

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 746 507**

51 Int. Cl.:

**H02K 1/27** (2006.01)

**H02K 15/03** (2006.01)

**H02K 1/32** (2006.01)

**H02K 9/06** (2006.01)

**H02K 21/24** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.02.2011 PCT/JP2011/052392**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.08.2011 WO11096521**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.02.2011 E 11739869 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.09.2019 EP 2533403**

54 Título: **Máquina giratoria de imanes permanentes**

30 Prioridad:

**05.02.2010 JP 2010024259**

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

**06.03.2020**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**HIGUCHI, DAI**

74 Agente/Representante:

**SÁEZ MAESO, Ana**

ES 2 746 507 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 giratoria de imanes permanentes

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a una máquina giratoria de imanes permanentes que puede usarse como motor, generador de energía o similar.

10 Antecedentes de la técnica

Debido a sus excelentes propiedades magnéticas, los imanes permanentes de Nd-Fe-B se han usado en una gama cada vez más amplia de aplicaciones. Recientemente, también en el campo de las máquinas giratorias, tales como motores y generadores de energía, se han desarrollado máquinas giratorias de imanes permanentes que usan imanes permanentes Nd-Fe-B para seguir la tendencia hacia la miniaturización, la reducción de peso, la mejora del rendimiento y el ahorro de energía de los dispositivos.

20 Un imán permanente en una máquina giratoria se encuentra en un entorno tal que es extremadamente probable que el imán permanente se desmagnetice debido a la exposición a altas temperaturas debido al calor generado por los devanados y un núcleo de hierro y también debido a un campo de desmagnetización generado por los devanados. Por esta razón, existe una demanda de un imán sinterizado de Nd-Fe-B que tenga una coercitividad a cierto nivel o superior, y una remanencia lo más alta posible. Aquí, la coercitividad es un indicador de resistencia al calor y resistencia a la desmagnetización, mientras que la remanencia es un indicador de la magnitud de una fuerza magnética. Un proceso de aleación por difusión de límite de grano se conoce como un método para fabricar un imán sinterizado R-Fe-B que tiene una alta coercitividad en donde R representa al menos un elemento seleccionado de elementos de tierras raras que incluyen Y y Sc (Documento de patente 1). Además, al usar el proceso de aleación mediante difusión de límite de grano, se ha propuesto una máquina giratoria de imanes permanentes que comprende un imán sinterizado R-Fe-B que está libre de la reducción de la remanencia y tiene una alta coercitividad, especialmente en una porción extrema del imán permanente (documento de patente 2). El documento de patente 3 propone una disposición de imanes permanentes en la que el espacio dentro de una máquina giratoria de imanes permanentes de tipo espacio axial puede usarse con una alta eficiencia.

Documentos de la técnica anterior

35 Documento de Patente

[Documento de Patente 1]WO2006-043348

[Documento de Patente 2]Publicación de la solicitud de patente japonesa no examinada núm. 2008-61333

[Documento de patente 3]Publicación de la solicitud de patente japonesa no examinada núm. 2009-72009

40 US-A-2004/0135465 describe una máquina eléctrica de campo axial de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

Descripción de la invención

45 Problema a resolver por la invención

Para evitar el deterioro de las propiedades magnéticas debido al calor generado por los devanados o un núcleo de hierro, se emplean enfoques químicos mediante los cuales se mejoran los rendimientos del material del imán permanente descrito anteriormente, y enfoques físicos mediante los cuales se enfría el calor generado. En este último, un imán permanente se enfría alimentando aire de enfriamiento al mismo mediante el uso de un ventilador. Sin embargo, todavía existe una demanda para aumentar aún más la confiabilidad de una máquina giratoria de imanes permanentes contra la degradación térmica del imán permanente.

Soluciones al problema

55 Los presentes inventores han examinado la causa de la disminución de la eficiencia de una máquina giratoria en la que los imanes permanentes se enfrían enfriando el aire de un ventilador, y han encontrado que el grado de degradación térmica de los imanes permanentes varía y esta degradación térmica es causada especialmente por degradación de un imán permanente en un lado del puerto de escape de aire. En otras palabras, los presentes inventores han descubierto que el aumento de la temperatura del aire de enfriamiento que fluye desde un lado del puerto de entrada de aire al lado del puerto de escape de aire provoca la degradación térmica de los imanes permanentes. Este descubrimiento conduce a la presente invención.

65 La presente invención proporciona una máquina giratoria de imanes permanentes según el preámbulo de la reivindicación 1 que comprende entre otras características:

una carcasa que aloja un eje de rotación, un rotor conectado al eje de rotación y configurado para girar junto con el eje de rotación, un estator e imanes permanentes fijados al rotor o al estator; un puerto de entrada de aire proporcionado en un extremo de la carcasa y un puerto de escape de aire proporcionado en el otro extremo de la carcasa, el puerto de entrada de aire y el puerto de escape de aire se configuran para permitir que el aire de enfriamiento fluya a través de la carcasa; y un ventilador para alimentar el aire de enfriamiento al puerto de entrada de aire, en donde la máquina giratoria de imanes permanentes se configura para accionarse por la fuerza magnética de los imanes permanentes, y entre los imanes permanentes, un imán permanente en el lado del puerto de escape de aire tiene una mayor coercitividad que un imán permanente en el lado del puerto de entrada de aire.

El estator puede fijarse directa o indirectamente a la carcasa. La cláusula "un imán permanente en un lado del puerto de escape de aire tiene una mayor coercitividad que un imán permanente en un lado del puerto de entrada de aire" también incluye coercitividades de imanes permanentes aumentados gradualmente desde el lado del puerto de entrada de aire al lado del puerto de escape de aire.

#### Efecto de la invención

De acuerdo con la presente invención, el imán permanente en el lado del puerto de escape de aire tiene una mayor coercitividad que el imán permanente en el lado del puerto de entrada de aire. Esto hace posible suprimir la degradación térmica de los imanes permanentes y disminuye la eficiencia de conducción y la eficiencia de generación de la máquina giratoria de imanes permanentes.

#### Breve descripción de los dibujos

Las Figuras 1 muestra una vista frontal hacia el eje de rotación de un ejemplo ilustrativo de un motor de tipo radial. Las Figuras 2 muestra la estructura de otro ejemplo ilustrativo de un motor radial de tipo espacio. Las Figuras 3 muestra una modalidad de un generador de potencia de tipo espacio axial. Las Figuras 4(A) es una vista frontal hacia el eje de rotación en el generador de energía mostrado en la Figura 3; La Figura 4(B) es una vista lateral del mismo; y la Figura 4(C) es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea A-A. La Figura 5 muestra un rotor de un motor SPM usado en el Ejemplo 1. La Figura 6 muestra la forma de un imán usado en el Ejemplo 1. La Figura 7 muestra una pila de imanes usados en el Ejemplo 1. La Figura 8(A) muestra una vista del rotor extremo usado en el Ejemplo 2 hacia el eje de rotación en el lado del imán permanente y la Figura 8(B) muestra una vista en sección transversal del rotor extremo usado en el Ejemplo 2 tomada a lo largo de la línea B-B, junto con las dimensiones. La Figura 9 muestra una vista del rotor interno usado en el Ejemplo 2 hacia el eje de rotación y la Figura 9(B) muestra una vista en sección transversal del rotor interno utilizado en el Ejemplo 2 tomada a lo largo de la línea C-C, junto con las dimensiones. La Figura 10 muestra una vista del estator usado en el Ejemplo 2 hacia el eje de rotación y la Figura 10(B) muestra una vista en sección transversal del estator usado en el Ejemplo 2 tomada a lo largo de la línea D-D, junto con las dimensiones. La Figura 11(A) muestra una vista del rotor extremo usado en el Ejemplo 3 hacia el eje de rotación en el lado de la estructura en forma de disco, junto con las dimensiones. 11(B) muestra una vista del rotor extremo usado en el Ejemplo 3 hacia el eje de rotación en el lado del imán permanente, y la Figura 11(C) muestra una vista en sección transversal del rotor extremo usado en el Ejemplo 3 tomada a lo largo de la línea E-E, junto con las dimensiones. La Figura 12 muestra la estructura interna del motor de tipo espacio axial usado en el Ejemplo 4, junto con las dimensiones. La Figura 13 muestra el motor de tipo espacio axial usado en el Ejemplo 4.

#### Modalidades para llevar a cabo la invención

El aumento en la temperatura del aire de enfriamiento que fluye desde un lado del puerto de entrada de aire al lado del puerto de escape de aire en una carcasa provoca la degradación térmica de un imán permanente. Especialmente cuando la relación L/D es uno o mayor, donde L representa la longitud del interior de la carcasa a lo largo del eje de rotación de un eje de rotación, y D representa el diámetro de una sección transversal del interior de la carcasa, la sección transversal es perpendicular al eje de rotación del eje de rotación, la distribución de temperatura del aire de enfriamiento que fluye desde el lado del puerto de entrada de aire al lado del puerto de escape de aire a lo largo del eje de rotación es muy influyente. Aunque el entorno depende de las condiciones de uso, por ejemplo, cuando se usa una máquina giratoria de imanes permanentes como generador de energía eólica, y el aire exterior se introduce para enfriar mediante el uso de un ventilador, la temperatura del aire aumenta inmediatamente a 100 °C en las proximidades del puerto de entrada de aire, y la temperatura del aire expulsado del puerto de escape de aire alcanza al menos 120 °C. En consecuencia, es probable que se desmagnetice un imán permanente en el lado del puerto de escape de aire, lo que reduce la eficiencia de la generación.

De acuerdo con la presente invención, entre los imanes permanentes usados en la máquina giratoria de imanes permanentes, un imán permanente en el lado del puerto de escape de aire de refrigeración tiene una mayor coercitividad que un imán permanente en el lado del puerto de entrada de aire. Convencionalmente, se concibe que, para suprimir la disminución en la eficiencia de generación de un generador de energía o la disminución en la eficiencia de accionamiento

de un motor, debe aumentarse la resistencia al calor de todos los imanes permanentes usados. Sin embargo, estas disminuciones pueden sorprendentemente suprimirse solo aumentando las coercitividades de algunos de los imanes permanentes. Esto es ventajoso también en términos de costos.

