



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① Número de publicación: **2 343 099**

② Número de solicitud: 200900162

⑤ Int. Cl.:

**B82B 1/00** (2006.01)

**B82B 3/00** (2006.01)

**C23C 14/16** (2006.01)

**C23C 14/24** (2006.01)

**G11B 5/62** (2006.01)

⑫

SOLICITUD DE PATENTE

A1

⑫ Fecha de presentación: **21.01.2009**

⑬ Fecha de publicación de la solicitud: **22.07.2010**

⑭ Fecha de publicación del folleto de la solicitud:  
**22.07.2010**

① Solicitante/s: **Universidad del País Vasco  
Euskal Herriko Unibertsitatea  
Bº Sarriena, s/n  
48940 Leioa, Vizcaya, ES  
DONOSTIA INTERNATIONAL PHYSICS CENTER**

⑦ Inventor/es: **Fernández Gómez-Recuerdo, Laura;  
Schiller, Frederik;  
Ortega Conejero, José Enrique y  
Corso, Martina**

⑦ Agente: **Carpintero López, Mario**

⑤ Título: **Templado útil en la fabricación de un sistema de almacenamiento informático y procedimiento de obtención.**

⑦ Resumen:

Templado útil en la fabricación de un sistema de almacenamiento informático y procedimiento de obtención.

La invención describe un templado, útil como nanomolde para la obtención de un sistema que comprende dicho templado y dots magnéticos. Dicho sistema es útil para el almacenamiento informático de datos de forma magnética, permitiendo la elaboración, por ejemplo, de un disco duro. La invención describe asimismo un procedimiento para su preparación.

Dicho procedimiento comprende la obtención de un templado mediante la reconstrucción superficial de un sustrato de Au(111) y la deposición de un elemento del grupo de las tierras raras por la técnica de epitaxia de rayo molecular sobre el sustrato de Au(111) previamente reconstruido. A continuación sobre el templado así obtenido, se hace crecer un recubrimiento que consiste en una red periódica de islas de un metal ferromagnético, por ejemplo Co.

ES 2 343 099 A1

## DESCRIPCIÓN

Templado útil en la fabricación de un sistema de almacenamiento informático y procedimiento de obtención.

5 **Campo de la invención**

La presente invención se encuadra dentro del campo de la nanociencia y nanotecnología, más en concreto en la física de superficies. En particular la presente invención se relaciona con sistemas útiles para el almacenamiento informático de datos de forma magnética, empleando una red de islas de un metal ferromagnético como medio de grabación magnética, y permitiendo la elaboración, por ejemplo, de un disco duro con elevadas capacidades para almacenar información con densidades que se aproximan a los 40 Teradot/in<sup>2</sup>.

**Antecedentes de la invención**

15 La grabación magnética fue introducida hace algo más de cincuenta años en los sistemas informáticos de la época mediante discos duros que en sus comienzos resultaron muy costosos y de grandes dimensiones, pero que supusieron una revolución en el campo de almacenaje de la información. Con el tiempo los discos duros fueron mejorándose reduciéndose el tamaño y los costes de producción hasta que en la década de los ochenta se introdujeron en los ordenadores personales. En el momento actual los discos duros producidos han alcanzado dimensiones y capacidades de almacenaje inimaginables en los comienzos, incorporándose a diferentes dispositivos electrónicos como portátiles, MP3 players, video cámaras, consolas, etc... que han sido asimilados por la sociedad de consumo transformándose en elementos fundamentales para la vida diaria. La capacidad de los actuales discos supera los 700 GB con una densidad de bit por unidad de área de alrededor de 130 GB/in<sup>2</sup> lo cual contrasta con los 2 KB/in<sup>2</sup> del primer disco duro [R. Sbiaa, S. N. Piramanayagam. Recent Patents on Nanotechnology 1, 29-40 (2007).].

