

Alternativas de sistemas fotovoltaicos de bajo coste

La electricidad es probablemente el vector o soporte de la energía más flexible de nuestro tiempo por su facilidad y eficiencia en la transformación a otras aplicaciones: calor en un horno, luz en una bombilla, movimiento en un motor, hidrógeno como combustible químico por electrolisis, etc. La radiación solar sobre la superficie de la Tierra es, por otro lado, la energía sostenible más abundante y origen de las que han originado y soportado la vida sobre el planeta desde el principio de los tiempos.

La conversión directa de la energía solar en electricidad es técnicamente posible desde hace casi dos siglos y se consigue con un rendimiento muy superior al que alcanza la naturaleza en la síntesis de carbohidratos mediante la fotosíntesis por la clorofila. A pesar de ello, el uso masivo de combustibles no renovables ha mantenido esta fuente de energía restringido a un reducido conjunto de aplicaciones marginales donde el acceso del combustible químico o la red eléctrica resulta imposible o de gran dificultad: satélites artificiales, repetidores aislados de comunicaciones, estaciones remotas de medida, etc.

El incremento del precio del petróleo junto a las amenazas de la contaminación generada por el uso de estos combustibles refuerza actualmente el papel de la captura directa de la energía solar con base en silicio, en competencia directa con los productos de electrónica de gran consumo. Aunque los precios por unidad de potencia han descendido notablemente durante los últimos años, es tiempo de reconsiderar los principios físicos del proceso y las alternativas tecnológicas que nos depara el inmediato futuro para generación directa de electricidad mediante luz solar.

1.- Fundamento del efecto fotovoltaico

El fenómeno fotovoltaico consiste en la producción de electricidad cuando se ilumina (radiación ultravioleta, visible e infrarroja) bien la unión entre un semiconductor y un metal, o bien la unión de dos semiconductores, siendo, en estos casos, mucho más eficiente.

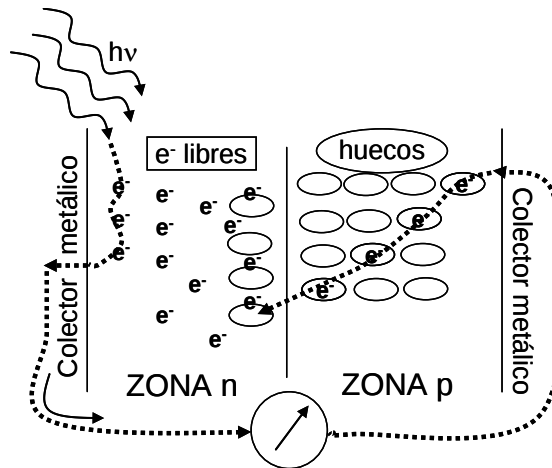


Figura 1. Funcionamiento de la celda solar fotovoltaica. Efecto fotovoltaico Becquerel (1839) [1].

2.-La celda fotovoltaica

En una celda fotovoltaica se promueve la formación de los llamados pares electrón/hueco (el electrón está cargado negativamente y al moverse deja en el material un agujero o hueco cargado positivamente), en o cerca de una zona de unión de dos semiconductores, uno de ellos mayoritario de electrones (tipo-n) y otro mayoritario de huecos electrónicos (tipo-p), figura 1. En ambos lados hay contactos metálicos para coleccionar la corriente, uno de ellos debe ser transparente para permitir la incidencia del fotón sobre el semiconductor. Si la energía del fotón supera un determinado valor se produce una separación de cargas en cada uno de los semiconductores, así la región-p tiende a desarrollar una carga espacial positiva y la región-n una carga negativa con lo que se consigue una polarización suficiente para reducir la barrera de potencial del contacto, y hacer que fluya una corriente directa igual y opuesta a la corriente fotónica.

Las células fotovoltaicas solares comerciales se fabrican utilizando Silicio de alta pureza (monocristalino, policristalino y también amorfo).

3.- La Crisis del Silicio

La rápida demanda de silicio en los últimos años para generación de electricidad fotovoltaica compite con la industria de los circuitos electrónicos saturando la capacidad de producción de las pocas fábricas dedicadas a la producción y refinado de silicio. La Asociación de Productores de Energías Renovables (APPA) advierte de una burbuja en el sector solar fotovoltaico: sólo hay 38 MW conectados y requerimientos para instalar

6.000 MW más. *La Asociación solicita la exigencia de avales que garanticen los proyectos como medida principal para desinflar dicha burbuja. Además, en general, hay escasez global de paneles fotovoltaicos (Madrid, 19 de abril de 2006).* La APPA advierte que esta situación no se corresponde ni con la realidad del mercado español, ni con la disponibilidad de paneles.

