

417001



P.- 55.061

Docket No. YO 9-72-066

MEMORIA DESCRIPTIVA

para solicitar PATENTE DE INVENCION en ESPAÑA por 20 años

a nombre de INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION

entidad norteamericana

establecida en Armonk, N.Y. 10504, Estados Unidos de América

por: "UN APARATO DE DOMINIO DE BURBUJA MAGNETICA"
(Clase Internacional H05k, H01l)

Int. Cl.:	H01F/G11B
-----------	-----------



Antecedentes de la Invención

Campo de la Invención

Esta invención se refiere a un aparato que utiliza composiciones magnéticas sustancialmente amorfas que tienen anisotropía magnética uniaxial.

Descripción de la Técnica Anterior

Se conocen en la técnica materiales amorfos, los cuales se pueden clasificar en general como metales o no metales. Los metales se describen, bien sea por el modelo de Bernal (si existe una compactación al azar densa) o por modelos microcristalinos. Los materiales metálicos amorfos incluyen aleaciones Pd-Si y Mn-C.

Los materiales amorfos no metálicos están unidos por lo general por enlaces covalentes y como ejemplo típico de los mismos se pueden citar los materiales "de tipo ovónico". Dichos materiales se ilustran por modelos de retículo al azar o por modelos microcristalinos en los cuales la existencia de ordenación atómica es válida para distancias menores de 25 Å. Los materiales amorfos no metálicos se ilustran por SiO₂, Si, Ge, y las aleaciones Ge-Te.

Se han utilizado materiales amorfos no metálicos para diversas aplicaciones que incluyen almacenamiento de información de acceso por haz, como puede verse por referencia a la Patente de los EE.UU. 3.530.441. Sin em-



bargo, la técnica anterior no muestra el empleo de materiales magnéticos amorfos que tengan anisotropía uniaxial en aplicaciones tales como dispositivos magneto-
5 ópticos y sistemas de dominio de burbuja. Adicionalmente, tampoco se muestra en la técnica el empleo de materiales magnéticos amorfos como imanes permanentes. Tales materiales podrían ser valiosos en una diversidad de aplicaciones tales como ésta. Por ejemplo, los materiales amorfos se pueden depositar sobre cualquier tipo de sustrato y no tienen que tener un retículo igual
10 al del sustrato. Además, los defectos intrínsecos del sustrato no son perjudiciales para las propiedades del material amorfo depositado posteriormente.

Ventajas adicionales de los materiales amorfos
15 incluyen el hecho de que sus composiciones se pueden ajustar para optimizar sus propiedades sin las restricciones impuestas por la estequiometría del compuesto. Es decir, que no existen restricciones impuestas por los diagramas de fase de los materiales a combinar cuando se producen
20 materiales amorfos. Adicionalmente, los materiales amorfos se pueden preparar a temperaturas bajas y pueden fabricarse por técnicas simples tales como evaporación, sublimación catódica (deposición electrónica), etc.

Particularmente con relación a los materiales
25 amorfos magnéticos, no existen defectos estructurales en



Los materiales amorfos que puedan impedir el movimiento y la nucleación de dominios magnéticos en el material. Asimismo, estos materiales pueden tener composiciones que cambian dentro de amplios márgenes para mejorar las propiedades magnéticas seleccionadas. La adición de impurezas a la composición no afectará a las propiedades estructurales o magnéticas de las películas de un modo adverso y se puede utilizar para obtener mayor flexibilidad de diseño de la composición.

5
10
15
20
25

Se han expuesto en la bibliografía películas amorfas que comprenden sistemas de componentes múltiples. Por ejemplo, Sawatzky y otros, Journal of Applied Physics, 42, 1, enero de 1971, pág. 367, describen la clase de películas que son amorfas cuando se obtienen por sublimación catódica y luego cristalinas después de un procedimiento de recocido. En un documento relacionado con esto (Material Science Research, Vol. 4, pág. 493, 1969), E. Giess y otros describen películas de granate de gadolinio-hierro que tienen tamaños de cristalito comprendidos entre 30 y 50 Å. Una película amorfa ferromagnética que comprende una aleación Fe-C-P se describe en Duwez y otros, Journal of Applied Physics, 38, 10 de septiembre de 1967, pág. 4096. Las películas amorfas descritas en estas referencias no exhiben anisotropía magnética uniaxial.



Películas amorfas magnéticas de Fe_xGd_y se describen en un trabajo presentado por J. Orehotsky, Journal of Applied Physics, 43, 5, mayo de 1972, pág. 2413. Con el fin de explicar la no saturación en estas películas, los autores propusieron la existencia de una
5 anisotropía perpendicular asociada con una tensión isotrópica en el plano de la película.

En la presente invención, se ha descubierto que puede producirse anisotropía uniaxial en películas
10 magnéticas amorfas y que la anisotropía se puede producir con independencia de las restricciones del sustrato. Esto es, que se puede obtener anisotropía auxiliar mediante ordenación de pares o mediante anisotropía inducida por la forma. Estas composiciones amorfas pueden estar con-
15 tituidas por un solo elemento o por una pluralidad de elementos. El empleo de estas composiciones magnéticas amorfas en aplicaciones de dispositivos vence muchas de las desventajas de los dispositivos de la técnica anterior en los que tenía que utilizarse material magnético
20 cristalino.

De acuerdo con ello, es un objeto de la presente invención proporcionar dispositivos magnéticos que utilizan composiciones magnéticas sustancialmente amorfas.

25 Es otro objeto de esta invención proporcionar



dispositivos en sistemas que utilizan composiciones magnéticas sustancialmente amorfas cuyas propiedades pueden ser adaptadas dentro de amplios márgenes.

5 Es aún otro objeto adicional de esta invención proporcionar sistemas de dominio de burbuja magnética que utilizan materiales magnéticos amorfos para soporte de los dominios de burbuja magnética.

10 Es todavía otro objeto adicional de esta invención proporcionar aparatos de dominio de burbuja magnética en los cuales se pueden propagar fácilmente los dominios sin tener en cuenta los defectos o impurezas estructurales en el material que soporta los dominios de burbuja.

Breve Resumen de la Invención

15 Se preparan composiciones magnéticas sustancialmente amorfas bien sea en forma de película gruesa o delgada. Estas composiciones están constituidas por un elemento único o por sistemas de componentes múltiples en los que al menos uno de los componentes tiene un espín sin
20 aparear. Así, las composiciones tienen un momento magnético neto y son materiales magnéticamente ordenados.

Estos materiales sustancialmente amorfos exhiben una anisotropía magnética uniaxial no magneto-cristalina, la cual puede ser paralela o perpendicular al plano
25 no de las películas formadas a partir de estas composicio-



nes. La anisotropía surge por cualquiera de las causas siguientes, o por combinaciones de éstas: ordenación de pares, anisotropía de forma, o anisotropía inducida por tensiones.

5 Estas composiciones amorfas existen en una re
gión microcristalina en la que la ordenación atómica, si
existe, lo hace únicamente dentro del intervalo de 25-
100 Å. Adicionalmente, existen materiales sustancialmen-
te amorfos de la presente invención que tienen una es-
10 tructura en la que cualquier ordenación atómica que esté
presente lo está dentro de distancias menores de 25 Å.

Las composiciones binarias y ternarias son par
ticularmente apropiadas para la práctica de esta inven-
ción. Estas composiciones incluyen tanto compuestos como
15 aleaciones, siendo un ejemplo apropiado composiciones de
tierra rara-metal de transición. Por ejemplo, son muy uti-
lizables aleaciones Gd-Co ó aleaciones Gd-Fe.

Las propiedades magnéticas de estas composicio-
nes sustancialmente amorfas se pueden modificar durante
20 la fabricación alterando el procedimiento de fabricación
o el intervalo de composición de los constituyentes. Adi-
cionalmente, las propiedades magnéticas de estas composi-
ciones se pueden modificar después de la fabricación y
las películas se pueden impurificar fácilmente sin afec-
25 tar desfavorablemente a las propiedades magnéticas. Por



ejemplo, composiciones amorfas de tierra rara-cobalto y de tierra rara-hierro se pueden impurificar fácilmente con oxígeno, nitrógeno, carbono, etc., para afectar a sus propiedades magnéticas.

5 Estas composiciones magnéticas se pueden utilizar en una pluralidad de aplicaciones. Por ejemplo, si la anisotropía es perpendicular al plano de la película, estas películas se pueden utilizar en sistemas magneto-ópticos y en sistemas de dominio de burbuja magnética. Se entenderá que las presentes películas magnéticas sustancialmente amorfas soportarán en sí mismas dominios magnéticos, y en particular dominios de burbuja magnética. Adicionalmente, estos dominios de burbuja magnética se pueden propagar en la película magnética
10 utilizando medios que son idénticos a los bien conocidos en la técnica para el movimiento de los dominios. Como las películas amorfas no tienen que prepararse sobre substratos de retículos cuidadosamente igualados, y dado que los defectos e impurezas existentes en la película
15 no perjudican a la propagación de los dominios, las grandes ventajas de los materiales de dominio de burbuja sustancialmente amorfos se hacen inmediatamente evidentes. Además, dado que las propiedades magnéticas de estas películas amorfas pueden ajustarse, las mismas se
20 pueden emplear como capas de polarización de imán perma-
25



nente en conjunción con materiales de dominio de burbuja magnética del tipo de la técnica anterior así como con los materiales de dominio de burbuja magnética de la presente invención.

5 Alterando las propiedades de este material amorfo, se pueden proporcionar estructuras de imás permanente. Estas tienen utilidad como capas de polarización en sistemas de dominio de burbuja magnética.

10 Adicionalmente, se ha descubierto que las composiciones amorfas de la presente invención pueden utilizarse en aplicaciones de archivo de acceso por haz si las propiedades magnéticas de las composiciones amorfas se cambian. Este es el objeto de una solicitud de patente de EE.UU. así mismo pendiente, Núm. de Serie 284.512, presentada el mismo día que la presente solicitud a nombre de P. Chaudhari y otros, y cedida al presente cesionario (identificado por el Expediente de IBM Núm. Y09-72-077).

Breve Descripción de los Dibujos

20 La Fig. 1A es una reproducción (realizada a partir de una micrografía de haz electrónico) del espectro de difracción de una composición magnética amorfa de la presente invención, mientras que la Fig. 1B es una reproducción (realizada también a partir de una micrografía de haz electrónico) del espectro de difracción del mismo material, después que se ha recocido para darle una estructura cristalina.

14 NOV 1975

Las Figs. 2A y 2B son reproducciones (realizadas a partir de fotografías) de dominios de banda magnéticos en el material amorfo de la Fig. 1A, las cuales ilustran el movimiento de los dominios magnéticos cuando se aplica un campo magnético al material amorfo.

La Fig. 3A es una gráfica de magnetización $4\pi M_s$ en función de la concentración de cobalto en una aleación amorfa Gd-Co.

La Fig. 3B es otra gráfica de magnetización $4\pi M_s$ en función de la composición de una aleación amorfa Gd-Co, que se utiliza para indicar el desplazamiento en magnetización que se produce cuando se añaden impurificadores al material amorfo.

La Fig. 4A es una gráfica de longitud característica inversa $[K_u/4\pi(1/\ell)]$ en función de la concentración de cobalto en una aleación amorfa Gd-Co.

La Fig. 4B es una gráfica de longitud característica ℓ en función del espesor de una película magnética amorfa de acuerdo con la presente invención.

La Fig. 5 es una gráfica de la energía de la pared del dominio ($4\pi\sigma_w$) en función del voltaje de polarización de sublimación catódica aplicado al substrato durante la deposición de una aleación magnética amorfa de acuerdo con la presente invención.

La Fig. 6 es una gráfica de velocidad de depo



sición frente a potencia de RF aplicada para la sublimación catódica de aleaciones magnéticas amorfas, que muestra el efecto de la aplicación de un campo magnético de aproximadamente 50 Oe durante el procedimiento de deposición.

La Fig. 7 es una gráfica de anisotropía K_u de una película magnética uniaxial amorfa en función del espesor de la película magnética.

La Fig. 8 es una gráfica de velocidad de deposición (en una escala logarítmica) en función de la temperatura inversa del substrato, que ilustra la transformación amorfo-cristalina que tiene lugar en ciertas condiciones de deposición.

La Fig. 9 es una ilustración de un sistema de dominio de burbuja magnética que utiliza los materiales magnéticos amorfos como el material de dominio de burbuja.

La Fig. 10 es una ilustración detallada de una porción de la circuitería que se muestra esquemáticamente en la Fig. 9.

La Fig. 11 es un modulador de luz magneto-óptico que utiliza los presentes materiales magnéticos amorfos como medio de modulación de la luz.

La Fig. 12 es una ilustración de un material de dominio de burbuja magnética que tiene adyacente al



23 01 1974

mismo una capa de material magnético amorfo que funciona como una capa de polarización para dominios magnéticos en el material de dominio de burbuja.

5 La Fig. 13 es una ilustración de un sistema de manipulación de información por cinta o disco que utiliza el presente material magnético amorfo como medio de registro.

Descripción Detallada de las Realizaciones Preferidas
Composiciones Magnéticas Amorfas

10 Se han producido composiciones magnéticas sustancialmente amorfas que exhiben anisotropía uniaxial, que son útiles en muchas aplicaciones magnéticas. Estas composiciones se pueden producir en masa o en forma de película delgada, o bien pueden estar presentes como partículas magnéticas en un aglutinante de soporte. Como
15 aquéllas son materiales amorfos, la elección de sustrato no representa diferencia alguna, y pueden ignorarse factores tales como la igualación de retículos. Esto conduce a una facilidad de deposición sobre sustratos de
20 cualquier tipo y acrecienta en gran manera los rendimientos de fabricación que se pueden obtener cuando se utilizan materiales del tipo presente.

Estas composiciones magnéticas pueden estar constituidas por un elemento simple o por una combinación de elementos presentes en un sistema de componentes
25



múltiples. Al menos uno de los componentes ha de tener un espín electrónico sin aparear a fin de que la composición tenga un momento magnético neto. Esto es, que se trata de materiales magnéticamente ordenados (dentro de un amplio margen).

Estos materiales magnéticos amorfos exhiben una anisotropía uniaxial que puede ser perpendicular o paralela al plano de una película constituida por estas composiciones magnéticas amorfas. La anisotropía se debe a combinaciones de las siguientes causas, o a una cualquiera de las mismas:

- A. Ordenación de pares.
- B. Anisotropía de forma.
- C. Anisotropía inducida por esfuerzos.

En la presente invención, no es importante que se proporcione anisotropía uniaxial por cualquier procedimiento particular.

Estos tres mecanismos para la producción de anisotropía uniaxial en las películas sustancialmente amorfas de la presente invención son generalmente conocidos en la técnica y no se estudiarán con gran detalle aquí. Es suficiente solamente observar que la ordenación de pares lleva consigo la combinación de dos átomos cuya magnetización se aparee para formar un dipolo magnético neto. Los pares magnéticos se alinean en ciertas direc-



ciones que dan lugar a la anisotropía uniaxial requerida para uso en dispositivos magnéticos.

La anisotropía de forma surge a consecuencia de la geometría de las regiones magnéticas. Por ejemplo, una agrupación ordenada de átomos en una región de un material sustancialmente desordenado tendrá una magnetización dirigida a lo largo del eje mayor de la agrupación de átomos, ya que este eje será el preferido para la alineación de los momentos magnéticos. A lo largo del eje menor de la región definida por la agrupación de átomos, existen campos intensos de desmagnetización.

Además, las variaciones de composición en el material amorfo producirán separaciones de fase que darán lugar a este tipo de anisotropía. La separación de fase incluye tanto la situación de regiones de composición diferente localizadas adyacentes unas a otras como la situación de regiones adyacentes de la misma composición que tienen fases estructurales diferentes (esto es, que una región es amorfa mientras que la otra es más cristalina). Como un ejemplo de separación de fases, una aleación magnética amorfa Gd-Co puede estar constituida por regiones localizadas que son ricas en Co y otras regiones localizadas que son ricas en Gd. Si estas dos regiones son adyacentes, esta separación de fases producirá anisotropía uniaxial.



La anisotropía inducida por esfuerzos surge a consecuencia de diferencias en los parámetros de retículo del substrato y regiones localizadas en la película amorfa, o a consecuencia de diferencias de los coeficientes térmicos de la película amorfa y su substrato. Este tipo de esfuerzo puede ser también un factor contribuyente a la anisotropía uniaxial en películas sustancialmente amorfas de la presente invención.

Las composiciones magnéticas amorfas de la presente invención exhiben microcristalinidad y/o estructura sustancialmente amorfa. Ambas estructuras difieren de las estructuras policristalina y monocristalina conocidas en la técnica anterior para composiciones magnéticas. Por ejemplo, los materiales amorfos de la presente invención pueden exhibir ordenación atómica localizada. No obstante, si está presente esta ordenación atómica, existirá en distancias comprendidas entre 25 y 100 Å si el material es microcristalino, o en distancias menores de 25 Å si el material es sustancialmente amorfo. Por supuesto, debe entenderse que esencialmente puede no haber ordenación atómica alguna presente, en cuyo caso se proporcionará un material amorfo sustancialmente puro.

Los materiales amorfos de la presente invención pueden estar constituidos por elementos magnéticos simples o por sistemas de componentes múltiples. Ejemplos de



los últimos son aleaciones y compuestos binarios y ternarios. Materiales particularmente adecuados son composiciones que comprenden elementos de tierras raras y elementos metálicos de transición. Los ejemplos incluyen
5 Gd-Co, Gd-Fe, Y-Co, y La-Co, etc. Estas composiciones se pueden ajustar dentro de un amplio intervalo sin las restricciones impuestas por la estequiometría de los compuestos debido a los diagramas de fase de los constituyentes. Por consiguiente, las propiedades magnéticas de los materiales se pueden ajustar a cualquier aplicación que se requiera. Por ejemplo, los intervalos de composición se pueden elegir de tal manera que los momentos atómicos del elemento de las tierras raras y el elemento de metal de transición lleguen casi a anularse, obteniéndose así un material con baja magnetización de saturación que podría tener un valor particular como material para dominios de burbuja.
10
15

Estas composiciones magnéticas amorfas exhiben ordenación magnética de gama larga y tienen anisotropía uniaxial. En su forma más simple, dichas composiciones
20 están constituidas por elementos que en una forma elemental soportan un momento magnético. Son ejemplos la serie 4f (elementos de las tierras raras) y la serie 5f (los elementos actínidos). Se incluyen también los metales de transición del grupo del hierro (serie 3d). Además están
25



incluidos elementos que tienen un momento magnético cuando se encuentran en un estado particular, ilustrándose esto por elementos tales como Mn, Cr, V, y Pd.

