



Title: Efecto de la densidad de energía en las propiedades de películas delgadas de Sb₂S₃ preparadas por baño químico asistido con láser pulsado.

Authors: GARCÍA-GUILLÉN, Grisel, GARCÍA-QUIÑONEZ, Linda Viviana, GOMEZ-RODRIGUEZ, Cristian y VERDEJA-GONZÁLEZ, Luis Felipe.

Editorial label ECORFAN: 607-8695
BCIERMMI Control Number: 2019-025
BCIERMMI Classification (2019): 241019-0025

Pages: 12
RNA: 03-2010-032610115700-14

ECORFAN-México, S.C.
143 – 50 Itzopan Street
La Florida, Ecatepec Municipality
Mexico State, 55120 Zipcode
Phone: +52 1 55 6159 2296
Skype: ecorfan-mexico.s.c.
E-mail: contacto@ecorfan.org
Facebook: ECORFAN-México S. C.
Twitter: @EcorfanC

www.ecorfan.org

Holdings		
Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

Introducción

Metodología

Resultados

Conclusiones

Referencias bibliográficas

Introducción

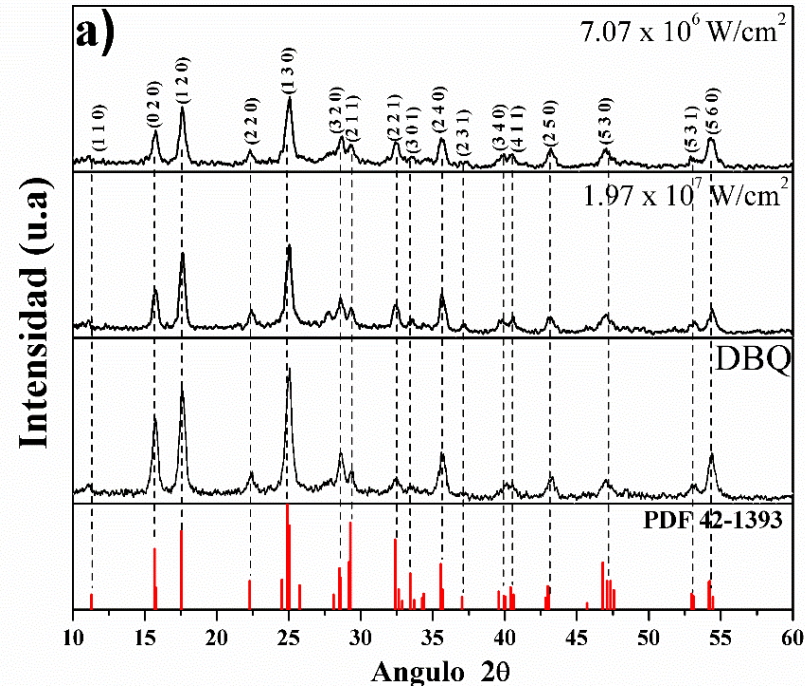
El calentamiento global aunado a la creciente demanda energética mundial son problemas que nos conciernen a todos. El calentamiento global se produce debido a los gases de invernadero que son generados a partir de la quema de combustibles fósiles durante la producción de energía eléctrica. Debido a esto, es necesario buscar fuentes alternas para la generación de energía, como lo es la solar fotovoltaica. Dentro de la tecnología solar fotovoltaica se encuentra la tecnología basada en películas delgadas, que emplea materiales semiconductores con espesores de varios nanómetros hasta varias micras [1]. En la tecnología de películas delgadas de calcogenuros metálicos encontramos el Sulfuro de Antimonio (Sb_2S_3) utilizado como material absorbedor, por su alto coeficiente de absorción y un intervalo de banda prohibida entre 1.7 - 2.5 eV. Las películas delgadas de Sb_2S_3 han ganado gran interés debido a sus aplicaciones potenciales en diversos dispositivos optoelectrónicos. Aunque un aspecto importante de las películas de Sb_2S_3 obtenidas por baño químico es la ausencia de cristalinidad, por lo cual es necesario someterlas a tratamientos posteriores al depósito o in situ, para mejorar las propiedades cristalinas del material y el posterior rendimiento del dispositivo [2-5].

