



← 3^{ra} Escuela Colombiana
de Magnetismo →

PROGRAMA Y RESUMENES

13-17 de noviembre, Campus la Nubia,
Universidad Nacional de Colombia Sede
Manizales Colombia



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA



Universidad de
los Andes



Universidad
del Valle



Uptc
Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia



Contenido

Presentación.....	2
Programa.....	3
Índice Cursos y Conferencias Orales.....	4
Índice Trabajos presentaciones Poster	7
Resúmenes de ponencias y conferencias orales	9
Resúmenes Trabajos posters	31
Índice de Autores	73

Presentación

Bienvenidos a la 3^{ra} Escuela Colombiana de Magnetismo realizada, en la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. La escuela ha sido concebida y programada con un objetivo fundamental, y es ofrecer a estudiantes de pregrado y posgrado a diferente nivel de formación, un espacio para el encuentro en torno al magnetismo. Por esta razón, la escuela se ha organizado en 4 Cursillos en los que se presentarán desde los conceptos básicos del magnetismo y diferentes técnicas experimentales y computacionales básicas hasta algunos tópicos avanzados y recientes en magnetismo, materiales magnéticos, y sus aplicaciones entre ellas el desarrollo de sensores bio-magnéticos. Cada uno de los cursillos será ofrecido por docentes e investigadores de alto nivel, quienes de manera sencilla pero profunda los conducirán por la fundamentación y actualidad de esta área del conocimiento.

Adicionalmente, los estudiantes participarán en las conferencias de investigadores que darán a conocer los resultados de sus investigaciones en diversos temas como los sistemas vidrios de espín y la superconductividad en los que la interrelación con magnetismo ha jugado un papel clave para su comprensión y avance. Las actividades de la escuela se organizan en mini cursos, sesiones de conferencias y presentación de posters. Confiamos en que este encuentro permita consolidar y generar nuevas relaciones de colaboración, en una escuela emocionante, cálida, y productiva, para que la comunidad Colombiana de magnetismo y áreas afines siga su proceso de avance en el país.

Finalmente, como comunidad, quiero agradecer especialmente a las entidades que aportaron con recursos y en especie, al desarrollo del evento, ellos son la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad Nacional, Sede Manizales; la Universidad de los Andes, la Universidad de Antioquia, la Universidad del Valle, la Universidad Pedagógica y tecnológica de Colombia, la Institución Universitaria Pascual Bravo, el Fondo de empleados Docentes de la Universidad Nacional de Colombia (FODUN) y el Fondo de empleados profesores de la Universidad Nacional (FAPUN- Sede Manizales). Un especial agradecimiento al señor decano de la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, profesor Carlos Daniel Acosta Medina, por su apoyo y compromiso con la realización de evento y al grupo de colegas y estudiantes que apoyaron decididamente su organización y desarrollo.

Andrés Rosales - Director

PROGRAMA

MARTES 14 DE NOV	MIERCOLES 15 DE NOV
APERTURA	8:00-9:00 MANUEL VÁZQUEZ
8:30-10:30 GERMAN PEREZ	9:00-10:00 EDGAR PATIÑO
	10:00-10:30 JULIAN MORENO
10:30-10:50 CAFÉ	10:30-10:50 CAFÉ
10:50-12:30 JESÚS TABARES	10:50-12:30 DIEGO MURACA
12:30-2:20 LIBRE	12:30-2:20 LIBRE
2:20-2:50 GERMÁN PÉREZ	2:20-2:50 JAIRO ROA
2:50-3:50 JESÚS TABARES	2:50-3:50 OSCAR GIRALDO
3:50-4: 20 CAFÉ	3:50-4: 20 CAFÉ
4:20-5:10 OVIDIO ALMANZA	4:20-4:50 HERNAN VIVAS
	4:50-5:10 DAVID LANDINEZ
5:10-6:50 DIEGO MURACA	5:10-5:40 JOSE DARIO AGUDELO
	5:40-6:10 CESAR L LONDOÑO
	6:10 SESION POSTERS

JUEVES 16 DE NOV.	VIERNES 17 DE NOV.
8:00-8.30 DIANA QUINTERO	8:00-8.30 CATALINA SALAZAR
8:30-10:30 SERGIO COUTIHNO	8:30-9:30 SERGIO COUTIHNO
	9:30-10:00 ANDRES ROSALES
	10:00 - 10:30 LIGIA ZAMORA
10:30-10:50 CAFÉ	10:30-10:50 CAFÉ
10:50-11:20 INDRY MILENA SAAVEDRA	10:50-11:50 JOHANS RESTREPO
11:20_12:30 CARLOS PARRA	11:50-12:30 RAFAEL GONZALEZ
12:30-2:20 LIBRE	12:30-2:00 LIBRE
2:20-2:50 AMINTA MENDOZA	2:00-2:30 JAIRO PRIAS
	2:30-3:00 DANIEL SALAZAR
2:50-3:50 DANIEL SALAZAR	3:00-3:50 FABIO SACCONE
3:50-4:20 CAFÉ	3:50-4:20 CAFÉ
4:20-5:20 OSCAR ARNACHE	4:20-5:20 JUAN G.RAMIREZ
5:20-6:20 FABIO SACCONE	CIERRE
6:30 Reunión Magnetismo en Colombia	

Temas de las sesiones orales:

MINICURSO 1: Fundamentos del Magnetismo: orden y conceptos teóricos
MINICURSO 1: Fundamentos del Magnetismo: técnicas experimentales
MINICURSO 2: Superconductividad y Magnetismo
MINICURSO 3: Sistemas magnéticos con interacciones competitivas
MINICURSO 4: Micro y Nanomagnetismo
TOPICO 1: Conferencias: Materiales magnéticos de interés científico - Fenómenos asociados
TOPICO 2: Conferencias: Materiales magnéticos de interés tecnológico - Aplicaciones y nuevas tecnologías

Índice Cursos y Conferencias Orales

Fundamentos, tipos de sistemas magnéticos, interacciones y modelos. <i>Germán A. Pérez Alcázar...</i>	10
La resonancia paramagnética electrónica(EPR) en la caracterización de materiales. <i>Ovidio A Almanza</i>	11
Cylindrical Micro- and Nanowires: From Curvature Effects on Magnetization to Sensing Applications. <i>Manuel Vázquez</i>	12
Nano cables magnéticos y cabezas de discos duros, ejemplos de tecnologías nacientes y establecidas de materiales magnéticos nanoestructurados. <i>Julián Moreno García</i>	13
Aplicación del potencial COMB ₃ al estudio de formación de nanopartículas. <i>J. D. Agudelo-Giraldo</i>	14
Effect of the surface anisotropy on the magnetic behavior of ultra-thin films single-domain on the Spin Reorientation Transition regime by Monte Carlo Simulation. <i>César Leandro Londoño Calderón</i>	15
¿Cómo saber si un magneto está frustrado usando dispersión de neutrones?. <i>Diana Lucía Quintero Castro</i>	16
Lecture Notes 3ª Escuela Colombiana de Magnetismo. <i>Sérgio Coutinho</i>	17
Coexistencia de fases por efectos estructurales y magnéticos en manganitas AMnO ₃ . <i>Aminta Mendoza</i>	18
Advances in additive manufacturing of magnetocaloric alloys for solid - state cooling. <i>Daniel Salazar</i>	19
Sistemas de medida de transporte de espines y resonancia ferromagnética. <i>Oscar L. Arnache Olmos</i>	20
Caracterización de materiales magneto-calóricos utilizando campos magnéticos pulsados. <i>Catalina Salazar Mejía</i>	21
From ferrimagnetic to spin glass behavior and back in lamellar Mn oxides undoped and doped with Co. <i>Andrés Rivera-Rosales</i>	22
Mössbauer spectroscopy applied to the study of Nd-Ce-Fe based 1:12 permanent magnets. <i>Ligia Zamora</i>	23
Tópicos selectos sobre Micromagnetismo y Nanomagnetismo. <i>Johans Restrepo</i>	25
Altermagnetismo: una nueva fase magnética. <i>Rafael González-Hernández</i>	27
Graphene oxide nanoplatelets: Synthesis, magnetic properties and challenges in potential biosensors. <i>J.J. Prías - Barragán</i>	28
Sustainability assessment of manufacturing NdFe-based materials for permanent magnet applications. <i>Daniel Salazar</i>	30

Índice Trabajos presentaciones Poster

Structural and magnetic characterization of the MgFeO_3 perovskite-like material	32
Structural and ferroic features of $\text{CaCo}_2\text{Ti}_2\text{Fe}_8\text{O}_{19}$ M-type hexaferrite	33
$(\text{Y}_{3-x}\text{Ln}_x\text{Fe}_5\text{O}_{12})$ (Ln = Pr, Sm) Garnet en bulk: Análisis estructural y Magnético	34
Comportamiento Micromagnético de Nanodots de Permalloy($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$) en Función de la Razón de Aspecto.....	35
Estudio estructural, térmico y magnético de la familia de cintas $\text{Ni}_{42}\text{Co}_8\text{Mn}_{39}\text{Sn}_{11-x}\text{Ge}_x$ ($x = 0, 1, 2, 3$ % at.)	37
Datación de Esmalte Dental Usando Resonancia Paramagnética Electrónica.	38
Ferromagnetic-semiconductor response in the LaCaFeTiO_6 double perovskite	39
Magnetic Nanoparticles as Seeds for Carbon Nanostructures synthesized by Pyrolysis of Recycled PET.....	40
Magnetic properties of TbMnO_3 and $\text{TbMn}_{0.9}\text{Al}_{0.1}\text{O}_3$ thin films.....	42
Production of antiferromagnetic single crystals of GdIn_3 by the flow technique	44
Efecto de la concentración de oxígeno en las propiedades magnéticas de las manganitas LaMnO_3 ..	45
Estudio del $\text{Zn}_{0.95}\text{Cr}_{0.05}$ a 500 °C y 550 °C de calcinación por Resonancia Paramagnética Electrónica	46
Estudio vía EPR del carácter de la interacción de un ion de Cr en una muestra de $\text{Zn}_{0.95}\text{Cr}_{0.05}\text{O}$ calcinada a 600 °C.....	47
Estudio del efecto Hall en las aleaciones $\text{Ni}_{42}\text{Co}_8\text{Mn}_{39}\text{Sn}_{11-x}\text{Ge}_x$ ($x = 0, 1, 2, 3$ % at.)	48
Evaluación del momento magnético efectivo en manganitas $\text{La}_{1-x}\text{A}_x\text{Mn}_{1-y}\text{B}_y\text{O}_3$ en el rango $T_c < T < 300$ K.....	49
Importancia de películas delgadas de Cobalto en aplicaciones espintrónicas.....	50
Magnetic characterization of the alloy $\text{Mn}_{57-x}\text{Al}_{43}\text{Cu}_x$ as a potential Rare-Earth-Free Permanent Magnet.....	51
Estudio del desorden superficial en puntos cuánticos de magnetita mediante dinámica molecular ...	53
Diferenciación de productos volcánicos asociados al Volcán Nevado del Ruiz mediante anisotropía magnética	54
Effects of sintering temperature on physical properties and phase superconductor $\text{YbBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-d}$ y $\text{TbBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-d}$	56
Estudio de las propiedades estructurales, magnéticas y eléctricas de materiales sólidos bidimensionales basados en Manganeso y Cobalto	57
Estudio de las Propiedades Magnéticas y Estructurales de Aleaciones tipo MnAlCo para Potenciales Usos Como Imán Permanente	59

Síntesis y caracterización de nanopartículas magnetos surfactantes de $[\text{Co}(\text{trien})(\text{C}_{19}\text{H}_{30}\text{NO})]\text{Cl}_2$ A partir de la fermentación de frutas como alternativa de química verde al tratamiento de aguas por desechos de hidrocarburos	61
Ferromagnetismo a temperatura ambiente en nanoestructuras: Bi_2Te_3 y grafeno	62
Structural properties of the magnetic topological insulator MnBi_2Te_4	63
Fabricación y caracterización de nanodiscos y nanopelículas de FeO_x depositados por <i>e-beam</i> para aplicaciones médicas y basadas en Exchange Bias	64
Verificación del campo magnético producido por un equipo portable para experimentos de hipertermia magnética	66
Effect of granularity over conductivity fluctuations present in the coherent transition of superconducting material $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$	68
Synthesis of iron oxide nanoparticles with a ceramic membrane reactor: effects on particles size distribution and magneto -electric characterization	69
Construcción de un diagrama de árbol de probabilidad basado en medidas de susceptibilidad sobre $\text{NaCoMnO}_2\text{H}_2\text{O}$ laminar con $(\text{Co}/\text{Mn}) = 0.037$	71
Determinación de la respuesta magneto-eléctrica de $\text{Fe}_{70}\text{Nb}_{10}\text{B}_{20}$ y $[(\text{Fe}_{50}\text{Co}_{50})_{75}\text{B}_{20}\text{Si}_{15}]_{96}\text{Nb}_4$ usando la resonancia de una bobina	72



← 3^{ra} Escuela Colombiana
de Magnetismo →

Resúmenes de Ponencias y Conferencias Orales

Fundamentos, tipos de sistemas magnéticos, interacciones y modelos

Germán A. Pérez Alcázar

Departamento de Física, Universidad del Valle, Cali, Colombia

Resumen

En esta charla se hablará del origen microscópico del magnetismo desde el punto de vista cuántico (momentos magnéticos), de los diferentes tipos de materiales magnéticos que se han detectado, de las interacciones magnéticas que se presentan en la naturaleza, y finalmente de algunos modelos utilizados en el estudio de materiales magnéticos.

La resonancia paramagnética electrónica(EPR) en la caracterización de materiales

Ovidio A Almanza

Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá,
Colombia

Correo: oaalmanzam@unal.edu.co

Resumen

En este curso conoceremos los principios básicos de la resonancia paramagnética electrónica (EPR), sus aplicaciones y toda la información que es posible obtener a partir de un espectro; entre ellos: El carácter de la interacción entre iones magnéticos vecinos (Ferromagnética, Antiferromagnética, Ferrimagnética, ect) y la temperatura a la que esto ocurre (Temperatura de Curie-Weiss o de Neel), la simetría local donde se encuentra alojado un centro paramagnético, entre otras. Ejemplos claros sobre como determinar edades de restos arqueológicos, evaluación delpotencial antioxidante de frutas, elementos de transición como metales dopantes en semiconductores, entre otras aplicaciones, serán mostrados en este curso.

Cylindrical Micro- and Nanowires: From Curvature Effects on Magnetization to Sensing Applications

Manuel Vázquez

Institute of Materials Science of Madrid, Consejo Superior de Investigaciones
Científicas, Spain

Correo: mvazquez@icmm.csic.es

Abstract

Research on curvature effects in magnetic nanostructures is attracting much interest as they offer novel alternatives to planar systems. In particular, the cylindrical geometry introduces significant singularities in the magnetic response of ferromagnetic wires just from their curvature, which primarily depends on their diameter, length, and aspect ratio. The main magnetic configurations include axial, transverse, and vortex (circular with a singularity at the axis). Microwires, 1 to 200 micrometer diameter, are fabricated by in-rotating-water and by quenching and drawing ultrarapid solidification techniques. Amorphous wires with high magnetostriction re-magnetize through an ideal millimeter-long single domain wall propagating at kilometer-per-second speeds that results in a square hysteresis loop. Such bistable behavior and their magnetoelastic properties are the basis for various devices (e.g., field, stress and temperature sensors, electromagnetic shielding). On the other hand, ultrasoft non-magnetostrictive microwires are employed in very sensitive field sensors based on their Giant Magneto-Impedance, GMI, effector in flux-gate magnetometers. Nanowires (20 nm to 400 nm diameter) present an outstanding behavior where the crystalline structure plays a major role in competition with shape anisotropy. Cylindrical nanowires are considered as scaffolds for advanced 3D nanoarchitectures exploiting intrinsic curvature that introduces significant differences from planar-based nanotechnologies. They are proposed for novel sensor devices and magnets, and their interconnecting arrays are considered for energy devices or brain-inspired computing. An ultimate goal is currently the investigation of the magnetization reversal modes in individual nanowires by advanced techniques, e.g., X-ray magnetic circular dichroism (XMCD) coupled to photoemission electron microscopy (PEEM), magnetic force microscopy (MFM), magneto-optical Kerr effect (MOKE), electron holography, and micromagnetic simulations. They show axial, transverse, vortex, and more complex, exotic magnetic configurations and effects (e.g., magnetization ratchet, skyrmion tubes, helical vortices). The reversal nucleates at the nanowire ends, involving singularities (e.g., Bloch-point walls) and at local transition regions (e.g., modulations in diameter or composition between segments of differently designed magnetic properties). Individual nanowires are currently used or proposed for biomedical applications, such as cancer treatment, magnetic resonance imaging (MRI) contrast agents, or in composites for their antimicrobial activity.

Nano cables magnéticos y cabezas de discos duros, ejemplos de tecnologías nacientes y establecidas de materiales magnéticos nanoestructurados

Julián Moreno García

Seagate Technology, Irlanda del norte, Reino Unido.

Resumen

El propósito de mi presentación será el de contrastar casos específicos de aplicaciones tecnológicas nacientes con tecnologías establecidas de materiales magnéticos nanoestructurados. Mi presentación estará separada en dos partes que son el resultado de mi investigación y trabajo actual: la primera enfocada en aplicaciones tecnológicas de nano cables magnéticos y la segunda en el lector y escritor usados en cabezas de discos duros. En la primera parte usare la frecuencia de operación de dispositivos para presentar aplicaciones recientes de nano cables magnéticos, fabricados usando electrodeposición en aluminio anodizado (alumina). Esta organización por frecuencias de operación, permite también clasificar los dispositivos dependiendo si se usan torques o cambios de magnetización internos, o torques externos sobre nano cables individuales o matrices de estos. Intentaré dar ejemplos de empresas que trabajan con estas tecnologías. En la segunda parte, haré una descripción general de la reciente tecnología HAMR (Heat Assisted Magnetic Recording), desarrollada por Seagate, en las cabezas de discos duros.

