

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 668 313**

51 Int. Cl.:

H01L 45/00 (2006.01)

G11C 13/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.08.2014** **E 14182654 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.02.2018** **EP 2930760**

54 Título: **Método para formar un dispositivo de memoria**

30 Prioridad:

08.04.2014 TW 103112803

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

17.05.2018

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:

**LIN, MENG-HENG y
WU, BO-LUN**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 668 313 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

Método para formar un dispositivo de memoria

Antecedentes

Campo de la divulgación

- 5 La divulgación se refiere a las estructuras y los métodos de formación de los dispositivos de memoria, y en particular a las estructuras y los métodos de formación de los dispositivos de memoria de acceso aleatorio resistiva (RRAM).

Descripción de la técnica relacionada

10 Recientemente, una variedad de productos electrónicos de consumo se han hecho populares, aumentando la demanda de dispositivos de memoria no volátil. La memoria flash es uno de los principales dispositivos de memoria no volátil. Sin embargo, ya que el tamaño de los dispositivos continúa disminuyendo, los dispositivos de memoria flash han encontrado problemas tales como altas tensiones de operación, lentas velocidades de operación y mala capacidad de retención de datos. Como resultado, el desarrollo futuro de los dispositivos de memoria flash es limitado.

15 Por lo tanto, muchos materiales y aparatos de dispositivos de memoria no volátiles de tipo nuevo están en desarrollo. Los nuevos tipos de dispositivos de memoria no volátil incluyen, por ejemplo, dispositivos de memoria de acceso aleatorio magnético (MRAM), dispositivos de memoria de cambio de fase (PCM) y dispositivos de memoria de acceso aleatorio resistivos (RRAM). Entre los dispositivos de memoria no volátil, los dispositivos RRAM tienen muchas ventajas tales como un bajo consumo de energía, unas bajas tensiones de operación, cortos tiempos de escritura y borrado, alta confiabilidad, largo tiempo de memoria, lectura no destructiva, memoria multiestado, simplicidad del proceso, y solo se requiere una superficie pequeña.

20 Sin embargo, el rendimiento y la eficacia de los dispositivos RRAM todavía necesitan más mejoras.

25 En el documento US 2012/0305881 A1 se proporciona un dispositivo de memoria de acceso aleatorio resistiva que incluye un primer electrodo, un segundo electrodo y una película de resistencia-cambio dispuesta entre el primer electrodo y el segundo electrodo, donde la película de resistencia-cambio incluye una relación atómica de aluminio, oxígeno y nitrógeno.

30 En el documento US 2010/0172170 A1, se proporciona un elemento de resistencia variable que realiza una operación de alta velocidad y bajo consumo de energía. El elemento de resistencia variable comprende una capa de óxido metálico entre los electrodos primero y segundo en el que la resistencia eléctrica entre los electrodos primero y segundo cambia reversiblemente de acuerdo con la aplicación de un esfuerzo eléctrico a través de los electrodos primero y segundo. La capa de óxido metálico tiene un filamento, que es un camino de corriente donde la densidad de una corriente que fluye entre los electrodos primero y segundo aumenta localmente. Una parte que incluye al menos la proximidad de una interfaz entre el electrodo determinado, que es uno o ambos de los electrodos primero y segundo, y el filamento, en una interfaz entre el electrodo determinado y la capa de óxido de metal está provisto de una interfaz de óxido que es un óxido de al menos un elemento incluido en el electrodo determinado y diferente del óxido de la capa de óxido metálico.

Breve resumen de la divulgación

40 De acuerdo con una realización de la divulgación, se proporciona un método para formar un dispositivo de memoria. El método incluye formar una capa de conmutación-resistencia sobre un primer electrodo y formar un segundo electrodo sobre la capa de conmutación-resistencia. El método también incluye aplicar una tensión de formación a la capa de conmutación-resistencia de tal manera que disminuya la resistencia de la capa de conmutación-resistencia. Después, el método incluye aplicar una tensión de restablecimiento inicial al primer electrodo o a la segunda capa de electrodo, de tal manera que aumente la resistencia de la capa de conmutación-resistencia. Después, el método incluye aplicar una primera tensión establecida al primer electrodo o a la segunda capa de electrodo de tal manera que disminuya la resistencia de la capa de conmutación-resistencia. Después, el método incluye aplicar una segunda tensión de restablecimiento al primer electrodo o a la segunda capa de electrodo de tal manera que aumente la resistencia de la capa de conmutación-resistencia. Después, el método se caracteriza por aplicar una segunda tensión establecida al primer electrodo o a la segunda capa de electrodo de tal manera que disminuya la resistencia de la capa de conmutación-resistencia en el que la segunda tensión establecida es menor que la primera tensión establecida, y hornear la capa de dispositivo de memoria después de aplicar la segunda tensión establecida al primer electrodo o al segundo electrodo.

50 Se proporciona una descripción detallada en las siguientes realizaciones haciendo referencia a los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

La divulgación puede entenderse más completamente mediante la lectura de la subsiguiente descripción detallada y los ejemplos haciendo referencias a los dibujos adjuntos.

5 La figura 1A es una vista en sección transversal de un dispositivo de memoria de acuerdo con algunas realizaciones de la divulgación.

La figura 1B es una vista en sección transversal de un dispositivo de memoria de acuerdo con algunas realizaciones de la divulgación.

Las figuras 2A-2D muestran las gráficas de las curvas I-V obtenidas a partir de los dispositivos de memoria de acuerdo con algunas realizaciones de la divulgación.

10 La figura 3 muestra una gráfica de la función de distribución acumulativa de las corrientes de restablecimiento de los dispositivos de memoria antes y después del horneado de acuerdo con algunas realizaciones de la divulgación.

La figura 4 es un diagrama de flujo de un método para formar un dispositivo de memoria de acuerdo con algunas realizaciones de la divulgación.

15 La figura 5 muestra una gráfica de la función de distribución acumulativa de las corrientes de restablecimiento de los dispositivos de memoria antes y después del horneado de acuerdo con algunas realizaciones de la divulgación.

La figura 6A muestra una gráfica de la relación entre las corrientes de restablecimiento de los dispositivos de memoria antes y después del horneado de acuerdo con algunas realizaciones de la divulgación.

La figura 6B muestra una gráfica de la función de distribución acumulativa de las degradaciones de corriente de reinicio de los dispositivos de memoria de acuerdo con algunas realizaciones de la divulgación.

20 **Descripción detallada de la divulgación**

La preparación y el uso de las realizaciones de la descripción se tratan en detalle a continuación. Sin embargo, debería apreciarse que las realizaciones pueden realizarse en una amplia variedad de contextos específicos. Las realizaciones específicas tratadas son simplemente ilustrativas, y no limitan el alcance de la divulgación.

25 Por otra parte, el rendimiento de un primer proceso antes de que un segundo proceso en la descripción siguiente puede incluir realizaciones en las que el segundo proceso se realiza inmediatamente después del primer proceso, y también puede incluir realizaciones en las que unos procesos adicionales pueden realizarse entre los procesos primero y segundo. Diversas características pueden introducirse arbitrariamente en diferentes escalas en aras de la simplicidad y la claridad. Además, la formación de un primer material a lo largo de o sobre un segundo material en la descripción siguiente incluye realizaciones en las que los materiales primero y segundo se forman en contacto
30 directo, y también pueden incluir realizaciones en las que pueden formarse materiales adicionales entre los materiales primero y segundo, de tal manera que los materiales primero y segundo no estén en contacto directo.