Metodología

1. En el depósito de las películas delgadas se inicia con la limpieza de los sustratos.
2. Preparación de la solución precursora, para lo cual se pesaron 0.650 g de SbCl_3 los cuales fueron disueltos en 2.5 ml de $\text{CH}_3(\text{CO})\text{CH}_3$ utilizando un vaso de precipitados de 100 ml, posteriormente se agregó 25 ml de una solución de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 1 M seguido por 72.5 ml de agua destilada.
3. Los sustratos de vidrio fueron colocados horizontalmente en un recipiente de vidrio y se le agregó la solución de los precursores. El recipiente fue colocado en un baño de temperatura controlada a 40°C y la solución fue irradiada con la longitud de onda de 532 nm de un láser pulsado Nd:YAG utilizando un lente cóncavo.
4. Colocar el lente a dos distancias (5 y 10 cm) sobre la superficie de la solución resultando en dos densidades de energía, 1.97×10^7 y 7.07×10^6 W/cm^2 , para irradiar la solución a diferentes tiempos (30, 45 y 60 minutos).
5. Después de la irradiación, la película depositada fue sujeta a tratamiento térmico a 350° en vacío durante una hora, debido a que la película depositada es amorfa. Las películas delgadas fueron caracterizadas para estudiar su estructura y propiedades optoelectrónicas.

Resultados

1. Difracción de Rayos X (DRX)



Figdelgadasura 1 (a) Patrón de difracción de las películas de Sb_2S_3 con tiempo de depósito por 30 minutos e irradiadas con dos densidades de energía.

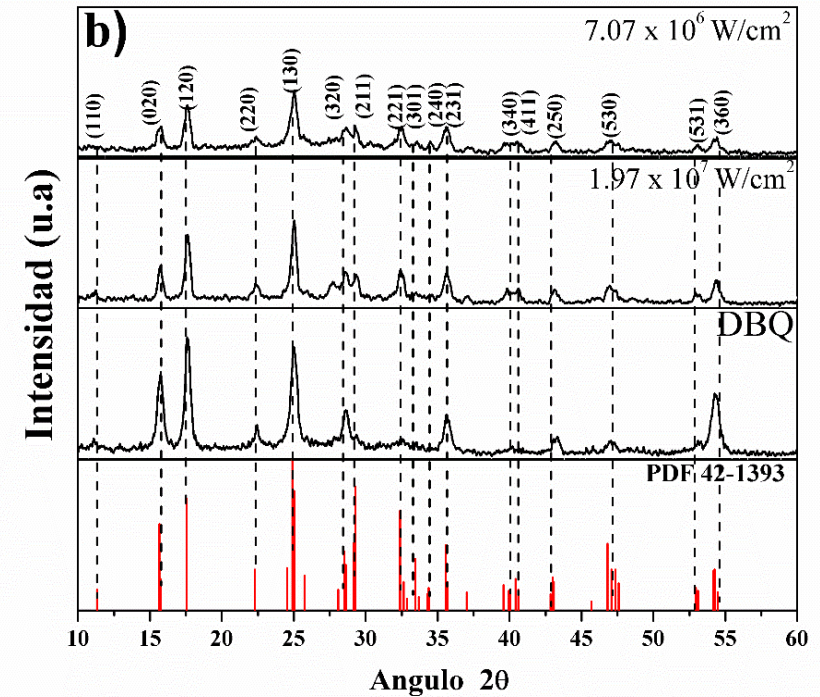


Figura 1 (b) Patrón de difracción de las películas delgadas de Sb_2S_3 con tiempo de depósito por 60 minutos e irradiadas con dos densidades de energía.

