



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
VICERRECTORADO  
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**



**“PROYECTOS DE INVESTIGACION: (Internos, Semilla, Junior, Senior, Externo): Semilla**

Área del proyecto:	Ciencias Básicas <input checked="" type="checkbox"/>	Ciencias Aplicadas <input type="checkbox"/>
<b>FACULTAD: Ciencias</b>		
<b>DEPARTAMENTO: Física</b>		
<b>LINEA DE INVESTIGACIÓN: Nanoestructuras</b> (verificable en el saew)		

<b>1</b>	<p><b>Proyecto de Investigación Semilla</b></p> <p><b>Título:</b>  <i>Diseño y construcción de un elipsómetro de anulación para determinación del ancho de películas delgadas.</i></p> <p><b>Resumen del proyecto (máximo 200 palabras)</b>                      Actualmente, muchos de los dispositivos tecnológicos avanzados requieren en algún momento de su fabricación de la síntesis de una o varias capas de espesores inferiores a un micrón o nanométricas las cuales reciben el nombre de películas delgadas. Debido a que ellas pueden estar depositadas en substratos con propiedades físicas diferentes, las películas delgadas básicamente se emplean para optimizar las propiedades físicas del substrato o bien para la fabricación de dispositivos con propiedades físicas específicas, en particular sus características ópticas. Por lo tanto es importante conocer estas propiedades (espesor, composición, índice de refracción, coeficiente de extinción, etc.) para la correcta caracterización de la película delgada. Una técnica de análisis conocida para hacer esto es la elipsometría. La elipsometría es un método óptico que permite deducir las propiedades ópticas y físicas de un material a partir del cambio en la polarización de un haz de luz luego de su interacción con una muestra. Si la muestra es un conjunto de capas delgadas, entonces el espectro elipsométrico contendrá la información sobre el cambio de fase de la luz en cada una de las interfaces de las capas; permitiendo de esta forma la caracterización de la película delgada. El objetivo de esta propuesta es construir un elipsómetro de anulación utilizando materiales económicos y de fácil adquisición usando la experticia y algunos elementos existentes en el laboratorio de espectroscopia del DF. Usuarios potenciales son, aparte del mismo grupo de investigación asociado, los varios grupos actualmente trabajando en nanotecnología en la EPN y en el País en general.</p> <p>Palabras clave (3-5): Elipsometría, polarización, películas delgadas, nanosistemas, óptica.</p>
----------	---

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
CONSEJO ACADÉMICO

- 2 -

4	<b>Objetivos, hipótesis y resultados esperados de esta propuesta de investigación</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- <b>Objetivos:</b> <i>Diseñar y construir un elipsómetro de anulación para caracterizar y estudiar películas delgadas.</i></li><li>- <b>Hipótesis</b> Con elementos ópticos sencillos es factible construir un elipsómetro por anulación para medir el grosor de capas delgadas</li><li>- <b>Resultados esperados:</b> Un elipsómetro por anulación, un protocolo de calibración adecuado del mismo. La caracterización de películas delgadas hechas en el laboratorio y en otros de la EPN (LANUM). La capacidad instalada para ofrecer un servicio de caracterización de películas delgadas.</li><li>- <b>Potenciales Usuarios:</b> Miembros de la Sociedad de Óptica y Fotónica del Ecuador, investigadores en el área de nanotecnología, investigadores de GETNano y NanoAndes, estudiantes de la EPN, LANUM, Laboratorio de materiales DF.</li></ul>
5	<b>Relevancia de esta propuesta de investigación con los objetivos científicos del departamento y su Línea de Investigación.</b> <p>El Laboratorio de Espectroscopia Óptica y Espectrometría de Masas (LEOEM) del Departamento de Física está interesado entre otras cosas en la fabricación y estudio fundamental de nanosistemas, en particular películas nanométricas con propiedades ópticas especiales. Por lo tanto, es importante tener en el laboratorio, y la universidad en general, un instrumento que permita caracterizar óptica y físicamente estos nanosistemas. Conociendo las propiedades físicas de un sistema se puede determinar sus potenciales aplicaciones tecnológicas, especialmente con película delgadas ya que estas modifican las propiedades físicas y ópticas del material que las soporta.</p> <p>¡Recordar!.....Se consideran “Proyectos de Investigación Semilla”: investigaciones preliminares que buscan iniciar los trabajos en un tema específico y que podrán servir de base para la formulación de futuros proyectos de investigación con fuentes de financiamiento externas a la EPN. Los proyectos deberán ser originales, no presentados ni publicados anteriormente y estar enmarcados en las Líneas de Investigación de los departamentos de la EPN.)</p>
6	<b>Descripción del proyecto, metodología, cronograma de trabajo y justificación del equipo requerido</b>

- Descripción del proyecto (Máximo una carilla)

