

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 685 076**

51 Int. Cl.:

**H01F 27/28** (2006.01)

**H01F 29/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.08.2011** E 11179279 (2)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.06.2018** EP 2565881

54 Título: **Transformador de tipo seco**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**05.10.2018**

73 Titular/es:

**ABB SCHWEIZ AG (100.0%)**  
**Brown Boveri Strasse 6**  
**5400 Baden, CH**

72 Inventor/es:

**ROY MARTIN, CARLOS y**  
**NOGUÉS BARRIERAS, ANTONIO**

74 Agente/Representante:

**CONTRERAS PÉREZ, Yahel**

**ES 2 685 076 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**

Transformador de tipo seco.

5 La presente invención se refiere a un transformador de tipo seco que comprende un devanado con una zona de derivación, con pérdidas reducidas en dicho devanado.

**ESTADO DE LA TÉCNICA**

10 Los transformadores de tipo seco para calificaciones de alta tensión se han utilizado ampliamente en los últimos años en varias instalaciones industriales y de servicios debido a su alta fiabilidad. Algunos de estos transformadores de tipo seco requieren el uso de altos voltajes, altas potencias nominales y un alto rango de regulación, lo que provoca problemas de calentamiento y puntos calientes relacionados con las pérdidas por corrientes parásitas y de CC (u óhmicas) en los devanados del transformador.

15 Estas corrientes parásitas son inducidas por el flujo magnético generado por la corriente que pasa por el devanado, y dependen principalmente del módulo y la dirección del flujo magnético: generalmente, puede decirse que cuanto más radial es el flujo magnético, mayores son las pérdidas.

20 Además, en transformadores de tipo seco que requieren un alto rango de derivaciones, cuando se trabaja en la posición más inferior del cambiador de derivaciones del transformador, aparecen altas pérdidas en las partes del devanado cerca de los puntos de conexión del cambiador de derivaciones, lo que da lugar a una alta temperatura de puntos calientes dentro de las zonas que rodean dichos puntos de conexión.

25 En los transformadores de tipo de aceite, se emplea un devanado de regulación para disminuir los puntos calientes creados por las corrientes parásitas a lo largo del devanado; sin embargo, dicho devanado de regulación puede no ser una solución adecuada o apropiada para un transformador de tipo seco, ya que, debido a su sistema de refrigeración de aire, requeriría añadir un devanado de regulación muy grande y costoso al transformador de tipo seco.

30 La presente invención pretende proporcionar un transformador de tipo seco que resuelva por lo menos parcialmente los inconvenientes anteriores, reduciendo las pérdidas debidas a corrientes parásitas, por lo menos en las posiciones operativas más problemáticas del cambiador de derivaciones.

35 US4864266 describe un devanado de alta tensión para transformadores de potencia sin núcleo que utiliza dos configuraciones de conductor diferentes dentro de un único devanado para minimizar pérdidas por corrientes parásitas. El devanado incluye un primer haz de conductores alargados formados a partir de una pluralidad de cintas conductoras delgadas revestidas de esmalte, dispuestas unas al lado al lado de las otras. Una pluralidad de segundos haces de conductores alargados están formados cada uno a partir de por lo menos una sección de haz que tiene una multiplicidad de hilos conductores aislados alargados dispuestos uno al lado del otro. Cada uno de los hilos del conductor tiene un grosor de menos de 40 milipulgadas. El devanado incluye una sección extrema superior, una sección del cuerpo y una sección extrema inferior. La sección del cuerpo está enrollada en espiral con el primer haz de conductores. La sección extrema superior e inferior están enrolladas con los segundos haces de conductores. En los devanados que incluyen conectores de derivación, la sección de derivación también se enrolla con uno de los segundos haces de conductores.

45 DE260954 describe un devanado para transformadores de potencia en el que la dimensión del conductor en la dirección axial es igual a la altura del devanado; la altura de los devanados conectados en serie y el número de espiras por devanado disminuye desde el centro hacia los extremos del devanado.

50 DE3214171 describe un transformador de corrientes de alta intensidad en el que por lo menos una columna de devanado está construida como un devanado de disco.

