

CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES

MAESTRÍA EN CIENCIAS FÍSICAS - CIENCIA DE MATERIALES

Curso especial: materia dividida en dos módulos equivalentes a media materia cada uno.

Carga horaria: 8 horas semanales

Período: febrero-junio

Módulo 1:

Docente: Alberto Caneiro

Microscopía electrónica de barrido

Rayos-X, electrones y neutrones, longitud de onda y energía. Interacción electrón-materia. Emisión electrónica. Características del espectro de emisión electrónica. Física de la emisión de electrones secundarios. Física de la emisión de electrones retrodispersados. Contrastes de corriente absorbida, magnético, cristalino y de potencial. Método de Monte Carlo. Los cañones de electrones. EBSD (Electron Back Scattered Diffraction).

Microanálisis con sonda de electrones

Emisión de rayos-X (espectro continuo, espectro característico). Niveles atómicos. Mecanismos de emisión. Naturaleza del espectro característico. Transferencia de ionización (Transiciones de Koster-Kröning). Espectro de rayos-X observado. Interacción de los rayos-X generados por el haz de electrones con la muestra. Absorción de rayos-X. Fluorescencia. Cálculo de la intensidad generada en la muestra que llega al detector. Método ZAF. Método $\rho(z)$. Detectores EDS y WDS.

Difracción de rayos-X

Difracción de Fraunhofer. Radiación X, polarización y secciones eficaces. Densidad electrónica, series de Fourier y red recíproca. Red directa y red recíproca. Ecuación de Laue. Construcción de Ewald. Factor de estructura y factor de forma atómico. Comparación con electrones y neutrones. Intensidad dispersada. Función de interferencia y factor de Debye-Waller. Factor de Lorentz.

Microscopía electrónica de transmisión

Ejemplos de microscopía electrónica de transmisión. Comparación barrido-transmisión. Ideas básicas. Difracción de electrones. Dispersión elástica de electrones. El microscopio. Modo difracción, modo imagen. Campo claro. Campo oscuro. Teoría cinemática. Contraste por espesor, bandas de doblado, dislocaciones y fallas de apilamiento. Microscopía electrónica de

alta resolución, contraste de fase. Función de transferencia de contraste. Defoco de Scherzer. Transmisión y barrido en el mismo microscopio. Contraste en Z. Ejemplos.

Bibliografía

- Scanning electron microscopy and x-ray microanalysis, Goldstein J, New York, Plenum, 1992.
- Microanalyse et Microscopie Electronique a Balayage, Maurice F, Meny L et Tixier R, Les Editions de Physique, Cedex, 1978.
- Applications and prospect of high resolution EBSD, Kyuhwan Oh, Seoul National University.
- An Introduction to crystallography, Phillips FC, Longmans, London, 1963.
- Fundamentals of crystallography, C. Giacovazzo (Editor), IUCr texts on Crystallography 2, Oxford Science Publications, 1992.
- Diffraction Physics, Cowley JM.
- Electron microscopy of thin crystals, Hirsch PB et al.
- Transmission Electron Microscopy, Williams DB and Carter CB.
- Transmission Electron Microscopy, Reimer et al.
- Transmission Electron Microscopy of Metals, Thomas G.
- Fundamentals of Transmission Electron Microscopy, Heidenreich R.

Módulo 2:

Docente: Alejandro Butera

Propiedades Espectroscópicas

Deducción de la estructura de niveles de energía en átomos. Aproximación de campo central. Interacción spin-órbita. Efectos del núcleo en la estructura atómica: estructura hiperfina. Reglas de selección. Efectos de la aplicación de un campo magnético: interacción Zeeman, factor de Landé, efecto Paschen-Back, efecto Back-Goudsmit.

Excitaciones de cuasipartículas: fonones, plasmones, magnones.

Interacción de radiación con la materia: función dieléctrica, frecuencia de plasma, reflectividad, relaciones de Kramers-Kronig. Relación de Clausius-Mossotti.

Comparación de mecanismos espectroscópicos según la energía de excitación involucrada y sus tiempos característicos

- Fenómenos de baja energía

Resonancia Paramagnética Electrónica: ecuaciones de Bloch, tiempos de relajación T1 y T2, susceptibilidad compleja. Formas de línea: ensanchamiento dipolar, motional narrowing, angostamiento por intercambio. Relajación a la red vía fonones (procesos directo, Raman, Orbach) y electrones (Korringa). Hamiltoniano de espín efectivo: interacciones Zeeman, campo cristalino, hiperfina, cuadrupolar.

Resonancia Nuclear Magnética (NMR): corrimiento químico. NMR pulsado: secuencias 90° y spin-eco. Ángulo mágico de rotación para NMR. Knight Shift. Resonancia nuclear cuadrupolar. Espectroscopía con rayos gamma: efecto Mössbauer. Tipos de fuentes, corrimiento isomérico, desdoblamiento cuadrupolar eléctrico, interacción Zeeman.

Ejemplos experimentales.

- Fenómenos de energía intermedia

Efecto Raman: líneas Stokes y antiStokes, relación entre las intensidades, efecto de la simetría del cristal, tensor Raman, notación de Porto.

Espectroscopía infrarroja: NIR, MIR, FIR, modos vibracionales en moléculas. Espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier.

Microscopía y espectrometría por efecto túnel: corriente túnel, densidad de estados ocupados y desocupados.

Microscopías de fuerza: atómica, magnética, eléctrica, etc.

Ejemplos experimentales.

- Fenómenos de alta energía

Fluorescencia de rayos-X, fotoionización, competencia entre recombinación radiativa (análisis EDX) y emisión de electrones Auger.

Espectroscopía de fotoelectrones: Auger, XPS, UPS. Absorción de rayos X: técnicas de estudio del borde de absorción: XANES, EXAFS.

Espectrometría con electrones: EELS. Regiones de energías bajas, intermedias y altas.

Estructura cerca del borde de absorción. ELNES, EXELFS.

Ejemplos experimentales.

Bibliografía

- Solid State Spectroscopy, H. Kuzmany, Springer, 1998.
- Handbook of Applied Solid State Spectroscopy, D.R. Vij, Springer, 2006.
- Encyclopedia of Material Characterization, Surfaces, Interfaces, Thin films, C.R. Brundle, Ed. Butterworth-Heinemann, 1992.
- Condensed Matter Physics, M. Marder, Wiley, 2000.
- Introduction to solid state physics, Charles Kittel, 7th ed., New York, Wiley, 1996.
- Quantum Theory of Magnetism, R.M. White, 3rd ed., Springer, 2007.