



PEROVSKITAS HÍBRIDAS

Gerardo Suárez Santos

Instituto Politécnico Nacional - CECyT 9

suarez.santos.gerardo@gmail.com

Alexander Andrey Moguel Rodríguez

Instituto Politécnico Nacional - CECyT 8

alexandermoguel8@gmail.com

Margarita Clarisaila Crisóstomo Reyes

Instituto Politécnico Nacional - CECyT 8

mcrisostomo@ipn.com

Resumen

En el presente artículo, se detallará la importancia que han adquirido las perovskitas híbridas para el desarrollo sustentable de tecnologías en diversas áreas, especialmente en sus potenciales usos para mejorar la eficiencia de tecnologías de la energía solar fotovoltaica. El objetivo de este trabajo es resaltar las propiedades que componen los distintos tipos de perovskitas debido a que año con año se generan avances significativos para que la eficiencia de dicho material reemplace los materiales actuales dado que se reduce el costo de producción y se aumenta la eficiencia del panel fotovoltaico.

Palabras clave: tecnología, ciencia, desarrollo sustentable, innovación, híbrida, eficiencia.

Las celdas fotovoltaicas funcionan gracias al efecto fotoeléctrico, este se manifiesta cuando los fotones inciden con los electrones dándoles energía, hasta que los electrones salen desprendidos.

En las celdas fotovoltaicas, se utilizan materiales semiconductores unidos en dos capas finas. Una con exceso de electrones y la otra con falta de estos. Cuando la luz del sol llega al panel, el conductor

mueve electrones de una capa a la otra, generando electricidad.

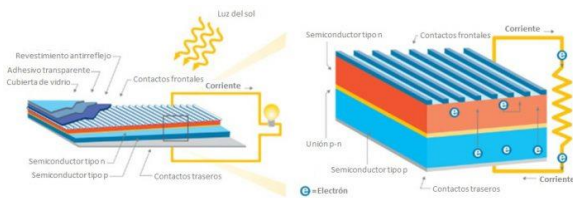


Figura 1. Funcionamiento de una celda fotovoltaica

Fuente: (Generatulus, s.f.)

El silicio es el principal material semiconductor de la cual están constituidos estas celdas solares. Actualmente se investiga otra fuente de materiales cristalinos con propiedades fotovoltaicas para su posible uso en celdas. Uno de estos materiales son las perovskitas, que prometen ser más flexibles que el silicio y menos costosas.

En la actualidad, existen tres tipos de materiales para la construcción de celdas fotovoltaicas: los Materiales Orgánicos Fotovoltaicos, los Materiales de Celda Solar Secos-Sintetizados, y, por último, los Materiales de Celda Solar de Perovskitas.

Estas últimas, han sido muy estudiadas en los últimos años, dado su eficiencia y costo de fabricación con respecto a los otros materiales. Se ha visto gracias a estudios realizados desde el año 2009, que la perovskita orgánica-inorgánica RNH_3PbX_3 ($X = Cl, Br, I; R = Me, NH=CH, etc.$) puede utilizarse como capa de absorción de luz. En varias pruebas se ha demostrado que su eficiencia ha estado superando en eficiencia en arriba de un 15% a los otros dos tipos de materiales, también comparado en costo que es mucho más accesible las vuelve en una alternativa completamente viable para usarse en la construcción de los paneles solares.

La perovskita anteriormente mencionada es capaz de controlar su rango de absorción de ondas de luz mediante en una modificación del Haluro X.

La perovskita se considera un mineral del grupo IV, según la clasificación de Strunz (titanato de calcio, $CaTiO_3$). Fue descubierto en los Montes Urales de Rusia por Gustav Rose en 1839 y nombrado en honor al mineralogista ruso, Lev Aleksevich von Perovski (1792-1856).

La familia de materiales de perovskita adopta la fórmula química ABX_3 , donde A y B son cationes de tamaños diferentes, y X son aniones, típicamente oxígeno, halógenos o metales alcalinos.

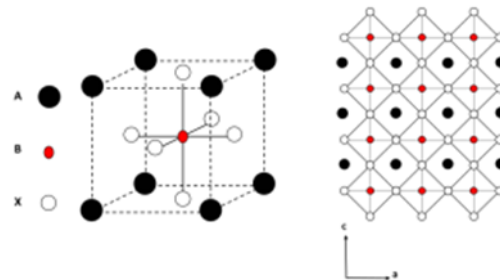


Figura 2. Estructura básica de perovskita ABX_3

Fuente: (Jodlowski, 2018)

Tipos de perovskitas

Las perovskitas de óxido ($X=O$) poseen una naturaleza multifuncional única. Los estudios de la química de los cristales de perovskita revelaron la importancia de los tamaños de radios relativos para el empaque poliédrico que finalmente condujo al factor de tolerancia cada vez más importante. Además, con el ajuste adecuado de la composición se podría lograr una amplia variedad de propiedades electrónicas, incluidas capacitiva,



ferroeléctrica, piezoeléctrica, superconductora, metálica, catalítica y magnética, pero limitando su uso en aplicaciones solares.

