

PRODUCCIÓN DE PELÍCULAS DELGADAS PARA PRODUCCIÓN DE CELDAS FOTOVOLTAICAS

Cristian Enrique Linares González (1), Dra. Bárbara G. Rolón. (2)

¹[Ingeniería Mecánica, Universidad ECCI] | [crisenligo@gmail.com]

²[Ingeniería Mecánica, Ingenierías, DICIS, Universidad de Guanajuato] | [barbara@ugto.com]

RESUMEN

En esta investigación se obtuvieron películas delgadas por el método de sputtering con un equipo ND-SP Spray Coater. sobre sustrato de baquelita y vidrio sódico, se utilizó en ambos casos una misma solución compuesta por 5 ml de Etanol en Gel y 0,4403 g de óxido de cobre CuO. Las películas mostraron buena densidad y uniformidad para ambos sustratos la adherencia de tipo mecánica fue satisfactoria.

ABSTRACT

In this investigation, thin films were obtained by the sputtering method with an ND-SP Spray Coater equipment, on bakelite substrate and sodium glass, the same solution was used in both cases, consisting of 5 ml of Ethanol in Gel and 0.4403 g of CuO copper oxide. The films showed good density and uniformity for both substrates, mechanical adhesion It was satisfactory.

Palabras Clave

Sputtering; Solución; Adherencia mecánica; Sustrato

INTRODUCCIÓN

Actualmente el 35% de la energía consumida a nivel mundial pertenece a la energía fósil, seguida del carbón y el gas natural con el 28 % y 22% respectivamente; con lo anterior se puede afirmar que el 85% de la energía consumida en el planeta para el año 2017 provino de fuentes de energía no renovables, lo cual demuestra la dependencia que hay hacia este tipo de energías; esto representa un problema porque se agotaran y en algún momento no se contara con la fuente prima necesaria para dar abasto con la demanda energética.[1]

La obtención de energías renovables y el consumo de estas es uno de los mayores retos que tiene la humanidad hoy en día, pero las energías renovables se pueden obtener de varias maneras tales como las energías mareomotriz, eólica, hidráulica, de biomasa y finalmente la energía solar, siendo esta última una de las más aprovechables y de fácil adquisición dado que para su producción no son necesarias grandes extensiones de tierra y/o mar; por lo que todo impulso de investigación en el sector de la energía solar representa un avance para aumentar la capacidad de producción de energía utilizada por estos medios.[1][2]

La producción de películas delgadas de celdas fotovoltaicas no solo reducen la cantidad de material utilizado para la fabricación de estas, sino que además permite trabajar sobre diferentes tipos de sustratos (material base donde se deposita la película), suponiendo la ampliación en la experimentación con diferentes sustratos y realizando así su posterior caracterización para aumentar la eficiencia de las celdas y por ende de la capacidad de generación de energía renovable, lo que finalmente contribuiría a mitigar la dependencia del consumo excesivo de energías no renovables y así contribuir al medio ambiente y por ende a las generaciones del futuro.[3]

La producción de celdas fotovoltaicas fabricadas por deposición de películas delgadas es uno de los temas de interés académico, no obstante hace falta de más investigación en este tema, dado que estas celdas alcanzan de entre 10,5% y 24% de eficiencia, así que es necesario seguir contribuyendo a la mejora continua de este tipo de celdas fotovoltaicas.[4]

El Sputtering es una técnica de deposición; técnica que será utilizada para realizar las películas delgadas de celdas fotovoltaicas. Es importante señalar que se realizará la deposición del material con características fotovoltaicas sobre diferentes sustratos lo que permitirá hacer una caracterización del comportamiento de la película sobre el sustrato para determinar la eficiencia del material comparado a las eficiencias actuales de los materiales fotovoltaicos en el mercado; si esta eficiencia es alta se podrá realizar un proceso de fabricación de celdas fotovoltaicas a gran escala lo que contribuiría a tener una mayor capacidad de generación de energía limpia y amigable con el medio ambiente y por ende reducir en un gran porcentaje el consumo de energías no renovables[5]

MATERIALES Y MÉTODO

El sputtering es una técnica de deposición de películas delgadas y básicamente consiste en atomizar el material de la película a aire comprimido; este tipo de Sputtering no utiliza argón, dado que el método de adherencia utilizado es mecánica fig1, la cual aprovecha la porosidad y/o micro fisuras de los sustratos para que el material proyectado (Solución) se adhiera.

