

Información General sobre Materiales, Seguridad y Equipos para la Nanotecnología

ESC 211

Traducción: Prof. Esteban Rosim Fachini – Universidad de Puerto Rico – Recinto de Río Piedras

Unidad 3

Visión General de Materiales

Conferencia 11

Clasificando los Materiales según sus Propiedades Físicas: Propiedades Magnéticas

Contenido

- Las Unidades Básicas para Hacer Materiales—Átomos
- Átomos, Moléculas y Materiales
- Modos de clasificar los Materiales
 - * Tipo de enlace químico
 - * Orgánico e Inorgánico
 - * Fase
 - * Estructura
 - * Propiedades químicas
 - * Propiedades físicas

Contenido

- **Modos de Clasificar los Materiales**
 - * **¿Qué significa “propiedades físicas”?**
 - * **Clasificando según las propiedades físicas: Propiedades Magnéticas**
 - * **Tipos de comportamiento magnético**
 - * **Magnetoresistencia gigante**
 - * **Espintrónica**

Propiedades Magnéticas

- Las propiedades magnéticas de los materiales caracterizan el tipo de respuesta de los materiales a un campo magnético aplicado.
- La propiedad básica usada para cuantificar esta respuesta es la **permeabilidad magnética μ** .
- La cantidad **μ_0** es la permeabilidad del vacío (ausencia de cualquier material) de modo que $\mu = \mu_r \mu_0$ donde μ_r recibe el nombre de permeabilidad relativa.
- Los diferentes tipos de materiales son afectados en diferentes grados por un campo eléctrico.
- Sustancias cuya influencia del campo es despreciable (o sea, $\mu = \mu_0$) son conocidas como sustancias no magnéticas. Entre ellas tenemos el cobre, el aluminio, los gases y los plásticos.

Los 3 Orígenes de las Propiedades Magnéticas

- (1) El momento magnético de un electrón (**el electrón tiene carga, masa y un momento magnético**) es el fenómeno de la mecánica cuántica de **espín electrónico**. La naturaleza de este giro hace que el electrón sólo pueda estar en uno de dos estados, con el campo magnético apuntando "hacia arriba" o "hacia abajo". Estos giros pueden cooperar en algunos casos originando un momento magnético (macroscópico) a un material. Este efecto es la principal causa del **ferromagnetismo**.
- (2) **El momento angular orbital-electrónico de los electrones alrededor del núcleo**. Cuando estos pequeños dipolos magnéticos están alineados en la misma dirección, sus respectivos campos magnéticos se suman para crear un campo macroscópico mensurable.
- (3) **Los momentos magnéticos nucleares también ocurren**. Sin embargo, como son miles de veces más pequeños que los momentos magnéticos de electrones generalmente son insignificantes. Los momentos magnéticos nucleares son importantes en algunas situaciones, tales como en su uso en formación de imágenes por resonancia magnética (MRI) en la medicina.

El Espín y las Propiedades Magnéticas

	3d					4s
K	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox" value="↑"/>
Ca	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox" value="↑↓"/>
Sc	<input type="checkbox" value="↑"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox" value="↑↓"/>
Ti	<input type="checkbox" value="↑"/>	<input type="checkbox" value="↑"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox" value="↑↓"/>
V	<input type="checkbox" value="↑"/>	<input type="checkbox" value="↑"/>	<input type="checkbox" value="↑"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox" value="↑↓"/>
Cr	<input type="checkbox" value="↑"/>	<input type="checkbox" value="↑"/>	<input type="checkbox" value="↑"/>	<input type="checkbox" value="↑"/>	<input type="checkbox" value="↑"/>	<input type="checkbox" value="↑"/>
Mn	<input type="checkbox" value="↑"/>	<input type="checkbox" value="↑"/>	<input type="checkbox" value="↑"/>	<input type="checkbox" value="↑"/>	<input type="checkbox" value="↑"/>	<input type="checkbox" value="↑↓"/>
Fe	<input type="checkbox" value="↑↓"/>	<input type="checkbox" value="↑"/>	<input type="checkbox" value="↑"/>	<input type="checkbox" value="↑"/>	<input type="checkbox" value="↑"/>	<input type="checkbox" value="↑↓"/>
Co	<input type="checkbox" value="↑↓"/>	<input type="checkbox" value="↑↓"/>	<input type="checkbox" value="↑"/>	<input type="checkbox" value="↑"/>	<input type="checkbox" value="↑"/>	<input type="checkbox" value="↑↓"/>
Ni	<input type="checkbox" value="↑↓"/>	<input type="checkbox" value="↑↓"/>	<input type="checkbox" value="↑↓"/>	<input type="checkbox" value="↑"/>	<input type="checkbox" value="↑"/>	<input type="checkbox" value="↑↓"/>
Cu	<input type="checkbox" value="↑↓"/>	<input type="checkbox" value="↑↓"/>	<input type="checkbox" value="↑↓"/>	<input type="checkbox" value="↑↓"/>	<input type="checkbox" value="↑↓"/>	<input type="checkbox" value="↑"/>
Zn	<input type="checkbox" value="↑↓"/>	<input type="checkbox" value="↑↓"/>	<input type="checkbox" value="↑↓"/>	<input type="checkbox" value="↑↓"/>	<input type="checkbox" value="↑↓"/>	<input type="checkbox" value="↑↓"/>