5 Para cualquier composición amorfa constituida por un solo elemento simple, se puede añadir a la composición cualquier elemento no magnético en cantidades relativamente pequeñas sin interferir con las propiedades magnéticas. Es decir, que se puede efectuar
10 una dilución con elementos no magnéticos (tales como O, C, P, y N) sin afectar desfavorablemente a las propiedades magnéticas. Por esta razón, puede ser ventajoso añadir pequeñas cantidades (por regla general, aproximadamente 2% en átomos) de estos elementos no magnéticos con
15 objeto de producir más fácilmente la película amorfa. Por supuesto, si se añaden grandes cantidades, se ven afectadas las propiedades magnéticas. Por ejemplo, cantidades mayores de aproximadamente 50% atómico destruirán la ordenación magnética de gama larga.

20 Composiciones binarias que incluyen al menos uno de los elementos indicados con anterioridad se pueden utilizar también para los materiales magnéticos amorfos de la presente invención. Las composiciones binarias son por lo general más fáciles de trabajar, ya que aquéllas
25 retendrán su estructura amorfa a lo largo de intervalos



de temperatura más amplios que los materiales magnéticos amorfos
constituidos por un único elemento. Como en el caso del
material amorfo constituido por un solo elemento, se pue
den añadir a la composición pequeñas cantidades de ele-
5 mentos no magnéticos.

Otro cambio que se puede efectuar en el caso
de las composiciones amorfas binarias consiste en añadir
una concentración mayor (de 2 a 50% atómico) de elemen-
tos no magnéticos para cambiar las propiedades magnéti-
10 cas. Por ejemplo, se puede añadir cobre para atenuar el
momento magnético.

Combinaciones ternarias de los elementos 3d,
4f, y 5f antes mencionados pueden hacerse también para
proporcionar composiciones amorfas que tengan anisotro-
15 pía magnética uniaxial. Como sucede en el caso de los ele-
mentos binarios, se pueden añadir concentraciones mayores
de elementos no magnéticos para cambiar las propiedades
magnéticas de estas composiciones ternarias. Asimismo,
pueden añadirse pequeñas cantidades de materiales no mag-
20 néticos para formar más fácilmente películas amorfas, sin
afectar desfavorablemente a las propiedades magnéticas. De
be entenderse que la cantidad de materiales no magnéticos
añadida no es suficiente para perder la ordenación magné-
tica de gama larga en la película amorfa.

25 Los materiales magnéticos amorfos de la presente



invención poseen ordenación magnética de gama larga y son ferromagnéticos, ferrimagnéticos, o antiferromagnéticos. Por supuesto, es esta ordenación magnética de gama larga la causa que da lugar a la anisotropía uniaxial presente en estos materiales, la cual, a su vez, los hace muy útiles para aplicaciones de dispositivos.

Las propiedades magnéticas de estas composiciones se pueden cambiar durante la fabricación o después de la fabricación para adaptarlas a aplicaciones particulares. Se ha determinado que las propiedades magnéticas dependen acusadamente del intervalo de composiciones de los constituyentes, y también de las condiciones de deposición utilizadas para proporcionar la composición. Sin embargo, la dependencia de las propiedades magnéticas con respecto a los parámetros de deposición es menos acusada que la dependencia con respecto a los intervalos de composición de los constituyentes. Pueden utilizarse procedimientos tales como recocido e implantación de iones después de la fabricación de estas composiciones amorfas para modificar las propiedades magnéticas. Adicionalmente, estos materiales magnéticos se pueden impurificar con impurezas, y las propiedades magnéticas estructurales de las películas no se verán afectadas desfavorablemente. Por esta razón, el movimiento del dominio magnético en las películas no se verá afectado como sucede en el caso



de las películas magnéticas cristalinas convencionales. Ejemplos de composiciones magnéticas amorfas adecuadas específicas para una diversidad de aplicaciones se presentarán en la memoria descriptiva, y al final de la memoria descriptiva se presentarán tablas de materias y sus propiedades.

Dependiendo de las interacciones de intercambio presentes en estos materiales, puede ser posible proporcionar aisladores, conductores y semiconductores que son sustancialmente amorfos. En los metales y los semiconductores, la interacción de intercambio puede ser o bien directa, debida a superposición de los orbitales atómicos, o indirecta, debida a los electrones causantes de la conducción. Estos mecanismos de intercambio no son muy sensibles al orden atómico de gama larga del sistema y son mecanismos que dan lugar a materiales amorfos adecuados para aplicaciones magnéticas. Sin embargo, el mecanismo de intercambio en aisladores es generalmente un super-intercambio que depende con carácter crítico del ángulo y la distancia de enlace. Como el orden atómico de gran alcance está ausente en los materiales amorfos, estos requisitos de super-intercambio no pueden satisfacerse, y no se observa una ordenación magnética de gama larga.

Las Figs. 1A y 1B son reproducciones (realizadas a partir de micrografías de haz electrónico) que ilus-



tran materiales amorfos y cristalinos. El espectro de difracción de haz electrónico de la Fig. 1A es característico de un material amorfo, mientras que el espectro de difracción de la Fig. 1B es característico de un material cristalino.

De un modo más detallado, las Figs. 1A y 1B se prepararon por difracción de electrones a partir de una aleación Gd-Co. La línea gruesa L de las Figs. 1A y 1B se utiliza para bloquear el haz de electrones incidente con el fin de facilitar la producción de estas Figuras. El espectro de difracción de la Fig. 1A es característico de un material amorfo.

La Fig. 1B es un espectro de difracción de electrones del material (Gd-Co) de la Fig. 1A, después de haberse cristalizado éste por aplicación de calor. En este caso, la película amorfa de la Fig. 1A se dejó en el microscopio de haz electrónico y se calentó a aproximadamente 300°C. El espectro de difracción de la Fig. 1B es característico del debido a la difracción a partir de un material cristalino. Tanto la Fig. 1A como la Fig. 1B están representadas a igual escala. Estas Figs. ilustran las características sustancialmente amorfas de las películas producidas de acuerdo con la presente invención.

Las Figs. 2A y 2B ilustran la presencia de dominios de banda magnética en el material amorfo de la Fig.



1A. En las Figs. 2A y 2B, se ha trazado una marca M de referencia en la película a fin de ser utilizada para la determinación del movimiento de los dominios de banda cuando se aplica un campo magnético al material amorfo.

Haciendo referencia más particularmente a la Fig. 2A, son claramente visibles los dominios magnéticos de banda D por todo el material magnético amorfo. Estos dominios de banda tienen paredes orientadas generalmente en una dirección vertical en esta Figura. Sin embargo, cuando se aplica un campo magnético en el plano del material amorfo, se provoca la inclinación de los dominios de banda D. Esto es evidente cuando se examina en estas dos Figs. la posición de los dominios D con respecto a la marca de referencia M. Así, las Figs. 2A y 2B ilustran la existencia de dominios en el material magnético amorfo y el movimiento de estos dominios por un campo magnético aplicado. Como se verá con toda evidencia más adelante, los dominios de banda D pueden aplastarse convirtiéndose en dominios de burbuja circulares.

Se depositaron películas amorfas de un espesor aproximado de 1 micra sobre NaCl, SiO₂, y Al₂O₃. Estas películas exhibían anisotropía uniaxial y poseían también dominios de banda. Un campo magnético perpendicular de unos cuantos centenares de oersteds fué suficiente para



5 aplastar los dominios de banda convirtiéndolos en dominios de burbuja circulares. Adicionalmente, los dominios de burbuja se desplazaron cuando se desplazó el campo magnético externo. El espectro de dominios en el material amorfo era similar a los espectros de dominios observados en películas de granate preparadas cuidadosamente. Esto sugiere que el material amorfo no posee en absoluto defectos locales de homogeneidad que sean suficientes para causar una fijación local de los dominios que restringiría su movimiento. Por supuesto, esto es una ventaja de un material magnético amorfo en el que no existen defectos de estructura del cristal, por definición. La nucleación y la propagación de dominios magnéticos en un tal material amorfo no se ve restringida por esta clase de defectos.

Ajuste de las Propiedades Magnéticas

Dependiendo de la aplicación particular en la que hayan de ser utilizadas estas composiciones magnéticas amorfas, sus propiedades magnéticas son ajustables para un comportamiento óptimo. El ajuste de las propiedades magnéticas en estos materiales amorfos se realiza fácilmente por ciertas técnicas durante la fabricación de los materiales amorfos y por procedimientos utilizados después de la preparación de las composiciones amorfas. En contraste con los materiales magnéticos cristalinos de la



MS

técnica anterior, las propiedades magnéticas de las películas amorfas son por lo general más fáciles de controlar que las propiedades correspondientes de los materiales cristalinos. Una razón para esto es que las variaciones de composición que se permiten en un material amorfo son muchos más amplias que las variaciones permitidas en un material cristalino, dado que las composiciones amorfas están regidas por la metastabilidad, más bien que por el equilibrio termodinámico. Diversas propiedades magnéticas se considerarán ahora individualmente para ilustrar la flexibilidad ofrecida por los materiales amorfos.

Magnetización de Saturación M_s

La magnetización M_s se ve alterada fácilmente en un material magnético amorfo por la adición de un átomo magnético que se acopla con un átomo normalmente magnético existente en el material amorfo, o un átomo existente en el material amorfo que es magnético en algún estado (por ejemplo, Mn, Cr, ... etc.). Para rebajar la magnetización M_s , el material añadido a la composición amorfa se acopla antiferromagnéticamente con el átomo magnético existente en el material amorfo. Por ejemplo, para rebajar la magnetización de la aleación amorfa Gd-Co, se ajusta la proporción Gd-Co a fin de que sus momentos magnéticos lle



güen a anularse prácticamente.

Para aumentar la magnetización del material amorfo, se añaden átomos magnéticos a la composición que se acoplan ferromagnéticamente con el átomo magnético existente en la composición amorfa. Por ejemplo, la adición de Nd a una composición amorfa de Gd-Co aumentará la magnetización de la composición. Como otro ejemplo, la adición de Co a una composición amorfa de Y-Co aumentará la magnetización.

Estas adiciones se efectúan durante el procedimiento de fabricación, y se hacen del modo siguiente: Una mezcla de los elementos constituyentes se funde y se cuele en un lingote en forma de disco que se utiliza como blanco para la sublimación catódica (deposición electrónica). La composición se puede ajustar durante la fabricación del blanco, o bien se puede variar la composición de la película durante el procedimiento de sublimación catódica ajustando para ello el voltaje de polarización sobre el substrato con el fin de resublimar preferentemente una fracción de uno o más de los constituyentes. Alternativamente, se puede proporcionar un segundo blanco del elemento aditivo en el sistema de sublimación de tal modo que uno solo de los elementos aditivos se introduzca en la película depositada.

Cuando se fabrican películas delgadas por evapo-



ración a vacío, la concentración del aditivo se puede variar en la fuente de evaporación, o bien se puede proporcionar una fuente suplementaria del elemento aditivo.

La Fig. 3A es una gráfica de la magnetización $4\pi M_s$ a la temperatura ambiente en función de la concentración de cobalto en una aleación amorfa Gd-Co. De esta gráfica se deduce evidentemente que la cantidad de átomo magnético Co en la aleación amorfa determina la magnetización de la aleación. Según esto, la magnetización de esta aleación resulta alterada por adiciones de material a la aleación amorfa que cambien la proporción Gd/Co y por tanto el grado en el que se anulan sus momentos magnéticos.

La región de composición próxima al mínimo de magnetización es particularmente adecuada para materiales de momento magnético bajo con puntos de Curie elevados. Dado que la baja magnetización de las composiciones próximas a un 79% atómico de cobalto es el resultado de una cancelación de los momentos de Gd y Co más bien que de efectos de dilución, el punto de Curie, que está determinado en gran parte por las interacciones Co-Co, no se ve afectado. En consecuencia, la magnetización del material a la temperatura ambiente se puede modificar mientras que se mantiene todavía T_c dentro de intervalos especificados.



Otro modo de cambiar la magnetización de una aleación amorfa es por adición de pequeñas cantidades de N_2 cuando se está efectuando la sublimación catódica de la aleación amorfa. Por ejemplo, cuando se efectúa la sublimación catódica de $GdCo_5$ en argón, la adición de pequeñas cantidades de N_2 (aproximadamente 1% en volumen de N_2 en el argón gaseoso) hace que los dominios de banda en el material disminuyan notablemente de tamaño. Esto indica, a su vez, un aumento en M_s . Es decir, que el acoplamiento antiferromagnético de Gd y Co se ve afectado de tal modo que la magnetización resulta aumentada sin destruir la anisotropía uniaxial del material amorfo. De este modo, los enlaces de nitrógeno con el Gd debilitan el acoplamiento antiferromagnético entre el Gd y el Co. El momento del sub-retículo de Co es anulado menos efectivamente por el del sub-retículo de Gd, por lo que la magnetización aumenta.

La Fig. 3B es una gráfica de magnetización M_s en unidades arbitrarias en función de la composición para una aleación amorfa Gd-Co, asimismo en unidades arbitrarias. Existe un mínimo de magnetización para una cierta composición de Gd-Co.

Si la aleación Gd-Co tiene normalmente la composición A y la composición se prepara en presencia de N_2 , se produce un cambio en la magnetización como si se pro-



dujese un aumento en la proporción de cobalto. Por consiguiente, se proporciona una mayor magnetización. Si, por el contrario, se parte de una composición representada por el punto C y se añade nitrógeno al sistema de deposición, la película producida sufrirá un cambio de magnetización hasta alcanzar un mínimo. Por tanto, la magnetización M_g puede modificarse por simples adiciones de N_2 al material para cambiar la interacción de intercambio entre los constituyentes de la composición hacia una magnetización mayor o menor, según la parte en que nos encontremos de la curva de magnetización en función de la composición correspondiente al material de que se trate.

Coercitividad H_c

La coercitividad en un material magnético es un factor primario en la determinación de la facilidad con la que se mueven los recintos magnéticos en el material. Los ajustes de las coercitividades llevan consigo usualmente ajustes del tamaño de grano del material magnético, dado que la coercitividad depende del tamaño de grano. Por regla general, la coercitividad presenta un máximo para un cierto valor del tamaño de grano y disminuye para tamaños de grano menores que y mayores que el que da la coercitividad máxima. Por ejemplo, la coercitividad es elevada en materiales magnéticos en los que el



tamaño de grano se aproxima a la anchura de la pared del dominio.

El tamaño de grano puede modificarse por adición de agentes impurificantes tales como N_2 y O_2 . Estos aditivos cambian la ordenación en la película amorfa de tal manera que la misma sea diferente que (o igual que) la anchura de la pared del dominio (δ). Si δ es mayor que la ordenación, H_c es baja, mientras que si δ es aproximadamente igual a la ordenación H_c es máxima.

La implantación de iones a una profundidad seleccionada es generalmente adecuada, dado que no es deseable calentar indebidamente los materiales amorfos. El calentamiento más allá de ciertas temperaturas es causa de que los materiales amorfos pasen a un estado cristalino, el cual puede no ser un estado reversible. Se puede utilizar también el recocido para cristalizar la película amorfa a fin de proporcionar granos del tamaño deseado.

Otros métodos para influir sobre la coercitividad implican el tratamiento de la superficie por procedimientos tales como ataque químico por sublimación catódica y ataque químico con iones para conferir rugosidad a la estructura de la superficie. Esto, a su vez, influirá sobre el movimiento de los dominios en el material magnético amorfo.

25



Temperatura de Curie T_c

Estos materiales magnéticos amorfos se alean fácilmente para cambiar la temperatura de Curie sin influir desfavorablemente en la estructura de los materiales. Adicionalmente, no existe limitación alguna impuesta por un diagrama de fase como ocurriría en el caso de un material cristalino. Pueden utilizarse intervalos de aleación comprendidos dentro de grandes magnitudes (aproximadamente 50% atómico) en tanto que no se vea afectada la anisotropía uniaxial del material. Por regla general, la temperatura de Curie se elevará linealmente con la cantidad de átomos magnéticos presentes. La temperatura de Curie en estos materiales amorfos es más fácil de controlar que en los materiales magnéticos cristalinos.

Se utilizan las condiciones de aleación para modificar la temperatura de Curie del material magnético amorfo. Por ejemplo, para una aleación amorfa Gd-Co, la adición de átomos magnéticos de momento más bajo tales como Ni, Cr, Mn o átomos no magnéticos tales como Cu, Al, Ag, Pd, Ga, In, etc., rebajará la temperatura de Curie, mientras que la adición de un elemento tal como Fe elevará la temperatura de Curie. La intensidad de la interacción magnética (acoplamiento) en el material re-



sulta modificada por los elementos añadidos.

Rotación de Faraday ϕ_F

Se produce un aumento en la rotación de Faraday o rotación de Kerr de un haz luminoso incidente sobre el material magnético amorfo proporcionando un material amorfo que tenga un momento magnético elevado. Se pueden añadir al material amorfo agentes impurificadores de tierras raras, tales como Tb, Dy, Ho, o bien se pueden incorporar al material adiciones de aleación. Por ejemplo, en el caso de la aleación amorfa Gd-Co, el aumento de la cantidad de Co hará aumentar la rotación de Faraday. Asimismo, adiciones de Fe al material harán también aumentar la rotación de Faraday. Para una rotación de Faraday elevada, es deseable que la magnetización $4\pi M_s$ tenga un valor lo más alto posible (por ejemplo, 8.000 a 10.000 gauss).

