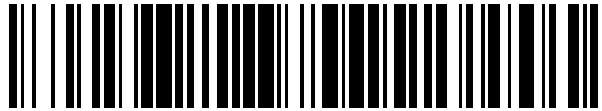


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 397 820**

51 Int. Cl.:

H01L 43/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.09.2009 E 09792722 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.11.2012 EP 2342767**

54 Título: **Elemento magnético que utiliza pasivación de pared lateral protectora**

30 Prioridad:

24.09.2008 US 236943

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.03.2013

73 Titular/es:

**QUALCOMM INCORPORATED (100.0%)
International IP Administration
5775 Morehouse Drive
San Diego, California 92121, US**

72 Inventor/es:

**KANG, SEUNG H. y
YOON, SEI SEUNG**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 397 820 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

Elemento magnético que utiliza pasivación de pared lateral protectora

Campo de la divulgación

5 Las realizaciones de la presente invención están relacionadas con los dispositivos de elementos magnéticos. Más en particular, las realizaciones de la presente invención están relacionadas con elementos magnéticos que incluyen una capa de pasivación para el aislamiento de otros elementos incorporados en el chip.

Antecedentes

10 Se utilizan dispositivos magnetoelectrónicos, también denominados dispositivos electrónicos de espín o espintrónicos, en numerosas tecnologías de la información y permiten un almacenamiento y una recuperación de datos de alta densidad no volátiles, fiable y resistente a las radiaciones. Ejemplos de dispositivos magnetoelectrónicos incluyen, sin limitación, memoria magnética de acceso aleatorio (MRAM), sensores magnéticos y cabezales de lectura/escritura para unidades de disco.

15 Normalmente, un dispositivo magnetoelectrónico, tal como un elemento magnético de memoria, tiene una estructura que incluye múltiples capas ferromagnéticas separadas por al menos una capa no magnética. La información se guarda en un elemento magnético de memoria como la dirección de vectores de magnetización en las capas magnéticas. Los vectores de magnetización en una capa magnética, por ejemplo, están fijados o bloqueados magnéticamente, mientras que la dirección de magnetización de la otra capa magnética es libre de cambiar en la misma dirección o la opuesta, denominados estados "paralelo" y "antiparalelo", respectivamente. En respuesta a los estados paralelos y antiparalelos, el elemento magnético de memoria representa dos resistencias diferentes. La resistencia tiene un valor mínimo cuando los vectores de magnetización de las dos capas magnéticas apuntan sustancialmente en la misma dirección, y un valor máximo cuando los vectores de magnetización de las dos capas magnéticas apuntan en direcciones sustancialmente opuestas. En consecuencia, una detección del cambio en la resistencia permite que un dispositivo, tal como un dispositivo de MRAM, detecte la información guardada en el elemento magnético de memoria.

25 Las FIGURAS 1A y 1B ilustran un tipo de elemento magnético de memoria denominado elemento de unión de túnel magnético en los estados paralelo y antiparalelo, respectivamente.

30 Según se muestra, puede formarse un elemento 100 de unión de túnel magnético (MTJ) a partir de dos capas magnéticas 110 y 130, cada una de las cuales puede contener un campo magnético, separadas por una capa aislante 120 (barrera túnel). Una de las dos capas (por ejemplo, la capa fijada 110) está configurada con una polaridad particular. La polaridad 132 de la otra capa (por ejemplo, la capa libre 130) está libre de cambiar para igualar la de un campo externo que puede ser aplicado. Un cambio en la polaridad 132 de la capa libre 130 cambiará la resistencia del elemento 100 de la MTJ. Por ejemplo, cuando se alinean las polaridades (Fig. 1A), existe un estado de baja resistencia. Cuando las polaridades no están alineadas (Fig. 1B), existe un estado de alta resistencia. La ilustración de la MTJ 100 ha sido simplificada y los expertos en la técnica apreciarán que cada capa ilustrada puede comprender una o más capas de materiales, tal como se conoce en la técnica.

35 A diferencia de las tecnologías de RAM convencional que almacenan datos como cargas eléctricas o flujos de corriente, la MRAM usa elementos magnéticos, tales como la MTJ 100, para guardar información magnéticamente. La MRAM tiene varias características deseables que la hacen candidata para una memoria universal, como alta velocidad, densidad elevada (es decir, tamaño pequeño de la celda de bit), bajo consumo de energía y ninguna degradación con el tiempo. Sin embargo, la MRAM tiene problemas de escalabilidad. Específicamente, a medida que las celdas de bits se hacen menores, los campos magnéticos usados para conmutar el estado de la memoria aumentan. En consecuencia, la densidad de la corriente y el consumo de energía aumentan para proporcionar los mayores campos magnéticos, limitando así la escalabilidad de la MRAM.

45 A diferencia de la MRAM convencional, la memoria magnetorresistiva de transferencia de torsión de espín de acceso aleatorio (STT-MRAM) usa electrones que se polarizan en su espín a medida que los electrones pasan a través de una película delgada (filtro de espín). La STT-MRAM también es denominada RAM de transferencia de torsión de espín (STT-RAM), RAM de conmutación de la magnetización por transferencia de torsión de espín (Spin-RAM) y transferencia del momento del espín (SMT-RAM). Durante la operación de escritura, los electrones polarizados por espín ejercen un par en la capa libre, que puede conmutar la polaridad de la capa libre. La operación de lectura es similar a la MRAM convencional, porque se usa una corriente para detectar el estado de resistencia / lógico del elemento de almacenamiento de la MTJ, tal como se ha expuesto en lo que antecede. Según se ilustra en la Fig. 2A, una celda 200 de bit de STT-MRAM incluye la MTJ 205, el transistor 210, la línea 220 de bits y la línea 230 de palabras. El transistor 210 se conecta para las operaciones tanto de lectura como de escritura para permitir que la corriente fluya por la MTJ 205 para que el estado lógico pueda ser leído o escrito.

55 Con referencia a la Fig. 2B, se ilustra un diagrama más detallado de una celda 201 de STT-MRAM, para una presentación adicional de las operaciones de lectura / escritura. Además de elementos presentados previamente,

como la MTJ 205, el transistor 210, la línea 220 de bits y la línea 230 de palabras, se ilustran una línea fuente 240 un amplificador 250 de sentido, la circuitería 260 de lectura / escritura y la referencia 270 de la línea de bits. Según se expone en lo que antecede, la operación de escritura en una STT-MRAM es eléctrica. La circuitería 260 de lectura / escritura genera una tensión de escritura entre la línea 220 de bits y la línea fuente 240. Dependiendo de la polaridad de la tensión entre la línea 220 de bits y la línea fuente 240, puede cambiar la polaridad de la capa libre de la MTJ 205 y, en consecuencia, puede escribirse el estado lógico a la celda 201. Así mismo, durante una operación de lectura, se genera una corriente de lectura, que fluye entre la línea 220 de bits y la línea fuente 240 a través de la MTJ 205. Cuando se permite que la corriente fluya a través del transistor 210, puede determinarse la resistencia (estado lógico) de la MTJ 205 con base en el diferencial de tensión entre la línea 220 de bits y la línea fuente 240, que se compara con una referencia 270 y luego se amplifica con el amplificador 250 de sentido. Los expertos en la técnica apreciarán que la operación y la construcción de la celda 201 de memoria son conocidas en la técnica. Se proporcionan detalles adicionales, por ejemplo, en M. Hosomi, et al., A Novel Nonvolatile Memory with Spin Transfer Torque Magnetoresistive Magnetization Switching: Spin-RAM, proceedings of IEDM conference (2005), que se incorpora en su totalidad en el presente documento por referencia.

