

Efecto Hall y estudio de fotovoltaje superficial transiente (SPV) en películas delgadas de Cu_3BiS_3

F. Mesa¹✉, A. Dussan², B. A. Paez-Sierra³, H. Rodriguez-Hernandez³

Hall effect and transient surface photovoltage (SPV) study of Cu_3BiS_3 thin films

Abstract

Here, we present the electrical properties of the compound Cu_3BiS_3 deposited by co-evaporation. This new compound may have the properties necessary to be used as an absorbent layer in solar cells. The samples were characterized by Hall effect and transient surface photovoltage (SPV) measurements. Using Hall effect measurements, we found that the concentration of n charge carriers is in the order of 10^{16} cm^{-3} irrespective of the Cu/Bi mass ratio. We also found that the mobility of this compound (μ in the order of $4 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$) varies according to the transport mechanisms that govern it and are dependent on temperature. Based on the SPV, we found a high density of surface defects, which can be passivated by superimposing a buffer layer over the Cu_3BiS_3 compound.

Keywords: Electric transport; Cu_3BiS_3 ; transient surface photovoltage; defects.

Introducción

Compuestos tipo calcopirita de los grupos I-III-VI₂ son semiconductores de gap directo y tienen propiedades adecuadas para ser usados en la fabricación de celdas solares de una juntura o tipo tandem (Repins et al. 2008, Kayes et al. 2011, Choi et al. 2012, Seo et al. 2012). Sin embargo, la máxima eficiencia de conversión reportada hasta ahora para celdas solares con tecnología de película delgada de simple juntura fue obtenida con la fabricación del dispositivo usando como capa absorbente compuestos de los grupos Cu-III-VI₂ (Contreras et al. 2009, Green et al. 2012); estos módulos solares basados en películas delgadas de Cu (InGa)Se₂ (CIGS) ofrecen mayor estabilidad y competitividad en los costos de procesos

Citation: Mesa F, Dussan A, Paez-Sierra BA, Rodriguez-Hernandez H (2014) Hall Effect and transient surface photovoltage (SPV) study of Cu_3BiS_3 thin films. *Universitas Scientiarum* 19(2): 99-105 doi: 10.11144/Javeriana.SC19-2.ehef

Electronic supplementary material: Esta versión en español



de producción. Por otro lado, compuestos basados en Cu-V-VI2 son caracterizados por tener una brecha de energía prohibida (*bandgap*) que varía entre valores desde 1.15 a 2.73 eV, lo cual hace que este tipo de compuestos sean candidatos potencialmente útiles y atractivos para aplicaciones fotovoltaicas (Bar et al. 2008, Kawamura et al. 2009, Meiss et al. 2011, Mönig et al. 2011, Tadjarodi et al. 2012).

Por eso el compuesto Cu_3BiS_3 ha tomado gran importancia en aplicaciones opto-electrónicas. Este crece con una estructura cristalina ortorrómbica tipo “*wittichenite*”, donde esta fase es obtenida a temperaturas de 300 °C (Naiding 1994, Razmara et al. 1997). Varias técnicas han sido usadas para la preparación de muestras de Cu_3BiS_3 , como lo son la evaporación (Mesa et al. 2009, Colombara et al. 2012), vía poly (etileno glycol) PEG (Yan et al. 2012) sputterin reactivo (Gerein et al. 2006), baño químico CBD (Estrella et al. 2003). Sin embargo, por CBD se reporta un crecimiento de una película delgada de Bi-metálico la cual es depositada por evaporación térmica sobre CuS obtenido por CBD. Como resultado de este estudio las películas presentaron conductividad tipo p ($\sim 0.03 \Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$) y un gap de energía E_g de 1.28 eV; estas son fotoconductoras y el producto de la movilidad por el tiempo de vida de portadores fotogenerados es $\sim 10^{-6} \text{cm}^2\text{V}^{-1}$. En trabajos realizados por N. Gerein y J. Haber (Gerein et al. 2006 a,b) se reporta que películas depositadas por sputtering reactivo en una o dos etapas, y luego recocidas en atmósfera de H_2S , presentan resistividades eléctricas en el rango de 3-200 Ωcm , brecha de energía prohibida (E_g) de 1.4 eV y coeficiente de absorción de $1 \times 10^5 \text{cm}^{-1}$.

