

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 641 475**

51 Int. Cl.:

H01L 45/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.08.2014 E 14182800 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.06.2017 EP 2924750**

54 Título: **Estructura y método de formación de dispositivo de memoria**

30 Prioridad:

25.03.2014 TW 103110984

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

10.11.2017

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:

**HSU, PO-YEN;
LIAO, HSIU-HAN;
CHANG, SHUO-CHE y
HO, CHIA HUA**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 641 475 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

Estructura y método de formación de dispositivo de memoria

Antecedentes

Campo de la divulgación

5 La divulgación se refiere a estructuras y métodos de formación de dispositivos de memoria y, en particular, a estructuras y métodos de formación de dispositivos de memoria resistiva de acceso aleatorio (RRAM, por su sigla inglesa).

Descripción de la técnica relacionada

10 En los últimos años, se han popularizado una variedad de productos electrónicos, lo cual aumenta en gran medida las demandas de dispositivos de memoria no volátil. El dispositivo de memoria flash es el más común de la tecnología de memoria no volátil. Sin embargo, como los tamaños de dispositivo continúan disminuyendo, el dispositivo de memoria flash se ha topado con problemas como alta tensión de funcionamiento, baja velocidad de funcionamiento y mala retención de datos. Como resultado, se ve limitado el desarrollo futuro del dispositivo de memoria flash.

15 Por lo tanto, se están desarrollando muchos materiales y aparatos de nuevos dispositivos de memoria no volátil. Los mismos incluyen, por ejemplo, dispositivos de memoria de acceso aleatorio magnética (MRAM, por su sigla inglesa), dispositivos de memoria de cambio de fase (PCM, por su sigla inglesa), dispositivos de memoria resistiva de acceso aleatorio (RRAM). Entre los dispositivos de memoria no volátil, los RRAM tienen muchas ventajas, tales como bajo consumo de energía, baja tensión de funcionamiento, tiempo breve de grabación y borrado, alta fiabilidad, tiempo prolongado de retención, lectura no destructiva, memoria multiestado, simplicidad de proceso y requerir sólo una pequeña área.

20 Las formas de realización de la invención de acuerdo con la Patente de Estados Unidos No. 8 288 297 B1 relacionadas con dispositivos de memoria no volátil y métodos para fabricarlos incluyen procesos optimizados de deposición de capa atómica para formar pilas de película de óxido metálico. Las pilas de película de óxido metálico contienen una capa de acoplamiento dispuesta sobre una capa anfitrión, y cada capa tiene diferentes estructuras/tamaños de grano. La interfaz dispuesta entre las capas de óxido metálico facilita el movimiento de las vacantes de oxígeno. En muchos ejemplos, la interfaz es de granos desalineados, que contienen numerosos límites de grano extendidos paralelos a las interfaces de electrodos, en contraste con los granos de la película a granel que se extienden perpendiculares a las interfaces de electrodos. Como resultado, las vacantes de oxígeno quedan atrapadas y se liberan durante la conmutación sin pérdida significativa de las mismas. Por lo tanto, se considera que las pilas de película de óxido metálico tienen mejor desempeño de conmutación y fiabilidad en las aplicaciones de celdas de memoria, en comparación con las tradicionales pilas basadas en óxido de hafnio de las celdas de memoria anteriores.

25 En la patente WO 2013/152088 A1, se divulga un método para formar una estructura de dispositivo de telururo de germanio y antimonio (GST por su sigla inglesa) que incluye un sustrato con un orificio limitado en un extremo por un electrodo inferior. El método incluye: depositar en el orificio, en condiciones efectivas para ello, material GST de carácter cristalino, de manera que el mismo se expanda adhesivamente y de manera selectiva sobre el electrodo inferior y de allí en más se deposite en el orificio, sobre el material GST de carácter cristalino, un material GST de carácter amorfo, de manera que el orificio contenga un material GST total que comprenda el de carácter cristalino y el de carácter amorfo, donde el material GST de carácter cristalino constituye entre el 25% y el 90% de volumen del material GST total. Tal método se considera útil para aplicarlo en la formación de dispositivos de memoria de cambio de fase GST, en que se minimizan los huecos, las separaciones y las costuras del material GST.

30 Sin embargo y de todas maneras, es necesario que mejoren más el rendimiento y el funcionamiento de los dispositivos RRAM.

