

ИЗПОЛЗВАНЕ НА ПЕРОВСКИТА В СЛЪНЧЕВАТА ЕНЕРГЕТИКА

Елдар Заеров

Бургаски свободен университет

USING PEROVSKITE IN THE PRODUCTION OF SOLAR ENERGY

Eldar Zaerov

Burgas Free University

Abstract: *The article describes a relatively new material for solar energy - perovskite. There is a description of its physical properties, and the developments in this industry are given by both Russian and foreign scientists. The paper conducted a comparative analysis of the solar cell materials by efficiency.*

Keywords: *solar energy, solar efficiency, perovskite.*

Въведение

Днес слънчевата радиация в много страни по света представлява голям интерес за изучаване и използване в процесите на получаване на топлинна и електрическа енергия.

Енергията, получена от слънчевата радиация за една година е двадесет хиляди пъти повече от годишното потребление на енергия за цялото човечество.

Използването на само 0,0125% от слънчевата енергия може да осигури дневно-то световно търсене, а използване на 0.5% – да осигури напълно бъдещите нужди [1].

Практическата трансформация на слънчевата енергия в България има големи перспективи, защото нивото на радиацията и продължителността на слънчево греене има високи стойности.

В настоящия момент повечето слънчеви електроцентрали използват силициеви клетки като преобразуватели на слънчева енергия в електричество, които както безспорни предимства имат и редица съществени недостатъци:

- часова зависимост от времето през деня и метеорологичните условия;
- висока цена на компонентите, дължаща се на използване на редки елементи при производството им;
- голяма заемана територия на електрически инсталации при достатъчно ниска ефективност;
- сложност при утилизацията на фотоволтаичните клетки поради съдържание на токсични вещества в тях, като олово, кадмий, галий, арсен и др.

Основният недостатък обаче на слънчевите клетки е ниската степен на преобразуване на енергията на фотоните в електрическата енергия.

В таблица 1 са показани стойностите на ефективността на слънчевите панели, изработени от различни материали [2]. Видно е, че максималната ефективност, която е характерна за монокристалните елементи, не надвишава 22%. В сравнение с конвенционалните енергийни източници тази ефективност е значително по-ниска.

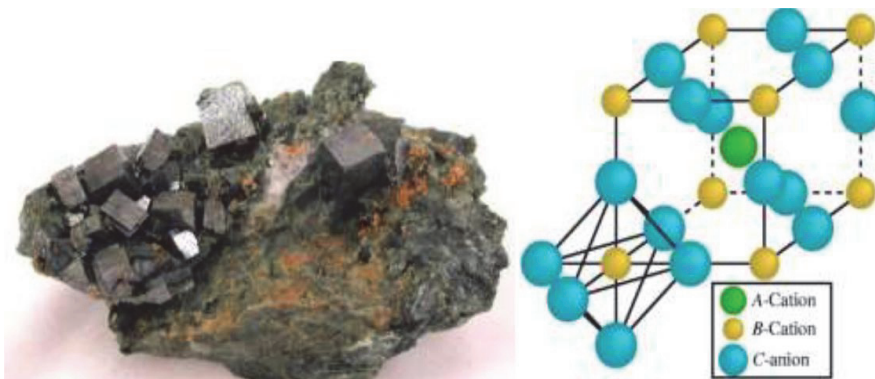
Таблица 1

**Сравнителни показатели за ефективността на слънчевите панели,
изработени от различни материали**

Материал на слънчевата клетка	Ефективност, %
Монокристални	17 ÷ 22
Поликристални	12 - 18
Аморфни	5 ÷ 6
Кадмиев телурид	10 ÷ 12
Меден селенид на индия	15 ÷ 20
Полимерни	5 ÷ 6