Se describen algunas variaciones de las realizaciones. A lo largo de las diversas vistas y realizaciones ilustrativas, se usan números de referencia similares para designar elementos similares.

35 De acuerdo con algunas realizaciones, las figuras 1A y 1B son vistas en sección transversal de un dispositivo de memoria 100 en un estado de baja resistencia y en un estado de alta resistencia, respectivamente. En algunas realizaciones, el dispositivo de memoria 100 es un dispositivo de memoria de acceso aleatorio resistiva (RRAM). Como se muestra en la figura 1A, el dispositivo de memoria 100 incluye un electrodo 102, un electrodo 106 y una capa de conmutación-resistencia 104 entre los electrodos.

40 En algunas realizaciones, la capa de conmutación-resistencia 104 está fabricada de un material dieléctrico y por lo general es eléctricamente aislante. Sin embargo, la capa de conmutación-resistencia 104 puede aumentar su conductividad eléctrica después de aplicar una tensión suficientemente alta sobre la misma. Por ejemplo, a través de un proceso de formación, pueden formarse uno o más caminos conductores (por ejemplo, unos filamentos conductores) en la capa de conmutación-resistencia 104. Cuando los caminos conductores se extienden y se aproximan a los electrodos 102 y 106, la resistencia de la capa de conmutación-resistencia 104 puede reducirse
45 significativamente. Después, puede aplicarse una tensión inversa para destruir parcialmente los filamentos conductores formados o los caminos conductores. Como resultado, aumenta la resistencia de la capa de conmutación-resistencia 104.

Las figuras 2A-2D son las gráficas de las curvas I-V obtenidas a partir de los dispositivos de memoria de acuerdo con algunas realizaciones de la divulgación. En algunas realizaciones, se realiza un proceso de formación para activar o encender el dispositivo de memoria 100. Como se muestra en las figuras 2A y 1A, se aplica una tensión de polarización gradualmente creciente al electrodo 102 o al electrodo 106 (tal como la ruta 1 mostrada en la figura 2A). La tensión de polarización puede inducir iones cargados negativamente (tales como iones de oxígeno o iones de nitrógeno) en la capa de conmutación-resistencia 104 para moverse a los electrodos de tal manera que se forman una serie de vacantes 108 en la capa de conmutación-resistencia 104. Las vacantes 108 son, por ejemplo, vacantes de oxígeno o vacantes de nitrógeno. Las vacantes 108 pueden aumentarse gradualmente con el aumento de la tensión de polarización. Cuando la tensión de polarización aumenta hasta el nivel de una tensión de formación V_i , estas vacantes 108 pueden conectarse en serie para convertirse en un filamento conductor 109 que conecta los electrodos 102 y 106 con el fin de formar un camino conductor. Como resultado, la corriente que pasa a través de la capa de conmutación-resistencia 104 puede aumentar significativamente, como se muestra en la figura 2A. Como alternativa, en algunas otras realizaciones, la tensión de formación se aplica directamente a la capa de conmutación-resistencia 104 para formar uno o más caminos conductores.

Como se muestra en la figura 1B y 2B, en algunas realizaciones, se aplica una tensión de polarización inversa al electrodo 106 o al electrodo 102 para restablecer inicialmente la capa de conmutación-resistencia 104 de tal manera que su resistencia se remonta al estado de alta resistencia (tal como la ruta 2 mostrada en la figura 2B). Por ejemplo, la tensión de polarización inversa puede provocar que algunas de las vacantes 108 desaparezcan de tal manera que el filamento conductor 109 se rompe parcialmente. Por lo tanto, el camino conductor entre los electrodos formados por las vacantes 108 desaparece. Esto puede deberse al alto calor, inducido por la corriente, que repara los defectos en la capa de conmutación-resistencia 104. Por lo tanto, algunas de las vacantes 108 desaparecen de tal manera que la capa de conmutación-resistencia 104 vuelve al estado de alta resistencia.

Después, como se muestra en la ruta 3 en la figura 2C, se aplica una tensión de polarización gradualmente creciente al electrodo 102 o al electrodo 106 para establecer la capa de conmutación-resistencia 104, de acuerdo con algunas realizaciones. Debido a que las vacantes 108 se han formado en la capa de conmutación-resistencia 104 durante el proceso de formación anterior (como se muestra en la figura 2A), las vacantes no desaparecen completamente y permanecen parcialmente después del restablecimiento inicial mostrado en la figura 2B. Por lo tanto, en algunas realizaciones, una tensión de polarización (tal como una tensión establecida), que es menor que la tensión de formación, es suficiente para convertir el estado de resistencia de la capa de conmutación-resistencia 104 en el estado de baja resistencia. En otras palabras, debido a que existen vacantes 108 en la capa de conmutación-resistencia 104, es suficiente una tensión de polarización más baja para formar un filamento conductor que conecta los electrodos en serie.

Después, como se muestra en ruta 4 en la figura 2D, se realiza de nuevo un restablecimiento para cambiar el estado de la capa de conmutación-resistencia 104 al estado de alta resistencia, de acuerdo con algunas realizaciones. En algunas realizaciones, se realizan múltiples operaciones de restablecimiento para estabilizar las características eléctricas de la capa de conmutación-resistencia 104. Por ejemplo, pueden realizarse de cinco a diez operaciones de restablecimiento.

Como se ha mencionado anteriormente, el estado de resistencia de la capa de conmutación-resistencia 104 puede ajustarse a través de la aplicación de una tensión. Por lo tanto, los datos pueden almacenarse en la capa de conmutación-resistencia 104. Detectando la corriente que pasa a través de la capa de conmutación-resistencia 104, puede obtenerse la información de resistencia de la capa de conmutación-resistencia 104 con el fin de conseguir la información de almacenamiento deseada.

En algunas realizaciones, el dispositivo de memoria 100 se hornea para probar la fiabilidad del dispositivo de memoria 100 (también llamado el ensayo de retención). Por ejemplo, el dispositivo de memoria 100 puede hornearse a una temperatura de aproximadamente 175 °C durante aproximadamente 24 horas. La figura 3 muestra una gráfica de la función de distribución acumulativa de las corrientes de restablecimiento de los dispositivos de memoria antes y después del horneado de acuerdo con algunas realizaciones. Midiendo las corrientes de restablecimiento ($I_{\text{restablecimiento}}$) de los dispositivos de memoria en una misma oblea, puede obtenerse la distribución de las corrientes de restablecimiento de estos dispositivos de memoria. En la figura 3, los puntos circulares huecos se usan para ilustrar la distribución de las corrientes de restablecimiento antes de hornear los dispositivos de memoria. Los puntos circulares sólidos se utilizan para ilustrar la distribución de las corrientes de restablecimiento después de hornear los dispositivos de memoria.

Como se muestra en la figura 3, después de la operación de horneado, la distribución de las corrientes de restablecimiento tiende a ser más alta. Por ejemplo, más del 5 % de los dispositivos de memoria tienen una corriente de restablecimiento mayor que un valor estándar, tal como 10^{-6} A. Una corriente de restablecimiento mayor que el valor estándar no es fácil de distinguir de la corriente de establecimiento, lo que puede provocar un error en la identificación de los datos de almacenamiento del dispositivo de memoria. La inestabilidad de las corrientes de restablecimiento de los dispositivos de memoria conduce a la degradación del rendimiento de los dispositivos de memoria.

Con el fin de resolver los problemas mencionados anteriormente, las realizaciones de la divulgación proporcionan un método para formar un dispositivo de memoria, lo que puede mejorar el rendimiento del dispositivo de memoria.