Este trabajo, depositó muestras de Cu_3BiS_3 por procesos de evaporación variando la relación de masas $m_{\text{Cu}}/(m_{\text{Cu}}+m_{\text{Bi}})$. Se hizo énfasis en el estudio del efecto de la relación de Cu/Bi sobre la concentración de portadores de carga y movilidad. A partir de medidas de fotovoltaje superficial transiente (transient surface photovoltage; SPV) se observó también el efecto de la adición de una capa buffer sobre el compuesto.

Materiales y métodos

Se depositaron muestras de Cu_3BiS_3 por el método de evaporación de los precursores variando la relación de masas $m_{\text{Cu}}/(m_{\text{Cu}}+m_{\text{Bi}})$ entre 0.43 a 0.49.

Adicionalmente, se realizaron medidas de voltaje Hall en muestras de Cu_3BiS_3 , usando Al como contacto eléctrico. El sistema de medida de voltaje Hall está constituido por: cámara con sistema de prevacío, sistema de calentamiento y enfriamiento de la muestra y sistema de medición de voltaje Hall conformado a su vez por una tarjeta Hall modelo 7065 y un sistema de conmutación (Switch System) modelo 7001 de la firma Keithley. El sistema de medición de voltaje Hall se describe en detalle en Gutiérrez et al. (2007). De las medidas de voltaje Hall se calcula la concentración de portadores y la movilidad siguiendo un procedimiento experimental desarrollado por la firma Keithley, el cual se basa en el método de Van Der Pauw y la norma ASTM F 76 (American Society for Testing and Materials 1991).

Las medidas de fotovoltaje superficial (SPV) fueron realizadas usando un capacitor conformado por un electrodo semitransparente de Cr (transparencia alrededor del 70%, y diámetro $d = 5\text{mm}$) evaporado sobre un cristal de cuarzo; una mica (espesor $d = 50 \mu\text{m}$) como dieléctrico y la muestra depositada sobre un sustrato conductor (electrodo de referencia). La señal de fotovoltaje se registra a través de un amplificador lock-in tomando la caída de voltaje sobre la resistencia de carga R. Se usó un láser pulsado NT343/1/UVE (EKSPLA), donde el tiempo de duración del pulso fue alrededor de 5 ns y la intensidad máxima de $0.5 \text{mJ}/\text{cm}^2$ (Fu et al. 2014).

Resultados

Imágenes HRTEM de media y alta magnificación medidas en un área específica de películas delgadas de Cu_3BiS_3 , muestran que este compuesto crece con una estructura nanocristalina, con granos de diferente tamaño, cuyo valor promedio es del orden de 15 nm (Mesa et al. 2012). Por otro lado, debido al carácter nanocristalino de las muestras, es difícil realizar la indexación respectiva, sin embargo, el patrón de difracción del área seleccionada es mostrado en el recuadro (Figura 1).

Con el objeto de profundizar en el estudio de las propiedades de transporte eléctrico de las películas delgadas de Cu_3BiS_3 , se determinó la concentración p y la movilidad μ de portadores de carga, a partir de medidas de la conductividad eléctrica y coeficiente Hall

