Publ. V. Reunió Espanyola del Buit i les seves Aplicacions (Barcelona 1979)

CARACTERIZACION ESPECTROFOTOMETRICA DE PELICULAS DE CDS PRODUCIDAS POR PULVERIZACION RF

M. Pérez Cagigal y J. A. Valles Abarca
Facultad de Ciencias. Universidad de Santander.

En este trabajo se presenta una nueva técnica, a partir de medidas espectrofotometricas, para la obtención de parametros geométricos (espesor, rugosidad e inhomogeneidad) y ópticos (índice de refracción complejo) de láminas delgadas. Se basa en el análisis de dos espectros de transmisión de una misma muestra pero realizados en direcciones normales entre si que corresponden a espesor constante (espectro transversal) y a espesor variable (espectro longitudinal) lo que queda garantizado por la geometria en la deposicion. Se aplica a peliculas delgadas de CdS producidas por pulverización RF en un sistema diodo con separación blanco-sustrato de 5 cm siendo el diámetro del blanco de 12.5 cm. La presión empleada ha sido 5 mTorr. Se presentan y discuten los resultados encontrados.

En una primera aproximación al problema real, estudiamos un conjunto de interfases planas y paralelas (1) separando medios de diferentes índices. En nuestro caso de película delgada depositada sobre un substrato de vídrio tendremos cuatro medios, siendo primero y último el aire, separados por tres interfases. En principio suponemos que estas interfases tendran anomalias, o lo que es lo mismo, se separarán del sistema ideal de interfases plano-paralelas. Como se puede comprobar a partir del análisis de expresiones, en el espectro de interferencia que se produce en la lamina, que es del que obtendremos la información, intervienen esencialmente las características de la primera interfase En consecuencia solo afectaremos a los factores Fresnel de la primera interfase de un factor multiplicativo debido a rugosidad (2,3)

Mediante un promedio, en una dirección de la expresion de la transmitancia de un sistema de interfases, incluimos el efecto debido a inhomogeneidad (4). Asi se obtiene una expresión a la que ajustaremos los espectros de transmitancia experimentales

$$T = A \left\{ \tan^{-1} \left[\left(\frac{1+B}{1-B} \right)^{\frac{1}{2}} \tan \left(\frac{\pi n (2d + \Delta d)}{\lambda} \right) \right] - \tan^{-1} \left[\left(\frac{1+B}{1-B} \right)^{\frac{1}{2}} \tan \left(\frac{\pi n (2d - \Delta d)}{\lambda} \right) \right] \right\}$$

donde A y B son expresiones en los que intervienen los coeficientes de Fresnel de interfase o de subsistema estando los correspondientes a la primera interfase modificados por los factores debidos a rugosidad.

ANALISIS DE LOS DATOS EXPERIMENTALES

En cuanto a la parte real del índice de refracción se calcula mediante un método debido a Manifacier (5) en el cual se utilizan los valores de las envolventes superior e inferior para cada longitud de onda, siendo aplicado a las láminas que mas cerca estaban del sistema ideal por ser mínima la inhomogeneidad. Para un índice de 2'2 el error en n se estima en un 3-4%. Conocido el indice de refracción, el espesor se calcula utilizando la condición de interferencia con una estima del error del orden de 4-5%.

Los parámetros geométricos que caracterizan la no idealidad de la lámina se calcularán a través de una nueva técnica consistente, en realizar dos espectros de cada muestra. Este método exige un conocimiento previo de la orientación de las láminas durante la deposición. El sistema de pulverización tiene simetria circular de tal forma que todos los puntos situados a una misma distancia del centro de la plataforma de deposición tendrán el mismo espesor. De los dos espectros, uno se lleva a cabo haciendo incidir el haz de luz en la dirección de espesor constante. A partir de este último espectro y de las expresiones Tmax y Tmin para una lámina rugosa pero uniforme en espesor, es fácil deducir el valor de la desviación cuadrática media en altura, y coeficiente de extinción (6).

Estos parámetros junto con los obtenidos anteriormente, de índice de refracción y espesor, se introducen en un programa que simula la ecuación completa. Por medio de un barrido en inhomogeneidades recuperamos el primero de los dos espectros en el que la muestra presentaba espesor variable.

En la zona de alta absorción hemos obtenido k a partir de un método de enfrentamiento consistente en poner dos láminas con la misma k y diferente espesor (d_2 y d_1) en cada canal de espectrofotómetro obteniendo que $A = \alpha (d_2 - d_1)$ donde A es la lectura del espectrofotómetro en unidades de absorvancia.

