

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 520 342**

51 Int. Cl.:

G11C 11/16 (2006.01)

G11C 11/56 (2006.01)

H01L 27/22 (2006.01)

H01L 43/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.01.2009** **E 09709323 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.08.2014** **EP 2240934**

54 Título: **Célula de unión túnel magnética que incluye múltiples dominios magnéticos**

30 Prioridad:

01.02.2008 US 24157

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

11.11.2014

73 Titular/es:

QUALCOMM INCORPORATED (100.0%)
ATTN: INTERNATIONAL IP ADMINISTRATION
5775 MOREHOUSE DRIVE
SAN DIEGO, CA 92121, US

72 Inventor/es:

LI, XIA

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 520 342 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Célula de unión túnel magnética para que incluye múltiples dominios magnéticos

I. Campo

La presente divulgación se refiere, en general, a una célula de unión túnel magnética que incluye múltiples dominios magnéticos.

II. Descripción de la técnica relacionada

En general, la adopción generalizada de dispositivos informáticos portátiles y de dispositivos de comunicación inalámbricos ha incrementado la demanda de memorias no volátiles de baja potencia y alta densidad. A medida que las técnicas de procesamiento han mejorado, ha resultado posible fabricar una memoria de acceso aleatorio magnetorresistiva (MRAM) en base a dispositivos de unión túnel magnéticas (MTJ). Los dispositivos de unión túnel de par de torsión (STT) tradicionales están típicamente formados como estructuras de pilas planas. Dichos dispositivos presentan unas células de unión túnel magnética (MTJ) de dos dimensiones con un solo dominio magnético. Una MTJ típicamente incluye una capa magnética fija, una capa barrera (esto es una capa de óxido de tunelización), y una capa magnética libre, donde un valor de bit está representado por un campo magnético inducido en la capa magnética libre y una capa antiferromagnética. Una dirección del campo magnético de la capa libre con respecto a una dirección del campo magnético fijo conducido por la capa magnética fija determina el valor de bit.

Tradicionalmente, para mejorar la densidad de datos utilizando dispositivos MTJ, una técnica incluye la reducción del tamaño de los dispositivos MTJ para colocar más dispositivos MTJ en un área más pequeña. Sin embargo, el tamaño de los dispositivos MTJ está limitado por la dimensión crucial (CD) de la técnica de fabricación. Otra técnica implica la formación de múltiples estructuras MTJ en un solo dispositivo MTJ. Por ejemplo, en un supuesto, se forma una primera estructura MTJ que incluye una primera capa fija, una primera barrera túnel y una primera capa libre. Una capa de material dieléctrico se forma sobre la primera estructura MTT y una segunda estructura MTJ se forma sobre la parte superior de la capa de material dieléctrico. Dichas estructuras incrementan la densidad de almacenamiento en una dirección X - Y incrementando al tiempo un tamaño de la matriz de memoria en una dirección Z. Por desgracia, dichas estructuras almacenan solo un bit por célula, de forma que la densidad de datos en la dirección X - Y se incrementa a expensas del área en una dirección Z y del incremento de los costes de fabricación. Así mismo, dichas estructuras incrementan la complejidad de encaminamiento de las trazas de hilo. Por tanto, se necesitan unos dispositivos de memoria mejorados con una mayor densidad de almacenamiento sin incrementar un área de circuito de cada una de las células MTJ y que pueda disponerse en correspondencia con la técnica de procesamiento.

El documento US 2006/033133 describe una memoria magnética con una célula MT3 que incorpora dos orientadas en perpendicular con las paredes laterales del sustrato.

III. Sumario

La invención se define en las reivindicaciones adjuntas.

Una ventaja específica proporcionada por las formas de realización del dispositivo de túnel magnético (MTJ) es que múltiples bits de datos pueden ser almacenados en una sola célula MTJ. Por ejemplo una única célula MTJ puede ser configurada para almacenar hasta cuatro bits de datos, los cuales pueden ser utilizados para representar hasta dieciséis estados lógicos en cada célula.

Otra ventaja específica consiste en que la MTJ de múltiples bits puede situarse en correspondencia con la técnica de procesamiento, haciendo posible múltiples bits por célula MTJ incluso cuando el tamaño de la MJT disminuye.

Otra ventaja concreta adicional consiste en que la célula MTJ puede incluir múltiples dominios magnéticos independientes para almacenar bits de datos. En una forma de realización concreta la célula puede incluir una o más paredes laterales (que se extiendan en vertical desde una superficie planar de un sustrato), en la que cada una de las una o más paredes laterales soporta un único dominio magnético lateral para almacenar un bit de datos. Así mismo, la célula MTJ puede incluir una pared de fondo que incluya un dominio magnético horizontal para almacenar un bit de datos. En general, la célula MTJ incluye uno, dos, o tres paredes laterales. En un ejemplo específico, la célula MTJ puede incluir cuatro paredes laterales y una pared de fondo. En un ejemplo de pared lateral, la pared lateral puede estar situada sobre cualquier lado sin restricciones. En un ejemplo de dos paredes laterales, las paredes laterales pueden estar situadas en lados opuestos o en lados adyacentes.

Otra ventaja concreta adicional consiste en que la célula MTJ puede incluir múltiples dominios magnéticos independientes que puedan escribirse o leerse a partir de ellas sin modificar los datos almacenados en otros dispositivos magnéticos dispuestos dentro de la célula MTJ.

Otros aspectos, ventajas y características de la presente divulgación se pondrán de manifiesto después del análisis de la entera solicitud, incluyendo las secciones siguientes: Breve Descripción de los Dibujos, Descripción Detallada y Reivindicaciones.

IV. Breve descripción de los dibujos

- 5 La FIG. 1 es una vista en perspectiva de una forma de realización ilustrativa concreta de una de unión túnel magnética (MTJ) que puede ser utilizada para almacenar múltiples bits de datos;
- la FIG. 2 es una vista en sección transversal de una célula de unión túnel magnética que está adaptada para almacenar múltiples bits de datos;
- 10 la FIG. 3 es una vista desde arriba de una forma de realización ilustrativa concreta de un dispositivo de memoria que incluye una célula de unión túnel magnética (MTJ) que está adaptada para almacenar múltiples bits de datos;
- la FIG. 4 es una vista en sección transversal del dispositivo de memoria de la FIG. 3 tomada a lo largo de la línea 4 - 4 de la FIG. 3;
- 15 la FIG. 5 es una vista en sección transversal del dispositivo de memoria de la FIG. 3 tomada a lo largo de la línea 5 - 5 de la FIG. 3;
- la FIG. 6 es una vista desde arriba de una segunda forma de realización ilustrativa concreta de un dispositivo de memoria que incluye una célula de unión túnel magnética que está adaptada para almacenar múltiples bits de datos.
- 20 la FIG. 7 es una vista en sección transversal de la segunda forma de realización del dispositivo de memoria de la FIG. 6 tomada a lo largo de la línea 7 -7 de la FIG. 6;
- la FIG. 8 es una vista en sección transversal de la segunda forma de realización del dispositivo de memoria de la FIG. 6 tomada a lo largo de la línea 8 - 8 de la FIG. 6;
- 25 la FIG. 9 es una vista desde arriba de una tercera forma de realización ilustrativa concreta de un dispositivo de memoria que incluye una célula de unión túnel magnética (MTJ) que está adaptada para almacenar múltiples bits;
- la FIG. 10 es una vista en sección transversal de la tercera forma de realización del dispositivo de memoria de la FIG. 9 tomada a lo largo de la línea 10 - 10 de la FIG. 9;
- la FIG. 11 es una vista en sección transversal de la tercera forma de realización del dispositivo de memoria de la FIG. 9 tomada a lo largo de la línea 11 - 11 de la FIG. 9;
- 30 la FIG. 12 es una vista desde arriba de una cuarta forma de realización ilustrativa concreta de un dispositivo de memoria que incluye una célula de unión túnel magnética (MTJ) que está adaptada para almacenar múltiples bits;
- la FIG. 13 es una vista en sección transversal de la cuarta forma de realización del dispositivo de memoria de la FIG. 12 tomada a lo largo de la línea 13 - 13 de la FIG. 12;
- 35 la FIG. 14 es una vista en sección transversal de la cuarta forma de realización del dispositivo de memoria de la FIG. 12 tomada a lo largo de la línea 14 - 14 de la FIG. 12;
- la FIG. 15 es una vista desde arriba de una capa libre de una pila de unión túnel magnética (MTJ) adaptada para almacenar múltiples bits de datos, en la que la célula MTJ está en un estado de cero bits;
- 40 la FIG. 16 es un diagrama de una forma de realización ilustrativa concreta de capas de una pila de unión túnel magnética (MTJ) que ilustra una dirección del flujo de la corriente de escritura cero;
- la FIG. 17 es una vista en sección transversal de la capa libre de la FIG. 15 tomada a lo largo de la línea 17 - 17 de la FIG. 15;
- la FIG. 18 es una vista en sección transversal de la capa libre de la FIG. 15 tomada a lo largo de la línea 18 - 18 de la FIG. 15;
- 45 la FIG. 19 es una vista desde arriba de la capa libre de una pila de unión túnel magnética (MTJ) adaptada para almacenar múltiples bits de datos, en la que la pila MTJ está en un estado de un bit;
- la FIG. 20 es un diagrama de una forma de realización ilustrativa concreta de capas de una estructura de unión túnel magnética (MTJ) que ilustra una dirección del flujo de la corriente de escritura uno;

la FIG. 21 es una vista en sección transversal de la pila MTJ de la FIG. 19 tomada a lo largo de la línea 21 - 21 de la FIG. 19;

la FIG. 22 es una vista en sección transversal de la pila MTJ de la FIG. 19 tomada a lo largo de la línea 22 - 22 de la FIG. 19;

5 la FIG. 23 es un diagrama que muestra una vista en sección transversal de una forma de realización de una célula MTJ acoplada a un conmutador bidireccional para leer datos a partir de y escribir datos hacia la célula MTJ;

10 la FIG. 24 es un diagrama que ilustra una vista en sección transversal de una segunda forma de realización de una célula MTJ acoplada a un conmutador bidireccional para leer datos de y escribir datos hacia la célula MTJ;

la FIG. 25 es un diagrama que muestra una vista en sección transversal de una tercera forma de realización de una célula MTJ adaptada para almacenar múltiples bits de datos y acoplada a múltiples conmutadores para leer de y escribir datos hacia la célula MTJ;

15 la FIG. 26 es un diagrama que muestra una vista en sección transversal de una cuarta forma de realización de una MTJ adaptada para almacenar múltiples bits de datos y acoplada a múltiples conmutadores para leer datos a partir de y para escribir datos hacia la célula MTJ;

la FIG. 27 es un diagrama que muestra una vista en sección transversal de una quinta forma de realización de una MTJ adaptada para almacenar múltiples bits de datos y acoplada a múltiples conmutadores para leer datos a partir de y escribir datos hacia la célula MTJ;

20 las FIGS. 28 y 29 ilustran un diagrama de flujo de una forma de realización concreta de un procedimiento de fabricación de un dispositivo de unión túnel magnética (MTJ) adaptado para almacenar múltiples bits de datos;

la FIG. 30 es un diagrama de flujo de una forma de realización ilustrativa concreta de un procedimiento de operación de un dispositivo MTJ que está adaptado para almacenar múltiples bits de datos;

25 la FIG. 31 es un diagrama de bloques de un dispositivo de comunicaciones inalámbricas que incluye un dispositivo de memoria que incluye múltiples células de unión túnel magnética (MJT).

V. Descripción detallada

30 La FIG. 1 es una vista en perspectiva de una forma de realización ilustrativa concreta de una célula 100 de unión túnel magnética (MTJ) que puede ser utilizada para almacenar múltiples bits de datos. La célula 100 MTJ incluye una pila de unión túnel magnética (MTJ) que presenta una capa 102 magnética fija, una capa 104 de unión túnel, y una capa 106 magnética libre dispuesta con una forma sustancialmente rectangular. Una capa de electrodo que presenta una primera porción 110 de pared lateral, una segunda porción 112 de pared lateral, una tercera porción 114 de pared lateral y una porción 116 de pared de fondo está eléctrica y físicamente acoplada a la capa 102 magnética fija por medio de una capa antiferromagnética (AF) (no mostrada). Un electrodo 108 central está eléctrica y físicamente acoplado a la capa 106 libre. En una forma de realización concreta, una tensión puede ser aplicada al electrodo 108 central y una corriente eléctrica puede fluir desde el electrodo 108 central a través de la capa 106 libre, a través de la unión 104 túnel y a través de la capa 102 fija. La corriente eléctrica puede fluir como se indica por las flechas 120, 130, 140 y 150.

40 En una forma de realización ilustrativa concreta, la capa 106 libre puede acarrear múltiples dominios magnéticos independientes, cada uno de los cuales puede estar independientemente configurado por una corriente de escritura para orientar una dirección de un campo magnético dentro de la capa 106 libre con respecto a un campo magnético fijo asociado con la capa 102 fija para representar un valor de datos, por ejemplo un valor de bit. En particular, cuando una dirección (orientación) de un campo magnético de la capa 102 fija y la dirección del campo magnético de la capa 106 libre están alineadas, un valor de bit de "0" es representando. Por el contrario, cuando una dirección (orientación) del campo magnético de la capa 106 libre es opuesta a la dirección del campo magnético de la capa 102 fija un valor de bit de "1" es representado. Un estado de bit de "0" y un estado de bit de "1" pueden mostrar diferentes resistencias, y el estado de bit puede ser leído mediante la detección de un valor de resistencia o de un valor de corriente. En una forma de realización concreta, el estado de bit de "0" presenta una resistencia más baja. Una dirección de un campo magnético asociado con la capa 106 libre adyacente a la pared lateral 110 puede representar un primer valor de bit. Una dirección de un campo magnético asociado con la capa 106 libre adyacente a la pared lateral 112 puede representar un segundo valor de bit. Una dirección de un campo magnético asociado con la capa 106 libre adyacente a la pared lateral 114 puede representar un tercer valor de bit. Una dirección de un campo asociado con la capa 106 libre adyacente a la pared 116 de fondo puede representar un cuarto valor de bit.

55 En una forma de realización concreta, un dominio magnético representa una zona física de material magnético que acarrea un campo magnético que representa una orientación magnética homogénea. Una interfaz entre dos

dominios magnéticos, puede ser denominada pared de dominio. La capa 102 fija puede incorporar múltiples dominios magnéticos fijos y paredes de dominio asociadas. Los dominios magnéticos de la capa 102 fija están “anclados” por una capa antiferromagnética después de un recocido magnético (esto es, una orientación magnética de la capa fija es fijada por la capa AF durante la fabricación mediante aplicación de un campo magnético externo mediante un proceso de recocido magnético). En una forma de realización concreta, unas capas adicionales entre el electrodo 108 central y la capa 106 libre pueden potenciar el rendimiento de la MTJ. En una forma de realización concreta, la pila MTJ puede incluir capas adicionales. Por ejemplo, una capa fija sintética o estructura de capa libre sintética (SyF) puede incluir dos capas fijas y una capa separadora o dos capas libres y una capa separadora, respectivamente. Una estructura de filtro de doble spin (DSP) puede incluir dos capas antiferromagnéticas y capas ancladas. En una forma de realización alternativa, la secuencia de capas apiladas de película MTJ puede invertirse.

La FIG. 2 es una vista en sección transversal de una célula 200 de unión túnel magnética (MTJ) que está adaptada para almacenar múltiples valores de datos como por ejemplo múltiples bits. La célula 200 MTJ incluye una capa 202 de electrodo de fondo, una pila 204 de unión túnel magnética (MTJ), y una capa 206 de electrodo superior. La pila 204 MTJ incluye una capa 208 magnética libre que acarrea un campo magnético, el cual puede ser programado mediante la aplicación de una corriente de escritura entre el electrodo 206 superior y el electrodo 202 de fondo. La pila 204 MTJ incluye también una capa 210 barrera de unión túnel y una capa 212 magnética fija. Una capa antiferromagnética (AF) (no mostrada) puede estar situada entre el electrodo 202 de fondo y la capa 212 fija. En una forma de realización concreta, la estructura MTJ puede incluir capas adicionales (no mostrada). Por ejemplo, unas estructuras de capa fija sintética o de capa libre sintética (SyF) pueden incluir dos capas fijas y una capa separadora o dos capas libres y una capa separadora, respectivamente. Las estructuras del filtro de doble spin (DSP) pueden incluir dos capas antiferromagnéticas y capas ancladas. Así mismo, en una forma de realización alternativa, la secuencia de la pila de películas MTJ puede también invertirse.

La capa 212 fija es generalmente recocida y puede ser anclada por una capa antiferromagnética (AF) (no mostrada) para fijar una dirección de un campo magnético que sea acarreado por la capa 212 fija. La barrera 210 de túnel puede ser una capa de óxido (MgO , Al_2O_3 , etc.) u otra capa diamagnética que esté adaptada para proporcionar una unión o barrera túnel entre la capa 212 fija y la capa 208 libre. La capa 208 libre está formada a partir de un material ferromagnético que acarrea un dominio magnético programable (escribible), el cual puede ser alterado para almacenar un valor de bit (esto es, un “1” o un valor de bit de “0”).

En una forma de realización concreta, la capa 208 libre de la pila 204 MTJ puede estar adaptada para acarrear múltiples dominios magnéticos independientes. Por ejemplo, la capa 208 libre dispuesta en una primera pared lateral 214 puede almacenar un primer valor de bit. La capa 208 libre dispuesta en una segunda pared lateral 216 puede almacenar un segundo valor de bit. La capa 208 libre dispuesta en una pared 218 de fondo puede almacenar un tercer valor de bit. La orientación concreta del campo magnético dentro de la capa libre dispuesta en las paredes laterales 214 y 216 y en la pared 218 de fondo puede ser controlada, en parte, mediante el control de la dimensiones de longitud, anchura y profundidad de la célula 200 MTJ. En general, un campo magnético se orienta en una dirección longitudinal a lo largo de una extensión de una pared de la célula 200 MTJ.