Como se muestra en la figura 1A, el electrodo 102 se forma sobre un sustrato (no mostrado) de acuerdo con algunas realizaciones. El sustrato puede incluir un sustrato semiconductor u otros sustratos adecuados. En algunas realizaciones, el sustrato es una oblea semiconductor, tal como una oblea de silicio. En algunas realizaciones, el material del electrodo 102 incluye nitruro de metal. En algunas realizaciones, el material del electrodo 102 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), otro material conductor adecuado, o una combinación de los mismos. En algunas realizaciones, se deposita un material conductor sobre el sustrato para formar el electrodo 102. Por ejemplo, usando un proceso de modelado, el material conductor puede modelarse para formar el electrodo deseado. En algunas realizaciones, el material conductor se forma usando un proceso físico de deposición de vapor, un proceso de galvanoplastia, un proceso químico de deposición de vapor, un proceso de revestimiento por centrifugado, otro proceso aplicable, o una combinación de los mismos.

Después, como se muestra en la figura 1A, la capa de conmutación-resistencia 104 se forma sobre el electrodo 102 de acuerdo con algunas realizaciones. El material de la capa de conmutación-resistencia 104 puede incluir óxido, nitruro, otro material dieléctrico adecuado o una combinación de los mismos. Por ejemplo, la capa de conmutación-resistencia 104 está fabricada de óxido de hafnio, óxido de zirconio, óxido de titanio, óxido de tantalio, óxido de tungsteno, óxido de aluminio, óxido de cinc, óxido de níquel, óxido de cobre, otro material adecuado o una combinación de los mismos. En algunas realizaciones, se deposita un material dieléctrico sobre el electrodo 102 para formar la capa de conmutación-resistencia 104 mediante un proceso de deposición de capa atómica (ALD), un proceso de deposición química de vapor (CVD), un proceso de deposición física de vapor (PVD), un proceso de revestimiento por centrifugado, un proceso de revestimiento por pulverización, otro proceso aplicable, o una combinación de los mismos. En algunas realizaciones, la capa de conmutación-resistencia 104 está dopada con otros elementos. En algunas realizaciones, el material dieléctrico depositado está modelado de tal manera que la capa de conmutación-resistencia 104 tiene un patrón deseado.

Después, como se muestra en la figura 1A, el electrodo 106 se forma sobre la capa de conmutación-resistencia 104 de acuerdo con algunas realizaciones. El material del electrodo 106 puede incluir nitruro de metal. En algunas realizaciones, el electrodo 106 está fabricado de 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), otro material conductor adecuado, o una combinación de los mismos. En algunas realizaciones, se deposita un material conductor sobre la capa de conmutación-resistencia 104 para formar el electrodo 106. Por ejemplo, usando un proceso de modelado, el material conductor puede modelarse para formar el electrodo deseado. En algunas realizaciones, el material conductor se forma usando un proceso de PVD, un proceso de galvanoplastia, un proceso de CVD, un proceso de recubrimiento por centrifugación, otro proceso aplicable, o una combinación de los mismos.

Las realizaciones de la divulgación tienen muchas variaciones. Por ejemplo, puede formarse otra capa de material entre los electrodos y la capa de conmutación-resistencia. Por ejemplo, una capa de amortiguación y/o una capa de barrera.

De acuerdo con la invención, se realizan una variedad de operaciones al dispositivo de memoria para activar el dispositivo de memoria. La figura 4 es un diagrama de flujo de un método para formar un dispositivo de memoria. El método 200 comienza con una operación S202 en la que se aplica una tensión de formación al dispositivo de memoria. Como se muestra en la figura 1A, se aplica una tensión de formación al electrodo 102 o 106 para formar el filamento conductor 109 en la capa de conmutación-resistencia 104 de tal manera que disminuye la resistencia de la capa de conmutación-resistencia 104. En algunas realizaciones, la tensión de formación se aplica por separado. Por ejemplo, una tensión, que es menor que V_f , se aplica primero seguido de otra aplicación de V_f . Aplicar la tensión de formación por separado puede mejorar el rendimiento del dispositivo de memoria. Por ejemplo, la corriente de establecimiento del dispositivo de memoria puede ser más estable.

Después, el método 200 continúa con una operación S204 en la que se aplica una tensión de restablecimiento inicial al dispositivo de memoria. En algunas realizaciones, la tensión de restablecimiento inicial y la tensión de formación son tensiones con polaridades opuestas. Como se muestra en la figura 1B, la tensión de restablecimiento inicial se aplica al electrodo 102 o 106 de tal manera que aumenta la resistencia de la capa de conmutación-resistencia 104 y vuelve al estado de alta resistencia. Después, el método 200 continúa con una operación S206 en la que se aplica una tensión establecida al dispositivo de memoria de tal manera que disminuye la resistencia de la capa de conmutación-resistencia 104 y se transforma el estado de alta resistencia en el estado de baja resistencia. La tensión establecida puede ser menor que la tensión de formación. En algunas realizaciones, la tensión establecida y la tensión de formación tienen la misma polaridad, y la tensión establecida y la tensión de restablecimiento inicial tienen polaridades opuestas. Después, el método 200 continúa con una operación S208 en la que se aplica una tensión de restablecimiento al dispositivo de memoria de tal manera que aumenta nuevamente la resistencia de la capa de conmutación-resistencia 104 y se transforma el estado de baja resistencia en el estado de alta resistencia.

De acuerdo con la invención, se realiza una operación de establecimiento débil para el dispositivo de memoria antes de la etapa de horneado. Como se muestra en la figura 4, el método 200 continúa con una operación S210 en la que se aplica una tensión establecida débil al electrodo 102 o 106 de tal manera que disminuye la resistencia de la capa de conmutación-resistencia 104 de acuerdo con algunas realizaciones. En algunas realizaciones, la tensión establecida débil y la tensión establecida tienen la misma polaridad, y la tensión establecida débil y la tensión de restablecimiento tienen polaridades opuestas. La tensión establecida débil es menor que la tensión establecida. En algunas realizaciones, la cantidad de la tensión establecida débil está en un intervalo de aproximadamente el 30 % a aproximadamente el 80 % de la cantidad de la tensión establecida. En algunas otras realizaciones, la cantidad de la tensión establecida débil está en un intervalo de aproximadamente el 50 % a aproximadamente el 70 % de la cantidad de la tensión establecida. Por ejemplo, la tensión establecida puede ser de aproximadamente 3 V (voltios), y la tensión establecida débil puede estar en un intervalo de aproximadamente 1 V a aproximadamente 2 V. En algunas realizaciones, la tensión establecida es mayor que la tensión establecida débil de aproximadamente 1 V a aproximadamente 2 V. En algunas realizaciones, la realización de la operación de establecimiento débil a la capa de conmutación-resistencia 104 ayuda a mejorar el rendimiento del dispositivo de memoria.