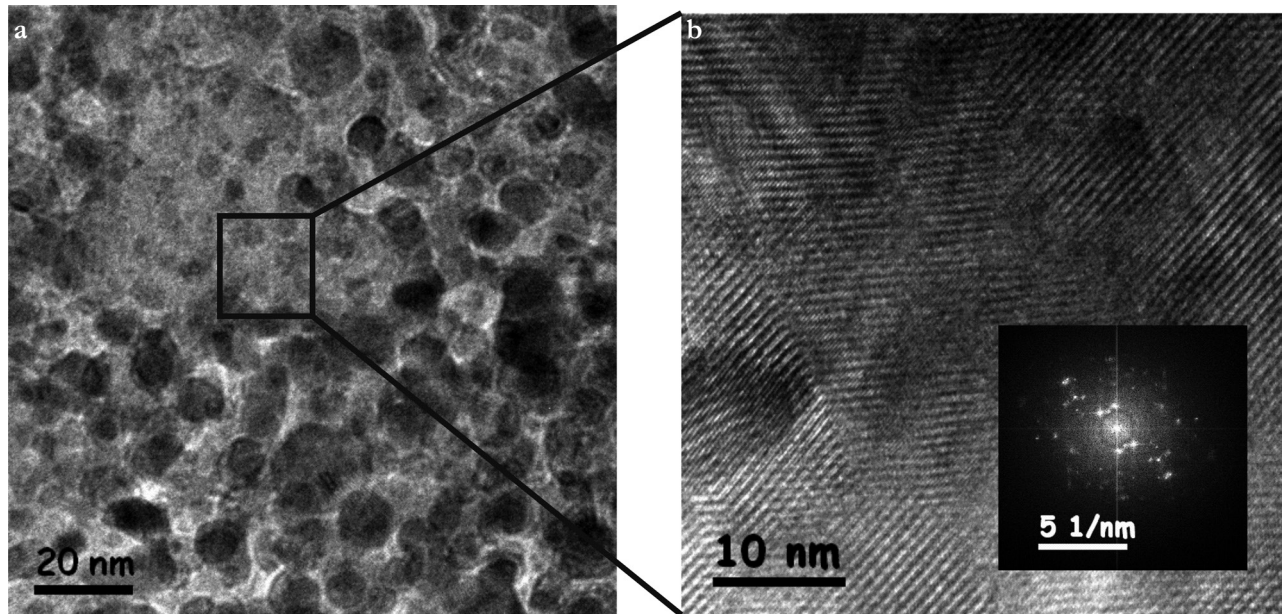


Fig. 1. a. Imágenes HRTEM de media y alta magnificación, obtenidas con película delgada de Cu_3BiS_3 . **b.** Difractograma obtenido en el área seleccionada.

en función de la temperatura. Curvas de p vs. T y de μ vs. T correspondientes a películas delgadas de Cu_3BiS_3 depositadas variando la relación $m_{\text{Cu}}/(m_{\text{Cu}}+m_{\text{Bi}})$ son analizadas (**Figura 2**).

Adicionalmente, curvas de SPV transientes obtenidas con películas delgadas de Cu_3BiS_3 y con el sistema $\text{Cu}_3\text{BiS}_3/\text{In}_2\text{S}_3$, usando excitación con fotones de diferentes longitudes de onda (**Figura 3**).

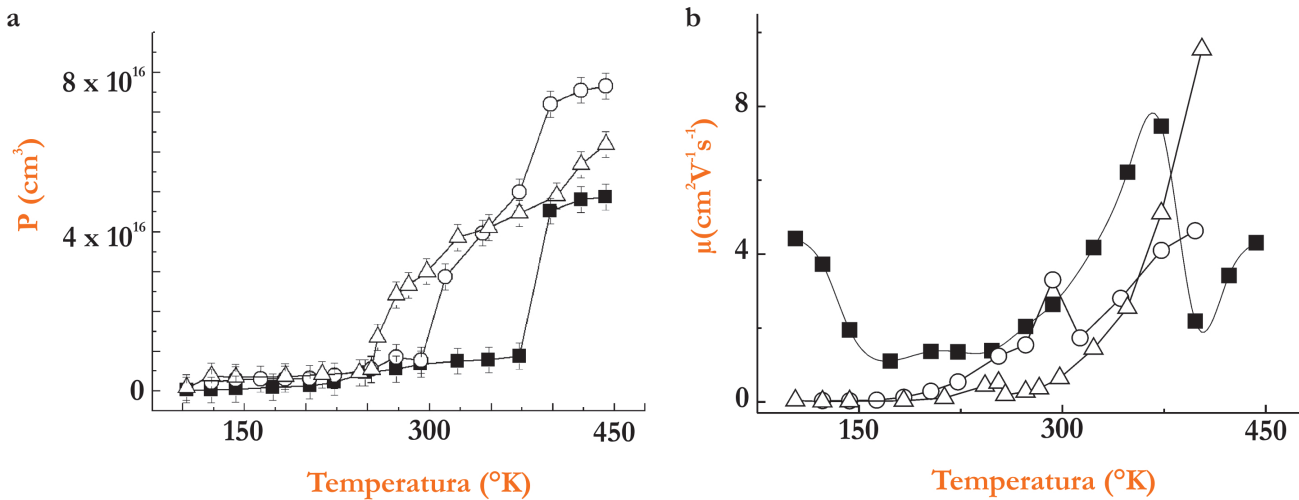


Fig. 2. a. Variación de la concentración de huecos p . **b.** La movilidad Hall en muestras de Cu_3BiS_3 con relación de masas $m_{\text{Cu}}/(m_{\text{Cu}}+m_{\text{Bi}})$ representadas con (-■- 0.43), (-○- 0.46) y (-Δ- 0.49), respectivamente, con una dispersión del 3%.

