

# CELDA SOLAR DE ALTA EFICIENCIA DE SILICIO Y PEROVSKITA

## 1. RESUMEN.

Las celdas fotovoltaicas basadas en silicio, son elementos que producen electricidad al incidir la luz sobre su superficie, ayuda a incrementar la eficiencia de las celdas de silicio. Los científicos han sustituido la capa principal de absorción de luz por una capa de perovskita aplicada mediante un método de pulverización en spray. Estas celdas también son conocidas como baterías solares, fotopilas o generadores helio voltaicos.

## 2. INTRODUCCIÓN.

Las celdas fotovoltaicas basadas en silicio dominan el mercado por su alta eficiencia y estabilidad con unos bajos costes de fabricación. Sin embargo, otros dispositivos basados en la tecnología emergente de la perovskita han captado la atención del sector. Esta nueva tecnología parece ser especialmente prometedora, dado que ayuda a incrementar en buena medida la eficiencia de las celdas de silicio. Científicos han desarrollado una célula fotovoltaica en tándem que combina silicio y perovskita para convertir la luz solar en electricidad. Esto ayudaría a incrementar la cantidad de energía generada con un costo más que razonable.

El proyecto en curso CHEOPS (Production technology to achieve low Cost and Highly Efficient photovoltaic Perovskite Solar cells) tiene por objeto acercar al mercado materiales de perovskita fotoactivos y compuestos sintéticos que comparten la estructura cristalina con la perovskita, mineral de origen natural que debe su nombre al mineralogista ruso Lev Perovski.

Financiado con fondos europeos, este proyecto ha logrado uno de sus objetivos, ha combinado celdas basadas en silicio y perovskita en una estructura en tándem con el fin de ofrecer más potencia de la que ninguna celda podría gestionar por sí sola. Su celda fotovoltaica logró una eficiencia del 25,2%. Los hallazgos del estudio se publicaron en la revista Nature Materials. Este estudio muestra un proceso a medida de depósito de la perovskita que es plenamente compatible con las celdas base de silicio monocristalino existente y que puede lograr una "eficiencia de conversión de energía superior al 30% a un coste razonable". Este estudio muestra un proceso a medida de depósito de la perovskita que es plenamente compatible con las celdas base de silicio monocristalino.

### 3. DESARROLLO DEL TEMA.

Un equipo de investigadores con el apoyo parcial del proyecto financiado con fondos europeos CHEOPS ha combinado celdas basadas en perovskita y silicio en una estructura en “tándem” con el fin de ofrecer más potencia de la que ninguna celda podría gestionar por sí sola. Su celda fotovoltaica logró una eficiencia del 25.2 %. Este estudio muestra un proceso a medida de depósito de la perovskita que es plenamente compatible con las celdas base de silicios monocristalinos existentes. Los responsables de este hito son los equipos de investigación en Neuchâtel, del Laboratorio de fotovoltaica de École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) y el centro fotovoltaico Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique (CSEM), que han desarrollado una solución económicamente competitiva. Han integrado una celda de perovskita directamente sobre una celda estándar basada en silicio. Su método de producción es prometedor, ya que agregaría solo unos pocos pasos adicionales al proceso actual de producción de células de silicio. El proceso, descrito en el artículo “Las células solares monolíticas de perovskita / tándem de silicio con una eficiencia del 25,2 %”, publicado en la revista Nature Materials, ha permitido a los investigadores desarrollar una célula con una eficiencia de conversión del 25,2 %, y sus creadores afirman que el proceso “tiene el potencial de lograr eficiencias de conversión de energía superiores al 30 % a un costo razonable “. Cuando un material de perovskita se deposita en el silicio, el material tiende a acumularse en los “valles” de la superficie piramidal del silicio, dejando los picos descubiertos, lo que puede provocar cortocircuitos. Los enfoques comunes para resolver este problema han implicado pulir el silicio para que su superficie sea más lisa. Sin embargo, como se señala en el resumen del documento, “esta concesión conduce a mayores costos de producción potenciales, mayores pérdidas de reflexión y pérdidas en el atrapamiento de la luz”.



**Fig. 1.** Celda Solar para la fabricación de paneles fotovoltaicos

El coautor Quentin Jeangros explica: “La superficie del silicio consiste en una serie de pirámides de unas cinco micras que atrapan la luz y evitan que se refleje. Sin embargo la textura de esta superficie dificulta la aplicación de una capa fina de perovskita”.