Aplicación del potencial COMB₃ al estudio de formación de nanopartículas

J. D. Agudelo-Giraldo ^[1]

^[1] Universidad Autónoma de Manizales, Antigua estación del Ferrocarril,
Manizales, Colombia.

Correo: josed.agudelog@autonoma.edu.co

Resumen

Se lleva a cabo una evaluación del potencial interatómico de muchos cuerpos optimizado con carga (COMB₃) de tercera generación en el estudio de nanopartículas de Cu y Ti bajo dinámica molecular. Se observó la influencia del paso de tiempo de simulación, el número de átomos en el sistema, la frecuencia a la que se equilibra la carga y la tasa de relajación. Los resultados indican que para obtener la fase líquida a partir de un gas no son posibles pasos de tiempo mayores a 0,1 fs. Se debe garantizar una transferencia de carga precisa optimizando a cada paso el equilibrio (QEq). También se utilizó el potencial para analizar las transiciones de fase líquido-sólido; El paso de tiempo se puede llevar a 0.4 fs y los cálculos de equilibrio de carga no necesitan ocurrir en cada paso dado que la implementación de QEq conduce a la neutralidad en el estado sólido. No obstante, en la superficie se observan desequilibrios localizados de carga según el desorden estructural, pronosticando la aparición de puntos altamente reactivos. Finalmente, cambiar la rapidez con la que se relaja la temperatura del sistema se considera un parámetro de entrada altamente influyente. A baja rapidez, es posible llegar a un estado intermedio entre cristalino y amorfo, que se acerca a una distribución cristalina tipo FCC.

Effect of the surface anisotropy on the magnetic behavior of ultra-thin films single-domain on the Spin Reorientation Transition regime by Monte Carlo Simulation

José Darío Agudelo-Giraldo¹, Helver Augusto Giraldo-Daza^{1,2}, Oscar Moscoso Londoño¹, and César Leandro Londoño Calderón¹

^[1]Departamento de Física y Matemáticas, Universidad Autónoma de Manizales, Antigua Estación del Ferrocarril, Manizales, CP 170001, Colombia

^[2]Facultad de Ciencias e Ingeniería, Universidad de Manizales, Cra. 9a # 19-03, Manizales, CP 170001, Colombia

Correo: cesarl.londonoc@autonoma.edu.co

Abstract

In this work, Monte Carlo simulations allowed for studying the effect of the surface anisotropy on the Spin Reorientation Transition regime for single-domain ultra-thin films. The simulations included spin moments (1), exchange constant (10 meV), magnetocrystalline anisotropy (0.5 meV), and dipolar magnetic interaction (0.05 meV). We evaluated the surface anisotropy constant for $K_s = 0.5, 1, \text{ and } 2 \text{ meV}$ and thicknesses ranging from 3 to 11 cells. We determined the magnetothermal and hysteresis loop in- and out-plane at different angles to the plane. Analysis of Variance allows for modeling the coercivity as a function of the thickness and the applied field direction (in- and out-plane). Under these simulation conditions, the Spin Reorientation Transitions appear only at a thickness of 7 cells with $K_s = 1 \text{ meV}$. The main contribution to magnetization rises out-plane at low thicknesses and in-plane at high values. However, the dominant magnetization contribution is in-plane for the thickness of 7 cells and low surface anisotropy. The magnetization is mainly oriented, out-plane for the high surface anisotropy case. However, hysteresis loops were observed independent of the applied magnetic field direction and thickness. Analysis of Variance results suggests that the thickness and the applied magnetic field direction allowed for tuning the coercivity (hard or soft magnetic materials). Sample simulated ignoring the magnetocrystalline and the surface anisotropies produce magnetic components in- and out-plane with slight differences as angle function. The combination of dipolar interactions and magnetocrystalline anisotropy showed two magnetic behaviors: a hard magnetic phase at low angles and a soft one at high angles in the plane direction. The inverse behavior results in the out-plane component. We observed the same behavior when surface anisotropy is considered. The differences are the transition angle of 50° in the first case and 30° in the second.

¿Cómo saber si un magneto está frustrado usando dispersión de neutrones?

Diana Lucia Quintero Castro

Universidad de Stavanger, Noruega.

Correo: diana.l.quintero@uis.no

Resumen

Frustración en la física de estado sólido, es una situación, donde las contribuciones a la energía potencial no pueden ser simultáneamente minimizadas. Hay varias maneras de frustrar un conjunto de interacciones magnéticas, estas maneras dependen del tamaño del momento magnético disponible (rango clásico o cuántico) y del tipo de anisotropía magnética que obedezcan (ej. Heisenberg, Ising, etc). El ejemplo mas popular de ésta situación es un modelo antiferromagnético Ising en una red atómica triangular. Cuando la frustración se deriva del arreglo atómico (ej. arreglo de triángulos, red de kagomé, red de Shastry-Sutherland) se le denomina frustración geométrica. Una característica en común de estos sistemas frustrados, es una gran diferencia entre la temperatura de Curie-Weiss, que demarca el tamaño de las interacciones magnéticas y la temperatura de ordenamiento magnético (ej. temperatura de Néel). En esta charla discutiremos brevemente tipos de frustración magnética y veremos como distinguirla haciendo uso de técnicas de dispersión de neutrones, como difracción y dispersión inelástica.

Lecture Notes 3^a Escuela Colombiana de Magnetismo

Sérgio Coutinho

Universidade Federal de Pernambuco, UFPe, Recife, Brasil.

Correo: sg.coutinho@uol.com.br

Abstract

In this course, we will explore the origin and nature of magnetic structures that result from the competitive interactions between the ions of magnetic materials. The course is divided into three parts. Firstly, we will review the origin and definitions of two main types of interactions between magnetic ions: direct exchange and superexchange interactions. Next, we will discuss the concept of frustration, which emerges from the interplay of competing interactions with the topology or disorder in the lattice of interactions of magnetic moments. Furthermore, we will distinguish between systems that present frustrated or non-frustrated magnetic arrangements, immersed in crystalline (ordered) or disordered structures. In the second part, we will provide an overview of the diverse magnetic structures that result from competitive interactions with an anisotropic character, which presents a rich phase diagram. These arrangements of magnetic moments can be commensurate or incommensurate with the material's crystalline structure. Finally, in part three, we will pay special attention to spin glass systems where the phenomenon of frustration arises from the combined action between competitive interactions and the spatial disorder in the location of magnetic moments. This class of magnetic systems has a long history that begins with the first experimental observations of the behavior of certain magnetic alloys in the 1970s and culminates with the nomination of Giorgio Parisi as one of the 2021 Nobel Medalists in Physics. Studies on spin glasses have been based on three approaches: theory, experiments, and computer simulation. However, theoretical efforts to understand the nature of the spin-glass phase were developed to solve models still under the mean-field approximation. This resulted in the proposal of the sophisticated replica theory by Parisi, a theoretical framework later applied to a wide range of complex systems that are difficult to approach, such as combinatorial optimization and neural networks, among others. The theory of spin glasses is still an unfinished story.

Coexistencia de fases por efectos estructurales y magnéticos en manganitas AMnO_3

Aminta Mendoza, Octavio Guzmán

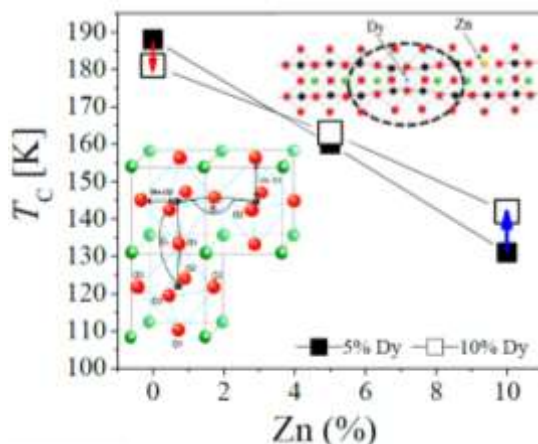
Grupo de materiales magnéticos y nanoestructuras, Departamento de Física,
Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

Correo: gamendozab@unal.edu.co

Abstract

Los óxidos de Manganeso con estructura perovskita presentan un diagrama de Fase con una gran variedad de estructuras cristalinas, fases magnéticas y eléctricas. Estos han mostrado tener estados base degenerados que coexisten con los estados base de largo alcance que caracterizan las fases Magnéticas, eléctricas y cristalinas [1, 2]. Es así como en el diagrama de fase coexisten por ejemplo la fase aislante con estructuras metálicas ferromagnéticas o la coexistencia de fases ferromagnéticas de corto alcance con el estado paramagnético. En esta presentación se muestra cómo a partir de la susceptibilidad y las estructuras cristalinas es posible evaluar coexistencias de fase empleando el modelo de campo central o de Weiss-Curie de la fase Paramagnética.

Se evidencia como fenómeno de coexistencia, la presencia de clusters ferromagnéticos por encima de la temperatura de Curie T_C con dependencia del dopaje [3, 4]. En esta conferencia un análisis breve acerca de los resultados obtenidos usando algunos de los métodos experimentales expuestos por estos autores y resultados reportados por otros conferencistas.



- [1] J. M. D. Coey, M. Viret, S. Von Molnar, Adv. Phys. 48. 167 (1999).
- [2] E. Degotto, New J. Phys. 7, 67 (2005).
- [3] G. A. Mendoza, O. Guzmán, Recent Advances in multifunctional Perovskite Materials 2022, <http://dx.doi.org/10.5772/interchopen.100683>. Edited by Poorva Sharma and Ashwini Kumar. 2022 United Kingdom.
- [4] Aminta y Fernando

Agradecimientos: Al Departamento de Física de la Universidad Nacional de Colombia, por su apoyo en la participación de este evento.

Advances in additive manufacturing of magnetocaloric alloys for solid-state cooling

Daniel Salazar

BCMaterials, Basque Center for Materials, Applications and Nanostructures,
UPV/EHU Science Park, 48940 Leioa, Spain

Correo: daniel.salazar@bcmaterials.net

Abstract

The current societal challenges demand new energy-efficient technologies and the capability to obtain 3D structures in an environmentally friendly and cost-effective manner. Recent advancements in caloric materials (magneto- or elasto-caloric) as part of the next generation of energy-saving devices open up new possibilities for exploring future technological developments in additive manufacturing. In this context, metamagnetic shape memory alloys emerge as promising candidates for magnetic refrigeration due to their substantial entropy change during the first-order martensitic transformation. However, it's worth noting that their crystalline phase becomes unstable at high temperatures ($>300\text{ }^{\circ}\text{C}$). In this study, we have developed unique inks and pastes for utilization in extrusion printing techniques at room temperature. These materials are employed to create intricate 3D structures using high-performance NiMn-based magnetocaloric powders. The proposed technological process for treating the printed structures involves specific heat treatments for the calcination and sintering of the components, along with nickel electrodeposition to protect the surface against corrosion. Moreover, we have successfully demonstrated that any erroneously printed workpiece can be recycled by dissolving it in water, thereby substantially reducing material wastage, rendering the printing process more cost-effective and environmentally sustainable.

Sistemas de medida de transporte de espines y resonancia ferromagnética

Oscar L. Arnache Olmos

Grupo de Estado Sólido-GES, Instituto de física, Universidad de Antioquia,
Sede Principal, Calle 67 #53-108, Medellín, Colombia.

Correo: osccar.arnache@udea.edu.co

Resumen

En esta sección se hará una presentación breve de los fundamentos básicos de resonancia ferromagnética – FMR y de algunos fenómenos asociados al transporte de espines en sistemas magnéticos (Efecto Seebeck por espines – ESS, efecto Nerst Anómalo – ANE, Efecto Hall inverso de espines – ISHE). Se explicarán aspectos importantes relacionados con las medidas FMR a temperatura ambiente, los componentes principales y el uso de las guías de onda coplanares. Así mismo, se mostrarán algunos modelos teóricos empleados para el ajuste de los espectros FMR y su interpretación. Por otra parte, se indicarán los aspectos básicos para medir señales ESS y ANE. Finalmente, se mostrarán algunos resultados relevantes sobre el estudio de sistemas magnéticos que presentan señales ESS y FMR.

Agradecimientos: Estrategia de Sostenibilidad-2023 / Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales.

Caracterización de materiales magneto-calóricos utilizando campos magnéticos pulsados

Catalina Salazar Mejía

High Magnetic Field Laboratory (HLD-EMFL), Helmholtz-Zentrum Dresden-
Rossendorf, Germany

Correo: c.salazar-mejia@hzdr.de

Resumen

La refrigeración magnética es un campo de investigación muy activo. Los recientes estudios en materiales y métodos para la licuefacción de hidrógeno y técnicas innovadoras basadas en materiales multicalóricos han ampliado significativamente el alcance del campo. Por este motivo, la caracterización adecuada de los materiales es ahora más crucial que nunca. Las instalaciones de campos pulsados son conocidas por los elevados campos magnéticos que pueden producir (hasta 100 Tesla). Por otro lado, para aplicaciones en refrigeración magnética, se consideran campos magnéticos de hasta 2 T. Por lo tanto, realizar experimentos de campos magnético pulsados para estudiar materiales multicalóricos parece innecesario, al menos a primera vista. En el laboratorio de alto campo magnético de Dresde Alemania, hemos desarrollado la técnica para medir directamente el cambio de temperatura de la muestra bajo campos aplicados que pueden ir incluso más allá de 50 T. La corta duración del pulso (normalmente entre 10 y unos pocos 100 ms) proporciona buenas condiciones adiabáticas durante el experimento permitiendo la medición directa del cambio de temperatura adiabático de un material, ΔT_{ad} , sin ninguna pérdida de calor. Más allá de medir el ΔT_{ad} de nuestras muestras, hemos demostrado que los campos magnéticos pulsados son una poderosa herramienta para estudiar y caracterizar materiales multicalóricos. El régimen de alto campo permite determinar, por ejemplo, el valor de saturación del efecto magnetocalórico y su rango de temperatura máximo o podemos inducir la transición del material en un amplio rango de temperaturas. Los efectos irreversibles debidos a la histéresis, la dinámica de transición o la dependencia del efecto magnetocalórico del protocolo de medición generalmente se estudian en detalle en nuestras mediciones. Además, la posibilidad de combinar diferentes técnicas y medir simultáneamente la magnetoestricción, la magnetización y los cambios de temperatura de una muestra proporciona una imagen completa de las propiedades del material. En mi charla presentaré la técnica para determinar directamente el efecto magnetocalórico en campos magnéticos pulsados y mostraré algunos ejemplos de los materiales más estudiados como Gd y aleaciones de Heusler.

Referencias

- C. Salazar-Mejia et al, J. Phys. Energy 5, 034006 (2023)
- T. Gottschall et al., Phys. Rev. B 99, 134429 (2019)
- C. Salazar Mejia et al., J. Appl. Phys. 117, 17E710 (2015)
- T. Gottschall et al., J. Appl. Phys. 127, 185107 (2020)
- C. Salazar Mejia, et al., Phys. Rev. Appl. 11, 054006 (2019)

From ferrimagnetic to spin glass behavior and back in lamellar Mn oxides undoped and doped with Co

Mónica M. Gómez-Hermida^[1], Andrés Rosales-Rivera^[2], Nayda P. Arias^[3], Oscar Giraldo^[4], Diego Muraca^[5]

[1] Departamento de Ciencias Básicas, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Católica de Pereira, Colombia

[2] Laboratorio de Magnetismo y Materiales Avanzados, Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, Manizales, Colombia

[3] Facultad de Ingeniería, Grupo de Investigación en Procesos Agroindustriales y Desarrollo Sostenible (PADES), Universidad de Sucre, Sincelejo, Sucre, Colombia

[4] Laboratorio de Materiales Nanoestructurados y Funcionales, Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, Manizales, Colombia

[5] Laboratorio de Magnetismo y Baixas Temperaturas, Instituto de Física Gleb Wataghin, Universidade Estadual de Campinas, Brasil

E-mail: arosalesr@unal.edu.co

Abstract

In this work we describe magnetization measurements on lamellar Mn oxides un-doped and doped with Co. They show that the magnetic behavior of this oxides system is extremely sensitive to the (Co/Mn) ratio. Special emphasis is given to the inverse susceptibility and the temperature derivative of the magnetic susceptibility. Interestingly, the magnetic behavior changes from a typical ferrimagnetic one (sample with Co/Mn = 0) to an unconventional ferrimagnetic one consisting of more than two sub-lattices (sample with Co/Mn = 0.014) and, subsequently, to a spin glass-type behavior (sample with Co/Mn = 0.037) before finally back to a behavior typical of a predominant ferrimagnetic order taking place at intermediate temperatures (sample with Co/Mn = 0.096) with increasing the (Co/Mn) ratio. The possible mechanisms leading to such unusual changes of magnetic phases are discussed, including the super exchange interaction, double exchange interaction, and the frustration associated to such magnetic interactions.

Acknowledgements: to the members and collaborators of the Magnetism and Low Temperature Laboratory (LMBT) of the Gleb Wataghin Institute of Physics (IFGW) of the University of Campinas, the Laboratory of Nanostructured and Functional Materials and the Laboratory of Magnetism and Advanced Materials of the National University of Colombia, Manizales Branch, and the Catholic University of Pereira, who together allowed the realization of this work.

Especial énfasis es dado al inverso de la susceptibilidad y a la derivada térmica de la susceptibilidad.

