

SIMULACION DE LA CARACTERÍSTICA I-V PARA UNA CELDA SOLAR DE SI- POLICRISTALINO

Angela Rojas y Western Bolaños
Universidad Pedagógica Nacional

(Recibido 01 de Sep.2005; Aceptado 17 de Abr. 2006; Publicado 16 de Jun. 2006)

RESUMEN

Curvas de la característica IV de una celda de silicio policristalino fueron simuladas usando el programa MATLAB. La simulación se hizo tomando como parámetro de variación el factor g_{ph} (el número de pares electrón hueco fotogenerados por segundo y por unidad de volumen), el cual a su vez depende de la intensidad de radiación incidente en la celda; éstos datos de radiación incidente fueron tomados del manual de radiación solar en Colombia [1]. Adicional al factor g_{ph} , fue necesario tener en cuenta parámetros como el área, la longitud de difusión de electrones y huecos y el ancho de la región de carga espacial de la celda; éstos valores son tomados de la literatura. Finalmente, con el ánimo de evidenciar la dependencia con la temperatura de la característica IV de la celda, se comparan dos de éstas curvas: una usando los valores de la radiación incidente en el municipio de Uribí, en la Guajira, y otra usando los respectivos valores para Bogotá.

Palabras claves: simulación, celdas solares, matlab, didáctica.

ABSTRACT

IV Curves of a polycrystalline silicon solar cell were simulated using MATLAB. The simulation was made taking the g_{ph} factor as a parameter of variation (the number of electron-hole pairs photogenerated per second and per unit of volume), which also depends on the intensity of incident radiation on the cell; these data of incident radiation were taken from the "Manual de radiación solar en Colombia" [1]. In addition to g_{ph} factor was necessary to take in account parameters such as surface area of the cell, the diffusion length of electrons and holes and the width of spatial charge zone of the cell; these data were taken from the literature. Finally, with the aim to illustrate the dependence on temperature of the IV characteristic, we compare two of those curves: one using incident radiation values from Uribí in Guajira, and the other hand, using the respective values from Bogotá.

Keywords: simulation, solar cell, matlab, didactic.

1. Introducción

El origen de la energía que el Sol produce e irradia está en las reacciones nucleares que ocurren en su interior. Una parte de esta energía es interceptada por la Tierra a una distancia de 1.5×10^8 km, así la energía que se recibe sobre la Tierra por unidad de área es de 1367 W/m^2 , valor que se conoce como *constante solar* [2]. En el caso de Colombia se tiene información de la radiación solar, por registros meteorológicos de más de 250 estaciones que varían entre 4.0 kWh/m^2 en el sur del país y 5.5 kWh/m^2 en la Guajira [1]. Estos datos serán de vital importancia para el estudio de la característica I-V.

El objetivo de este trabajo es brindar a estudiantes de diferentes niveles de educación un programa en MATLAB que permita una fácil manipulación de ciertos datos para obtener dos familias de curvas IV; una manteniendo la temperatura constante y tomando como parámetro de variación la intensidad de radiación incidente; la otra familia se obtiene manteniendo constante la intensidad de radiación incidente y variando la temperatura, para la cual se toman las temperaturas promedio del municipio de Uribia en la Guajira y de Bogotá D. C.

2. MARCO TEÓRICO

Es bien conocido [3] que la corriente que sale de la celda solar esta dada por la siguiente expresión, que relaciona la corriente y el voltaje (característica I-V):

$$I = I_s \left[\exp\left(\frac{qVa}{kT}\right) - 1 \right] - I_{ph} \quad (1)$$

Donde I_{ph} es la corriente fotogenerada y está dada por:

$$I_{ph} = qg_{ph}A(W + L_n + L_p) \quad (2)$$

Donde:

g_{ph} : es el número de pares electrón-hueco fotogenerados por segundo por unidad de volumen.
 A: área de la celda. L_n : longitud de difusión para electrones. L_p : longitud de difusión para huecos. W : ancho de la región de carga espacial