Alineación de los espines. Los electrones 3d de los átomos orientarán sus espines en una misma dirección siempre que sea posible. La mecánica cuántica hará que un segundo electrón en el orbital se alinee en la orientación opuesta.

Materials Science for Engineers, Lawrence Van Vlack, Addison-Wesley, Reading, MA, 1971.

Propiedades Magnéticas

El término diamagnetismo se aplica a los materiales que repelen un campo magnético. Es algo análogo al comportamiento dieléctrico de materiales.

El término paramagnetismo se aplica a los materiales que son atraídos débilmente por un campo magnético.

El término ferromagnetismo se aplica a los materiales (tales como el hierro) que forman imanes permanentes o son fuertemente atraídos a los imanes. Es el único tipo de respuesta magnética que presenta fuerzas suficientemente fuertes para ser sentidas. Es responsable de los fenómenos comunes de magnetismo que se observan en el día-a-día. Sólo unas pocas sustancias son ferromagnéticas. Las más comunes son el hierro, el níquel, el cobalto y la mayoría de sus aleaciones, y algunos compuestos de las tierras raras. Es algo análogo al comportamiento ferroeléctrico en dieléctricos.

Diamagnetismo

El diamagnetismo aparece en todos los materiales, y es la tendencia de un material a oponerse a un campo magnético aplicado, y por lo tanto, a ser repelidos por un campo magnético. Diamagnetismo surge de movimientos orbitales de los electrones --- y no de los espines de los electrones. En estos materiales los espines generan un campo neto nulo. En los materiales para y ferromagnéticos, este efecto diamagnético es sobrepasado por efectos mucho más intensos causados por los espines de los electrones no apareados.

Diamagnetismo y Superconductividad

Los superconductores exhiben diamagnetismo perfecto, o “superdiamagnetism”, de tal manera que generan una magnetización espontánea en el material que se opone directamente a la dirección de un campo aplicado.



http://www.liveleak.com/view?i=609_1216019628

Paramagnetismo

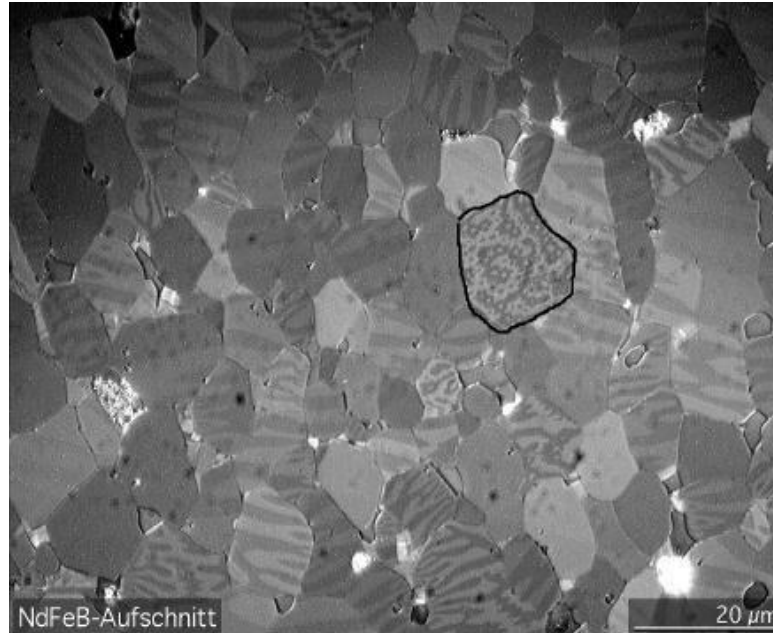
Mientras que los pares de electrones están obligados por la mecánica cuántica a tener sus momentos magnéticos intrínsecos (“giro” o “spin”) en direcciones opuestas, haciendo que sus campos magnéticos se cancelen, **un electrón desapareado está libre para alinear su momento magnético en cualquier dirección.**