25 En los primeros discos rígidos se utilizaron óxidos de hierro magnéticos, pero a medida que se fue incrementando la densidad de información se hizo necesario cambiar a otros materiales con más posibilidades y agregar capas adicionales que ayuden a mejorar la estabilidad magnética. Sin embargo la tecnología base que hay detrás del almacenamiento de datos sigue siendo la misma que en sus comienzos; se hace necesaria la presencia de un medio magnético donde grabar la información y de una cabeza lectora/escritora de esta información. El medio magnético consiste en un sustrato recubierto por un material magnético permanente que permite almacenar la información magnéticamente, y la cabeza lectora/escritora consiste en un electroimán que está localizado muy próximo al medio magnético, funcionando de manera distinta si se encuentra en modo de lectura o escritura [J. Phys. D: Appl. Phys. 32 (1999) R147-R168.]. Los enormes avances tecnológicos que han experimentado cada uno de los componentes asociados con el proceso de escritura y lectura han hecho posible una reducción enorme en el tamaño de los componentes del disco duro. En particular la gran disminución en el tamaño de grano ha posibilitado aumentar la capacidad de almacenaje de los discos duros, y reducir en gran medida la señal de ruido que está asociada a la granularidad del medio magnético [R. L. White. JMMM 209 (2000) 1-5.]. Sin embargo, la drástica reducción en el tamaño de grano parece ir acompañada de una inestabilidad térmica de la información almacenada, que puede comenzar a ser crítica a partir de volúmenes de grano pequeños [R. Sbiaa, S. N. Piramanayagam. Recent Patents on Nanotechnology 1, 29-40 (2007)]. En este punto recobra importancia la anisotropía magnética, ya que una reducción muy abrupta del volumen de grano podría únicamente ser compensada con un aumento en la anisotropía del sistema. El producto  $K_u \cdot V$  (donde  $K_u$  es la constante de anisotropía y  $V$  es el volumen de grano) representa la barrera energética que la partícula debería sobrepasar para modificar su magnetización en la dirección contraria. El límite de reducción de esta barrera es la energía térmica  $k_B \cdot T$  ( $k_B$  representa la constante de Boltzman y  $T$  es la temperatura,  $T > 300$  K en la mayoría de discos duros). En este punto crítico se estaría próximo al límite que se conoce como superparamagnético, que podría limitar la evolución en la capacidad de grabación de los medios magnéticos. Indudablemente se sabe que el uso de materiales con altas anisotropías implica altos campos coercitivos que deberían poder ser alcanzados técnicamente con el fin de poder escribir y borrar la información magnética.

50 Una alternativa para no frenar esta evolución y superar los inconvenientes del límite superparamagnético fue propuesta por la ya desaparecida "IBM storage división" en 1990, y consistía en el uso de dos capas ferromagnéticas separadas por una fina capa no magnética de rutenio con el fin de acoplarlas antiferromagnéticamente [S. S. P. Parkin, N. More, K. P. Roche. Phys. Rev. Lett. 64, 2304-2307 (1990)]. De esta manera se estabilizó la magnetización de los bits permitiéndose reducir aun más el tamaño de los granos de las capas magnéticas que en el momento actual se encuentra alrededor de 7 nm [R. Sbiaa, S. N. Piramanayagam. Recent Patents on Nanotechnology 1, 29-40 (2007)].

60 Otra nueva estrategia planteada y que constituye una nueva vía de desarrollo hacia más altas densidades del medio magnético supone la sustitución de la grabación magnética paralela empleada hasta ahora por la grabación perpendicular, incorporándose ya este tipo de lectura a los más novedosos discos duros. Con la grabación perpendicular se confiere mayor estabilidad a los bits reduciendo el factor de demagnetización entre bits adyacentes con magnetizaciones opuestas. De ésta manera la zona de transición (no magnética) entre bits se puede reducir, y consecuentemente la densidad de bits por área se puede aumentar. Adicionalmente la nueva arquitectura asociada a la escritura perpendicular es capaz de generar campos magnéticos dos veces más altos, lo cual es fundamental si cada vez se emplean materiales con más altas anisotropías magnéticas que confieren mayor estabilidad a los bits almacenados pero que requieren mayores campos coercitivos para poder ser tratados. En este contexto se plantea el conseguir alcanzar densidades de bits por área en el rango de los Terabits/in<sup>2</sup> y de diseñar medios magnéticos que cubran estas necesidades.

Para poder superar esta frontera con éxito se plantea el diseño de nuevos medios mucho más optimizados. Actualmente cada bit contiene cientos de granos del medio magnético, y la alta granularidad puede llegar a afectar las fronteras que definen cada bit produciendo una señal de ruido. Por ello se ha planteado el diseño de medios magnéticos formados por una red de unidades magnéticas perfectamente ordenadas y homogéneas donde cada unidad o isla es capaz de almacenar un bit individual.

Estos medios se preparan actualmente mediante diversos métodos que están fundamentalmente basados en técnicas litográficas [R. Sbiaa, S. N. Piramanayagam. Recent Patents on Nanotechnology 1, 29-40 (2007)].

Sin embargo, estos métodos implican el empleo de costosas y complicadas técnicas para su puesta en práctica, lo que encarece los medios obtenidos. Además éstos no cumplen satisfactoriamente las expectativas en cuanto a eficacia.

Por tanto sigue existiendo la necesidad en el estado de la técnica de desarrollar nuevos medios con alta capacidad de almacenaje que resulten flexibles, y económicos, así como nuevos procedimientos más sencillos para su obtención.

### Breve descripción de las figuras

Fig. 1: Imagen de STM ( $V_{\text{bias}} = -1.5 \text{ V}$ ) de un templado de la invención que muestra la estructura de superred formada por la aleación superficial de Gd y Au con resolución atómica: (a) Imagen de la superficie de un área de  $50 \text{ nm} \times 50 \text{ nm}$ ; (b) Imagen 3-dimensional en un área de  $15 \text{ nm} \times 15 \text{ nm}$ , que muestra las ondulaciones de la superficie que sirven de centros de nucleación para el crecimiento de las islas de Co.

