

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 747 929**

51 Int. Cl.:

**H02K 21/24** (2006.01)

**H02K 16/02** (2006.01)

**H02K 1/27** (2006.01)

**H02K 16/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.06.2008 PCT/JP2008/061707**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.12.2008 WO09001917**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.06.2008 E 08790672 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.09.2019 EP 2169806**

54 Título: **Máquina eléctrica giratoria con entrehierro axial**

30 Prioridad:

**28.06.2007 JP 2007170122**  
**24.10.2007 JP 2007276338**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**12.03.2020**

73 Titular/es:

**SHIN-ETSU CHEMICAL CO., LTD. (100.0%)**  
**6-1, Ohtemachi 2-chome Chiyoda-ku**  
**Tokyo 100-0004, JP**

72 Inventor/es:

**MIYATA, KOJI;**  
**WATANABE, NAOKI y**  
**HONSHIMA, MASAKATSU**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 747 929 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**

Máquina eléctrica giratoria con entrehierro axial

5 **CAMPO TÉCNICO**

La presente invención se refiere a una máquina giratoria del tipo de entrehierro axial que es una máquina giratoria de imán permanente de tipo síncrono tal como un motor o un generador eléctrico, que tiene sus rotores y estatores enfrentados entre sí en la dirección del eje de rotación.

10

**ANTECEDENTES DE LA TÉCNICA**

Las estructuras de las máquinas giratorias de imanes permanentes se pueden clasificar en el tipo de entrehierro radial y el tipo de entrehierro axial. En el tipo de entrehierro radial, una pluralidad de imanes permanentes está dispuesta en la dirección circunferencial de un rotor, los polos de los imanes permanentes están dirigidos radialmente, y un estator está dispuesto para enfrentarse a los imanes permanentes. En general, el estator tiene una estructura en la que las bobinas se enrollan en un núcleo de hierro que tiene una pluralidad de dientes en la superficie frente al rotor. Mediante el uso de un núcleo de hierro, el flujo magnético de los polos del rotor puede intersectar eficientemente las bobinas para producir un par amplio en el caso de un motor y un voltaje alto en el caso de un generador eléctrico. Por otro lado, existe el problema de que el uso de un núcleo de hierro genere un par de arranque y pérdida del par basado en la pérdida de histéresis del núcleo de hierro para aumentar el par inicial. En la aplicación a un generador eólico, por ejemplo, un viento leve no produce voltaje debido a un par inicial amplio.

15

20

25

30

Dicho problema puede resolverse eliminando el núcleo de hierro, pero esto reduce la eficiencia magnética de modo que con el tipo de entrehierro radial no se puede obtener una salida amplia. Por tanto, se puede diseñar el tipo de entrehierro axial tal como se muestra en la FIG. 9. En la FIG. 9, los cuerpos magnéticos en forma de disco (yugo del rotor) 102a, 102b están unidos integralmente a un eje giratorio (eje) 101 y los yugos del rotor 102a, 102b tienen cada uno una pluralidad de imanes permanentes 103 en la superficie. Los yugos de rotor 102a, 102b están dispuestos en la dirección del eje giratorio a través de un separador 104. Mientras que los imanes permanentes 103 pueden estar dispuestos en solo uno de los yugos del rotor 102a y 102b, se proporciona una alta eficiencia magnética al disponer los imanes permanentes (103a, 103b) en las superficies de ambos yugos del rotor (102a, 102b). Estos se denominan rotores (105a, 105b).

35

Las bobinas 106 están dispuestas entre los yugos del rotor (102a, 102b). Las bobinas 106 se acomodan en una base de bobina 107 para constituir un estator 108 y se fijan a una carcasa 109. El eje giratorio 101 está soportado de manera giratoria por la carcasa 109 a través de un cojinete 120. Esta estructura puede proporcionar una salida importante sin un núcleo de hierro en el estator 108 al agrandar la superficie del polo magnético.

40

Además, cuando se utilizan imanes sinterizados de tipo Nd-Fe-B, que son imanes permanentes fuertes, la máquina giratoria obtiene un alto rendimiento al utilizar plenamente su rendimiento, al estar sin el problema de la saturación magnética de un núcleo de hierro. En general, un rotor tiene una pluralidad de imanes permanentes unidos en las superficies de los cuerpos magnéticos en forma de disco, usando adhesivo a base de epoxi o acrílico para la unión, y los cuerpos magnéticos y los imanes se fijan a través de una sola superficie tal como se muestra en el documento JP2003-348805 A.

45

En un rotor grande, los imanes permanentes están sometidos a una importante fuerza centrífuga durante la rotación. Además, la temperatura de la máquina giratoria experimenta un ciclo de calor desde la temperatura ambiente hasta una temperatura elevada según el estado operativo. En el caso de un imán sinterizado de tipo Nd-Fe-B, la superficie perpendicular a la dirección de magnetización, es decir, la superficie donde el imán está unido con el disco de material magnético, tiene un coeficiente negativo de expansión térmica (se contrae cuando la temperatura aumenta,  $-1,7 \times 10^{-6}$  [1/K]). El hierro blando se usa generalmente para el disco de material magnético y tiene un coeficiente positivo de expansión térmica, (se estira cuando la temperatura aumenta,  $10 \times 10^{-6}$  [1/K]). Por lo tanto, la superficie de unión está sujeta a importantes tensiones debido al ciclo de calor. En consecuencia, existe el problema de que se rompa el adhesivo y el imán permanente se desprenda debido a la fuerza centrífuga para perder su función.

50

Documento de patente 1: JP2003-348805 A

55

Las máquinas giratorias del tipo de entrehierro axial están descritas en los documentos GB 2360140 A, WO 00/48294 A1, JP 2005318718 A, y JP 2006025573 A.

60

**DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION****PROBLEMA A RESOLVER POR LA INVENCION**

65

El objetivo de la presente invención es proporcionar una máquina giratoria del tipo de entrehierro axial que fije rígidamente los imanes permanentes sin reducir el flujo magnético y que tenga un alto rendimiento.

MEDIOS PARA RESOLVER EL PROBLEMA

5 El presente inventor ha llevado a cabo un estudio intensivo para resolver el problema anterior y ha logrado una máquina giratoria del tipo de entrehierro axial que fija los imanes permanentes de forma rígida y tiene un alto rendimiento.

10 Específicamente, la máquina giratoria del tipo de entrehierro axial de la presente invención puede comprender: una carcasa; un eje giratorio soportado rotativamente en la carcasa; un rotor que comprende un disco giratorio que puede rotar integralmente con el eje giratorio como eje central, e imanes permanentes dispuestos en al menos un lado de la superficie del disco giratorio; y un estator que está fijado a la carcasa de manera que mire hacia la superficie del rotor que tiene los imanes permanentes, estando separados del mismo, y en la que las bobinas del estator están dispuestas concéntricamente en una relación espaciada entre sí; en la que el flujo magnético generado a partir de los imanes permanentes del rotor penetra de manera intermitente en el interior de las bobinas dispuestas concéntricamente a medida que gira, donde el disco giratorio tiene una porción cóncava en la superficie frente al estator y los imanes permanentes están dispuestos en las porciones cóncavas para tener porciones sobresalientes sobre la superficie del disco giratorio; en la que cada grosor de las porciones sobresalientes (o enterradas) de los imanes permanentes es de 1/4 a 3/4 de cada grosor de los imanes permanentes; en la que se proporciona un elemento de refuerzo en una superficie de dicho disco giratorio para soportar una superficie lateral de dicha porción sobresaliente de los imanes permanentes, dicho elemento de refuerzo está fabricado de un material no magnético y tiene un orificio pasante correspondiente a una posición del imán permanente dispuesto en cualquier disco giratorio, y

20 donde el grosor del elemento de refuerzo es 1/10 a 3/4 del grosor del imán permanente.