La elipsometría es una técnica no destructiva para la caracterización de películas delgadas y propiedades volumétricas de sólidos. En esta técnica la fase de la OEM se mide directamente y no se calcula indirectamente desde las ecuaciones de Kramers-Krönig, como en la reflectografía. [1, 2, 3, 4, 5] Además la elipsometría es relativamente insensible a la rugosidad de la superficie ya que no es afectada por la dispersión de luz provocada porque no requiere de la medida de la intensidad absoluta. Un elipsómetro mide el cambio en el estado de polarización de la luz incidente sobre la muestra. Si un haz polarizado linealmente incide y se refleja desde una superficie, la polarización del haz reflejado será elíptica. La orientación y forma de la elipse depende del estado de polarización de la luz incidente, el ángulo de incidencia, y las características de reflexión de la superficie. Típicamente dos parámetros se obtienen de cada medición elipsométrica:  $\psi$  la tasa de ratio los coeficientes de reflexión y  $\Delta$  el cambio de fase entre las componentes  $p$  y  $s$  de la luz polarizada. [2, 3, 5]

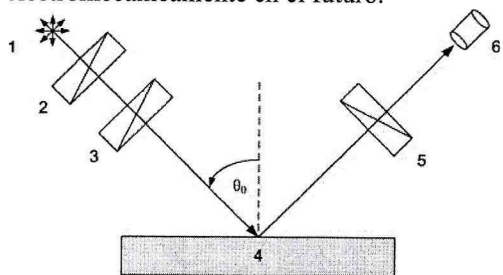
El proyecto consiste en la fabricación y calibración de un elipsómetro de anulación que permita caracterizar medir espesores de películas delgadas. Un haz láser de buena calidad polarizado en una razón de por lo menos 10000:1 incide a un ángulo determinado sobre la muestra. La anulación indicada se da cuando la rotación del plano de polarización de la luz incidente debida a la penetración dentro de la película delgada y las reflexiones internas, es tal que se cruza a  $90^\circ$  con el polarizador de análisis.

Referencias

- [1] R.M. Azzam, N.M. Bashara, Ellipsometry and polarized light, North-Holland, Amsterdam (1977)
- [2] P.S. Hauge, Recent developments in instrumentation in ellipsometry, Surf Sci, 96 (1980), pp. 108–140
- [3] T. M. El-Agez & S. A. Taya Development and construction of rotating polarizer analyzer ellipsometer, , Optics and Lasers in Engineering, Volume 49, Issue 4, April 2011, Pages 507–513
- [4] K. Vedam, Spectroscopic ellipsometry: a historical overview, Thin Solid Films, 313–314 (1998), pp. 1–9
- [5] J.A. Woollam, P.G. Snyder, M.C. Rost, Variable angle spectroscopic ellipsometry: a non-destructive characterization technique for ultrathin and multilayer materials, Thin Solid Films, 166 (1988), pp. 317–323

- Metodología y diseño de la investigación (Máximo una carilla)

El proyecto se realizara en las fases siguientes: construcción, prueba y calibración. Para la construcción del elipsómetro se utilizara una mesa óptica aislada acústicamente disponible en el Laboratorio de Óptica. Un esquema sencillo del setup se muestra en la figura. Este sistema se montará en breadboard estándar para montajes ópticos. Las partes que lo componen son 1) una fuente luz láser estabilizado, 2) un polarizador lineal fijo, 3 y 5) polarizadores rotantes, que en este caso se manipularán manualmente para abaratar costos, 4) una muestra homogénea, 6) un detector óptico sensitivo (PMT) con el que se cuenta en el laboratorio. Eventualmente, se podrá automatizar la rotación de los polarizadores electromecánicamente en el futuro.



Para el montaje, en el Laboratorio de Optica contamos con algunas monturas ópticas e instrumentos científicos. Los elementos ópticos específicos para esta aplicación serán comprados con la partida disponible para equipos del presente proyecto. Una vez que el montaje experimental haya sido realizado, se procederá a la realización de pruebas de estabilidad en longitud de onda, aislamiento acústico, reproducibilidad de las mediciones y rango dinámico, entre otras. Finalmente, se procederá a calibrar el instrumento para su uso con los nanosistemas que se fabricaran en el laboratorio y en la EPN.

Los siguientes sistemas se usarán para calibración y pruebas: películas de polímero sobre vidrio, depositadas con el spin-coater del LANUM y capas delgadas de oro sobre vidrio con las que se cuenta en el laboratorio de óptica. Las capas poliméricas podrán fabricarse en varios espesores según los parámetros del spin-coater.

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
CONSEJO ACADÉMICO**

- 4 -

Se recomienda que el proyecto, su metodología y diseño de la investigación, este sustentada en referencias bibliográficas actualizadas y que en el cronograma de ejecución del proyecto se considere el tiempo que toma la adquisición de equipos, reactivos y materiales de laboratorio.

