

TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA

BUEN TIEMPO Y SOLEADO

El mercado solar de energía fotovoltaica – fuente de energía verde por excelencia – está en pleno auge. La producción se ha duplicado cada dos años desde 2002, por lo que es el sector energético que crece más rápidamente. Alentada por incentivos del Estado, la energía solar es actualmente una industria floreciente, y la investigación abre nuevas posibilidades, y favorece la reducción de los costos. Entre 2004 y 2008 se triplicó la cantidad de solicitudes de patente relacionadas con energía solar presentadas en virtud del Tratado de Cooperación en materia de Patentes (PCT), pasando de 460 a 1.411.

El efecto fotovoltaico – fenómeno que permite la transformación de la energía luminosa en energía eléctrica – fue descrito por primera vez en 1839 por el físico francés Edmond Becquerel. Albert Einstein fue galardonado con el Premio Nobel por trabajos teóricos sobre ese tema publicados en 1904. La investigación intensiva, estimulada por la carrera espacial durante el período entre 1950 y 1969, indujo a muchas empresas a crear y comercializar células (o celdas) solares o células fotovoltaicas a partir de 1955. El satélite *Vanguard I*, primer satélite que hizo uso de energía solar en el espacio, fue puesto en órbita en 1958 y estuvo operativo durante ocho años. Otros satélites siguieron. La energía solar continúa utilizándose como fuente energética auxiliar en las naves espaciales para colocar en órbita los satélites.

Foto: NASA



Vanguard I

Por lo que respecta a las aplicaciones terrestres, la tecnología fotovoltaica demoró más en ser operativa. El rendimiento de las inversiones en el mercado de la energía fotovoltaica no justificaba ese gasto. La energía eléctrica procedente de prácticamente cualquier otra fuente – carbón, energía hidráulica y nuclear – era, y aún es, mucho más económica. Sin embargo, durante la última década, los problemas planteados por el cambio climático han modificado nuestra manera de ver las cosas. Los problemas medioambientales relacionados con el aumento del dióxido de carbono (CO₂) dieron la alarma: existe actualmente una necesidad urgente de nuevas tecnologías no contaminantes así como un renovado interés por viejas tecnologías que se habían dejado de lado cuando los costos y la necesidad de producir en gran escala eran las consideraciones principales. Así fue como se desempolvó de los archivos de la información sobre patentes la tecnología fotovoltaica, que estaba prácticamente olvidada.

Mercado de energía fotovoltaica

En el informe "Global Photovoltaic Market Analysis and Forecasts to 2020" (Análisis y previsiones del mercado mundial de energía solar fotovoltaica hasta 2020) se pone de relieve que la capacidad fotovoltaica del mundo ha aumentado, pasando de 1,3 gigavatios (GW) en 2001, a 15,2 GW en 2008. Según un estudio conjunto de la EPIA* y Greenpeace, si las inversiones y el rendimiento continúan aumentando al ritmo actual, en 2030, los sistemas de energía fotovoltaica producirán 2.600 teravatios/horas (TWh) de electricidad, lo que representa aproximadamente el 14% de las necesidades de electricidad de la población mundial.

Alemania, Japón y Estados Unidos de América parecen estar a la cabeza del mercado de instalaciones de energía fotovoltaica, aunque las cifras varían según los informes. España, tras haber completado la instalación de varias centrales de energía fotovoltaica, con una capacidad de producción energética de 2.263 megavatios (MW) en 2008, reclamó, en enero del presente año, el primer puesto en la clasificación. Sin embargo, habida cuenta de que las instalaciones individuales y las centrales de energía fotovoltaica crecen como hongos, el ritmo al que evoluciona el panorama fotovoltaico es tal que el primer puesto de la lista de países varía constantemente. El aumento se debe principalmente a la aplicación de políticas de incentivos financieros, como pueden ser los subsidios gubernamentales directos para sufragar una parte de los costos de las instalaciones, o los incentivos tributarios para la integración de energía renovable cuando las empresas locales de distribución de electricidad compran electricidad fotovoltaica a productores privados.

El mercado fotovoltaico no está fuera del alcance de los países en desarrollo. La investigación está abaratando los precios, y los países en desarrollo se benefician de esos precios más bajos. La energía solar ofrece una solución excelente para las zonas alejadas cuya conexión a la red eléctrica

Sobre el Sol

- En una hora, el sol provee más energía de lo que requieren las necesidades energéticas de la tierra durante un año.
- En un día, el sol provee más energía de la que puede consumir la población del mundo en 27 años.

