
Materia: CARACTERIZACIÓN DE NANOESTRUCTURAS I

Duración	Sesiones/semana	Carga semanal	Semestre
16 semanas	1	3 hrs	Segundo del año

Profesores que han impartido el curso: *Dr. Daniel Bahena. Dr. Gerardo Cabaños, Dr. Yuriy Koudriavtsev y Dr. Frantisek Sutara.*

Propósitos: Este curso tiene el propósito de introducir al estudiante a las técnicas más comunes para la caracterización estructural de nanoestructuras, las cuales se pueden enmarcar en técnicas de microscopías electrónicas, técnicas de difracción de rayos X y espectroscopías electrónicas y de iones. Todas ellas enfocadas a nanoestructuras o materiales nanoestructurados, como principal paradigma de investigación con estas técnicas.

Contenidos:

- 1 Difracción de rayos X en nanoestructuras.
 - 1.1 Principios de difracción.
 - 1.2 Difracción de rayos X por monocristales y policristales.
 - 1.3 Difracción de rayos X por nanopartículas y películas delgadas.
 - 1.4 Determinación de tamaño de cristalito y microdeformación.

- 2 Microscopías electrónicas aplicadas a sistemas nanométricos.
 - 2.1 Scan Electron Microscopy (SEM).
 - 2.1.1 Microscopía electrónica de Barrido. Principios de funcionamiento. Tipos de señales e imágenes. Difracción de electrones retrodispersados.
 - 2.1.2 Microanálisis por espectrometría de rayos X. Tipos de detectores. Análisis cualitativo. Análisis cuantitativo.
 - 2.2 Transmission Electron Microscopy (TEM).
 - 2.3 Atomic Force Microscopy (AFM).
 - 2.3.1 Interacción de una punta fina con superficie: las fuerzas moleculares.
 - 2.3.2 Equipo de AFM.
 - 2.3.3 Regímenes de medición: a) moda de contacto; b) moda sin contacto; c) moda semi-contacto.
 - 2.3.4 Fuerzas laterales.
 - 2.3.5 Microscopía de Resistencia Local (Spreading Resistance Image).
 - 2.3.6 Microscopía de Fuerzas Magnéticas;

2.3.7 Microscopia de Fuerzas Eléctricas: a) Sondo de Kelvin, b) Microscopia de Capacitancia Escaneo.

2.3.8 Aplicación de AFM para análisis materiales nano-estructurados.

2.3.9 Practica: Medición de unas muestras con microscopio Solver Next.

3. Espectroscopias de iones y electrónicas.

3.1 SIMS.

3.1.1 Descripción física de la interacción ión-sólido:

3.1.2 Teoría de colisiones atómicas. Erosión mediante bombardeo con iones (sputtering)

3.1.3 Implantación de iones. Emisión de iones secundarios.

3.1.4 Equipo SIMS. Regimenes de medición. Cuantificación de datos experimentales.

3.1.5 Aplicación de SIMS para análisis materiales.

3.1.6 Conclusión: características analíticas del SIMS.

3.1.7 Practica: Medición de hetero-estructuras semiconductoras con ims-6f.

3.2 Auger spectroscopy.

3.2.1 Introduction: terminology, atomic energy levels notation.

3.2.2 The principles of AES: Core level ionization, Relaxation of ionized atom – X-ray fluorescence vs. Auger effect, Energy of Auger electrons, Auger transitions notation, Inelastic mean free path, Information depth – AES surface sensitivity.

3.2.3 Electron interaction with solid: Secondary electrons, Auger electrons and Backscattered electrons energy distribution, Direct / Differentiated electron energy spectrum.

3.2.4 Quantitative analysis.

3.2.5 Depth profiling techniques.

3.2.6 Instrumentation: Electron energy analyzers – principal components, Most commonly used electron energy analyzers for AES.

3.2.7 Common applications of AES.

3.3 XPS.

3.3.1 The principles of XPS: X-ray absorption, Photoemission, Relaxation of ionized atom – Auger electrons in XPS spectra, Photoelectron energy.

