



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



① Número de publicación: **2 263 381**

② Número de solicitud: 200501174

⑤ Int. Cl.:

G01R 33/09 (2006.01)

G11B 5/39 (2006.01)

⑫

PATENTE DE INVENCION

B1

⑫ Fecha de presentación: **06.05.2005**

⑬ Fecha de publicación de la solicitud: **01.12.2006**

Fecha de la concesión: **04.09.2007**

⑮ Fecha de anuncio de la concesión: **01.10.2007**

⑮ Fecha de publicación del folleto de la patente:
01.10.2007

⑰ Titular/es: **Universidad de Zaragoza (Instituto de Nanociencia de Aragón)**
c/ Baltasar Gracián, 1 – Entlo.
50005 Zaragoza, ES
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

⑰ Inventor/es: **Ibarra García, Manuel Ricardo y García García, Nicolás**

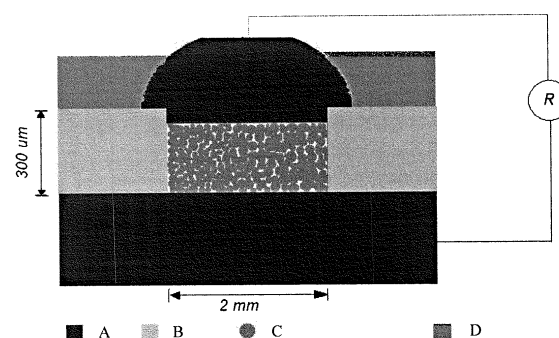
⑰ Agente: **No consta**

⑮ Título: **Dispositivo magnetorresistivo basado en múltiples nanocontactos, su procedimiento de obtención y usos.**

⑰ Resumen:

Dispositivo magnetorresistivo basado en múltiples nanocontactos, su procedimiento de obtención y usos.

Sistema magnetorresistivo basado en múltiples nanocontactos. Se disponen partículas de materiales magnéticos entre electrodos metálicos. La corriente eléctrica se establece a través de nanocontactos entre estas partículas. La superficie de las partículas se modifica adecuadamente mediante tratamientos térmicos, mecánicos, presión estra., con la finalidad de obtener una variación de la composición en superficie que cambie las propiedades eléctricas o magnéticas. El fenómeno magnetorresistivo se produce por el paso de los electrones con una determinada polarización de espín a través de este material de superficie existente a ambos lados de los nanocontactos. La magnetorresistencia obtenida utilizando partículas de hierro con su superficie oxidada es del orden del 1000% a temperatura ambiente. Estos sistemas pueden ser utilizados como sensores sin contacto, cabezas lectoras, sensores de posición etc.



ES 2 263 381 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.

DESCRIPCIÓN

Dispositivo magnetorresistivo basado en múltiples nanocontactos, su procedimiento de obtención y usos.

5 La presente invención se refiere a un dispositivo magnetorresistivo basado en múltiples nanocontactos caracterizados por partículas de materiales magnéticos entre electrodos metálicos y a su aplicación en cabezales lectores de soportes de grabación magnética como discos duros, sensores de contacto y/o sensores de posición.

