

(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



(10) 国際公開番号

WO 2011/108704 A1

PCT

(43) 国際公開日
2011年9月9日(09.09.2011)

- (51) 国際特許分類:
H01F 1/053 (2006.01) H01F 7/02 (2006.01)
B22F 3/24 (2006.01) H01F 41/02 (2006.01)
C22C 38/00 (2006.01) H02K 15/03 (2006.01)
H01F 1/08 (2006.01) H02K 21/16 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/055067
- (22) 国際出願日: 2011年3月4日(04.03.2011)
- (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 2010-048287 2010年3月4日(04.03.2010) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): TDK株式会社(TDK Corporation) [JP/JP]; 〒1038272 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 岩崎 信(IWASAKI, Makoto) [JP/JP]; 〒1038272 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 TDK株式会社内 Tokyo (JP). 馬場 文崇(BABA, Fumitaka) [JP/JP]; 〒1038272 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 TDK株式会社内 Tokyo (JP). 田中 哲(TANAKA, Satoshi) [JP/JP]; 〒1038272 東京都中

央区日本橋一丁目13番1号 TDK株式会社内 Tokyo (JP). 佐々木 英樹(SASAKI, Hideki) [JP/JP]; 〒1038272 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 TDK株式会社内 Tokyo (JP). 倉橋 孝秀(KURAHASHI, Takahide) [JP/JP]; 〒1038272 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 TDK株式会社内 Tokyo (JP). 磨 整(MARO, Hitoshi) [JP/JP]; 〒1038272 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 TDK株式会社内 Tokyo (JP). 森本 圭一(MORIMOTO, Keiichi) [JP/JP]; 〒1038272 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 TDK株式会社内 Tokyo (JP). 遠藤 精一(ENDO, Seichi) [JP/JP]; 〒1038272 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 TDK株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 酒井 宏明(SAKAI, Hiroaki); 〒1006020 東京都千代田区霞が関三丁目2番5号 霞が関ビルディング 酒井国際特許事務所 Tokyo (JP).

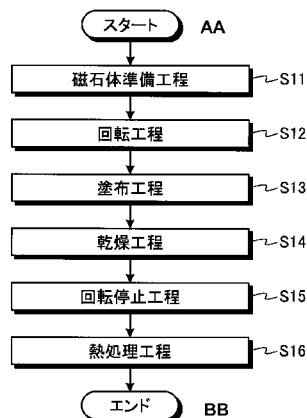
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH,

[続葉有]

(54) Title: SINTERED RARE-EARTH MAGNET AND MOTOR

(54) 発明の名称: 希土類焼結磁石及びモータ

[図1]



AA START
BB END
S11 MAGNET BASE PREPARATION STEP
S12 ROTATION STEP
S13 COATING STEP
S14 DRYING STEP
S15 ROTATION STOP STEP
S16 HEAT TREATMENT STEP

(57) Abstract: Disclosed is a sintered rare-earth magnet which includes a sintered rare-earth magnet base comprising crystal grains of $(R_1, R_2)_2T_{14}B$ (wherein R_1 is at least one rare-earth element other than Dy and Tb; R_2 is one or more rare-earth elements comprising Dy and/or Tb; and T represents one or more transition-metal elements comprising either Fe or Co). In the sintered rare-earth magnet base, the proportion of R_2 to the sum of R_1 and R_2 , the R_1 and R_2 being contained in crystal grain boundaries surrounding the crystal grains, is higher than the proportion of R_2 to the sum of R_1 and R_2 , the R_1 and R_2 being contained in the crystal grains. The concentration of R_2 increases from the center of the sintered rare-earth magnet base toward the surface of the sintered rare-earth magnet base, and the sintered rare-earth magnet base has an unevenness of residual magnetic flux density less than 3.0%.

(57) 要約: 本実施形態に係る希土類焼結磁石は、 $(R_1, R_2)_2T_{14}B$ (R_1 はDy、Tbを除く少なくとも1種の希土類元素であり、 R_2 はDy、Tbの何れか一方又は両方を少なくとも含む希土類元素であり、TはFe又はFe及びCoを含む1種以上の遷移金属元素を表す)の結晶粒を含む希土類焼結磁石体を有する希土類焼結磁石であり、前記希土類焼結磁石体中の前記結晶粒の周りを取り囲む結晶粒界に含まれる R_1 と R_2 との和に対する R_2 の割合が、前記結晶粒中の R_1 と R_2 との和に対する R_2 の割合より高く、 R_2 の濃度が希土類焼結磁石体中心部から希土類焼結磁石体表面に向かって高くなると共に、前記希土類焼結磁石体の表面における残留磁束密度のばらつきが3.0%未満である。



PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：希土類焼結磁石及びモータ

技術分野

[0001] 本発明は、希土類焼結磁石体に希土類化合物を付着させ、熱処理した希土類焼結磁石及びモータに関する。

背景技術

[0002] $R-F e-B$ （ R は希土類元素）の組成を有する希土類焼結磁石は、優れた磁気特性を有する磁石である。このような希土類磁石の製造方法としては、焼結体に希土類を含むスラリーを塗布（付着）させた後、熱処理を施す方法がある。例えば、特許文献1には、 Y 及び $S c$ を含む希土類元素を含有する粉末を焼結磁石体の表面に存在させた状態で、焼結磁石体及び粉末を焼結磁石体の焼結温度以下の温度で真空又は不活性ガス中において1分から100時間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焼結磁石体に吸収させることを特徴とする希土類永久磁石の製造方法が開示されている。また、特許文献1には、焼結磁石体に希土類元素を含有する粉末を付着させる方法として、粉末を水や有機溶媒に分散させたスラリーに焼結磁石体を投入する方法が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2008-147634号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、粉末を水や有機溶媒に分散させたスラリーに焼結体を投入する方法では、塗布されるスラリーの厚みが表面の位置によって変化し、むらが発生することがある。このように付着するスラリー（付着する希土類化合物の量）にむらがあると、その後、熱処理を行い製造した磁石では、表面の磁束にばらつきが発生し、残留磁束密度 B_r など磁気特性にむらが発生す

る、という問題があった。

[0005] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、磁気特性のむらが抑制された希土類焼結磁石を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明は、 $(R_1, R_2)_2T_{14}B$ (R_1 はDy、Tbを除く少なくとも1種の希土類元素であり、 R_2 はDy、Tbの何れか一方又は両方を少なくとも含む希土類元素であり、TはFe又はFe及びCoを含む1種以上の遷移金属元素を表す)の結晶粒を含む希土類焼結磁石体を有する希土類焼結磁石であり、前記希土類焼結磁石体中の前記結晶粒の周りを取り囲む結晶粒界に含まれる R_1 と R_2 との和に対する R_2 の割合が、前記結晶粒中の R_1 と R_2 との和に対する R_2 の割合より高く、 R_2 の濃度が希土類焼結磁石体中心部から希土類焼結磁石体表面に向かって高くなると共に、前記希土類焼結磁石体の表面における残留磁束密度 B_r のばらつきが3.0%未満であることを特徴とする希土類焼結磁石である。

[0007] $(R_1, R_2)_2T_{14}B$ の結晶粒を含む希土類焼結磁石体に、 R_2 の希土類化合物を含むスラリーを前記希土類焼結磁石体の表面に存在させた状態で、前記希土類焼結磁石体及びスラリーに熱処理を施し、前記スラリーに含まれている R_2 の希土類化合物を吸収させる。これにより、焼結磁石体の表面に存在するスラリーに含まれていた R_2 の希土類化合物は結晶粒界(結晶粒の粒界)を通じて希土類焼結磁石体の内部に取り込まれ、結晶粒界から各結晶粒の内部に拡散する。本発明は、希土類焼結磁石体中の $(R_1, R_2)_2T_{14}B$ の結晶粒の周りを取り囲む結晶粒界に含まれる R_1 と R_2 との和に対する R_2 の割合が、結晶粒中の R_1 と R_2 との和に対する R_2 の割合より高くなるようにしている。粒界のRリッチ層は加熱により液化するため、結晶粒界中の R_2 の拡散速度は粒界から結晶粒の内部への拡散速度より速いと考えられる。また、熱処理温度は希土類焼結磁石体の焼結温度以下の温度として熱処理を施すことで、 R_2 の希土類化合物は希土類焼結磁石体の結晶粒界への拡散

にとどまり結晶粒の内部にまで拡散しない。拡散速度の差を利用し、熱処理温度を希土類焼結磁石体の焼結温度以下の温度に調整することで、希土類焼結磁石体の結晶粒の粒界近傍にR 2が拡散することになる。また、本発明は、R 2の希土類化合物を希土類焼結磁石体の表面に塗布し、供給しているため、希土類焼結磁石体内部より希土類焼結磁石体表面側にR 2は多く分布する。よって、R 2の濃度は希土類焼結磁石体中心部から希土類焼結磁石体表面に向かって高くなるように分布する。

[0008] 希土類焼結磁石体の表面からR 2の希土類化合物を結晶粒界を通じて希土類焼結磁石体の内部に取り込み、結晶粒界から各結晶粒の内部に拡散させつつ、結晶粒の粒界近傍にR 2を拡散させる。これにより、本発明の希土類焼結磁石は、希土類焼結磁石体中の結晶粒界に含まれるR 1とR 2との和に対するR 2の割合が、結晶粒中のR 1とR 2との和に対するR 2の割合より高くなる。このため、本発明の希土類焼結磁石は、残留磁束密度 B_r の低下をほとんど伴わずに磁石の保磁力 $H_c J$ を増大させることができる。

[0009] また、前記希土類焼結磁石体の表面における残留磁束密度 B_r のばらつきは3.0%未満としている。これにより、熱処理を施した後の希土類焼結磁石は、その表面の磁束のばらつきを抑制することができ、残留磁束密度 B_r など磁気特性のむらを抑制することができる。この結果、本発明の希土類焼結磁石はモータ用の永久磁石として用いた際、モータのコギングトルクを低減することができる。