35 La patente WO 2011/024271 A1 divulga un elemento de memoria no volátil que comprende una primera capa conductora, una segunda capa conductora dispuesta de frente a la primera, y una capa de resistencia variable situada entre las capas conductoras primera y segunda.

40 La capa de resistencia variable tiene un primer grano de cristal que está en contacto tanto con la primera capa conductora como con la segunda capa conductora, y un segundo grano de cristal adyacente al primero y en contacto tanto con la primera capa conductora como con la segunda capa conductora.

El límite formado entre el primer grano de cristal y el segundo grano de cristal está en contacto tanto con la primera capa conductora como con la segunda capa conductora. Como resultado, el elemento de memoria no volátil es apto para el almacenamiento y el borrado estables, incluso al reducirlo de tamaño.

Breve resumen de la divulgación

5 La invención define un dispositivo de memoria y a método para formarlo de acuerdo con las reivindicaciones independientes 1 y 6. El dispositivo de memoria incluye un primer electrodo, un segundo electrodo y una capa resistiva posicionada entre ambos. La capa resistiva tiene una porción cristalina. La proporción de volumen de la porción cristalina respecto de la capa resistiva está en un rango entre 0,2 y 1. Se caracteriza en que la porción cristalina comprende una pluralidad de granos cristalinos y éstos están rodeados por una porción amorfa de la capa resistiva.

10 El método de acuerdo con la reivindicación independiente 6 incluye formar una capa resistiva sobre un primer electrodo. La capa resistiva tiene una porción cristalina, y la proporción de volumen de ésta respecto de la capa resistiva está en un rango de entre 0,2 y 1. El método también incluye formar un segundo electrodo sobre la capa resistiva. Se caracteriza en que la porción cristalina comprende una pluralidad de granos cristalinos y éstos están rodeados por una porción amorfa de la capa resistiva.

15 En las siguientes formas de realización, se da una descripción detallada haciendo referencia a las figuras que acompañan.

Breve descripción de las figuras

20 La presente divulgación puede comprenderse más plenamente leyendo la descripción detallada y los ejemplos subsiguientes haciendo referencia a las figuras que acompañan.

La FIGURA 1A es una vista de sección transversal de un dispositivo de memoria, de acuerdo con algunas formas de realización.

La FIGURA 1B es una vista de sección transversal de un dispositivo de memoria, de acuerdo con algunas formas de realización.

25 La FIGURA 2 es una curva I-V obtenida de un dispositivo de memoria, de acuerdo con algunas formas de realización.

La FIGURA 3 es una curva I-V obtenida de un dispositivo de memoria.

La FIGURA 4 es una vista de sección transversal de un dispositivo de memoria, de acuerdo con algunas formas de realización.

30 La FIGURA 5 es una vista superior que muestra una microestructura de una capa resistiva de un dispositivo de memoria, de acuerdo con algunas formas de realización.

Descripción detallada de la divulgación

Debe entenderse que la siguiente divulgación proporciona muchos ejemplos diferentes que se describen como formas de realización para implementar las diferentes características de la divulgación.

35 Más adelante se exponen ejemplos de componentes y disposiciones que son específicos para simplificar la presente divulgación. Por supuesto, se trata meramente de ejemplos que no pretenden ser limitativos. Más aún, en la descripción que sigue, el desempeño de un primer proceso antes de un segundo proceso puede incluir formas de realización en las que el segundo proceso se implementa inmediatamente después del primero y también formas de realización en que pueden implementarse procesos adicionales entre los procesos primero y segundo. Las diversas características pueden estar trazadas arbitrariamente en diferentes escalas en aras de la simplicidad y la claridad. Asimismo, en la descripción que sigue, la formación de una primera característica sobre o en una segunda característica incluye formas de realización en que las características primera y segunda se forman en contacto directo, y también formas de realización en que pueden formarse características adicionales entre la primera y la segunda, de manera que las características primera y segunda pueden no estar en contacto directo.

45 Se describen algunas variaciones de las formas de realización. En todas las diversas vistas y formas de realización ilustrativas, se emplean números de referencia iguales para designar elementos iguales.

De acuerdo con algunas formas de realización, las FIGURAS 1A y 1B son vistas de sección transversal de un dispositivo de memoria 100 en un estado de baja resistencia y uno de alta resistencia, respectivamente. En algunas formas de realización, el dispositivo de memoria 100 es un dispositivo de memoria resistiva de acceso aleatorio (RRAM). Tal como se muestra en la FIGURA 1A, el dispositivo de memoria 100 incluye un electrodo 102, un electrodo 106 y una capa resistiva 104 entre ellos.

