

FOTOCONDUCTIVIDAD EN PELICULAS DE $a\text{-SiN}_x\text{:H}$ PREPARADOS POR GLOW DISCHARGE

Luis Fernando Castro, Pedro Prieto, María E. Gómez
Profesores Departamento de Física

RESUMEN

Se reportan resultados experimentales de mediciones de fotoconductividad, en nitruros de Silicio Amorfo Hidrogenado, preparados por descomposición en un plasma gaseoso de una mezcla de SiH_4/N_2 , para diferentes composiciones y temperaturas del sustrato.

De estas mediciones se obtiene una información cuantitativa acerca de la concentración de estados en el gap, como función de los parámetros de producción.

ABSTRACT

Some experimental results of photoconductivity measurement in a $a\text{-SiN}_x\text{:H}$ prepared by decomposition in a gaseous plasma of a mixture of SiH_4/N_2 are reported for different compositions and temperatures of the substrate.

From these measurements a quantitative information about the states concentration in the gap is obtained, as a production parameters function.

1. INTRODUCCION

El Silicio Amorfo ha sido estudiado con gran interés en las dos últimas décadas, debido a sus potenciales aplicaciones tecnológicas en celdas solares. Las celdas tienen una estructura PIN, de tal forma que la luz que entra a través de la capa delgada, debe ser absorbida en la región intrínseca.

El material ventana más utilizado actualmente, son los carburos de silicio Amorfo Hidrogenado (a-SiCx:H). Otro material de estudio, son los nitruros de Silicio Amorfo Hidrogenado (a-SiNx:H), que tienen un gap óptico variable entre 1.7 - 4.7 eV.¹

2. TEORIA

En semiconductor la conductividad eléctrica viene dada por:

$$\sigma_0 = e (n \cdot \mu_n + p \mu_p) \quad (1)$$

siendo:

σ_0 = Conductividad en oscuro.

μ_n, μ_p = Movilidad de electrones y huecos.

n, p = Densidades de electrones y huecos en equilibrio.

Para un material tipo n se tiene que:²

$$\sigma_{0n} = e \mu_n N_c e^{-(E_c - E_F) / kT} \quad (2)$$

Al incidir radiación luminosa sobre un semiconductor, esa radiación puede ser absorbida, generando portadores libres en el semiconductor, por lo tanto, debe de haber una variación en la conductividad, de la forma:

$$\sigma = e [(n + \Delta n) \mu_n + (p + \Delta p) \mu_p] \quad (3)$$

$$\sigma_p = \sigma - \sigma_0 = e (\Delta n \mu_n + \Delta p \mu_p) \quad (4)$$

Siendo Δn y Δp las variaciones de electrones y huecos respectivamente.

La generación de portadores libres puede ocurrir por transiciones interbandas, ó entre un estado localizado en el gap y estados no localizados en las bandas de valencia ó de conducción como se ilustra en la Fig. (1) ³.

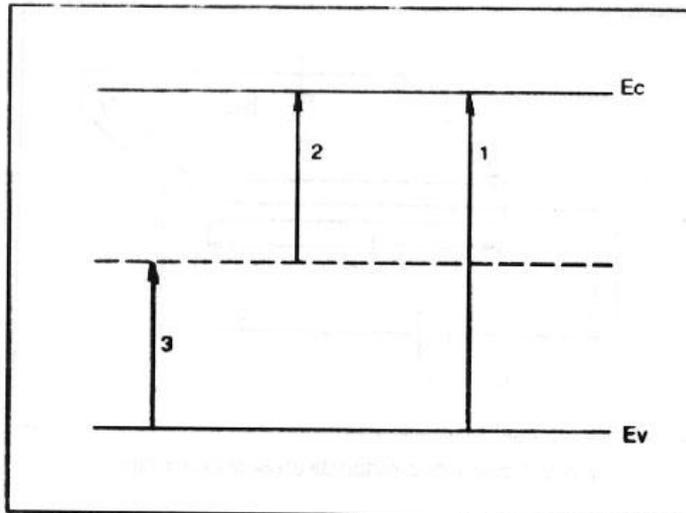


Fig. 1 Transiciones ópticas posibles de un electrón

La transición 1 da origen a un par de electrón-hueco libre y ocurre si la energía de los fotones incidentes es mayor o igual a la energía del gap. La transición 3 genera un hueco en la banda de valencia, mientras que la transición 2 genera un electrón en la banda de conducción.

La fotoconductividad está relacionada con la fotocorriente en la siguientes forma:

$$I_p = \sigma_p \frac{A}{l} V$$

Siendo:

V = voltaje sobre la película.

A = Área de la sección transversal de la película.

l = Longitud de la muestra.

como se ilustra en la Fig. 2

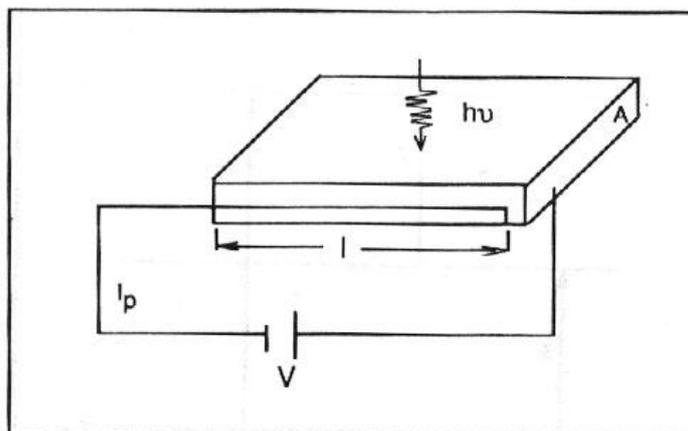


Fig. 2. Fotoconductividad de un Semiconductor

Es importante tener en cuenta los procesos de recombinación⁴.