5 De acuerdo con la presente invención, las coercitividades de los imanes permanentes tienen una distribución, y las remanencias Br de los imanes permanentes son, preferentemente, sustancialmente idénticas (preferentemente, la diferencia entre ellas está dentro del rango de  $\pm 0,02$  tesla). Cuando la diferencia en remanencias Br entre los imanes permanentes en el lado del puerto de escape de aire y aquellos en el lado del puerto de entrada de aire es grande, el par disminuye, lo que disminuye la eficiencia de generación y la eficiencia de accionamiento. Por consiguiente, es preferible que la coercitividad del imán permanente en el lado del puerto de escape de aire sea mayor que la del imán permanente en el lado del puerto de entrada de aire, mientras que las remanencias Br de los imanes permanentes se mantienen a niveles sustancialmente idénticos.

15 El rendimiento de un producto magnético generalmente se representa por la remanencia Br y la coercitividad intrínseca Hcj. En consecuencia, un imán permanente que tiene una mayor coercitividad Hcj que el imán permanente en el lado del puerto de entrada de aire se selecciona como el imán permanente en el lado del puerto de escape de aire, mientras que las remanencias Br del mismo se mantienen a niveles sustancialmente idénticos. Como se describirá más adelante, un imán permanente cuya coercitividad se incrementa mediante un tratamiento superficial mediante el uso del proceso de aleación descrito más adelante por difusión de límite de grano (por ejemplo, Documento de Patente 1) puede usarse como el imán permanente en el lado del puerto de escape de aire.

20 El imán permanente usado en la máquina giratoria de imán permanente de la presente invención incluye, pero no está particularmente limitado, preferentemente un cuerpo de imán sinterizado que tiene una composición R<sup>1</sup>-Fe-B que incluye un imán sinterizado basado en Nd-Fe-B, en donde R<sup>1</sup> representa al menos uno seleccionado de elementos de tierras raras que incluyen Y y Sc. Entre el cuerpo del imán sinterizado que tiene una composición R<sup>1</sup>-Fe-B, un cuerpo del imán sinterizado que tiene una mayor coercitividad Hcj que el imán permanente en el lado del puerto de entrada de aire puede seleccionarse como el imán permanente en el lado del puerto de escape de aire, mientras que las remanencias de Br se mantienen a niveles sustancialmente idénticos.

30 En el caso descrito anteriormente, un imán permanente que tiene una mayor coercitividad Hcj que el imán permanente en el lado del puerto de entrada de aire se selecciona como el imán permanente en el lado del puerto de escape de aire, mientras que las remanencias Br de los imanes permanentes se mantienen sustancialmente a niveles idénticos. Alternativamente, más preferentemente, puede usarse el mismo tipo de imanes permanentes como el imán permanente en el lado del puerto de escape de aire y el imán permanente en el lado del puerto de entrada de aire, mientras que el imán permanente que se ha sometido a un tratamiento superficial para aumentar la coercitividad mediante el uso de un proceso de aleación por difusión de límite de grano puede usarse en el lado del puerto de escape de aire. El tratamiento de la superficie mediante el uso del proceso de aleación por difusión de límite de grano es ventajoso porque la coercitividad puede incrementarse, mientras que la remanencia Br se mantiene a un nivel sustancialmente idéntico.

40 El imán permanente en el lado del puerto de escape de aire, que ha aumentado la coercitividad al someterse al tratamiento de la superficie mediante el uso del proceso de aleación por difusión de límite de grano, es preferentemente un cuerpo de imán sinterizado de una composición basada en R<sup>1</sup>-Fe-B en donde R<sup>1</sup> representa al menos uno seleccionado de elementos de tierras raras que incluyen Y y Sc, y se obtiene calentando el cuerpo del imán sinterizado y el polvo sobre una superficie del cuerpo del imán sinterizado a una temperatura igual o inferior a la temperatura de sinterización cuerpo del imán sinterizado al vacío o en un gas inerte, el polvo que contiene al menos uno seleccionado de un óxido de R<sup>2</sup>, un fluoruro de R<sup>3</sup> y un oxifluoruro de R<sup>4</sup> en donde R<sup>2</sup>, R<sup>3</sup> y R<sup>4</sup> cada uno representa independientemente al menos un elemento seleccionado de elementos de tierras raras que incluyen Y y Sc.

50 El cuerpo magnético sinterizado que tiene una composición basada en R<sup>1</sup>-Fe-B comprende R<sup>1</sup>, Fe y B. R<sup>1</sup> representa al menos uno seleccionado de elementos de tierras raras que incluyen Y y Sc, y ejemplos específicos de los mismos incluyen Y, Sc, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Yb y Lu. Preferentemente, R<sup>1</sup> comprende al menos uno seleccionado del grupo que consiste en Nd, Pr y Dy. Estos elementos de tierras raras que incluyen Y y Sc representan preferentemente del 10 al 15 % en átomos, y particularmente preferentemente del 12 al 15 % en átomos, de toda la aleación. Más preferentemente, R<sup>1</sup> comprende ambos o uno de Nd y Pr en una cantidad de 10 % por átomo o más, y particularmente 50 % por átomo o más. El cuerpo del imán sinterizado comprende preferentemente B en una cantidad preferentemente de 3 a 15 % en átomos, más preferentemente de 4 a 8 % en átomos. Además, el cuerpo del imán sinterizado puede comprender al menos uno seleccionado de Al, Cu, Zn, In, Si, P, S, Ti, V, Cr, Mn, Ni, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Pd, Ag, Cd, Sn, Sb, Hf, Ta y W en una cantidad preferentemente de 0 a 11 % por átomo, más preferentemente de 0,1 a 5 % por átomo. El resto es Fe e impurezas incidentales tales como C, N y O. El cuerpo del imán sinterizado comprende preferentemente Fe en una cantidad preferentemente de 50 % por átomo o más, más preferentemente 65 % por átomo o más. Además, una parte de Fe, por ejemplo, 0 a 40 % por átomo, con mayor preferencia 0 a 15 % por átomo, de Fe puede sustituirse con Co.

65 Un polvo 22 que comprende al menos uno seleccionado de un óxido de R<sup>2</sup>, un fluoruro de R<sup>3</sup> y un oxifluoruro de R<sup>4</sup> se hace que esté presente en la superficie del cuerpo del imán sinterizado. Tenga en cuenta que R<sup>2</sup>, R<sup>3</sup> y R<sup>4</sup> son cada uno independientemente al menos uno seleccionado de elementos de tierras raras que incluyen Y y Sc. Preferentemente, cada uno de R<sup>2</sup>, R<sup>3</sup> y R<sup>4</sup> comprende Dy o Tb en una cantidad de preferentemente 10 % por átomo o más, con mayor

preferencia 20 % por átomo o más, aún con mayor preferencia 40 % por átomo o más. En este caso, en consideración del objeto de la presente invención, es preferible que, en un polvo que comprende un fluoruro de R<sup>3</sup>y/o un oxifluoruro de R<sup>4</sup>, R<sup>3</sup>y/o R<sup>4</sup>preferentemente comprende 10 % en átomos o más de Dy y/o Tb en donde la concentración total de Nd y Pr en R<sup>3</sup>y/o R<sup>4</sup>es preferentemente menor que la concentración total de Nd y Pr en R<sup>1</sup>.

El óxido de R<sup>2</sup>, el fluoruro de R<sup>3</sup>y el oxifluoruro de R<sup>4</sup>preferentemente se refieren a R<sup>2</sup><sub>2</sub>O<sub>3</sub>, R<sup>3</sup>F<sub>3</sub>y R<sup>4</sup>OF, respectivamente, pero también incluye un óxido que contiene R<sup>2</sup>y oxígeno, un fluoruro que contiene R<sup>3</sup>y flúor, y un oxifluoruro que contiene R<sup>4</sup>, oxígeno y flúor, que son capaces de lograr el efecto de la presente invención. Ejemplos de tales compuestos incluyen R<sup>2</sup>O<sub>n</sub>, R<sup>3</sup>F<sub>n</sub>y R<sup>4</sup>O<sub>m</sub>F<sub>norte</sub>(m y n son cada uno cualquier número positivo), y aquellos que tienen R<sup>2</sup>, R<sup>3</sup>o R<sup>4</sup>parcialmente sustituido por un elemento o elementos metálicos o que se estabilizan con un elemento o elementos metálicos.

Los ejemplos de un método para hacer que el polvo esté presente en la superficie (método de tratamiento de polvo) incluyen un método que comprende las etapas de dispersar en agua o un disolvente orgánico un polvo fino que comprende al menos uno seleccionado de un óxido de R<sup>2</sup>, un fluoruro de R<sup>3</sup>y oxifluoruro de R<sup>4</sup>, sumergiendo un cuerpo magnético en la suspensión obtenida, y luego secando el cuerpo magnético con aire caliente, al vacío o de forma natural. La aplicación por pulverización o similares también puede emplearse. Cualquiera que sea el método específico empleado, es característico que el método permita un tratamiento masivo muy fácil. El diámetro de partícula del polvo fino influye en la reactividad del componente de R<sup>2</sup>, R<sup>3</sup>o R<sup>4</sup>en el polvo cuando el componente se absorbe en el imán. Cuanto más pequeñas son las partículas, mayor es el área de contacto para la reacción. Para lograr el efecto de la presente invención, el polvo que debe estar presente en la superficie tiene deseablemente un diámetro de partícula promedio de preferentemente 100 μm o menos, con mayor preferencia 10 μm o menos. El límite inferior del diámetro medio de partícula no está particularmente limitado, y preferentemente 1 nm o más. Tenga en cuenta que el diámetro promedio de partícula puede determinarse, por ejemplo, como un valor promedio en peso D<sub>50</sub>(a saber, el diámetro de partícula al 50 % de peso acumulado o el diámetro medio) mediante el uso de un aparato de medición de distribución de tamaño de partícula basado en un método de difracción láser, o similar.

Cuanto mayor sea la proporción de abundancia del polvo presente en un espacio superficial del imán, mayor será la cantidad de R<sup>2</sup>, R<sup>3</sup>o R<sup>4</sup>absorbido. Por lo tanto, para lograr el objeto de la presente invención, la proporción de abundancia del polvo es preferentemente 10 % en volumen o más, más preferentemente 40 % en volumen o más, como un valor promedio en un espacio que rodea el imán a una distancia de 1 mm de la superficie del imán.

