

# *Materiales Magnéticos: Principios y Aplicaciones*

2005

*Carga horaria: sesenta horas.*

## *1. Introducción*

Ecuaciones de Maxwell. Materiales magnéticos. Descripción microscópica de propiedades magnéticas macroscópicas. Materiales magnéticos en la tecnología moderna. Aplicaciones genéricas.

## *2. Magnetismo clásico*

Teoría clásica de electrones libres del magnetismo. Razón giromagnética orbital. Diamagnetismo. Paramagnetismo.

## *3. Magnetismo en óxidos y metales*

Spin y ferromagnetismo. Razones giromagnéticas para los momentos orbital y de spin. Teoría cuántica del paramagnetismo. Intercambio en aislantes. Regla de Hund. Superintercambio en óxidos. Enlaces y magnetismo en metales. Magnetismo *3d*. Magnetismo *4f*. Orbitales moleculares en metales. Curvas de Slater-Pauling. Temperatura de Curie. Teorías de bandas del magnetismo.

## *4. Energía libre magnética*

Anisotropía, Anisotropía en metales y aislantes, Magnetostricción en metales y aislantes. Anisotropía magneto elástica. Influencia de las tensiones sobre la magnetización. Energía dipolar. Energía de intercambio. Energía en un campo externo. Dominios y paredes de dominios magnéticos. Espesor y densidad de energía de paredes de dominio de Bloch y de paredes de Néel., Dominios de clausura. Dominios en films delgados. Partículas finas mono-dominio. Superparamagnetismo. Microestructura atómica y microestructura magnética.

## *5. Histéresis magnética*

Tipos de histéresis. Histéresis independiente del tiempo. Fenómenos dependientes del tiempo. Corrientes parásitas y pérdidas magnéticas. Relajación térmicamente activada. Reptación. Viscosidad magnética.

## *6. Procesos de magnetización*

Aproximación de campo aplicado cuasi-estático. Rotación reversible. Rotación homogénea irreversible. Modos de rotación no homogéneos. Movimiento de paredes de dominio. Nucleación y expansión de dominios inversos. Ondas de spin en ferromagnetos. Mecanismos de coercitividad.

## *7. Materiales magnéticos blandos*

Comportamiento ferromagnético blando de aleaciones Si-Fe, Fe-Ni, Fe-Co y de ferrites blandas, amorfos y aleaciones nanocristalinas. Permeabilidad, rotación irreversible AC, profundidad de skin, Aplicaciones: pérdidas por histéresis y corrientes parásitas. Resonancia ferromagnética.

## *8. Magnetismo en amorfos*

Sólidos amorfos. Interacciones competitivas. Fluctuaciones de intercambio. Anisotropía local aleatoria. Modelos de magnetismo en amorfos. Ferromagnetos y ferrimagnetos amorfos. Efecto del aleante y del desorden. Resistividad.

#### 9. *Materiales magnéticos nanocristalinos*

Fluctuaciones de intercambio. Efectos de la anisotropía aleatoria sobre las propiedades. Escalas de longitud características. Mecanismos de coercitividad.

#### 10. *Materiales magnéticos duros*

$M-H$ ,  $B-H$ ,  $(B-H)_{\max}$ , Partículas finas. Nucleación vs. Pinning. Materiales modelos:: Alnico, Ferrita de Ba, Co-RE, Fe-RE-B.

#### 11. *Transporte electrónico en materiales magnéticos*

Conductividad eléctrica de metales y aleaciones a la luz de la estructura electrónica. Teoría de Ziman para metales líquidos. Efecto Hall y magnetorresistencia (MR). Cabezales MR. Mecanismos de scattering de spin. Magnetorresistencia gigante (GMR). Spin tunneling.

#### 12. *Magnetismo en superficies y películas delgadas*

Estructura electrónica en la superficie y magnetismo. Momentos superficiales. Fases metastables. *Misfit strain*. Crecimiento epitaxial, Anisotropía magnética superficial y magnetostricción, Dominios. Dispositivos.

#### 13. *Medios magnéticos de grabación*

La física de la grabación. Conceptos básicos de medio de grabación y cabezales. Campos de Karlkvist. Ruido. Materiales magnéticos para almacenamiento de datos. Partículas de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CrO}_2$ , Co- óxido férrico, ferrita de bario. Películas delgadas. Cabezales MR. Válvulas de Spin. Magnetic Random Access Memories.

### ***Laboratorios***

14. Lazos de histéresis ( $M-H$ ) usando Vibrating Sample Magnetometer (VSM).

15. Magnetización versus campo magnético aplicado y temperatura, usando VSM.

16. Simulación Montecarlo de un modelo de Ising. 2D.

17. Mecanismos de relajación térmica: determinación de campos medios de fluctuaciones y de volúmenes de activación.

***Problemas***

***Bibliografía***

Giorgio Bertotti, *Hysteresis in magnetism*. Academic Press. San Diego 1998.

Takahito Kaneyosi. *Introduction to amorphous magnets*. World Scientific Publishing Co. class="GramE"Singapore 1992.

R. C. O'Handley, *Modern magnetic Materials: principles and applications*. John Wiley and Sons, New York, 2000

***Córdoba, noviembre 2004***