La FIG. 3 es una vista desde arriba de una forma de realización ilustrativa concreta de un dispositivo 300 de memoria que incluye un sustrato 302 que incorpora una célula 304 de unión túnel magnética (MTJ) que está adaptada para almacenar múltiples bits. El sustrato 302 incluye una estructura 304 de unión túnel magnética (MTJ) que incorpora un electrodo 306 de fondo, una pila 308 MTJ y un electrodo 310 central. En una forma de realización concreta, el electrodo 310 central puede extenderse entre las paredes laterales 334, 336 y 338 de la pila 308 MTJ de forma que un grosor del electrodo 310 central sea aproximadamente la mitad de una diferencia de una dimensión más pequeña entre una anchura (b) o una longitud (a) de la zanja menos una anchura de las paredes laterales opuestas de la pila 308 MTJ, por ejemplo, las segunda y tercera paredes laterales 336, 338. En una forma de realización concreta, el grosor de la capa de electrodo central puede ser mayor que la mitad de la distancia entre la menor entre la anchura y la longitud menos la anchura de las paredes laterales opuestas. La selección de un grosor apropiado de la capa de electrodo central puede hacer posible que una superficie superior del electrodo central sea sustancialmente plana sin un espacio libre o costura.

La estructura 304 MTJ presenta una longitud (a) y una anchura (b), en la que la longitud (a) es mayor que la anchura (b). El sustrato 302 incluye una primera vía 312 central y una segunda vía 314 central que están acopladas al electrodo 310 central. El sustrato 302 incluye también una primera vía 316 lateral, una segunda vía 318 lateral, una tercera vía 320 lateral, una cuarta vía 322 lateral y una quinta vía 324 lateral para acceder a la estructura 304 MTJ. El sustrato 302 incluye también una primera traza 326 de hilo acoplada a la primera vía 316 lateral, una segunda traza 328 de hilo acoplada a la primera y segunda vías 312 y 314 centrales, una tercera traza 330 de hilo acoplada a las segunda y tercera vías 318 y 320 laterales y una cuarta traza 332 de hilo acoplada a la cuarta y quinta vía 322 y 324 laterales. El sustrato 302 incluye también una abertura 335 del proceso para retirar una pared lateral.

La pila 308 MTJ incluye una capa magnética fija que puede quedar anclada por una capa antiferromagnética (AF) (no mostrada) y que acarrea un dominio magnético fijo que presenta una orientación fija, una capa barrera túnel y una capa magnética libre que presenta un dominio magnético que puede ser modificado o programado por medio de una corriente de escritura. En una forma de realización concreta, la capa magnética de la pila 308 MTJ puede incluir una o más capas. La pila 308 MTJ incluye una primera pared lateral 334 para acarrear un primer dominio 334

magnético en una primera porción de la capa libre, una segunda pared lateral 336 para acarrear un segundo dominio 346 magnético en una segunda porción de la capa libre y una tercera pared lateral 338 para acarrear un tercer dominio 348 en una porción de la capa libre. Los primero, segundo y tercer dominios 344, 346 y 348 magnéticos son independientes y están adaptados para representar valores de datos. En una forma de realización concreta, el primer dominio 344 magnético está adaptado para representar un primer valor de bit, el segundo dominio 346 magnético está adaptado para representar un segundo valor de bit y el tercer dominio 348 magnético está adaptado para representar un tercer valor de bit. En general, la orientación de los dominios 344, 346 y 348 magnéticos está determinada por el valor de bit almacenado. Por ejemplo un valor "0" está representado por una primera orientación, mientras que un valor "1" está representado por una segunda orientación. En una forma de realización concreta, un valor "0" y un valor "1" puede estar representados por una orientación paralela o antiparalela respectivamente, con la capa fija.

La FIG 4 es un diagrama 400 en sección transversal del dispositivo 300 de circuito de la FIG. 3 tomado a lo largo de la línea 4 - 4 de la FIG. 3. El diagrama 400 ilustra el sustrato 302 que incluye una primera capa 452 dieléctrica entre capas, una primera capa 454 de cubierta, una segunda capa 456 dieléctrica entre capas, una segunda capa 458 de cubierta, una tercera capa 460 de cubierta, una tercera capa 462 dieléctrica entre capas y una cuarta capa 464 dieléctrica entre capas. El sustrato 302 presenta una primera superficie 480 y una segunda superficie 490. El sustrato 302 incluye también la estructura 304 MTJ que incluye la pila 308 MTJ. El electrodo 306 de fondo y la pila 308 MTJ están dispuestos dentro de una zanja del sustrato 302. La zanja presenta una profundidad (d). El sustrato 302 incluye las primera y segunda trazas 326 y 328 de hilo dispuestas y diseñadas en la primera superficie 480. La primera traza 326 de hilo está acoplada a la primera vía 316 lateral, la cual se extiende desde la primera traza 326 de hilo hasta una porción del electrodo 306 de fondo. La segunda traza 328 de hilo está acoplada a las primera y segunda vías 312 y 314 centrales, las cuales se extienden desde la segunda traza 328 de hilo hasta el electrodo 310 central. El electrodo 310 central está acoplado a la pila 308 MTJ. El sustrato 302 incluye también la abertura 335 del proceso, la cual puede ser formada de manera selectiva retirando una porción de la estructura 304 MTJ y depositando una película de cubierta y un material dieléctrico entre capas dentro de la abertura 335 de procesamiento.

En una forma de realización concreta, la pila 308 MTJ incluye una primera pared lateral 334, la cual acarrea el primer dominio 344 magnético en la primera porción de la capa libre. El primer dominio 344 magnético está adaptado para representar el primer valor bit. La pila 308 MTJ incluye también una pared 470 de fondo que incorpora un dominio 472 magnético de fondo en una porción de fondo de la capa libre, la cual está adaptada para representar un cuarto valor de bit. Un valor de bit puede ser leído a partir de la pila 308 MTJ mediante la aplicación de una tensión a la segunda traza 328 de hilo y mediante la comparación de una corriente de la primera traza 326 de hilo con una corriente de referencia. Como alternativa, un valor de bit puede ser escrito en la pila 308 MTJ mediante la aplicación de una corriente de escritura entre las primera y segunda trazas 326 y 328 de hilo. En una forma de realización concreta, la longitud (a) y la anchura (b) de la pila 308 MTJ ilustrada en la FIG. 3 son mayores que la profundidad (d) de la zanja, y el dominio 344 magnético acarreado por la primera pared lateral 334 se extiende en una dirección sustancialmente paralela a la primera superficie 480 del sustrato 302 en una dirección de la anchura (b) ilustrada en la FIG. 3. En la vista específica de la FIG. 4, el dominio 344 magnético se extiende en perpendicular a la vista de la página (hacia fuera respecto de la página como se indica mediante una cabeza de flecha ("•") o dentro de la página, como se indica mediante una cola de una flecha ("**")).

La FIG. 5 es un diagrama 500 en sección transversal del dispositivo 300 de circuito de la FIG. 3 tomado a lo largo de la línea 5 - 5 de la FIG. 3. El diagrama 500 incluye un sustrato 302 que incorpora la primera capa 452 dieléctrica entre capas, la primera capa 454 de cubierta, la segunda capa 456 dieléctrica entre capas, la segunda capa 458 de cubierta, la tercera capa 460 de cubierta, la tercera capa 462 dieléctrica entre capas y la cuarta capa 464 dieléctrica entre capas. El sustrato 302 incluye la estructura 304 MTJ que incorpora el electrodo 306 de fondo, la pila 308 MTJ y el electrodo 310 central. El sustrato 302 incluye la tercera traza 330 de hilo acoplada a la segunda vía 318 lateral, la cual se extiende desde la tercera traza 330 de hilo hasta una primera porción del electrodo 306 de fondo. El sustrato 302 incluye también la segunda traza 328 de hilo acoplada a la vía 312 central, la cual se extiende desde la segunda traza 328 de hilo hasta el electrodo 310 central. El sustrato 302 incluye también la cuarta traza 332 de hilo acoplada a la cuarta vía 322 lateral, la cual se extiende desde la cuarta traza 332 de hilo hasta una segunda porción del electrodo 306 de fondo. La pila 308 MTJ incluye la segunda pared lateral 336 para acarrear el segundo dominio 346 magnético en la segunda porción de la capa libre, la tercera pared lateral 338 para acarrear el tercer dominio 348 magnético en la tercera porción de la capa libre y la pared 470 de fondo para acarrear el dominio 472 magnético de fondo en la porción de fondo de la capa libre.

En una forma de realización concreta, la pila 308 MTJ está adaptada para almacenar hasta cuatro valores de datos únicos, como por ejemplo cuatro valores de bit únicos. Un primer valor de bit puede estar representado por el primer dominio 344 magnético, un segundo valor de bit puede estar representado por el segundo dominio 346 magnético, un tercer valor de bit puede estar representado por el tercer dominio 348 magnético y un cuarto valor de bit puede estar representado por el dominio 472 magnético de fondo. En otra forma de realización concreta, una pared lateral puede estar incluida para acarrear un cuarto dominio magnético el cual puede representar un quinto valor de bit.

La FIG. 6 es una vista desde arriba de una forma de realización ilustrativa concreta de un dispositivo 600 de memoria que incluye un sustrato 602 que incorpora una célula 604 de unión túnel magnética (MTJ) que está

adaptada para almacenar múltiples bits. El sustrato 602 incluye una estructura 604 de unión túnel magnética que incorpora un electrodo 606 de fondo, una pila 608 MTJ y un electrodo 610 central. La estructura 604 MTJ tiene una longitud (a) y una anchura (b), en la que la longitud (a) es mayor que la anchura (b). El sustrato 602 incluye una primera vía 612 central y una segunda vía 614 central acopladas al electrodo 610 central. El sustrato 602 incluye también una primera vía 616 lateral, una segunda vía 618 lateral, una tercera vía 620 lateral, una cuarta vía 622 lateral y una quinta vía 624 lateral para acceder a la estructura 604 MTJ. El sustrato 602 incluye también una primera traza 626 de hilo acoplada a la primera vía 616 lateral, una segunda traza 628 de hilo acoplada a las primera y segunda vías 612 y 614 centrales, una tercera traza 630 de hilo acoplada a las segunda y tercera vías 618 y 620 laterales y una cuarta traza 632 de hilo acoplada a las cuarta y quinta vías 622 y 624 laterales. El sustrato 602 incluye también una abertura 635 de proceso para retirar la porción de la pared lateral del MTJ.

La pila 608 MTJ incluye una capa magnética fija (anclada por la capa AF (no mostrada)) que acarrea un primer dominio magnético fijo que presenta una orientación fija, una capa barrera túnel y una capa magnética libre que presenta un dominio magnético que puede ser modificado o programado por medio de una corriente de escritura. En una forma de realización concreta, la capa magnética fija de la pila 608 MTJ puede incluir una o más capas de las representadas en las FIGS. 1 y 2. La pila 608 MTJ incluye una primera pared lateral 634 para acarrear un primer dominio 644 magnético en una primera porción de la capa libre, una segunda pared lateral 636 para acarrear un segundo dominio 646 magnético en una segunda porción de la capa libre, y una tercera pared lateral 638 para acarrear un tercer dominio 648 magnético en una tercera porción de la capa libre. Los primero, segundo y tercer dominios 644, 646 y 648 magnéticos son independientes y están adaptados para almacenar valores de datos. En una forma de realización concreta, el primer dominio 644 magnético está adaptado para representar un primer valor de bit, el segundo dominio 646 magnético está adaptado para representar un segundo bit, y el tercer dominio 648 magnético está adaptado para representar un tercer valor de bit. Por ejemplo, un valor "0" está representado por una primera orientación mientras que un valor "1" está representado por una segunda orientación. En una forma de realización concreta, un valor "0" y un valor "1" pueden estar representados por una orientación paralela o antiparalela, respectivamente, con la capa fija.

La FIG. 7 es un diagrama 700 en sección transversal del dispositivo 600 de circuito de la FIG. 6 tomado a lo largo de la línea 7 - 7 en la FIG. 6. El diagrama 700 incluye un sustrato 602 que presenta una primera capa 750 dieléctrica entre capas; una segunda capa 752 dieléctrica entre capas, una primera capa 754 de cubierta, una tercera capa 756 dieléctrica entre capas, una segunda capa 758 de cubierta, una tercera capa 760 de cubierta, una cuarta capa 762 entre capas, y una quinta capa 764 dieléctrica entre capas. El sustrato 602 presenta una primera superficie 780 y una segunda superficie 790. El sustrato 602 incluye también la estructura 604 MTJ que incluye la pila 608 MTJ. El electrodo 606 de fondo y la pila 608 MTJ están dispuestas dentro de una zanja del sustrato 602. La zanja tiene una profundidad (d).

El sustrato 602 incluye una primera traza 626 de hilo dispuesta y diseñada en la segunda superficie 790. La primera traza 626 de hilo está acoplada a la primera vía 616 lateral, la cual se extiende desde la primera traza 626 de hilo hasta una porción del electrodo 626 de fondo. El sustrato 602 incluye también las segundas trazas 628 de hilo dispuestas y diseñadas en la primera superficie 780. La segunda traza 628 de hilo está acoplada a la primera vía 612 y 614 central, la cual se extiende desde la segunda traza 628 de hilo hasta el electrodo 610 central. El electrodo 610 central está acoplado a la pila 608 MTJ. El sustrato 602 incluye también la abertura 635 de proceso, la cual puede estar formada mediante la retirada selectiva de una película de cubierta y de un material dieléctrico entre capas dentro de la abertura 635 de procesamiento.

En una forma de realización concreta, la pila 608 MTJ incluye una pared lateral 634, la cual acarrea el primer dominio 644 magnético en la primera porción de la capa libre. El primer dominio 644 magnético está adaptado para representar el primer valor de bit. La pila 608 MTJ incluye también una pared 770 de fondo que presenta un dominio 772 magnético de fondo en una porción de fondo de la capa libre, la cual está adaptada para representar un cuarto valor de bit. En un ejemplo concreto, un valor de bit puede ser leído a partir de la pila 608 MTJ mediante la aplicación de una tensión sobre la segunda traza 628 de hilo y mediante la comparación de una corriente de la traza 626 con una corriente de referencia. Como alternativa, un valor de bit puede ser escrito en la pila 608 MTJ mediante la aplicación de una corriente de escritura entre las primera y segunda trazas 626 y 628 de hilo. En una forma de realización concreta, la longitud (a) y la anchura (b) de la pila 608 MTJ ilustrada en la FIG. 6 son mayores que la profundidad (d) de la zanja, y el dominio 644 magnético acarreado por la primera pared lateral 646 se extiende en una dirección sustancialmente paralela con la primera superficie 780 del sustrato 602 y en una dirección de la anchura (b) ilustrada en la FIG. 6. En la vista concreta de la FIG. 7, el dominio 644 magnético se extiende en particular respecto de la vista de la página (hacia fuera de la página como se indica mediante la cabeza de flecha ("•") o en la página según se indica mediante una cola de una flecha ("***")).

La FIG. 8 es un diagrama 800 en sección transversal del dispositivo 600 de circuito de la FIG. 6 tomado a lo largo de la línea 8 - 8 de la FIG. 6. El diagrama 800 incluye el sustrato 602 que presenta una primera capa 750 dieléctrica entre capas, una segunda capa 752 dieléctrica entre capas, una primera capa 754 de cubierta, una tercera capa 756 dieléctrica entre capas, una segunda capa 758 de cubierta, una tercera capa 760 de cubierta, una cuarta capa 762 dieléctrica entre capas, una quinta capa 764 dieléctrica entre capas. El sustrato 602 presenta una primera superficie 780 y una segunda superficie 790. El sustrato 602 incluye la estructura 604 MTJ que incorpora el electrodo 606 de fondo, la pila 608 MTJ y el electrodo 610 central. El sustrato 602 incluye la tercera traza 630 de hilo dispuesta en la

tercera superficie 790. La tercera traza 630 de hilo está acoplada a la segunda vía 618 lateral, la cual se extiende desde la tercera traza 630 de hilo hasta una primera porción del electrodo 606 de fondo. El sustrato 602 incluye también la segunda traza 628 de hilo dispuesta en la primera superficie 780. La segunda traza 628 de hilo está acoplada a la vía 612 central, la cual se extiende desde la segunda traza 628 de hilo hasta el electrodo 610 central.

5 El sustrato 602 incluye también la cuarta traza 632 de hilo dispuesta en la segunda superficie 790. La cuarta traza de hilo está acoplada a la cuarta vía 622 lateral, la cual se extiende desde la cuarta traza 632 de hilo hasta una segunda porción del electrodo 606 de fondo. La pila 608 MTJ incluye la segunda pared lateral 636 para acarrear el segundo dominio 646 magnético en la segunda porción de la capa libre, la tercera pared lateral 638 para acarrear el tercer dominio 648 magnético en la tercera porción de la capa libre y la pared 770 de fondo para acarrear el dominio

10 772 magnético de fondo en la porción de fondo de la capa libre.

En una forma de realización concreta, la pila 608 MTJ está adaptada para almacenar hasta cuatro valores de datos únicos. Un primer valor de bit puede estar representado por el primer dominio 644 magnético en la primera porción de la capa libre, un segundo valor de bit puede estar representado por el segundo dominio 646 magnético en la segunda porción de la capa libre, un tercer valor de bit puede estar representado por el tercer dominio 648 magnético en la tercera porción de la capa libre, y un cuarto valor de bit puede estar representado por el dominio

15 772 magnético de fondo en la porción de fondo de la capa libre. En otra forma de realización concreta, una cuarta pared lateral puede estar incluida para acarrear un cuarto dominio magnético, el cual puede representar un quinto valor de bit.

La FIG. 9 es una vista desde arriba de una forma de realización concreta de un dispositivo 900 de memoria que incluye un sustrato 902 que incorpora una célula 904 de unión túnel magnética MTJ que está adaptada para almacenar múltiples bits de datos. El sustrato 902 incluye una estructura 904 de unión túnel magnética (MJT) que incorpora un electrodo 906 de fondo, una pila 908 MTJ y un electrodo 910 central. La estructura 904 tiene una longitud (a) y una anchura (b), en las que la longitud (a) es mayor que la anchura (b). El sustrato 902 incluye una primera vía 912 central y una segunda vía 914 central que están acopladas al electrodo 910 central. El sustrato 902

20 incluye también una primera vía 916 lateral una segunda vía 918 lateral, una tercera vía 920 lateral, una cuarta vía 922 lateral y una quinta vía 924 lateral para acceder a la estructura 904 MTJ. El sustrato 902 incluye también una primera traza 926 de hilo acoplada a la primera vía 916 lateral, una segunda traza 928 de hilo acoplada a las primera y segunda vías 912 y 914 centrales, una tercera traza 930 de hilo acopladas a las segunda y tercera vías 918 y 920 laterales, una cuarta traza 932 de hilo acoplada a las cuarta y quinta vía 922 y 924 laterales y una quinta traza 931 de hilo. El sustrato 902 incluye también una abertura 935 de proceso para retirar una porción de la pared lateral MTJ.