55 En un primer aspecto, la invención presenta un transformador de tipo seco de acuerdo con la reivindicación 1.

El uso de un conductor que tiene dicha menor anchura en la zona de derivación reduce la longitud axial de esta zona y, en particular, reduce el espacio de espiras no utilizadas en la posición inferior del cambiador de derivaciones del transformador, es decir, la posición en la que el devanado tiene un número menor de espiras. Esta reducción del espacio produce un flujo magnético más axial, reduciendo la componente radial del mismo; como consecuencia de este cambio en el flujo magnético, se reducen las corrientes parásitas y las correspondientes pérdidas provocadas por el flujo magnético radial en aquellas zonas de no derivación de los devanados que son adyacentes a la zona de derivación.

60

Objetivos, ventajas y características adicionales de realizaciones de la invención serán claros para los expertos en la materia al examinar la descripción, o pueden derivarse al poner en práctica la invención.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

5 A continuación, se describirán unas realizaciones particulares de la presente invención a modo de ejemplos no limitativos, con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

10 La figura 1 representa esquemáticamente un transformador de tipo seco que comprende un devanado de alta tensión y un devanado de baja tensión, de acuerdo con una realización de la presente invención;

La figura 2 representa esquemáticamente los conductores de un devanado de alta tensión de un transformador de tipo seco, de acuerdo con una realización de la presente invención.

#### 15 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE REALIZACIONES

La figura 1 muestra esquemáticamente un transformador de tipo seco de acuerdo con una realización de la presente invención. Más concretamente, muestra esquemáticamente la disposición de los devanados de un transformador, de acuerdo con una sección parcial a lo largo de un plano que contiene el eje de los devanados.

20 Los transformadores de tipo seco de acuerdo con las realizaciones de la presente invención pueden ser del tipo en el que el transformador está diseñado para operar con una cierta corriente nominal que pasa por el devanado de alta tensión (HV). Por lo tanto, a través de todos los conductores que forman el devanado pasa sustancialmente la misma corriente, incluso si el devanado puede comprender varios conductores en serie con diferentes características físicas.

25 El transformador puede comprender un devanado HV 100 y un devanado de baja tensión (LV) 200 conectado inductivamente al devanado HV, comprendiendo cada devanado un conductor, y mostrándose ambos devanados en la figura en una disposición habitual donde el devanado LV está montado coaxialmente dentro del devanado HV; el devanado HV 100 puede comprender una zona de derivación 110, dos zonas sin derivación 120 y un cambiador de derivaciones (no mostrado) lo que permite variar la relación de espiras de los devanados, para variar la relación de transformación del transformador de tipo seco. El cambiador de derivaciones puede comprender dos conectores (no mostrados) que son conectables en diferentes puntos del conductor a lo largo de la zona de derivación 110 del devanado HV 100, para excluir una pluralidad de espiras del devanado V, permitiendo así un cambio en la relación de espiras del transformador.

35 Debe observarse que el conductor que forma el devanado HV puede formarse, por ejemplo, mediante una pluralidad de partes conductoras conectadas entre sí por soldadura o utilizando una parte de conexión tal como, por ejemplo, una parte no conductora que se conecte a ambas partes conductoras juntas para permitir que por las mismas pase una corriente adecuada.

40 A modo de ejemplo, en la figura 1, de acuerdo con esta realización específica, el devanado HV 100 puede estar formado por dos estructuras de devanados secundarios 101, 102, conectadas entre sí en un punto intermedio 111 de la zona de derivación 110. Sin embargo, otras las realizaciones pueden comprender un devanado HV en una única estructura, o más de dos estructuras de devanado secundario, dependiendo de la estructura física de los devanados utilizados para configurar el transformador.

45 La figura 2 muestra esquemáticamente una parte del devanado HV de un transformador, según una sección a lo largo de un plano que contiene el eje (A) de los devanados.

50 De acuerdo con la figura 2, el conductor que forma el devanado HV 100 puede configurarse como una tira 300 que tiene una anchura  $w$ , que puede disponerse formando una pluralidad de "discos" en forma de espiral 10, presentando el conductor una forma de tira dentro de cada disco una anchura uniforme en la dirección axial del devanado. Además, los discos pueden estar interconectados entre sí, y la espiral en cada disco puede tener un extremo de la tira interior 301 y un extremo de tira exterior 302. Cada disco en forma de espiral 10 puede estar conectado a los adyacentes por medio de una conexión eléctrica adecuada 303 que conecta el extremo de la tira exterior 302 de cada disco al extremo de la tira interior 301 del siguiente disco de manera que los discos quedan conectados en serie formando el devanado 100. La figura 2 muestra cuatro de dichos discos 10 conectados entre sí.

