

CELDA SOLARES FLEXIBLES

**José Guadalupe Fuentes Velázquez^a, Luis Martín
Reséndiz Mendoza^b, Víctor Cabrera Arenas^b, Víctor
Manuel Flores Sánchez^c**

^a Estudiante de la carrera de Mecatrónica.

^b Profesor - Investigador de la SEPI.

^c Estudiante del PMTA - SEPI.

*Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingenierías y
Tecnologías Avanzadas (UPIITA)
Instituto Politécnico Nacional*

INTRODUCCIÓN

Hablando sobre fuentes de energía renovables quizá de las primeras opciones en las que uno podría pensar es en la energía solar, y con una razón más que justificada debido a la inmensa y aparentemente interminable energía que nos brinda nuestro sol, pero ¿sabías que a nivel mundial del total de energía eléctrica generada menos del 0.2 % es obtenida del sol? Y no es para menos, pues hasta hace muy poco la forma más accesible de obtener energía eléctrica del sol era por medio de celdas fotovoltaicas costosas las cuales requieren de ciertas superficies o espacios adecuados para su instalación, haciéndolas ver como una opción poco rentable.

Hoy en día el panorama parece cambiar debido a la investigación y desarrollo de dispositivos orgánicos flexibles, cada vez más utilizados en sistemas como las pantallas OLED, pero aplicado a celdas fotovoltaicas llamadas *Dispositivos Fotovoltaicos Flexibles*. Debido al futuro incierto que implican los combustibles fósiles y a la cada vez más creciente demanda energética en todo el mundo, las fuentes de energía renovables han comenzado a ser el centro de estudio en universidades e instituciones, y en cuanto a energía solar se refiere el primer objetivo es adentrarse con la tecnología de capas finas orgánicas para posteriormente combinarlas con nuevas tecnologías como celdas cuánticas y grafeno.

DE LA LUZ A LA ELECTRICIDAD

La habilidad de capturar la energía de la luz y después transferirla para realizar un trabajo son los dos principales retos de los sistemas fotovoltaicos. En las plantas verdes la energía de la luz es capturada por procesos fotosintéticos altamente efectivos y luego es trasladada con casi el 100 % de eficiencia hasta los centros de reacción donde el almacenamiento energético a largo plazo comienza. Sin embargo los sistemas fotovoltaicos no siguen el modelo de la naturaleza donde el proceso de transferencia de energía implica procesos con mayor complejidad por medio de los cuales la energía se desplaza en las estructuras moleculares orgánicas buscando seguir el camino más corto.

¿Y CÓMO TRABAJAN LAS CELDAS FOTOVOLTAICAS?

En las celdas solares fotovoltaicas, al absorberse la luz se crea lo que se conoce como un excitón, compuesto por una carga positiva y una negativa. Para generar una corriente eléctrica es necesario transportar esas cargas hacia los contactos de manera separada. Esta tarea es producida por un campo eléctrico interno generado en la unión de dos materiales semiconductores que se conocen como materiales donador y aceptor.

CELDA SOLARES DE CAPA FINA ORGÁNICA

Inventadas a mediados de los 80's, las primeras celdas solares orgánicas con salida de corriente suficiente se basaban en una doble capa activa de materiales orgánicos donores y aceptores. Un ejemplo destacado de un material aceptor de electrones es el buckminsterfullereno (C60) habiendo otros también utilizados como el fullereno C20.

En la práctica, la capa orgánica fotoactiva se coloca entre dos electrodos diferentes; el electrodo superior es transparente (Figura 1). La separación de carga se lleva a cabo en la fase orgánica. El ánodo y el cátodo se seleccionan para tener una gran diferencia en sus funciones de trabajo y así favorecer la separación de cargas.

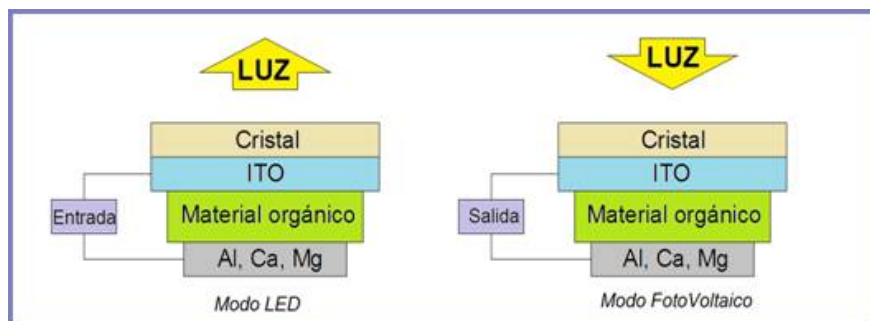


Figura 1: Materiales orgánicos apilados entre electrodos trabajando como Diodos Emisores de Luz o como Celdas Solares (modo fotovoltaico). En el último caso, los electrones se recogen en el electrodo metálico y los huecos en el electrodo de ITO.