I. НОВИ МАТЕРИАЛИ И ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВОТО НА СЛЪНЧЕВИ КЛЕТКИ

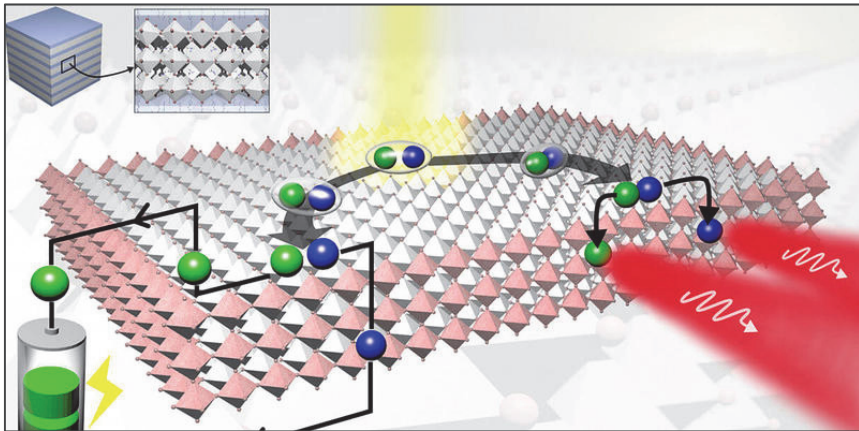
Един от начините за повишаване на ефективността на слънчевите клетки е използването на минерала перовскит (Perovskite).



Фиг. 1. Общ изглед и кристална решетка на перовскита

Този материал е открит през 1839 г. планината Урал от Густав Розе (Gustav Rose) и е наречен на името на руския държавен деятел, граф Л. А. Перовский. Единичните кристали на перовскита имат кубична форма и матирани ръбове (Фиг. 1).

В търсене на слънчеви клетки и светодиоди от ново поколение американски учени от Националната лаборатория Лос Аламос създадоха иновативни двуизмерни хибридни перовскити, които ще дадат възможност за производство на по-съвременни оптоелектронни устройства от типа на детектори, лазерни диоди и евтими слънчеви батерии.



Фиг. 2. Процеси, протичащи при облъчване на слънчев панел от перовскит

Двуизмерните перовскити на Рудълс - Попър са квантови ями, в които енергийната междина може да бъде настроена чрез промяна на дебелината на перовскитния слой.

Откритието на учените противоречи на класическите квантови системи, в които електроните и дупките са тясно свързани с кулоновото взаимодействие или екситони (частици на взаимодействието на светлина и веществото, при които фотоните стават временно „заплетени“ с електроните в молекулите и полупроводниците) – Фиг. 2.

Ниско енергийните състояния, свързани с електронната структура на ръбовете на перовскитните слоеве, контролират фотофизиката на тънките филми на перовскити с дебелина над 1,3 nm.

Тези състояния отварят директен път към разпадането на екситоните в свободни носители, което значително подобрява работата на оптоелектронните устройства.

Уникалните свойства на перовскитите бяха използвани и от учени от Политехническото училище в Лозана, които предложиха от тях да се създадат твърди дискове от ново поколение.

Кристалната структура на новия материал комбинира предимствата на феромагнитите и фотокондукторите (материали с фотопроводимост). Тази комбинация създава напълно ново явление: „топене“ на намагнитването под влиянието на фотоелектрони.

„Това са квантови хибридни материали с физични свойства както на органичните полупроводници, така и на неорганичните полупроводникови квантови ямки. Ние само започваме да разбираме връзката между органичните и неорганичните компоненти в двумерните перовскити и този резултат помага да се обясни как уникалните свойства произтичат от съперничеството на физическите свойства“, казва Джаред Крочет, участник в изследването.

В лабораториите вече са създадени високоефективни перовскитни слънчеви панели, но разработчиците все още не са успели да приведат своето производство на индустриално ниво [4].