El método 200 continúa con una operación S212 en la que se aplica una tensión de restablecimiento al dispositivo de memoria de tal manera que aumenta la resistencia de la capa de conmutación-resistencia 104 y vuelve al estado de alta resistencia. Después, el método 200 continúa con una operación S214 en la que el dispositivo de memoria se restablece-verifica. En algunas realizaciones, se realizan múltiples operaciones de restablecimiento continuamente para garantizar que la capa de conmutación-resistencia 104 sea eléctricamente estable. Por ejemplo, pueden realizarse de cinco a diez operaciones de restablecimiento. Después de la operación de verificación de restablecimiento, puede obtenerse la corriente de restablecimiento de cada uno de los dispositivos de memoria en la oblea. Después, el método 200 continúa con una operación S216 en la que se hornea el dispositivo de memoria. La operación de horneado puede usarse para simular una situación en la que el dispositivo de memoria ha operado durante un largo tiempo. Por ejemplo, una oblea que tiene una cantidad de dispositivos de memoria puede hornearse a una temperatura de aproximadamente 175 °C durante aproximadamente 24 horas. Después, el método 200 continúa con una operación S218 en la que se realiza una operación de prueba eléctrica a los dispositivos de memoria después del horneado. Por ejemplo, puede obtenerse la corriente de restablecimiento de cada uno de los dispositivos de memoria en la oblea que se ha horneado. Las realizaciones de la divulgación tienen muchas variaciones. En algunas realizaciones, no se hornea el dispositivo de memoria.

La figura 5 muestra la gráfica de la función de distribución acumulativa de las corrientes de restablecimiento de los dispositivos de memoria antes y después del horneado. En la figura 5, los puntos circulares se usan para representar las corrientes de restablecimiento de los dispositivos de memoria que no se han tratado mediante la operación de establecimiento débil (operación S210), en el que los puntos circulares huecos y los puntos circulares sólidos se usan para representar la distribución de las corrientes de restablecimiento de los dispositivos de memoria antes y después del horneado, respectivamente. En la figura 5, los puntos triangulares se usan para representar las corrientes de restablecimiento de los dispositivos de memoria que se han tratado mediante la operación de establecimiento débil (se realiza la operación S210), en la que los puntos triangulares huecos y los puntos triangulares sólidos se usan para representar la distribución de las corrientes de restablecimiento de los dispositivos de memoria antes y después del horneado, respectivamente.

Como se muestra en la figura 5, antes de la operación de horneado, las corrientes de restablecimiento de los dispositivos de memoria que se han tratado por la operación de establecimiento débil son en general más bajas que las de los dispositivos de memoria que no se han tratado por la operación de establecimiento débil. Además, la distribución de las corrientes de restablecimiento de los dispositivos de memoria que se han tratado por la operación de establecimiento débil es más uniforme. Por lo tanto, es más fácil distinguir la corriente de restablecimiento del dispositivo de memoria que se ha tratado por la operación de establecimiento débil de la corriente establecida de la misma. La identificación es más fácil.

Como se muestra en la figura 5, después de la operación de horneado, las corrientes de restablecimiento de los dispositivos de memoria que se han tratado por la operación de establecimiento débil también son en general más bajas que las de los dispositivos de memoria que no se han tratado por la operación de establecimiento débil. Además, las diferencias entre las corrientes de restablecimiento de los dispositivos de memoria que se han tratado por la operación de establecimiento débil antes y después de la operación de horneado son menores que las de los dispositivos de memoria que no se han tratado por la operación de establecimiento débil. Por lo tanto, los dispositivos de memoria que se han tratado por la operación de establecimiento débil tienen una mejor fiabilidad.

La figura 6A muestra una gráfica de la relación entre las corrientes de restablecimiento de los dispositivos de memoria antes y después de horneado. En la figura 6A, los puntos circulares sólidos representan la relación entre las corrientes de restablecimiento de los dispositivos de memoria que no se han tratado por la operación de establecimiento débil antes y después del horneado. Los puntos triangulares sólidos representan la relación entre las corrientes de restablecimiento de los dispositivos de memoria que se han tratado por la operación de establecimiento débil antes y después del horneado. Puede verse en la figura 6A, que las variaciones entre las corrientes de restablecimiento de los dispositivos de memoria que se han tratado por la operación de

establecimiento débil antes y después del horneado son menores. Por lo tanto, los dispositivos de memoria que se han tratado con la operación de establecimiento débil tienen una mejor fiabilidad. Como se muestra en la figura 6A, no importa si es antes o después de la operación de horneado, la mayoría de los puntos triangulares sólidos se distribuyen en la región por debajo de aproximadamente 10^{-6} A. Además, las corrientes de restablecimiento de los dispositivos de memoria que se han tratado mediante la operación de establecimiento débil son aún en general más bajas que aproximadamente 10^{-6} A después de la operación de horneado. Por lo tanto, es más fácil distinguir la corriente de restablecimiento de la corriente establecida.

La figura 6B muestra una gráfica de la función de distribución acumulativa de las degradaciones de corriente de restablecimiento de los dispositivos de memoria. La degradación de corriente de restablecimiento significa la relación reducida de la corriente de restablecimiento después de la operación de horneado. En la figura 6B, los puntos circulares sólidos representan la función de distribución acumulativa de las degradaciones de corriente de restablecimiento de los dispositivos de memoria que no se han tratado por la operación de establecimiento débil. Los puntos triangulares sólidos representan la función de distribución acumulativa de las degradaciones de corriente de restablecimiento de los dispositivos de memoria que se han tratado por la operación de establecimiento débil. Como se muestra en la figura 6B, puede encontrarse que las degradaciones de corriente de restablecimiento de los dispositivos de memoria que se han tratado por la operación de establecimiento débil sean en general más bajas.

Como se ha mencionado anteriormente, la operación de establecimiento débil adicional mejora el rendimiento del dispositivo de memoria. El mecanismo donde la operación de establecimiento débil es beneficiosa no está claro actualmente. Podría ser porque la operación de establecimiento débil antes de las múltiples operaciones de restablecimiento puede limitar los filamentos conductores a regiones específicas. Debido a la superficie de distribución controlada de los filamentos conductores, las características eléctricas de la capa de conmutación-resistencia son más estables.

Aunque se han descrito las realizaciones y sus ventajas en detalle, debería entenderse que diversos cambios, sustituciones y alteraciones pueden hacerse en el presente documento, estando el alcance de la invención definido por las reivindicaciones adjuntas. Además, el alcance de la presente solicitud no está destinado a limitarse a las realizaciones específicas descritas en la memoria descriptiva.