Mössbauer spectroscopy applied to the study of Nd-Ce-Fe based 1:12 permanent magnets

Ligia Zamora, Hugo Martínez and Germán A. Pérez Alcázar

Universidad del Valle – Cali – Colombia

Correo: ligia.zamora@correounivalle.edu.co

Abstract

The study of permanent magnets (PMs) is very important because of their wide variety of technological applications in many industries, such as consumer electronics, transportation, military, electric (hybrid) vehicles, wind turbines, air conditioners and hard disk drives. The increasing importance of permanent magnets in modern society has resulted in a renewed interest in the design and discovery of new permanent magnet materials that are cheaper, use less rare earth elements, and can be used in clean energy applications. In this presentation the result of research done to different systems that are considered as PM is shown. This work is focused on the applied Mössbauer spectroscopy to a PM of the ReTm_{12} type, where Re is a rare earth element and Tm is a transition metal. The effects of Nd substitution by Ce and nitrogenating, on the structural, hyperfine, and magnetic properties of $(\text{Nd}_{1-x}\text{Ce}_x)\text{Fe}_{10}\text{CoTi}$ with $x = 0, 0.5$, and 1 system were studied. The alloys were prepared with high purity elements by arc melting, and the pieces were homogenized at 1100 °C for 48 h. Nitrogenating was performed at 450 °C for 1 h at a pressure of 0.1 MPa. X-ray diffraction analysis allowed the identification of the tetragonal ThMn_{12} -type structure, rhombohedral $\text{Th}_2\text{Zn}_{17}$ -type structure, and the Cu_2Mg -type cubic structure. The Mössbauer spectra were fitted with seven sextets and a small quadrupolar component. The sextets were associated with the Fe sites in the ThMn_{12} -type and $\text{Th}_2\text{Zn}_{17}$ -type phases and the quadrupolar component of the Cu_2Mg structure. The mean field, $\langle B_{\text{hf}} \rangle$, improved for all alloys after the nitrogenating process. The $\text{Nd}_{1.1}\text{Fe}_{10}\text{CoTi}$ ($x = 0$) and $(\text{Nd}_{0.5}\text{Ce}_{0.5})\text{Fe}_{10}\text{CoTi}$ ($x = 0.5$) alloys, with the ThMn_{12} -type tetragonal structure, present weight fractions of 75 and 73% and measured a $\langle B_{\text{hf}} \rangle$ of 30.9 and 31.0 T, respectively, after nitrogenating. In Figure 1 and Table 1 the Mössbauer spectra and hyperfine parameters, respectively, are shown which were via Mössbauer spectroscopy for $\text{Nd}_{1.1}\text{Fe}_{10}\text{CoTi}$ sample. The effect of the nitrogenating process on intrinsic magnetic properties such as saturation magnetization, anisotropy field, the magnetocrystalline anisotropy constant, and Curie temperature of $(\text{Nd}_{1-x}\text{Ce}_x)\text{Fe}_{10}\text{CoTi}$ ($x = 0.0, 0.5$ and 1) alloy systems was also analyzed. The anisotropy field increases from 1.8 to 2.8 T with the substitution of Nd by Ce. The nitrogenating process resulted in an increment in the saturation magnetization, anisotropy field, and Curie temperature. The best magnetic properties were found for the $\text{Nd}_{1.1}\text{Fe}_{10}\text{CoTiN}_y$ compound, for which it was estimated a saturation magnetization of 153.3 Am²kg⁻¹, anisotropy field of 10.3 T, anisotropy constant of 5.98 MJm⁻³, and Curie temperature of 768.9 K. A slight reduction in mean particle size was obtained after the nitrogenating process (≈ 5.4 to ≈ 3.9 μm).

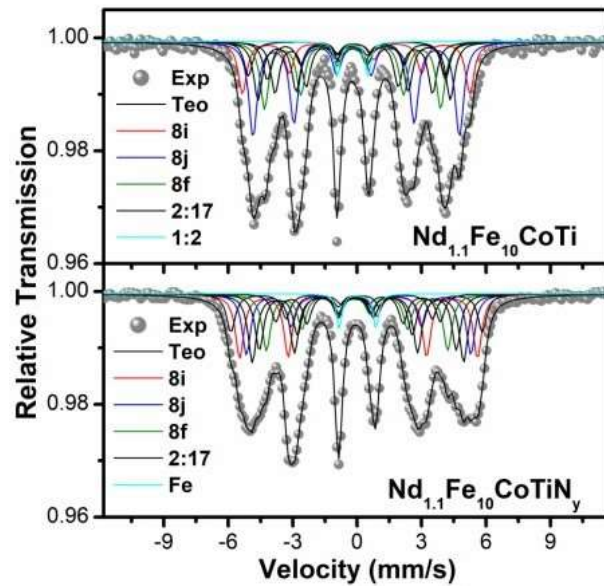


Figure 1: Mössbauer spectrums for Nd_{1.1}Fe₁₀CoTi and Nd_{1.1}Fe₁₀CoTiNy samples

Table 1: Hyperfine parameters obtained for Nd_{1.1}Fe₁₀CoTi alloys without nitrogenating (in parentheses) and with nitrogenating.

x	Comp.	IS (mm/s) ± 0.01	Γ/2 (mm/s)	QS (mm/s) ± 0.02	B _{hf} (T) ± 0.2	⟨B _{hf} ⟩ (T) ± 0.2	Spect. Area
0	(8i)	0.07 (0.01)	0.24	0.05 (0.03)	34.2 (32.6)	30.9 (28.1)	18 (12)
	(8j)	0.04 (−0.02)		0.11 (0.10)	32.2 (29.6)		14 (25)
	(8f)	−0.03 (−0.15)		0.11 (0.02)	26.0 (25.2)		14 (17)
	2:17	0.04 (−0.13)	0.15	0.04 (0.01)	29.5 (25.9)	—	51 (43)
	Doub.	0.06 (−0.12)		1.62 (1.35)	—		3 (3)

Tópicos selectos sobre Micromagnetismo y Nanomagnetismo

Johans Restrepo ^[1]

^[1] Universidad de Antioquia, Instituto de Física, Grupo de Magnetismo y Simulación G+.

A.A. 1226, Medellín, Colombia.

Correo: johans.restrepo@udea.edu.co

Resumen

En este minicurso se tocarán algunos aspectos esenciales sobre la teoría micromagnética en su aproximación al continuo basados en la ecuación de Landau-Lifshitz-Gilbert (LLG) con y sin términos estocásticos, para dar cuenta de las propiedades magnéticas de nanoestructuras, tanto del estado base ($T = 0$ K) como también en presencia de un baño térmico ($T \neq 0$ K), respectivamente. Como problemas selectos se emplearán Hamiltonianos con términos de canje, Zeeman, anisotropía magnetocristalina y energía magnetostática (dipolar) para abordar los siguientes problemas: i) metastabilidad y tiempos de vida media de nanopartículas de magnetita en función de su orientación espacial respecto a un campo magnético externo alterno, ii) propiedades histeréticas dinámicas de ensambles de nanopartículas de magnetita estadísticamente independientes y pérdida de potencia específica (SLP: Specific Loss Power) para hipertermia magnética, en presencia de un medio viscoso a temperatura finita (Fig. izq.); así mismo se estudiará el efecto de la frecuencia del campo externo aplicado y tamaño de las partículas, y iii) diagramas de fase en nanocuboides de hierro en función de la razón de aspecto y estabilidad de vórtices magnéticos. Finalmente se abordarán algunos aspectos atomísticos mediante técnicas basadas en el método de Monte Carlo para el estudio de nanotubos (Fig. der.), nanopartículas magnéticas y detección de microgrietas en placas metálicas. Todos los resultados se enmarcan en actividades del Grupo de Magnetismo y Simulación.

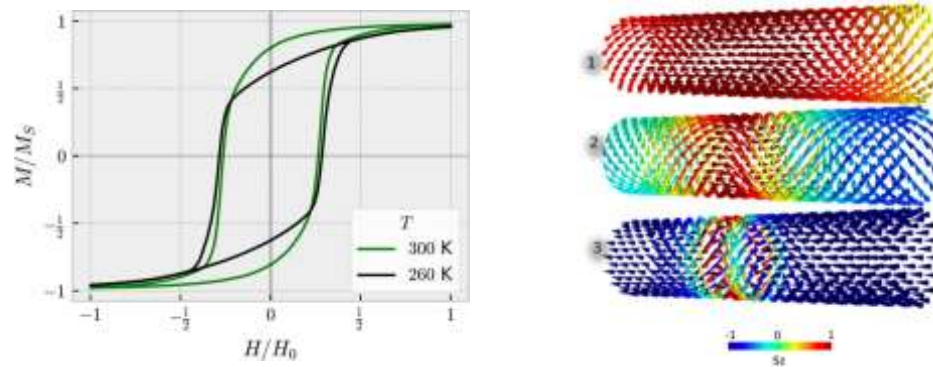


Figura. (Izquierda) Magnetización vs. Campo magnético de ensambles de nanopartículas de magnetita de 16 nm de diámetro dispersas en agua por debajo y por encima del punto de fusión obtenidas mediante micromagnetismo. (Derecha) Modos de inversión de la magnetización en nanotubos magnéticos por Monte Carlo.

Agradecimientos: Agradecemos a la Universidad de Antioquia (UdeA) y al Comité para el Desarrollo de la Investigación CODI-UdeA por los recursos requeridos para la participación en este evento mediante el contrato 2020- 34211.

Altermagnetismo: una nueva fase magnética

Rafael Gonzalez-Hernandez^{[1][2]}, Libor Smejkal^[2], Jairo Sinova^[2]

^[1] Departamento de Física y Geociencias, Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia

^[2] Institut für Physik, Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Mainz, Germany

Correo: rhernandezj@uninorte.edu.co

Resumen

Durante las últimas nueve décadas, las fases magnéticas de la materia se han dividido en ferromagnetismo y antiferromagnetismo, según el ordenamiento magnético de las subredes atómicas. En esta charla, se expondrá la existencia de un tercer tipo magnético poco convencional: el altermagnetismo. Los altermagnetos exhiben un orden de espín alternante en el espacio de momento que rompe la simetría de inversión temporal sin generar magnetización neta. Esta nueva clasificación magnética comparte propiedades con los ferromagnetos, como la magnetorresistencia gigante, y presenta características únicas, como la generación de corrientes de espín transversal que cambia su polarización con la rotación del material. Se discuten además las evidencias experimentales de altermagnetismo, como el efecto Hall anómalo, en materiales candidatos como RuO₂ y MnTe. Aunque se encuentran en las primeras etapas de investigación, los altermagnetos podrían tener aplicaciones prácticas en el campo de la espintrónica, la tecnología de almacenamiento de información y la electrónica cuántica.

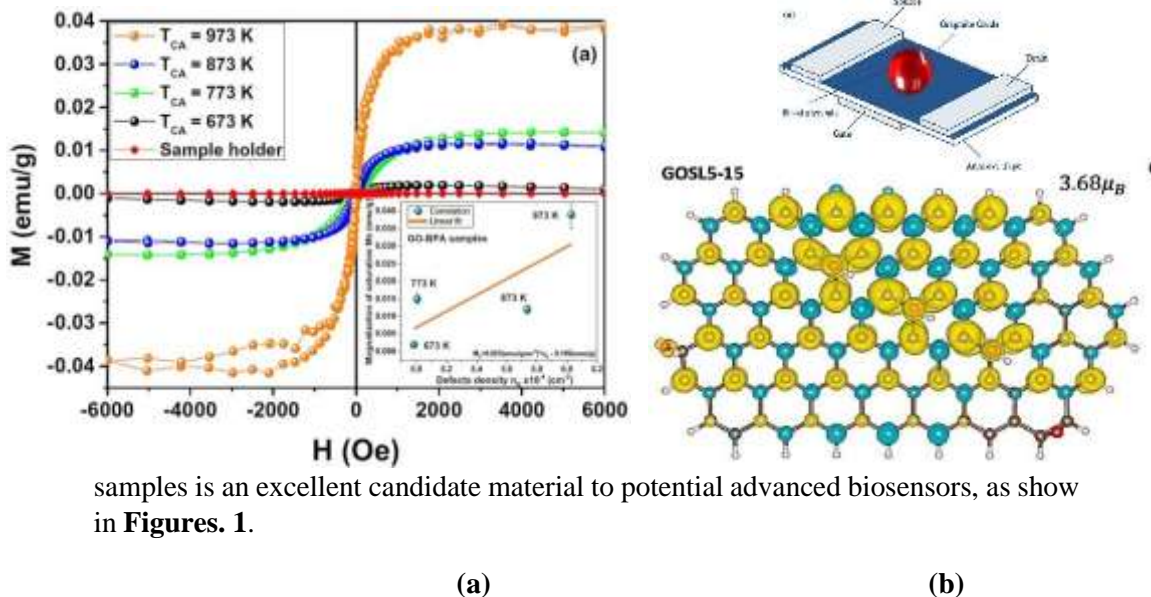
Graphene oxide nanoplatelets: Synthesis, magnetic properties and challenges in potential biosensors

J. J. Prías-Barragán^[1]

^[1] Universidad del Quindío / Institute Interdisciplinary of Sciences, Doctoral Program in Physical Science and EITP, Colombia
Correo: jjprias@uniquindio.edu.co

Abstract

This work reports synthesis method, magnetic properties and challenges in potential biosensors in graphene oxide nanoplatelets (GO), obtained from bamboo pyrolygneous acid (BPA). GO samples were synthesized by employing the double thermal decomposition method in automatized pyrolytic system, under controlled carbonization temperature and low nitrogen atmosphere. GO nanoplatelets exhibits ferromagnetism order at room temperature, induced by uncompensated spin-charge density mechanism [1-8]. The role of hydroxyl and epoxy bridges on magnetic, electrical and vibrational properties are presented and these results suggests that GO



samples is an excellent candidate material to potential advanced biosensors, as show in **Figures. 1**.

Figure 1. (a) Experimental Magnetization (M) vs. External applied magnetic field (H). (b) Up, configuration of FET magnetic biosensor. Down, structure of GO with calculus of uncompensated spin-charge density mechanism that explain FM in GO.

Acknowledgements: This work was funded in part by the Interdisciplinary Institute of Sciences at Universidad del Quindío, MinCiencias project SGR BPIN: 2020000100600 internal code 1112 and the Center of Excellence on Novel Materials (CENM) at Universidad del Valle.

References

[1] J. J. Prías-Barragán, *et al.*, Phys. Status Solidi A **2016**, 213, 85.

- [2] K. Gross, *et al.*, Nanotechnology **2016**, 27, 365708.
- [3] J. J. Prías-Barragán, *et al.*, IEEE **2019**, 1, 61.
- [4] J. J. Prías-Barragán, *et al.*, Journal of Magnetism and Magnetic Materials **2021**, 524, 167664.
- [5] J. J. Prías-Barragán, *et al.*, Journal of Magnetism and Magnetic Materials **2022**, 541, 168506.
- [6] D. J. Sánchez-Trujillo, *et al.*, Nature: Scientific Reports **2023**, 13, 4810.
- [7] F. A. Hoyos-Ariza, *et al.*, Materials Today Communications **2023**, 36, 106861.
- [8] B. E. Arango Hoyos, *et al.* Nature: Sci Rep **2023**, 13, 14476.

Sustainability assessment of manufacturing NdFe-based materials for permanent magnet applications

Daniel Salazar

BCMaterials, Basque Center for Materials, Applications and Nanostructures,
UPV/EHUScience Park, 48940 Leioa, Spain

Correo: daniel.salazar@bcmaterials.net

Abstract

The growing interest in new materials for permanent magnet applications arises from their pivotal role in enhancing the energy efficiency of various technological devices, including electric motors, wind turbines, and hard drives. Alloys like NdFeB and SmCo5 currently serve as primary materials in these applications. Nevertheless, their high content of critical raw materials (CRMs), such as rare earth elements or Co, has prompted a recent resurgence in scientific endeavors aimed at discovering alternative, environmentally friendly materials or processes that can match their performance. In pursuit of this goal, we explore two distinct approaches concerning NdFe-based materials: i) Magnets exhibiting a ThMn12-type structure with reduced rare-earth and other CRM content are being actively investigated, and ii) innovative recycling methods are enabling the reutilization of permanent magnets with properties akin to the originals. From a sustainability perspective, we have conducted a comparative analysis of the magnetic performance, power consumption, and required materials for both NdFe-based magnets. In the case of the first compound, we synthesized NdFe₁₁(Mo) samples through arc-melting and melt-spinning processes, followed by a nitrogenation treatment of the powdered ribbons to enhance coercivity. For the second compound, we prepared melt-spun ribbons from recycled NdFeB magnets. Subsequently, both materials were embedded and oriented in a resin to create bonded magnets, facilitating the comparison of their magnetic properties. Our study validates that both alternatives represent efficient, sustainable methods for producing permanent magnets.



3^{ra} Escuela Colombiana de Magnetismo

Resúmenes Trabajos
Presentación posters

Structural and magnetic characterization of the MgFeO_3 perovskite-like material

K.S. Jaimes Cifuentes^[1], I. Torres-Mahmud^[2], S.E. Velasco Calderón^[3], J.J. Avellaneda Avellaneda^[4], H.A. Camargo Martínez^[5], C.A. Parra Vargas^[6], D.A. Landínez-Téllez^[7], J. Roa-Rojas^[8]

^[1]Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, Colombia.

^[2]Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia.

Correo: kjaimes@unal.edu.co

Abstract

In the present work the synthesis process, structural analysis, morphological characteristics, optical bandgap and magnetic response of the little studied material MgFeO_3 are reported. The samples were produced by solid reaction. Crystallographic analysis was performed through Rietveld refinement of experimental X-ray diffraction patterns using the GSAS II code. The results show that this material crystallizes in a perovskite with orthorhombic structure, corresponding to the Pnma space group. Scanning electron microscopy images suggest a strongly granular surface distribution with grain sizes of micrometer order. The optical response shows the occurrence of a bandgap characteristic of semi-metallic materials. Magnetization measurements as a function of temperature, using Zero Field Cooling and Field Cooling procedures, reveal the occurrence of magnetic ordering with strong evidence of magnetic frustration. Magnetization curves as a function of applied magnetic field show hysteresis characteristic of ferromagnetic materials. The results allow inferring the application of the material in devices for reading and recording information in magnetic media.

Acknowledgements: This work was partially supported by DIEB (División de Investigación y Extensión Sede Bogotá – Universidad Nacional de Colombia).

