

CARACTERIZACION DE CELULAS FOTOVOLTAICAS POR MEDIDAS DE FOTOCORRIENTE ESPECTRAL

Carmen Eyzaguirre, Aníbal Valera, Dominik Essing

Laboratorio de Optica, Facultad de Ciencias

RESUMEN

En este trabajo se presentan los primeros resultados de la colaboración UNI/HAHN-MEITNER-INSTITUT, obtenidos en el diagnostico de celdas solares de alta eficiencia (Programa Euro-Joule), empleando un espectrómetro de fotocorriente, desarrollado en la UNI.

En primer lugar se muestra una aplicación del Sistema a una celda solar de Silicio monocristalino de la Empresa ISOFOTON (España), para luego resumir las evaluaciones efectuadas en dos tipos de Celdas "Joule": $CdS/Cu(In,Ga)(S,Se)_2$ y $ZnSe/Cu(In,Ga)(S,Se)_2$.

ABSTRACT

At this Work, we present the first results of the collaboration UNI/HAHN-MEITNER-INSTITUT, obtained in the characterization of high efficiency solar cells (Programme Euro-Joule) with a home made photocurrent spectrometer.

First, we show the application of the System to a monocrystalline silicon solar cell (Co. ISOFOTON /Spain). We describe next the results obtained with two types of "Joule" Solar cells: $CdS/Cu(In,Ga)(S,Se)_2$ and $ZnSe/Cu(In,Ga)(S,Se)_2$.

INTRODUCCION

Las Células solares constituyen hoy en día, en países como el Perú, la mejor alternativa de solución a muchos casos de requerimiento de energía eléctrica, como ha sido comprobado en innumerables casos de electrificación rural. No obstante, para que esta tecnología sea también rentable a mayor escala se hace necesario introducir nuevas tecnologías, no tan complejas y menos costosas, que las actualmente en uso [1].

En muchos Laboratorios del mundo se trabaja en nuevas técnicas y diseños que simplifiquen la elaboración de celdas solares y por tanto puedan contribuir en un futuro cercano a que su costo se reduzca. Los logros mas significativos se han dado en la tecnología de celdas solares de película delgada, teniendo como ejemplo las celdas solares de silicio amorfo con eficiencias comerciales del orden del 4 al 10%, producidas por la empresa UNI Solar (USA) [2] y las celdas solares policristalinas en base a $CuInSe_2$ desarrolladas en la Universidad de Stuttgart / Institut für Physikalische Elektronik,

con eficiencias (en laboratorio) del orden del 14% [3]

En el Laboratorio de Optica de la UNI se han elaborado y caracterizado diversos tipos de celdas solares, destacando en esta tarea las celdas solares de película delgada en base a CdS y como técnica de caracterización principal la espectroscopía de fotocorriente [4].

La formulación de este trabajo tuvo como base, de un lado, la experiencia propia ganada en la línea fundamental fotovoltaica y del otro lado, la conveniencia de elegir un tema de Tesis apropiado para el nivel de Maestría* (Universidad de Andalucía), estableciéndose así los contactos necesarios y un programa de trabajo (Mediciones, evaluaciones, etc.) a realizarse en la UNI. Los Contactos establecidos fueron con EMILIANO PEREZAGUA GIL (ISOFOTON) y ULF BLIESKE (HAHN-MEITNER INSTITUT [HMI]/ Bereich Festkörperphysik.

En lo que sigue pasamos a describir el equipo empleado en la UNI para el análisis espectral de

celdas solares, los primeros resultados obtenidos y una discusión de estos.

PARTE EXPERIMENTAL

Muestras

Las muestras empleadas en este trabajo fueron de dos tipos:

- A Celdas solares Monocristalinas (ISOFOTON)
Elaboradas en Sevilla (España) por la técnica convencional de difusión térmica
- B Celdas solares de película delgada (HMI)
B1: CdS/Cu(In,Ga₂)(S,Se)₂
B2: ZnSe/Cu(In,Ga₂)(S,Se)₂.

Elaboradas por Siemens (Alemania) por técnicas de deposición al vacío.