Un desafío clave en embeber una STT-MRAM en dispositivos lógicos CMOS por debajo de 100 nm es integrar la pila de la MTJ (por ejemplo, las capas 110, 120 y 130 colectivamente) con interconexiones comunes de terminación de línea (BEOL), tales como contactos, aisladores, niveles de metal, sitios de unión para conexiones de chip a encapsulado, etc., sin un impacto sustancial en el rendimiento y la fiabilidad. El problema es que la MTJ puede dañarse durante el tratamiento BEOL, o que los iones móviles y otros contaminantes relacionados con la MTJ pueden degradar los dieléctricos entre niveles (ILD) de BEOL. La integración es particularmente exigente cuando la MTJ está dispuesta con interconexiones de paso fino (por ejemplo, para lograr celdas de memoria más pequeñas) junto con los ILD comunes a los dispositivos CMOS de menos de 100 nm. La MTJ necesita no solo formar y atenerse a las características especificadas en todas las etapas de fabricación, sino también funcionar de manera fiable. Además, no es preciso que la incorporación de diversos materiales usados para la MTJ afecte adversamente a las interconexiones de BEOL. Es decir, debería haber relativamente pocos iones móviles o contaminantes, o ninguno, permitidos en los ILD de BEOL.

En la solicitud de patente estadounidense US 2007/024140 se encuentra un ejemplo de un dispositivo de MTJ.

Resumen

Las realizaciones ejemplares de la invención se dirigen a elementos magnéticos que incluyen una capa de pasivación para el aislamiento de otros elementos incorporados en el chip.

Una realización se dirige a un aparato que comprende un elemento de unión de túnel magnético (MTJ) según la reivindicación 1.

Otra realización se dirige a un procedimiento de formación de un dispositivo de unión de túnel magnético (MTJ) que incluye un elemento de MTJ según la reivindicación 10.

Otro ejemplo se dirige a un aparato que comprende un elemento de unión de túnel magnético (MTJ). El elemento de MTJ comprende: una primera capa ferromagnética; una segunda capa ferromagnética, una capa aislante dispuesta entre las capas ferromagnéticas primera y segunda; y un medio de pasivación de la MTJ dispuesto adyacente a la primera capa ferromagnética, a la segunda capa ferromagnética y a la capa aislante para aislar al menos parcialmente, eléctrica y magnéticamente, al elemento de MTJ de interferencias.

Breve descripción de los dibujos

Los dibujos adjuntos se presentan para ayudar en la descripción de las realizaciones de la invención y se proporcionan únicamente para la ilustración de las realizaciones y no para una limitación de la misma.

Las FIGURAS 1A y 1B ilustran un tipo de elemento magnético de memoria denominado elemento de unión de túnel magnético en estados paralelo y antiparalelo, respectivamente.

Las FIGURAS 2A y 2B ilustran celdas de memoria magnetorresistiva de transferencia de torsión de espín de acceso aleatorio (STT-MRAM).

La FIG. 3 ilustra un elemento de MTJ que incluye una capa de pasivación.

La FIG. 4 ilustra una vista en corte transversal, por capas, de una porción de un dispositivo de MTJ que incluye una capa de pasivación.

La FIG. 5 ilustra un elemento de MTJ que incluye una capa de pasivación y una película auxiliar de blindaje.

La FIG. 6 ilustra una vista en corte transversal, por capas, de una porción de un dispositivo de MTJ que incluye una capa de pasivación y una película auxiliar de blindaje.

La FIG. 7 ilustra una vista en corte transversal, por capas, de una porción de un dispositivo de MTJ que incluye una capa de pasivación y una película auxiliar de blindaje parcial.

La FIG. 8 ilustra una vista en corte transversal, por capas, de una porción de un dispositivo de MTJ que incluye un electrodo superior moldeado por medio de una máscara de MTJ.

5 La FIG. 9 ilustra un procedimiento de fabricación de un dispositivo de MTJ.

La FIG. 10 ilustra un circuito de STT-MRAM que incluye un elemento de MTJ.

Descripción detallada

10 En la siguiente descripción y en los dibujos relacionados dirigidos a realizaciones específicas de la invención se dan a conocer aspectos de realizaciones de la invención. Pueden idearse realizaciones alternativas sin apartarse del ámbito de la invención. Además, los elementos bien conocidos de la invención no serán descritos en detalle o serán omitidos para no oscurecer los detalles relevantes de las realizaciones de la invención.

15 La palabra “ejemplar” se usa en el presente documento con el significado de “servir de ejemplo, caso o ilustración”. No debe interpretarse necesariamente que ninguna realización descrita en el presente documento como “ejemplar” se prefiera o sea ventajosa con respecto a otras realizaciones. De forma similar, la expresión “realizaciones de la invención” no requiere que todas las realizaciones de la invención incluyan la característica, la ventaja o el modo de operación presentados.

20 Tal como se expone en los antecedentes, convencionalmente la integración de elementos de unión de túnel magnético (MTJ) con interconexiones de terminación de línea (BEOL) ha degradado los elementos de la MTJ durante el tratamiento BEOL, así como permitido que iones móviles y contaminantes de la MTJ tengan un impacto adverso en las propias interconexiones. En consecuencia, las realizaciones de la presente invención proporcionan una pila de MTJ con paredes laterales que están encapsuladas por una capa protectora delgada de pasivación. Esta capa, que es una película aislante tanto eléctrica como magnéticamente, puede fabricarse usando un esquema común de CMOS tras el decapado de la MTJ. La capa puede formarse lo suficientemente delgada para que no tenga un impacto en el diseño de la celda, pero que siga siendo adecuadamente gruesa para funcionar como capa protectora, no solo durante la fabricación, sino también durante la operación del dispositivo *in situ*.

La FIG. 3 ilustra un elemento de MTJ que incluye una capa de pasivación.

30 Según se muestra, la MTJ 300 se forma a partir de dos capas magnéticas 310 y 330, cada una de las cuales es capaz de contener un campo magnético, separadas por una capa aislante 320 (barrera túnel). La MTJ 300 incluye además una capa 340 de pasivación. La capa 340 de pasivación forma paredes laterales adyacentes a las otras capas 310, 320 y 330 de la MTJ (denominadas colectivamente pila de la MTJ). Aunque el término “adyacente” se usa en el presente documento para describir la orientación de la capa 340 de pasivación de la MTJ con respecto a la pila de la MTJ, un experto en la técnica apreciará que no es preciso que la capa 340 de pasivación de la MTJ esté en contacto físico directo con la pila de la MTJ, ya que otras capas (no mostradas) pueden estar, de hecho, interpuestas físicamente. El aspecto importante de su orientación relativa es, simplemente, que la capa 340 de pasivación de la MTJ esté interpuesta entre la pila de la MTJ y cualquier interconexión, formando una barrera contra iones móviles y otros contaminantes tanto durante el tratamiento BEOL como en la operación subsiguiente del dispositivo. En consecuencia, el término “adyacente”, tal como se usa en el presente documento, transmite el significado solamente de la orientación relativa de la capa 340 de pasivación de la MTJ con respecto a la pila de la MTJ, y no se pretende que denote un contacto físico directo.

40 La capa 340 de pasivación de la MTJ es una película usada para aislar a la pila de la MTJ tanto eléctrica como magnéticamente de las diversas interconexiones. Por ejemplo, la capa 340 de pasivación de la MTJ puede formarse como paredes laterales dieléctricas adyacentes a la pila de la MTJ de las capas 310, 320 y 330. La capa 340 de pasivación de la MTJ puede fabricarse usando un esquema común de CMOS tras el decapado de la MTJ. La capa 340 de pasivación de la MTJ puede formarse de uno o múltiples materiales bien conocidos usados en la fabricación de CMOS. Por ejemplo, la capa 340 de pasivación de la MTJ puede ser una capa dieléctrica, y puede estar formada de dióxido de silicio, carburo de silicio, nitruro de silicio o similares.

45 La capa 340 de pasivación de la MTJ puede formarse lo suficientemente delgada para que no tenga un impacto en el diseño de la celda, pero que siga siendo adecuadamente gruesa para funcionar como capa protectora. Por ejemplo, el grosor puede estar en el intervalo de aproximadamente 5 nm a aproximadamente 100 nm. El grosor con el que se forme la capa 340 de pasivación de la MTJ es específico a la aplicación y depende del tamaño de las características de la tecnología CMOS usada.

La FIG. 4 ilustra una vista en corte transversal, por capas, de una porción de un dispositivo de MTJ que incluye una capa de pasivación según una realización de la invención.