Alguna de las diferencias de los semiconductores orgánicos con respecto a los inorgánicos son que el excitón presenta una energía de enlace más difícil de romper y que son materiales amorfos y, por tanto, el transporte de carga es más complejo que en los cristales inorgánicos. Una ventaja, sin embargo, es la capacidad de poder sintetizar sustancias orgánicas hechas a la medida, que permite el ajuste fino del rango de absorción y las propiedades de transporte de carga y auto-ensamblaje mediante técnicas nanoquímicas. Además, para absorber la mayor cantidad de luz incidente (dentro de su rango de absorción) se puede lograr con películas orgánicas más delgadas (100 nm) comparadas con películas de 300 μm en obleas de silicio cristalino de espesor estándar, y 1 mm en las películas delgadas de CuInSe_2 policristalino (semiconductor compuesto de cobre, indio y selenio con buenas características ópticas y eléctricas para la generación de energía fotovoltaica).

CELDA SOLARES DE HETEROUNIÓN

La heterounión es un factor importante en el diseño de una celda solar puesto que permite generar un campo eléctrico y separar las cargas generadas por la absorción de la luz. Teniendo en cuenta que la longitud de difusión de los excitones es muy pequeña en los semiconductores orgánicos y por lo tanto deben generarse cerca de la heterounión para que sean aprovechados antes de que se recombinen, surgió en los 90's el concepto de celdas solares de heterounión de volumen. En la Figura 2 se muestran dos de los principales modos de realizar la heterounión que se han desarrollado hasta la fecha: (a) de dos capas y (b) por volumen.

Figura 2: Representación de una (a) heterounión de dos capas y una (b) heterounión de volumen.

En el caso de las celdas solares con heterounión de volumen, que han resultado ser más eficientes, se tiene una unión entre los materiales donadores y aceptores distribuida en todo el volumen de la celda. Los dos componentes se compenetran entre sí, para que la interfaz entre ellos ya no sea plana sino que sea espacialmente distribuida. Con esta tecnología se tiene la ventaja de poder dissociar excitones de manera muy eficiente en toda la extensión de la celda solar, y por lo tanto pueden generarse polarones (los pares electrón hueco pero en los materiales orgánicos) en cualquier lugar de la película.

Generalmente la heterounión de volumen se realiza por una mezcla de polímero-fullereno por técnicas de centrifugado o evaporación.

En la Figura 3 se muestran los procesos más importantes de la generación y la recombinación en las celdas solares orgánicas de heterounión por volumen. En estos dispositivos los excitones fotogenerados son difundidos a la interfaz donador-aceptor y disociados en polarones (a) o recombinados radiativamente (b). Si se generan polarones, entonces se pueden separar con la ayuda de un campo eléctrico externo; entonces los portadores libres pueden desplazarse hacia los electrodos correspondientes para generar una corriente (a) o recombinarse con otras cargas móviles o atrapadas (c).

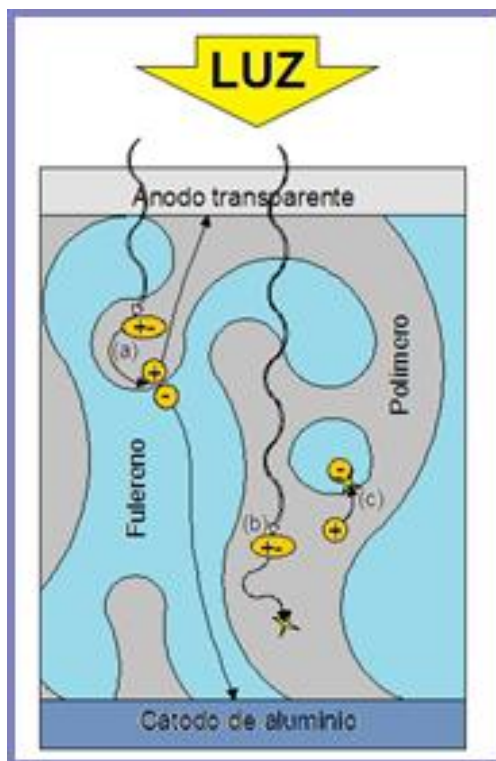


Figura 3: Proceso de generación y recombinación en celdas solares orgánicas de heterounión por volumen.