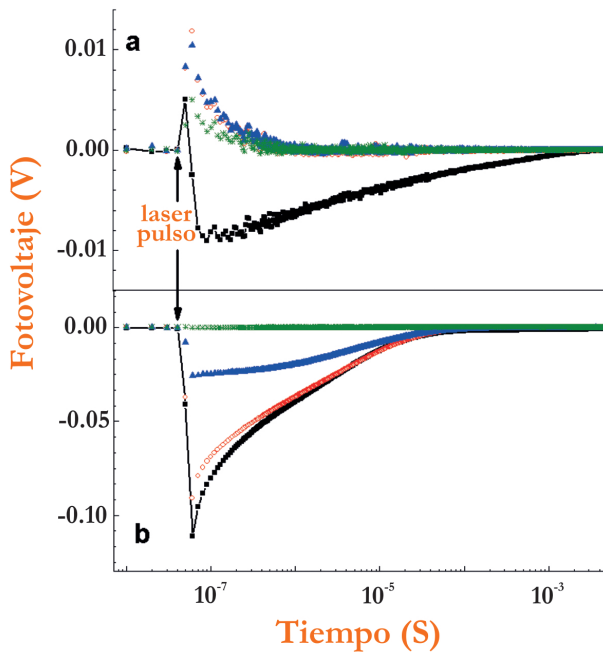


Fig. 3. Curvas de fotovoltaje superficial transiente realizadas con muestras de: **a.** $\text{Al}/\text{Cu}_3\text{BiS}_3$ y **b.** $\text{Al}/\text{Cu}_3\text{BiS}_3/\text{In}_2\text{S}_3$. Excitación a diferentes longitudes de onda (■ 800 nm, ○ 1000 nm, △ 1300, *1500 nm), con láser pulsado de 40 ns.

De estos resultados se observa que la señal SPV transiente, obtenida con películas de Cu_3BiS_3 excitadas con longitudes de onda mayores que la correspondiente al gap (> 890 nm) es positiva, con una constante de tiempo de decaimiento de $\sim 0.1 \mu\text{s}$. Sin embargo, cuando la muestra es excitada con longitudes de onda menores que la correspondiente al gap de energía (< 890 nm), el decaimiento de la señal SPV adopta valores negativos.

Discusión

Los resultados muestran que un aumento significativo de la concentración p de portadores, es observado a temperaturas mayores que 250 K, al parecer causado por excitación térmica de electrones desde estados extendidos en la banda de valencia hacia estados aceptores dentro del gap, generando por consiguiente un aumento de la densidad de impurezasceptoras ionizadas negativamente (Figura 2). También muestra que el incremento pronunciado de la conductividad de las películas delgadas de Cu_3BiS_3 observado a temperaturas mayores que 250 K (Mesa et al.

2009), es causado básicamente por un incremento de la concentración de portadores en este rango de temperaturas (Kehoe et al. 2013).

También se observa que las muestras de Cu_3BiS_3 presentan movilidades bajas, probablemente debido a que las muestras depositadas por co-evaporación presentan alta densidad de defectos nativos y de impurezas ionizadas que afectan la movilidad (Figura 2). De otro lado, se observa que al aumentar la temperatura la movilidad aumenta, siendo este incremento muy pronunciado a temperaturas mayores que 250 °K, (especialmente en muestras con una relación de masas de 0.46 y 0.49). Este comportamiento puede ser explicado asumiendo que al aumentar la temperatura una mayor cantidad de portadores son excitados desde estados en colas de banda hacia estados en una región de la banda de valencia de menor masa efectiva (se vuelven más livianos). Sin embargo, también se puede observar que al aumentar la temperatura, portadores en estados de frontera de grano son excitados a la banda de valencia induciendo con esto una disminución de la altura de la barrera de frontera de grano Φ_b . Por otra parte, la movilidad de la muestra con relación de masas de 0.43 presenta un comportamiento diferente en la región de bajas temperaturas ($T < 150$ °K), el cual podría ser causado por una disminución en la probabilidad de que los portadores se desplacen de un estado localizado a otro vía túnel, causado por un mecanismo aún desconocido.