Fig. 2: Imagen de STM ( $V_{\text{bias}} = -1.0 \text{ V}$ ) de las islas de Co evaporadas sobre la estructura de superred del templado de la invención mostrado en la Figura 1. La densidad de las islas en la imagen es de  $38 \text{ Teradots/inch}^2$ .

Fig. 3: Ciclos de histéresis medidos a  $300 \text{ K}$  mediante la técnica de magnetómetro de muestra vibrante, en un PPMS Quantum Design 9T con el campo magnético aplicado perpendicular al plano de la muestra, y paralelo al plano de la muestra. El ciclo de histéresis se detecta únicamente en la geometría perpendicular.

### Descripción de la invención

En un primer aspecto, la invención se relaciona con un templado útil para preparar un sistema susceptible de ser usado para la grabación magnética de datos y su almacenaje. El templado, en adelante templado de la invención, se obtiene al evaporar sobre un sustrato de Au un elemento de la familia de las tierras raras (RE) que comprende los siguientes elementos: lantano, cerio, praseodimio, neodimio, samario, europio, gadolinio, terbio, disprosio, holmio, erbio, tulio, iterbio, lutecio, escandio e yttrio. Como resultado se forma una aleación superficial RE-Au con espesores de 1-3 capas atómicas sobre la superficie evaporada del sustrato de Au. La diferencia del parámetro de red entre la aleación de RE-Au formada sobre la superficie del Au y el propio sustrato de Au sobre el que ésta crece produce una estructura de superred que se caracteriza por una periodicidad adicional a la que ya tienen los átomos de la superficie de la aleación RE-Au. Es esta periodicidad lo que caracteriza al templado de la invención y lo hace útil como nanomolde para el posterior crecimiento de nanoestructuras.

Por tanto el templado de la invención comprende un sustrato de Au(111) sobre el que se ha evaporado un elemento seleccionado del grupo formado por lantano, cerio, praseodimio, neodimio, samario, europio, gadolinio, terbio, disprosio, holmio, erbio, tulio, iterbio, lutecio, escandio e yttrio, el cual presenta una aleación superficial de Au y dicho elemento, cuyo espesor está comprendido entre 1 y 3 capas atómicas y presenta estructura de superred.

La periodicidad de la estructura de superred, en adelante superred, que caracteriza al templado de la invención varía en función del elemento seleccionado del grupo formado por lantano, cerio, praseodimio, neodimio, samario, europio, gadolinio, terbio, disprosio, holmio, erbio, tulio, iterbio, lutecio, escandio e yttrio, en adelante elemento RE.

En una realización preferente del templado de la invención, éste comprende un sustrato de Au sobre el que se ha evaporado Gd, y presenta una superred de una aleación de Au y Gd con periodicidad de  $38 \pm 2 \text{ \AA}$ , que está asociada con una ondulación superficial que se muestra en las imágenes de STM. Además las medidas de espectroscopia de fotoelectrones mediante rayos X (XPS) ponen de manifiesto que en una realización particular la estequiometría es  $\text{GdAu}_2$ . Las medidas de XPS se llevaron a cabo con una energía de fotón de  $135 \text{ eV}$ , obteniéndose de esta manera información de la superficie (capas de  $\text{GdAu}_2$ ) y apenas información del Au volumen (*bulk*) del sustrato. Las medidas se realizaron en un sincrotrón, donde es posible alcanzar la energía de fotón empleada, ya que los aparatos de XPS convencionales de los laboratorios trabajan en otros rangos de energía de fotón. La figura 1 muestra las imágenes de STM de un templado que presenta una superred de Au y Gd, en particular a) muestra la imagen de la superficie, y b) una imagen tridimensional en la que pueden observarse claramente las ondulaciones de la superficie que sirven de centros de nucleación para el crecimiento de islas o dots magnéticos.

## ES 2 343 099 A1

El templado de la invención puede ser utilizado por tanto para la preparación de una red de dots o islas magnéticas con altas densidades de islas por unidad de área, que puede ser usado para el diseño de un sistema de grabación magnética de datos y su almacenaje. Este sistema, que constituye un aspecto adicional de la presente invención comprende:

5 (i) el templado de la invención según se ha definido arriba, y

(ii) un recubrimiento sobre la superred de aleación de dicho templado que consiste en una red periódica de islas de un metal ferromagnético.

10 El metal ferromagnético de las islas de la presente invención puede ser en principio cualquier material con propiedades ferromagnéticas, tanto metales como aleaciones. En una realización particular el material se selecciona de entre Co, Ni, Fe y sus aleaciones.

15 De acuerdo con la presente invención el recubrimiento (ii), presenta un espesor variable. Estas islas o dots magnéticos que crecen en los centros de nucleación del templado mantienen la periodicidad determinada por el templado, y presentan una distribución de tamaños muy homogéneos.

