

Celdas solares orgánicas: energía alternativa ecológica

Debido a la creciente demanda de energía, tanto para la industria como para uso doméstico, el desarrollo de fuentes de energía renovable, en especial de las celdas solares, es uno de los campos de acción de la ciencia que más ha evolucionado y ha presentado resultados promisorios en los últimos años. Las celdas solares son un dispositivo que permite transformar la luz solar en electricidad gracias al efecto fotovoltaico. En la actualidad, la mayor eficiencia de las celdas solares de silicio comerciales es del 18%, aunque también existen de otros materiales, como el arseniuro de galio, que alcanzan una eficiencia del 30% [1]. Infortunadamente, este tipo de celdas no son fáciles de producir en escala, además, presentan múltiples complicaciones en su fase de producción. Es por esto que en la actualidad los compuestos orgánicos han tomado gran relevancia como posibles alternativas para producir celdas solares.

El mecanismo general del proceso fotovoltaico consta de tres pasos (figura 2): el primero de ellos es la absorción, por parte de una molécula orgánica, de un fotón para permitir la generación del excitón. Un excitón es una cuasi-partícula en estado neutral que consiste de un electrón excitado y un hueco o espacio dejado por el electrón. Este excitón tiene por lo general un tiempo de vida del orden de nanosegundos.

El segundo paso es la disociación del excitón en el electrón y su respectivo hueco. Para esto se necesita que la diferencia de energía entre la banda de valencia y la banda de conducción sea lo más pequeña posible. Este aspecto es uno de los mayores problemas cuando se quiere utilizar compuestos orgánicos en celdas solares, ya que la diferencia de energía entre las bandas en los materiales orgánicos es muy grande, mayor a 2 eV [3].

El último paso consiste en mover los electrones hacia un electrodo mientras los huecos van hacia el otro, generando corriente eléctrica. Esto se produce porque se genera un gradiente de potencial químico —que depende de las bandas de valencia y de conducción— entre el electrón y el hueco. Finalmente, se genera un campo eléctrico que induce el movimiento de las cargas, es decir, la corriente eléctrica.

Este campo eléctrico en una celda orgánica se puede generar mediante la unión de dos capas, como

Delascar
Camargo Torres
Químico.
Estudiante de maestría
en Química en la
Universidad de los Andes
d.camargo146@uniandes.edu.co



Figura 1. Celda solar comercial
 Fuente: https://farm3.staticflickr.com/2576/3718169683_da88ae363c_o.jpg

se observa en la figura 3: una con un compuesto aceptor de electrones y otra con un compuesto dador de electrones. Un aceptor es un compuesto que debido a una gran electronegatividad —o por resonancia— extrae electrones de un sistema químico. Por otro lado, un dador es un compuesto que, por resonancia, dona electrones al sistema.

Al poner en contacto las dos capas —el proceso solo ocurre en la interfaz— se genera una diferencia de potencial, que se puede ver como un dipolo, y que solo permite el flujo de electrones en un sentido.

Para que un compuesto orgánico o inorgánico funcione como una celda solar, los materiales deben tener coeficientes de absorción altos (superiores a 10^5 cm^{-1}). Pero además de esto se necesita que la movilidad de cargas y la diferencia de energía entre la banda de valencia y la de conducción cumplan ciertas condiciones. Si la diferencia de energía es muy alta —este es el principal problema en la actualidad para compuestos orgánicos—, la luz que se necesita entra en el rango ultravioleta, lo cual es un problema, pues este tipo de luz genera otros procesos dentro de la molécula que van a interferir con la eficiencia de la celda solar [2].

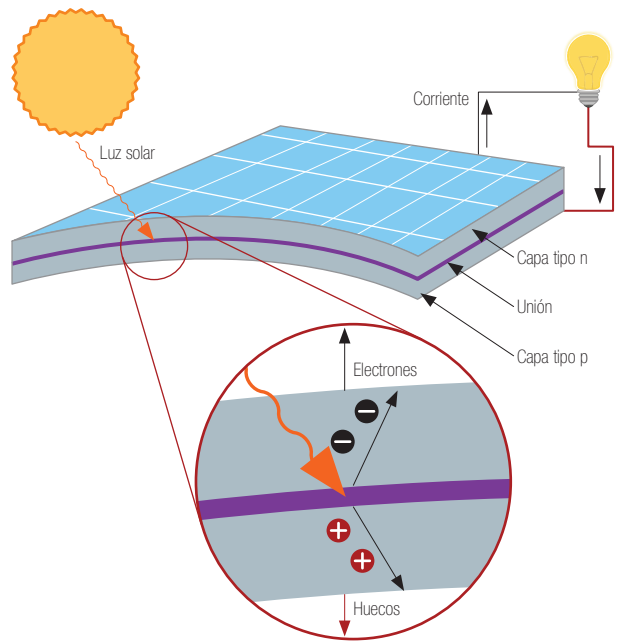


Figura 2. Proceso fotovoltaico: absorción de fotones, generación de cargas y producción de corriente.
 Adaptado de <http://www.amberwindows.net/products/solar-panels/how-do-solar-panels-work-in-detail>

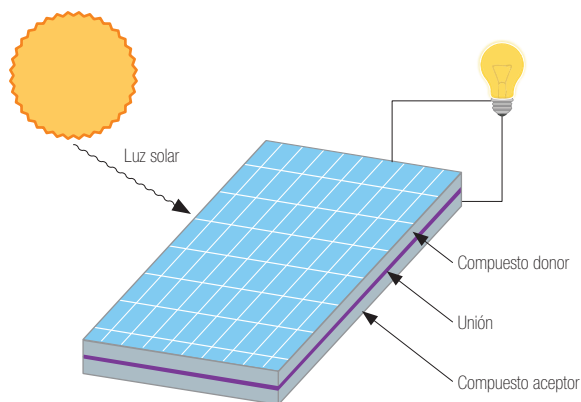


Figura 3. Estructura representativa de una celda solar.
Tomada de <http://www.textoscientificos.com/energia/celulas>

En las figuras 4 y 5 se pueden observar algunos ejemplos de este tipo de compuestos más usados en la construcción de celdas solares en el laboratorio [4-7].

