



## CELDA SOLARES CON NANOPILARES DE ZnO EMBEBIDOS EN CuInS<sub>2</sub> COMO ABSORBENTE DE LA RADIACION

Mariana Berruet<sup>(1)</sup>, Yesica Di Iorio<sup>(1)</sup>, Carlos J. Pereyra<sup>(2)</sup> Marcela Vazquez<sup>(1)</sup> y Ricardo E. Marotti<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>División Electroquímica Aplicada, INTEMA, CONICET. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata. Juan B. Justo 4302–B7608FDQ Mar del Plata, Argentina

<sup>(2)</sup>Instituto de Física, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Herrera y Reissig 565, C.C. 30, 11000 Montevideo Uruguay.

\*Correo electrónico: [yesica.diorio@fi.mdp.edu.ar](mailto:yesica.diorio@fi.mdp.edu.ar)

### RESUMEN

En este trabajo se preparan celdas solares de estado sólido para uso terrestre en configuración superestrato usando técnicas escalables de bajo costo. La capa absorbente (CuInS<sub>2</sub>, CIS) se depositó por spin coating y la capa transparente de ZnO nanoestructurado por electrodeposición [1,2]. El ZnO es un semiconductor tipo n de amplio band gap. El CIS es un semiconductor tipo p con un band gap directo de 1,5 eV, ideal para absorber la radiación solar. La participación de capas nanoestructuradas en arreglos ordenados como los nanopilares, aumenta el área de contacto en la unión p-n, mejorando la eficiencia en la conversión de energía [3]. Los prototipos se prepararon sobre vidrio conductor como sustrato (FTO), recubierto con una capa delgada (d-ZnO) y otra de nanopilares de ZnO (NP-ZnO), sobre el que se depositó CIS. Con el fin de mejorar el alineamiento de las bandas de conducción entre ambos semiconductores, se depositó una capa ultradelgada de In<sub>2</sub>S<sub>3</sub> [2]. La morfología, estructura cristalina y composición química de cada material por separado fueron analizadas por SEM/EDS, DRX y espectrometría Raman respectivamente. La energía de gap (E<sub>g</sub>) y el tipo de conducción se evaluó a través de espectros UV-Vis y técnicas electroquímicas como fotocorriente/fotopotencial. Sobre el prototipo FTO/d-ZnO/NP-ZnO/In<sub>2</sub>S<sub>3</sub>/CIS/grafito se realizaron ensayos de respuesta tensión-corriente en oscuridad y bajo iluminación con un simulador solar para analizar la respuesta fotovoltaica y estimar la eficiencia de la unión p-n. El prototipo con NP-ZnO presentó V<sub>oc</sub>=0,5 V, I<sub>sc</sub>=13 mA/cm<sup>2</sup>, FF=0,43 y η=3 %, lo que se tradujo en un aumento en la eficiencia del 600% en comparación con los prototipos sin NP-ZnO (V<sub>oc</sub>=0,4 V, I<sub>sc</sub>=3 mA/cm<sup>2</sup>, FF=0,25 y η < 0.5%). Por último, se realizaron medidas por IMVS/IMPS para estimar tiempos de vida medio y de transito del electrón fotogenerado a fin de explicar eléctricamente los resultados obtenidos anteriormente.

### ABSTRACT

Solid state solar cells for terrestrial use were prepared in superstrate configuration using scalable low-cost techniques. The absorbent layer (CuInS<sub>2</sub>, CIS) was deposited by spin coating and the transparent layer of nanostructured ZnO by electrodeposition [1,2]. ZnO is a n-type semiconductor with wide band gap. CIS is a p-type semiconductor with a band direct gap of 1.5 eV, ideal to absorb solar radiation. The participation of nanostructured layers ordered as nanopillars, increases the contact area in the junction, improving efficiency in the conversion of energy [3]. The prototypes were prepared on conductive glass substrate (FTO), coated with a thin layer (d-ZnO) and ZnO nanopillars (NP-ZnO), on which CIS is deposited. In order to improve the alignment of the conduction bands between both semiconductors, an ultrathin layer of In<sub>2</sub>S<sub>3</sub> is deposited [2]. The morphology, crystal structure and chemical composition of each material separately were

*analyzed by SEM/EDS, XRD and Raman spectrometry. Energy gap ( $E_g$ ) and the type of conduction was assessed through UV-Vis spectra and electrochemical techniques as photocurrent/photopotential. On the FTO/d-ZnO/NP-ZnO/In<sub>2</sub>S<sub>3</sub>/CIS/graphite prototype the voltage-current response was evaluated in the dark and under illumination with a solar Simulator for analyzing the photovoltaic response and to estimate the efficiency of the union p-n junction. Prototype with NP-ZnO presented  $V_{oc} = 0.5$  V,  $I_{sc} = 13$  mA/cm<sup>2</sup>,  $FF = 0.43$  and  $\eta = 3\%$ , which resulted in an increment in the efficiency of 600% in comparison with the prototypes without NP-ZnO ( $V_{oc} = 0.4$  V,  $I_{sc} = 3$  mA / cm<sup>2</sup>,  $FF = 0.25$  and  $\eta < 0.5\%$ ). Finally, measures for IMVS/IMPS were carried out to estimate mean life time and of transit of the photogenerated electron, so as to explain the previous results from an electrical point of view.*

## **REFERENCIAS**

1. M. Berruet, D. L. Gau, E. A. Dalchiele, M. Vázquez and R. E. Marotti, "Optical, electrical and structural characterization of chloride-doped ZnO nanopillars obtained by electrodeposition"; Journal of Physics D: Applied Physics, Vol.49 (2016), p. 215103 (10pp).
2. Y. Di Iorio, M. Berruet, M. Vazquez, "Evaluación de un prototipo de celda solar basada en CuInS<sub>2</sub> obtenida por métodos en solución" XXXVIII Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente, Revista Averma (2015).
3. G. Centi, S. Perathoner, S. The role of nanostructure in improving the performance of electrodes for energy storage and conversion European Journal of Inorganic Chemistry, 26 (2009) p. 3851-3878.

**TÓPICO DEL CONGRESO O SIMPOSIO: T16**

**PRESENTACIÓN (ORAL O PÓSTER): P (Póster)**