20 En una realización preferente los dots magnéticos son de Co y el templado presenta una superred de  $GdAu_2$ ; la densidad de la red periódica de islas de Co se encuentra comprendida entre 36 y 38 Teradot/ $in^2$  dependiendo de la cantidad de Co evaporado para formar el recubrimiento; las islas de Co presentan diámetros comprendidos entre 3.8 nm y 4.0 nm, y las islas tienen espesores comprendidos entre 3.6 Å y 4.6 Å medidos mediante microscopía de efecto túnel (STM). En este sentido, en una realización particular del sistema de la invención el templado (i) presenta una superred de  $GdAu_2$ , tal como la que se ha definido anteriormente, y el recubrimiento (ii) consiste en islas de Co con 3.6 Å de altura y con una densidad de 38 Teradot/ $in^2$ , y las islas de Co presentan diámetros de 3.8 nm (ver Figura 1).  
25 En otra realización particular del sistema de la invención el templado (i) presenta una superred de  $GdAu_2$ , tal como la que se ha definido anteriormente, y el recubrimiento (ii) consiste en islas de Co con 4.6 Å con una densidad de 36 Teradot/ $in^2$ , y las islas de Co presentan diámetros 4.0 nm.

30 En una realización particular el sistema de la invención comprende además un soporte sobre el que se prepara el templado de la invención. Dicho soporte puede ser cualquier material que permita el crecimiento de una capa de Au (111) encima de él. En una realización particular dicho soporte es un sustrato de mica de espesor variable, y con un espesor de 0.15 mm de acuerdo con una realización particular.

35 En otro aspecto la invención se relaciona con un procedimiento para la preparación del templado de la invención que comprende las siguientes etapas:

a) reconstrucción superficial de un sustrato de Au(111);

40 b) evaporación de un elemento seleccionado del grupo formado por lantano, cerio, praseodimio, neodimio, samario, europio, gadolinio, terbio, disprosio, holmio, erbio, tulio, iterbio, lutecio, escandio e ytrio mediante la técnica de epitaxia de rayo molecular.

45 El sustrato de Au(111) de partida se puede seleccionar entre un monocristal de Au(111) y un sustrato que comprende una capa de Au(111) evaporada sobre un soporte de mica con un espesor de 0.15 mm sobre el que se ha evaporado una capa de Au(111) con 150 nm de espesor. Ambos sustratos se pueden adquirir de forma comercial.

La reconstrucción superficial de un sustrato de Au(111) es un procedimiento bien conocido en el estado de la técnica y tiene por objeto eliminar las impurezas localizadas en la superficie del Au.

50 La reconstrucción superficial se realiza típicamente en una campana de ultra-alto vacío, a presiones del orden de  $1 \times 10^{-10}$  mbar. Consiste en una serie de ciclos combinados de bombardeo de iones y recocido de la superficie. De esta manera se eliminan las primeras capas de la película de Au y con ello todo tipo de óxido o impurezas que pudiera haber en la superficie. Después de cuatro ciclos generalmente se obtiene una superficie perfectamente reconstruida y libre de impurezas, sobre la cual se lleva a cabo la evaporación de uno de los elementos arriba definidos.

55 La etapa b) de evaporación se lleva a cabo en la misma campana de ultra-alto vacío a presiones del orden de  $1 \times 10^{-9}$  mbar y con una temperatura del sustrato de Au(111) entorno a 500-550 K. La campana de ultra-alto vacío evita la contaminación de las superficies y la oxidación de las especies a evaporar. La velocidad de deposición del elemento seleccionado depende de las condiciones a las que se lleva a cabo la técnica de epitaxia de rayo molecular. Estas condiciones tales como voltaje aplicado al crisol que contiene el elemento seleccionado, corriente del filamento que emite electrones, distancia evaporador-sustrato pueden ser fácilmente determinadas por un experto en la materia. En función de estas condiciones se obtienen distintas velocidades de deposición y tiempos de evaporación.

65 En una realización particular de la invención el elemento evaporado es gadolinio.

En otra realización particular se evaporan entre 10 y 16 Å de Gd con una velocidad de deposición de 2 Å/min y un tiempo de evaporación de 5 minutos. El templado de la invención obtenido consiste en un sustrato de Au(111)

## ES 2 343 099 A1

que presenta una aleación superficial de Gd y Au que cubre toda la superficie del Au(111) y forma una superred con periodicidad de  $38 \pm 2 \text{ \AA}$  como se muestra en la Figura 1.

En otro aspecto la invención se relaciona con un procedimiento para la preparación del sistema de la invención que comprende:

- (i) la preparación del templado de la invención según se ha descrito arriba, y
- (ii) el crecimiento de un metal ferromagnético sobre dicho templado mediante la técnica de epitaxia de rayo molecular.