[0010] 本発明では、前記希土類焼結磁石体の表面における保磁力 $H_c J$ のばらつきが18.0%未満であることが好ましい。希土類焼結磁石体の表面の保磁力 $H_c J$ のばらつきを小さくすることで、希土類焼結磁石が減磁し始める減磁温度を上昇させることができる。このため、希土類焼結磁石がモータ用の永久磁石として用いられる場合、前記永久磁石の耐熱性を向上させることができる。

[0011] 本発明では、前記希土類焼結磁石体が複数の面を有し、前記希土類焼結磁石体の複数の面の中で前記残留磁束密度 B_r のばらつきが最小となる面が、

前記希土類焼結磁石体の配向方向に対し垂直な面であることが好ましい。モータを回転させる場合、希土類焼結磁石の配向方向の磁束を使用するが、希土類焼結磁石の磁束がばらついているとモータを好適に回転させることが困難である。希土類焼結磁石体の面の中で残留磁束密度 B_r のばらつきが希土類焼結磁石体の他の面より小さい面が、希土類焼結磁石体の配向方向に対し垂直な面となることで、磁束のばらつきは小さくなる。このため、本発明の希土類焼結磁石はモータのトルク特性などモータの性能を向上させることができるので、モータ用の永久磁石として好適に用いることができる。

[0012] 本発明は、 $(R_1, R_2)_2T_{14}B$ (R_1 はDy、Tbを除く少なくとも1種の希土類元素であり、 R_2 はDy、Tbの何れか一方又は両方を少なくとも含む希土類元素であり、TはFe又はFe及びCoを含む1種以上の遷移金属元素を表す)の結晶粒を含む希土類焼結磁石体を回転させ、 R_2 の希土類化合物を含むスラリーを前記希土類焼結磁石体に塗布し、前記希土類焼結磁石体を回転させつつ、乾燥させ、前記スラリーが乾燥された希土類焼結磁石体を熱処理することにより得られ、前記希土類焼結磁石体中の前記結晶粒の周りを取り囲む結晶粒界に含まれる R_1 と R_2 との和に対する R_2 の割合が、前記結晶粒中の R_1 と R_2 との和に対する R_2 の割合より高く、 R_2 の濃度が希土類焼結磁石体中心部から希土類焼結磁石体表面に向かって高くなると共に、前記希土類焼結磁石体の表面における残留磁束密度のばらつきが30%未満であることを特徴とする希土類焼結磁石である。

[0013] 希土類焼結磁石体を回転させながら R_2 の希土類化合物を含むスラリーを希土類焼結磁石体に向けて供給することで、希土類焼結磁石体全体にむらなくスラリーを塗布することができる。

[0014] また、本発明の希土類焼結磁石は、上述と同様、希土類焼結磁石体の表面から R_2 の希土類化合物を結晶粒界を通じて希土類焼結磁石体の内部に取り込み、結晶粒界から各結晶粒の内部に拡散させつつ、結晶粒の粒界近傍に R_2 を拡散させている。このため、本発明の希土類焼結磁石は、残留磁束密度 B_r の低下をほとんど伴わずに磁石の保磁力 $H_c J$ を増大させることができ

る。また、希土類焼結磁石体の表面における残留磁束密度 B_r のばらつきは3.0%未満としている。これにより、上述のように熱処理して製造した希土類焼結磁石はその表面の磁束のばらつきを抑制することができ、残留磁束密度 B_r など磁気特性のむらを抑制することができる。このため、本発明の希土類焼結磁石はモータ用の永久磁石として用いた際、モータのコギングトルクを低減することができる。

[0015] また、希土類焼結磁石体はスラリーが塗布された後、希土類焼結磁石体に塗布されたスラリーを乾燥することで、塗布したスラリーの厚みのむらが発生することをより確実に抑制することができる。

[0016] 本発明では、前記スラリーを、スプレーにより前記希土類焼結磁石体に吹き付け、前記希土類焼結磁石体に塗布することが好ましい。これにより希土類焼結磁石体の軸方向の全域に、より均一にスラリーを塗布することができる。

[0017] 本発明では、前記希土類焼結磁石体を、前記スラリーが貯留された領域に浸漬させ、前記希土類焼結磁石体に前記スラリーを塗布することが好ましい。これにより希土類焼結磁石体の全域に、簡易、かつ均一にスラリーを塗布することができる。

[0018] 本発明では、前記スラリーは、複数のスラリ一流として前記希土類焼結磁石体に塗布されることが好ましい。これにより希土類焼結磁石体の軸方向の全域に、均一にスラリーを塗布することができる。

[0019] 本発明では、前記スラリーは、前記希土類焼結磁石体の配置位置の鉛直方向上方から落下させて前記希土類焼結磁石体に塗布されることが好ましい。スラリーは希土類焼結磁石体の配置位置の鉛直方向上方から落下させて希土類焼結磁石体に塗布されるため、希土類焼結磁石体の軸方向の全域に、簡単、かつ均一にスラリーを塗布することができる。

[0020] 本発明のモータは、本発明の希土類焼結磁石を備えるものであって、周方向に配置された複数のコイルを有するステータと、前記ステータ内に回転可能に設けられ、且つ、外周面に所定間隔で上記の何れか1つに記載の希土類

