

SISTEMA MECATRÓNICO PARA MEDICIÓN DE ÍNDICE DE REFRACCIÓN

Oscar Javier Silva Hernández¹ oscarsh@cio.mx, Donato Luna Moreno¹ dluna@cio.mx, Araceli Sánchez Álvarez² asalvarez@utleon.edu.mx

Maestría Interinstitucional en Ciencia y Tecnología en Mecatrónica

¹ Centro de Investigaciones en Óptica, AC, Div. Fotónica, Loma del Bosque 115, Col. Lomas del Campestre, 37150 León, Gto., México

² Universidad Tecnológica de León, Electromecánica Industrial, Blvd. Universidad Tecnológica 225, Col. San Carlos, 37670 León, Gto., México



1.- RESUMEN

El índice de refracción juega un papel importante en muchas ramas de la física, biología y química. Actualmente se realizan grandes esfuerzos científicos y tecnológicos para desarrollar sensores útiles y mejorados en la medición del índice de refracción.

A partir de ese objetivo se han desarrollado varias técnicas ópticas para medir índice de refracción con precisión, como lo es la reflectometría [1], elipsometría [2], ángulo de Brewster y técnica de Abelès-Brewster (A-B) para películas delgadas [3].

En este proyecto se presenta el diseño y construcción de un sistema para medición de ángulo de Brewster y Abelès-Brewster. El ángulo de Brewster nos permite conocer el índice de refracción de material de bulto (vidrios, acrílico). La técnica de Abelès-Brewster nos permite encontrar el ángulo de Brewster de películas delgadas para conocer su índice de refracción.

2.- OBJETIVOS

Desarrollar un sistema mecatrónico portátil capaz de medir ángulo de Brewster y Abelès-Brewster para determinar índice de refracción de películas delgadas y materiales de bulto.

- Diseñar y fabricar un sistema mecánico de monturas para sustratos planos con deslizamiento transversal.
- Diseñar y desarrollar el controlador de motores a pasos, de menor dimensión posible.
- Programar el sistema de control de motores, adquisición y manipulación de datos.
- Probar sustratos de vidrios ópticos conocidos como método de comparación.

4.- METODOLOGÍA

La técnica Abelès-Brewster (Figura 3) consiste en realizar un barrido angular de la luz reflejada de un sustrato con y sin recubrimiento de película delgada usando luz polarizada linealmente en 'p' [4]. El ángulo donde las reflectancias coinciden es el ángulo de Brewster de la película. El índice de refracción de la película delgada se determina a partir de su ángulo de Brewster, de esta manera es posible caracterizar el material de la película delgada.

El sistema mecatrónico (Figura 4 y 5) consiste en una fuente de luz láser (1) y dos platinas rotatorias motorizadas, montadas una sobre otra, que otorgan movimiento rotacional a la muestra (2) y al fotodetector (3) de manera independiente y sincronizada. La platina que mueve al fotodetector debe rotar al doble de la velocidad de la platina que contiene la muestra (sistema $\{2-2\theta\}$). La muestra a medir, puede ser material de bulto (Ángulo de Brewster) o sustrato con recubrimiento de película delgada (técnica de A-B).

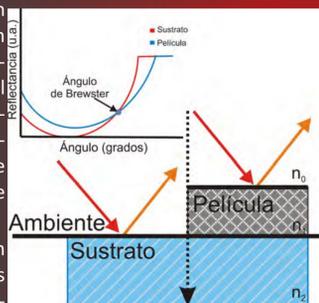


Figura 3: Técnica de Abelès-Brewster (A-B)



Figura 4: Diagrama de funcionamiento

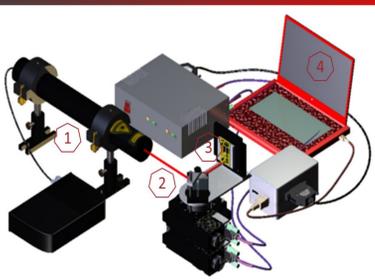


Figura 5: Esquema del sistema

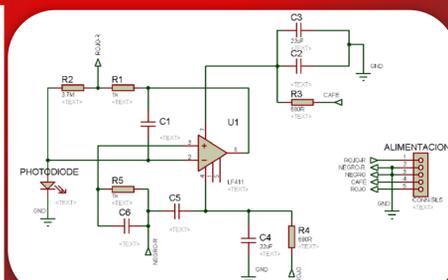


Figura 6: Esquema electrónico de sensor

La tarjeta de adquisición de datos Arduino Mega 2560, tiene la función de realizar el control del sistema (Lectura, transferencia y análisis de datos), es equipado con un Motor Shield para facilitar el control de los motores a pasos (platinas). También se realiza la conversión de señal analógica-digital con este componente.

Se desarrolla un programa (4) para visualizar y controlar los componentes del sistema utilizando el software LabVIEW. Se establece comunicación entre los componentes electrónicos, el Arduino y la computadora.

El fotodetector se fabricó a partir del esquema electrónico mostrado en la Figura 6 y tiene un circuito electrónico para amplificar la señal que será leída por el Arduino, el cual realizará la conversión analógica-digital de la señal.

