

"Influencia del calentamiento en la eficiencia de conversión en celdas en base a GaAs"

Luis Hernández García e Ignacio Pérez Quintana
Facultad de Física, Universidad de La Habana

RESUMEN

Se realiza un estudio de la degradación de las celdas solares sobre la base de AlGaAs/GaAs, trabajando en régimen de alta concentración, simulado por la circulación a través de la juntura p-n, de una alta densidad de corriente directa modulada en el tiempo. Se presentan los resultados y se discute la disminución de la eficiencia de conversión de la celda al calentamiento.

ABSTRACT

We present a study of degradation of AlGaAs/GaAs solar cells working in high concentration regime. This regime is simulated by passing a high density direct current through the p-n junction. The results are shown and the decrease of cell conversion efficiency due to heating is discussed.

En las celdas solares, sobre la base de heterojunturas, se han alcanzado las más altas eficiencias de conversión y densidades de potencia eléctrica.

Estos resultados, han sido posibles por la utilización de concentradores solares que amplifican la radiación incidente.

El uso de estos concentradores, conlleva forzosamente al calentamiento

de la celda y por ende, a un aumento de la temperatura; pero como se ha demostrado /1/, este efecto no es catastrófico en la disminución de voltaje a circuito abierto, ni en la eficiencia.

La degradación de las celdas es uno de los factores que limita la potencia a obtener y que aparece debido al aumento de la temperatura, provocada por las altas densidades de corrientes, y a los efectos de termociclaje creados por la variaciones de la radiación incidente.

En el presente trabajo, se hace un estudio de los efectos que se producen en las celdas, con un calentamiento prolongado; demostrándose entonces que existe una reducción temporal, acentuada, de la eficiencia de conversión.

DESARROLLO EXPERIMENTAL

El estudio de la degradación de las celdas solares, trabajando en régimen de alta concentración, puede simularse haciendo circular a través de la unión p-n, una alta densidad de corriente directa modulada en el tiempo. Esta corriente directa provoca un aumento de la temperatura de la celda, implicando un calentamiento en la juntura y en la región de los contactos.

Igualmente ocurre emisión electroluminiscente al interior de la estructura, debido a la recombinación radiativa de los electrones inyectados en la región p.

Se hizo circular una densidad de corriente a las muestras de 16 A/cm^2 durante un período de tiempo de 5 min, alcanzándose una temperatura máxima de 70°C . Posteriormente, por espacio de 5 min dejaba de circular la corriente en las muestras y estos regresaban a una temperatura mínima de 30°C .

Estos ciclos se repitieron por espacio de 280 horas.

Las celdas estudiadas en este trabajo, poseen una estructura del tipo n GaAs-p GaAs- p $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$, con $x = 0.6 - 0.8$ obtenidas por el método de epitaxia líquida. El diámetro de las celdas era de 4mm.

La utilización de GaAs como material básico, permite el estudio de la distribución espacial de la intensidad electroluminiscente ($\lambda=900 \text{ nm}$). Los datos de electroluminiscencia /2/ han sido utilizados para la identificación de los tipos fundamentales de pérdidas óhmicas que limitan la obtención de potencia eléctrica en celdas de alta eficiencia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después del calentamiento, las características espectrales de la celda muestran colas a las longitudes de ondas largas. Este resultado ya fue explicado con anterioridad /3/ adjudicándose a la aparición de defectos en la estructura, la creación de estados en la banda prohibida, lo que provoca el surgimiento de una cola en el umbral de absorción.

En la tabla I (ver Anexo), para una muestra típica, se reportan los diferentes valores de los parámetros fundamentales de una celda solar, en función del tiempo de explotación. Las técnicas de medición de estos parámetros son las clásicas reportadas en la literatura.

Los valores del coeficiente absoluto de recolección interna (Q) muestra una reducción de un 13% después de 280 hrs en régimen de explotación; esta reducción se debe a los defectos creados en el material por el calentamiento que hacen disminuir la longitud de difusión de los portadores minoritarios (electrones) y por ende la recolección de los mismos en la región de la juntura.