La pila 908 MTJ incluye una capa magnética fija que puede quedar anclada por una capa antiferromagnética (AF) (no mostrada) y que acarrea un primer dominio magnético fijo que presenta una capa fija, una capa barrera túnel y una capa magnética libre que incorpora un dominio magnético que puede ser modificado o programado por medio de una corriente de escritura. En una forma de realización concreta, la capa magnética fija de la pila 908 MTJ puede incluir una o más capas. La pila 908 MTJ incluye una primera pared lateral 934 para acarrear un primer dominio 944 magnético en una primera porción de la capa libre, una segunda pared lateral 936 para acarrear un segundo dominio 946 magnético en una segunda porción de la capa libre y una tercera pared lateral 938 para acarrear un tercer dominio 948 magnético en una tercera porción de la capa libre. Los primero, segundo y tercer dominios 944, 946 y 948 magnéticos son independientes y están adaptados para almacenar valores de datos. En una forma de realización concreta, el primer dominio 944 magnético está adaptado para representar un primer valor de bit, el segundo dominio 946 magnético está adaptado para representar un segundo valor de bit y el tercer dominio 948 está adaptado para representar un tercer valor de bit. En general, la orientación de los dominios 944, 946 y 948 magnéticos está determinada por una primera orientación mientras que un valor "1" está representado por una segunda orientación. En una forma de realización concreta, un valor "0" y un valor "1" pueden estar representados por una orientación paralela o antiparalela, respectivamente, con la capa fija.

35 40 45

La FIG. 10 es un diagrama 1000 en sección transversal del dispositivo 900 de circuito de la FIG. 9 tomado a lo largo de la línea 10 - 10 de la FIG. 9. El diagrama 1000 incluye el sustrato 902 que incorpora una primera capa 1050 dieléctrica entre capas, una segunda capa 1052 dieléctrica entre capas, una primera capa 1054 de cubierta, una

50 tercera capa 1056 dieléctrica entre capas, una segunda capa 1058 de cubierta, una tercera capa 1060 de cubierta, una cuarta capa 1062 dieléctrica entre capas y una quinta capa 1064 dieléctrica entre capas. El sustrato 902 presenta una primera superficie 1080 y una segunda superficie 1090. El sustrato 902 incluye también la estructura 904 MTJ que incluye la pila 908 MTJ. El electrodo 906 de fondo y la pila 908 MTJ están dispuestos dentro de una zanja del sustrato 902. La zanja tiene una profundidad (d).

El sustrato 902 incluye la primera traza 926 de hilo dispuesta y diseñada en la segunda superficie 1090. La primera traza 926 de hilo está acoplada a la primera vía 916 lateral, la cual se extiende desde la primera traza 926 de hilo hasta una porción del electrodo 906 de fondo. El sustrato 902 también incluye la segunda traza 928 de hilo dispuesta y diseñada en la primera superficie 1080. La segunda traza 928 de hilo está acoplada a las primera y segunda vías 912 y 914 centrales, las cuales se extienden desde la segunda traza 928 de hilo hasta el electrodo 910 central. El electrodo 910 central está acoplado a la pila 908 MTJ. El sustrato 902 incluye también la quinta traza 931 de hilo dispuesta en la segunda superficie 1090. La quinta traza 931 de hilo está acoplada a las vías 1066 y 1068 de fondo, las cuales se extienden desde la quinta traza 931 de hilo hasta el electrodo 906 de fondo adyacente a la pared 1070

55 60

de fondo. El sustrato 902 incluye también la abertura 935 de proceso, la cual puede estar formada mediante la retirada selectiva de una porción de la estructura 904 MTJ y mediante la deposición de una capa de cubierta y de un material dieléctrico entre capas dentro de la abertura 935 de procesamiento.

En una forma de realización concreta, la pila 908 MTJ incluye una primera pared lateral 934, la cual acarrea el primer dominio 944 magnético en la primera porción de la capa libre. El primer dominio 944 magnético está adaptado para representar el primer valor de bit. La pila 908 MTJ incluye también una pared 1070 de fondo que presenta un dominio 1072 magnético de fondo en una porción de fondo de la capa libre, la cual está adaptada para representar un cuarto valor de bit. En un ejemplo concreto, un valor de datos puede ser leído en la pila 908 MTJ mediante la aplicación de una tensión a la segunda traza 928 de hilo y mediante la comparación de una corriente en la primera traza 926 de hilo y / o en la quinta traza 931 de hilo con una corriente de referencia. Como alternativa un valor de bit puede ser escrito en la pila 908 MTJ mediante la aplicación de una corriente de escritura entre las primera, segunda y quinta trazas 926, 928 y 931 de hilo. En una forma de realización concreta, la longitud (a) y la anchura (b) de la pila 908 MTJ ilustradas en la FIG. 9 son mayores que la profundidad (d) de la zanja, y el dominio 944 magnético acarreado por la primera pared lateral 934 se extiende en una dirección sustancialmente paralela a la primera superficie 1080 del sustrato 902 en una dirección de la anchura (b) ilustrada en la FIG. 9. En la vista en concreta de la FIG. 10, el dominio 944 magnético se extiende en perpendicular con relación a la vista de la página (hacia fuera de la página) como se indica mediante una cabeza de flecha ("•") o dentro de la página como se indica mediante una cola de una flecha ("*").

La FIG. 11 es un diagrama 1100 en sección transversal del dispositivo 900 de circuito de la FIG. 9 tomado a lo largo de la línea 11 - 11 de la FIG. 9. El diagrama 1100 incluye el sustrato 902 que presenta una primera capa 1050 dieléctrica entre capas, una segunda capa 1052 dieléctrica entre capas, una primera capa 1054 de cubierta, una tercera capa 1056 dieléctrica entre capas, una segunda capa 1058 de cubierta, una tercera capa 1060 de cubierta, una cuarta capa 1062 dieléctrica entre capas y una quinta capa 1064 dieléctrica entre capas. El sustrato 902 presenta una primera superficie 1080 y una segunda superficie 1090. El sustrato 902 incluye la estructura 904 MTJ que presenta el electrodo 906 de fondo, la pila 908 MTJ y el electrodo 910 central. El sustrato 902 incluye la tercera traza 930 de hilo, la segunda traza 928 de hilo y la cuarta traza 932 de hilo en la primera superficie 1080. La tercera traza 930 de hilo está acoplada a la segunda vía 918 lateral, la cual se extiende desde la tercera traza 930 de hilo hasta una primera porción del electrodo 906 de fondo. La segunda traza 928 de hilo está acoplada a la vía 912 central, la cual se extiende desde la segunda traza 928 de hilo hasta el electrodo 910 central. La cuarta traza de hilo está acoplada a la cuarta vía 922 lateral, la cual se extiende desde la cuarta traza 932 de hilo hasta una segunda porción del electrodo 906 de fondo. El sustrato 902 incluye la tercera traza 931 de hilo en una segunda superficie 1090. La quinta traza 931 de hilo está acoplada a la vía 1066 de fondo, la cual se extiende desde la quinta traza 931 de hilo hasta una porción del electrodo 906 de fondo adyacente a la pared 1070 de fondo. La pila 908 MTJ incluye la segunda pared lateral 936 que acarrea el segundo dominio 946 magnético en la segunda porción de la capa libre, la tercera pared lateral 938 que acarrea el tercer dominio 948 magnético en la tercera porción de la capa libre y la pared 1070 de fondo que acarrea el dominio 1072 magnético de fondo en la porción de fondo de la capa libre.

En una forma de realización concreta, la pila 908 MTJ está adaptada para almacenar hasta cuatro valores de bits únicos. Un primer valor de bit puede estar representado por el primer dominio 944 magnético en la primera porción de la capa libre, un segundo valor de bit puede estar representado por el segundo dominio 946 magnético en la segunda porción de capa libre, un tercer valor de bit puede estar representado por el tercer dominio 948 magnético en la tercera porción de la capa libre y un cuarto valor de bit puede estar representado por el dominio 1072 magnético de fondo en la porción de fondo de la capa libre. En otra forma de realización concreta, una cuarta pared lateral puede estar incluida para acarrear un cuarto dominio magnético, el cual puede representar un quinto valor de bit.

La FIG. 12 es una vista desde arriba de una forma de realización ilustrativa concreta de un dispositivo 1200 de memoria que incluye un sustrato 1202 que incorpora una célula 1204 de unión túnel magnética (MTJ) que está adaptada para almacenar múltiples bits de datos. El sustrato 1202 incluye una estructura 1204 de unión túnel magnética que presenta un electrodo 1206 de fondo, una pila 1208 MTJ y un electrodo 1210 central. La estructura 1204 MTJ presenta una longitud (a) y una anchura (b), en las que la longitud (a) es mayor que la anchura (b). El sustrato 1202 incluye una primera vía 1212 central y una segunda vía 1214 central que están acopladas al electrodo 1210 central. El sustrato 1202 incluye también una primera traza 1226 de hilo y una segunda traza 1228 de hilo. La traza 1228 de hilo está acoplada a las primera y segunda vías 1212 y 1214 centrales. El sustrato 1202 incluye también una abertura 1235 de proceso para retirar una porción de la pared lateral MTJ.

La pila 1208 MTJ incluye una capa magnética fija que puede ser fijada por una capa antiferromagnética (AF) (no mostrada) y que acarrea un dominio magnético fijo que presenta una orientación fija, una capa barrera túnel y una clapa magnética libre que presenta un dominio magnético que puede ser modificado o programado por medio de una corriente de escritura. En una forma de realización concreta, el capa magnética fija de la pila 1208 MTJ puede incluir una o más capas. La pila 1208 MTJ incluye una primera pared lateral 1234 para acarrear el primer dominio 1244 magnético en una primera porción de la capa, una segunda pared lateral 1236 para acarrear un segundo dominio 1246 magnético en una segunda porción de la capa libre y una tercera pared lateral 1238 para acarrear un tercer dominio 1248 magnético en una tercera porción de la capa libre. Los primero, segundo y tercer dominios 1244, 1246 y 1248 magnéticos son independiente y están adaptados para almacenar valores de datos. En una

forma de realización concreta, el primer dominio 1244 magnético está adaptado para representar un primer valor de bit, el segundo dominio 1246 magnético está adaptado para representar un tercer valor de bit y el tercer dominio 1248 magnético está adaptado para representar un tercer valor de bit.

La FIG. 13 es un diagrama 1300 en sección transversal del dispositivo 1200 de circuito de la FIG. 12 tomado a lo largo de la línea 13 - 13 de la FIG. 12. El diagrama 1300 incluye el sustrato 1202 que presenta una primera capa 1350 dieléctrica entre capas, una segunda capa 1352 dieléctrica entre capas, una primera capa 1354 de cubierta, una tercera capa 1356 dieléctrica entre capas, una segunda capa 1358 de cubierta, una tercera capa 1360 de cubierta, una cuarta capa 1362 dieléctrica entre capas, y una quinta capa 1364 dieléctrica entre capas. El sustrato 1202 presenta una primera superficie 1380 y una segunda superficie 1390. El sustrato 1202 incluye también la estructura 1204 MTJ que incluye la pila 1208 MTJ. El electrodo 1206 de fondo y la pila 1208 MTJ están dispuestos dentro de una zanja del sustrato 1202. La zanja tiene una profundidad (d). La pila 1208 MTJ incluye la primera pared lateral 1234 que acarrea el primer dominio 1244 magnético en la primera porción de la capa libre y la pared 1370 de fondo que acarrea un dominio 1372 magnético de fondo en una porción de fondo de la capa libre.

El sustrato 1202 incluye la primera traza 1226 de hilo dispuesta en la segunda superficie 1390. La primera traza 1226 de hilo está acoplada a las vías 1366 y 1368 de fondo, las cuales se extienden desde la primera traza 1226 de hilo hasta una porción del electrodo 1206 de fondo adyacente a la pared 1370 de fondo. El sustrato 1202 incluye también la segunda traza 1228 de hilo en la primera superficie 1380. La segunda traza 1228 de hilo está acoplada a las primera y segunda vías 1212 y 1214 centrales, las cuales se extienden desde la segunda traza 1228 hasta el electrodo 1210 central. El electrodo 1210 central está acoplado a la pila 1208 MTJ. El sustrato 1202 incluye también la abertura 1235 de proceso, la cual puede ser formada retirando de manera selectiva una porción de la estructura 1204 MTJ y depositando una capa de cubierta y un material eléctrico entre capas dentro de la abertura 1235 de procesamiento.

En una forma de realización concreta, la pila 1208 MTJ incluye la primera pared lateral 1234, la cual acarrea el primer dominio 1244 magnético, en la primera porción de la capa libre. El primer dominio 1244 magnético está adaptado para representar el primer valor de bit. La pila 1208 MTJ incluye también una pared 1370 de fondo que presenta un dominio 1372 magnético de fondo en la porción de fondo en la capa libre, la cual está adaptada para representar un cuarto valor de bit. En un ejemplo concreto, un valor de bit puede ser leído en la pila 1208 MTJ aplicando una tensión a la segunda traza 1228 de hilo y comparando una corriente existente en la primera traza 1226 de hilo con una corriente de referencia. Como alternativa, un valor de bit puede ser escrito en la pila 1208 MTJ aplicando una corriente de escritura entre las primera y segunda trazas 1226 y 1228 de hilo. En una forma de realización concreta, la longitud (a) y la anchura (b) de la pila 1208 MTJ ilustrada en la FIG. 12 son mayores que la profundidad (d) de la zanja, y el dominio 1244 magnético acarreado por la primera pared lateral 1234 se extiende en una dirección sustancialmente paralela a la primera superficie 1380 del sustrato 1202 y en una dirección de la anchura (b) ilustrada en la FIG. 12. En una vista concreta de la FIG. 13, el dominio 1244 de dominio magnético se extiende en perpendicular a la vista de la página (hacia fuera de la página como se indica mediante una cabeza de flecha ("•") o dentro de la página como se indica mediante una cola de una flecha ("*")).

La FIG. 14 es un diagrama 1400 en sección transversal del dispositivo 1200 de circuito de la FIG. 12 tomado a lo largo de la línea 14 - 14 de la FIG. 12. El diagrama 1400 incluye el sustrato 1202 que presenta una primera capa 1350 dieléctrica entre capas, una segunda capa 1352 dieléctrica entre capas, una primera capa 1354 de cubierta, una tercera capa 1356 dieléctrica entre capas, una segunda capa 1358 de cubierta, una tercera capa 1360 de cubierta, una cuarta capa 1362 entre capas y una quinta capa 1364 dieléctrica entre capas. El sustrato 1202 presenta una primera superficie 1380 y una segunda superficie 1390. El sustrato 1202 incluye la estructura 1204 MTJ que presenta el electrodo 1206 de fondo, la pila 1208 MTJ y el electrodo 1210 central. El sustrato 1202 incluye la segunda traza 1228 de hilo en la primera superficie 1380 e incluye la primera traza 1226 de hilo en la segunda superficie 1390. La primera traza 1226 de hilo está acoplada a la vía 1366 de fondo la cual se extiende desde la primera traza 1226 de hilo hasta una porción del electrodo 1206 de fondo adyacente a la pared 1370 de fondo. La segunda traza 1228 de hilo está acoplada a la vía 1212 central, la cual se extiende desde la segunda traza 1228 de hilo hasta el electrodo 1210 central. La pila 1208 MTJ incluye la segunda pared lateral 1236 que acarrea el segundo dominio 1246 magnético en la segunda porción de la capa libre, la tercera pared lateral 1278 que acarrea el tercer dominio 1248 magnético en la tercera porción de la capa libre, y la pared 1370 de fondo que acarrea el dominio 1372 magnético de fondo en la porción de fondo de la capa libre.

En una forma de realización concreta, la pila 1208 MTJ está adaptada para almacenar hasta cuatro valores de datos únicos. Un primer valor de bit puede estar representado por el primer dominio 1244 magnético en la primera porción de la capa libre, un segundo valor de bit puede estar representado por el dominio 1246 magnético en la segunda porción de la capa libre, un tercer valor de bit puede estar representado por el tercer dominio 1248 magnético en la tercera porción de la capa libre y un cuarto valor de bit puede estar representado por el dominio 1372 magnético en la porción de fondo de la capa libre. En otra forma de realización concreta, una cuarta pared lateral puede estar incluida para acarrear un cuarto dominio magnético, el cual puede representar un quinto valor de bit. En una forma de realización concreta, solo el cuarto bit es accesible por medio de las trazas 1226 y 128 de hilo.

La FIG. 15 es una vista desde arriba de una capa 1500 libre de una pila de unión túnel magnética (MTJ) adaptada para almacenar múltiples bits de datos. En este ejemplo, la capa libre 1500 se ilustra en un estado de cero bits,

donde cada uno de los dominios magnéticos está orientado para representar un valor cero. La capa 1500 libre incluye una primera pared lateral 1502, una segunda pared lateral 1504, una tercera pared lateral 1506 y una pared 1508 de fondo. Cada una de las paredes laterales 1502, 1504 y 1506 y la pared 1508 de fondo acarrean un respectivo dominio magnético configurado para representar un valor de bit, por ejemplo, un valor de "1" o de "0". La primera pared lateral 1502 acarrea un primer dominio 1512 magnético. La segunda pared lateral 1504 acarrea un segundo dominio 1514 magnético. La tercera pared lateral 1506 acarrea un tercer dominio 1516 magnético. La pared 1508 de fondo acarrea un cuarto dominio 1518 magnético.

El primer dominio 1512 magnético de la primera pared lateral 1502 está separado del segundo dominio 1514 magnético de la segunda pared lateral 1504 por una primera barrera 1530 de dominio. De modo similar, el primer dominio 1512 magnético de la primera pared lateral 1502 está separado del tercer dominio 1516 magnético de la tercera pared lateral 1506 por una segunda barrera 1532 de dominio. En general, la primera barrera 1530 de dominio y la segunda barrera 1532 de dominio representan paredes de dominio, las cuales son superficies de contacto que separan dominios magnéticos, por ejemplo, los dominios 1512, 1514, 1516 y 1518, magnéticos, respectivamente. Dichas barreras 1530 y 1532 de dominio representan una transición entre los diferentes momentos magnéticos. En una forma de realización concreta, las primera y segunda barreras 1530 y 1532 de dominio pueden representar un cambio en un momento magnético cuando un campo magnético experimente un desplazamiento angular de aproximadamente 90 o 270 grados.

