



SEMICONDUCTORES ORGÁNICOS Y SU APLICACIÓN EN DISPOSITIVOS FOTOVOLTAICOS DE NUEVA GENERACIÓN

MARÍA ELENA SÁNCHEZ VERGARA
Profesora-Investigadora Facultad de Ingeniería
Universidad Anáhuac México, campus Norte

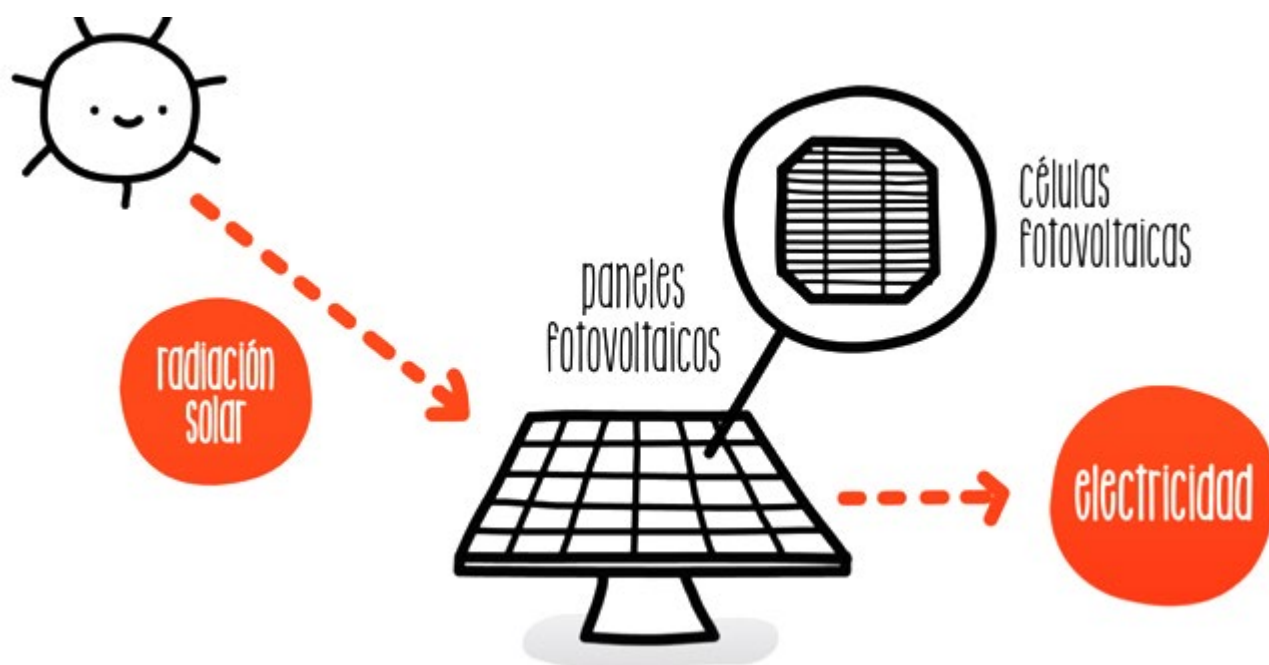


Figura 1. Esquema de la transformación de la radiación solar en electricidad. Imagen tomada de: <https://www.youtube.com/watch?v=h20bJDZCaCk> el 3/11/23.

Históricamente, el sector energético en México ha dependido de los hidrocarburos para satisfacer la energía que demanda el país. Sin embargo, la producción nacional de energía primaria ha disminuido constantemente en los últimos años, y el desarrollo y aprovechamiento de energías renovables limpias, como la energía solar, se ha vuelto fundamental, no solo en lo concerniente a paneles solares, sino también en el diseño y fabricación de otros ti-

pos de dispositivos fotovoltaicos. Estos dispositivos transforman la radiación solar en electricidad de un modo directo (Figura 1) y para lograr esto, están fabricados con delgadas capas de semiconductores fotosensibles, que van unidas a dos electrodos (ánodo y cátodo), uno de los cuales debe ser transparente para permitir la absorción de la radiación solar. Este circuito eléctrico normalmente se encuentra encapsulado en vidrio o en plástico.