2. Espectroscopía Raman

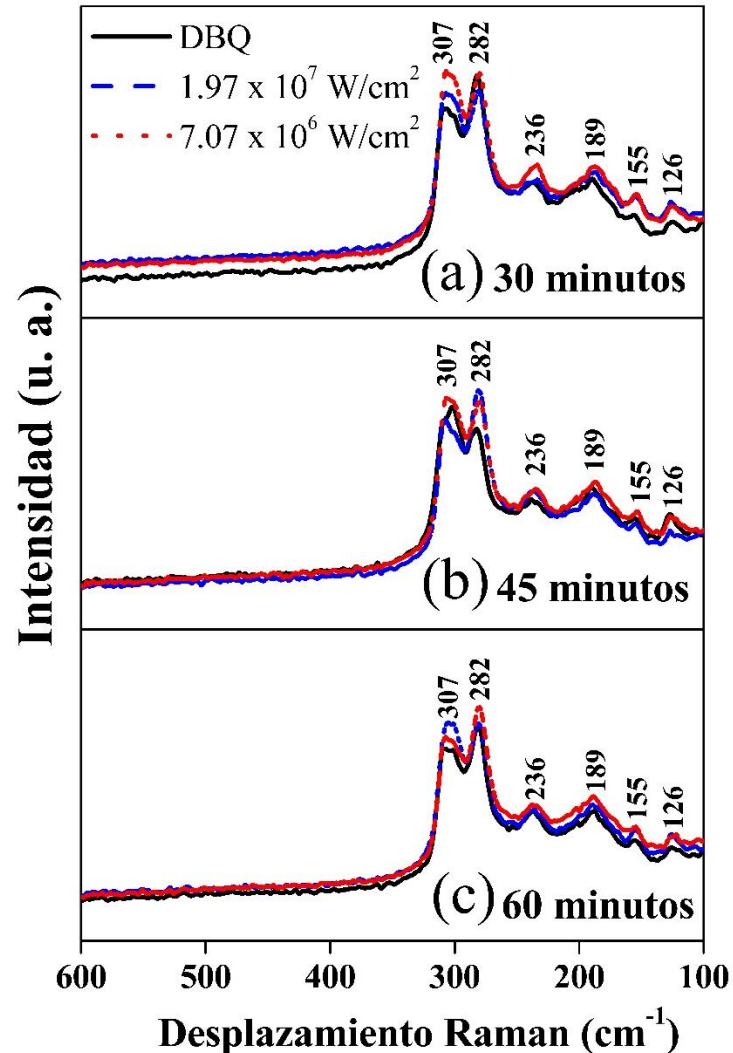


Figura 2 Espectro Raman para las películas delgadas de Sb_2S_3 depositadas por DBQ y DBQALP (horneadas a 350°C por 1 hora) para (a) 30, (b) 45 y (c) 60 minutos y densidades de energía de 1.97×10^7 y $7.07 \times 10^6 \text{ W/cm}^2$