Cuando se aplica un campo magnético externo, estos momentos magnéticos tenderán a alinearse en la misma dirección que el campo aplicado, reforzándolo. Cuando este efecto sobrepasa el efecto diamagnético, se dice que el material es paramagnético.

Ferromagnetismo

Un material ferromagnético, así como una sustancia paramagnética, tiene electrones desapareados. Sin embargo, además de la tendencia intrínseca del momento magnético de los electrones de ser paralelo al campo aplicado, también hay **una tendencia en estos materiales a que estos momentos magnéticos se orienten en paralelo entre sí** para mantener un estado energético bajo. Por lo tanto, incluso cuando se elimina el campo aplicado, los electrones en el material pueden permanecer alineados y mantener su orientación paralela.

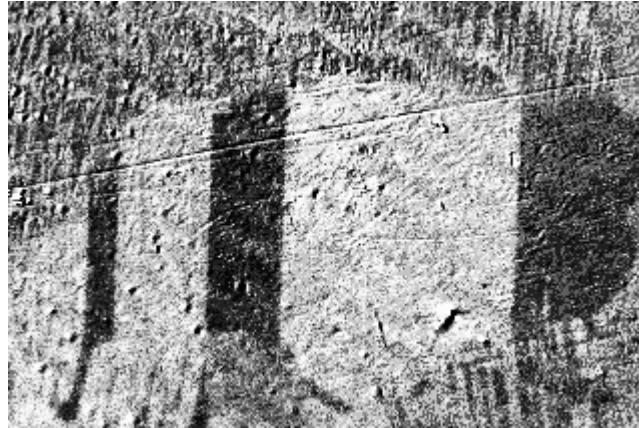
Dominios Magnéticos en Materiales Ferromagnéticos



Los **dominios magnéticos** se pueden ver con un microscopio de efecto Kerr como se ve en esta micrografía de NdFeB. El microscopio Kerr utiliza la reflexión con intensidad distinta de un haz de luz sobre superficies magnetizadas.

http://en.wikipedia.org/wiki/Magnetic_domain

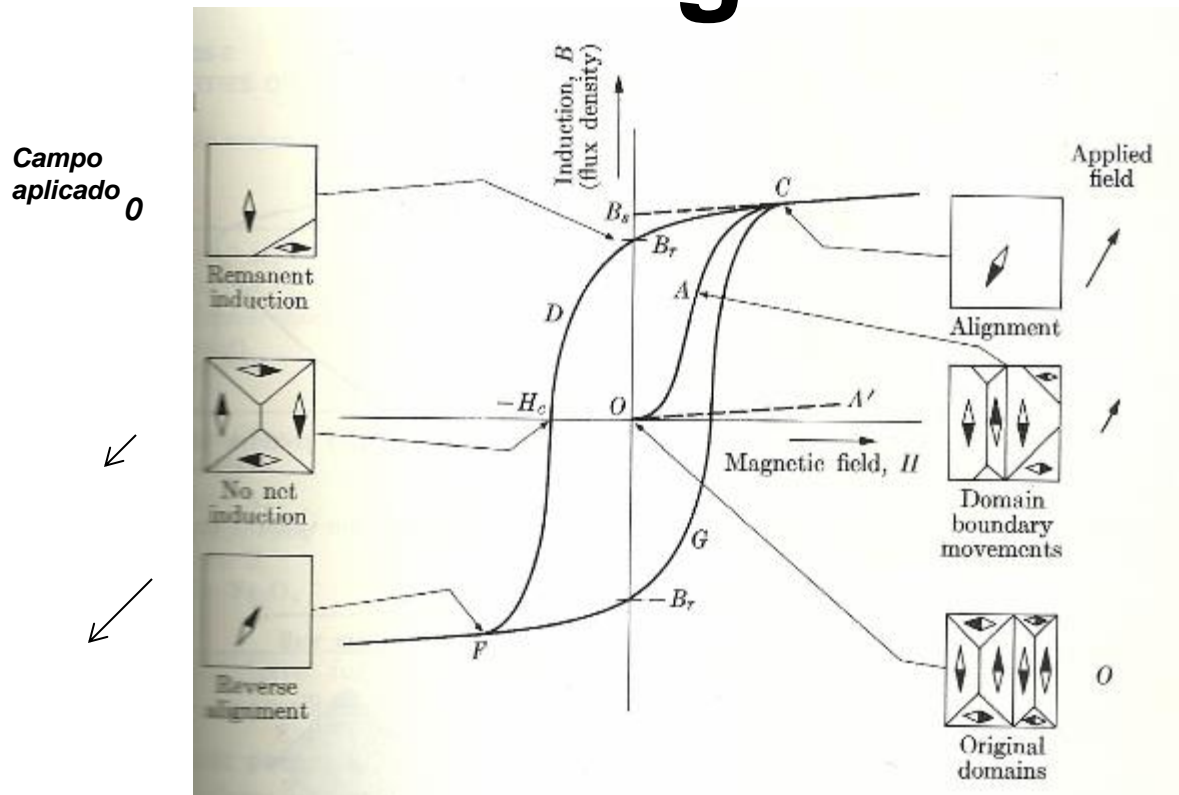
Se puede cambiar la Magnetización en un Dominio