En las características volt-ampéricas, tanto oscuras como en iluminación se observa una degradación efectiva de los parámetros fundamentales de la celda. La eficiencia de conversión se redujo de 15,2% a 6,2%, siendo el causante fundamental, la reducción del voltaje a circuito abierto (1,11v a 0,66v).

La disminución del voltaje a circuito abierto, se debe al aumento de los defectos en la zona de la juntura, creándose entonces una disminución de portadores recolectados debido a la aparición de corriente de corto circuito. Este hecho está avalado por la reducción sustancial de la resistencia de paralelo (desde 1,5 M Ω a 1,5 K Ω).

Otro aspecto fundamental, que hace disminuir la eficiencia de recolección, es la degradación de los contactos que se observa a través de una disminución del factor de llenado (desde 0,77 a 0,66), del aumento de la resistencia serie del dispositivo (desde 90m Ω a 426m Ω) y de las fotos obtenidas (ver fotos 1 y 2) de la radiación infrarroja de la intensidad electro luminiscente. Estas fotos, muestran después de la explotación, una mayor zona de la celda con una distribución no uniforme de la corriente laminar en régimen de electroluminiscencia, como consecuencia de defectos en el material semiconductor, en la unión p - n, en la metalización de los contactos y las fugas en los bordes.

La reducción de la intensidad de corriente que se obtiene de la celda por densidad de radiación incidente (I_{cc}/P_i), está en estrecha relación con la reducción del coeficiente absoluto de recolección interna.

Los efectos de degradación en los dispositivos electroluminiscentes sobre la base a GaAs, se plantean /4/ debido a la aparición de grandes zonas con alta concentración de centros no radiativos, siendo consecuencia de la presencia de cadenas de dislocaciones regeneradas, las cuales crecen a partir de las fuentes de dislocaciones iniciales.

En la tabla I (ver Anexo), para una muestra típica, se reportan los diferentes valores de los parámetros fundamentales de una celda solar, en función del tiempo de explotación. Las técnicas de medición de estos parámetros son las clásicas reportadas en la literatura.

Los valores del coeficiente absoluto de recolección interna (Q) muestra una reducción de un 13% después de 280 hrs en régimen de explotación; esta reducción se debe a los defectos creados en el material por el calentamiento que hacen disminuir la longitud de difusión de los portadores minoritarios (electrones) y por ende la recolección de los mismos en la región de la juntura.

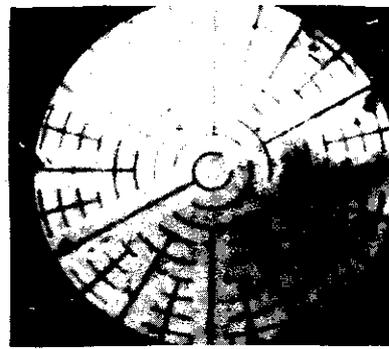
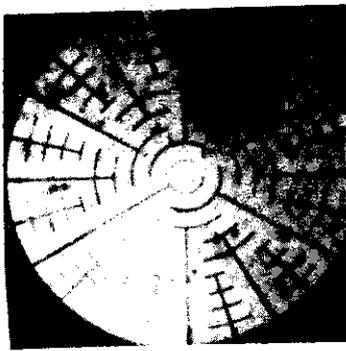
En las características volt-ampéricas, tanto oscuras como en iluminación se observa una degradación efectiva de los parámetros fundamentales de la celda. La eficiencia de conversión se redujo de 15,2% a 6,2%, siendo el causante fundamental, la reducción del voltaje a circuito abierto (1,11v a 0,66v).

La disminución del voltaje a circuito abierto, se debe al aumento de los defectos en la zona de la juntura, creándose entonces una disminución de portadores recolectados debido a la aparición de corriente de corto circuito. Este hecho está avalado por la reducción sustancial de la resistencia de paralelo (desde 1,5 M Ω a 1,5 K Ω).

