
VI.-TECNICAS DE CARACTERIZACION

V.I Difracción de rayos X

La difracción de rayos X (Rx) es una técnica ampliamente utilizada en el análisis de la estructura cristalina de los materiales sólidos a través del análisis de la difracción de fotones de Rx. El fenómeno de difracción depende de la estructura cristalina del material y de la longitud de onda del fotón incidente. Se utiliza para identificar las fases cristalinas de las muestras y para medir sus propiedades estructurales, tamaño y orientación de los cristales.

En esta técnica, un haz de Rx con longitud de onda entre 0.5 y 2Å, se hace incidir en la muestra. Este haz es difractado por los planos cristalinos de la muestra, de acuerdo con la ley de Bragg:

$$2d \text{ Sen}\theta = n\lambda$$

donde d es la distancia entre los planos atómicos de la fase cristalina, λ es la longitud de onda de los fotones incidentes, y θ es el ángulo de incidencia. Si la longitud de onda de fotones de Rx es comparable o más pequeña que la constante de red ($\lambda < 2d$), resultan haces difractados en direcciones diferentes a la del haz incidente. La intensidad de Rx difractados se mide como una función del ángulo de difracción 2θ . La interferencia constructiva ocurrirá cuando se cumpla la Ley de Bragg.

Conociendo los parámetros experimentales θ y λ , se puede identificar la orientación de los planos que intervienen en la difracción en base a la distancia d entre ellos. El instrumento utilizado para realizar este estudio se denomina difractor de rayos X. Un esquema, se muestra en la figura 11:

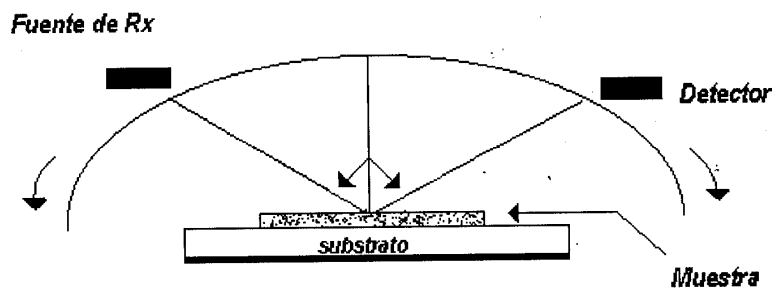


Fig. 11.-Difractor de Rayos X

Los espectros resultantes son muy específicos, son como una "huella digital" para cada material cristalino. Cada pico de difracción tiene una posición "propia" en el espectro de cada material. Además, el análisis del ancho del pico nos permite calcular el tamaño del cristalito que difractó en esa dirección.

Una característica de esta técnica, y que resulta de gran ventaja, es el hecho de que se requiere una mínima cantidad de material para llevar a cabo un análisis, ya que solamente se necesitan unos cuantos miligramos para obtener la información deseada de dicho material. Además es una técnica no destructiva lo que nos permite recuperar la muestra que se estudió.

V.2 Resistividad eléctrica

Dentro de las propiedades que son de importancia relevante para determinar la utilidad de los compuestos semiconductores, están las propiedades eléctricas, y entre ellas, la resistividad (ρ) es uno de los parámetros más importantes, ya que es una propiedad microscópica del material y no de la forma del material a estudiar. Se define para materiales isotrópicos como:

$$\rho = E/j \quad (1)$$

Donde E es la magnitud del campo eléctrico aplicado entre dos puntos del conductor, y j es la densidad de la corriente entre dichos puntos, definida como:

$$j = i/A \quad (2)$$

en este caso, i es la corriente eléctrica, mientras que A representa el área de sección transversal por donde circula dicha corriente. La corriente eléctrica i es una cantidad macroscópica, que depende de la forma de cada conductor en particular, mientras que j es una cantidad microscópica, que ya no depende de la forma del conductor. Substituyendo (2) en (1):

$$\rho = EA/i \quad (3)$$

Por otro lado, si tenemos un conductor cilíndrico de área A de sección transversal, largo L, por el que circula una corriente i en el cual se aplica una diferencia de potencial V entre sus extremos:

$$E = V/L \quad (4)$$

Y sustituyendo (4) en (3):

$$\rho = VA/Li \quad (5)$$

Por otro lado, de la Ley de Ohm, $R=V/i$, por tanto (5) se puede escribir:

$$\rho = RA/L \quad (6)$$

cuyas unidades son (RESISTENCIA)(LONGITUD) , y generalmente se utiliza el Ω -cm.