La localizacion de las láminas la hemos llevado a cabo distribuyendolos en forma de T en la plataforma de deposición y distinguiendo una de otra por medio de letras de las palabras SULFURO-CADMIO, de tal forma que tengamos garantía de que estamos realizando siempre, el tipo de espectro (longitudinal o transversal) que deseamos.

RESULTADOS

Para ver si este procedimiento tiene alguna realidad física se muestran en las figuras 1 (a,b,c,d) los espectros longitudinal y transversal de una muestra central y una periférica observándose como influye la inhomogeneidad de espesor en el espectro de transmisión de las láminas. Los valores de rugosidad, espesor e inhomogeneidad que se muestran en la tabla 1 corresponden a la deposición 175 J, que estan dentro de los valores típicos manejados, se obtuvieron mediante la utilización de la técnica de análisis que acabamos de comentar

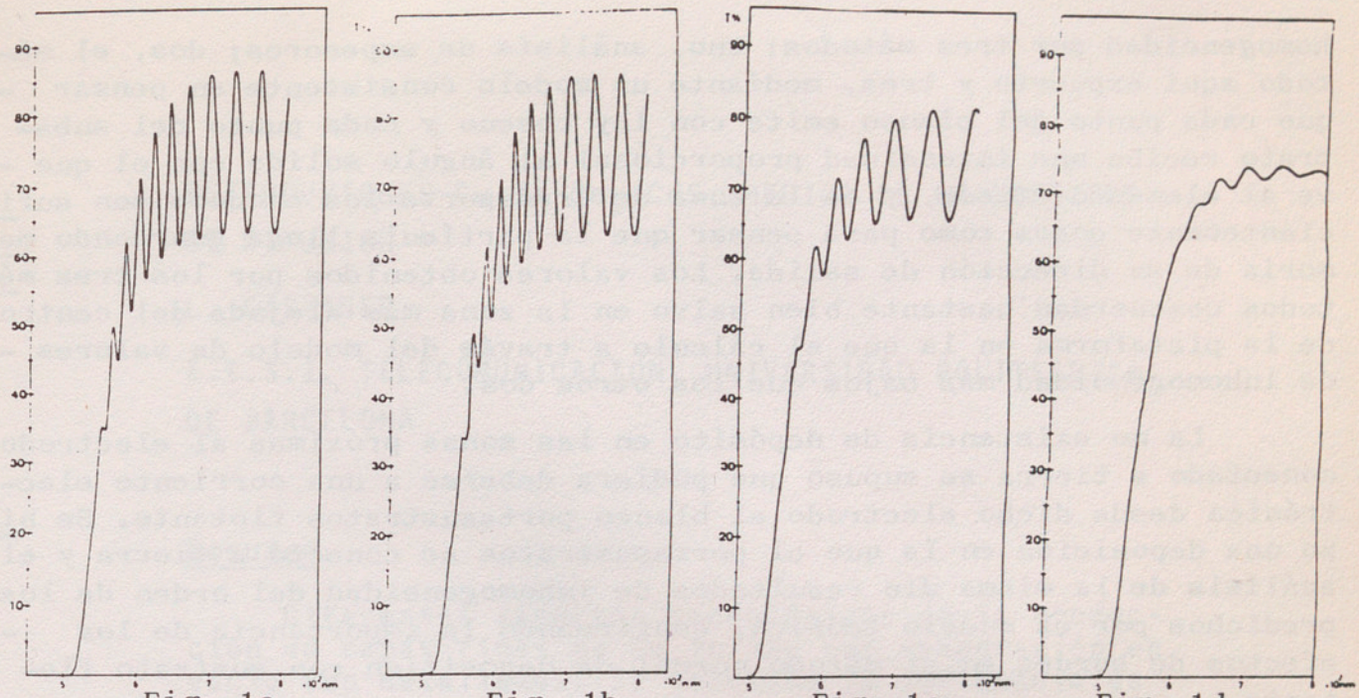

Fig. 1a Fig. 1b Fig. 1c Fig. 1d

Los valores de indice de refracción en su parte real se mantuvieron entre 2'2 y 2'4, mostrando escasa variación con la longitud de onda. Los valores de la parte imaginaria del índice de refracción, en la zona de preabsorción (800-600 nm) alcanzan valores del orden de 1.10^{-3} y en la zona de absorción (600-500 nm) valores comprendidos entre 1.10^{-1}.