Fuente: BIPV Technology

* Asociación Europea de la Industria Fotovoltaica

Desventajas de la energía solar fotovoltaica

Una de las desventajas de la energía fotovoltaica es el hecho de que la central energética tiene que ocupar grandes extensiones de tierra. La instalación solar de 550MW prevista en California abarcará una superficie de aproximadamente 25 km². No todos los países pueden disponer de esas extensiones de tierras estériles sin utilizar para instalaciones de energía solar.

Por otra parte, la instalación puede ser relativamente cara, y puede llevar cierto tiempo – hasta 20 años – recuperar los costos.

Aunque pueda parecer evidente, los paneles solares no producen electricidad cuando los días están nublados o por la noche, por lo que los usuarios tienen que optar entre permanecer conectados a la electricidad de la red normal o instalar un sistema de almacenamiento.

ca resulta demasiado cara o imposible (véase *Barefoot College: las abuelas se especializan en energía solar*, página 5). A este respecto, se ha desarrollado un importante mercado de baterías cargadas con energía solar.

La escasez amenaza el mercado

Los módulos fotovoltaicos normales se componen de silicio monocristalino o de silicio policristalino. Aproximadamente el 50% del precio de un módulo se debe al costo de las obleas de silicio procesadas. La industria de paneles solares conoció un importante avance cuando Emanuel Sachs del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) inventó, en 1980, la técnica "String Ribbon" (procedimiento de crecimiento en continuo de una cinta cristalina) (patente de EE.UU. N° 4661200). El procedimiento permitió la fabricación de delgadas cintas de obleas pluricristalinas en continuo, eliminando los deshechos y los elevados costos que acarrea cortar los lingotes de silicio. La reducción de los costos de fabricación hizo más viable la utilización de tecnología solar.

Ahora bien el silicio cristalino tiene muchas desventajas: su producción consume gran cantidad de energía y hace que la industria fotovoltaica dependa del silicio – material caro y escaso – obligando a los fabricantes de energía fotovoltaica a competir con la industria microelectrónica. Existen sólo dos fábricas que producen silicio policristalino de calidad fotovoltaica en el mundo y, ante el auge de los microprocesadores y de los mercados fotovoltaicos, los precios del silicio se disparan. Es lo que ocurrió en 2004, cuando, debido a la mayor demanda de la industria electrónica, se registró un considerable aumento del precio del silicio. Así pues, aunque continúan las investigaciones sobre el silicio, la amenaza que puede plantear la escasez del material a la industria fotovoltaica ha estimulado la investigación sobre materiales alternativos.

La física del estado sólido ha demostrado que el silicio no es el material ideal para la transformación de la luz solar en electricidad. En las aplicaciones para el espacio ultraterrestre, que utilizan la tecnología más avanzada y más depurada, se dispone de silicio de alto rendimiento cuya eficacia ronda el 30%. Sin embargo, el promedio de rendimiento de la mayoría de los módulos fotovoltaicos en el mercado oscila entre el 12 y el 18%. La mejora del rendimiento es una de las mayores prioridades de la industria.

Mayores rendimientos en perspectiva

Los avances previos en eficiencia de conversión de la energía solar en eléctrica dependían de la concentración

Foto: Anna Regelberger



Árbol fotovoltaico en Gleisdorf, Alemania.

de rayos solares, del mismo modo que un espejo amplificador concentra la luz solar para encender fuego. El resultado fueron dispositivos pesados y rígidos con lentes de hasta 30 centímetros de espesor. Utilizando una película delgada mediante una tecnología innovadora, los investigadores están batiendo récord de rendimiento en la fabricación de células solares cada vez menos voluminosas. Su objetivo es definir la estructura ideal de la célula solar – teniendo en cuenta los objetivos de reducción de los costos y del tamaño, y favoreciendo la producción en gran escala.

En 2007, tras 21 meses de trabajos en un proyecto destinado

a crear una base tecnológica para una nueva célula solar de silicio cristalino de alto rendimiento, un consorcio de investigación bajo la dirección de la Universidad de Delaware alcanzó el récord del 42,8% de eficiencia de conversión energética. La estructura singular de la célula solar integra el diseño óptico con el de la célula solar, teniendo como resultado un dispositivo pequeño que puede adaptarse fácilmente a una computadora portátil (para más información véase la solicitud de patente WO2008/091290). El consorcio tiene como objetivo superar el 50% en 2010.



Prometedoras tecnologías con nuevos materiales

Además de los nuevos avances en la utilización del silicio para la fabricación de células solares, cabe señalar los adelantos en el diseño que se han logrado mediante materiales que no son silicio, incluidos otros tipos de semiconductores y componentes químicos orgánicos. La utilización de materiales que no son silicio puede dar lugar a reducciones de los costos debido a que el procedimiento de producción es más sencillo y menos caro, y, a diferencia del silicio, no existen problemas de competencia. Sin embargo, es necesario seguir investigando sobre la utilización de estos materiales de vanguardia para obtener y superar los rendimientos de las células solares a base de silicio. Esa investigación está avanzando rápidamente, como permiten comprobar los ejemplos siguientes.

