

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2025年3月20日(20.03.2025)



(10) 国際公開番号

WO 2025/057760 A1

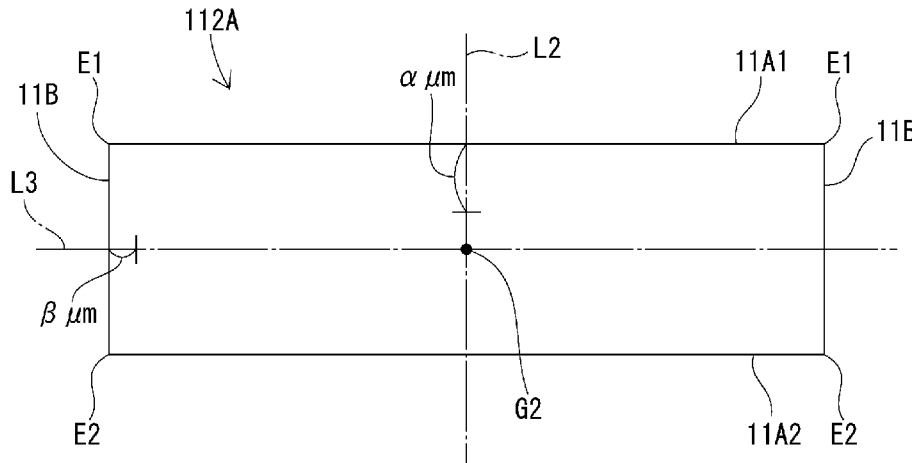
- (51) 国際特許分類:
H01F 7/02 (2006.01) H01F 41/02 (2006.01)
H01F 1/057 (2006.01) H02K 1/276 (2022.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2024/031029
- (22) 国際出願日: 2024年8月29日(29.08.2024)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2023-146618 2023年9月11日(11.09.2023) JP
- (71) 出願人: 日本特殊陶業株式会社(NITERRA CO., LTD.) [JP/JP]; 〒4610005 愛知県名古屋市東区東桜一丁目1番1号 Aichi (JP). N D F E B 株式会社(NDFEB CORPORATION) [JP/JP]; 〒6158530 京都府京都市西京区京都大学桂 船井交流センター205 Kyoto (JP). 株式会社エフ・シー・シー(KABUSHIKI KAISHA F.C.C.)

[JP/JP]; 〒4311394 静岡県浜松市浜名区細江町中川7000番地の36 Shizuoka (JP).

- (72) 発明者: 高岡 勝哉 (TAKAOKA Katsuya); 〒4610005 愛知県名古屋市東区東桜一丁目1番1号 日本特殊陶業株式会社内 Aichi (JP). 舟木 浩二(FUNAKI Koji); 〒4610005 愛知県名古屋市東区東桜一丁目1番1号 日本特殊陶業株式会社内 Aichi (JP). 杉本 支乃(SUGIMOTO Shino); 〒4610005 愛知県名古屋市東区東桜一丁目1番1号 日本特殊陶業株式会社内 Aichi (JP). 佐川 真人(SAGAWA Masato); 〒6158530 京都府京都市西京区京都大学桂 船井交流センター205 N D F E B 株式会社内 Kyoto (JP). 溝口 徹彦(MIZOGUCHI Tetsuhiko); 〒6158530 京都府京都市西京区京都大学桂 船井交流センター205 N D F E B 株式会社内 Kyoto (JP). 西山 将史(NISHIYAMA Masafumi); 〒4311394 静岡県浜

(54) Title: LAMINATED MAGNET AND MOTOR

(54) 発明の名称: 積層磁石及びモーター



(57) Abstract: The present invention provides a novel laminated magnet which can be efficiently provided with heat resistance without excessively using a heavy rare earth element. In the laminated magnet (10), three or more plate magnets (11) containing a rare earth element are used. In the laminated magnet (10), a plate magnet (11) and an insulating junction layer (13) are alternately laminated. Regarding a specific intermediate magnet (112A) that is any of intermediate magnets (112) obtained by excluding an uppermost magnet (111) positioned at the uppermost position and a lowermost magnet (113) positioned at the lowermost position from among the plate magnets (11), a first diffusion depth $\alpha \mu\text{m}$ measured by a measurement method (1) and a second diffusion depth $\beta \mu\text{m}$ measured by a measurement method (2) satisfy $0.35 \leq \beta/\alpha \leq 0.50$. When the amount of the heavy rare earth element in a first region (R1) satisfying conditions (3)-(6) is defined as $\gamma \text{ mass\%}$ and the amount of the heavy rare earth element in a second region (R2) satisfying conditions (7) and (8) is defined as $\delta \text{ mass\%}$, $\gamma/\delta \geq 5.0$ is satisfied.

松市浜名区細江町中川 7 0 0 0 番地の 3 6 株
式会社エフ・シー・シー内 Shizuoka (JP).

(74) 代理人: 弁理士法人 グランダム 特許事務所
(GRANDOM PATENT LAW FIRM); 〒4600008
愛知県名古屋市中区栄二丁目 4 番 1 号 広小
路栄ビルディング 3 階 Aichi (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,
CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC,
EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,
HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS,
MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU,
TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ,
DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS,
IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT,
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF,
CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE,
SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 過剰に重希土元素を使用することなく効率よく耐熱性を持たせることが可能な新規な積層磁石を提供する。積層磁石 (1 0) は、希土類元素を含む板磁石 (1 1) が 3 以上用いられている。積層磁石 (1 0) は、板磁石 (1 1) と、絶縁接合層 (1 3) と、が交互に積層されている。板磁石 (1 1) のうち、最上位に位置する最上位磁石 (1 1 1) 及び最下位に位置する最下位磁石 (1 1 3) を除いた中間磁石 (1 1 2) のいずれかである特定中間磁石 (1 1 2 A) について、測定方法 (1) による第 1 拡散深さ $\alpha \mu\text{m}$ と、測定方法 (2) による第 2 拡散深さ $\beta \mu\text{m}$ が、 $0.35 \leq \beta/\alpha \leq 0.50$ を満たす。条件 (3) ~ (6) を満たす第 1 領域 (R 1) における重希土類元素の量を γ 質量% とし、条件 (7) ~ (8) を満たす第 2 領域 (R 2) における重希土類元素の量を δ 質量% とした場合に、 $\gamma/\delta \geq 5.0$ を満たす。

明 細 書

発明の名称： 積層磁石及びモーター

技術分野

[0001] 本開示は、積層磁石及びモーターに関する。

背景技術

[0002] 特許文献1は、希土類永久磁石の製造方法を開示する。この希土類永久磁石の製造方法は、希土類元素のフッ化物を含有する粉末を当該焼結磁石体の表面に存在させた状態で、当該焼結磁石体及び粉末を当該焼結磁石体の焼結温度以下の温度で熱処理を施すことにより、当該粉末に含まれていた希土類元素を当該焼結磁石体に吸収させる。

また、複数の希土類磁石を用いた、積層磁石も提案されている（例えば、特許文献2－3）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2008-147634号公報

特許文献2：特開2007-266200号公報

特許文献3：特開2020-41022号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 近年、積層磁石には種々の要求がある。例えば、過剰に重希土元素を使用することなく効率よく耐熱性を持たせることが可能な新規な積層磁石が望まれている。

本開示は、上記実情を鑑みてなされたものであり、過剰に重希土元素を使用することなく効率よく耐熱性を持たせることが可能な新規な積層磁石を提供することを目的とする。本開示は、以下の形態として実現することが可能である。

課題を解決するための手段

[0005] 〔１〕 上底面、下底面、及び側面を有し、希土類元素を含む板磁石が３以上用いられてなり、

前記板磁石と、絶縁接合層と、が交互に積層された積層磁石であって、

前記板磁石のうち、最上位に位置する最上位磁石及び最下位に位置する最下位磁石を除いた中間磁石のいずれかである特定中間磁石について、

前記積層磁石の重心を通り積層方向に延びる仮想直線を取り、前記仮想直線を含む仮想平面で、前記積層磁石の断面積が最も小さくなるように切断した断面を観察した場合に、

以下の測定方法（１）による第１拡散深さ $\alpha \mu\text{m}$ と、以下の測定方法（２）による第２拡散深さ $\beta \mu\text{m}$ が、

$$0.35 \leq \beta / \alpha \leq 0.50$$

を満たし、

下記条件（３）～（６）を満たす第１領域における重希土類元素の量を γ 質量％とし、

下記条件（７）～（８）を満たす第２領域における前記重希土類元素の量を δ 質量％とした場合に、

$$\gamma / \delta \geq 5.0$$

を満たす、積層磁石。

測定方法（１）：前記断面に現れる前記特定中間磁石の平面図形の重心を通り、かつ前記積層方向に延びる直線上を、前記上底面から平面図形の重心までの間についてライン分析し、その間の最大強度が１となるように規格化した前記重希土類元素の強度の第１プロファイルを得る。前記上底面の位置と、前記重希土類元素の強度がはじめて０．７となる位置との距離を第１拡散深さ $\alpha \mu\text{m}$ とする。

測定方法（２）：前記断面に現れる前記特定中間磁石の平面図形の重心を通り、かつ前記積層方向と直交する方向に延びる直線上を、前記側面から平面図形の重心までの間についてライン分析し、その間の最大強度が１となるように規格化した前記重希土類元素の強度の第２プロファイルを得る。前記側

面の位置と、前記重希土類元素の強度がはじめて0.7となる位置との距離を第2拡散深さ $\beta \mu\text{m}$ とする。

条件(3)：前記第1領域は、前記特定中間磁石と前記絶縁接合層との界面から前記特定中間磁石側に存在する。

条件(4)：前記第1領域は、前記積層方向に $10 \mu\text{m}$ 、かつ前記積層方向に直交する方向に $50 \mu\text{m}$ の長方形である。

条件(5)：前記断面に現れる前記特定中間磁石の平面図形の重心を通り、かつ前記積層方向に延びる直線を引くと、前記長方形の中心は、前記直線上に存在する。

条件(6)：前記長方形は、前記絶縁接合層に接している。

条件(7)：前記第2領域は、前記積層方向に $10 \mu\text{m}$ 、かつ前記積層方向に直交する方向に $50 \mu\text{m}$ の長方形である。

条件(8)：前記長方形の中心は、前記断面に現れる前記特定中間磁石の平面図形の重心に位置する。

発明の効果

[0006] 本開示によれば、過剰に重希土元素を使用することなく効率よく耐熱性を持たせることが可能な新規な積層磁石を提供できる。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]積層磁石の一例を模式的に表す斜視図である。

[図2]積層磁石の上面図である。

[図3]図2の積層磁石を仮想平面で切断した断面図である。

[図4]図3の一部を拡大して示す拡大図である。

[図5]板磁石における第1拡散深さと第2拡散深さの測定方法を説明するための図である。

[図6]特定中間磁石における第1領域と第2領域を説明するための図である。

[図7]特定中間磁石における第1領域を説明するための図である。

[図8]板磁石と絶縁接合層の界面付近を拡大して示す拡大図である。

[図9]磁石の平均配向度の測定方法を説明するための図である。

[図10]積層磁石の他の例1を模式的に表す斜視図である。

[図11]積層磁石の他の例1の上面図である。

[図12]図10の積層磁石を仮想平面で切断した断面図である。

[図13]他の例1において、板磁石の平均配向度の測定方法を説明するための図である。

[図14]平均配向度を測定するための各部分を模式的に表す図である。

[図15]モーターの一部を模式的に表す断面図である。

[図16]ローターの平面図である。

発明を実施するための形態

[0008] ここで、本開示の望ましい例を示す。

〔2〕 前記特定中間磁石では、前記上底面と前記側面の角部、又は前記下底面と前記側面の角部が、前記重希土類元素の量が最大となる部位となっている、〔1〕に記載の積層磁石。

〔3〕 前記板磁石と前記絶縁接合層との前記界面から前記特定中間磁石側の深さ10 μ mまでの範囲には、周期表第2A族金属元素が存在している、〔1〕又は〔2〕に記載の積層磁石。

〔4〕 金属元素のフッ化物粒子が、前記重希土類元素と2種以上の金属成分を含む相と接している、〔1〕から〔3〕のいずれかに記載の積層磁石。

〔5〕 前記フッ化物粒子の平均粒子径は、2.0 μ m以上8.0 μ m以下である、〔4〕に記載の積層磁石。

〔6〕 〔1〕から〔5〕のいずれかに記載の積層磁石を有する、モーター。

[0009] 以下、本開示を詳しく説明する。なお、本明細書において、数値範囲について「－」を用いた記載では、特に断りがない限り、下限値及び上限値を含むものとする。例えば、「10－20」という記載では、下限値である「10」、上限値である「20」のいずれも含むものとする。すなわち、「10－20」は、「10以上20以下」と同じ意味である。また、本明細書にお

いて、各数値範囲の上限値及び下限値は、任意に組み合わせることができる。以下、各図におけるZ軸方向は、積層磁石10の積層方向（第1の方向）である。Z軸方向と直交する一方向をX軸方向（第2の方向とも称する）とし、Z軸方向及びX軸方向と直交する方向をY軸方向とする。

[0010] 1. 積層磁石10

図1から図3に示すように、積層磁石10は、希土類元素を含む板磁石11が3以上用いられている。板磁石11は、上底面11A1、下底面11A2、及び側面11Bを有する。積層磁石10は、板磁石11と、絶縁接合層13と、が交互に積層されている。積層磁石10の重心G1を通り積層方向に延びる仮想直線L1をとり、仮想直線L1を含む仮想平面VPで、積層磁石10の断面積が最も小さくなるように切断した断面を観察した場合に、板磁石11のうち、最上位に位置する最上位磁石111及び最下位に位置する最下位磁石113を除いた中間磁石112のいずれかである特定中間磁石112Aについて、測定方法（1）による第1拡散深さ $\alpha \mu\text{m}$ と、測定方法（2）による第2拡散深さ $\beta \mu\text{m}$ が、

$$0.35 \leq \beta / \alpha \leq 0.50$$

を満たす。

条件（3）～（6）を満たす第1領域R1における重希土類元素の量を γ 質量%とし、

条件（7）～（8）を満たす第2領域R2における重希土類元素の量を δ 質量%とした場合に、

$$\gamma / \delta \geq 5.0$$

を満たす。

測定方法（1）：断面に現れる特定中間磁石112Aの平面図形の重心G2を通り、かつ積層方向に延びる直線L2上を、上底面11A1から平面図形の重心G2までの間についてライン分析し、その間の最大強度が1となるように規格化した重希土類元素の強度の第1プロファイルを得る。上底面11A1の位置と、重希土類元素の強度がはじめて0.7となる位置との距離を

第1拡散深さ $\alpha \mu\text{m}$ とする。

測定方法(2)：断面に現れる特定中間磁石112Aの平面図形の重心G2を通り、かつ積層方向と直交する方向に延びる直線L3上を、側面11Bから平面図形の重心G2までの間についてライン分析し、その間の最大強度が1となるように規格化した前記重希土類元素の強度の第2プロファイルを得る。側面11Bの位置と、重希土類元素の強度がはじめて0.7となる位置との距離を第2拡散深さ $\beta \mu\text{m}$ とする。

条件(3)：前記第1領域は、前記特定中間磁石と前記絶縁接合層との界面から前記特定中間磁石側に存在する。

条件(4)：前記第1領域は、前記積層方向に $10 \mu\text{m}$ 、かつ前記積層方向に直交する方向に $50 \mu\text{m}$ の長方形である。

条件(5)：前記断面に現れる前記特定中間磁石の平面図形の重心を通り、かつ前記積層方向に延びる直線を引くと、前記長方形の中心は、前記直線上に存在する。

条件(6)：前記長方形は、前記絶縁接合層に接している。

条件(7)：前記第2領域は、前記積層方向に $10 \mu\text{m}$ 、かつ前記積層方向に直交する方向に $50 \mu\text{m}$ の長方形である。

条件(8)：前記長方形の中心は、前記断面に現れる前記特定中間磁石の平面図形の重心に位置する。

[0011] (1) 板磁石11

板磁石11は、希土類元素を含む永久磁石である。板磁石11は、良好な磁気特性を有する観点から、希土類焼結磁石が好ましい。

[0012] 板磁石11の組成は、希土類元素を含む限り特に限定されない。板磁石11の総希土類元素量は、磁束密度を高くする観点から、31.0質量%以下であることが好ましく、29.5質量%以下であることが好ましい。板磁石11の総希土類元素量の下限値は、例えば、27質量%以上であり、28質量%以上、28.5質量%以上であってもよい。板磁石11の総希土類元素量は、蛍光X線分析によって測定できる。総希土類元素量は、板磁石11や

絶縁接合層 1 3 の原料に 含まれる希土類元素の含有量を変えることにより調整できる。

[0013] 板磁石 1 1 としては、例えば希土類元素 (R)、遷移金属元素 (T)、及びホウ素 (B) を含む磁石が挙げられる。このような磁石は、R-T-B 系の磁石とも称される。

[0014] 希土類元素は、例えば、ネオジム (Nd)、プラセオジウム (Pr)、テルビウム (Tb)、ジスプロシウム (Dy)、サマリウム (Sm)、イットリウム (Y)、スカンジウム (Sc)、ランタン (La)、セリウム (Ce)、ユーロピウム (Eu)、ガドリニウム (Gd)、ホルミウム (Ho)、イッテルビウム (Yb)、及びルテチウム (Lu) からなる群より選ばれる 1 種以上が挙げられる。これらの中でも、希土類元素として、Nd、Pr、Dy、及び Tb の 1 種以上を含むことが好ましく、Nd を主成分として含むことがより好ましい。なお、Nd を主成分とするとは、希土類元素において Nd の含有量 (質量%) が最も多いことを表す。