55 Según se muestra, el dispositivo incluye un elemento 440 de MTJ. La MTJ 440 puede estar formada como una pila de capas según cualquiera de las descripciones que antecede, tal como la MTJ 100, 300, etc. Dos niveles metálicos

410 y 420, dispuestos en un dieléctrico 430 entre niveles (ILD), forman las conexiones eléctricas a ambos lados de la MTJ 440. Un electrodo inferior 412 y un electrodo superior 422 forman los contactos eléctricos entre la MTJ 440 y los dos niveles metálicos 410 y 420, respectivamente. Para el aislamiento entre capas, se forma una capa 480 de pasivación global entre los dos niveles metálicos 410 y 420. La capa 480 de pasivación global puede formarse de un carburo, un nitruro o un compuesto óxido o similares. Además, puede usarse una capa dieléctrica 450 (por ejemplo, de SiC) como barrera aislante entre la capa metálica 410 y un orificio de interconexión entre niveles (no mostrado) que conecta localmente los dos niveles metálicos 410 y 420.

La capa 460 de pasivación de la MTJ se forma adyacente a la MTJ 440 para proporcionar aislamiento del ILD 430, según se describe con más detalle en lo que antecede. Aunque no se ilustra explícitamente en la vista en corte transversal de la FIG. 4, se apreciará que la capa 460 de pasivación de la MTJ puede formarse en una pared lateral de película continua que rodea a la MTJ 440 para proteger todas las capas de la MTJ 440. Dado que la MTJ 440 puede no ocupar necesariamente todo el espacio intermedio entre los electrodos superior e inferior 422 y 412, el espacio intermedio puede rellenarse de una película aislante 470, tal como un carburo, un nitruro o un compuesto óxido o similares.

Según realizaciones adicionales, puede formarse una película auxiliar de blindaje fabricada de un material de permeabilidad relativamente alta (por ejemplo, Permalloy) adyacente a las paredes laterales de pasivación para proporcionar blindaje magnético adicional y aislamiento adicional de los elementos de MTJ. La película auxiliar de blindaje puede usarse para reducir la tensión termomecánica de la MTJ, pero introduce un material adicional si no forma parte ya de la pila de la MTJ.

La FIG. 5 ilustra un elemento de MTJ que incluye una capa de pasivación y una película auxiliar de blindaje según una realización de la invención.

Según se muestra, el elemento 500 de la MTJ incluye una pila de la MTJ de las capas 310 a 330 y una capa 340 de pasivación formada según el diseño de la FIG. 3. Además, está formada una película auxiliar 550 de blindaje adyacente a la capa 340 de pasivación. Según se ha expuesto en lo que antecede, la película auxiliar 550 de blindaje proporciona un blindaje magnético adicional de la MTJ 500 por encima del proporcionado por la capa 340 de pasivación por sí sola.

De forma similar a la capa 340 de pasivación de la MTJ, la película auxiliar 550 de blindaje puede formarse lo suficientemente delgada para que no tenga un impacto en el diseño de la celda, pero que siga siendo adecuadamente gruesa para funcionar como capa de blindaje. El grosor con el que se forme la película auxiliar 550 de blindaje es específico a la aplicación y depende del tamaño de las características de la tecnología CMOS usada. En general, una película auxiliar 550 de blindaje más gruesa proporciona un blindaje mejor, pero el grosor puede estar limitado por el tamaño de los electrodos superior e inferior.

La FIG. 6 ilustra una vista en corte transversal, por capas, de una porción de un dispositivo de MTJ que incluye una capa de pasivación y una película auxiliar de blindaje según una realización de la invención.

Según el muestra, el dispositivo de la FIG. 6 incluye un elemento 440 de MTJ, dos niveles metálicos 410 y 420, un electrodo inferior 412, un electrodo superior 422, una capa dieléctrica 450, una capa 460 de pasivación de la MTJ y una capa 480 de pasivación global, dispuesta en un ILD 430, formada según el diseño de la FIG. 4. Sin embargo, en lugar de la capa aislante 470, el diseño de la FIG. 6 incluye una película auxiliar 670 de blindaje formada en el espacio intermedio entre los electrodos superior e inferior 412 y 420.

El uso de una película auxiliar de blindaje de permeabilidad relativamente alta puede ser deseable, ya que los dispositivos cambian de escala a pasos menores entre los elementos de la MTJ, lo que lleva a una mayor interferencia mutua. Sin embargo el uso de películas auxiliares de blindaje requiere más materiales y, potencialmente, un número mayor de procedimientos de fabricación. Así, los diseños de las FIGURAS 3 y 4, en comparación con los de las FIGURAS 5 y 6, representan un compromiso entre rendimiento y coste, lo que permite que el diseñador satisfaga una gama cambiante de requisitos específicos de aplicaciones usando diversas realizaciones de la invención.

Además, en algunas realizaciones, se usa un enfoque híbrido en el que se forma una película auxiliar de blindaje parcial de un grosor deseado adyacente a la capa de pasivación de la MTJ, y el espacio restante entre los electrodos superior e inferior se rellena con una película aislante. Este enfoque híbrido permite que el diseñador afine los compromisos de los diseños de las FIGURAS 3 a 6 formando la película auxiliar de blindaje en un intervalo de grosores deseados.

La FIG. 7 ilustra una vista en corte transversal, por capas, de una porción de un dispositivo de MTJ que incluye una capa de pasivación y una película auxiliar de blindaje parcial según una realización de la invención.

Según se muestra, el dispositivo de la FIG. 7 incluye un elemento 440 de MTJ, dos niveles metálicos 410 y 420, un electrodo inferior 412, un electrodo superior 422, una capa dieléctrica 450, una capa 460 de pasivación de la MTJ y una capa 480 de pasivación global, dispuesta en un ILD 430, formada según los diseños de la FIG. 4 y/o de la FIG.

6. Sin embargo, en lugar de la capa aislante completa 470 de la FIG. 6 y de la capa 470 de aislamiento completa de la FIG. 4, el diseño de la FIG. 7 incluye una película auxiliar 772 de blindaje parcial formada en la capa 460 de pasivación de la MTJ y una capa 774 de aislamiento parcial formada en la capa auxiliar 772 de blindaje parcial.

5 En lo referente a los electrodos de contacto descritos en lo que antecede, los diseños de las FIGURAS 4, 6 y 7 incluyen un electrodo superior 422 y un electrodo inferior 412 formados de igual longitud. Sin embargo, según algunas realizaciones, el electrodo superior 422 puede ser moldeado usando la propia máscara de la MTJ 440 sin necesidad de una etapa de tratamiento adicional. Esto simplifica la formación del dispositivo y reduce la complejidad del procedimiento.

10 La FIG. 8 ilustra una vista en corte transversal, por capas, de una porción de un dispositivo de MTJ que incluye un electrodo superior moldeado por medio de una máscara de MTJ según una realización de la invención.

15 Según se muestra, el dispositivo de la FIG. 8 incluye un elemento 440 de MTJ, dos niveles metálicos 410 y 420, un electrodo inferior 412, una capa dieléctrica 450, una capa 460 de pasivación de la MTJ y una capa 480 de pasivación global, dispuesta en un ILD 430, formada según los diseños de las FIGURAS 4, 6 y/o 7. La FIG. 8 ilustra, además, una región intermedia 870, que puede ser implementada según cualquiera de los diseños de las FIGURAS precedentes 4, 6 o 7. Sin embargo, a diferencia de los diseños precedentes, la FIG. 8 ilustra un electrodo superior 822 moldeado por medio de la máscara usada para el elemento 440 de MTJ. Por lo tanto, el electrodo superior 822 abarca únicamente el ancho del elemento 440 de MTJ. Además, la capa 460 de pasivación de la MTJ también está formada en los lados del electrodo superior 822.

La FIG. 9 ilustra un procedimiento de fabricación de un dispositivo de MTJ según una realización de la invención.

