

УДК 621.311.25 + 621.396.67-022.53

НАНОАНТЕННЫ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

П.А. Бузин, И.М. Кирпичникова, А.С. Аникин

Статья посвящена обзору нового альтернативного подхода к разработке преобразователя электромагнитного излучения в электрическую энергию. В данной работе описан принцип работы наноантенн, проанализированы достоинства и недостатки использования солнечных панелей на основе наноантенн, предложена модель солнечного модуля с использованием наноантенн.

Ключевые слова: наноантенны, солнечная энергетика, возобновляемые источники энергии.

В современном мире все больше и больше людей задумываются об экологической обстановке в регионе их проживания и мире в целом. На сегодняшний день больше пятой части населения Земли проживает в районах с негативной экологической ситуацией. Одной из причин её ухудшения является неуклонный рост потребления электроэнергии, так как 95 % производства электроэнергии (рис. 1) сопровождается выбросами CO₂ и других вредных веществ. Наиболее перспективным способом решения этих проблем является развитие возобновляемых источников, которые позволят снизить загрязняющий эффект при выработке электроэнергии и сократить вероятность экологической катастрофы. Одним из самых перспективных направлений развития солнечной энергетики являются наноантенны.



Рис. 1. Круговая диаграмма распределения производства электроэнергии [1]

В ходе данной работы обоснована перспективность использования наноантенн для преобразования солнечного излучения в электрическую энергию. Наноантенна это преобразователь электромагнитного излучения, предназначенный для поглощения энергии определенной длины волны, пропорциональной размеру наноантенны (рис. 2).

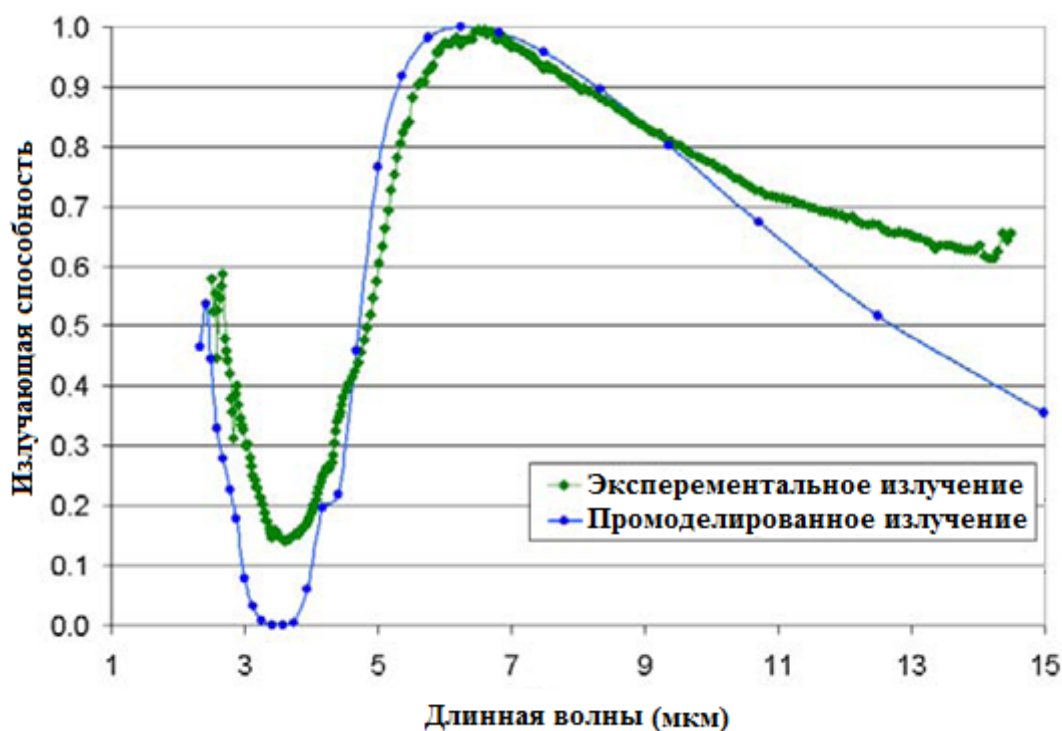


Рис. 2. График зависимости излучающей способности в зависимости от длины волны [2]

Она эффективно поглощает электромагнитное излучение любой длины [2]. Единственным условием эффективной работы наноантенны является обеспечение ее размера, который должен быть пропорционален длине волны. Падающий на антенну свет вызывает колебания электронов в антенне с той же частотой, что и падающий световой поток. Движение электронов в антенне вызывает переменный ток в цепи антенны.