25 La máquina giratoria del tipo de entrehierro axial de la presente invención puede tener los imanes permanentes dispuestos en un lado del disco giratorio y además tener un disco giratorio final dispuesto separado del estator y que puede rotar integralmente con el eje giratorio como eje central.

30 La máquina giratoria del tipo de entrehierro axial de la presente invención puede tener los imanes permanentes dispuestos a ambos lados del disco giratorio y además tener discos giratorios finales dispuestos separados de los estatores y que pueden rotar integralmente con el eje giratorio como eje central.

35 La máquina giratoria del tipo de entrehierro axial de la presente invención puede tener una porción cóncava formada en la superficie del disco giratorio final que mira hacia el estator en la circunferencia de un círculo opuesto a la circunferencia del círculo concéntrico en el que están dispuestas las bobinas del estator, y en el que los imanes permanentes están dispuestos en las porciones cóncavas para tener porciones sobresalientes que sobresalen por encima de la superficie del disco giratorio final.

40 La máquina giratoria del tipo de entrehierro axial de la presente invención puede tener un rotor adicional, donde cada uno de los rotores comprende un disco giratorio que puede rotar con el eje alrededor del eje central e imanes permanentes dispuestos concéntricamente alrededor de dicho eje en relación espaciada entre sí en al menos un lado de las superficies de los discos giratorios, donde las superficies que tienen los imanes permanentes se enfrentan entre sí en una relación espaciada entre sí, y

45 en la que dichos discos giratorios tienen porciones cóncavas formadas en una superficie frente a dicho estator y los imanes permanentes están dispuestos en las porciones cóncavas para sobresalir por encima de la superficie de dichos discos giratorios.

50 La máquina giratoria del tipo de entrehierro axial de la presente descripción comprende: una carcasa; un eje giratorio soportado rotativamente en la carcasa; dos rotores que tienen discos giratorios que pueden rotar integralmente con el eje giratorio como eje central, e imanes permanentes dispuestos concéntricamente en una relación espaciada entre sí en al menos un lado de la superficie circular de los discos giratorios, en la que las superficies que tienen los imanes permanentes se enfrentan entre sí en relación espaciada entre sí; y un estator dispuesto entre los rotores uno frente al otro, estando separado de ellos, y el estator tiene una pluralidad de bobinas dispuestas concéntricamente en relación espaciada entre sí; en la que el flujo magnético generado a partir de los imanes permanentes de los rotores penetra intermitentemente en el interior de las bobinas dispuestas concéntricamente a medida que gira el eje giratorio, en la que el disco giratorio tiene porciones cóncavas en la superficie frente al estator y los imanes permanentes están dispuestos en las porciones cóncavas para tener porciones sobresalientes sobre la superficie del disco giratorio.

60 La máquina giratoria del tipo de entrehierro axial según la presente invención, que comprende además un rotor adicional;

65 en la que cada uno de los rotores comprende un disco giratorio que puede rotar integralmente con dicho eje giratorio alrededor de dicho eje giratorio como eje central, e imanes permanentes dispuestos concéntricamente alrededor de dicho eje giratorio en una relación espaciada entre sí en al menos un lado de las superficies de los discos giratorios, en la que las superficies que tienen los imanes permanentes se enfrentan entre sí en una relación espaciada entre sí; y

en la que dichos discos giratorios tienen porciones cóncavas formadas en una superficie frente a dicho estator y los imanes permanentes están dispuestos en las porciones cóncavas para sobresalir por encima de la superficie de dichos discos giratorios.

5 Además, en la máquina giratoria del tipo de entrehierro axial de la presente invención, una pieza de cuerpo magnético en forma de disco puede ser adecuada para el disco giratorio o el disco giratorio final.

#### EFECTO DE LA INVENCION

10 Según la presente invención, una máquina giratoria del tipo de entrehierro axial puede sostener los imanes en el yugo del rotor de forma rígida bajo la condición de fuerza centrífuga y funcionamiento del ciclo de calor y sin reducir el flujo magnético.

#### 15 BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

FIG. 1 es una vista en sección esquemática que muestra un aspecto de la totalidad de una máquina giratoria del tipo de entrehierro axial;

20 FIG. 2 es una vista en sección esquemática que muestra otro aspecto de la totalidad de una máquina giratoria del tipo de entrehierro axial;

FIG. 3 es una vista en sección esquemática que muestra otro aspecto de la totalidad de una máquina giratoria de tipo entrehierro axial;

25 FIG. 4 es una vista en sección esquemática que muestra otro aspecto de la totalidad de una máquina giratoria de tipo entrehierro axial;

30 FIG. 5 es (a) un disco fabricado de una pieza de cuerpo magnético e imanes, (b) una vista esquemática en perspectiva de un rotor, y (c) una vista ampliada en una máquina giratoria del tipo de entrehierro axial;

FIG. 6 es una vista en sección esquemática que muestra un aspecto de un rotor en una máquina giratoria del tipo de entrehierro axial;

35 FIG. 7 es una vista en sección esquemática que muestra (a) un ejemplo, y (b) una variación de un disco fabricado de una pieza de cuerpo magnético en una máquina giratoria del tipo de entrehierro axial;

FIG. 8 es una vista en sección esquemática que muestra otro aspecto de un rotor en una máquina giratoria del tipo de entrehierro axial de la presente invención;

40 FIG. 9 es una vista en sección esquemática que muestra la totalidad de una máquina giratoria del tipo de entrehierro axial convencional;

45 FIG. 10 es una vista esquemática en perspectiva de (a) un disco fabricado de una pieza de cuerpo magnético e imanes, y (b) un rotor en una máquina giratoria del tipo de entrehierro axial convencional; y la FIG. 11 es una vista frontal de un estator que se usa de manera convencional.

#### EXPLICACION DE LETRAS Y NUMEROS

50 10 máquina giratoria del tipo de entrehierro axial

100 máquina giratoria convencional

55 11, 101 eje giratorio

12, 12a, 12b, 12c, 102a, 102b disco giratorio

13, 13a, 13b, 13c, 13d, 103a, 103b imán permanente

60 14, 104 separador

15, 15a, 15b, 15c, 105a, 105b rotor

16, 106 bobina

65 17, 107 base de bobina

18, 18a, 18b, 108 estator

19, 109 carcasa

20, 120 cojinete

21 porción cóncava del yugo del rotor

22 material magnético

23 elemento de refuerzo fabricado de material no magnético

24 orificio pasante en el elemento de refuerzo

110 dirección de bobinado

#### MEJOR MODO DE REALIZACIÓN DE LA INVENCION

La presente invención se describe con más detalle a continuación con referencia a la dibujos.

Un aspecto de la máquina giratoria se muestra en la FIG. 1.