Structural and ferroic features of $\text{CaCo}_2\text{Ti}_2\text{Fe}_8\text{O}_{19}$ M-type hexaferrite.

F.A. Páez Reyes, E.M. Vargas Pineda, D.A. Landínez-Téllez, J. Roa-Rojas*

Universidad Nacional de Colombia (Sede Bogotá, Cra 45 #26 85, Bogotá,
Colombia.

*Grupo de Física de Nuevos Materiales, Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, 111321 Bogotá
DC, Colombia*

Correo*: fpaez@unal.edu.co

Abstract

Multiferroic compounds are a type of materials, which exhibits coexistence of several ferroic orders, standing out states associated with ferroelectricity and ferromagnetism. Such a coexistence of electric and magnetic orders in a single physical system has generated great interest in fields of solid state physics, condensed matter physics, solid state electronics, and in several others scientific areas, because their diverse technological applications. In this work, a comprehensive theoretical and experimental study on the mean properties for the pure crystallographic phase at room temperature in the whole family of multiferroics materials of the type $\text{CaCo}_2\text{Ti}_2\text{Fe}_8\text{O}_{19}$, has been carry out. Crystal structure characterization performed by measurements of X-ray diffraction (XRD and Rietveld refinements, allows establishing that the materials crystallizes in a M-hexaferrite symmetry, belonging to the hexagonal $P6_3/mmc$ (#194, $Z=2$) space group. Morphological characterization and microstructure analyses carry out by Scanning Electron Microscopy (SEM) indicated a particle size between ~ 0.5 - $2.0 \mu\text{m}$. Semi-quantitative compositional studies performed by Energy Dispersive X-ray Analysis (EDS), prove the M-hexaferrite like-structure in the pure crystallographic phase. Hyperfine structure results obtained by Mössbauer Spectroscopy at $T=300 \text{ K}$, show profiles characterized by sextuplets linked to the crystallographic positions occupied by Fe^{3+} cations, suggesting magnetic ordering at room temperature. Curves of magnetization as a function of the magnetic applied field show ferromagnetic response at room temperature. Electrical polarization measurements as a function of applied field allow establishing the ferroelectric character of the material in $P(E)$ hysteresis curves. The results allow us to affirm that the material has a biferroic response at room temperature, which represents possible applications in new information storage and processing technologies in magnetic and electrical media.

Agradecimientos: This work was partially supported by DIEB (División de Investigación y Extensión Sede Bogotá – Universidad Nacional de Colombia).

$Y_{3-x}Ln_xFe_5O_{12}$ (Ln = Pr, Sm) Garnet en bulk: Análisis estructural y Magnético

Manolo Cardona, Johanna Gil, Carlos Ostos, Juan Marcos Marín y Oscar L. Arnache Olmos

Grupo de estado sólido – GES, Instituto de física, Facultad de ciencias exactas y naturales, Universidad de Antioquia, A.A. 1226, Calle 67 #53-108, Medellín, Colombia.

Correo: manolo.cardona@udea.edu.co

Resumen

En este trabajo se reportan los resultados de la síntesis de aislantes magnéticos de los compuestos

$Y_{3-x}Ln_xFe_5O_{12}$ (Ln: Pr, Sm). YIG, Pr:YIG y Sm:YIG. La síntesis se hizo a través de reacción por estado sólido empleando varias etapas de tratamientos térmicos. Los análisis estructurales por difracción de rayos-X muestran patrones similares y sin fases secundarias. Se observaron pequeños cambios estructurales por la presencia de los iones de Pr y Sm. En cada uno de los compuestos, las concentraciones de cada uno de los elementos se mantienen, acorde con la estequiometría para $x =$

0.2. Finalmente, las propiedades magnéticas analizadas mediante curvas $M(H)$ obtenidas en un magnetómetro de muestra vibrante (VSM) a 300K, presentan variaciones en la magnetización de saturación, aumentando con la presencia de Pr. Los campos magnéticos donde empieza la saturación son del orden de 1500 Oe y campos coercitivos entre 12.2 Oe y 13.1 Oe. Los resultados anteriores muestran nuevos sistemas magnéticos con potenciales aplicaciones en espintrónica y caloritrónica.

Agradecimientos: Agradecemos al Grupo de estado sólido y Catálisis y Adsorbentes por financiar este proyecto.

Comportamiento Micromagnético de Nanodots de Permalloy($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$) en Función de la Razón de Aspecto

Mauricio Galvis^[1,2], Johans Restrepo^[1] Fredy Mesa^[2]

^[1] Universidad de Antioquia A.A. 1226, Medellín 050010, Colombia.

^[2] Fundación Universitaria Los Libertadores, Cra. 16 No. 63a-68,
Bogotá 111221, Colombia.

Correo: Mauricio.galvisp@udea.edu.co

Resumen

Presentamos el análisis de los resultados obtenidos a partir de simulaciones computacionales de nanodots de Permalloy ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$), en función de la razón de aspecto utilizando dos herramientas de modelado: el Marco Micromagnético Orientado a Objetos (OOMMF) y Ubermag. Los ciclos de histéresis muestran un estrangulamiento en la curva a medida que la razón de aspecto se aproxima a la unidad, lo que conlleva a una disminución del campo coercitivo (H_c) hasta desvanecerse por completo. Por el contrario, aparecen campos de nucleación (H_n) y de aniquilación (H_{an}) como se observa en la Figura, acompañados de varios estados magnéticos notables, incluyendo el tipo vórtice. Además, los gráficos de energía revelan la competencia durante la dinámica de la magnetización entre las distintas clases de energía que componen el Hamiltoniano del sistema, como la energía desmagnetizante (E_d), la energía de intercambio (E_{ex}), la energía Zeeman (E_Z) y la energía de anisotropía (E_k). Estas energías luchan por alcanzar un estado de equilibrio, y aunque todas contribuyen durante el proceso de magnetización, lo hacen en diferentes órdenes de magnitud. Las principales contribuciones provienen de las energías dipolar y Zeeman. Por otro lado, los diagramas de magnetización revelan la presencia de estados magnéticos de tipo vórtice con core central con la capacidad de desplazarse en el plano basal (x, y). Esperamos que este análisis contribuya a un mejor entendimiento de los mecanismos de inversión de la magnetización, lo cual es fundamental para el desarrollo de dispositivos en el campo de la ciencia de materiales y la espintrónica.

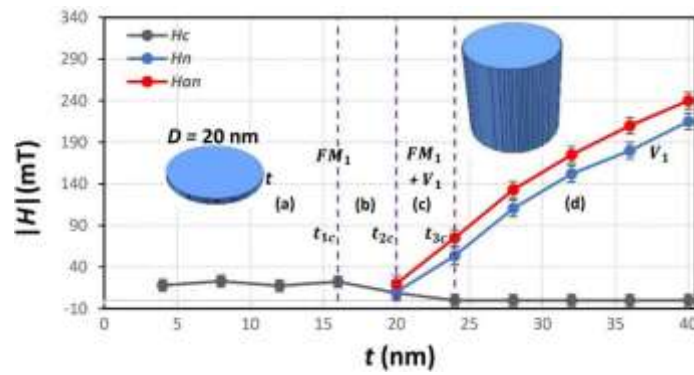


Figura. Campo coercitivo (H_c), campo de nucleación (H_n) y campo de aniquilación (H_{an}) en función del espesor (t) para un nanodot con diámetro (D) igual a 20 nm.

Agradecimientos: A la Fundación Universitaria Los Libertadores por el apoyo financiero recibido a través del proyecto: PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN, INVESTIGACIÓN – CREACIÓN ARTÍSTICA Y CULTURAL. CÓDIGO: ID- FT-010- VERSIÓN: 04

Estudio estructural, térmico y magnético de la familia de cintas $\text{Ni}_{42}\text{Co}_8\text{Mn}_{39}\text{Sn}_{11-x}\text{Ge}_x$ ($x = 0, 1, 2, 3$ % at.)

Diana Catalina Jaimes Gómez^[1], *Andrés Rosales-Rivera*^[1], *Daniel Salazar*^[2]

^[1] Laboratorio de Magnetismo y Materiales Avanzados,
Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, Campus
La Nubia, Manizales, Colombia.

^[2] Basque Foundation for Science and the University of the Basque Country,
Edif. Martina Casiano, Pl. 3 Parque Científico UPV/EHU Barrio
Sarriena, 48940 Lejona, España

Correo: dicjaimesgo@unal.edu.co

Resumen

En este trabajo estudiamos la influencia del germanio sobre el comportamiento estructural, térmico y magneto-eléctrico del sistema de aleaciones Heusler en forma de cinta $\text{Ni}_{42}\text{Co}_8\text{Mn}_{39}\text{Sn}_{11-x}\text{Ge}_x$ para $x = 0, 1, 2, 3$ (% at.). La caracterización estructural realizada por difracción de rayos-X indica que el sistema de aleaciones está constituido predominantemente por la fase austenita. El análisis térmico por calorimetría de barrido diferencial indica que el sistema presenta una transición de fase de austenita. Por medio de experimentos termo-gravimétricos en presencia de un pequeño campo magnético, se observó una transición de fase de un estado ferromagnético a uno paramagnético en todas las muestras, la cual es mejor definida en la muestra $\text{Ni}_{42}\text{Co}_8\text{Mn}_{39}\text{Sn}_{11}$. El comportamiento magneto-eléctrico fue determinado midiendo la impedancia de las muestras por medio de la resonancia de una pequeña bobina por la cual circula una corriente AC y es sometida a pequeños campos magnéticos DC, H_{DC} , mantenidos constantes. Las medidas de impedancia se realizaron en función de la frecuencia en el rango de 0 a 30 MHz para $H_{DC} = 0, 10, 20, 30, 40, 50$, y 70 Oe. Se observó que las muestras presentan el fenómeno de resonancia. El pico y el cambio de fase en la resonancia son más evidentes en las muestras $\text{Ni}_{42}\text{Co}_8\text{Mn}_{39}\text{Sn}_{11}$ y $\text{Ni}_{42}\text{Co}_8\text{Mn}_{39}\text{Sn}_{10}\text{Ge}_1$. Se analizan los posibles mecanismos físicos que están presentes en el comportamiento estructural, térmico y magneto-eléctrico de este sistema de aleaciones.

Agradecimientos: Agradecemos a la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales por el apoyo dado al desarrollo de la presente investigación.

Datación de Esmalte Dental Usando Resonancia Paramagnética Electrónica.

Carol Jiseth Ospina Umaña^[1], *Miguel Enrique Gámez López*^[2], *Eduar Carvajal Taborda*^[3], *Ovidio Almanza Montero*^[4]

^{[1][2][3][4]} Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, Bogotá D.C, Colombia.

Correo: ^[1]cjospinau@unal.edu.co ^[2]megamezl@unal.edu.co ^[4]oaalmanzam@unal.edu.co

Resumen

Entre los usos de la Resonancia Paramagnética Electrónica (EPR) está la datación de restos arqueológicos. En este trabajo se resume el protocolo de datación por EPR de esmalte dental pertenecientes a restos humanos encontrados en los sitios arqueológicos de Checua - Cundinamarca. Para ello se prepararon, irradiaron y midieron por EPR dos molares pertenecientes a un individuo del sitio. Además, a partir del sedimento del sitio arqueológico se evalúan las concentraciones de ^{238}U , ^{232}Th y ^{40}K y así se estima la contribución de la radiación de origen natural a la tasa de dosis absorbida por la muestra en el periodo burial. La irradiación de las muestras se hace con rayos gamma hasta dosis absorbida de 300 Gy. La intensidad del espectro EPR está relacionada con la dosis absorbida por la muestra de esmalte dental, desde el momento en que la persona muere hasta que es hallada. Esta dosis recibe el nombre de dosis equivalente (D_E) y el tiempo transcurrido entre estos dos momentos puede estimarse a partir de la razón entre esta dosis y la tasa de dosis media anual $\langle D \rangle$.

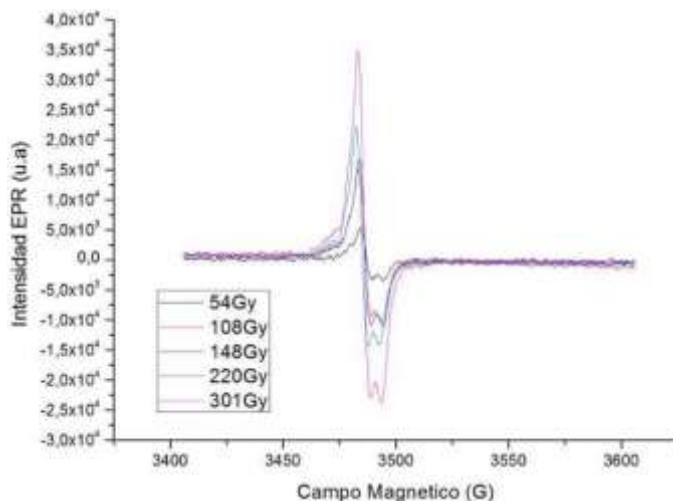


Figura. Aumento de la intensidad EPR según la dosis absorbida por la muestra medida (Eduar Carvajal).

Agradecimientos: Agradecemos a la Universidad Nacional de Colombia por la oportunidad de participar en la tercera escuela colombiana de magnetismo.

Ferromagnetic-semiconductor response in the LaCaFeTiO₆ double perovskite

J.D. Avellaneda Martínez^{1,}, J.S. Ibáñez Sotelo¹, C.E. Deluque Toro²,
D.A. Landínez-Téllez^{1,3}, J. Roa-Rojas^[1]*

1 Grupo de Física de Nuevos Materiales, Departamento de Física,
Universidad Nacional de Colombia, 111321 Bogotá DC, Colombia

2 Grupo de Nuevos Materiales, Facultad de Ingeniería, Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia

3 Grupo de Estudios de Materiales - GEMA, Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, 111321
Bogotá DC, Colombia

Correo: jdavellanedam@unal.edu.co

Abstract

Modern processors are based on solid state physics, an area whose development contributes substantially to the improvement and development of new and more advanced technologies. The Perovskite ABX₃ structure is one of the most studied by today's materials scientists due to its wide spectrum of properties and the simplicity of its production. To increase the range of applicability of this family, the term "complex perovskite" was coined, including structures such as perovskite double with AA'BB'O₆ partial substitutions, among others. With this in mind, device engineering and materials architecture are important parts of the study of exotic properties and the development of new technologies, such as the exploitation of electron spins as information carriers (spintronics). By designing materials that possess both semiconducting and magnetic properties, the size of current technology could be significantly reduced. In this work, the synthesis, characterization, morphological, magnetic and optical study of perovskite LaCaFeTiO₆ is addressed. The sample was synthesized by the standard solid state reaction method from high purity binary oxides. Structural characterization by X-ray diffraction and Rietveld refinement revealed that this material crystallizes in a monoclinic structure (P2₁/n space group) with strong evidence of octahedral distortions. Measurement of the optical response through diffuse reflectance spectroscopy showed the occurrence of semiconductor-like behavior with asymmetry for the two spin orientations (up and down), both in the valence and conduction bands. Magnetization curves as a function of applied field exhibited hysteretic behavior characteristic of ferromagnetic materials. The ferromagnetic-semiconductor character was corroborated in band structure and density of electronic states calculated in the framework of density functional theory, with strong evidence of super-exchange mechanisms responsible for the ferromagnetic nature. The results suggest the material as a potential candidate for the development of spintronic devices such as ferromagnetic transistors and spin valves.

Corresponding author: jdavellanedam@unal.edu.co

This work was partially supported by DIEB (División de Investigación y Extensión Sede Bogotá – Universidad Nacional de Colombia).

Magnetic Nanoparticles as Seeds for Carbon Nanostructures synthesized by Pyrolysis of Recycled PET

L. C. Chagüendo-Figueroa^[1], G. Bolaños-Pantoja^[1], E. Mosquera Vargas^{[2], [3]}, G.A.Mera-Córdoba^[4], D.F. Coral^[1]

^[1] Universidad del Cauca, Departamento de Física, Campus Tulcán, Popayán, Colombia.

^[2] Grupo de Transiciones de Fase y Materiales Funcionales,
Departamento de Física, Universidad del Valle,
Cali- Colombia.

^[3] Centro de Excelencia en Nuevos Materiales (CENM), Universidad del Valle, Cali Colombia.

[4]. Universidad CESMAG, Departamento de Ciencias Básicas, Pasto-Colombia

Correo: dfcoral@unicauca.edu.co

Abstract

In this work, iron oxide magnetic nanoparticles (IONP) are used as seeds for growing carbon nanostructures (CNS) such as nanotubes and nanoparticles. Those CNS are synthesized by thermal pyrolysis of amber Polyethylene terephthalate (aPET). This kind of PET is usually used in refresh bottles. As difference of common PET, the aPET is not recycled due to it need additional procedures to remove colorants, the last, become the aPET an environmental problem related with the accumulation in landfills. Using thermal pyrolysis, it is possible to transform aPET in products such as fuels, oils, and greases. As secondary product, CNS can be found in form of nanoparticles, nanotubes, graphene, etc.[1]. The morphology and structural properties of CNS can be tuned using IONP as seeds or catalyst. For this, three different IONP were synthesized by chemical and green co-precipitation method, for green approach, orange peel and banana peel extracts were used as synthesis matrix. Results show that sample synthesized with traditional approach has the higher magnetization (75.9 emu/g) in comparison to sample synthesized with banana extract (28.1 emu/g) and with orange extract (7.1 emu/g), revealing that vegetal extracts induce surface modifications in nanoparticles. SEM results show that samples are aggregated due to magnetic interactions. IONP were diluted in PEG and dropped on glass substrates, after, 0.01 g of aPET were placed on substrates which were heated at 700°C during 1 h. The CNS were observed by SEM, showing that CNS synthesized without IONP grown as powders, CNS synthesized with IONP (traditional chemistry) grown as nanotubes of 500-700 nm and CNS synthesized with IONP (green chemistry) grown as microtubes (1 µm) and microspheres (3 µm). This can be explained due to green approach leads to higher nanoparticles with not spherical morphologies [2].