Sin embargo, este carácter nanocristalino desordenado de las películas de Cu_3BiS_3 (Figura 1), da lugar a la formación de una alta densidad de estados asociados a defectos puntuales y a enlaces incompletos y de una alta densidad de fronteras de grano, los cuales son responsables de los bajos valores de movilidad, medidos en este tipo de muestras, y de la formación de estados localizados responsables del transporte eléctrico vía hopping.

A partir de los resultados se establece que la generación de fotovoltajes superficiales positivos cuando la película de Cu_3BiS_3 es excitada con fotones de $\lambda > 890$ nm (Figura 3), ocurre porque en este caso se induce excitación de electrones desde estados superficiales hacia la banda de conducción, lo cual da lugar a una disminución en la deflexión de las bandas en la región superficial, lo cual a su vez causa un aumento

en el valor de SPV. Cuando la excitación se hace con fotones de $\lambda < 890$ nm, se presenta simultáneamente excitación de electrones desde estados de superficie hacia las banda de conducción, que da lugar a valores positivos de SPV y excitación fundamental (transición de electrones de la banda de valencia hacia la banda de conducción), que difunden hacia estados superficiales dando lugar a valores negativos de SPV. Como el efecto negativo de la transición fundamental de electrones es dominante, el valor neto de SPV resulta ser negativo (Mesa et al. 2010).

Adicionalmente, se observa que las curvas de SPV transiente, obtenidas con muestras de $\text{Cu}_3\text{BiS}_3/\text{In}_2\text{S}_3$, no presentan cambio de signo y sus valores son en general negativos, con excepción del caso en que la excitación se hace con fotones de muy baja energía ($\lambda = 1500$ nm), donde no se presenta cambio del SPV (Figura 3). En este caso se seleccionaron longitudes de onda mayores que la correspondiente al gap del In_2S_3 ($\lambda_G = 688$ nm), para evitar excitación de electrones a través de absorción fundamental.

De los resultados obtenidos se observa que el SPV transiente negativo del sistema $\text{Cu}_3\text{BiS}_3/\text{In}_2\text{S}_3$ decae más profundamente (dos órdenes de magnitud), en comparación con el SPV transiente negativo del Cu_3BiS_3 , al parecer debido a la pasivación de estados superficiales del Cu_3BiS_3 que da lugar a eliminación de la contribución positiva en el valor neto del SPV

(Figura 3). De otro lado, se observa que el valor del SPV disminuye al aumentar la longitud de onda de excitación; este comportamiento es debido a que la disminución de la energía de los fotones con el aumento de λ , da lugar a una reducción de la densidad de electrones fotogenerados en el Cu_3BiS_3 , que se mueven (por difusión y arrastre) hacia estados superficiales del In_2S_3 , reduciendo con ello el valor neto del SPV transiente, medido. Las medidas realizadas con excitación de 1500 nm muestran que no hay cambio en la señal de SPV, indicando que la energía de los fotones es menor que la energía de activación de los estados superficiales del In_2S_3 y del Cu_3BiS_3 .

Los resultados experimentales presentados llevan a las siguientes interpretaciones. La superficie de las películas delgadas de Cu_3BiS_3 presenta una alta densidad de estados superficiales, de donde los electrones emitidos son conducidos a la superficie generando un valor de SPV positivo. Estos estados son distribuidos dentro del E_g , indicado por el comienzo del SPV en aproximadamente en 0.5 eV. El mejor rango de distribución de esta función de trabajo está en concordancia con esto.

Los diagramas de bandas de energía del Cu_3BiS_3 y del sistema $\text{Cu}_3\text{BiS}_3/\text{In}_2\text{S}_3$, muestran tanto el efecto de los estados superficiales sobre la deflexión superficial de las bandas (Figura 4), dando origen a los cambios del fotovoltaje superficial observado