Antecedentes de la invención

10 Desde el descubrimiento de la magnetorresistencia gigante (GMR) en multicapas magnéticas por el grupo de Orsay [Baibich Mn. *et al.*, Phys. Rev. Lett., 61, 2472 (1998)] y en Julich [Binasch G. *et al.*, Phys. Rev. B, 39, 4828 (1989)], se ha producido un crecimiento exponencial en este campo dadas las implicaciones económicas y sociales del mismo. Las cabezas lectoras basadas en GMR [Parkin S. *et al.*, Phys. Rev. Lett., 64, 2304 (1990)] son en la actualidad algo
15 cotidiano y su utilización supuso un aumento de 20 veces en la sensibilidad de la señal detectada en las cabezas lectoras inductivas. Otro mecanismo magnetorresistivo de gran interés es la magnetorresistencia túnel, propuesto por Julliere en 1975 [Jullière, Phys. Lett, 54A, 225 (1975)] y desarrollado en la última década [Moodera *et al.*, Phys. Rev. Lett., 74, 3273 (1995)]. Los dispositivos basados en este efecto son las Uniones Túnel Magnéticas (MTJ), que requieren el empleo dos electrodos ferromagnéticos separados por una delgada capa de material aislante, la conducción se produce mediante túnel de los electrones a través de la barrera aislante. La resistencia es diferente dependiendo de si los electrodos están en la configuración paralela (imanaciones en el mismo sentido) o antiparalela (con sentidos
20 opuestos), ello hace que la aplicación de un campo magnético produzca un cambio de resistencia. Se utiliza una capa antiferromagnética para fijar mediante “exchange-bias” uno de los electrodos y así poder producir el efecto magnetoresistivo a bajo campo. Los valores que se han obtenido de forma realista hasta el presente a temperatura ambiente no superan el 50%. [Tsunoda *et al.*, Appl. Phys. Lett, 80, 3135, (2002)]. Aun se han de resolver muchos problemas en las MTJ para su implementación en dispositivos de utilidad práctica [Koltsov *et al.*, Phys. World, 31, 17 (2004)]. En estos dispositivos un problema importante es la influencia de de la interfaz entre la barrera aislante (un óxido) y el electrodo ferromagnético [De Teresa *et al.*, Phys. Rev. Lett., 82, 4288, (1999), De Teresa *et al.*, Science, 286, 507, (1999)]. En relación a estos dispositivos, muchos de ellos desarrollados como cabezas lectoras de discos duros o elementos de memoria existen multitud de patentes en las que se proponen distintos tipos de heteroestructuras utilizando metales y óxidos tanto magnéticos como no magnéticos cuyas combinaciones dan lugar a los efectos citados [Número de patente:JP2003152243 inventor:B. Dieni *et al.*- Número de patente: US2004223266 inventor: LI MIN].

35 Se necesitan materiales con elevada polarización de espín para producir estas nano heteroestructuras. Los óxidos de manganeso con valencia mixta conocidos por su alta magnetorresistencia, llamada “colossal” (CMR) [De Teresa *et al.*, Nature, 386, 256 (1997)] constituyen unos buenos candidatos. También lo son las conocidas “dobles perovskitas”, dada su elevada polarización de espín y su razonablemente elevada temperatura de Curie. Otros óxidos basados en metales de transición como la magnetita Fe_3O_4 y el CrO_2 se han postulado como “half ferromagnet”. Uno de los autores de esta patente (Prof. García) tiene una patente sobre este tipo de materiales [Número de patente, ES2199075, inventor N. García].
40

Otro método es el de la magnetorresistencia balística (BMR), que se ha descubierto en nanocontactos por N. García *et al* [N. García, *et al.* Physical Review Letters, 82(14), 2923 (1999).] y en nanocontactos crecidos mediante electroquímica [N. García *et al.* Appl. Phys. Lett. 79, 4550 (2001). H. D. Chopra and S. Z Hua, Phys. Rev. B 66, 0204403(2002); Hai Wang, *et al.* arXiv:cond-mat/0207516v1]. Sensores magnetoresistivos basados en este nuevo fenómeno están bajo patente por uno de los autores de esta patente (Prof. García)[Número de patente, ES2154565 inventor, N. García *et al.*].
45

Otra vía consiste en la preparación de nanopartículas magnéticas en matrices poliméricas para elaborar pastas magnetorresistivas, recientes resultados nos han permitido obtener valores máximos de magnetorresistencia a temperatura ambiente de 4%. Dispositivos basados en estos materiales se encuentran bajo patente en la que participa uno de los autores de la presente (Prof. Ibarra) [Número de patente, ES200102905 inventor M.R. Ibarra *et al.*].
50

También se ha explorado ampliamente el campo de partículas ferromagnéticas prensadas o sinterizadas en la cuales los valores obtenidos a temperatura ambiente es del orden de 3-4% en los mejores casos [J.M.D. Coey, *et al.* Phys. Rev. Lett. 80 3815 (1998), D. Serrate *et al.* J. Appl. Phys. (2005) in press].
55

Por otra parte en la presente invención el papel de la superficie es relevante, es por ello que los avances en la obtención de una determinada capa de material tiene un papel definitivo. Este amplio campo de investigación ha dado lugar a multitud de patentes entre las que podemos citar [Número de patente WO 2004083290, inventor YANG, Hong, Número de patente Wo 2003086660, inventor C. Everett]
60

La presente invención supone un adelanto científico y tecnológico de gran relevancia dado que reproduce valores de magnetorresistencia nunca observados hasta ahora y que, por la robustez, simplicidad y coste de los elementos necesarios puede implementarse fácilmente en la producción industrial en los campos de: lectores de información en dispositivos magnéticos (lectores magnetorresistivos), sensores si contacto, sensores de posición etc. de amplio interés en la industria informática, de vehículos, espacial etc..
65