B の含有量は、板磁石 1 1 全体の 0.1 質量%以上 3 質量%以下が好ましく、0.5 質量%以上 1.5 質量%以下がより好ましい。

[0015] 遷移金属元素は、例えば、鉄 (Fe)、コバルト (Co)、及びニッケル (Ni) からなる群より選ばれる 1 種以上が挙げられる。これらの中でも、磁気特性の観点から、遷移金属元素として、Fe 及び Co の 1 種以上を含むことが好ましく、Fe を主成分として含むことがより好ましい。なお、Fe を主成分とするとは、遷移金属元素において Fe の含有量 (質量%) が最も多いことを表す。

遷移金属元素の含有量は、板磁石 1 1 全体の 60 質量%以上が好ましく、65 質量%以上がより好ましい。遷移金属元素の上限値は特に限定されず、例えば、板磁石 1 1 全体の 73 質量%以下とすることができる。また、Fe 及び Co を含む場合において、Fe の一部が Co で置換されていてもよい。例えば、Fe と Co の合計を 100 質量%とした場合の Co の含有量は、0 質量%より多く 1 質量%以下とすることができる。

[0016] 板磁石 11 は、上記の元素以外の元素（以下、その他の元素とも称する）を含んでいてもよい。その他の元素としては、アルミニウム（Al）、銅（Cu）、亜鉛（Zn）、インジウム（In）、ケイ素（Si）、リン（P）、硫黄（S）、チタン（Ti）、バナジウム（V）、クロム（Cr）、マンガ（Mn）、ニッケル（Ni）、ガリウム（Ga）、ゲルマニウム（Ge）、ジルコニウム（Zr）、ニオブ（Nb）、モリブデン（Mo）、パラジウム（Pd）、銀（Ag）、カドミウム（Cd）、スズ（Sn）、アンチモン（Sb）、ハフニウム（Hf）、タンタル（Ta）、タングステン（W）からなる群より選ばれる 1 種以上が挙げられる。

その他の元素の含有量は、板磁石 11 全体の 0 質量%以上 3 質量%以下が好ましい。

[0017] 板磁石 11 は、保磁力を向上させる観点から、板磁石 11 の表面の少なくとも一部から板磁石 11 内部に向かって、重希土類元素の濃度が減少する領域を有することがより好ましい。図 4 においては、重希土類元素の濃度減少を網掛けの濃淡で表している。重希土類元素の濃度が高い部位は、濃い網掛けで示され、他方、濃度が低い部位は、薄い網掛けで示されている。重希土類元素の濃度が減少する領域を有する構成によれば、磁気特性を確保しつつ、重希土類元素の添加量低減に寄与できる。重希土類元素は、テルビウム（Tb）、ジスプロシウム（Dy）、ガドリニウム（Gd）、ホルミウム（Ho）、ユーロピウム（Eu）、ツリウム（Tm）、イッテルビウム（Yb）、及びルテチウム（Lu）からなる群より選ばれる 1 種以上が挙げられる。これらの中でも上記の重希土類元素は、Dy 及び Tb の 1 種以上であることが好ましい。

なお、板磁石 11 における重希土類元素の濃度が減少する領域は、例えば、板磁石 11 の表面に重希土類元素を含む原料を塗布し、熱処理して形成できる。詳細については、後に説明する。

[0018] 板磁石 11 は、例えば、 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ の主相と、主相よりも希土類元素の含有量が多い希土類リッチ相と、を有していることが好ましい。板磁石 11

は、主相よりもホウ素の含有量が多いホウ素リッチ相を更に有していてもよい。主相は、通常、正方晶系の結晶構造を有している。例えば上述の $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ は、正方晶系の結晶構造を有している。

なお、板磁石 11 の主相は、板磁石 11 を XRD (X-ray diffraction) 分析して、ピーク強度が最も大きい成分として特定できる。すなわち、 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ のピーク強度が最も大きい場合に、板磁石 11 が $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ の主相を有すると判別できる。

[0019] 板磁石 11 の平均配向度は、90%以上であることが好ましく、95%以上であることがより好ましい。板磁石 11 の平均配向度は、高ければ高いほど良いが、通常 99.5%以下である。なお、図 2 及び図 3 において、白抜き矢印は配向方向を表す。複数の板磁石 11 は、例えば、図 3 に示すように配向方向と直交する方向に並べて用いることができる。

[0020] 板磁石 11 の平均配向度は、例えば次のようにして求める。

板磁石 11 が、例えば図 1, 9 に示されるように、直方体状（四角柱状）の場合には、測定器に対応するサイズに切り出して測定する。例えば、図 9 の板磁石 11 の長方形の底面において、長辺上の一端から他端の複数の点 P_n における法線 N_n を中心とした 1 mm 幅の各部分の平均配向度として求める。複数の点 P_n の数は、特に限定されない。図 9 において、5 つの点 $P_1 - P_5$ と、各点 $P_1 - P_5$ における法線 $N_1 - N_5$ が示される。板磁石 11 のサイズが十分に小さい場合には、複数の点 P_n の数は、2 つでもよいが、5 つ以上が好ましい。複数の点 P_n の数は、通常 10 以下である。測定器としては、例えば、パルス式高磁界測定器（磁場：4 T）を用いることができる。切り出した部分が測定器に入らない場合には、切り出した部分の中央部において測定器に入るサイズのサンプルを切り出す。

[0021] 板磁石 11 が、例えば図 10, 13 に示されるように、凸の曲形状である場合には、第 1 の方向（Z 軸方向）から見た板磁石 11 の外周のうち、凸側の曲線 C_1 上の一端から他端の複数の点 P_n における法線 N_n を中心とした 1 mm 幅の各部分の平均配向度として求める。複数の点 P_n の数は、特に限

定されない。板磁石 1 1 のサイズが十分に小さい場合には、複数の点 P_n の数は、2 つでもよいが、5 つ以上が好ましい。複数の点 P_n の数は、通常 10 以下である。なお、板磁石 1 1 が凸の曲形状である場合において、曲線 C_1 の曲率半径は一定に限られず、変化してもよい。

[0022] 以下、板磁石 1 1 が凸の曲形状である場合の平均配向度の算出方法について図 1 3, 1 4 を参照しつつ具体的に説明する。Z 軸方向から見た板磁石 1 1 の外周のうち、凸側の曲線を曲線 C_1 とし、曲線 C_1 と対向する辺を辿る線を対向線 C_2 とする。

まず、図 1 3 に示すように、複数の点 P_n を特定する。本実施形態では 5 つの点 $P_1 - P_5$ を特定する。板磁石 1 1 において、凸側の曲線 C_1 の一端（例えば左端）から 5 mm 以内の位置と、他端（例えば右端）から 5 mm 以内の位置に両端部の点 P_1, P_5 をとる。曲線 C_1 における両端部の点 P_1, P_5 までの間を等間隔に分ける位置（本実施形態では 4 等分する位置）に、一端側から順に複数の点（本実施形態では点 $P_2 - P_4$ ）をとる。なお、本実施形態の点 P_3 は、曲線 C_1 の真ん中に位置する。

[0023] 曲線 C_1 において、各点 $P_1 - P_5$ における法線 $N_1 - N_5$ を特定する。板磁石 1 1 から、法線 N_n を中心とした 1 mm 幅の部分 1 2 を切り出す。各部分 1 2 は、例えば、図 1 4 に示すように、略四角柱状となる。なお、実際には、図 1 4 の上底面は湾曲した面である。各部分 1 2 の配向度は、例えば、パルス式高磁界測定器（磁場：4 T）によりそれぞれ測定する。切り出した部分が測定器に入らない場合には、切り出した部分の中央部において測定器に入るサイズのサンプルを切り出す。各部分 1 2 の配向度の平均値を平均配向度として算出する。

[0024] なお、板磁石 1 1 の平均配向度は、例えば、後述の配向工程において、印加する磁場を適宜設計することで、コントロールできる。例えば、板磁石 1 1 が凸の曲形状である場合であっても、後述の配向工程において、板磁石 1 1 の曲線 C_1 の法線方向に拡がる磁場を印加することで、上記の平均配向度 90% 以上を実現できる。

[0025] 板磁石 1 1 は、より厚みが大きいブロック状の磁石に比して、表面から最深部までの距離が小さい。よって、板磁石 1 1 は、重希土類元素を粒界拡散させた場合に、重希土類元素を内部まで拡散させ易く好適である。板磁石 1 1 であれば、複数の板磁石 1 1 と絶縁接合層 1 3 が積層された積層磁石として好適に用いることができる。図 1 の積層磁石 1 0 は、板磁石 1 1 の厚み方向を積層方向として、複数の板磁石 1 1 が積層されている。この積層磁石は、板磁石 1 1 と絶縁接合層 1 3 が交互に積層されている。積層磁石では、各板磁石 1 1 は、磁石素体とも称されることがある。なお、図 1 及び図 2 の板磁石 1 1 は、上方（Z 軸方向）から見て矩形状をなしている。板磁石 1 1 は、上方から見て矩形状以外の形状であってもよく、例えば、図 1 0 及び図 1 1 のように、上方からみて一方向（図 1 1 の X 軸方向における正方向、図 1 1 では上方向）に凸の曲形状（いわゆる円弧状等）であってもよい。

[0026] 板磁石 1 1 の厚みは、好ましくは 0.5 mm 以上 4.0 mm 以下であり、より好ましくは 1.2 mm 以上 2.5 mm 以下である。板磁石 1 1 の厚みが 0.5 mm 以上であれば、平均配向度を確保しつつ、板磁石 1 1 を形成し易い。板磁石 1 1 の厚みが 4.0 mm 以下であれば、重希土類元素を内部まで拡散させ易い。また、厚みが 4.0 mm 以下であれば、積層磁石 1 0 内部の渦電流損失を好適に低減できる。板磁石 1 1 における厚みと直交する方向の寸法は特に限定されない。例えば、板磁石 1 1 は、厚み 0.5 mm 以上 4.0 mm 以下、縦 4 mm 以上 10 mm 以下、横 10 mm 以上 30 mm 以下とすることができる。

[0027] （2）絶縁接合層 1 3

絶縁接合層 1 3 は、特に限定されない。絶縁接合層 1 3 は、好ましくは無機結晶を主成分とする。なお、無機結晶を主成分とするとは、絶縁接合層 1 3 において無機結晶の含有量が 50 質量%以上であることを表す。なお、絶縁接合層 1 3 において無機結晶の含有量は、80 質量%以上であることが好ましく、90 質量%以上であることがより好ましく、100 質量%であってもよい。

なお、絶縁接合層 13 の組成は以下の手法で分析できる。無機結晶の存在は微小 X 線分析又は XRD 分析により求め、EPMA (Electron Probe Micro Analyser) の組成分析と組み合わせて無機結晶の含有量を算出する。

[0028] 絶縁接合層 13 は、渦電流損失低減の観点から、無機結晶として CaF_2 、 BaF_2 、 SrF_2 、 MgF_2 、 Al_2O_3 、 ZrO_2 、 Dy_2O_3 、 Tb_2O_3 、 Nd_2O_3 、 TbF_3 、 DyF_3 、 LiF 、 SiO_2 、 BN 、 ZrB_2 、 Si_3N_4 、 TiB_2 、 Pr_2O_3 、及び SiC からなる群より選ばれる 1 種以上を含むことが好ましい。

絶縁接合層 13 は、渦電流損失低減の観点から、無機結晶として、周期表第 2 A 族フッ化物を少なくとも含むことが好ましい。絶縁接合層 13 は、周期表第 2 A 族フッ化物として、 CaF_2 、 BaF_2 、 SrF_2 、及び MgF_2 からなる群より選ばれる 1 種以上を少なくとも含むことがより好ましい。絶縁接合層 13 は、これらの中でも、 CaF_2 を含むことが特に好ましい。

絶縁接合層 13 は、無機結晶全体を 100 質量%とした場合に、無機結晶としての周期表第 2 A 族フッ化物を 80 質量%以上含むことが好ましく、90 質量%以上含むことがより好ましく、95 質量%以上含むことが更に好ましい。上記の周期表第 2 A 族フッ化物の含有量の上限値は特に限定されず、例えば 100 質量%であってもよい。

[0029] 絶縁接合層 13 が、周期表第 2 A 族フッ化物を主成分とする場合において、絶縁接合層 13 の原料には、周期表第 2 A 族フッ化物とともに、上記の重希土類元素の化合物が含まれていることが好ましい。絶縁接合層 13 の原料に、上記の重希土類元素の化合物が含まれていれば、板磁石 11 に重希土類元素を好適に拡散させ得る。なお、絶縁接合層 13 の原料に含まれる重希土類元素は、熱処理を経て、板磁石 11 内に拡散する。このため、得られた積層磁石 10 の絶縁接合層 13 には、重希土類元素はほぼ含まれていない。

絶縁接合層 13 の原料における周期表第 2 A 族フッ化物と、重希土類元素の化合物との質量比は、特に限定されない。絶縁接合層 13 の原料における

周期表第2A族フッ化物と、重希土類元素の化合物との質量比は、例えば、 $20:80-40:60$ とすることができる。

[0030] 絶縁接合層13の配置は、例えば次のようにされている。

絶縁接合層13は、板磁石11の表面の全体を覆う形態で配置されているもよい（図3参照）。図3の例では、いずれの板磁石11も、上下両方の主面11A及び両側の側面11Bが絶縁接合層13で覆われており、絶縁接合層13は、板磁石11の表面の全体を覆う形態で配置されている。絶縁接合層13は、板磁石11の表面の一部を覆う形態で配置されているもよい。

[0031] 絶縁接合層13は、板磁石11に直接接触するようにして設けられている。また、絶縁接合層13は、両側に位置する板磁石11、11を接合（接着）する。このような積層磁石10は、ホットプレスによって好適に形成できる。なお、ホットプレスの条件等については後に説明する。

[0032] 絶縁接合層13は、各板磁石11の磁場の配向方向（例えば図3のX軸方向、図3の白抜き矢印の方向）に沿って設けられていてもよく、配向方向（例えば図3のX軸方向）と交差する方向（例えば、図3のZ軸方向）に沿って設けられていてもよい。なお、図15に示すように、積層磁石10がモーター用磁石等として用いられる場合には、渦電流損失を効率よく低減する観点から、絶縁接合層13は、板磁石11の配向方向（図15のX軸方向）に沿って設けられていることが好ましい。このような構成によれば、ステーター31で生じた磁束が積層磁石10を通過する方向（図15のX軸方向）に対して絶縁接合層13が略平行に配置されるから、効果的に渦電流損失を低減できる。

[0033] 絶縁接合層13の厚みTは特に限定されない。絶縁接合層13の厚みTは、絶縁性を十分に確保する観点から、好ましくは $5\mu\text{m}$ 以上であり、より好ましくは $9\mu\text{m}$ 以上であり、更に好ましくは $12\mu\text{m}$ 以上である。絶縁接合層13の厚みTは、磁気特性を確保する観点から、好ましくは $30\mu\text{m}$ 以下であり、より好ましくは $25\mu\text{m}$ 以下であり、更に好ましくは $18\mu\text{m}$ 以下である。これらの観点から、絶縁接合層13の厚みTは、好ましくは $5\mu\text{m}$

以上 $30\ \mu\text{m}$ 以下であり、より好ましくは $9\ \mu\text{m}$ 以上 $25\ \mu\text{m}$ 以下であり、更に好ましくは $12\ \mu\text{m}$ 以上 $18\ \mu\text{m}$ 以下である。

なお、絶縁接合層 13 の厚み T は、例えば、積層磁石 10 の断面を SEM（走査電子顕微鏡）で観察し、絶縁接合層 13 の両側に位置する板磁石 11 の間の距離として測定する（図 4 参照）。

[0034] （３）積層磁石 10 の構成

板磁石 11 は、渦電流損失低減の観点から、第 1 の方向について積層磁石 10 の寸法 $50\ \text{mm}$ 当たり 10 個以上用いられていることが好ましく、20 個以上用いられていることが好ましく、25 個以上用いられていることが好ましい。上記の磁石の数の上限値は特に限定されず、例えば、42 個以下であってもよい。

[0035] （４）重希土類元素の拡散深さ β/α に関する要件

積層磁石 10 は、積層磁石 10 の重心 $G1$ を通り積層方向に延びる仮想直線 $L1$ をとり、仮想直線 $L1$ を含む仮想平面で、積層磁石 10 の断面積が最も小さくなるように切断した断面を観察した場合に、板磁石 11 のうち、最上位に位置する最上位磁石 111 及び最下位に位置する最下位磁石 113 を除いた中間磁石 112 のいずれかである特定中間磁石 112A について、

以下の測定方法（１）による第 1 拡散深さ $\alpha\ \mu\text{m}$ と、以下の測定方法（２）による第 2 拡散深さ $\beta\ \mu\text{m}$ が、

$$0.35 \leq \beta/\alpha \leq 0.50$$

を満たす。

測定方法（１）：断面に現れる特定中間磁石 112A の平面図形の重心 $G2$ を通り、かつ積層方向に延びる直線 $L2$ 上を、上底面 11A1 から平面図形の重心 $G2$ までの間についてライン分析し、その間の最大強度が 1 となるように規格化した重希土類元素の強度の第 1 プロファイルを得る。上底面 11A1 の位置と、重希土類元素の強度がはじめて 0.7 となる位置との距離を第 1 拡散深さ $\alpha\ \mu\text{m}$ とする。

測定方法（２）：断面に現れる特定中間磁石 112A の平面図形の重心 $G2$

を通り、かつ積層方向と直交する方向に延びる直線 L_3 上を、側面 $11B$ から平面図形の重心 G_2 までの間についてライン分析し、その間の最大強度が1となるように規格化した前記重希土類元素の強度の第2プロファイルを得る。側面 $11B$ の位置と、重希土類元素の強度がはじめて0.7となる位置との距離を第2拡散深さ $\beta \mu m$ とする。

