

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 676 923**

51 Int. Cl.:

H01L 45/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.09.2014** **E 14186834 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.06.2018** **EP 2927976**

54 Título: **Memoria de acceso aleatorio resistiva y método de fabricación de la misma**

30 Prioridad:

02.04.2014 TW 103112328

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

26.07.2018

73 Titular/es:

**WINBOND ELECTRONICS CORP. (100.0%)
No. 8 Keya 1st Rd., Daya District, Central Taiwan
Science Park,
Taichung City, Taiwan., TW**

72 Inventor/es:

**CHANG, SHUO-CHE y
HO, CHIA-HUA**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 676 923 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

Memoria de acceso aleatorio resistiva y método de fabricación de la misma

5 Antecedentes de la invención**Campo de la invención**

10 La invención se refiere en general a una memoria y a un método de fabricación de la misma, y en particular, a una memoria de acceso aleatorio resistiva y a un método de fabricación de la misma.

Descripción de la técnica relacionada

15 La memoria de acceso aleatorio resistiva (RRAM) es una unidad de memoria que ha sido ampliamente estudiada recientemente debido a sus ventajas de alta densidad de memoria (por ejemplo, la unidad de memoria ocupa un área pequeña), velocidad de operación rápida, bajo consumo de energía y bajo coste. De acuerdo con el principio de funcionamiento de la RRAM, cuando se aplica un alto voltaje a un material dieléctrico, se puede formar una trayectoria conductiva dentro del material dieléctrico, de manera que el material dieléctrico se cambia del estado de alta resistencia al estado de baja resistencia; después de eso, el material dieléctrico puede volver al estado de alta resistencia si se realiza el paso de "reinicio". De esta manera, el material dieléctrico puede proporcionar dos estados distintos correspondientes, respectivamente, a "0" y "1", de manera que puede servir como unidad de memoria para almacenar información digital.

25 En varias RRAM, la memoria de acceso aleatorio resistiva basada en óxido de hafnio llama la atención por su excelente durabilidad y rápida velocidad de conmutación. Sin embargo, la memoria de acceso aleatorio resistiva utilizada actualmente de tipo titanio/óxido de hafnio (Ti/HfO_2) a menudo es difícil que permanezca en el estado de baja resistencia a alta temperatura, lo que puede degradar la denominada "retención de datos a alta temperatura". En consecuencia, es necesario llevar a cabo investigaciones relevantes para una mejora adicional.

30 El documento US 2012/0044749 describe un dispositivo de almacenamiento no volátil de resistencia variable con una estructura de óxido de hafnio apilada. Dispositivos similares también se muestran en el documento JP 2010-251352.

Sumario de la invención**35 Problemas técnicos a resolver**

40 La invención proporciona una unidad de memoria de acceso aleatorio resistiva y un método para fabricar la misma, que puede resolver el problema de fallo de retención de datos a alta temperatura (fallo HTDR) de la unidad de memoria de acceso aleatorio resistiva a alta temperatura.

Soluciones técnicas

45 La invención proporciona una unidad de memoria de acceso aleatorio resistiva que incluye una primera capa de electrodo, una segunda capa de electrodo y una estructura apilada dispuesta entre la primera capa de electrodo y la segunda capa de electrodo. La estructura apilada incluye una capa conductora fabricada de HfO_x y una capa de resistencia variable fabricada de HfO_y , en donde $x < y$, $0,05 < x < 0,5$, y $1 < y < 3$, y la velocidad de difusión de iones de oxígeno en la capa conductora es menor que la velocidad de difusión de los iones de oxígeno en el metal, donde el metal es Ti o Hf.

50 La invención proporciona un método para fabricar una unidad de memoria de acceso aleatorio resistiva, y el método incluye formar una primera capa de electrodo sobre un sustrato; formar una estructura apilada sobre la primera capa de electrodo; y formar una segunda capa de electrodo sobre la estructura apilada. La estructura apilada incluye una capa conductora fabricada de HfO_x y una capa de resistencia variable fabricada de HfO_y , en donde $x < y$, $0,05 < x < 0,5$, y $1 < y < 3$, y la velocidad de difusión de iones de oxígeno en la capa conductora es menor que la velocidad de difusión de los iones de oxígeno en el metal, donde el metal es Ti o Hf.