En algunas formas de realización, la capa resistiva 104 está hecha de material dieléctrico y habitualmente tiene aislación eléctrica. Sin embargo, la capa resistiva 104 puede volverse eléctrica conductora después de aplicarle una tensión suficientemente alta. Por ejemplo, a través de un proceso de formación, pueden producirse filamentos conductores o vías conductoras en la capa resistiva 104. Cuando los filamentos conductores o las vías conductoras se extienden hacia los electrodos y conectan el electrodo 102 y el electrodo 106, puede reducirse significativamente la resistencia de la capa resistiva 104. Posteriormente, se aplica una tensión inversa para destruir parcialmente los filamentos conductores o las vías conductoras que se hayan formado, de manera que aumente la resistencia de la capa resistiva 104.

La FIGURA 2 es una curva I-V obtenida de un dispositivo de memoria, de acuerdo con algunas formas de realización. En algunas formas de realización, se implementa un proceso de formación en el dispositivo de memoria 100. Por ejemplo, tal como se muestra en las FIGURAS 2 y 1A, se aplica una tensión gradualmente creciente a través del electrodo 102 y el electrodo 106. La tensión puede inducir iones (tales como iones de oxígeno y/o iones de nitrógeno) cargados negativamente, en la capa resistiva 104, para mover los electrodos de manera que se formen en la capa resistiva 104 una serie de vacantes 108 (tales como vacantes de oxígeno y/o vacantes de nitrógeno). Cuando aumenta la tensión hasta el nivel de una tensión formadora V_f , esas vacantes 108 pueden conectarse y convertirse en un filamento conductor 109 que conecta los electrodos 102 y 106 como para crear una vía conductora. Como resultado, puede aumentar significativamente la corriente que pasa a través de la capa resistiva 104.

Tal como se muestra en la FIGURA 1B, en algunas formas de realización, se aplica una tensión inversa a través del electrodo 106 y el electrodo 102 para restablecer la capa resistiva 104 de manera que su resistencia retroceda al estado de alta resistencia. Por ejemplo, la tensión inversa puede quebrar una porción del filamento conductor 109 de manera que desaparezca la vía conductora formada por las vacantes 108. Por lo tanto, la resistencia de la capa resistiva 104 puede ajustarse mediante la aplicación de tensión. Los datos se almacenan en la capa resistiva 104. Detectando la corriente que pasa a través de la capa resistiva 104, puede obtenerse su información de resistencia. Por lo tanto, también se obtienen los datos almacenados.

Como ya se mencionó, una vez activada la capa resistiva 104 mediante el proceso de formación para producir en ella defectos (tales como las vacantes 108), puede cambiarse el estado de resistencia de la capa resistiva 104 aplicando tensión. Sin embargo, no todos los dispositivos de memoria son aptos para activarlos satisfactoriamente en las mismas condiciones. En algunos casos, los dispositivos de memoria de la misma oblea no pueden activarse satisfactoriamente en el mismo proceso de formación.

La FIGURA 3 es una curva I-V obtenida de un dispositivo de memoria. Tal como se muestra en la FIGURA 3, incluso si la tensión aplicada es superior a la tensión formadora, V_f , predeterminada la corriente que pasa a través de la capa resistiva de todas maneras no aumenta significativamente. Eso significa que las vacantes no forman satisfactoriamente la vía conductora entre los electrodos mediante el proceso de formación. Como resultado, disminuye el rendimiento del dispositivo de memoria. En algunos casos, puede haber una cantidad de dispositivos de memoria que no se activan satisfactoriamente en el proceso de formación.

No está claro el motivo por el cual no puede formarse satisfactoriamente el filamento conductor. Puede deberse a la estructura amorfa de la capa resistiva. Durante el proceso de formación, la estructura amorfa puede ocasionar el choque de los iones (tales como los iones de oxígeno y/o los iones de nitrógeno) cargados negativamente al aproximarse a los electrodos.

Como resultado, las vacantes no se forman fácilmente en la capa resistiva y, por lo tanto, no puede producirse de manera uniforme el filamento conductor.

A fin de mejorar el rendimiento del dispositivo de memoria, las formas de realización de la divulgación forman una porción cristalina en la capa resistiva del dispositivo de memoria. Por lo tanto, el filamento conductor puede producirse más fácilmente en la capa resistiva.