Mientras que en la heterounión lineal sólo la interfaz geométrica entre el polímero conjugado y la capa de fullereno forman el área donde los donadores y aceptores interactúan, en la heterounión por volumen todo el volumen de la capa de compuesto es involucrado. Esta es la razón por la que tal configuración es atractiva, ya que permite corrientes de corto circuito de órdenes de magnitud superiores.

MÉTODOS DE FABRICACIÓN DE CELDAS SOLARES ORGÁNICAS

El centrifugado y la impresión son dos de los procesos que se utilizan para la fabricación de celdas solares orgánicas, los cuales resultan ser menos costosos comparados con la infraestructura necesaria para la fabricación de las celdas solares tradicionales. Ambos son compatibles con diferentes tipos de sustratos.

CENTRIFUGADO (SPIN COATING)

Es un procedimiento utilizado para aplicar películas uniformes y delgadas sobre sustratos planos (Figura 4). En resumen, una cantidad en exceso de una solución se coloca en el sustrato (a), que luego se gira a alta velocidad con el fin de difundir el fluido por fuerza centrífuga (b). La rotación hará que el

líquido gire fuera de los bordes del sustrato y continuará hasta que el grosor deseado de la película se consiga (c). El disolvente que se aplica generalmente es volátil y se evapora al mismo tiempo (d). Por lo tanto, mientras mayor sea la velocidad angular de giro, más delgada será la película. El espesor de la película también depende de la concentración de la solución y el solvente.

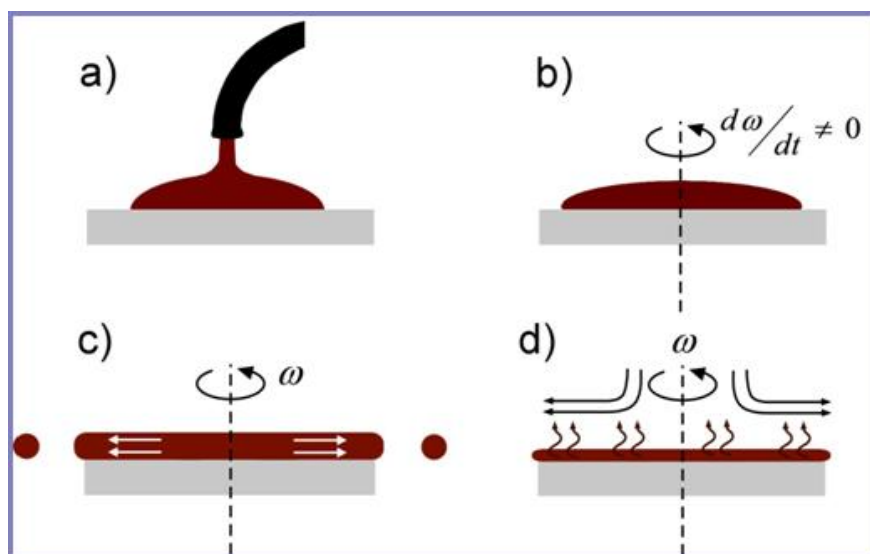


Figura 4: Proceso de fabricación de celdas solares por centrifugado.

Con este método se pueden lograr espesores de hasta 10 nm sobre los sustratos y las celdas creadas de esta manera son las que han alcanzado hasta ahora la mayor eficiencia.

IMPRESIÓN DE CELDAS SOLARES ORGÁNICAS

Las celdas de heterounión molecular pueden ser eficientemente impresas utilizando tecnología de impresión de inyección de tinta, abriendo así camino a la producción a gran escala de las celdas solares orgánicas. En fechas recientes (marzo de 2008), Tecnologías Konarka realizó con éxito la primera demostración de fabricación de celdas solares mediante la impresión de inyección de tinta de alta eficiencia.

La demostración (Figura 6) confirma que las celdas solares orgánicas se pueden procesar con tecnologías de impresión con poca o ninguna pérdida en comparación con las tecnologías usadas para los semiconductores de silicio.

La tecnología de impresión continua rollo a rollo proporciona deposición fácil y rápida de películas de polímero sobre sustratos de áreas grandes.

