

Fabricación y Caracterización de Células Solares Orgánicas

L. Córcoles^a, N. Espinosa^{a,b}, J. Padilla^a, J. Abad^a, A. Urbina^a

^aLaboratorio de Nanotecnología y Electrónica Molecular

Antiguo Cuartel de Antigones. Plaza del Hospital, N° 1, 30202 Cartagena (Murcia)

^b Department of Energy Conversion and Storage, Technical University of Denmark, Frederiksborgevej 399,

DK-4000 Roskilde, Denmark

Teléfono: 968326501

E-mail: cor.gui.laura@gmail.com

Resumen. El desarrollo de células solares flexibles y de bajo coste se presenta como una solución alternativa a los procesos de fabricación de células solares convencionales. Actualmente la posibilidad de nuevas aplicaciones y la progresión continua de esta tecnología ponen de manifiesto la importancia de este tipo de células solares. En este artículo se presenta el método de fabricación utilizado y los resultados obtenidos en el grupo de investigación "Dispositivos y Diseño Microelectrónico".

1. Introducción

Dentro de las tecnologías de fabricación de células fotovoltaicas, en los últimos años, ha despertado gran interés el uso de materiales poliméricos [1-3] para la fabricación de células solares orgánicas.

El uso de estos materiales abre la posibilidad de desarrollar células flexibles, ligeras, de bajo coste y con procesos de fabricación medioambientalmente más sostenibles. Este tipo de células fotovoltaicas abarca una amplia gama de aplicaciones, desde la generación de energía, hasta la integración arquitectónica o su incorporación en pequeños dispositivos electrónicos o la implementación en ropa, entre otras.

Como contrapartida, las eficiencias obtenidas con células solares orgánicas son menores a las alcanzadas con tecnologías maduras como las células de silicio. Otro de los retos que se plantean es conseguir una estabilidad óptima que permita conseguir células con una mayor vida útil.

A pesar de estos inconvenientes, en los últimos años, la progresión de esta tecnología ha sido extraordinaria, con incrementos en la eficiencia del 1 al 11.1 % tal y como muestra la figura 1.

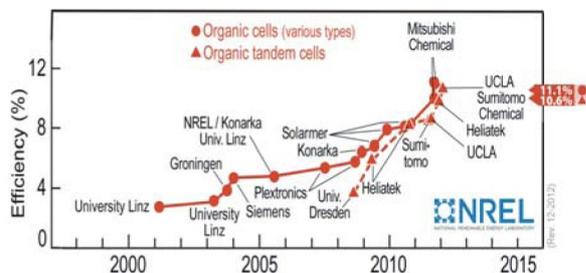


Fig. 1. Eficiencias obtenidas en diferentes sistemas fotovoltaicos 2001-2012. Fuente: National Center for Photovoltaics

En el Laboratorio de Nanotecnología y Electrónica Molecular, dentro del grupo de Dispositivos y Diseño Microelectrónico, se han puesto en marcha las técnicas necesarias para la producción de este tipo de células. Actualmente se están optimizando los procesos de fabricación, con el objetivo de aumentar la eficiencia y estabilidad de los dispositivos.

Los objetivos a medio plazo son la implementación de nuevas técnicas que permitan la fabricación a escala preindustrial, como el serigrafado o la aerografía, y el estudio de nuevas arquitecturas.

2. Experimental

En este apartado se describen los materiales y la instrumentación usados en los experimentos así como el método de fabricación de las células solares orgánicas elaboradas por el grupo de investigación.

2.1. Materiales e instrumentación

Como sustrato conductor se han utilizado (i) vidrio con una capa de óxido de Indio-Estaño (ITO) de dimensiones de 20x20x1.1 mm (Delta Technologies, 4-8 ohms/cuadrado) y (ii) láminas de polietilentereftalato (PET) con ITO de 20x20x0.5 mm (Sigma-Aldrich 100 ohms/cuadrado).

Para las sucesivas capas que conforman la célula solar se han utilizado (i) poli-3,4-etilendioxitiofeno con sulfonato de poliestireno (PEDOT/PSS) (Heraeus-Clevios AI-4083 y Sigma-Aldrich-1.3 %wt dispersión acuosa) para favorecer la extracción de huecos e igualar la superficie rugosa del ITO, y (ii) una mezcla con proporción 1.1:1 en peso de poli-3-hexiltiofeno (P3HT) (Sigma Aldrich, pureza del 99.995%) y [6,6]-fenil-C61-ácido butírico metil éster (PCBM) (Solenne, pureza del 99%) para la capa activa.