Movimiento del contorno del dominio en un grano de acero-silicio causado por un aumento del campo magnético externo en la dirección "hacia abajo", observado en un microscopio de efecto Kerr. Las áreas blancas son dominios con magnetización dirigida hacia arriba, las áreas oscuras son dominios con magnetización hacia abajo.

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Moving_magnetic_domains_by_Zureks.gif

Sondeo de materiales ferromagnéticos

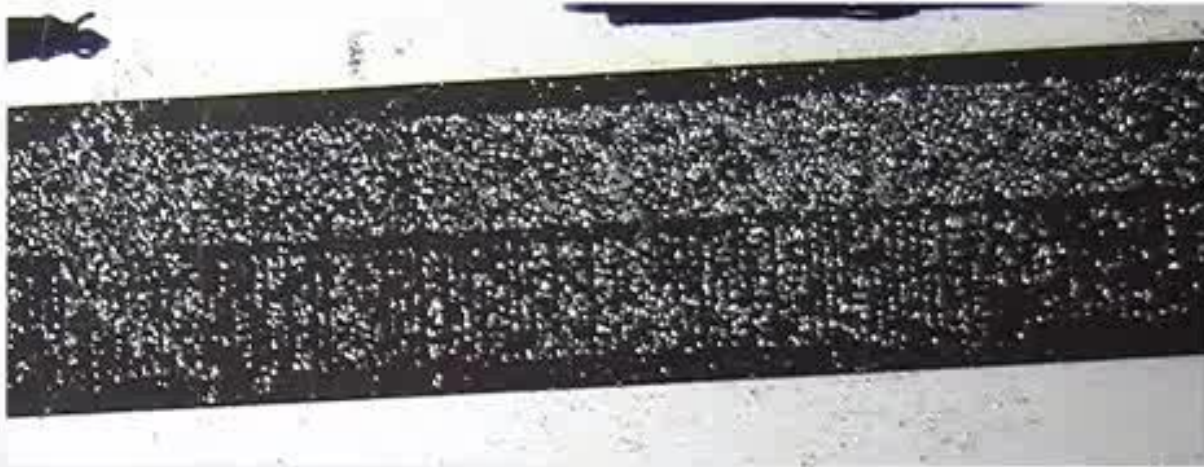


Se puede crear un magneto o “escribir”

Materials Science for Engineers, Lawrence Van
Vlack, Addison-Wesley, Reading, MA, 1971.