El control de los motores a pasos se realiza de manera directa conectándolos al MotorShield.

La mecánica del sistema se modeló en software CAD SolidWorks 2018 con un enfoque de diseño que simula los movimientos principales del sistema en físico que ayudan a la alineación y ajuste de componentes ópticos y electrónicos. La Tabla 1 enlista los componentes que se muestran en la Figura 8.

TABLA 1			
No.	Pieza	Cantidad	Marca
1	Platina Rotatoria motorizada	2	STANDA
2	LPM639-30C Laser	1	Newport
3	Arduino Mega 2560	1	Arduino
4	Motor Shield	1	Adafruit
5	Prisma semicilíndrico	1	N/A
6	Polarizador	1	ThorLabs
7	Fotodetector	1	N/A

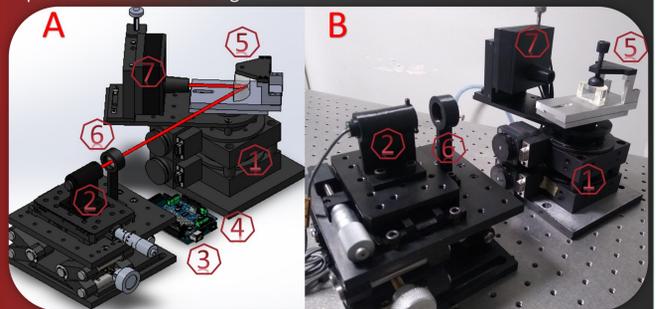


Figura 7: Sistema diseñado en CAD y ensamblado en físico

5.- RESULTADOS

Tres materiales de bulto se sometieron al barrido angular para obtener sus ángulos de Brewster e índice de reflexión para determinar el tipo de vidrio. Los resultados se muestran en la Figura 10.

Un sustrato conocido BK7 con depósito de película delgada dieléctrica fue medido por el sistema para encontrar el índice de refracción de la película. Los resultados se observan en la Figura 11, en donde se define el material de la película delgada a partir de sus características ópticas.

En la figura 12 podemos apreciar el panel frontal con el cual se obtiene el ángulo de Brewster para sustratos. De manera automatizada nos entrega varios parámetros de interés además del ángulo de Brewster.

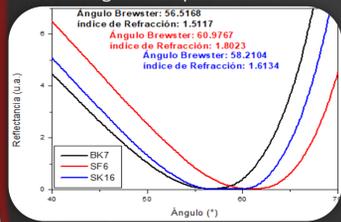


Figura 10: Ángulo de Brewster para tres sustratos diferentes

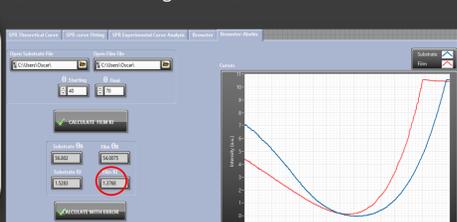


Figura 11: Panel frontal para medición A-B

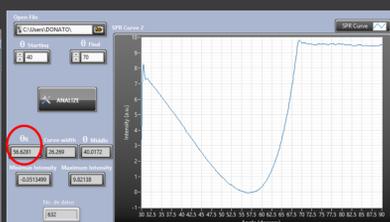


Figura 12: Panel frontal para obtención de ángulo de Brewster

6.- CONCLUSIONES

Para dotar al sistema de portabilidad se abordó la disminución de tamaño y peso de los principales componentes del sistema sin afectar la precisión de las mediciones.

Los resultados obtenidos para muestras de bulto y películas delgadas dieléctricas se aproximan mucho a los valores [5, 6] reportados en diagramas de Abbe por distintas marcas reconocidas (Schott, Sumita).

[1] Y.M. Espinosa-Sánchez, D. Luna-Moreno, M. Rodríguez-Delgado, A. Sánchez-Álvarez, "Determination of optical parameters of organic and inorganic thin films using both surface plasmon resonance and Abelès-Brewster methods," *Optik* 142 (2017) 426-435

[2] L. Froehly, I. Verriér, C. Froehly, G. Brun, C. Veillas, "Vectorial diffraction patterns and limits of Brewster ellipsometry", *Optics Communications* 171 (1999) 195-204

[3] W. Guo, "Temperature dependence of Brewster's angle," *Vol. 35, No. 1 / 2018 / Journal of the Optical Society of America A*, doi.org/10.1364/JOSAA.35.000098.

[4] S. Schutzmann, M. Casalboni, F. De Maffei, P. Proposito, "Refractive index measurements of thin films using both Brewster and m-line technique: A combined experimental setup," *Journal of Non-Crystalline Solids* 351 (2005) 1814-1818.

[5] Qi Hong Wu, Ian Hodgkinson, "Precision of Brewster-angle methods for optical thin films," *J. Opt. Soc. Am. A*, Vol. 10, No. 9/ 1993.

[6] Macleod, A. "Thin-Film Optical Coatings", Thin Film Center Inc 2745 E Via Rotonda Tucson, AZ, 2002.