Longitud Característica (parámetro l)

El parámetro l es una cantidad particularmente útil en el diseño de los sistemas de dominio de burbuja magnética. Para una exposición más detallada de este parámetro, se hace referencia a A. A. Thiele, J. Appl. Phys., 41, 1139 (1970).

El parámetro l depende acusadamente del intervalo de los constituyentes en la aleación amorfa. Por ejemplo, la Fig. 4A muestra la variación en el parámetro l



[(m\u00e1s espec\u00edficamente, $(K_u/4\pi) (1/l)$)] en funci\u00f3n de la concentraci\u00f3n del i\u00f3n magn\u00e9tico en una aleaci\u00f3n magn\u00e9tica amorfa. En este caso particular, la composici\u00f3n es Gd-Co y el eje de abscisas es la concentraci\u00f3n de Co.

- 5 De esta figura se deduce evidentemente que se puede modificar el par\u00e1metro l cambiando la composici\u00f3n de la aleaci\u00f3n. La gr\u00e1fica de la Fig. 4A se obtuvo para diversas composiciones de Gd-Co en las que se mantuvieron constantes todos los par\u00e1metros de fabricaci\u00f3n para cada muestra.
- 10 Las mismas composiciones fabricadas en condiciones diferentes exhiben valores diferentes del par\u00e1metro l . Dado que el \u00e1mbito de composiciones de un material amorfo se puede variar f\u00e1cilmente dentro de amplios l\u00edmites, en contraste con la situaci\u00f3n correspondiente a un material magn\u00e9tico cristalino, es relativamente f\u00e1cil variar el par\u00e1metro l .

La Fig. 4B muestra la dependencia del par\u00e1metro l con respecto al espesor H de la pel\u00edcula magn\u00e9tica amorfa. Por debajo de un espesor cr\u00edtico para cada composici\u00f3n, no podr\u00e1 obtenerse una anisotrop\u00eda perpendicular suficiente para soportar los dominios de burbuja, por lo que la curva se representa como una l\u00ednea de guiones por debajo de dicho espesor cr\u00edtico. Para la composici\u00f3n particular representada aqu\u00ed (20% at\u00f3mico de Gd, 80% at\u00f3mico de Fe), un espesor de 0,2 micras producir\u00e1 suficiente ani-

20

25



sotropía perpendicular para soportar los dominios de burbuja.

Energía de Pared del Dominio σ_w

5 La energía de pared del dominio σ_w es proporcional al parámetro l del material amorfo. La energía de pared del dominio es también directamente proporcional a $\sqrt{AK_u}$, donde A es la constante de intercambio del material y K_u es la constante de anisotropía perpendicular uniaxial del material.

10 La Fig. 5 es una representación gráfica de la energía de pared del dominio $4\pi\sigma_w$ en ergios/cm² medida en función del voltaje de polarización del sustrato utilizado en la sublimación catódica de aleaciones amorfas Gd-Co que contienen 80 a 85 por ciento atómico de Co. Este voltaje de polarización del sustrato es un voltaje
15 aplicado sobre el sustrato, medido con respecto a tierra. En el aparato de sublimación catódica de corriente continua utilizado para proporcionar la curva de la Fig. 5, se aplicaron aproximadamente 2000 voltios entre el ánodo y
20 el cátodo para provocar la deposición del Gd-Co amorfo. El empleo del voltaje de polarización del sustrato proporciona un control de la composición y de las propiedades magnéticas del material amorfo depositado. De este modo, se puede modificar la energía de pared del dominio
26 dentro de un amplio margen.



La energía de pared del dominio puede modificarse también variando la constante de intercambio A o la anisotropía K_u . La constante de intercambio A representa la intensidad del acoplamiento magnético en el material, y es proporcional a la temperatura de Curie T_c . En consecuencia, la constante A cambiará de un material a otro. Los cambios en la anisotropía se estudian en una sección posterior de la memoria descriptiva.

Anisotropía K_u

La anisotropía del material se puede modificar variando el procedimiento utilizado para fabricar la composición amorfa. Por ejemplo, la velocidad de deposición es un factor determinante, como lo es también el espesor de la película depositada. En general, K_u es una función de la composición del material y de las condiciones de desarrollo del mismo. Estos factores se estudiarán con mayor detalle en la sección que se refiere a las técnicas de fabricación.

Tamaño del Dominio y Anchura de Pared del Dominio

La anchura de pared del dominio es igual a $\sqrt{A/K_u}$, donde A es la constante de intercambio del material y K_u es su anisotropía. Como se ha mencionado con anterioridad, la anisotropía K_u depende del espesor de la película amorfa y de la velocidad de deposición. Por consiguiente, la anchura de pared del dominio se puede modificar cambiando la ani-



5 isotropía K_u . Esta es, a su vez, función de la composición de la película amorfa, de su intervalo de constituyentes, y del procedimiento de deposición utilizado para producir el material amorfo. En la sección de técnicas de fabricación, se mostrarán curvas correspondientes a la variación de la anisotropía K_u con el espesor de la película y con la velocidad de deposición.

10 El tamaño del dominio es una función de la longitud característica l y del espesor de la película. Por regla general, el tamaño del dominio se elige de tal manera que sea óptimo el comportamiento del dispositivo. Para los sistemas de dominio de burbuja magnética, la longitud característica l viene dada por la relación siguiente:

15
$$l = \sigma_w / 4\pi M_s^2 = \frac{\sqrt{AK_u}}{4\pi M_s^2}$$

20 Por consiguiente, la longitud característica, y por tanto el tamaño del dominio, se pueden modificar variando la magnetización M_s , la anisotropía K_u , y la constante de intercambio A .

25 La constante de intercambio es una cantidad que representa la intensidad de acoplamiento magnético en un material dado. Es proporcional a la temperatura de Curie y será mayor su valor para aquellos materiales que tengan temperaturas de Curie T_c más altas. Como se ha ex



plicado anteriormente, la anisotropía K_u es función de la composición del material y de las condiciones de desarrollo utilizadas para obtener el material. Las magnetización M_s es el resultado de los espines magnéticos y de su alineación (paralela o antiparalela), Esta cantidad depende de la temperatura y puede modificarse va rianado la composición de la película amorfa y los pará metros de desarrollo utilizados para proporcionar la película amorfa. Por tanto, el tamaño del dominio puede mo dificarse fácilmente dentro de amplios márgenes.

Fabricación de Materiales Magnéticos Amorfos

Estos materiales se pueden fabricar en forma de masa, o en forma de película delgada. En general, se puede utilizar cualquier técnica conocida de deposición en película con inclusión de la sublimación catódica y la evaporación.

Para formar una película en masa de material magnético amorfo, el enfriamiento en listón puede proporcionar una técnica útil. En este método, un líquido caliente de los constituyentes de la película incide sobre una superficie fría en la que los constituyentes se solidifican para formar una película amorfa en masa. Esto proporciona un enfriamiento rápido de la fase líquida.

Se puede inducir anisotropía uniaxial en las películas en masa sometiénolas a bombardeo mediante par-



tículas atómicas de alta energía en un campo magnético aplicado o recociéndolas en un campo magnético a una temperatura inferior a su temperatura de cristalización.

5 Otre método para proporcionar películas en masa consiste en evaporarlas continuamente, utilizando las técnicas que se describen a continuación.

La fabricación de películas amorfa delgada de acuerdo con la presente invención puede utilizar la deposición a partir del estado de vapor, el enfriamiento rápido a partir de una fase líquida, o la implantación de 10 iones para ajuste de la anisotropía. En general, estas películas amorfas dependen de la velocidad de deposición de los átomos sobre el sustrato, de la temperatura del sustrato, y del ángulo de incidencia de los átomos que se depositan sobre el sustrato. Si los átomos que llegan al 15 sustrato no son capaces de entrar en algún punto de equilibrio, aumentará la tendencia a formar películas amorfas. En este contexto, se hace referencia a S. Mader, The Use of Thin Films in Physical Investigations (El empleo de Pe- 20 lículas Delgadas en Investigaciones Físicas), editado por J. C. Anderson (Academic, Nueva York, 1966), pág. 433. Asimismo, véase la Patente de los EE.UU. núm. 3.427.154, que se refiere a la fabricación de películas delgadas amorfas.

Con el fin de favorecer la ordenación de pares 25 como medio para la obtención de anisotropía uniaxial en es



tas películas, parece ser importante que los átomos que se depositan choquen con el sustrato en un ángulo de incidencia no normal. Es decir, que los átomos incidentes deberían tener algún componente de velocidad paralelo a la superficie del sustrato con objeto de conseguir anisotropía uniaxial en la película. Este "ángulo de incidencia oblicuo" da al átomo movilidad paralela al sustrato, lo cual favorece a su vez la ordenación de pares, dado que los átomos incidentes se pueden desplazar de un lado a otro y elegir un lugar atómico que rebaja la energía del sistema por medio de los campos de desmagnetización del material. Se ve favorecida la separación de fases, lo que conducirá a anisotropía de forma, debido a que las agrupaciones de átomos similares se reunirán en un punto en el que la energía del sistema está disminuida. Esto conduce, a su vez, a agrupaciones de composición, las cuales, como se ha explicado con anterioridad, darán lugar a anisotropía en la película.

Otro factor para conseguir anisotropía uniaxial es la velocidad de deposición de los átomos incidentes. Si la velocidad de deposición es demasiado alta, los átomos incidentes no pueden desplazarse mucho de un punto a otro en la superficie del sustrato, limitándose así la movilidad paralela al sustrato. En relación con esto,



se hace referencia a la Fig. 6, la cual es una gráfica de velocidad de deposición en unidades Angstrom por segundo en función de la potencia de radio-frecuencia utilizada en un sistema de sublimación catódica para deposición de materiales amorfos. En este caso, el material magnético amorfo es Gd-Co. En la Fig. 6, hay una velocidad crítica de deposición de 4 Angstroms por segundo para una temperatura de sustrato y una composición de blanco dadas. Es decir, que a una velocidad de deposición de 4 Angstroms por segundo, se obtuvieron muestras Gd-Co (que contenían aproximadamente 80% atómico de Co) que exhibían espectros de dominios, las cuales eran características de una anisotropía perpendicular uniaxial en la aleación magnética amorfa de Gd-Co.

En la Fig. 6, la deposición se efectuó con un campo magnético (de 50 Oe) normal al sustrato, y sin la presencia del campo magnético, con el fin de determinar el efecto de los campos magnéticos durante la deposición. El efecto del campo magnético no fué grande, aun cuando mejoró realmente algo la eficiencia de la sublimación catódica.

A medida que aumenta el voltaje de polarización del sustrato utilizado en el sistema de sublimación catódica, aumenta por regla general la anisotropía. Esto es debido a que el voltaje de polarización da lugar a que los



átomos incidentes se desprendan de la superficie de la película que se deposita por nueva sublimación catódica. En consecuencia, los átomos tienen más movilidad paralela a la superficie del sustrato, lo cual les permite llegar a sitios preferidos, conduciendo así a agrupación por composición u ordenación de pares.

La Fig. 7 es una gráfica de anisotropía K_u (ergios/cm³) representada en función del espesor H de la película magnética amorfa, medido en micras. Para esta película de material amorfo GdFe, se requiere una anisotropía crítica de aproximadamente $1,2 \times 10^5$ ergios/cm³ para soportar los dominios existentes en ella, lo que viene expresado por la condición de estabilidad $K_u \geq 2 \pi M_s$. Esta anisotropía crítica se alcanza para un espesor de película de 0,2 micras.

Para la deposición de materiales magnéticos amorfos, la temperatura del sustrato se mantiene relativamente baja. Estas películas se pueden depositar a la temperatura ambiente o a temperatura inferior, y por regla general se depositan a una temperatura menor que la que daría lugar a la cristalización de los materiales. Por ejemplo, en el caso de materiales amorfos Gd-Co, un límite superior para la temperatura del sustrato es aproximadamente 300°C, la temperatura de cristalización.

La Fig. 8 es una gráfica de velocidad de deposi-



ción (representada en una escala logarítmica) en función de la temperatura del sustrato para aleaciones Gd-Co y Gd-Fe. En esta gráfica, puede verse que se pueden producir películas magnéticas amorfas dentro de un extenso
5 margen de temperaturas de sustrato dependiendo de la velocidad de deposición. Por regla general, cualquiera que sea la velocidad de deposición que se utilice, la temperatura del sustrato tiene que ser menor que aquélla a la que se produce la cristalización, con objeto de proporcionar materiales magnéticos amorfos de acuerdo con la
10 presente invención.

Se puede utilizar también la anisotropía inducida por tensiones para proporcionar los materiales magnéticos amorfos buscados. Este tipo de anisotropía puede
15 utilizarse junto con los otros métodos (ordenación de pares, etc) para obtener la anisotropía, o bien se puede utilizar por sí solo. Para la anisotropía inducida por tensiones, el sustrato se elige de tal modo que se acople a la magnetoestricción de la película depositada a fin
20 de que se proporcione anisotropía en la película amorfa. De un modo más detallado, si la película se deposita a una temperatura distinta de la temperatura ambiente y si la película y el sustrato tienen coeficientes de expansión térmica diferentes, la película experimentará una
25 tensión neta a la temperatura ambiente.



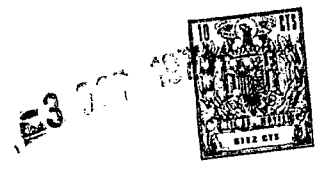
Como se ha mencionado con anterioridad, pueden utilizarse un gran número de sustratos. Como las restricciones de apareamiento cristalográfico no existen en el caso de la producción de películas amorfas, la elección de los sustratos es ilimitada. Estos sustratos pueden ser cualesquiera materiales conocidos, con inclusión de metales y materiales aislantes, así como semiconductores. Se pueden utilizar también sustratos no rígidos, tales como plásticos. En las Tablas que siguen, se mencionarán numerosos sustratos.

Las películas que tienen anisotropía en el mismo plano se pueden convertir en películas que tienen anisotropía perpendicular por recocido de las películas. Por ejemplo, el recocido de las películas Gd-Co a aproximadamente 300-400°C convertirá una anisotropía en el mismo plano en anisotropía perpendicular. Por supuesto, a medida que aumenta el espesor de la película, aumenta también la probabilidad de anisotropía perpendicular. Por ejemplo, las películas Gd-Co de espesor de 2000 Angstroms como mínimo exhiben generalmente anisotropía perpendicular.

Aplicaciones de los Materiales Magnéticos Amorfos

Uniaxiales

Los materiales magnéticos amorfos de la presente invención pueden utilizarse para una pluralidad de aplicaciones que incluyen su empleo en sistemas de dominio de



burbuja, archivos de acceso por haz (que constituyen el objeto de la solicitud de patente de EE.UU. asimismo pendiente Núm. de Serie 284.512, antes mencionada), identificada por el Expediente de IBM Núm. Y0972-077),
5 moduladores de luz, imanes permanentes, y como medios de registro en cintas y discos. Todas y cada una de estas aplicaciones se considerarán ahora, y se detallarán los parámetros de interés en cada una de ellas.

Sistemas de Dominio de Burbuja

10 En los sistemas de dominio de burbuja magnética, es importante que la cantidad $4\pi M_s$ sea baja y que el material exhiba una anisotropía perpendicular uniaxial. Adicionalmente, el factor de calidad
15 $Q = H_a / 4\pi M_s$ debería ser mayor de 1, donde H_a es el campo magnético de anisotropía uniaxial y M_s es la magnetización de saturación del material. Adicionalmente, la coercitividad H_c del material debería ser baja con objeto de hacer posible que los dominios de burbuja se
20 muevan fácilmente y hacer posible la nucleación y el aplastamiento de los mismos en el interior del material magnético amorfo. Como el factor de calidad Q debería ser mayor que 1 para obtener dominios de burbuja estables, se utilizan generalmente sistemas con baja magnetización, dado que es difícil obtener campos de anisotropía inducida muy alta H_a . En los sistemas ferromag-
25



néticos, es posible rebajar la magnetización M_s por dilución con un elemento no magnético, pero como la temperatura de Curie magnética aumenta con la magnetización, pueden obtenerse solamente valores de $4\pi M_s$ adecuadamente bajos en aleaciones con temperaturas de funcionamiento próximas a la temperatura de Curie.

Momentos magnéticos bajos con temperaturas de ordenación elevadas tales que los materiales amorfos sean adecuados para dispositivos hechos funcionar a temperaturas ambiente se obtienen en un sistema ferrimagnético que se compone de dos o más clases de átomos magnéticos con sus espines opuestos. Este tipo de ordenación se obtiene en aleaciones amorfas de elementos de las tierras raras-metales de la primera serie de transición. Se obtienen aleaciones amorfas de elementos de las tierras raras-elementos metálicos de transición (tales como Gd_xCo_y) que tienen composición apropiada en las que los momentos atómicos del elemento de las tierras raras y el elemento metálico de transición casi se anulan, conduciendo así a un material con un valor de $4\pi M_s$ adecuadamente bajo. Son ejemplos adecuados aleaciones Gd-Co que tienen 70 a 90% de Co y aleaciones amorfas Gd-Fe que tienen de 70 a 90% de Fe. En forma de película delgada, la anisotropía es inducida bien sea por esfuerzos o por ordenación de pares, o bien por anisotropía de forma, como se describió



previamente.

Como se mencionó, se requiere generalmente baja coercitividad H_c para un material de dominio de burbuja. Correspondientemente, la anchura de pared del dominio de burbuja, δ , debería ser tal que, por término medio, aquélla vea el mismo pozo de potencial por todas partes en el interior del material amorfo. La cantidad δ debería ser aproximadamente igual a o ligeramente mayor que el tipo de orden atómico que se encuentra en el material amorfo. Si las fluctuaciones locales (separaciones de fase, tamaño de grano, etc.) en el material amorfo son menores que la anchura de pared δ , su efecto sobre el movimiento de la pared del dominio es despreciable. Además, los microcristalitos de ordenación comprendida entre 25 y 100 Angstroms no son necesariamente perjudiciales al movimiento del dominio. Hasta que el tamaño de grano del material amorfo se aproxima a la anchura de pared δ , la coercitividad H_c es baja.