La FIGURA 4 es una vista de sección transversal de un dispositivo de memoria 200, de acuerdo con algunas formas de realización. En algunas formas de realización, se forma un electrodo 202 sobre un sustrato 201. El sustrato 201 puede incluir uno de semiconductores u otro adecuado. En algunas formas de realización, el sustrato 201 es una oblea de semiconductores, tal como una oblea de sílice. En algunas formas de realización, el material del electrodo 202 incluye nitruro metálico. En algunas formas de realización, el material del electrodo 202 incluye nitruro de titanio

(TiN), platino (Pt), cobre de aluminio (AlCu), titanio (Ti), oro (Au), tantalio (Ta), nitruro de tantalio (TaN), tungsteno (W), nitruro de tungsteno (WN), cobre (Cu), otros materiales conductores adecuados o una combinación de los mismos. En algunas formas de realización, se deposita un material conductor sobre el sustrato 201 para formar el electrodo 202. Por ejemplo, puede emplearse un proceso de aplicación de patrones para conformar el material conductor en el electrodo deseado. En algunas formas de realización, el material conductor se deposita usando un proceso físico de deposición de vapor, un proceso de electrodeposición, un proceso químico de deposición de vapor, un proceso de revestimiento giratorio otros procesos aplicables o combinaciones de los mismos.

Posteriormente, tal como se muestra en la FIGURA 4, se forma una capa resistiva 204 sobre el electrodo 202, de acuerdo con algunas formas de realización. El material de la capa resistiva 204 puede incluir óxido, nitruro, otro material dieléctrico adecuado o una combinación de ellos. Por ejemplo, el material de la capa resistiva 204 incluye óxido de hafnio, óxido de zirconio, óxido de titanio, óxido de tantalio, óxido de tungsteno, óxido de aluminio, óxido de zinc, óxido de níquel, óxido de cobre, otro material adecuado o una combinación de ellos.

En algunas formas de realización, se deposita un material dieléctrico sobre el electrodo 202 para formar la capa resistiva 204. El material dieléctrico puede depositarse usando un proceso de deposición de capa atómica (ALD por su sigla inglesa), un proceso químico de deposición de vapor (CVD por su sigla inglesa), un proceso físico de deposición de vapor (PVD), un proceso de revestimiento giratorio, un proceso de rociado, otros procesos aplicables o una combinación de ellos. En algunas formas de realización, al material dieléctrico depositado se le aplica un patrón, de manera que la capa resistiva 204 tiene la forma deseada.

En algunas formas de realización, el material dieléctrico depositado se cristaliza al menos parcialmente de manera que la capa resistiva 204 tiene una porción cristalina. La FIGURA 5 es una vista superior que muestra una microestructura de una capa resistiva de un dispositivo de memoria, de acuerdo con algunas formas de realización. Tal como se muestra en la FIGURA 5, la capa resistiva 204 tiene una porción cristalina 210. En algunas formas de realización, la porción cristalina 210 incluye múltiples granos cristalinos 212. Esos granos cristalinos 212 pueden estar separados unos de otros, conectados entre sí o parcialmente conectados y parcialmente separados. En algunas formas de realización, la capa resistiva 204 también tiene una porción amorfa 208. En algunas formas de realización, esos granos cristalinos 212 están rodeados por la porción amorfa 208. En algunas formas de realización, una proporción de volumen de la porción cristalina 210 respecto de la capa resistiva 204 está en el rango de aproximadamente entre 0,2 y 1. De acuerdo con algunas formas de realización, en una imagen microscópica de electrón de transmisión (TEM, por su sigla inglesa), una proporción de área de la porción cristalina 210 respecto de la capa resistiva 204 está en el rango de aproximadamente entre 0,2 y 1. En algunas formas de realización, una proporción de volumen de la porción cristalina 210 respecto de la capa resistiva 204 está en el rango de aproximadamente 0,4 y 0,8. De acuerdo con algunas formas de realización, en una imagen TEM, una proporción de área de la porción cristalina 210 respecto de la capa resistiva 204 está en el rango de aproximadamente 0,4 y 0,8. En algunas formas de realización, la capa resistiva 204 se cristaliza por completo como para no tener sustancialmente ninguna porción amorfa.