[Párrafo eliminado]

60 En una realización de la invención, x es aproximadamente igual a 0,25 e y es aproximadamente igual a 2.

En una realización de la invención, la capa conductora comprende materiales policristalinos que tienen una estructura monoclinica y una estructura empaquetada hexagonal cerrada (HCP), y la capa variable de resistencia comprende una estructura monoclinica y una estructura amorfa.

65 En una realización de la invención, la estructura monoclinica representa del 50 % al 80 % del volumen de la capa

conductora.

En una realización de la presente invención, la resistividad de la capa conductora es de 200 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ a 100.000 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$.

5

En una realización de la invención, el espesor de la capa conductora es de 5 nm a 50 nm.

En una realización de la invención, el espesor de la capa variable de resistencia es de 2 nm a 10 nm.

10 En una realización de la invención, los materiales de la primera capa de electrodo y la segunda capa de electrodo se seleccionan respectivamente del grupo que consiste en TiN, TaN, Pt, Ir y grafito.

Efectos beneficiosos

15 En base a lo anterior, una realización de la invención proporciona una unidad de memoria de acceso aleatorio resistiva y un método de fabricación de la misma, y se forma una capa conductora que puede almacenar temporalmente iones de oxígeno entre la capa variable de resistencia y la capa de electrodo para evitar que los iones de oxígeno se difundan nuevamente a la capa variable de resistencia en un entorno de alta temperatura, a fin de resolver el problema del fallo HTDR de la memoria de acceso aleatorio resistiva a alta temperatura.

20

Con el fin de hacer más comprensibles las características y ventajas mencionadas anteriormente y otras de la invención, se describen en detalle a continuación varias realizaciones acompañadas de figuras.

Breve descripción de los dibujos

25

La Fig. 1 a la Fig. 4 son diagramas de flujo de sección transversal que ilustran un proceso de fabricación de una memoria de acceso aleatorio resistiva de acuerdo con una primera realización de la invención.

La Fig. 5 es un diagrama en sección transversal que ilustra una memoria de acceso aleatorio resistiva de acuerdo con una segunda realización de la invención.

30

Descripción de las realizaciones

Con referencia a los dibujos acompañantes a continuación, se proporcionan realizaciones ejemplares de la invención; sin embargo, la invención puede realizarse de formas diferentes y no debe limitarse a las realizaciones expuestas en este documento.

35

Como se muestra en la Fig. 1, se proporciona un sustrato 100. El material del sustrato 100 no está particularmente limitado y habitualmente es un sustrato semiconductor, tal como un sustrato de silicio, etc. Pueden ya estar formados otros dispositivos que incluyen dispositivos semiconductores (por ejemplo, diodos o transistores) y tapones conductores sobre el sustrato 100, que sin embargo, no se muestran en la Fig. 1. Los diodos, transistores u otros dispositivos mencionados anteriormente pueden usarse como dispositivos de conmutación de la memoria de acceso aleatorio resistiva.

40

Como se muestra en la Fig. 2, una primera capa de electrodo 102 está formada sobre el sustrato 100. El material de la primera capa de electrodo 102 no está particularmente limitado, y es aplicable cualquier material conductor convencional, por ejemplo, nitruro de titanio (TiN), nitruro de tantalio (TaN), nitruro de titanio y aluminio (TiAlN), aleación de titanio y wolframio (TiW), wolframio (W), rutenio (Ru), platino (Pt), iridio (Ir), grafito, mezclas de los materiales mencionados anteriormente, o una capa apilada que contiene dichos materiales; preferiblemente, el material de la primera capa de electrodo 102 es TiN, TaN, Pt, Ir, grafito o una combinación de los mismos. El método para formar la primera capa de electrodo 102 no está particularmente limitado y a menudo incluye un proceso físico de deposición de vapor, tal como un proceso de pulverización catódica de corriente continua, un proceso de bombardeo iónico de magnetrón por radiofrecuencia, etc. El espesor de la primera capa de electrodo 102 no está particularmente limitado y habitualmente está entre 5 nm y 500 nm.

45

50

Como se muestra en la Fig. 3, se forma una estructura apilada sobre la primera capa de electrodo 102. En la presente realización, la estructura apilada 104 incluye una estructura bicapa compuesta de una capa conductora 106 y una capa variable de resistencia 108.