La radiación solar viaja hacia la Tierra por medio de los fotones. Los fotones son las partículas portadoras de las formas de radiación electromagnética: los rayos X, los rayos gamma, la luz ultravioleta, la luz infrarroja, la luz visible, las microondas y las ondas de radio. Cuando los fotones inciden sobre el semiconductor fotosensible del dispositivo fotovoltaico, se produce la excitación de los electrones que se encuentran en la superficie del semiconductor que actúa como capa activa. Es decir, la absorción de la energía proveniente del sol permite a los electrones del semiconductor, cargados negativamente, liberarse de sus átomos, moverse y dejar un espacio libre o hueco. Este hueco puede ser ocupado por un electrón vecino que generará a su vez otro hueco, generándose un par electrón-hueco denominado excitón (Figura 2). La disociación de estos excitones generará portadores de carga libres que se desplazarán desde la capa del semiconductor donde se produjo la absorción de la radiación solar, hasta los electrodos donde se recolectan dichos portadores de carga que producirán la corriente eléctrica [1].

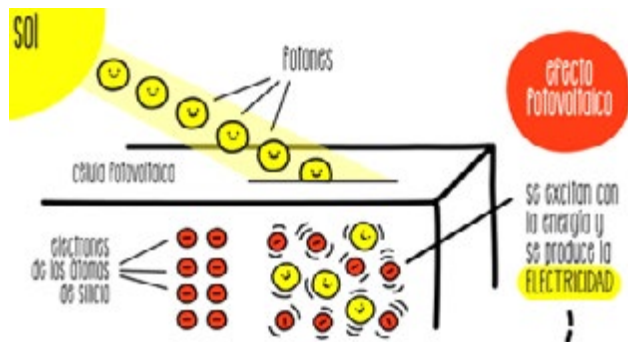


Figura 2. Formación de excitones. Imagen tomada de: <https://www.youtube.com/watch?v=h20bJDZCaCk> el 3/11/23.

Aunque al día de hoy la mayor parte de los dispositivos fotovoltaicos del mercado están fabricados con el semiconductor silicio, existe un gran interés en el estudio de semiconductores orgánicos como capas activas, en sistemas de este tipo. Las principales causas de tal interés son: (i) la escasez a nivel mundial del silicio y los chips que con él se fabrican,

(ii) el bajo costo de los dispositivos fotovoltaicos orgánicos, (iii) la fácil manipulación de sus semiconductores orgánicos para obtener propiedades específicas, (iv) su estructura simple, (v) la baja temperatura en su proceso de manufactura, y (vi) la compatibilidad de los semiconductores orgánicos con sustratos relativamente baratos como el vidrio, el tereftalato de polietileno (PET) [2] y más recientemente el Tetrapak [3] o el algodón [4].

Esta área de investigación, denominada electrónica molecular, tiene como objetivo desarrollar y utilizar semiconductores orgánicos, basados tanto en materiales moleculares como en polímeros (Figura 3), en la fabricación de dispositivos fotovoltaicos. Las ftalocianinas metálicas, las hidroxiquinolinas, los ferrocenos y los derivados metálicos de las 2-bencilideno-1-indanonas son materiales moleculares con propiedades ópticas y eléctricas tales que pueden ser empleados como semiconductores orgánicos. Los polímeros semiconductores, por su parte, están formados por la repetición de un número variable de monómeros. En estos sistemas, las propiedades ópticas y eléctricas dependen del grado de conjugación a lo largo de la estructura molecular del polímero. Algunos ejemplos de este tipo de materiales son los politiofenos, los polipirrol y el poli(3,4-etilendioxitiofeno)-poli(estireno sulfonato), conocido como el PEDOT:PSS.

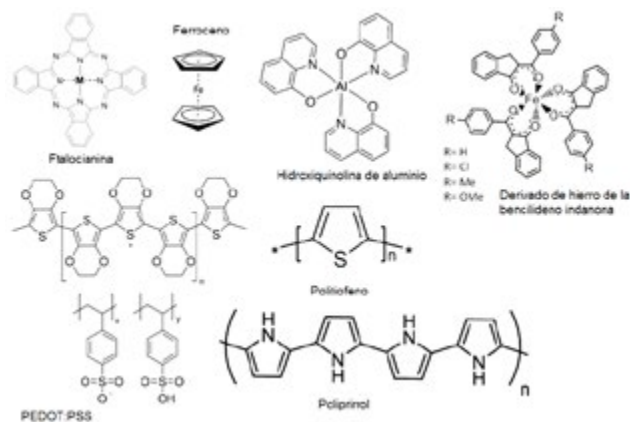


Figura 3. Algunos ejemplos de (a) materiales moleculares y (b) polímeros semiconductores