3. Espectroscopia de fotoelectrones Emitidos por Rayos X (XPS)

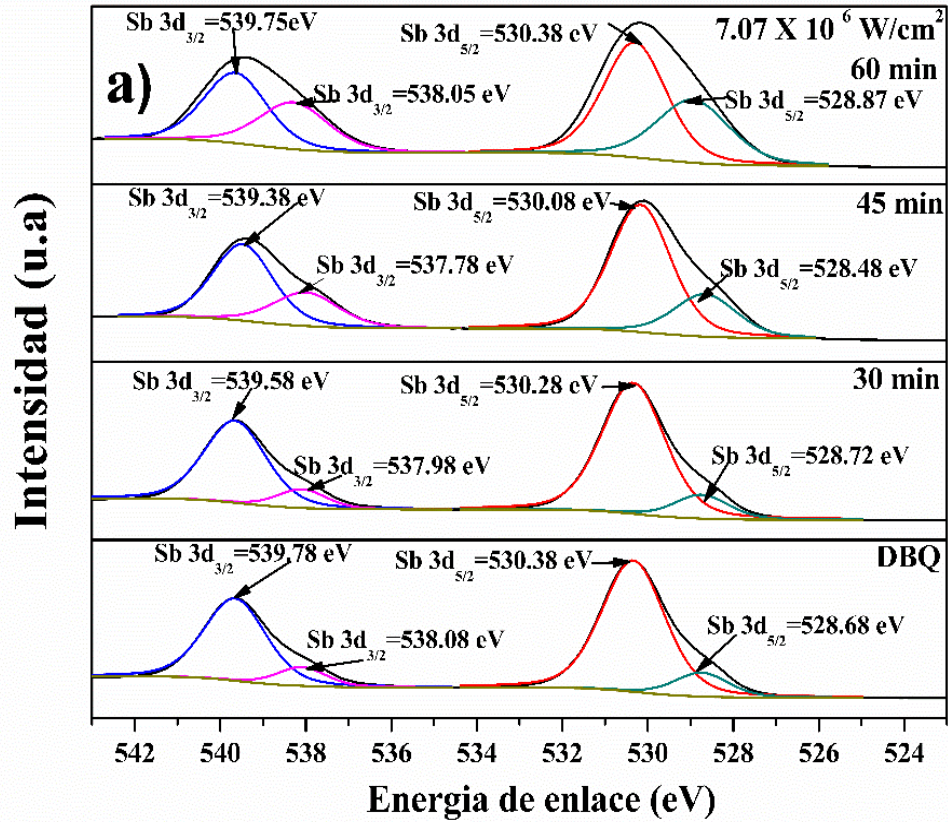


Figura 3 (a) Espectros de Sb correspondientes a películas delgadas de Sb₂S₃ preparadas bajo diferentes tiempos de depósito (30, 45 y 60 minutos) con densidades de energía de 7.07 X 10⁶ W/cm² y su respectivo espectro asociado a DBQ.

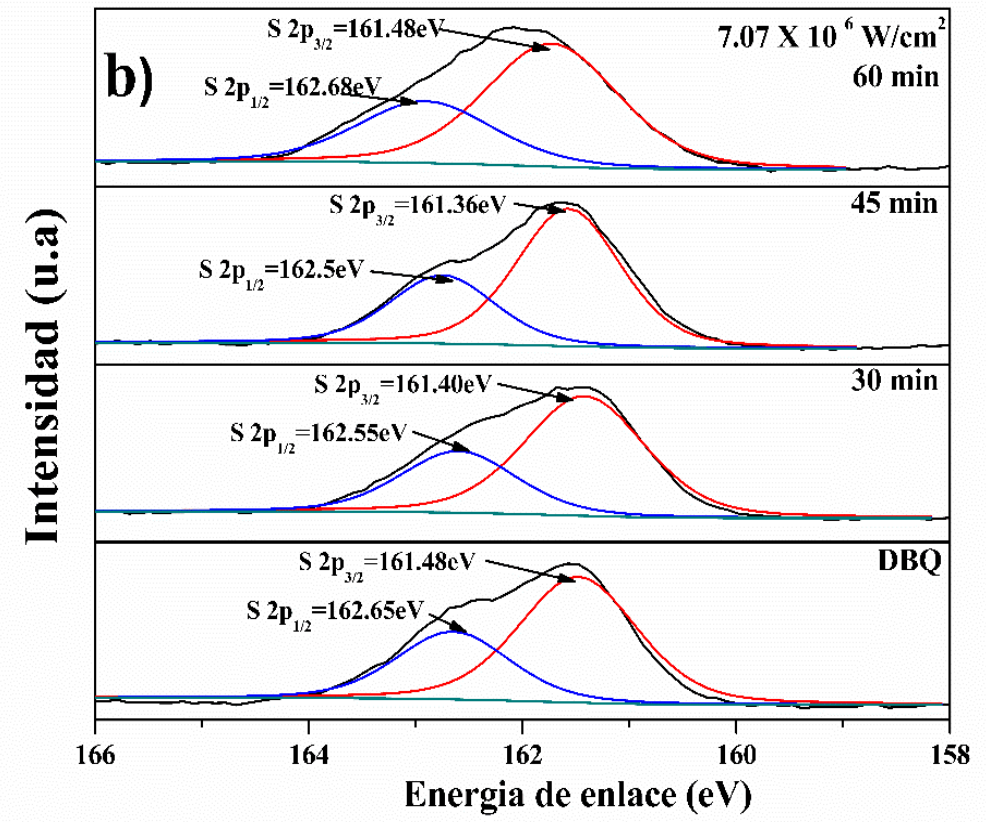


Figura 3 (b) Espectros de S correspondientes a películas delgadas de Sb₂S₃ preparadas bajo diferentes tiempos de depósito (30, 45 y 60 minutos) con densidades de energía de 7.07 X 10⁶ W/cm² y su espectro asociado a DBQ.