20 Con referencia a las FIGURAS 3 a 8, se forma una primera capa ferromagnética 310/330 sobre un sustrato u otra capa, por ejemplo el electrodo inferior 412 (bloque 910). Se forma una capa aislante 320 de la MTJ sobre la primera capa ferromagnética 310/330 (bloque 920). Se forma una segunda capa ferromagnética 330/310 sobre la capa aislante 320 de la MTJ (bloque 930). La primera capa ferromagnética 310/330, la capa aislante 320 de la MTJ y una
25 segunda capa ferromagnética 330/310 (colectivamente, la pila 310/320/330 de la MTJ) forman el elemento 440 de MTJ. Se forma una capa 340/460 de pasivación de la MTJ adyacente a la pila 310/320/330 de la MTJ (bloque 940). Se forman una capa auxiliar 670/772 de blindaje y/o una capa 470/774 de aislamiento adyacentes a la capa 340/460 de pasivación de la MTJ (bloque 950). Se forma un electrodo superior 422/822 sobre la pila 310/320/330 de la MTJ, la capa 340/460 de pasivación, la capa auxiliar 670/772 de blindaje y/o la capa 470/774 de aislamiento (bloque 960). Se forma una pasivación global 480 entre la capa metálica 410 y un orificio de interconexión entre niveles (no
30 mostrado) que conecta localmente los dos niveles metálicos 410 y 420 (bloque 970). De nuevo, cada capa puede estar compuesta de una o múltiples capas fabricadas de uno o más materiales, y una capa de la que se diga que está formada sobre otra capa no es preciso necesariamente que esté formada en contacto directo con esa capa. La formación de cada capa puede realizarse según técnicas bien conocidas de tratamiento CMOS.

35 Se apreciará que el diagrama de flujo de la FIG. 9 está concebido para ilustrar la formación de las diversas capas según diversas realizaciones, pero no está pensado para transmitir una secuencia particular de etapas de formación, ya que diferentes realizaciones puede requerir que las diferentes capas se formen en secuencias diferentes. Por ejemplo, cuando el electrodo superior 822 es moldeado por medio de la máscara usada para el elemento 440 de MTJ, como en la FIG. 8, la secuencia del procedimiento es tal que el electrodo superior 822 se forma antes que la
40 capa 460 de pasivación de la MTJ. Sin embargo, cuando el electrodo superior 422 se forma independientemente de la máscara usada para el elemento 440 de MTJ, como en las FIGURAS 4, 6 y 7, la secuencia del procedimiento es tal que el electrodo superior 422 se forma después que la capa 460 de pasivación de la MTJ.

La FIG. 10 ilustra un circuito de STT-MRAM que incluye un elemento de MTJ según una realización de la invención.

45 El circuito incluye una celda 1001 de bit que incluye una MTJ 1005 y un transistor 1010 de línea de palabras acoplado entre la línea 1020 de bits (LB) y la línea fuente 1040 (LF). El transistor 1010 de la línea de palabras recibe de la línea de palabras (no mostrada) una tensión de lectura de la línea de palabras (LP_{rd}). Un elemento 1050 de aislamiento de lectura está acoplado a la línea 1020 de bits para aislar el amplificador 1070 de sentido durante una operación de escritura. El elemento 1050 (por ejemplo, un multiplexor de lectura) puede usarse para seleccionar una de las líneas de bits durante la operación de lectura, así como para proporcionar aislamiento del amplificador de
50 sentido. Como apreciarán los expertos en la técnica, el elemento 1050 de aislamiento de la lectura puede ser cualquier dispositivo o combinación de dispositivos que pueda acoplar el amplificador 1070 de sentido a la línea 1020 de bits durante operaciones de lectura y que pueda aislar al amplificador 1070 de sentido durante las operaciones de escritura. Por ejemplo, el elemento 1050 de aislamiento puede ser una puerta de transmisión acoplada en serie con un entrada del amplificador 1070 de sentido. Sin embargo, los expertos en la técnica apreciarán que pueden usarse otros dispositivos y/o combinaciones de dispositivos, tales como multiplexores y similares. Además, los expertos en la técnica apreciarán que la configuración del circuito ilustrado en el presente
55 documento es meramente para facilitar la descripción de aspectos de realizaciones de la invención y que no se pretende que limite las realizaciones a los elementos y/o las disposiciones ilustrados.

Con referencia de nuevo a la FIG. 10, el elemento 1050 de aislamiento puede recibir una señal de habilitación de la lectura (rd_en) para coordinarse con la operación de lectura. Un amplificador 1070 de sentido está acoplado con la línea 2020 de bits y con una referencia 1060. Puede usarse el amplificador 1070 de sentido para determinar el estado de la celda 1001 de bit amplificando el diferencial de tensión entre la línea 1020 de bits y la referencia 1060 en la entrada del amplificador 1070 de sentido durante la operación de lectura. Durante la operación de lectura, el transistor 1010 es conductor y la corriente de lectura fluye a través de la MTJ 1005. El elemento 1050 de aislamiento de la lectura será conductor y se generará una tensión proporcional a la resistencia de la MTJ 1005 y será detectada en el amplificador 1070 de sentido. Tal como se ha expuesto en lo que antecede, la resistencia variará con base en el estado lógico de la MTJ 1005. En consecuencia, pueden leerse los datos guardados en la celda 1001 de bit. Un controlador 1080 de escritura y los elementos 1082 y 1804 de aislamiento de la escritura están acoplados entre la línea 1020 de bits y la línea fuente 1040 para permitir la selección de una línea de bits y escribir datos a la celda 1001 de bit.

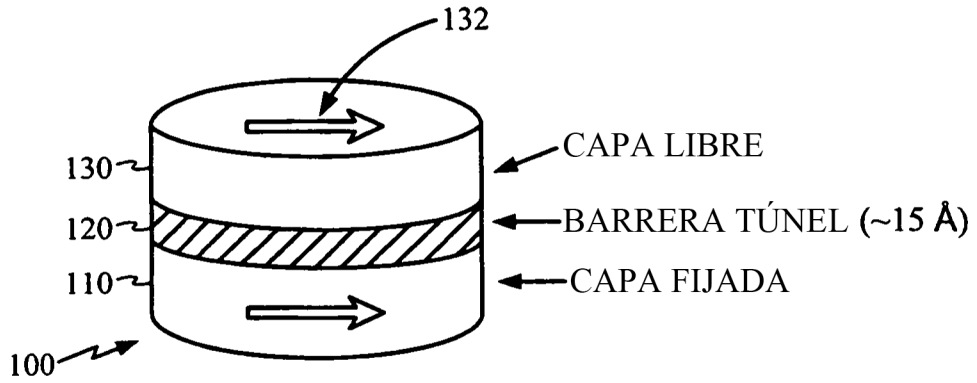
La MTJ 1005 puede ser implementada usando técnicas descritas en el presente documento para proteger de la degradación durante el tratamiento BEOL y aislar el resto del circuito 1000 de iones móviles y otros contaminantes de la MTJ. Por ejemplo, la MTJ 1005 puede implementarse según se muestra en una cualquiera de las FIGURAS 3 a 8 y/o ser fabricada según se ilustra en la FIG. 9.

Aunque la divulgación precedente muestra realizaciones ilustrativas de la invención, debería hacerse notar que podrían efectuarse diversos cambios y modificaciones en el presente documento sin apartarse del alcance de las realizaciones de la invención según está definida por las reivindicaciones adjuntas. Por ejemplo, aunque las técnicas descritas en el presente documento se han dirigido generalmente hacia elementos de MTJ y dispositivos STT-MRAM, un experto en la técnica apreciará que puede usarse la capa de pasivación en conjunto con diversos elementos magnetoeléctricos en diversas aplicaciones para proporcionar aislamiento de otros elementos incorporados en el chip. Además, las señales lógicas específicas correspondientes a los transistores / circuitos que han de activarse pueden cambiarse según sea apropiado para lograr la funcionalidad dada a conocer, ya que los transistores / circuitos pueden ser modificados a dispositivos complementarios (por ejemplo, intercambiando dispositivos PMOS y NMOS). De modo similar, no es preciso que las funciones, las etapas y/o las acciones de los procedimientos según las realizaciones de la invención descritas en el presente documento se lleven a cabo en el orden particular mostrado. Además, aunque elementos de la invención pueden ser descritos o reivindicados en singular, se contempla el plural, a no ser que se afirme explícitamente la limitación al singular.