EQUIPO DE ESPECTROSCOPIA DE FOTOCORRIENTE

En la figura 1 se muestra de manera esquemática el equipo de fotocorriente espectral empleado en este trabajo:

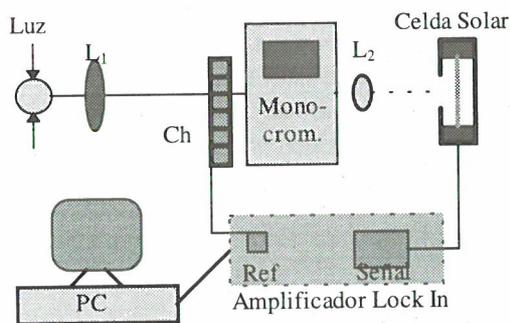


Figura 1: Diagrama esquemático del equipo de espectroscopia de fotocorriente (UNI) empleado en el diagnóstico celdas solares.

El equipo ha sido ya descrito en otros trabajos [4] y esta compuesto básicamente de los siguientes elementos: Una Fuente de Luz blanca (Lampara Halógena 300 W), que es concentrada a la entrada de un Monocromador (Carl Zeiss / M4 Q II S),

debiendo pasar previamente por un Modulador mecánico (Chopper). En estas condiciones se va a disponer de radiación monocromática en el rango efectivo de 0,4 μm hasta 2,5 μm . Esta radiación es enfocada en la celda solar en evaluación, detectándose la fotocorriente producida, la que es amplificada por la técnica Lock-In y derivada a una PC para su registro y procesamiento.

RESULTADOS

Las Mediciones efectuadas se resumen a la determinación experimental del espectro de eficiencia cuántica (Número de fotoportadores que contribuyen a la corriente en relación al número de fotones incidentes) de las celdas solares, según el procedimiento ordinario (Ref. 4, por ejemplo).

A CELDA ISOFOTON

En la figura 2 se presenta el espectro de eficiencia cuántica obtenida para una celda de Silicio monocristalino (CI10/ISOFOTON).

Siguiendo el método ordinario de evaluación de este tipo de espectros [4] se linealiza la respuesta de eficiencia cuántica a partir de la relación:

$$\eta = \eta_0 (h\nu - h\nu_0)^\alpha$$

donde: $h\nu$ es la energía fotónica
 $h\nu_0$ es el umbral de energía correspondiente (el Gap, por ejemplo)
 α un exponente característico.

Para la celda CI10 se encuentra a partir del espectro de la fig. 2, que esta empieza a responder a partir de la energía 1.038 eV, motivo por el cual se linealiza el resultado considerando:

$$h\nu_0 = 1.038 \text{ eV}$$

En la figura 3 se muestra el resultado de la linealización, obteniéndose así :

$$\alpha = 1$$

$$\eta_0 = 148.29$$

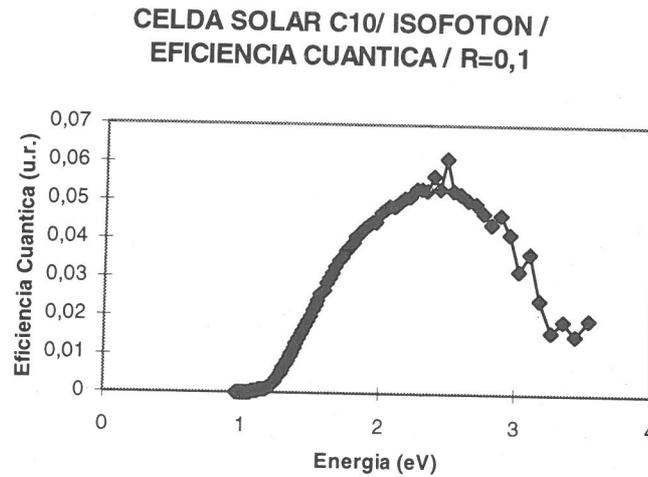


Figura 2: Respuesta espectral de la Eficiencia cuántica de una celda solar monocristalina (C110 / ISOFOTON), evaluada en la UNI.