REIVINDICACIONES

1. Un método para formar un dispositivo de memoria, que comprende:
- formar una capa de conmutación-resistencia sobre un primer electrodo;
- formar un segundo electrodo sobre la capa de conmutación-resistencia;
- 5 aplicar una tensión de formación a la capa de conmutación-resistencia de tal manera que disminuya la resistencia de la capa de conmutación-resistencia;
- después de aplicarse la tensión de formación, aplicar una tensión de restablecimiento inicial al primer electrodo o al segundo electrodo de tal manera que aumente la resistencia de la capa de conmutación-resistencia;
- 10 después de aplicarse la tensión de restablecimiento inicial, aplicar una primera tensión establecida al primer electrodo o al segundo electrodo de tal manera que disminuya la resistencia de la capa de conmutación-resistencia;
- después de aplicarse la primera tensión establecida, aplicar una segunda tensión de restablecimiento al primer electrodo o al segundo electrodo, de tal manera que aumente la resistencia de la capa de conmutación-resistencia
- caracterizado por**
- 15 aplicar una segunda tensión establecida al primer electrodo o al segundo electrodo de tal manera que disminuya la resistencia de la capa de conmutación-resistencia, en el que la segunda tensión establecida es menor que la primera tensión establecida después de aplicarse la segunda tensión de restablecimiento, y
- hornear la capa de dispositivo de memoria después de aplicarse la segunda tensión establecida al primer electrodo o al segundo electrodo.
- 20 2. El método para formar un dispositivo de memoria de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la tensión de formación es más alta que la primera tensión establecida.
3. El método para formar un dispositivo de memoria de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la cantidad de la segunda tensión establecida está en un intervalo de aproximadamente un 30 % a aproximadamente un 80 % de la cantidad de la primera tensión establecida.
- 25 4. El método para formar un dispositivo de memoria de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la primera tensión establecida es más alta que la segunda tensión establecida de aproximadamente 1 voltio a aproximadamente 2 voltios.
5. El método para formar un dispositivo de memoria de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además aplicar una tercera tensión de restablecimiento al primer electrodo o al segundo electrodo después de aplicarse la segunda tensión establecida.
- 30 6. El método para formar un dispositivo de memoria de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además aplicar repetidamente una tercera tensión de restablecimiento al primer electrodo o al segundo electrodo después de aplicarse la segunda tensión establecida.
7. El método para formar un dispositivo de memoria de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la primera tensión establecida y la segunda tensión establecida tienen la misma polaridad.
- 35 8. El método para formar un dispositivo de memoria de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la segunda tensión establecida y la segunda tensión de restablecimiento tienen polaridades opuestas.
9. El método para formar un dispositivo de memoria de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además aplicar una tensión al primer electrodo o al segundo electrodo antes de aplicar la tensión de formación, en el que la tensión es menor que la tensión de formación, y la tensión y la tensión de formación tienen la misma polaridad.
- 40 10. El método para formar un dispositivo de memoria de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la capa de conmutación-resistencia comprende óxido de hafnio, óxido de zirconio, óxido de titanio, óxido de tantalio, óxido de tungsteno, óxido de aluminio, óxido de cinc, óxido de níquel, óxido de cobre o una combinación de los mismos.