La anchura de pared del dominio δ aumenta de acuerdo con la temperatura de Curie T_c , dado que la constante de intercambio A aumenta con T_c ($\delta \sigma_w = A$). En consecuencia, si se desean grandes anchuras de pared, es necesario proporcionar grandes constantes de intercambios. Sin embargo, la anchura de pared δ no debería ser demasiado grande, ya que la energía de anisotropía aumenta-



rá, teniendo un efecto desfavorable sobre la movilidad. Por regla general, para un material de dominio de burbuja amorfo es deseable que se obtenga una baja energía de pared σ_w , lo cual significa que deberían utilizarse materiales con puntos de Curie T_c bajos. Como se ha mencionado con anterioridad, se pueden alear fácilmente materiales magnéticos amorfos para cambiar T_c . Las limitaciones en la temperatura de Curie T_c para materiales de dominio de burbuja amorfos son esencialmente las mismas que para materiales de dominio de burbuja cristalinos. No obstante, es más fácil controlar la temperatura de Curie T_c en un material magnético amorfo que en un material magnético cristalino.

La elección de sustrato es opcional cuando se utilizan materiales de dominio de burbuja magnéticos amorfos. Sustratos adecuados incluyen semiconductores, aislantes, y metales, como por ejemplo NaCl, vidrios, SiO_2 , Si, Ge, GaAs, y Al_2O_3 . Una película magnética amorfa particularmente adecuada estaba constituida por GdCo_5 que se aplicó por sublimación catódica sobre un sustrato de NaCl. Esta sublimación catódica se efectuó a partir de un blanco de Gd-Co_5 fundido al arco eléctrico, en el cual el sustrato era un sustrato enfriado con agua (aproximadamente a 20°C) que tenía un soporte de galio para asegurar el contacto térmico con el bloque de enfriamiento. Se observaron



dominios ondulados por microscopía electrónica en una película que tenía un espesor aproximado de 750 Å. La presencia de ordenación ferrimagnética se confirmó por calentamiento de la muestra más allá del punto de compensación para desordenar la ordenación del Gd, en cuyo punto se observaron dominios en el mismo plano. Se restablecieron los dominios perpendiculares por enfriamiento a la temperatura ambiente. El espectro de difracción de electrones era característicamente el de un material amorfo. Estos dominios ondulados magnéticos que tienen magnetización perpendicular se veían en una película establecida libremente que se había separado del sustrato de NaCl por flotación, indicando así que la anisotropía no estaba inducida por esfuerzos sino que era, con la máxima probabilidad, del tipo de ordenación de pares.

Películas de un espesor aproximado de 1 micra se depositaron en una operación separada pero en las mismas condiciones de fabricación sobre sustratos de NaCl, SiO₂, y Al₂O₃. Estas películas mostraron también dominios ondulados cuando se observaron por medio de los espectros de Bitter y por el efecto Kerr. Un campo magnético perpendicular de unos cuantos centenares de Oerstedes era suficiente para aplastar los dominios ondulados convirtiéndolos en dominios circulares. Moviendo el campo magnético externo, los dominios podían desplazarse en la



película magnética amorfa cuidadosamente preparada. Este espectro de dominios era análogo a los observados en películas de granate, lo cual sugiere que el material amorfo no posee defecto alguno de homogeneidad local que pudiera ser suficiente para ocasionar la fijación localizada de los dominios. Por supuesto, esto es una ventaja de los materiales amorfos en los que, por definición, no existen defectos de estructura cristalina. Los dominios de burbuja magnéticos y su movimiento no se ven restringidos por esta clase de defectos.

La Fig. 9 muestra un sistema de dominio de burbuja magnética en el que se utiliza un material magnético amorfo como medio que soporta en su interior los dominios de burbuja magnética. La Fig. 10 es un diagrama de una porción de la circuitería en los descodificadores que se muestran en la Fig. 9. Puesto que la realización de las Figs. 9 y 10 se usa solamente para ilustrar un recinto de dominio de burbuja en el que pueden usarse los materiales magnéticos amorfos presentes, ese sistema no será descrito en gran detalle. Lo que sigue es una breve explicación de dicho sistema de dominio de burbuja, que utiliza un material amorfo como medio magnético.

En la Fig. 9, se muestra un diagrama de bloques de un sistema de memoria que utiliza dominios magnéticos cilíndricos (dominios de burbuja) que proporciona escri-



tura, almacenamiento, descodificación, borrado, y detección. La hoja magnética amorfa 10 está constituida por una de las composiciones mencionadas previamente. Un ejemplo adecuado es una aleación amorfa Gd-Co o una aleación amorfa Gd-Fe. Las propiedades de la película amorfa requeridas para uso en un sistema de dominio de burbuja se han descrito ya. La hoja magnética 10 tiene un campo magnético de polarización H_z normal a su plano para mantener el diámetro de los dominios magnéticos cilíndricos en la hoja magnética 10. El campo de polarización H_z es proporcionado por una fuente de campo de polarización 12, la cual puede ser una bobina exterior. Si se desea, el campo de polarización puede ser proporcionado por una capa de imán permanente o por una segunda hoja magnética acoplada por intercambio a la hoja magnética 10.

Cuando los dominios tienen que desplazarse por la acción de polos magnéticos atractivos creados por elementos magnéticos blandos localizados en posición adyacente a la hoja magnética 10, es proporcionado un campo de propagación H por la fuente de campo de propagación 14. El campo de propagación H es un campo magnético de re-orientación en el plano de la hoja magnética 10 que establece polos magnéticos atractivos y repulsivos a lo largo de los elementos magnéticos blandos localizados en posiciones adyacentes a la hoja magnética 10. La fuente del campo de pro

22-9-73



pagación 14 está constituida por bobinas externas localizadas alrededor de la hoja magnética 10, las cuales se ven moduladas alternativamente por impulsos para proporcionar un campo magnético en cualquier dirección deseada. En la Fig. 9, el campo de propagación H es un campo magnético giratorio que se puede dirigir a lo largo de cualquiera de las direcciones 1, 2, 3 y 4.

Si bien el ambiente del dominio de burbuja se explicará particularmente en términos de un medio de propagación que comprende elementos magnéticos blandos, se comprenderá fácilmente por los expertos en la técnica que pueden utilizarse también otros medios de propagación, tales como circuitos conductores. La fuente 12 del campo de polarización y la fuente 14 del campo de propagación son activadas por el circuito 16 de control del campo, el cual proporciona corriente a las fuentes 12 y 14 para establecer el campo de polarización H_z y el campo de propagación H.

Los dominios se mueven en trayectorias cerradas en cada uno de los registros 2^N . Los dominios son representativos de información binaria, siendo la presencia de un dominio indicativa de un "1" binario, mientras que la ausencia de un dominio es indicativa de un "0" binario, por ejemplo. Asociado con cada registro de cambio 1, 2, ..., 2^N , existe un generador de dominio 18-1, 18-2, ...



18-2^N. Estos generadores escriben información en los registros de cambio de acuerdo con las informaciones recibidas proporcionadas por las fuentes 20 de impulso escrito sobre las líneas W1, W2, ... W2^N. Si se desea, puede utilizarse un descodificador de escritura con generadores de dominio, 18-1, etc., para insertar información en los registros de cambio seleccionados.

Un descodificador de lectura 22 está asociado con los registros de cambio. El descodificador de lectura recibe informaciones 2N derivadas de una fuente 24 de impulsos del descodificador. Dependiendo de las informaciones recibidas suministradas al descodificador 22 de lectura, puede seleccionarse para lectura de la información uno cualquiera o la totalidad de los registradores de cambio 2^N.

Después de la selección efectuada por el descodificador de lectura 22, la información contenida en el registro seleccionado pasa a través de un medio de borrado, 26 que es activado por una fuente 28 del medio de borrado. La fuente 28 del medio de borrado, la fuente 24 de impulsos del descodificador, y las fuentes 20 de impulsos de escritura se hallan bajo el control selectivo del circuito de control 30, el cual proporciona informaciones de entrada a cada una de estas fuentes para activarlas en el momento apropiado. El medio de borrado 26 envía los do



minios contenidos en el registro de cambio seleccionado según una de las dos trayectorias, que depende de si la información ha de ser leída destructivamente o de modo no destructivo. Si ha de utilizarse la lectura destructiva, los dominios contenidos en el registro seleccionado se hacen pasar directamente al detector 32, el cual podría ser un elemento detector magnetorresistente, un circuito de inducción, un dispositivo de detección magneto-óptico, o cualquier otro medio de detección. Asociado con el detector existe un medio de aplastamiento de dominios que destruyen dichos dominios. La información de salida del detector 32 va al medio de utilización 34, que puede ser cualquier circuitería externa que utilice la información binaria contenida en el registro de cambio seleccionado.

Si se desea lectura no destructiva, el medio de borrado 26 dirigirá los dominios desde un registro seleccionado a un separador de dominios 36-1, ó 36-2, ... 36-2^N. El separador divide los dominios de información recibida en dos porciones, una de las cuales se dirige al detector 32 para lectura destructiva mientras que la otra retrocede al registro de desplazamientos seleccionado para su circulación continua en dicho circuito de registro de desplazamiento.

En la Fig. 9, los registros de desplazamiento,



el descodificador 22 de lectura/escritura, y el medio de borrado 26 se muestran como componentes separados y diferenciados para facilidad de comprensión, pero debe entenderse que el descodificador, que tiene un medio de borrado, está integrado en los registros de desplazamiento. Por consiguiente, las líneas 46 y 44 representan los bucles de registro de desplazamiento 1, 2, ..., 2^N , los cuales están cortados por el descodificador 22 que incluye el medio de borrado 26.

10 El diagrama de bloques de la Fig. 9 muestra un sistema de memoria de dominios cilíndricos completo en el cual la información es escrita selectivamente en registros de desplazamiento 2^N para su almacenamiento en los mismos. El contenido de información de los registros de desplazamiento puede ser dirigido selectivamente por 15 informaciones de entrada al descodificador de lectura 22. Después de ello, dependiendo de la activación del medio de borrado 26, los dominios contenidos en los registros seleccionados serán leídos de modo destructivo o no destructivo. Si es indicada lectura destructiva por el medio de borrado, los dominios existentes en los registros 20 seleccionados son leídos de modo destructivo por un detector 32. Durante la lectura destructiva, un circuito de control 30 activa la fuente 20 de impulso escrito, 25 la cual activa a su vez a los generadores de dominio 18-1,



18-2, ..., 18-2^N asociados con el registro que se lee destructivamente. Así, se escribe nueva información en el registro de desplazamiento leído destructivamente.

5 Si el medio de borrado indica que la información ha de ser leída de modo no destructivo a partir del registro de desplazamiento seleccionado, los dominios de dicho registro de desplazamiento son dirigidos a un separador de dominios en el que se dividen en dos nuevos dominios. Uno de los nuevos dominios va al detector 32 para ser leído destructivamente, mientras que el otro es enviado de nuevo al registro de desplazamiento seleccionado para circular continuamente en dicho registro de desplazamiento.

10

La selección de cualquiera o de la totalidad de los registros de desplazamiento para lectura destructiva o no destructiva es posible de acuerdo con las informaciones binarias de entrada aplicadas al descodificador de lectura. En la Fig. 10, se muestra una porción de un registro de desplazamiento (SR14) de la Fig. 9, para ilustración de las funciones de descodificación y borrado.

15

20 No se representa la hoja magnética.

Los dominios, tales como 53, se desplazan hacia la derecha en la dirección de la flecha 36 en este registro de desplazamiento (SR14). Debe entenderse que no se muestra la mayor parte de este circuito de registro de

25



desplazamiento, y que el circuito se prolonga más hacia la izquierda, para acomodar los circuitos D1-D2' del decodificador (Fig. 9) y para proporcionar almacenamiento suficiente. De acuerdo con principios bien conocidos, el

5 campo de propagación H giratorio crea polos atractivos en los elementos 54 de permalloy de barra en forma de T e I para el movimiento de los dominios en la dirección de la flecha 46. Depositados sobre la hoja magnética 10 y sobre los elementos 54 de permalloy seleccionados, se

10 encuentran conductores utilizados como circuitos de decodificación D3, D3', D4, y D4'. Depositado asimismo sobre la hoja magnética 10 y sobre los elementos de permalloy apropiados 54 se encuentra el bucle de borrado CL, el cual es también un bucle conductor (tal como de co-

15 bre). Como puede verse, los bucles de decodificación D3 y D4' tienen porciones ensanchadas en las áreas en que los mismos cortan a los elementos de barra en T en la trayectoria 46, mientras que los circuitos de decodificación D3' y D4 no poseen porciones ensanchadas en las áreas

20 en que los mismos cortan a los elementos de barra en T en la trayectoria 46. Esto significa que las corrientes existentes en los bucles de decodificación D3' y D4 no afectarán al paso de los dominios a lo largo de la trayectoria 46.

25 Depositado también sobre la hoja magnética 10



5 existe un separador 36-14 de dominios de permalloy que en este caso comprende una capa superpuesta de permalloy de cabeza y una capa superpuesta de permalloy de fondo, la cual se representa en líneas de guiones. El funcionamiento de un separador de permalloy de este tipo se describe en la solicitud de patente de EE.UU. Núm. de Serie 103.046, antes mencionada.

10 Utilizando informaciones de entrada binarias 1 0 1 0 0 1 1 0 como informaciones D1, D1', ..., D4' de entrada al descodificador para lectura selectiva de este registro de desplazamiento, no está presente corriente alguna en los circuitos D3 y D4' del descodificador. Como se ha mencionado previamente, las corrientes que circulan por los circuitos D3' y D4 del descodificador no influyen en la operación del registro de desplazamiento 14. En consecuencia, los dominios 53 se propagan en la dirección de la flecha 46 a la posición de polo 2 de la barra en T 56. Después de esto, el dominio 53 seguirá, o bien la trayectoria indicada por la flecha 38, o la trayectoria indicada por la flecha 40. Si se activa el bucle de borrado: CL por un impulso de corriente, no se creará polo magnético atractivo alguno en la posición de polo 3' del elemento 56. Por esta razón, los dominios localizados en la posición de polo

15
20
25



2 del elemento 56 serán atraídos hacia arriba hasta la
posición de polo 4 del elemento 56 cuando el campo de
propagación H se halla en la dirección 4. Después de
ello, los dominios se desplazarán a la posición de po
5 lo 1" sobre la barra en T 58 cuando el campo de propa-
gación H se halla en la dirección 1. El movimiento en
la dirección de la flecha 38 continuará a medida que H
gira, llevando los dominios al detector 32 para su lec-
tura destructiva.

10 El detector 32 se muestra convenientemente co
mo un detector magnetoresistente en conjunción con un rom
pedor o reductor de dominios 60. El detector sensible
magnetoresistente 32 está constituido por un elemento
sensible magnetoresistente 62 y una fuente 64 de corrien
15 te constante. El vector de magnetización del elemento
sensible 62 girará cuando el campo magnético de disper-
sión de un dominio 53 interaccione con él. Esto ocasio-
nará un cambio de resistencia en el elemento sensible
62, el cual se manifestará como una señal de voltaje
20 V_s .

El rompedor o reductor de dominios 60 compre
de un patrón de permalloy alargado 66 hacia el cual avan
zan los dominios 53 después de ser detectados; cuando H
gira hacia la dirección 4 los dominios 53 avanzan hacia
25 la posición de polo 4 sobre el elemento 66. A medida que



gira H, los dominios 53 se desplazan hacia el vértice del elemento 66, y son atrapados allí incluso cuando H gira hacia las direcciones 2 y 3, dado que la posición de polo 3 está lejos del vértice del elemento 66.

5 Cuando H se encuentra en la posición 3, el campo magnético localizado en el vértice se vuelve repulsivo, y los dominios se aplastan.

Si no existe impulso alguno de corriente en el bucle de borrado CL cuando los dominios 53 están localizados en la posición de polo 2 del elemento 56, estos dominios se propagarán a lo largo de la trayectoria indicada por la flecha 40 a medida que gira el campo de propagación H. Así, los dominios serán conducidos al separador de dominios 36-14. Como se ha indicado con anterioridad, este separador comprende una capa superpuesta de cabeza de permalloy indicada por las barras de trazo continuo en T y en I y una capa superpuesta de permalloy de fondo indicada por los elementos indicados por líneas de trazos. Bajo la acción del campo de propagación giratorio H, los dominios 53 que entran en el separador 36-14 se dividen en dos porciones. Una de las porciones se desplaza hacia el detector 32 por la vía de la capa superpuesta de fondo siguiendo a los polos atractivos a-b-c (en la dirección de la flecha 42.). Después de esto, dichos dominios siguen la trayectoria 38 hacia el detector.

10

15

20

25



La otra porción del dominio partido se des-
plaza hacia las posiciones de polo sucesivas a'-b'-c'
sobre el elemento 68 a medida que gira el campo de pro-
pagación H. Estos dominios siguen la trayectoria indica-
5 da por las flechas 44 para su recirculación en el regis-
tro de cambio 14.

En consecuencia, este sistema de dominio de
burbuja proporciona funciones de memoria y lógicas sobre
una hoja simple de material magnético amorfo. Los diver-
10 sos componentes que se pueden utilizar con materiales de
dominio de burbuja de la técnica anterior pueden utili-
zarse también aquí. En el caso presente, los materiales
magnéticos amorfos se proporcionan fácilmente sobre cual-
quier tipo de substrato, y pueden tener espesor y dimen-
15 siones laterales seleccionados.

Aún cuando se han mostrado patrones de permalloy
para la propagación de los dominios, se entenderá fácil-
mente que podrían proporcionarse también patrones de bu-
cle conductor, como podrían proporcionarse patrones de
20 cuffa de angelote. Ulteriormente, podrían variarse el me-
dio de escritura y el medio de detección sin apartarse
del concepto reseñado en esta invención.