En una máquina giratoria 10 de la FIG. 1, un disco giratorio (yugo del rotor) 12a está unido a un eje giratorio (eje) 11 y un imán permanente 13a está dispuesto en la superficie del yugo del rotor para formar un rotor 15a. Una pluralidad de yugos de rotor está dispuesta a través de un separador 14 en la dirección del eje giratorio. También en la superficie de otro yugo de rotor 12b está dispuesto un imán permanente 13b para formar un rotor 15b. Las superficies de los rotores 15a, 15b que tienen los imanes permanentes se enfrentan entre sí. Se instala un número par (al menos dos) de imanes en el yugo del rotor de modo que los polos se dirijan en la dirección del grosor (con respecto al yugo) con las direcciones de los imanes adyacentes opuestos.

En el espacio entre los yugos del rotor 12a, 12b está dispuesto un estator 18a que comprende una bobina 16 y una base de bobina 17 en la circunferencia de un círculo centrado en el eje de rotación, y el estator 18a puede fijarse a una carcasa 19 (resina). De manera alternativa, se puede fijar la bobina 16 directamente a la carcasa 19 sin la base 17 de la bobina. Este es un estator del tipo sin núcleo con un cojinete 20 entre la carcasa 19 y el eje giratorio 11. El número de las bobinas 16 dispuestas concéntricamente con respecto al número de polos es 1:1 en el caso de una sola fase; en el caso de una corriente alterna trifásica, se puede adoptar 4:3, 2:3, 8:9, 10:9, 10:12, 12:15, 16:9, 20:12 y similares. En el caso de una sola fase, preferentemente las bobinas adyacentes se enrollan en direcciones opuestas y se conectan en serie. En el caso de tres fases, preferentemente se realiza un devanado trifásico mediante tres conjuntos de conexión en serie de cada tercera bobina en la dirección circunferencial.

La máquina giratoria 10 de la FIG. 1 difiere del ejemplo convencional que se muestra en la FIG. 9 en que las porciones cóncavas 21a, 21b se forman en los yugos del rotor 12a, 12b y los imanes permanentes 13a, 13b están instalados en ellas. Al proporcionar la porción cóncava 21 de una profundidad deseada, se facilita el posicionamiento y se proporciona una fuerte adhesión mediante el área grande a la que se aplica el adhesivo y se proporciona una estructura en la que el yugo del rotor 12 mantiene el imán permanente en su superficie lateral para que no salte cuando la fuerza centrífuga actúa sobre él.

Otros aspectos de la máquina giratoria se muestran en las FIG. 2, 3 y 4.

La máquina giratoria de la FIG. 2 difiere del aspecto de la FIG. 1 porque el mismo tiene una estructura en la que se forma una porción cóncava 21a en la superficie de un yugo de rotor 12a frente a un estator 18a y un imán permanente 13a está dispuesto en la porción cóncava 21a, mientras que no se forma una porción cóncava y no hay imán permanente dispuesto en la superficie del otro yugo del rotor 12b frente al estator 18.

En la máquina giratoria de la FIG. 3, tres yugos de rotor 12a, 12b, 12c están unidos a un eje giratorio (eje) 11 en la dirección del eje giratorio a través de un separador 14. Los estatores 18a, 18b están dispuestos entre los yugos del rotor 12a, 12b y entre los yugos del rotor 12b, 12c, respectivamente. El aspecto de la FIG. 3 difiere del aspecto de la FIG. 1 en que las porciones cóncavas 21b, 21c están formadas solo en ambas superficies del yugo del rotor 12b central y los imanes permanentes 13b, 13c están instalados en el mismo para formar un rotor 15b.

La máquina giratoria de la FIG. 4 difiere del aspecto de la FIG. 3 en que las porciones cóncavas 21a, 21d también se forman en los laterales de los yugos del rotor 12a y 12c frente a los estatores 18a, 18c y los imanes permanentes 13a, 13d están instalados en ellos.

En las máquinas giratorias de las FIG. 3 y 4, dos estatores están dispuestos con un rotor entre ellos, en ambas

superficies de los cuales se forman porciones cóncavas del rotor en las que están dispuestos imanes permanentes. Sin embargo, como una cuestión de rutina, también se incluye una máquina giratoria que tiene una estructura llamada sándwich en la cual un rotor que tiene imanes permanentes en ambas superficies está dispuesto en cada uno de los entrehierros formados mediante la disposición de tres o más estatores en relación espaciada con entre sí en una carcasa.

Cuando se usa una máquina giratoria de la FIG. 3 o de la FIG. 4 como generador eléctrico, tras la transmisión de la fuerza de rotación desde una fuente de energía al eje giratorio, todos los yugos del rotor giran sincrónicamente con el eje giratorio y las bobinas en la misma posición que se ve desde la dirección axial en los estatores dispuestos en los entrehierros (porción de entrehierro) entre los rotores generan voltajes en sincronización. Por lo tanto, cuando estas bobinas están conectadas en serie, la fuerza electromotriz de las bobinas conectadas es proporcional al número de etapas de los estatores. De esta manera, se puede obtener fácilmente un alto voltaje de generación aumentando el número de etapas de los estatores según sea necesario.

A continuación, se describirá en detalle el procedimiento para organizar y fijar los imanes permanentes a los yugos del rotor. Los números de referencia 12a, 12b y 12c; 13a, 13b, 13c y 13d; 15a, 15b y 15c; 18a y 18b representan lo mismo. Por lo tanto, debe tenerse en cuenta que, a continuación, lo que se describe con el número 12 se aplica a cualquiera de entre 12a, 12b, 12c, por ejemplo.

Se puede usar un adhesivo para unir el yugo del rotor 12 y el imán permanente 13.

Los ejemplos del adhesivo pueden incluir una resina a base de epoxi y una resina a base de acrílico, específicamente un adhesivo elástico y resistente al calor para resistir el ciclo de calor. Aunque en los ejemplos de trabajo se usaron un adhesivo que tiene resina epoxídica como agente base y un adhesivo que tiene resina de silicona modificada como agente de curado, el adhesivo no está limitado a ello. El adhesivo elástico tiene elasticidad incluso cuando está curado y funciona para absorber las tensiones. Por lo tanto, la superficie de la porción cóncava 21 del yugo del rotor 12 y la superficie del imán permanente 13 están unidas, y el imán permanente 13 difiere según la forma.

El adhesivo se aplica a toda la superficie donde el imán y el yugo del rotor entran en contacto entre sí.

La FIG. 5 es una vista en sección transversal del rotor 15 con el imán permanente 13 insertado en la porción cóncava 21 del yugo del rotor 12. Esto está caracterizado porque el imán permanente 13 sobresale de la superficie del yugo del rotor 12; si el imán permanente estuviera enterrado por completo, es probable que la salida disminuyera, ya que el flujo magnético hacia las bobinas se reduciría mediante un cortocircuito desde la superficie de los polos al yugo del rotor. Especialmente en una máquina giratoria que carece de un núcleo de hierro, el flujo magnético tiende a cortocircuitarse porque el espacio del campo magnético se ensancha para colocar bobinas entre el imán y el yugo del rotor. Por lo tanto, el rotor actual tiene una estructura en la que el imán permanente sobresale de la superficie del yugo del rotor.

La longitud enterrada T2 es preferentemente de 1/4 a 3/4 del grosor T1 del imán permanente 13.

En cuanto al material de los yugos del rotor, los discos giratorios dispuestos en la porción final o dispuestos en la porción interna son preferentemente magnéticos y con forma de disco. Con el uso de cuerpos magnéticos, los campos magnéticos entre los discos giratorios se fortalecen, el flujo magnético generado desde los polos vuelve al yugo y se puede reducir el flujo magnético que sale al exterior desde el disco giratorio dispuesto en la porción final.