En algunas formas de realización, el material de la capa resistiva 204 incluye óxido de hafnio. En algunas formas de realización, el material de la capa resistiva 204 es HfO_x, donde x está en el rango de aproximadamente 0,2 y 1,8. En algunas formas de realización, el material de la capa resistiva 204 incluye óxido de aluminio (Al₂O₃) u óxido de zirconio (ZrO₂). En algunas formas de realización, los granos cristalinos 212 tienen (pero sin limitarse a ello) una fase cristalina de fase monoclinica. En algunas formas de realización, un tamaño promedio de los granos cristalinos 212 está en el rango de aproximadamente 2 nm y 50 nm. En algunas otras formas de realización, el tamaño promedio de los granos cristalinos 212 está en el rango de aproximadamente 10 nm y 40 nm.

Pueden utilizarse una variedad de métodos adecuados para hacer la capa resistiva 204 que incluye la porción cristalina 210. En algunas formas de realización, durante la deposición del material dieléctrico para formar la capa resistiva 204, la temperatura de deposición se establece en un rango de entre aproximadamente 325 grados C y 450 grados C. Como resultado, la capa resistiva 204 formada puede tener una microestructura similar a la ilustrada en las formas de realización expuestas en la FIGURA 5. En esos casos, la porción cristalina 210 de la capa resistiva 204 se forma simultáneamente con la deposición de esta última. En algunas formas de realización, la temperatura de deposición de la capa resistiva 204 está en el rango de aproximadamente 350 grados C y 400 grados C. en algunas otras formas de realización, la porción cristalina 210 de la capa resistiva 204 se forma por medio de un proceso de cristalización adicional, después de la deposición de la capa resistiva 204. Por ejemplo, después de la deposición de la capa resistiva 204, puede utilizarse un proceso de calentamiento para cristalizarla al menos parcialmente.

Las formas de realización de la divulgación tienen muchas variaciones. Por ejemplo, la cristalización de la capa resistiva 204 no está limitada a usar el proceso de calentamiento. En algunas formas de realización, se usa radiación (tal como luz ultravioleta, luz infrarroja y/o luz de láser) para cristalizar al menos parcialmente la capa resistiva 204.

Posteriormente, tal como se muestra en la FIGURA 4, se forma un electrodo 206 sobre la capa resistiva 204, de acuerdo con algunas formas de realización. El material del electrodo 206 incluye nitruro metálico. En algunas formas

5 de realización, el material del electrodo 206 incluye nitruro de titanio (TiN), platino (Pt), cobre de aluminio (AlCu), titanio (Ti), oro (Au), tantalio (Ta), nitruro de tantalio (TaN), tungsteno (W), nitruro de tungsteno (WN), cobre (Cu), otros materiales conductores o una combinación de los mismos. En algunas formas de realización, se deposita un material conductor sobre la capa resistiva 204 para formar el electrodo 206. Por ejemplo, puede utilizarse un proceso de aplicación de patrones para conformar el material conductor en el electrodo deseado. En algunas formas de realización, el material conductor se deposita usando un proceso físico de deposición por vapor, un proceso de electrodeposición, un proceso químico de deposición por vapor, un proceso de revestimiento giratorio, otros procesos aplicables o una combinación de los mismos.

10 Las formas de realización de la divulgación tienen muchas variaciones. Por ejemplo, pueden formarse otras capas de material (tal como una capa de búfer y/o una capa de barrera) entre el electrodo y la capa resistiva.

En algunas formas de realización, como la porción cristalina de la capa resistiva 204 tiene una proporción de volumen de más de aproximadamente 0,2, se forman más fácilmente las vacantes en la capa resistiva 204, lo cual contribuye a la formación de filamentos conductores. Por lo tanto, puede mejorar más el rendimiento de dispositivo de memoria.