[0036] 図1から図3を参照して、積層磁石10を切断した断面について具体的に説明する。積層磁石10において、図1の重心 G_1 を通り積層方向に延びる仮想直線 L_1 は、Z軸方向に延びている。積層磁石10の断面積が最も小さくなるように切断する仮想平面 VP は、図2に示すように、仮想直線 L_1 を含むXZ平面である。なお、仮想直線 L_1 を含みX軸方向と交わる平面で切断した断面は、XZ平面で切断した断面よりも積層磁石10の断面積が大きい。仮想平面 VP で切断した断面には、図3に示すように、板磁石11の切断面が複数表れる。各板磁石11の切断面は長方形の平面図形をなしている。

図10から図12の積層磁石10についても、仮想直線 L_1 はZ軸方向に延びている。仮想平面 VP は、仮想直線 L_1 を含むXZ平面である。仮想平面 VP で切断した断面には、図12に示すように、板磁石11の切断面が複数表れる。板磁石11の各切断面は長方形の平面図形をなしている。

[0037] 図5を参照して、第1拡散深さ $\alpha \mu m$ 及び第2拡散深さ $\beta \mu m$ の測定方法について説明する。第1拡散深さ $\alpha \mu m$ は、例えば、直線 L_2 上をEPMAのラインを分析して測定できる。測定方法(1)では、第1プロファイルとして、横軸が上底面 $11A_1$ からの距離であり、縦軸が重希土類元素の検出強度であるグラフが得られる。重希土類元素の強度は、通常、上底面 $11A_1$ 近傍で最大強度となり、上底面 $11A_1$ からの距離が大きくなるにつれて小さくなる傾向を示す。測定方法(1)のライン分析によって重希土類元素が複数種検出される場合には、測定方法(1)において最も強度が高い重希土類元素のプロファイルを第1プロファイルとする。

第2拡散深さ $\beta \mu m$ は、例えば、直線 L_3 上をEPMAのライン分析をし

て測定できる。測定方法（２）では、第２プロファイルとして、横軸が側面 1 1 B からの距離であり、縦軸が重希土類元素の検出強度であるグラフが得られる。重希土類元素の強度は、通常、側面 1 1 B 近傍で最大強度となり、側面 1 1 B からの距離が大きくなるにつれて小さくなる傾向を示す。測定方法（２）のライン分析によって重希土類元素が複数種検出される場合には、測定方法（１）において最も強度が高い重希土類元素のプロファイルを第２プロファイルとする。

[0038] 上記の β/α の値が 0.50 以下であることは、上底面 1 1 A 1 からの重希土類元素の拡散深さが、側面 1 1 B からの重希土類元素の拡散深さよりも十分に大きいことの一つの指標となる。板磁石 1 1 において、上底面 1 1 A 1 から最深部までの距離は、側面 1 1 B から最深部までの距離よりも小さい。よって、上底面 1 1 A 1 からの重希土類元素の拡散深さを確保することで、所定量の重希土元素を板磁石 1 1 の最深部に向けて十分に拡散させることができる。

上記の β/α の値が 0.35 以上であることは、上底面 1 1 A 1 と下底面 1 1 A 2 との間にも、ある程度重希土元素が存在していることの一つの指標となる。よって、上記の β/α の値が 0.35 以上であれば、板磁石 1 1 の耐熱性を十分に確保できる。

[0039] 上記の第１拡散深さ $\alpha\ \mu\text{m}$ は、特に限定されない。上記の第１拡散深さ $\alpha\ \mu\text{m}$ は、好ましくは $650\ \mu\text{m}$ 以上 $1000\ \mu\text{m}$ 以下であり、より好ましくは $700\ \mu\text{m}$ 以上 $980\ \mu\text{m}$ 以下である。

上記の第２拡散深さ $\beta\ \mu\text{m}$ は、特に限定されない。上記の第２拡散深さ $\beta\ \mu\text{m}$ は、好ましくは $200\ \mu\text{m}$ 以上 $600\ \mu\text{m}$ 以下であり、より好ましくは $250\ \mu\text{m}$ 以上 $500\ \mu\text{m}$ 以下である。

なお、重希土類元素の割合 β/α に関する要件は、複数の特定中間磁石 1 1 2 A の重希土類元素の割合 β/α を算出して、そのうちの少なくとも１つの特定中間磁石 1 1 2 A において満たしていればよい。

[0040] なお、積層磁石 1 0 は、特定中間磁石 1 1 2 A の上底面 1 1 A 1 が絶縁接

合層 1 3 で覆われるとともに、特定中間磁石 1 1 2 A の側面 1 1 B が絶縁接合層 1 3 で覆われていることが好ましい。このような構成によれば、特定中間磁石 1 1 2 A の上底面 1 1 A 1 に塗布された絶縁接合層 1 3 の材料と、特定中間磁石 1 1 2 A の側面 1 1 B に塗布された絶縁接合層 1 3 の材料から板磁石 1 1 に重希土類元素を拡散させ、好適に上記の β / α 値を実現できる。

[0041] β / α の値は、例えば、上底面 1 1 A 1 における絶縁接合層 1 3 の材料の塗布量と、側面 1 1 B における絶縁接合層 1 3 の材料の塗布量を調整して、コントロールできる。上底面 1 1 A 1 における絶縁接合層 1 3 の材料の塗布量が多い程、第 1 拡散深さ $\alpha \mu\text{m}$ が大きくなる傾向にある。側面 1 1 B における絶縁接合層 1 3 の材料の塗布量が多い程、第 2 拡散深さ $\beta \mu\text{m}$ が大きくなる傾向にある。さらに、 β / α の値は、例えば、ホットプレス条件を調整して、コントロールできる。例えば、ホットプレス時の圧力を大きくすることで、第 1 拡散深さ $\alpha \mu\text{m}$ が大きくなる傾向にある。他方、ホットプレス時の圧力を小さくすることで、第 1 拡散深さ $\alpha \mu\text{m}$ が小さくなる傾向にある。また、例えば、ホットプレス時の温度を高くすることで、第 1 拡散深さ $\alpha \mu\text{m}$ が大きくなる傾向にある。他方、ホットプレス時の温度を低くすることで、第 1 拡散深さ $\alpha \mu\text{m}$ が小さくなる傾向にある。また、ホットプレス時の加圧時間を長くすることで、第 1 拡散深さ $\alpha \mu\text{m}$ が大きくなる傾向にある。他方、ホットプレス時の加圧時間を短くすることで、第 1 拡散深さ $\alpha \mu\text{m}$ が小さくなる傾向にある。

[0042] (5) 重希土類元素の割合 γ / δ に関する要件

下記条件 (3) ~ (6) を満たす第 1 領域 R 1 における重希土類元素の量を γ 質量%とし、

下記条件 (7) ~ (8) を満たす第 2 領域 R 2 における前記重希土類元素の量を δ 質量%とした場合に、

$$\gamma / \delta \geq 5.0$$

を満たす。

条件 (3) : 第 1 領域 R 1 は、特定中間磁石 1 1 2 A と絶縁接合層 1 3 との

界面 I から特定中間磁石 1 1 2 A 側に存在する。

条件（４）：第 1 領域 R 1 は、積層方向に $10\ \mu\text{m}$ 、かつ積層方向に直交する方向に $50\ \mu\text{m}$ の長方形である。

条件（５）：断面に現れる特定中間磁石 1 1 2 A の平面図形の重心 G 2 を通り、かつ積層方向に延びる直線 L 2 を引くと、長方形の中心 C T 1 は、直線 L 2 上に存在する。

条件（６）：長方形は、絶縁接合層 1 3 に接している。

条件（７）：第 2 領域 R 2 は、積層方向に $10\ \mu\text{m}$ 、かつ積層方向に直交する方向に $50\ \mu\text{m}$ の長方形である。

条件（８）：長方形の中心 C T 2 は、断面に現れる特定中間磁石 1 1 2 A の平面図形の重心 G 2 に位置する。

[0043] 図 6 及び図 7 を参照して、第 1 領域 R 1 の特定方法について具体的に説明する。図 6 の特定中間磁石 1 1 2 A は上底面 1 1 A 1、下底面 1 1 A 2、及び側面 1 1 B を有している。上底面 1 1 A 1 の上側には、図 7 に示すように絶縁接合層 1 3 が存在している。すなわち、特定中間磁石 1 1 2 A の上底面 1 1 A 1 が、特定中間磁石 1 1 2 A と絶縁接合層 1 3 との界面 I を構成している。特定中間磁石 1 1 2 A と絶縁接合層 1 3 との界面 I は、例えば、E P M A を用いた画像解析にて特定できる。

図 6 に示すように、特定中間磁石 1 1 2 A の平面図形の重心 G 2 を特定する。特定中間磁石 1 1 2 A の平面図形は長方形であるから、特定中間磁石 1 1 2 A の平面図形の重心 G 2 は、平面図形の対角線の交点として特定できる。重心 G 2 を通り Z 軸方向に延びる直線 L 2 を引く。中心 C T 1 が直線 L 2 上に存在する Z 軸方向に $10\ \mu\text{m}$ × X 軸方向に $50\ \mu\text{m}$ の長方形のうち、上辺が絶縁接合層 1 3 に接している長方形を第 1 領域 R 1 として特定する（図 7 参照）。なお、実際の界面 I には図 8 のように凹凸があるが、凹凸の最下部（最も板磁石の中心側の点）を接点とし、積層方向に $10\ \mu\text{m}$ かつ平面方向に $50\ \mu\text{m}$ の長方形を R 1 とする。

なお、特定中間磁石 1 1 2 A の下底面 1 1 A 2 が、特定中間磁石 1 1 2 A

と絶縁接合層 1 3 との界面 I を構成している場合において、下辺が絶縁接合層 1 3 に接している長方形を第 1 領域 R 1 として特定してもよい。

[0044] 図 6 を参照して、第 2 領域 R 2 の特定方法について具体的に説明する。図 6 に示すように、特定中間磁石 1 1 2 A の平面図形の重心 G 2 を特定する。特定中間磁石 1 1 2 A の平面図形は長方形であるから、特定中間磁石 1 1 2 A の平面図形の重心 G 2 は、平面図形の対角線の交点として特定できる。重心 G 2 に中心 C T 2 が存在する Z 軸方向に $10\ \mu\text{m}$ × X 軸方向に $50\ \mu\text{m}$ の長方形を、第 2 領域 R 2 として特定する。

[0045] 重希土類元素の量 γ と、重希土類元素の量 δ は、例えば、積層磁石 1 0 の断面を微小 X 線分析又は X R D 分析して、E P M A の組成分析と組み合わせて算出できる。例えば、E P M A の点分析で各領域を 1 0 点以上測定し、その平均値を当該領域の重希土類元素の量とする。

第 1 領域 R 1 における重希土類元素の量 γ は、特に限定されない。重希土類元素の量 γ は、好ましくは 5.5 質量%以上 7.5 質量%以下である。

第 2 領域 R 2 における重希土類元素の量 δ は、特に限定されない。重希土類元素の量 β は、好ましくは 0.3 質量%以上 1.5 質量%以下である。

なお、重希土類元素の割合 γ/δ に関する要件は、上記の特定中間磁石 1 1 2 A が複数存在する場合において、そのうちの少なくとも 1 つの特定中間磁石 1 1 2 A において満たしていればよい。

[0046] 上記の重希土類元素の割合 γ/δ は、例えば、板磁石 1 1 の厚みや、ホットプレス条件を調整して、コントロールできる。例えば、板磁石 1 1 の厚みを大きくすることで、 γ/δ 値が大きくなる傾向にある。他方、板磁石 1 1 の厚みを小さくすることで、 γ/δ 値が小さくなる傾向にある。例えば、ホットプレス時の温度を高くしつつ加圧時間を短くすることで、 γ/δ 値が大きくなる傾向にある。他方、ホットプレス時の温度を低くしつつ加圧時間を長くすることで、 γ/δ 値が小さくなる傾向にある。

[0047] (6) 重希土類元素の量が最大となる部位に関する要件

特定中間磁石 1 1 2 A では、耐熱性向上の観点から、上底面 1 1 A 1 と側

面 1 1 B の角部 E 1、又は下底面 1 1 A 2 と側面 1 1 B の角部 E 2 が、重希土類元素の量が最大となる部位となっていることが好ましい。特定中間磁石 1 1 2 A の断面の平面図形には、図 5 に示すように、上底面 1 1 A 1 と側面 1 1 B の角部 E 1 が 2 つと、下底面 1 1 A 2 と側面 1 1 B の角部 E 2 が 2 つの計 4 つの角部 E 1、角部 E 1、角部 E 2、角部 E 2 が表れる。重希土類元素の量が最大となる部位は、4 つの角部 E 1、角部 E 1、角部 E 2、角部 E 2 のうち、いずれの角部であってもよい。

[0048] 重希土類元素の量が最大となる部位は、E P M A のライン分析によって特定できる。例えば、特定中間磁石 1 1 2 A の平面図形の 2 つの対角線に沿って、特定中間磁石 1 1 2 A の角部 E 1 から、角部 E 1 と対向する角部 E 2 までライン分析を行う。4 つの角部 E 1、角部 E 1、角部 E 2、角部 E 2 の重希土類元素の量のうち、最大の量を「角部 E 1 又は角部 E 2 の重希土類元素の量」とする。また、特定中間磁石 1 1 2 A の直線 L 2 に沿って、上底面 1 1 A 1 から下底面 1 1 A 2 までライン分析を行う。上底面 1 1 A 1 の重希土類元素の量及び下底面 1 1 A 2 の重希土類元素の量のうち、大きい方の量を「主面 1 1 A の重希土類元素の量」とする。さらに、特定中間磁石 1 1 2 A の直線 L 3 に沿って、両側面 1 1 B、1 1 B 間のライン分析を行う。両側面 1 1 B の重希土類元素の量のうち、大きい方の量を「側面 1 1 B の重希土類元素の量」とする。角部 E 1 又は角部 E 2 の重希土類元素の量が、主面 1 1 A の重希土類元素の量及び側面 1 1 B の重希土類元素の量よりも大きい場合に、角部 E 1 又は角部 E 2 が、重希土類元素の量が最大となる部位となっていると判断できる。なお、主面 1 1 A の重希土類元素の量と側面 1 1 B の重希土類元素の量はいずれが大きくてもよく、同等であってもよい。重希土類元素の拡散深さ β/α に関する要件を満たすうえで、主面 1 1 A の重希土類元素の量が、側面 1 1 B の重希土類元素の量よりも大きいとよい。

なお、重希土類元素の量が最大となる部位に関する要件は、上記の特定中間磁石 1 1 2 A が複数存在する場合において、そのうちの少なくとも 1 つの特定中間磁石 1 1 2 A において満たしていればよい。

[0049] 上記の重希土類元素の量が最大となる部位は、例えば、上底面 1 1 A 1 及び下底面 1 1 A 2 における絶縁接合層 1 3 の材料の塗布量と、側面 1 1 B における絶縁接合層 1 3 の材料の塗布量を調整して、コントロールできる。

[0050] (7) 板磁石 1 1 と絶縁接合層 1 3 との界面 I に関する要件

積層磁石 1 0 は、絶縁性向上の観点から、板磁石 1 1 と絶縁接合層 1 3 との界面 I から板磁石 1 1 側の深さ $10\ \mu\text{m}$ までの範囲に、周期表第 2 A 族金属元素が存在していることが好ましい。周期表第 2 A 族金属元素は、板磁石 1 1 と絶縁接合層 1 3 との界面 I から板磁石 1 1 側の深さ $10\ \mu\text{m}$ までの範囲において、後述する特定の金属相 1 7 A の成分として存在し得る。また、周期表第 2 A 族金属元素は、図 8 に示すように、特定の金属相 1 7 A に含まれる周期表第 2 A 族金属元素のフッ化物粒子 1 4 として存在していてもよい。

[0051] また、積層磁石 1 0 は、結合強度向上の観点から、周期表第 2 A 族金属元素のフッ化物粒子 1 4 等の金属元素のフッ化物粒子が、重希土類元素と 2 種以上の金属成分を含む相 1 7 A（以下、特定の金属相 1 7 A と称する）と接していることも好ましい。金属元素のフッ化物粒子は、周期表第 2 A 族金属元素のフッ化物粒子 1 4 に限定されず、例えば、重希土類元素のフッ化物粒子等であってもよい。特定の金属相 1 7 A は、結合強度をより一層向上する観点から、重希土類元素と 2 種以上の金属成分が合金を形成していることがより好ましい。特定の金属相 1 7 A は、例えば、板磁石 1 1 の表面において表面層 1 7 を構成している。表面層 1 7 の厚みは特に限定されない。表面層 1 7 の厚みは、渦電流損失低減の観点から、好ましくは $10\ \mu\text{m}$ 以上であり、より好ましくは $15\ \mu\text{m}$ 以上であり、更に好ましくは $25\ \mu\text{m}$ 以上である。表面層 1 7 の厚みの上限値は特に限定されず、通常 $40\ \mu\text{m}$ 以下である。金属元素のフッ化物粒子が、特定の金属相 1 7 A と接する態様は特に限定されない。例えば、周期表第 2 A 族金属元素のフッ化物粒子 1 4 は、図 8 に示すように、特定の金属相 1 7 A 内に含まれていてよい。それ以外にも、絶縁接合層 1 3 の表面に露出した金属元素のフッ化物粒子が、特定の金属相 1

7 Aと接していてもよい。

[0052] 図8は、図3の積層磁石10の領域R0を拡大して模式的に示す拡大図である。板磁石11の上底面11A1は、板磁石11と絶縁接合層13との界面Iを構成している。板磁石11と絶縁接合層13との界面Iは、例えば、EPMAを用いた画像解析にて特定できる。

[0053] 金属成分は、例えば、軽希土類元素及び周期表第2A族金属からなる群より選ばれる2種以上である。具体的には、金属成分は、ネオジム(Nd)、プラセオジウム(Pr)、ランタン(La)、サマリウム(Sm)、Ca(カルシウム)、Ba(バリウム)、及びSr(ストロンチウム)からなる群より選ばれる2種以上であることが好ましい。