El polvo en la superficie del imán comprende el óxido de R<sup>2</sup>, el fluoruro de R<sup>3</sup>, el oxifluoruro de R<sup>4</sup>o una mezcla de los mismos. Además, el polvo puede comprender al menos uno de los carburos, nitruros, hidróxidos e hidruros de R<sup>5</sup>en donde R<sup>5</sup>es al menos uno seleccionado de elementos de tierras raras que incluyen Y y Sc), o una mezcla o un compuesto de los mismos. Mientras tanto, cuando un fluoruro de R<sup>3</sup> y/o un oxifluoruro de R<sup>4</sup>se usa, el polvo puede comprender un óxido de R<sup>5</sup>. Además, para promover la dispersión o la adsorción química o física del polvo, el polvo también puede comprender un polvo fino de boro, nitruro de boro, silicio, carbono o similares, o un compuesto orgánico como el ácido esteárico (un ácido alifático). Para llevar a cabo la invención de manera altamente eficiente, el óxido de R<sup>2</sup>, el fluoruro de R<sup>3</sup>, el oxifluoruro de R<sup>4</sup>, o la mezcla de los mismos está comprendida en una cantidad de 10 % en peso o más, preferentemente 20 % en peso o más en la cantidad total del polvo. En particular, se recomienda que el óxido de R<sup>2</sup>, el fluoruro de R<sup>3</sup>o el oxifluoruro de R<sup>4</sup>esté comprendido como un componente principal en una cantidad del 50 % en peso o más, con mayor preferencia del 70 % en peso o más, más preferentemente del 90 % en peso o más en la cantidad total del polvo.

El imán y el polvo que comprende el óxido de R<sup>2</sup>, el fluoruro de R<sup>3</sup>, el oxifluoruro de R<sup>4</sup>, o una mezcla de los mismos en una superficie del imán se calientan al vacío o en una atmósfera de un gas inerte tal como argón o helio (este tratamiento térmico también se denomina "tratamiento de absorción").

La temperatura para el tratamiento de absorción es igual o inferior a la temperatura de sinterización del cuerpo del imán sinterizado. Si el tratamiento se realiza a una temperatura superior a la temperatura de sinterización (denominada T<sub>s</sub> °C) del cuerpo del imán sinterizado, causa los siguientes problemas, tales como (1) a (3): (1) la textura del imán sinterizado se altera para que no puedan obtenerse altas propiedades magnéticas; (2) las dimensiones procesadas no se mantienen debido a la deformación térmica; y (3) la remanencia se reduce porque la R difusa se difunde no solo a la superficie límite del grano de cristal del imán sino también al interior del mismo. Por lo tanto, la temperatura de tratamiento es igual o inferior a la temperatura de sinterización, y preferentemente igual o inferior a (T<sub>s</sub>-10) °C. Tenga en cuenta que el límite inferior de la temperatura puede determinarse según corresponda, y puede ser típicamente 350 °C o superior. El tiempo para el tratamiento de absorción puede ser de 1 minuto a 100 horas. Cuando el tiempo es inferior a 1 minuto, el tratamiento de absorción puede no completarse. Cuando el tiempo excede las 100 horas, a menudo surge el problema de que la alteración de la textura del imán sinterizado, la oxidación inevitable o la vaporización de un componente pueden afectar negativamente las propiedades magnéticas. El tiempo puede ser con mayor preferencia de cinco minutos a ocho horas, aún con mayor preferencia de diez minutos a seis horas.

A través del tratamiento de absorción como se describió anteriormente, la concentración de R<sup>2</sup>, R<sup>3</sup>o R<sup>4</sup>comprendida por el polvo en la superficie del imán se eleva en los componentes de la fase límite del grano ricos en el elemento o elementos de tierras raras en el imán, y la sustitución por R<sup>2</sup>, R<sup>3</sup>o R<sup>4</sup>ocurre cerca de una porción superficial de la composición R<sup>1</sup>-Fe-B. Cuando el polvo comprende un fluoruro de R<sup>3</sup>o un oxifluoruro de R<sup>4</sup>, el flúor compuesto por el polvo se absorbe

parcialmente en el imán junto con R<sup>3</sup>o R<sup>4</sup>. Esto promueve notablemente el suministro de R<sup>3</sup>o R<sup>4</sup>del polvo y su difusión en el límite de grano de cristal del imán.

El elemento de tierras raras compuesto por el óxido de R<sup>2</sup>, el fluoruro de R<sup>3</sup>, o el oxifluoruro de R<sup>4</sup>es al menos uno seleccionado de elementos de tierras raras que incluyen Y y Sc. Dy y Tb son elementos que tienen efectos especialmente grandes para mejorar la anisotropía magnética de cristal al concentrarse en la porción de superficie. Por lo tanto, con respecto al elemento de tierras raras compuesto por el polvo, el porcentaje de Dy y Tb en total es preferentemente 10 % por átomo o más. Con mayor preferencia, el porcentaje es del 20 % por átomo o superior. Además, preferentemente, la concentración total de Nd y Pr comprendida por R<sup>2</sup>, R<sup>3</sup>y R<sup>4</sup>son inferiores a la concentración total de Nd y Pr comprendida por R<sup>1</sup>.

Este tratamiento de absorción da como resultado un aumento eficiente en la coercitividad del imán sinterizado R<sup>1</sup>-Fe-B con sustancialmente ninguna reducción en la remanencia del mismo.

La máquina giratoria de imán permanente de la presente invención puede usarse, por ejemplo, como el motor de tipo de espacio radial que comprende, dentro de una carcasa, un eje de rotación; un rotor que comprende un núcleo de rotor conectado al eje de rotación y configurado para girar junto con el eje de rotación, y dos o más imanes permanentes unidos a una superficie periférica externa del núcleo del rotor; y un estator dispuesto alrededor de la superficie periférica exterior del rotor con un espacio proporcionado entre ellos y que comprende un núcleo del estator que comprende múltiples ranuras y bobinas enrolladas en el núcleo del estator.

El estator puede fijarse directa o indirectamente a la carcasa. El motor del tipo de espacio radial comprende un ventilador para alimentar aire de refrigeración para controlar el calor generado en la carcasa. Para permitir que el aire refrigerante fluya a través de la carcasa, por ejemplo, se disponen un puerto de entrada de aire y un puerto de escape de aire para permitir que el aire refrigerante fluya a través del espacio entre la superficie periférica exterior del rotor y el estator, y/o se proporciona un orificio dentro del núcleo del rotor y se extiende a lo largo del eje de rotación del rotor.

La Figura 1 muestra una vista frontal hacia el eje de rotación en un ejemplo de un motor de tipo espacio radial.

Un motor de tipo espacio radial 10 comprende un eje de rotación 11, un rotor 12 y un estator 15. El rotor 12 comprende dos o más imanes permanentes 14 unidos a una superficie periférica exterior de un núcleo del rotor 13. El estator 15 se dispone alrededor de la superficie periférica exterior del rotor 12 con un espacio proporcionado entre ellos, y comprende un núcleo del estator 16 que tiene dos o más ranuras, y bobinas 17 enrolladas en los dientes. En la modalidad de la máquina giratoria de imán permanente mostrada en la Figura 1, el número de polos del imán permanente es seis, el número de dientes es nueve, y la flecha a través de cada imán permanente indica la dirección de la magnetización del imán permanente. Los imanes permanentes están alineados en un campo magnético paralelo, y la dirección de fácil magnetización es paralela a una línea central de los imanes. Las bobinas se enrollan en los dientes como un devanado concentrado y se conectan en la conexión Y de tres fases: fases U, V y W. El círculo sólido de cada bobina indica que la dirección del devanado de la bobina es hacia adelante y el símbolo x de cada bobina indica que la dirección del bobinado es hacia atrás, con respecto al plano de papel. FM indica la dirección del imán de campo, y M indica la dirección de la magnetización.

La Figura 2 muestra la estructura en otra modalidad de un motor de tipo espacio radial. Un motor de tipo espacio radial 20 comprende un eje de rotación 21, un rotor 22 y un estator 25. El rotor 22 comprende dos o más imanes permanentes 24 unidos a una superficie periférica exterior de un núcleo del rotor 23. El estator 25 se dispone alrededor de la superficie periférica exterior del rotor 22 con un espacio proporcionado entre ellos, y comprende un núcleo del estator 26 que tiene dos o más ranuras, y bobinas 27 enrolladas en los dientes. En la Figura 2, los imanes 24a, 24b, 24c y 24d se disponen a lo largo del eje de rotación. El aire introducido por un ventilador a través de un puerto de entrada de aire (no se muestra) de la carcasa pasa a través de los orificios 28 proporcionados a lo largo del eje de rotación 21 dentro de un núcleo de rotor 23 y se descarga a través de un puerto de escape de aire (no se muestra) de la carcasa. Cuando cada uno de los imanes permanentes 24c y 24d ubicados en el lado del puerto de escape de aire tiene coercitividades más altas que los imanes permanentes 24a y 24b en el lado del puerto de entrada de aire, puede suprimirse la disminución de la eficiencia de conducción de la máquina giratoria.

La máquina giratoria de imán permanente de la presente invención también se puede usar como un motor de tipo espacio axial.

La máquina giratoria de imán permanente de la presente invención puede usarse, por ejemplo, como un generador de potencia de tipo espacio axial que comprende: un eje de rotación, los rotores de dos extremos se separan por espacio entre ellos en la dirección axial del eje de rotación y pueden rotar integralmente con el eje de rotación, cada uno de los dos rotores de extremo comprende un disco giratorio de extremo y un imán permanente en cada superficie opuesta de los dos discos giratorios de extremo,

al menos un rotor interno giratorio integralmente con el eje de rotación, y que comprende un disco giratorio proporcionado en un espacio formado por los dos rotores extremos mientras está separado del mismo, y un imán permanente soportado por el disco giratorio y

5 al menos dos estatores aislados de la rotación del eje de rotación, cada uno de los cuales comprende un disco fijo dispuesto en cada uno de los espacios formados por los rotores extremos y el rotor interno, y una bobina del estator soportada por el disco fijo.

10 Al menos tres rotores en forma de disco que comprenden imanes permanentes sobre los mismos se disponen, y los estatores que comprenden bobinas del estator se disponen en al menos dos espacios formados por estos rotores. Por lo tanto, al menos cinco de los rotores y estatores en total se apilan alternativamente mientras se separan entre sí en la dirección del eje de rotación. Los estatores pueden fijarse directa o indirectamente a la carcasa. Al proporcionar al eje de rotación una hélice, puede proporcionarse un generador de energía eólica.

15 El generador de energía de tipo espacio axial comprende un ventilador para alimentar aire de refrigeración para controlar el calor generado en la carcasa. Para permitir que el aire de refrigeración fluya a través de la carcasa, por ejemplo, se disponen un puerto de entrada de aire y un puerto de escape de aire para permitir que el aire de refrigeración fluya a través de espacios entre la carcasa y las superficies periféricas exteriores de los rotores extremos y el rotor interno, y/o agujeros pasantes formados dentro de los rotores extremos, dentro del rotor interno y opcionalmente dentro de los estatores a lo largo del eje de rotación del eje de rotación.

