нм. Следовательно, в процессе импульсного лазерного напыления подложка кремния становится активной, т. е. образуется средний каскад солнечного элемента  $n-Si/p-Si$ .

Необходимость интенсивного развития фото-энергетики определяют следующие факторы:

- существенная часть стоимости электроэнергии от ТЭЦ не включена в тарифы, а распределена на затраты всего общества и будущих поколений, которые будут лишены ископа-

емых ресурсов. Вследствие этого необходимо признать прямое и косвенное государственное субсидирование традиционной энергетики, загрязняющей окружающую среду;

- фото-энергетика обеспечивает демонополизацию и децентрализацию рынка энергетики, то есть эффективную конкуренцию и поддержку независимых производителей энергии;

- фото-энергетика экономически рентабельна уже сейчас для многих сфер, например, для обеспечения электроэнергией автономных потребителей и для низковольтного электрообеспечения (дежурное освещение, датчики, сенсоры и др.);

- успешное развитие солнечной фото-энергетики в таких странах, как Китай, США, Германия, Италия и многих других, показывает, что после нескольких лет активной государственной поддержки солнечная энергетика может успешно развиваться самостоятельно, благодаря достижению паритета стоимости солнечной и сетевой электроэнергии.

- фото-энергетикой достигнут к настоящему времени ценовой паритет с сетевой электроэнергией в регионах с высокой инсоляцией [3].

**Заключение.** Солнечная фото-электроэнергетика рождается не на пустом месте. Во многом за счет развития электроники, лазерной техники и электроэнергетики для космических аппаратов создана научно-технологическая база, которая может послужить отправной точкой для развертывания наземной солнечной электроэнергетики на основе полупроводников. Наступает время, когда следует переходить к более широкому инвестированию средств в эту область, соответствующему значимости, которую будет иметь солнечная электроэнергетика в будущем.

### Список литературы

1. Тенденции и перспективы развития солнечной фото-энергетики / Алфёров Ж.И., Андреев В.М. [Электронный ресурс] - <https://www.tiobe.com/tiobe-index/>

2. Каскадные солнечные батареи космического и наземного применения / Андреев В.М. [Электронный ресурс] - <https://cyberleninka.ru/article/n/kaskadnye-solnechnye-batarei-kosmicheskogo-i-nazemnogo-primeneniya>

3. Каскадные солнечные элементы на основе наногетероструктур GaP/Si/Ge / Л.С. Лунин, М.Л. Лунина, А.С. Пащенко, Д.Л. Алфинова, Д.А. Арустамян, А.Е. Казакова [Электронный ресурс] - <https://journals.ioffe.ru/articles/viewPDF/47489>

UDC 004.43

## CASCADE SOLAR CELLS

Fomin I.O.

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus*

*Yashchuk V.A. – master, assistant of the Department of ICSD*

**Annotation.** This article talks about the operation of cascade solar cells, development methods, structure and types of cascades. The main factors of the need for the development of photo-energy.

**Key words:** cascade solar cells, photo-energetics.