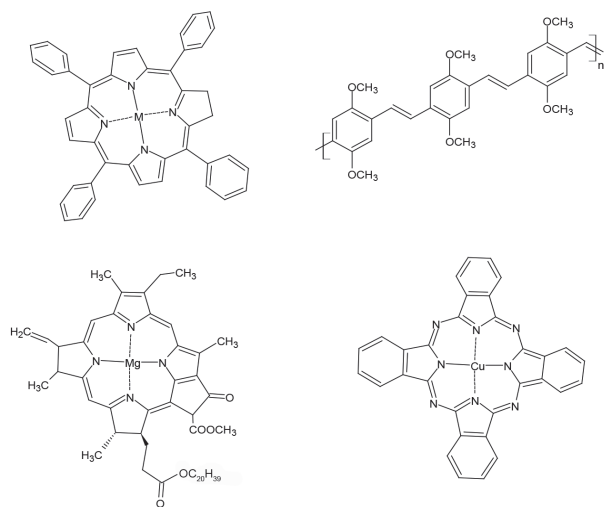


Figura 4. Grupos donadores más usados para celdas orgánicas.
Fuente: elaboración del autor

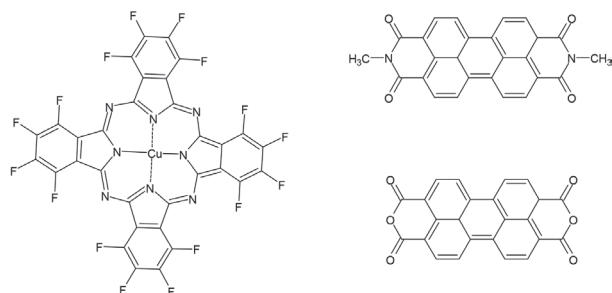


Figura 5. Grupos aceptores más usados para celdas orgánicas.
Fuente: elaboración del autor

También se pueden sintetizar compuestos que posean tres estructuras básicas: un núcleo con enlaces π conjugados, uno o varios grupos dadores y uno o varios grupos aceptores. Estos compuestos, por tener dentro de sus estructura grupos dado-

res y aceptores, pueden ser pensados como un dipolo, lo que genera un campo eléctrico intramolecular. Lo anterior aumenta significativamente la eficiencia de la celda solar, pues en este caso solo hay una capa, y la mayoría de la luz penetra toda la capa, facilitando la absorción del fotón.

Las ventajas de usar compuestos orgánicos es que se pueden procesar fácilmente, la formación de capas es rápida, las cantidades que se usan son muy bajas, su producción a gran escala es más fácil que con los compuestos inorgánicos, se pueden ajustar para variar la diferencia de energía entre las bandas —valencia y conducción—, transporte de carga y solubilidad, entre otras [2].

El principal problema que enfrentan las celdas solares orgánicas es la baja eficiencia. En el sistema de dos capas, la eficiencia típica de estas celdas es del 4% [8], mientras que en las celdas de una sola capa puede llegar al 10% [9].

En conclusión, las celdas solares pueden ser una fuente de energía alternativa capaz de disminuir nuestra dependencia de los combustibles fósiles, aunque todavía se necesita disminuir los costos de producción y aumentar su eficiencia. En cuanto a los materiales para las celdas solares, los compuestos orgánicos, debido a múltiples factores, pueden ser la solución a este dilema. Si se logra este objetivo se tendría una tecnología barata y altamente eficiente. ●

REFERENCIAS

- [1] Chapin DM, Fuller CS, Pearson GL. A new silicon p-n junction photocell for converting solar radiation into electrical power. *Journal of Applied Physics* 1954; 25(5): 676-677.
- [2] Günes S, Neugebauer H, Sariciftci NS. Conjugated polymer-based organic solar cells. *Chemical Reviews* 2007; 107(4): 1324-1338.
- [3] Nunzi JM. Organic photovoltaic materials and devices. *Comptes Rendus Physique* 2002; 3(4): 523-542.
- [4] Shaheen SE, Radspinner R, Peyghambarian N. Fabrication of bulk heterojunction plastic solar cells by screen printing. *Applied Physics Letters* 2001; 79(18): 2996-2999.
- [5] Hiramoto M, Fujiwara H, Yokoyama M. Three-layered organic solar cell with a photoactive interlayer of codeposited pigments. *Applied Physics Letters* 1991; 58(10): 1061-1064.
- [6] Geens W, Aernouts T, Poortmans J, Hadziioannou G. Organic co-evaporated films of a PPV-pentamer and C60. *Thin Solid Films* 2002; 403-404: 438-443.
- [7] Tsuzuki TT, Shirota J, Rostalski J, Meissner D. The effect of fullerene doping on photoelectric conversion using titanyl phthalocyanine and a perylene pigment. *Solar Energy Materials and Solar Cells* 2000; 61(1): 1-8.
- [8] Mende LS, Graetzel M. TiO_2 pore-filling and its effect on the efficiency of solid-state dye-sensitized solar cells. *Thin Solid Films* 2006; 500(1-2): 296-301.
- [9] Scharber M. et al. Design rules for donors in bulk-heterojunction solar cells —towards 10% energy-conversion efficiency. *Advanced Materials* 2006; 18(6): 789-794.