Modulación de la Luz

Como los materiales magnéticos amorfos descri-
25 tos soportarán en su interior dominios magnéticos, es po-



sible también proporcionar un modulador de luz que modu-
le la intensidad de un haz de luz de entrada. En esta
aplicación, es deseable tener un momento magnético
 $4\pi Ms$ elevado, baja coercitividad H_c , alta temperatura
de Curie T_c , y adicionalmente, el campo de anisotropía
5 H_A debería ser mayor que el momento magnético $4\pi M_s$. Es
to es satisfecho convenientemente en materiales amorfos
tales como Y-Co, La-Co, Ce-Co, Nd-Co, y Pr-Co.

Como los dominios magnéticos en una hoja de ma-
10 terial magnético amorfo tendrán su magnetización paralela
o antiparalela a la dirección del haz de luz de entrada,
el haz de luz será afectado de modo diferente dependiendo
de la dirección de magnetización del área de la hoja mag-
nética sobre la que incide el haz. Con luz polarizada de
15 entrada, la rotación de la polarización será diferente de-
pendiendo de la dirección de magnetización de estos domi-
nios, y por tanto la intensidad del haz de luz que pasa a
través del material magnético amorfo puede cambiarse alte-
rando la dirección de magnetización de los dominios.

20 Los Fig. 11 muestra un modulador de luz en el que un
lase 70 produce un haz de luz que se desplaza hasta el elemen-
to de polarización 72 antes de incidir sobre el material mag-
nético amorfo 74. Localizado en posición adyacente a la pelí-
cula 74 existe un medio de propagación de dominio designa-
25 do generalmente 76. En este caso, el medio de propagación



76 está constituido por elementos de barra en T y en I que proporcionan polos magnéticos atractivos para el movimiento de un dominio 78 en la hoja 74, de acuerdo con la orientación del campo magnético H de propagación, producido por la fuente 80 de campo de propagación. Después de pasar a través de la hoja amorfa 74, el haz luminoso incide sobre el analizador 82, antes de ser detectado por la célula fotoeléctrica 84.

Dependiendo de la presencia o ausencia de un dominio 78 donde el haz luminoso incide sobre la hoja amorfa 74, la polarización del haz luminoso sufrirá una rotación diferente. Para una rotación de la polarización, el haz luminoso será capaz de pasar a través del analizador 82 e incidir sobre la célula fotoeléctrica 84, produciendo así una corriente a través de la resistencia R. En el otro caso, la rotación de polarización del haz luminoso será tal que el mismo no pasará a través del analizador 82 y no será detectado voltaje alguno a través de la resistencia R. Así pues, es proporcionado un modulador de intensidad luminosa por medio de una hoja adecuada de materiales magnéticos amorfos que tiene dominios en su interior.

En la Fig. 11, debe entenderse que puede conseguirse que la luz se refleje en la hoja amorfa 74 en lugar de propagarse a su través. En cualquier caso, el



efecto es el mismo; esto es, que la luz se verá afectada en su polarización de modo diferente dependiendo de la dirección de magnetización de los dominios en la localización de la incidencia del haz luminoso.

5 Imán Permanente

Los materiales magnéticos amorfos pueden utilizarse también como imanes permanentes. En este caso, es deseable que los imanes tengan alta coercitividad H_c , alto momento magnético $4\pi M_s$ y alta temperatura de Curie T_c . Composiciones adecuadas incluyen Y-Co impurificado con oxígeno, nitrógeno, o carbono.

Una aplicación particularmente adecuada para una capa de imán permanente que utilice un material amorfo es la de una capa de polarización adyacente a una hoja magnética en la que existen dominios de burbuja. La hoja magnética que soporta los dominios de burbuja puede ser una hoja magnética cristalina o una hoja magnética amorfa de acuerdo con la presente invención. En contraste con los materiales de imán permanente cristalinos que dependen de las propiedades cristalinas para campos de polarización altos, los presentes imanes permanentes amorfos se fabrican fácilmente con propiedades seleccionadas, de acuerdo con las consideraciones previamente descritas.

La Fig. 12 muestra el uso de una capa de imán permanente amorfa 86 utilizada para proporcionar polari-



zación para una hoja 88 de dominio de burbuja magnética. Una fuente 90 de campo de propagación y circuitería de control y lógica 92 se proporcionan para la manipulación de los dominios en el material 88 de dominio de burbuja. En la fabricación de la realización de la Fig. 12, no es crítico que se mantengan las propiedades cristalinas en todas partes, ya que los materiales amorfos no respetan las restricciones requeridas para la fabricación de las composiciones cristalinas.

Por supuesto, la estructura general que comprende de una película magnética amorfa sobre un sustrato de cualquier clase es ilustrada también por la Fig. 12. En este caso general, la estructura puede tener cualquier uso y la capa 86 es una película magnética amorfa de acuerdo con la presente invención, siendo la hoja 88 cualquier sustrato adecuado, tal como un semiconductor, un material aislante, o un metal. Adicionalmente, el sustrato puede ser flexible o rígido, y se pueden proporcionar medios para el movimiento de la combinación película magnética amorfa/sustrato.

Subsistemas de Registro

Es posible depositar el presente material magnético amorfo como un material de registro sobre un sustrato, tal como un semiconductor, aislante, o metal. El sustrato puede estar constituido por cintas o discos. Adicio-



nalmente, este material magnético amorfo se puede preparar como partículas magnéticas en un aglutinante (tal como un aglutinante convencional de tipo de resina) para ser utilizado sobre cualquier tipo de sustrato.

5 La Fig. 13 muestra un medio 94 de registro de cinta o disco que comprende una película magnética amorfa de acuerdo con la presente invención, sobre el cual está localizada una cabeza de lectura/escritura 96. Se utiliza un transductor 96 para registrar la información en los do
10 minios magnéticos existentes en la cinta o disco 94 y para leer la información almacenada en los mismos, de un modo conocido. Para este fin, las señales eléctricas leídas del medio de registro 94 son enviadas al amplificador de detección 98 y luego al circuito de utilización 100, el
15 cual podría ser cualquier tipo de circuitería como la que se utiliza en la tecnología convencional de ordenadores electrónicos.

El empleo de una película amorfa de acuerdo con la Fig. 13 proporciona un gran número de ventajas. Los
20 sustratos de disco o de cinta pueden ser flexibles o rígidos. Esto conduce a utilidad en cualquier tipo de sistema de manipulación de la información. Adicionalmente, el material amorfo se deposita fácilmente sobre cualquier tipo de sustrato de una manera uniforme para proporcionar
25 propiedades magnéticas uniformes en todos sus puntos.



EJEMPLOS

Se han preparado composiciones magnéticas amorfas que exhiben anisotropía uniaxial utilizando sublimación catódica (CC y RF) y evaporación de haz electrónico.

5 En general, se han producido películas que poseen características amorfas determinadas por técnicas de difracción de haz electrónico, entre otras. Se han producido anisotropías magnéticas que eran paralelas al plano de la película y perpendiculares al plano de la película.

10 I. Películas Evaporadas por Haz Electrónico

En este método de preparación de la película, se prepara inicialmente un blanco policristalino utilizando técnicas convencionales. Por ejemplo, pequeños fragmentos de los constituyentes a utilizar en el blanco se funden en una atmósfera de gas inerte, utilizando por
15 ejemplo argón. La fusión se produce sobre un hogar de cobre enfriado con agua en un horno de arco eléctrico comercial típico. La temperatura se eleva hasta alcanzar la temperatura de fusión de los constituyentes para formar un lingote fundido al arco eléctrico. Generalmente
20 éste es un blanco policristalino. En el laboratorio, se han preparado muestras a partir de blancos de $GdCo_5$ fundido al arco eléctrico.

Después de esto, el blanco se coloca en un evaporador de vacío ultraelevado que tiene una presión básica
25



de aproximadamente 10^{-9} torr. El lingote se coloca en un hogar de cobre enfriado por agua y se calienta por medio de un haz electrónico proporcionado desde un cañón electrónico en el evaporador. Se emplean voltajes de aceleración
5 de aproximadamente 10 KV junto con corrientes de haz de aproximadamente 100 miliamperios.

Los substratos utilizados para depositar estas películas se eligen arbitrariamente, y se han utilizado con éxito substratos tales como vidrio, cuarzo fundido pu
10 limentado, sal común, y zafiro. Los substratos se enfrían con nitrógeno líquido y tienen una temperatura de aproximadamente 100°K durante la evaporación. La velocidad de deposición fué por regla general de aproximadamente 30 Å por segundo.

15 En un ejemplo, se produjeron películas que tenían espesores de 400 Å y 4000 Å. Estas películas eran aleaciones Gd-Co, y por difracción de haz electrónico se demostró que eran amorfas. Los átomos de los materiales
20 constituyentes del depósito que incidían sobre el substrato se aproximaban en un ángulo de incidencia oblicuo (cualquier ángulo distinto de 90° con relación al plano del sub
trato) con objeto de proporcionar la anisotropía uniaxial previamente considerada. En esta película se observaban do
minios perpendiculares.

25 En otra deposición de película, la temperatura



del substrato fué 273°K. Se utilizaron los mismos substratos, y adicionalmente se emplearon substratos de BaTiO₃ y substratos de mica exfoliada. La composición del blanco (GdCo₅) fué la misma que se utilizó para las películas de 400 Å y 4000 Å del párrafo anterior. Únicamente se cambió la temperatura del substrato en esta de posición. En este caso, la película tenía cristallitos localizados en una matriz generalmente amorfa, lo que indica que la temperatura del substrato es crítica en un procedimiento de fabricación de deposición por haz electrónico. Para proporcionar películas sustancialmente amorfas, la temperatura del substrato tiene que ser menor de 273°K.

En otra deposición por haz electrónico, el blanco fué GdCo₂ y el substrato se enfrió con nitrógeno líquido. La película producida era amorfa, teniendo magnetización uniaxial en el plano de la película. Se observó que la magnetización M_s de esta composición era demasiado alta, por lo que la proporción $H_A/4\gamma M_s$ no era exactamente correcta para soportar los dominios que tenían magnetización perpendicular.

II. Películas Producidas por Sublimación Catódica

Se han producido un gran número de películas amorfas por sublimación catódica mediante CC y RF, para diversos valores de los parámetros de sublimación catódica. Es-



tas películas exhibían anisotropía magnética perpendicular y anisotropía magnética paralela, y eran uniaxiales. Se obtuvieron muchos valores de magnetización y otros parámetros magnéticos, de acuerdo con los principios reseñados previamente en la memoria descriptiva.

Las tablas que siguen describirán las condiciones de sublimación catódica y datos correspondientes a las películas para diversas muestras de películas magnéticas amorfas de acuerdo con la presente invención. Para las películas producidas a partir de un blanco de $GdCo_5$, se presentarán tablas adicionales que describen el procedimiento de sublimación catódica real con mayor detalle a fin de ilustrar más completamente cómo se forman estas películas amorfas. Como se emplean por regla general etapas de pre-sublimación catódica y etapas de limpieza por sublimación catódica antes de la deposición real por sublimación catódica, los detalles que conciernen al procedimiento de sublimación catódica para el blanco de $GdCo_5$, ilustrarán suficientemente los principios implicados para la sublimación catódica de las películas a partir de otras composiciones de blanco.

En estas tablas, se utilizó sublimación catódica por CC si el "voltaje ánodo-cátodo" era un número distinto de cero. Cuando esta cantidad era cero, se utilizó sublimación catódica por RF. Para la sublimación catódica



por RF, se indican la potencia en watios y la densidad de potencia en watios/cm², mientras que para la sublimación catódica por CC se indican la corriente en ma. y la densidad de corriente en ma./cm².

5 Además, las muestras sometidas a sublimación catódica por CC se han recubierto con metal en la parte posterior del substrato para contacto eléctrico durante la sublimación catódica. Adicionalmente, todos los substratos se adosaron mediante galio a un bloque de metal
10 enfriado con agua o enfriado con nitrógeno líquido. La interfase de galio líquido entre el substrato y el bloque metálico proporcionaba una distribución uniforme del calor.

15 En estos procedimientos de sublimación catódica, la distancia ánodo-cátodo variaba usualmente entre aproximadamente 2,5 cm y 3,13 cm, pero se puede hacer variar fuera de este intervalo, como será apreciado por los expertos en la técnica. La cantidad "proporción atómica
20 Co/Gd" se determinó por cualquiera de los métodos siguientes: difusión hacia atrás de partículas alfa, análisis de microsonda de haz electrónico, y análisis de fluorescencia por rayos X.

25 En las tablas correspondientes a los detalles del procedimiento de sublimación catódica que se refieren a películas producidas a partir del blanco de GdCo₅, se



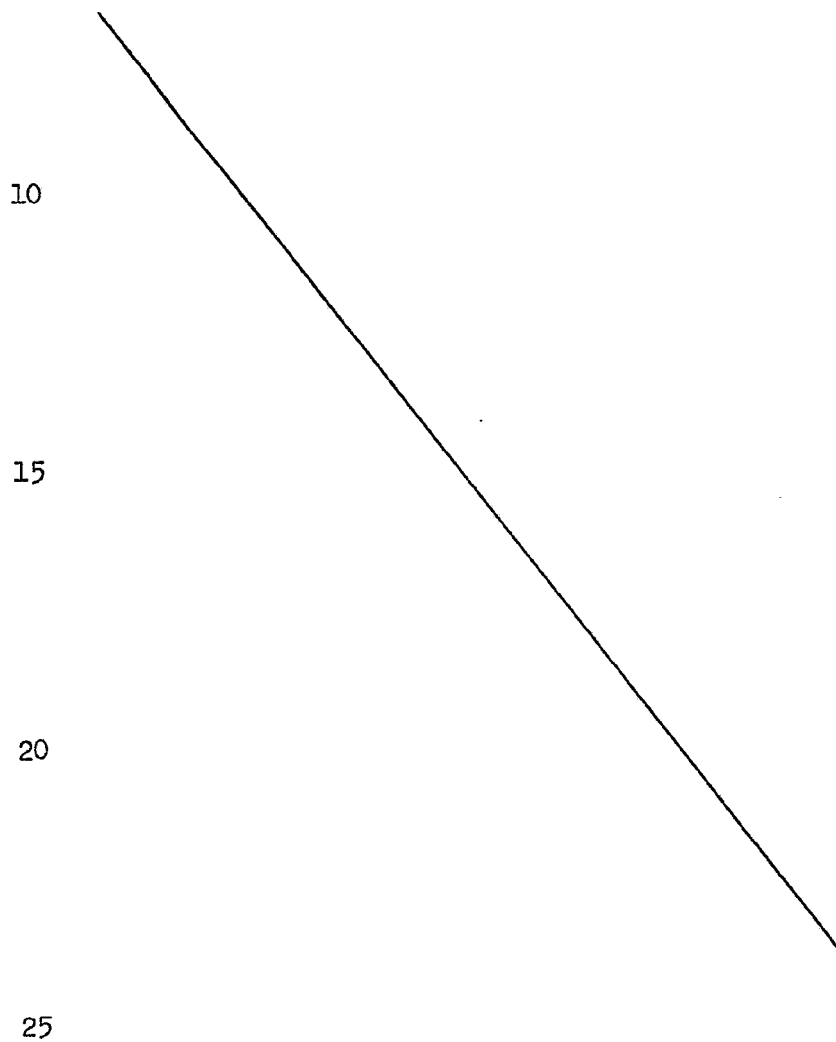
utilizan etapas de pre-sUBLIMACIÓN catódica y de limpieza por sublimación catódica antes de la deposición por sublimación catódica real. La etapa de pre-sUBLIMACIÓN catódica es una limpieza del getter por medio
5 de un adsorbente de gases residuales, en la cual se limpia el blanco. Se produce sublimación catódica a partir del blanco, y se depositan átomos del blanco por todo el aparato de sublimación catódica. Sin embargo, los substratos están cubiertos por un obturador durante esta limpieza, y los átomos de blanco no se depositarán sobre el substrato.
10

Durante la etapa de limpieza por sublimación catódica, la superficie del substrato se limpia por sublimación catódica entre un obturador y el substrato,
15 en la cual el obturador está situado delante del blanco y bloquea éste. El obturador tiene un potencial de tierra, mientras que sobre el substrato se aplican aproximadamente 120 voltios negativos. Durante esta etapa se limpia la superficie de la parte superior del substrato para la deposición subsiguiente: Durante la deposición real por sublimación catódica, se retiran los obturadores y tiene lugar la sublimación catódica entre el blanco y el substrato.
20

Durante el procedimiento de sublimación catódica, se ensayó el efecto de los campos magnéticos que
25



5 tienen componentes perpendiculares a los planos del sub-
trato y del blanco. Se encontró que el campo magnético ha
rá variar la velocidad de deposición en cierta cuantía ha
ciendo el plasma más denso, pero no tendrá un efecto sus-
tancial sobre las propiedades magnéticas de las películas
depositadas.



