

## ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЕРОВСКИТНЫХ АКТИВНЫХ СЛОЁВ НА ОСНОВЕ CsPbI<sub>3</sub>

<sup>1</sup>Имомов Муhibжон Хабибжонович

Наманганский государственный университет,  
старший преподаватель кафедры физики

<sup>1</sup>Хусанова Фатима Нормухаммад кизи – магистрант

<sup>2</sup>Тургунобаев Аброр Юлчи угли

Институт ионно-плазменных и лазерных технологий  
младший научный сотрудник

Gmail: [muhibjonimomov@gmail.com](mailto:muhibjonimomov@gmail.com)

*Аннотация:* Данная статья посвящена проблеме повышения эффективности новых типов солнечных фотоэлементов возобновляемых источников энергии, так как одной из актуальных проблем современности является ограниченность запасов традиционных источников энергии, их возрастающее негативное влияние на экологическую среду.

*Ключевые слова:* Энергия, перовскит, спектр поглощения, деградация.

## OPTICAL PROPERTIES PEROVSKITE ACTIVE LAYERS BASED ON CsPbI<sub>3</sub>

<sup>1</sup>Imomov Mukhibjon Habibjonovich

Namangan State University,

KHusanova Fotima Normaxamad qizi, magstr

<sup>2</sup>Turgunbaev Abror Yulchi ugli, junior researcher

Gmail: [muhibjonimomov@gmail.com](mailto:muhibjonimomov@gmail.com)

*Abstract:* This article is devoted to the problem of increasing the efficiency of new types of solar photocells from renewable energy sources, since one of the urgent problems of our time is the limited reserves of traditional energy sources, their increasing negative impact on the environment.

*Key words:* Energy, perovskite, absorption spectrum, degradation.

## ВВЕДЕНИЕ

В последние годы одной из глобальных проблем человечества является ограниченность ресурсов традиционных источников энергии и усиление негативного воздействия на экологическую среду. По данным World Energy Resource Base, запасы нефти составляют 500,3 млрд тонн, запасы природного газа 404,4 трлн кубометров, запасы угля — 6,5 трлн тонн. Ожидается, что при текущем уровне добычи запасов нефти хватит на 127 лет, запасов природного газа — на 133 года, а запасов угля — на 120 лет (рис. 1). Невозобновляемость таких источников энергии, их «парниковый эффект» и загрязнение атмосферы порождают такие проблемы, как нарушение экологии нашей планеты и изменение климата [1].

Мы признаем, что среди устойчивых источников энергии, не наносящих вреда внешней среде, особое место занимают солнечные элементы, преобразующие световую энергию в электрическую посредством солнечной энергии. Среди типов солнечных элементов применение перовскитных солнечных элементов (ПСЭ) является наиболее быстро развивающейся областью. Преимущество материалов ПСЭ перед обычными солнечными элементами заключается в их тонкости (около 300 нм), легкости, гибкости, простоте и недорогой технологии производства в простых атмосферных условиях; а также в том, что они не требуют сложных условий производства (например, в условиях вакуума, при высокой температуре в диапазоне 1000-2000 градусов). Из-за высокой эффективности преобразования энергии, применение ПСЭ считается перспективным в будущем, из-за способности транспортировать электроны и дырки на большие расстояния.



Рисунок 1. Доля мирового энергопотребления по источникам энергии

В последние годы эффективность преобразования энергии ЭПЭ увеличилась с исходного значения 3,8% до 25,2% [2]. ПСЭ имеет ширину запрещенной зоны 1,55 эВ, которая поглощает фотоны с длинами волн короче 800 нм, в то время как кремниевые солнечные элементы с энергией 1,12 эВ поглощают фотоны с длинной волн более 800 нм в солнечном спектре [3].