[0054] 重希土類元素と2種以上の金属成分を含む相17Aとしては、以下の成分の組み合わせを含む相が例示される。

- ・ Tb、Pr、及びNdの組み合わせ
- ・ Tb、La、及びNdの組み合わせ
- ・ Tb、Pr、La、及びNdの組み合わせ
- ・ Tb、Sm、Nd、及びCaの組み合わせ
- ・ Tb、Pr、Nd、及びCaの組み合わせ
- ・ Tb、Dy、Pr、Nd、及びBaの組み合わせ
- ・ Tb、La、Pr、Nd、及びSrの組み合わせ
- ・ Tb、La、Nd、及びCaの組み合わせ

[0055] 上記の重希土類元素は、例えば、絶縁接合層13の原料に含まれる重希土類元素の化合物に由来する。また、金属成分のNdは、例えば、板磁石11におけるNd₂Fe₁₄Bの主相に由来する。金属成分の周期表第2A族金属は、例えば、絶縁接合層13の原料に含まれる周期表第2A族の化合物に由来する。

[0056] 一般的には、板磁石11の総希土類元素量が低い程、板磁石11由来のNd、Prが板磁石11と絶縁接合層13との界面I付近に存在しにくい傾向にある。この理由は、以下のように推測される。すなわち、板磁石11の総

希土類元素量が低い程、主相に由来するNd豊富な成分や、Prを含む成分が、板磁石11の表面に流出しにくくなるためと推測される。本願発明者らは、総希土類元素量が低い（例えば31.0質量%以下）板磁石11を用いた積層磁石10であっても、ホットプレスによってNd、Prを界面I付近に存在させ得ることを新たに見出した。さらに、絶縁接合層13の原料に、周期表第2A族金属元素のフッ化物粒子14及び重希土類元素のフッ化物粒子を用いるとともに、ホットプレスの条件を調整することによって、板磁石11と絶縁接合層13との界面Iに関する要件を充足する本開示の技術を開発した。例えば、ホットプレス時の圧力を大きくしつつ、加圧時間を長くすることで、金属元素のフッ化物粒子が、重希土類元素と2種以上の金属成分を含む特定の金属相17Aと接している構成を好適に形成できる。

[0057] 上記の各元素の有無は、微小X線分析とEPMAの組成分析と組み合わせで判断できる。また、重希土類元素と2種以上の金属成分が合金を形成していることは、格子ひずみ等を検出することにより判断できる。

なお、周期表第2A族金属元素に関する要件は、積層磁石10の断面構造を観察した際に、 $50\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$ の正方形の視野を複数観察して、そのうちの少なくとも1つの視野において満たしていればよい。

[0058] (8) フッ化物粒子の平均粒子径に関する要件

周期表第2A族金属元素のフッ化物粒子14等の金属元素のフッ化物粒子の平均粒子径は、特に限定されない。フッ化物粒子の平均粒子径は、好ましくは $2.0\mu\text{m}$ 以上 $8.0\mu\text{m}$ 以下であり、より好ましくは $2.2\mu\text{m}$ 以上 $6.0\mu\text{m}$ 以下であり、更に好ましくは $2.5\mu\text{m}$ 以上 $4.0\mu\text{m}$ 以下である。フッ化物粒子の平均粒子径が上記の範囲内であると、絶縁抵抗が高くなり渦電流損失を低減できる。また、フッ化物粒子の平均粒子径が上記の範囲内であると、板磁石11と絶縁接合層13とがなじみやすく、板磁石11と絶縁接合層13の密着強度を向上できる。

[0059] 上記のフッ化物粒子の平均粒子径は、例えば、積層磁石10の断面を微小X線分析又はXRD分析して、EPMAを用いた画像解析を行い、フッ化物

粒子の粒子面積から面積円相当径を算出することにより求めることができる。

具体的には、次のようにして平均粒子径を求める。所定の観察視野（例えば、 $50\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$ ）において、欠けることなく観察できる複数のフッ化物粒子に着目する。フッ化物粒子14の各々の粒子画像の面積（投影面積）と等しい面積を有する理想円（真円）の直径（面積円相当径）を各粒子の粒子径として算出する。そして、各粒子の粒子径を算術平均することにより、平均粒子径を求める。

[0060] なお、フッ化物粒子の平均粒子径は、絶縁接合層13の原料として使用する金属元素のフッ化物粒子の平均粒径を調整して、コントロールできる。

[0061] 2. 積層磁石10の製造方法

積層磁石10の製造方法は特に限定されない。積層磁石10として、板磁石11と絶縁接合層13が交互に積層された積層磁石の製造方法の一例を以下に示す。

[0062] (1) SC合金準備工程

希土類元素、遷移金属元素、及びホウ素等を含む原料合金（ストリップキャスト合金（SC合金））を準備する。

[0063] (2) 水素解砕工程

水素雰囲気下で、所定の温度（例えば200度）、所定の時間（例えば1時間～5時間）で、SC合金に水素を吸わせて、SC合金の粒界（Ndリッチ相）を脆化させる。

[0064] (3) 粗粉碎工程、第1の潤滑剤添加工程

水素解砕工程を経たSC合金の粉末を粗粉碎する（粗粉碎工程）。この際、SC合金の粉末に潤滑剤を添加するとよい（第1の潤滑剤添加工程）。この工程は、例えば不活性雰囲気（窒素雰囲気、アルゴン雰囲気等）下で行うとよい。

[0065] (4) 微粉碎工程、第2の潤滑剤添加工程

粗粉碎工程後のSC合金の粉末を、所定の平均粒径D50に微粉碎する（

微粉碎工程)。平均粒径 D_{50} は、例えば、 $2.0\mu\text{m}$ – $3.5\mu\text{m}$ とすることができる。この際、微粉碎した粉末の流動性を良くするために、微粉碎後のSC合金の粉末に潤滑剤を添加してもよい(第2の潤滑剤添加工程)。この工程は、例えば不活性雰囲気(窒素雰囲気、アルゴン雰囲気等)下で行うとよい。

[0066] (5) 粉末充填工程、配向工程、成形工程

微粉碎工程後のSC合金の粉末を、成形型に充填する。この工程は、例えば不活性雰囲気(窒素雰囲気、アルゴン雰囲気等)下で行うとよい。成形型としては、所定の厚みの成形スペースを複数有するものを用いる。各成形スペースは、例えば複数の仕切り板によって仕切られている。粉末充填後の成形型に対して、所定の方向で磁界を印加してSC合金の粉末の配向性を揃える。その後、成形型に充填されたSC合金の粉末を加圧して、SC合金の成形体を成形する。このようにすれば、切断工程を行うことなく、所定の配向度(例えば、平均配向度90%以上)を有し、所定の厚み(例えば、厚み 0.5mm 以上 4.0mm 以下)を有する、SC合金の成形体を得ることができる。

[0067] (6) 型ばらし工程、第1の焼成工程

成形型から成形体を取り出す(型ばらし工程)。成形体を所定の焼成温度(例えば 900°C – 1200°C)で、所定の時間(例えば2時間–5時間)焼成する(第1の焼成工程)。この焼成は、真空中で行うとよい。この焼成に先立って、脱水素のために、焼成温度よりも低い温度での加熱を行ってもよい。

[0068] (7) 絶縁接合層塗布工程

焼成した成形体の表面に絶縁接合層13の原料を塗布する。絶縁接合層13の原料は、例えば、無機結晶成分の原料粉末と、重希土類元素を含む化合物粉末と、溶媒の混合物を用いることができる。絶縁接合層13の原料は、成形体における少なくとも一の主面に塗布するとよく、両主面に塗布してもよい。成形体の主面とは、板磁石11の主面11Aに対応する面である。絶

縁接合層 13 の原料は、成形体の全面、すなわち成形体が板状をなす場合には両主面及び側面に塗布してもよい。

[0069] (8) 積層体仮止め工程

絶縁接合層 13 の原料が塗布された成形体を、所定の枚数積層し、仮止める。以下、仮止めされた成形体の積層物を積層体とも称する。本方法によれば、大きな磁石から切断工程等により板状の磁石を切り出す加工無しで板磁石 11 を製造することが可能である。

[0070] (9) ホットプレス工程

仮止めした積層体をホットプレス型に入れ、一軸加圧のホットプレスを行う。この工程は、例えば、真空雰囲気下（例えば $10^{-3} \text{ Pa} - 10^{-4} \text{ Pa}$ ）、又は、不活性雰囲気下（窒素雰囲気下、アルゴン雰囲気下等）で行うとよい。ホットプレスの温度は、例えば、 $700^{\circ}\text{C} - 1100^{\circ}\text{C}$ とすることができる。ホットプレスの加圧時間は、例えば、1 秒 - 1 時間とすることができる。ホットプレスの圧力は、好ましくは 3 MPa 以上であり、より好ましくは 5 MPa 以上であり、更に好ましくは 8 MPa 以上である。ホットプレスの圧力の上限値は特に限定されず、例えば 100 MPa 以下である。ホットプレスの熱処理時間は、例えば、10 分 - 20 時間とすることができる。

以上の一連の工程により、板磁石 11 と絶縁接合層 13 を備えた積層磁石 10 が製造される。積層磁石 10 は、複数の板磁石 11 が絶縁接合層 13 によって接合され、一体化された状態になっている。

[0071] なお、ホットプレス工程により、塗布した絶縁接合層 13 の原料に含まれる重希土類元素（Tb、Dy 等）を板磁石 11 内部に拡散できる。また、ホットプレス工程により、板磁石 11（例えば $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ ）中の希土類成分（Nd 成分）が板磁石 11 の表面に流出し、板磁石 11 における絶縁接合層 13（例えば CaF_2 含有の層）との界面付近に、Nd リッチ相の表面層 17 を形成できる。また、このホットプレス工程により、絶縁接合層 13 を十分に薄型化することができ、また、絶縁接合層 13 の厚みを均一化できる。

[0072] 以上のようにして得られた積層磁石 10 は、少なくとも一対の板磁石 11

、 11（SC合金の焼結体）の間に絶縁接合層13の原料を挟んだ積層体を、前記絶縁接合層13の原料が潰れる方向に圧力がかかるようにホットプレス（熱間一軸加圧）して製造された積層磁石として捉えることができる。

また、積層磁石10は、第1の板磁石11（SC合金の焼結体）、絶縁接合層13の原料、第2の板磁石11（SC合金の焼結体）をこの順に並べて配置して積層体とし、前記積層体を加熱しつつ、前記第1の板磁石11及び前記第2の板磁石11に対して両側から圧力をかけて製造された積層磁石として捉えることができる。

絶縁接合層13の原料には無機結晶が含まれるとよい。絶縁接合層13の原料は、重希土類元素を含有する成分を更に含んでもよい。例えば、絶縁接合層13の原料は、 CaF_2 と TbF_3 の合計を100質量%とした場合に CaF_2 を20質量%－40質量%含むことが好ましく、 TbF_3 を60質量%－80質量%含むことが好ましい。

[0073] 3. 積層磁石10の用途

積層磁石10の用途は特に限定されない。積層磁石10は、モーター用の磁石として好適である。積層磁石10は、内部に発生する渦電流損失が低く、かつ、経時劣化しにくいから、モーターの小型化、発熱の抑制、耐熱性の向上、及び放熱性の向上の1つ以上の効果に寄与し得る。また、積層磁石10の絶縁接合層13が無機結晶を主成分とする場合には、樹脂等の絶縁接合層に比して、湿度、温度、経時劣化の影響により絶縁性能が変化しにくい。よって、積層磁石10は、絶縁性能が変化しにくいことが望まれる、種々の用途に有用である。

[0074] 以下、積層磁石10を備えるモーター30の一例について、図15及び図16を参照しつつ説明する。なお、モーター30は、ステーター31と、ステーター31の内側に配置されたローター33とを備えている。ローター33には積層磁石10が配置され、ステーター31には巻線（図示せず）が配置されている。図15のモーター30は、内側（回転軸側）に磁石を配置して、外側に巻線を配置したインナーローター型である。モーターは、インナ

一ローター型に限定されない。例えば、モーターは、内側（回転軸側）に巻線を配置して、外側に磁石を配置したアウターローター型であってもよい。

[0075] ローター33は、回転軸34、回転鉄心35、複数の積層磁石10を備える。回転鉄心35は、電磁鋼板を積層して形成されている。回転鉄心35の中心には、軸孔37が形成されている。軸孔37には、回転軸34が挿入されている。回転鉄心35には、周方向に間隔を空けて複数の磁石孔39が形成されている。各磁石孔39には、積層磁石10が挿入されている。

[0076] 4. 本実施形態の作用及び効果

本実施形態の積層磁石10は、過剰に重希土元素を使用することなく効率よく耐熱性を持たせることができる。その理由は、以下のように推測される。なお、本開示はこの推測理由に限定解釈されない。

板磁石11における理想の重希土類拡散状態は、板磁石11を構成する主相（磁石結晶粒）の表面のみにおいて希土類（例えばNd、Pr等）が重希土類元素（例えばTb、Dy等）に置換する状態であると考えられる。例えばNd₂Fe₁₄Bの主相において、(Nd, Tb)Fe₁₄Bへの置換が過剰になると、磁力が低下する。重希土類元素添加による耐熱性向上の効果は、ある程度の重希土類元素の量で、それ以上見込めなくなることが知られている。

本実施形態の積層磁石10は、「(4) 重希土類元素の拡散深さ β/α に関する要件」を満たすとともに、「(5) 重希土類元素の割合 γ/δ に関する要件」を満たすから、重希土類元素の合計量を抑えつつ重希土類元素の理想の重希土類拡散状態に近い構成を実現できる。よって、過剰に重希土元素を使用することなく効率よく耐熱性を持たせることができると推測される。例えば、過剰に重希土類元素を使用しないから、コストの低減や、磁力の低下の抑制に寄与できる。

[0077] 特定中間磁石112Aにおいて、上記の角部E1又は角部E2が、重希土類元素の量が最大となる部位となっている場合には、より一層耐熱性向上に寄与できる。

[0078] また、板磁石 1 1 と絶縁接合層 1 3 との界面 I から板磁石 1 1 側の深さ 10 μm までの範囲に、周期表第 2 A 族金属元素が存在している場合には、周期表第 2 A 族金属元素が存在していない場合に比して、板磁石 1 1 間の絶縁性を向上できる。よって、渦電流損失の低減が期待できる。

[0079] また、金属元素のフッ化物粒子が、重希土類元素と 2 種以上の金属成分を含む相 1 7 A と接している場合には、板磁石 1 1 と絶縁接合層 1 3 のとの結合強度を強固にできる。

[0080] フッ化物粒子の平均粒子径が、2.0 μm 以上 8.0 μm 以下である場合には、板磁石 1 1 間の絶縁性を好適に向上でき、渦電流損失をより一層低減できる。板磁石 1 1 と絶縁接合層 1 3 の界面 I のなじみがよく、板磁石 1 1 と絶縁接合層 1 3 の密着強度が高くできる。

[0081] 以下、実施例により本開示を更に具体的に説明する。

[0082] 1. 実施例 1 - 2 1, 比較例 1 - 5 の積層磁石の作製

(1) S C 合金準備工程

N d / P r 合金、C o、A l、C u、G a、Z r を含む合金、及び金属単体の各主原料を混合し、ストリップキャスト合金 (S C 合金) (例えば、組成: N d₂ F e₁₄ B) をアルゴン雰囲気下で作製した。S C 合金は、板状の粉末であり、主面の寸法が 10 mm × 10 mm - 20 mm × 20 mm であった。表 1 の「板磁石」の「希土類元素」の欄は、板磁石に含まれる希土類元素を示す。

[0083] (2) 水素解砕工程

水素炉 (水素雰囲気、200℃、2 時間) で、S C 合金に水素を吸わせて、S C 合金の粒界 (ネオジムリッチ相) を脆化させた。

[0084] (3) 粗粉碎工程、第 1 の潤滑剤添加工程

水素解砕工程を経た S C 合金の粉末に潤滑剤を添加した。潤滑剤としては、カプリル酸メチルを用いた。潤滑剤の S C 合金の量に対する混合割合は、0.03 質量% - 0.07 質量% とした。S C 合金の粉末に潤滑剤を添加しながら攪拌機を用いて、窒素雰囲気、もしくはアルゴン雰囲気下で粗粉碎し

た。粗粉碎後のＳＣ合金の平均粒径は、 $50\mu\text{m}-500\mu\text{m}$ であった。

[0085] (4) 微粉碎工程、第２の潤滑剤添加工程

潤滑剤を添加した後のＳＣ合金の粉末を、ジェットミルを用いて窒素雰囲気下で微粉碎した。微粉碎後の平均粒径 D_{50} は、 $2.0\mu\text{m}-3.5\mu\text{m}$ であった。

微粉碎後のＳＣ合金の粉末に潤滑剤を添加した。潤滑剤としては、ラウリン酸メチルを用いた。潤滑剤のＳＣ合金の量に対する混合割合は、 0.05 質量％－ 0.1 質量％とした。

[0086] (5) 粉末充填工程、配向工程、成形工程

微粉碎工程、第２の潤滑剤添加工程後のＳＣ合金の粉末を、窒素雰囲気中で、複数の仕切り板が設けられた成形型の各成形スペースに充填した。各成形スペースで成形される各成形体が、後の工程で積層される各磁石に対応する。なお、実施例及び比較例のサンプルにおいて、各磁石は、厚みが表１に記載の厚さであり、縦×横が $5\text{mm}\times 16\text{mm}$ の直方体状であった。

粉末充填後の成形型に対して、各成形体の平面方向（厚み方向に垂直な方向）に磁界（例えば、 5000V ）を印加してＳＣ合金の粉末の配向性を揃えた。成形型に充填されたＳＣ合金の粉末を加圧して、ＳＣ合金の成形体を成形した。加圧成形の条件は、圧力： $5\text{MPa}-20\text{MPa}$ 、充填密度： $3.0\text{g}/\text{cm}^3-4.0\text{g}/\text{cm}^3$ 、相対密度： $40\%-52\%$ とした。