La dirección de un campo magnético asociado con el primer dominio 1512 magnético (esto es, una dirección de un campo magnético dentro de una capa libre) en la primera cara lateral 1502 puede ser alterada utilizando una primera corriente 1522 de escritura. De modo similar, una dirección de un campo magnético asociado con el segundo dominio 1514 magnético acarreado por la pared lateral 1504 puede ser alterada utilizando una segunda corriente 1524 de escritura. Una dirección de un campo magnético asociado con el tercer dominio 1516 magnético acarreado por la tercera pared lateral 1506 puede ser alterada utilizando una tercera corriente 1526 de escritura. Una dirección de un campo magnético asociado con el cuarto dominio 1518 magnético acarreado por la pared lateral 1508 de fondo puede ser alterada utilizando una cuarta corriente 1528 de escritura.

En general, la dirección relativa del campo acarreado por la capa 1500 libre con respecto a un campo magnético asociado con una capa fija de la pila de unión túnel magnética (MTJ) determina el valor de bit almacenado por esa concreta pared lateral 1502, 1504 o 1506 o por la pared 1508 de fondo. En el ejemplo mostrado, la orientación magnética del dominio magnético asociado con la capa fija y las orientaciones de la capa libre de los dominios 1512, 1514, 1516 y 1518 magnéticos están en paralelo (como se ilustra mediante los campos magnéticos 1614 y 1616 en la FIG. 16). Por consiguiente, cada una de las corrientes 1522, 1524, 1526 y 1528 de escritura representan corrientes de escritura "0", colocando la pila MTJ en un estado de bit de "0".

La FIG. 16 es un diagrama de bloques de una estructura 1600 de unión túnel magnética. La estructura 1600 MTJ incluye un electrodo 1602 superior, una capa 1604 libre, una barrera 1606 túnel de unión túnel magnética, una capa 1608 fija, una capa antiferromagnética (AF) (no mostrada) y un electrodo 1610 de fondo. En general, el electrodo 1602 superior y el electrodo 1610 de fondo son capas eléctricamente conductoras adaptadas para acarrear una corriente eléctrica. La capa 1608 fija es una capa ferromagnética que ha sido recocida para quedar anclada mediante la capa AF para fijar una dirección de un campo 1616 magnético dentro de la capa 1608 fija. La capa 1604 libre es una capa ferromagnética que presenta un campo magnético con una orientación que puede ser modificada por una corriente de escritura. La barrera túnel MTJ o la capa 1606 barrera puede estar formada por un óxido (por ejemplo, MgO , Al_2O_3 , como ejemplos ilustrativos) u otro material diamagnético. La dirección de un campo 1614 magnético dentro de la capa 1604 libre puede ser modificada utilizando la corriente de escritura.

Una dirección de los campos magnéticos de la capa 1604 libre con respecto al campo magnético fijo de la capa 1608 fija indica si el bit almacenado en la capa 1604 libre de la concreta célula 1600 MTJ es un valor de bit de "1" o un valor de bit de "0". La dirección magnética del campo magnético de la capa 1604 libre, indicada globalmente mediante la referencia numeral 1614 puede ser utilizada modificando una corriente 1612 de escritura. Como se muestra, la corriente de escritura representa una corriente de escritura cero que fluye desde el electrodo 1602 superior a través de la capa 1604 libre a través de la barrera 1606 de unión túnel magnética a través de la capa 1608 fija y a través del electrodo 1610 de fondo.

La FIG. 17 es una vista 1700 en sección transversal de la capa 1500 libre de la pila MTJ tomada a lo largo de la línea 17 - 17 de la FIG. 15. La capa 1500 libre incluye la primera pared lateral 1502 y la pared 1508 de fondo. En este ejemplo, una dirección de un primer campo magnético acarreado por el dominio 1512 magnético en la primera pared lateral 1502 se extiende en un ángulo perpendicular a la página y en una dirección correspondiente a la fecha 1512 ilustrada en la FIG. 15. El cuarto dominio 1518 magnético asociado con la pared 1508 de fondo se extiende en una dirección sustancialmente paralela a una superficie del sustrato.

La capa 1500 libre incluye una primera porción 1740, una primera barrera (pared) 1742 dominio y una segunda barrera 1744 de dominio. En un ejemplo concreto, la primera barrera 1742 de dominio separa el primer dominio 1512 magnético de la primera porción 1740 y la segunda barrera 1744 de dominio separa el primer dominio 1512 magnético del cuarto dominio 1518 magnético asociado con la pared 1508 de fondo. En una concreta forma de realización, las primera y segunda barreras 1742 y 1744 de dominio pueden corresponder a unas superficies de

contacto estructurales entre la primera pared lateral 1502 y la primera porción 1740 y entre la primera pared lateral 1502 y la pared 1508 de fondo, respectivamente. El primer dominio 1512 magnético puede ser configurado utilizando la corriente 1522 de escritura. El cuarto dominio 1518 magnético puede ser configurado utilizando la corriente 1528 de escritura. En una particular forma de realización, los primero y cuarto dominios 1512 y 1518 magnéticos pueden representar valores de bit únicos.

La FIG. 18 es un diagrama de una vista en sección transversal 1800 de la capa 1500 libre de la pila MTJ tomada a lo largo de las líneas 18 - 18 de la FIG. 15. La capa 1500 libre incluye las primera y tercera paredes laterales 1504 y 1506 y la pared 1508 de fondo. En este concreto ejemplo, la capa 1500 libre incluye una segunda porción 1850, una tercera barrera 1852 de dominio magnético, una cuarta barrera 1854 de dominio magnético, una quinta barrera 1856 de dominio magnético una sexta barrera 1858 de dominio magnético y una tercera porción 1860. La segunda y tercera barreras (o paredes) 1852 y 1854 de dominio magnético aíslan el segundo dominio 1546 magnético acarreado por la segunda pared lateral 1506 de la segunda porción 1850 y del cuarto dominio 1518 magnético acarreado por la pared 1508 de fondo que aísla la tercera pared lateral 1504 de la tercera porción 1860 y del cuarto dominio 1518 magnético asociado con la pared 1508 de fondo. En una concreta forma de realización, las segunda, cuarta y quinta barreras 1744, 1854 y 1856 de dominio magnético pueden corresponder a superficies de contacto estructurales entre las paredes laterales 1502, 1504 y 1506 y la pared 1508 de fondo.

En una concreta forma de realización ilustrativa, la capa 1500 ilustrada en las FIGs. 15, 17 y 18 es una porción de una pila de unión túnel magnética (MTJ) que está adaptada para almacenar hasta cuatro bits, los cuales pueden estar representados por los campos 1512, 1514, 1516 y 1518 magnéticos.

La FIG. 19 es una vista desde arriba de una capa 1900 libre de una pila de unión túnel magnética (MTJ) adaptada para almacenar múltiples bits. En este ejemplo, la capa 1900 libre se ilustra en un estado de bit de "1" en el que cada uno de los dominios magnéticos está orientado para representar un valor de lógica alta o bit "1". La capa 1900 libre incluye una primera pared lateral 1902, una segunda pared lateral 1904, una tercera pared lateral 1906, y una pared 1908 de fondo. Cada una de las pared laterales 1902, 1904 y 1906, y la pared 1908 de fondo, acarrea un respectivo dominio magnético en unas correspondientes porciones de la capa libre que está configurada para representar un valor de bit, por ejemplo un valor de "1" o de "0". La primera pared lateral 1902 acarrea un primer dominio 1912 magnético en una primera porción de la capa libre. La segunda pared lateral 1904 acarrea un segundo dominio 1914 magnético en una segunda porción de la capa libre. La tercera pared 1906 acarrea un tercer dominio 1916 magnético en una tercera porción de la segunda capa. La porción 1908 de fondo acarrea un cuarto dominio 1918 magnético en la porción de fondo de la capa libre.

El primer dominio 1912 magnético de la primera pared lateral 1902 está separado del segundo dominio 1914 magnético de la segunda pared lateral 1904 por una primera barrera 1930 de dominio. De modo similar, el primer dominio 1912 magnético de la primera pared lateral 1902 está separado del tercer dominio 1916 magnético de la tercera pared lateral 1906 por una segunda barrera 1932 de dominio. En general, la primera barrera 1930 de dominio y la segunda barrera 1932 de dominio representan paredes de dominio, que son superficies de contacto que separan dominios magnéticos, por ejemplo, los dominios 1912, 1914, 1916 y 1918 magnéticos, respectivamente. Dichas barreras 1930 y 1932 de dominio representan una transición entre momentos magnéticos diferentes. En una forma de realización concreta, las primera y segunda barreras 1930 y 1932 de dominio pueden representar un cambio en un momento magnético en el que un campo magnético experimente un desplazamiento angular de aproximadamente de 90 o 270 grados.

La dirección de un campo magnético asociado con el primer dominio 1912 (esto es, una dirección de un campo magnético dentro de una capa libre) en la primera pared lateral 1902 puede ser alterada utilizando una primera corriente 1922 de escritura. De modo similar, una dirección de un campo magnético asociado con el segundo dominio 1914 magnético acarreado por la primera pared lateral 1904 puede ser alterada utilizando una segunda corriente 1924 de escritura. Una dirección de un campo magnético asociado con el tercer dominio 1916 magnético soportado por la tercera pared lateral 1906 puede ser alterada utilizando una tercera corriente 1926 de escritura. Una dirección de un campo magnético asociado con el cuarto dominio 1918 magnético acarreado por la pared 1908 de fondo puede ser alterada utilizando una cuarta corriente 1928 de escritura.

En general, una dirección relativa del campo magnético acarreado por la capa 1900 libre con respecto a un campo magnético fijo asociado con una capa fija de la pila de unión túnel magnética (MTJ) determina el valor de bit almacenado por esa concreta pared lateral 1902, 1904 o 1906 o por la pared 1908 de fondo. En el ejemplo mostrado, la orientación magnética del dominio magnético asociado con la capa fija y las orientaciones de los dominios 1912, 1914, 1916 y 1918 magnéticos de la capa libre son antiparalelas (como se ilustra por los campos magnéticos 2014 y 2016 de la FIG. 20). Por consiguiente, cada una de las corrientes 1922, 1924, 1926 y 1928 de escritura representan corrientes de escritura "1", colocando la pila MTJ en un estado de lógica alta o de bit "1".

La FIG. 20 es un diagrama de bloques de una estructura 2000 de unión túnel magnética. La estructura 2000 MTJ incluye un electrodo 2002 superior, una capa 2004 libre, una barrera 2006 de túnel de unión túnel magnética, una capa 2008 fija y un electrodo 2010 de fondo. En general, el electrodo 2002 superior y el electrodo 2010 de fondo son capas eléctricamente conductoras adaptadas para acarrear una corriente eléctrica. La capa 2008 fija es una capa ferromagnética que ha sido recocida para fijar una dirección de un campo 2016 magnético dentro de la capa 2008

fija. La capa 2004 libre es una capa ferromagnética que no ha sido recocida. La barrera túnel MTJ o capa 2006 barrera puede estar formada a partir de un óxido u otro material antiferromagnético. La dirección de un campo 2014 magnético dentro de la capa 2004 libre puede ser modificada utilizando la corriente de escritura.

Una dirección de los campos magnéticos de la capa 2004 libre con respecto al campo magnético fijo de la capa 2008 fija indica si el bit almacenado en la capa 2004 libre de la concreta célula 2000 MTJ es un valor de bit de "1" o un valor de bit de "0". La dirección magnética del campo magnético de la capa 2004 libre, indicada globalmente mediante la referencia numeral 2014, puede ser modificada utilizando una corriente 2012 de escritura. Como se muestra, la corriente de escritura representa una corriente de escritura 1 que fluye desde el electrodo 2010 de fondo a través de la capa 2008 a través de la barrera 2006 de unión túnel magnética de unión túnel magnética a través de la capa 2004 libre y a través del electrodo 2002 superior.

La FIG. 21 es una vista 2100 en sección transversal de la capa 1900 libre de la pila MTJ tomada a lo largo de la línea 21 - 21 de la FIG. 19. La capa 1900 libre incluye la primera pared lateral 1902 y la pared 1908 de fondo. En este ejemplo, la dirección de un primer campo magnético acarreado por el dominio 1912 magnético en una primera pared lateral 1902 se extiende en un ángulo perpendicular a la página y en una dirección correspondiente a la flecha 1912 ilustrada en la FIG. 11. El cuarto dominio 1918 magnético asociado con la pared 1908 de fondo se extiende en una dirección sustancialmente paralela a una superficie del sustrato.

La capa 1900 libre incluye una primera porción 2140, una primera barrera (pared) 2142 de dominio y una segunda pared barrera 2144 de dominio. En un ejemplo concreto, la primera barrera 2142 de dominio separa el primer dominio 1912 magnético de la primera porción 2140 y la segunda barrera 2144 de dominio separa el primer dominio 1912 magnético del cuarto dominio 1918 magnético asociado con la pared 1908 de fondo. En una forma de realización concreta, las primera y segunda barreras 2142 y 2144 de dominio pueden corresponder a superficies de contacto estructurales entre la primera pared lateral 1902 y la primera porción 2140 y entre la primera pared lateral 1902 y la pared 1908 de fondo, respectivamente. El primer dominio 1912 magnético puede ser configurado utilizando la corriente 1922 de escritura. El cuarto dominio 1918 magnético puede ser configurado utilizando la corriente 1928 de escritura. En una forma de realización concreta, los primero y cuarto dominios 1912 y 1918 magnéticos pueden representar valores de bit únicos.

La FIG. 22 es un diagrama de una vista 2200 en sección transversal de la capa 1900 libre de la pila MTJ tomada a lo largo de las líneas 22 - 22 de la FIG. 19. La capa 1900 libre incluye las segunda y tercera paredes laterales 1904 y 1906 y la pared 1908 de fondo. En este ejemplo concreto, la capa 1900 libre incluye una segunda porción 2250, una tercera barrera 2252 de dominio magnética, una cuarta barrera 2254 de dominio magnética, una quinta barrera 2256 de dominio magnética, una sexta barrera 2258 de dominio magnética y una tercera porción 2260. Las segunda y tercera barreras (o paredes) 2252 y 2254 de dominio magnéticas aíslan el segundo dominio 1916 magnético acarreado por la segunda pared lateral 1906 desde la segunda porción 2250 y desde el cuarto dominio 1918 magnético acarreado por la pared 1908 de fondo aíslan la tercera pared lateral 1904 de la tercera porción 2260 y del cuarto dominio 1918 magnético asociado con la pared 1908 de fondo. En una forma de realización concreta, las segunda, cuarta y quinta barreras 2144, 2254 y 2256 de barrera pueden corresponder a superficies de contacto estructurales respectivas entre las paredes laterales 1902, 1904 y 1906 y la pared 1908 de fondo.

En una forma de realización ilustrativa concreta, la capa 1900 libre ilustrada en las FIGs. 19, 21 y 22 es una poción de una pila de unión túnel magnética (MTJ) que está adaptada para almacenar hasta cuatro bits los cuales pueden estar representado por los campos magnéticos 1912, 1914, 1916 y 1918.

La FIG. 23 es un diagrama de un célula 2300 de unión túnel magnética (MTJ) adaptada para almacenar un bit. La célula 2300 MTJ puede ser utilizada en una matriz de memoria que incluya líneas de bit, por ejemplo una línea 2320 de bit y que incluya unas líneas de palabra, por ejemplo, una línea 2322 de palabra. La célula 2300 MTJ incluye una estructura 2304 MTJ que incorpora un electrodo 2306 de fondo, una pila 2308 MTJ y un electrodo 2310 central. La pila 2308 MTJ incluye una capa fija, una capa túnel magnética y una capa libre que acarrea un dominio magnético programable, el cual presenta una orientación que puede ser alterada por la aplicación de una escritura. La capa fija puede quedar anclada por una capa antiferromagnética (AF) (no mostrada). La línea 2320 de bit está acoplada al electrodo 2310 central. La línea 2322 de palabra está acoplada a un terminal de control de un conmutador 2326 que incluye un primer terminal 2328 acoplado al electrodo 2306 de fondo. En una forma de realización concreta, el conmutador 2326 puede ser un transistor de efecto de campo de metal-óxido-semiconductor (MOSFET), un transistor, u otro componente de circuito de conmutación. En otra forma de realización, el conmutador 2326 puede ser un conmutador bidireccional para permitir el flujo de la corriente tanto dentro como fuera de la estructura 2304 MTJ. El conmutador 2326 incluye el primer terminal 2328 acoplado al electrodo 2306 de fondo, un terminal de control acoplado a la línea 2322 de palabras y un segundo terminal 2324 acoplado a una línea fuente (SL) la cual puede estar acoplada a una fuente de energía.

En una forma de realización ilustrativa concreta, una señal (o una tensión) puede ser aplicada a la línea 2320 de bit y a la línea 2322 de palabra para activar el conmutador 2326. Después de activar el conmutador 2326, los datos pueden ser leídos a partir de la célula 2300 MTJ en base a un flujo de corriente a través de la célula 2300 MTJ. Por ejemplo, una tensión fija puede ser aplicada a la línea 2320 de bits y una tensión puede ser aplicada a la línea 2322 de palabra para activar el conmutador 2326. Un valor de bit representado por una orientación del dominio 2316

magnético de fondo en una pared 2350 de fondo de la pila 2308 MTJ puede ser determinado en base al flujo de corriente medido ya sea en la línea 2320 de bit o en la línea fuente acoplada al terminal 2324, por ejemplo. En este concreto supuesto, la célula 2300 MTJ puede almacenar un único valor de bit. La célula 2300 MTJ puede ser una célula de memoria dentro de una matriz de memoria, por ejemplo una memoria de acceso aleatorio magnetorresistiva (MRAM), un caché de N-vías, un dispositivo de almacenamiento no volátil, otros dispositivos de memoria, o cualquier combinación de estos.

Así mismo, se debe entender que un terminal adicional puede ser acoplado a una pared lateral, por ejemplo la pared lateral 2340 para acceder a un dominio magnético adicional asociado con la pared lateral 2340 para el almacenamiento y retirada de un valor de bit adicional. Así mismo, en un ejemplo concreto, se debe entender que una tercera pared lateral puede estar provista de un conmutador asociado para el almacenamiento y retirada de un tercer bit.