Es preciso, por tanto, la investigación en elementos alternativos capaces de convertir la energía solar en electricidad mediante tecnologías de eficiencia y precio capaces de competir en el mercado tras el correspondiente proceso de industrialización.

4.- La celda fotoelectroquímica nanocrystalina.

Hodes y col [2], plantearon el concepto de celda fotoelectroquímica nanocrystalina. La celda consiste en una película nanocrystalina porosa, del semiconductor sulfuro de cadmio, empleado como fotoelectrodo. En la separación y redistribución de carga tiene lugar una rápida eliminación de los huecos electrónicos por el electrolito, que permite que los electrones pasen a través de una gran densidad de bordes de grano en su movimiento hacia el sustrato (figura 2). La película parece mostrar una respuesta semejante a un semiconductor tipo-p (monocrystal CdS).

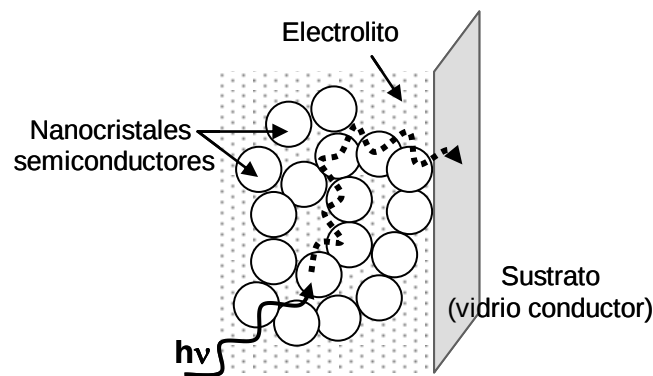


Figura 2. Modelo de capa nanocrystalina porosa en contacto con el electrolito [3].

5.- La celda fotovoltaica fotoelectroquímica

La celda de Gratzel [4,5] es una celda fotoelectroquímica (figura 3) que consiste en cuatro capas finas: un colector/electrodo conductor electrónico transparente, una capa delgada de un semiconductor: polvos de óxidos nanocrystalinos con poros entre 3 y 15 nm, un electrolito, que se añade a través de dichos poros, sólido o líquido coloidal con agentes cromáticos (complejos orgánicos de Ru), y el otro electrodo colector de corriente que cierra el circuito. En estas celdas, el semiconductor poroso recibe los

electrones del sensibilizador (complejos cromáticos), el cual, a su vez, oxida al electrolito con especies redox disueltas.

Este electrolito es regenerado al reducirse con los electrones que circulan a través del circuito externo, en el electrodo no transparente. En condiciones de circuito cerrado los electrones se desplazan hacia los electrodos colectores produciéndose densidades de corriente en torno a 10 o 40 mA/cm². Actualmente esta es celda la que posee mayor rendimiento (en torno al 11%), lo cual la hace competitiva con las clásicas de silicio.

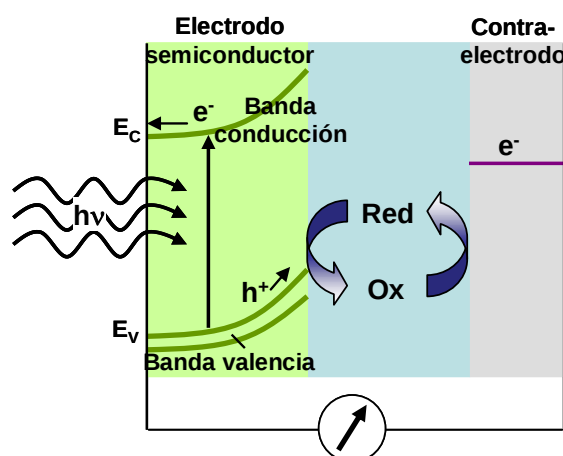


Figura 3. Celda regenerativa produciendo corriente eléctrica a partir de luz solar [4].

6.- La celda fotoelectroquímica polimérica.