Usando Materiales Ferromagnéticos para Escribir

Robert Krampf's



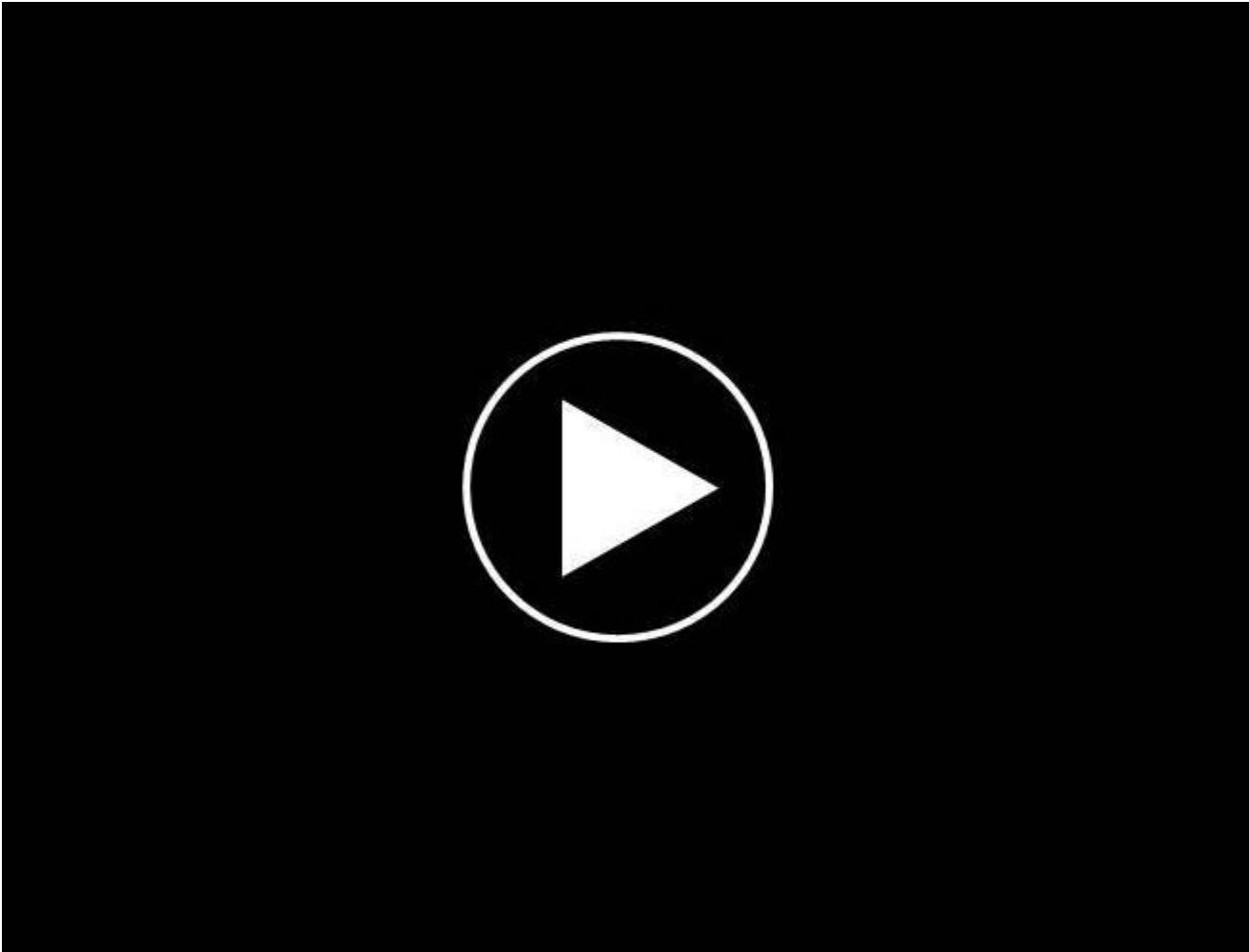
Science of Credit Cards

http://www.youtube.com/watch?v=xO_nEuWvhPI

Propiedades Magnéticas y Escala de Tamaño

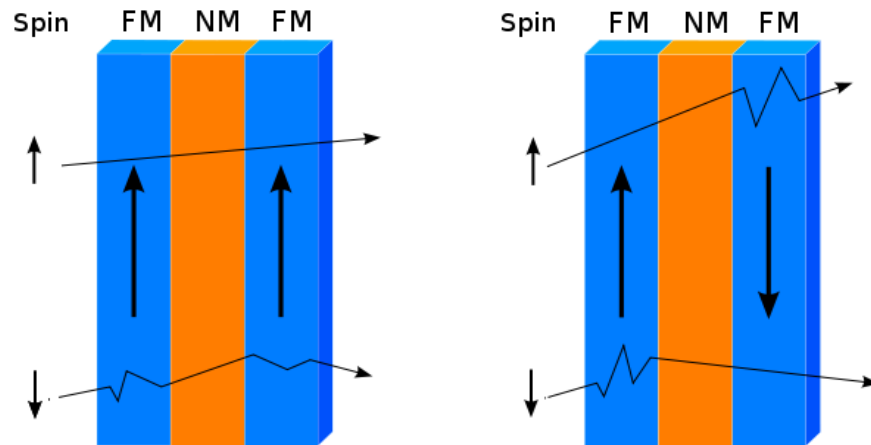
- **La escala de tamaño puede afectar las propiedades magnéticas**
- **Materiales nano-magnéticos**
- **Magnetoresistencia Gigante (GMR)**

