



Universidad Autónoma de San Luis Potosí
Facultad de Ciencias



Caracterización de una película de Ag sobre un sustrato de CdTe

TESIS

Que para obtener el grado de
Maestro en Ciencias Aplicadas

PRESENTA

Cutberto Balderas Noyola

Asesores

Dr. Luis Felipe Lastras Martínez

Dr. Alfonso Lastras Martínez

Dr. Jorge Ortega Gallegos

Dr. José Manuel Flores Camacho

SAN LUIS POTOSÍ, S.L.P. MÉXICO

OCTUBRE 2023

ÍNDICE GENERAL

Índice de figuras	II
1 Introducción	1
1.1 Esquema de la tesis	2
1.2 Interfaz metal-semiconductor	2
2 Aspectos Teóricos	3
3 Muestra y técnicas experimentales.	4
3.1 Descripción de la muestra.	5
3.2 Espectroscopia de Reflectancia Diferencial	6
3.3 Espectroscopia Raman	7
3.4 Microscopia de Fuerza Atómica	8
3.5 Microscopía Óptica de Barrido de Campo Cercano	8
4 Caracterización y resultados experimentales	9
5 Conclusiones	10
A Control de monocromador HR60	11
Bibliografía	12

ÍNDICE DE FIGURAS

1

INTRODUCCIÓN

Contenido

1.1	Esquema de la tesis	2
1.2	Interfaz metal-semiconductor	2

1.1 Esquema de la tesis

1.2 Interfaz metal-semiconductor

2

ASPECTOS TEÓRICOS

3

MUESTRA Y TÉCNICAS EXPERIMENTALES.

En este capítulo discutiremos los principales aspectos de la muestra estudiada y las técnicas utilizadas para la caracterización de la misma.

Contenido

3.1	Descripción de la muestra.	5
3.2	Espectroscopia de Reflectancia Diferencial	6
3.3	Espectroscopia Raman	7
3.4	Microscopia de Fuerza Atómica	8
3.5	Microscopía Óptica de Barrido de Campo Cercano	8

3.1 Descripción de la muestra.

3.2 Espectroscopia de Reflectancia Diferencial

La técnica de Espectroscopia de Reflectancia Diferencial (**RDS**) es utilizada en el estudio de dispositivos y materiales, haciendo uso de la *anisotropía*, la cual es la propiedad que describe como un material puede tener diferentes respuestas dependiendo de la dirección en la que es examinada, en este caso se debe a la *anisotropía óptica*, donde observamos los cambios en la respuesta óptica del sistema estudiado, utilizando las propiedades de simetría y la polarización de la luz, para obtener una diferencia en la reflectancia del sistema observándolo de diferentes direcciones.

En el caso de los materiales semiconductores, nos aprovechamos de las propiedades de simetría de los cristales observando dos direcciones cristalográficas, se elimina la contribución del bulto o el cuerpo principal del semiconductor provocando que sea *isotrópica*, obteniendo que la respuesta dependa solamente la superficie, haciendo que la **RDS** sea una técnica utilizada para el estudio de superficies. [1] La respuesta o espectro de la **RDS** tiene la siguiente forma:

$$\frac{\Delta R}{R} = 2 \frac{R_\alpha - R_\beta}{R_\alpha + R_\beta} \quad (3.1)$$

Siendo α y β las direcciones cristalográfica para las cuales se obtuvo la reflectancia del material, siendo la diferencia de estos la que nos da la información de solamente la superficie.