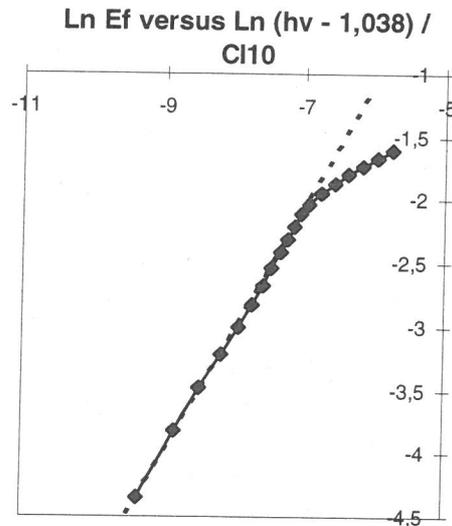


Figura 3: Gráfico de la linealización de la respuesta espectral (Fig. 2) de la celda solar C110 en el rango inicial.

B Celdas Joule

En la figura 4 se presenta la respuesta espectral de la eficiencia cuántica de una celda Joule (S# 37 / CdS/CBD) evaluada en este trabajo. De modo análogo al caso monocristalino descrito, la evaluación de este espectro se efectúa según la fotorespuesta ocurrente y su correspondiente linealización, encontrándose así, para el rango

espectral de 0.7 eV hasta cerca de 1.2 eV, la eficiencia global η :

$$\eta = 0.037 + A (hv - 0.747)^{1.5} + B (hv - 0.829)^2 + C (hv - 0.9425)^{2.5} - D (hv - 1.012)^2$$

CELDA JOULE # 37/ CdS/CBD
EFICIENCIA CUANTICA/ R=0,1

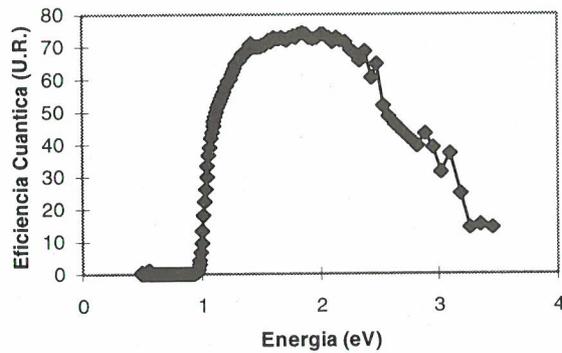


Figura 4: Respuesta espectral ($R= 0.1$) de la Eficiencia cuántica de una celda solar "Joule" (SIEMENS / S# 37 / CdS/CBD), evaluada en la UNI.

CELDA JOULE S#37 CdS/CBD
EFICIENCIA CUANTICA/ R = 0.05

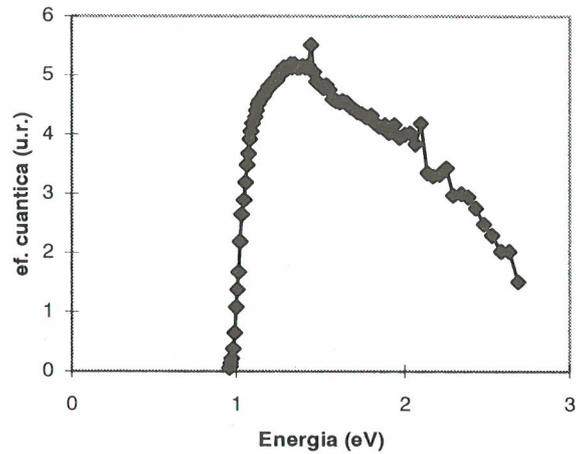


Figura 4: Respuesta espectral ($R= 0.05$) de la Eficiencia cuántica de una celda solar "Joule" (SIEMENS / S# 37 / CdS/CBD), evaluada en la UNI.