El yugo del rotor puede obtenerse, por ejemplo, mediante mecanizado de acero con bajo contenido de carbono tal como S15C y S45C tal como se muestra en la FIG. 7(a). De manera alternativa, tal como se muestra en la FIG. 7 (b), se prepara una pluralidad de elementos de placa fabricados de placas de acero laminadas en frío [SPCC], placas de acero magnético o similares y al menos una de ellas se trabaja por perforación para proporcionar un orificio pasante y se une con el resto de los elementos de placa provistos de ningún orificio pasante, una pluralidad de los cuales se superponen, mediante enmasillado o soldadura, formando así una porción cóncava 21: se puede usar un yugo de rotor 12 de este tipo. En este caso, los elementos de placa anteriores pueden ser del mismo material o de materiales diferentes.

El material del imán permanente no está particularmente limitado y puede usarse uno convencionalmente conocido. Preferentemente es un imán de tierras raras de alto rendimiento que incluye un elemento de tierras raras. Un imán sinterizado de tierras raras o un imán de enlace de tierras raras que comprende un denominado compuesto intermetálico de tierras raras es un sujeto preferible, y más preferentemente se usa un imán sinterizado anisotrópico basado en Nd. Además, la forma del imán permanente utilizado puede ser un rectángulo, un sector o similar.

Por lo tanto, el aspecto de la presente invención es que el disco del rotor incluye además un elemento de refuerzo 23 fabricado de un material no magnético provisto de un orificio pasante 24 correspondiente a la posición del imán permanente dispuesto en la pieza del cuerpo magnético y la forma de la sección del eje giratorio está dispuesta en la superficie de un yugo de rotor 12 tal como se muestra en la FIG. 8. Como material no magnético del elemento de refuerzo 23 de aluminio, se podría usar acero inoxidable austenítico como SUS301, SUS302, SUS303, SUS304 y

SUS316, o resina como Bakelite® MC Nylon® y poliacetal.

5 Aunque el elemento de refuerzo anterior está formado como un disco que corresponde a la forma del borde exterior del yugo del rotor 12 en la FIG. 8, no está particularmente limitado siempre que sea una forma que pueda reforzar el imán permanente. Además, el elemento de refuerzo anterior no se puede formar integralmente, y por ejemplo, se puede preparar y disponer una pluralidad de elementos de refuerzo que se perforan en forma de una rosquilla correspondiente a la forma del imán permanente.

10 El grosor T3 del elemento de refuerzo anterior 23 es un grosor tal que la superficie del elemento de refuerzo está nivelada con o debajo de la cara superior del imán cuando el elemento de refuerzo 23 está dispuesto en la superficie del yugo del rotor 12, y es preferentemente de 1/10 veces a 3/4 veces del grosor T1 del imán. El elemento de refuerzo 23 y la superficie del yugo del rotor 12 se pueden asegurar con adhesivo o tornillos.

15 Según este aspecto, la densidad del flujo magnético a las bobinas se puede mantener, ya que no se produce un cortocircuito desde la superficie de los polos hasta el yugo del rotor, y los imanes pueden mantenerse de forma más firme.

20 La velocidad de revolución de la máquina giratoria de la presente invención no está particularmente limitada, y puede adoptarse adecuadamente para funcionar de 500 rpm a 5000 rpm.

La máquina giratoria de la presente invención se puede usar adecuadamente para una que tenga un diámetro de 0,1 m a 0,5 m.

25 En cuanto a la temperatura de funcionamiento de la presente invención, se puede usar para funcionar a 150 °C o más y también se puede usar adecuadamente para el funcionamiento del ciclo de calor en el intervalo de 40 °C a 120 °C.

#### EJEMPLOS

30 Las realizaciones se describirán en detalle a continuación. La presente invención no está limitada por las realizaciones a continuación. Aunque se describirá un imán permanente de tipo Nd-Fe<sub>14</sub>-B, la presente invención no se limita a imanes de tipo Nd-Fe-B.

#### Ejemplo de Producción, Producción de un imán permanente

35 Se fabricó un imán permanente mediante el siguiente procedimiento. Se utilizaron Nd, Fe, Co, M (M es Al, Si, Cu), cada uno con una pureza del 99,7 % en masa y B con una pureza del 99,5 % en masa, y se fabricó un lingote mediante fusión y colada en un horno de fusión al vacío. Este lingote fue triturado en grandes trozos por una trituradora de mandíbula y se obtuvo un polvo más fino con un diámetro medio de partícula de 3,5 µm mediante trituración en molino de chorro en una corriente de gas nitrógeno. Este polvo fino se introdujo en un troquel y se formó bajo una presión de formación de 1,0 t/cm<sup>2</sup> en un campo magnético de 12 kG por prensa de campo magnético transversal. Este compacto se sometió a sinterización durante una hora a 1090 °C en gas Ar, y posteriormente se sometió a tratamiento térmico durante una hora a 580 °C. El compacto sinterizado tenía después del tratamiento térmico la forma de un bloque paralelepípedo rectangular. Este bloque fue sometido a un proceso de molienda por una muela para obtener un imán permanente con forma de D. Las propiedades del presente imán permanente fueron Br: 13,0 kG, iHc: 22 kOe, (BH)<sub>máx</sub>: 40 MGOe.

#### Ejemplo comparativo 1

50 Primero, se muestra un ejemplo convencional como el Ejemplo comparativo 1 en las FIG. 9, 10 y 11. La estructura del motor fue un motor de 16 polos y 12 bobinas. La FIG. 10 muestra imanes permanentes 103 dispuestos en un yugo de rotor 102 para obtener un rotor 105. Se usó como yugo de rotor 102 un disco plano fabricado de S15C que tenía un diámetro exterior de 200 mm y un grosor de 5 mm. Como el imán permanente 103, se usó uno fabricado del tipo de imán Nd-Fe-B anterior con un tamaño de 20 mm de ancho, 36 mm de largo y 4 mm de grosor en la dirección de la magnetización. Dieciséis imanes se colocaron en la superficie del yugo del rotor, siendo las superficies del polo alternativamente un polo N y un polo S, y unidos por adhesivo a base de epoxi (EW2040, fabricado por Sumitomo 3 M). Los imanes estaban opuestos a los imanes 103b de polos inversos con un entrehierro entre ellos, tal como se muestra en la FIG. 9.

60 El tamaño del entrehierro era de 8 mm y en el entrehierro estaba dispuesto un estator 108.

65 En cuanto a las bobinas del estator 108, 12 bobinas 106 enrolladas en 30 vueltas se acomodaron en una base de bobina 107 fabricada de resina con un grosor de 5 mm, de modo que cada una de ellas tuviera una dirección de bobinado mostrada por 110, tal como se muestra en la FIG. 11. Las bobinas 106 se conectaron trifásicamente: cuatro bobinas se conectaron en serie para cada fase y se conectaron en estrella. Las bobinas 106 se fijaron a la base de la bobina 107 mediante el adhesivo a base de epoxi que se usó en la producción del rotor anterior.

El rotor de la máquina giratoria del tipo de entrehierro axial obtenido se hizo girar a 4000 rpm y se usó como generador eléctrico. El valor efectivo del voltaje generado sin carga fue de 207 V. Cuando se operaba con una carga, el rotor tenía una temperatura de 120 °C.