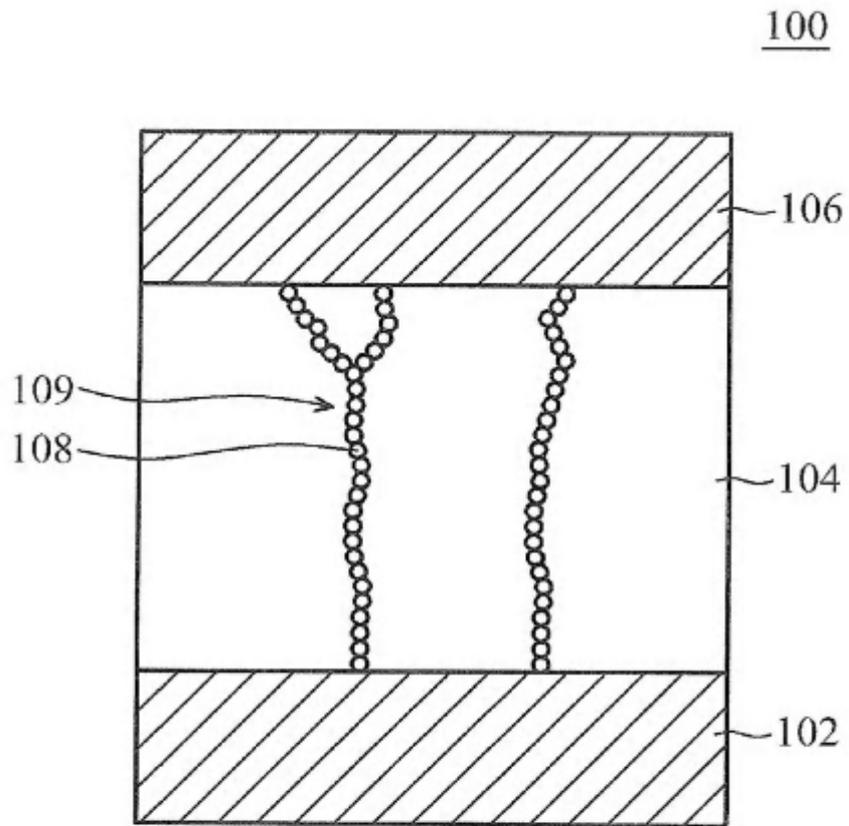


FIG. 1A

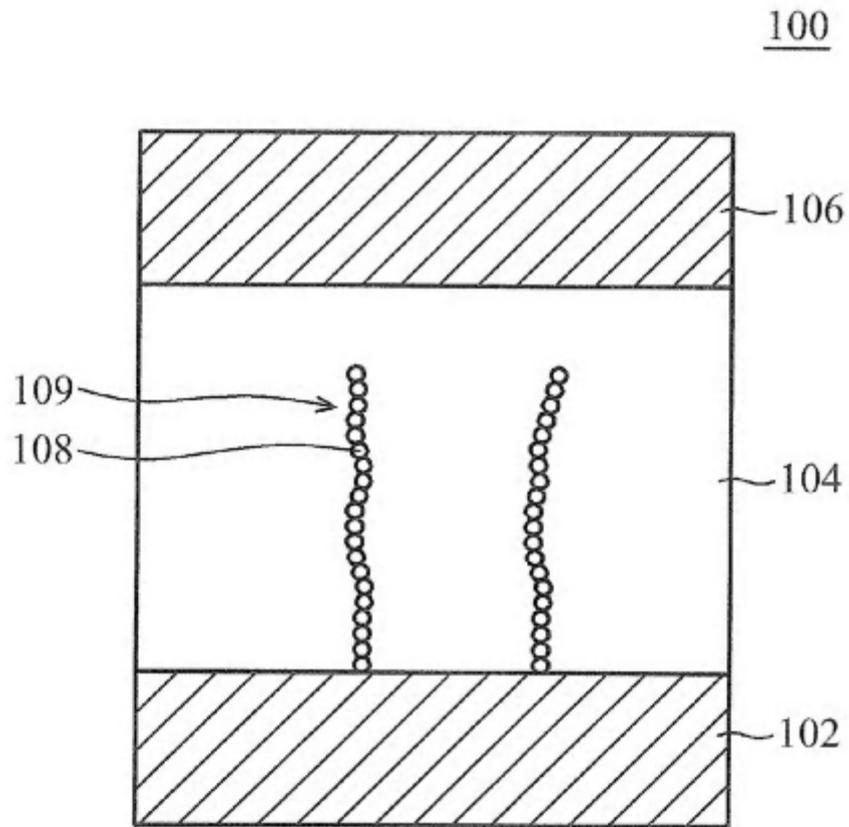


FIG. 1B

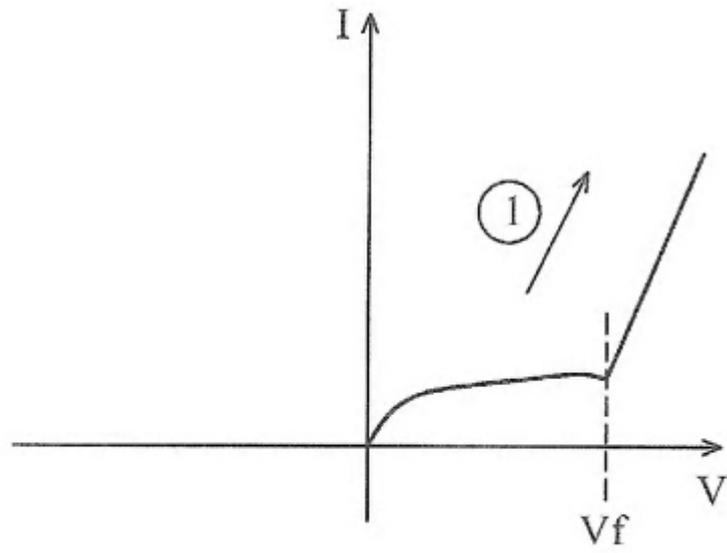


FIG. 2A

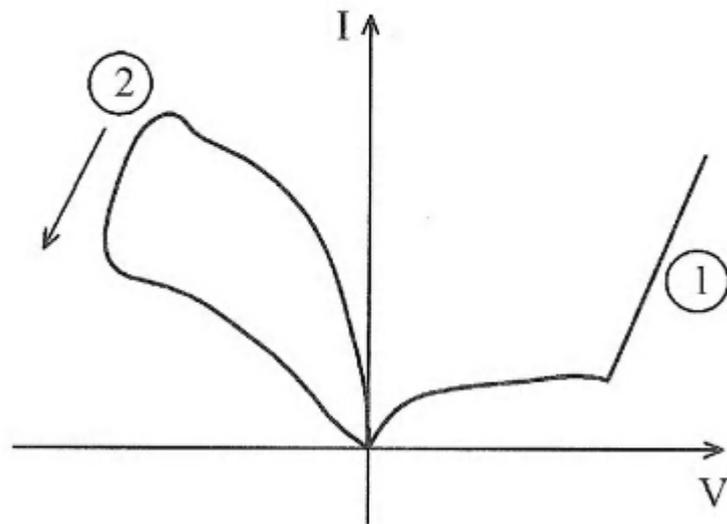