Materiales nano-magnéticos



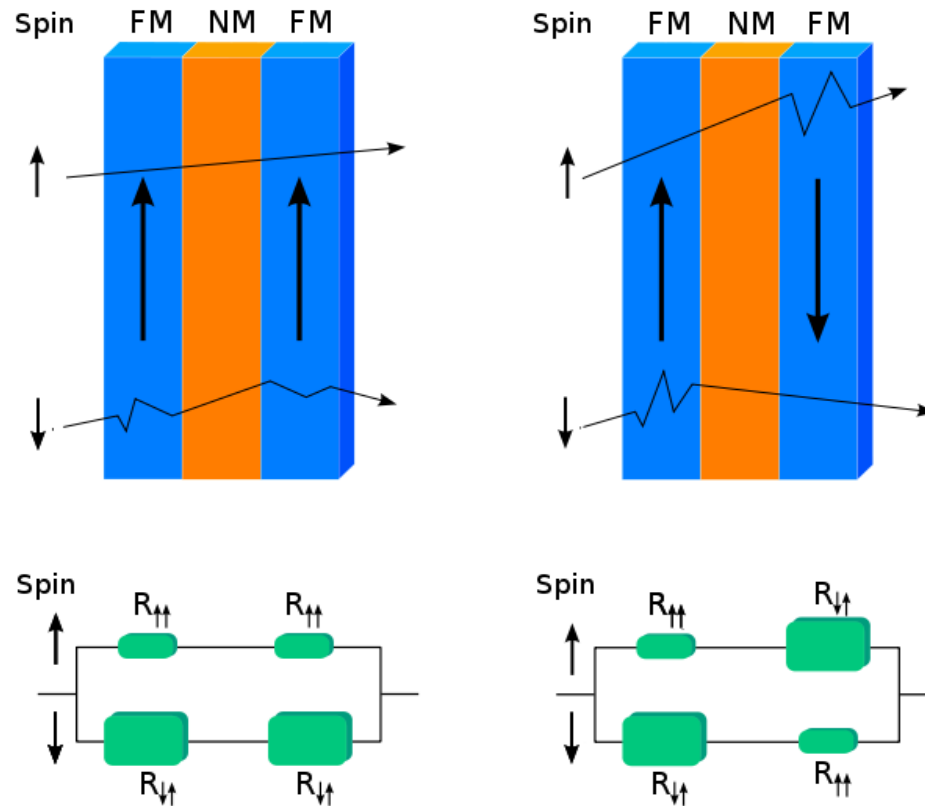
<http://www.engineeringtv.com/video/Magnetic-Nanomaterials>

Magnetoresistencia Gigante



En un GMR de multicapas, dos o más capas de un metal **ferromagnético** están separadas por un espaciador muy delgado (aproximadamente 1 nm) de un metal no ferromagnético. A ciertos espesores, la interacción entre los ferromagnéticos adyacentes puede favorecer energéticamente la magnetización de las capas adyacentes en una alineación antiparalela. La resistencia eléctrica del dispositivo es normalmente mayor en el caso de alineación anti-paralela. **Este cambio en la resistencia se puede utilizar como una escritura.** GMR ha provocado el surgimiento de un nuevo campo de la electrónica llamada **espintrónica** que se ha utilizado ampliamente en las **cabezas lectoras** de los **discos duros** modernos y **sensores** magnéticos. Una información binaria puede ser guardada en un disco duro usando la diferencia en resistencia entre las alineaciones paralelas y antiparalelas de las capas como un método de almacenamiento de 1's y 0's.