5 Además, cuando la operación se realizó de manera intermitente para someter el rotor repetidamente a temperaturas entre 20 °C (temperatura ambiente) y 120 °C, los imanes salieron del yugo del rotor en el ciclo n.º 120. Se considera que se dispersaron porque la fuerza de adhesión se redujo por el ciclo de calor y además se aplicó una fuerza centrífuga.

10 Ejemplo 1 (solo como referencia)

La configuración de la máquina giratoria del tipo de entrehierro axial de la Realización 1 se muestra en la FIG. 1. Los materiales y las dimensiones eran los mismos que en el Ejemplo comparativo 1, excepto que el rotor tenía una estructura en la que los imanes estaban dispuestos en el yugo del rotor. Tal como se muestra en la FIG. 5, se insertaron dieciséis imanes 13 en dieciséis porciones cóncavas 21 de un yugo de rotor 12 formado concéntricamente en relación espaciada entre sí, siendo las superficies de los polos alternativamente un polo N y un polo S. Tal como se muestra en la FIG. 6, el grosor T1 del imán permanente era de 4 mm y la longitud enterrada T2 era de 2 mm. Los imanes 13 y el yugo del rotor 12 se unieron mediante la aplicación de adhesivo elástico (EP001. Fabricado por Cemedine Co., Ltd.) a las superficies laterales y las superficies inferiores de las porciones cóncavas.

20 A continuación, de la misma manera que en el Ejemplo comparativo 1, el rotor de la máquina giratoria del tipo de entrehierro axial obtenido se hizo girar a 4000 rpm y se usó como generador eléctrico. El valor efectivo del voltaje generado sin carga fue de 201 V, que no fue significativamente diferente del Ejemplo comparativo.

25 Además, cuando la operación se realizó de manera intermitente para someter el rotor 15 repetidamente a temperaturas de entre 20 °C (temperatura ambiente) y 120 °C, los imanes 13 no salieron del yugo del rotor 12 incluso después de que se realizaron 300 o más ciclos.

30 Incluso cuando los imanes 13 y el yugo del rotor 12 fueron fijados por el adhesivo elástico, los imanes no se dispersaron.

Ejemplo comparativo 2

35 Se obtuvo un rotor para una comparación de la misma manera que en la Realización 1, excepto que los imanes estaban completamente enterrados en el yugo del rotor fabricado de un material magnético en el rotor. Aunque los imanes no se desprendieron cuando el rotor para la comparación se sometió repetidamente a temperaturas de entre 20 °C (temperatura ambiente) y 120 °C, el valor efectivo del voltaje generado sin carga al girar el rotor a 4000 rpm fue de 180 V. Este resultado demostró que cuando los imanes se enterraron por completo, se produce un cortocircuito desde la superficie del polo hasta el yugo del rotor para reducir el flujo magnético a las bobinas y disminuir la salida.

40 Se considera, por lo tanto, que la longitud enterrada T2 es preferentemente tan alta como 1/4 a 3/4 del grosor T1 del imán permanente.

Ejemplo de trabajo 2

45 Después de obtener un rotor de la misma manera que en la Realización 1, se dispuso un imán 13 en el yugo del rotor 12 de un material magnético a la profundidad de la mitad y además un elemento de refuerzo 23 que comprende un material no magnético fabricado de acero inoxidable SUS304 que tiene un orificio pasante 24 correspondiente a la forma del imán permanente 13 en la superficie del yugo del rotor para proporcionar una estructura en la cual el imán 23 fue enterrado hasta su superficie, tal como se muestra en la FIG. 8. De la misma manera que en el Ejemplo 1, los imanes no se desprendieron cuando el rotor se sometió repetidamente a temperaturas de entre 20 °C (temperatura ambiente) y 120 °C, y el valor efectivo del voltaje generado sin carga al girar el rotor a 4000 rpm era de 201 V. Además, los imanes se mantuvieron más firmemente que en el Ejemplo 1, ya que los imanes estaban completamente enterrados.

55

**REIVINDICACIONES**

1. Una máquina giratoria del tipo de entrehierro axial (10) que comprende:

5 una carcasa (19);

un eje giratorio (11) soportado rotativamente en la carcasa (19), un rotor (15) que comprende un disco giratorio (12) que puede rotar integralmente con dicho eje giratorio (11) alrededor de dicho eje giratorio (11) como eje central, e imanes permanentes (13) dispuestos en al menos un lado de la superficie del disco giratorio (12) y un estator (18) que está fijado a la carcasa (19) de manera que mire hacia la superficie de dicho rotor (15) que tiene los imanes permanentes (13) y el estator (18) está separado del rotor (15), en la que las bobinas del estator (16) están dispuestas concéntricamente alrededor de dicho eje giratorio (11) en una relación espaciada entre sí;

15 en la que el flujo magnético generado a partir de los imanes permanentes (13) de dicho rotor (15) penetra intermitentemente en el interior de dichas bobinas (16) dispuestas concéntricamente alrededor de dicho eje giratorio (11) a medida que gira;

20 en la que dichos discos giratorios (12) comprenden porciones cóncavas (21) formadas en una superficie frente a dicho estator (18) y los imanes permanentes (13) están dispuestos en las porciones cóncavas (21) para tener porciones sobresalientes sobre la superficie de dicho disco giratorio (12);

en la que cada grosor de las porciones sobresalientes de los imanes permanentes (13) es de 1/4 a 3/4 de cada grosor ( $T_1$ ) de los imanes permanentes (13);

25 en la que se proporciona un elemento de refuerzo (23) en una superficie de dicho disco giratorio (12) para soportar una superficie lateral de dicha porción sobresaliente de los imanes permanentes (13), dicho elemento de refuerzo (23) está fabricado de un material no magnético y tiene un orificio pasante (24) correspondiente a una posición del imán permanente (13) dispuesto en cualquier disco giratorio (12); y en la que el grosor del elemento de refuerzo (23) es de 1/10 a 3/4 del grosor ( $T_1$ ) del imán permanente (13).

30 2. La máquina giratoria del tipo de entrehierro axial según la reivindicación 1, en la que dichos imanes permanentes están dispuestos en un lado del disco giratorio, y comprenden además un disco giratorio final dispuesto separado de dicho estator y que puede rotar integralmente con dicho eje giratorio alrededor de dicho eje giratorio como eje central.