Breve descripción de la invención

La invención se refiere a un dispositivo magnetorresistivo basado en múltiples nanocontactos. Para su obtención, se disponen partículas de materiales magnéticos entre electrodos metálicos. La corriente eléctrica se establece a través de nanocontactos entre estas partículas. La superficie de las partículas se modifica adecuadamente mediante tratamientos térmicos, mecánicos, presión etc., con la finalidad de obtener una variación de la composición en superficie que cambie las propiedades eléctricas o magnéticas. El fenómeno magnetorresistivo se produce por el paso de los electrones con una determinada polarización de espín a través de este material de superficie existente a ambos lados de los nanocontactos. La magnetorresistencia obtenida utilizando partículas de hierro con su superficie oxidada es del orden del 1000% a temperatura ambiente. Estos dispositivos pueden ser utilizados como sensores en potenciómetros o sensores sin contacto, cabezas lectoras, sensores de posición, entre otras aplicaciones.

Descripción de la invención

Un aspecto de la presente invención comprende un dispositivo magnetorresistivo basado en múltiples nanocontactos que utiliza como elementos esenciales:

1- *Partículas magnéticas metálicas*, como por ejemplo pero sin limitarnos partículas de hierro, aunque otros metales o aleaciones pueden ser utilizadas, de tamaño micrométrico cuya superficie, que está oxidada, es modificada mediante diferentes tipos de tratamientos:

* Molienda mecánica en un molino de bolas en el que se realiza vacío dinámico (en nuestro caso 10^{-4} torr.), dependiendo del número de horas de molienda se puede llegar al tamaño nanométrico de partícula.

* Tratamiento térmico, consistente en calentar la muestra (50-300°C) realizando vacío dinámico (típicamente 10^{-4} torr)

* Calentamiento en atmósfera reductora (flujo de hidrógeno)

Las partículas obtenidas están formadas por un corazón y una corteza. El tamaño del corazón puede ser desde micras hasta nanómetros. El espesor de la corteza debe ser típicamente nanométrico (2-10 nm). El material del corazón es metálico y ferromagnético. Los procesos propuestos tienen por finalidad cambiar la estequiometría del material oxidado de la superficie de la partícula mediante el cambio en el contenido en oxígeno. De esta manera se obtiene un material en la corteza que deja pasar electrones con una determinada polarización de espín.

En concreto, las partículas de hierro, antes del tratamiento, tienen una corteza formada por el óxido de hierro: γ - Fe_2O_3 (maghemita). Este es un óxido ferromagnético y aislante por lo que no se observa el efecto magnetorresistivo. Para obtener las propiedades magnetorresistivas objeto de esta patente es preciso modificar las propiedades de esa corteza. Ello se consigue mediante los tratamientos enumerados y otros posibles que tienen como finalidad obtener un óxido resultante de la transformación de la γ - Fe_2O_3 (maghemita) en otro no-estequiométrico ($\text{Fe}_{3-\delta}\text{O}_4$) más parecido al Fe_3O_4 (magnetita). El material obtenido en la corteza mediante los tratamientos propuestos u otros tiene las características de ser mejor conductor de la corriente eléctrica y tener una estructura electrónica en la que aparecen niveles de energía con una elevada polarización de espín, al que pueden acceder los electrones en el proceso de la conducción eléctrica. Es de esperar que partículas micrométricas de magnetita (Fe_3O_4) también tengan una corteza de maghemita (γ - Fe_2O_3), y que mediante el proceso seguido en el caso de las partículas de hierro metálico se obtenga un óxido no estequiométrico ($\text{Fe}_{3-\delta}\text{O}_4$) con las características enunciadas anteriormente, y por lo tanto, estas partículas micrométricas de magnetita también pueden emplearse en el dispositivo de la presente invención.

2- *Dos electrodos metálicos*. Uno de ellos, el electrodo superior, ha de tener la propiedad de tener suficiente ductilidad y maleabilidad de manera que se pueda deformar fácilmente para compactar las partículas. El electrodo inferior es una superficie metálica.

En una realización preferida de la presente invención el electrodo superior puede ser seleccionado entre estaño o indio y el electrodo inferior puede ser cobre.