La FIG. 24 es un diagrama de una célula 2400 de unión túnel magnética (MTJ) adaptada para almacenar múltiples bits de datos. La célula 2400 MTJ incluye una estructura 2404 MTJ que incluye un electrodo 2406 de fondo, una pila 2408 MTJ y un electrodo 2410 central. La pila 2408 MTJ incluye una capa magnética fija, una capa barrera de unión túnel magnética y una capa libre. La capa magnética fija puede estar anclada por una capa antiferromagnética (AF) (no mostrada). La capa magnética libre acarrea un dominio magnético que puede ser modificado utilizando una corriente de escritura para almacenar un valor bit. La célula 2400 MTJ puede ser una célula de memoria dentro de una matriz de memoria, por ejemplo, una memoria de acceso aleatorio magnetorresistiva (MRAM), un caché de n-vías un dispositivo de almacenamiento no volátil, otros dispositivos de memoria, o cualquier combinación de estos.

La pila 2408 MTJ incluye una primera pared lateral 2440, una pared 2450 de fondo y una segunda pared lateral 2460. La línea 2420 de bit está acoplada al electrodo 2410 central. Una línea 2422 de palabra está acoplada a un terminal de control de un conmutador 2426. El conmutador 2426 incluye un primer terminal acoplado a un nodo 2428, el cual está acoplado a la primera pared lateral 2440 y a la segunda pared lateral 2460 por medio de las líneas 2430 y 2432, respectivamente. El conmutador incluye también un segundo terminal 2424 que está acoplado a una línea fuente (SL), la cual puede estar acoplada a una primera fuente de energía.

En un ejemplo concreto, el conmutador 2426 puede ser activado mediante la aplicación de una tensión o corriente a la línea 2422 de palabra. Los datos pueden ser leídos a partir de la célula 2400 MTJ mediante la activación del conmutador 2426 y la aplicación de energía a la línea 2420 de bit. La célula 2400 MTJ está adaptada para representar un único valor de bit a través de las primera y segunda paredes laterales 2440 y 2460. En otra forma de realización concreta, un conmutador adicional puede estar acoplado a la pared 2450 de fondo para acceder al dominio 2416 magnético.

La FIG. 25 es un diagrama de una célula 2500 de unión túnel magnética adaptada para almacenar múltiple bits de datos. La célula 2500 MTJ incluye una estructura 2504 MTJ que incluye un electrodo 2506 de fondo, una pila 2508 MTJ y un electrodo 2510 central. La pila 2508 MTJ incluye una capa magnética fija, una capa barrera de unión túnel magnética y una capa magnética libre. La capa magnética fija puede estar anclada por una capa antiferromagnética (AF) (no mostrada). La capa magnética libre acarrea un dominio magnético que puede ser modificado utilizando una corriente de escritura para almacenar un valor de bit. La célula 2500 MTJ puede ser una célula de memoria dentro de una matriz de memoria, por ejemplo una memoria de acceso aleatorio magnetorresistiva (MRAM), un caché de n-vías, un dispositivo de almacenamiento no volátil, otros dispositivos de memoria, o cualquier combinación de estos.

La pila 2508 MTJ incluye una primera pared lateral 2540, una pared 2550 de fondo, y una segunda pared lateral 2560. Cada una de las paredes laterales 2540 y 2560 y la pared 2550 de fondo acarrear un dominio magnético respectivo adaptado para representar un valor de bit. La pila 2508 MTJ está acoplada a una línea 2520 de bit por medio del electrodo 2510 superior. La primera pared lateral 2540 de la pila 2508 MTJ está acoplada al primer conmutador 2526 por medio del electrodo 2506 de fondo. El primer conmutador 2526 incluye un primer terminal 2525 que está acoplado a una primera porción del electrodo 2506 de fondo, un terminal de control acoplado a un nodo 2528 y un segundo terminal 2524 acoplado a una primera línea fuente (SL1). Una línea 2522 de palabra está acoplada al nodo 2528. La segunda pared lateral 2560 de la pila 2508 MTJ está acoplada a un segundo conmutador 2532 por medio del electrodo 2506 de fondo. El segundo conmutador 2532 incluye un tercer terminal 2531 que está acoplado a una segunda porción del electrodo 2506 de fondo, un terminal de control acoplado al nodo 2528 y un cuarto terminal 2530 acoplado a una segunda línea fuente (SL2).

En un ejemplo concreto, los primero y segundo conmutadores 2526 y 2532 pueden ser transistores. El primer conmutador 2526 puede ser activado por medio de la línea 2522 de palabra para proporcionar un trayecto de corriente desde la línea 2520 de bits a través del electrodo 2510 central, la estructura 2508 MTJ, el electrodo 2506 de fondo, el primer terminal 2525 y el primer conmutador 2526 hasta el segundo terminal 2524, como se indica en la referencia numeral 2561. El flujo de corriente a través del trayecto 2561 de corriente puede ser comparado con una corriente de referencia para determinar un valor "1" o un valor "0" representando por un dominio magnético de la primera pared lateral 2540. De modo similar, un trayecto de corriente dispuesto a través del terminal 2531 a través del conmutador 2532 puede ser utilizado para acceder a los datos almacenados por medio de un dominio magnético dispuesto en la segunda pared lateral 2560 de la célula 2500 MTJ.

En una forma de realización ilustrativa concreta, un tercer electrodo puede estar acoplado a la pared 2550 de fondo de la célula 2500 MTJ para acceder a un tercer bit, el cual puede estar representado por un dominio magnético asociado con la pared 2550 de fondo. Así mismo, la célula 2500 MTJ puede incluir un cuarto terminal acoplado a una tercera pared lateral (no mostrada) para almacenar y recuperar un cuarto bit. De esta manera, la célula 2500 MTJ puede estar adaptada para almacenar múltiples valores de bit únicos.

En general, para utilizar múltiples dominios magnéticos para almacenar múltiples valores de datos en las paredes laterales 2540 y 2560 y en la pared 2550 de fondo, pueden ser utilizados unos conmutadores, por ejemplo los primero y segundo conmutadores 2526 y 2532. Una ventaja de la célula 2500 MTJ es que pueden formarse múltiples dominios magnéticos laterales para hacer posible que múltiples bits sean almacenados dentro de una única célula, incrementando de este modo la densidad de almacenamiento.

La FIG. 26 es un diagrama de una célula 2600 de unión túnel magnética (MTJ) adaptada para almacenar múltiples bits. La célula 2600 MTJ incluye una estructura 2604 MTJ que incluye un electrodo 2606 de fondo, una pila 2608 MTJ, y un electrodo 2610 central. La pila 2608 MTJ incluye una capa magnética fija, una capa barrera de unión túnel magnética y una capa magnética libre. La capa magnética fija puede estar anclada por una capa antiferromagnética (AF) (no mostrada). La capa magnética libre acarrea un dominio magnético que puede ser modificado utilizando una corriente de escritura para almacenar un valor de bit. La célula 2600 MTJ puede ser una célula de memoria dentro de una matriz de memoria, por ejemplo, una memoria de accesorio aleatorio magnetorresistiva (MRAM), un caché de n-vías, un dispositivo de almacenamiento no volátil, otros dispositivos de memoria, o cualquier combinación de estos.

La pila 2608 MTJ incluye una primera pared lateral 2640, una pared 2650 de fondo, una segunda pared lateral 2660, y una tercera pared lateral 2670 (mostrada en línea de puntos). Cada una de las paredes laterales 2640, 2660 y 2670 y la pared 2650 de fondo acarrea un dominio magnético respectivo adaptado para representar un valor de bit. La pila 2608 MTJ está acoplada a una línea 2620 de bit por medio del electrodo 2610 superior. La primera pared lateral 2640 de la pila 2608 MTJ está acoplada a un primer conmutador 2626 por medio del electrodo 2606 de fondo. El primer conmutador 2626 incluye un primer terminal 2625 que está acoplado a una primera porción del electrodo 2606 de fondo, un terminal de control acoplado a una línea 2622 de palabra y un segundo terminal 2624 acoplado a una primera línea fuente (SL1). La segunda pared lateral 2660 está acoplada a un segundo conmutador 2634 por medio electrodo 2606 de fondo. El segundo conmutador 2634 incluye un tercer terminal 2633 que está acoplado a una segunda porción del electrodo 2606 de fondo, un segundo terminal de control acoplado a la línea 2622 de palabra y un cuarto terminal 2632 acoplado a una segunda línea fuente (SL2). La tercera pared lateral 2670 está acoplada a un tercer conmutador 2630 por medio del electrodo 2606. El tercer conmutador 2630 incluye un quinto terminal 2629 que está acoplado a una tercera porción del electrodo 2606 de fondo adyacente a la tercera pared lateral 2670, un tercer terminal de control acoplado a la línea 2622 de palabra y un sexto terminal 2628 acoplado a una tercera línea fuente (SL3).

En una forma de realización concreta, los primero, segundo y tercer conmutadores 2626, 2630 y 2634 puede ser activados para leer y / o escribir datos desde y hacia la célula 2600 MTJ. En otra forma de realización concreta, los primero, segundo y tercer conmutadores 2626, 2630 y 2634 están acoplados a unas respectivas líneas de palabra, las cuales pueden ser selectivamente activadas para leer y / o escribir datos desde y hacia la célula 2600 MTJ.

La FIG. 27 es un diagrama de una célula 2700 de unión túnel magnética (MTJ) adaptada para almacenar múltiples bits. La célula 2700 MTJ incluye una estructura 2704 MTJ que incluye un electrodo 2706 de fondo, una pila 2708 MTJ y un electrodo 2710 central. La pila 2708 MTJ incluye una capa magnética fija, una capa barrera de unión túnel magnética y una capa magnética libre. La capa magnética fija puede estar anclada por una capa antiferromagnética (AF) (no mostrada). La capa magnética libre acarrea un dominio magnético que puede ser modificado utilizando una corriente de escritura para almacenar un valor de bit. La célula 2700 MTJ puede ser una célula de memoria dentro de una matriz de memoria, por ejemplo una célula de acceso aleatorio magnetorresistiva (MRAM), una **n-Way caché**, un dispositivo de almacenamiento no volátil, otros dispositivos de memoria o cualquier combinación de estos.

La pila 2708 MTJ incluye una primera pared lateral 2740, una pared 2750 de fondo, una segunda pared lateral 2760 y una tercera pared lateral 2770 (mostrada en línea de puntos). Cada una de las paredes laterales 2740, 2760 y 2770 y la pared 2750 de fondo acarrea un respectivo dominio magnético adaptado para representar un valor de bit. La pila 2708 MTJ está acoplada a una línea 2720 de bit por medio de un electrodo 2710 superior. La primera pared lateral 2740 de la pila 2708 MTJ está acoplada a un primer conmutador 2726 por medio del electrodo 2706 de fondo. El primer conmutador 2726 incluye un primer terminal 2725 que está acoplado a una primera porción del electrodo 2706 de fondo, un terminal de control acoplado a una línea 2722 de palabra y un segundo terminal 2724 acoplado a una primera línea fuente (SL1). La segunda pared lateral 2760 está acoplada a un segundo conmutador 2738 por medio del electrodo 2706 de fondo. El segundo conmutador 2738 incluye un tercer terminal 2737 que está acoplado a una segunda porción del electrodo 2706 de fondo, un segundo terminal de control acoplado a la línea 2722 de palabra y un cuarto terminal 2736 acoplado a una segunda línea fuente (SL2). La tercera pared lateral 2770 está acoplada a un tercer conmutador 2730 por medio del electrodo 2706 de fondo. El tercer conmutador 2730 incluye un quinto terminal 2729 que está acoplado a una tercera porción del electrodo 2706 de fondo adyacente a la tercera pared lateral 2770, un tercer terminal de control acoplado a la línea 2722 de palabra y un sexto terminal 2728 acoplado a una tercera línea fuente (SL3). La pared 2750 de fondo está acoplada a un cuarto conmutador 2734 por

medio del electrodo 2706 de fondo. El cuarto conmutador 2734 incluye un séptimo terminal 2733 que está acoplado a una cuarta porción del electrodo 2706 e fondo adyacente a la pared 2750 de fondo, un cuarto terminal de control acoplado a la línea 2722 de palabra y un octavo terminal 2732 acoplado a una cuarta línea fuente (SL4).

En una forma de realización concreta, cada una de las líneas fuente (SL1, SL2, SL3 y SL4) puede estar acoplada a una fuente de energía común. En otra forma de realización concreta, cada una de las líneas fuente (SL1, SL2, SL3 y SL4) puede estar acoplada a diferentes fuentes de energía. En una forma de realización concreta, los primero, segundo, tercer y cuarto conmutadores 2726, 2728, 2734 y 2738 pueden ser activados para leer y / o escribir datos desde y hacia la célula 2700 MTJ. En otra forma de realización concreta, los primero, segundo, tercer y cuarto conmutadores 2726, 2728, 2734 y 2738 están acoplados a unas respectivas líneas de palabra, las cuales pueden ser selectivamente activadas para leer y / o escribir datos desde y hacia la célula 2700 MTJ.

Las FIGs. 28 - 29 ilustran un diagrama de flujo de una forma de realización ilustrativa concreta de un procedimiento de fabricación de una estructura de unión túnel magnética (MTJ) para almacenar múltiples bits. En general, una profundidad de una zanja para la formación de la estructura MTJ es estrechamente controlada. El depósito de la película MTJ se efectúa y el grosor del electrodo superior es controlado para formar unos espacios de giro estrechos sin costuras. El proceso de recocido magnético es aplicado en dos dimensiones (por ejemplo, a lo largo de las direcciones (a) y (b) de las FIGs. 3, 6, 9 o 12 para inicializar los dominios magnéticos de fondo y laterales con una dirección de campo magnética fija). Mediante el control de la forma de la célula y de la profundidad de la célula, de forma que la longitud sea mayor que la anchura y la anchura sea mayor que la profundidad, se puede controlar una dirección de los campos magnéticos dentro de la célula MTJ. En un ejemplo concreto, una relación amplia de la longitud con respecto a la anchura y de la anchura con respecto a la profundidad puede conseguir que los dominios magnéticos MTJ de fondo y MTJ de las paredes laterales sean más isotrópicos. En una forma de realización concreta, la estructura de pila MTJ se define por una zanja profunda que simplifica un proceso de grabado fotográfico y mordentado durante la fabricación.

En la etapa 2802, el procedimiento incluye la deposición y el diseño de un hilo metálico de fondo. Si se utiliza un proceso Damascene, el diseño de hilo de fondo se debe combinar con un proceso vía por debajo. Continuando hasta la etapa 2804, una película de capa dieléctrica entre capas (IDL) es depositada y se lleva a cabo un Pulido Químico - Mecánico (CMP). Se deposita una capa de película de cubierta. Avanzando hasta la etapa 2806, si el dispositivo de circuito incluye una conexión vía fondo, el procedimiento avanza hasta la etapa 2808 y se abre la vía de fondo, se llena y se lleva a cabo un proceso de Pulido Químico - Mecánico. E la etapa 2806, si el dispositivo de circuito no incluye una conexión vía fondo, el procedimiento salta a la etapa 2808 y avanza hasta la etapa 2810. En la etapa 2810 se depositan unas capas de película IDL y de cubierta. Avanzando hasta la etapa 2812, se diseña una zanja de unión túnel magnética (MTJ) y se procede al mordentado, deteniéndose en la capa de película de cubierta, el fotorresist (PR) es pelado y la zanja es limpiada.

Continuando hasta la etapa 2814, un electrodo de fondo, unas capas de película MTJ y un electrodo de fondo son depositados y se lleva a cabo un recocido magnético. Avanzando hasta la etapa 2816, se deposita una máscara dura MTJ y se lleva a cabo los grabados fotográfico / mordentado hasta detenerse en el electrodo de fondo. Y el fotorresist (PR) es pelado y se limpia la MTJ. Avanzando hasta la etapa 2818, el electrodo de fondo es sometido a un proceso fotograbado / mordentado, el fotorresist es pelado y la MTJ es limpiada. Avanzando hasta la etapa 2820, la pila MTJ es sometida a fotograbado / mordentado para retirar una o más paredes laterales, pelada y limpiada. El procedimiento continúa hasta la etapa 2822.

Volviendo a la FIG. 29, en la etapa 2822 el procedimiento avanza hasta la etapa 2924 y la película de cubierta es depositada. Avanzando hasta la etapa 2926, una película de IDL es depositada y se lleva a cabo un proceso CMP. Continuando hasta la etapa 2928, se abre una vía superior, se limpia y llena y se lleva a cabo un proceso por vía CMP. Avanzando hasta la etapa 2930, un hilo de metal superior es depositado y estructurado. Si se utiliza un proceso Damascene, pueden combinarse la vía 2928 y los procesos metálicos 2930. El procedimiento termina en la etapa 2932. En una forma de realización concreta, después de la deposición de las capas de película MTJ, un proceso de recocido magnético puede llevarse a cabo, por ejemplo en dirección horizontal (a) y en dirección (b), como se muestra en las FIGs. 3, 6, 9 y 12 para configurar los dominios magnéticos fijos de la capa magnética fija.

La FIG. 30 es un diagrama de flujo de una forma de realización ilustrativa concreta de un procedimiento de acceso a los datos almacenados en dominios magnéticos únicos de una célula MTJ multibit. En la etapa 3002, el procedimiento incluye la activación selectiva de una línea de bit acoplada a un electrodo central de una estructura de unión túnel magnética que incluye una pluralidad de paredes laterales, incluyendo cada una de la pluralidad de paredes laterales una capa libre para acarrear un único dominio magnético. Avanzando hasta la etapa 3004, el procedimiento incluye la activación selectiva de los uno o más conmutadores bidireccionales para permitir que la corriente fluya hasta la estructura MTJ, estando los uno o más conmutadores bidireccionales acoplados a las respectivas paredes laterales de una pluralidad de paredes laterales y acoplados a una fuente de energía. En una forma de realización concreta, un conmutador bidireccional puede también estar acoplado a una pared de fondo. En una forma de realización concreta, los conmutadores bidireccionales pueden estar también acoplados a múltiples fuentes de energía. Avanzando hasta la etapa 3006, durante la operación de lectura, el procedimiento incluye la determinación de un valor de datos asociado con cada uno de los dominios magnéticos únicos en base a la resistencia asociada con el trayecto de la corriente. Avanzando hasta la etapa 3008, durante una operación de

escritura, el procedimiento incluye el control de una operación de corriente a través de la estructura MTJ por medio de cada uno de los uno o más conmutadores para controlar selectivamente una corrección magnética dentro de una capa libre de dominios magnéticos selectivos estando la corrección magnética asociada con un valor de bit. El procedimiento termina en la etapa 3010.