Referencias:

- [1] K. Ordoñez Agredo, D. F. Coral Coral, J. E. Rodríguez Páez, J. E. Diosa Astaiza, and E. E. Mosquera Vargas, “Pirólisis del tereftalato de polietileno y poliestireno para la síntesis de nanoestructuras de carbono: una revisión bibliométrica,” *Rev. UIS Ing.*, vol. 22, no. 2, Apr. 2023, doi: 10.18273/revuin.v22n2-2023003.
- [2] Y. Wei, Z. Fang, L. Zheng, L. Tan, and E. P. Tsang, “Green synthesis of Fe nanoparticles using Citrus maxima peels aqueous extracts,” *Mater. Lett.*, vol. 185, pp. 384–386, Dec. 2016, doi: 10.1016/j.matlet.2016.09.029.

Agradecimientos: Los autores agradecen al Gobierno de Colombia por el proyecto del SGR BPIN 2020000100377 del Ministerio de Ciencias. También agradecen a la Universidad del Cauca y a la Universidad del Valle por el uso de su infraestructura.

Magnetic properties of TbMnO_3 and $\text{TbMn}_{0.9}\text{Al}_{0.1}\text{O}_3$ thin films

J.L. Izquierdo^[1], *A. Astudillo*^[2], *J. Martínez*^[2], *G. Bolaños*^[2], *O. Morán*^[3]

^[1] Institución Universitaria Pascual Bravo, Grupo de Investigación GIIEN, Facultad de Ingeniería, A.A. 050001, Medellín, Colombia.

^[2] Universidad del Cauca, Departamento de Física, Laboratorio de Bajas Temperaturas, A.A. 19000 Popayán, Colombia.

^[3] Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Física, Advanced Oxides Group, A.A. 050001, Medellín, Colombia.

Correo: jorge.izquierdo@pascualbravo.edu.co

Abstract

Experimental results of the growth and characterization of epitaxial $\text{TbMn}_{0.9}\text{Al}_{0.1}\text{O}_3$ thin films (~100 nm thin) on (001)-oriented SrTiO_3 substrates are presented. The films were grown using high-oxygen pressure dc magnetron sputtering technique. The anomalous ferromagnetism observed in the undoped TbMnO_3 films seems to be associated with strain-induced distortion generated by the lattice mismatch between the film and substrate. Although Al has the same valence as substituted Mn its small size gives rise to microstructural strain, which can modify the multiferroic properties of the undoped TbMnO_3 films. X-ray diffraction patterns show that the films are epitaxial with the c-axis oriented in the (001) direction. The introduction of Al in the films is evidenced by the shift of the (001)-reflections to lower angles as compared with those of the undoped film. The undoped and Al-doped films show a well-defined transition at ~40 K, which is very close to the magnetic ordering temperature ($T_{\text{N1}} \sim 42$ K) from the paramagnetic phase to the sinusoidal antiferromagnetic structure of the manganese spin. Moreover, the enhanced ferromagnetic behavior of TbMnO_3 films upon Al-doping is clearly evidenced by the larger remanence and coercivity observed in the $M(H)$ dependences at low temperatures.

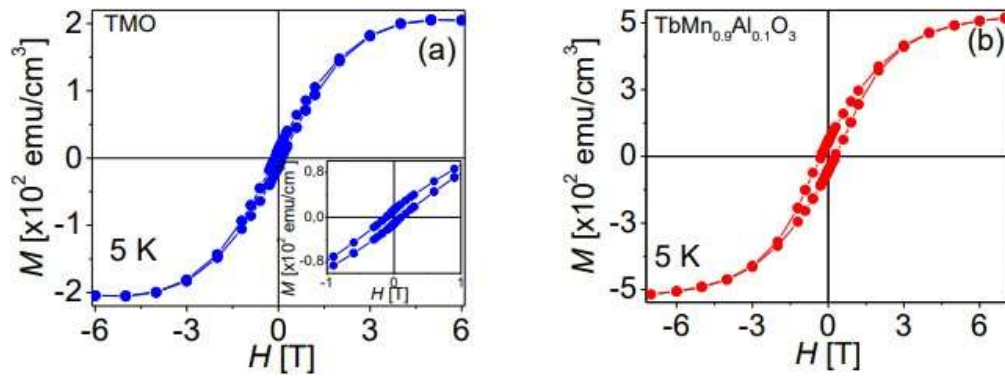


Figure. Magnetic-field-dependent magnetization curves at 5 K for a ~100 nm thin undoped (a) und Al-doped (b) TbMnO_3 film. The insets show an enlarged picture of the low-field data taken at 5 K with a clear hysteresis.

Production of antiferromagnetic single crystals of GdIn_3 by the flow technique

G.A. González Lozano^{1}, J.C. Delgado Saavedra¹, C.A. Parra Vargas², D.A. Landínez-Téllez¹, J. Roa-Rojas¹*

¹ Grupo de Física de Nuevos Materiales, Departamento de Física,
Universidad Nacional de Colombia, 111321 Bogotá DC, Colombia

² Grupo Física de Materiales, Universidad Pedagógica y Tecnológica de
Colombia, Tunja, Colombia

Correo: gagonzalez@unal.edu.co, carlos.parra@uptc.edu.co, dalandinez@unal.edu.co,
jroar@unal.edu.co

Abstract

The difficulty in the study of strongly ordered systems lies in the technical limitations related to the production processes. In the present work, the method of production of single-crystal samples of the intermetallic material GdIn_3 through the flow technique is presented. The synthesis of the crystals takes place in quartz ampoules sealed in pre-vacuum and brought to the phase transition temperature of the material, in order to achieve nucleation and subsequent growth. By means of Rietveld analysis of experimental data of X-ray diffraction the structure of the materials is analyzed, obtaining crystallization in cubic structure belonging to the space group $\text{Pm}\bar{3}\text{m}(\#221)$. The morphology was analyzed through scanning electron microscopy and the composition by means of characteristic X-ray detection (X-ray energy dispersion), evidencing the monocrystalline character and the expected GdIn_3 composition. Measurements of magnetic susceptibility as a function of temperature allow establishing the antiferromagnetic character of the material with effective magnetic moment close to $8.2 \mu_B$.

Agradecimientos: This work was partially supported by DIEB (División de Investigación y Extensión Sede Bogotá – Universidad Nacional de Colombia).

Efecto de la concentración de oxígeno en las propiedades magnéticas de las manganitas LaMnO_3

Carlos Julio Ruiz, David Godoy, Fabián Quevedo, Juan Manuel Torres, Juan Camilo Parra, Sara Buitrago, J. Fernando López, Aminta Mendoza ^[1]

¹ Grupo Materiales Magnéticos y nanoestructuras, Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, 111321 Bogotá DC, Colombia

Correo: gamendozab@unal.edu.co

Resumen

Como parte de las actividades desarrolladas en un semillero de investigación, se presentan los avances en el estudio del efecto del oxígeno sobre propiedades magnéticas de la manganita LaMnO_3 . Las muestras fueron fabricadas por la técnica cerámica y sometidas a recocidos a $T = 950^\circ\text{C}$ en tubos de cuarzo sellados a diferentes presiones, con el fin de evaluar la variación de oxígeno en su estructura. Una marcada variación en su temperatura crítica evidencia la predominación de la transición PM-FM y PM-AFM dependiente de su contenido de oxígeno. Las interacciones de doble intercambio y superintercambio son estudiadas con base en la concentración de oxígeno.

Agradecimientos: A la dirección del área curricular por su apoyo para la participación en este evento, así como a la dirección de Bienestar de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia).

Estudio del $\text{Zn}_{0.95}\text{Cr}_{0.05}\text{O}$ a 500 °C y 550 °C de calcinación por Resonancia Paramagnética Electrónica

Miguel Enrique Gámez López^[1], Valentina Giraldo Betancourt^[1], Carlos Arturo Cruz Useche^[1], Carol Jiseth Ospina Umaña^[1], Juan Sebastián Castro Millán^[1], Leonardo Suárez Sánchez^[1], Manuel Fernando Acosta^[2], Ovidio Almanza Montero^[1]

^[1] Universidad Nacional de Colombia – Bogotá, Colombia.

^[2] Universidad de Sucre – Sincelejo, Colombia.

Correo: megamezl@unal.edu.co

Resumen

Se presentan los resultados del estudio por resonancia paramagnética electrónica (EPR) del óxido de zinc (ZnO) dopado con cromo (Cr) al 5% molar para dos temperaturas de calcinación (500°C y 550 °C respectivamente). Se determina si hubo en reemplazo del zinc por el cromo en la estructura cristalina a través del análisis del inverso de la intensidad de la señal EPR y la respectiva temperatura de medición que fue variada entre los 90 K y los 300 K. Se determinó que para estas temperaturas de calcinación no ocurre una transición de fase desde el estado paramagnético a antiferro o ferrimagnético, por lo que no hay reemplazo del Cr por el Zn en la estructura cristalina.

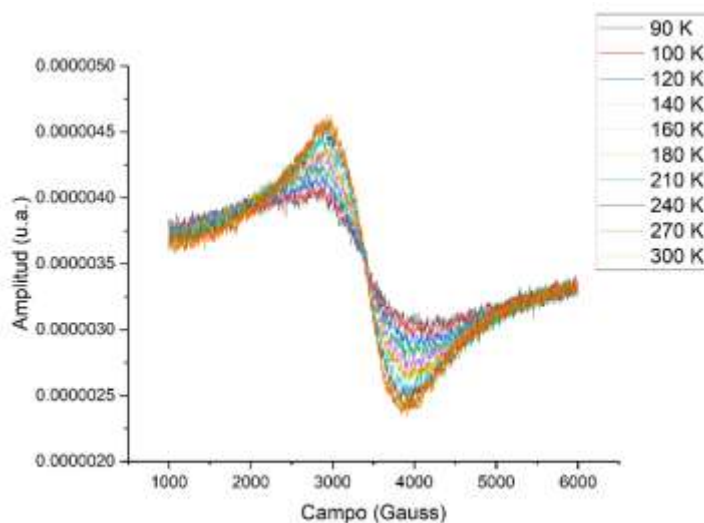


Figura. Amplitud vs. Campo magnético para la muestra de $\text{Zn}_{0.95}\text{Cr}_{0.05}\text{O}$ calcinada a 550 °C

Agradecimientos: Agradecemos al grupo de Física Aplicada del Departamento de Física de la Universidad Nacional de Colombia por facilitar el equipo EPR para la realización del presente estudio.

Estudio vía EPR del carácter de la interacción de un ion de Cr en una muestra de $\text{Zn}_{0.95}\text{Cr}_{0.05}\text{O}$ calcinada a 600 °C.

Miguel Enrique Gámez López^[1], Valentina Giraldo Betancourt^[1], Carlos Arturo Cruz Useche^[1], Carol Jiseth Ospina Umaña^[1], Juan Sebastián Castro Millán^[1], Leonardo Suárez Sánchez^[1], Manuel Fernando Acosta^[2], Ovidio Almanza Montero^[1]

^[1] Universidad Nacional de Colombia - Bogotá, Colombia.

^[2] Universidad de Sucre – Sincelejo, Colombia.

Correo: megamezl@unal.edu.co

Resumen

Se presentan los resultados del estudio, por resonancia paramagnética electrónica (EPR), del carácter de la interacción de un ion de Cr en una muestra de $\text{Zn}_{0.95}\text{Cr}_{0.05}\text{O}$ calcinada a 600 °C. Para este estudio se tomaron espectros en un equipo de resonancia paramagnética electrónica, banda X, variando la temperatura entre los 90 K y los 300 K. Se encontró la existencia de un cambio de fase de ordenamiento, desde el estado paramagnético a anti ferromagnético o ferrimagnético, a una temperatura de Neel de 131 K. Estos resultados sugieren que hubo un reemplazo el Cr por el Zn en la estructura cristalina tipo wurtzita característica del ZnO. Se discuten las posibles aplicaciones a este hallazgo, particularmente en espintrónica.

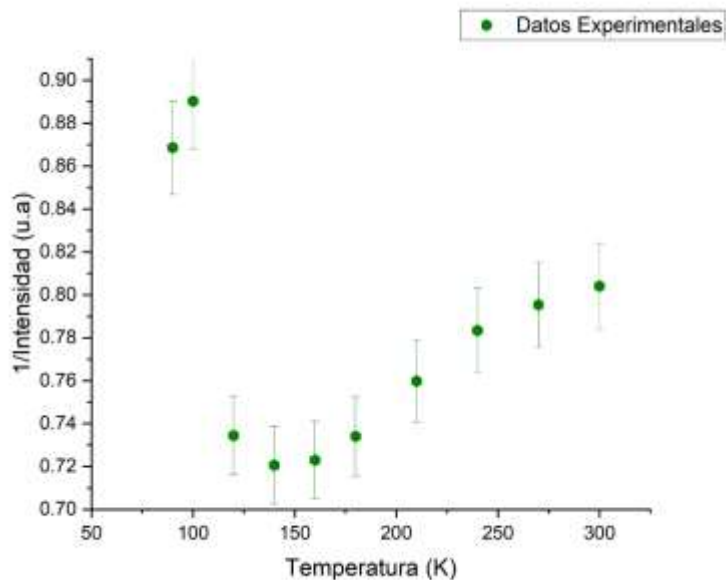


Figura. Inverso de intensidad vs. Temperatura para la muestra de $\text{Zn}_{0.95}\text{Cr}_{0.05}\text{O}$ calcinada a 600 °C

Agradecimientos: Agradecemos al grupo de Física Aplicada del Departamento de Física de la Universidad Nacional de Colombia por facilitar el equipo EPR para la realización del presente estudio.

Estudio del efecto Hall en las aleaciones $\text{Ni}_{42}\text{Co}_8\text{Mn}_{39}\text{Sn}_{11-x}\text{Ge}_x$ ($x = 0, 1, 2, 3 \text{ \% at.}$)

Harold Gómez Córdoba^[1], Nicolás Salazar Henao^[1], Andrés Rosales-Rivera^[1], Daniel Salazar Jaramillo^[2]

^[1] Laboratorio de Magnetismo y Materiales Avanzados, Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, Manizales, Colombia.

^[2] Basque Foundation for Science and the University of the Basque Country, Edif. Martina Casiano, Pl. 3 Parque Científico UPV/EHU Barrio Sarriena, 48940 Lejona, España

Correo: hagomezco@unal.edu.co.

Resumen

En este estudio, se abordó la determinación de la respuesta de efecto Hall en las aleaciones $\text{Ni}_{42}\text{Co}_8\text{Mn}_{39}\text{Sn}_{11-x}\text{Ge}_x$ ($x = 0, 1, 2, 3 \text{ \% at.}$) preparadas por el método denominado enfriamiento rápido continuo. El estudio del efecto Hall se realizó a temperatura ambiente en un equipo instrumentado en el laboratorio por Melo-Quintero *et al.* (2010). El voltaje Hall se midió para campos magnéticos DC, H , entre $-10 < H < 10 \text{ kOe}$, y varias corrientes eléctricas de corriente continua I_{DC} aplicadas a las muestras, las cuales variaron entre $20 \leq I_{DC} \leq 100 \text{ mA}$. Se adquirieron datos para los pasos consecutivos de H , estabilizando H antes de cada lectura. Las curvas de resistividad Hall vs. H exhiben un campo de inflexión H_S , campo por debajo del cual se observan los efectos Hall ordinario y extraordinario. Por encima de H_S , el efecto Hall ordinario predomina, mientras que el extraordinario no se observa más. Se encontró que el valor de H_S depende de la concentración de Ge pero no presenta una dependencia lineal de esa concentración. El número de portadores de carga n_c se determinó para $H > H_S$, y su valor cae entre un comportamiento semiconductor y uno metálico. Se analizan los posibles efectos de la concentración de Ge sobre la respuesta del efecto Hall y la interacción espín-orbita al menos cualitativamente.

Referencia

Melo-Quintero, J.J., Rosales-Rivera, A., Giraldo-Daza, H. (2010). Hall effect and resistivity measurements in CoFe-based amorphous magnetic alloys. *Momento, Revista de Física*, 41, 37-48.

Agradecimientos: Agradecemos a la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales por el apoyo dado al desarrollo de la presente investigación.

Evaluación del momento magnético efectivo en manganitas $\text{La}_{1-x}\text{A}_x\text{Mn}_{1-y}\text{B}_y\text{O}_3$ en el rango $T_c < T < 300 \text{ K}$

Fabián Quevedo^[1], *Aminta Mendoza*^[2]

^[1] Grupo de materiales magnéticos y nanoestructuras, Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá, Bogotá, Colombia.

^[2] Departamento de física, Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá, Bogotá, Colombia.

Correo: fquevedo@unal.edu.co

Abstract

$\text{La}_{1-x}\text{K}_x\text{Mn}_{1-y}\text{Cr}_y\text{O}_3$ and $\text{La}_{1-x}\text{K}_x\text{Mn}_{1-y}\text{Cu}_y\text{O}_3$ samples, in the range $0.0 \leq x \leq 0.09$, were prepared using the high-temperature solid-state reaction method and magnetically characterized. The results showed a ferromagnetic–paramagnetic transition in each sample at Curie's Temperature T_c between 212K and 263 K. The behavior of magnetic susceptibility as function of temperature was studied for multiple magnetic fields, this showed existence of short range magnetic clusters in the paramagnetic state. Experimental effective paramagnetic moment was locally calculated, it was found for low doping and low magnetic field the existence of ferromagnetic clusters formed by a weakly paramagnetic interacting core with a spin shell, as previously reported for this type of materials. Finally, this structural composition of the cluster was studied as a function of temperature and field, based on a novel method proposed.

Agradecimientos: Agradecemos a Fatma Khammassi, de la facultad de ciencias de la Universidad de Sfax, por facilitar las medidas experimentales de las muestras utilizadas en este estudio.