3- *Reservorio* (cavidad) de material aislante eléctrico donde se compactan las partículas. La forma y tamaño del reservorio no es relevante en cuanto a obtener valores elevados de magnetorresistencia a temperatura ambiente.

4- *Conectores eléctricos* se sueldan a los electros mediante soldadura con la finalidad de realizar la medida.

En una realización preferida el dispositivo de la presente invención se encapsula herméticamente para conservar sus propiedades químicas y composición, para el encapsulado se puede emplear pegamento.

Un segundo aspecto de la presente invención comprende el procedimiento de obtención del dispositivo magnetorresistivo basado en múltiples nanocontactos descrito en la presente invención, que a partir de ahora llamaremos procedimiento de la invención.

ES 2 263 381 B1

En el procedimiento de la invención se procede al cambio de la estereoquímica del material oxidado de la corteza de la partícula mediante los tratamientos descritos anteriormente:

5 * Molienda mecánica en un molino de bolas en el que se realiza vacío dinámico (en nuestro caso 10^{-4} torr.), dependiendo del número de horas de molienda se puede llegar al tamaño nanométrico de partícula.

* Tratamiento térmico, consistente en calentar la muestra (50-300°C) realizando vacío dinámico (típicamente 10^{-4} torr)

10 * Calentamiento en atmósfera reductora (flujo de hidrógeno)

Posteriormente las partículas se depositan en el reservorio en cuyo fondo se encuentra uno de los electrodos (el electrodo inferior, que puede ser una superficie metálica). Las partículas se compactan mediante la utilización del otro electrodo (el superior) que ha de tener la propiedad de ser dúctil y maleable, con la finalidad de transmitir una presión a las partículas suficiente para mantenerlas juntas y producir nanocontactos entre ellas y por otra parte no deteriorar dichos contactos por la existencia de una presión excesiva. Se observó que la presión que se puede aplicar manualmente no es un factor determinante, pero sin embargo si la presión se ejerce con una prensa de varias toneladas los efectos objeto de esta patente desaparecen.

20 En una realización preferida del procedimiento de la invención, se aplican los conectores eléctricos mediante soldadura, pudiéndose medir la resistencia con cualquier multímetro. El efecto magnetorresistivo se puede observar aproximando un imán permanente al sistema.

25 En una realización más preferida del procedimiento de la invención se encapsula herméticamente el dispositivo magnetorresistivo mediante, pero sin limitarnos, el uso de pegamento.

30 Por lo tanto, la presión es esencial, en cuanto que otros dispositivos que pudiesen estar patentados, los contactos no son nanométricos en volumen, dado que las partículas han sido sometidas a altas presiones y por lo tanto no se producen nanoconstricciones con las características de la presente invención y, además, en el proceso de prensado la corteza de las partículas sufre deterioro que impide obtener los fenómenos de magnetorresistencia gigante a temperatura ambiente.

35 De esta manera se obtiene un dispositivo con elevada magnetorresistencia a temperatura ambiente (superior al 1000%) que sea robusto, fácil de implementar en sensores. El dispositivo que proponemos se obtiene utilizando nanopartículas magnéticas que tienen las siguientes características:

40 - Existencia de un conjunto de partículas micrométricas que contengan en la superficie un óxido magnético con una elevada polarización de espín.

- Disposición de estas partículas entre dos electrodos. El óxido hará el papel de filtro de espín.

- El área efectiva para la selección de espín ha de ser nanométrica (conservación de la polarización de espín).

45 - El contacto ha de estar aislado para conservar sus propiedades químicas y composición.

- La corriente no debe afectar los contactos, por lo que han de existir muchos contactos en paralelo de manera que las densidades de corriente se distribuyan.

50 El dispositivo que presentamos se basa en un principio físico: la conducción balística de electrones desde un corazón 1 (partícula 1) hasta otro corazón 2 (partícula 2)) a través de nanocontactos que consisten en capas nanométricas de óxido (corteza 1 (partícula 1) y corteza 2 (partícula 2)) a un lado y otro de la nanoconstricción (Nanocontacto = corteza 1 - nanoconstricción - corteza 2). Son los estados electrónicos del material que forma la corteza a ambos lados del contacto y no el material del corazón el responsable de filtrar los espines y producir los efectos de magnetorresistencia gigante a temperatura ambiente.