4. Propiedades Ópticas

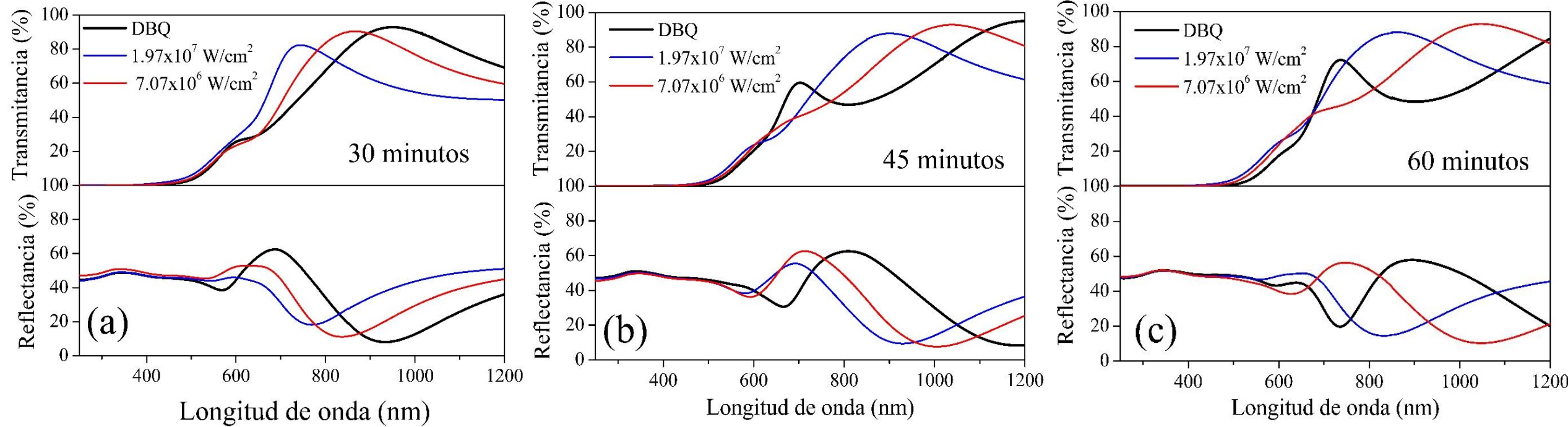


Figura 4 Espectros de Transmitancia (%) y Reflectancia (%) para las películas delgadas de Sb_2S_3 depositadas por baño químico normal y por baño químico asistido con láser pulsado (horneadas a 350°C por 1 hora) para (a) 30, (b) 45 y (c) 60 minutos y densidades de energía de 1.97×10^7 y $7.07 \times 10^6 \text{ W/cm}^2$.