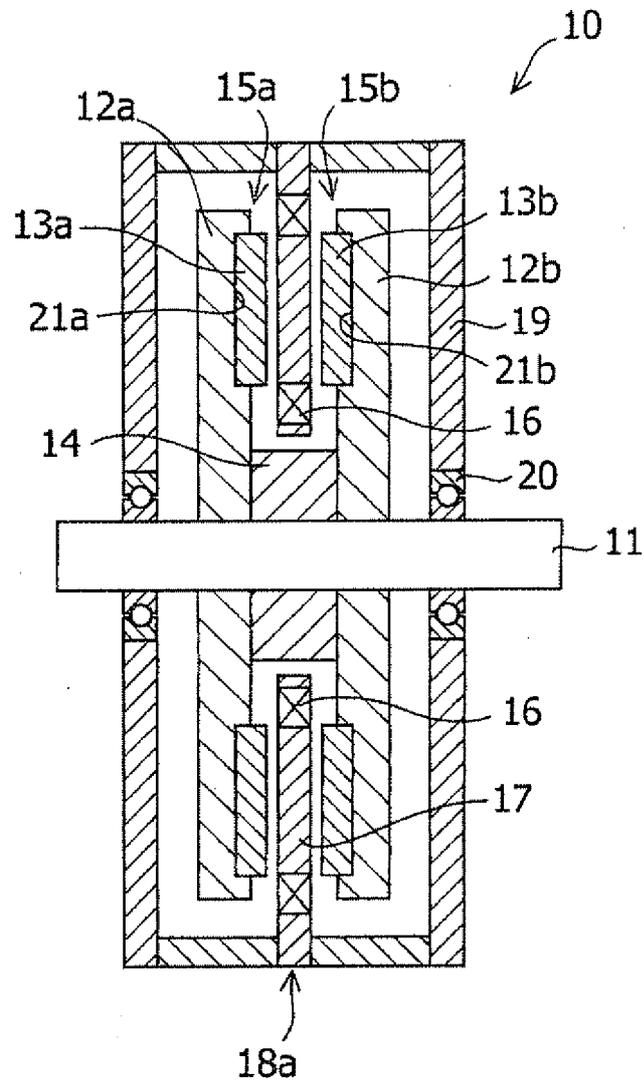
35 3. La máquina giratoria del tipo de entrehierro axial según la reivindicación 1, en la que dichos imanes permanentes están dispuestos en ambos lados del disco giratorio, y comprenden además una pluralidad de discos giratorios finales dispuestos separados de una pluralidad de dichos estatores que miran hacia una superficie de dicho rotor y que pueden rotar integralmente con dicho eje giratorio alrededor de dicho eje giratorio como eje central.

40 4. La máquina giratoria del tipo de entrehierro axial según una de las reivindicaciones 2 y 3, en la que las porciones cóncavas se forman en la superficie de dicho disco giratorio final que mira hacia dicho estator y en una circunferencia de un círculo opuesto a una circunferencia del círculo concéntrico en el que están dispuestas las bobinas dicho estator, y en la que los imanes permanentes están dispuestos en las porciones cóncavas para sobresalir por encima de la superficie de dicho disco giratorio final.

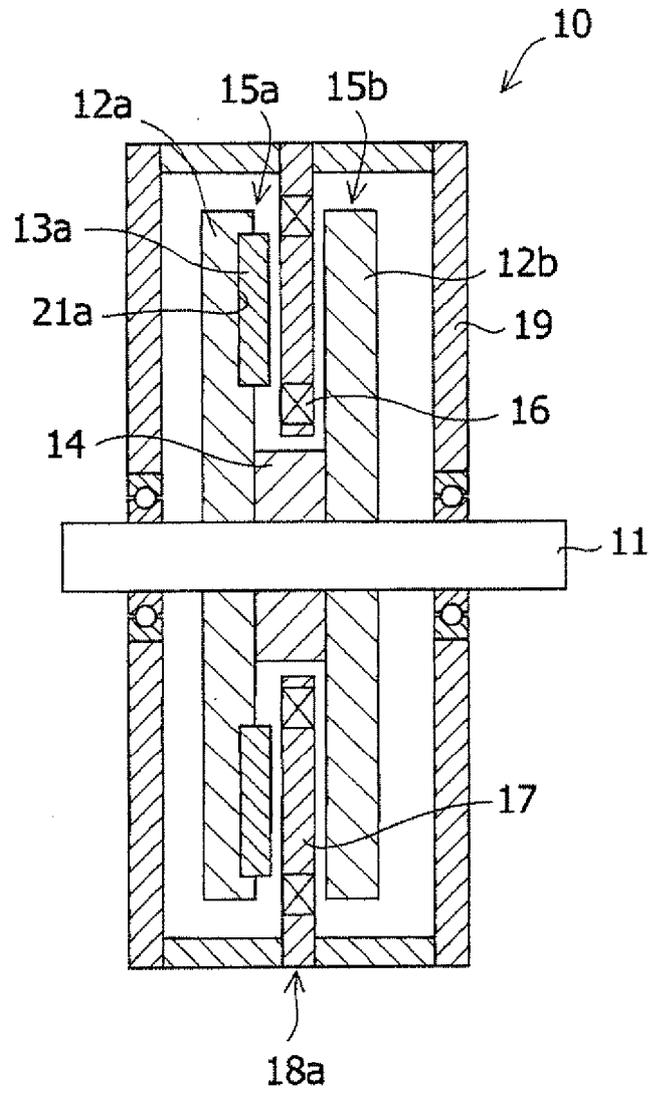
5. La máquina giratoria del tipo de entrehierro axial según la reivindicación 1, que comprende además un rotor adicional, en la que cada uno de los rotores comprende un disco giratorio que puede rotar integralmente con dicho eje giratorio alrededor de dicho eje giratorio como eje central, e imanes permanentes dispuestos concéntricamente alrededor de dicho eje giratorio en una relación espaciada entre sí en al menos un lado de las superficies de los discos giratorios, en la que las superficies que tienen los imanes permanentes se enfrentan entre sí en una relación espaciada entre sí; y en la que dichos discos giratorios tienen porciones cóncavas formadas en una superficie frente a dicho estator y los imanes permanentes están dispuestos en las porciones cóncavas para sobresalir por encima de la superficie de dichos discos giratorios.

55 6. La máquina giratoria del tipo de entrehierro axial según la reivindicación 1, en la que cualquiera de dichos discos giratorios es magnético y tiene forma de disco.

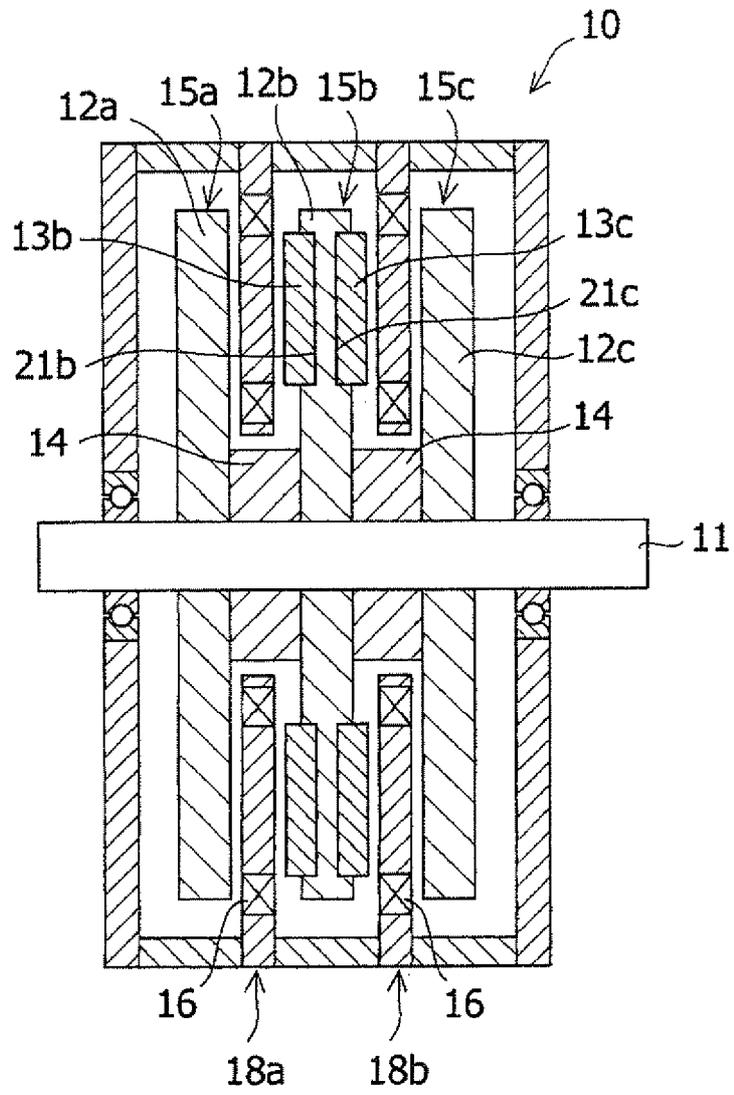
[図1]