DATOS DE LA SUBLIMACION CATERDICA

Blanco	Película	Potencia de RF, (Wattios o Intensidad de C.C. (ma)	Voltaje Anodo-Cátodo	Voltaje de Polarización	Presión Inicial X10-8 (Torr)	Presión de Funcionamiento (M)	Diámetro del Cátodo (cm)	Tiempo de Deposición (minutos)	Temp. de Substrato (°C)	Dens (Wat corr
GdCo5	Gd-Co 47	200	0	0	7,8	25	7,5	25	20	
	Gd-Co 52	200	0	0	8,0	21	7,5	24	20	
	Gd-Co 54	200	0	35	9,0	22	7,5	30	20	
	Gd-Co 56	200	0	100	14	24	7,5	45	20	
	Gd-Co 62	45	2000	50	10	81	7,5	25	20	
	Gd-Co 63	110	2000	50	5,6	68	10,0	35	20	
	Gd-Co 67	69	2000	50	11	67	10,0	37	20	
	Gd-Co 69	60	2000	50	5,6	72	10,0	170	20	
	Gd-Co 70	42	2000	25	14	66	10,0	30	20	
	Gd-Co 71	65	2000	75	30	54	10,0	20	20	
	Gd-Co 73	90	2000	100	11	64	10,0	20	20	
	Gd-Co 74	115	2000	150	8,7	71	10,0	15	20	
	Gd-Co 76	350	0	0	6,8	25	10,0	25	20	
	Gd-Co 91	200	0	100	13	22	10,0	30	20	
	Gd-Co 95	200	0	100	5,6	20	10,0	60	20	
	Gd-Co 96	200	0	85	3,2	19	10,0	140	20	
GdFe4	Gd-Fe 1	200	0	0	7,1	19	10,0	30	20	
	Gd-Fe 2	200	0	0	6,6	17	10,0	30	20	
	Gd-Fe 4	45	2000	50	6,3	79	10,0	42	20	

OS DE LA SUBLIMACION CATORICA

Presión Inicial X10-8 (Torr)	Presión de Funcionamiento (M)	Diámetro del Cátodo (cm)	Tiempo de Deposición (minutos)	Temp. de Substrato (°C)	Densidad de Potencia de RF (Watts/cm ²) & Densidad de corriente continua (ma/cm ²)
7,8	25	7,5	25	20	4,34
8,0	21	7,5	24	20	4,34
9,0	22	7,5	30	20	4,34
14	24	7,5	45	20	4,34
10	81	7,5	25	20	0,93
5,6	68	10,0	35	20	1,40
11	67	10,0	37	20	0,78
5,6	72	10,0	170	20	0,47
14	66	10,0	30	20	0,78
30	54	10,0	20	20	1,09
11	64	10,0	20	20	1,40
8,7	71	10,0	15	20	4,34
6,8	25	10,0	25	20	2,48
13	22	10,0	30	20	2,48
5,6	20	10,0	60	20	2,48
3,2	19	10,0	140	20	2,48
7,1	19	10,0	30	20	2,48
6,6	17	10,0	30	20	2,48
6,3	79	10,0	42	20	0,62



DATOS DE LA SUBLIMACION CATE

Blanco	Película	Potencia de RF, (Wattios o Intensidad de C.C. (ma)	Voltaje Anodo-Cátodo	Voltaje de Polarización	Presión Inicial X10 ⁻⁸ (Torr)	Presión Funcionamiento (mm Hg)	
GdCo ₅	Gd-Co 47	200	0	0	7,8	25	
	Gd-Co 52	200	0	0	8,0	21	
	Gd-Co 54	200	0	35	9,0	22	
	Gd-Co 56	200	0	100	14	24	
	Gd-Co 62	45	2000	50	10	81	
	Gd-Co 63	110	2000	50	5,6	68	
	Gd-Co 67	69	2000	50	11	67	
	Gd-Co 69	60	2000	50	5,6	72	
	Gd-Co 70	42	2000	25	14	66	
	Gd-Co 71	65	2000	75	30	54	
	Gd-Co 73	90	2000	100	11	64	
	Gd-Co 74	115	2000	150	8,7	71	
	Gd-Co 76	350	0	0	6,8	25	
	- 72 GdCo ₂	Gd-Co 91	200	0	100	13	22
		Gd-Co 95	200	0	100	5,6	20
		Gd-Co 96	200	0	85	3,2	19
GdFe ₄	Gd-Fe 1	200	0	0	7,1	19	
	Gd-Fe 2	200	0	0	6,6	17	
	Gd-Fe 4	45	2000	50	6,3	79	

DATOS DE LA SUBLIMACION CATODICA

Taje de arización	Presión Inicjal $\times 10^{-8}$ (Torr)	Presión de Funcionamiento (μ)	Diámetro del Cátodo (cm)	Tiempo de Deposición (minutos)	Temp Sub: (°C)
0	7,8	25	7,5	25	
0	8,0	21	7,5	24	
35	9,0	22	7,5	30	
00	14	24	7,5	45	
50	10	81	7,5	25	
50	5,6	68	10,0	35	
50	11	67	10,0	37	
50	5,6	72	10,0	170	
25	14	66	10,0	30	
75	30	54	10,0	20	
00	11	64	10,0	20	
50	8,7	71	10,0	15	
0	6,8	25	10,0	25	
00	13	22	10,0	30	
00	5,6	20	10,0	60	
85	3,2	19	10,0	140	
0	7,1	19	10,0	30	
0	6,6	17	10,0	30	
50	6,3	79	10,0	42	

etro del todo m)	Tiempo de Deposición (minutos)	Temp. de Substrato (°C)	Densidad de Potencia de RF (Wattios/cm ²) ó Densidad de corriente continua (ma/cm ²)
U	25	20	4,34
U	24	20	4,34
U	30	20	4,34
U	45	20	4,34
U	25	20	0,93
U	35	20	1,40
U	37	20	0,78
U	170	20	0,78
U	30	20	0,47
U	20	20	0,78
U	20	20	1,09
U	15	20	1,40
U	25	20	4,34
U	30	20	2,48
U	60	20	2,48
U	140	20	2,48
U	30	20	2,48
U	30	20	2,48
U	42	20	0,62



Densidad de Potencia de RF
(Wattios/cm²) ó Densidad de
corriente continua
(ma/cm²)

4,34
4,34
4,34
4,34
0,93
1,40
0,78
0,78
0,47
0,78
1,09
1,40
4,34
2,48
2,48
2,48
2,48
2,48
0,62



DATOS DE LA PELICULA

Película	Proporción Atómica Gd/Gd	4πMs (Oe)	Espesor (Å)	Resistencia ohms/cuadrado	Anchura de Banda de Cero tica (μm) (μ)	Longitud característica (μm)	Velocidad de deposición (Å/seg.)	Anisotropía
3 Gd-Co 47	6,53	4900	5263		0,1	0,1	3,51	normal al plano; una pequeña cantidad paralela al plano. en el mismo plano.
4 Gd-Co 52	5,52		8471				5,88	
5 Gd-Co 54	5,94		9000				5,00	
6 Gd-Co 56	10,04	8000	3500				1,30	
7 Gd-Co 62	4,54		7964		0,75	0,08	5,31	en el mismo plano. normal al plano, 1% de N2.
8 Gd-Co 63	3,68	3500	16580		4	0,53	7,90	normal al plano
9 Gd-Co 67	4,17		15530		2,5	0,33	7,00	" "
10 Gd-Co 69		426	70000		5,80	0,49	6,90	" "
11 Gd-Co 70	4,74		8195	6,9300	0,80	0,09	4,55	" "
12 Gd-Co 71	4,96		7853	1,5500			6,54	en el mismo plano
13 Gd-Co 73	5,67		12000	1,2000	1,8	0,24	10,00	normal al plano
14 Gd-Co 74	6,53	4800	8400	1,6000	1,6	0,21	9,33	normal al plano/ en el mismo plano.
15 Gd-Co 76	5,18	3800	12380	0,9760			8,25	en el mismo plano.
16 Gd-Co 91	3,34		5546		1,0	0,128	3,08	
17 Gd-Co 92	1,78		6110		10,0	1,30	1,70	
18 Gd-Co 96	3,0		28400		2,2	0,20	3,38	
19 Gd-Fe 1			10860		1,0	0,11	6,03	
20 Gd-Fe 2			5140		0,83	0,105	2,86	
21 Gd-Fe 4			12058		1,7	0,211	4,78	



CONDICIONES DE SUBLIMACION CATODICA DETALLADAS (BLANCO DE GdCo5)

	Pre-sUBLIMACION catódica	Limpieza por Subli- mación Catódica	Sublimación Catódica
Gd-Co 47	100	350	200
(los subs tratos eran	2	2	2
de Al ₂ O ₃ ,	---	---	---
SiO ₂)	0	120	75
	7,8	---	7,8
	5	---	---
	25	22	25
	7,5	7,5	7,5
	30	10	25
	20	20	26



	Pre-sublimación Catódica	Limpieza por Sublimación catódica	Sublimación catódica
Gd-Co 52	100	350	200
(Los	2	2	2
substra-	---	---	---
tos eran	0	120	0
de SiO ₂)	8	---	8
	5	---	---
	23	21	21
	7,5	7,5	7,5
	60	10	24
	20	20	20

Wattios Incidentes (RF)

Wattios Reflejados

Voltaje de Cátodo

Voltaje de Polarización

Presión Inicial en Cámara (X10⁻⁸ Torr.)

Presión Inicial en Columna (X10⁻⁸ Torr.)

Presión de Cámara (μ), Argón

Diámetro de Cátodo (cm)

Tiempo (min.)

Temperatura (°C)



	Pre-sublimación catódica	Limpieza por Sublimación Catódica	Sublimación catódica
Gd-Co 54	100	350	200
(los subs tratos eran de SiO ₂)	2	2	0
Wattios Incidentes (RF)	--	--	--
Wattios Reflejados	0	120	35
Voltaje de Cátodo	--	--	--
Voltaje de Polarización	--	--	--
Presión Inicial en Cámara (X10 ⁻⁸ Torr.)	--	--	--
Presión Inicial en Columna (X10 ⁻⁸ Torr.)	23	22	22
Presión de Cámara (μ), Argón	7,5	7,5	7,5
Diámetro de cátodo (cm)	60	4	30
Tiempo (min.)	20	20	20
Temperatura (°C)			



	Pre-sublimación Catódica	Limpieza por Sublimación Catódica	Sublimación Catódica
Gá-Co 56	100	350	200
(los subg tratos eran	2	2	2
de SiO ₂)	--	--	--
Wattios Incidentes (RF)	0	120	100
Wattios Reflejados	14	--	--
Voltaje de Cátodo	--	--	--
Voltaje de Polarización	25	24	24
Presión Inicial en Cámara (X10 ⁻⁸ Torr.)	7,5	7,5	7,5
Presión Inicial en Columna (X10 ⁻⁸ Torr.)	60	10	45
Presión de Cámara (μ), Argón	20	20	20
Diámetro de Cátodo (Cm)			
Tiempo (min.)			
Temperatura (°C)			



	Pre-Sublimación Catódica	Limpieza por Subli- mación Católica	Sublimación Catódica
Gd-Co 62	30	--	45
Intensidad (ma), C.C.			
(Los substratos reflejados eran de	--	--	--
Voltaje de Cátodo	2000	--	2000
Presión Inicial en Cámara (X10-8 Torr.)	0	--	50
Presión Inicial en Columna (X10-8 Torr.)	10	--	10
Presión de Cámara (μ) argón	--	--	--
Diámetro de Cátodo (cm.)	81	--	81
Tiempo (min.)	7,5	--	7,5
Temperatura (°C)	5	--	25
	20	--	20



	<u>Pre-Sublimación Catódica</u>	<u>Limpieza por Subli- mación Catódica</u>	<u>Sublimación Catódica</u>
Gd-Co 63	50	--	110 en el cátodo 108 en el ánodo
(los substratos eran de Al ₂ O ₃ , SiO ₂)	--	--	--
Intensidad de C.C. (ma.)	2000	--	2000
Wattios reflejados	0	--	50
Voltaje de Cátodo	5,6	--	5,6
Voltaje de Polarización	--	--	--
Presión Inicial en Cámara (X10 ⁻⁸ Torr.)	70	--	68
Presión Inicial en Columna (X10 ⁻⁸ Torr.)	10,0	--	10,0
Presión de Cámara (μ) argón	35	--	35
Diámetro de Cátodo (cm.)	20	--	20
Tiempo (min.)			
Temperatura (°C)			



	<u>Pre-Sublimación</u> <u>Catódica</u>	<u>Limpieza por Subli-</u> <u>mación Catódica</u>	<u>Sublimación</u> <u>Catódica</u>
Gd-Co 67	55	--	69 en el cátodo 73 en el ánodo
Intensidad de C.C. (ma.)	55	--	
(Los substratos eran de Al ₂ O ₃ , SiO ₂)	--	--	--
Wattios reflejados	--	--	--
Voltaje de Cátodo	2000	--	2000
Voltaje de Polarización	0	--	50
Presión Inicial en Cáma- ra (X10 ⁻⁸ Torr.)	11	--	11
Presión Inicial en Colum- na (X10 ⁻⁸ Torr.)	--	--	--
Presión de Cámara (μ ar- gón.)	91	--	67
Diámetro de Cátodo (cm.)	10,0	--	10,0
Tiempo (min.)	60	--	37
Temperatura (°C)	20	--	20



	<u>Pre-Sublimación Catódica</u>	<u>Limpieza por Subli- mación Catódica</u>	<u>Sublimación Catódica</u>
Gd-Co 69	Intensidad (ma.), C.G.	--	60 en el cátodo 67 en el ánodo
(Los substratos eran de Al ₂ O ₃ , SiO ₂)	Wattios reflejados	--	--
	Voltaje de Cátodo	--	2000
	Voltaje de Polarización	--	50 puesto a tie- rra durante los primeros 20 segundos. 5,6
	Presión Inicial en Cámara (X10-8 Torr.)	--	--
	Presión Inicial en Columna (X10-8 Torr.)	--	--
	Presión de Cámara (μ), ar- gón.	--	72
	Diámetro de Cátodo (cm).	--	10,0
	Tiempo (min.)	--	170
	Temperatura (°C)	--	20



	Pre-Sublimación catódica	Limpieza por subli- mación Catódica	Sublimación Catódica
Gd-Co 70	60	---	42 en el cátodo 35 en el ánodo
(Los subs- tratos eran	--	---	--
de SiO ₂ ,	2000	---	2000
Al ₂ O ₃).	0	---	25
	14	---	14
	--	---	--
	110	---	66
	10,0	---	10,0
	30	---	30
	20	---	20



	Pre-sublimación Catódica	Limpieza por Su- blimación Catódica	Sublimación Catódica
Gd-Co 71	60	--	65
(los subs- tratos eran de SiO ₂ , zafiro)	--	--	--
Intensidad de C.C. (ma)	2000	--	2000
Wattios Reflejados	0	--	75
Voltaje de Polarización	30	--	--
Voltaje del Cátodo	20	--	--
Presión Inicial en Cámara (X10 ⁻⁸ Torr.)	120	--	54
Presión Inicial en Columna (X10 ⁻⁸ Torr.)	10,0	--	10,0
Presión de Cámara (μ), argón	30	--	20
Diámetro de Cátodo (cm)	20	--	20
Tiempo (min.)			
Temperatura (°C)			



	Pre-Sublimación Catódica	Limpieza por Su- blimación Catódica	Sublimación Catódica
Gd-Co 73	80	--	90 en el cátodo
(los subs- tratos eran cuarzo	--	--	106 en el ánodo
	2000	--	2000
Al ₂ O ₃)	0	--	100
	11	--	11
	--	--	--
	110	--	64
	10,0	--	10,0
	70	--	20
	20	--	20



	Pre-Sublimación Catódica	Limpieza por Sublimación Catódica	Sublimación Catódica
Gd-Co 74	80	--	115 en el ánodo. 155 en el cátodo.
(los subg tratos	--	--	--
Intensidad (ma) C.C.	2000	--	2000
Wattios reflejados	0	--	150
Voltaje de Cátodo	8,7	--	8,7
Voltaje de Polarización	--	--	--
Presión Inicial en Cámara ($\times 10^{-8}$ Torr.)	110	--	71
Presión Inicial en Columna ($\times 10^{-8}$ Torr.)	10,0	--	10,0
Presión de Cámara (μ), argón	60	--	15
Diámetro de Cátodo (cm)	20	--	20
Tiempo (min.)			
Temperatura ($^{\circ}$ C)			



	Pre-sublimación Catódica	Limpieza por Su- blimación Católica	Sublimación Catódica
Gd-Co 76	100	350	350
(los subs- tratos eran de cuarzo, Al ₂ O ₃)	2	2	2
Wattios Incidentes (RF)	---	---	---
Wattios Reflejados	0	120	0
Voltaje de Cátodo	6,8	---	6,8
Voltaje de Polarización	---	---	---
Presión Inicial en Cámara (X10 ⁻⁸ Torr.)	24	24	25
Presión Inicial en Columna (X10 ⁻⁸ Torr.)	10,0	10,0	10,0
Presión de cámara (μ), argón	30	10	25
Diámetro de Cátodo (cm.)	20	20	20
Tiempo (min.)			
Temperatura (°C)			





RESUMEN

Se han descrito diversos aparatos que utilizan composiciones magnéticas que exhiben anisotropía magnética uniaxial que tiene propiedades estructurales sustancialmente amorfas. Estas composiciones se pueden producir en masa o en forma de película delgada, y las propiedades magnéticas se pueden modificar dentro de amplios márgenes. Adicionalmente, se pueden prever para estas películas muchas aplicaciones distintas de las presentadas en esta memoria, habida cuenta especialmente de la facilidad de ajuste de sus propiedades y de los amplios márgenes de composición posibles. Dado que los requisitos rigurosos de substrato asociados normalmente con la fabricación de productos cristalinos, estas películas se pueden emplear en cualquier tipo de ambiente con cualquier tipo de substrato.

Debe entenderse por los expertos en la técnica que las propiedades magnéticas y/o estructurales de estas películas se pueden modificar en un grado considerable y que se pueden utilizar para hacer esto técnicas distintas de las descritas en esta memoria. Adicionalmente, pueden emplearse otros tipos de fabricación de acuerdo con principios conocidos en la técnica.

La presente solicitud que corresponde a la presentada en Estados Unidos de América, el 29 de Agosto de



1972, bajo el número 284.513, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto de la Propiedad Industrial.

5

REIVINDICACIONES

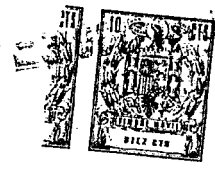
10 Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los que se recogen en las reivindicaciones siguientes:

15 1ª.- Un aparato de dominio de burbuja magnética, que comprende: un medio magnético en el que existen dichos dominios, siendo dicho medio un material magnético amorfo que posee anisotropía uniaxial no magneto-cristalina, y medios para manipular dichos dominios en dicho medio magnético amorfo.

20 2ª.- El aparato de la reivindicación 1ª, en el que dicho material magnético amorfo existe en una estructura micro-cristalina que tiene ordenación atómica localizada dentro de distancias de aproximadamente 100 Angstroms y menores.

25 3ª.- El aparato de la reivindicación 1ª, en el

22-9-73



que dicho material amorfo posee una ordenación atómica localizada a lo largo de una distancia de aproximadamente 25 Angstroms y menor.