55

En la presente realización, las composiciones de la capa conductora 106 y la capa variable de resistencia 108 son ambos óxidos de hafnio (Hf). Sin embargo, las fracciones molares de oxígeno de la capa conductora 106 y la capa variable de resistencia 108 son diferentes, de manera que la capa conductora 106 y la capa variable de resistencia 108 tienen dos propiedades diferentes. Específicamente, cada una de la capa conductora 106 y la capa variable de resistencia 108 es sustancialmente conductora (por ejemplo, la resistividad está entre 200 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ y 100.000 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$) y está eléctricamente aislada antes de aplicar cualquier voltaje. Sustancialmente, la composición de la capa conductora 106 es de HfO_x , y la composición de la resistencia de la capa variable de 108 es de HfO_y , en donde $x < y$. En otras palabras, en comparación con la capa variable de resistencia 108, la capa conductora 106 está fabricada

60

65

de un material deficiente en O. El valor de x está preferiblemente entre 0,05 y 0,5, y el valor de y está preferiblemente entre 1 y 3. El sistema binario de hafnio y oxígeno tiene dos fases estables (es decir, $\text{HfO}_{0,25}$ y HfO_2) a una temperatura igual o inferior a 2000 K. Por lo tanto, cuando los valores de x e y están dentro del intervalo anterior, las estructuras internas de los materiales de la capa conductora 106 y la capa variable de resistencia 108 pueden permanecer estables durante todo el proceso de fabricación de la memoria, mejorando así el rendimiento del proceso. Preferiblemente, x es aproximadamente igual a 0,25, e y es aproximadamente igual a 2. Debe mencionarse que "alrededor de" o "aproximadamente" usado en este documento para modificar cierto valor indican que debe permitirse un margen de error del $\pm 10\%$.

La capa conductora 106 se puede formar realizando cualquier proceso de película convencional, tal como pulverización reactiva y cualquier otro proceso de deposición de vapor físico, y el espesor de la capa conductora 106 se encuentra entre 5 nm y 50 nm, por ejemplo. La capa variable de resistencia 108 también se puede formar realizando el proceso físico de deposición de vapor; como alternativa, considerando que el espesor de la capa variable de resistencia 108 generalmente está limitado dentro de un pequeño intervalo (por ejemplo, 2 nm a 10 nm), la capa variable de resistencia 108 se forma preferiblemente realizando un proceso de deposición de capa atómica. Después de que se formen la capa conductora 106 y la capa variable de resistencia 108 llevando a cabo el método mencionado anteriormente, la capa conductora 106 se puede fabricar de materiales policristalinos que tienen una estructura monoclinica y una estructura empaquetada cerrada hexagonal, y la estructura monoclinica representa del 50% al 80% del volumen de la capa conductora. La capa variable de resistencia 108 incluye una estructura monoclinica y una estructura amorfa.

El mecanismo de conmutación de los estados de la capa conductora 106 y la capa variable de resistencia 108 entre el estado de alta resistencia y el estado de baja resistencia se describirá en la segunda realización con referencia a la Fig. 5. Además, se debe mencionar que, la realización mostrada en la Fig. 3 describe que se forma la capa conductora 106, y luego se forma la capa variable de resistencia 108; sin embargo, el orden de formación de estas dos capas de película no está limitado en el presente documento. En otra realización, la capa variable de resistencia se forma sobre la primera capa de electrodo 102, y luego la capa conductora se forma sobre la capa variable de resistencia.

Como se muestra en la Fig. 4, se forma una segunda capa de electrodo 110 sobre la estructura apilada 104, y se completa la fabricación de la memoria de acceso aleatorio resistiva. El material, el espesor y el método de fabricación de la segunda capa de electrodo 110 son los mismos que los de la primera capa de electrodo 102 y, por lo tanto, no se describirán en adelante con detalle.

La Fig. 5 ilustra una memoria de acceso aleatorio resistiva de acuerdo con la segunda realización de la invención.