焼結磁石が設けられるロータコアを備えるロータと、を有することを特徴とするモータである。本発明のモータは、磁気特性のむらが抑制された希土類焼結磁石を永久磁石として用いているため、コギングトルクやトルクリプルなどを低減することができ、モータ性能を向上させることができる。

発明の効果

- [0021] 本発明によれば、磁気特性のむらが抑制された希土類焼結磁石を提供することができる。また、上記希土類焼結磁石をモータに用いることにより、モータ性能を向上させることができる。

図面の簡単な説明

- [0022] [図1] 図1は、本発明の実施形態に係る希土類焼結磁石の製造方法を示すフローチャートである。
- [図2] 図2は、磁石製造装置の構成を簡略に示す図である。
- [図3] 図3は、本発明の実施形態に係る希土類焼結磁石を製造するために用いられる希土類焼結磁石体の製造方法を示すフローチャートである。
- [図4] 図4は、塗布機構の構成を簡略に示す模式図である。
- [図5] 図5は、塗布手段の構成を簡略に示す模式図である。
- [図6] 図6は、希土類焼結磁石体にスラリーを塗布する他の構成を簡略に示す説明図である。
- [図7] 図7は、希土類焼結磁石体にスラリーを塗布する他の構成を簡略に示す説明図である。
- [図8] 図8は、モータの一実施形態の構成を簡略に示す縦断面図である。
- [図9] 図9は、図8中、A-A方向の断面を簡略に示す図である。
- [図10] 図10は、希土類焼結磁石体の表面に DyH_2 を蒸着拡散させるために用いた処理容器の一例を示す図である。
- [図11] 図11は、焼結体の各領域を示す説明図である。
- [図12] 図12は、磁場解析シミュレーションに用いたモータの構成の一例を簡略に示す横断面図である。

発明を実施するための形態

[0023] 以下、本発明につき図面を参照しつつ詳細に説明する。なお、下記の発明を実施するための形態（以下、実施形態という）により本発明が限定されるものではない。また、下記実施形態における構成要素には、当業者が容易に想定できるもの、実質的に同一のもの、いわゆる均等の範囲のものが含まれる。さらに、下記実施形態で開示した構成要素は適宜組み合わせることが可能である。

[0024] [実施形態]

＜希土類焼結磁石＞

本実施形態に係る希土類焼結磁石の実施形態について説明する。本実施形態に係る希土類焼結磁石は、 $(R_1, R_2)_2T_{14}B$ （ R_1 はDy、Tbを除く少なくとも1種の希土類元素であり、 R_2 はDy、Tbの何れか一方又は両方を少なくとも含む希土類元素であり、TはFe又はFe及びCoを含む1種以上の遷移金属元素を表す）の結晶粒を含む希土類焼結磁石体を有する希土類焼結磁石である。また、本実施形態に係る希土類焼結磁石は、希土類焼結磁石体中の結晶粒の周りを取り囲む結晶粒界に含まれる R_1 と R_2 との和に対する R_2 の割合が、結晶粒中の R_1 と R_2 との和に対する R_2 の割合より高く、 R_2 の濃度が希土類焼結磁石体中心部から希土類焼結磁石体表面に向かって高くなるようにしている。

[0025] 本明細書においては、R-T-B系希土類焼結磁石の主相に含まれる結晶粒の組成は、 $(R_1, R_2)_2T_{14}B$ という組成式で表す。この主相は、 $(R_1, R_2)_2T_{14}B$ 型の正方晶からなる結晶構造を有するものである。よって、R-T-B系希土類焼結磁石の主相の組成を表すRは、 R_1 、 R_2 の総称となる。なお、Rは少なくとも1種の希土類元素を含み、 R_1 はDy、Tbを除く少なくとも1種の希土類元素を示し、 R_2 はDy、Tbの何れか一方又は両方を少なくとも含む希土類元素を示し、TはFe又はFe及びCoを含む1種以上の遷移金属元素を表す。

[0026] また、本実施形態において、希土類焼結磁石には、当該磁石を加工して着磁した磁石製品と、当該磁石を着磁していないものとの両方を含む。また、

結晶粒界には、希土類元素の配合割合が高い希土類リッチ相、及び、ホウ素（B）原子の配合割合が高いホウ素リッチ相が含まれていてもよい。また、結晶粒の粒径は、通常 $1\ \mu\text{m}$ から $30\ \mu\text{m}$ 程度である。

[0027] 本実施形態に係る希土類焼結磁石は、R 2 の希土類化合物を含むスラリーを希土類焼結磁石体の表面に存在させた状態で、希土類焼結磁石体及びスラリーに熱処理を施し、スラリーに含まれている R 2 の希土類化合物を吸収させた希土類焼結磁石体を用いている。このような希土類焼結磁石体では、焼結磁石体の表面に存在するスラリーに含まれていた R 2 の希土類化合物は結晶粒界を通じて希土類焼結磁石体の内部に取り込まれ、結晶粒界から主相の各結晶粒の内部に拡散する。また、粒界の R リッチ層は加熱により液化するため、粒界中の R 2 の拡散速度は粒界から結晶粒中の内部への拡散速度より速いと考えられる。この拡散速度の差を利用し、熱処理温度を希土類焼結磁石体の焼結温度以下の温度に調整することで、希土類焼結磁石体の結晶粒の粒界近傍に R 2 が拡散することになる。このため、結晶粒界に含まれる R 1 と R 2 との和に対する R 2 の割合は、結晶粒中の R 1 と R 2 との和に対する R 2 の割合より高くなる。また、R 2 の希土類化合物が希土類焼結磁石体の表面に塗布され、希土類焼結磁石体の内部へ供給しているため、希土類焼結磁石体内部より希土類焼結磁石体表面側に R 2 は多く分布する。よって、R 2 の濃度は希土類焼結磁石体中心部から希土類焼結磁石体表面に向かって高くなる。