Для преобразования переменного тока в постоянный необходимо его детектировать с помощью выпрямительной схемы. Частота электромагнитной волны излучаемой солнцем в видимом спектре находится в пределах от 400 до 790 ТГц (рис. 2). Соответственно, для выпрямления импульсного тока с такой частотой требуются диоды, способные работать в заданном диапазоне частот. На данный момент развитие полупроводниковой техники позволяет создавать МДМ-диоды, работающие на частотах около 150 ТГц. Их работа основана на принципе электронного туннелирования. В отличие от диодов Шоттки они не имеют паразитных емкостей [2]

Самым важным достоинством наноантенн, как устройств для поглощения солнечного излучения, является их высокий КПД. По данным источников [2, 3, 5] его показатель превышает 85 %, что в четыре раза больше КПД существующих солнечных панелей из монокристаллического кремния. Теоретический КПД солнечной панели из наноантенн будет зависеть от плотности их нанесения на подложку. Но даже на начальных этапах развития такие солнечные панели показывают удивительные характеристики. Важным фактором, стимулирующим развитие солнечных модулей на основе наноантенн, является их стоимость. Они намного дешевле существующих фотоэлементов. Стоимость материалов, требующихся для создания наноантенного массива (рис. 3), не превышает 10 долларов за квадратный метр [4, 5]. Высокий КПД и низкая стоимость открывает широкие возможности для использования наноантенн в энергетике.

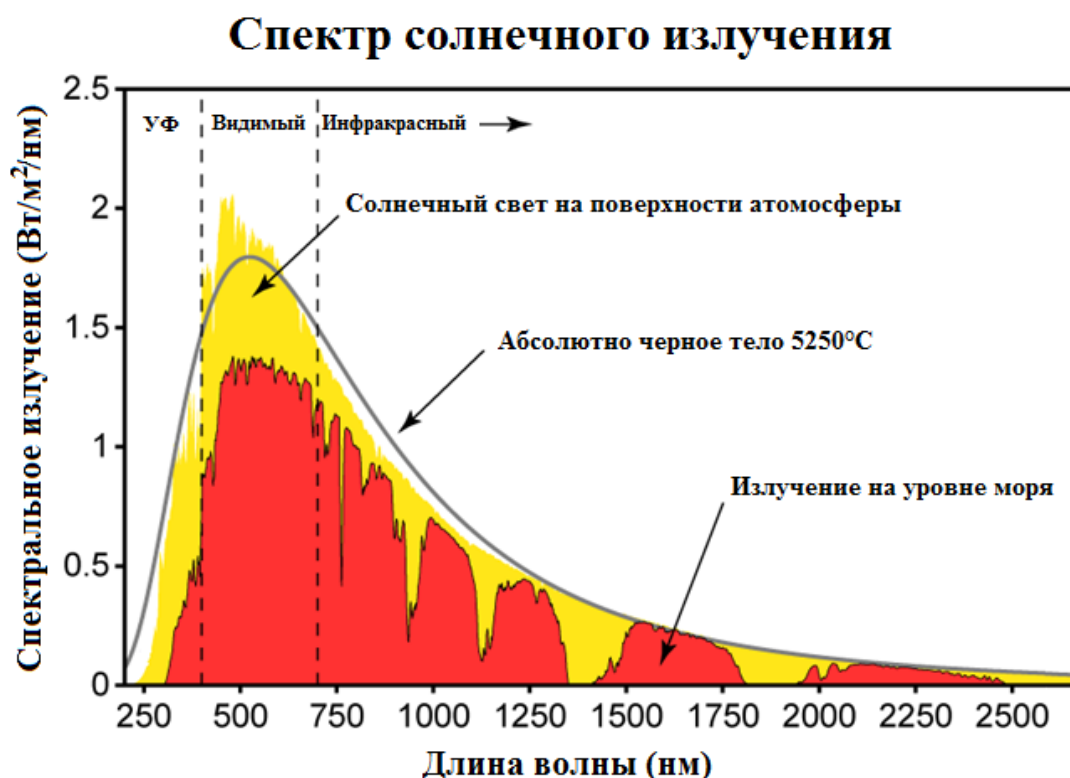


Рис. 3 Распределение спектра солнечного излучения [2]

На сегодняшний день основное препятствие для использования наноантенн — это ограниченный диапазон частот детектируемого сигнала, который ниже частоты видимого спектра солнечного излучения, имеющего максимальную плотность светового потока. Имея достаточно совершенный способ поглощения электромагнитного излучения, но не имея технических средств для выпрямления сигнала, можно применить уже существующие технологии для использования импульсного тока [6].

Далее был промоделирован преобразователь солнечного излучения и рассчитан теоретический КПД его работы.