5 La FIG. 31 es un diagrama de bloques de una forma de realización ilustrativa de un dispositivo 3100 de comunicaciones que incluye una matriz de memoria de células 3132 MTJ y una memoria caché de células MTJ 3164, las cuales están acopladas a un procesador, por ejemplo un procesador digital de la señal (DSP) 3110. El dispositivo 3100 de comunicaciones incluye también un dispositivo 3166 de memoria de acceso aleatorio magnetorresistivo (MRAM) que está acoplado al DSP 3110. En un ejemplo concreto, la matriz de memoria de las
10 células 3132 MTJ la memoria caché de las células 3164 MTJ y el dispositivo 3166 MRAM incluyen múltiples células MTJ, estando cada célula MTJ adaptada para almacenar múltiples valores de bit independientes. Según se describió con relación a las FIGs. 1 a 30.

La FIG. 31 muestra también un controlador 3126 de pantalla que está acoplado al procesador digital de la señal 3110 y a una pantalla 3128. Un codificador / decodificador (CODEC) 3134 puede también estar acoplado al
15 procesador digital de la señal 3110. Un altavoz 3136 y un micrófono 3138 pueden estar acoplados al CODEC 3134.

La FIG. 31 indica también que un controlador 3140 inalámbrico puede estar acoplado al procesador digital de la señal 3110 y a una antena 3142 inalámbrica. En una forma de realización concreta un dispositivo 3130 de entrada y un suministro 3144 de energía están acoplados al sistema intrachip 3122. Así mismo, en una forma de realización concreta como se ilustra en la FIG. 31, la pantalla 3128, el dispositivo 3130 de entrada, el altavoz 3136, el micrófono
20 3148 la antena 3142 inalámbrica y el suministro 3144 de energía están por fuera del sistema intrachip 3122. Sin embargo, cada componente puede estar acoplado a un componente del sistema intrachip 3122, por ejemplo una interfaz o un controlador.

Los expertos en la materia deben también apreciar que pueden llevarse a cabo diversos bloques lógicos ilustrativos, configuraciones, módulos, circuitos y etapas algorítmicas descritas en conexión con formas de realización divulgadas en la presente memoria como hardware electrónico, software informático o combinaciones de ambos.
25 Para ilustrar con claridad esta naturaleza intercambiable del hardware y el software se han descrito en las líneas anteriores en términos generales de su funcionalidad diversos componentes ilustrativos, bloques, configuraciones, módulos, circuitos y etapas. Que dicha funcionalidad se ponga en práctica como hardware o como software depende de los condicionamientos de aplicación y diseño concretos debidos al sistema global. Los expertos en la materia
30 pueden poner en práctica la funcionalidad descrita de diversas maneras para cada aplicación concreta, pero dichas decisiones de aplicación práctica no deben ser interpretadas como una extralimitación del alcance de las reivindicaciones que siguen.

La descripción anterior de las formas de realización divulgadas se ofrece para facilitar que cualquier persona experta en la materia lleve a la práctica o utilice las formas de realización divulgadas. Diversas modificaciones a
35 estas formas de realización podrán ser apreciadas sin dificultad por los expertos en la materia y los principios genéricos definidos en la presente memoria pueden ser aplicados a otras formas de realización sin apartarse del alcance efectivo de las reivindicaciones que siguen. Así, la presente divulgación no se propone quedar limitada a las formas de realización mostradas en la presente memoria, sino que debe abarcar el ámbito más amplio posible acorde con los principios y características novedosas según se definen en las reivindicaciones que siguen.

40

45

REIVINDICACIONES

1.- Una estructura (100) de unión túnel magnética, (MTJ), que comprende:

5 una célula MTJ que comprende múltiples paredes laterales (110, 112, 114) que se extienden sustancialmente en perpendicular a una superficie de un sustrato (490), incluyendo cada una de las múltiples paredes laterales (110, 112, 114) una capa (106) libre para acarrear un dominio magnético único, estando cada uno de los dominios magnéticos únicos adaptado para almacenar un bit de datos, estando la célula MTJ caracterizada por comprender también,

10 una pared de fondo acoplada a cada una de las múltiples paredes laterales (110, 112, 114), extendiéndose la pared (116) de fondo sustancialmente en paralelo con la superficie del sustrato (490), incluyendo la pared (116) de fondo una capa (106) libre para acarrear un único dominio magnético, estando cada dominio magnético único adaptado para almacenar otro bit de datos.

15 2.- La estructura (100) MTJ de la reivindicación 1, en la que una pared de dominio magnético está formada dentro de la capa (106) libre entre cada una de las múltiples paredes laterales (110, 112, 114), y en la que una pared de dominio magnético está formada dentro de la capa (106) libre entre cada una de las múltiples paredes laterales (110, 112, 114) y la pared (116) de fondo, estando las paredes de dominio magnético adaptadas para aislar los dominios magnéticos únicos.

3.- La estructura (100) MTJ de la reivindicación 1, en la que una profundidad de al menos una de las múltiples paredes laterales (110, 112, 114) desde un borde de la pared lateral hasta el borde opuesto es inferior a una distancia entre al menos dos de las múltiples paredes laterales (110, 112, 114).

20 4.- La estructura (100) MTJ de la reivindicación 1, en la que una profundidad de cada una de las múltiples paredes laterales (110, 112, 114) desde un borde de la pared lateral hasta el borde opuesto es inferior a una longitud a lo largo de la cual se orienta el campo magnético de cada una de las múltiples paredes laterales (110, 112, 114).

25 5.- La estructura (100) MTJ de la reivindicación 1, en la que la célula MTJ comprende una primera pared lateral (110) que incorpora un primer dominio magnético (344), una segunda pared lateral (112) que incorpora un segundo dominio magnético (346) y una tercera pared lateral (114) que incorpora un tercer dominio magnético (348), y una pared de fondo acoplada a las primera, segunda, y tercera paredes laterales, incluyendo la pared (116) de fondo una capa (106) libre para acarrear un cuarto dominio (472) magnético.

30 6.- La estructura (100) MTJ de la reivindicación 5, que comprende además una primera estructura terminal acoplada a la primera pared lateral (110), una segunda estructura terminal acoplada a la segunda pared lateral (112) y una tercera estructura terminal acoplada a la tercera pared lateral (114), y una cuarta estructura terminal acoplada a la pared (116) de fondo.

35 7.- Una estructura (100) de unión túnel magnética, MTJ, de acuerdo con la reivindicación 1, incluyendo las múltiples paredes laterales (110, 112, 114) una primera pared lateral (110), que incluye una primera capa libre para acarrear un primer dominio (344) magnético, para representar un primer bit de datos, una segunda pared lateral (112) que incluye una segunda capa libre para acarrear un segundo dominio (346) magnético para representar un segundo bit de datos, una tercera pared lateral (114) que incluye una tercera capa libre para acarrear un tercer dominio (348) magnético para representar un tercer bit de datos; incluyendo la pared (116) de fondo acoplada a cada una de las múltiples paredes laterales (110, 112, 114) una cuarta capa libre para acarrear un cuarto dominio (472) magnético para representar un cuarto bit de datos.

40 8.- La estructura (100) MTJ de la reivindicación 7, en la que la primera pared lateral (110) es sustancialmente perpendicular a la segunda pared lateral (112).

9.- La estructura (100) MTJ de la reivindicación 7, en la que la célula MTJ incluye además un electrodo (108) central cerca de y separado aproximadamente a intervalos regulares de cada una de las múltiples paredes laterales (110, 112, 114) y de la pared (116) de fondo.

45 10.- La estructura (100) MTJ de la reivindicación 9, en la que un grosor del electrodo (108) central es aproximadamente la mitad de una diferencia entre un anchura de la célula MTJ menos una anchura de las dos paredes laterales opuestas de las múltiples paredes laterales (110, 112, 114).

11.- La estructura (100) MTJ de la reivindicación 9, que comprende además:

50 un primer terminal acoplado al electrodo (108) central,
un segundo terminal acoplado a la primera pared lateral (110);
un tercer terminal acoplado a la segunda pared lateral (112);
un cuarto terminal acoplado a la tercera pared lateral (114); y

un quinto terminal acoplado a la pared (116) de fondo.

12.- La estructura (100) MTJ de la reivindicación 7, que comprende además:

un primer terminal acoplado al primer dominio (344) magnético;

un segundo terminal acoplado al segundo dominio (346) magnético; y

5 un tercer terminal acoplado a un electrodo (108) central;

en la que el primer terminal, el segundo terminal y el tercer terminal están adaptados para cooperar para selectivamente escribir datos hacia y leer datos desde los primero y segundo dominios (344, 346) magnéticos.

13.- Una memoria de acceso aleatorio magnética, MRAM, que comprende:

10 una matriz de unas células de unión túnel magnética, MJT, de acuerdo con la reivindicación 1.

14.- La MRAM de la reivindicación 13, en la que cada célula MTJ comprende:

una primera pared lateral (110) que incluye una primera capa libre para acarrear un primer dominio (344) magnético adaptado para almacenar un primer bit;

15 una segunda pared lateral (112) que incluye una segunda capa libre para acarrear un segundo dominio (346) magnético adaptado para almacenar un segundo bit;

una tercera pared lateral (114) que incluye una tercera capa libre para acarrear un tercer dominio (348) magnético adaptado para almacenar un tercer bit;

una pared (116) de fondo que incluye una cuarta capa libre para acarrear un cuarto dominio (472) magnético adaptado para almacenar un cuarto bit;

20 un primer conmutador (2726) acoplado a la primera pared lateral (110) ;

un segundo conmutador (2738) acoplado a la segunda pared lateral (112);

un tercer conmutador (2730) acoplado a la tercera pared lateral (114) ;

un cuarto conmutador (2734) acoplado a la pared (116) de fondo;

25 una línea (2320) de bit acoplada a un electrodo (108) central próximo a cada una de las paredes laterales (110, 112, 114); y

una línea (2322) de palabra acoplada a cada uno de los primero, segundo, tercero y cuarto conmutadores (2726, 2738, 2730, 2734), estando dispuesta la línea (2322) de palabra para activar selectivamente al menos uno de los primero, segundo, tercero y cuarto conmutadores (2726, 2738, 2730, 2734) para leer datos desde y escribir datos hacia la célula MTJ.

30 15.- La MRAM de la reivindicación 14, que comprende además:

una primera línea fuente (SL1) acoplada al primer conmutador (2726) para aplicar selectivamente una primera corriente a la primera pared lateral (110);

una segunda línea fuente (SL2) acoplada al segundo conmutador (2738) para aplicar selectivamente una segunda corriente a la segunda pared lateral (112);

35 una tercera línea fuente (SL3) acoplada al tercer conmutador (2730) para aplicar selectivamente una tercera corriente a la tercera pared lateral (114);

una cuarta línea fuente (SL4) acoplada al cuarto conmutador (2734) para aplicar selectivamente una cuarta corriente a la pared (116) de fondo;

40 en la que al menos una de las primera, segunda, tercera y cuarta corrientes es aplicada durante una operación de escritura de datos.

