

Programa Curso: Preparación, Caracterización y Aplicaciones de Láminas Delgadas

Bloque I: Introducción y Generalidades

TEMA 0: Introducción al Campo de los Recubrimientos y Láminas Delgadas

Ámbitos de aplicación de los recubrimientos y láminas delgadas. Complejidad y características del sistema recubrimiento/substrato. Visión general de las técnicas de preparación. Aspectos 'críticos' en el desarrollo de las aplicaciones de las capas delgadas. Criterios de selección para las diferentes técnicas de deposición. Programa, metodología, objetivos y método de evaluación del Curso.

TEMA 1: Tecnología e Instrumentación de Vacío

Conceptos básicos de vacío (terminología y unidades de vacío, flujo y conducción de gases, evacuación y proceso de bombeo). Requerimientos de vacío en los equipos de deposición de capas delgadas. Esquema de equipos básicos de vacío. Instrumentación (bombas de vacío) para la obtención de los diferentes grados de vacío (bajo, medio, alto y ultra-alto). Equipos de medida y control de la presión.

TEMA 2: Descargas Eléctricas en Medios Ionizados: Plasmas

Conceptos generales de los plasmas. Descargas eléctricas entre dos electrodos. Regiones dentro de las descargas luminosas. Ley de Paschen. Características generales de los plasmas usados en las técnicas de deposición de capas. Comparación entre los diferentes tipos de plasma. Procesos del plasma en corriente continua y alterna. Descargas capacitivas e inductivas. Plasmas fríos y plasmas térmicos. Aplicaciones y ejemplos del uso de plasmas en el procesado de los materiales.

TEMA 3: Mecanismos de Nucleación y Crecimiento de Láminas Delgadas

Procesos y etapas en el crecimiento de capas delgadas. Nucleación y primeros estadios del crecimiento de la película. Tipos de crecimiento y formación de capas continuas. Influencia de los parámetros del crecimiento en las microestructura de las capas.

Bloque II: Técnicas de Deposición de Láminas Delgadas

TEMA 4: Deposición Física en Fase Vapor (PVD) I: Métodos de Evaporación y Asistencia con Haces de Iones

Fundamentos físicos de la evaporación térmica. Conceptos básicos de la teoría cinética de gases y efecto en la direccionalidad. Fuentes de evaporación. Evaporación de aleaciones, mezclas y compuestos. Evaporación reactiva y activada. Procesado de materiales mediante bombardeo con iones. Procesos de interacción de partículas energéticas con superficies. Fuentes para la producción de haces de iones. Técnicas de deposición mediante haces de iones dirigidos. Ejemplos de aplicación de las fuentes de iones en la preparación de capas.

TEMA 5: PVD II: Deposición Mediante Pulverización Catódica ('sputtering')

Introducción. Mecanismos básicos de 'sputtering'. Eficiencia de 'sputtering'. 'Sputtering' de aleaciones y compuestos. Técnicas de 'sputtering' en corriente continua (DC) y alterna (RF). 'Sputtering' reactivo. Técnicas avanzadas con alta ionización (pulsado, HIPIMS). Aplicaciones tecnológicas del 'sputtering'.

TEMA 6: PVD III: Deposición Epitaxial Mediante Haces Moleculares (MBE)

Fundamentos de la técnica MBE. Descripción del equipo experimental incluyendo técnicas auxiliares (QMS) y de caracterización in-situ (RHEED, RDS, etc). Modificaciones de la técnica MBE (MOMBE, CBE, etc). Aplicaciones tecnológicas de capas mediante el crecimiento MBE.

TEMA 7: Deposición química en fase de Vapor (CVD)

Aspectos básicos y fundamentos de las técnicas CVD. Reacciones y cinética en procesos CVD. Clasificación y descripción de las diferentes técnicas de CVD según la activación por métodos térmicos (APCVD y LPCVD), plasma (PACVD) o láser (LCVD). Equipos de CVD para la producción de capas delgadas (requerimientos básicos y reactores de PACVD). Ejemplos de deposición mediante la técnica de CVD.

TEMA 8: Preparación de recubrimientos por Sol-Gel: Aplicaciones en óptica y electro-óptica

Introducción y principios básicos del proceso Sol-Gel. Sistema híbrido matriz inorgánica-molécula orgánica (en 'bulk' y película delgada). Preparación y optimización mediante dopaje ('Doping'). Ejemplos de vidrios sol-gel con aplicaciones ópticas y electroópticas: vidrios láser, vidrios fotocrómicos, cristales líquidos dispersos en lámina delgada de vidrio ('Glass Dispersed Liquid Crystals', GDLC).

TEMA 9: Métodos Químicos y Electroquímicos de Deposición

Métodos químicos y electroquímicos de deposición de películas delgadas: sistemas no-polarizados y polarizados. Métodos de oxidación para la formación de películas dieléctricas (térmica, por plasma de R.F. y anódica). Preparación de materiales porosos y nano-materiales. Modelos teóricos. Aplicaciones.

TEMA 10: Tratamientos superficiales

Tecnologías para el tratamiento superficial (nitruración, cementación, etc.). Modificación superficial mediante procesos de difusión térmica e iónica (implantación). Tratamientos por plasma (proyección e inmersión) y láser. Texturización y grabado de superficies.