[0028] 本実施形態に係る希土類焼結磁石は、希土類焼結磁石体の表面から R 2 の希土類化合物を結晶粒界を通じて希土類焼結磁石体の内部に取り込み、結晶粒界から各結晶粒の内部に拡散させ、結晶粒の粒界近傍に R 2 を拡散させている。このため、本実施形態に係る希土類焼結磁石は、合金から R 2 を添加する場合に比べ、残留磁束密度 B_r の低下をほとんど伴わずに保磁力 $H_c J$ を向上させることができる。

[0029] スラリーに含まれる R 2 の希土類化合物を希土類焼結磁石体に吸収させる際、真空又は A_r （アルゴン）、ヘリウム（ He ）等の不活性ガス雰囲気と

して熱処理が行なわれる。処理室内が大気圧に近い雰囲気では、スラリーに含まれていたR2の希土類化合物が焼結磁石体の内部に供給されにくくなる。スラリーに含まれるR2の希土類化合物を希土類焼結磁石体に吸収させる際、処理室内を真空又は不活性ガス雰囲気とし大気よりも低い圧力に減圧することで、R2の希土類化合物は焼結磁石体の表面から内部に供給され易くなる。これにより、希土類焼結磁石の保磁力 $H_c J$ を向上させることができる。

[0030] 熱処理する際の熱処理温度は希土類焼結磁石体の焼結温度以下の温度で熱処理を施す。希土類焼結磁石体の焼結温度以上の温度で熱処理すると、希土類焼結磁石の組織が変成する虞があるからである。また、R2の希土類化合物が希土類焼結磁石体の結晶粒界だけでなく結晶粒の内部にまで拡散し、希土類焼結磁石体の表面における残留磁束密度 B_r が低下する虞があるからである。

[0031] 本実施形態では、希土類焼結磁石体の配向方向に垂直な面における残留磁束密度 B_r のばらつきは3.0%未満であり、好ましくは2.5%以下であり、更に好ましくは2.0%である。希土類焼結磁石体の配向方向に垂直な面における残留磁束密度 B_r のばらつきが3.0%以上の場合には、熱処理を施して製造した希土類焼結磁石は、その表面の磁束のばらつきが大きくなり、この希土類焼結磁石がモータ用に用いられる場合、コギングトルクを低減することができないからである。この残留磁束密度 B_r のばらつきは、希土類焼結磁石体の表面の複数箇所から一部試料片として取り出し、それぞれの試料片の残留磁束密度 B_r を測定する。そして測定した全て試料片の残留磁束密度 B_r の値の平均値を求める。そして測定した試料片の残留磁束密度 B_r の値と平均値との差を平均値で割り100を乗じた値を残留磁束密度 B_r のばらつきとする。なお、残留磁束密度 B_r は、希土類焼結磁石体の表面から取り出した試料片をアクリル棒に取り付け、振動試料型磁力計（VSM: Vibrating Sample Magnetometer）を用いて測定することで、残留磁束密度 B_r が測定される。

[0032] 従来のように、 R_2 の希土類化合物の粉末を水や有機溶媒に分散させたスラリーに焼結体を投入する方法では、塗布されるスラリーの厚みが表面の位置によって変化してむらが発生するため、製造した磁石の配向方向に垂直な面における残留磁束密度 B_r のばらつきも大きかった。これに対し、本実施形態では、後述するように、希土類焼結磁石体の表面に R_2 の希土類化合物を含むスラリーを希土類焼結磁石体を回転させながら塗布することで、希土類焼結磁石体の表面に塗布されるスラリーの厚みのばらつきを低減することができる。このため、希土類焼結磁石体の配向方向に垂直な面における残留磁束密度 B_r のばらつきを上記範囲内とすることができる。これにより、磁石の磁気特性のむらを更に抑制することができる。この結果、本実施形態に係る希土類焼結磁石が例えばモータの永久磁石として用いられた際、モータのコギングトルクを低減することができる。