FIG. 2B

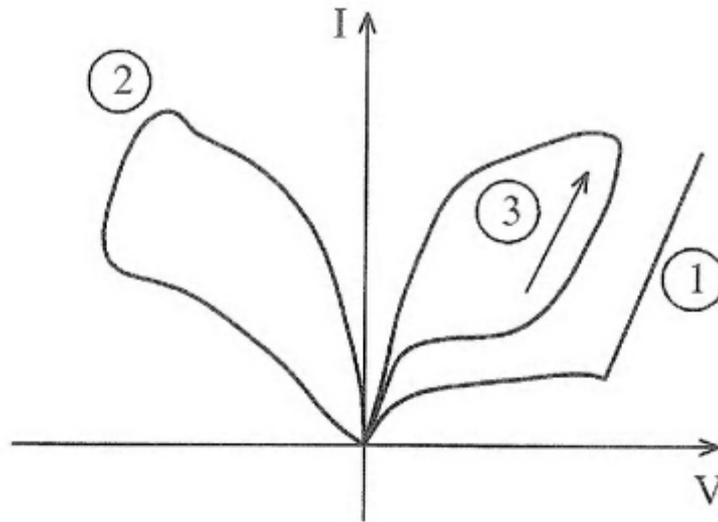


FIG. 2C

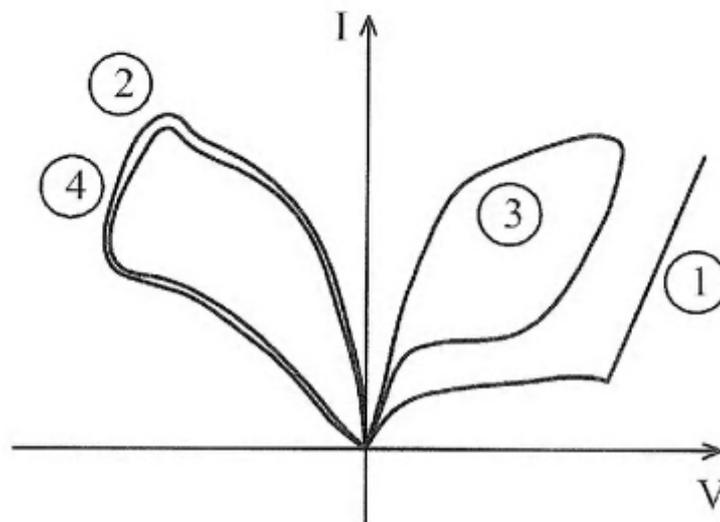


FIG. 2D

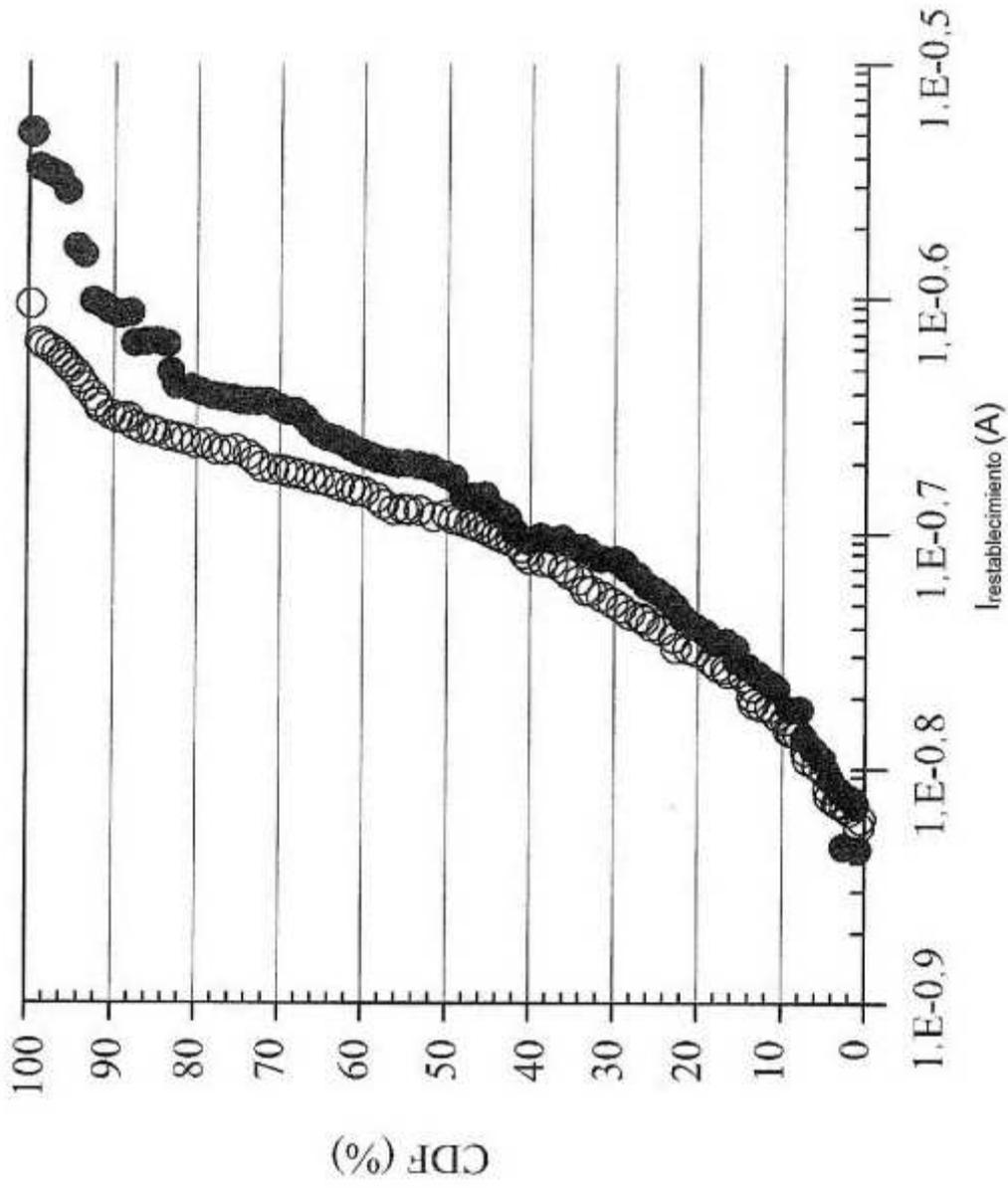


FIG. 3