Importancia de películas delgadas de Cobalto en aplicaciones espintrónicas.

Ana Ruiz ^[1], *Alejandra Santa* ^[2], *Carlos Ostos* ^[1, 2], *Oscar L. Arnache Olmos* ^[1]

[1] Grupo de Estado Sólido-GES, Instituto de física, Universidad de Antioquia, Sede Medellín, Calle 67, 53-108, Medellín, Colombia.

[2] Laboratorio NAP-XPS, Universidad de Antioquia, Sede de investigación Universitaria-SIU, Medellín, Colombia.

Correo: ana.ruizn@udea.edu.co

Resumen

En este trabajo se fabricaron películas de Co sobre sustratos de Si mediante deposición por pulverización catódica. El proceso consistió en crecer una película de Co sobre Si(100) de forma convencional y otra colocando una malla sobre el sustrato, durante 30 y 60 minutos, respectivamente. Esto se hizo a temperatura ambiente, a una potencia de 20 watts y una presión base de 2.6×10^{-1} Torr. Los espectros obtenidos por espectroscopia de fotoelectrones emitidos por rayos X (XPS) mostraron que ambas películas se oxidaron, la primera formó CoO y la segunda Co₃O₄. Finalmente, se hace una discusión de las propiedades magnéticas a temperatura ambiente.

Agradecimientos: Agradecemos al Grupo de Estado Sólido y al laboratorio NAP-XPS de la Universidad de Antioquia por los recursos requeridos para la participación en este evento.

Magnetic characterization of the alloy $\text{Mn}_{57-x}\text{Al}_{43}\text{Cu}_x$ as a potential Rare-Earth-Free Permanent Magnet

Alvaro J. Echeverri R. ^[1, 2, 3], *Juan S. Trujillo* ^[1, 2], *León D. Escobar* ^[4], *Jesús A. Tabares* ^[1, 2], *Mily G. Sánchez* ^[5] and *Juan G. Ramírez* ^[5].

^[1]Grupo de Metalurgia Física y Teoría de Transiciones de Fases,
Departamento de Física, Universidad del Valle, A.A. 25360, Cali, Colombia.

^[2]Centro de Excelencia de Nuevos Materiales, Universidad del Valle, A.A.
25360, Cali, Colombia.

^[3]Escuela de Ingeniería de Materiales, Universidad del Valle, Meléndez, A.A.
25360, Cali, Colombia.

^[4]Departamento de Matemáticas, Universidad del Valle, Meléndez, A.A.
25360, Cali, Colombia.

^[5]Laboratorio de Nanomagnetismo, Departamento de Física, Universidad de
los Andes, Bogotá, Colombia.

Correo: alvaro.echeverri@correounivalle.edu.co

Abstract

The new permanent magnets made from MnAl alloys are a more cost-effective option compared to the magnets that are more commonly used. However, these magnets tend to have a lower coercivity (H_c). Nevertheless, these potential magnetic properties are either on par with or superior to some traditional permanent magnetic materials like alnicos and ferrites. The ferromagnetic phase in the MnAl system continues to garner attention due to its appealing combination of magnetic properties for modern technological applications. The metastable tetragonal τ -MnAl phase exhibits strong ferromagnetism with a composition of approximately 50-60 at% manganese, and it can be manufactured with high remanence (M_r), coercivity, and saturation magnetization. The primary aim of this study is to introduce Cu into the Mn-Al structure to enhance the magnetic. The $\text{Mn}_{57-x}\text{Al}_{43}\text{Cu}_x$ system was produced by arc melting, spun in a melt spinning at 25 m/s and annealed at 475 °C. We found the ϵ -MnAlCu ribbons were obtained with a considerable presence of the target τ -phase. The sample with the highest content of the τ phase is $\text{Mn}_{54.5}\text{Al}_{43}\text{Cu}_{2.5}$, with 63.41 wt%. On the other hand, the sample with the lowest τ phase content is $\text{Mn}_{57}\text{Al}_{43}$, with only 08.00 wt%. The samples that present a relatively balanced combination of magnetic properties, which could be considered as the best choices if a strong and stable magnetic behavior is sought are: $\text{Mn}_{56.5}\text{Al}_{43}\text{Cu}_{0.5}$, with a H_c of 1328.7 Oe and a M_r of 36.63 emu/g. And $\text{Mn}_{55.5}\text{Al}_{43}\text{Cu}_{1.5}$, with a H_c of 1327.3 Oe and a M_r of 46.36 emu/g.

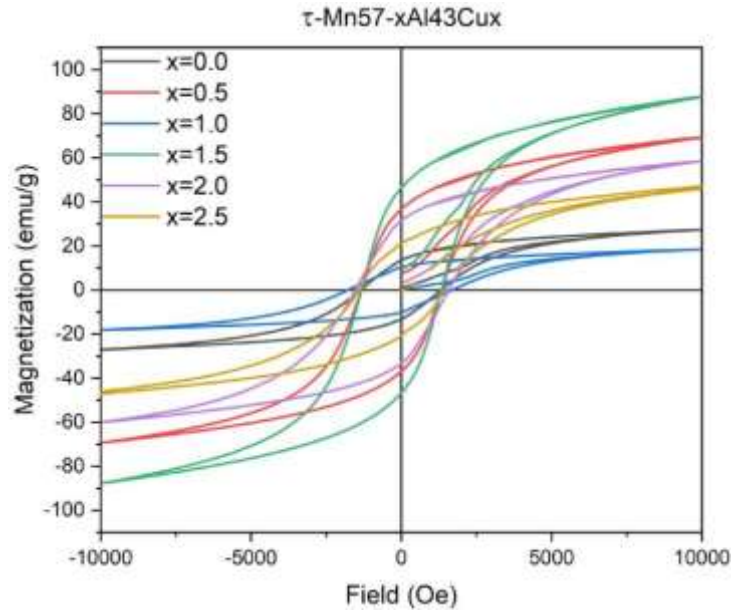


Figura. Hysteresis cycle for the Mn_{57-x}Al₄₃Cu_x system.

Agradecimientos: The authors of this study are grateful to the following projects, “Fortalecimiento de las capacidades científicas de la región pacífico para el desarrollo de una novedosa ruta de fabricación de imanes permanentes nanoestructurados para aplicaciones energéticas limpias en los departamentos del Cauca, Valle del Cauca. BPIN 2021000100079”, financed by the Sistema General de Regalías, and “Estudio de las propiedades de imán permanente libres de tierras raras de las aleaciones de Mn-Al y Mn-Bi dopadas con C, Cu y Co. CI 71334”, financed by the Universidad del Valle. Also thanks to Centro de Excelencia en Nuevos Materiales – CENM and Grupo de Metalurgia Física y Teoría de Transiciones de Fase - GMTF.

Estudio del desorden superficial en puntos cuánticos de magnetita mediante dinámica molecular

Catalina Montoya Solorzano, Mario Andrés Hernández Moreno, Oscar Moscoso Londoño, César Leandro Londoño Calderón y José Darío Agudelo Giraldo

Departamento de Física y Matemáticas, Universidad Autónoma de Manizales, Antigua Estación del Ferrocarril, Manizales, CP 170001, Colombia catalina.montoyas@autonoma.edu.co

Resumen

La magnetita (Fe_3O_4) es uno de los materiales magnéticos por excelencia que se ha estudiado a través del tiempo. Las propiedades magnéticas del Fe_3O_4 se explican a través de la interacción de superintercambio entre los hierros presentes (Fe^{3+} y Fe^{2+}), mediados por el oxígeno. Reducir el tamaño de partícula de la magnetita favorece el desorden superficial, lo cual modifica la distancia Fe-O y los ángulos, repercutiendo directamente sobre sus propiedades magnéticas. En este trabajo, se simuló nanopartículas de Fe_3O_4 ultrapequeñas (puntos cuánticos) mediante dinámica molecular. La simulación se implementó a partir de la celda unitaria cúbica de la espinela inversa de magnetita. La partícula inicialmente diseñada se recortó a diferentes diámetros. Los diámetros de las nanopartículas simuladas fueron 2.8, 3.0, 3.2, 3.4, 3.6, 3.8, 4.0, 5.0 y 6 nm. Las posiciones atómicas se ingresaron en el software LAMMPS, utilizando el potencial de Buckingham. La simulación permitió determinar el estado final de la nanopartícula y la función de distribución radial. Los resultados de la simulación evidencian que el cambio de superficie tiene un efecto significativo debido al alto porcentaje de átomos en la superficie con respecto al núcleo. Como resultado, se pudieron observar nuevas propiedades y relacionarlas con esta pérdida de simetría. Para partículas con tamaños inferiores a 3.2 nm, la superficie de las nanopartículas tiende a ser amorfa. Aquí, la superficie está compuesta principalmente por interacciones $\text{Fe}^{3+} - \text{O}^{2-}$ en comparación con $\text{Fe}^{2+} - \text{O}^{2-}$, lo que indica una reordenación de los oxígenos. Entre 3.2 y 3.4 nm, las nanopartículas presentan una interesante transición de orden en la función de distribución radial.

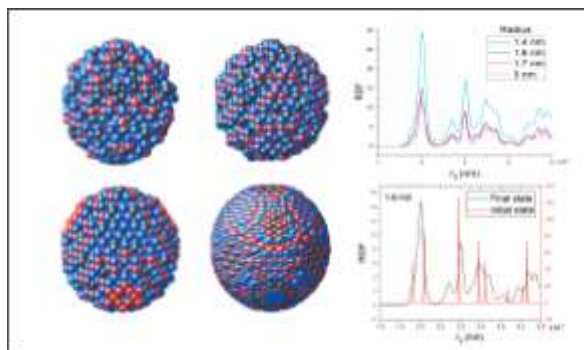


Figura. Función de distribución radial de nanopartículas de magnetita a distintos tamaños.

Diferenciación de productos volcánicos asociados al Volcán Nevado del Ruiz mediante anisotropía magnética

Luis Felipe Gómez-Colonia^[1], Victoria Mejía^[1], Vadim Kravchinsky^[2],
AvtoGogichaishvili^[3]*

^[1] Laboratorio de Paleomagnetismo y Geofísica Ambiental,
Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, Colombia.

^[2] Laboratory of Paleomagnetism and Petromagnetism, University of
Alberta, Edmonton, Canada.

^[3] Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México,
unidad Morelia, México.

*e-mail: lufgomezco@unal.edu.co

Resumen

Se realizó un estudio de magnetismo de rocas en muestras de 17 sitios pertenecientes al Campo Volcánico Monogenético Villamaría-Termale y al Volcán Nevado del Ruiz. Durante este estudio se llevaron a cabo análisis de anisotropía de susceptibilidad magnética (AMS), susceptibilidad vs temperatura, curvas de histéresis, magnetización remanente isotermal y campo inverso. Los resultados de AMS mostraron diferentes formas de elipsoides de susceptibilidad en los sitios muestreados. Se encontraron 7 sitios con elipsoides de forma triaxial, 4 con elipsoides oblados y 3 con elipsoides prolados. Se identificaron 3 sitios con resultados indefinidos debido a la alta dispersión de los datos. Estos hallazgos permiten obtener información sobre las condiciones de emplazamiento de algunos sitios. La presencia de anisotropía planar (elipsoide oblado) puede indicarla deformación de la roca en dirección del flujo de lava, mientras que la anisotropía triaxial y lineal (elipsoide prolado) puede sugerir una posible dirección de emplazamiento de un domo de lava. Los análisis de susceptibilidad vs temperatura revelaron dos rangos de temperaturas de Curie (T_c): 300°C a 350°C y 400°C a 550°C. Estos rangos indican la presencia de una (9 sitios) o dos (8 sitios) fases mineralógicas, las cuales concuerdan con la presencia común de titanomagnetitas de alto y bajo contenido de titanio en las rocas volcánicas muestreadas, como andesitas, dacitas y riolitas. Estos rangos de temperaturas son consistentes con la posible presencia de titanohematitas de bajo e intermedio contenido de titanio. Se observaron también altos valores de coercitividad ($B_{cr} = 66.84\text{mT}$) que respaldan esta evidencia.

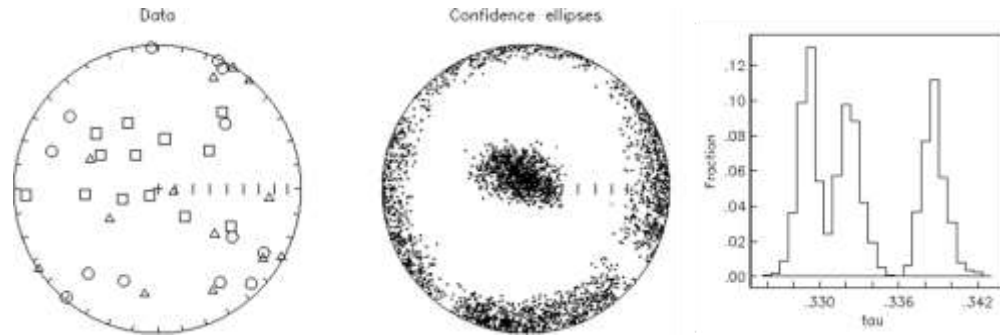


Figura. Proyección en el hemisferio inferior de las componentes principales de susceptibilidad magnética en el sitio VT15. La distribución del histograma permite interpretar anisotropía lineal (elipsoide prolado).

Agradecimientos: Programa de Líderes Emergentes en las Américas, becas internacionales de Global Affairs Canada. Central Hidroeléctrica de Caldas (CHEC), reserva forestal Bosques de la CHEC. Lioudmila Koukhar, asistente de investigación en la Facultad de Ciencias, University of Alberta, Edmonton, Canadá.

Effects of sintering temperature on physical properties and phase superconductor $\text{YbBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-d}$ y $\text{TbBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-d}$

N. Piragua-Ortiz^[1], I. Torres-Mahmud^[1], E.M. VargasPineda^[1], J. Roa-Rojas^[1], D.A. Landínez-Téllez^[1], Carlos A. Parra Vargas^[1]

^[1] Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, Carrea 30 - 45, Bogotá, Colombia.

Correo: npiragua@unal.edu.co

Abstract

High critical temperature ceramic superconductors are characterized by many parameters that depend on the synthesis process, such as the sintering temperature, which can be determinant on the value of the critical temperature. For the case of $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-d}$, a critical temperature in the range of $50 \text{ K} < T_c < 80 \text{ K}$ is expected. However, this is not the only interesting critical parameter, since also relevant for applicability effects are those such as critical fields 1 and 2, penetration depth, coherence magnitude, critical current, coherence length, coherence transition effects and coupling transition. These critical parameters describe the superconducting phase and can be obtained by means of the Azlamazov-Larkin theory and models related to the Josephson effect in the coherence transition, where the strongly granular character of the samples is of particular importance. In the present work, the synthesis process of the material, its macroscopic evidence of superconductivity and the application of the previously mentioned models for the determination of its critical parameters are detailed.

Agradecimientos: Agradecemos al instituto Balquiria por los recursos requeridos para la participación en este evento.

Estudio de las propiedades estructurales, magnéticas y eléctricas de materiales sólidos bidimensionales basados en Manganeso y Cobalto

*M. M. Gómez-Hermida^[1], Andrés Rosales-Rivera^[2], N.P. Arias^[3]
and O. Giraldo^[2]*

[1] Departamento de Ciencias Básicas, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Católica de Pereira, Colombia

[2] Departamento de Física y Química, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, Manizales, Colombia.

[3] Facultad de Ingeniería, Grupo de Investigación En Procesos Agroindustriales y Desarrollo Sostenible (PADES), Universidad de Sucre, Sincelejo, Sucre, Colombia

E-mail: monica.gomez@ucp.edu.co (M. M. Gómez-Hermida)

Resumen

Los materiales laminares de óxido de manganeso han captado un notable interés en la comunidad científica debido a sus propiedades excepcionales, que incluyen flexibilidad estructural, estructura porosa, valencia mixta y características fisicoquímicas específicas. Estas cualidades los convierten en materiales versátiles con aplicaciones diversas en áreas como la catálisis, el intercambio iónico, los medios de almacenamiento magnético y materiales para almacenamiento de energía. Este trabajo presenta los resultados de una investigación centrada en los materiales de óxido de manganeso laminar del tipo birnesita, tanto con sustitución de cobalto como sin ella. Estos materiales se sintetizaron mediante dos métodos distintos: química suave y estado sólido. Durante el proceso de síntesis, se incorporó cobalto en proporciones que variaron desde el 0% hasta el 100%, en relación al contenido de manganeso en el material no sustituido. La caracterización de los materiales se llevó a cabo mediante diversas técnicas, como difracción de rayos X, microscopía electrónica de barrido, análisis térmico, resistividad eléctrica en corriente continua y magnetización en función del campo magnético y la temperatura. Los resultados obtenidos en este estudio permitieron identificar la influencia del método de síntesis en las propiedades de los materiales, así como el efecto de la adición de cobalto. Se observó que, en todos los métodos de síntesis, se logró obtener la fase deseada de birnesita, aunque la proporción de cobalto añadida influyó en la formación de fases no deseadas. Además, se determinó que el método de síntesis tuvo un impacto significativo en las propiedades eléctricas y magnéticas de los materiales. El análisis de la magnetización en función del campo magnético y la temperatura permitió comprender el comportamiento magnético de los materiales. En resumen, este trabajo proporciona una valiosa contribución al conocimiento de los materiales de

óxido de manganeso laminar y sus propiedades, resaltando la importancia de la síntesis y el dopaje de cobalto en la modificación de sus características.