55 Se forman gran cantidad de nanocontactos lo que permite que la corriente aplicada se distribuya entre ellos. Esto hace posible que la resistencia se pueda medir con multímetros convencionales que suministran corrientes en el rango de los miliamperios.

60 El dispositivo magnetorresistivo que sometemos a patente con magnetorresistencia superior al 1000% difiere de otros con las características de polvos compactados en cuanto que todos los sistemas hasta el presente no obtienen magnetorresistencia elevada (inferior al 4%) a temperatura ambiente. Esto es porque no han conseguido obtener múltiples nanocontactos con las características que exponemos en esta patente.

65 Un tercer aspecto de la presente invención proporciona el uso de los dispositivos magnetorresistivos descrito en la presente invención para cabezales lectores de soportes de grabación magnética, y más preferentemente como discos duros, sensores sin contacto o sensores de posición.

ES 2 263 381 B1

A lo largo de las reivindicaciones y de la descripción de la presente invención, la palabra “comprende” y las variaciones de la misma, no pretenden excluir otros componentes o pasos. Los ejemplos y las figuras se proporcionan a modo de ilustración y no tienen el propósito de limitar la presente invención.

5 Descripción de los dibujos

Figura 1.- Esquema del dispositivo que consta: Electrodo metálicos (A) que mediante soldadura se conectan a terminales eléctricos. Cavidad (B) donde se colocan las partículas, caracterizada por ser un material aislante eléctrico. Partículas de hierro (C) con la superficie convenientemente modificada para formar una capa de óxido con elevada polarización de espín.

El electrodo superior es un metal dúctil y maleable que pueda ser deformado fácilmente mediante la aplicación de una presión pequeña. El electrodo inferior es de cobre. Todo el conjunto puede encapsularse utilizando pegamento (D). La utilización de este pegamento no es relevante pero da más consistencia al dispositivo.

Figura 2.- Ciclo de histéresis de la magnetorresistencia a temperatura ambiente en el que se puede observar un cambio de resistencia entre 75 Ohm a bajo campo (campo coercitivo) y 6 Ohm al máximo campo aplicado de 6 KOe, lo que representa una magnetorresistencia de $\Delta/R/R=1100\%$.

20 Ejemplo

Se han realizado un elevado número de dispositivos con múltiples nanocontactos y que presentan magnetorresistencia a temperatura ambiente superior a 1000%. Uno de ellos, que describiremos en este apartado de forma ilustrativa y nunca limitativa, tiene una variación de la magnetorresistencia a temperatura ambiente de 1100% según se representa en Figura 2. El dispositivo realizado se esquematiza en Figura 1 y consta:

1- Se utilizaron partículas de hierro comerciales de tamaño micrométrico cuya superficie fue modificada mediante molienda mecánica en un molino de bolas en el que se realizó vacío dinámico (en nuestro caso 10^{-4} milímetros de mercurio) durante 224 horas de molienda. Este tiempo fue suficiente para llegar al tamaño nanométrico de las partículas.

2- Como electrodos metálicos, se utilizaron: Cobre de la placa de circuito impreso como electrodo inferior (ver esquema figura1) y como electrodo superior un metal maleable y dúctil como es el indio.

3- Cavidad o reservorio de material aislante donde se compactaron las partículas.

La forma y tamaño del reservorio no fue relevante en cuanto a obtener valores elevados de magnetorresistencia a temperatura ambiente, en los prototipos que desarrollamos se utilizaron cavidades cilíndricas de 1-2 mm de altura y 1.5-3 mm de diámetro.

Las partículas se depositaron en el reservorio en cuyo fondo se encuentra uno de los electrodos (el fondo, electrodo inferior (en este ejemplo se utilizó cobre), puede ser una superficie metálica, se han utilizado placas de circuito impreso). Las partículas se compactaron mediante la utilización de otro electrodo, el superior, que ha de tener la propiedad de ser dúctil y maleable (en este ejemplo se utilizó un electrodo de indio), con la finalidad de transmitir una presión a las partículas suficiente para mantenerlas juntas y producir nanocontactos entre ellas y por otra parte no deteriorar dichos contactos por la existencia de una presión excesiva. Observamos que la presión que se puede aplicar manualmente no es un factor determinante, pero sin embargo si la presión se ejercía con una prensa de varias toneladas los efectos magnetorresistivos de estos dispositivos desaparecían. Una vez realizado este proceso se aplicaron los conectores eléctricos mediante soldadura, pudiéndose medir posteriormente la resistencia con cualquier multímetro. El efecto magnetorresistivo se pudo observar aproximando un imán permanente al sistema.