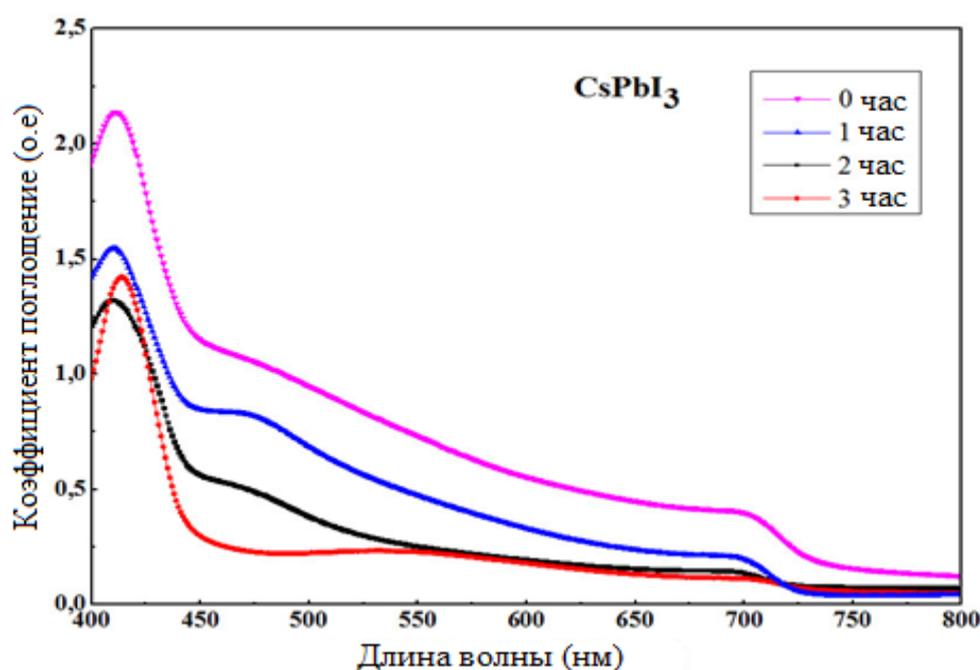
В лабораторных условиях для исследования различных параметров технологий изготовления ПСЭ, таких как повышение эффективности и срока службы широко используется метод «спин-покрытия». Поскольку изготовление ПСЭ методом центрифугирования малозатратно и удобно, оно позволяет изготовить первичный фотоэлемент за короткое время, в связи с чем, проведение научных исследований ПСЭ с помощью данного метода более популярно в отличие от других методов. Технология изготовления ПСЭ методом центрифугирования выполняется в несколько этапов [4].

Несмотря на то, что ПСЭ является большим прорывом в применении технологий альтернативной энергии, у них есть ряд недостатков, которые в настоящее время ограничивают его возможности выхода на потребительский рынок. В настоящее время основной проблемой, препятствующей коммерциализации ПСЭ, является их нестабильность, то есть, у них совсем непродолжительный срок хранения в условиях открытой атмосферы. ПСЭ быстро разлагаются из-за способности вступать в быструю реакцию с водой и кислородом. Чтобы быть конкурентоспособными кремнию, необходимо стабилизировать ПСЭ по отношению к воде и кислороду. Срок годности первых ПСЭ не составлял и одного часа, но сейчас лучшие ПСЭ, созданные учеными, имеют стабильность 2000-3000 часов [5]. Мы уже упоминали, что основным недостатком ПСЭ является их деградация за короткий период времени.

Так что же представляет собой сам процесс деградации? Деградация – это физическое (иногда химическое) повреждение материала из-за внешних химических или экологических воздействий (влага, кислород, тепло и т. д.) [6]. Одним из наиболее эффективных методов характеристики перовскитных активных слоев является анализ их оптических и спектроскопических свойств. То есть, после формирования активного слоя ПСЭ, определив спектр поглощения и интенсивность его фотолюминесценции, мы можем сделать вывод о действительности/недействительности ПСЭ и о процессе его деградации [7].