Otro aspecto fundamental, que hace disminuir la eficiencia de recolección, es la degradación de los contactos que se observa a través de una disminución del factor de llenado (desde 0,77 a 0,66), del aumento de la resistencia serie del dispositivo (desde 90m Ω a 426m Ω) y de las fotos obtenidas (ver fotos 1 y 2) de la radiación infrarroja de la intensidad electro luminiscente. Estas fotos, muestran después de la explotación, una mayor zona de la celda con una distribución no uniforme de la corriente laminar en régimen de electroluminiscencia, como consecuencia de defectos en el material semiconductor, en la unión p - n, en la metalización de los contactos y las fugas en los bordes.

La reducción de la intensidad de corriente que se obtiene de la celda por densidad de radiación incidente (I_{cc}/P_i), está en estrecha relación con la reducción del coeficiente absoluto de recolección interna.

Los efectos de degradación en los dispositivos electroluminiscentes sobre la base a GaAs, se plantean /4/ debido a la aparición de grandes zonas con alta concentración de centros no radiativos, siendo consecuencia de la presencia de cadenas de dislocaciones regeneradas, las cuales crecen a partir de las fuentes de dislocaciones iniciales.



CONCLUSIONES

En el presente trabajo se han estudiado los efectos de la degradación de los parámetros básicos de celdas solares sobre la base de GaAs, a consecuencia del calentamiento provocado por una alta densidad de corriente modulada en el tiempo.

La disminución sustancial del coeficiente de conversión se debe fundamentalmente a la aparición de defectos en la región de la juntura provocando un aumento de la corriente de corto circuito y por ende una disminución del voltaje a circuito abierto.

La degradación de los contactos, que tiene lugar debido a defectos en la metalización de los mismos y a tensiones debido a la diferencia de los coeficientes de dilatación térmica, provocan también una disminución de la eficiencia de conversión.

En tercer lugar por orden de importancia aparece la disminución de la corriente de corto circuito por radiación incidente constante, que es consecuencia de la creación de los defectos estructurales en el material, que provocan una reducción del coeficiente de recolección interna y de la longitud de difusión de los portadores minoritarios.

La densidad de corriente (16 A/cm^2) que circulaba por la celda, era muy superior a la corriente de corto circuito que se alcanza con concentradores convencionales. La eficiencia de la celda se degradó rápidamente, ya que en las primeras 56 hrs su valor disminuyó en un 38%. Eso implica la necesidad insoslayable de la utilización de refrigerantes para el trabajo con concentración solar.

Tabla #1

Diferentes valores de los parámetros fundamentales de una celda solar, en función del tiempo de explotación (para una muestra típica)

t(h)	Q	In()	N(%)	F.F.	V(V)	K	R _S ()	R _P ()	I _{CC} (mA)	P _I ($\frac{mW}{cm^2}$)	I _{CC} ($\frac{mA}{mW}$) P _I
0	0.80	1.4	15.2	0.77	1.11	350	90	1.5	640	82	0.18
56	0.76	0.7	9.4	0.69	0.81	298	144	0.6	520	82	0.16
120	0.73	0.3	6.4	0.60	0.71	303	320	0.084	480	85	0.15
230	0.71	0.2	6.2	0.86	0.66	82	426	0.0015	126	86	0.14

BIBLIOGRAFÍA

1. Díaz, P., L.Hernández y R.Romero
Crystal Res. & Technol (17) (1) 1982 67-72.
2. Alferov, Zh. I X.K.Aripov, B.V.Egorov, V.R.Larionov, V.D.Rumiantsev.
O.M.Fedorova, L.Hernández
L.Fiz Tekn Poluprov. 14, 685, (1980) en ruso.
3. Tesis de grado de Candidato a Doctoro de Luís Hernández, Universidad de La Habana, mayo 1984.
4. Kazumuro, M. F.Shoei, I.Hitoo, I.Iwao
T. IEFÉ trans. en Elect. Dev. ED-24 7, July 1977.