Como se muestra en la Fig. 5, en la presente realización, la memoria de acceso aleatorio resistiva incluye una primera capa de electrodo 102, una segunda capa de electrodo 110 y una estructura apilada 104 que están dispuestas sobre el sustrato 100, y la estructura apilada 104 está dispuesta entre la primera capa de electrodo 102 y la segunda capa de electrodo 110. La estructura apilada 104 incluye una capa conductora fabricada de HfO_x y una capa de resistencia variable fabricada de HfO_y , en donde $x < y$. Los materiales, los espesores y los métodos de fabricación de la primera capa de electrodo 102, la segunda capa de electrodo 110 y la estructura apilada 104 pueden ser los mismos que los descritos en la primera realización y, por lo tanto, no se describirán en adelante. La siguiente descripción con referencia a la Fig. 5 se dirigirá principalmente a un posible mecanismo operativo de la memoria de acceso aleatorio resistiva.

En la Fig. 5, la estructura fabricada de la primera capa de electrodo 102, la segunda capa de electrodo 110 y la estructura apilada 104 se describirá como una unidad de memoria M en adelante. Como la capa variable de resistencia 108 está en esencia eléctricamente aislada al principio, originalmente existe un circuito abierto entre la primera capa de electrodo 102 y la segunda capa de electrodo 110. En este momento, si hay una diferencia de alta tensión entre la primera capa de electrodo 102 y la segunda capa de electrodo 110, los iones de oxígeno (O^{2-}) de la capa variable de resistencia 108 son atraídos por un potencial positivo y entonces abandonan la capa de resistencia variable 108. En la Fig. 5, los iones de oxígeno entran en la capa conductora 106, y la trayectoria de movimiento se muestra mediante una flecha punteada. De este modo, se forman filamentos conductores compuestos de huecos de oxígeno dentro de la capa variable de resistencia 108, y así la unidad de memoria M se cambia del estado de alta resistencia al estado de baja resistencia.

No hay capa conductora 106 en la memoria de acceso aleatorio resistiva convencional; por lo tanto, después de que los iones de oxígeno abandonen la capa variable de resistencia, los iones de oxígeno entran en una capa metálica que actúa como electrodo, y el material de la capa metálica es hafnio (Hf) o titanio (Ti). Sin embargo, la velocidad de difusión de los iones de oxígeno es bastante alta en dicha capa metálica, y los iones de oxígeno pueden tener la posibilidad de volver a la capa variable de resistencia por difusión, incluso a temperatura ambiente. Si los procesos posteriores de la memoria de acceso aleatorio resistiva incluyen una etapa de procesamiento de alta temperatura (por ejemplo, el proceso del paquete puede realizarse a una temperatura de hasta aproximadamente 200 °C), el problema de que los iones de oxígeno se difundan nuevamente a la capa variable de resistencia empeora. Si un número excesivo de iones de oxígeno regresa a la capa variable de resistencia, y estos iones de oxígeno se

recombinan con el hueco de oxígeno, los filamentos conductores se pueden romper y la unidad de memoria M puede no permanecer en el estado de baja resistencia. Este es el denominado problema de "fallo de retención de datos a alta temperatura (fallo HTDR)".

5 Para resolver este problema convencional, los investigadores han propuesto algunos otros métodos, como la disposición de una capa de material entre el electrodo y la capa variable de resistencia. Sin embargo, la capa de material es una capa dieléctrica y, por lo tanto, los métodos de disposición de la capa dieléctrica entre el electrodo y la capa variable de resistencia requieren un control estricto del espesor de la capa dieléctrica (por ejemplo, menos de 5 nm o incluso en unidades de Å), para evitar la no conductividad de los dispositivos. Además, la composición de la capa de material y el material de la capa variable de resistencia dentro del intervalo de temperatura de fabricación normalmente pueden estar en diferentes fases, dando como resultado dificultades en el diseño del diseño del proceso de fabricación y el control del rendimiento del dispositivo.