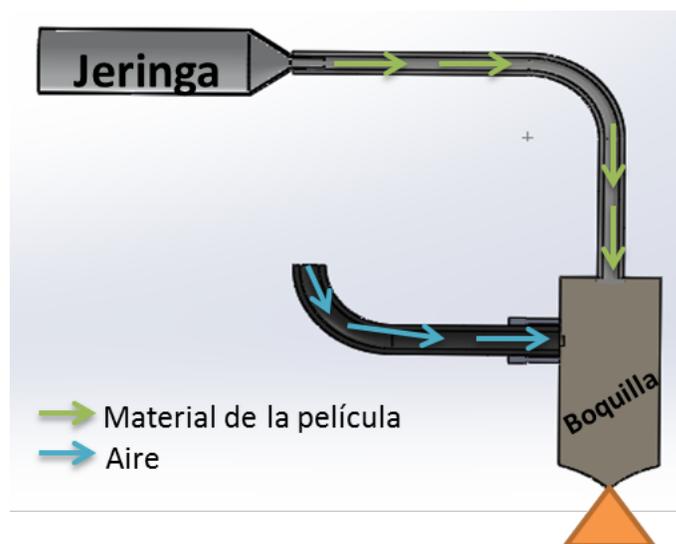


Figura 1. Esquema de funcionamiento ND-SP Spray Coater

El sputtering ND-SP Spray Coater empleado para la deposición de la película utiliza una jeringa con la solución del material para depositar la película, esta solución es forzada a fluir por la manguera de ID: 2mm, manguera que se dirige a la parte superior de la boquilla, se puede apreciar el recorrido de la solución por las flechas verdes; no obstante la boquilla necesita de un elemento que le permita hacer la deposición con presión, y para ello se utiliza aire comprimido el cual llega a la boquilla con una manguera neumática de 2,5 mm de ID, el recorrido del aire se puede observar en fig. 1, con flechas de color azul, finalmente la solución es proyectada hacia el sustrato, esta proyección es representada con el triángulo de color naranja.

Preparación y selección de solución

Se determinó la utilización del CuO óxido de cobre, por las características fotovoltaicas de este material, el polvo de CuO se molido en un mortero de piedra ágata, después se realizaron 3 pruebas diferentes para descartar soluciones; los resultados de las pruebas se observan en la Tabla1; para cada una de las soluciones se utilizó 5 ml de solvente y una cantidad específica de óxido de cobre (CuO) como soluto, Tabla 1.

La primer prueba denominada *Prueba de resistencia a la aplicación* busca comparar de forma manual la fuerza requerida para desplazar el émbolo de la jeringa, fuerza que es directamente proporcional a la resistencia ofrecida por el fluido al pasar por la manguera, es por esto que la prueba se realizó con la manguera de OD 3,8mm y de ID 2mm.

La segunda prueba denominada *Prueba de deposición de gota* es una prueba en la cual se deposita una gota de la solución en una hoja de papel con el fin de observar de manera visual la concentración de CuO, en la Figura 2 se muestra el resultado de esta prueba para a) Solución 2, b) Solución 3 y finalmente c) Solución 4.

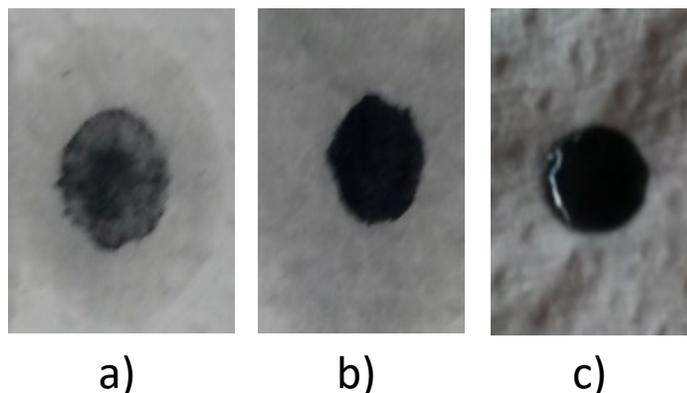


Figura 2. Prueba de deposición de gota

La tercera y última prueba denominada *Prueba de deposición de película*, consistió en poner en funcionamiento el Sputtering ND-SP Spray Coater y hacer una capa de película sobre una hoja de papel con el fin de identificar el comportamiento de la solución al momento de realizar el Sputtering, esta prueba fue fundamental dado que permitió escoger la solución 4 para fabricar las películas delgadas.

