

Sistemas Mesoscópicos y Nanoestructurados año 2019

Módulo I: Propiedades magnéticas en sistemas nanoestructurados (1/2 materia = 4 créditos)

- 1- Fundamentos: Clasificación de materiales magnéticos. Magnetismo colectivo: momentos magnéticos itinerantes, desdoblamiento de bandas, criterio de Stoner para ferromagnetismo. Interacciones entre momentos localizados: dipolar magnética, intercambio directo, superintercambio, RKKY, doble intercambio.
- 2- Anisotropía en materiales magnéticos:
 - a. Magnetocristalina. Origen, Sistemas cúbicos, hexagonales, tetragonales. Ejemplos.
 - b. de Forma. Tensor demagnetizante. Energía magnetostática para diferentes geometrías.
 - c. por Tensiones. Origen. Magnetostricción espontánea e inducida. Ejemplos
 - d. Magnéticamente Inducida. Ejemplo en aleaciones binarias. Forma funcional para diferentes simetrías cristalinas
 - e. Sistemas con dos o más formas de anisotropía.
 - f. Modelo de Stoner-Wohlfarth para las curvas M vs. H en casos simples.
- 3- Anisotropía magnética en films
 - a. Efectos de la superficie en films únicos y bicapas magnéticas.
 - b. Efectos magnetoelásticos. Régimen coherente e incoherente
 - c. Efectos de rugosidad e interdifusión
 - d. Determinación de la constante de anisotropía efectiva.
- 4- Dominios Magnéticos
 - a. Modelo para la estimación del tamaño de los dominios.
 - b. Modelo para la determinación del tamaño de la pared de dominio.
 - c. Movimiento de paredes de dominio. Efectos de inclusiones y microtensiones residuales.
 - d. Paredes de dominio en films. Tipo Bloch, Néel y Cross Tie.
 - e. Dominios en films nanoestructurados. Dependencia de la configuración de dominios con el tamaño lateral y el espesor. Tamaño del core en un dominio tipo vórtice.
 - f. Algoritmo para la construcción de dominios magnéticos en elementos estructurados.
- 5- Magnetismo en films y multicapas.
 - a. Influencia de las interfaces, del espesor del film, de capas protectoras magnéticas o no magnéticas
 - b. Exchange anisotropy. Anisotropía unidireccional. Exchange Bias. Sistemas en los que se observa exchange bias. Modelo fenomenológico. Cálculo del campo de intercambio. Dependencia del campo de intercambio con el espesor de las capas FM y AFM. Superficies compensadas vs. No compensadas. Anisotropía positiva. Efectos de la temperatura. Modelo de Mauri. Interpretación del fenómeno basada en resultados recientes de X-PEEM y XMCD
 - c. Exchange Spring Magnets. Características. Dependencia de las propiedades magnéticas con el espesor de las capas. Espesor crítico. Modelo para explicar los lazos de histéresis.
 - d. Multicapas. Acople a través de un espaciador. Acople bilineal y bicuadrático. Acople oscilatorio tipo RKKY. Medición del campo de

acople y del período de oscilación. Espaciadores magnéticamente ordenados. Influencia de la rugosidad de las superficies. Efecto “orange peel”. Frustración.

6- Magnetorresistencia en films y multicapas.

- a. MR normal, anisotrópica (AMR), Gigante (GMR), Túnel (TMR) y colosal (CMR). Modelos fenomenológicos y sistemas en los que se observan. Dependencia con los distintos parámetros de fabricación. Válvulas de spin. Transporte electrónico y de spin en interfaces. Tensión de acumulación de espín. Resistencia de interfaz. Modelos de Jullière y Slonczewski para TMR. Junturas túnel con espaciador amorfo y cristalino. Efecto de Spin Filtering en junturas túnel con MgO.
- b. Corrientes de carga y corriente pura de spin. Efecto Hall de Spin (SHE) y Efecto Hall de Spin Inverso (ISHE). Ángulo Hall de Spin, Spin Mixing Conductance, longitud de difusión de spin. Spin Pumping.
- c. Transferencia de momento angular de spin en junturas magnéticas. Modelo fenomenológico de spin torque. Corriente crítica de inversión. Emisión de microondas.
- d. Aplicaciones de GMR y TMR. Memorias MRAM: arquitectura, proceso de lectura y escritura. Toggle MRAM, STT-RAM, SOT-RAM: diseño y funcionamiento.

Forma de evaluación: Examen final escrito y charlas a cargo de los alumnos sobre temas seleccionados.

Bibliografía general

- Getzlaff: Fundamental of Magnetism. (2008)
- Stöhr, Siegmann: Magnetism, from fundamentals to nanoscale dynamics (2006)
- Coey, Magnetism and Magnetic Materials (2010)
- Chikazumi: Physics of magnetism.
- Cullity: Introduction to magnetic materials (2009)
- Alberto P. Guimarães: Principles of Nanomagnetism (2017)
- Blundell: Magnetism in Condensed Matter (2001)

Magnetismo en films y multicapas - espintrónica

- Ultrathin Magnetic Structures vols. I-IV
- Spintronics. IBM J. Res. & Dev. Vol. 50 N° 1 pp 1-148 (2006)
- Dieny B.: Introduction to magnetic random-access memory (2017)
- Interface-induced phenomena in magnetism, Frances Hellman et al. Rev. Mod. Phys., vol.89, 025006, (2017)
- Spintronics based random access memory: a review. Sabpreet Bhatti et al. Materials Today, Volume 20, Number 9, p.509, (2017).

Exchange Anisotropy

- Exchange Bias: Nogués et al. Phys. Rep. Vol. 422, pp. 65-117 (2005)
Nogués, Schuller, JMMM vol. 192, pp 203-232 (1999)
- Exchange anisotropy: Berkovitz, Takano, JMMM v. 200, p.552 (1999)
Meiklejohn, JAP v.33, p.1328 (1962)

Exchange Spring Magnets: Fullerton et al, JMMM v. 200, p.392 (1999)