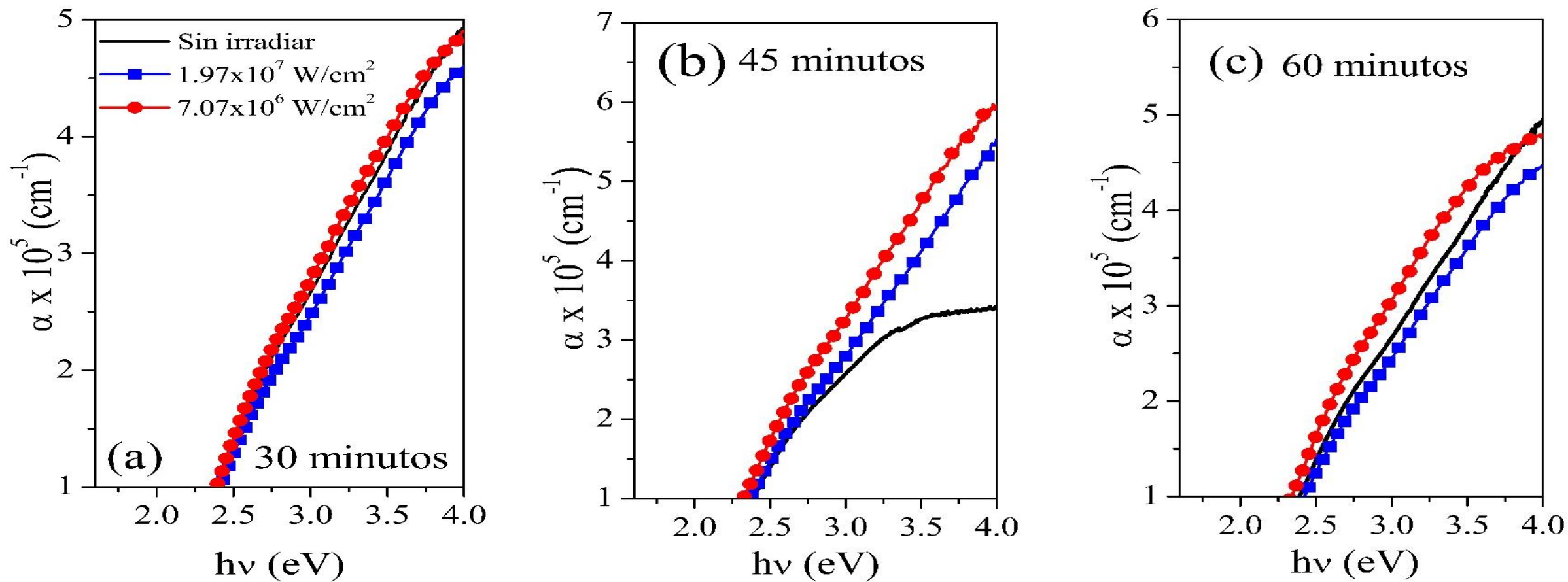
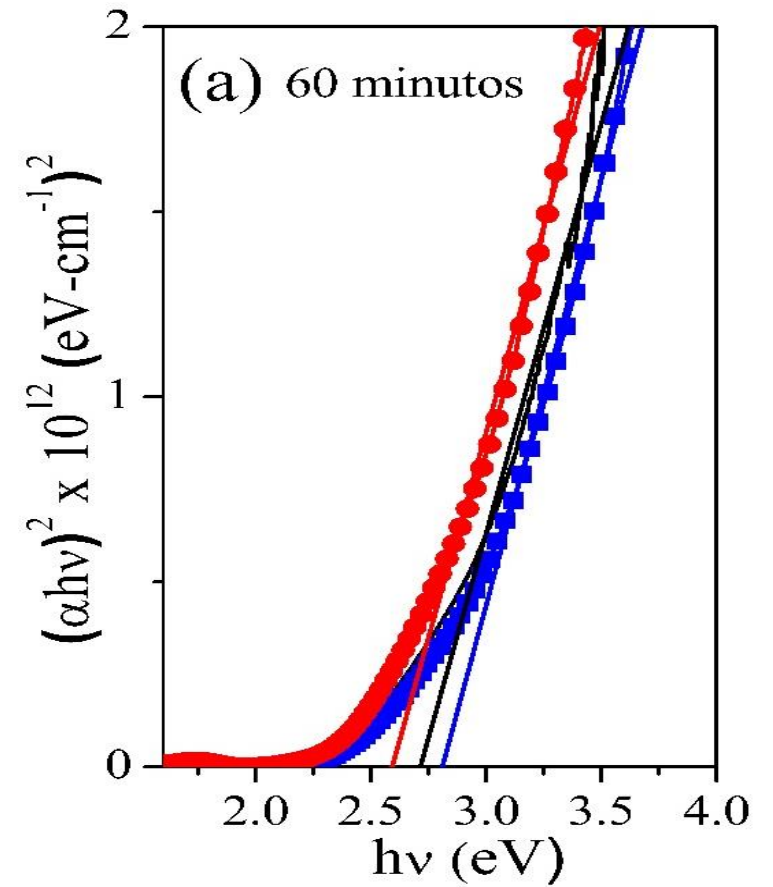
