

DISEÑO DE UNA CELDA SOLAR FOTOTERMOELÉCTRICA

Cimental Chávez Jacqueline (1), Segoviano Garfías José de Jesús Nezahualcoyotl (2)

¹ [Bachillerato General, Escuela de Nivel Medio Superior de Guanajuato] | [j.cimentalchavez@ugto.com]

² [Departamento de Ciencias Ambientales, División de Ciencias de la Vida (DICIVA), Universidad de Guanajuato, Campus Irapuato-Salamanca. Ex Hacienda El Copal, Carretera Irapuato-Silao Km. 9, Irapuato, Gto México. 36500] | [segovi@ugto.mx]

Resumen

Las actividades antropogénicas, como el uso de combustibles fósiles para la combustión y la obtención de electricidad, han promovido el cambio climático y el calentamiento global. En los últimos años, para obtener energía limpia y sostenible, se han explorado los dispositivos fotovoltaicos o termoelectricos. En este trabajo, se analiza la viabilidad de crear una célula solar fototérmica. Los materiales, las ecuaciones y su comportamiento probable fueron simulados en la plataforma nanohub.org.

Abstract

The anthropogenic activities such as the use of fossil fuels burning for combustion and obtaining electricity have promoted the climate change and global warming. In recent years, in order to obtain clean and sustainable energy, the photovoltaic or thermoelectric devices have been explored. In this work, the feasibility of creating a photothermoelectric solar cell is analyzed. The materials, the equations and its probable behavior were simulated in the nanohub.org platform.

Palabras Clave

Semiconductor; Termoelectrico; Celda solar; Perovskita; Fotovoltaico

INTRODUCCIÓN

Las celdas solares son aquellos dispositivos que pueden transformar la luz solar en energía eléctrica, ya sea por medio del efecto fotovoltaico o por una diferencia de temperaturas (efecto termoeléctrico)[1]. Estos utilizan semiconductores n y p, los semiconductores extrínsecos tipo n (donadores) son usualmente cristales de silicio que son dopados con elementos pentavalentes (con 5 electrones en su capa de valencia). Los semiconductores extrínsecos tipo p (aceptores) son aquellos cristales de silicio dopados con elementos trivalentes (que tiene 3 electrones en su capa de valencia) [2].

Efecto fotovoltaico

El efecto fotovoltaico se produce cuando un fotón interactúa con un electrón de una estructura de silicio logrando vencer la fuerza de atracción nuclear y liberando el electrón (y, por consiguiente, dejando un hueco libre en la estructura del silicio) convirtiendo el material en conductor. Al momento del choque, algunos fotones han perdido tanta energía que les es imposible remover el electrón del átomo, por lo tanto, no se produce el efecto[3].

Efecto Termoeléctrico

El efecto termoeléctrico se basa en la conversión directa de un diferencial de temperatura entre dos materiales unidos en dos lugares a voltaje eléctrico, generando electricidad por medio de calor. [4]

Los dispositivos fototermoelectricos funcionan de manera similar a los fotovoltaicos. La diferencia entre la conversión fotovoltaica y una fototermoelectrica es que la primera utiliza la radiación solar de manera directa y la segunda recibe la radiación infrarroja originada por el sol, las estrellas y los objetos en la cercanía. La cantidad de energía producida por una celda fototermoelectrica es mucho más grande que la producida por una celda fotovoltaica. [5]

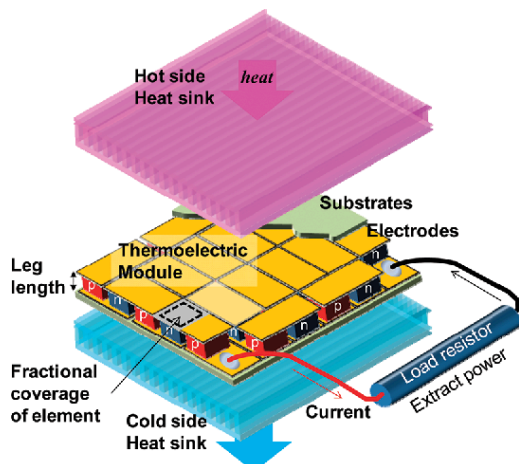


IMAGEN 1: Esquema de una celda termoeléctrica [6]

Un dispositivo termoeléctrico consta una parte caliente y una fría como se muestra en la imagen 1. En cada lado cuenta con un intercambiador de calor, entre ambos se encuentra el módulo termoeléctrico cubierto con el sustrato (un material que puede o no optimizar la generación de energía). El módulo está conformado por una serie de semiconductores n y p (leg length) intercalados uno con otro, que transportan los electrones involucrados y que posteriormente pueden ser extraídos como energía eléctrica.