REIVINDICACIONES

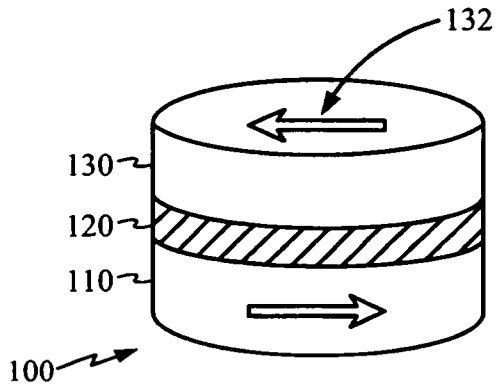
1. Un aparato que comprende:
 - un elemento (440) de unión de túnel magnético (MTJ) que comprende:
 - una primera capa ferromagnética;
 - una segunda capa ferromagnética, y
 - 5 una primera capa aislante dispuesta entre las capas ferromagnéticas primera y segunda;
 - una capa (460) de pasivación de la MTJ que forma paredes laterales protectoras dispuestas adyacentes a la primera capa ferromagnética, a la segunda capa ferromagnética y a la primera capa aislante;
 - una segunda capa (470) de aislamiento dispuesta adyacente a la capa (460) de pasivación de la MTJ y rodeando al elemento (440) de MTJ;
 - 10 un dieléctrico (430) entre niveles (ILD) que rodea al elemento (440) de MTJ y a la segunda capa aislante (470); y
 - una capa (480) de pasivación global dispuesta entre la segunda capa aislante (470) y el ILD (430).
2. El aparato de la reivindicación 1 en el que la capa de pasivación de la MTJ está formada de un material dieléctrico.
- 15 3. El aparato de la reivindicación 1 en el que la capa de pasivación de la MTJ está formada de un espesor dado en el intervalo de aproximadamente 5 nm a aproximadamente 100 nm.
4. El aparato de la reivindicación 1 que, además, comprende:
 - una capa auxiliar (772) de blindaje interpuesta entre la capa (460) de pasivación de la MTJ y la segunda capa (774) de aislamiento, y que las separa, para blindar magnéticamente el elemento de MTJ.
- 20 5. El aparato de la reivindicación 4 en el que la capa auxiliar (772) de blindaje está formada de un material de alta permeabilidad.
6. El aparato de la reivindicación 1 en el que la segunda capa de aislamiento está formada de un carburo, un nitruro o un compuesto óxido.
7. El aparato de la reivindicación 4 en el que:
 - 25 la capa (480) de pasivación global está dispuesta sobre la capa auxiliar (772) de blindaje y la segunda capa (774) de aislamiento.
8. El aparato de la reivindicación 1 en el que la capa de pasivación global está dispuesta entre capas metálicas del aparato.
9. El aparato de la reivindicación 1 que, además, comprende:
 - 30 un electrodo superior (822) moldeado con la misma anchura que el elemento de MTJ y rodeado por sus lados por la capa (460) de pasivación de la MTJ y la segunda capa (470) de aislamiento; y
 - una capa metálica (420) sobre la superficie superior del electrodo superior.
10. Un procedimiento de formación de un dispositivo de unión de túnel magnético (MTJ) que incluye un elemento (440) de MTJ que comprende:
 - 35 la formación de una primera capa ferromagnética;
 - la formación de una segunda capa ferromagnética;
 - la formación de una primera capa aislante dispuesta entre las capas ferromagnéticas primera y segunda;
 - la formación de una capa (460) de pasivación de la MTJ de paredes laterales protectoras dispuestas adyacentes a la primera capa ferromagnética, a la segunda capa ferromagnética y a la primera capa aislante; y
 - 40 la formación de una segunda capa (470) de aislamiento dispuesta adyacente a la capa (460) de pasivación de la MTJ y rodeando al elemento (440) de MTJ;
 - la formación de un dieléctrico (430) entre niveles (ILD) que rodea al elemento (440) de MTJ y a la segunda capa aislante (470); y
 - 45 la formación de una capa (480) de pasivación global dispuesta entre la segunda capa aislante (470) y el ILD (430).
11. El procedimiento de la reivindicación 10 en el que la capa de pasivación de la MTJ está formada de un material dieléctrico.

12. El procedimiento de la reivindicación 10 que, además, comprende:
la formación de una capa auxiliar de blindaje interpuesta entre la capa de pasivación de la MTJ y la segunda capa de aislamiento, y que las separa, para blindar magnéticamente el elemento de MTJ.
- 5 13. El procedimiento de la reivindicación 12 en el que la capa auxiliar de blindaje está formada de un material de alta permeabilidad.
14. El procedimiento de la reivindicación 12 que, además, comprende:
la formación de la capa de pasivación global sobre la capa auxiliar de blindaje y la segunda capa de aislamiento.
- 10 15. El procedimiento de la reivindicación 10 que, además, comprende:
la formación de la capa de pasivación global entre capas metálicas del dispositivo de MTJ.



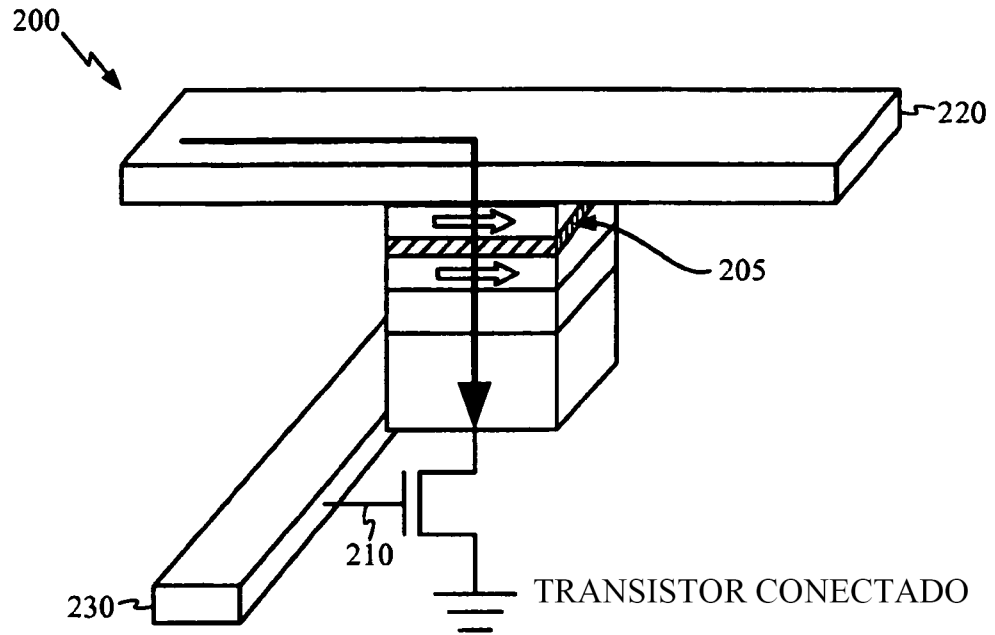
ESTADO "0"
DE BAJA RESISTENCIA
DE MAGNETIZACIÓN PARALELA