20 Preferentemente, como se muestra en el Documento de Patente 3, cada uno de los imanes permanentes en el generador de energía tiene una dirección de magnetización en la dirección axial del eje de rotación, y los imanes permanentes se disponen a intervalos iguales en cada uno de los discos giratorios de los rotores extremos y el rotor interno de tal manera que tenga cuatro o más polos magnéticos dispuestos en la circunferencia de cada uno de dos o más círculos concéntricos que tengan diferentes diámetros y que tengan su centro común ubicado en el eje de rotación. Tres o más de las bobinas del estator se disponen a intervalos iguales en la circunferencia de cada círculo concéntrico en cada uno de los discos fijos en donde el círculo concéntrico en cada uno de los discos fijos se enfrenta al correspondiente de los círculos concéntricos en los que se disponen los imanes permanentes de los discos giratorios.

25 Las Figuras 3 y 4 muestran una modalidad de dicho generador de potencia de tipo espacio axial. La Figura 3 es una vista en perspectiva del generador de potencia de tipo espacio axial. La Figura 4(A) es una vista frontal hacia el eje de rotación; la Figura 4(B) es una vista lateral del mismo; y la Figura 4(C) es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea A-A. En la Figura 4(C), se ilustra el flujo del aire.

30 Un eje de rotación 31 que transmite el par se soporta de manera giratoria por una carcasa (no mostrada) de un generador de energía con un cojinete interpuesto entre ellos. Un extremo del eje de rotación 31 puede acoplarse con una hélice o similar para que el par pueda transmitirse a un generador de potencia 30. Los rotores 32e y 32i se fijan al eje de rotación 31, y los rotores giran sincrónicamente con el eje de rotación. El generador de energía 30 comprende: los rotores 32e y 32i que tienen dos o más imanes permanentes 34ea, 34eb, 34ia y 34ib unidos a las estructuras en forma de disco 33e y 33i conectadas al eje de rotación; y estatores 35 que tienen dos o más bobinas 37a y 37b unidas a estructuras en forma de disco 36 en posiciones orientadas hacia la órbita de rotación de los imanes permanentes. El generador de energía 30 tiene una estructura en la cual estos rotores y estatores se apilan alternativamente entre sí. En esta modalidad, hay tres rotores, y los estatores con las bobinas se interponen entre los rotores. El aire introducido por el ventilador a través de un puerto de entrada de aire (no mostrado) de la carcasa fluye desde el rotor 32e en un extremo a lo largo del eje de rotación 31, y pasa a través del rotor 32e en el otro extremo, y se descarga desde un puerto de escape de aire (no mostrado). Cuando los imanes permanentes 34ea y 34eb comprendidos por el rotor extremo 32e en el lado del puerto de escape de aire, y, si existe una pluralidad de rotores internos 32i, los imanes permanentes 34ia y 34ib en el lado del puerto de escape de aire tienen coercitividades más altas que los imanes permanentes en el lado del puerto de entrada de aire, puede suprimirse la disminución en la eficiencia de generación de la máquina giratoria.

35 Además, para mejorar el flujo de aire cerca del eje de rotación 31, pueden formarse agujeros pasantes en uno o ambos rotores 32e y 32i y los estatores 35. Un ejemplo del rotor que tiene agujeros pasantes se muestra en la Figura 8.

40 Cuando solo uno o ninguno de los rotores 32e y 32i y los estatores 35 tienen agujeros pasantes, el aire que ha fluido a través del eje de rotación 31 colisiona con los rotores y estatores, y fluye hacia la dirección radial temporalmente para que los agujeros pasantes puedan formarse en el lado de la dirección radial como se muestra en la Figura 10.

45 La máquina giratoria de imán permanente de la presente invención también puede usarse como un generador de potencia de tipo radial.

50 En el ejemplo descrito anteriormente de la máquina giratoria de imán permanente de la presente invención, los imanes permanentes se fijan a los rotores, y las bobinas se fijan a los estatores. Sin embargo, los imanes permanentes pueden sujetarse a los estatores, y las bobinas pueden sujetarse a los rotores.

55 **EJEMPLOS**

En lo sucesivo, la presente invención se describirá específicamente en base a ejemplos y ejemplos comparativos. No debe interpretarse que la presente invención se limita a los ejemplos a continuación.

1. Motor de tipo de espacio radial (Ejemplo 1 y Ejemplos Comparativos 1 a 3)

<Motor usado en el Ejemplo 1 y Ejemplos Comparativos 1 a 3>

Como se muestra en la Figura 5, se fabricó un motor SPM (imán permanente de superficie) de 8 polos y 12 ranuras. El motor SPM tenía un diámetro de rotor de 180 mm, un diámetro exterior (incluido un bastidor de estator) de 220 mm, una longitud de eje de 250 mm y un diámetro de eje de 30 mm. En un rotor de este motor, un polo comprende cuatro imanes permanentes a lo largo de la dirección axial. Con respecto al rendimiento del motor, se generó un par de 30 Nm a 1000 rpm mediante el uso de un imán que tiene un producto energético máximo de 350 kJ/m<sup>3</sup>. Una salida nominal se estableció en 3 kW. El número de revoluciones de 1000 rpm y un par de 30 Nm se emplearon como condiciones nominales de operación. En este motor, se proporcionaron orificios de enfriamiento 48 como se muestra en la Figura 5. La alimentación de aire en los agujeros permitió el enfriamiento por aire forzado.

<Imanes permanentes usados en el Ejemplo 1 y Ejemplos comparativos 1 a 3>

La Figura 6 muestra la forma de un imán usado. El imán tenía una profundidad de 55 mm. El imán tenía forma de C y se magnetizó en dirección radial. Los imanes usados en los ejemplos fueron imanes de Nd-Fe-B a base de neodimio. La Tabla 1 muestra las propiedades magnéticas de los imanes. Todos los imanes tenían un producto energético máximo de 350 kJ/m<sup>3</sup> a temperatura ambiente. Como los imanes permanentes, se usaron cuatro tipos de imanes A, B, C y D que tienen las remanencias (Br) y las coercividades (iHc) que se muestran en la Tabla 1. El imán D se obtuvo, después de la aplicación del método de difusión del límite de grano, uniendo de manera laminada once imanes, cada uno con un grosor de 5 mm para tener una longitud de 55 mm como se muestra en la Figura 7. Al imán D, se aplicó el proceso de aleación mediante difusión de límite de grano en el que se usó el imán C como material base, la coercitividad del mismo se incrementó aplicando un compuesto de flúor que contiene Tb en la totalidad del imán C y luego sometiendo el resultante imán para un tratamiento térmico en una atmósfera de Ar a 900 °C durante 1 hora.

Tabla 1

imán	Br (T)	iHc (kA/m)
A	1,375	875
B	1,375	1114
C	1,375	1273
D	1,375	1671

<Ejemplo 1>

Como los cuatro imanes permanentes a lo largo de la dirección axial del rotor en el motor SPM, los imanes A, B, C y D se usaron en este orden desde el flujo ascendente del aire para el enfriamiento forzado. El motor SPM fue operado bajo las condiciones de operación clasificadas por tres horas (una primera operación clasificada), y la temperatura en la superficie del rotor en ambos extremos del mismo se midió durante la operación clasificada a través de un orificio proporcionado en un bastidor, por el uso de un termómetro de radiación. Los resultados de la medición de las temperaturas en ambos extremos del rotor se muestran como "temperatura medida en el lado del puerto de entrada de aire" y "temperatura medida en el lado del puerto de escape de aire" en la fila de "operación nominal" en la Tabla 2. Un promedio de las temperaturas en ambos extremos del rotor se denomina "temperatura media estimada" en la Tabla 2.

Posteriormente, el motor se enfrió a temperatura ambiente. Luego, el motor funcionó bajo la condición de operación nominal durante 1 hora (una segunda operación nominal), y se midió la salida del mismo. La diferencia en las salidas entre la primera operación nominal y la segunda operación nominal se muestra en la columna "operación nominal" en la Tabla 3. Posteriormente, el motor se enfrió temporalmente a temperatura ambiente. Luego, el motor se hizo funcionar durante una hora más bajo la condición que excedía la condición de operación nominal en un 20 % de sobrecarga, y se midió la salida del mismo. La temperatura del rotor en este momento se muestra en la fila "operación de sobrecarga del 20 %" en la Tabla 2, y la diferencia en las salidas entre la primera operación nominal y la operación de sobrecarga del 20 % se muestra en la columna "operación de sobrecarga del 20 %" en la Tabla 3.

En el Ejemplo 1, como se ve en la Tabla 3, las características del motor no cambiaron. En consecuencia, es evidente que los imanes permanentes utilizados en este rotor no fueron desmagnetizados.

<Ejemplo comparativo 1>

El ejemplo comparativo 1 se llevó a cabo de la misma manera que en el Ejemplo 1, excepto que se usaron cuatro imanes B como los cuatro imanes permanentes a lo largo de la dirección axial del rotor. Los resultados se muestran en las Tablas 2 y 3.

5 Como se muestra en la Tabla 3, cuando se realizó la operación de sobrecarga, la salida del motor se redujo en un 15 %. Cuando se sacaron los imanes y se observaron, entre los cuatro imanes del Ejemplo Comparativo 1, dos imanes en el lado corriente abajo del flujo de aire se desmagnetizaron, y particularmente el imán en el lado más corriente abajo del flujo de aire se desmagnetizó en un 12 %.

10 <Ejemplo comparativo 2>

El Ejemplo Comparativo 2 se llevó a cabo de la misma manera que en el Ejemplo 1, excepto que se usaron cuatro imanes C como los cuatro imanes permanentes a lo largo de la dirección axial del rotor. Los resultados se muestran en las Tablas 2 y 3.

15 Como se muestra en la Tabla 3, cuando se realizó la operación de sobrecarga, la salida del motor se redujo en un 0,4 %. Cuando se sacaron los imanes y se observaron, entre los cuatro imanes, se desmagnetizó el imán en el lado más corriente abajo del flujo de aire.

20 <Ejemplo comparativo 3>

El Ejemplo Comparativo 3 se llevó a cabo de la misma manera que en el Ejemplo 1, excepto que se usaron cuatro imanes D como los cuatro imanes permanentes a lo largo de la dirección axial del rotor. Los resultados se muestran en las Tablas 2 y 3.