A partir de estos semiconductores orgánicos, se han generado las celdas fotovoltaicas orgánicas, que están en una fase de investigación bastante inferior a las inorgánicas a base de silicio. Sin embargo, en trabajos de investigación recientes, se han logrado desarrollar dispositivos con eficiencias cercanas a las obtenidas con silicio. Las ventajas de los semiconductores orgánicos frente al silicio en este tipo de dispositivos fotovoltaicos son: la posible modulación de sus propiedades eléctricas por la introducción de sustituyentes en la estructura molecular del semiconductor, y la posibilidad de ser organizados en diferentes tipos de fases condensadas como, por ejemplo, las películas delgadas con espesores manométricos, a través de las cuales el flujo de cargas eléctricas puede llegar a ser muy eficiente.

Es importante considerar que los semiconductores orgánicos también presentan ciertas desventajas para su aplicación industrial, como son: la falta de estabilidad química, fotoquímica, térmica o electromagnética. Sin embargo, se espera que poco a poco se vayan generando semiconductores orgánicos más estables, y con mayor capacidad de transporte de carga, lo que les permitiría ser utilizados en dispositivos de última generación como, por ejemplo, las máquinas moleculares fotoactivas (Figura 4). Los semiconductores orgánicos en los que se basan estos dispositivos miniaturizados consisten en moléculas organizadas constituidas por unidades moleculares conectadas por enlaces del tipo covalente, y capaces de responder de manera mecánica frente a un estímulo aplicado de manera reversible [5].

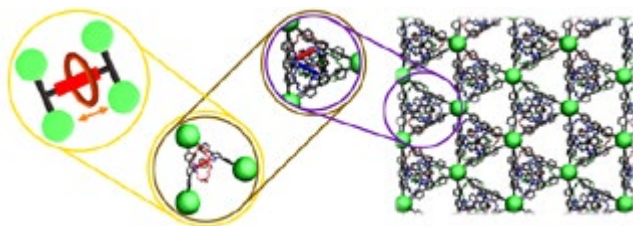


Figura 4. Estructura de máquina Molecular. Imagen tomada el 3/11/23 de: <https://www.quimica.es/noticias/1176765/en-el-camino-hacia-los-materiales-de-tipo-celular.html>

Por lo pronto, la investigación sobre semiconductores orgánicos sigue muy activa y en México hay varios grupos de investigación que trabajan al respecto de este interesante tema. La Universidad Anáhuac México cuenta con un grupo de investigación y laboratorios dedicados desde hace más de 15 años al desarrollo de nuevos semiconductores y dispositivos fotovoltaicos. Te invitamos a conocer más del tema en el siguiente link, y desde luego que si estás interesado en participar, encontrarás los datos de contacto: <https://www.anahuac.mx/mexico/noticias/Que-son-los-semiconductores>

Agradecimiento

Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología, Financiamiento para investigación de mujeres científicas COMECYT, FICDTEM-2023-65.

Referencias

- [1] Más Montoya, Miriam. (2015). *Síntesis de nuevos sistemas heteroacénicos y estudio de sus propiedades como semiconductores orgánicos para su aplicación en electrónica molecular*. Tesis doctoral, Universidad de Murcia (España).
- [2] El-Nahass, M. M., Ammar, A. H., Farag, A. A. M., Atta, A. A., & El-Zaidia, E. F. M. (2011). Effect of heat treatment on morphological, structural and optical properties of comtpp thin films. *Solid State Sciences*, 13(3), 596–600. <https://doi.org/10.1016/j.solidstatesciences.2010.12.032>
- [3] Figueroa-González, E., Oliva, A. I., Rodríguez-González, V., Gómez-Solis, C., García, C. R., & Oliva, J. (2022). Using recycled tetrapak and AG/BAMOO4 nanoparticles to make efficient and flexible solid state supercapacitors. *Journal of Energy Storage*, 47, 103544. <https://doi.org/10.1016/j.est.2021.103544>
- [4] Flores-Larrea, L., Rivera-Mayorga, J. A., Kshetri, Y. K., Rodríguez-González, V., García, C. R., Lee, S. W., & Oliva, J. (2021). Highly efficient textile supercapacitors fabricated with graphene/NiO:YB electrodes printed on cotton fabric. *Journal of Alloys and Compounds*, 886, 161219. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2021.161219>
- [5] Cid Martín, Juan José. (2008). *Materiales moleculares y polímeros basados en ftalocianinas para aplicaciones en células solares orgánicas*. Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Madrid. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=32470>