**Cronograma de trabajo anual**

Actividad	MESES					
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
Diseño detallado	X					
Adquisición de los materiales.		X	X	X		
Realización del montaje experimental				X	X	X
Calibración y mediciones.					X	X


- Justificación del equipo requerido
  1. Un láser de HeNe, 630nm, 20mW. Es necesario como fuente de luz estabilizada en longitud de onda para excitar la muestra.
  2. Dos polarizadores lineales. Estos permiten realizar un sistema polarizador-analizador para la fuente de luz utilizada. Un haz de luz incide sobre la muestra a determinado ángulo de incidencia y con determinada polarización. Luego de la interacción de éste con la muestra, el haz de luz reflejado lleva un ángulo de polarización diferente el cual es medido por el analizador.
  3. Retardadores de cuarto de onda. Son necesarios para establecer ciertas condiciones de la polarización del haz de luz de la fuente.
  4. Monturas con goniómetro para los elementos ópticos. Necesarios para medir el ángulo de rotación con precisión suficiente.
  5. Placa de soporte óptico (60x60cm)
  6. Monturas mecánicas compatibles para soportar las piezas y partes del sistema

<b>7</b>	<b>Fecha de inicio</b> (Indique cuando iniciaría este proyecto de investigación) 1 de Agosto de 2014
<b>8</b>	<b>Tiempo dedicación docentes, infraestructura, equipamientos y fondos adicionales.</b>

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
CONSEJO ACADÉMICO**

- 5 -

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tiempos de dedicación semestral del Director de proyecto, de los docentes participantes y otros colaboradores. (Máximo 200 horas por semestre para el Director y 100 horas por semestre para los docentes colaboradores) <i>Director del proyecto: 200 horas</i> <i>Docente colaborador: 100 horas</i></li>   <li>- Infraestructura y equipos disponibles para la ejecución del proyecto En el laboratorio disponemos de un equipo GASMÁS para la medición de la concentración de oxígeno molecular en materiales dispersivos. Un espectrómetro de masas por tiempo de vuelo para MALDI y LDI con reflector y extracción retardada. Un instrumento comercial LIBS (LIBS2000+, OceanOptics Inc.) para la caracterización elemental de todo tipo de muestras, especialmente superficies y sólidos, y líquidos en forma de depósito. Equipo para la preparación de muestras y nanosistemas. Una mesa óptica aislada acústicamente. Espectrómetros portables OceanOptics Inc. Diversas fuentes de luz coherentes y no coherentes. Elementos ópticos y soportes. Sistema de geles 2D. Centrífuga. Baño ultrasónico. Balanza analítica de microgramos. Sistema de provisión de gases analíticos de N2 y Ar. Sistemas de medición de absorbancia, fluorescencia, dispersión de luz, equipo para la caracterización fototérmica de soluciones y suspensiones, equipo para análisis fotoacústico. Para este proyecto contamos con un detector PMT y algunas piezas y soportes ópticos.</li>   <li>- Otros fondos de otros organismos (si los hubiere)</li> </ul>
--	--

<b>9</b>	<b>Presupuesto estimado para la ejecución del presente proyecto</b>	
	Se recomienda que los costos de los equipos, reactivos y materiales de laboratorio, <b><u>estén sustentados con proformas actuales</u></b>	
	Lista de ítems (por favor especifique)	Cantidad solicitada (US \$)
	1. Contratación de pasantes	0
	<b>Subtotal</b>	
	2. Equipos	8.500,00
	<b>Subtotal</b>	
	3. Reactivos y materiales de laboratorio	0
	<b>Subtotal</b>	0
	4. Literatura especializada	
	<b>Subtotal</b>	
	5. Viajes técnicos y de muestreo	0
	<b>Subtotal</b>	
	6. Presentación de ponencias en congresos internacionales	1.500,00
	<b>Subtotal</b>	
	<b>TOTAL</b> (hasta US\$ 10.000,00 más IVA)	
<b>10</b>	<b>Firma del aplicante</b>	<b>Lugar y Fecha</b>
	 Nombre: César Costa Vera CC: 1102550801	Quito, 21 de mayo 2014

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
CONSEJO ACADÉMICO

- 6 -

DECLARACION DEL JEFE DE DEPARTAMENTO

Esta propuesta ha sido aprobada por el Consejo del Departamento de Física, en Sesión del 22/05/2014... mediante Resolución No. 4..... y las instalaciones, incluyendo personal, edificios, equipo y recursos financieros están a disposición del aplicante de acuerdo con las especificaciones que se encuentran en esta aplicación.

Marco J. Bayas  
JEFE DEL DEPARTAMENTO  
Nombre: Dr. Marco Bayas  
CC: 02010366



Quito, 22 de mayo de 2014  
(lugar y fecha)