55 Además, tal como se aprecia en la figura 1, por lo menos una parte 112 de los discos 10a en la zona de contacto 110 puede configurarse de manera que comprendan un conductor en forma de tira que tenga una anchura  $w_a$ , en la dirección axial del devanado (dirección  $x$ ), menor que la anchura  $w_b$  del conductor en forma de tira de los discos 10b de la zona sin derivación 120. La parte de los discos 10a que tiene un conductor con dicha anchura  $w_a$  se muestra

con la referencia 112 en la figura 1, y la parte de los discos 10b que tiene un conductor con dicha anchura  $w_b$  se muestran con la referencia 114 en la figura 1.

5 De esta manera, se reduce la longitud axial de la zona de derivación, reduciendo así el espacio de las vueltas no utilizadas cuando el cambiador de derivaciones funciona a un rango bajo, es decir, la posición en la que el devanado tiene un número menor de espiras. Esta reducción permite reducir las pérdidas relacionadas con las corrientes parásitas producidas por el flujo magnético radial en las zonas sin derivación 120 de los devanados adyacentes a la zona de derivación 110.

10 De acuerdo con una realización, los discos 10a de la zona de derivación 110 pueden tener un conductor con una anchura  $w_a$  en la dirección axial del devanado HV 100 que puede ser entre un 40% y un 80% de la anchura  $w_b$  de los discos de la zona sin derivación 120, y puede ser preferiblemente aproximadamente un 60% de la anchura de los discos de la zona sin derivación 120.

15 También, de acuerdo con una realización, los conductores de los discos 10a, 10c de la zona de derivación 110 están realizados en un material con una conductividad más alta que los materiales utilizados en los discos 10b, 10d de las zonas sin derivación 120.

20 Esto mejora la eficiencia del transformador cuando está trabajando con un rango alto en el cambiador de derivaciones, es decir, la posición en la que el devanado tiene un mayor número de espiras: en esta posición, aparecen pérdidas óhmicas en los discos 10a, 10c de la zona de derivación 110, y estas pérdidas pueden ser relevantes en discos que tienen una anchura relativamente pequeña, ya que las pérdidas óhmicas dependerán proporcionalmente del tamaño del conductor. Tales pérdidas pueden reducirse utilizando los discos 10a, 10c con una conductividad más alta en la zona de derivación 110.

25 De acuerdo con algunas realizaciones, los discos 10a, 10c de la zona de derivación 110 pueden estar realizados en cobre, y los discos 10b, 10d de las zonas sin derivación 120 pueden estar realizados en aluminio.

30 El uso de discos más pequeños en la zona de derivación da lugar a una reducción de las pérdidas cuando el cambiador de derivaciones funciona a un rango inferior, y fabricando estos discos de cobre se reducen las pérdidas debido a dicha reducción del tamaño de los discos, cuando el cambiador de derivaciones funciona en un rango más alto.

35 Además, el conductor de una parte de los discos 10c en los extremos de la zona de derivación 110 adyacente a las zonas sin derivación 120 puede tener una anchura  $w_c$  mayor que  $w_a$ . Esta anchura relativamente mayor permite reducir las pérdidas de CC u óhmicas en los discos 10c, para compensar las pérdidas totales, que también comprenden corrientes parásitas, en los discos 10c, cuando el transformador está funcionando a un rango alto en el cambiador de derivaciones. La parte de los discos 10c que tiene un conductor con una anchura  $w_c$  se muestra con la referencia 113 en la figura 1 (en el ejemplo, sólo se muestra un disco 10c en cada estructura de devanado).

40 También, de acuerdo con una realización, el conductor de una parte de los discos 10d en los extremos de las zonas sin derivación 120, alejados de la zona de derivación 110, también puede tener una anchura  $w_d$  mayor que  $w_b$ . De esta manera, se obtiene una reducción de las pérdidas de CC u óhmicas en dichos discos 10d, con el fin de compensar las pérdidas por corrientes parásitas causadas por el flujo magnético radial en los extremos de las zonas sin derivación alejadas de la zona de derivación. La parte de los discos 10d que tiene una anchura  $w_d$  se muestra con la referencia 115 en la figura 1 (en el ejemplo, sólo se muestra un disco 10d en cada estructura de devanado).

50 Se observará que cada una de las características anteriores respecto a la anchura y al material del conductor puede implementarse en un transformador de tipo seco independientemente una de la otra, ya que cada una proporciona un efecto que no depende de las otras, aunque los efectos combinados pueden ser ventajosos.