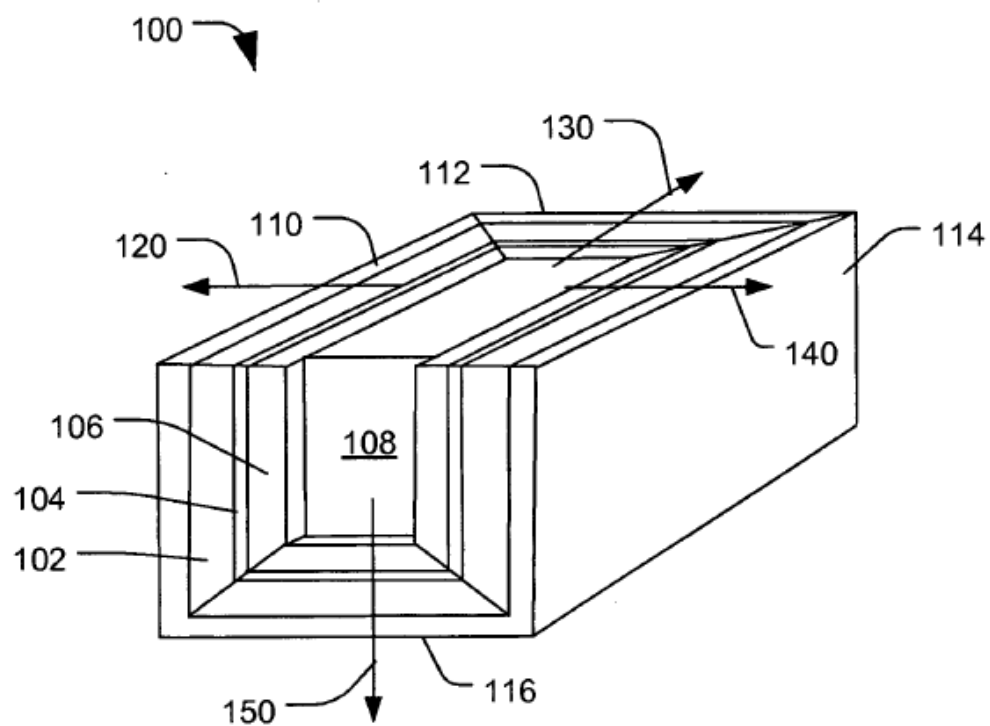


FIG. 1

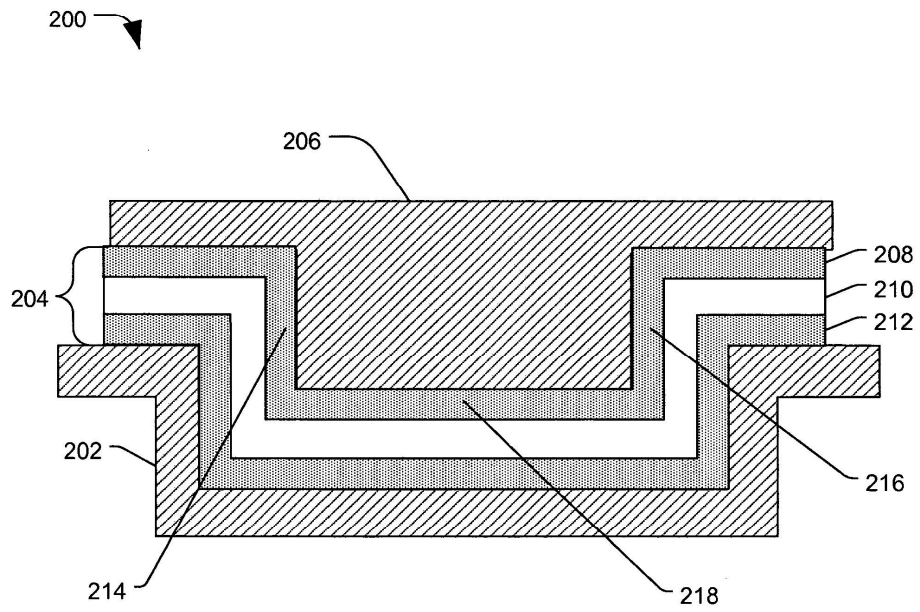


FIG. 2

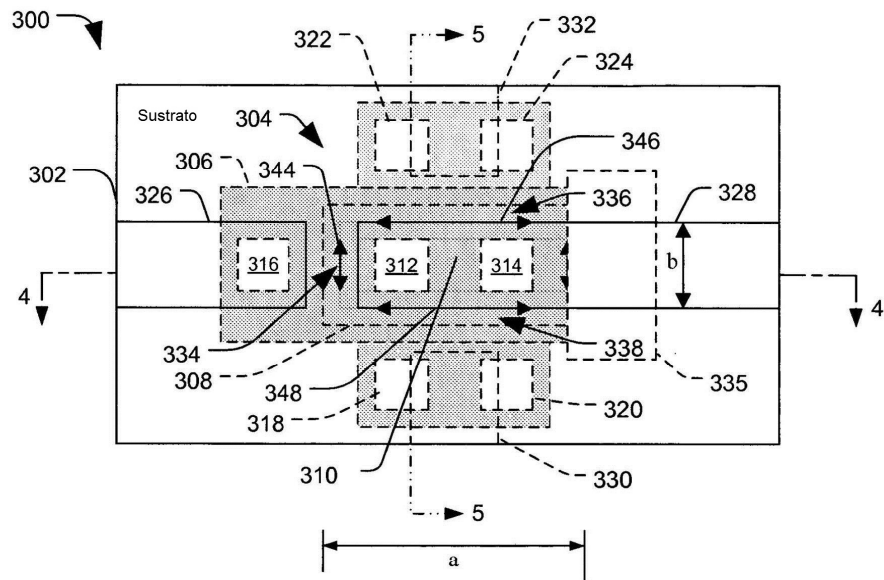


FIG. 3

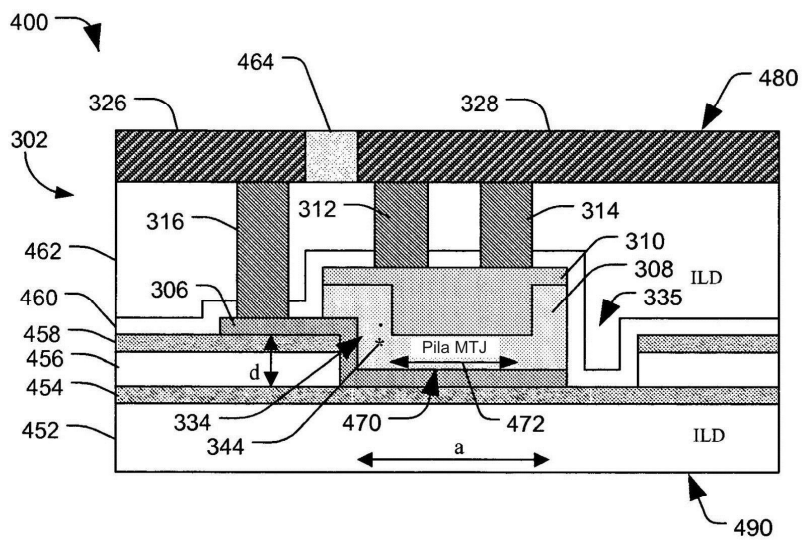


FIG. 4

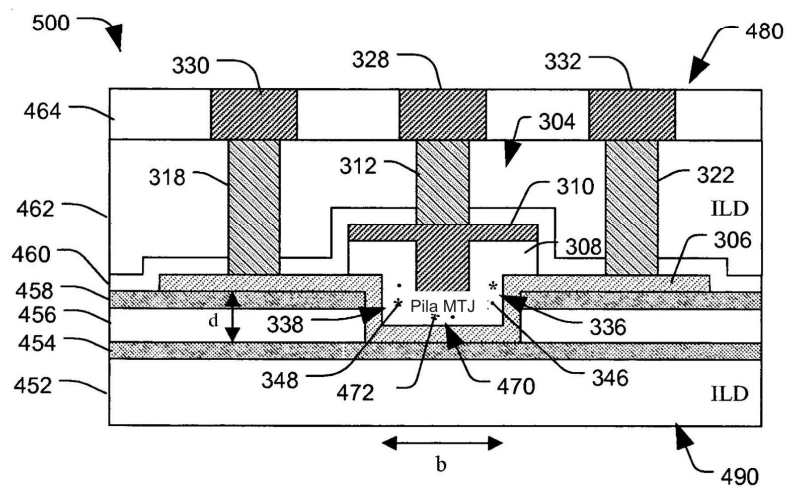


FIG. 5

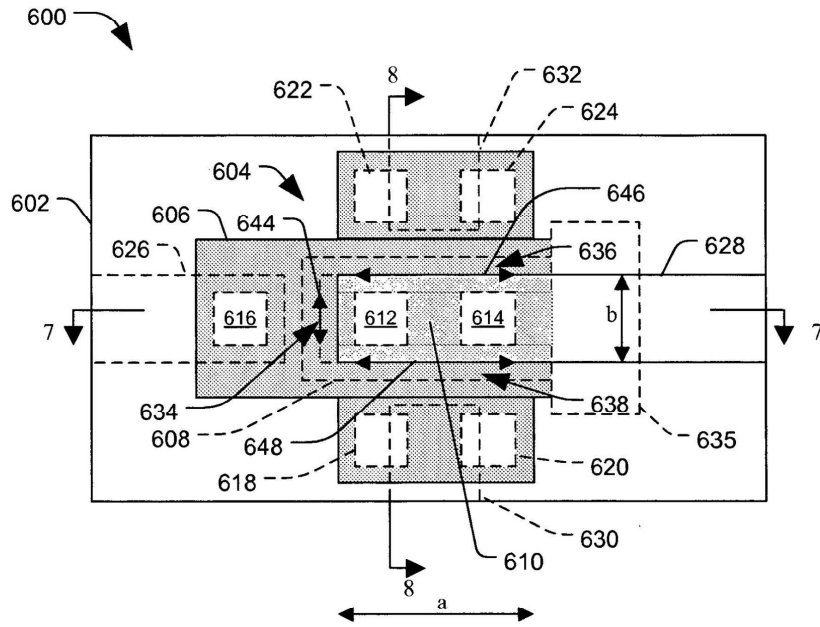


FIG. 6

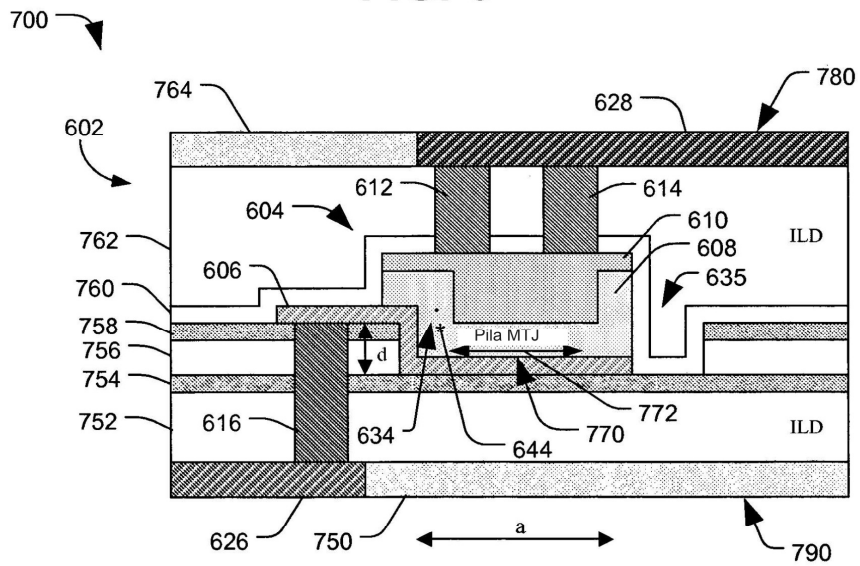


FIG. 7

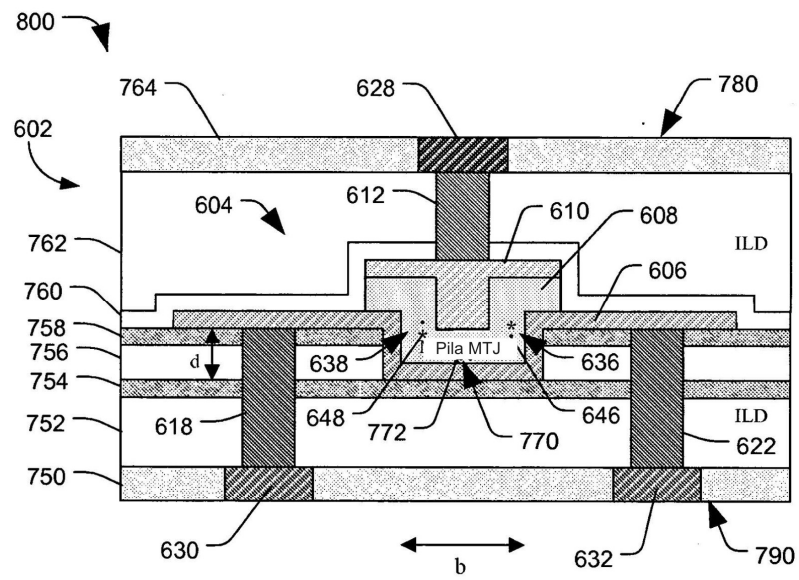


FIG. 8

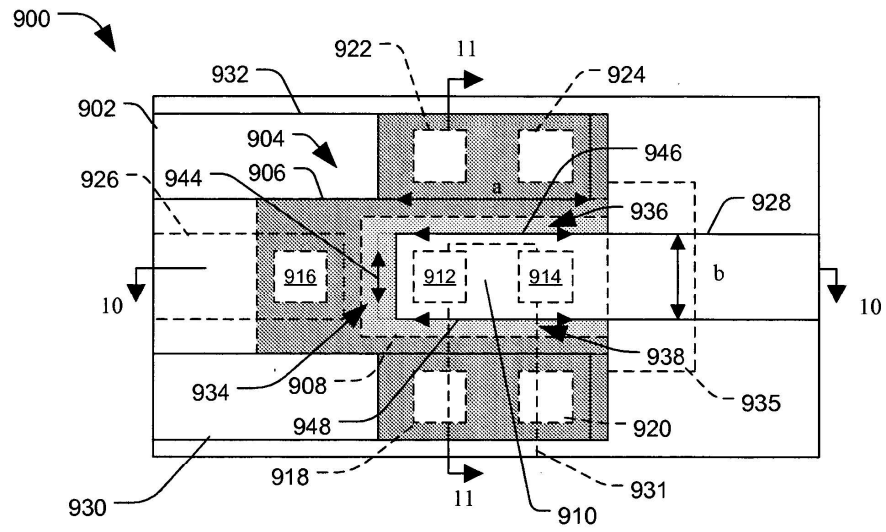


FIG. 9

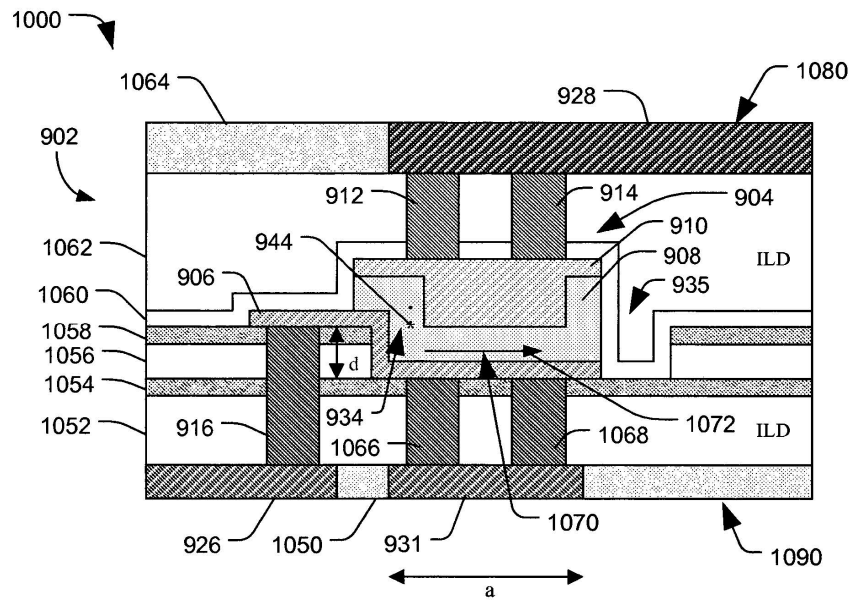


FIG. 10

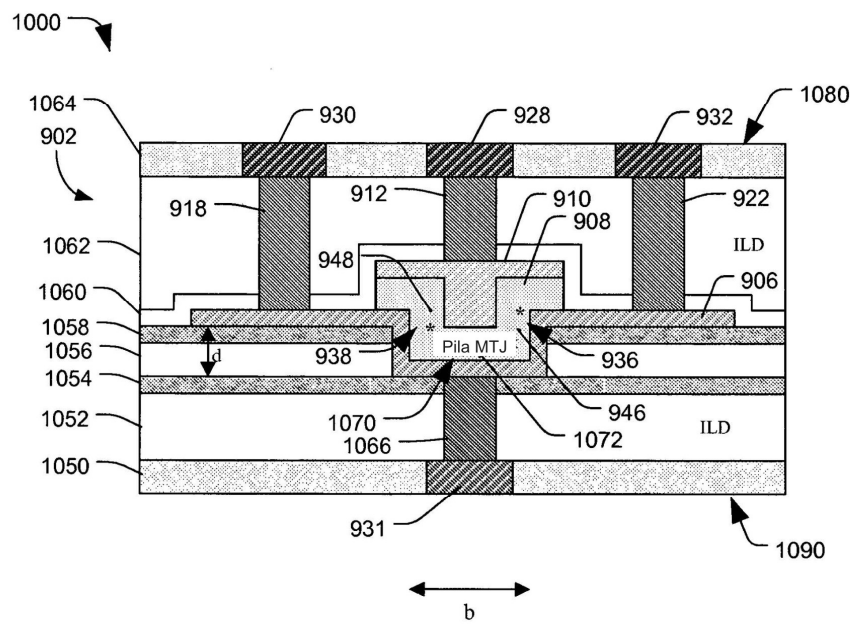


FIG. 11

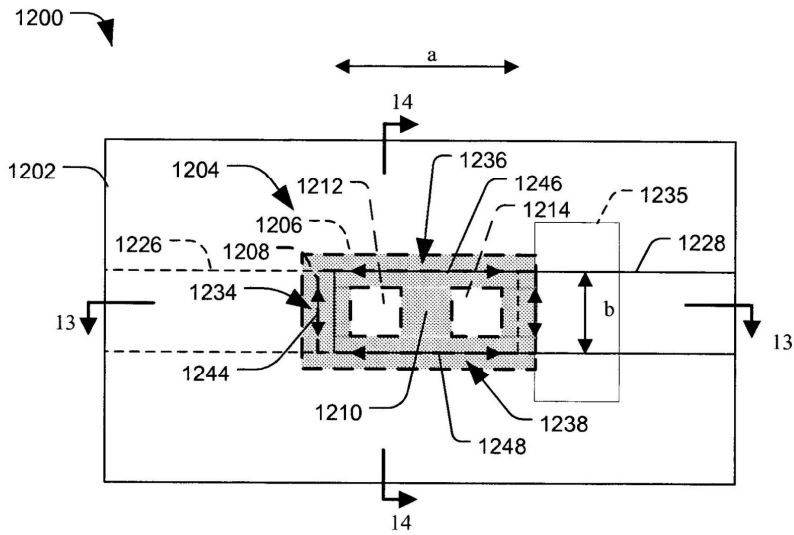


FIG. 12

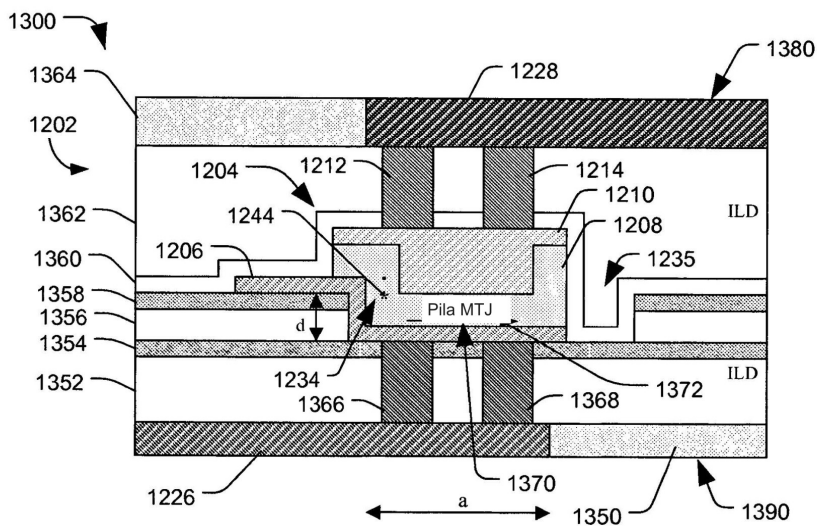


FIG. 13

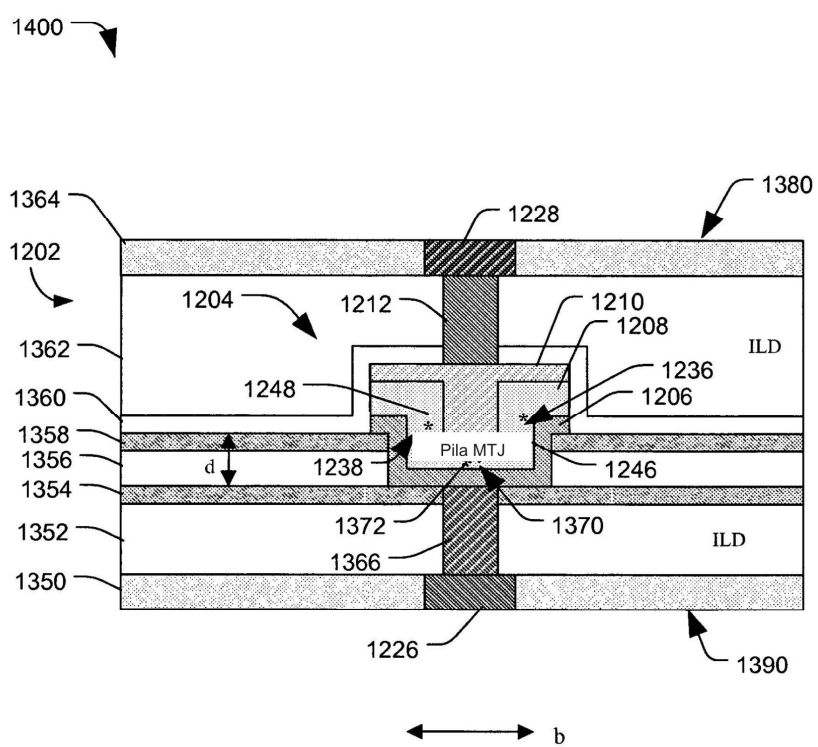


FIG. 14

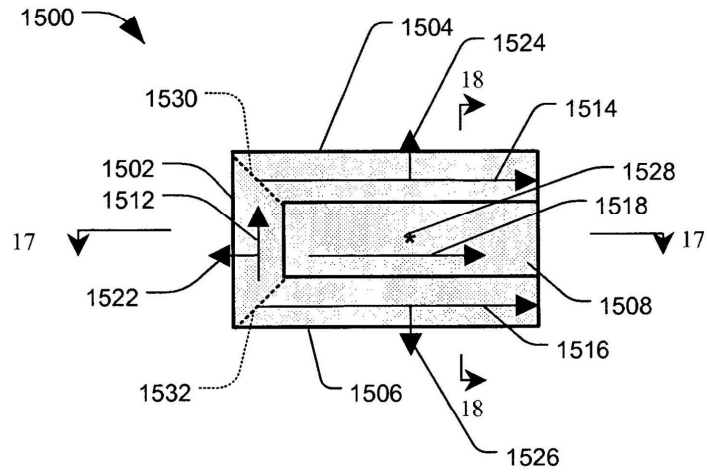


FIG. 15