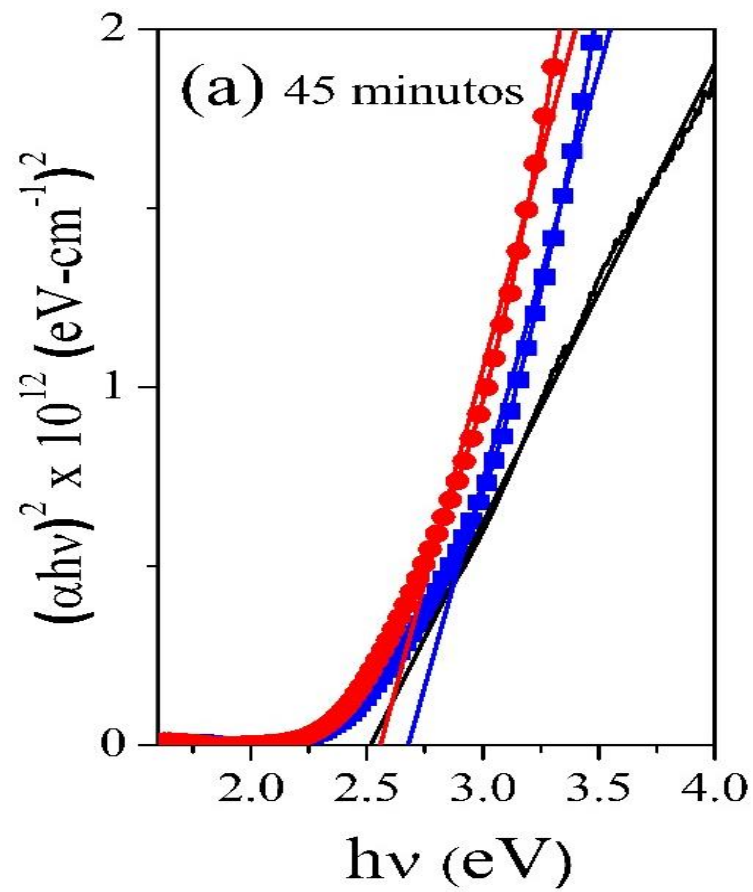
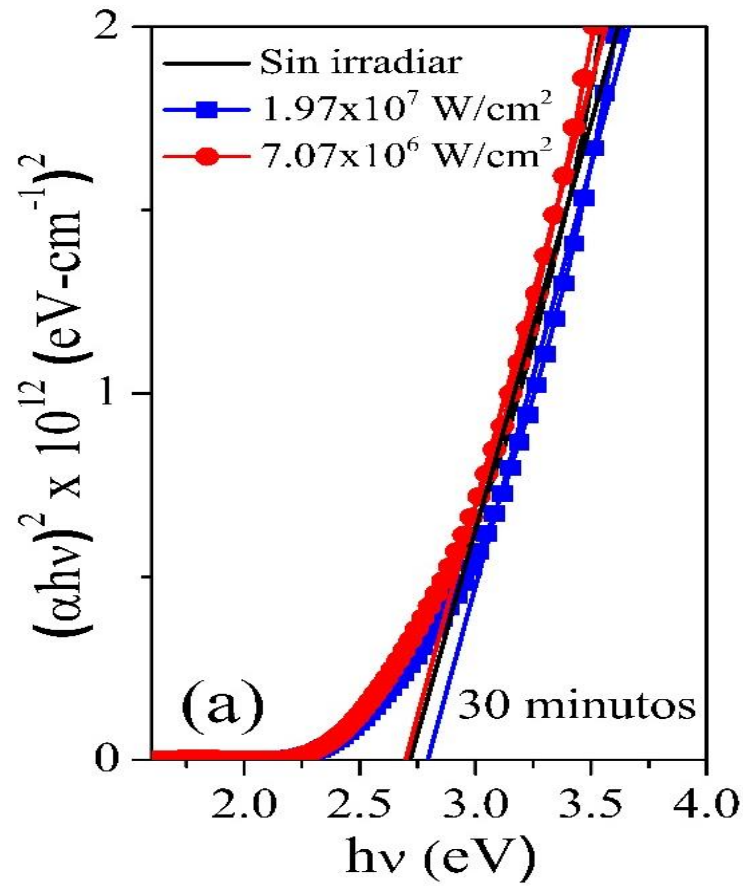