El consorcio de investigación sobre la tecnología fotovoltaica de película delgada, en la que participa la *Escuela Politécnica Federal de Lausana (EPFL)* (Suiza), tiene como objetivo aumentar el rendimiento de las células solares de película delgada que no son de silicio, específicamente un tipo de células solares de película delgada con una capa de un material semiconductor compuesto de cobre, indio, galio y selenio (CIGS), y las así llamadas células solares con tinte fotosensible. Al iniciarse el proyecto en 2006 se alcanzaron índices de eficiencia de conversión energética de aproximadamente el 11% para las células solares de película delgada CIGS. Utilizando la tecnología CIGS y la tecnología de la célula solar con tinte fotosensible patentada por la EPFL, se ha logrado un rendimiento del 15% en las pruebas de laboratorio. Sin embargo, el consorcio considera que es posible lograr mejores resultados.

Al igual que las células solares de película delgada a base de silicio, las células CIGS utilizan nanocapas del material semiconductor que puede aplicarse a un sustrato de bajo costo como el vidrio, hojas metálicas flexibles u hojas de metal, o polímeros de alta temperatura. Contrariamente a las tecnologías de células solares fotovoltaicas convencionales, las células solares con tinte fotosensible separan la tarea de absorción de la luz de la tarea de conducción de la electricidad. En las células solares con tinte fotosensible, los electrones liberados por el tinte al contacto con la luz se difunden hasta las capas delgadas de los materiales semiconductores que transportan la carga eléctrica. Las posibles aplicaciones de esta tecnología incluyen pinturas compuestas de células solares con tinte fotosensible, que pueden aplicarse directamente sobre hojas de acero. Un equipo de investigación del Reino Unido está elaborando esta tecnología de pinturas que espera poner en el mercado en 2011.

El Laboratorio Nacional de Energías Renovables del Departamento de Energía de los Estados Unidos (NREL) ha anunciado un nuevo récord en materia de células fotovoltaicas en marzo de 2008, logrando el 19,9% de rendimiento con películas delgadas de CIGS. Esto coloca la tecnología de las películas delgadas al mismo nivel que el silicio cristalino. El NREL reivindica que es la calidad de los materiales aplicados en el procedimiento de fabricación la que permite elevar la producción eléctrica. El Laboratorio con-



Tecnología solar de película delgada

sidera que las células de CIGS tienen un futuro promisorio ya que pueden ser utilizadas tanto en aplicaciones espaciales como en el mercado de dispositivos electrónicos portátiles debido a su poco peso. También son idóneas para usos arquitectónicos especiales, como los tejados y las ventanas solares fotovoltaicos.

Aunque aún se encuentra en las primeras fases de la investigación, la tecnología de películas delgadas que no son de silicio ya ha pasado del laboratorio al mercado. Las expectativas son muy grandes en relación con la industria fotovoltaica. La fabricación de materiales de película delgada es fácil y barata, y tienen un impacto medioambiental poco elevado, siendo compatibles con materiales flexibles, por lo que su aplicación es posible en embalajes y ropa, así como para recargar teléfonos móviles y computadoras portátiles.

Evolución del mercado fotovoltaico

Varias nuevas tecnologías solares coexisten actualmente en el mercado de células solares monocristalinas y policristalinas, incluida la película delgada que ya ha conquistado del 7 al 10% del mercado fotovoltaico. El *Prometheus Institute for Sustainable Development* prevé que las aplicaciones de las células solares de película delgada que no son de silicio se harán con el 40% del mercado en 2012.

Actualmente, la industria en los Estados Unidos está centrada principalmente en las diversas tecnologías de película delgada, y en Europa y Asia en las células solares de silicio monocristalino y policristalino. A medida que avanza la investigación, los rendimientos aumentarán aún más y comenzará a comercializarse un número cada vez mayor de alternativas con futuro que no utilizan silicio. Como se pone de manifiesto en un estudio de la OMPI sobre tecnologías energéticas alternativas, la cantidad de solicitudes de patente presentadas para invenciones de energía solar en las principales oficinas de propiedad industrial se ha triplicado prácticamente durante los últimos 20 años.

La crisis financiera está frenando el mercado fotovoltaico, pero no será posible detenerlo. El aumento de la cantidad de patentes registradas en virtud del PCT en el ámbito de la energía solar – tanto para mejoramientos técnicos como para nuevas invenciones de avanzada – es una prueba de los adelantos de la industria, de la que aquí sólo hemos podido vislumbrar el potencial.