Experimentalmente se tiene de un modo general que:

$$I_p = kf^r \quad (6)$$

Siendo f la tasa de generación de portadores y G una constante que puede asumir valores entre $1/2$ y 1 : $1/2 < r < 1$.

3. ARREGLO EXPERIMENTAL

Las muestras fueron preparadas en forma de película delgada, en el sistema existente en UNICAMP(Brasil), descrito en la referencia 5.- Las muestras estudiadas fueron preparadas a partir de una mezcla de SiH_4/N_2 , sobre sustratos mantenidos a la temperatura de 550 K durante la deposición. El flujo de gases varió entre 360 y 580 sccm y a una presión entre (0.5-0.9) torr.

El dopaje obtenido en la fase gaseosa por la adición de PH_3 y B_2H_6 en concentraciones variando entre: (0.2-0.1) %.

Para las medidas de conductividad y fotoconductividad fueron evaporados contactos coplanares de aluminio sobre la muestra con 10mm de longitud, separados por 0.5-1 mm y de 300 nm de espesor, como se aprecia en la Fig. 3.

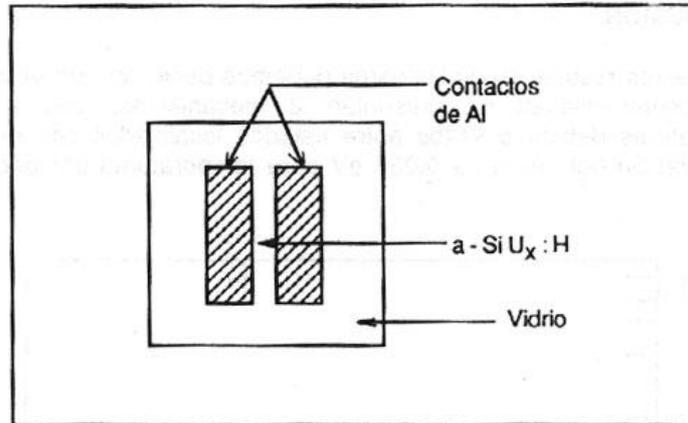


Fig. 3. Geometría Utilizada

El gap óptico medido, fue calculado a partir de medidas de transmitancia óptica⁶.

La conductividad en oscuro, a temperatura ambiente fue obtenida extrapolando las curvas de conductividad versus temperatura.

Las medidas de fotoconductividad versus temperatura y contra intensidad fueron hechas utilizando el método de detección en fase.

La fotocorriente generada es transformada en pulsos de tensión por un convertidor I-V y llevada a la entrada de un amplificador "Lock in". Se puede utilizar el método continuo, en el cual la corriente es medida en un electrómetro. Las medidas fueron hechas variando la temperatura entre 120-340K, la temperatura de la muestra fue medida con una termocupla tipo K. El flujo de fotones del láser fue medido con un fotodiodo.

4. RESULTADOS EXPERIMENTALES

La Fig. 4 muestra las curvas de fotoconductividad versus temperatura, para diferentes flujos de fotones.

5. DISCUSION

De estos resultados preliminares podemos decir, que en el proceso de fotoconductividad se presentan 2 mecanismos, uno a bajas temperaturas debido a saltos entre estados localizados con energías de activación del orden de 0.036 eV para temperaturas por debajo de 214K.

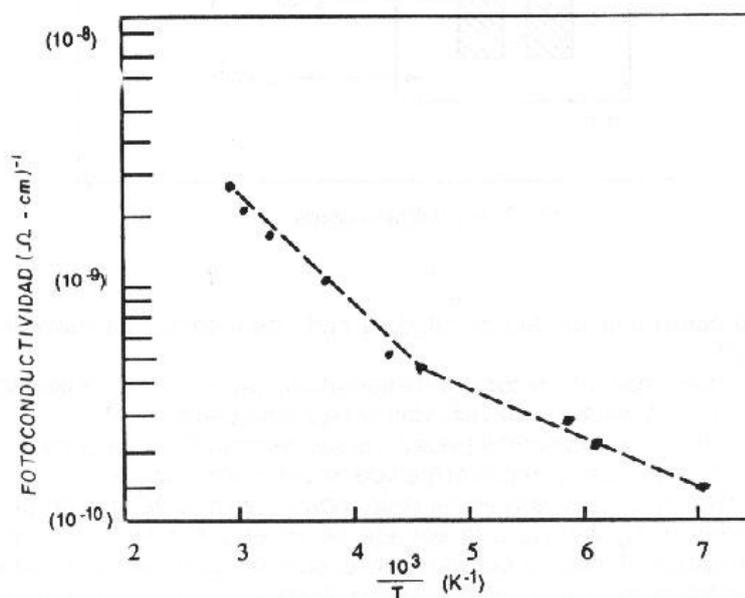


Fig. 4

A temperaturas más altas el mecanismo predominante en la conducción es entre estados extendidos en la banda de conducción, estos resultados son similares a los encontrados en a-Si:H con una energía de activación de 0.1 eV.

REFERENCIAS

1. F. Alvarez, I. E. Chambouleyron, Solar Energy Materials. 10, 151 - 170 (1984).
2. M.H. Brodsky Amorphous Semiconductors Topics in Applied Physics 36, Springer Verlag, Berlin 1981.
3. K.V. Shalimova, Física de los Semiconductores. Ed. MIR, Moscú, 1975.
4. A. Rose, Concepts in Photoconductivity and Allied Problems. John Wiley and Sons. New York, 1963.
5. F. Alvarez. Rev. Bras. Fis. Vol 13, 2, 1983.
6. J.A. Tabares. Tesis Magister. Universidad del Valle, 1985.