II. МЕТОДИ ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА ПЕРОВСКИТНИ СЛЪНЧЕВИ ПАНЕЛИ

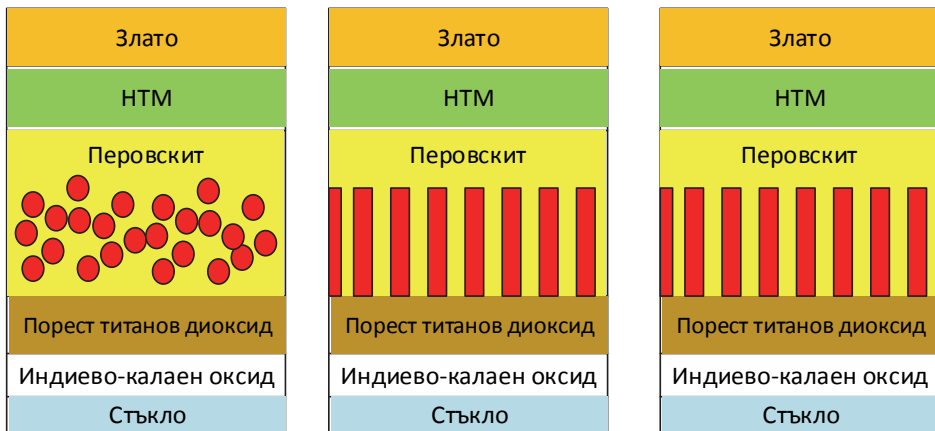
Съществуват три типа фотоволтаични клетки, създадени на основата на перовскита, схематично изобразени на Фиг. 3.

В първия случай (Фиг. 3,а) като допълнителен електрод се използва мезопорестият титанов оксид. Тази конструкция позволява да се постигне висока степен на превръщане на слънчевата енергия в постоянен електрически ток.

Запълването на този вид мезопорести структури с перовскит обаче е изключително трудно и следователно, скъпо. При втория вариант (Фиг. 3,б) като пореста структура се използват нанотръби (материал ZnO или TiO_2).

Поради тяхното вертикално разположение скоростта на транспортиране и комбинация на електроните ще бъде по-голяма, отколкото в предишния случай. Това позволява да се намали размера на пластините при същата ефективност.

Когато площта е еднаква, ефективността се различава с повече от 5%.



Фиг. 3. Структурни варианти за производство на слънчеви панели с перовскит

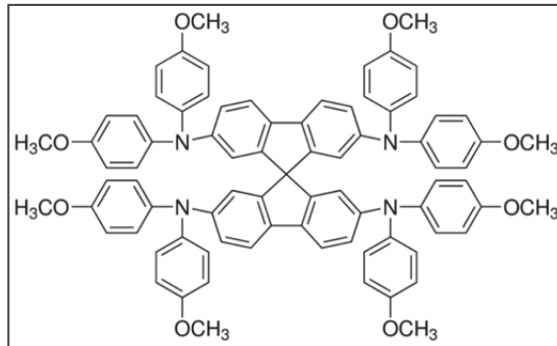
Слънчевите клетки, базирани на перовскит са в състояние да дават добри показатели при работа, дори когато имат обичайната планарна структура (Фиг. 3, в).

Освен това, поради по-ниските им цени, в сравнение с предишните два варианта, те представляват основен изследователски интерес.

На следващо място е транспортният възел, така нареченият НТМ – hole transport material (материал, който служи като основа за прехвърлянето на дупки).

Известно е, че перовскитите имат висока проводимост от около $10^{-3} \text{ S.cm}^{-3}$, която изисква дебел слой от НТМ, за да се избегнат проходни отвори. Например, spiro-OMeTAD материалът ($C_{81}H_{68}N_4O_8$), широко използван като НТМ слой, има по-ниска проводимост, около $10^{-5} \text{ S.cm}^{-3}$, което прави възможно постигането на големи стойности на съпротивлението (Фиг. 4).

Така НТМ играе огромна роля в работата на цялата слънчева клетка, получена на базата на перовскит.



Фиг. 4. Spiro-MeOTAD

В качеството на електрод се използва индиево-калаен оксид (ITO), който е прозрачен за видима светлина.