В данной статье мы проанализировали деградацию ПСЭ CsPbI<sub>3</sub> в атмосферных условиях на основе спектроскопического метода. CsPbI<sub>3</sub> для этого базовый перовскит получают путем формирования активного слоя. Для изучения процесса деградации активного слоя перовскита CsPbI<sub>3</sub> были измерены

результаты коэффициента поглощения в различные промежутки времени (0, 1, 2, 3 часа) с помощью спектрофотометра Shimadzu UV-1280 в диапазоне длины волн 400-800 нм. На рис. 4 представлен график коэффициента поглощения активного слоя CsPbI<sub>3</sub> в различные интервалы времени. Как видно из графика, значение коэффициента поглощения первого свежеизготовленного активного слоя CsPbI<sub>3</sub> высоко, но со временем оно понижается. Когда мы измерили его через 3 часа, видно, что значение коэффициента поглощения было низким (рис. 4).



**Рисунок 4. Спектры поглощения активного слоя CsPbI<sub>3</sub> в разные промежутки времени**

Таким образом, из приведенных выше результатов можно сделать следующие выводы. Мы можем проанализировать деградацию ПСЭ спектроскопически, подготовив его до активного слоя перовскита, не создавая ни одного перовскитного солнечного элемента на основе CsPbI<sub>3</sub>. При первоначальном измерении коэффициента поглощения исходного перовскитного активного слоя в атмосферных условиях его значение максимально, но измерение спустя 3 часа показывает очень низкий коэффициент поглощения, что не характерно для ПСЭ (рис. 4). Первый изготовленный активный слой перовскита соответствует черной фазе ПСЭ. Состояние этого материала через 3 часа упало до желтой фазы ПСЭ. То есть, кристаллическая структура нашего материала в атмосферных условиях изначально находится в

черной фазе, а со временем, под воздействием кислорода, влаги и тепла ее морфология нарушается, и она переходит из черной в желтую фазу.

Подводя итог вышесказанному, можно сделать вывод о том, что солнечные батареи на основе перовскита усовершенствованы и продолжают стремительно совершенствоваться во всех отношениях по сравнению с первичными вариантами альтернативной энергетики. Хотя у ПСЭ есть серьезные проблемы с технологией и деградацией, которые необходимо решить, нет сомнений в том, что в ближайшем будущем ПСЭ станут высокоэффективными источниками преобразования энергии.

### ЛИТЕРАТУРЫ

1. В.В. Бушуева (ИЭС), В.А.Каламанова, *Мировая энергетика* – 2050, 2011. – 360 с.
2. Xu Hongming A brief review on the moisture stability for perovskite solar cells. 2020 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. V.585 012027
3. Kyeong M. et al. BODIPY-based conjugated polymers for use as dopant-free hole transporting materials for durable perovskite solar cells: selective tuning of HOMO/LUMO levels // *ACS applied materials & interfaces*. 2018. Т. 10. №. 27. – С. 23254-23262.
4. E.A. Zaxidov, Sh.K. Nematov, L.R. Nurumbetova, A.Y. Turg'unboev, B.G. Xidirov, I.R. Boynazarov, A.A. Saparbaev Разработка эффективных солнечных элементов на основе неорганического CsPbI<sub>3</sub> перовскита в атмосферных условиях, *Uzbek Journal of Physics*, 2019.
5. [Zonghao Liu](#), [Longbin Qiu](#), [Luis K. Ono](#), [Sisi He](#), [Zhanhao Hu](#), [Maowei Jiang](#), [Guoqing Tong](#), [Zhifang Wu](#), [Yan Jiang](#), [Dae-Yong Son](#), [Yangyang Dang](#), [Said Kazaoui](#), [Yabing Qi](#). *Nature Energy* 5, pages 596–604 (2020)
6. Francesca Corsini et al, Recent progress in encapsulation strategies to enhance the stability of organometal halide perovskite solar cells, 2020 *J. Phys. Energy* in press.
7. Wang R. et al. A review of perovskites solar cell stability // *Advanced Functional Materials*. 2019. Т. 29. №. 47. – С. 1808843.