Tabla 1 Concentración de CuO por solución para pruebas manuales

Numero de solución de pruebas	SOLVENTE 5 (ml)	SOLUTO Concentración de CuO (g)	Prueba manual de resistencia a la aplicación	Prueba de deposición de gota	Prueba de deposición de película
Solución 1	Agua destilada	0,1061	La resistencia ofrecida es similar a la del agua	Se observa que la solución posee baja concentración de CuO	No se realizó prueba dado que se rechazó posibilidad de uso.
Solución 2	Agua destilada	0,2494	La resistencia ofrecida incrementa respecto al agua pero no representa mayor inconveniente	Se observa aumento de la concentración de CuO respecto a la solución 1 pero no alcanza las expectativas	No se realizó prueba dado que se rechazó posibilidad de uso.
Solución 3	Agua destilada	0,4377	La resistencia ofrecida incrementa respecto al agua pero no representa mayor inconveniente	Se observa aumento de la concentración de CuO respecto a la solución 2 y alcanza las expectativas deseadas	Se observa que el área de aplicación es mucho mayor a la deseada dado que la presión del sputtering hace que partes de las partículas ya aplicadas se esparzan fácilmente, además se observa que la concentración de CuO en la película es pobre
Solución 4	Etanol en Gel	0,4403	La resistencia ofrecida incrementa debido a la gran viscosidad de la solución la cual es mayor a la viscosidad del agua, esto no representa problema pues se considera que la fuerza necesaria para desplazar el fluido es baja.	Se observa que la gota no se esparce rápidamente por el papel sino que esta conserva su forma y por ende la concentración de CuO, lo anterior gracias a la viscosidad del solvente.	Se observa que el área de aplicación de la película es considerablemente menor, esto permite que la concentración de CuO sea mayor, no se presentaron problemas en el equipo.

Preparación de los sustratos

Los sustratos son una parte fundamental para realizar las películas dado que es el sustrato la base o la superficie en la cual se va a depositar o aplicar la película y es por esto que es necesario realizar una limpieza exhaustiva. Se escogieron dos sustratos los cuales fueron, lámina de baquelita y lámina de vidrio sódico, a continuación se presenta la Tabla 2 en la cual se aprecia alguno de las propiedades de estos dos sustratos.

Tabla 2 Propiedades Mecánicas de los sustratos.[6][7][8]

SUSTRATO	Densidad	Resistencia a la compresión	Resistencia a la Flexión	Resistencia eléctrica	Dimensiones mm
Vidrio Sódico	2,5 g/cm^3	800 – 1000 MPa	45 MPa	KV/mm	48*58
Baquelita	1,4	150	150	25	26 * 76

Es importante limpiar la superficie de los sustratos ya que estos pueden poseer contaminantes tales como grasas, las cuales pueden impedir que se deposite de forma adecuada la película; para realizar dicha limpieza se introduce el sustrato en etanol y se limpia con ultrasonido en un Branson 1210, durante 2 horas cada uno de los sustratos.

Fabricación de la película

Una vez realizada la limpieza de los sustratos y escogido la Solución 4 y se procede a introducir esta en una jeringa de 5ml, la jeringa es acoplada a la bomba del ND-SP Spray Coater y finalmente se pone en funcionamiento al equipo para así depositar dos capas de la solución en el sustrato y lograr la fabricación de la película, estas películas fueron fabricadas con un flujo de solución de 500 ml/h.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sobre el sustrato de baquelita y de vidrio sódico fue depositada una película de CuO compuesta por dos capas de la Solución 4; en la figura 3 se apreciar el sustrato de vidrio sódico con y sin película, por su parte en la figura 4 se puede apreciar el sustrato de baquelita con y sin la deposición de la película.