Въпреки това, активно се работи за намиране на алтернативи на ITO, тъй като индият е доста рядък елемент и съответно цената на оксида е много висока. В допълнение, получените филми са много крехки.

Алтернативно може да се използва легиран с флуор калай (FTO).

Сопракт TiO_2 (порест титанов диоксид) се използва като електрод, който увеличава ефективността на абсорбиционния процес.

Всеки от слоевете (с изключение на перовскитния слой) се получава последователно чрез зол-гел метод.

Основното му предимство пред останалите методи (пиролиза спрей, отлагане на газова фаза, магнетронно разпрашване и др.) е, че полученият зол може да се приложи на почти всяка форма на сложност, по-лесно се контролира нивото на легиране и не се изисква сложно оборудване.

Световният икономически форум е признал производството на соларни клетки от перовскит като една от десетте най-важни технологии на 2016 г.[5].

Като се има предвид, че предварителното изпитване на слънчеви клетки, използващи перовскит е показало добри перспективи по отношение на ефективността, необходимо е да се продължи научното изследване и по отношение на електрическите свойства на перовскита, за да може активно да се използват слънчевите централи.

Белгийският изследователски център Imec обяви, че е постигнал ефективност от 24,6% при тандемна CIGS – диселенид на мед, индий (галий) слънчева клетка, базирана на перовскит.

Институтът е разработил клетката в партньорство с холандския консорциум BIPV, Solliance и EnergyVille, съвместно предприятие на фламандските изследователски партньори KU Leuven, VITO, UHasselt и Imec. По същество това е перовскитна клетка, комбинирана с CIGS клетка, разработена от Германския център за проучване на слънчевата енергия и водорода (ZSW).

Новото устройство използва светлина от видимата част на слънчевия спектър, докато светлината от близкия инфрачервен спектър, която преминава през перовскитния слой, се събира от лежащата отдолу CIGS клетка.

По този начин се дава възможност на 4-терминалната тандемна клетка да работи по-ефективно от перовскитни и CIGS клетки.

Рекорната ефективност е постигната благодарение на две нововъведения.

Едното от тях е подобряването на пропускателната способност на перовскитната клетка за светлината, близка до инфрачервената част от спектъра, чрез добавяне на оптични свързващи слоеве към тандемния пакет.

Другото нововъведение е оптимизирането на прозрачните електроди. IGS клетката с размер $0,5 \text{ cm}^2$ е направена от ZSW.

През юли Imec обяви постигането на ефективност от 27,1% при перовскитно-силициева тандемна соларна клетка.

Изводи

Списание „Science“ включи перовскита в топ-10 от достиженията за 2013 г., което предполага възможността да се използва този материал в слънчевата енергетика [3]. Приема се, че използването на перовскита като основен компонент на слънчевите преобразуватели ще повиши тяхната ефективност и ще намали замърсяването в процеса на производството на соларни клетки.

Литература:

- [1]. Слънчевата енергия е енергията на бъдещето, http://www.electronics.ru/files/article_pdf/3/article_3562_29.pdf
- [2]. Видове слънчеви клетки, <http://www.solnpanels.com>
- [3]. Слънчевите панели – настояще и бъдеще, Павлик Рахнев, Силвия Лецковска, БСУ, Международна конференция: Предиизвикателства пред Висшето образование и научните изследвания в условията на криза, 2010, стр. 85-91
- [4]. Silvija Letskovska Kamen Seymenliyski, Preparation of Germanium Photo Detectors and Photovoltaic, XLIX International scientific conference on information, communication and energy systems and technologies, Serbia, Nis, June 25 - 27, 2014
- [5]. Редки минерали, <http://rareearth.ru/ru/news/20170202/02932.html>
- [6]. Метод за масово производство на перовскитни слънчеви клетки https://hightech.fm/2017/04/19/perovskite_ink
- [7]. Новини от възобновяема енергия , <https://altenergiya.ru/novosti/novosti-vozobnovlyaemoj-energetiki-ot-20-04-2017.html>