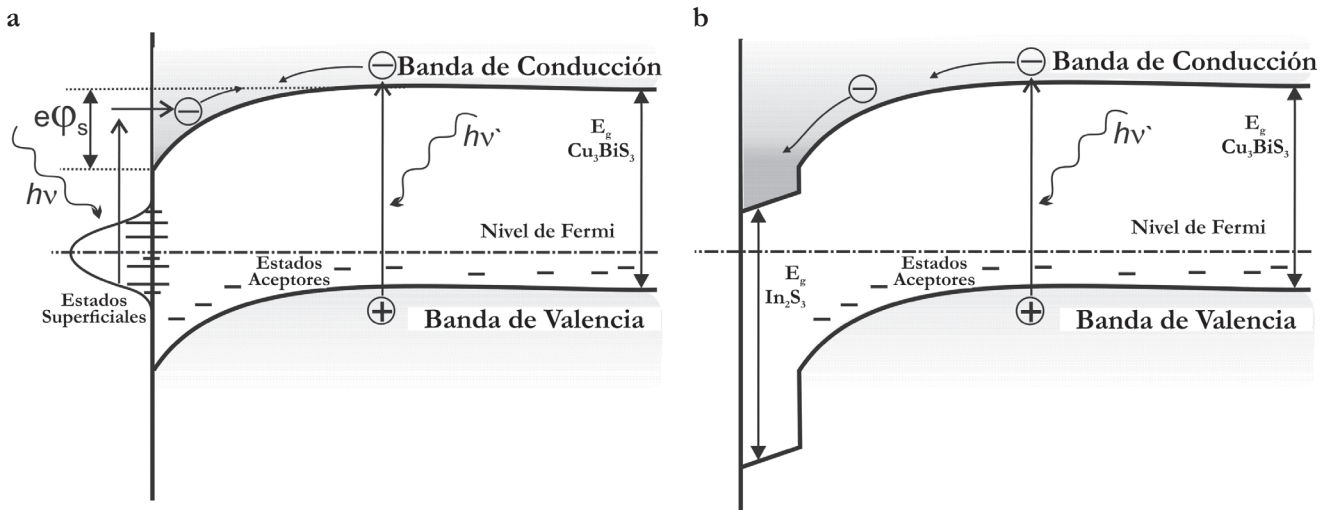


Fig. 4. Diagrama de bandas de energía de: **a.** Cu_3BiS_3 y **b.** Sistema $\text{Cu}_3\text{BiS}_3/\text{In}_2\text{S}_3$ mostrando el efecto de estados superficiales y de la pasivación (del Cu_3BiS_3 por el In_2S_3) sobre la deflexión superficial de las bandas.

en películas de Cu_3BiS_3 como el efecto que sobre el fotovoltaje superficial del sistema $\text{Cu}_3\text{BiS}_3/\text{In}_2\text{S}_3$ tiene la pasivación de estados superficiales del Cu_3BiS_3 , que ocurre cuando se deposita sobre éste la capa de In_2S_3 .

Conclusión

Se realizó el crecimiento de las muestras de Cu_3BiS_3 por evaporación. A partir de las medidas de efecto Hall y fotovoltaje superficial transiente, se encontró que el carácter nanocristalino desordenado de las muestras, da lugar a la formación de una alta densidad de estados asociados a defectos puntuales y a enlaces incompletos y a una alta densidad de fronteras de grano, los cuales son responsables de los bajos valores de movilidad, dando lugar a la formación de estados localizados responsables del transporte eléctrico vía hopping. Sin embargo, al incluir una capa buffer de In_2S_3 sobre la superficie del Cu_3BiS_3 hay una pasivación de estados de defectos, mejorando la calidad del material.

Agradecimientos

Este trabajo fue soportado por proyectos de la Universidad del Rosario. Agradecimientos también a la Universidad Nacional de Colombia, QUBITeXp International Trade S.A.S., Colombia. OFI en Pontificia Universidad Javeriana proyectos 4513, 4515 y Banco de la República con la Fundación para la Promoción de la Investigación y la Tecnología (FPIT) proyecto 2954 “Construcción de prototipo de pantalla plana tipo OLED con resolución 200X200”.

Conflicto de Interés

Este trabajo no presenta conflicto de intereses.