3.3.2 Inelastic mean free path, Information depth – XPS surface sensitivity.

3.3.4 Photoelectron spectra: Spin-orbit peak splitting, Auger peaks, Background shape, Chemical shift, Artifacts.

3.3.5 Quantitative analysis.

3.3.6 Depth profiling techniques.

3.3.7 Instrumentation: X-ray sources, Electron energy analyzers – principal components, Most commonly used electron energy analyzers for XPS.

3.3.8 Common applications of XPS.

Referencias:

1. *Transmission Electron Microscopy and Diffraction of Materials*. Brent Fultz and James Howe, Third Edition, Springer, 2008
2. *Transmission Electron Microscopy "A text book for Materials Science"* David B. Williams and C. Barry Carter, Second Edition, Springer, 2009
- 3: *Transmission Electron Microscopy "Physics of Image Formation"*. Ludwig Reimer and Helmut Kohl, Fifth Edition, Springer, 2008

4. *High Resolution Transmission Electron Microscopy*. John C. H. Spence, First publish in paperback, Oxford Science Publications 2009
5. "Scanning Microscopy for Nanotechnology: Techniques and Applications". Weillie Zhou and Zhong Lin Wang, Publisher: Springer |2006| ISBN 0387333258, 522 pages
- 6 "Handbook of Sample Preparation for Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis" Patrick Echlin, Springer | 2009 | ISBN: 0387857303 | 200 pages
1. " *Scanning Probe Microscopy: Atomic Scale Engineering by Forces and Currents*" Adam Foster , Werner A. Hofer Publisher: Springer, 2006, ISBN 0387400907, 281pages
2. " *Surface Analysis with STM and AFM: Experimental and Theoretical Aspects of Image Analysis*" Sergei N. Magonov, Myung-Hwan Whangbo, VCH Publishers, 1996, ISBN: 3527293132, 323 pages
3. " *Atomic Force Microscopy in Process Engineering: An Introduction to AFM for Improved Processes and Products*" W. Richard Bowen, Nidal Hilal –Butterworth-Heinemann, 2009, ISBN: 1856175170, 352 Pages
4. "Handbook of Microscopy for Nanotechnology (Nanostructure Science & Technology)" Nan Yao, Zhong L. Wang, Springer, 2005, ISBN: 1402080034, 742 pages
5. Feldman, Leonard C., Fundamentals of surface and thin film analysis, North Holland, 1986
6. Surface and Thin Film Analysis: Principles, Instrumentation, Application, Edited by H. Bubert and H. Jenett, Wiley VCH, Verlag , Dortmund, 2002
7. D.P. Woodruff, T.A. Delchar, Modern techniques of Surface Analysis, Cambridge University Press, New York, 1986
8. D. Sarig, Scanning Force Microscopy, Oxford University Press, 1991
9. D. P. Woodruff, T. A. Delchar, Modern Techniques of Surface Science, Cambridge University Press, Cambridge, 1986, 1994
10. J. M. Walls, ed., Methods of Surface Analysis. Cambridge University Press, Cambridge, 1989
11. J. T. Grant, D. Briggs, ed., Surface Analysis by Auger and X-ray Photoelectron Spectroscopy, IM Publications, Chichester, UK, 2003
12. J. C. Riviere, Surface analytical techniques, Oxford: Clarendon Press, 1990
13. John F. Watts, An introduction to surface analysis by electron spectroscopy, Oxford University Press; Royal Microscopical Society, 1990
14. Leonard C. Feldman, James W. Mayer, Fundamentals of Surface and Thin Film Analysis, New York: North-Holland, 1986
15. M. P. Seah, D. Briggs, ed., Practical Surface Analysis by Auger and X-ray Photoelectron Spectroscopy, Wiley & Sons, Chichester, UK, 1992
16. Scanning Electron Microscopy: Physics of Image Formation and Microanálisis (Springer Series in optical sciences) by Ludwig Reimer and P.W. Hawkes (2010)
17. Scanning Transmission Electron Microscopy: Imaging and Analysis by Stephen J. Pennycook and Peter D. Nellist (2010).
18. Physical Principles of Electron Microscopy: An Introduction to TEM, SEM, and AEM by Egerton, Ray F. Boston, MA: Springer Science+Business Media, Inc., (2005)
19. Optical processes in semiconductors. Jacques I. Pankove. Prentice-Hall, 1971