Para los electrodos se han utilizado (i) ITO presente en el sustrato transparente como ánodo y (ii) como cátodo aluminio evaporado en vacío (Goodfellow, Ø0.25mm, pureza del 99.5%).

La deposición de las diferentes capas poliméricas se realiza mediante un spin-coater de fabricación casera (la velocidad de giro es de 1800 y 1000 rpm para la capa de PEDOT/PSS y capa activa de P3HT/PCBM respectivamente). En el caso de los contactos metálicos esta deposición se lleva a cabo utilizando una cámara de vacío donde se evapora aluminio durante 6 minutos a una presión menor de 10^{-5} mbar y una corriente de evaporación de 5.2 A.

Para la caracterización de las células solares, se utiliza un simulador solar (ABET Technologies Sun2000) junto con una fuente de tensión programable KEITHLEY 230 y un nanovoltímetro KEITHLEY 6514.

2.2. Método de fabricación

Para la fabricación de las células solares orgánicas es necesaria una preparación previa del sustrato cubierto de ITO. La superficie del electrodo de ITO se determina realizando un ataque químico con una mezcla de ácido clorhídrico y ácido nítrico (20% HCl/5% HNO₃). Posteriormente se realiza una limpieza que consiste en introducir el sustrato en un baño de agua destilada, isopropanol y agua destilada durante 15 minutos en ultrasonidos, con el fin de eliminar cualquier impureza.

A continuación se deposita sobre el sustrato una capa de PEDOT/PSS mediante centrifugado (spin-coating) a 1800 rpm y se introduce en el horno a 120°C durante 10 minutos para eliminar restos de agua de la disolución.

La mezcla de P3HT/PCBM en diclorobenceno que actúa como capa activa se deposita sobre el sustrato mediante spin-coating a 1000 rpm. El secado de esta capa se lleva a cabo en el horno a 120°C durante 10 minutos después de depositar el electrodo de Al en la cámara evaporadora [4].

Un esquema de las distintas capas que forman una célula solar orgánica se muestra en la figura 2, mientras que una imagen de una célula orgánica solar fabricada por el grupo de investigación sobre una lámina de PET con los materiales y métodos descritos puede observarse en la figura 3.

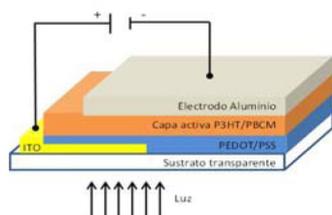


Fig. 2. Esquema de las distintas capas que conforman una célula solar orgánica

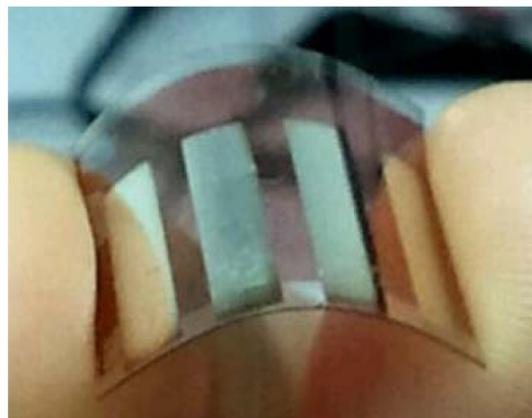


Fig. 3. Célula solar orgánica fabricada por el grupo de investigación con lámina de PET

3. Resultados

Se ha comprobado una mejora en la eficiencia de la célula al depositar las diferentes capas de la misma con el spin-coater en marcha, alcanzándose eficiencias del 0.61% frente a eficiencias del 0.55% si la deposición de estas capas se inicia con el spin-coater parado.

Las células fabricadas con PEDOT/PSS Heraeus-Clevios AI-4083 han demostrado alcanzar una eficiencia menor que aquellas fabricadas con PEDOT/PSS Sigma-Aldrich-1.3 %wt en dispersión acuosa, por lo que la elección de este material influye en el resultado final.