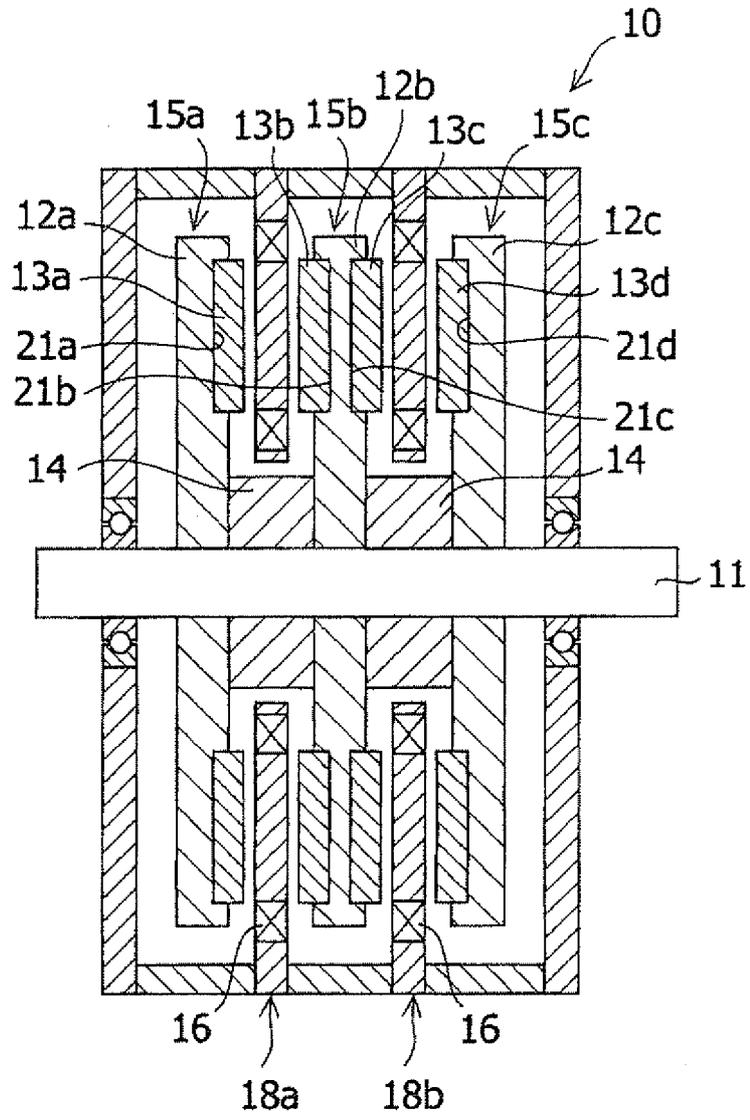
[圖2]



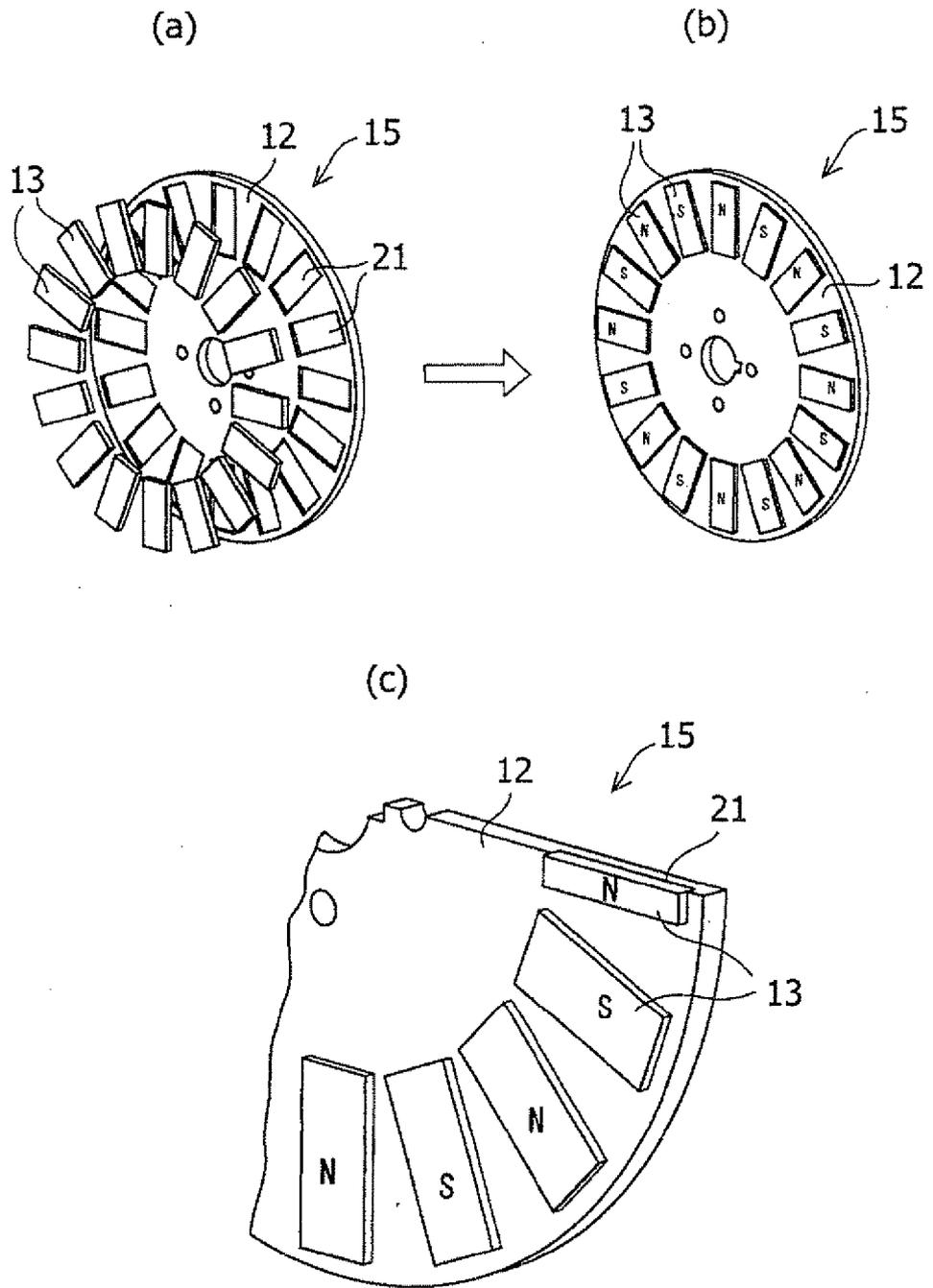
[圖3]