Bloque III: Técnicas de Caracterización de Láminas Delgadas

TEMA 11: Técnicas Ópticas y Espectroscópicas (FTIR, Raman, UV, elipsometría)

Ondas electromagnéticas y polarización de la luz. Interacción de la luz con medios materiales. Polarizabilidad. Bandas de energía electrónicas. Propiedades y parámetros ópticos. Índice de refracción y coeficiente de extinción. Ventanas de transparencia de algunos materiales. Dispersión, difusión e interferencia de la luz. Propiedades vibracionales. Propiedades ópticas de multicapas. Filtros interferenciales y espejos Bragg. Recubrimientos ópticos. Técnicas ópticas y espectroscópicas (absorción y reflectancia, elipsometría, fotoluminiscencia y catodoluminiscencia, emisión atómica y LIBS, espectroscopías vibracionales de infrarrojo y Raman).

TEMA 12: Técnicas de Análisis con Rayos-X (XRD, EXAFS, XANES, PES, etc.)

Producción de rayos X. Radiación sincrotrón. Interacción inelástica fotón-materia: absorción y emisión. Técnicas asociadas a la absorción de rayos-X: EXAFS, XANES, PES, XES, etc. Interacción elástica fotón-materia: difracción. Técnicas de difracción con haces intensos: difracción de superficies, bajo ángulo, magnética, etc. Aplicaciones al estudio de láminas delgadas.

TEMA 13: Espectroscopías de Electrones y Fotones (AES, XPS)

a) Espectroscopía de electrones Auger (AES): Transiciones Auger, sistema experimental, análisis cuantitativo y en profundidad. b) Espectroscopía de fotoelectrones de rayos X (XPS): Consideraciones experimentales, energía cinética de los fotoelectrones, espectro de energías, energía de enlace y efectos de estado final, desplazamientos de energía, desplazamiento químico. Análisis cuantitativo. Ejemplos del estudio sobre el crecimiento, reactividad y estabilidad de sistemas en forma de lámina delgada.

TEMA 14: Técnicas de Análisis con Haces de Iones Energéticos (IBA)

Introducción y conceptos generales de las técnicas IBA. Fundamentos de la interacción de iones energéticos con superficies y láminas delgadas. Colisión elástica binaria. Espectrometría de retrodispersión Rutherford (RBS) y retroceso elástico de iones (ERDA). Otras técnicas de análisis (canalización, NRA, PIXE). Instrumentación básica y avanzada para el uso de las técnicas IBA.

TEMA 15: Microscopía Electrónica y de Proximidad (TEM, SEM, STM, AFM, etc.)

Introducción a la microscopía. Microscopía óptica. Producción de un haz de electrones e interacción con la materia. Microscopía electrónica de barrido (SEM) y transmisión (TEM). Resolución y contraste. Microscopios de proximidad «tipo sonda»: Efecto Túnel (STM) y de Fuerzas Atómicas (AFM). Comparación entre los distintos microscópicos.

Bloque IV: Aplicaciones de las Láminas Delgadas

TEMA 16: Aplicaciones de Láminas Delgadas en Dispositivos Microelectrónicos

Papel de las láminas delgadas en los dispositivos integrados. Estructura de capas en un dispositivo integrado. Tecnología planar y métodos de fabricación por fotolitografía. Preparación del sustrato. Crecimiento y deposición de capas aislantes. Implantación de dopantes. Deposición de contactos y capas conductoras. Aplicaciones en dispositivos MOSFET. Aplicaciones en Sensores.

TEMA 17: Aplicaciones de Recubrimientos en Ambientes Corrosivos y Biológicos

Principios básicos de la corrosión. Materiales utilizados en revestimientos protectores. Técnicas de preparación de recubrimientos metálicos y de modificación superficial: Implantación iónica y Procesado por Láser (Aleación y Plaqueado, *Laser Cladding*). Procesado de superficies para aplicaciones biomédicas.

TEMA 18: Aplicaciones de Láminas Delgadas en Óptica y Optoelectrónica

Recubrimientos ópticos (filtros, recubrimientos interferenciales, recubrimientos ópticos activos e inteligentes, recubrimientos selectivos en arquitectura). Detectores de luz (CCDs, CMOS). Emisores de luz (LEDs, OLEDs, láseres de diodo). Pantallas (CRTs, LCDs). Energía solar. Dispositivos fotónicos y óptica integrada (guías de onda, comunicaciones ópticas). Almacenamiento óptico (CDs, DVDs, Blu-rays). Plasmónica. Circuitos fotónicos integrados (PIC).

TEMA 19: Propiedades y Aplicaciones Magnéticas de Láminas Delgadas.

Magnetismo de momentos localizados e itinerantes, anisotropía, histéresis y relajación de la imanación. Películas magnéticas metálicas y no metálicas (obtención, propiedades intrínsecas y propiedades histeréticas). Aplicaciones de las películas magnéticas: registro magnético de información. El futuro de las películas magnéticas: magneto-electrónica.

TEMA 20: Recubrimientos para Aplicaciones Mecánicas y Tribológicas

Propiedades mecánicas (módulo elástico, dureza, tenacidad, etc.) y tribológicas (fricción, Desgaste, etc.) de los materiales. Otras propiedades relevantes asociadas a las capas delgadas: tensiones internas y adherencia. Medida de las propiedades mecánicas de recubrimientos. Aplicaciones mecánicas de las capas. Selección de materiales (recubrimientos duros y blandos). Recubrimientos funcionales (requerimientos y técnicas de preparación). Aplicaciones tecnológicas en herramientas de corte e implantes biomédicos.

TEMA 21: Prácticas de Laboratorio (Opcional)

Preparación y caracterización de capas delgadas crecidas por técnicas de PVD y CVD.