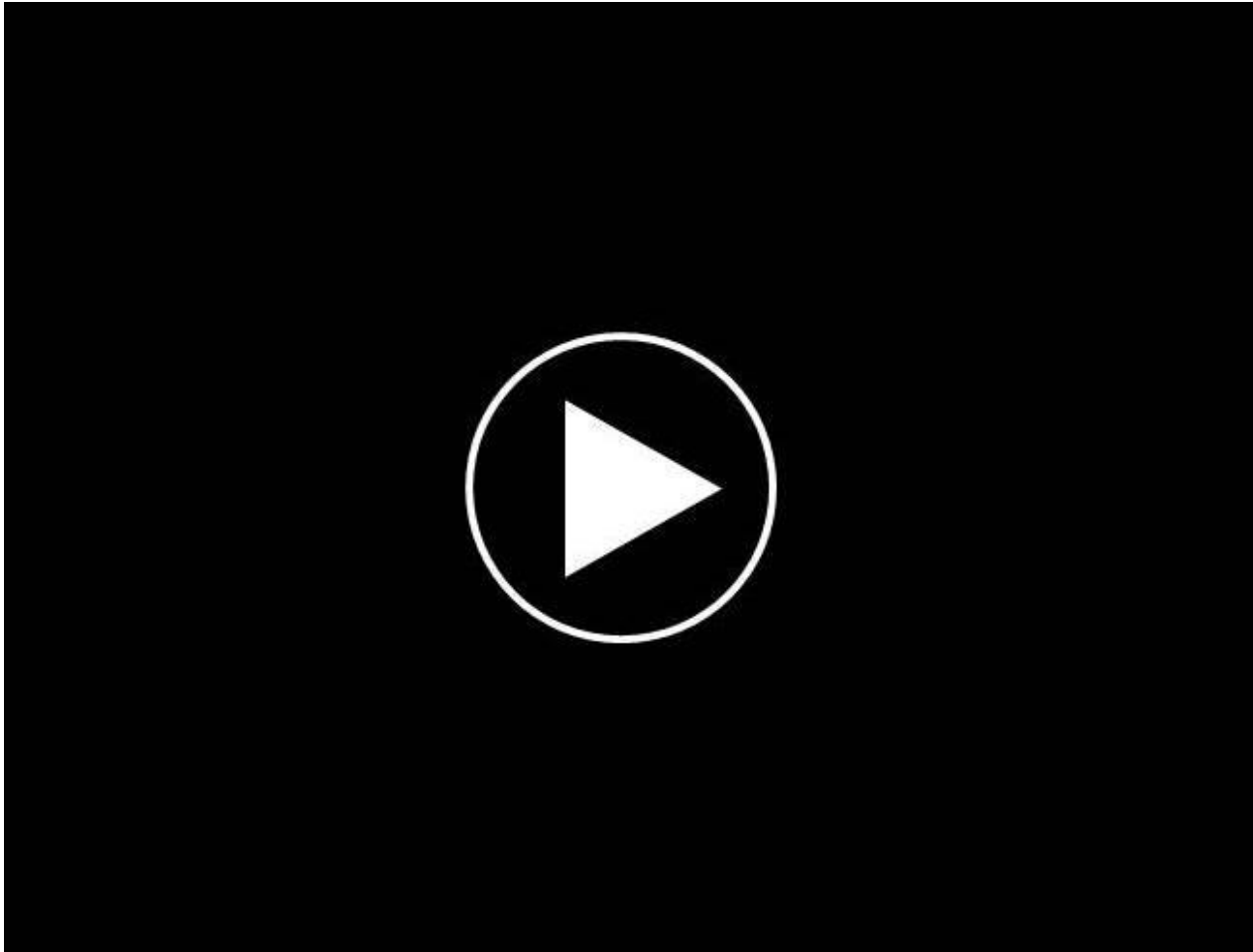
Magnetoresistencia Gigante



Válvula de espín mediante GMR. FM significa metal ferromagnético, NM es metal normal, \uparrow es el espín de un electrón hacia arriba y \downarrow el espín hacia abajo. Las flechas negras verticales en las capas FM muestran la dirección de la magnetización. Las flechas a través de las válvulas de espín muestran el paso de electrones. Una curva en la trayectoria indica que un electrón se dispersa, lo que causa un aumento de la resistencia al flujo.

http://en.wikipedia.org/wiki/Giant_magnetoresistance

Espintrónica



http://www.youtube.com/watch?v=xPIbGq634yU&feature=player_embedded