25 Como se muestra en la Tabla 3, cuando se realizó la operación de sobrecarga, la salida del motor no disminuyó.

Los costos del imán en relación con el costo de los imanes usados en el rotor del Ejemplo Comparativo 1, y también los costos del imán en relación con el costo de los imanes usados en el rotor del Ejemplo 1 se muestran en la Tabla 3. Los imanes D usados en el Ejemplo 1 y el Ejemplo Comparativo 3 comprendían Tb costoso, y la preparación de los imanes D implicó una etapa de tratamiento térmico para que los imanes D sean más costosos que los imanes A, B y C. Por esta razón, en Ejemplo Comparativo 3 donde se usó una mayor cantidad del imán D que en el Ejemplo 1, los costos fueron mayores y la cantidad de Tb de metal raro fue mayor que en el Ejemplo 1. Por consiguiente, se ha descubierto que, de acuerdo con la presente invención, la cantidad de los imanes costosos D puede cortarse (a 1/4 en el Ejemplo 1), y puede usarse el imán económico A que tiene una baja coercitividad, y la combinación de estos imanes puede mejorar el rendimiento de un motor y reducir el costo, logrando un ahorro de recursos al reducir la cantidad de un compuesto Tb o un compuesto Dy usado en el método de difusión de límite de grano.

Tabla 2

	condición de operación	temperatura medida en		temperatura media estimada (°C)
		puerto de entrada de aire (°C)	lado del puerto de escape de aire (°C)	
Ejemplo 1	operación nominal	60	80	70
	20 % de operación sobrecargada	70	115	93
Ejemplo Comparativo 1	operación nominal	60	80	70
	20 % de operación sobrecargada	70	115	93
Ejemplo Comparativo 2	operación nominal	60	80	70
	20 % de operación sobrecargada	70	115	93
Ejemplo Comparativo 3	operación nominal	60	80	70
	20 % de operación sobrecargada	70	115	93

Tabla 3

5	diferencia (%) en salidas antes y después de la operación,		costo (%) de imanes en relación con el costo	
	salida con el mismo número de revolución después de la operación bajo la condición nominal			
10	operación nominal	20 % de operación sobrecargada	en Ejemplo Comparativo 1	en Ejemplo 1
	Ejemplo 1	0	108	100
15	Ejemplo Comparativo 1	0	100	93
	Ejemplo Comparativo 2	0	110	102
20	Ejemplo Comparativo 3	0	140	130

2. Motor de tipo espacio axial (Ejemplos 2 a 4 y Ejemplos comparativos 4 a 9)

<Motor usado en el Ejemplo 2 y Ejemplos Comparativos 4 a 5>

25

Se usó un motor de tipo de espacio axial que comprende dos rotores extremos 32e, un rotor interno 32i y dos estatores 35 y que corresponde al generador de potencia de tipo de espacio axial. Las dimensiones del rotor 32e, el rotor 32i y los estatores 35 se muestran en las figuras 8 a 10, respectivamente. El diámetro exterior de cada uno de los rotores y estatores fue de 230 mm, el número de polos para cada uno de los rotores fue de ocho y el número de ranuras para cada uno de los estatores fue de doce. Un imán usado tenía la forma de dos arcos derivados de dos círculos concéntricos con un ángulo central de 45° y dos líneas rectas entre dos arcos. Dado que puede decirse que el imán tiene la forma del pseudotrapezoide cuyas líneas paralelas del trapezoide han sido reemplazadas por dos arcos derivados de los círculos concéntricos, se describe como el imán pseudotrapezoide a continuación. Se dispusieron dos imanes pseudotrapezoides por polo en una dirección radial y se los denominó "imanes interiores y exteriores". El arco interno del imán interno estaba dispuesto para estar en la línea circunferencial del círculo concéntrico con un radio de 20 mm, mientras que el arco interno del imán externo estaba dispuesto en la línea circunferencial del círculo concéntrico con un radio de 55 mm, para constituir un polo. Luego, los imanes interiores y exteriores se colocaron en direcciones circunferenciales a intervalos iguales. Como resultado, se fabricó el motor de tipo espacio axial que tiene ocho polos.

30

35

40

Cada uno de los rotores extramos e internos se hizo de una placa de hierro que tenía un diámetro externo de 210 mm. Los imanes permanentes cercanos en la dirección radial tenían las mismas polaridades, los imanes permanentes vecinos en la dirección circunferencial tenían las diferentes polaridades. Los imanes permanentes se fijaron en las posiciones descritas anteriormente usando un agente adhesivo acrílico.

45

El estator comprendía una placa de baquelita que tenía un diámetro externo de 230 mm, un diámetro interno de 20 mm y un grosor de 10 mm; y doce bobinas sin núcleo dispuestas en la dirección circunferencial a intervalos iguales. Cada bobina tenía forma de pseudotrapezio con dos arcos derivados de dos círculos concéntricos con diámetros interno y externo de 40 y 200 mm, respectivamente, con un ángulo central de 30° y un grosor de 10 mm con el número de vueltas de treinta.

50

El motor de tipo espacio axial se fabricó usando una carcasa como en la Figura 5 y tres rotores y dos estatores como en la Figuras 4, en donde el estator se colocó en el medio de cada espacio de 22 mm entre los rotores. El motor de tipo espacio axial se usó en los Ejemplos 2 a 3 y en los Ejemplos Comparativos 4 a 7.

55

<Imanes permanentes usados en el Ejemplo 2 y en Ejemplos Comparativos 4 a 5>

55

Se preparó un imán permanente en forma de pseudotrapezoide que tiene dos arcos derivados de los círculos concéntricos que tienen un diámetro externo de 200 mm y un diámetro interno de 110 mm con un ángulo central de 45°, y un grosor de 5 mm moliendo un imán sinterizado basado en Nd-Fe-B que tiene la remanencia Br de 1,375 (T) y la coercitividad iHc de 1273 (kA/m). Cada uno de los dos lados en línea recta del imán permanente pseudotrapezoide se rebajó 2,5 cm hacia adentro de cada una de las dos líneas rectas, y el imán así obtenido se designó como imán E. Además, un imán permanente en forma de pseudotrapezoide que tiene dos arcos derivados de los círculos concéntricos que tienen un diámetro externo de 100 mm y un diámetro interno de 40 mm con un ángulo central de 45°, y se preparó un grosor de 5 mm moliendo un imán sinterizado basado en Nd-Fe-B teniendo las mismas características magnéticas. Cada uno de los dos lados en línea recta del imán permanente pseudotrapezoide se rebajó 2,5 cm hacia adentro de cada una de las dos líneas rectas, y el imán así obtenido se designó como Imán F.

60

65

Se preparó un imán permanente en forma de pseudotrapezoide que tiene dos arcos derivados de los círculos concéntricos que tienen un diámetro externo de 200 mm, un diámetro interno de 110 mm con un ángulo central de 45°, y un grosor de 5 mm moliendo un imán sinterizado basado en Nd-Fe-B que tiene la remanencia  $B_r$  de 1,375 (T) y la coercitividad  $iH_c$  de 1671 (kA/m). Cada uno de los dos lados en línea recta del imán permanente pseudotrapezoide se rebajó 2,5 cm hacia adentro desde cada una de las dos líneas rectas, y el imán así obtenido se designó como Imán EH. Además, un imán permanente en forma de pseudotrapezoide que tiene dos arcos derivados de los círculos concéntricos que tienen un diámetro externo de 100 mm y un diámetro interno de 40 mm con un ángulo central de 45°, y un grosor de 5 mm se preparó moliendo un imán sinterizado basado en Nd-Fe-B que tiene las mismas características magnéticas. Cada uno de los dos lados en línea recta del imán permanente pseudotrapezoide se afeitó 2,5 cm hacia adentro de cada una de las dos líneas rectas, y el imán así obtenido se designó como Imán FH.

<Ejemplo 2>

En lo sucesivo, los rotadores en el motor de tipo espacio axial se denominan  $R_p$ ,  $R_q$  y  $R_r$  desde el flujo de aire corriente arriba hasta el corriente abajo durante el enfriamiento por aire forzado.

El motor de tipo espacio axial anterior se fabricó mediante el uso de los imanes F y E como imanes internos y externos de  $R_p$ , los imanes FH y EH como imanes internos y externos de  $R_q$ , y los imanes FH y EH como imanes internos y externos de  $R_r$ , respectivamente. En cuanto a las prestaciones del motor, se generó un par de 30 Nm a 1000 rpm. Una salida nominal se estableció en 3 kW. El número de revoluciones de 1000 rpm y un par de 30 Nm se emplearon como la condición de operación nominal. El motor se sometió a la operación nominal durante una hora, se enfrió lo suficiente a temperatura ambiente y luego se sometió a una operación de sobrecarga del 20 % durante una hora, seguido de la medición de la salida. Además, las temperaturas en el lado del puerto de entrada de aire y en el lado del puerto de escape de aire se midieron después de ambas operaciones. Los resultados se muestran en las Tablas 4 y 5.

<Ejemplo comparativo 4>

El motor de tipo espacio axial anterior se fabricó mediante el uso de imanes FH y EH como imanes internos y externos de  $R_p$ , imanes FH y EH como imanes internos y externos de  $R_q$ , e imanes FH y EH como imanes internos y externos de  $R_r$ , respectivamente. De la misma manera que en el Ejemplo 2, se midió la salida después de la operación nominal y la operación de sobrecarga del 20 %, y las temperaturas en el lado del puerto de entrada de aire y en el lado del puerto de escape de aire se midieron después de ambas operaciones. Los resultados se muestran en las Tablas 4 y 5.

<Ejemplo comparativo 5>

El motor del tipo espacio axial anterior se fabricó usando los imanes F y E como imanes internos y externos de  $R_p$ , los imanes F y E como imanes internos y externos de  $R_q$ , y los imanes F y E como imanes internos y externos de  $R_r$ , respectivamente. De la misma manera que en el Ejemplo 2, se midió la salida después de la operación nominal y la operación de sobrecarga del 20 %, y las temperaturas en el lado del puerto de entrada de aire y en el lado del puerto de escape de aire se midieron después de ambas operaciones. Los resultados se muestran en las Tablas 4 y 5.

<Ejemplo 3>

Se fabricó el mismo motor de tipo espacio axial que en el Ejemplo 2, excepto que se hicieron agujeros pasantes H en las placas de hierro de los rotores 32e de dos extremos como se muestra en la Figura 11. Se hicieron ocho agujeros pasantes, cada uno con un diámetro de 15 mm, en la misma circunferencia que tenía un diámetro de 60 mm con los mismos intervalos. Los rotadores en el motor de tipo de espacio axial se denominan  $H_p$ ,  $H_q$  y  $H_r$  desde el flujo de aire corriente arriba hasta el corriente abajo durante el enfriamiento por aire forzado. El motor de tipo espacio axial se fabricó usando los imanes F y E como imanes internos y externos de  $H_p$ , los imanes F y EH como imanes internos y externos de  $H_q$ , y los imanes FH y EH como imanes internos y externos de  $H_r$ , respectivamente.