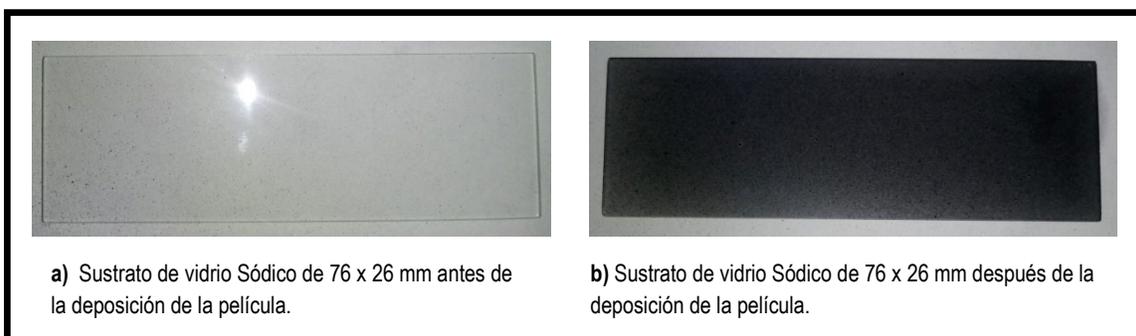


Figura 3. Sustrato de Vidrio Sódico antes y después de aplicación de la película

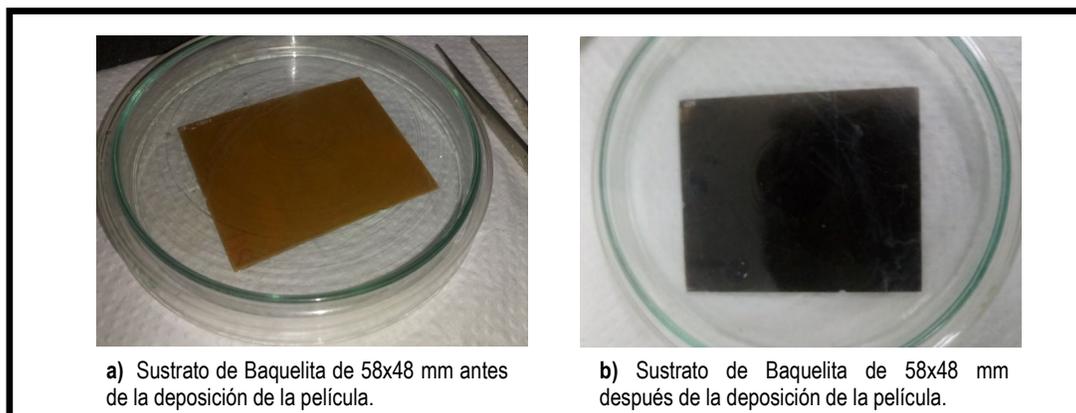
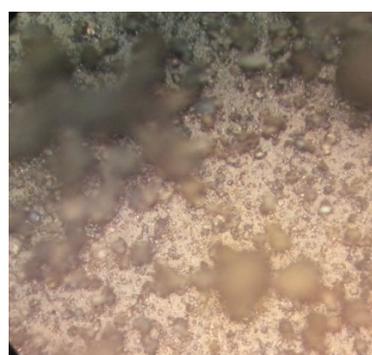


Figura 4. Sustrato de Baquelita antes y después de la deposición de la película.

No obstante es necesario realizar una comparación más a profundidad de los dos sustratos dado que los dos fueron sometidos a las mismas condiciones de limpieza y de aplicación de la película, una de estas comparaciones fue su dispersión microscópica, para ellos se utilizó un microscopio metalográfico ZEISS con una ampliación de 500x; en la Figura 5 se aprecia las diferencias entre los dos sustratos.



a) Imagen a 500x del sustrato de baquelita con la película de CuO ya depositada



b) Imagen a 500x del sustrato de vidrio sódico con la película de CuO ya depositada

Figura 5. Comparación de películas en los dos sustratos diferentes

CONCLUSIONES

- Según la figura 5, se puede afirmar que la solución se dispersa más uniformemente sobre el sustrato de baquelita, y se recomienda seguir investigando con este sustrato.
- El empleo del ND-SP Spray Coater es óptimo para la fabricación de películas delgadas, pero solo si se desea que esta película se adhiera al sustrato solo de manera mecánica.
- El sustrato es un factor crítico al momento de realizar una película, pues aquel material con mayor cantidad de micro fisuras y poros poseerá mejor capacidad de adherencia mecánica.
- Para emplear de manera adecuada el ND-SP Spray Coater es necesario realizar la lectura correspondiente a la operación del equipo para no cometer fallos a la hora de realizar la deposición

AGRADECIMIENTOS

A mi alma mater por brindarme la oportunidad de realizar este verano de investigación, a la Universidad de Guanajuato por aceptar mi postulación, financiar el verano de investigación dado que sin esta financiación este tipo de proyectos no podrían tener avances que aunque mínimos, si muy sustanciales.

REFERENCIAS

- [1] <https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-full-report.pdf>, (2018)
- [2] https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/srren_report_es.pdf, (2018)
- [3] Nieto, E., Fernandez, F., Duran, P. & Moure C..(1994). Películas delgadas: fabricación y aplicaciones, (3), <http://boletines.secv.es/upload/199433245.pdf> (2018)
- [4] <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/pip.2909>, (2018)
- [5] Vossen Jhon L, (1978). Thin film processes. New Jersey, Academic Press.
- [6] <http://www.metal-service.net/pdf/BAQUELITA.pdf>, (2018)
- [7] <http://www.vidrasa.com/esp/propvid.html>, (2018)
- [8] <http://www.saint-gobain-sekurit.com/es/glosario/propiedades-del-vidrio>, (2018)