Предложенный преобразователь отличается от стандартной схемы солнечной панели из нанопанелей наличием второго слоя, созданного для поглощения электромагнитного излучения в инфракрасном спектре, и преобразователя электрической энергии в тепловую энергию.

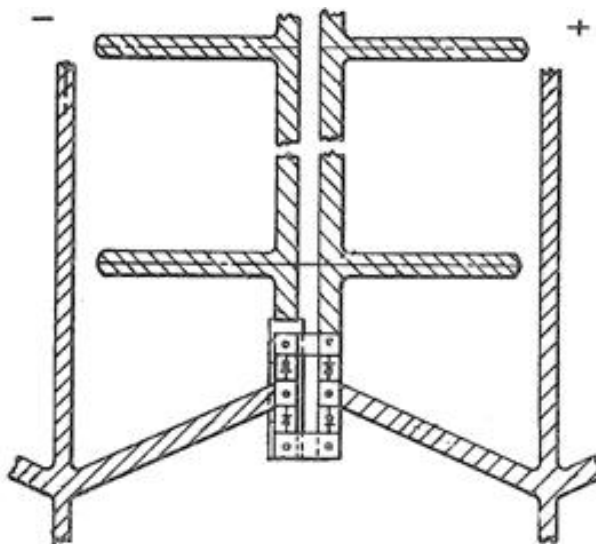


Рис. 4. Схематичное изображение массива из нанопанелей [7]

Первый слой предложенной модели солнечного модуля (рис. 4) изготовлен из нанопанелей, выполненных для поглощения солнечного излучения в видимом спектре. Электрической связью внешний слой нанопанелей соединен с подложкой, выполненной из пьезоэлектрической мембраны. По электрической связи импульсный ток греет конвертер (преобразователь) электрической энергии в тепловую энергию. Поскольку частота переменного тока от внешнего слоя нанопанелей слишком велика для пьезоэлектрического эффекта, пьезомембрана не будет успевать изменять свои геометрические размеры из-за инертности материала, как следствие, вся энергия будет затрачиваться на создание электромагнитного излучения в инфракрасном спектре. Второй слой - это нанопанели, созданные для поглощения теплового излучения от пьезоэлектрической мембраны. Электрические импульсы второго слоя подвергаются детектированию и выпрямляются в постоянный ток.

Таким образом, благодаря этой модели мы избегаем использования тепловых машин с низким КПД и получаем электрический ток в подходящей для выпрямления форме. Более того, данная схема снижает частоту выходного сигнала от 400 ТГц до 790 ТГц до приемлемых от 300 ТГц до 400 ТГц. Что позволяет использовать существующие туннельные диоды

для детектирования переменного тока. КПД такой модели не представляется возможным рассчитать без выбора определенных элементов и материалов. Примерный КПД будет рассчитываться, исходя из КПД двух наноприемников, одного теплового приемника и выпрямляющей схемы, что в итоге нам даст значение порядка 60–65 %.



Рис. 5. Модель трехслойного приемника электромагнитного излучения [6]

При данных показателях, используя современные системы слежения за солнцем, можно получить выходную мощность до 600 Вт на квадратный метр. Главное достоинство предложенной схемы – это возможность её применения при данном уровне развития техники, что в дальнейшем позволит ускорить процесс развития солнечных приемников на основе наноприемников и послужит толчком в развитии этого направления. Научная новизна работы состоит в предложенной модификации тонкопленочной солнечной панели, основанной на принципе наноприемников. В ходе работы дана оценка КПД прототипированного приёмника электромагнитного излучения.

Библиографический список

1. 2014 Key World Energy Statistics. IEA, 2014 – 81 с.
2. Берланд, Б. Фотоэлементы уходят за горизонт: Оптические ректенны солнечных батарей / В. Berland, L. Simpson, T. Collins, and B. Lanning, 2003. – 21 с.
3. Новак, С. Наноантенны электромагнитных коллекторов солнечного света / С. Новак. – Американское Общество инженеров-механиков, Национальная лаборатория штата Айдахо, 2009 – 7с.
4. Грэн, Х. Наноантенны для солнца, света и управления климатом. Интервью с д-ром Новаком / Х. Грэн // Esogeek – 7 февраля 2008.

5. Новак, С. Наноотопление / С. Новак // Национальные беседы: Национальное публичное радио. – 22 августа 2008.

6. Бузин, П.А. Наноантенны и перспективы их развития / П.А. Бузин, И.М. Кирпичникова, А.С. Аникин // Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием. – Екатеринбург: УрФУ, 201. – 523 с.

7. Маркс, Э. Устройство для преобразования солнечного излучения в электрическую энергию / Э. Маркс // Ведомство по патентам и товарным знакам США, 1984. – 6 с.

[К содержанию](#)