[0087] (6) 型ばらし工程、第１の焼成工程

成形型から外枠を外し、成形体と仕切り板とが交互に連続したもの（被焼成物）を準備した。脱水素のために、被焼成物（仕切り板がある状態）を、 500°C で、３時間－４時間、 Ar 雰囲気中で加熱した。その後、被焼成物（仕切り板がある状態）を、 $930^\circ\text{C}-1050^\circ\text{C}$ で、３時間保持して、真空雰囲気下で焼成した。

[0088] (7) 絶縁接合層塗布工程

第１の焼成工程後に被焼成物から仕切り板を外して、積層前の磁石の６面に絶縁接合層の原料を塗布した。絶縁接合層の原料には、表１に記載の化合

物粉末 1－3、溶媒の混合物を用いた。絶縁接合層の原料における、化合物粉末 1－3 の配合割合（質量％）は、それぞれ表 1 の配合割合 1－3 のとおりとした。絶縁接合層の原料の塗布厚みは、 $12\mu\text{m}$ 以上 $14\mu\text{m}$ 以下とした。絶縁接合層の原料の塗布は、スプレー法にて大気中で行った。

[0089] （８）積層体仮止め工程

絶縁接合層が塗布された磁石を、大気中で 8 枚－80 枚積層し、仮止めした。積層枚数は、積層磁石としての積層方向の寸法が 50mm になるように調整した。本方法によれば、大きな磁石から切断工程等により板状の磁石を切り出す加工無しで板状の磁石を製造できる。

[0090] （９）ホットプレス工程

仮止めした積層体をホットプレス型に入れ、一軸加圧のホットプレスを行った。各実施例及び比較例のホットプレス条件は、表 1 の通りとした。表 1 中、「雰囲気」の「vac」は真空の条件を表す。ホットプレスの加圧時間は、1 秒－1 時間とし、ホットプレスの熱処理時間は、10 分－20 時間とした。以上により、各実施例及び比較例の積層磁石のサンプルを作製した。

[0091]

[表1]

表 1	板磁石 種類	絶縁接合層						ホットプレスの条件		
		化合物 粉末1	配合 割合1 質量%	化合物 粉末2	配合 割合2 質量%	化合物 粉末3	配合 割合3 質量%	温度 ℃	圧力 MPa	雰囲気
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
実施例1	ネオジム磁石	TbF3	100	—	—	—	—	950	18	vac
実施例2	ネオジム磁石	Dy2O3	100	—	—	—	—	1020	22	vac
実施例3	ネオジム磁石	Tb2O3	100	—	—	—	—	1000	16	vac
実施例4	ネオジム磁石	TbF3	100	—	—	—	—	980	10	vac
実施例5	ネオジム磁石	TbF3	100	—	—	—	—	850	32	vac
実施例6	ネオジム磁石	TbF3	100	—	—	—	—	880	16	vac
実施例7	ネオジム磁石	TbF3	100	—	—	—	—	920	12	vac
実施例8	ネオジム磁石	TbF3	100	—	—	—	—	950	5	vac
実施例9	ネオジム磁石	TbF3	95	Nd2O3	5	—	—	950	19	vac
実施例10	ネオジム磁石	TbF3	95	Nd2O3	5	—	—	950	22	vac
実施例11	ネオジム磁石	TbF3	95	Nd2O3	5	—	—	950	23	vac
実施例12	ネオジム磁石	TbF3	92	La(OH)3	8	—	—	950	25	vac
実施例13	ネオジム磁石	TbF3	90	LaF3	10	—	—	950	25	vac
実施例14	ネオジム磁石	TbF3	90	Sm2O3	10	—	—	950	25	vac
実施例15	ネオジム磁石	TbF3	72	LaF3	28	—	—	950	25	vac
実施例16	ネオジム磁石	TbF3	74	LaF3	26	—	—	950	25	vac
実施例17	ネオジム磁石	TbF3	74	CaF2	26	—	—	950	25	vac
実施例18	ネオジム磁石	TbF3	75	Dy2O3	15	BaF2	10	950	25	vac
実施例19	ネオジム磁石	TbF3	76	LaF3	16	SrF2	8	950	25	vac
実施例20	ネオジム磁石	TbF3	77	CaF2	20	—	—	950	25	vac
実施例21	ネオジム磁石	TbF3	75	CaF2	20	—	—	950	25	vac
比較例1	ネオジム磁石	TbF3	100	—	—	—	—	880	25	vac
比較例2	ネオジム磁石	TbF3	100	—	—	—	—	880	25	vac
比較例3	ネオジム磁石	TbF3	100	—	—	—	—	900	25	vac
比較例4	ネオジム磁石	TbF3	100	—	—	—	—	880	25	vac
比較例5	ネオジム磁石	TbF3	100	—	—	—	—	880	25	vac

[0092] 2. 実施例及び比較例の特性

表 1 及び表 2 に各実施例及び比較例の特性をまとめて記載する。

「重希土類元素の拡散深さ」の「第1 拡散深さ： α 」の欄は、上記の「（4）重希土類元素の拡散深さ β/α に関する要件」で説明した方法で測定した、第1 拡散深さを示す。「第2 拡散深さ： β 」の欄は、上記の「（4）重希土類元素の拡散深さ β/α に関する要件」で説明した方法で測定した、第2 拡散深さを示す。「深さ割合： β/α 」の欄は、上記の「（4）重希土類元素の拡散深さ β/α に関する要件」で説明した方法で算出した、 β/α の値を示す。

[0093] 「重希土類元素の量」の「第1 領域： γ 」の欄は、上記の「（5）重希土類元素の割合 γ/δ に関する要件」で説明した方法で測定した、第1 領域における重希土類元素の量を示す。「第2 領域： δ 」の欄は、上記の「（5）重希土類元素の割合 γ/δ に関する要件」で説明した方法で測定した、第2 領域における重希土類元素の量を示す。「濃度割合： γ/δ 」の欄は、上記の「（5）重希土類元素の割合 γ/δ に関する要件」で説明した方法で算出した、 γ/δ の値を示す。

「重希土類元素の量」の「高濃度部位」の欄は、上記の「（6）重希土類元素の量が最大となる部位に関する要件」で説明した方法で測定した結果を示す。「角部」は、角部E 1 又は角部E 2 の重希土類元素の量が、主面1 1 A の重希土類元素の量及び側面1 1 B の重希土類元素の量よりも大きいことを表す。「主面」は、主面1 1 A の重希土類元素の量が、角部E 1 又は角部E 2 の重希土類元素の量及び側面1 1 B の重希土類元素の量よりも大きいことを表す。「側面」は、側面1 1 B の重希土類元素の量が、角部E 1 又は角部E 2 の重希土類元素の量及び主面1 1 A の重希土類元素の量よりも大きいことを表す。

[0094] 「界面」の「組成」の欄は、上記の「（7）板磁石1 1 と絶縁接合層1 3 との界面に関する要件」で説明した、板磁石と絶縁接合層との界面から板磁石側の深さ1 0 μm までの範囲で検出された元素を表す。「2 A 族金属元素の存在」の欄は、板磁石と絶縁接合層との界面から板磁石側の深さ1 0 μm までの範囲に、2 A 族金属元素が存在する要件の充足性を表す。「特定の金

属相との接合」の欄は、金属元素のフッ化物粒子が、重希土類元素と２種以上の金属成分を含む相と接している要件の充足性を表す。「平均粒子径」は、「（６）フッ化物粒子の平均粒子径に関する要件」で説明した方法で測定した、フッ化物粒子の平均粒子径を示す。

[0095]

[表2]

表2	重希土類元素の拡散深さ				重希土類元素の量				界面			
	第1 拡散深さ : α	第2 拡散深さ : β	深さ 割合 : β/α		第1領域 : γ 質量%	第2領域 : δ 質量%	濃度 割合 : γ/δ	高濃度 部位	組成	2A族 金属元素 の存在	特定の 金属相 との接合	平均 粒子径 μm
	μm	μm	-		質量%	質量%	-	-	-	-	-	μm
実施例1	710	350	0.49		6.0	1.2	5.0	主面	Tb,Nd	非充足	非充足	10.2
実施例2	670	310	0.46		5.8	0.6	9.7	主面	Dy,Nd	非充足	非充足	10.1
実施例3	770	380	0.49		5.9	0.7	8.4	主面	Tb	非充足	非充足	9.4
実施例4	890	270	0.30		7.1	1.2	5.9	側面	Tb,Nd	非充足	非充足	8.9
実施例5	810	360	0.44		6.5	0.8	8.1	主面	Tb,Nd	非充足	非充足	9.3
実施例6	900	420	0.47		6.8	0.5	13.6	角部	Tb,Nd	非充足	非充足	9.1
実施例7	890	440	0.49		7.2	1.1	6.5	角部	Tb,Nd	非充足	非充足	9.2
実施例8	870	420	0.48		6.9	0.8	8.6	角部	Tb,Nd	非充足	非充足	9.3
実施例9	930	460	0.49		6.5	0.8	8.1	角部	Tb,Nd	非充足	非充足	9.3
実施例10	930	450	0.48		6.8	0.7	9.7	角部	Tb,Nd	非充足	非充足	9.1
実施例11	900	440	0.49		6.4	0.6	10.7	角部	Tb,Pr,Nd	非充足	充足	10.1
実施例12	880	420	0.48		6.6	0.7	9.4	角部	Tb,La,Nd	非充足	充足	9.7
実施例13	960	420	0.44		6.1	0.9	6.8	角部	Tb,Pr,La,Nd	非充足	充足	9.5
実施例14	900	420	0.47		7.1	0.9	7.9	角部	Tb,Sm,Nd	非充足	充足	8.2
実施例15	960	430	0.45		6.9	0.9	7.7	角部	Tb,Pr,La,Nd	非充足	充足	1.9
実施例16	960	470	0.49		6.8	0.8	8.5	角部	Tb,Pr,Nd	非充足	充足	8.6
実施例17	950	460	0.48		6.4	0.7	9.1	角部	Tb,Pr,Nd,Ca	充足	充足	8.0
実施例18	900	430	0.48		6.7	0.7	9.6	角部	Tb,Dy,Pr,Nd,Ba	充足	充足	6.5
実施例19	940	450	0.48		6.8	0.7	9.7	角部	Tb,La,Pr,Nd,Sr	充足	充足	3.4
実施例20	930	440	0.47		6.4	0.7	9.1	角部	Tb,La,Nd,Ca	充足	充足	2.0
実施例21	860	410	0.48		6.3	0.8	7.9	角部	Tb,La,Nd,Ca	充足	充足	5.8
比較例1	770	390	0.51		5.9	1.4	4.2	側面	Tb,Nd	非充足	非充足	10.2
比較例2	840	410	0.49		5.8	1.4	4.1	側面	Tb,Nd	非充足	非充足	9.7
比較例3	700	350	0.50		5.7	1.2	4.8	側面	Tb,Nd	非充足	非充足	18.8
比較例4	560	270	0.48		5.8	1.2	4.8	側面	Tb,Nd	非充足	非充足	9.4
比較例5	780	430	0.55		5.8	1.2	4.8	側面	Tb,Nd	非充足	非充足	21.4

[0096] 3. 性能評価

(1) 強度

実施例及び比較例の強度を評価するために、JIS R1601:2008に準拠して3点曲げ強さを測定した。3点曲げ強さが高いことは、板磁石と絶縁接合層との密着強度が高いことの一つの指標となる。

[0097] 評価は以下のようにした。

「A A」…曲げ強さが50Nより大きい

「A」…曲げ強さが40Nより大きく、50N以下

「B」…曲げ強さが20Nより大きく、40N以下

「C」…曲げ強さが20N以下

[0098] (2) 保磁力の評価方法

保磁力 (kA/m) は、パルスB-Hトレーサーにて測定した。測定の評価方向は、積層磁石について、最上位磁石の表面に直交する方向とした。保磁力が高いことは、磁石としての耐熱性が高いことの一つの指標となる。

[0099] 評価は以下のようにした。

「A」…2150 kA/m 以上2400 kA/m 未満

「B」…2000 kA/m 以上2150 kA/m 未満

「C」…2000 kA/m 未満

[0100] (3) 発熱温度の評価

基準となる、5mm×16mm×50mmのブロック磁石を準備した。ブロック磁石と、各実施例及び比較例の積層磁石をモーターに装着して、回転数2000rpm、4000rpm、6000rpm、8000rpmで駆動する試験をした。試験の直後に、レーザーとサーモラベル（登録商標）を用いて、ブロック磁石と、各実施例及び比較例の積層磁石の表面温度を測定した。ブロック磁石の表面温度 (°C) から各実施例及び比較例の積層磁石の表面温度 (°C) を引いた差分値 (°C) を算出し、以下の基準で評価した。差分値 (°C) が低いことは、渦電流損失の低減に有利であることの一つの指標となる。

[0101] 評価は以下のようにした。

「A」…差分値が-20°Cよりも小さい

「B」…差分値が -20°C 以上 -10°C 未満

「C」…差分値が -10°C 以上

[0102] 4. 評価結果

評価結果を表3に記載する。

[表3]

表3

	積層磁石の評価		
	強度	保磁力	発熱温度
実施例1	B	B	B
実施例2	B	B	B
実施例3	B	B	B
実施例4	B	B	B
実施例5	B	B	B
実施例6	B	A	B
実施例7	B	A	B
実施例8	B	A	B
実施例9	B	A	B
実施例10	B	A	B
実施例11	A	A	B
実施例12	A	A	B
実施例13	A	A	B
実施例14	A	A	B
実施例15	A	A	B
実施例16	A	A	B
実施例17	AA	A	A
実施例18	AA	A	A
実施例19	AA	A	A
実施例20	AA	A	A
実施例21	AA	A	A
比較例1	B	C	B
比較例2	B	C	B
比較例3	C	C	C
比較例4	B	C	B
比較例5	C	C	C

[0103] 実施例1－21は、下記要件（a）－（d）を満たしている。

- ・要件（a）：上底面、下底面、及び側面を有し、希土類元素を含む板磁石が3以上用いられてなる。
- ・要件（b）：板磁石と、絶縁接合層と、が交互に積層された積層磁石である。
- ・要件（c）：上記の測定方法（1）による第1拡散深さ $\alpha\mu\text{m}$ と、上記の

測定方法（２）による第２拡散深さ $\beta \mu\text{m}$ が、

$$0.35 \leq \beta / \alpha \leq 0.50$$

を満たす。

・要件（ｄ）：上記条件（３）～（６）を満たす第１領域における重希土類元素の量を γ 質量％とし、上記条件（７）～（８）を満たす第２領域における前記重希土類元素の量を δ 質量％とした場合に、

$$\gamma / \delta \geq 5.0$$

を満たす。

[0104] これに対して、比較例１～５は以下の要件を満たしていない。

比較例１，５は、要件（ｃ）、要件（ｄ）を満たしていない。

比較例２～４は、要件（ｄ）を満たしていない。

[0105] 実施例１～２１は、保磁力の評価が「Ａ」又は「Ｂ」であった。これに対して、比較例１～５は、保磁力の評価が「Ｃ」であった。

実施例１～２１は、過剰に重希土元素を使用することなく効率よく耐熱性を向上できることが示唆された。

[0106] また、実施例１～２１のうち、更に下記要件（ｅ）を満たしている実施例６～２１は、保磁力の評価が「Ａ」であった。要件（ｅ）を満たすことで、より一層、耐熱性を向上できることが示唆された。

要件（ｅ）：特定中間磁石では、上底面と側面の角部、又は下底面と側面の角部が、重希土類元素の量が最大となる部位となっている。

[0107] また、実施例１～２１のうち、更に下記要件（ｆ）を満たしている実施例１１～２１は、強度の評価が「ＡＡ」又は「Ａ」であった。要件（ｆ）を満たすことで、板磁石と絶縁接合層との密着強度を向上できることが示唆された。

要件（ｆ）：金属元素のフッ化物粒子が、重希土類元素と２種以上の金属成分を含む相と接している。

[0108] また、実施例１～２１のうち、更に下記要件（ｇ）を満たしている実施例１７～２１は、強度の評価が「ＡＡ」であり、発熱温度の評価が「Ａ」であ

った。要件（g）を満たすことで、強度を向上できること、渦電流損失を低減できることが示唆された。

要件（g）：フッ化物粒子の平均粒子径は、 $2.0\mu\text{m}$ 以上 $8.0\mu\text{m}$ 以下である。

[0109] 5. 実施例の効果

本実施例は、過剰に重希土元素を使用することなく効率よく耐熱性を持たせることができた。

[0110] 本発明は上記で詳述した実施形態に限定されず、本発明の請求項に示した範囲で様々な変形又は変更が可能である。

符号の説明

- [0111] 1 0…積層磁石
1 1…板磁石
1 1 A 1…上底面
1 1 A 2…下底面
1 1 B…側面
1 3…絶縁接合層
1 4…フッ化物粒子
1 7…表面層
1 7 A…特定の金属相
3 0…モーター
3 1…ステーター
3 3…ローター
3 4…回転軸
3 5…回転鉄心
3 7…軸孔
3 9…磁石孔
1 1 1…最上位磁石
1 1 2…中間磁石

1 1 2 A …特定中間磁石

1 1 3 …最下位磁石

E 1, E 2 …角部

I …界面

請求の範囲

[請求項1]