15

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un dispositivo de memoria, que comprende: un primer electrodo (202); un segundo electrodo (206); y una capa resistiva (204) posicionada entre ambos, donde la capa resistiva (204) tiene una porción cristalina (210), donde la porción cristalina (210) comprende una pluralidad de granos cristalinos (212), y los granos cristalinos (212) están rodeados por una porción amorfa (208) de la capa resistiva (204), y caracterizada en que una proporción de volumen de la porción cristalina (210) respecto de la capa resistiva (204) está en el rango de entre 0,2 y 1.
2. El dispositivo de memoria de acuerdo con la reivindicación 1, donde un tamaño de grano promedio de los granos cristalinos (212) está en el rango de entre 2 nm y 50 nm.
- 10 3. El dispositivo de memoria de acuerdo con la reivindicación 1, donde la capa resistiva (204) comprende óxido de hafnio.
4. El dispositivo de memoria de acuerdo con la reivindicación 1, donde los granos cristalinos (212) tienen una fase cristalina de fase monoclínica.
5. El dispositivo de memoria de acuerdo con la reivindicación 1, donde una proporción de área de la porción cristalina (210) respecto de la capa resistiva (204) está en el rango de entre 0,2 y 1.
- 15 6. Un método para formar un dispositivo de memoria, que comprende: formar una capa resistiva (204) sobre un primer electrodo (202), donde la capa resistiva (204) tiene una porción cristalina (210), y una proporción de volumen de la misma respecto de la capa resistiva (204) está en el rango de aproximadamente entre 0,2 y 1; y formar un segundo electrodo (206) sobre la capa resistiva (204), donde la porción cristalina (210) comprende una pluralidad de granos cristalinos (212), y los granos cristalinos (212) están rodeados por una porción amorfa (208) de la capa resistiva (204).
- 20 7. El método para formar un dispositivo de memoria de acuerdo con la reivindicación 6, donde el paso de formar la capa resistiva (204) comprende: depositar un material dieléctrico sobre el primer electrodo (202); y cristalizar al menos parcialmente el material dieléctrico para formar la capa resistiva (204).
- 25 8. El método para formar un dispositivo de memoria de acuerdo con la reivindicación 7, donde el paso de cristalizar al menos parcialmente el material dieléctrico comprende depositarlo a una temperatura de deposición en un rango de entre 325 grados C y 450 grados C.
9. El método para formar un dispositivo de memoria de acuerdo con la reivindicación 7, donde la porción cristalina (210) comprende una pluralidad de granos cristalinos (212), y un tamaño de grano promedio de los granos cristalinos (212) está en el rango de entre 2 nm y 50 nm.