DISCUSION DE RESULTADOS

En todas las deposiciones estudiadas los valores de la rugosidad son menores en el centro de la plataforma ($\simeq$ 50 Å) y aumentan a medida que nos separamos del centro ($\simeq$ 200 Å). En un trabajo de Fraser y Melchior (7) se muestran microfotografias de Scanning en los que se observa a simple vista este hecho. Se observó que un aumento de temperatura o de potencia hacen aumentar la rugosidad.

Lamina	espesor (μ)	σ(Å)	$\Delta d(\mu)$
SU	2.40	115	.27
L	2.75	93	.19
F	2.90	48	.03
U	2.90	87	.16
RO	2.40	129	.26
CA	2.90	96	.11
DM	2.50	103	.30
IO	1.80	152	.6

Tabla 1 : Datos de la deposición 175 J

Walter (8) da valores de rugosidad para el vidrio común, que hemos utilizado como substrato, del orden de 50 Å lo que nos hizo suponer que la rugosidad en la interfase película-aire se debe a que el CdS se limita a copiar la rugosidad del substrato mientras que le rugosidad en la zona periférica se puede deber a una superposición de fenómenos de llegada asimétrica de material y rugosidad de fondo, provocando un efecto de duna.

En cuanto a la inhomogeneidad se obtuvieron valores desde .01 a .6 μ/cm. Para comprobar de alguna manera estos datos calculamos la in-

homogeneidad por tres métodos: Uno, análisis de espesores; dos, el método aqui expuesto y tres, mediante un modelo consistente en pensar que cada punto del blanco emite con ley coseno y cada punto del substrato recibe una intensidad proporcional al ángulo solido con el que ve al elemento emisor, y en la zona de transporte los choques son suficientemente pocos como para pensar que la partícula llega guardando memoria de su dirección de salida. Los valores obtenidos por los tres métodos concuerdan bastante bien salvo en la zona más alejada del centro de la plataforma en la que el cálculo a través del modelo da valores de inhomogeneidad más bajos que los otros dos.

La no existencia de depósito en las zonas proximas al electrodo conectado a tierra se supuso que pudiera deberse a una corriente electrónica desde dicho electrodo al blanco portasustratos flotante. Se hizo una deposición en la que el portasustratos se conectó a tierra y el análisis de la misma dio resultados de inhomogeneidad del orden de los predichos por el modelo teórico, confirmando la importancia de los efectos de bordes en el método normal de deposición con sustrato flotante.

El índice de refracción es del orden de los calculados por otros autores para láminas delgadas de CdS, presenta valores menores que en material bloque, posiblemente debido a la menor compacidad.

El coeficiente de extinción presenta valores dentro de los que se dan en bibliografía y tanto este como el índice de refracción presentan una absoluta aleatoreidad en cuanto a las condiciones de deposición. Analizados los datos de absorción como asociados a una transición directa se obtuvo el valor del gap encontrándose valores entre 2'4 y 2'42 eV.

CONCLUSIONES

Se ha determinado un nuevo parámetro (Δd) por análisis espectrofotometrico, lo que implica, no solo, una mejor caracterización del sistema, sino tambien, una determinación mas exacta del resto de los parámetros, habiendose comprobado que una inhomogeneidad del orden de .3μ/cm produce un error en el cálculo de n sobre el 40%. Si se utiliza un método que sirva de los valores de Tmax y Tmin para calcularle.

REFERENCIAS

1.- Z. KNITTL, "Optics of thin films", Wiley & Sons Inc. (1976)
2.- P. BECKMAN, Progres in Optics VI (1967), North-Holland Publising Company
3.- I. OHLIDALI,et al. Jour. Opt. Soc. Ame, Vol. 61, nº 12, p.1630 (71)
4.- J. SZCYRBOWSKI, J. Phy. D, vol. 11, p. 583-593 (1978)
5.- J. C. MANIFACIER et al., J. Phy. E, vol. 9, p.1002-4 (1976)
6.- M. PEREZ CAGIGAL, Momoria de Tesina de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad de Santander (1979)
7.- D. B. FRASER, H. MELCHIOR, J. App. Phy., vol 43, p.3120-26, (1972)
8.- D. J. WALTER, Vacuum, vol. 27, p. 4-10 (1977)