Lo que diferencia a la celda electroquímica polimérica (figura 4) es la incorporación de un semiconductor de tipo-p polimérico, M3EH-PPV. Como capa colectora de electrones se emplean óxidos de titanio (TiO_x -TiO₂), siendo la configuración completa de la celda TO/TiO_x-TiO₂/M3EH/Au (figura 6) [6]. (donde ITO es óxido de estaño e indio transparente).

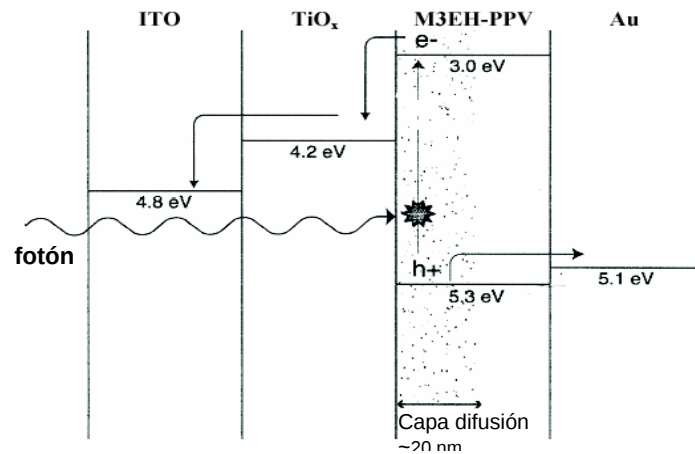


Figura 4. Celda fotoelectroquímica con un semiconductor tipo-p polimérico.

7.- Tejas fotovoltaicas

Fabricar tejas con apariencia y precio similar a las usuales y capaces de producir electricidad es una tecnología nueva, sencilla, barata y fiable, aplicable en regiones rurales y sin conexiones distribuidas. Actualmente se construyen tejas fotovoltaicas con silicio amorfo o policristalino, el sistema se coloca en el tejado terminado y se conecta a la red del edificio a través de mallas de interconexión. Este tipo de construcción flexible permite instalar desde potencias mínimas hasta las más elevadas. La instalación puede ser efectuada para viviendas con o sin conexión a la red eléctrica, manteniendo la estética del edificio. Las tejas pueden tener la misma geometría que las tejas planas aunque hay otras posibilidades, como las tejas tipo Shingle (asfálticas).



Figura 5. Tejado con celdas fotovoltaicas de Si. Los paneles para tejas tienen solamente 4 mm de grosor y las células de Si policristalino están montadas sobre una superficie de acero inoxidable.

Los “tejados solares” (figura 5) se orientan siempre hacia el sur y su inclinación debe ser aproximadamente igual a la latitud del lugar incrementada en 15°.

8.- Celda fotoelectroquímica todo cerámica

Aplicando las ideas de Hodes [2] y de Grätzel [4], se pueden emplear materiales cerámicos con estructura cristalina tipo perovskita y propiedades semiconductoras de tipo-p y -n e incluso con conducción eléctrica metálica. Una variante de celda fotoelectroquímica es la que se está intentado desarrollar en el ICV-CSIC (figura 6) para fabricar tejas fotovoltaicas sin Si.

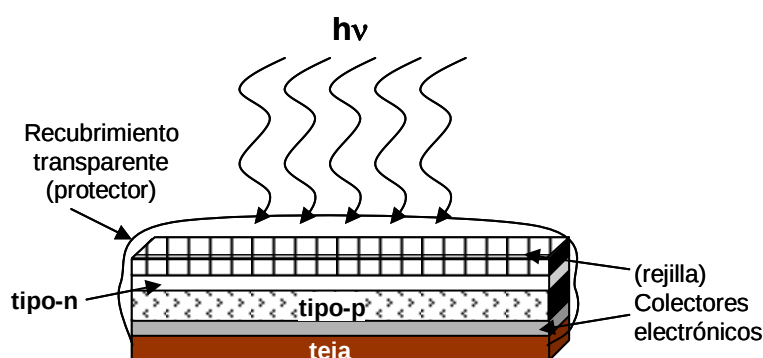


Figura 6. Celda fotoelectroquímica de estado sólido, todo cerámica

El sustrato es la teja donde se colocan las cuatro capas, el diodo y los dos colectores/electrodos de corriente.

9.- Las tejas fotovoltaicas fotoelectroquímicas basadas en estructuras nanocrystalinas. Integración con celdas de combustible.