上底面、下底面、及び側面を有し、希土類元素を含む板磁石が3以上用いられてなり、

前記板磁石と、絶縁接合層と、が交互に積層された積層磁石であって、

前記板磁石のうち、最上位に位置する最上位磁石及び最下位に位置する最下位磁石を除いた中間磁石のいずれかである特定中間磁石について、

前記積層磁石の重心を通り積層方向に延びる仮想直線を取り、前記仮想直線を含む仮想平面で、前記積層磁石の断面積が最も小さくなるように切断した断面を観察した場合に、

以下の測定方法(1)による第1拡散深さ $\alpha \mu\text{m}$ と、以下の測定方法(2)による第2拡散深さ $\beta \mu\text{m}$ が、

$$0.35 \leq \beta / \alpha \leq 0.50$$

を満たし、

下記条件(3)～(6)を満たす第1領域における重希土類元素の量を γ 質量%とし、

下記条件(7)～(8)を満たす第2領域における前記重希土類元素の量を δ 質量%とした場合に、

$$\gamma / \delta \geq 5.0$$

を満たす、積層磁石。

測定方法(1)：前記断面に現れる前記特定中間磁石の平面図形の重心を通り、かつ前記積層方向に延びる直線上を、前記上底面から平面図形の重心までの間についてライン分析し、その間の最大強度が1となるように規格化した前記重希土類元素の強度の第1プロファイルを得る。前記上底面の位置と、前記重希土類元素の強度がはじめて0.7となる位置との距離を第1拡散深さ $\alpha \mu\text{m}$ とする。

測定方法(2)：前記断面に現れる前記特定中間磁石の平面図形の重

心を通り、かつ前記積層方向と直交する方向に延びる直線上を、前記側面から平面図形の重心までの間についてライン分析し、その間の最大強度が1となるように規格化した前記重希土類元素の強度の第2プロファイルを得る。前記側面の位置と、前記重希土類元素の強度がはじめて0.7となる位置との距離を第2拡散深さ $\beta \mu\text{m}$ とする。

条件(3)：前記第1領域は、前記特定中間磁石と前記絶縁接合層との界面から前記特定中間磁石側に存在する。

条件(4)：前記第1領域は、前記積層方向に $10 \mu\text{m}$ 、かつ前記積層方向に直交する方向に $50 \mu\text{m}$ の長方形である。

条件(5)：前記断面に現れる前記特定中間磁石の平面図形の重心を通り、かつ前記積層方向に延びる直線を引くと、前記長方形の中心は、前記直線上に存在する。

条件(6)：前記長方形は、前記絶縁接合層に接している。

条件(7)：前記第2領域は、前記積層方向に $10 \mu\text{m}$ 、かつ前記積層方向に直交する方向に $50 \mu\text{m}$ の長方形である。

条件(8)：前記長方形の中心は、前記断面に現れる前記特定中間磁石の平面図形の重心に位置する。

[請求項2] 前記特定中間磁石では、前記上底面と前記側面の角部、又は前記下底面と前記側面の角部が、前記重希土類元素の量が最大となる部位となっている、請求項1に記載の積層磁石。

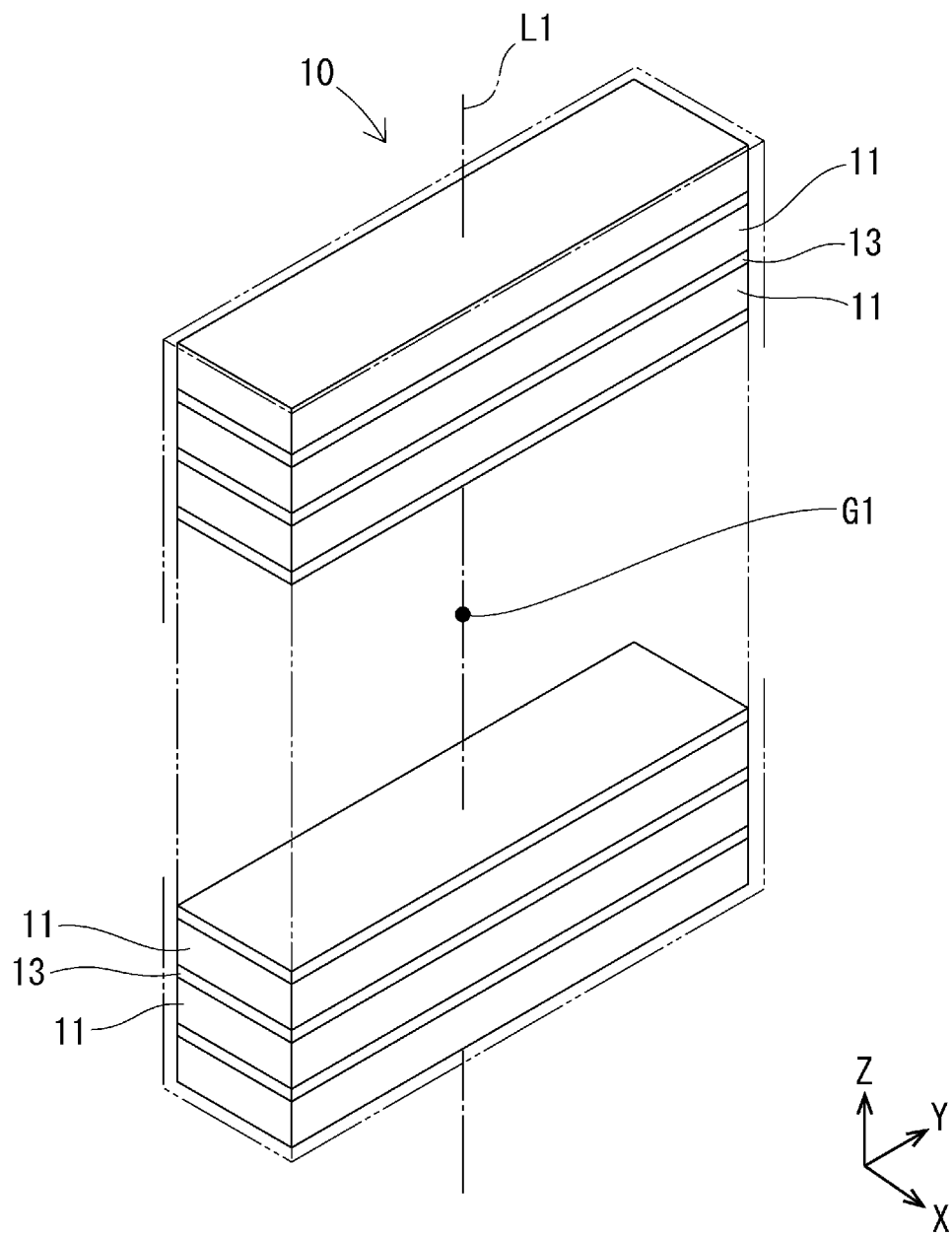
[請求項3] 前記板磁石と前記絶縁接合層との前記界面から前記特定中間磁石側の深さ $10 \mu\text{m}$ までの範囲には、周期表第2A族金属元素が存在している、請求項1又は請求項2に記載の積層磁石。

[請求項4] 金属元素のフッ化物粒子が、前記重希土類元素と2種以上の金属成分を含む相と接している、請求項1又は請求項2に記載の積層磁石。

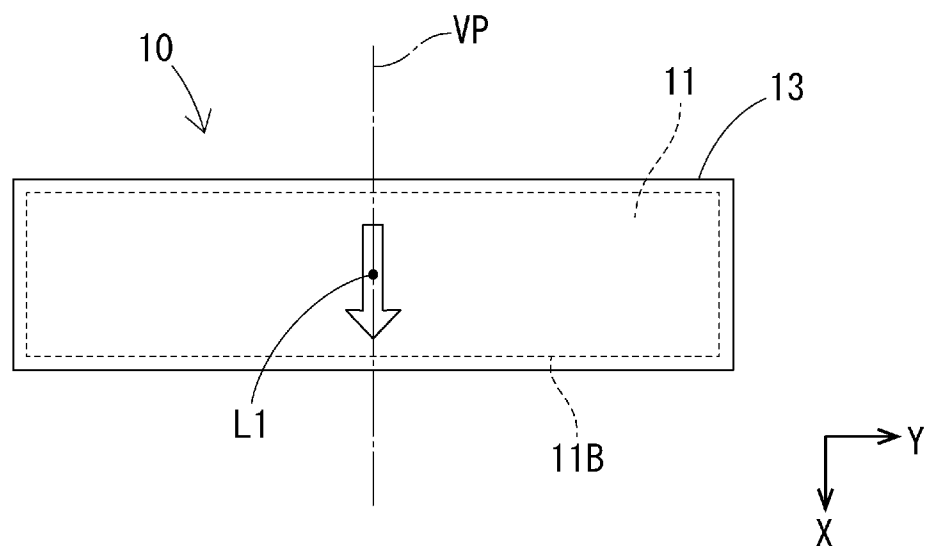
[請求項5] 前記フッ化物粒子の平均粒子径は、 $2.0 \mu\text{m}$ 以上 $8.0 \mu\text{m}$ 以下である、請求項4に記載の積層磁石。

[請求項6] 請求項1又は請求項2に記載の積層磁石を有する、モーター。

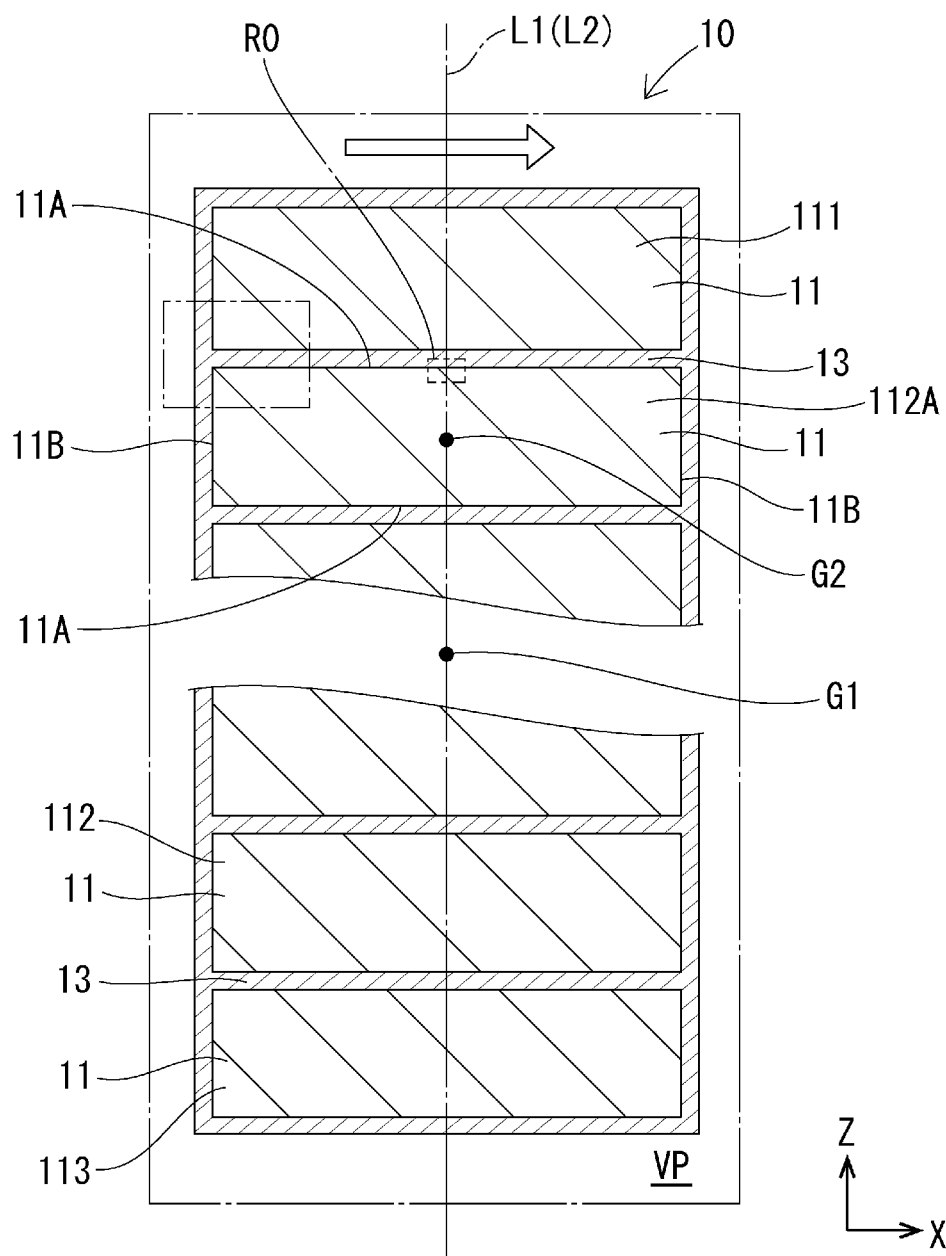
[図1]



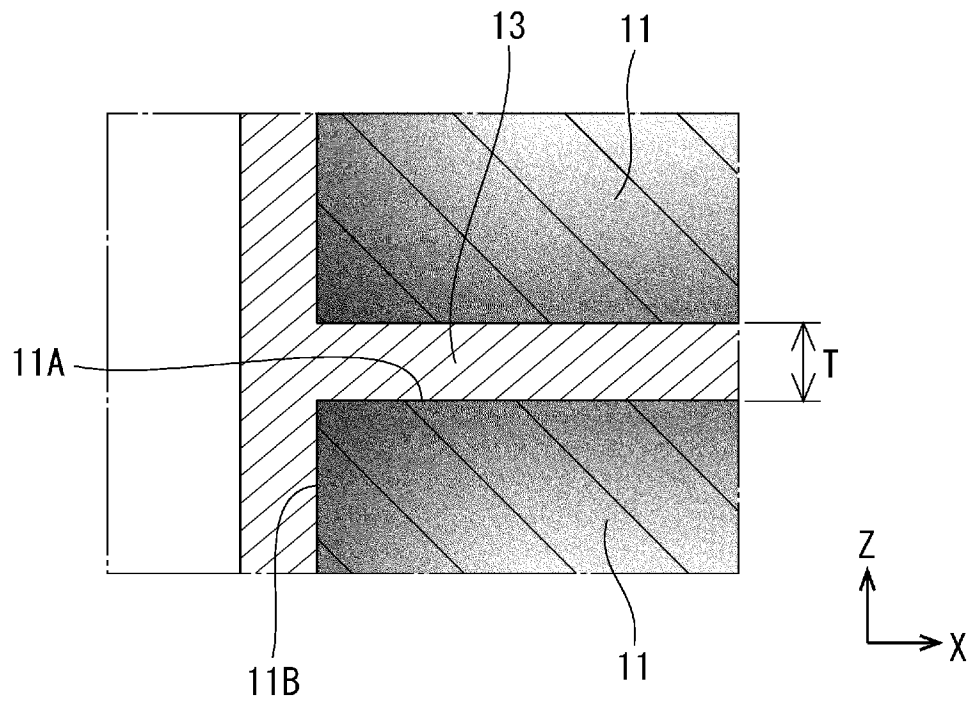
[図2]



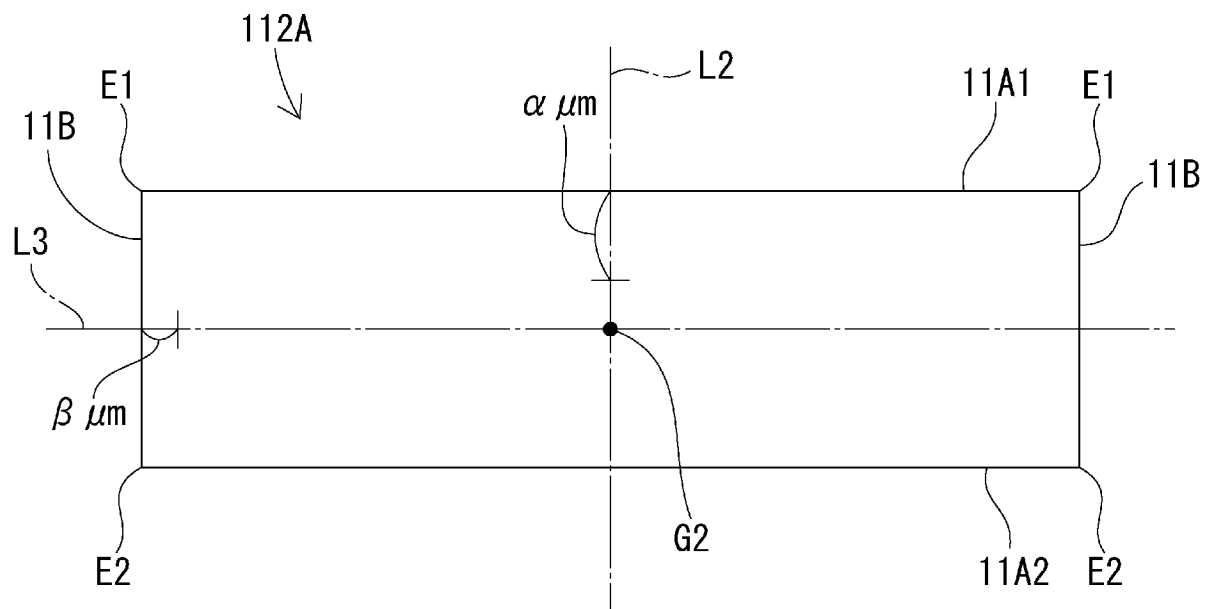
[図3]