De la misma manera que en el Ejemplo 2, se midió la salida después de la operación nominal y la operación de sobrecarga del 20 %, y las temperaturas en el lado del puerto de entrada de aire y en el lado del puerto de escape de aire se midieron después de ambas operaciones. Los resultados se muestran en las Tablas 4 y 5.

<Ejemplo Comparativo 6>

El motor de tipo espacio axial que comprende los rotores que tienen agujeros pasantes H se fabricó usando imanes FH y EH como imanes internos y externos de  $H_p$ , imanes FH y EH como imanes internos y externos de  $H_q$ , e imanes FH y EH como internos y externos. imanes externos de  $H_r$ , respectivamente. De la misma manera que en el Ejemplo 2, se midió la salida después de la operación nominal y la operación de sobrecarga del 20 %, y las temperaturas en el lado del puerto de entrada de aire y en el lado del puerto de escape de aire se midieron después de ambas operaciones. Los resultados se muestran en las Tablas 4 y 5.

<Ejemplo Comparativo 7>

5 El motor de tipo espacio axial que comprende los rotores que tienen agujeros pasantes H se fabricó usando los imanes F y E como imanes internos y externos de Hp, los imanes F y E como imanes internos y externos de Hq, y los imanes F y E como internos y externos. imanes externos de Hr, respectivamente. De la misma manera que en el Ejemplo 2, se midió la salida después de la operación nominal y la operación de sobrecarga del 20 %, y las temperaturas en el lado del puerto de entrada de aire y en el lado del puerto de escape de aire se midieron después de ambas operaciones. Los resultados se muestran en las Tablas 4 y 5.

<Ejemplo 4>

10 El motor del tipo espacio axial se fabricó usando los mismos rotores de dos extremos 32e que tienen agujeros pasantes H como los del Ejemplo 3 y un estator 35, y usando una carcasa que tiene un puerto de entrada de aire paralelo al rotor y un puerto de escape de aire en una dirección radial. El motor del tipo espacio axial tenía la misma estructura que en el Ejemplo 2, excepto por el número de rotores, el número de estatores, el puerto de entrada de aire, el puerto de escape de aire y los orificios pasantes.

15 En lo sucesivo, los rotadores en este motor de tipo espacio axial se denominan Kp y Kq desde el flujo de aire corriente arriba hasta el corriente abajo durante el enfriamiento por aire forzado.

20 El motor del tipo de espacio axial se fabricó usando los imanes F y EH como imanes internos y externos de Kp, y los imanes F y EH como imanes internos y externos de Kq, respectivamente. Además, de la misma manera que en el Ejemplo 2, se midió la salida después de la operación nominal y la operación de sobrecarga del 20 %, y las temperaturas en el lado del puerto de entrada de aire y en el lado del puerto de escape de aire se midieron después de ambas operaciones. Los resultados se muestran en las Tablas 4 y 6.

25 <Ejemplo Comparativo 8>

30 Se fabricó el mismo motor de tipo espacio axial que en el Ejemplo 4, excepto que se usaron los imanes FH y EH como imanes internos y externos de Kp, y los imanes FH y EH como imanes internos y externos de Kq. De la misma manera que en el Ejemplo 2, se midió la salida después de la operación nominal y la operación de sobrecarga del 20 %, y las temperaturas en el lado del puerto de entrada de aire y en el lado del puerto de escape de aire se midieron después de ambas operaciones. Los resultados se muestran en las Tablas 4 y 6.

<Ejemplo comparativo 9>

35 Se fabricó el mismo motor de tipo espacio axial que en el Ejemplo 4, excepto que se usaron los imanes F y E como imanes internos y externos de Kp, y los imanes F y E como imanes internos y externos de Kq. De la misma manera que en el Ejemplo 2, se midió la salida después de la operación nominal y la operación de sobrecarga del 20 %, y las temperaturas en el lado del puerto de entrada de aire y en el lado del puerto de escape de aire se midieron después de ambas operaciones. Los resultados se muestran en las Tablas 4 y 6.

40 Es evidente en las Tablas 4 a 6 que la coercitividad del imán permanente en el lado del puerto de entrada de aire puede hacerse mayor que la del imán permanente en el lado del puerto de escape de aire también en el motor de tipo espacio axial, reduciendo así el costo de la misma manera que en el motor SPM.

45 Además, los agujeros pasantes en los rotores aumentan la parte donde puede colocarse el imán permanente que tiene baja coercitividad, reduciendo así el costo.

50

55

60

65

Tabla 4

	condición de operación	temperatura medida en		temperatura media estimada (°C)	
		puerto de entrada de aire (°C)	lado del puerto de escape de aire (°C)		
5					
10	Ejemplo 2	operación nominal	25	65	45
		20 % de operación sobrecargada	25	90	57
	Ejemplo 3	operación nominal	25	65	45
		20 % de operación sobrecargada	25	85	55
15	Ejemplo 4	operación nominal	25	55	45
		20 % de operación sobrecargada	25	80	53
	Ejemplo Comparativo 4	operación nominal	25	65	45
20		20 % de operación sobrecargada	25	90	57
	Ejemplo Comparativo 5	operación nominal	25	65	45
		20 % de operación sobrecargada	25	90	57
25	Ejemplo Comparativo 6	operación nominal	25	65	45
		20 % de operación sobrecargada	25	85	55
	Ejemplo Comparativo 7	operación nominal	25	65	45
		20 % de operación sobrecargada	25	85	55
30	Ejemplo Comparativo 8	operación nominal	25	55	40
		20 % de operación sobrecargada	25	85	43
	Ejemplo Comparativo 9	operación nominal	25	55	40
35		20 % de operación sobrecargada	25	80	43

Tabla 5

	diferencia (%) en salidas antes y después de la operación,		costo (%) de imanes en relación con el costo		
	salida con el mismo número de revolución después de la operación bajo la condición nominal				
	operación nominal	20 % de operación sobrecargada	en Ejemplo Comparativo 5	en Ejemplo 2	
40					
45	Ejemplo 2	0	0	112	100
50	Ejemplo Comparativo 4	0	0	124	111
	Ejemplo Comparativo 5	0	reducción en un 30 %	100	89
55	Ejemplo 3	0	0	112	100
	Ejemplo Comparativo 6	0	0	124	111
60	Ejemplo Comparativo 7	0	reducción en un 5 %	100	89

Tabla 6

5	diferencia (%) en salidas antes y después de la operación,		costo (%) de imanes en relación con el costo	
	salida con el mismo número de revolución después de la operación bajo la condición nominal			
10	operación nominal	20 % de operación sobrecargada	en Ejemplo Comparativo 7	en Ejemplo 4
	Ejemplo 4	0	106	100
	Ejemplo Comparativo 8	0	112	105
15	Ejemplo Comparativo 9	0	100	94

20 Explicación de símbolos

- 10, 31 motor de tipo espacio radial
- 11, 21, 31 eje de rotación
- 12, 22: rotor
- 25 13, 33: núcleo del rotor
- 14, 24, 24a, 24b, 24c, 24d: imán permanente
- 15, 25, 35: estator
- 16, 26: núcleo del estator
- 17, 27, 37, 37a, 37b: bobina
- 30 20: motor de tipo espacio radial
- 28, 48: orificio
- 32e: rotor extremo
- 32i: rotor interno
- 33e, 33i: estructura en forma de disco
- 35 36: estructura en forma de disco
- FM: dirección del imán de campo
- M: dirección de magnetización
- H: agujero pasante

REIVINDICACIONES

1. Una máquina giratoria de imán permanente, que es un generador de energía de tipo espacio axial y que comprende:
- 5 un eje de rotación (31);  
 dos rotores extremos (32e) que se separan por espacio entre ellos en la dirección axial del eje de rotación (31) y pueden girar integralmente con el eje de rotación (31), cada uno de los dos rotores extremos comprende un disco giratorio extremo (33e) y un imán permanente (34ea, 34eb) en cada superficie opuesta de los dos discos giratorios extremos (33e);  
 10 al menos un rotor interno (32i) giratorio integralmente con el eje de rotación (31),  
 y que comprende un disco giratorio (33i) proporcionado en un espacio formado por los dos rotores extremos mientras se separan del mismo, y un imán permanente (34ia, 34ib) soportado por el disco giratorio (33i);  
 al menos dos estatores (35) aislados de la rotación del eje de rotación (31),  
 15 cada uno comprende un disco fijo (36) dispuesto en cada uno de los espacios formados por los rotores extremos (32e) y el rotor interno (32i), y una bobina del estator (37a, 37b) soportada por el disco fijo (36);  
 una carcasa que aloja el eje de rotación (31), los rotores (32e, 32i) conectados al eje de rotación (31) y configurados para girar junto con el eje de rotación (31),  
 los estatores (35) y los imanes permanentes (34ea, 34eb, 34ia, 34ib) fijados al rotor o los estatores;  
 20 un puerto de entrada de aire proporcionado en un extremo de la carcasa y un puerto de escape de aire proporcionado en el otro extremo de la carcasa, el puerto de entrada de aire y el puerto de escape de aire se configuran para permitir que el aire de enfriamiento fluya a través de la carcasa;  
 en donde la máquina giratoria de imán permanente se configura para accionarse por la fuerza magnética de los imanes permanentes (34ea, 34eb, 34ia, 34ib), caracterizada porque la máquina giratoria de imán permanente  
 25 comprende un ventilador para alimentar el puerto de entrada de aire de refrigeración y entre los imanes permanentes, un imán permanente en el lado del puerto de escape de aire tiene una mayor coercitividad que un imán permanente en el lado del puerto de entrada de aire, pero tiene una remanencia sustancialmente idéntica al imán permanente en el lado del puerto de entrada de aire.
- 30 2. La máquina giratoria de imán permanente de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el imán permanente en el lado del puerto de escape de aire es un cuerpo de imán sinterizado que tiene una composición basada en  $R^1\text{-Fe-B}$ ,  $R^1$ representando al menos uno seleccionado de elementos de tierras raras que incluyen Y y Sc; y se obtiene calentando el cuerpo de imán sinterizado y un polvo sobre una superficie del cuerpo de imán a una temperatura igual o inferior a una temperatura de sinterización del cuerpo de imán al vacío o en un gas inerte, el polvo que  
 35 comprende al menos uno seleccionado del grupo que consiste en un óxido de  $R^2$ , un fluoruro de  $R^3$  y un oxifluoruro de  $R^4$  en donde  $R^2$ ,  $R^3$  y  $R^4$  cada uno representa independientemente al menos un elemento seleccionado de elementos de tierras raras que incluyen Y y Sc.
- 40 3. La máquina giratoria de imán permanente de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el imán permanente en el lado del puerto de escape de aire y el imán permanente en el lado del puerto de entrada de aire son cuerpos de imán sinterizados de la misma composición basada en  $R^1\text{-Fe-B}$ ,  $R^1$ representando al menos uno seleccionado de elementos de tierras raras que incluyen Y y Sc; y el imán permanente en el lado del orificio de escape de aire se obtiene calentando el cuerpo del imán sinterizado y un polvo en una superficie del cuerpo del imán sinterizado a una temperatura igual o inferior a la temperatura de sinterización del cuerpo del imán al vacío o en un gas inerte, el polvo comprende al menos uno seleccionado del grupo que consiste en un óxido de  $R^2$ , un fluoruro de  $R^3$  y un oxifluoruro de  $R^4$  en donde  $R^2$ ,  $R^3$  y  $R^4$  cada uno representa independientemente al menos un elemento seleccionado de elementos de tierras raras que incluyen Y y Sc.
- 45 4. La máquina giratoria de imán permanente de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el imán permanente en el lado del puerto de escape de aire y el imán permanente en el lado del puerto de entrada de aire tienen remanencias sustancialmente idénticas dentro de un rango de  $\pm 0,02$  tesla.
- 50