Todo el conjunto es encapsulado utilizando pegamento. La utilización de este pegamento no fue relevante pero dio más consistencia al dispositivo.

ES 2 263 381 B1

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo magnetorresistivo basado en múltiples nanocontactos **caracterizado** por los siguientes elementos:

- i- Partículas magnéticas seleccionadas del grupo que comprenden hierro y magnetita (C), de tamaño micro-métrico formadas por un corazón de metal magnético, de tamaño de entre micras a nanómetros, y una corteza de óxido magnético, de tamaño nanométrico.
- ii.- Dos electrodos metálicos (A). Uno superior de un metal maleable y dúctil y otro inferior de una superficie metálica.
- iii.- Un reservorio de material aislante eléctrico (B), en cuyo fondo se depositan las partículas, y
- iv.- Conectores eléctricos.

2. Dispositivo según la reivindicación 1, donde la corteza de las partículas magnéticas tiene un tamaño de entre 2 nm y 10 nm.

3. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2, donde las partículas magnéticas son hierro.

4. Dispositivo según la reivindicación 1, donde el electrodo superior es estaño o indio.

5. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, donde el electrodo inferior es cobre.

6. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, donde dicho dispositivo se encapsula herméticamente (D).

7. Dispositivo según la reivindicación 6, donde el encapsulado se realiza mediante el uso de pegamento.

8. Procedimiento de obtención del dispositivo magnetorresistivo según las reivindicaciones 1 a 7, que comprende:

- a) Cambio de la estereoquímica del material oxidado de la corteza de la partícula mediante el cambio en el contenido en oxígeno,
- b) depositar las partículas del paso (a) en el reservorio que contiene el electrodo inferior,
- c) compactar las partículas con un electrodo superior formando nanocontactos, y
- d) aplicar a los nanocontactos los conectores electrónicos mediante soldadura.

9. Procedimiento según la reivindicación 8, donde además comprende:

- a) encapsular herméticamente el dispositivo.

10. Procedimiento según la reivindicación 9, donde el encapsulado se realiza utilizando pegamento.

11. Procedimiento según la reivindicación 8, donde la transformación de la corteza de las partículas magnéticas se realiza mediante alguno o algunos de los siguientes métodos:

molienda mecánica, calentamiento realizando vacío mecánico o calentamiento en atmósfera reductora.

12. Uso del dispositivo magnetorresistivo según las reivindicaciones 1 a 7, para cabezales lectores de soportes de grabación magnética.