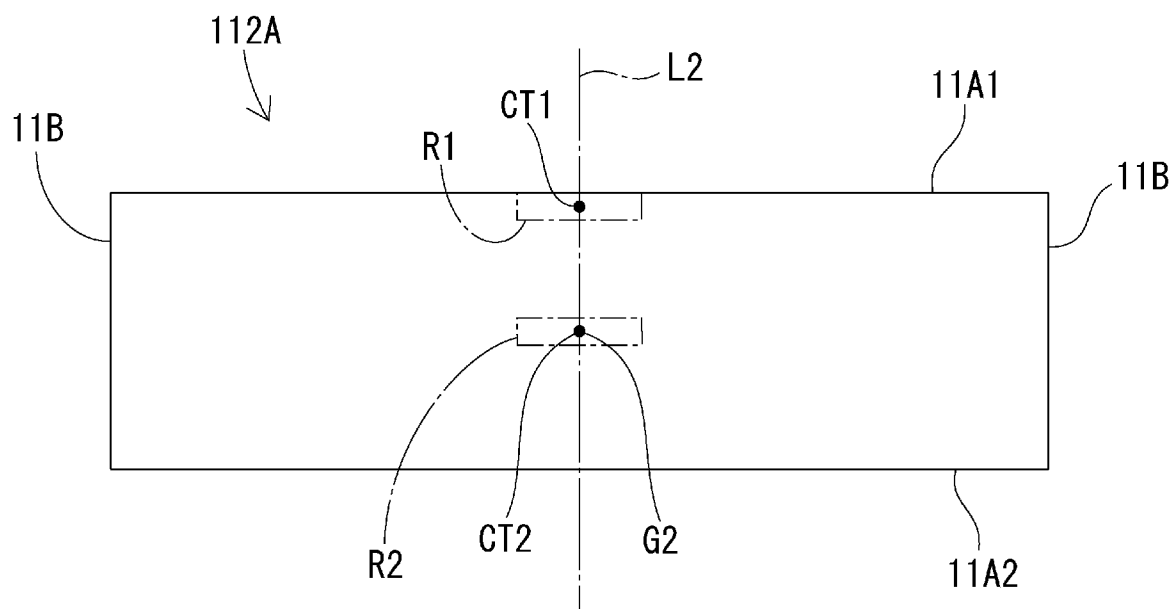
[図4]



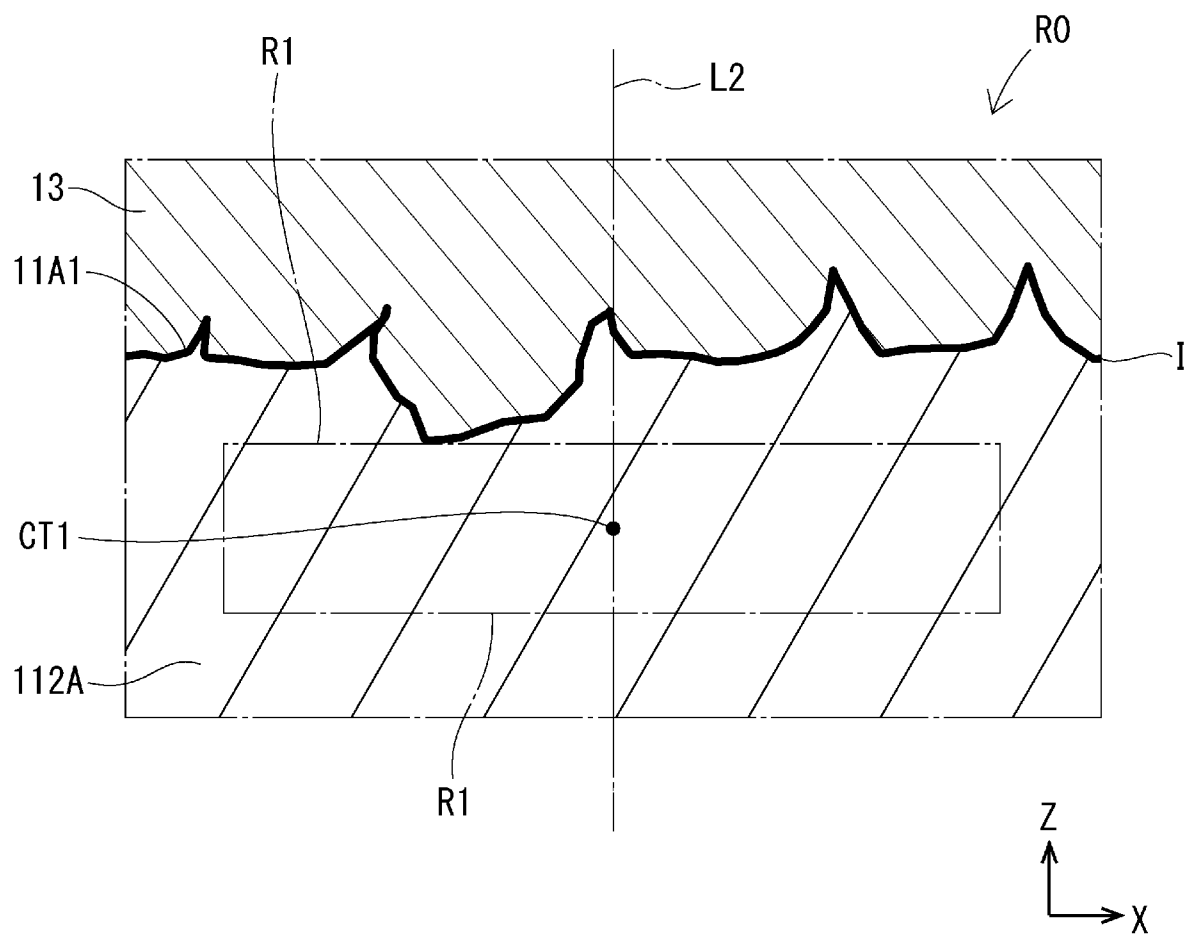
[図5]



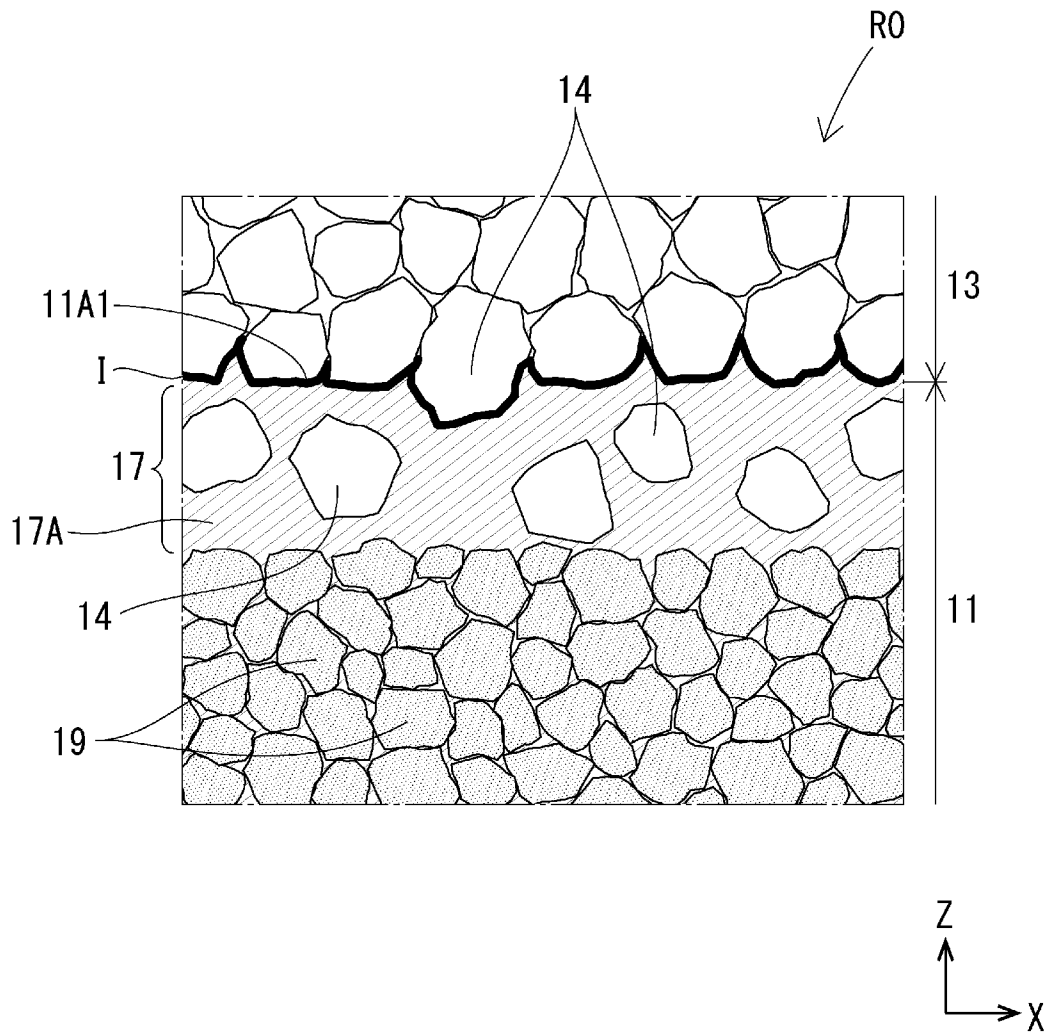
[図6]



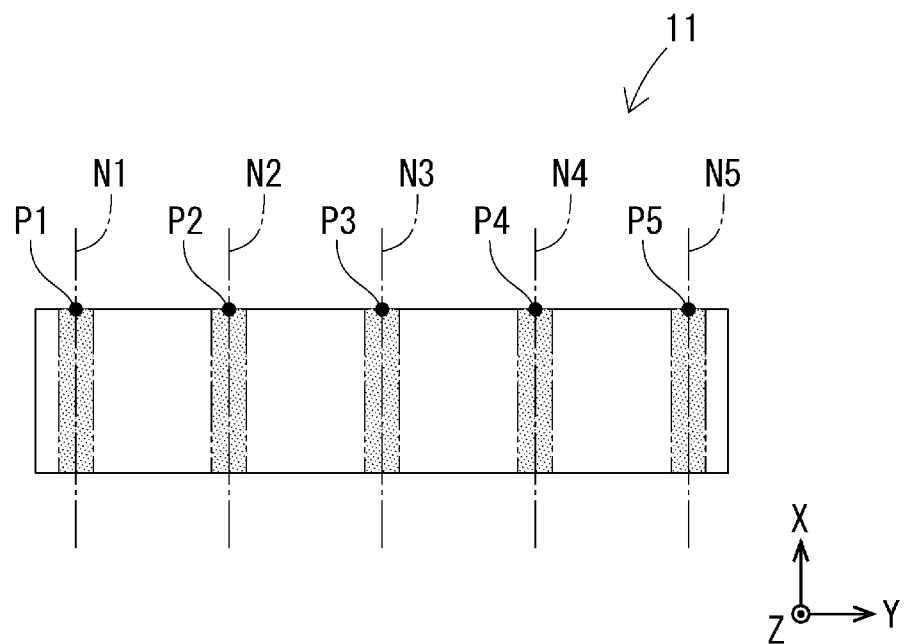
[図7]



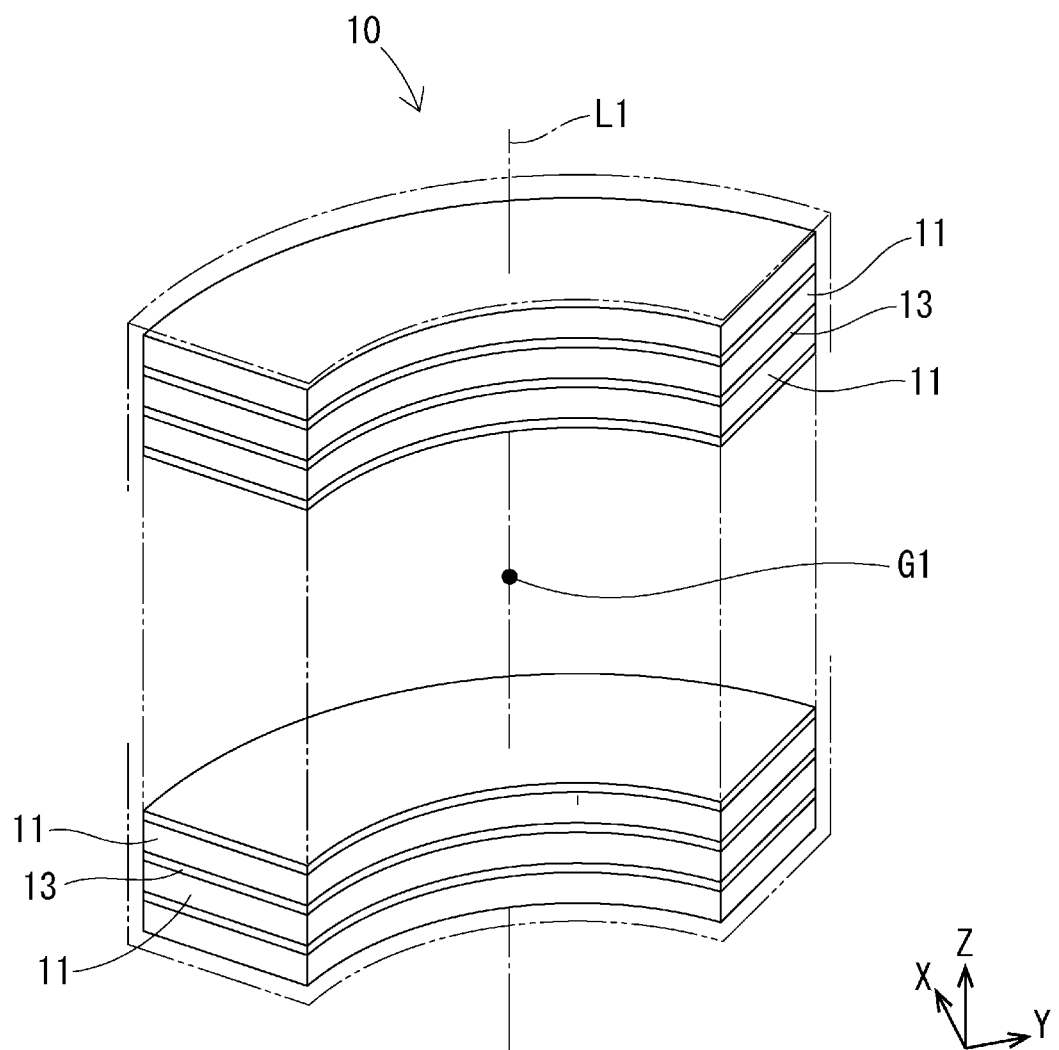
[図8]



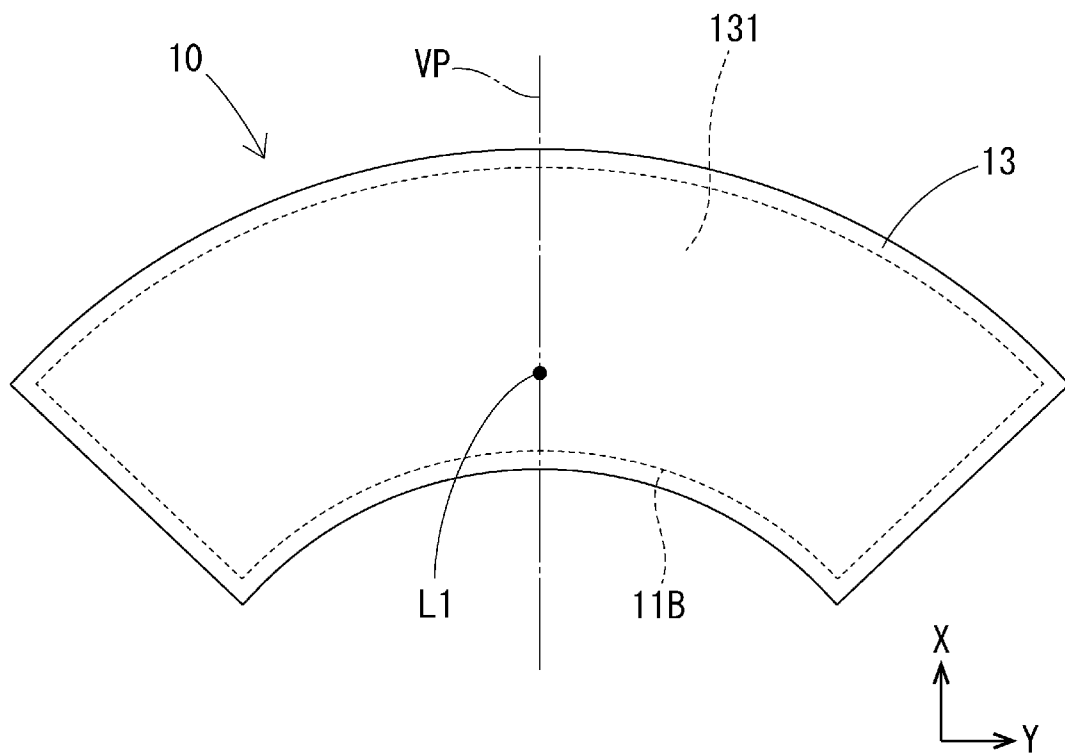
[図9]