55 De acuerdo con los resultados experimentales, en un devanado HV de un transformador de 66MV y 25MVA con un rango de derivación de + -18%, se logró una reducción de aproximadamente un 40% de las pérdidas causadas por las corrientes parásitas cuando el transformador está trabajando en la posición inferior del cambiador de derivaciones, y la relación de las anchuras son:  $w_a$  siendo un 60% de  $w_b$ ,  $w_c$  siendo igual que  $w_b$ , y  $w_d$  siendo un 120% de  $w_b$ . La mayor parte de dicha reducción se encuentra en los discos de la zona sin derivación (120) adyacente a la zona de derivación (110), donde se ha logrado una reducción de la temperatura de punto caliente de 210 °C a 116 °.

60 Aunque sólo se han descrito aquí una serie de realizaciones y ejemplos particulares de la invención, los expertos en la materia entenderán que son posibles otras realizaciones y/o usos alternativos de la invención y modificaciones y equivalentes obvios de la misma. Además, la presente invención cubre todas las combinaciones posibles de las realizaciones particulares descritas. Los signos de referencia relacionados con los dibujos y entre paréntesis en una

reivindicación, son únicamente para intentar aumentar la inteligibilidad de la reivindicación y no deben interpretarse como una limitación del alcance de la reivindicación. Por lo tanto, el alcance de la presente invención no debería estar limitado por realizaciones particulares, sino que debería determinarse únicamente mediante una lectura apropiada de las siguientes reivindicaciones.

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Transformador de tipo seco. que comprende un devanado (101) con una zona de derivación (110), siendo la zona de derivación (110) la zona en la que pueden realizarse por lo menos dos conexiones, permitiendo cambiar el número de espiras del devanado (100) y variar así la relación de espiras del transformador, y con por lo menos una primera zona sin derivación (120), en el que el devanado (100) comprende un conductor que presenta por lo menos en parte de la zona de derivación (110), una primera anchura ( $w_a$ ) en la dirección axial (x) del devanado (100), y que presenta, en por lo menos parte de la primera zona sin derivación (120), una segunda anchura ( $w_b$ ) en la dirección axial (x) del devanado, siendo la primera anchura ( $w_a$ ) menor la segunda anchura ( $w_b$ ), caracterizado por el hecho de que el conductor del devanado (100) está realizado en por lo menos dos materiales de diferente conductividad.
- 10 2. Transformador de tipo seco de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que el conductor del devanado (100) en por lo menos parte de la zona de derivación (110) está realizado en un primer material y el conductor de por lo menos parte del resto del devanado está realizado en un segundo material.
- 15 3. Transformador de tipo seco según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, en el que los dos materiales son cobre y aluminio.
- 20 4. Transformador de tipo seco de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2 o 3, caracterizado por el hecho de que el conductor del devanado (100) en por lo menos parte de la zona de derivación (110) está realizado en cobre, y el conductor del devanado (100) en por lo menos parte de la zona sin derivación (120) está realizado en aluminio.
- 25 5. Transformador de tipo seco de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por el hecho de que un tramo del conductor en la zona de derivación (110) adyacente a una zona sin derivación (120) presenta una tercera anchura ( $w_c$ ), en la dirección axial (x) del devanado, que es diferente respecto a la primera anchura ( $w_a$ ) del conductor.
- 30 6. Transformador de tipo seco de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado por el hecho de que dicha tercera anchura ( $w_c$ ) es mayor que la primera anchura ( $w_a$ ) del conductor.
- 35 7. Transformador de tipo seco de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por el hecho de que la primera anchura ( $w_a$ ) es entre un 40% y un 80% de la segunda anchura ( $w_b$ ), preferiblemente aproximadamente un 60% de la segunda anchura ( $w_b$ ).
- 40 8. Transformador de tipo seco de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, caracterizado por el hecho de que la tercera anchura ( $w_c$ ) es aproximadamente igual a la segunda anchura ( $w_b$ ).
- 45 9. Transformador de tipo seco de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por el hecho de que por lo menos parte del conductor está conformado como una tira (300).
- 50 10. Transformador de tipo seco de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado por el hecho de que el conductor está dispuesto formando una pluralidad de discos en forma de espiral (10), presentando el conductor en forma de tira (300), dentro de cada disco (10), una anchura uniforme en la dirección axial (x) del devanado.
- 55 11. Transformador de tipo seco de acuerdo con la reivindicación 10, en el que el conductor en forma de tira (300) está realizado del mismo material dentro de cada disco (10).
- 60 12. Transformador de tipo seco de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado por el hecho de que un tramo del conductor en el extremo de una zona sin derivación (120) alejada de la zona de derivación (110) presenta una cuarta anchura ( $w_d$ ) en la dirección axial (x) del devanado, que es diferente respecto a la segunda anchura ( $w_b$ ) del conductor.
13. Transformador de tipo seco de acuerdo con la reivindicación 12, caracterizado por el hecho de que la cuarta anchura ( $w_d$ ) es mayor que la segunda anchura ( $w_b$ ) del conductor.
14. Transformador de tipo seco de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizado por el hecho de que el devanado (100) es el devanado de alta tensión del transformador.