Referencias

- American Society for Testing and Materials (1991) *Annual Book of ASTM Standards* 10.05
- Bar M, Weinhardt L, Pookpanratana S, Heske C, Nishiwaki S et al. (2008) Band gap energy of chalcopyrite thin film solar cell absorbers determined by soft x-ray emission and absorption spectroscopy. Photovoltaic Specialists Conference, 2008 PVSC '08. 33rd IEEE:1-4 doi: 10.1109/PVSC.2008.4922728

- Colombara D, Peter LM, Hutchings K, Rogers KD, Schäfer S et al. (2012) Formation of Cu_3BiS_3 thin films via sulfurization of Bi-Cu metal precursors. *Thin Solid Films* 520(16):5165-5171 <http://dx.doi.org/10.1016/j.tsf.2012.04.003>
- Contreras M, Egaas B, Ramanathan R, Hiltner J, Awarzlander A et al. (2009) “Progress toward 20% efficiency in Cu (In,Ga)Se₂ polycrystalline thin-film solar cells”. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications* 7:311-316
- Choi IH, Choi CH, Lee JW (2012) Deep centers in a CuInGaSe₂/CdS/ZnO: B solar cell. *Physica Status Solidi A* 209:1192-1197 doi: 10.1002/pssa.201127596
- Estrella V, Nair MT, Nair PK (2003) Semiconducting Cu_3BiS_3 thin films formed by the solid-state reaction of CuS and bismuth thin films. *Semiconductor Science and Technology* 18:190-194 doi:10.1088/0268-1242/18/2/322
- Fu Y, Rada T, Fischer CH, Lux-Steiner MCh, Dittrich T (2014) Surface photovoltage spectroscopy on Cu (In,Ga)(S,Se)₂/ZnS-nanodot/In₂S₃ systems. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications* 22:44-50 doi: 10.1002/pip.2305
- Gerein N, Haber J (2006) One-Step Synthesis and Optical and Electrical Properties of Thin Film Cu_3BiS_3 for Use as a Solar Absorber in Photovoltaic Devices. *Chemistry of Materials* 18:6297-6302 doi: 10.1021/cm061453r
- Gerein N, Haber J (2006) Synthesis of Cu_3BiS_3 Thin Films by Heating Metal and Metal Sulfide Precursor Films under Hydrogen Sulfide. *Chemistry of Materials* 18:6289-6396 doi: 10.1021/cm061452z
- Green MA, Emery K, Hishikawa Y, Warta W, Dunlop ED (2012) Solar cell efficiency tables (version 40). *Progress in Photovoltaics: Research and Applications* 20:606-614 doi: 10.1002/pip.2267
- Gutiérrez D, Villada A, Tirado L, Codoy H, Córdoba M et al. (2007) Determinación de concentración de portadores y altura de la barrera schottky en películas semiconductoras del sistema GaInAsSb. *Revista Colombiana de Física* 39(1):147-150
- Kayes BM, Hui N, Twist R, Spruytte SG, Reinhardt F et al. (2011) 27.6% Conversion efficiency, a new record for single-junction solar cells under 1 sun illumination. Higashi: presented at 37th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, 2011 doi: 10.1109/PVSC.2011.6185831
- Kawamura M, Fujita T, Yamada A, Konagai M (2009) CIGS thin-film solar cells grown with cracked selenium. *Journal of Crystal Growth* 311(3):753 doi: 10.1016/j.jcrysgro.2008.09.091
- Kehoe AB et al. (2013) Cu_3MCh_3 (M = Sb, Bi; Ch = S, Se) as candidate solar cell absorbers: insights from theory. *Physical Chemistry Chemical Physics* 15:15477-15484 doi: 10.1039/c3cp52482e