Colocar figura del sistema

El sistema utilizado para las mediciones tiene como fuente de iluminación una lampara de Xenón la cual es enfocada hacia el monocromador con el uso de un arreglo de espejos, del cual sale la luz difractada dirigida a otro arreglo de espejos los cuales dirigen la luz a la parte del sistema que controla su polarización, un prisma polarizador y un modulador fotoelástico que al pasar por ellos, obtenemos un haz de luz con una cierta polarización y que se estará modulando entre dos estados perpendiculares entre si, incidiendo sobre la muestra para reflejarse hacia un tubo fotomultiplicador. [3]

3.3 Espectroscopia Raman

La Espectroscopia Raman es una técnica que se aprovecha del *efecto Raman*, el cual describe la interacción entre los fotones, el material que estamos estudiando y la forma en el que este vibra cuando los fotones incidan sobre una molécula, pudiéndose presentándose algún modo vibracional, siendo característico de la muestra, ya que esta estrechamente relacionado con la estructura molecular del material, resultando en la dispersión de fotones con diferentes frecuencias.

Cuando un fotón choca contra una molécula puede ocurrir alguno de los siguientes casos:

- Que el resultado sea un choque elástico, queriendo decir que no perderá energía por medio de efectos vibracionales, dando como resultado un fotón dispersado con la misma frecuencia. Esto se conoce como efecto Rayleigh.
- Que el choque resultante sea inelástico, lo que provoca que el fotón dispersado tenga una frecuencia diferente a la del incidente, teniendo el caso de una mayor frecuencia, provocando una ganancia en la energía con respecto al incidente y donde el fotón dispersado tiene menor frecuencia que el incidente, indicando que ocurrió una pérdida de la energía por procesos vibracionales. Estos son nombrados efecto Anti-Stokes y efecto Stokes respectivamente.

Colocar figura de diagrama de energía y efecto Rayleigh

Por consecuencia, el efecto Stokes es utilizado para observar el *efecto Raman*, siendo mas probable que este suceda porque sus fotones dispersados tienen una energía menor que su contraparte del efecto Anti-Stokes.

En el caso de los semiconductores, debido a la existencia de la red cristalina, el efecto Raman nos puede dar información sobre la cristalinidad de la muestra, debido a que cada modo vibracional tiene una frecuencia para los fotones dispersados entre estos mas se alejen o apeguen de este valor nos da una noción de que tan cristalina es la muestra. Otra propiedad importante es el entender el estrés al que esta sometido la muestra, por el desplazamiento de la respuesta del material en contraste con que no presente estrés.

Posiblemente colocar diagrama del sistema y descripción

3.4 Microscopia de Fuerza Atómica

La Microscopia de Fuerza Atómica (AFM), es una técnica que es capaz de medir la superficie de un material a nivel nanométrico utilizando como principio las fuerzas de interacción atractivas y repulsivas entre la punta del instrumento con el material. Para que la medición sea correcta, la punta debe tener una terminación en una cantidad de átomos pequeña, que al momento de experimentar una fuerza, esta provocara una deflexión en el cantiléver sobre el cual esta montada. [2]

Insertar imagen punta-muestra Binning *Explicar los diferentes tipos de técnica o usar solo el usado* *¿Vale la pena el juntar AFM y NSOM por el equipo usado?*

3.5 Microscopía Óptica de Barrido de Campo Cercano

4

CARACTERIZACIÓN Y RESULTADOS EXPERIMENTALES

5

CONCLUSIONES



CONTROL DE MONOCROMADOR HR60

En este apartado, se explicara el proceso y programa desarrollados para el control del monocromador HR60

BIBLIOGRAFÍA

- [1] D. E. Aspnes and A. A. Studna. Anisotropies in the above—band-gap optical spectra of cubic semiconductors. *Physical Review Letters*, 54(17):1956–1959, Apr. 1985. (Cited on page 6.)
- [2] G. Binnig, C. F. Quate, and C. Gerber. Atomic force microscope. *Physical Review Letters*, 56(9):930–933, Mar. 1986. (Cited on page 8.)
- [3] L. F. Lastras-Martínez, A. Lastras-Martínez, and R. E. Balderas-Navarro. A spectrometer for the measurement of reflectance-difference spectra. *Review of Scientific Instruments*, 64(8):2147–2152, Aug. 1993. (Cited on page 6.)