FIG.1

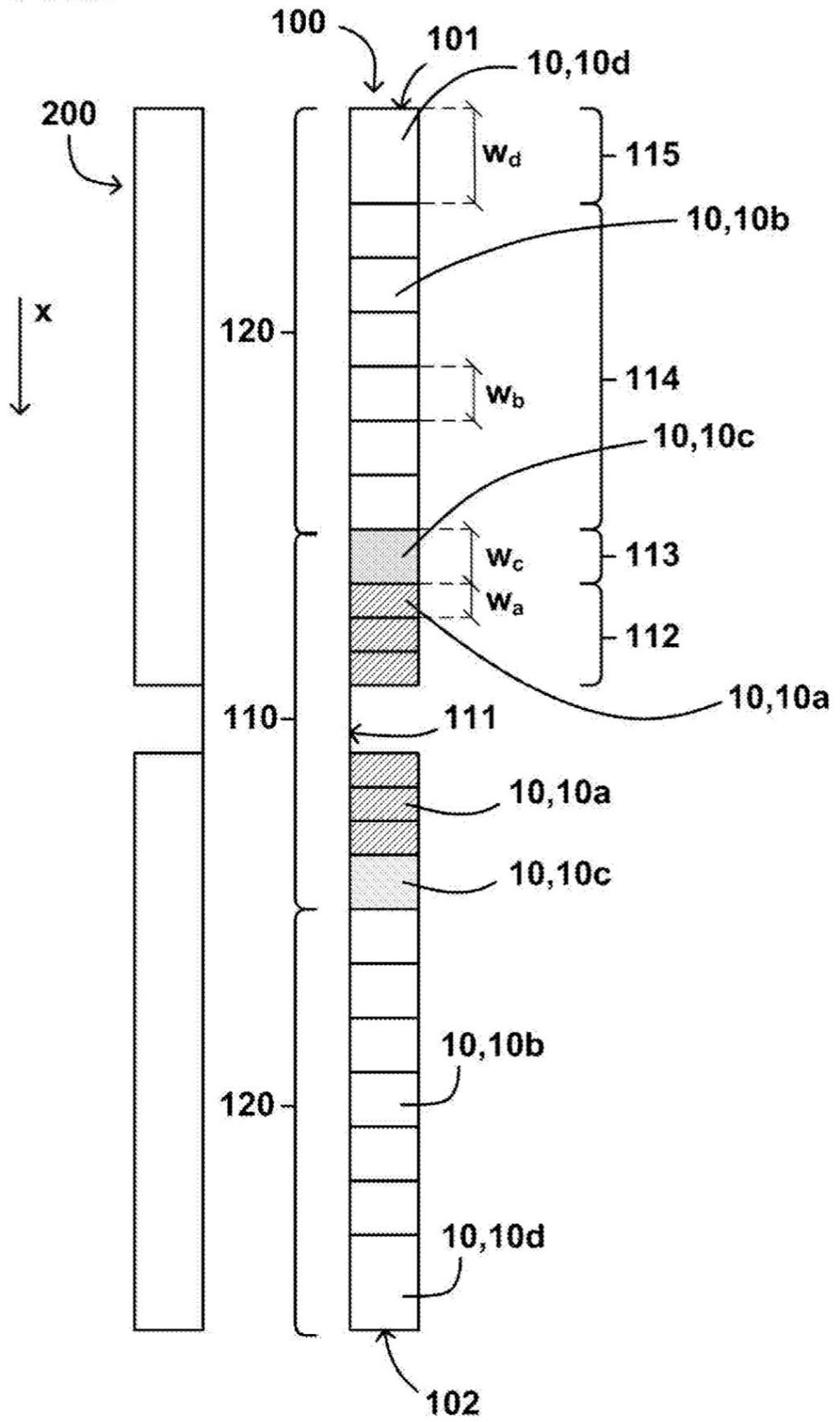
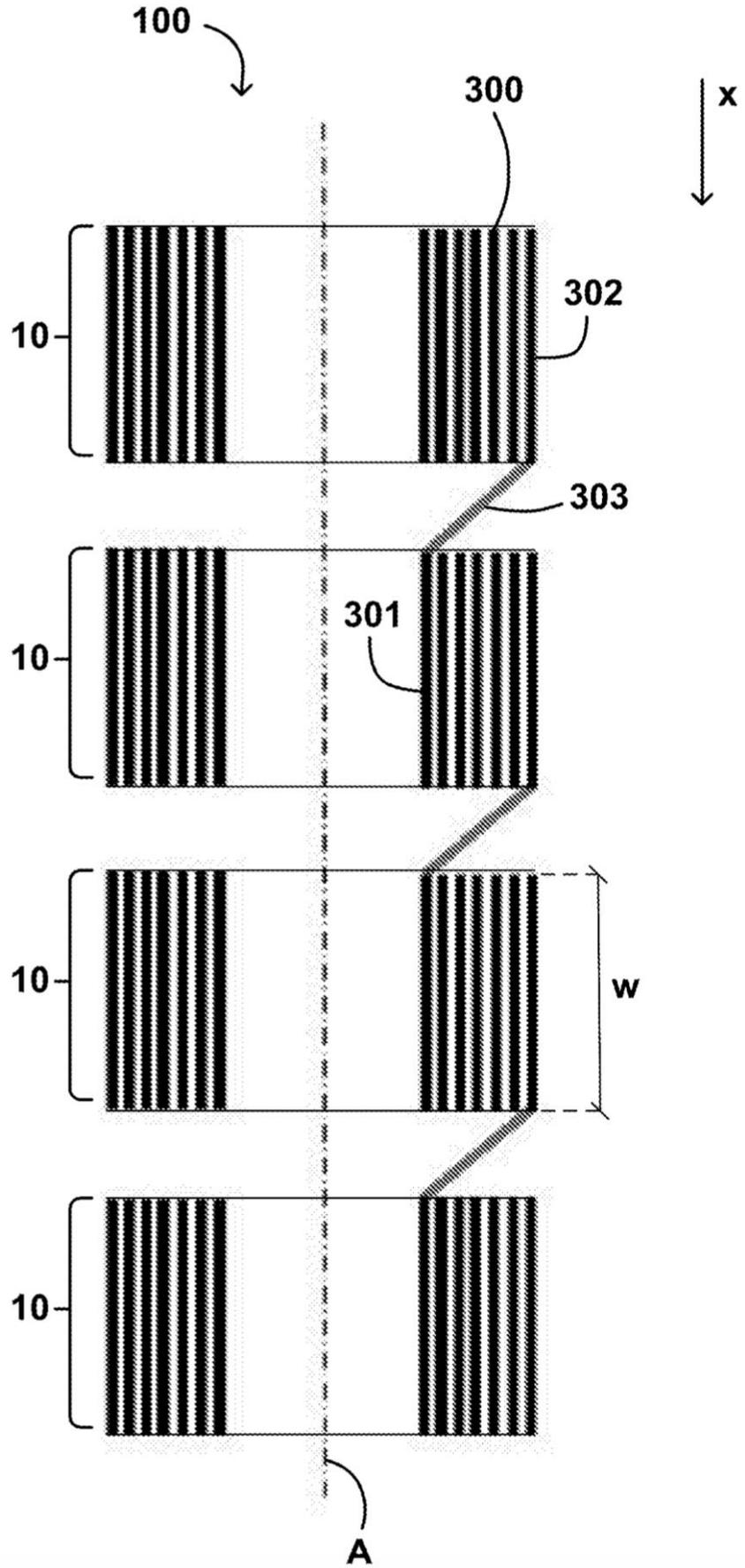


FIG.2



**REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN**

5 *Esta lista de referencias citadas por el solicitante es únicamente para la comodidad del lector. No forma parte del documento de la patente europea. A pesar del cuidado tenido en la recopilación de las referencias, no se pueden excluir errores u omisiones y la EPO niega toda responsabilidad en este sentido.*

**Documentos de patentes citados en la descripción**

10

- US 4864266 A [0007]
- DE 3214171 [0009]
- DE 260954 [0008]