13. Uso del dispositivo según la reivindicación 12, como discos duros, sensores sin contacto o sensores de posición.

FIGURA 1

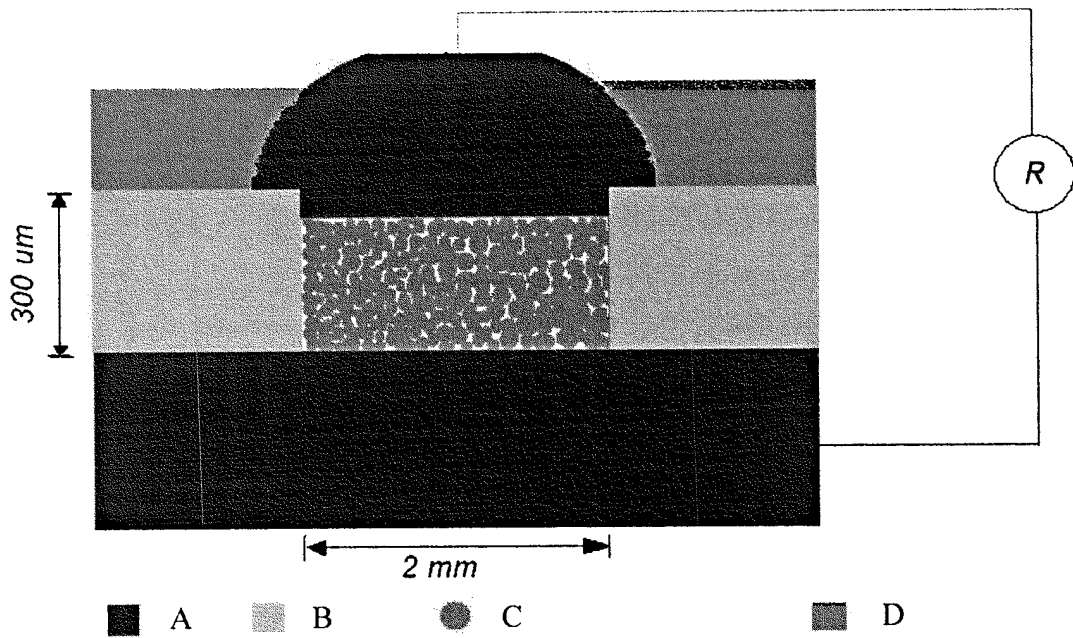
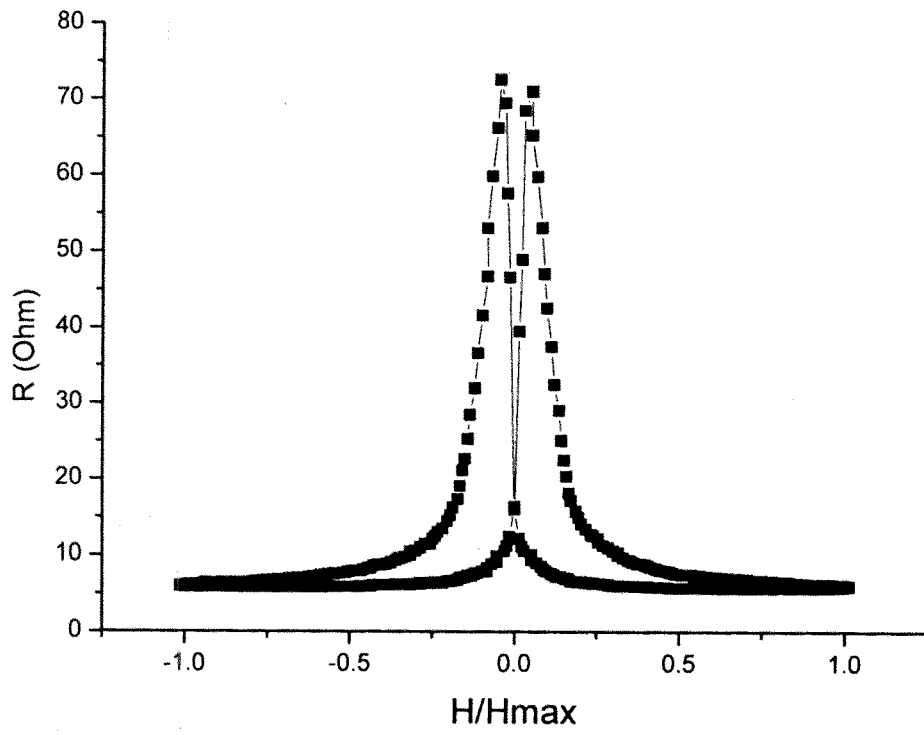


FIGURA 2





OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 263 381

② Nº de solicitud: 200501174

③ Fecha de presentación de la solicitud: **06.05.2005**

④ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.: **G01R 33/09** (2006.01)
G11B 5/39 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	N. GARCIA, et al. Ballistic magnetoresistance of electrodeposited nanocontacts in thin film and micrometer wire gaps. J. Magn. Mag. Mat., 272-276 (2004) 1722-1729, resumen; introducción.	1-13
Y	US 6632517 B1 (UNIVERSITY OF NEW ORLEANS RESEARCH AND TECHNOLOGY FOUNDATION, INC.) 14.10.2003, descripción; figura 1.	1-7,12-13
Y	WO 2004083290 A2 (UNIV ROCHESTER) 30.09.2004, párrafos [0014]-[0021].	8-11
A	US 20030190475 A1 (EVERETT CARPENTER, VINCENT HARRIS) 09.10.2003, resumen; página 1, párrafo 13; páginas 2-3, párrafos 32-34; reivindicaciones.	1-13
A	W.F. EGELGOFF et al. Artifacts that mimic ballistic magnetoresistance. J. Magn. Mag. Mat. 287 (2005) 496-500, todo el documento.	1-13
A	J.J. VERSLUIJS et al. Magnetoresistance of Hall- Metallic Oxide Nanocontacts. Phys. Rev. Lett. 87 (2001) 026601, todo el documento.	1-13

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe

07.11.2006

Examinador

E. Pina Martínez

Página

1/1