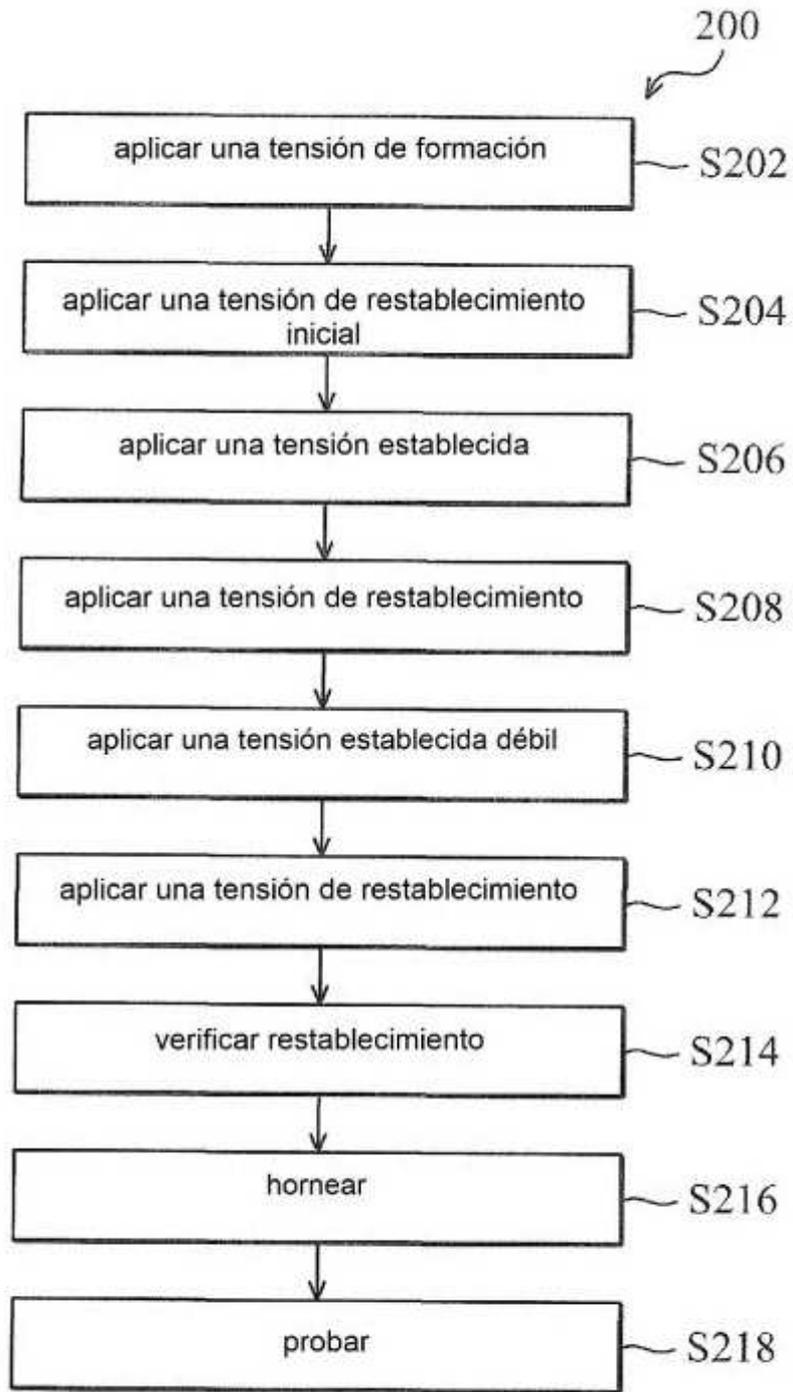


FIG. 4

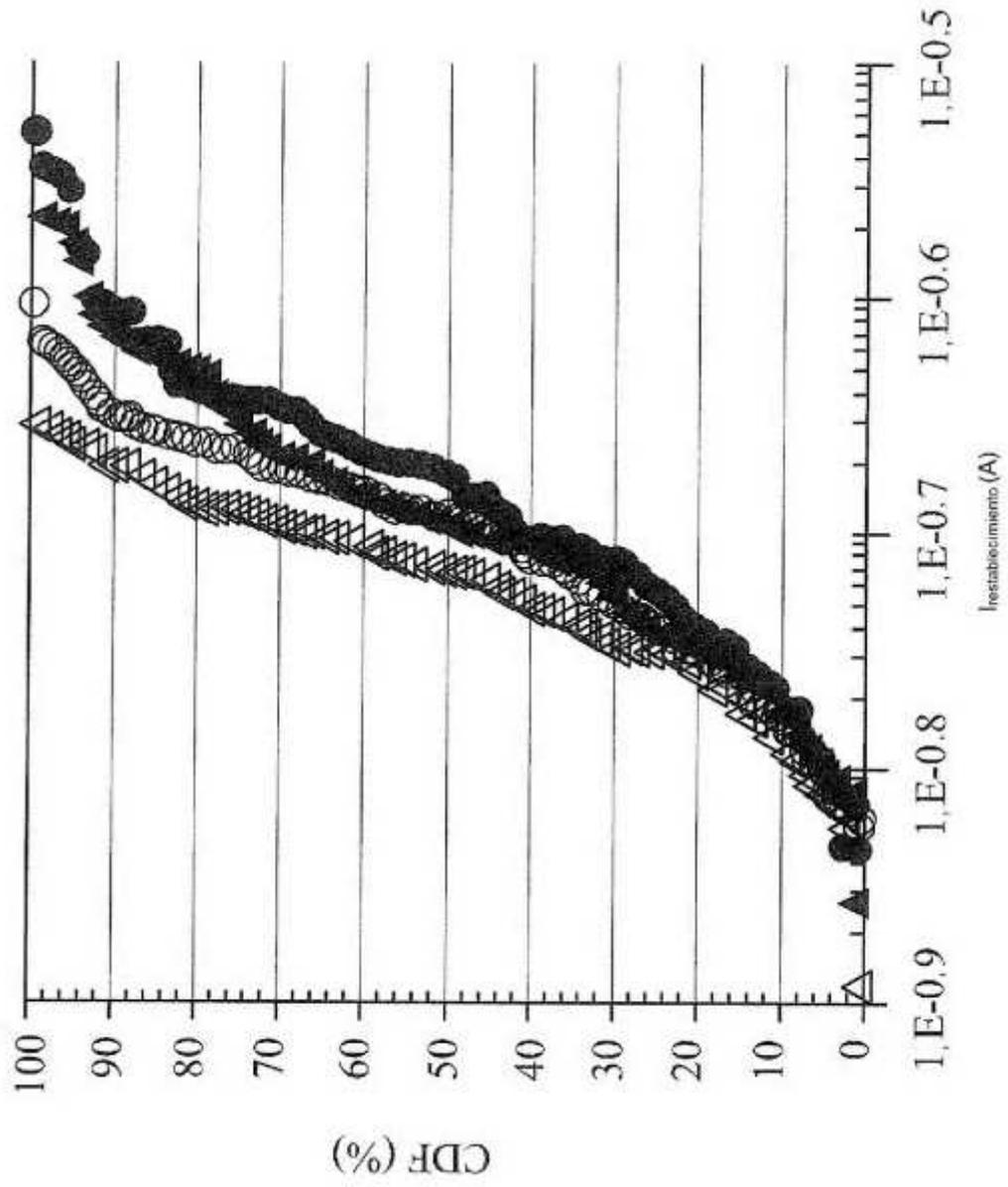


FIG. 5

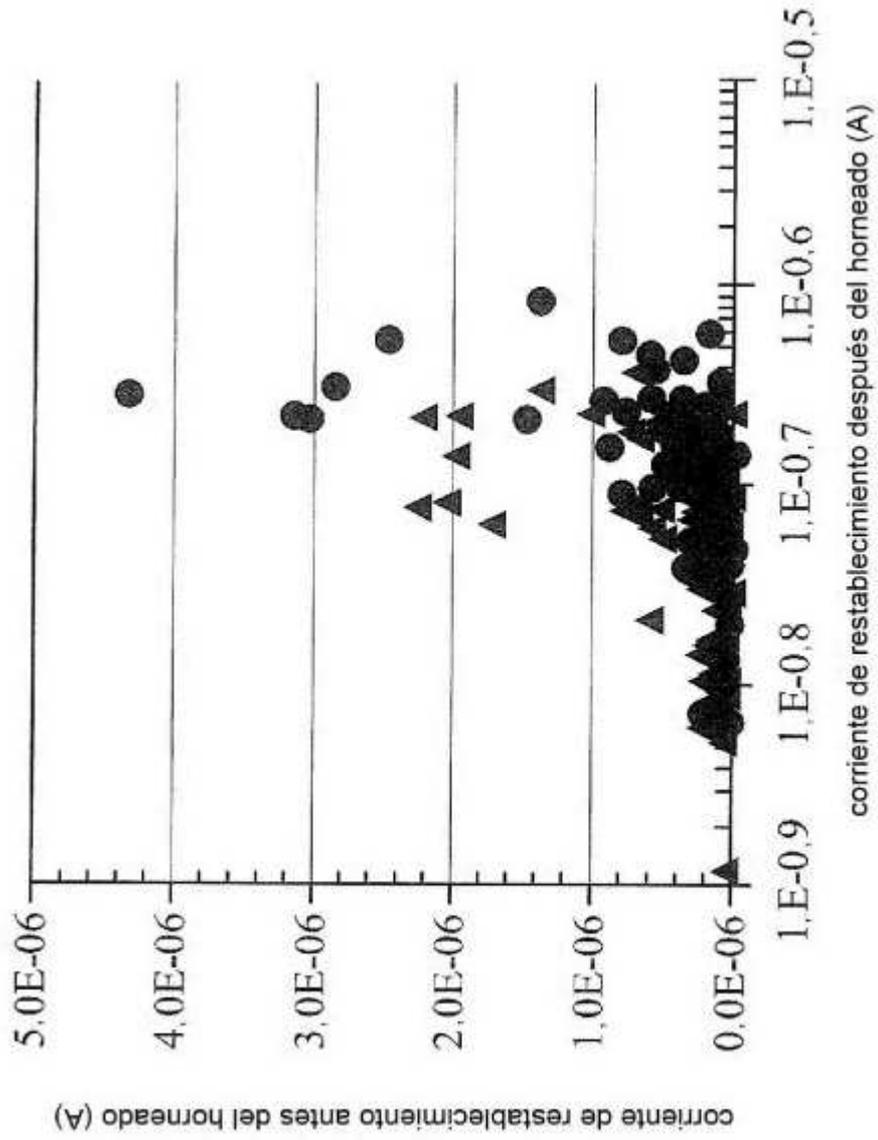


FIG. 6A

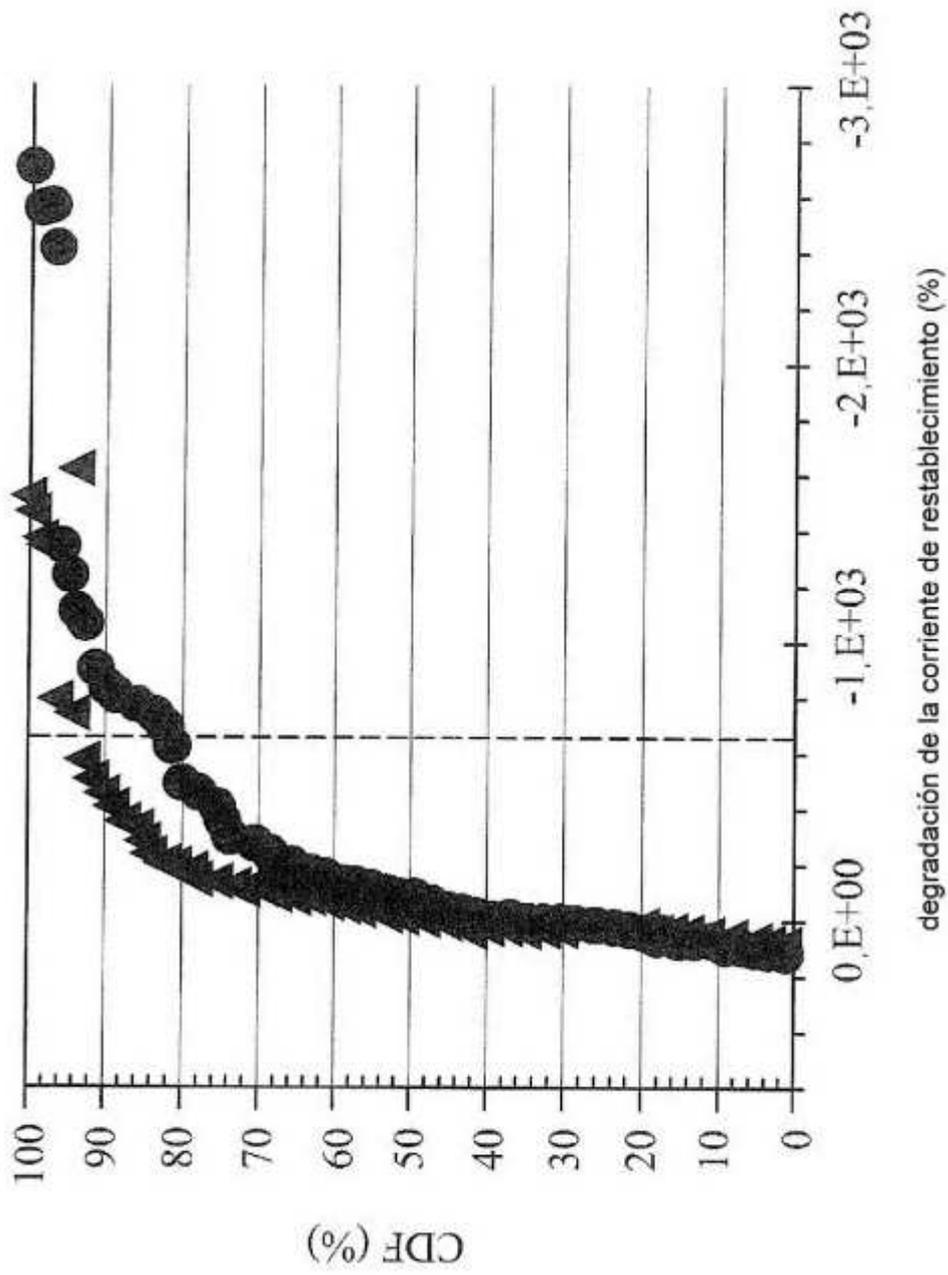


FIG. 6B