

Análisis de señales de elipsometría espectroscópica de microestructuras y nanoestructuras dieléctricas

Asesor: Dr. Angel Gabriel Rodríguez Vázquez, angel.rodriguez@uaslp.mx

1. Antecedentes

La elipsometría es una técnica espectroscópica para el análisis de superficies y películas delgadas. Se basa en la medición del cambio de estado de polarización de un haz de luz causado por la reflexión sobre la superficie del material o la transmisión a través del material. A partir del cambio de estado de polarización se pueden determinar los espesores y propiedades ópticas de las películas en una heteroestructura. La elipsometría es especialmente adecuada para la caracterización de semiconductores donde se tienen sustratos masivos y películas delgadas que van desde unos pocos nanómetros hasta decenas de micrómetros y estructuras multicapa.

De las mediciones experimentales con un elipsómetro de modulador fotoelástico se obtienen las señales de los coeficientes I_S y I_C en función de la longitud de onda. Estas señales no son parámetros del material o grosor, por lo tanto la elipsometría es una técnica indirecta de medición. A partir de las señales I_S , I_C con un modelo adecuado es posible determinar parámetros de interés como los ángulos elipsométricos Ψ , Δ , espesores y la parte real e imaginaria del índice de refracción complejo en el espacio de frecuencia.

Para el estudio de películas de materiales dieléctricos, semiconductores y conductores existen modelos muy estudiados que permiten obtener mediante análisis de regresión los parámetros ópticos de películas de varias capas. Sin embargo, actualmente no existen modelos que puedan aplicarse rutinariamente para el análisis de arreglos micro y nanoestructurados que serán la base de una nueva generación de dispositivos electrónicos.

2. Objetivos y metas

Objetivo:

Obtener una plataforma de modelado y análisis de regresión para la determinación de parámetros ópticos de arreglos de micro y nanoestructuras usando elipsometría.

Metas:

- 1) Realizar experimentos de elipsometría espectroscópica para obtener las señales I_S , I_C de distintos micro y nano arreglos.
- 2) Analizar las señales considerando distintos modelos y aproximaciones.

- 3) Implementar una plataforma que permita el modelado y análisis rutinario de micro y nano arreglos.

3. Metodología

Las mediciones experimentales se realizarán en un elipsómetro de polarización modulada HORIBA-UVISEL. Este elipsómetro tiene una velocidad de adquisición alta y un amplio rango espectral que va desde el IR hasta el UV. La alta velocidad de adquisición se debe a la presencia de un modulador fotoelástico (PEM) cuya frecuencia de operación es alrededor de 50 kHz. Este tipo de elipsómetros permiten resultados de extrema precisión gracias al alto rendimiento del sistema electrónico. La fuente de luz es una lámpara de arco de xenón de 75 W acoplada por fibras ópticas de la fuente de luz a la entrada del polarizador y desde la salida del analizador a la entrada del monocromador. El polarizador determina el estado de polarización antes que la luz incida en la muestra. El PEM induce una modulación del estado de polarización, esto significa que la elipticidad de la polarización varía como una función del tiempo. El analizador es similar al polarizador de la entrada y está localizado justo después de la muestra y el modulador fotoelástico.

Para el modelado se considerarán aproximaciones de medios efectivos, que son usadas para describir las constantes ópticas de mezclas de materiales de constantes ópticas conocidas. Los modelos que se estudiarán son:

- *Modelo Maxwell-Garnett*
Este modelo está basado en la relación Clausius-Mosotti que describe la función dieléctrica de un conjunto de esferas que están a cierta distancia una de otra y homogéneamente sumergidas en un medio anfitrión. El modelo Maxwell-Garnett es válido para el caso en que las inhomogeneidades estén en forma granular.
- *Modelo Bruggeman*
En este modelo los diferentes componentes de la mezcla son tratados equivalentemente. Este modelo es autoconsistente: la mezcla de los diferentes materiales forman el medio huésped, lo que significa que la función dieléctrica del medio huésped es la función dieléctrica.
- *Modelo Sen, Scala & Cohen*
Este modelo es aplicado a un medio fractal de una infinitamente amplia distribución en el tamaño de las partículas.

Cursos optativos sugeridos:

- Optimización
- Procesamiento de señales en tiempo real

El trabajo se llevará a cabo en el edificio de la Coordinación para la Innovación y la Aplicación de la Ciencia y la Tecnología de la UASLP, Avenida Sierra Leona 550, Lomas 2ª. Secc., San Luis Potosí, S.L.P.

Referencias

- [1] Hiroyuki Fujiwara, Spectroscopic ellipsometry: principles and applications, John Wiley & Sons, NJ USA (2007)
- [2] R.W. Collins, J. Koh, H. Fujiwara, P. I. Rovira, R. Messier, Appl. Surf. Sci. 154-155 (2000) 217-228
- [3] H. Fujiwara and M. Kondo, Phys. Rev. B 71 (2005) 075109-1-10
- [4] A.S. Ferlauto, G. M. Ferreira, J. M. Pearce, G. Ganguly, J. Appl. Phys., 92 (2002) 2424-2436
- [5] H. Fujiwara, J. Hoh, P. I. Rovira and R.W. Collins, Phys. Rev. B 61 (2000) 10832-10844
- [6] H. Fujiwara, M. Kondo and A. Matsuda, Phys. Rev. B, 63 (2001) 115306-1-9