- Meiss J, Menke T, Leo K, Uhrich C, Gnehr WM, Sonntag S et al. (2011) Highly efficient semitransparent tandem organic solar cells with complementary absorber materials. *Applied Physics Letters* 99:043301 <http://dx.doi.org/10.1063/1.3610551>
- Mesa F, Dussan A, Gordillo G (2009) Evidence of trapping levels and photoelectric properties of Cu_3BiS_3 thin films. *Physica B: Condensed Matter* 404:5227-5230 <http://dx.doi.org/10.1016/j.physb.2009.08.302>
- Mesa F, Gordillo G (2009) Effect of preparation conditions on the properties of Cu_3BiS_3 thin films grown by a two-step process. *Journal of Physics Conference Series* 167(1):012019 doi:10.1088/1742-6596/167/1/012019
- Mesa F, Dussan A, Gordillo G (2010) Study of the growth process and optoelectrical properties of nanocrystalline Cu_3BiS_3 thin films. *Physica Status Solidi C* 7:917-920 doi:10.1002/pssc.200982860
- Mesa F, Gordillo G, Dittrich T, Ellmer K, Baier R et al. (2010) Transient surface photovoltage of p-type Cu_3BiS_3 . *Appl. Phys. Lett.* 96:082113 <http://dx.doi.org/10.1063/1.3334728>
- Mesa F, Dussan A, Sandino J, Lichte H (2012) Characterization of Al/ Cu_3BiS_3 /buffer/ZnO solar cells structure by TEM. *Journal of Nanoparticle Research* 14:1054 doi:10.1007/s11051-012-1054-7
- Mönig H, Kaufmann CA, Fischer CH, Grimm A, Caballero R et al. (2011) Gallium gradients in chalcopyrite thin films: Depth profile analyses of films grown at different temperatures. *Journal of Applied Physics* 110:093509
- Naiding W (1994) The Cu-Bi-S system: results from low temperature experiments. *Mineralogical Magazine* 58:201-204
- Razmara MF, Henderson CM, Patrick R et al. (1997) The crystalchemistry of the solid solution series between chalcostibite (CuSbS_2) and emplectite (CuBiS_2). *Mineralogical Magazine* 61:79-88
- Repins I, Contreras MA, Egaas B, DeHart C, Scharf J et al. (2008) 19.9%-efficient ZnO/CdS/ CuInGaSe_2 solar cell with 81.2% fill factor. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications* 16:235-239 doi:10.1002/pip.822
- Seo JH, Kim DH, Kwon SH, Song M, Choi MS et al. (2012) High Efficiency Inorganic/Organic Hybrid Tandem Solar Cells. *Advanced Materials* 24:4523-4527 doi:10.1002/adma.201201419
- Tadjarodi A, Cheshmekhavar AH, Imani M (2012) Preparation of AgInS₂ microwave heating technique; study of effective parameters, optical and photovoltaic characteristics. *Applied Surface Science* 15:449-456 <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsusc.2012.09.080>
- Yan J, YuJuan Z, Wenjun L, Yanan Y, Xiaoyun L et al. (2012) Synthesis of Cu_3BiS_3 and AgBiS_2 crystallites with controlled morphology using hypocrellin template and their catalytic role in the polymerization of alkylsilane. *Journal of Materials Science* 47:4159-4166 doi:10.1007/s10853-012-6270-0

Efecto Hall y estudio de fotovoltaje superficial transiente (SPV) en películas delgadas de Cu_3BiS_3

Resumen. Se presentan las propiedades eléctricas del compuesto Cu_3BiS_3 depositado por co-evaporación. Este es un nuevo compuesto que puede tener propiedades adecuadas para ser utilizado como capa absorbente en celdas solares. Las muestras fueron caracterizadas a través de medidas de efecto Hall y fotovoltaje superficial transiente (SPV). A través de medidas de efecto Hall se encontró que la concentración de portadores de carga n es del orden de 10^{16} cm^{-3} independiente de la relación de masas de Cu/Bi. También se encontró que la movilidad de este compuesto (μ del orden de $4 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$) varía de acuerdo con los mecanismos de transporte que la gobiernan en dependencia con la temperatura. A partir de las medidas de SPV se encontró alta densidad de defectos superficiales, defectos que son pasivados al superponer una capa buffer sobre el compuesto Cu_3BiS_3 .

Palabras clave: Transporte eléctrico; Cu_3BiS_3 ; fotovoltaje superficial transiente; defectos.

Efeito Hall e estudo de foto voltagem superficial transiente (SPV) em películas delgadas de Cu_3BiS_3

Resumo. Apresentam-se as propriedades elétricas do composto Cu_3BiS_3 depositado por co-evaporação. É um composto novo que pode ter as propriedades adequadas para ser utilizado como capa absorvente em células solares. As amostras foram caracterizadas através de medidas do efeito Hall e foto voltagem superficial transiente (SPV). Através de medidas do efeito Hall se encontro que a concentração de portadores de carga n é da ordem de 10^{16} cm^{-3} independentemente da relação de massas de Cu/Bi. Também se encontrou que a mobilidade des composto (μ da ordem de $4 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$) varia de acordo com os mecanismos de transporte que a governam em dependência com a temperatura. Partindo das medidas de SPV se encontrou uma alta densidade de defeitos superficiais, defeitos que são passivados a sobrepor uma capa buffer sobre o composto Cu_3BiS_3 .

Palavras-chave: Transporte elétrico; Cu_3BiS_3 ; foto voltagem superficial transiente; defeitos.