Cuando esta se deposita en estado líquido, como suele hacerse, se acumula en los valles entre las pirámides y deja las puntas al descubierto. Esto genera cortocircuitos. Para atacar el problema, los investigadores de EPFL y del CSEM crearon una capa base inorgánica para cubrir las pirámides de silicio, y luego depositaron el compuesto orgánico de perovskita sobre este. Un paso de hibridación a baja temperatura cristaliza después el absorbedor de perovskita. Las células solares en tándem se benefician de la textura del silicio porque facilita una corriente fotoeléctrica récord y, así, un elevado rendimiento. Este proceso ha sido diseñado para permitir una fácil adopción en líneas de producción de células de silicio cristalino, aunque también se reconoce que se necesita más trabajo, particularmente con respecto a la estabilidad a largo plazo de la célula, antes de que el proceso pueda realizarse comercialmente. Florent Sahli, el principal autor del estudio, ha añadido que “hasta ahora, el método estándar de fabricación del tándem silicio y perovskita consistía en allanar las pirámides de la celda de silicio antes de depositar la celda de perovskita encima, lo cual reducía sus propiedades ópticas y, por consiguiente, su rendimiento. Este proceso añadía, además, pasos al proceso de fabricación”.

### **A. Fabricación de Celdas Solares de perovskitas mediante pulverización por spray.**

Científicos de la Universidad de Sheffield del Reino Unido desarrollaron un nuevo método para fabricar células solares de perovskitas, mediante una técnica de aplicación por spray de la capa principal de absorción de luz. Un método basado en la perovskita que combina la fabricación de células solares de bajo coste con la producción de energía de alta eficiencia, para reducir el coste de la electricidad solar.

El uso de semiconductores orgánicos para la fabricación de células solares mediante técnicas de pulverización por spray ya había sido utilizado anteriormente por este grupo de científicos del Departamento de Física y Astronomía y del Departamento de Ingeniería Química y Biológica de la misma Universidad. Pero en comparación con el silicio, uno de los semiconductores de energía intensiva más utilizados en las células solares del mercado, las perovskitas requieren mucha menos energía para su fabricación.

Un aspecto importante para la industria de la energía fotovoltaica que, sumado a la muy baja demanda de este material en el mercado y a las pequeñas pérdidas que se producen durante el proceso de pintado por spray, convierten las perovskitas en el candidato ideal para la producción de células solares de alta eficiencia a gran escala.

La eficiencia en la producción de energía fotovoltaica de los halogenuros organometálicos basados en la perovskita fueron demostrados por primera vez en 2012. De hecho, los ensayos realizados revelan que las células de perovskitas incrementan el rendimiento de la fotovoltaica orgánica hasta un 19 por ciento. Un dato nada despreciable si lo comparamos con el rendimiento del 25 por ciento del material que domina actualmente el mercado de la energía fotovoltaica, el silicio.

A pesar de que los nuevos dispositivos de perovskita utilizan una estructura muy similar a la de las células solares orgánicas, los científicos han sustituido la capa principal de absorción de luz por una capa de perovskita aplicada mediante un método de pulverización en spray. El objetivo de los científicos es conseguir extender una película de absorción lo más fina posible, con el fin de obtener células de alta eficiencia con el menor coste de producción posible. David Lidzey, director del proyecto de investigación, afirma que la perovskita combina el rendimiento de las tecnologías de células solares de alta eficiencia con el bajo coste de la energía en la producción de fotovoltaica orgánica. Según Lidzey, las nuevas tecnologías fotovoltaicas basadas en lámina delgada van a tener un papel preponderante en el impulso de la captación de energía solar

## B. Mejora gradual de la eficiencia.

La eficiencia de las células solares confeccionadas con perovskita, se ha incrementado desde un 3,8% en 2009 hasta un 20,1% en 2014. Los análisis detallados calculan que el límite teórico de la eficiencia de esta tecnología se sitúa en torno al 31%. Por el momento, ya nos estamos acercando mucho a esa cifra. Sus altas eficiencias y bajos costes de producción sitúan a las células solares de perovskita como una atractiva opción comercialmente viable. La perovskita complementa al silicio. Convierte luz azul y verde de manera más eficiente, mientras que el silicio es mejor para convertir luz roja e infrarroja.

## C. Revolución en la industria solar.

Los dispositivos tándem de alto rendimiento hechos de semiconductores distintos a las perovskitas ya han logrado unas eficiencias de más del 40%, pero son muy caros, porque requieren unos procesos complejos de fabricación. Se han demostrado dispositivos tándem funcionales hechos con una célula de silicio y otra célula de perovskita, pero las eficiencias se han visto limitadas porque la gama del espectro solar absorbida por la perovskita no complementaba completamente la gama que absorbe el silicio. Los esfuerzos por ajustar la gama de luz que absorbe la perovskita dieron paso a unas inestabilidades dentro de la estructura del material que comprometieron su rendimiento. Henry Snaith, un físico de la Universidad de Oxford (Reino Unido), sostiene lo que considera la vía hacia un dispositivo que combina una célula convencional de silicio con una célula de perovskita, y de esta manera mejorar la eficiencia de las células de silicio por varios puntos de porcentaje. Snaith y sus compañeros elaboraron un método, que depende de la sustitución de determinados iones del material por iones de cesio, para lograr las propiedades fotovoltaicas deseadas sin desestabilizar la estructura del material.