TÉCNICA ANTERIOR
FIG. 1A

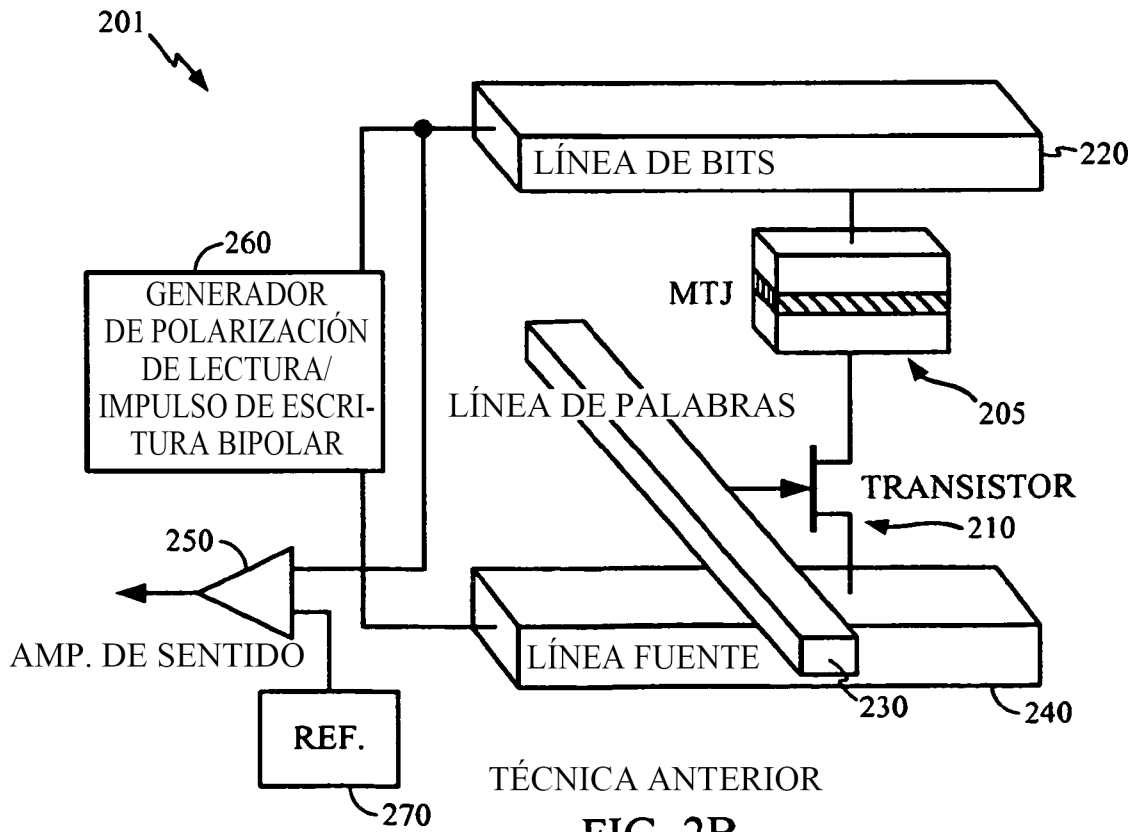


ESTADO "1"
DE ALTA RESISTENCIA
DE MAGNETIZACIÓN ANTIPARALELA

TÉCNICA ANTERIOR
FIG. 1B



LECTURA Y ESCRITURA
TÉCNICA ANTERIOR
FIG. 2A



