



Design and Interconnection of CdTe Photovoltaic Modules for a Load Center

Aarón Soto, Israel Montes, Alfredo del Oso and Rogelio Mendoza

EasyChair preprints are intended for rapid dissemination of research results and are integrated with the rest of EasyChair.

November 3, 2022

Diseño e interconexión de módulos fotovoltaicos de CdTe para un centro de carga

Aarón Soto Jacinto¹, Israel Montes Díaz², José Alfredo Del Oso Acevedo³, Rogelio Mendoza Pérez⁴,

Resumen

Las leyes de Kirchhoff dan el fundamento teórico para la interconexión del Módulo Fotovoltaico (MFV). Bajo este principio y en base a los resultados obtenidos en el simulador solar de corriente corto circuito y voltaje a máxima potencia se puede realizar el arreglo de interconexión, que nos permita interconectar las celdas fotovoltaicas de tal forma que se pueda obtener el módulo fotovoltaico (MFV) y la potencia que se requiere para el centro de carga.

Palabras clave: *Interconexión serie 1, interconexión paralelo 2, potencia eléctrica 3.*

Introducción

El proceso de un MFV de telurio de cadmio (CdTe) de película delgada de 100 cm² de superficie, consiste en el depósito de materiales semiconductores del grupo II-VI y metales; finalmente se realiza la escritura láser, serigrafía,

interconexión y encapsulado del MFV. A partir de esto se plantea el diseño de un centro de carga para alimentar un teléfono celular, que requiere una potencia de 5 W. Para esto se pretende construir un MFV que contenga un arreglo cuya interconexión sea Paralelo-Paralelo-Serie, tomando en cuenta que las celdas

¹ Correspondencia autor 1. aaron.soto.jacinto@estudiante.uacm.edu.mx.

² Correspondencia autor 2. israel.montes@estudiante.uacm.edu.mx

³ Correspondencia autor 3. alfredo.deloso@uacm.edu.mx

⁴ Correspondencia autor 4. rogelio.mendoza@uacm.edu.mx

tienen una corriente de 45 mA y un voltaje de 0.5 V, al conectar 11 celdas en paralelo se obtiene una corriente de 495 mA en lo que llamaremos el medio módulo; este medio módulo se conecta nuevamente en paralelo con el otro medio módulo para incrementar la corriente a un valor de 990 mA. Finalmente, con la conexión en serie de 12 MFV se obtendrá un arreglo fotovoltaico (AFV) de 6 V y 0.99 A; cuya potencia de salida sería de 5.9 W.

Metodología

La escritura laser es parte de la fabricación de un MFV, se realiza después del depósito de los materiales y antes de la serigrafía y tiene como objeto reducir el área de colección para evitar los efectos de resistencia debido a las mayores áreas; lo anterior, define 22 subceldas con un área de 2.54 cm² [1], A partir de ahí comienza la serigrafía para lograr un aislamiento y la interconexión eléctricos de las subceldas. para incrementar la potencia del MFV. Para proteger de agentes químicos corrosivos, evitar cortocircuitos y protege de polvo y humedad la zona entre cada una de las subceldas se aplica una pasta aislante de color blanco compuesta por una tinta epóxica (policat), un catalizador, isoforona y acondicionador; que ayudan a que la tinta pase de un estado líquido a sólido y llegue a la composición y adherencia necesarias sobre la escritura laser, ver figura 1.

Posteriormente se establecen los puntos de conexión entre los elementos conductivos del MFV con ayuda de una tinta conductiva que puede ser Ni o Ag, en este caso se utilizó Ag, los puntos de conexión de interés son los contactos posteriores (+) de cobre molibdeno (Cu-

Mo) y los contactos frontales (-) de óxido de estaño (SnO₂) [1], para poder interconectar nos apoyamos en las leyes de Kirchhoff, ecuaciones 1 y 2.

Serie

$$V = \sum_{i=0}^N Vi, \quad I = cte \quad (1);$$

Paralelo

$$I = \sum_{i=0}^N Ii, \quad V = cte \quad (2).$$



Figura 1. Conexión serie-paralelo en un MFV

El proceso de la adaptación de terminales de conexión sobre el MFV consiste en colocar una cinta conductiva de (Cobre) Cu y sobre el contacto posterior de Cu-Mo (+) y sobre el contacto frontal de SnO₂ (-). El uso de Cu en este proceso es debido a que se logra una fuerte unión entre los materiales de la cinta conductiva, estaño (Sn) y la terminal de conexión (Cu-Sn-Latón) cuando se lleva a cabo el proceso de soldado, ver figura 2 [1].

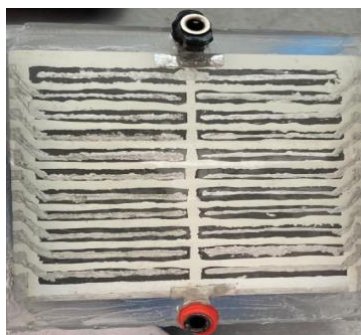


Figura 2. Terminales borneras en el MFV.

Para el proceso de encapsulado se realizaron tres pruebas con diferentes resinas, y se eligió una resina epóxica cristal AWS 520 y un catalizador ya que permite el amortiguamiento de los esfuerzos de tensión y compresión que son ocasionados por los cambios de temperatura y al mismo tiempo lo proteja de los fenómenos atmosféricos.