FIG.1

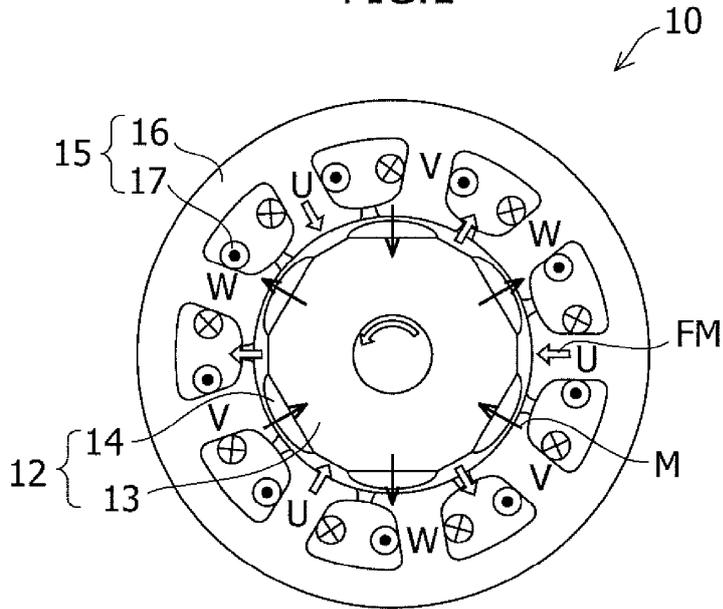


FIG.2

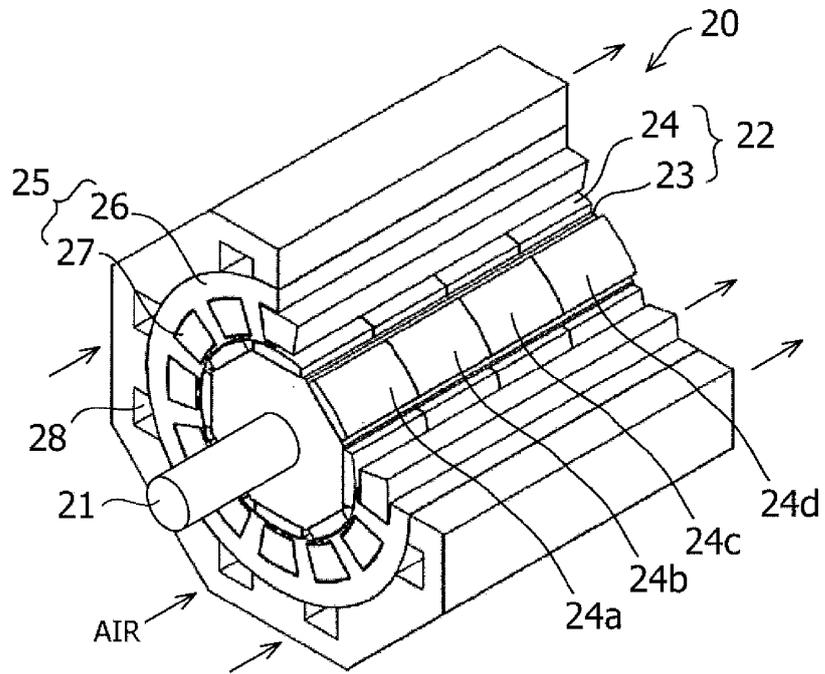


FIG.3

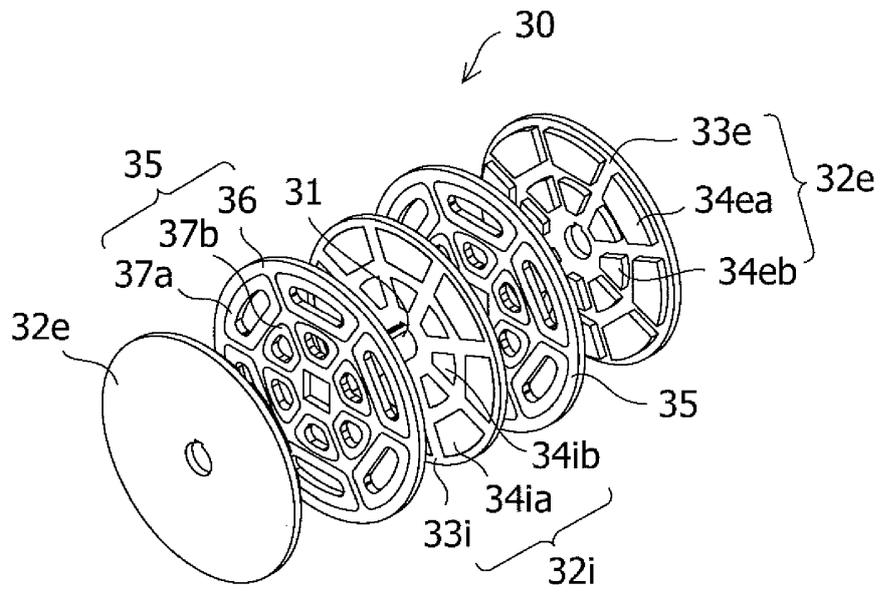


FIG.4(A)

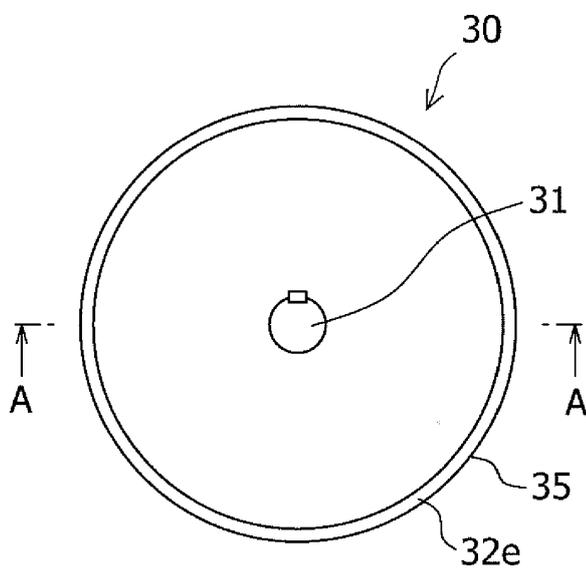


FIG.4(B)

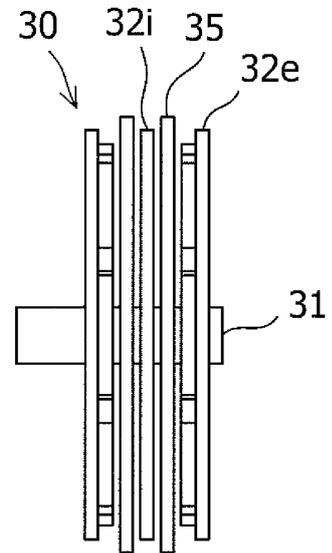


FIG.4(C)

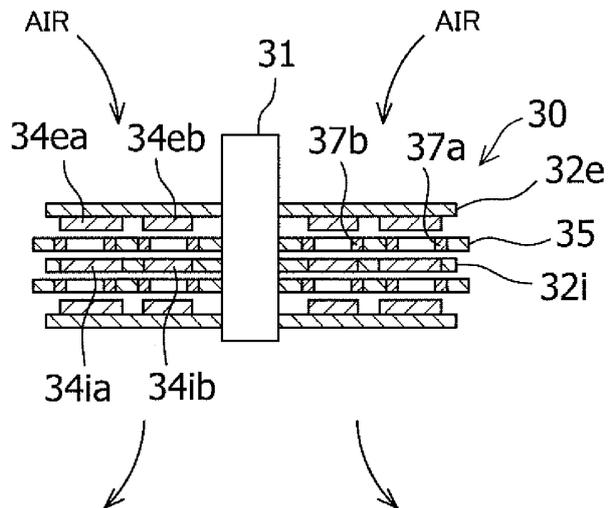


FIG.5(A)

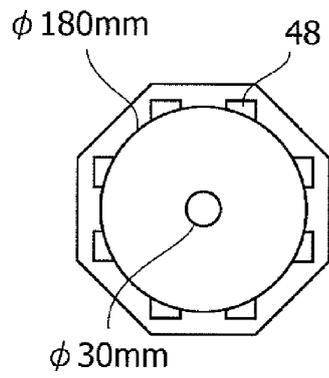


FIG.5(B)