30

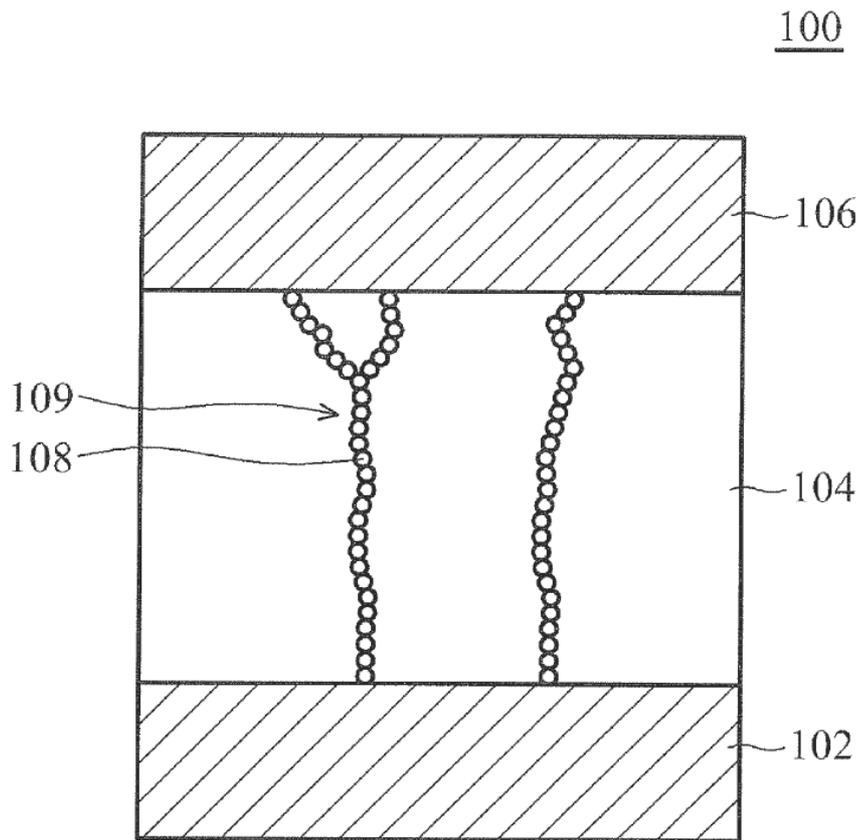


FIG. 1A

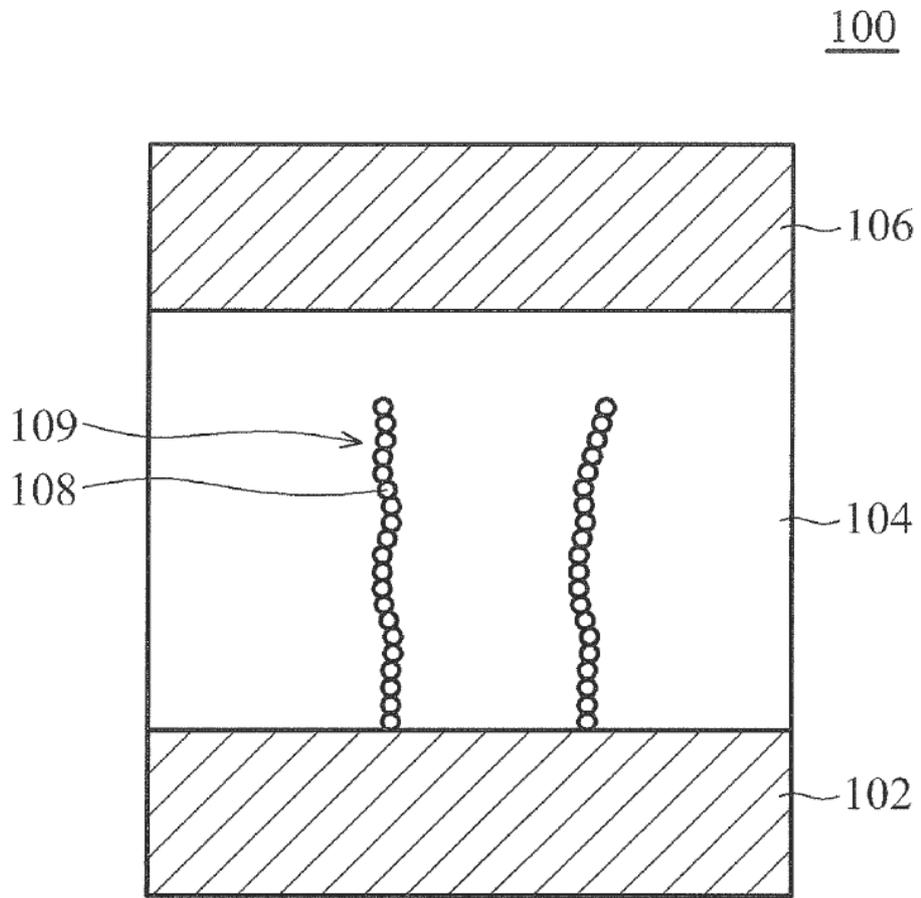


FIG. 1B

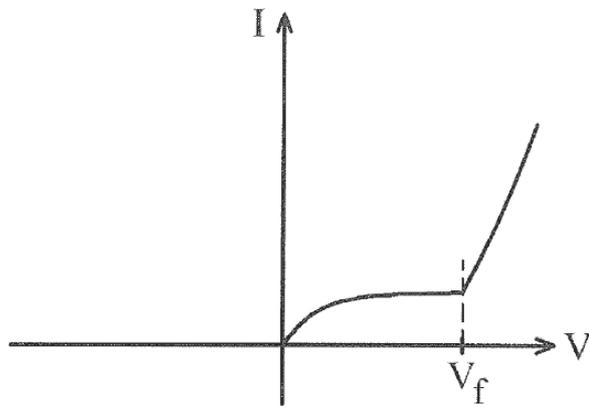