Para la preparación del sistema de la invención, una vez evaporado el elemento RE a la temperatura ya indicada el templado obtenido se deja enfriar a temperatura ambiente, y entonces se analiza “*in-situ*” en la misma campana el crecimiento del templado mediante STM. A continuación se lleva a cabo el crecimiento del metal ferromagnético. Esta etapa de crecimiento se realiza generalmente a temperatura ambiente, y asimismo en una campana de ultra-alto vacío en la que la presión se mantiene igualmente en valores entorno a  $3 \times 10^{-10}$  mbar. El crecimiento supone la deposición de un metal con recubrimientos del orden de 1 monocapa (ML) de dicho metal, donde 1 monocapa se considera como una capa completa de ese metal con un espesor que equivale a la altura de un átomo de esa especie. El resultado son islas o dots magnéticos con una distribución de tamaños muy homogéneos y posiciones bien definidas determinadas por el templado. Las condiciones a las que se lleva a cabo el crecimiento mediante la técnica de epitaxia de rayo molecular, tales como voltaje corriente del filamento, distancia evaporador-sustrato pueden ser fácilmente determinadas por un experto en la materia. En función de estas condiciones se obtienen distintas velocidades de deposición y tiempos de evaporación.

En general como ya se ha mencionado arriba, la densidad de las islas de un metal y la distribución de tamaños de las mismas pueden controlarse a través de la cantidad de metal evaporado. Los tamaños resultan altamente homogéneos en el caso de que las islas tengan una altura superior a 2 Å. Las densidades de islas ferromagnéticas por área alcanzadas en la presente invención están entorno a los 40 Terabits/in<sup>2</sup>, y las islas o dots magnéticos presentan una anisotropía magnética perpendicular que resulta interesante debido al enorme interés que se tiene actualmente en la grabación magnética perpendicular.

En una realización particular se crece Co, utilizando un templado de Au-Gd, y se obtienen islas con alturas medias de entre 3.6 Å y 4.6 Å, y con diámetros que varían entre 3.8 hasta 4.0 nm respectivamente dependiendo de la cantidad de Co evaporado. Su ordenamiento mantiene la periodicidad determinada por la superred, ya que crecen en las zonas topográficas más bajas del templado que actúan como centros de nucleación. Como resultado se obtiene una red hexagonal de islas o dots metálicos con propiedades ferromagnéticas y una distribución de tamaños muy homogéneos cuando las islas superan una altura de 2 Å.

Los inventores han observado de forma experimental que al aumentar el diámetro de los dots de 3.8 a 4.0 nm se detecta una ligera disminución en la densidad de dots de 38 Teradot/in<sup>2</sup> hacia valores de 38-36 Teradot/in<sup>2</sup> dependiendo de la cantidad de Co evaporado. Ello sería debido a una posible coalescencia a nivel local que reduce la densidad.

Los inventores han realizado asimismo medidas magnéticas del sistema de la invención llevadas a cabo a diversas temperaturas en un magnetómetro de muestra vibrante PPMS Quantum Design 9T, que revelan un comportamiento ferromagnético de las islas de Co con un campo coercitivo de unos 100 Oersted medido a 300 K de temperatura, cuando el campo magnético se aplica perpendicularmente a la muestra. Medidas del momento magnético hechas con el campo aplicado paralelamente a la superficie de la muestra revelan un comportamiento totalmente distinto, sin un ciclo de histéresis visible. La ausencia de ciclo de histéresis en dirección paralela al plano de la muestra y la presencia de una histéresis en dirección perpendicular indica la presencia de una anisotropía magnética en la dirección perpendicular al plano. Estos resultados se muestran en la Figura 3. En esta figura se comparan los ciclos de histéresis medidos en las dos geometrías (paralela y perpendicular). La pequeña imagen interior representa un aumento de la parte central de ambas curvas de magnetización.

Los sistemas de la invención resultan por tanto útiles para el almacenamiento informático de datos de forma magnética, empleando la red de islas del metal ferromagnético como medio de grabación magnética, y permitiendo la elaboración, por ejemplo, de un disco duro con elevadas capacidades para almacenar información con densidades que se aproximan a los 40 Teradot/in<sup>2</sup>. Las altas densidades de isla de metal por área alcanzadas en la presente invención resultan interesantes, ya que supera la frontera de 1 Tera/in<sup>2</sup> que tanto se persigue actualmente en los medios magnéticos de alta densidad.

El procedimiento para la obtención de estos sistemas presenta numerosas ventajas derivadas de la utilización de los fenómenos de auto-organización del metal evaporado, que hacen de él un procedimiento de gran flexibilidad y sencillez frente a otras técnicas existentes.

A continuación se presentan un ejemplo ilustrativo de la invención que se expone para una mejor comprensión de la invención y en ningún caso deben considerarse una limitación del alcance de la misma.

**Ejemplos**

## Ejemplo 1

5 Se introdujo un sustrato de Au(111), que podría ser tanto un cristal de Au(111) o una capa de Au(111) de unos 150 nm de espesor sobre mica en un manipulador en una campana de vacío. Una vez situado en el manipulador se desgasificó de 10 a 12 horas, calentándolo ligeramente a temperaturas superiores a la temperatura ambiente (aproximadamente 350 K). De esta manera la posible película de agua que cubre todo el sustrato debido a la humedad ambiental que había en el exterior de la campana se evapora más fácilmente, permitiendo que se puedan obtener buenos rangos de presión durante la preparación de las muestras.