TÉCNICA ANTERIOR
FIG. 2B

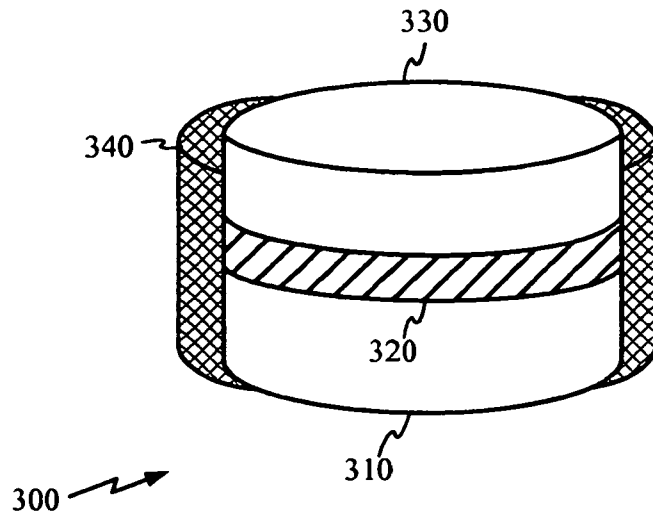


FIG. 3

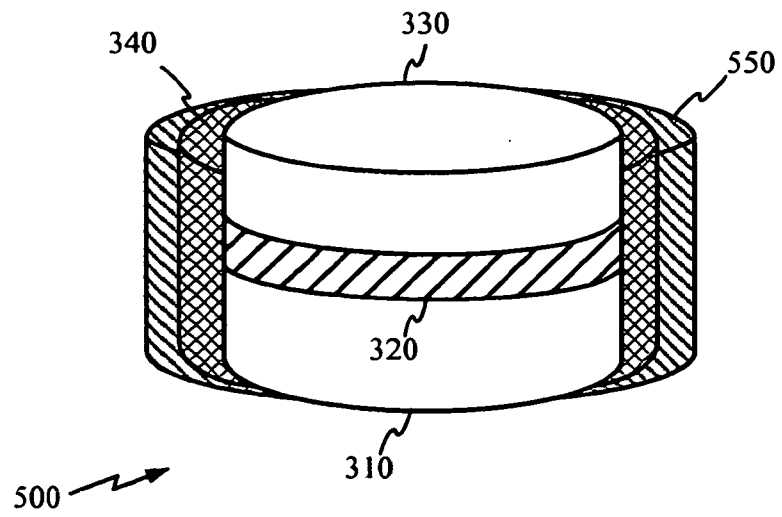


FIG. 5

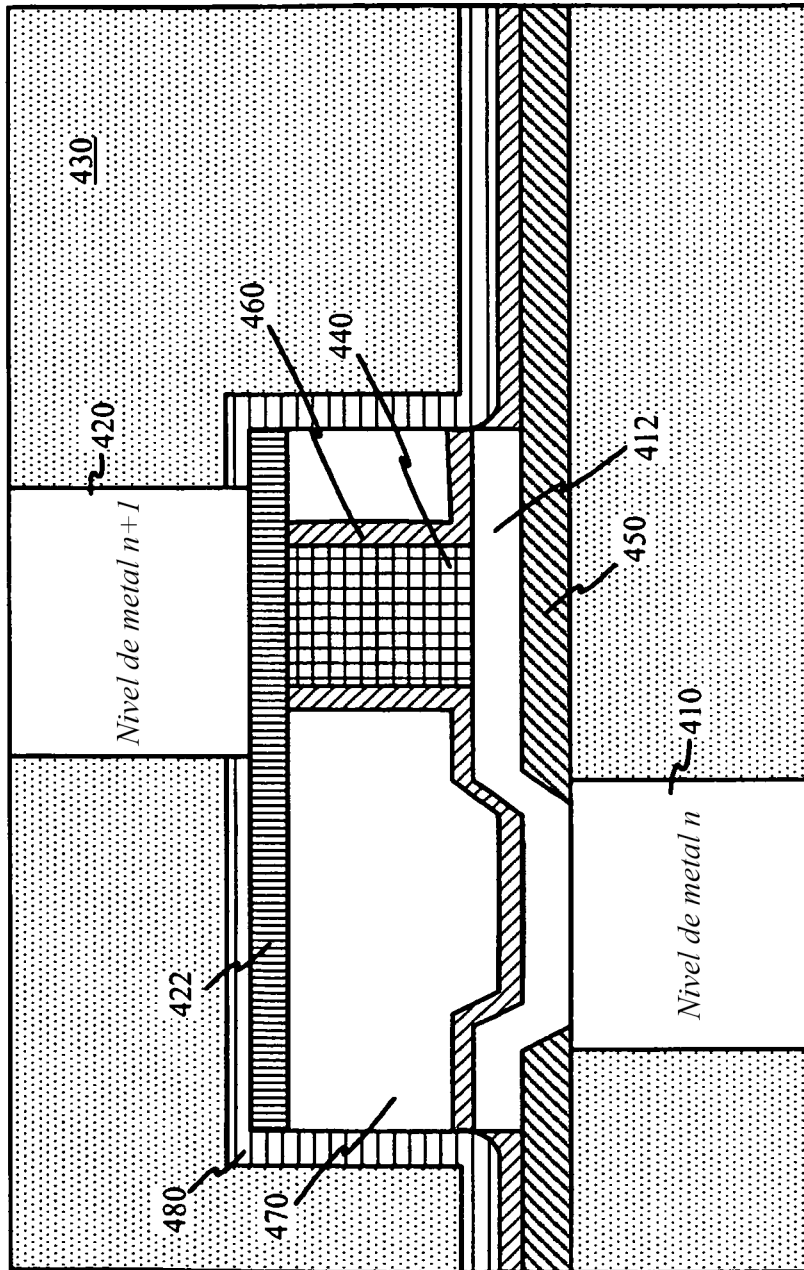


FIG. 4

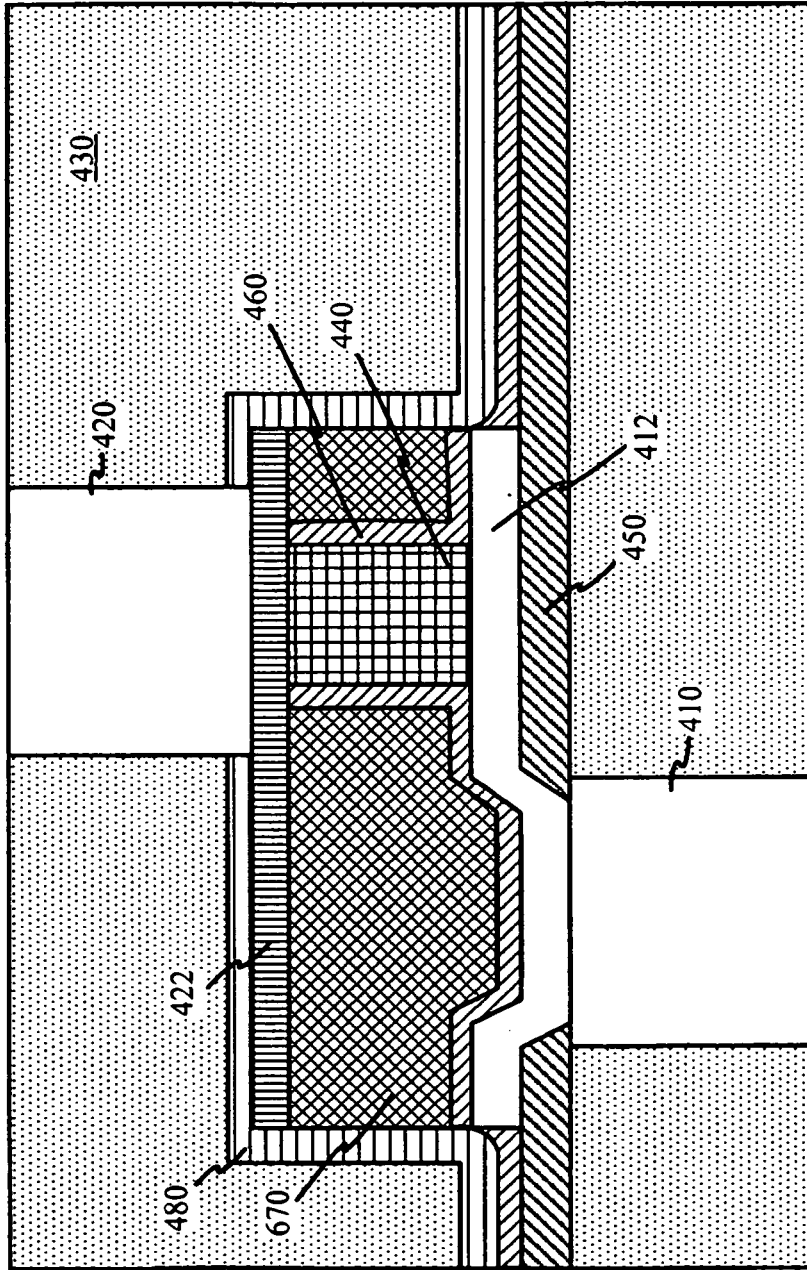