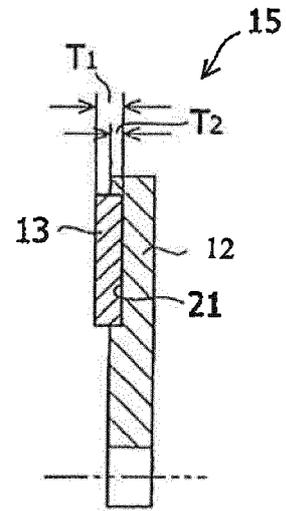
[圖4]



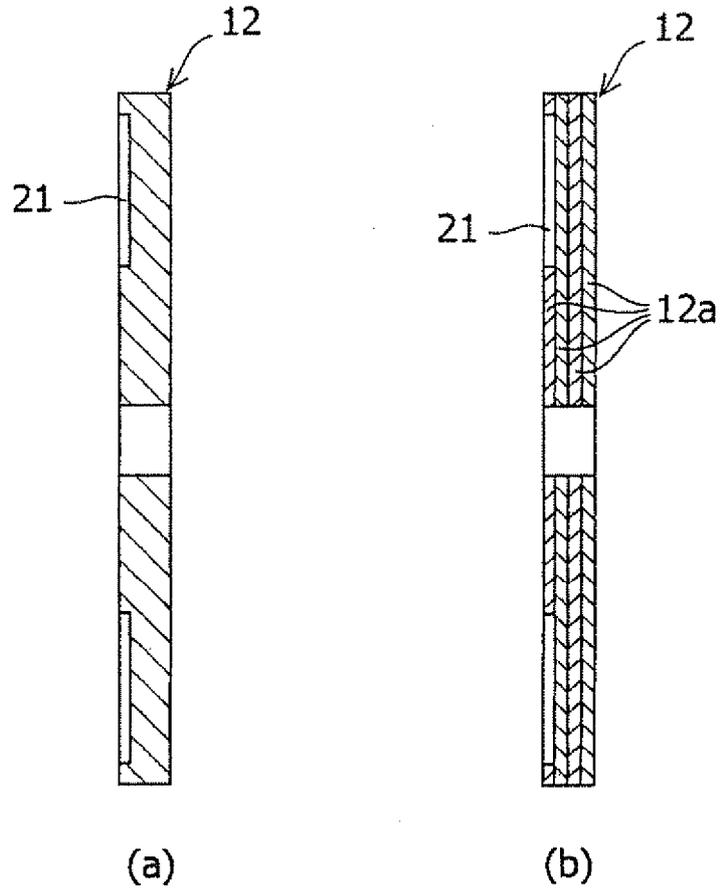
[5]



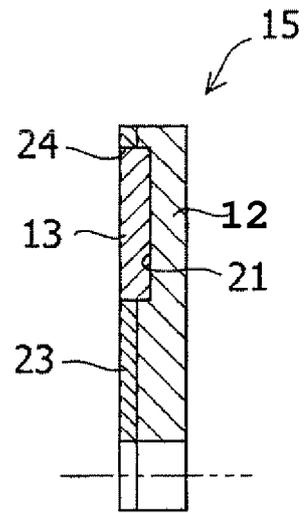
[Fig. 6]



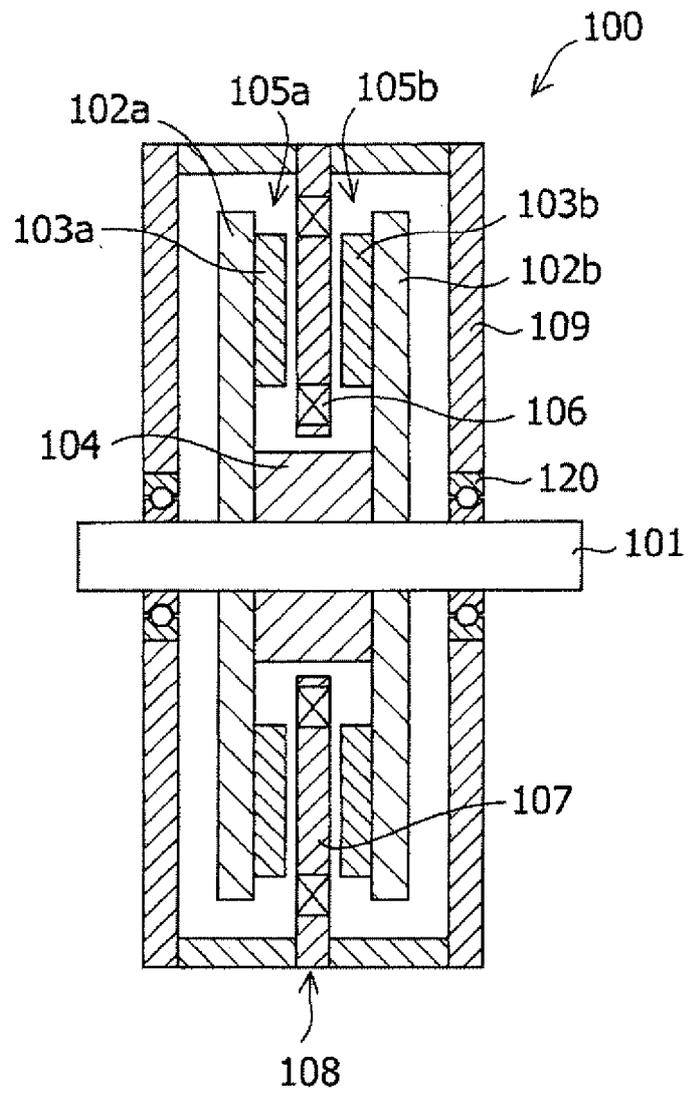
[7]



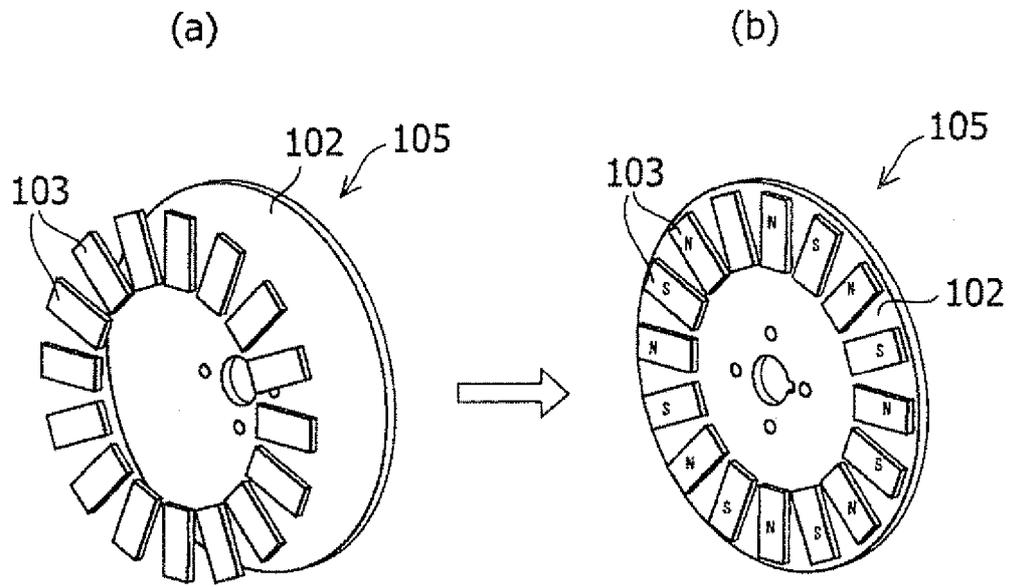
[8]



[9]



[10]



[11]