La idea que se propone es la integración fotovoltaicas-fotoelectroquímicas en diferentes tipos de tejas, colocando sobre ellas capas de diodos y colectores de bajo coste y materias primas naturales (reduciendo los precios de fabricación) y obteniendo potencias máximas mediante una red de interconexiones en serie y en paralelo. Esta propuesta integrada consistirá en acoplar una celda de combustible de entre 1-5 kW para almacenar la energía eléctrica obtenida a través de procesos de electrólisis del agua (figura 7), mientras que en oscuridad la producción de electricidad corre a cargo de la pila de combustible. Se unen de forma casual las ideas de Becquerel, descubridor del efecto fotovoltaico, y de Grove, descubridor de la pila de combustible, en el mismo año 1839. Ambos desarrollos confluyen en una simple integración energética idónea para la edificación autosostenible.

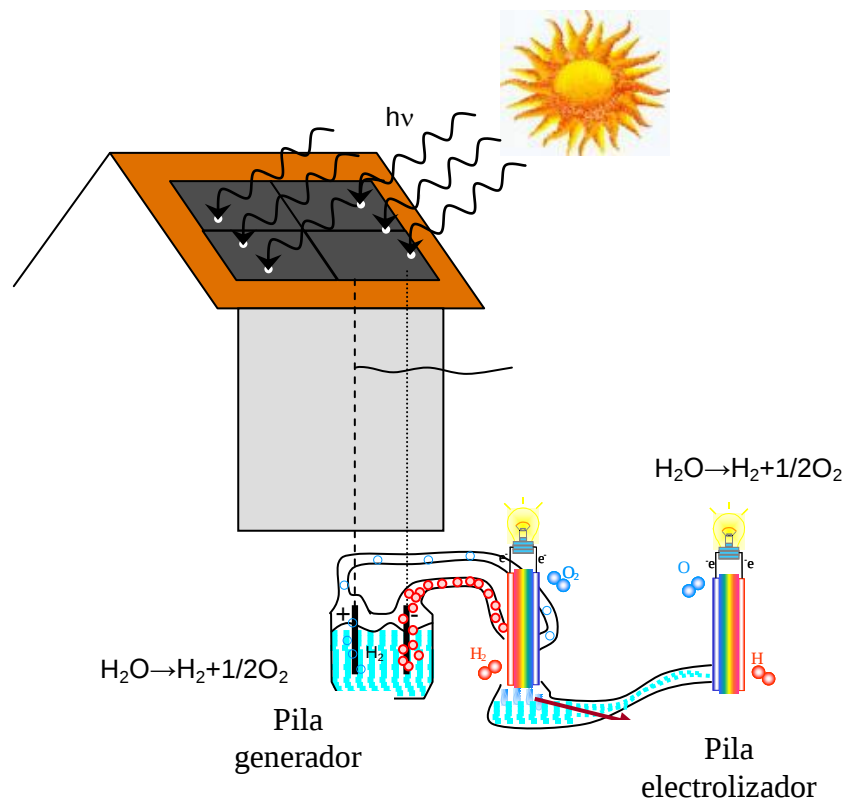


Figura 7. Integración de dos celdas de combustible (generador y electrolizador) y tejas fotovoltaicas-fotoelectroquímicas.

10.- Referencias

- 1 M.Carlos Tobajas Vázquez. Energía solar fotovoltaica”.Cano Pina SL Ed.Ceysa. 2005
- 2 G.Hodes y col. “Nanocrystalline photoelectrochemical cells. A new concept in photovoltaic cells” J. Electrochem. Soc. 139 (11), (1992), 3136-3140.
- 3 R.J. Candal y col. “Semiconductores con actividad fotocatalítica” , En: Cap.4 Red CYTED VIII-G, Eliminación de contaminantes por fotocátalisis heterogénea. Ed.Miguel A. Blesa (2001).
- 4 M. Grätzel, “Photoelectrochemical cells” Nature 414 (2001) 338-344.
- 5 J. Bisquert, “Células solares de titanio nanoestructurado sensibilizado. Alternativas para la generación fotovoltaica. (2002). Universidad Jaume I.
- 6 Peter Journey-Kilarney. “Photoaction Current Spectra of Polymer Solar Cells”. Thesis degree of Bachelor of Science in Physics. UC Santa Cruz. June 2001.

*Eva Chinarro, B. Moreno y José Ramón Jurado
Instituto Cerámica y Vidrio (ICV), CSIC.
Expo Zaragoza 2008, ISBN: 84-95490-88-9.*