Con este esquema, los materiales sólidos pueden clasificarse así:

Metales si ρ es del orden de 10^{-8} a 10^{-4} Ω -cm

Semiconductores si ρ es del orden de 10^{-4} a 10^{10} Ω -cm

Dieléctricos si ρ es del orden de 10^{10} Ω -cm

La simple determinación de la corriente eléctrica que fluye por un material al aplicársele diferentes voltajes, nos da información de la resistividad del material. El comportamiento más sencillo es el que cumple con la Ley de Ohm ($i=V/R$) el cual corresponde a una línea recta cuando se grafica corriente contra voltaje.

En la figura 12 se muestra un esquema del equipo, que se usó para medir la resistividad de las películas semiconductoras del presente trabajo.

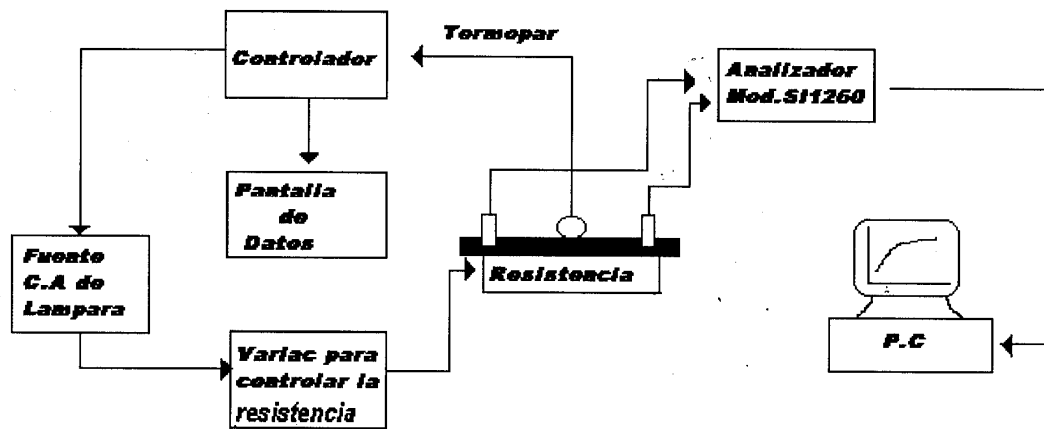


Fig. 12.- Diseño del equipo para medir resistividad

Cabe mencionar que este equipo no es totalmente automático, y se debe seguir el siguiente procedimiento para la adquisición de datos: cuando el variac suministra -controladamente- corriente a la resistencia, ésta empieza a calentar a la muestra y el impedanciómetro toma los valores de la resistividad.

En la pantalla aparece el valor de la temperatura con incrementos de 1°C , y el operador indica -mediante la opresión de un botón- al impedanciómetro que registre el valor de la resistividad, así se forma un archivo el cual puede ser leído por un programa para graficar.

V.3 Absorción por Reflectancia Difusa

La medida de la longitud de onda de la luz que absorbe el material, nos muestra el valor de energía de la banda prohibida de dicho material. Sin embargo, si el material es opaco, empleamos un equipo que mide la reflectancia difusa del material. De esta reflectancia se obtiene la absorción. El modelo teórico para la reflectancia difusa de Kubelka-Munk se utiliza para obtener espectros de absorción óptica de materiales opacos a partir de la reflectancia difusa.

Consideremos una muestra rugosa sobre la que incide un haz de luz monocromática. La reflexión especular ocurre de manera aleatoria en la superficie, debido a la topografía de la muestra. En general, la luz al interactuar con los granos de la muestra, puede refractarse, transmitirse o reflejarse especularmente. Después de una combinación de estas interacciones, un haz neto de luz es devuelto de la muestra (backscattering). La medida de las intensidades registradas de regreso, proporciona la información sobre la luz que fué absorbida por la muestra. Variando la longitud de onda de la luz incidente, se obtiene un espectro de intensidades reflejadas, que se convierte de manera sencilla en el espectro de la luz absorbida. En la figura 13 se presenta en esquema del dispositivo utilizado.

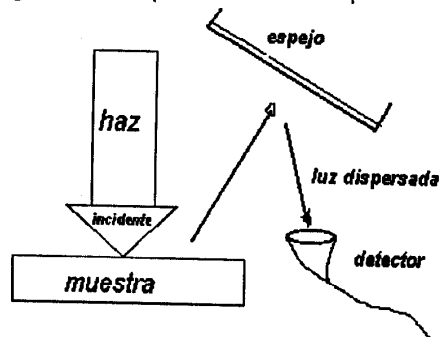


Fig. 13.- Representación esquemática del equipo de reflectancia difusa