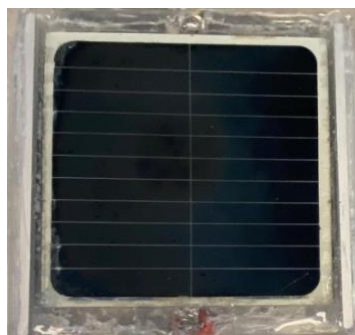


Fig. 1. Encapsulado del MFV

Entre cada proceso se caracteriza el MFV, con ayuda del simulador solar Oriel Newport certificado AAA, obteniéndose la gráfica de la curva I-V, de esta manera se demuestra que en la conexión en serie aumenta el voltaje y la conexión en paralelo aumenta la corriente y nos permite verificar que entre cada proceso se mantienen los demás parámetros eléctricos prácticamente constantes [1, 2].

El proceso de medición se lleva a cabo en STC (Standar Test Conditions) con un valor de irradiancia de 1000 W/m^2 , $T=25^\circ\text{C}$ y AM 1.5. Se conecta el electrodo positivo al contacto posterior de Mo; por otra parte, el electrodo negativo se conecta al contacto frontal de SnO_2 .

Resultados

En la primera caracterización del MFV, el medio módulo 1, nos dio como resultado 0.549 V y 5 mA de corriente en promedio de las 11 subceldas, el medio módulo 2, nos dio como resultado 0.288 V y 3 mA en promedio de las 11 subceldas. En la tabla 1 solo se muestran las subceldas 9-15 conectadas en serie, donde se observa la suma del voltaje y la corriente se mantiene constante.

Tabla 1. Conexión en serie de los medios módulos

Medición	[V]	[A]
Medio módulo 1		
Subcelda 9	4.11	0.005
Subcelda 10	4.54	0.004
Subcelda 11	4.92	0.003
Medio módulo 2		
Subcelda 15	3.46	0.04
Subcelda 14	4.46	0.04
Subcelda 13	4.86	0.05

Posteriormente, se realizó la conexión en paralelo entre el medio módulo 1 y el medio módulo 2, en teoría la suma de las corrientes y los voltajes del MFV completo deberían tener como resultado 8.918 V y 0.085 A.

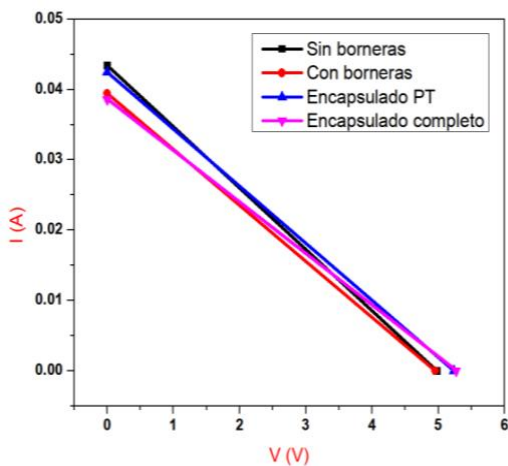
Los resultados obtenidos con respecto al voltaje y la corriente después de la serigrafía, interconexión y de exponer al MFV a la intemperie por tres meses en

donde se ha sometido a cambios de temperatura, lluvia intensa y granizo, se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Variación de parámetros fotovoltaicos entre cada proceso

MFV completo	[V]	[A]
Sin borneras	4.97	0.04
Con borneras	4.95	0.04
Encapsulado de la parte posterior	5.24	0.04
Encapsulado completo	5.27	0.04

Con respecto al encapsulado, el MFV se dejó durante 100 días a la intemperie, donde estuvo a expuesto a cambios de temperatura, lluvia y granizo, después se volvió a caracterizar para poder las curvas I vs V que corresponden a cada proceso. En la gráfica 1 se muestra la variación de voltaje y corriente y como se puede observar se mantiene prácticamente constantes, esto indica que los procesos son aceptables.



Gráfica 1. Curva I vs V

Se puede deducir que la razón del por qué no se mantuvieran tanto el voltaje y

corriente que se obtiene a partir de lo indicado por en las leyes de Kirchhoff, es porque la calidad del medio módulo 2 al ser menor que la del medio módulo 1, al conectar en paralelo los medios módulos se vio afectado, tanto el voltaje en 3.648 V y la corriente 0.45 A.

Esto nos indica que se debe cuidar que el depósito de los materiales sea lo más homogéneo posible y no varíe el voltaje y corriente entre cada subcelda para asegurar que no se pierda voltaje ni corriente al momento de la interconexión.

Perspectivas a futuro

Se realizará el procesamiento de MFV, pero en lugar de dividir en 2 medios módulos el MFV se dividirá en 4 medios módulos. Con el propósito de reducir el área de colección para incrementar el factor de llenado, e incrementar el voltaje y la corriente de máxima potencia.

Autores

- Aarón Soto Jacinto. UACM, estudiante de Ingeniería en Sistemas Energéticos.
- Israel Montes Díaz. UACM, estudiante de Ingeniería en Sistemas Energéticos.
- José Alfredo Del Oso Acevedo UACM, investigador de tiempo completo, academia de física.
- Rogelio Mendoza Pérez. UACM. Investigador, academia de matemáticas.

Referencias

1. J. Fierro. *Procesamiento, interconexión y encapsulado de prototipos de módulos fotovoltaicos nacionales de CdTe*. Tesis para obtener el grado de maestro en ciencias aplicadas. UPSIN. 2020.
2. A. Núñez. *Interconexión de prototipos de módulos fotovoltaicos híbridos de CdTe y PEDOT: PSS*. Tesis que para optar por el título de licenciado en ingeniería en sistemas energéticos. UACM. 2022.