La temperatura de secado de las distintas capas es un factor decisivo a la hora de fabricar células solares orgánicas utilizando láminas de PET como sustrato. Se ha comprobado que una temperatura excesiva influye de manera negativa en la estabilidad de este tipo de células.

La estabilidad de las células solares depende de factores ambientales como la luz que incide sobre las mismas. En este sentido, el uso de filtros ultravioleta en estudios de degradación demuestra un incremento en la vida útil de las células solares frente a células solares sin ningún tipo de protección. Este efecto positivo se ve favorecido al contar con un sistema de encapsulado de las células en vacío, llegándose a eficiencias del 2.1%.

La figura 4 muestra la curva I-V para una célula solar orgánica fabricada por el grupo de investigación con sustrato de vidrio y PEDOT/PSS Sigma-Aldrich-1.3 %wt en dispersión acuosa, con un área de 9 mm² y una eficiencia (η) de 2.1%. El factor de llenado (FF) es 41.5 y los parámetros de voltaje a circuito abierto (V_{oc}) y densidad de corriente (J_{sc}) son 0.55 V y -9.3 mA/cm² respectivamente.

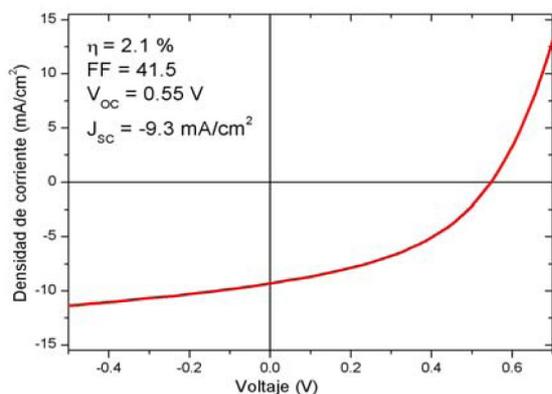


Fig. 4. Curva característica de una célula solar orgánica fabricada por el grupo de investigación

La fabricación de estas células se ha llevado a cabo en condiciones normales de laboratorio, en lugar de hacerse en una atmósfera de nitrógeno o en sala blanca. Esto supone que el proceso de laboratorio utilizado es más cercano a un potencial proceso industrial de bajo coste que pueda ser realizado al aire.

4. Conclusiones

Los diferentes estudios realizados han demostrado que factores como la deposición de las distintas capas de la célula solar, el uso de un PEDOT/PSS determinado, la temperatura a la que es calentada una célula fabricada con PET o el uso de filtros UV para evitar la degradación de la célula, influyen en la curva I-V de la célula y en su eficiencia final.

La experiencia indica que es necesario estudiar cómo afectan a la estabilidad y a la vida útil de las células solares orgánicas factores tan diversos como la atmósfera en la que se fabrican, la luz que incide sobre ellas o la temperatura a la que se someten, entre otros.

La posibilidad de fabricar células solares orgánicas a bajo coste en condiciones normales de laboratorio sitúa esta tecnología en una dirección propicia para futuros procesos de producción industrial.

El estudio de nuevas geometrías como células invertidas, donde se invierte el diagrama de bandas energética tradicional, la influencia del contacto metálico, o el uso de nuevos materiales poliméricos se presentan como líneas abiertas en el campo de las células solares orgánicas.

Agradecimientos

Los autores agradecen la financiación por parte del Ministerio de Ciencia e Innovación (MAT2010-21267-C02-02) y Fundación Séneca (a través del proyecto 11955/PI/09). L. Córcoles agradece a la Fundación Iberdrola la beca concedida para cursar Estudios de Máster en Energía y Medio Ambiente en España.

Referencias

- [1] Spanggaard, H. & Krebs, F.C. (2004) A brief history of the development of organic and polymeric photovoltaics. *Sol. Energ. Mat. Sol. C.* 83, 125-146.
- [2] Brabec, C.J., Sariciftci, N.S. & Hummelen, J.C. (2001) Plastic solar cells. *Adv. Funct. Mater.* 11, 15-26.
- [3] Nelson, J. (2002) Organic photovoltaic films. *Current Opinion in Solid State and Materials Science* 6, 87-95.
- [4] N. Espinosa - Tesis Doctoral "Organic solar cells: life cycle assessment as a research tool to reduce payback time and environmental impacts" UPCT 2012