En la creación de las patas de una celda fototermoelectrica, el silicio no es el único material conveniente. Recientemente, el óxido de Itrio-Bario-Cobre(YBCO) es un material cerámico es un súper conductor de alta temperatura, que al ponerse en contacto con un imán de tierras raras y nitrógeno líquido se convierte en un perfecto conductor y que tiene una estructura cristalina. El YBCO presenta el efecto fototermovoltaje, utilizando iluminación con láser azul. [5] [7] Otro material muy conveniente para la creación de celdas es la perovskita, la cual es un tipo de mineral compuesto por calcio, titanio y oxígeno en la forma CaTiO_3 . Las celdas solares hechas con perovskita son baratas y fáciles

de manufacturar, se cree que pueden incrementar la eficiencia hasta un 26.7%, sin embargo aún están en etapa de investigación [6].

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización del diseño se realizó una búsqueda bibliográfica de diferentes parámetros termodinámicos de un material termoeléctrico (perovskita) en conjunto con una realización de una simulación de un Sistema Generador de Energía Eléctrica [6], Como base se consideró la celda la celda termoeléctrica Peltier TEC1-12707. Se eligió un análisis de la Salida de Potencia en función del Coeficiente de Transferencia de Calor (CTC), con un CTC de la Superficie Caliente como Coeficiente de Transferencia de Calor Independiente, y una variación de CTC del lado caliente de 0 a 20 W/m²K con un incremento de 1 W/m²K. El siguiente paso fue calcular el CTC de la peruvskita con la siguiente fórmula.

$$h = \frac{k}{l} \quad (1)$$

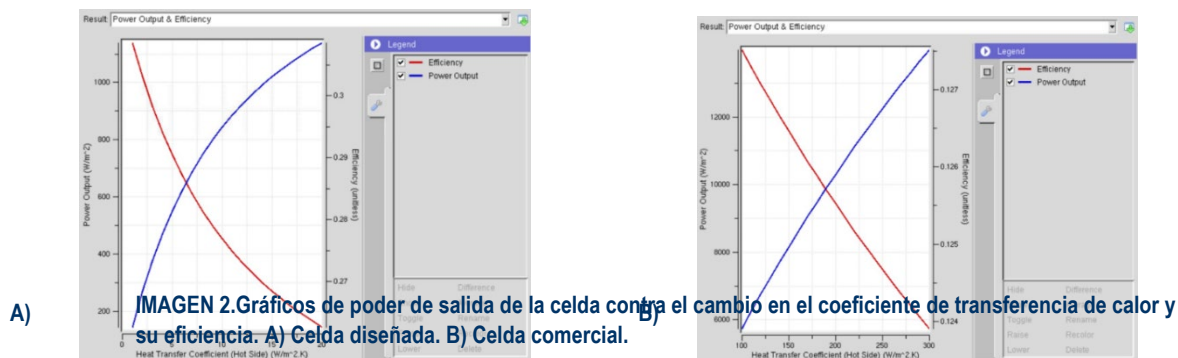
Donde h es el Coeficiente de Transferencia de Calor de la peruvskita, k es su conductividad térmica, y l es el largo de las patas del semiconductor (hechas de perovskita). [9][10] Entonces:

$$h = \frac{k}{l} = \frac{0.34 \text{ W/mK}}{0.03 \text{ m}} = 11.3 \text{ W/m}^2\text{K} \quad (2)$$

Posteriormente, se reconocieron valores como el coeficiente Seebeck del material (820 uV/K) y su conductividad eléctrica (326/Ohm.cm) y una temperatura de ambiente y combustión aproximada a 500 °C suponiendo que serian expuestas al Sol. [11] También se tomó en cuenta “Fill factor” o “Fractional coverage of element”, que es la fracción de área cubierta por el termoelemento (perovskita) por unidad de área de sustrato (vidrio), como 3% lo que ayuda a reducir los costos de la construcción de la celda, así como la conductividad térmica del sustrato (1.05 W/mK). La intención de que el sustrato sea vidrio y no otro material, esta relacionada al considerar que el dispositivo es transparente y la peruvskita es fotovoltaica, esto promovería una contribución en la generación termoeléctrica por el mineral.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al introducir los parámetros termodinámicos al simulador, este genera un gráfico del poder de salida en la celda (Imagen 2), en donde se observa que cuando la celda es expuesta a un gradiente de temperatura el coeficiente de transferencia de calor de lmaterial comienza a aumentar de manera logarítmica con la salida de poder. Así



también, la eficiencia comienza a decrecer a medida que el coeficiente de transferencia de calor aumenta. El programa permite simular que esta celda puede disminuir su eficiencia de un 31 hasta un 26 por ciento cuando el coeficiente de transferencia de calor cambia de 2 o 3 hasta un 20 $W/m^2 K$. En la imagen 2 se compara entre la celda diseñada y una celda común comercial.