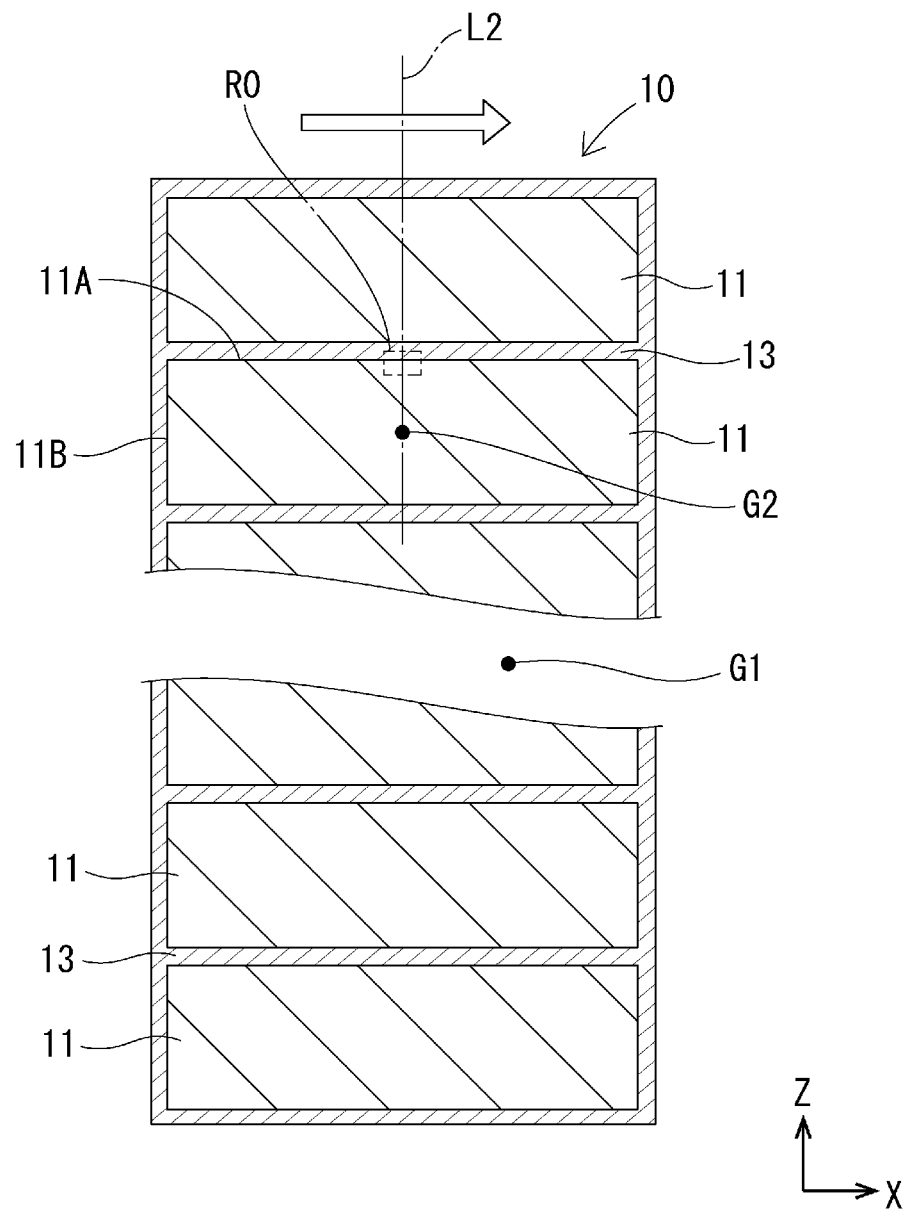
[図10]



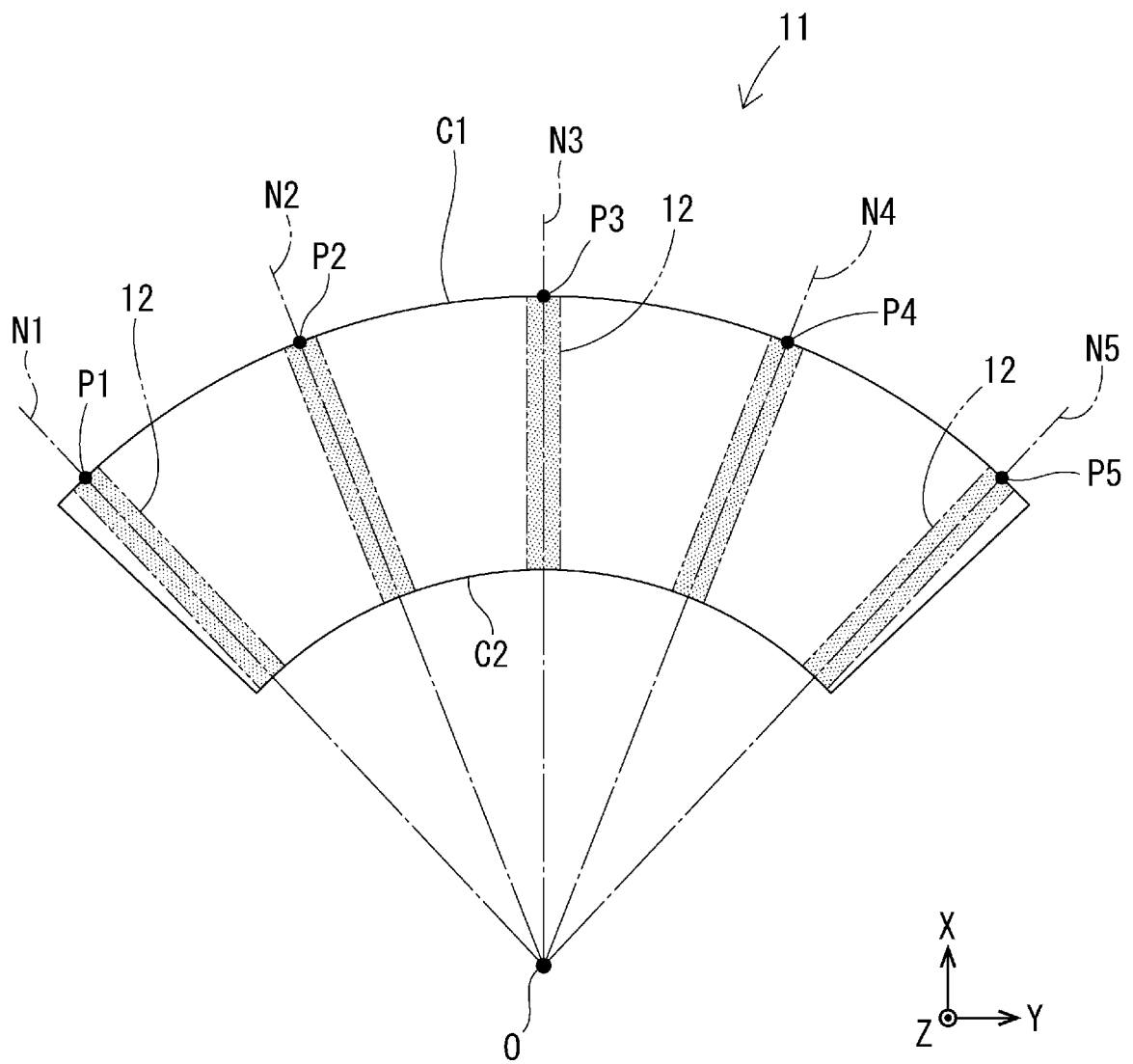
[図11]



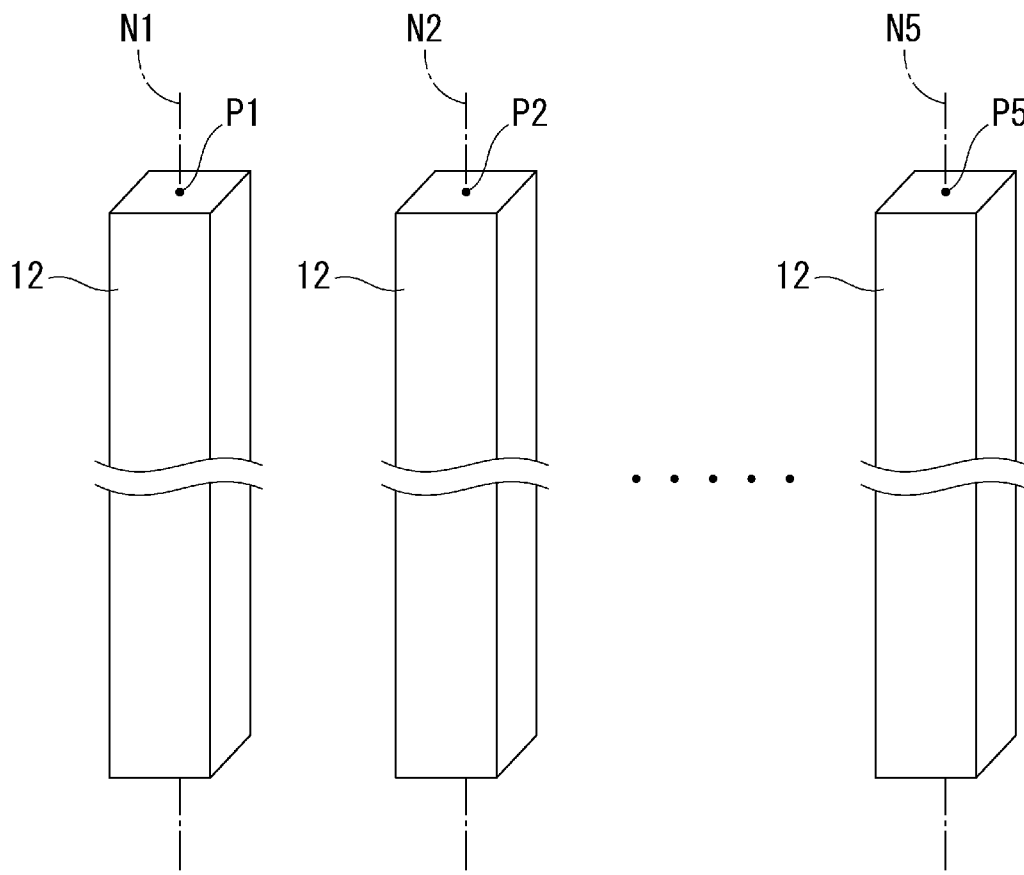
[図12]



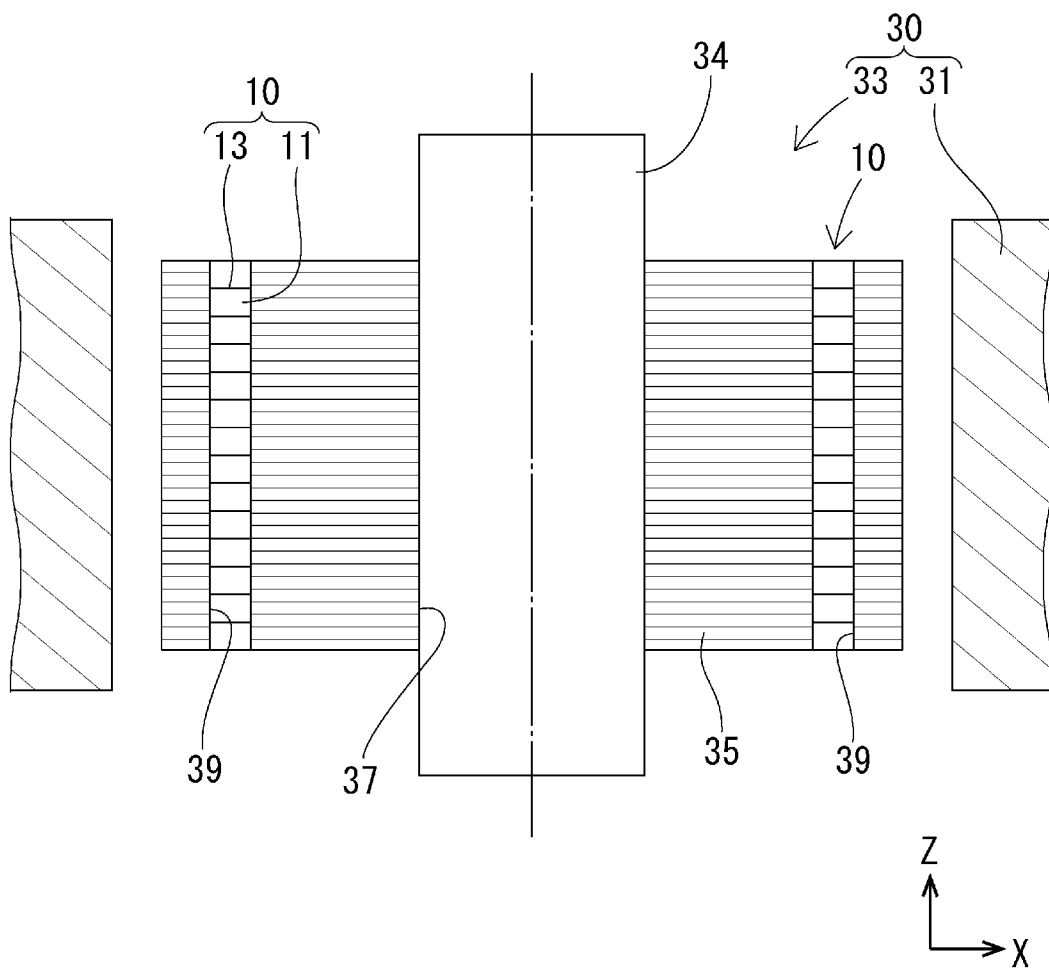
[図13]



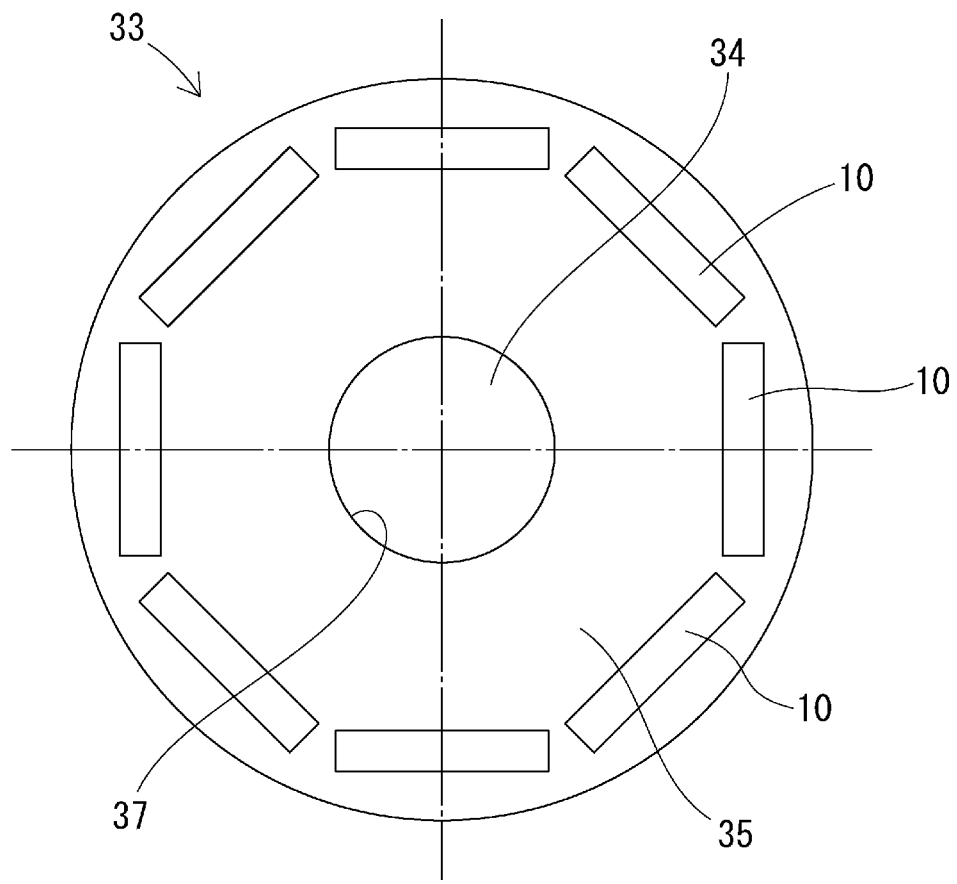
[図14]



[図15]



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/031029

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H01F 7/02 (2006.01)i; H01F 1/057 (2006.01)i; H01F 41/02 (2006.01)i; H02K 1/276 (2022.01)i FI: H01F7/02 Z; H01F7/02 E; H01F41/02 G; H01F1/057 170; H02K1/276 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01F1/00; H01F7/00; H01F41/00; H02K1/276 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2022/163407 A1 (NDFEB CORPORATION) 04 August 2022 (2022-08-04) entire text, all drawings	1-6
A	JP 2019-75493 A (TDK CORPORATION) 16 May 2019 (2019-05-16) entire text, all drawings	1-6
A	WO 2014/148355 A1 (INTERMETALLICS CO., LTD.) 25 September 2014 (2014-09-25) entire text, all drawings	1-6
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: “A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance “D” document cited by the applicant in the international application “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed “T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art “&” document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 10 October 2024		Date of mailing of the international search report 29 October 2024
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2024/031029

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)
WO	2022/163407	A1	04 August 2022	US	2024/0079179	A1
				entire text, all drawings		
				EP	4287226	A1
				CN	116762147	A
				KR	10-2023-0148327	A

JP	2019-75493	A	16 May 2019	US	2019/0115125	A1
				entire text, all drawings		
				CN	109686523	A

WO	2014/148355	A1	25 September 2014	US	2016/0297028	A1
				entire text, all drawings		
				EP	2977997	A1
				CN	105051844	A
				KR	10-2015-0128960	A

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

H01F 7/02(2006.01)i; H01F 1/057(2006.01)i; H01F 41/02(2006.01)i; H02K 1/276(2022.01)i
FI: H01F7/02 Z; H01F7/02 E; H01F41/02 G; H01F1/057 170; H02K1/276

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））
H01F1/00; H01F7/00; H01F41/00; H02K1/276

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報

1922 - 1996年

日本国公開実用新案公報

1971 - 2024年

日本国実用新案登録公報

1996 - 2024年

日本国登録実用新案公報

1994 - 2024年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	WO 2022/163407 A1（NDFEB株式会社）04.08.2022（2022 - 08 - 04） 全文, 全図	1-6
A	JP 2019-75493 A（TDK株式会社）16.05.2019（2019 - 05 - 16） 全文, 全図	1-6
A	WO 2014/148355 A1（インターメタリックス株式会社）25.09.2014（2014 - 09 - 25） 全文, 全図	1-6

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの

“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献

“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献

“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

10.10.2024

国際調査報告の発送日

29.10.2024

名称及びあて先

日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

権限のある職員（特許庁審査官）

古河 雅輝 5D 3242

電話番号 03-3581-1101 内線 3549

様式 PCT/ISA/210（第2ページ）（2022年7月）

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2024/031029

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2022/163407	A1	04.08.2022	US	2024/0079179	A1	
				全文, 全図			
				EP	4287226	A1	
				CN	116762147	A	
				KR	10-2023-0148327	A	

JP	2019-75493	A	16.05.2019	US	2019/0115125	A1	
				全文, 全図			
				CN	109686523	A	

WO	2014/148355	A1	25.09.2014	US	2016/0297028	A1	
				全文, 全図			
				EP	2977997	A1	
				CN	105051844	A	
				KR	10-2015-0128960	A	