Al momento de realizar la impresión se necesita mezclar al sustrato orgánico con una cierta cantidad de disolvente el cual se evaporará posteriormente a la impresión, con el fin de reducir su viscosidad y facilitar el proceso de inyección. La difusión y la humectación del líquido sobre el sustrato y el comportamiento del secado de la película impresa son controlados por la formulación del disolvente y la temperatura de la mesa de impresión (Figura 5).

Las celdas solares orgánicas pueden ser impresas sobre rollos de plástico en un proceso muy similar a la impresión de papel, el cual no requiere de complejos sistemas de cuartos limpios y al vacío como en los dispositivos de silicio tradicionales, ofreciendo además otras ventajas como son:

- Alta flexibilidad
- Configurable y capaz de ser integrado en la propia aplicación (Figura 6)
- Delgado y ligero
- Resistente y duradero

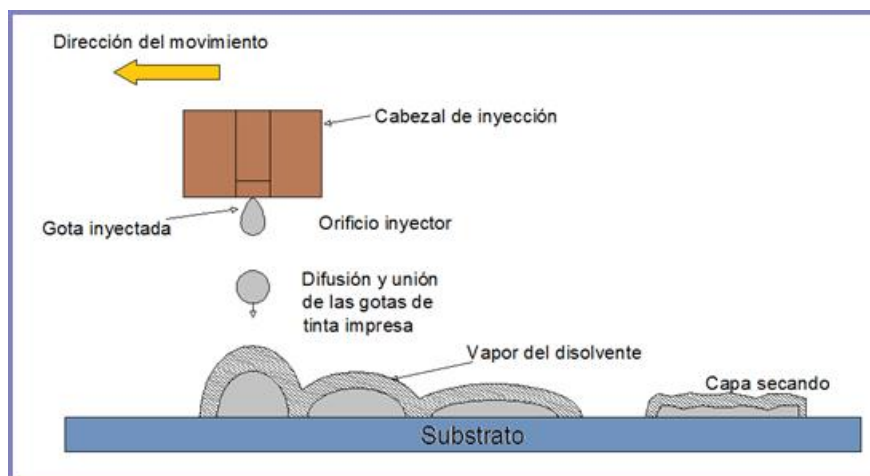


Figura 5: Proceso de impresión de la capa orgánica sobre el sustrato base.

- Amigable con el medio ambiente

Figura 6: Módulos solares flexibles capaces de ser configurados e integrados a construcciones con formas muy variadas.

Una vez que se puedan desarrollar celdas solares poliméricas eficientes y estables, rápidamente encontrarán una amplia aplicación. De hecho, en comparación con las basadas en silicio, las celdas de semiconductores orgánicos son más baratas y su fabricación es más fácil, mientras que su ligereza y flexibilidad hacen que se integren en aplicaciones que no son posibles realizar con los dispositivos basados en materiales inorgánicos. Además permiten la fabricación de celdas solares con variados colores y patrones para productos con menor requerimiento de energía pero mayor estética para aplicaciones arquitectónicas.

Por medio de este breve texto solo se ha pretendido dar una pequeña introducción a las nuevas tecnologías de celdas solares orgánicas flexibles así como a su funcionamiento, resaltando sus características las cuales podrían pautar el siguiente paso en cuanto implementación de fuentes de energía renovable. Su desarrollo en masa es apenas una tendencia pero sin duda será cuestión de unos pocos años para poder encontrarlas ya instaladas y funcionando en diversos lugares, desde industrias, oficinas y hasta hogares.

REFERENCIAS

- Mario Pagliaro, Giovanni Palmisano y Rosaria Ciriminna; Ed. Wiley-VCH. *Flexible Solar Cells*. 2008. ISBN: 978-3-527-32375-3.
- Brabec, C., Scherf, U; Ed. Dyakonov, V. *Organic Photovoltaics Materials, Device Physics, and Manufacturing Technologies*. 2008. ISBN: 978-3-527-31675-5.
- Poortmans, J; Ed. Arkhipov, V. *Thin Film Solar Cells Fabrication, Characterization and Applications*. 2006. ISBN: 978-0-470-09126-5.
- Ver ejemplos de Productos Flexibles en: <http://www.flexcell.ch>
- Cleveland, C.J., Hall, C.A.S. y Herendeen; Revista (2006). "Energy returns on ethanol production." *Science*, págs: 312, 1746.