Agradecimientos: A los miembros y colaboradores de los Laboratorio de Magnetismo y Bajas Temperaturas (LMBT) del Instituto de Física Gleb Wataghin (IFGW) de la Universidad de Campinas, el Laboratorio de Materiales Nanoestructurados y Funcionales y el laboratorio de Magnetismo y Materiales Avanzados de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales y a la Universidad Católica de Pereira, quienes en conjunto permitieron la realización de este trabajo

Estudio de las Propiedades Magnéticas y Estructurales de Aleaciones tipo MnAlCo para Potenciales Usos Como Imán Permanente

L.T. Amaya Lara^[1,2,3], J. S. Trujillo Hernández^[1,2,4], L. Marín Mercado^[2,4,5], J. A. Tabares^[1,2,4]

- [1] Grupo de Metalurgia Física y Teoría de Transiciones de Fases, Departamento de Física, Universidad del Valle, A.A. 25360, Cali, Colombia.
 - [2] Centro de Excelencia de Nuevos Materiales (CENM), Universidad del Valle, A.A.25360, Cali, Colombia.
 - [3] Escuela de Ingeniería de Materiales, Universidad del Valle, Meléndez, A.A. 25360, Cali, Colombia
 - [4] Departamento de Física, Universidad del Valle, Meléndez, A.A. 25360, Cali, Colombia
 - [5] Grupo de Películas Delgadas, Universidad del Valle, Meléndez, A.A. 25360, Cali, Colombia
- luz.amaya@correounivalle.edu.co, juan.sebastian.trujillo@correounivalle.edu.co,
marin.lorena@correounivalle.edu.co, jesus.tabares@correounivalle.edu.co

Resumen

Actualmente los imanes permanentes (IP) más codiciados en el mercado para aplicaciones en tecnologías modernas son aquellos fabricados con elementos de tierras raras, gracias a su alto producto de energía y, por lo tanto, eficiencia. El problema con estos elementos radica en su alto costo actual, difícil acceso y aspectos críticos en el ámbito político, económico y ambiental. En nuestro estudio, nos propusimos superar esta limitación produciendo nuevos IP a escala nanométrica, libres de tierras raras, mediante el dopaje de la aleación τ -MnAl con Co, en las composiciones $\text{Mn}_{57-x}\text{Al}_{43}\text{Co}_x$ (0.51, 0.91, 1.51), fabricadas utilizando Horno de Arco, Melt Spinning con velocidad de rueda de 25 m/s y tratamientos térmicos de recocido a 400°C, 450°C, 500°C.

Para comprender el comportamiento magnético y estructural de las aleaciones se emplearon técnicas de análisis como Magnetometría de Muestra Vibrante (VSM), Difracción de Rayos X (XRD) y Microscopía Electrónica de Barrido (SEM). Los resultados de rayos X revelaron que los parámetros estructurales óptimos se obtuvieron mediante un tratamiento térmico a 500 °C durante 20 minutos en la composición de $\text{Mn}_{56.09}\text{Al}_{43}\text{Co}_{0.91}$, lo cual dio como resultado un 86.1% de fase τ -MnAl, 3.8% de fase β -Mn y un 10.1% de fase γ_2 -Mn. Este proceso promovió la segregación de fases secundarias no magnéticas en el material; a la vez, se evidenció que para el % atómico de Co más óptimo en la aleación, se presentó la precipitación de la fase deseada τ desde la muestra as-cast, incluso antes del tratamiento térmico.

Los resultados de VSM indicaron que las propiedades magnéticas más sobresalientes se alcanzaron con un tratamiento térmico a 450 °C durante 20 minutos en la composición de $\text{Mn}_{56.09}\text{Al}_{43}\text{Co}_{0.91}$ logrando una magnetización remanente de 21.7 emu/g y un campo coercitivo de 1942 Oe. El análisis SEM reveló la presencia de fases secundarias no magnéticas como $\beta\text{-Mn}$ y $\gamma_2\text{-Mn}$. La remanencia máxima alcanzada para cada composición de estudio depende del grado de pureza de la fase τ en la aleación, favoreciéndose a mayores porcentajes en peso para la misma muestra.

Agradecimientos: Los autores de este estudio agradecen a los siguientes proyectos, “Fortalecimiento de las capacidades científicas de la región del Pacífico para el desarrollo de una novedosa ruta de fabricación de imanes permanentes nanoestructurados para aplicaciones de energía limpia en los departamentos del Cauca, Valle del Cauca. BPIN 2021000100079”, financiado por el Sistema General de Regalías, y “Estudio de las propiedades de imanes permanentes libres de tierras raras de aleaciones Mn-Al y Mn-Bi dopadas con C, Cu y Co. CI 71334”, financiado por la Universidad del Valle. También gracias al Centro de Excelencia en Nuevos Materiales – CENM y al Grupo de Teoría de Transición de Fase y Metalurgia Física – GMTF.

Síntesis y caracterización de nanopartículas magnetos surfactantes de $[\text{Co}(\text{trien})(\text{C}_{19}\text{H}_{30}\text{NO})]\text{Cl}_2$ A partir de la fermentación de frutas como alternativa de química verde al tratamiento de aguas por desechos de hidrocarburos

K. Orozco Pérez^[1], Z. Caamaño De Ávila^[1], D. Mendoza Meza^[1]

^[1] Universidad del Atlántico, sede norte, Puerto Colombia Cr. 30 # 8-49, Atlántico, Colombia.

Correo: kkatherynneorozco@mail.uniatlantico.edu.co,
zuliacaamano@mail.uniatlantico.edu.co,
darymendoza@mail.uniatlantico.edu.co

Resumen

El petróleo es uno de los recursos más usados desde el siglo XX, como consecuencia de su expansión comercial, y poca protección en su manipulación, ha llevado a que la mayoría de las grandes catástrofes ambientales estén relacionadas con este recurso. En nuestro planeta, se han producido más de 130 vertidos de petróleo a partir de 1960. Por esta razón, se han desarrollado métodos para el tratamiento de aguas contaminadas por desechos de hidrocarburos, dentro de los cuales se propone la síntesis de nanopartículas magneto surfactantes (NPs Magsurf) a partir del método de química verde. La estructura molecular de estas nanopartículas surfactantes magneto responsivas es semejante a una micela cuya zona hidrofílica será de naturaleza metálica (la responsable de la respuesta magnética) y la zona hidrofóbica (miscible en el hidrocarburo) está relacionada con una cadena de carbonos (figura 1). Una vez sintetizadas, las nanopartículas serán caracterizadas y luego evaluadas para determinar su eficiencia en la remoción del hidrocarburo.

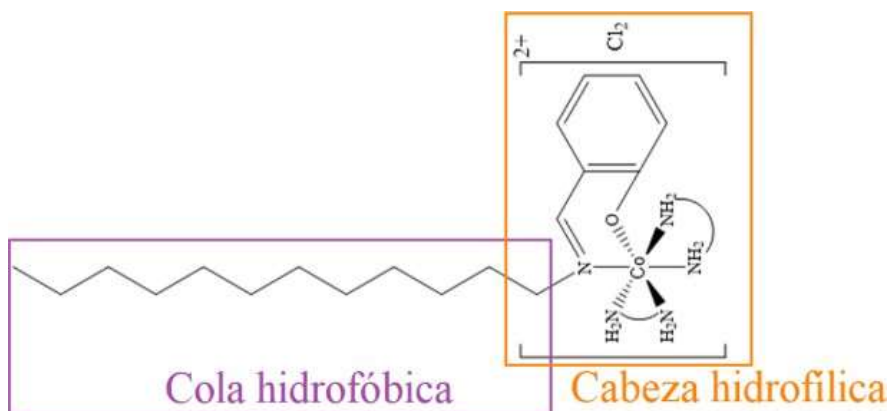


Figura 1. Esquema de la estructura molecular de las NPs Magsurf.

Ferromagnetismo a temperatura ambiente en nanoestructuras: Bi_2Te_3 y grafeno

Viviana Gómez^{[1],†}, Rubén Darío Franco^{[2],†}, Yenny Hernández^{[3],†}

[†]Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.

¹v.gomez6@uniandes.edu.co, ²r.franco@uniandes.edu.co, ³yr.hernandez@uniandes.edu.co

Resumen

A medida que las dimensiones de los materiales se reducen a escalas nanométricas, las propiedades magnéticas pueden cambiar drásticamente debido a la presencia de nuevas interacciones entre los electrones y a las restricciones impuestas por el tamaño y la forma del material. En este estudio se midió la respuesta ferromagnética de dos materiales bidimensionales estructurados por capas: Bi_2Te_3 exfoliado en fase líquida y grafeno exfoliado electroquímicamente. Se encontró que el ferromagnetismo a temperatura ambiente es una característica intrínseca de ambos materiales, a pesar de que en su forma pre-exfoliación carecen de esta característica. Esto sugiere que las propiedades magnéticas emergentes están relacionadas con los defectos e impurezas que de manera inevitable aparecen en los bordes de estos materiales debido a su nueva dimensionalidad. Además, se observó que a bajas temperaturas el Bi_2Te_3 exfoliado exhibe una fase paramagnética, una característica previamente no documentada en la literatura científica.

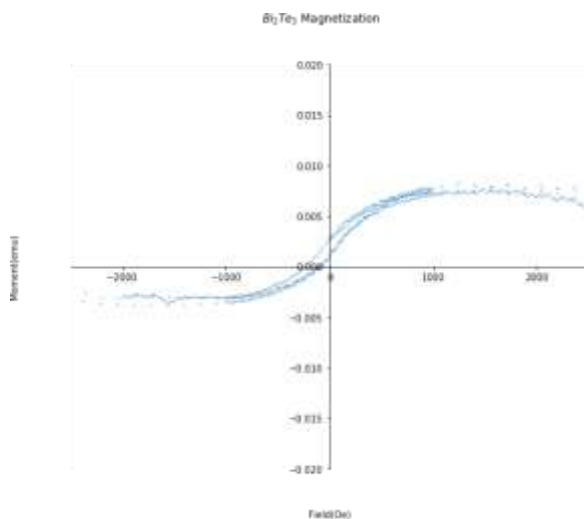


Figura. Curva de magnetización para el Bi_2Te_3 exfoliado al vacío a temperatura ambiente. Se evidencia comportamiento ferromagnético con una saturación máxima de $5.000 \pm 0.001 \times 10^{-3} \text{ emu/g}$.

Agradecimientos: Agradecemos al Laboratorio de Nanomateriales de la Universidad de los Andes.

Structural properties of the magnetic topological insulator MnBi_2Te_4

D.A. León^[1], *D.A. Landínez-Téllez*^[2], *R González-Hernández*^[3], *J. Roa-Rojas*^[4]

^[1] ^[2] ^[4] Grupo de Física de Nuevos Materiales, Departamento de Física,
Universidad Nacional de Colombia, 111321 Bogotá DC, Colombia
Carrera 30 No. 45-03.

^[3] Universidad del Norte, Km 5 vía a Puerto Colombia. Barranquilla,
Colombia.

Correo: daleon@unal.edu.co

Abstract

Magnetic topological insulators are the convergence point between topology, magnetism, and materials physics, with this purpose great efforts have been made to include magnetism in topological insulators due to the potential to explore new exotic materials phases such as quantum anomalous Hall effect, explore Majorana fermions or their possible uses in quantum computing. A successful methodology consists of including transition metal planes in the middle of conventional topological insulators such as Bi_2Te_3 or Bi_2Se_3 . In the present work, the structural, electronic, and magnetic results of the magnetic topological insulator MnBi_2Te_4 are presented by means of computational simulations based on the density functional theory with the generalized gradient approximation. In this study, structural optimization was performed in the ferromagnetic (FM) and antiferromagnetic (AFM) configurations in double hexagonal cells. The unit cell of the material can be represented in a trigonal structure of structural group 166 (R-3m) with septuple layers interacting by Van der Waals forces. Using total energy calculations, we found that the most favorable structural configuration is the antiferromagnetic AFM layer-by-layer interlayer. In addition, electronic dispersion relations are presented where a band inversion around the gamma point of the reciprocal space is distinguished, a characteristic sign of topological insulators.

Fabricación y caracterización de nanodiscos y nanopelículas de FeO_x depositados por *e-beam* para aplicaciones médicas y basadas en Exchange Bias

Daniel F. Hernández-Gómez^[1], Izaro^[2], Carolina Redondo^[2], Rafael

Morales^[2], Juan Gabriel Ramírez-Rojas^[1]

^[1] Universidad de los Andes, Cra 1 N° 18A- 12, Bogotá, Colombia.

^[2] Universidad del País Vasco, Barrio Sarriena, s/n. 48940 Leioa, Bilbao, España.

Correo: df.hernandez12@uniandes.edu.co

Resumen: El comportamiento magnético de compuestos de hierro nanoestructurados ha sido aprovechado para promover el desarrollo de múltiples implementaciones tecnológicas tales como sistemas de memorias y dispositivos electrónicos a la par con avances en el conocimiento de las propiedades fundamentales de la materia. La magnetización comparativamente alta de los óxidos de hierro ha favorecido avances para el diagnóstico y tratamiento médico mediante medios de contraste para imágenes por resonancia magnética y tratamientos selectivos para la eliminación de células cancerígenas con mínima afectación de las células sanas respectivamente. Estas posibles implementaciones son factibles gracias a la funcionalización de nanoestructuras de óxidos de hierro que les permite ubicarse en las células enfermas dentro del cuerpo y realizar una acción afín a un diagnóstico o tratamiento médico a través de sus respuestas ante campos magnéticos externos. No obstante, para eventuales tratamientos selectivos para enfermedades como el cáncer de este tipo se requiere establecer la forma, tamaño y composición óptimas de la nanoestructuras para que una vez ubicadas en las células enfermas realicen el posible tratamiento médico aprovechando su respuesta magnética ante campos externos. Pero a la vez estas nanoestructuras no deben exhibir una magnetización neta en el tránsito por el torrente sanguíneo dentro del cuerpo hasta las células afectadas para evitar aglomeraciones en lugares no deseados. En este sentido, en este trabajo se fabrican nanopelículas por *e-beam* y nanodiscos mediante litografía de interferencia con *e-beam* de óxidos de hierro (FeO_x) que presentan respectivamente Exchange Bias y una prueba de concepto favorable de su respuesta magnética para posibles tratamientos selectivos para el cáncer. Los resultados de espectroscopia Raman y XPS, reflectometría XRR junto con la existencia de la transición de Verwey en las curvas de ZFC-FC (SQUID) indican la presencia de Fe_3O_4 , $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$, $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$, FeO , $\alpha\text{-FeOOH}$ y $\gamma\text{-FeOOH}$ en la nanopelícula de FeO_x de 17nm. Las curvas de histéresis en función de la Temperatura ($M(H)$ Vs T) medidas por SQUID ilustran un Exchange Bias de hasta 200 Oe por debajo de 175K para campos H_{FC} de 7, 0 y -7 T en esta nanopelícula de FeO_x (17nm). Los nanodiscos de FeO_x (11.1nm) de 2 μm de diámetro observados por AFM exhiben mediante MOKE longitudinal una respuesta

magnética favorable para posibles tratamientos médicos selectivos al medirlos disueltos en agua aún para una baja concentración molar. Estos resultados contribuyen al conocimiento fundamental de las propiedades magnéticas de los óxidos de hierro aprovechable en implementaciones tecnológicas y al desarrollo de tratamientos selectivos para enfermedades como el cáncer para un mayor bien de la sociedad.

Agradecimientos: Agradecemos al Grupo de Nanomagnetismo del Departamento de Física de la Universidad de los Andes, a Rafael Morales, Carolina Redondo, Izaro, Raquel y Daniel Domenech del Departamento de Física Química y al Centro Sciger de la Universidad del País Vasco y al proyecto MAGNAMED (GA 734801) de la Unión Europea.

Verificación del campo magnético producido por un equipo portable para experimentos de hipertermia magnética

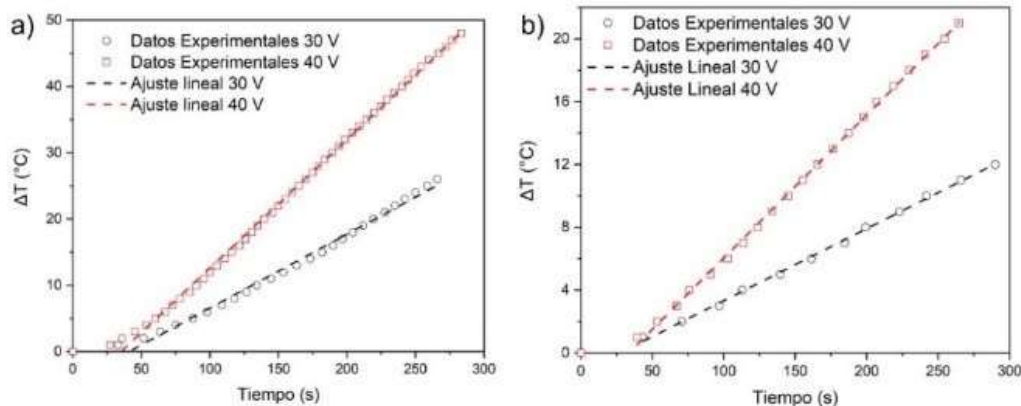
Juan Manuel Galindo González, Oscar Moscoso Londoño, Abilo Andrés Velásquez Salazar, Paulo César Cárdenas Montoya, Cesar Leandro Londoño Calderón

Departamento de Física y Matemáticas, Universidad Autónoma de Manizales.

Correo: juanm.galindog@autonoma.edu.co

Resumen

La hipertermia magnética es un método de tratamiento del cáncer que utiliza el calor generado por nanopartículas magnéticas. Su objetivo es elevar la temperatura de los tejidos locales adyacentes entre 41-45 °C, lo que desencadena la apoptosis celular en las células cancerosas. El equipo de hipertermia genera un campo magnético gracias a un circuito RLC, este campo magnético alterno induce a las nanopartículas a través del torque de alineación de los momentos magnéticos con el campo. La magnitud del campo magnético aplicado por los equipos de hipertermia es fundamental para caracterizar el aumento de la temperatura. Sin embargo, la medida de dicho campo no es una tarea trivial, debido a la presencia de corrientes alternas que resaltan los efectos capacitivos e inductivos aún en sistemas aparentemente con efectos de resistencia pura. Con el fin de determinar dicho campo magnético, se empleó un pequeño solenoide y se verificó su funcionamiento con la inducción electromagnética que genera una Bobinas de Helmholtz sobre dicho solenoide. La impedancia eléctrica en función de la frecuencia fue determinada y usada para determinar la corriente sobre el circuito. La verificación del campo producido por las bobinas de Helmholtz y el inducido en la pequeña bobina permitió garantizar el sensado del campo magnético sobre el embobinado del equipo de hipertermia magnética. Además, se evaluó el rendimiento del sistema de inducción electromagnética en diversos materiales, como acero, cobre, aluminio y un ferrofluido. Estos experimentos proporcionan la base para la funcionalización del equipo, preparándolo para su aplicación en investigaciones clínicas.



