

1

**PEROVSKITAS Y
KESTERISTAS:
EL FUTURO PARA LA
FABRICACIÓN DE
CELDAS SOLARES
DE BAJO COSTO**

Perovskitas y Kesteristas: El futuro para la fabricación de celdas solares de bajo costo

Marcos Alan Cota Leal¹, Diego Bouttier Figueroa², Merida Sotelo Lerma³

¹Departamento de polímeros y materiales, Universidad de Sonora, Blvd Luis Encinas y Rosales SN, Centro, 83000 Hermosillo, Son.

La situación ambiental global ha orillado a la sociedad al uso de energías renovables, siendo las celdas solares las primordiales al ser las más accesibles para las personas.

La tecnología solar fotovoltaica sigue siendo un reto para los investigadores quienes buscan la mayor eficiencia de conversión de energía a bajo costo, obligándolos a desarrollar nuevos procesos y materiales, más accesible para sociedad.

En comparación con el silicio, el uso de materiales que absorben la luz solar fuertemente permite que se utilice menos material, lo que reduce el costo y abre más posibilidades de integrar la energía solar a las edificaciones. Sólo un pequeño número de tecnologías comer-

ciales de película delgada han alcanzado eficiencias de conversión de energía superiores al 20%: CdTe y Cu(In,Ga)-(S,Se)₂ (CIGS). La toxicidad del cadmio y la competencia en el suministro de indio son factores limitantes para la utilización a gran escala de estas tecnologías. [2]

En la actualidad, gran parte de la investigación sobre materiales para aplicaciones fotovoltaicas, se ha enfocado principalmente en los minerales perovskita y kesterita, los cuales han permitido la fabricación de celdas solares eficientes y económicas.

La kesterita es un compuesto semiconductor cuaternario, formado por elementos no tóxicos abundantes en la corteza

terrestre como es el cobre, zinc, estaño y azufre con la fórmula ($\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ (CZTS)). Su utilización surge ante la necesidad de sustituir al material semiconductor compuesto de cobre, indio, galio y selenio CIGS, debido a los altos costos de los elementos que lo componen. La kesterita al presentar excelentes propiedades como material absorbente de luz [3,4] se convierte en la candidato ideal para la fabricación de celdas solares.

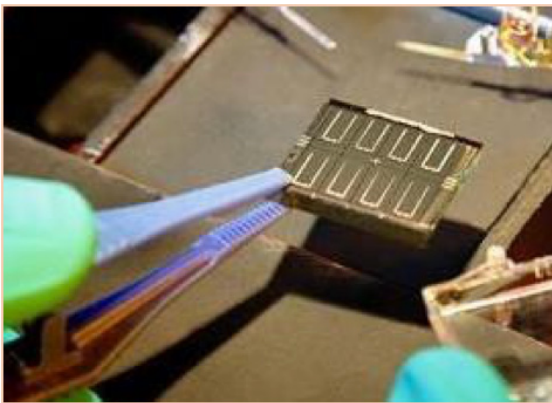


Figura 1. Celda solar de kesterita.

La primera celda solar de kesterita fue fabricada en 1997, y la eficiencia en conversión de energía del dispositivo campeón ha aumentado de 0.66% [5] al récord certificado actual de 12.6% establecido en 2013 [6], con un 13.8% para un

dispositivo de área pequeña reportado a fines de 2016 [7]. Estas eficiencias caen muy por debajo del 28% previsto para esta tecnología según su límite teórico por su bajo voltaje en circuito abierto (Voc). Por otro lado, tenemos a los materiales semiconductores con una estructura tipo perovskita híbrida, los cuales se representan por la fórmula ABX_3 , representando al sitio A por un catión orgánico, que generalmente es metilamonio (CH_3NH_3^+) o formamidinio ($\text{NH}_2\text{-CH}_2\text{=NH}_2^+$), el B es usualmente Pb^{2+} , y X son aniones I^- , Cl^- o Br^- . Su aplicación comenzó en 2009 con reportes de Miyazaka sobre su aplicación en celdas solares sensibilizadas, demostrando en un inicio baja eficiencia de 3.8% [8]. No fue hasta el 2013 cuando Snaith y colaboradores asombraron a la comunidad científica con su gran avance en celdas solares basadas en perovskita híbridas (tipo plumbato de trihalogenuro de alquilamonio) demostrando una eficiencia del 15% [9]. El gran avance sobre celdas solares basadas en perovskitas marcó la pauta para el desarrollo de esta tecnología, logrando alcanzar actualmente una eficiencia del 22.1% [10].