10 A continuación se llevaron a cabo 4 ciclos de bombardeo de iones con un cañón de iones instalado en la campana de vacío. El bombardeo se hizo con iones de  $\text{Ar}^+$  con presiones de  $3 \times 10^{-6}$  mbar. El voltaje de aceleración de los iones fue de 1000 V, y las corrientes medidas en las muestras de  $4.0 \mu\text{A}$ . Cada ciclo de bombardeo tuvo una duración de unos 10 minutos y se alternaron con procesos de recocido del sustrato con una duración cada uno de 15 minutos, alcanzándose temperaturas de aproximadamente 600 K con presiones de  $1 \times 10^{-9}$  mbar. La finalidad de cada recocido fue la de cristalizar y reconstruir la superficie de Au(111).

20 Una vez obtenida una superficie de Au limpia se evaporó Gd por medio de epitaxia de haz molecular aplicando un voltaje de +1000 V al crisol que contiene el Gd y una corriente de 1 A al filamento de W ( $\varnothing$ : 0.15 mm), lo cual produjo una emisión de electrones del filamento de 30 mA. Con estas condiciones y considerando la distancia evaporador-sustrato de 10 cm, se obtuvo una velocidad de deposición de  $2 \text{ \AA}/\text{min}$ . El tiempo de evaporación fue de 5 minutos, y lo que se formó finalmente fueron entre 1 y 2 monocapas de aleación de  $\text{GdAu}_2$  sobre el sustrato de Au, tal y como se ha detectado *in-situ* mediante análisis de microscopía de efecto túnel en un VT-STM Omicron y difracción de electrones de baja energía en un Spectra LEED Omicron. Durante la evaporación de Gd el sustrato es calentado a unos 500-550 K para favorecer la reacción del Gd con el Au y la formación de la superred de  $\text{GdAu}_2$  que será el templado. A continuación se dejó enfriar la muestra hasta temperatura ambiente (300 K).

30 En este punto se comenzó con la deposición de Co, manteniendo siempre el sustrato a temperatura ambiente. Para la evaporación de Co se empleó igualmente un evaporador de epitaxia de haz molecular, aplicándose un voltaje de 970 V y una corriente de filamento de 1,95 A, lo cual generó una emisión de 9,6 mA. La distancia evaporador-sustrato fue igualmente de 10 cm y en estas condiciones la velocidad de deposición se pudo estimar como de  $0.4 \text{ \AA}/\text{min}$ . Los tiempos de deposición óptimos se encontraron alrededor de 9 minutos, obteniéndose tamaños de isla de 3.8 nm de diámetro y densidades de área de 36 Terabit/in<sup>2</sup>.