[0033] 希土類焼結磁石体の表面に塗布されるスラリーの厚みが土類焼結磁石体の平面方向において異なると、希土類焼結磁石体内の R_2 の希土類化合物の拡散量が希土類焼結磁石体の平面方向において異なるため、希土類焼結磁石体の表面における保磁力 $H_c J$ が異なる。希土類焼結磁石体の表面に塗布されるスラリーの厚みのばらつきを低減することで、希土類焼結磁石体の平面方向における希土類焼結磁石体内の R_2 の希土類化合物の拡散量のばらつきが軽減される。このため、希土類焼結磁石体の表面における保磁力 $H_c J$ のばらつきを低減することができる。希土類焼結磁石体の表面における保磁力 $H_c J$ のばらつきは、18.0%未満であることが好ましく、より好ましくは15%以下であり、更に好ましくは10%以下である。希土類焼結磁石体の表面における保磁力 $H_c J$ のばらつきが、18.0%以上の場合には、熱処理を施して製造した希土類焼結磁石がモータ用の磁石として用いられる場合、十分な耐熱性を有することができないからである。即ち、希土類焼結磁石体の表面における保磁力 $H_c J$ のばらつきを上記範囲内となるようにすることで、希土類焼結磁石が減磁し始める減磁温度を上昇させることができる。このため、本実施形態に係る希土類焼結磁石が例えばモータ用の永久磁石と

して用いられる場合、永久磁石の耐熱性を向上させることができる。この保磁力 $H_c J$ のばらつきは、希土類焼結磁石体の表面の複数箇所から一部試料片として取り出し、それぞれの試料片の保磁力 $H_c J$ を測定する。そして測定した試料片の保磁力 $H_c J$ の値の平均値を求める。そして測定した試料片の保磁力 $H_c J$ の値と平均値との差の値を平均値で割り100を乗じた値を保磁力 $H_c J$ のばらつきとする。なお、保磁力 $H_c J$ は、パルスBHトレーサーにより測定される。

[0034] 前記Rは、上述したように、少なくとも1種の希土類元素を含む。希土類元素とは、長周期型周期表の第3族に属するSc、Y及びランタノイド元素のことをいい、ランタノイド元素には、例えば、La、Ce、Pr、Nd、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Lu等が含まれる。また、希土類元素は、軽希土類及び重希土類に分類され、重希土類元素とはGd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Luをいい、軽希土類元素はそれ以外の希土類元素である。磁気特性の観点から、R1は、Nd、Prの何れか一方又は両方を主成分として含まれるものであることが好ましい。R2は、重希土類元素、特にDy、Tbの何れか一方又は両方が含まれるものであることが好ましく、Hoが更に含まれてもよい。この場合、重希土類元素は、希土類焼結磁石の異方性磁界を大きくする作用があり、磁石の保磁力を向上させることが可能である。

[0035] また、前記Tとしては、希土類元素以外、例えば、Co、Ti、V、Cr、Mn、Ni、Cu、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、WなどのFe以外の遷移元素からなる群より選ばれる少なくとも1種の元素をさらに含んでもよい。

[0036] 前記Tは、Fe単独であってもよく、Feの一部がCoで置換されてもよい。Feの一部をCoに置換する場合、磁気特性を低下させることなく温度特性を向上させることができる。また、Coの含有量は、Feの含有量の20質量%以下に抑えることが望ましい。これは、Coの含有量がFeの含有量の20質量%より大きくなるようにFeの一部をCoに置換すると、磁気

特性を低下させる虞がある。また、高価になってしまうからである。

[0037] 上記希土類焼結磁石体において、Bの一部を炭素（C）に置換することができる。この場合、磁石の製造が容易となるほか、製造コストの低減も図れるようになる。また、Cは耐蝕性を有するため、Bの一部をCに置換することで、耐蝕性を向上させることができる。また、Cの置換量は、磁気特性に実質的に影響しない量とする。

[0038] 本実施形態に係る希土類焼結磁石は、保磁力の向上や製造コストの低減等を図る観点から、上記構成に加え、Al、Bi、Sb、Ge、Sn、Si、Ga、Zr等の元素をさらに含んでいてもよい。これらの含有量も磁気特性に影響を及ぼさない範囲とすることが好ましく、それぞれ5質量%以下とすることが好ましい。また、その他、不可避免的に混入する成分としては、酸素（O）、窒素（N）、C、Ca等が考えられる。これらはそれぞれ0.5質量%程度以下の量で含有されていてもよい。

[0039] 希土類焼結磁石における希土類元素の含有量は25質量%以上35質量%以下であり、好ましく28質量%以上33質量%以下であり、Bの含有量は0.5質量%以上1.5質量%以下であり、好ましく0.8質量%以上1.2質量%以下であることが好ましい。また、Feの一部をCoに置換してCoを含める場合、Coの含有量は4質量%以下の範囲が好ましく、0.1質量%以上2質量%以下とすることがより好ましく、0.3質量%以上1.5質量%以下とすることが更に好ましい。

[0040] Al、Cuの何れか一方又は両方を0.02質量%以上0.6質量%以下の範囲で含有することができる。この範囲でAl及びCuの1種又は2種を含有させることにより、得られる磁石の高保磁力化、高耐食性化、温度特性の改善が可能となる。Alの含有量は0.03質量%以上0.4質量%以下であるのが好ましく、0.05質量%以上0.25質量%以下がより好ましい。また、Cuの含有量は0.3質量%以下が好ましく（但し、0を含まず）、0.2質量%以下（ただし、0を含まない）とすることがより好ましく、0.03質量%以上0.15質量%以下とすることが更に好ましい。