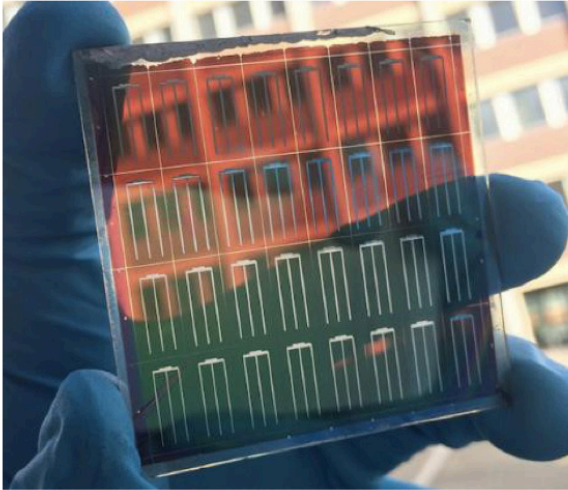


Figura 2. Celda solar de perovskita.

El incremento exponencial en la eficiencia de celdas solares tipo perovskita se debe a sus excelentes propiedades físicas y químicas intrínsecas del material, demostrando ser un gran absorbedor de luz en el espectro visible, alto coefi-

ciente de absorción, larga difusión de carga, propiedades de transporte ambipolar y capaz de ser fabricado a partir de procesos sencillos de bajo costo. Sin embargo, aún queda por resolver un gran problema que es su inestabilidad a la humedad lo cual ha obstaculizado su progreso hacia la comercialización delimitando el tiempo de vida de las celdas solares a no más de un año [11].

Se podría decir que las investigaciones sobre estos materiales aún siguen en una etapa inicial, lo que sugiere que hay más espacio para la innovación y avance tecnológico. Tanto los materiales tipo kesterita y perovskita son compuestos muy prometedores que podrían llegar en un futuro a desplazar tecnologías como la del silicio, reduciendo de esta manera el costo directo sobre celdas solares.

Agradecimientos

Se agradece a la Red Temática de Energía Solar del CONACyT- proyecto número 282309 y al proyecto de problemas nacionales del CONACyT, 2015-01-1739, por el apoyo económico para realizar una estancia de investigación en el IER-UNAM. Así mismo a la doctora Hailin Zhao Hu por permitirme realizar la estancia en su grupo de investigación y a sus alumnos por las facilidades brindadas.

REFERENCIAS

[1] Olman, A.; Knight, M.; Garnett, E. C.; Ehrler, B.; Sinke, W. C. Photovoltaic materials – present efficiencies and future challenges. *Science* 2016, 352, aad4424.

[2] Green, M. A.; Emery, K.; Hishikawa, Y.; Warta, W.; Dunlop, E. D. Solar Cell Efficiency Tables (Version 49). *Prog. Photovoltaics* 2016, 24, 3.

[3] Ramasamy, K.; Malik, M.A.; O'Brien, P.; (2012): Routes to copper zinc tin sulfide $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ a potential material for solar cells, *Chem. Commun.*, 48:5703-5714. <http://dx.doi.org/10.1039/c2cc30792h>

[4] Mitzi, D.B.; Gunawan, O.; Todorov, T.K.; Wang, K.; Guha, S.; (2011): The path towards a high-performance solution-processed kesterite solar cell, *Sol. Energ. Mat.*

Sol. C., 95: 1421-1436. <http://dx.doi.org/10.1016/j.solmat.2010.11.028>

[5] Katagiri, H.; Sasaguchi, N.; Hando, S.; Hoshino, S.; Ohashi, J.; Yokota, T. Preparation and evaluation of $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ thin films by sulfurization of E-B evaporated precursors. *Sol. Energy Mater. Sol. Cells* 1997, 49, 407.

[6] Wang, W.; Winkler, M. T.; Gunawan, O.; Gokmen, T.; Todorov, T. K.; Zhu, Y.; Mitzi, D. B. Device Characteristics of CZTSSe Thin-Film Solar Cells with 12.6% Efficiency. *Adv. Energy Mater.* 2014, 4, 1301465.

[7] Reported at PVSEC-36 by a research team led at DGIST in South Korea. A 0.181 cm^2 solar cell was certified at 13.80% by KIER.

[8] A. Kojima, K. Teshima, Y. Shirai, T. Miyasaka, Organometal halide perovskites as visible-light.

[9] Liu, M.; Johnston, M. B.; Snaith, H. J. Efficient Planar Heterojunction Perovskite Solar Cells by Vapour Deposition. *Nature* 2013, 501, 395–398.

[10] http://www.nrel.gov/ncpv/images/efficiency_chart.jpg.

[11] Shida Yang, Weifei Fu, Zhongqiang Zhang, Hongzheng Chen and Chang-Zhi Li*. Recent advances in perovskite solar cells: efficiency, stability. *J. Mater. Chem. A*, 2017, 5, 11462.