Las perovskitas de haluro, emplean un haluro inorgánico (I⁻, Cl⁻, Br⁻) para reemplazar el anión de oxígeno de las perovskitas de óxido. Un catión A⁺ monovalente orgánico o inorgánico y un catión de metal B²⁺ divalente se ven generalmente correspondientes a la carga 1 del anión haluro.

Por último, la perovskita híbrida es una estructura química versátil de tres componentes que tiene un futuro prometedor en la tecnología de la energía solar, dadas sus características y precio reducido. Aun así, este material muestra problemas de estabilidad importantes, puesto que la perovskita no es un material rígido, sino que cambia de forma descontrolada, como consecuencia de sus componentes iónicos, lo que dificulta su utilización para las células fotovoltaicas.

Estructura de perovskitas híbridas

Las perovskitas híbridas orgánica-inorgánica, “A” es un catión grande que puede ser un alcalino, “B” es un catión de tamaño medio con preferencia por la coordinación octaédrica, normalmente un metal de transición. “X” puede ser oxígeno.

Estudios sobre las estructuras electrónicas de las estructuras de perovskita 2D y 3D han demostrado que los niveles electrónicos para las perovskitas híbridas consisten en un estado híbrido de antienlace entre los orbitales B_s y X_p que corresponde al máximo de banda de valencia y un estado híbrido sin unión entre los orbitales B_p y X_p que determinan el mínimo de la banda de conducción.

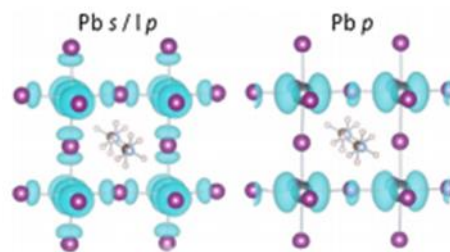


Figura 3. (a) Arreglos orbitales para MAPbI₃ VBM, que muestra la superposición orbital Pb-s e I-p, y (b) CBM, que muestra los orbitales Pb-p
Fuente: (Chen, 2015)

Su estructura de banda electrónica de las perovskitas híbridas tienen una dependencia de la presión asociada, para lo cual se produce un desplazamiento al rojo en la brecha de energía como resultado de un aumento de la presión. Esto se debe al antienvejecimiento y las naturalezas no vinculantes de banda de valencia máxima (VBM) y banda de conducción mínima (CBM), respectivamente, que son sensibles a la presión.

Propiedades Dieléctricas

Durante años se han estudiado las capacidades de los perovskitas híbridas en los campos de aplicación fotovoltaica, aunque también es importante mencionar sus propiedades dieléctricas. Gracias a mediciones dieléctricas a perovskitas de diferente composición. Entre las cuales están MAPbX₃ o DMAPbI₃. Se ha observado un fenómeno de transición estructural del catión polar (MA o DMA).

Propiedades Catalíticas

Estas contienen propiedades catalíticas, gracias a la presencia de cationes metálicos en su composición.

En la posición A se encuentran átomos metálicos de gran tamaño, mientras que en la posición B se encuentra un ion metálico de transición. Dado esto, dan a las perovskitas la denominación de potencial catalizador en reacciones de combustión y oxidación de sustancias orgánicas.

Existen dos procesos catalíticos de oxidación, propuestos por Voorhoeve para explicar el papel de las perovskitas sobre su actividad en reacciones en fase gaseosa:

- *Intrafacial*: El catalizador se usa como reactivo, se consume parte de este y se regenera.
- *Suprafacial*: La superficie del catalizador da orbitales atómicos de simetría y energía necesarios para activar los reactivos.

Usos potenciales

La experimentación con estos materiales no es nueva del todo, debido a que la empresa IBM los usó para hacer transistores en los años noventa. Sin embargo, en un par de años el uso de perovskitas tomó un lugar prometedor en los paneles solares.

La tecnología base para las células solares de perovskita son las células solares sensibilizadas en estado sólido que se basan en células solares Gratzel sensibilizadas con colorantes, cambiando la energía lumínica en energía eléctrica por medio de principios fotoelectroquímicos.