5 4ª.- El aparato de la reivindicación 1ª, en el que dicha anisotropía uniaxial es sustancialmente normal al plano de dicho material magnético amorfo.

5ª.- El aparato de la reivindicación 1ª, en el que dicho material magnético amorfo está constituido por un elemento simple que posee un momento magnético neto.

10 6ª.- El aparato de la reivindicación 5ª, en el que dicho elemento se selecciona del grupo constituido por los elementos de las series 4f, 5f, y 3d de la Tabla Periódica.

15 7ª.- El aparato de la reivindicación 1ª, en el que dicho medio magnético amorfo está constituido por una pluralidad de elementos, al menos uno de los cuales posee un espín magnético no apareado.

20 8ª.- El aparato de la reivindicación 7ª, en el que dicho medio amorfo está constituido por una aleación amorfa de tierra rara-metal de transición.

9ª.- El aparato de la reivindicación 8ª, en el que dicha aleación es una aleación Gd-Co.

10ª.- El aparato de la reivindicación 8ª, en el que dicha aleación es una aleación Gd-Fe.

25 11ª.- El aparato de la reivindicación 7ª, en



el que dicho medio magnético amorfo incluye un aditivo que se acopla antiferromagnéticamente a un átomo magnético en dicho medio amorfo.

5 12ª.- El aparato de la reivindicación 7ª, en el que dicho medio magnético amorfo incluye un aditivo que se acopla ferromagnéticamente a un átomo magnético en dicho medio amorfo.

10 13ª.- El aparato de la reivindicación 7ª, en el que dicho medio magnético amorfo incluye un aditivo que cambia la ordenación atómica de dicho medio magnético amorfo con relación a la anchura de pared de los dominios existentes en el mismo.

15 14ª.- El aparato de la reivindicación 7ª, en el que dicho medio amorfo está constituido por una aleación ternaria que está ordenada magnéticamente.

15ª.- El aparato de la reivindicación 1ª, en el que dicho material magnético amorfo contiene un elemento aditivo seleccionado del grupo constituido esencialmente por O, N, C, y P.

20 16ª.- El aparato de la reivindicación 1ª, en el que dicho medio magnético amorfo está impurificado con elementos presentes en una cantidad de hasta 50 por ciento atómico, incluyendo dicho valor.

25 17ª.- El aparato de la reivindicación 1ª, en el que dicha anisotropía uniaxial es anisotropía de or-



14 NOV 1975

denación de pares.

18ª.- El aparato de la reivindicación 1ª, en el que dicho medio amorfo es una hoja localizada sobre un substrato.

5 19ª.- El aparato de la reivindicación 18ª, en el que dicho substrato es un semiconductor.

20ª.- El aparato de la reivindicación 19ª, en el que dicho semiconductor es silicio.

10 21ª.- El aparato de la reivindicación 18ª, en el que dicho substrato es un material aislante.

22ª.- Un aparato de dominio de burbuja magnética.

15 Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y para los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de noventa y una hojas escritas a máquina por una sola cara.

20

Madrid,

P.A.

14 NOV. 1975

Alberto de Elizaburu
Por Poder.

6-11-75

ecv.



14 MAY 1954

Fig. 1A

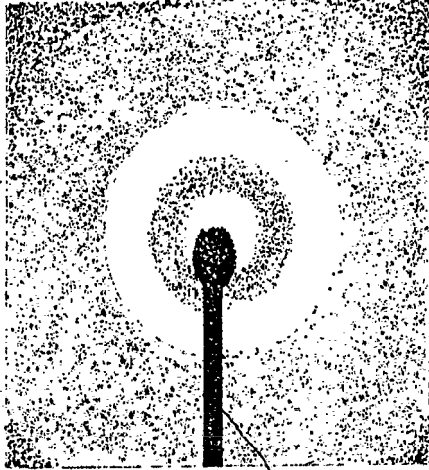


Fig. 1B

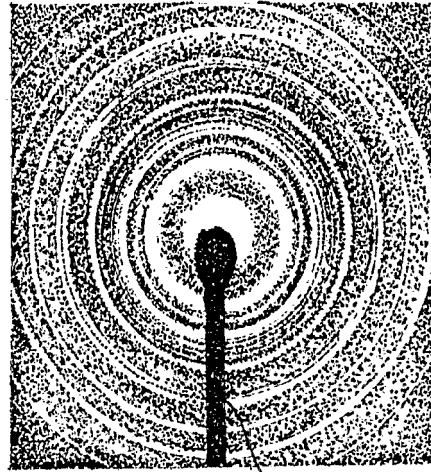


Fig. 2A

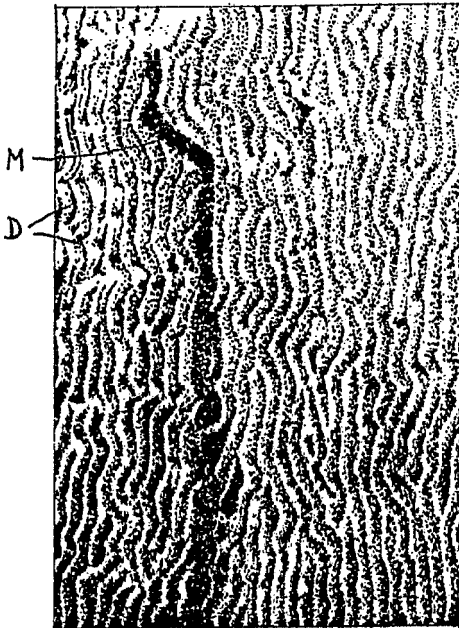
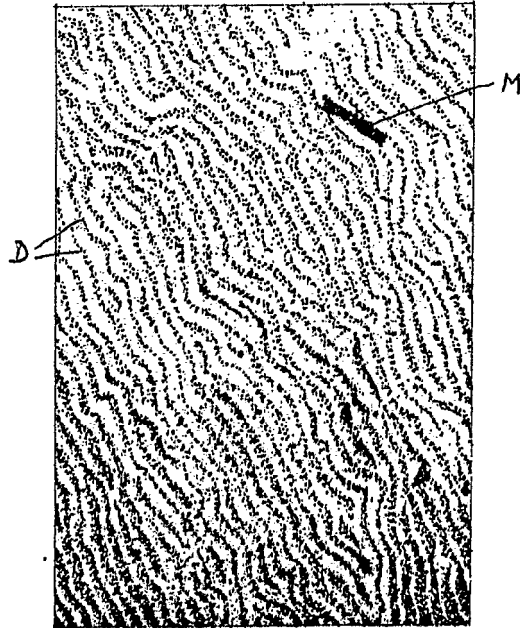


Fig. 2B



Alberto de Eizaburu
Por Foda.

8550-1

INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION II/VIII

23 00



FIG. 3A

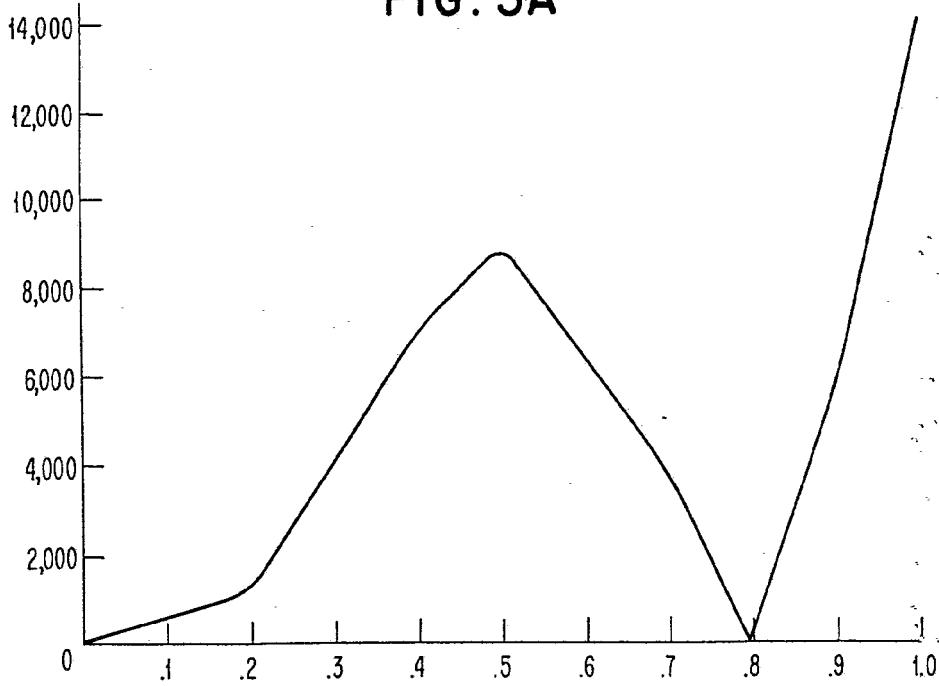
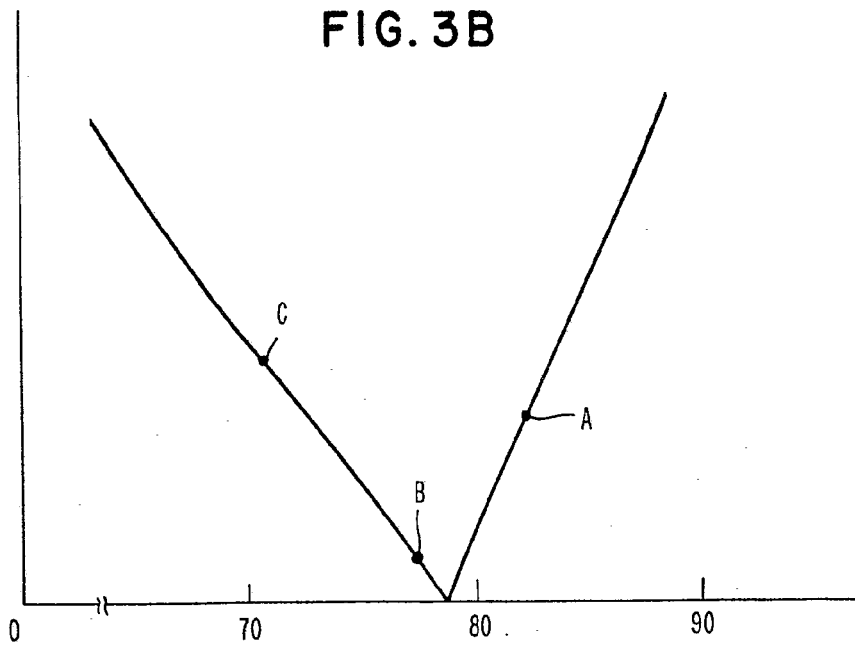


FIG. 3B



Alberto de M...
Per. Pos...



-3 OCT.

FIG. 4A

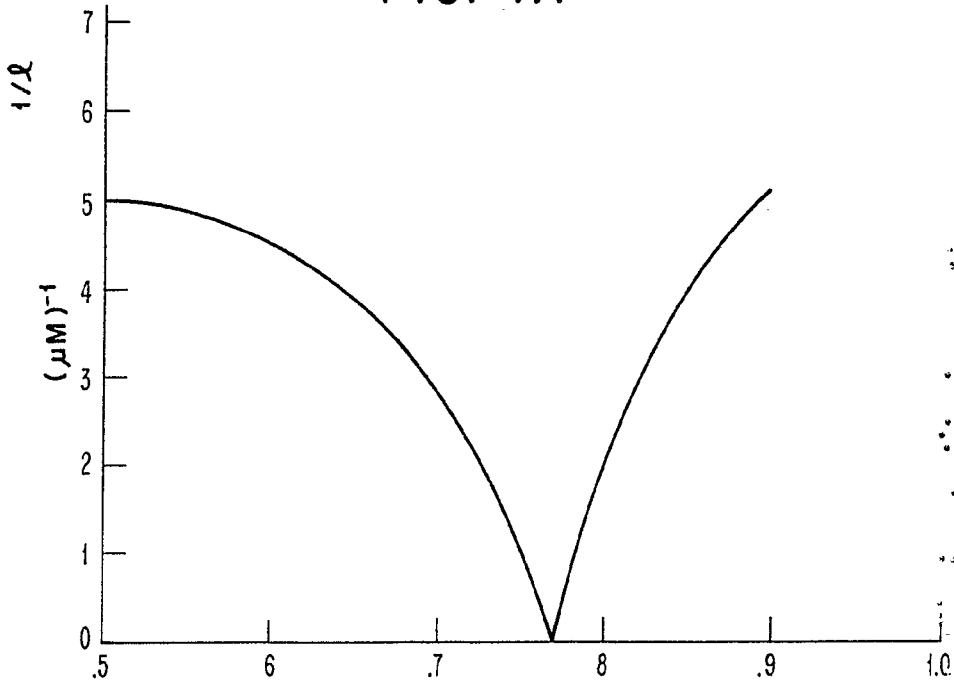
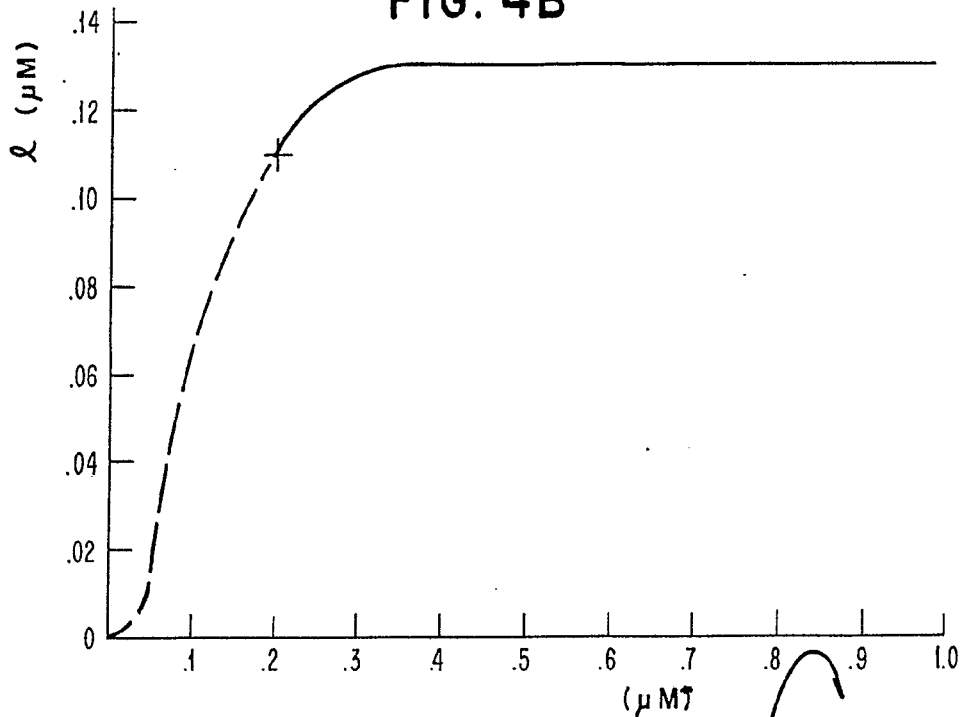


FIG. 4B



Alberto de Eizaburu
FOR PODCO



-37-

FIG. 5

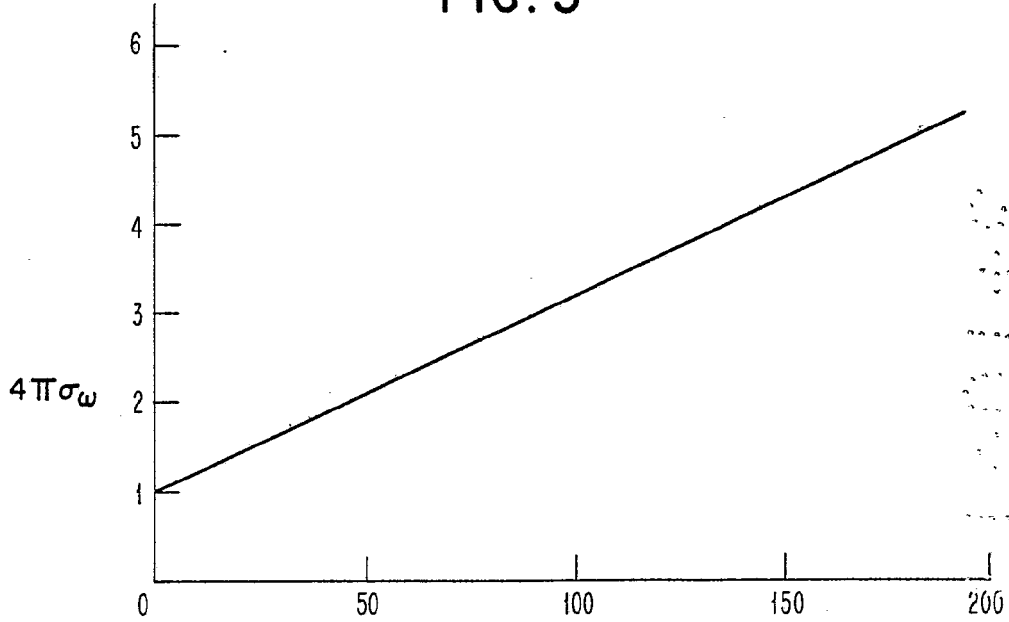
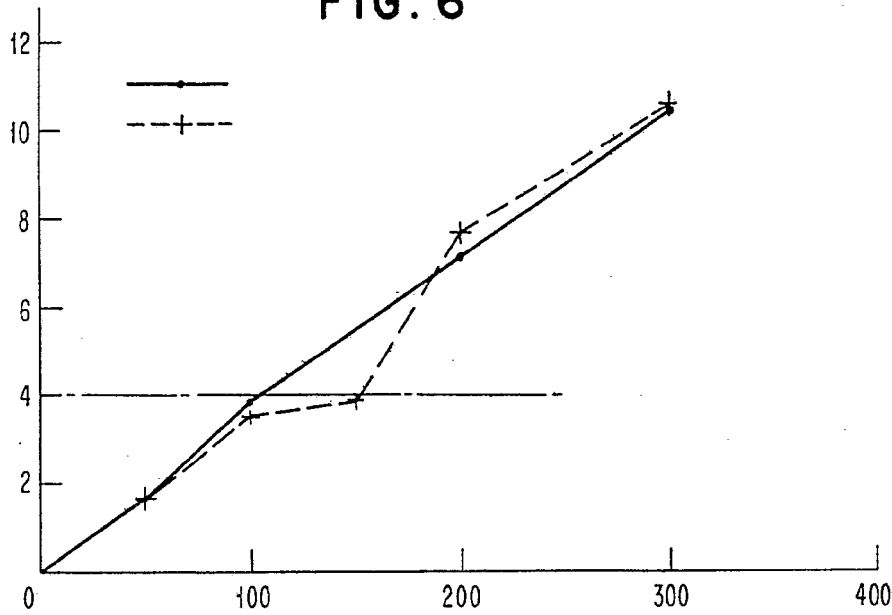


FIG. 6



Alberto de Blasio
For Rec.