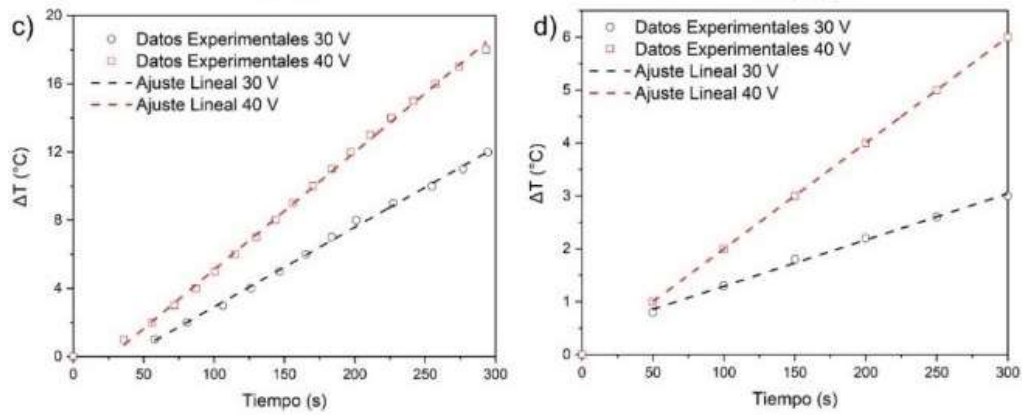


Figura. Variación de la temperatura en función del tiempo a dos voltajes aplicados (30 y 40 V) de: a) acero, b) cobre, c) aluminio y d) ferrofluido.

Effect of granularity over conductivity fluctuations present in the coherent transition of superconducting material $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$

I. Torres-Mahmud^[1], *N. Piragua-Ortiz*^[1], *E.M. Vargas Pineda*^[1], *C.A. Parra-Vargas*^[2], *D.A. Landínez-Téllez*^[1], *J. Roa-Rojas*^[1]

^[1]Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, Colombia.

^[2]Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia.

Correo: itorresm@unal.edu.co

Abstract

High critical temperature ceramic superconductors YBCO are composed by a multi-grain structure, which divides the resistive superconducting phase in two different transitions: an intragranular pairing transition, where each grain reaches a superconducting state individually and an intergranular coherent transition, where all the sample becomes superconductive. Near the coherent transition, phase fluctuations of the superconducting order parameter on the insulating-superconducting interface in the grains lead to Josephson-like effects in the sample, these effects are thought to be grain size or porosity-dependent. This Josephson effect at the coherent transition varying the grain size-porosity was studied. Excess conductivity generated by Josephson tunneling is covered by Azlamazov-Larkin theory. Grain size-porosity was controlled by changing the sintering temperature of YBCO samples. The samples were made via solid-state synthesis and the sintering temperatures used were 860 °C, 870 °C, 880 °C, 890 °C and 900 °C. After the process described earlier, we characterized the Josephson effect at the coherent transition, and corroborated the reported critical superconducting parameters. Critical temperatures were around 80-93 K. Critical parameters such as critical magnetic fields, coherence length, penetration length, critical current density and Ginzburg parameter were calculated.

Acknowledgements: This work was partially supported by DIEB (División de Investigación y Extensión Sede Bogotá – Universidad Nacional de Colombia).

Synthesis of iron oxide nanoparticles with a ceramic membrane reactor: effects on particles size distribution and magneto - electric characterization

Fierro, Alexander ^[1], *Salazar-Henao Nicolás* ^[2] *Andrés Rosales-Rivera* ^[2],
Fontalvo, Javier ^[1]

^[1] Departamento de Ingeniería Química, Universidad Nacional de Colombia,
Sede Manizales, Campus La Nubia, Manizales, Colombia

^[2] Laboratorio de Magnetismo y Materiales Avanzados,
Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, Campus La Nubia,
Manizales, Colombia

Correo: jfontalvoa@unal.edu.co

Abstract

Previous studies have demonstrated the potential application of membrane reactors in combination with wet synthesis methods to produce a wide range of nanoparticles¹. However, experimental results related to synthesizing iron oxide nanoparticles using ceramic membranes with convective mass transport have not yet been reported. This work developed a new process for synthesizing magnetite (Fe₃O₄) nanoparticles using the chemical coprecipitation method coupled to a ceramic membrane reactor. A precipitating agent was injected through the lumen of a mesoporous α -Al₂O₃ membrane coupled into a polypropylene reactor containing iron precursor solution under vigorous agitation. Mixing and co-precipitation only occurred on the outer side of the membrane. The reaction temperature was 25 °C, and the total reaction time was 20 min. The effect of the ionic strength of the iron precursor (0.1 - 1.5 M) and the injection rate of the precipitating agent (0.5 - 3 mL/min) on the size, particle size distribution, and magneto-electrical properties were evaluated. XRD determined the crystal structure and identification of phases present in the synthesized material. Hydrodynamic diameter and polydispersity index were measured using DLS. The magnetic-electric behavior of the samples was determined by measuring the impedance of the samples by means of the resonance of a small coil through which an AC current circulates and is subjected to small magnetic fields, H_{DC}, kept constant. Impedance measurements were performed as a function of frequency in the range of 0 to 30 MHz for H_{DC} = 0, 10, 20, 30, 40, 50, and 70 Oe. It was observed that the samples present the phenomenon of resonance. The peak and phase change in resonance are more evident and better defined in the iron oxide nanoparticles synthesized using ceramic membranes with convective mass transport as compared to their commercial counterparts. Under all synthesis conditions, a black-colored product with a magnetic response was obtained. The DLS measurements revealed that the hydrodynamic diameter's average value across all evaluated conditions was 250 ± 24 nm. Additionally, the samples exhibited polydispersity indices of up to 8.8%. Phase

identification by diffraction pattern indexing confirmed the presence of magnetite as the only phase (#PDF 01-075-0449). The results show an increase in crystallite size (8 - 15 nm) and microdeformation with the ionic strength of the iron precursors. In this work, the ability of the membrane reactor to generate nanoparticles with lower polydispersity than that obtained in conventional coprecipitation processes ($20 \% < \text{PDI} < 40 \%$) was determined. Furthermore, it was observed that these nanoparticles showcased superior magnetic behavior when compared to their commercial counterparts.

Acknowledgments: Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales

References

[1] Yao H, Wang Y, Luo G. A Size-Controllable Precipitation Method to Prepare CeO₂ Nanoparticles in a Membrane Dispersion Microreactor. *Ind Eng Chem Res* 2017;56:4993–9. doi.org/10.1021/acs.iecr.7b00289.

Construcción de un diagrama de árbol de probabilidad basado en medidas de susceptibilidad sobre $\text{NaCoMnO}_2\text{H}_2\text{O}$ laminar con $(\text{Co/Mn}) = 0.037$

Gonzalo Estiven Vanegas Cardozo^[1], *Mónica M. Gómez-Hermida*^[2], *Andrés Rosales-Rivera*^[1]
^[1] Laboratorio de Magnetismo y Materiales Avanzados, Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, Manizales, Colombia

Correo: gvanegasc@unal.edu.co

Resumen

Este trabajo se enfoca a la construcción de un árbol de probabilidad para describir el comportamiento magnético del óxido de manganeso laminar $\text{NaCoMnO}_2\text{H}_2\text{O}$ con $(\text{Co/Mn}) = 0.037$. Ese árbol de probabilidad se basa en datos experimentales de la susceptibilidad magnética, $X(T) = M(T)/H$, para $H = 1 \text{ kOe}$ [1]. La derivada térmica de la susceptibilidad, dX/dT , se asemeja al árbol de probabilidad de los sistemas de vidrio de espín. La construcción de un grafo implica la identificación de puntos mínimos, el cálculo de diferencias ($\Delta(dX/dT)$) entre puntos consecutivos y la determinación del valor medio. El mínimo de referencia se identifica como el punto con el valor más significativo ($\Delta(dX/dT)$), iniciando la construcción del árbol utilizando métodos geométricos, sumando ($\Delta(dX/dT)$) en cada nodo sin exceder la altura máxima del mínimo correspondiente. Se analizan diferentes posibilidades para construir el mencionado árbol que lleve a describir de mejor manera las características de la curva experimental.

Referencia:

[1] Mónica María Gómez-Hermida. Tesis de Doctorado – Ciencia e Ingeniería de Materiales. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, 2021.

Agradecimientos: Agradecemos a la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales por el apoyo dado al desarrollo de la presente investigación.

Determinación de la respuesta magneto-eléctrica de $\text{Fe}_{70}\text{Nb}_{10}\text{B}_{20}$ y $[(\text{Fe}_{50}\text{Co}_{50})_{75}\text{B}_{20}\text{Si}_5]_{96}\text{Nb}_4$ usando la resonancia de una bobina

Manuel Alejandro Clavijo Ceballos, Nicolás A. Salazar, Andrés Rosales-Rivera

Laboratorio de Magnetismo y Materiales Avanzados, Universidad Nacional de Colombia,
Sede Manizales, Manizales, Colombia

Correo: maclavijoc@unal.edu.co

Resumen

En este trabajo se presenta un análisis de la magneto-impedancia de los vidrios metálicos ($\text{Fe}_{70}\text{Nb}_{10}\text{B}_{20}$ y $[(\text{Fe}_{50}\text{Co}_{50})_{75}\text{B}_{20}\text{Si}_5]_{96}\text{Nb}_4$) preparados por el método denominada enfriamiento rápido continuo. El comportamiento magnético-eléctrico de esos vidrios se determinó midiendo su impedancia por medio de la resonancia de una pequeña bobina a través de la cual circula una corriente alterna y está expuesta a pequeños campos magnéticos, H_{DC} , que se mantienen constantes. Las mediciones de impedancia se realizaron en función de la frecuencia en el rango de 0 a 30 MHz para $H_{\text{DC}} = 0, 10, 20, 30, 40, 50$ y 70 Oe. Se observó que ambos vidrios presentan el fenómeno de resonancia y que su comportamiento magneto-eléctrico es predominantemente inductivo. Se proponen sus circuitos equivalentes, los cuales son estudiados por medio de un ajuste basado en inteligencia artificial que puede servir para caracterizar propiedades físicas de esos materiales. En la Figura 1 se ilustran algunos resultados del comportamiento de la magneto-impedancia.

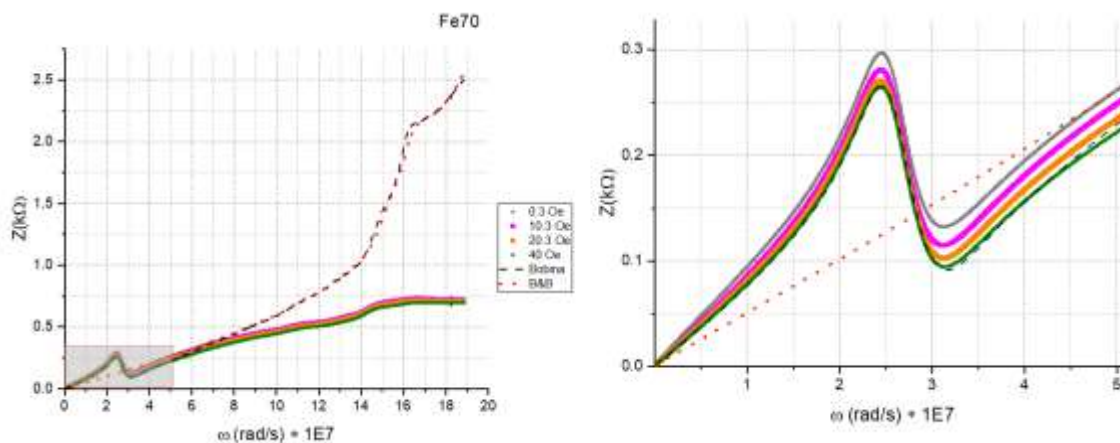


Figura 1. Familia de curvas superpuestas de magnitud de impedancia en función de la frecuencia de la muestra Fe_{70} para diferentes campos externos DC. Derecha. Recuadro que incluye el intervalo de resonancia de la bobina. La línea discontinua en color negro representa la curva promedio de respuesta de la bobina, la línea punteada roja la respuesta del sistema bobina + portamuestras y las líneas en color corresponden a la respuesta de la muestra.

Agradecimientos: Agradecemos a la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales por el apoyo dado al desarrollo de la presente investigación.

Índice de Autores

A. Astudillo	42	G.A.Mera-Córdoba	40
Abilo Andrés Velásquez Salazar	66	Germán A. Pérez Alcázar	10, 23
Alejandra Santa	50	Gonzalo Estiven Vanegas Cardozo	71
Alvaro J. Echeverri R.	51	H.A. Camargo Martínez	32
Aminta Mendoza	18, 45, 49	Harold Gómez Córdoba	48
Ana Ruiz	50	Helver Augusto Giraldo-Daza	15
Andrés Rosales-Rivera	22, 37, 48, 57, 69, 71, 72	I. Torres-Mahmud	32, 56, 68
AvtoGogichaishvili	54	Izaro	64
C.A. Parra Vargas	32, 44	J. A. Tabares	59
C.A. Parra-Vargas	68	J. D. Agudelo-Giraldo	14
C.E. Deluque Toro	39	J. Fernando López	45
Carlos A. Parra Vargas	56	J. J. Prías-Barragán	28
Carlos Arturo CruzUseche	46, 47	J. Martínez	42
Carlos Julio Ruiz	45	J. Roa-Rojas	32, 33, 39, 44, 56, 63, 68
Carlos Ostos	34, 50	J. S. Trujillo Hernández	59
Carol Jiseth Ospina Umaña	38, 46, 47	J.C. Delgado Saavedra	44
Carolina Redondo	64	J.D. Avellaneda Martínez	39
Catalina Montoya Solorzano	53	J.J. Avellaneda Avellaneda	32
Catalina Salazar Mejía	21	J.L. Izquierdo	42
Cesar Leandro Londoño Calderón	66	J.S. Ibáñez Sotelo	39
César Leandro Londoño Calderón	15, 53	Jairo Sinova	27
D. Mendoza Meza	61	Jesús A. Tabares	51
D.A. Landínez-Téllez	32, 33, 39, 44, 56, 63, 68	Johanna Gil	34
D.A. León	63	Johans Restrepo	25, 35
D.F. Coral	40	José Darío Agudelo Giraldo	53
Daniel F. Hernández-Gómez	64	José Darío Agudelo-Giraldo	15
Daniel Salazar	19, 30, 37	Juan Camilo Parra	45
Daniel Salazar Jaramillo	48	Juan G. Ramírez	51
David Godoy	45	Juan Gabriel Ramírez-Rojas	64
Diana Catalina Jaimes Gómez	37	Juan Manuel Galindo González	66
Diana Lucía Quintero Castro	16	Juan Manuel Torres	45
Diego Muraca	22	Juan Marcos Marín	34
E. Mosquera Vargas	40	Juan S. Trujillo	51
E.M. Vargas Pineda	33, 56, 68	Juan Sebastián Castro Millán	46, 47
Eduar Carvajal Taborda	38	Julián Moreno García	13
F.A. Páez Reyes	33	K. Orozco Pérez	61
Fabián Quevedo	45, 49	K.S. Jaimes Cifuentes	32
Fierro, Alexander	69	L. C. Chagüendo-Figueroa	40
Fontalvo, Javier	69	L. Marín Mercado	59
Fredy Mesa	35	L.T. Amaya Lara	59
G. Bolaños	42	León D. Escobar	51
G. Bolaños-Pantoja	40	Leonardo Suárez Sánchez	46, 47
G.A. González Lozano	44	Libor Smejkal	27
		Ligia Zamora, Hugo Martínez	23
		Luis Felipe Gómez-Colonia	54

M. M. Gómez-Hermida.....	57	Oscar L. Arnache Olmos.....	20, 34, 50
Manolo Cardona.....	34	Oscar Moscoso Londoño.....	15, 53, 66
Manuel Alejandro Clavijo Ceballos.....	72	Ovidio Almanza Montero.....	11, 38, 46, 47
Manuel Fernando Acosta.....	46, 47	Paulo César Cárdenas Montoya.....	66
Manuel Vázquez.....	12	R González-Hernández.....	63
Mario Andrés Hernández Moreno.....	53	Rafael Gonzalez-Hernandez.....	27
Mauricio Galvis.....	35	Rafael Morales.....	64
Miguel Enrique Gámez López.....	38, 46, 47	Rubén Darío Franco.....	62
Mily G. Sánchez.....	51	S.E. Velasco Calderón.....	32
Mónica M. Gómez-Hermida.....	22, 71	Salazar-Henao Nicolás.....	69
N. Piragua-Ortiz.....	56, 68	Sara Buitrago.....	45
N.P. Arias.....	57	Sérgio Coutinho.....	17
Nayda P. Arias.....	22	Vadim Kravchinsky.....	54
Nicolás A. Salazar.....	72	Valentina Giraldo Betancourt.....	46, 47
Nicolás Salazar Henao.....	48	Victoria Mejía.....	54
O. Giraldo.....	57	Viviana Gómez.....	62
O. Morán.....	42	Yenny Hernández.....	62
Octavio Guzmán.....	18	Z. Caamaño De Ávila.....	61
Oscar Giraldo.....	22		