

La energía solar del futuro

La tecnología de «película delgada» puede ser una alternativa más asequible y rentable que las células fotovoltaicas actuales

La energía solar fotovoltaica ha aumentado mucho su eficacia en las últimas décadas, pero todavía no de forma suficiente para su entrada masiva en el mercado. La investigación en este campo sigue centrada en encontrar técnicas de producción de dispositivos fotovoltaicos más baratas que las actuales. Ése es el objetivo del grupo de M^a Teresa Gutiérrez en el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT).

MÓNICA G. SALOMONE

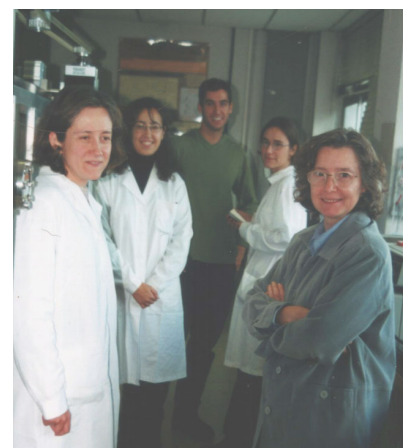
El hecho de que ciertos materiales generen electricidad cuando les da el sol fue descrito como una curiosidad científica por el físico Edmond Becquerel cuando tenía sólo 19 años, en 1839. Pero pasó mucho tiempo antes de que se entendiera el efecto fotoeléctrico y se pensara en emplearlo como fuente de energía. Hacia finales del siglo XIX se fabricaron las primeras células fotovoltaicas de selenio, que convertían en energía eléctrica el 1% de la luz que incidía sobre ellas (enseguida se usaron en cámaras fotográficas para medir la luz); y en 1954 los famosos Laboratorios Bell crearon las primeras células de silicio, antepasadas de las que se usan hoy en los paneles comerciales. Pero sólo convertían en electricidad el 4% de la luz (lo que equivale a decir que su eficacia era del 4%), mientras que las actuales convierten el 17%. Además, según cifras del Departamento de Energía estadounidense el coste de la energía generada por paneles fotovoltaicos se ha reducido en una veinteaava parte en las últimas décadas.

Un salto grande, pero no suficiente. «A la energía solar fotovoltaica siempre se le achaca que es una tecnología cara, no rentable», afirma M^a Teresa Gutiérrez, del Departamento de Energías Renovables del CIEMAT. «Así que buscamos abaratar los procesos», sigue. El trabajo del grupo se ha centrado en los dispositivos de película delgada que constituyen una de las alternativas a las células fotovoltaicas de silicio monocristalino.

Dentro del llamado Proyecto MARISOL el grupo del CIEMAT ha desarrollado equipos a escala intermedia entre el laboratorio y una planta industrial para la preparación de materiales en película delgada de aplicación fotovoltaica. Algo así como una planta piloto de lo que podría llegar a ser una instalación industrial. «Se trata de demostrar que la tecnología de película delgada puede usarse en la industria fotovoltaica».

Películas frente a cristales

Los módulos fotovoltaicos más usados en la actualidad se basan en el silicio monocristalino. Este material tiene una estructura atómica muy uniforme que facilita el flujo de los electrones -importante para lograr una buena eficacia-, pero para obtenerlo primero hay que fundir silicio de alta



El grupo del CIEMAT que desarrolla el proyecto Marisol.

El CIEMAT ha desarrollado equipos a escala piloto para la preparación de materiales en película delgada de aplicación fotovoltaica

[Ver ficha técnica](#)

pureza y después crecer de nuevo la estructura entorno a un único cristal «semilla». Este silicio monocristalino deberá después ser tratado y cortado convenientemente para ser transformado en una célula fotovoltaica, que además debe conectarse individualmente a muchas otras para formar un módulo (los paneles solares están formados por muchas células fotovoltaicas). Es, en conjunto, un proceso farragoso y caro.

La tecnología de película delgada ha aparecido en las últimas décadas como alternativa al silicio monocristalino. «Con esta tecnología ya no hay que crecer un cristal, cortar las obleas, perder material en los cortes...» explica Gutiérrez. Al contrario: con la película delgada se puede hacer crecer el material adecuado con el espesor deseado, sobre la superficie que se quiera y de las dimensiones apetecidas.

Una superficie continua

El principio de funcionamiento de las células de película delgada es el mismo que el de las células de silicio monocristalino: ambas están hechas de materiales semiconductores que crean portadores de carga eléctrica cuando les da la luz, y a los que se añaden materiales conductores para recoger y transportar la carga eléctrica. Pero ahí acaban las similitudes.

De forma simplificada, la tecnología fotovoltaica de película delgada se puede definir mediante el depósito de grandes superficies (1m^2 aproximadamente) de películas delgadas de conductores y semiconductores sobre un sustrato, utilizando una técnica de conformado adecuada para conseguir un dispositivo integrado. Los dispositivos así preparados tienen espesores de alrededor de decenas de micras.

Una diferencia entre la tecnología de película delgada y la de silicio monocristalino, explica Gutiérrez, es que el hecho de usar diferentes sustratos puede diversificar mucho la aplicación: el módulo fotovoltaico puede estar colocado encima de las tejas de un tejado y ser ondulado, o un vidrio de una ventana puede convertirse en un módulo fotovoltaico. Se puede utilizar en principio cualquier tipo de sustrato teniendo en cuenta algunos requerimientos. En la tecnología de silicio monocristalino, en cambio, se parte siempre de una oblea.