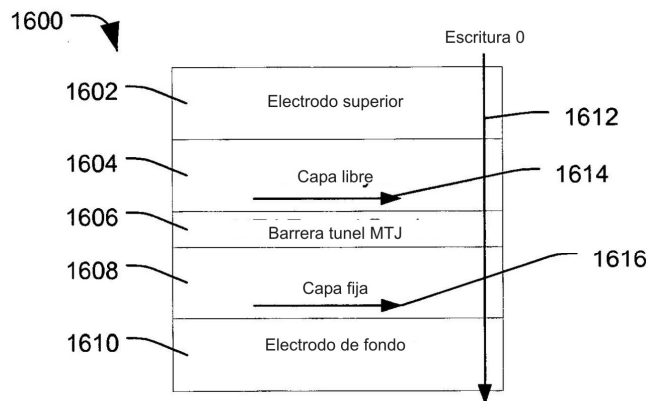


FIG. 16

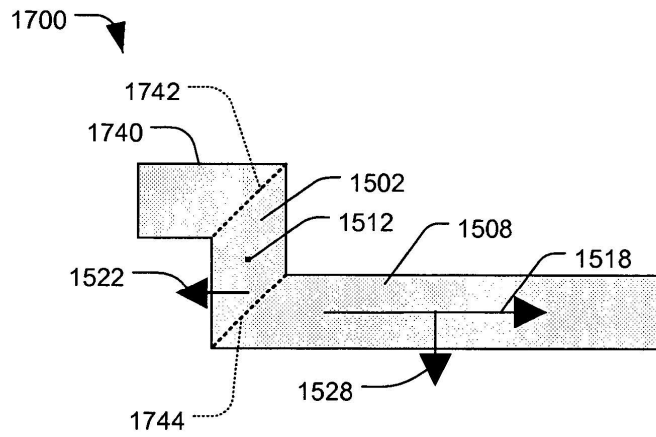


FIG. 17

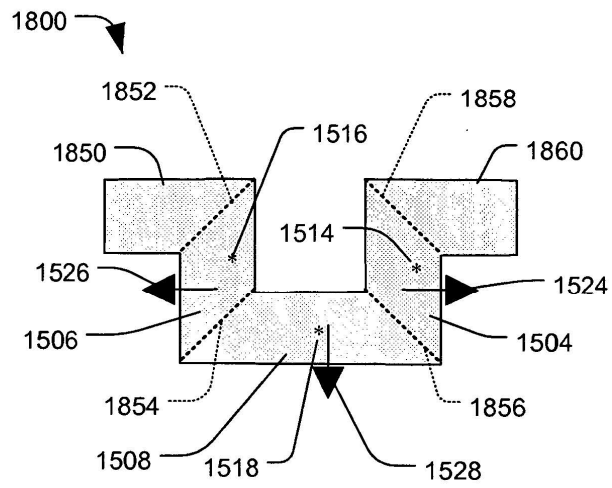


FIG. 18

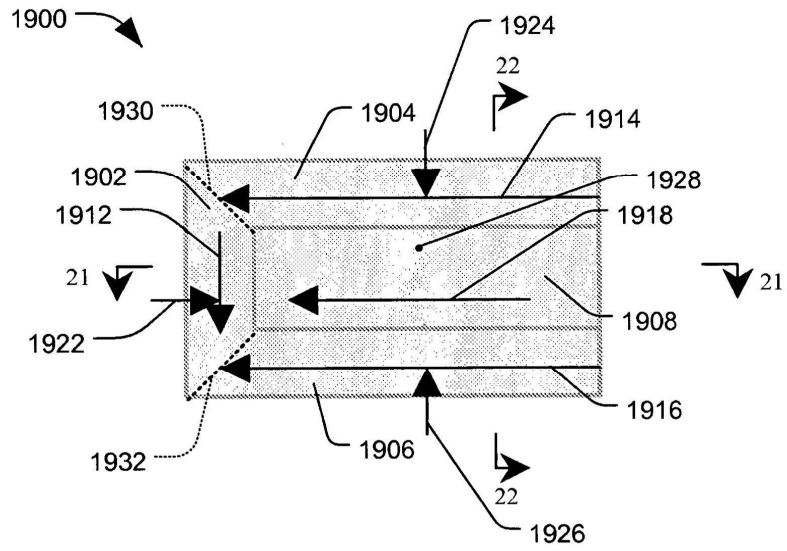


FIG. 19

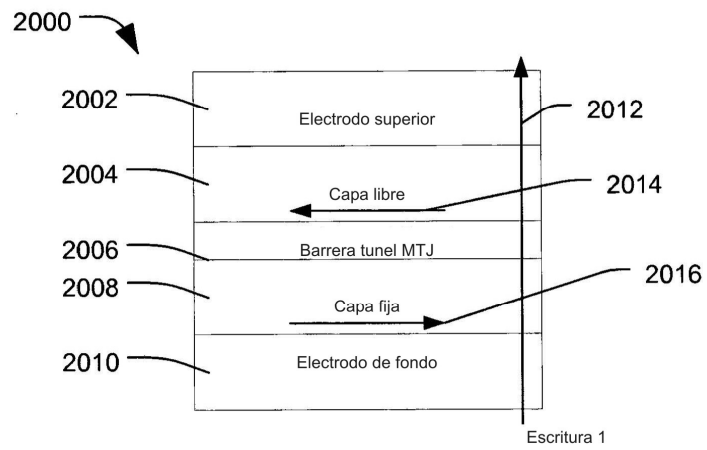


FIG. 20

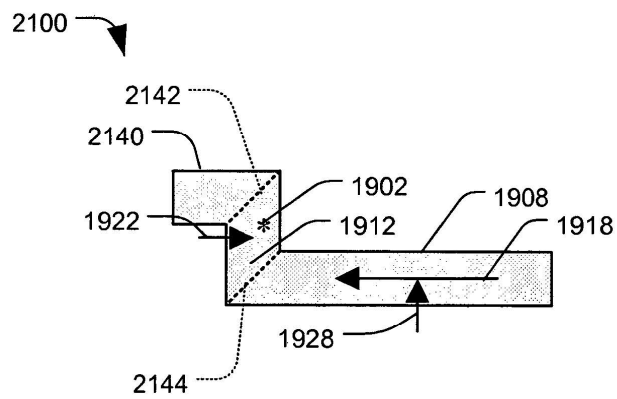


FIG. 21

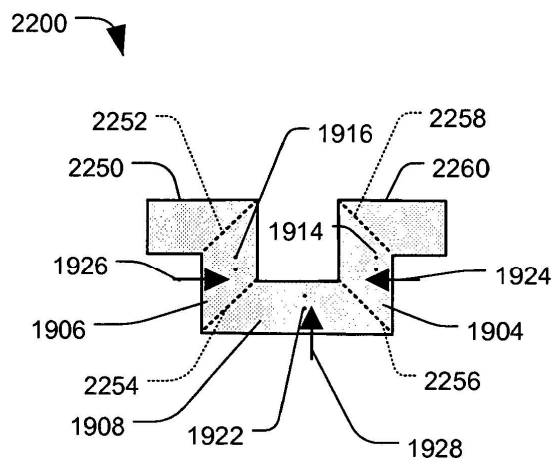


FIG. 22

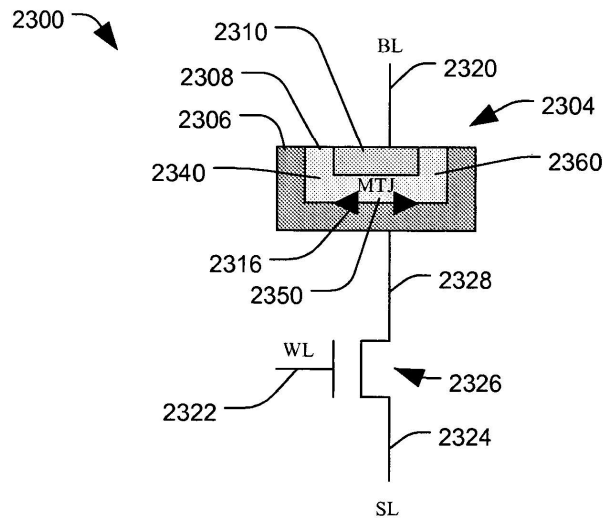


FIG. 23

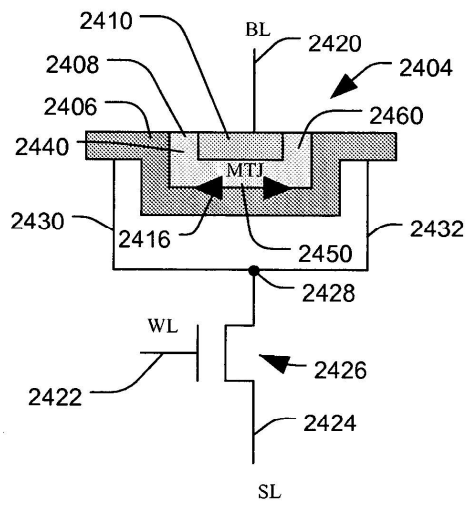


FIG. 24

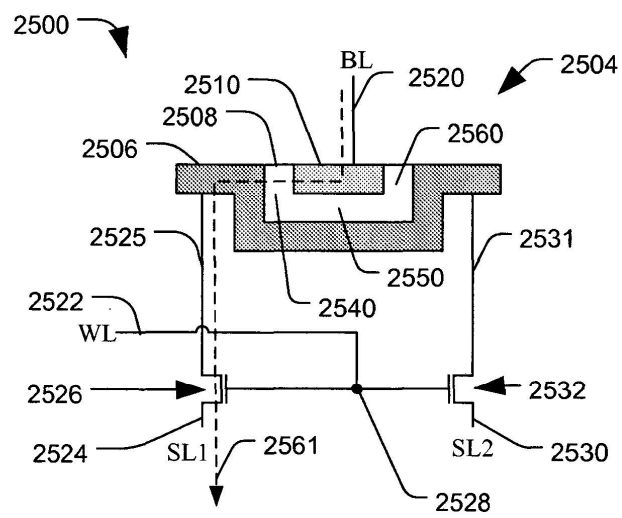
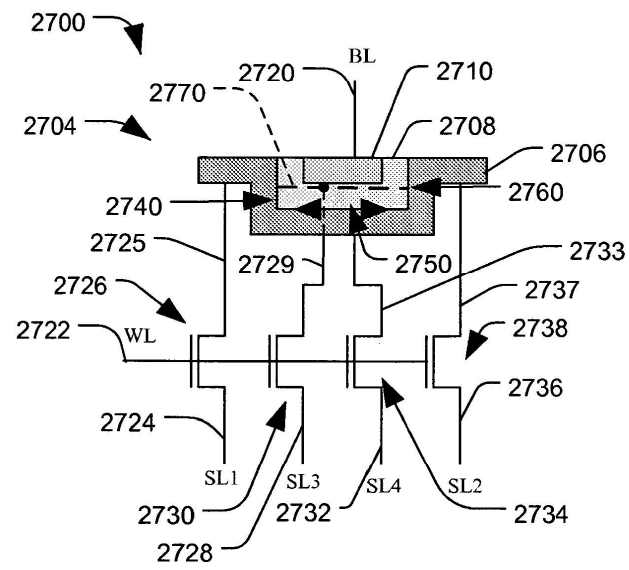
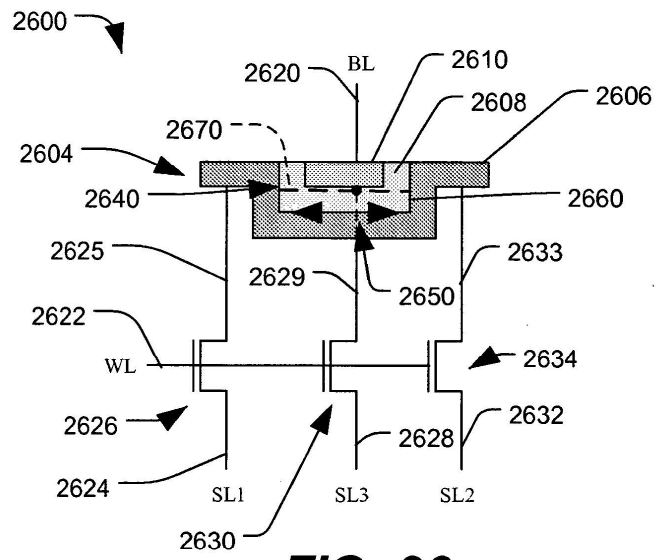


FIG. 25



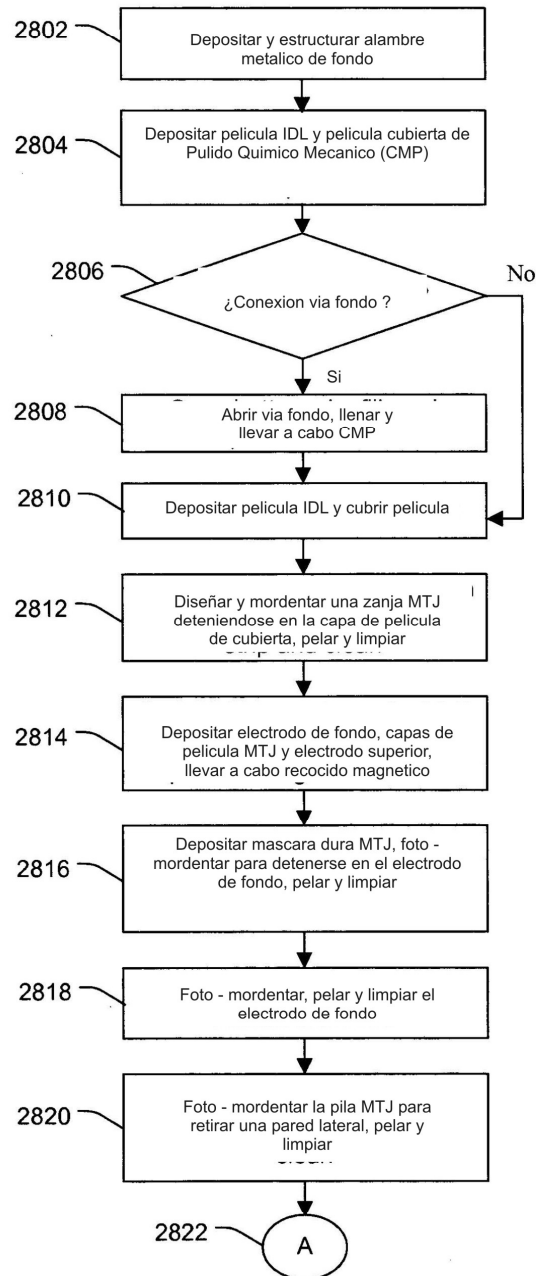


FIG. 28

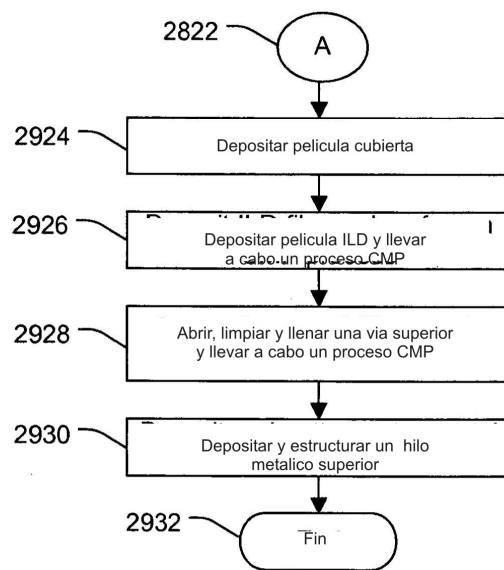


FIG. 29

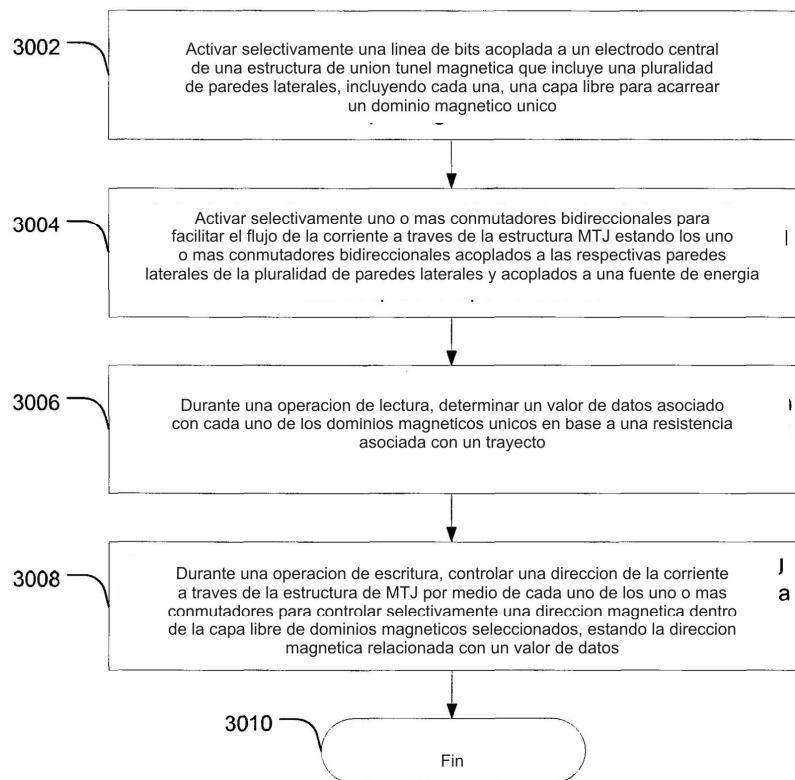


FIG. 30

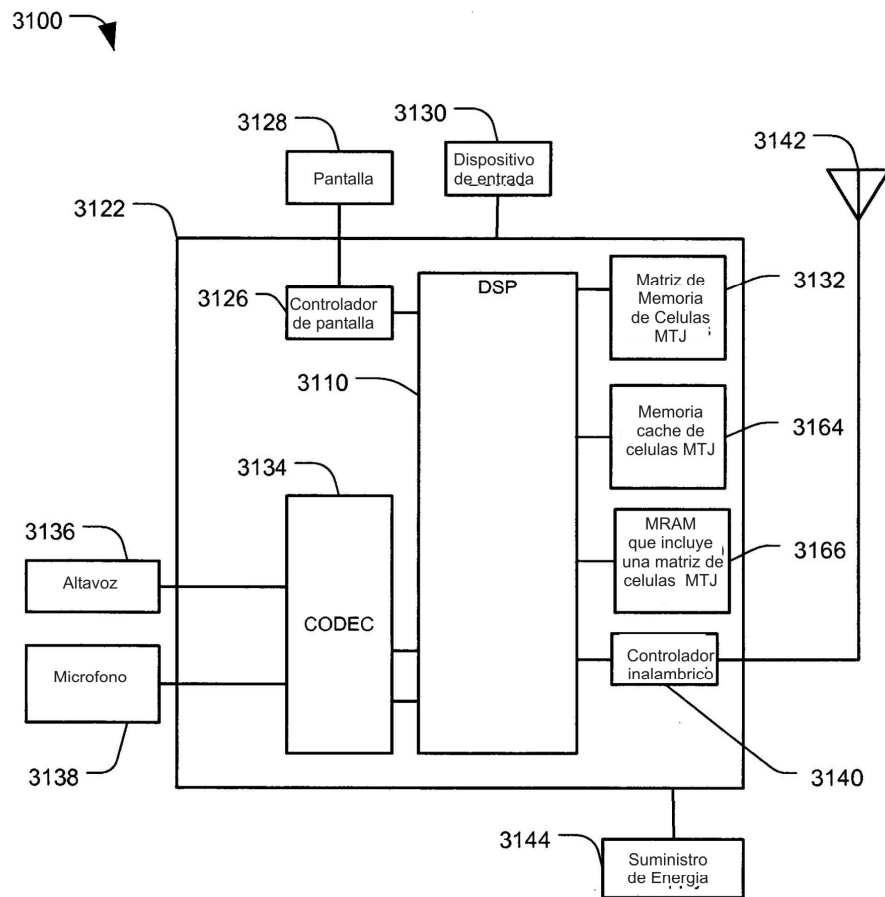


FIG. 31