FIG. 2

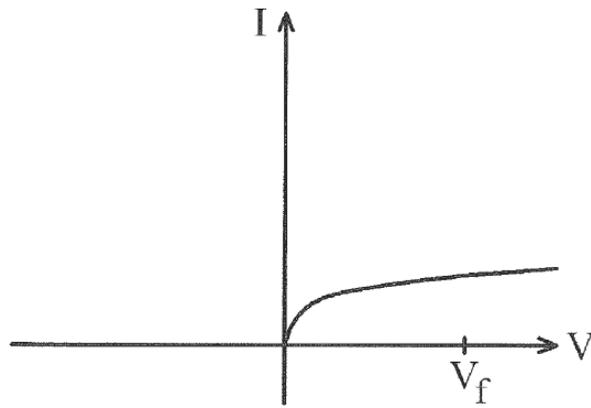


FIG. 3

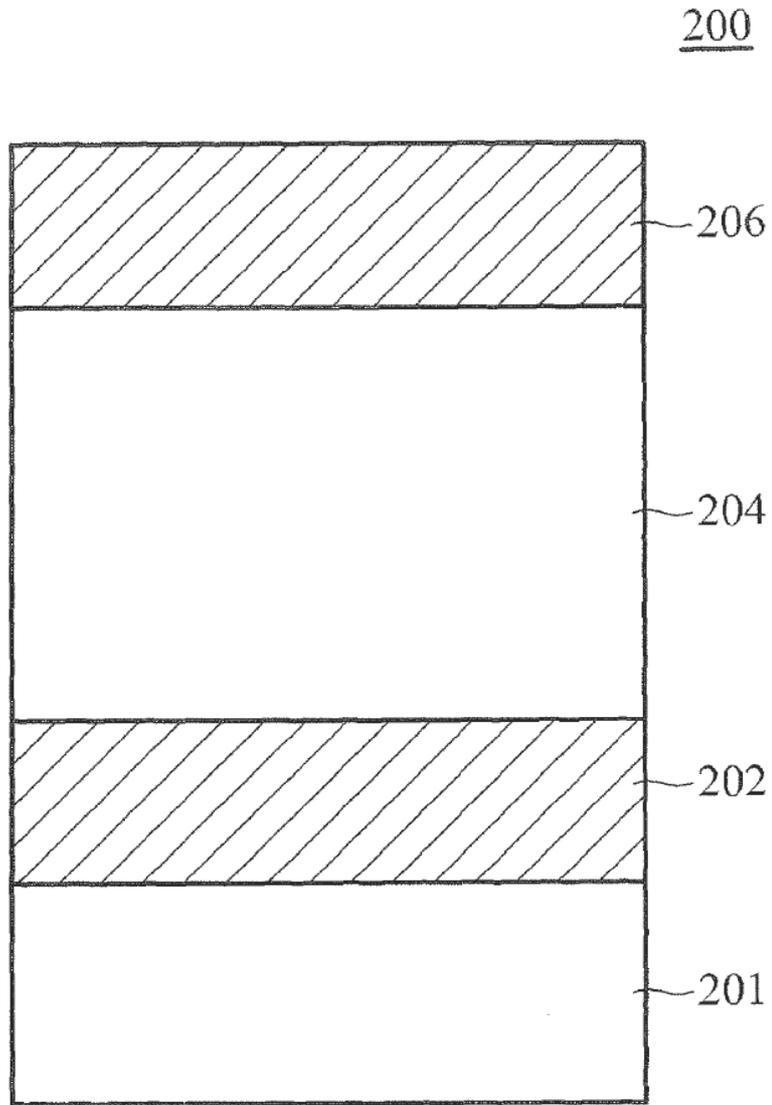


FIG. 4

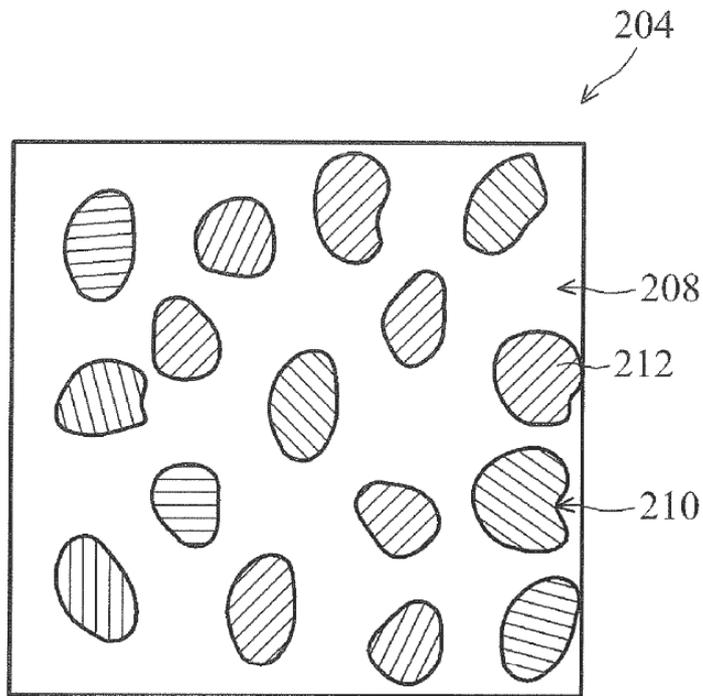


FIG. 5