[0041] 希土類焼結磁石においては、磁気特性の観点から、酸素量を6000ppm以下とすることが好ましく、より好ましくは3000ppm以下、特に好ましくは2000ppm以下とする。また、炭素量を2000ppm以下とすることが好ましく、より好ましくは1500ppm以下、特に好ましくは1200ppm以下とする。さらに、窒素量を1000ppm以下とすることが好ましく、より好ましくは800ppm以下、特に好ましくは600ppm以下とする。

[0042] スラリーに含有させ希土類焼結磁石体に塗布するR₂の希土類化合物には、希土類元素R₂（R₂はDy、Tbの何れか一方又は両方を含む希土類元素）又はその希土類化合物が好適に用いられる。R₂の希土類化合物としては、R₂水素化物、R₂酸化物、R₂フッ化物、R₂T合金（TはFe又はFe及びCoを含む1種以上の遷移金属元素を表す）、R₂T水素化物、R₂T酸化物、R₂TB合金、R₂TB水素化物、R₂TB酸化物が挙げられる。またスラリー中には樹脂を含むことが好ましい。これにより、R₂の希土類化合物の希土類焼結磁石体への密着性を上げることができる。使用する樹脂は特に限定はなく、ポリウレタン樹脂、ポリエステル樹脂、ブチラール樹脂、アクリル樹脂、フェノール樹脂、エポキシ樹脂、セルロース樹脂等が用いられる。また樹脂を溶解させるために使用される溶剤としては、樹脂を溶解できるものであれば特に限定されるものではない。

[0043] 希土類焼結磁石体は、例えばプレス成形などにより任意の形状に成形される。希土類焼結磁石体の形状は特に限定されるものではなく、用いる金型の形状に応じて、例えば平板状、柱状、希土類焼結磁石体の断面形状がC型の円筒状等、任意の形状とすることができる。

[0044] 希土類焼結磁石体の形状が平板状である場合、平面の面積が一番大きい面が希土類焼結磁石体の配向方向に対し垂直な面のとき、平面の面積が一番大きい面を残留磁束密度B_rのばらつきが希土類焼結磁石体の面の中で最小となる面とする。平面の面積が一番大きい面が希土類焼結磁石体の配向方向に対し垂直な面となることで、磁束のばらつきを小さくできる。また、希土類

焼結磁石体の形状が四角柱である場合、希土類焼結磁石体の一对の側面が希土類焼結磁石体の配向方向に対し垂直な面のとき、希土類焼結磁石体の一对の側面を残留磁束密度 B_r のばらつきが希土類焼結磁石体の他の面の中で最小となる面とする。この希土類焼結磁石体の一对の側面が希土類焼結磁石体の配向方向に対し垂直な面となることで、磁束のばらつきを小さくできる。

[0045] <希土類焼結磁石の製造方法>

上述したような構成を有する希土類焼結磁石の好適な製造方法について図面を用いて説明する。図1は、本発明の実施形態に係る希土類焼結磁石の製造方法を示すフローチャートである。図1に示すように、本実施形態に係る希土類焼結磁石の製造方法は、以下の工程を含んでなる。

(R_1 、 R_2) $_2T_{14}B$ の結晶粒を含む希土類焼結磁石体を供給する磁石体準備工程（ステップS11）

前記希土類焼結磁石体を回転させる回転工程（ステップS12）

前記希土類焼結磁石体に、 R_2 の希土類化合物を含むスラリーを塗布する塗布工程（ステップS13）

前記スラリーが塗布され、回転が開始された希土類焼結磁石体を回転させつつ、乾燥させる乾燥工程（ステップS14）

前記希土類焼結磁石体の回転を停止する回転停止工程（ステップS15）

前記スラリーが乾燥された希土類焼結磁石体を熱処理する熱処理工程（ステップS16）

[0046] 本実施形態に係る希土類焼結磁石を製造する際には、磁石製造装置を用いて希土類焼結磁石を製造する。図2は、磁石製造装置の構成を簡略に示す図である。図2に示すように、磁石製造装置10は、焼結体準備機構11と、塗布機構12と、乾燥機構13と、熱処理機構14と、搬送機構15と、制御機構16とを有する。なお、制御機構16は、各部の動作を制御する機構である。なお、本実施形態に係る希土類焼結磁石の製造は、磁石製造装置10を用いる場合に限定されるものではない。前記希土類焼結磁石体を回転させながらスラリーを塗布できる装置であればよい。

[0047] 以下、本実施形態に係る希土類焼結磁石を図2に示す磁石製造装置10を用いて製造する場合について説明する。

[0048] <磁石体準備工程：ステップS11>

磁石体準備工程（ステップS11）は、焼結体準備機構11において希土類焼結磁石を製造するために用いられる希土類焼結磁石体を準備する工程である。図3は、本発明の実施形態に係る希土類焼結磁石を製造するために用いられる希土類焼結磁石体の製造方法を示すフローチャートである。図3に示すように、希土類焼結磁石体の製造方法は、以下の工程を含んでなる。