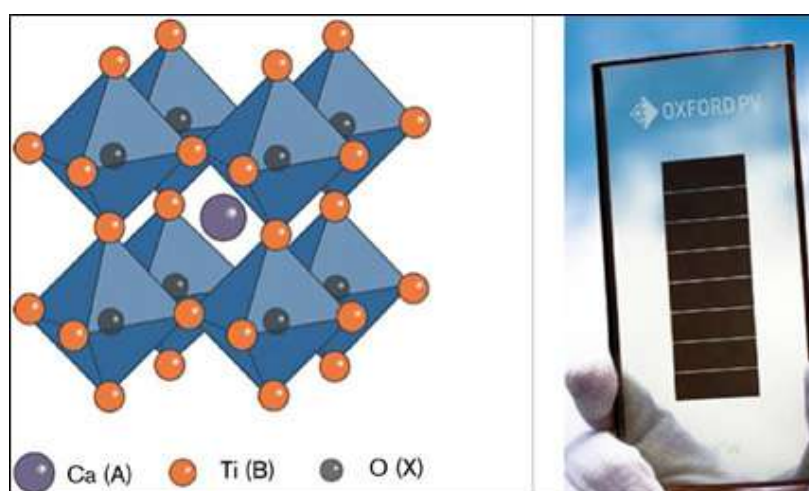


Fig. 2. Celda Solar de OXFORD PV

Los investigadores sólo han demostrado la nueva composición a pequeña escala, y queda mucho trabajo antes de poder verla dentro de unos paneles comercialmente disponibles. Oxford PV, La empresa que cofundó Snaith también se centra en desarrollar dispositivos tándem de silicio-perovskita. Oxford PV, logró recientemente una eficiencia celular récord del 27,3 % utilizando su tecnología de perovskita tándem de silicio, y afirma que espera lanzar un módulo comercial basado en esto para este 2019.

#### 4. CONCLUSIÓN.

- Las tecnologías basadas en la perovskita aún se enfrentan a muchos retos, debido a la sensibilidad del material a la humedad y al aire, y quedan preguntas sin responder aún sobre si se puede conseguir hacer que las células de perovskita sean lo suficientemente resistentes para aguantar los largos ciclos de vida que requieren los sistemas energéticos.
- Los resultados reflejan la rapidez con la que los investigadores están abordando los retos inherentes a la fabricación de unas células tándem fiables y de alto rendimiento.
- Oxford PV está cerca de demostrar dispositivos a tamaño real que tienen una eficiencia del 23% y que pronto podrían alcanzar el 25%. Casi dice que no es poco realista pensar que se pueda alcanzar una eficiencia del 28% o incluso del 30% dentro de unos pocos años.

#### 5. BIBLIOGRAFÍA.

- (1) Peng, G. (2016). Perovskites: cristal structure, important compounds and properties. GMF Group Meeting. 2016.  
Disponible en: [https://www.epfl.ch/labs/gmf/wp-content/uploads/2018/10/Perovskites\\_crystal\\_structure\\_important\\_compounds\\_properties.pdf](https://www.epfl.ch/labs/gmf/wp-content/uploads/2018/10/Perovskites_crystal_structure_important_compounds_properties.pdf)
- (2) Florent, S. (2018). Fully textured monolithic perovskite/silicon tandem solar cells with 25.2% power conversion efficiency. 2018.  
Disponible en: [https://infoscience.epfl.ch/record/255651/files/Fully%20textured%20monolithic\\_manuscript\\_postprint.pdf](https://infoscience.epfl.ch/record/255651/files/Fully%20textured%20monolithic_manuscript_postprint.pdf)
- (3) Veselina, P. (2018). Oxford PV perovskite-silicon solar cell hits 28% efficiency. Renewables Now Portal. 2018.  
Disponible en: <https://renewablesnow.com/news/oxford-pv-perovskite-silicon-solar-cell-hits-28-efficiency-637457/>

**Autor:** Ing. Jesús Aragonéz Román

**Edición:** Bach. Francie Salazar Mandamiento, Responsable de Medios e Imagen Institucional