Las ecuaciones (1) y (2) son muy importantes en este trabajo puesto que constituyen la base del programa hecho en MATLAB. Como se observa de (2) la corriente fotogenerada depende de un factor g_{ph} , el cual a su vez depende de tres factores: el coeficiente de absorción del material que se usa como capa absorbente en la celda, (que para el caso de este trabajo es el Silicio Policristalino), la intensidad de radiación y la energía del fotón incidente. Tales valores de coeficiente de absorción fueron tomados de la referencia [4]. Los datos correspondientes a L_n , L_p y W pueden ser consultados en [5, 6]. La expresión exacta para el factor g_{ph} viene dada por:

$$g_{ph} = \frac{\alpha P_{op}}{\hbar\omega} \quad (3)$$

Donde α es el coeficiente de absorción, P_{op} es la intensidad de la radiación incidente y $\hbar\omega$ la energía del fotón cuya intensidad es P_{op} . El estudio de la característica IV se hará para una celda solar de silicio policristalino de 4 cm² de área.

3. RESULTADOS

El programa desarrollado en MATLAB usa la ecuación (1). El estudiante debe ingresar valores de P_{op} . Como resultado, el programa simula la característica IV de la celda solar. Si se llega a escoger otro tipo de celda, por ejemplo de Germanio ó de GAs, no sólo se deben cambiar los valores de α y ω , sino también los valores de L_n , L_p y W . Tales valores pueden ser consultados en la bibliografía.

Familia de curvas IV con temperatura constante

En la figura 1 se presentan resultados correspondientes a la característica IV de una celda solar de silicio policristalino variando el factor g_{ph} para los municipios de Bogotá y Uribía, usando las

ecuaciones (1), (2) y (3) en el programa MATLAB. La temperatura en cada caso es de 15°C y 34°C respectivamente.

De los resultados mostrados en la figura 1 se observa que a medida que disminuye la radiación incidente sobre la celda tanto el voltaje de circuito abierto como la corriente de corto circuito disminuyen; éste es el comportamiento esperado para una celda solar. Se observa también que los voltajes de circuito abierto en los casos de Bogotá y Uribía oscilan entre 0.26 – 0.28 V y 0.32 – 0.36 V respectivamente. Estas diferencias se deben principalmente a los bajos niveles de radiación de Bogotá en comparación a Uribía [1], los cuales a su vez influyen en el coeficiente de absorción, del orden de 10^2 m^{-1} para Bogotá y 10^4 m^{-1} para Uribía.

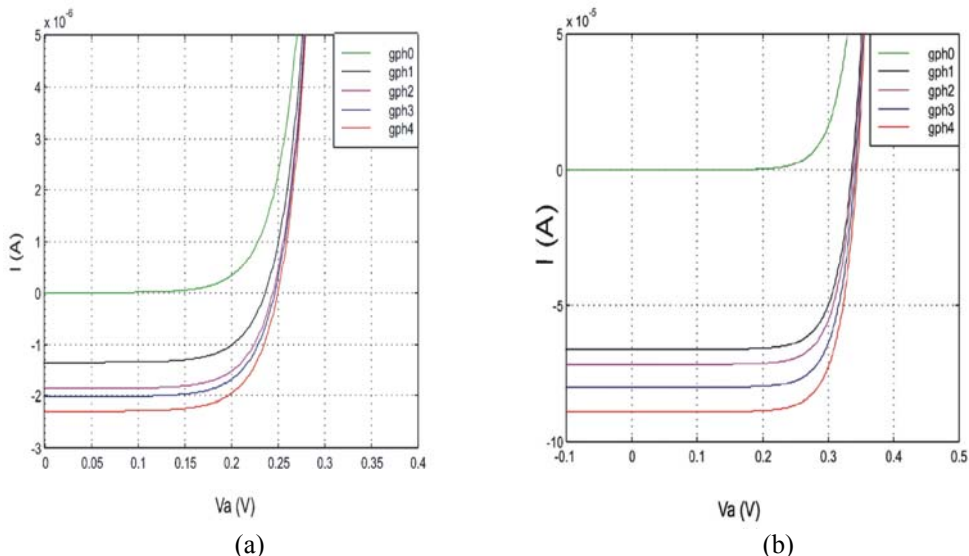


Figura 1. Familia de curvas características IV con temperatura constante y diferentes niveles de radiación para: (a) Bogotá y (b) Uribía.