Cámaras de vacío

¿Dónde radica el problema para que los dispositivos de película delgada no inunden el mercado fotovoltaico? Su eficiencia se considera aceptable: se ha obtenido alrededor de un 12% con dispositivos estables de seleniuro de cobre e indio. Sin embargo, la viabilidad comercial de estos módulos requiere esfuerzos importantes en los temas de fabricación. Para conseguir un proceso de fabricación de bajo coste en estos módulos es necesario una mejora de la utilización de los materiales y la optimización de los procesos de preparación de los mismos en grandes áreas.

El reto es conseguir un proceso continuo en el que se introduzca un sustrato por un lado y por el otro salga el módulo terminado, lo cual va a abaratar mucho los costes de producción. «Se trata de diseñar procesos para que la industria fotovoltaica concluya que le interesa instalar una línea de



Mª Teresa Gutiérrez dirige el Proyecto Desarrollo de Materiales y Dispositivos Fotovoltaicos.

El hecho de usar diferentes sustratos puede diversificar mucho la aplicación: el panel puede estar encima de las tejas, y ser ondulado

[Ver ficha técnica](#)

producción de módulos de película delgada». El equipo de Gutiérrez ya ha demostrado que es posible preparar materiales de aplicación fotovoltaica no ya sobre 1cm² sino sobre 900cm².

Las dos cámaras que usa el grupo para fabricar los módulos son el resultado del proyecto Marisol. El primer paso del proceso es la metalización del sustrato y se hace en una de las cámaras. Pero la técnica para el paso siguiente es distinta y debe hacerse en la otra cámara: la deposición de la capa «absorbente», que es la que absorbe las partículas de luz, y el llamado «material ventana». Finalmente se pasa de nuevo a la primera cámara para depositar el material conductor y una última capa.

Es la primera vez que estos investigadores se enfrentan a equipos de escala mayor que los usados en investigación básica de laboratorio. «Ha sido una experiencia muy útil para entrar en contacto con gente de la industria, algo muy importante», dice Gutiérrez.

Cómo funciona una «célula» de película delgada

Las cámaras de vacío desarrolladas dentro del proyecto Marisol ocupan una estancia completa. Están a medio camino entre los equipos de laboratorio y los industriales. Montarlas ha sido para los investigadores una experiencia «muy positiva». «Antes el contacto con la industria se limitaba a los proveedores. Nos vendían los equipos «llave en mano». Ahora entendemos mejor el mundo de la industria», explica Teresa Gutiérrez, jefa del grupo del Ciemat.

Una de las cámaras ya funciona y la otra comenzará en breve. Son capaces de producir materiales fotovoltaicos de película delgada de 225 a 900 centímetros cuadrados de superficie. Su principio de funcionamiento es el mismo que el de las células fotovoltaicas tradicionales.

La parte fundamental es el material semiconductor absorbente, que es donde se produce la «traducción» de energía luminosa en eléctrica. Para que esto ocurra las partículas de luz, los fotones, deben ser «absorbidos» por el semiconductor. En las células convencionales el semiconductor es el silicio, concretamente dos capas, una con carga positiva y otra negativa, que se disponen una sobre otra. Así los electrones que se generan al incidir la luz sobre el silicio fluyen de la capa negativa a la positiva, lo que produce una corriente eléctrica.

En los dispositivos de película delgada las capas negativa y positiva pueden ser diferentes semiconductores con materiales diferentes. Así que la estructura (simplificada) de estos dispositivos es, de abajo a arriba: primero el sustrato sobre el que se depositarán las diferentes capas, y que puede ser desde plástico a vidrio; luego una capa metálica, conductora; después el semiconductor que absorbe los fotones; sobre éste, el otro material semiconductor con carga contraria, que además hace de «ventana» para

[Ver ficha técnica](#)

dejar pasar sólo la luz de una longitud de onda determinada; por último se deposita un material conductor y transparente a la luz solar que recoge la electricidad generada. En total el grosor de estos dispositivos no supera las milésimas de milímetro.

El objetivo del grupo del Ciemat es que todos los pasos anteriores puedan hacerse mediante un proceso continuo, algo que por ahora nadie ha conseguido porque las técnicas de deposición de cada material son distintas.

FICHA TÉCNICA

Departamento de Energías Renovables, Desarrollo de Materiales y Dispositivos Fotovoltaicos. CIEMAT, Avenida Complutense, 22. 28040 Madrid.

Personal: Investigadores de plantilla (CIEMAT): M^a Teresa Gutiérrez, José Herrero Rueda y Cecilia Guillén Arqueros; becarios del Proyecto Marisol: Tomás García y, Cecilia Solís; contratados del Proyecto MARISOL: Begoña Asenjo y José Pablo González

Contacto: M^a Teresa Gutiérrez

Telf: 913466670 **Fax:** 913466037 teresa.gutierrez@ciemat.es

Líneas de investigación:

Desarrollo de métodos de producción de dispositivos fotovoltaicos basados en películas delgadas.