FIG. 6

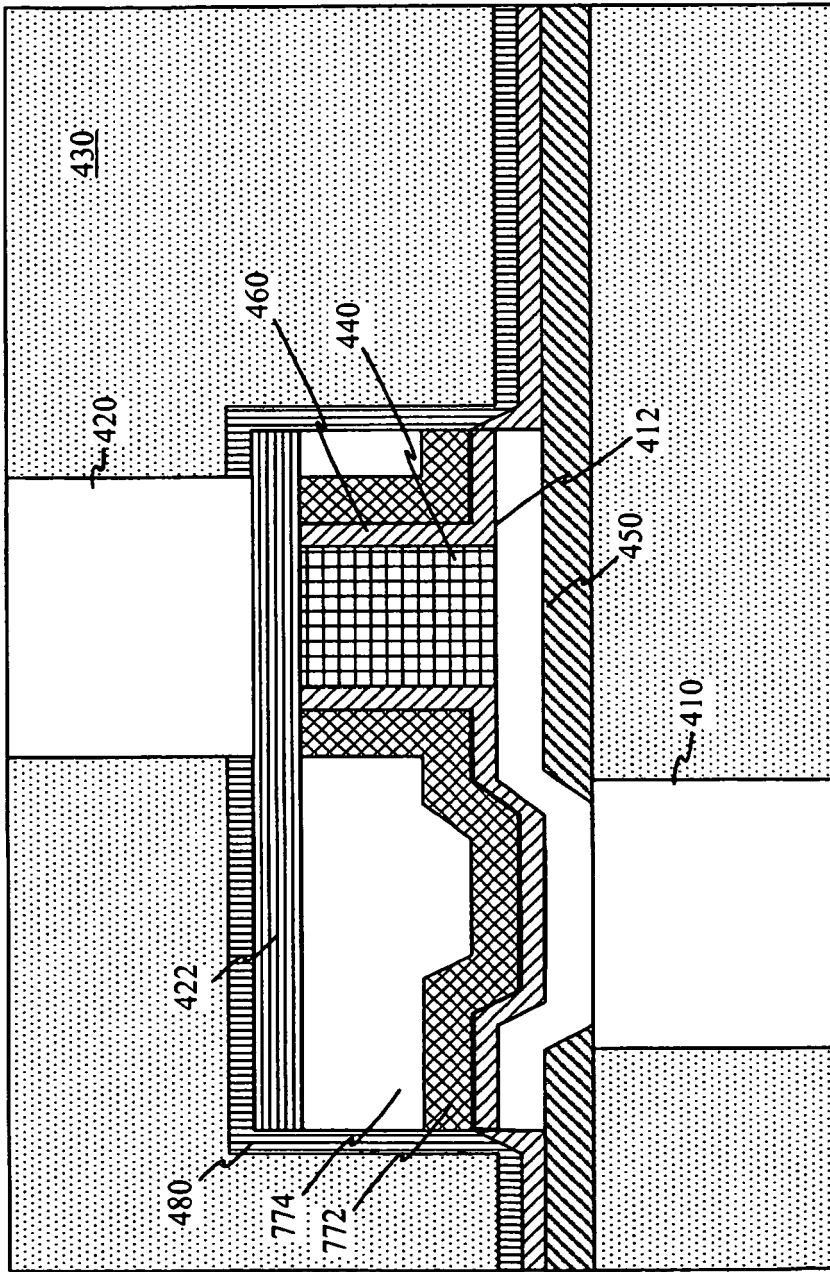


FIG. 7

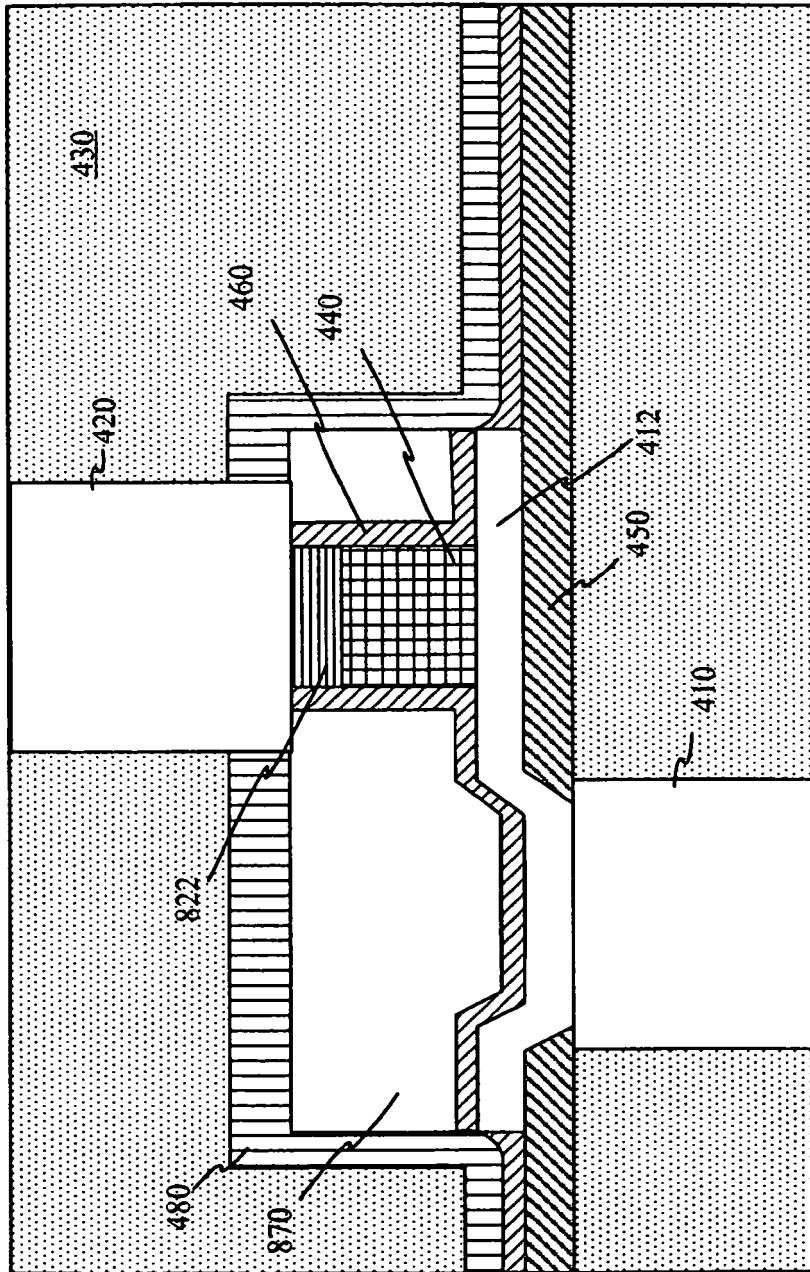


FIG. 8

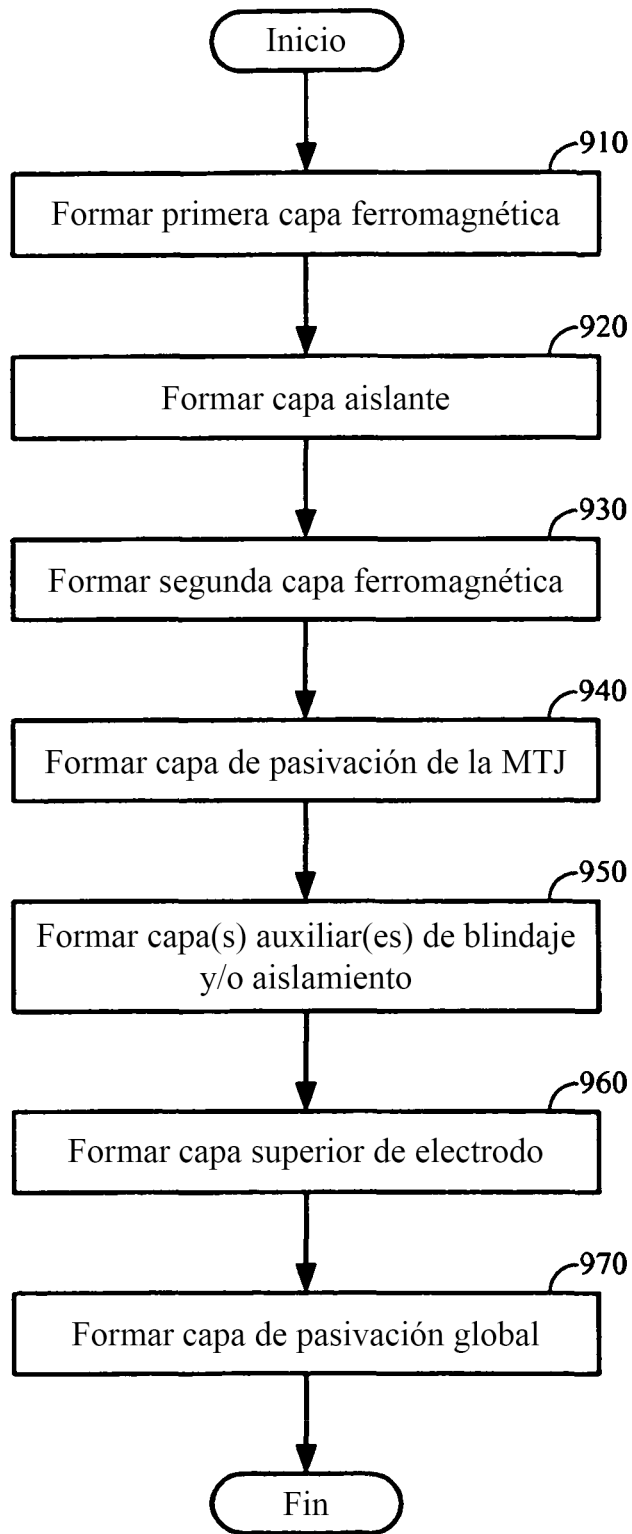


FIG. 9

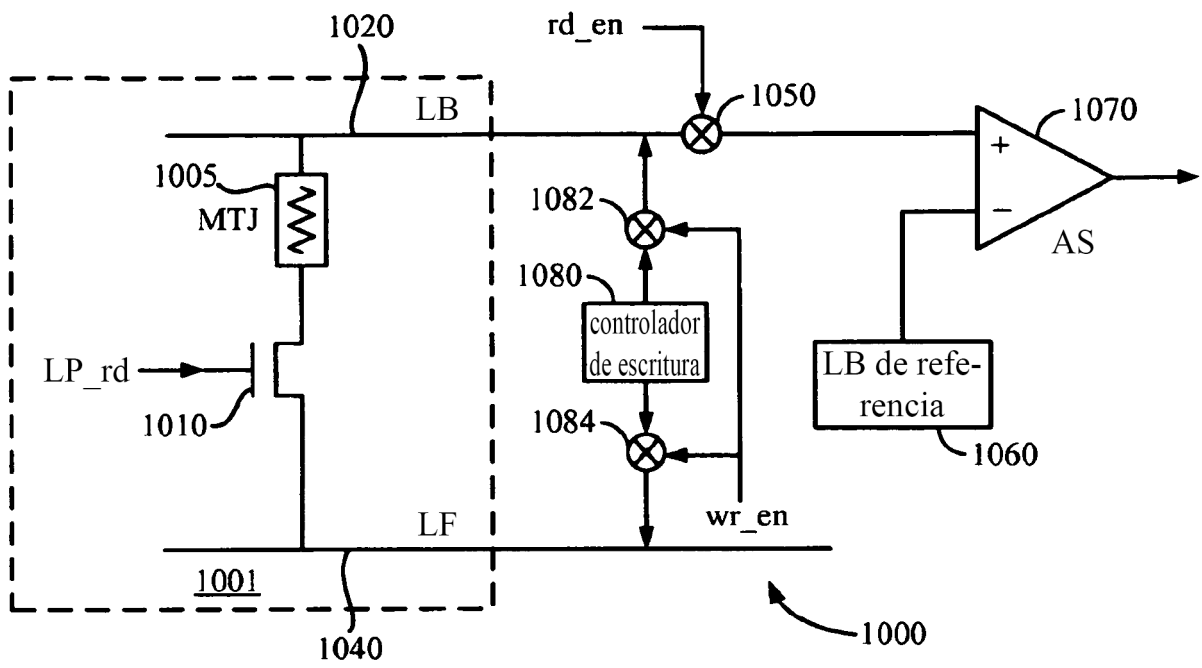


FIG. 10