



ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE FOTOCELDA UTILIZANDO ELECTRODO ÓPTICAMENTE TRANSPARENTE DE ÓXIDO DE INDIO Y ESTAÑO (ITO) MEDIANTE TÉCNICA RF-SPUTTERING

Luis Carlos Valenzuela Márquez; M.C. José Trinidad Holguín Momaca; Dr. Sion Federico Olive Méndez

Resumen

Por medio de la técnica RF-Sputtering se depositó una serie de películas delgadas semiconductoras para crear un arreglo fotovoltaico ópticamente transparente. El apilamiento de películas se realizó sobre un sustrato de óxido de indio y estaño en virtud a sus propiedades conductoras y ópticas.

Introducción

El óxido de indio y estaño (ITO) es uno de los óxidos conductores más usados en celdas solares transparentes debido a su alta conductividad eléctrica y transparencia óptica [1]. Se creó un diodo fotovoltaico compuesto por una película de ZnO (semiconductor tipo n) y una película de Cu₂O (semiconductor tipo p) que proporciona una eficiencia teórica de conversión energética de 18%, este arreglo de unión p-n no es tóxico además de ser de bajo costo [2].

Metodología y Experimentación

El depósito de las películas delgadas se llevó a cabo por la técnica de pulverización catódica (Sputtering) (Fig. 1), utilizando como fuente de energía un generador de radiofrecuencia. Las condiciones de depósito de cada



Fig. 4. Patrón de difracción de rayos X del depósito de ZnO sobre Si, donde se muestran los picos característicos del sustrato y el ZnO.

☆ Sustrate
▲ CuO
● Cu2O

película se muestran en la Tabla 1.





Fig. 1. Sistema de pulverización catódica (Sputtering).

Fig. 1.1. Esquema de funcionamiento de la técnica de pulverización catódica.

Se busca un arreglo con propiedades fotoeléctricas (Fig. 2) por medio del apilamiento de películas semiconductoras.

Tabla 1 Condiciones de depósitos				
Película	Espesor (nm)	Temperatura (°C)	Potencia (W)	Tiempo (min)
ZnO	100	Ambiente	100	55
Cu ₂ O	250	300	Cu 26 Cu2O 50	18
Cu	500	Ambiente	120	31



Fig. 2. Apilamiento de películas para el dispositivo fotovoltaico.

Resultados

Se caracterizó el sustrato de ITO por medio de dos microscopias: SEM (microscopio electrónico de barrido) y AFM (microscopio de fuerza atómica). (Fig. 3.)

³⁰ ³⁵ ⁴⁰ ⁴⁵ ⁵⁰ ⁵⁵ ⁹⁰ ⁶⁵ ⁷⁰ ⁷⁵ ⁸⁰ **Fig. 5.** Patrón de difracción de rayos X del codepósito Cu/Cu2O, donde se puede apreciar la presencia de CuO y Cu2O causado por la oxidación de Cu al momento del depósito.

Una vez realizado el apilamiento de las películas sobre el sustrato de ITO, y depositando una capa protectora de Au, se preparó la muestra en FIB (Haz de Iones Enfocados), extrayendo una sección de aproximadamente 30 micras por 5 micras, la cual fue colocada sobre una rejilla para microscopio TEM (Microscopio de Transmisión Electrónico).



Fig. 6. Capas del dispositivo vistas en SEM.



Se analizó el espesor de las capas del dispositivo en SEM (Fig. 6.) y se realizó análisis EDS un (Espectroscopia de energía dispersiva de rayos X) de cada película para comprobar la composición elemental de los depósitos (Fig. 7.1-7.4.).





Fig. 3. Caracterización superficial del sustrato ITO utilizado en el dispositivo: (a-b) micrografías electrónicas de barrido, (a) superficie promedio de grano 0.320 μ m². (b) espesor promedio de la película ITO, 210 nm. (c-d) micrografías AFM del sustrato (c) rugosidad media cuadrática 0.2959 nm (d) vista en 3D de la morfología superficial de la película.

Por la técnica de difracción de rayos X (Fig. 4. y Fig. 5.) se realizó una caracterización estructural de la película de ZnO y Cu₂O sobre un sustrato de silicio. Debido a que el depósito no tenía una caracterización previa en la bitácora experimental de laboratorio.



Fig. 7.3. EDS película de Cu₂O.

Fig. 7.4. EDS película Au.

Conclusiones

La elaboración de un arreglo fotovoltaico es posible a través del método de RF-Sputtering.

Las fases de ZnO y Cu₂O fueron comprobadas por Rayos X (Fig. 4 y Fig.5). Reafirmando que no hubo formación de fases secundarias. El espesor de las películas calculado con las calibraciones fue aproximadamente igual según las microscopias del SEM.

Agradecimientos

Wilber Antúnez Flores (Microscopía Electrónica de Barrido). Oscar Omar Solís Canto (Microscopia de Fuerza Atómica). Ernesto Guerrero Lestarjette (Difracción de Rayos X).



Referencias

[1] Wen-Jeng, H., Jian-Cheng, L., Jheng-Jie, L., Wen-Bin, B., & Hung-Pin, S. (2017). Electrical and Optical Characterization of Sputtered Silicon Dioxide, Indium Tin Oxide, and Silicon Dioxide/Indium Tin Oxide Antireflection Coating on Single-Junction GaAs Solar Cells. Materials (1996-1944), 10(7), 1-9. doi:10.3390/ma10070700

[2] Masanobu, I., Tsutomu, S., Taro, M., Yuya, I., Minoru, I., & Akimasa, T. (2007). Electrochemically constructed p-Cu2O/n-ZnO heterojunction diode for photovoltaic device. Journal Of Physics: D Applied Physics, 40(11), 3326-3329.