



Modelo teórico para la caracterización fotoacústica de semiconductores.

J. G. Santoyo Morales y E. Marín

Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional, Legaria
694. Colonia Irrigación, 11500 México D. F.

Resumen

Es conocido que la técnica fotoacústica (FA) permite la medición de propiedades de transporte en semiconductores [1]. En este trabajo describimos el proceso de creación y recombinación de portadores minoritarios en el sistema CdS/CdTe, que contribuyen a la generación de la señal FA. Se hace el planteamiento del sistema de ecuaciones y se muestran los resultados de mediciones preliminares.

Introducción

En los últimos años se han desarrollado modelos para describir cómo depende la señal FA de la frecuencia de modulación, f , para diferentes tipos de estructuras semiconductoras, teniendo en cuenta los mecanismos de recombinación de portadores [1]. El sistema CdS/CdTe es muy importante por sus aplicaciones en celdas solares, y la caracterización de la interfase entre estos materiales, y entre la estructura semiconductor y el sustrato sobre el cual es crecida (ej. vidrio), es de gran importancia. En este trabajo reportamos acerca del planteamiento del problema que permitirá, al ser resuelto, la medición de la velocidad de recombinación interfacial en ese sistema.

Experimental

El esquema experimental más utilizado para medir propiedades de transporte en semiconductores hace uso de la denominada Celda FA abierta [1].

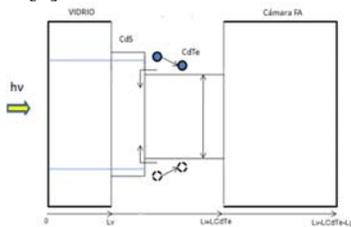


Fig. 1. Esquema de la configuración experimental mostrando la recombinación de portadores en el sistema CdS/CdTe

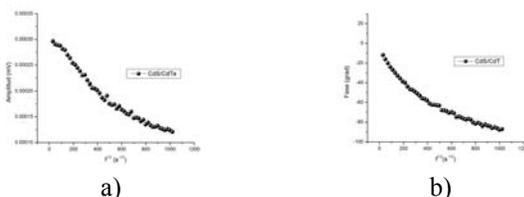


Fig. 2. Resultados para muestra de CdS/CdTe.

En nuestro caso las mediciones fueron hechas usando la línea de 514 nm de un láser de Ar^+ , para la cual el CdS es

transparente y el CdTe opaco. La excitación tuvo lugar de la manera que se ilustra en la Fig. 1.

La Fig. 2 muestra el resultado de una medición típica para la amplitud (a) y la fase (b) de la señal. Los resultados obtenidos para la amplitud de la señal FA muestran que para dicho sistema se observa la dependencia típica de f para una muestra térmicamente gruesa

Teoría

Para obtener la velocidad de recombinación, S , en la interfase CdS/CdTe es necesario encontrar la expresión que relaciona la amplitud y la fase de la señal FA con ese parámetro y con la frecuencia de modulación, $\omega=2\pi f$, para hacer un ajuste de los datos experimentales. Para ello hay que resolver el sistema de ecuaciones de difusión de calor en cada región del sistema de la Fig. 1 con las condiciones de frontera apropiadas:

En el vidrio la ecuación de difusión es de la forma:

$$\frac{\partial^2 \theta_v}{\partial x^2} - q_v^2 \theta_v(x) = 0$$

En la cámara FA:

$$\frac{\partial \theta_p}{\partial x^2} - q_p^2 \theta_p(x) = 0$$

En el semiconductor (CdTe):

$$\frac{\partial \theta_{CdTe}}{\partial x^2} - q_{CdTe}^2 \theta_{CdTe} = \frac{-\beta(1-\eta)R I_0 e^{-\beta x} (k - E_g)}{E} \frac{F_p R_n}{k \tau_{nr}}$$

donde le densidad de portadores, δ_n , puede calcularse mediante:

$$\frac{\partial^2 \theta_p(x)}{\partial x^2} - q_p^2 \theta_p(x) + \frac{I_0 \beta}{2E} (1 - R_p) \exp(-\beta x) = 0$$

Además de la continuidad del flujo de calor y de la temperatura en las interfases, en la superficie debe cumplirse:

$$-K_v \frac{\partial \theta_v}{\partial x} = S E_g \delta_p - K_{CdTe} \frac{\partial \theta_{CdTe}}{\partial x}$$

En las ecuaciones anteriores θ es la temperatura, $q=(i\omega/\alpha)$, α la difusividad térmica, β (R) el coeficiente de absorción (reflectancia) óptico, k la conductividad térmica, I_0 la intensidad de la radiación incidente, τ_{nr} el tiempo de recombinación no radiativo, E la energía de los fotones y E_g la de la brecha prohibida del CdTe.

Actualmente estamos enfrascados en la resolución de este sistema y el ajuste de los datos experimentales a su solución. Este trabajo fue apoyado parcialmente por COFAA, SIP-IPN y CONACYT.

Referencias

[1] "Thermal Wave Physics and Related Photothermal Techniques: Basic Principles and Recent Developments" E. Marín (Ed.) (Research Sign Post, Kerala, India) (en prensa).