Figura 5 Coeficiente de absorción de las películas de Sb_2S_3 preparadas por DBQALP a (30) minutos, (b) 45 minutos y (c) 60 minutos de irradiación y densidades de energía de 1.97×10^7 y $7.07 \times 10^6 \text{ W/cm}^2$.

5. Fotoconductividad



6. Conclusiones

La preparación y caracterización de las películas delgadas utilizando la técnica de baño químico asistido con láser demostró que es posible obtener películas delgadas con fase cristalina, esto quedo establecido mediante Difracción de Rayos X y Raman. Las brechas de energía de las películas delgadas de Sb_2S_3 preparadas por baño químico asistido con láser no tuvieron cambio significativo, debido a que presentaron espesores menores que las obtenidas sin irradiación láser. Sin embargo, el efecto de la densidad de energía sobre las películas delgadas de Sb_2S_3 preparadas bajo irradiación láser, fue que a la menor densidad de energía en todos los tiempos de irradiación, la conductividad fue mayor. Este trabajo demostró que es posible obtener películas delgadas de sulfuro de antimonio con potencial de aplicación en celdas fotovoltaicas.

7. Trabajos futuros

1. Preparación de películas delgadas por el método de baño químico asistido con láser utilizando láser de femtosegundos.
2. Preparación de películas delgadas por el método de baño químico asistido con láser utilizando láser Nd:YAG y posteriormente irradiarlas con CO₂ para llevar a analizar si es posible llevar a cabo el proceso de cristalización del material sin necesidad de someterlo a calentamiento en el horno de vacío.

7. Referencias bibliográficas

- Bierman, D. M., Lenert, A., Chan, W. R., Bhatia, B., Celanović, I., Soljačić, M., & Wang, E. N. (2016). Enhanced photovoltaic energy conversion using thermally based spectral shaping. *Nature Energy*, 1(6), 16068. doi:10.1038/nenergy.2016.68
- Chen, L., Zhu, W., Han, Q., Yang, X., Lu, L., & Wang, X. (2009). Preparation of rod-like Sb₂S₃ dendrites processed in conventional hydrothermal. *Materials Letters*, 63(15), 1258-1261. doi:<https://doi.org/10.1016/j.matlet.2009.02.055>
- González, J. O., Shaji, S., Avellaneda, D., Castillo, A. G., Roy, T. K. D., & Krishnan, B. (2013). AgSb(SxSe1-x)₂ thin films for solar cell applications. *Materials Research Bulletin*, 48(5), 1939-1945. doi:<https://doi.org/10.1016/j.materresbull.2013.01.040>
- Han, Q., Chen, L., Wang, M., Yang, X., Lu, L., & Wang, X. (2010). Low-temperature synthesis of uniform Sb₂S₃ nanorods and its visible-light-driven photocatalytic activities. *Materials Science and Engineering: B*, 166(1), 118-121. doi:<https://doi.org/10.1016/j.mseb.2009.10.010>
- Huerta-Flores, A. M., García-Gómez, N. A., de la Parra, S. M., & Sánchez, E. M. (2015). Comparative study of Sb₂S₃, Bi₂S₃ and In₂S₃ thin film deposition on TiO₂ by successive ionic layer adsorption and reaction (SILAR) method. *Materials Science in Semiconductor Processing*, 37, 235-240. doi:<https://doi.org/10.1016/j.mssp.2015.03.044>
- Ismail, R. A., Abeduljabbar, N. F., & Fatehi, M. W. (2019). Effect of dipping time on the properties of Sb₂S₃/Si heterojunction prepared by chemical bath deposition. *Materials Research Express*, 6(4), 045915. doi:10.1088/2053-1591/aafe37
- Krishnan, B., Shaji, S., & Ernesto Ornelas, R. (2015). Progress in development of copper antimony sulfide thin films as an alternative material for solar energy harvesting. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 26(7), 4770-4781. doi:10.1007/s10854-015-3092-2
- Liu, Y., Eddie Chua, K. T., Sum, T. C., & Gan, C. K. (2014). First-principles study of the lattice dynamics of Sb₂S₃. *Physical Chemistry Chemical Physics*, 16(1), 345-350. doi:10.1039/C3CP53879F
- Messina, S., Nair, M. T. S., & Nair, P. K. (2007). Antimony sulfide thin films in chemically deposited thin film photovoltaic cells. *Thin Solid Films*, 515(15), 5777-5782. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tsf.2006.12.155>
- Ornelas-Acosta, R. E., Shaji, S., Avellaneda, D., Castillo, G. A., Das Roy, T. K., & Krishnan, B. (2015). Thin films of copper antimony sulfide: A photovoltaic absorber material. *Materials Research Bulletin*, 61, 215-225. doi:<https://doi.org/10.1016/j.materresbull.2014.10.027>
- Shaji, S., Arato, A., O'Brien, J. J., Liu, J., Castillo, G. A., Palma, M. I. M., . . . Krishnan, B. (2010). Chemically deposited Sb₂S₃ thin films for optical recording. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 43(7), 075404. doi:10.1088/0022-3727/43/7/075404



ECORFAN®

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/ booklets)