15 Por el contrario, en la presente realización, cuando el material de la capa variable de resistencia 108 es óxido de hafnio, puede disponerse una capa conductora 106 compuesta de los mismos átomos (es decir, oxígeno y hafnio) pero que tiene diferentes proporciones relativas (por ejemplo, una relación de oxígeno relativa pequeña) entre la capa de electrodo y la capa variable de resistencia 108, para resolver el problema del fallo HTDR. Dado que la velocidad de difusión de los iones de oxígeno 200 en la capa conductora 106 es mucho menor que la velocidad de difusión de los iones de oxígeno 200 en el material metálico, una vez que los iones de oxígeno 200 son impulsados por un campo eléctrico y entran en la capa conductora 106, y si no hay campo eléctrico opuesto, en el estado de alta temperatura, los iones de oxígeno 200 pueden tender a permanecer en la capa conductora 106 sin volver a la capa variable de resistencia 108. Además, debido a las características "conductoras" de la capa conductora 106, no es necesario controlar el espesor de la capa conductora 106 para que se encuentre a nivel nanométrico y puede ser de hasta 50 nm. Además, como se ha mencionado anteriormente, debido a la presencia de dos fases estables en el sistema binario de oxígeno y hafnio, los materiales de la capa conductora 108 y la capa variable de resistencia 106 están limitados a los descritos en las realizaciones anteriores, a fin de mejorar el rendimiento del producto.

25 En resumen, una realización de la invención proporciona una memoria de acceso aleatorio resistiva y un método de fabricación de la misma, y se forma una capa conductora que puede almacenar temporalmente iones de oxígeno entre la capa variable de resistencia y la capa de electrodo para evitar que los iones de oxígeno se difundan de vuelta a la capa variable de resistencia en un entorno a alta temperatura, para resolver el problema de que la memoria de acceso aleatorio resistiva a alta temperatura no puede mantener la retención de datos a alta temperatura.

35

REIVINDICACIONES

1. Una unidad de memoria de acceso aleatorio resistiva, que comprende:

5 una primera capa de electrodo (102);
 una segunda capa de electrodo (110); y
 una estructura apilada (104) situada entre la primera capa de electrodo (102) y la segunda capa de electrodo (110), la estructura apilada (104) que comprende una capa conductora (106) fabricada de HfO_x y una capa de resistencia variable (108) fabricada de HfO_y , **caracterizado por que** $x < y$, $0,05 < x < 0,5$ y $1 < y < 3$, y la
 10 velocidad de difusión de iones de oxígeno (200) en la capa conductora (106) es menor que la velocidad de difusión de los iones de oxígeno (200) en el metal, en donde el metal es hafnio o titanio.

2. La unidad de memoria de acceso aleatorio resistiva de acuerdo con la reivindicación 1, donde x es aproximadamente igual a 0,25 e y es aproximadamente igual a 2.

15 3. La unidad de memoria de acceso aleatorio resistiva de acuerdo con la reivindicación 1, donde la capa conductora (106) comprende materiales policristalinos que tienen una estructura monoclinica y una estructura empaquetada hexagonal cerrada, y la capa variable de resistencia (108) comprende una estructura monoclinica y una estructura amorfa.

20 4. La unidad de memoria de acceso aleatorio resistiva de acuerdo con la reivindicación 1, donde una estructura monoclinica representa del 50 % al 80 % del volumen de la capa conductora (106).

25 5. La unidad de memoria de acceso aleatorio resistiva de acuerdo con la reivindicación 1, donde la resistividad de la capa conductora (106) es de $200 \mu\Omega\cdot\text{cm}$ a $100.000 \mu\Omega\cdot\text{cm}$.

6. La unidad de memoria de acceso aleatorio resistiva de acuerdo con la reivindicación 1, donde el espesor de la capa conductora (106) es de 5 nm a 50 nm.

30 7. La unidad de memoria de acceso aleatorio resistiva de acuerdo con la reivindicación 1, donde el espesor de la capa variable de resistencia (108) es de 2 nm a 10 nm.

8. La unidad de memoria de acceso aleatorio resistiva de acuerdo con la reivindicación 1, donde los materiales de la primera capa de electrodo (102) y la segunda capa de electrodo (110) se seleccionan respectivamente del grupo que
 35 consiste en TiN, TaN, Pt, Ir y grafito.