Familia de curvas IV con nivel de radiación constante

En la figura 2 se presentan resultados correspondientes a la característica IV de la celda solar de silicio policristalino variando la temperatura para un nivel de radiación de 0.140 W/m^2 . Las temperaturas tomadas corresponden a la ciudad de Bogotá y al municipio de Urbía, las cuales son de 14 y 34°C respectivamente. Se observa que al aumentar la temperatura las curvas IV se desplazan hacia valores menores de voltaje, lo cual tiene como consecuencia una disminución en la eficiencia de la celda.

Los resultados mostrados en las figuras 1 y 2 concuerdan bastante bien con aquellos reportados en la literatura usando una simulación [7].

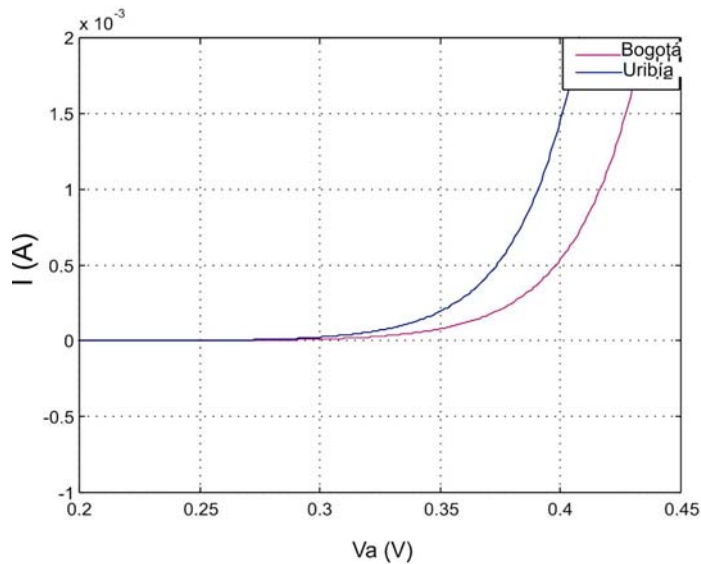


Figura 2. Familia de curvas características IV con iluminación constante.

4. CONCLUSIONES

Se hizo un programa en MATLAB que permite a los estudiantes simular la característica IV de una celda solar de silicio policristalino. Debido a su sencillez, el programa puede ser usado por estudiantes de diferentes niveles de educación, convirtiéndose en una herramienta didáctica en la enseñanza de ciertos tópicos de la física del estado sólido. La simulación de las familias de curvas IV se hizo en referencia al Manual de Radiación Solar en Colombia. Con el fin de observar el efecto que la temperatura tiene sobre la característica IV de la celda, se simuló las curvas IV de dos ciudades colombianas cuya temperatura promedio es diferente, a saber Bogotá (15°C) y Uribí (34°C).

5. Referencias

- [1] H. Rodríguez, F. González, *Manual de Radiación en Colombia*, Colombia, H. Rodríguez & F. González Editores, 1992.
- [2] M. Castro, et al. *Energía solar fotovoltaica*. PROGENSA. Sevilla- España. 2000.
- [3] Varios autores. *Energía. Sus perspectivas, su conversión y utilizaciones en Colombia.*, TM Editores e Impresores Ltda., Colombia.
- [4] M. Fonrodona. *Progress in hot wire deposited nanocrystalline silicon solar cells*. Tesis Doctoral. Universitat de Barcelona. 2004.
- [5] A. M. Barnett, et al. *Solar Energy Materials*. **23**, 164-174 (1991)
- [6] M. A. Green, *Solar Energy Materials*. **23**, 111-116 (1991)
- [7] N. Sanjay, C. Ravipati, L.T. Escalada, and D. A. Zollman, *Am. J. Phys.*, **65**, 765-773 (1997).