35

40

45

50

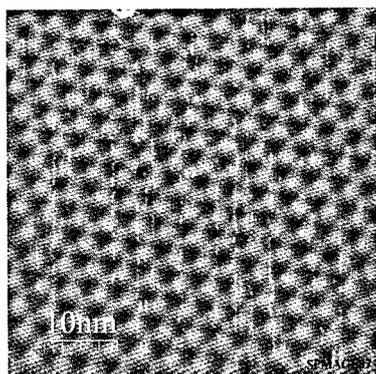
55

60

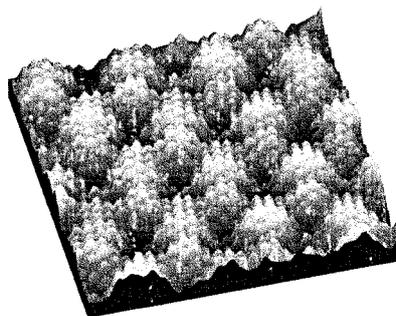
65

REIVINDICACIONES

- 5 1. Templado que comprende un sustrato de Au(111) sobre el que se ha evaporado un elemento seleccionado del grupo formado por lantano, cerio, praseodimio, neodimio, samario, europio, gadolinio, terbio, disprosio, holmio, erbio, tulio, iterbio, lutecio, escandio e ytrio, el cual presenta una aleación superficial de Au y dicho elemento, cuyo espesor está comprendido entre 1 y 3 capas atómicas y presenta estructura de superred.
- 10 2. Templado según la reivindicación 1, que presenta una superred con periodicidad de  $38 \pm 2 \text{ \AA}$  de una aleación de Gd y Au.
3. Templado según la reivindicación 2, que presenta una estequiometría de  $\text{GdAu}_2$  medida con espectroscopia de fotoelectrones mediante rayos X.
- 15 4. Sistema útil para la grabación magnética de datos y su almacenaje que comprende:
- (i) un templado según se define en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, y
- (ii) un recubrimiento sobre la superred de aleación de dicho templado que consiste en una red periódica de islas de un metal ferromagnético.
- 20 5. Sistema según la reivindicación 4 en el que el metal ferromagnético de las islas se selecciona de entre Co, Ni, Fe y sus aleaciones.
- 25 6. Sistema según la reivindicación 5, en el que el metal de las islas es Co.
7. Sistema según la reivindicación 6, en el que el templado presenta una superred de Au-Gd y las islas de Co presentan diámetros de 3.8 nm, con alturas de  $3.6 \text{ \AA}$  medidas mediante STM y una densidad de 38 Teradot/in<sup>2</sup>.
- 30 8. Sistema según la reivindicación 6, en el que el templado presenta una superred de Au-Gd y las islas de Co presentan diámetros de 4.0 nm, con alturas de  $4.6 \text{ \AA}$  medidas mediante STM y una densidad de 36 Teradot/in<sup>2</sup>.
9. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 8, que comprende además un soporte **caracterizado** porque permite el crecimiento de una capa de Au(111).
- 35 10. Sistema según la reivindicación 9, en el que el soporte es un sustrato de mica.
11. Procedimiento para la preparación de un templado según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende:
- 40 a) reconstrucción superficial de un sustrato de Au(111);
- b) evaporación sobre el sustrato obtenido en la etapa a) de un elemento seleccionado del grupo formado por lantano, cerio, praseodimio, neodimio, samario, europio, gadolinio, terbio, disprosio, holmio, erbio, tulio, iterbio, lutecio, escandio e ytrio mediante la técnica de epitaxia de rayo molecular.
- 45 12. Procedimiento según la reivindicación 11 en el que la etapa b) se realiza en presiones del orden de  $1 \times 10^{-9}$  mbar y con una temperatura de sustrato de entre 500-550 K.
- 50 13. Procedimiento según la reivindicación 11, en el que el sustrato de Au(111) de partida se selecciona entre un monocristal de Au(111) y un sustrato que comprende una capa de Au(111) evaporada sobre un soporte, preferiblemente un sustrato de mica.
- 55 14. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, en el que se evaporan entre 10 y  $16 \text{ \AA}$  de Gd con una velocidad de deposición de  $2 \text{ \AA}/\text{min}$ .
15. Procedimiento para la preparación de un sistema que comprende:
- 60 (i) la preparación de un templado según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14, y
- (ii) el crecimiento de un recubrimiento que consiste en una red periódica de islas de un metal ferromagnético sobre dicho templado mediante la técnica de epitaxia de rayo molecular.
- 65

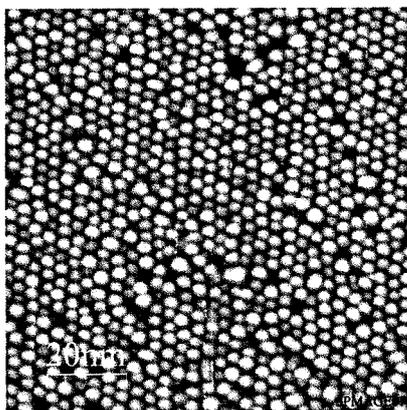


(a)



(b)

**Figura 1**



**Figura 2**

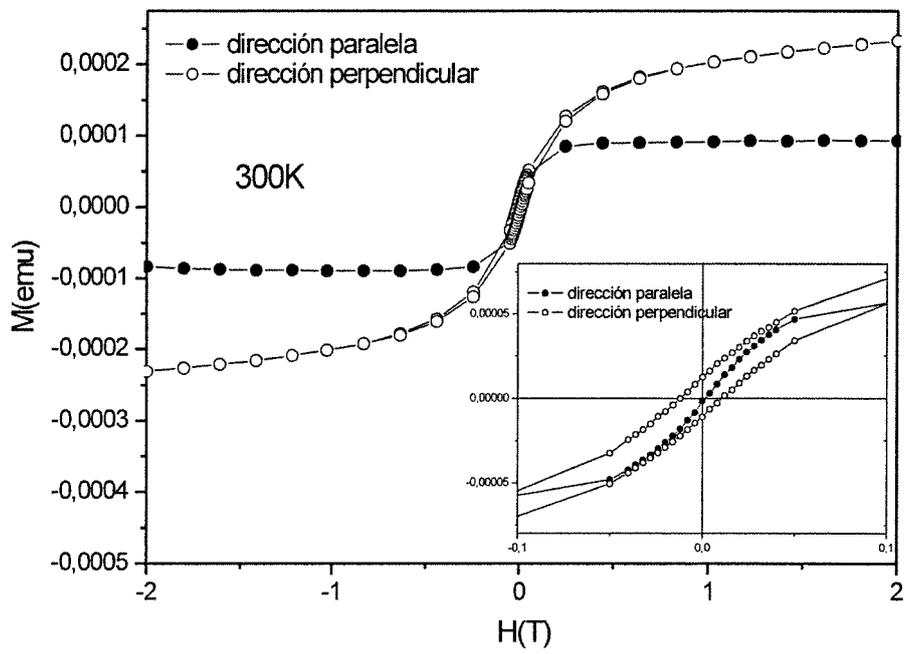


Figura 3



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 343 099

② Nº de solicitud: 200900162

③ Fecha de presentación de la solicitud: 21.01.2009

④ Fecha de prioridad:

## INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.: Ver hoja adicional

### DOCUMENTOS RELEVANTES

| Categoría | ⑥ Documentos citados  | Reivindicaciones afectadas |
|-----------|---|----------------------------|
| A         | SHIRAKI, S., et al., Fabrication of 1D metal nanostructures on a vicinal Au(111) surface, e-J.Surf.Sci.Nanotech., 2003, Vol.1, págs.142-146. Todo el documento.   | 1-15                       |
| A         | KURANT, Z., et al., The influence of annealing on magnetic properties of ultrathin cobalt films, Molecular Physics Reports, 2004, Vol.40, págs. 104-107; pág. 104.  | 1-15                       |
| A         | WEISS, N., et al., Uniform magnetic properties for an ultrahigh-density lattice of noninteracting Co nanostructures, Physical Review Letters, 2005, Vol.95, 157204. Todo el documento.                        | 1-15                       |
| A         | BARTH, J.V., et al., Adsorption, surface restructuring and alloy formation in the Na/Au(111) system, Surface Science, 1995, Vol. 341, págs.62-91; apartados: "Abstract", "2.Experimental" y "5. Conclusions". | 1-15                       |
| A         | FISCHER, B., et al., Growth and surface alloying of Al on Au(111) at room temperature, Surface Science, 1997, Vol.389, págs.366-374; apartados: "Abstract" y "4.Conclusions".                                 | 1-15                       |

#### 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

28.06.2010

Examinador

M. García Poza

Página

1/4

CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

**B82B 1/00** (2006.01)

**B82B 3/00** (2006.01)

**C23C 14/16** (2006.01)

**C23C 14/24** (2006.01)

**G11B 5/62** (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

B82B, C23C, G11B

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, XPESP, CAPLUS

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 28.06.2010

**Declaración**

|  |                       |           |
|--|-----------------------|-----------|
| <b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>             | Reivindicaciones 1-15 | <b>SÍ</b> |
|  | Reivindicaciones      | <b>NO</b> |
| <b>Actividad inventiva (Art. 8.1 LP 11/1986)</b> | Reivindicaciones 1-15 | <b>SÍ</b> |
|  | Reivindicaciones      | <b>NO</b> |

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de **aplicación industrial**. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

**Base de la Opinión:**

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como ha sido publicada.

**1. Documentos considerados:**

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

| Documento | Número Publicación o Identificación | Fecha Publicación |
|-----------|-------------------------------------|-------------------|
| D01       | SHIRAKI, e-J.Surf.Sci.Nanotech.     | 26-12-2003        |
| D02       | KURANT, Molecular Physics Reports.  | 2004              |
| D03       | WEISS, Physical Review Letters.     | 2005              |
| D04       | BARTH, Surface Science.             | 1995              |
| D05       | FISCHER, Surface Science.           | 1997              |

**2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración**

El objeto de la invención es un templado que comprende un sustrato de oro cubierto con un elemento del grupo de las tierras raras, un sistema para grabación magnética de datos y su almacenaje que comprende este sustrato y un material ferromagnético y sus procedimientos de preparación.

El documento D01 divulga sustratos de oro (cristales de Au(111) y de Au(788)) con depósitos de gadolinio en su superficie que no llegan a recubrirla. No se divulga si se forma una aleación de oro y gadolinio. El gadolinio se evapora sobre los cristales de oro tras recibir el sustrato un tratamiento superficial.

El documento D02 divulga estructuras de Au/Co/Au(111) crecidas por evaporación en vacío.

El documento D03 divulga nanopartículas de Co dispuestas en superredes sobre Au(788).

El documento D04 divulga un sustrato de oro (Au(111)) recubierto con sodio (0,2 a 0,6 monocapas) formando el sodio una aleación superficial con el oro (NaAu<sub>2</sub>). El sodio ha sido evaporado sobre el sustrato.

El documento D05 divulga un sustrato de oro (Au(111)) recubierto con aluminio, de modo que se forma una aleación de Al-Au en la superficie del sustrato.

A la vista de los documentos citados se puede observar que en el estado de la técnica no se divulga un templado que comprenda un sustrato de Au(111) con un elemento en su superficie seleccionado del grupo formado por lantano, cerio, praseodimio, neodimio, samario, europio, gadolinio, terbio, disprosio, holmio, erbio, tulio, iterbio, lutecio, escandio e itrio, que presente una aleación superficial de oro y dicho elemento, con un espesor de entre 1 y 3 capas atómicas y con una estructura de superred. Tampoco sería obvio para el experto en la materia llegar a dicho templado a partir de la información divulgada.

Por lo tanto, a la vista del estado de la técnica, el objeto de la invención recogido en las reivindicaciones 1 a 15 es nuevo y tiene actividad inventiva (Arts. 6.1 y 8.1 LP).