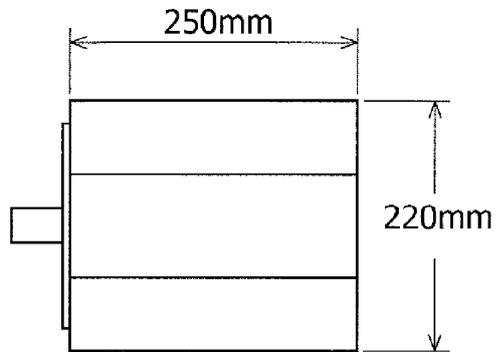


FIG.6

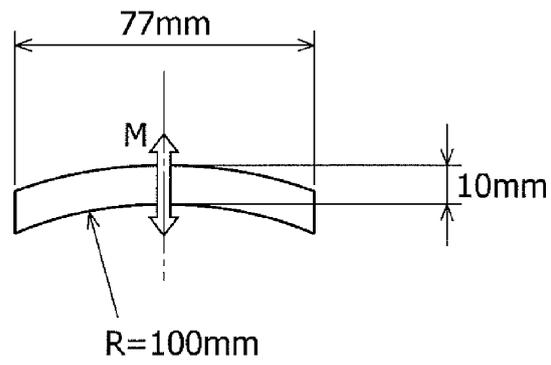


FIG.7

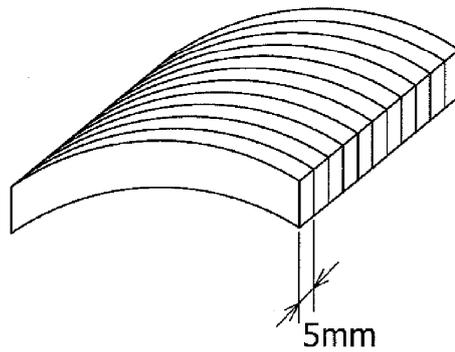


FIG.8(A)

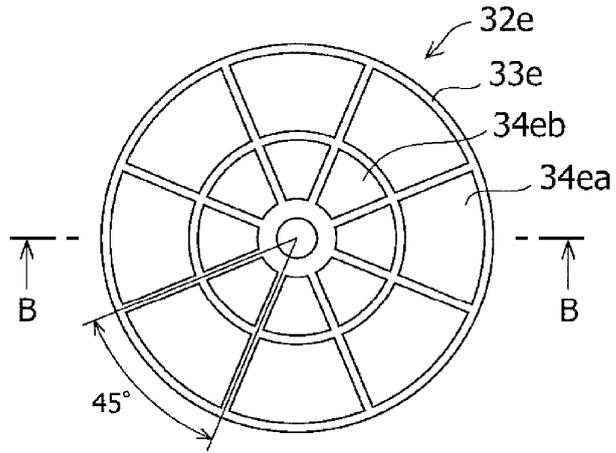


FIG.8(B)

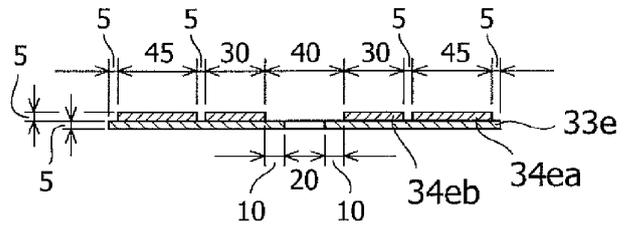


FIG.9(A)

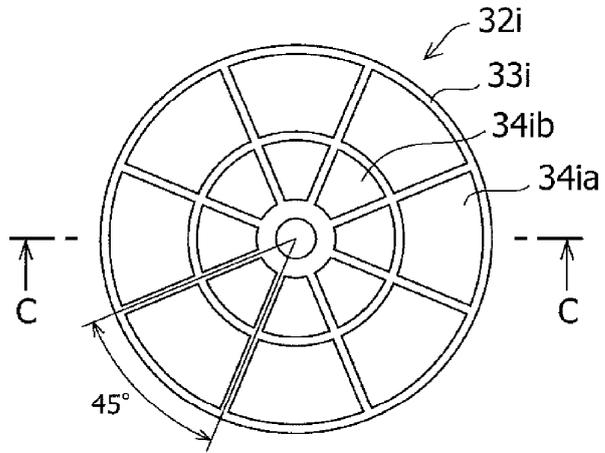
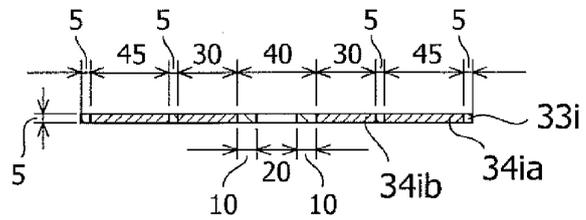


FIG.9(B)



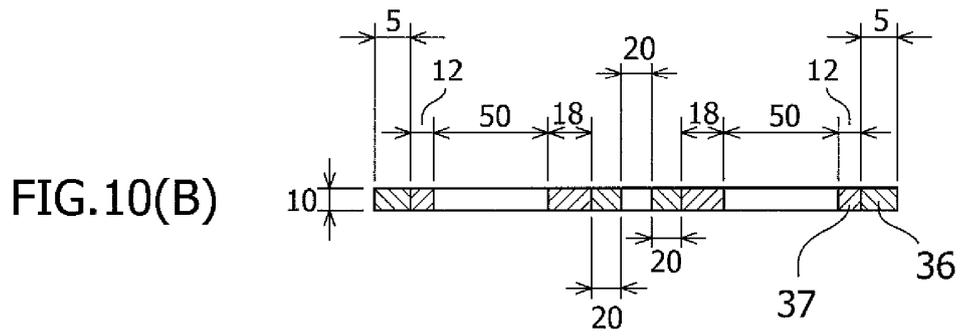
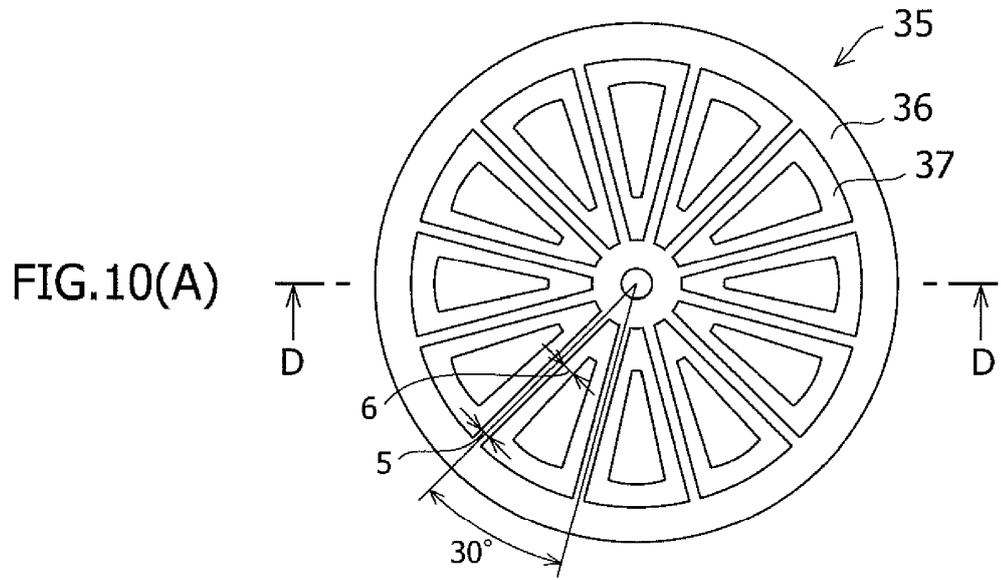


FIG.11(A)

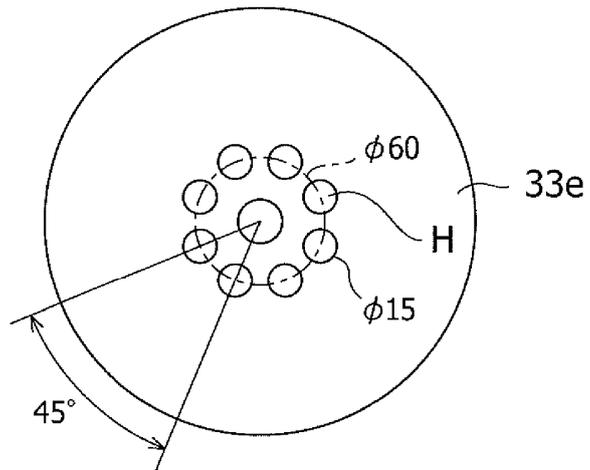


FIG.11(B)

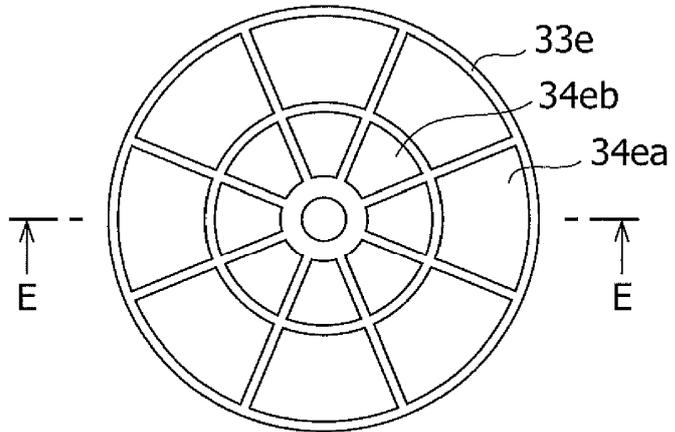


FIG.11(C)

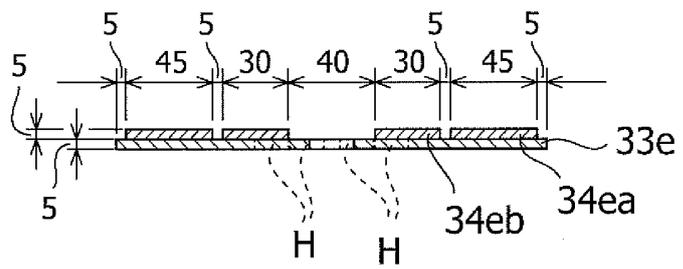


FIG.12

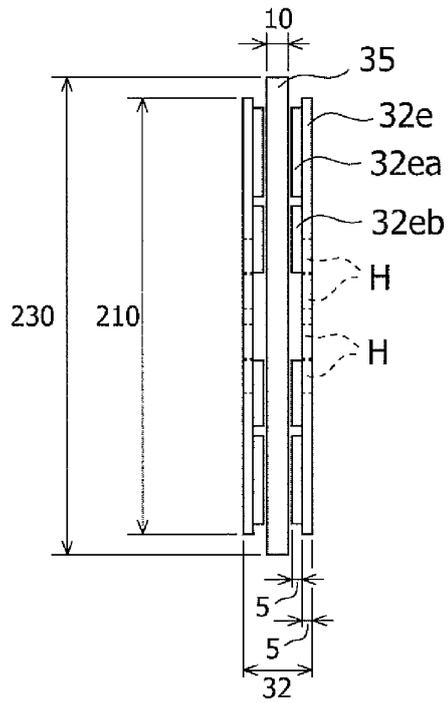


FIG.13