CELDA JOULE #S 31/ ZnSe/CBD
Eficiencia Cuantica / R=0,05

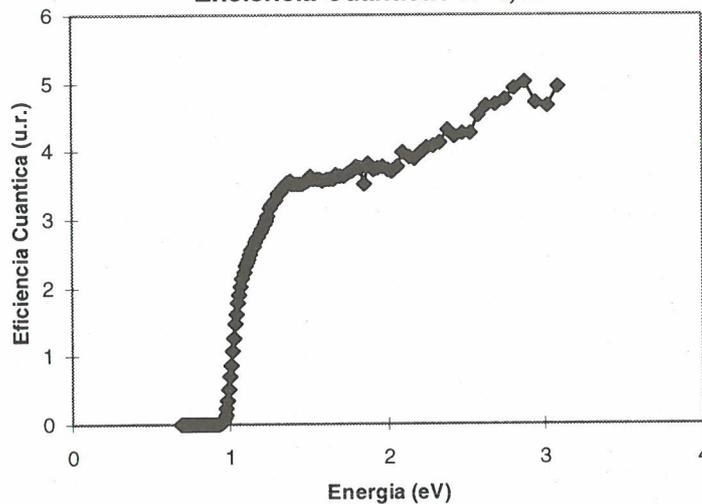


Figura 4: Respuesta espectral ($R= 0.05$) de la Eficiencia cuántica de una celda solar "Joule" (SIEMENS / S# 31 / ZnSe/CBD), evaluada en la UNI.

Estos resultados deberán de ser confirmados y afinados con mediciones de mayor resolución, que se encuentran en curso. Así por ejemplo en la figura 5 se presenta un espectro de eficiencia cuántica obtenida para la muestra S#37 con rendija $R = 0.05$ y en la figura 6 finalmente presentamos el espectro de eficiencia cuántica ($R = 0.05$) obtenida para la muestra S#31 (ZnSe/CBD)

DISCUSION

Los resultados obtenidos en la muestra de Silicio monocristalino (ISOFOTON) muestran el típico comportamiento de las homouniones pn, sirviendo en este caso de nivel de referencia de la validez de las mediciones realizadas con el equipo.

Las Celdas "Joule" por tratarse de uniones de película delgada (multicapa), la correlación no es tan directa como con el caso monocristalino, restando aun establecer las condiciones de elaboración de las muestras para poder interpretar apropiadamente los resultados obtenidos.

El hecho que la ventana de captación espectral de las celdas Joule en base a ZnSe sea mayor que en el caso de CdS, se explica por ser el Gap de ZnSe (2.7 eV) mayor que el de CdS (2.3 eV).

RECONOCIMIENTO

Este trabajo se originó en el marco de una Tesis de Maestría (Carmen Eyzaguirre Gorvenia) en la línea de Energías Renovables, otorgada por la Universidad de Andalucía, en cuya sede se cumplió con aprobar todos los cursos prerequisites, con el compromiso de realizar la Tesis en el país de origen.

Los costos efectuados durante el viaje de estudios fueron asumidos por el Instituto General de Investigación de la UNI (IGI), la Facultad de Ciencias de la UNI y la Universidad de Andalucía, por lo cual manifestamos nuestro agradecimiento

Las celdas solares de ISOFOTON fueron gestionadas gracias a la mediación del Dr. Valeriano Ruiz Hernandez, cogestor de este trabajo, a quien estamos muy reconocidos por todo el apoyo recibido.

Las Celdas solares del Proyecto Joule fueron cedidas gentilmente por el Responsable Alemán del mismo Dr. Ulf Blieske, por lo cual quedamos también muy agradecidos.

REFERENCIAS

1. Valera, A. "Energía Solar I" Ed. Hozlo, 394 pag. Lima/Perú, 1993
2. UNI-Solar (United Solar Systems Corp.) Reporte Interno 1996 5278 Eastgate Mall / San Diego, CA 92121
3. Dimmler, B. Dietrich, R. Menner, R. Schock, H.W. "Fabrication and Theoretical Simulation of Cu(In,Ga)Se₂/(ZnCd)S Thin Film Solar Cells. Int. Symp. Trends and New Appl. Thin Films, Strasbourg, 1987, p. 103.
4. Mosquera, L. "Celda fotovoltaica de película delgada tipo Unión Schottky Au/Cds/Ag usando la técnica de evaporación al vacío" Lic. en Física UNI, Fac. de Ciencias 1997.