Las células solares de perovskitas de haluro tienen el potencial de exhibir mayores eficiencias de conversión de energía con películas ultrafinas que las células solares convencionales de película delgada basadas en telururo de cadmio (CdTe),

diselenuro de indio de cobre (CuInSe_2) y $\text{Cu}_2\text{ZnSnSe}_4$.

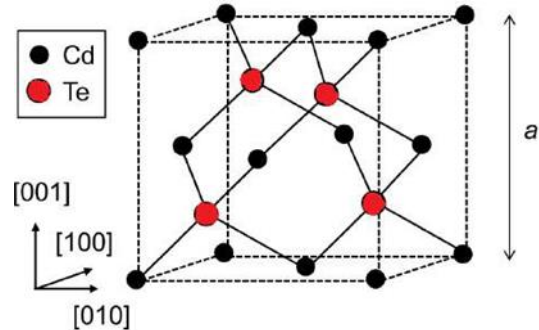


Figura 4. Estructura cristalina celular de CdTe
Fuente: (Anwar, 2017)

Conclusiones

Las perovskitas híbridas son una de las grandes maravillas que nos trae la investigación de materiales. Los numerosos avances que se han logrado en la investigación particular de las perovskitas, así como el análisis de su composición y estructura, nos ha llevado al aprovechamiento de sus propiedades para beneficio propio, el más importante es la fabricación de celdas solares.

Su desarrollo e investigación por parte de este sector ha permitido que se llegue a mejores índices de eficiencia con respecto a otros materiales que son utilizados actualmente para fabricarlas, como el silicio o el estaño. De igual forma, estamos beneficiando el planeta, ya que se está impulsando y abaratando considerablemente la producción de energía por fuentes limpias, más aparte, cada vez son más eficientes que con los metales pesados que se usan actualmente.

En conclusión, las perovskitas híbridas son la alternativa y el sustituto perfecto en el campo de la energía solar, su eficiencia superior y costo más



accesible, hacen que éstas en los años venideros vengán a reemplazar la tecnología antigua de paneles solares como la conocemos en la actualidad.

Referencias bibliográficas

Anwar F. (2017) Simulation and Performance Study of Nanowire CdS/CdTe Solar Cell (tesis) Marquette University, Wisconsin, EU.

Chen Q., De Marco N., Yang Y., Song T., Chen C., Zhao H., Hong Z (2015) Under the spotlight: The organic—inorganic hybrid halide perovskite for optoelectronic applications. *Nano Today*. ELSEVIER. (10) pp 356-358.

Granger P., Parvulescu V., Kaliaguine S., Prellier W. (2016) Perovskites and Related Mixed Oxides: Concepts and Applications. Wiley-VCH. pp 571-572.

Jodlowski A. & Gustavo M. (2018) Síntesis y caracterización de perovskitas híbridas y su implementación en células solares (tesis doctoral). Universidad de Córdoba, Córdoba, España.

National Renewable Energy Laboratory (2020) Perovskite Solar Cells. Colorado, EU. Recuperado de <https://www.nrel.gov/pv/perovskite-solar-cells.html>

Pagliaro M., Cirminna R., Palmisano G. (2008) Flexible Solar Cells. *ChemSusChem*. Wiley pp 880-885

Park N. G. (2015) Perovskite solar cells: an emerging photovoltaic technology. *Materials Today*. ELSEVIER. Volume 18 (2) pp 65-71.

W.-J. Yin, T. Shi, Y. Yan, *Adv. Mater.* (2014) Unique Properties of Halide Perovskites as Possible Origins of the Superior Solar Cell Performance. Recuperado de

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/adma.201306281>

De la Fuente, B. (2017). Síntesis, caracterización y propiedades dieléctricas de perovskitas híbridas de interés fotovoltaico. Coruña, España: Universidade da Coruña.

Delgado Ramos, J. C. (2007). Síntesis y caracterización de perovskitas LATI1- MXO_3 (m = Fe, Cu, Mn) y evaluación de sus propiedades catalíticas en las reacciones de oxidación de metil naranja y fenol en medio acuoso diluido. San Juan de Pasto, Colombia: Universidad de Nariño.

Generatuluz. (s.f.). *Generatuluz*. Obtenido de ¿Cómo funcionan las placas y la energía solares?: <https://www.generatuluz.com/generar-electricidad/placas-solares-fotovoltaicas/como-funcionan-placas-solares/>

Tokio Chemical Industry. (2020). Solar Cell Materials. Obtenido de Materials: https://www.tcichemicals.com/assets/brochure-pdfs/Brochure_F2033_E.pdf