También se realizaron simulaciones que permiten predecir los cambios de temperatura en ambos lados de la celda (Imagen 3). En donde se puede observar que mientras que el coeficiente de calor del material cambia de 100 a 300 $W/m^2 K$, la temperatura en el lado frío puede aumentar de 100 a 500 K, mientras que en el lado caliente aumenta de 1350 a poco más de 1400 K. Por lo cual resulta importante promover mecanismos que permitan disipar el calor, debido a que de manera general la transferencia electrónica es menos eficiente en sistemas con temperatura elevada. Realizando la comparación entre la celda A) y la celda B), podemos concluir que la celda diseñada genera más Watts a menos temperatura haciendo de ésta la opción más eficiente,

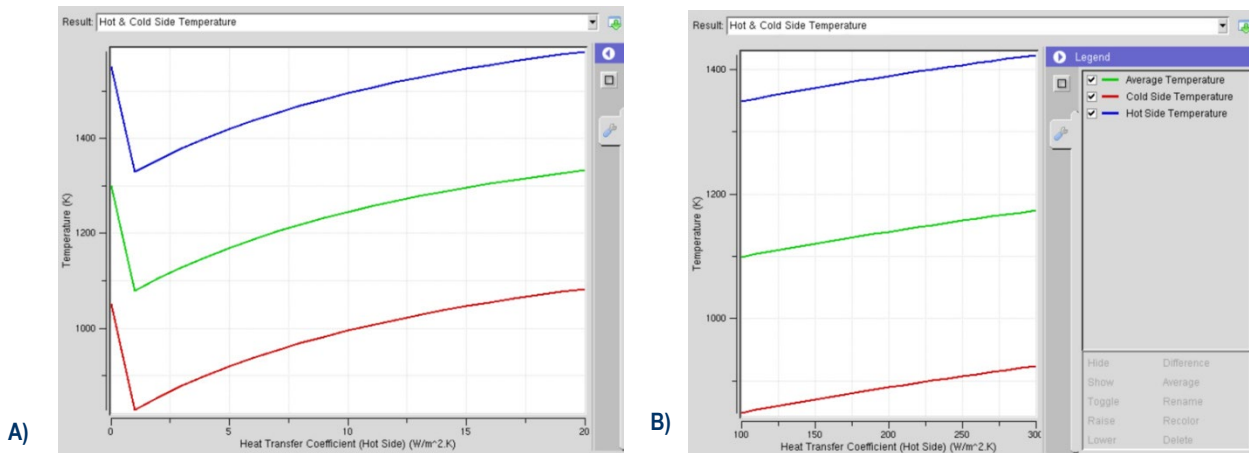


Imagen 3. Gráfico de la temperatura del lado caliente y frío de la celda con el cambio del coeficiente de transferencia de calor del material. A) Celda diseñada. B) Celda comercial.

CONCLUSIONES

El uso de programas de simulación para el diseño de dispositivos termoeléctricos o fotovoltaicos es una importante herramienta de predicción que permite teorizar los cambios que se deben de poder requerir antes de la construcción de cualquier dispositivo. Mientras que la construcción del dispositivo puede ayudar a corroborar el grado de certeza que tiene este tipo de herramientas de simulación. El uso de perovskitas puede permitir la construcción de dispositivos termo o fototermoelectricos, pero debido a su costo tan elevado y su comportamiento higroscópico resulta una opción muy importante el explorar teóricamente sus diversas ventajas y desventajas antes de construir un dispositivo. También se pudo comprobar con la simulación que la eficiencia, es cuestión de generación de energía, del dispositivo termoeléctrico diseñado es ligeramente mayor a la de dispositivos regulares, mientras que la eficiencia en costos esta por evaluarse

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer primeramente al doctor Nezahualcoyotl Segoviano por su infinito apoyo y el gran interés que demostró en el proyecto. Posteriormente a mi familia, a la doctora Claudia Erika Morales, que siempre nos alienta a ser parte de esta gran experiencia, a la organización de Veranos de la Investigación y a la Universidad de Guanajuato.

REFERENCIAS

- [1] <http://catarina.udlap.mx>
- [2] Kalogirou Soteris A., Solar Energy Engineering, Processes and Systems, Academic Press, California, USA, (2009), págs. 474
- [3] Kalogirou Soteris A., Solar Energy Engineering, Processes and Systems, Academic Press, California, USA, (2009), págs. 247, 248
- [4] Coutts, T.J., A recién of progress in thermophotovoltaic generation of electricity, Pargamon, Colorado, USA, (1999), págs. 77, 78
- [5] <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu>
- [6] <https://nanohub.org>
- [7] <https://www.ossila.com>
- [8] <https://nanohub.org>
- [9] Heiderrhoff, R., Haeger, T. & Pourdavoud, N. (2017) Thermal Conductivity of Methylammonium Lead Halide Perovskite Single Crystals and Thin Films – A Comparative Study. The Journal of Physical Chemistry, pp 1. 10.1021/acs.jpcc.7b11495
- [10] <http://peltiermodules.com>
- [11] Ye, T., Wang, X. & Li, X. (2000) Ultra-High Seebeck Coefficient and Low Thermal Conductivity of Centimeter-size Perovskite Single Cristal Acquired by a Modified Fast Growth Method. Royal Society of Chemistry, pp 1-2. 10.1039/x0xx00000x