9. Un método para fabricar una unidad de memoria aleatoria resistiva, el método que comprende:

40 formar una primera capa de electrodo (102) sobre un sustrato (100);
 formar una estructura apilada (104) sobre la primera capa de electrodo (102); y
 formar una segunda capa de electrodo (110) sobre la estructura apilada (104),
 donde la estructura apilada (104) comprende una capa conductora (106) fabricada de HfO_x y una capa de resistencia variable (108) fabricada de HfO_y , **caracterizado por que** $x < y$, $0,05 < x < 0,5$, y $1 < y < 3$, y la
 45 velocidad de difusión de iones de oxígeno (200) en la capa conductora (106) es menor que una velocidad de difusión de los iones de oxígeno (200) en el metal, en donde el metal es hafnio o titanio.



FIG. 1

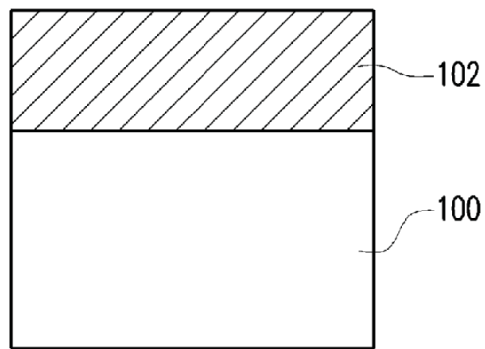


FIG. 2

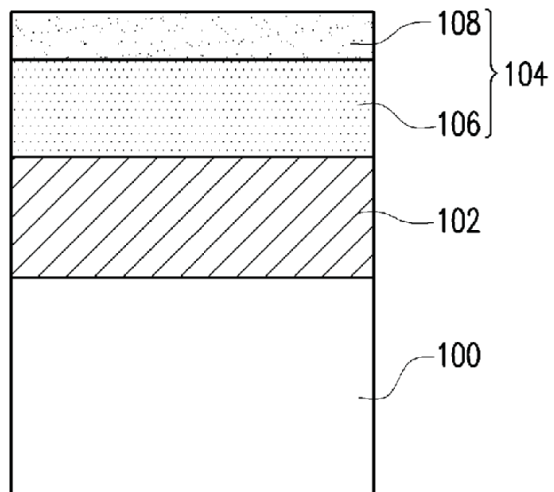


FIG. 3

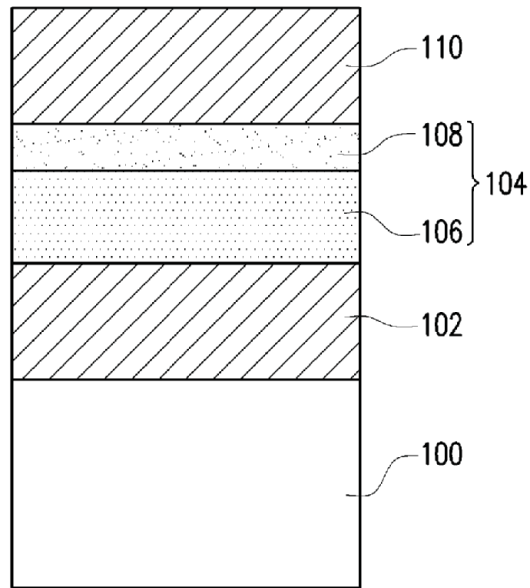


FIG. 4

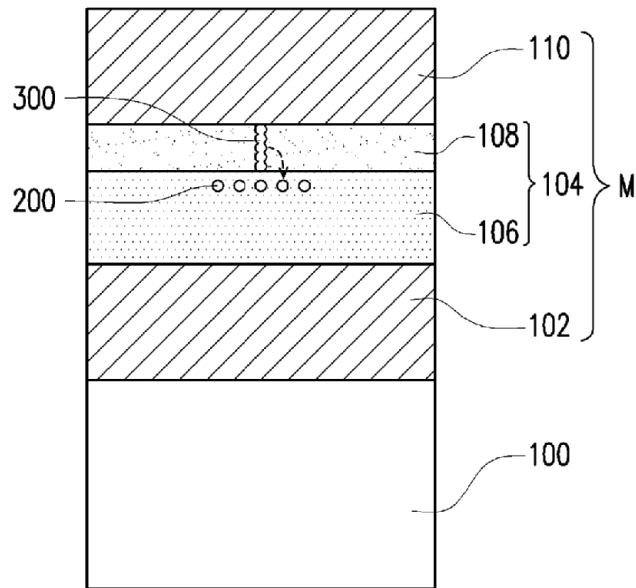


FIG. 5