FIG. 7

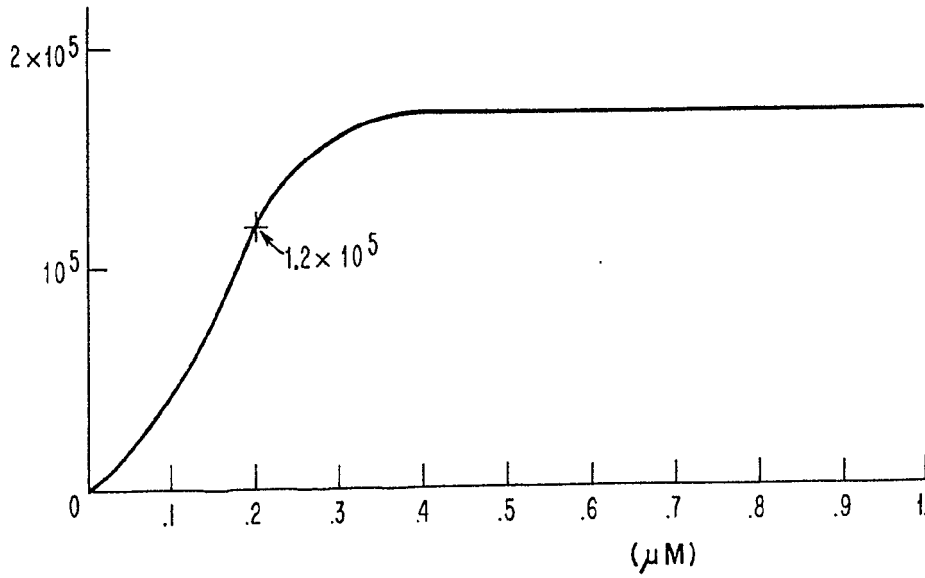
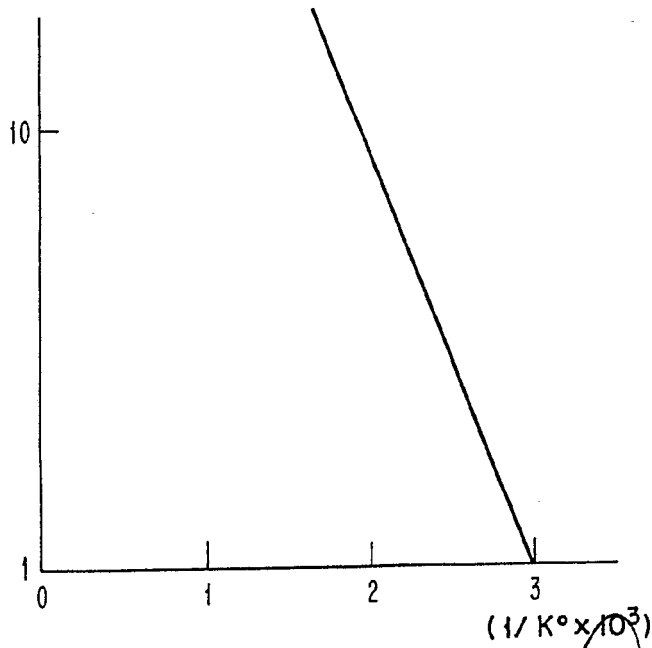


FIG. 8



ALBERT G. LINDSAY
Patent

INTERNATIONAL BUSINESS MAC

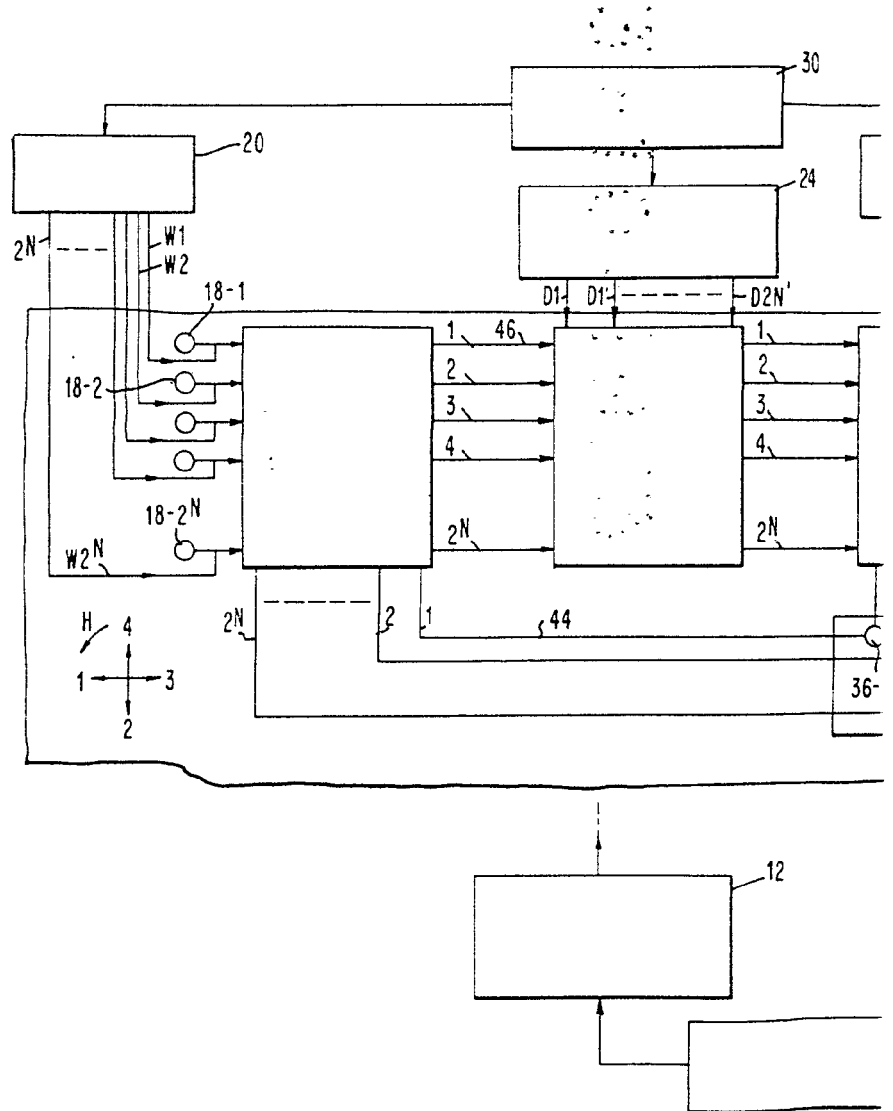
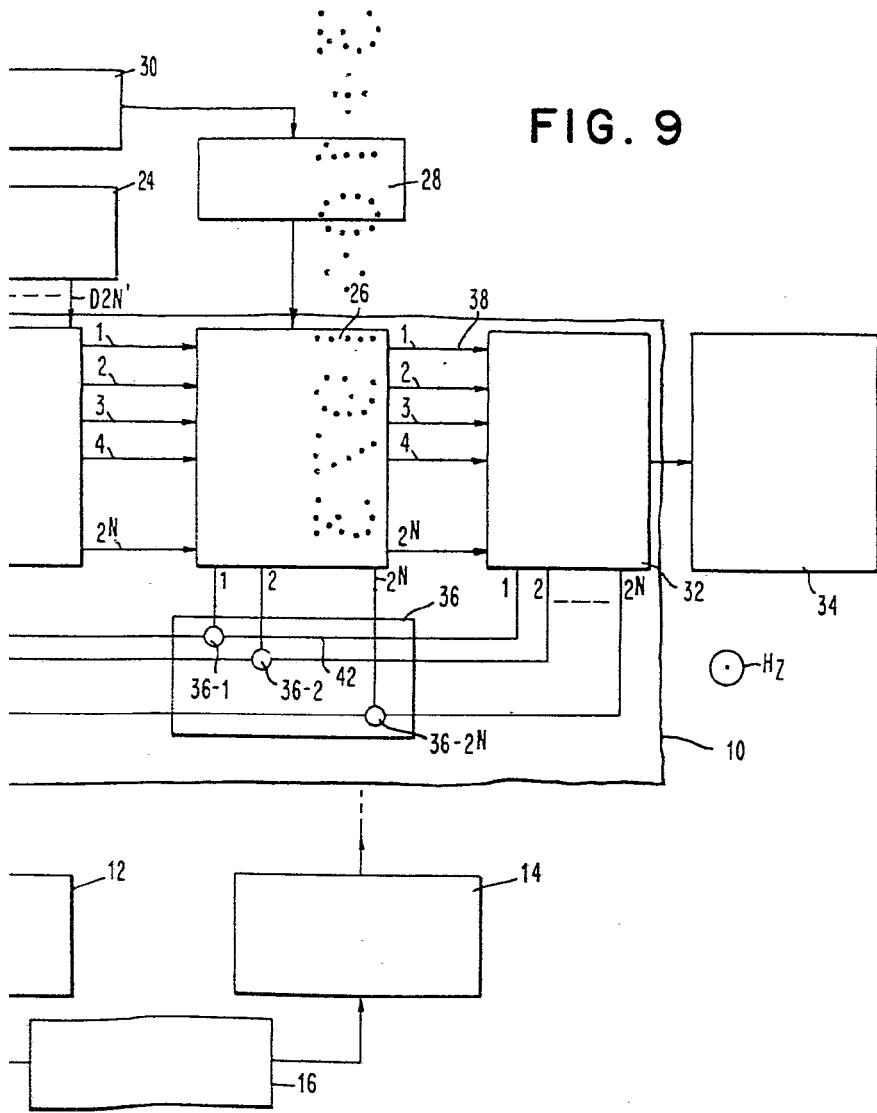




FIG. 9



ALBION & COMPANY
Per Order *[Signature]*



FIG. 10

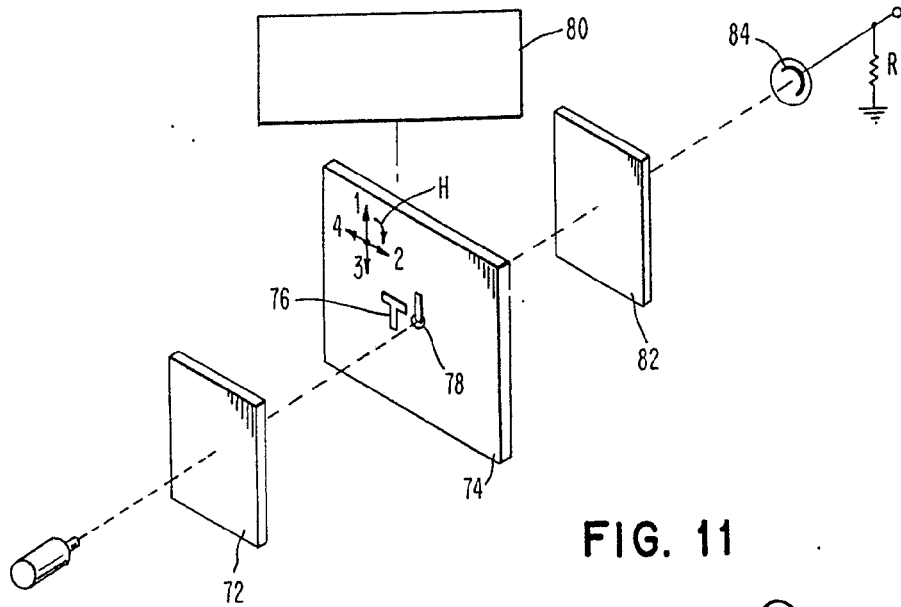
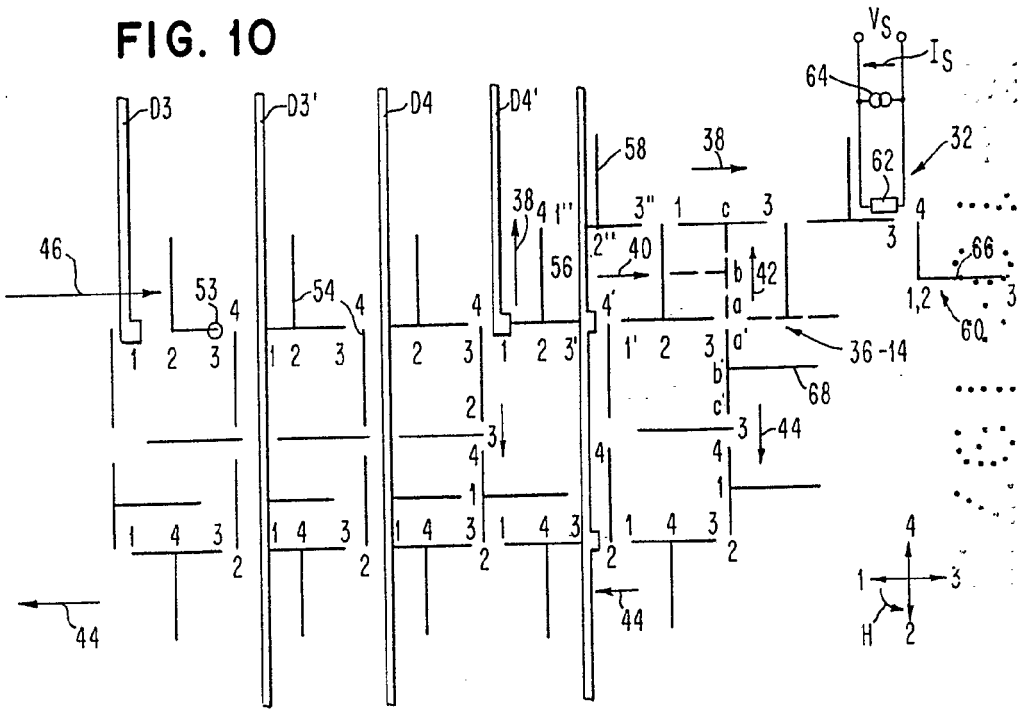


FIG. 11

Albion S. ...
Per Ford



FIG. 12

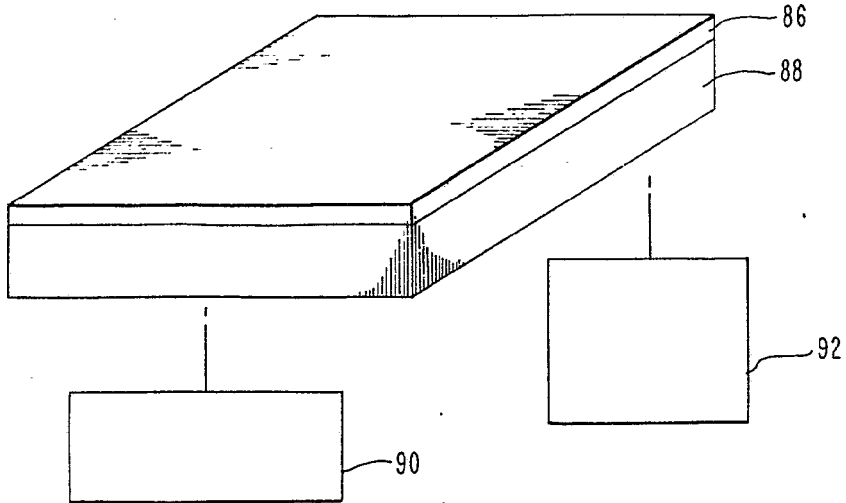
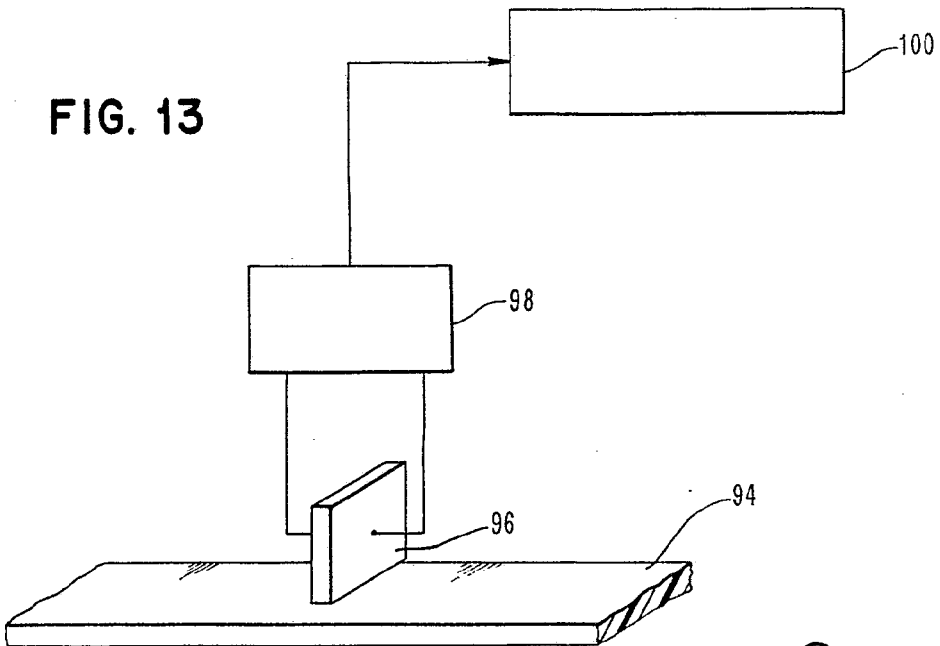


FIG. 13



Alfred E. ...
Per Podest.