合金を準備する合金準備工程（ステップS21）

合金を粗粉碎して粉末とする粗粉碎工程（ステップS22）

粗粉碎した粉末を更に微粉碎する微粉碎工程（ステップS23）

微粉碎した原料粉末を成形する成形工程（ステップS24）

成形体に加熱する処理を行い焼成を行う焼成工程（ステップS25）

焼結体の表面を処理する表面処理工程（ステップS26）

[0049] 合金準備工程（ステップS21）は、所望の組成を有する希土類磁石体が得られるような合金を準備する工程である。合金準備工程（ステップS21）では、例えば、希土類磁石の組成に対応する金属等の元素を含む単体、合金や化合物等を、真空又はアルゴン等の不活性ガス雰囲気下で溶解した後、これを用いて鋳造法やストリップキャスト法等を用いて合金の製造を行うことによって所望の組成を有する合金を作製する。

[0050] 合金としては、希土類磁石における主相を構成する組成の合金（主相合金）と、粒界相を構成する組成の合金（粒界相合金）との2種類を使用することもできる。所望の組成を有する合金を作製した後、粗粉碎工程（ステップS22）に移行する。

[0051] 粉碎工程（ステップS22）は、合金を粗粉碎して粉末とする工程である。粉碎工程（ステップS22）では、得られた合金を粗粉碎して、数百 μm 程度の粒径を有する粉末とする。合金の粗粉碎は、例えば、ジョークラッシャー、ブラウンミル、スタンプミル等の粗粉碎機を用いるか、または、合金

に水素を吸蔵させた後、異なる相間の水素吸蔵量の相違に基づく自己崩壊的な粉碎を生じさせる（水素吸蔵粉碎）ことによって行うことができる。合金を粗粉碎してした後、微粉碎工程（ステップS 2 3）に移行する。

[0052] 微粉碎工程（ステップS 2 3）は、粗粉碎により得られた粉末を更に微粉碎する工程である。微粉碎工程（ステップS 2 3）では、粗粉碎した粉末を更に微粉碎することで、好ましくは $1\mu\text{m}$ 以上 $10\mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $3\mu\text{m}$ 以上 $5\mu\text{m}$ 以下の粒径を有する希土類磁石体の原料粉末（以下、単に「原料粉末」という）を得る。微粉碎は、粉碎時間等の条件を適宜調整しながら、ジェットミル、ボールミル、振動ミル、湿式アトライター等の微粉碎機を用いて粗粉碎した粉末の更なる粉碎を行なうことで実施される。

[0053] なお、合金の製造において主相合金と粒界相合金の2種類を調整した場合は、各合金に対して粗粉碎及び微粉碎をそれぞれ行い、これにより得られた2種類の微粉末を混合することによって原料粉末を調製してもよい。

[0054] 粗粉碎した粉末を更に微粉碎した後、成形工程（ステップS 2 4）に移行する。

[0055] 成形工程（ステップS 2 4）は、微粉碎した原料粉末を目的の形状に成形する工程である。成形工程（ステップS 2 4）では、成形は、磁場を印加しながら行い、原料粉末に所定の配向を生じさせる。成形は、例えば、プレス成形により行うことができる。具体的には、原料粉末を金型キャビティ内に充填した後、充填された粉末を上パンチと下パンチとの間で挟むようにして加圧することによって、原料粉末を任意の形状に成形することができる。成形によって得られる成形体の形状は特に制限されるものではなく、用いる金型の形状に応じて、例えば平板状、柱状、リング状等、所望とする希土類磁石体の形状に応じて任意の形状とすることができる。本実施形態では、平板状の成形体とする。成形時の加圧は、 $0.5\text{ton}/\text{cm}^2$ 以上 $1.4\text{ton}/\text{cm}^2$ 以下で行うことが好ましい。また、印加する磁場は、 12kOe 以上 20kOe 以下とすることが好ましい。なお、成形方法としては、上記のように原料粉末をそのまま成形する乾式成形のほか、原料粉末を油等の溶媒に

分散させたスラリーを成形する湿式成形を適用することもできる。微粉碎した原料粉末を目的の形状に成形して成形体を得た後、焼成工程（ステップS 25）に移行する。

[0056] 焼成工程（ステップS 25）は、成形体に加熱する処理を行い焼成を行う工程である。焼成工程（ステップS 25）では、成形体に対して、例えば、真空中又は不活性ガスの存在下、1010℃以上1110℃以下、2時間以上6時間以下で加熱する処理を行うことにより焼成を行う。これにより、原料粉末が液相焼結を生じ、主相の体積比率が向上した焼結体（希土類磁石体の焼結体）が得られる。焼結体を得た後、表面処理工程（ステップS 26）に移行する。

[0057] 表面処理工程（ステップS 26）は、焼結体の表面を酸溶液によって処理する工程である。表面処理工程（ステップS 26）では、得られた焼結体に対しては、適宜所望の大きさや形状に加工した後、焼結体の表面を例えば酸溶液によって処理する。焼結体の表面処理に用いる酸溶液としては、硝酸、塩酸等の水溶液と、アルコールとの混合溶液が好適である。この表面処理は、例えば、焼結体を酸溶液に浸漬したり、焼結体に酸溶液を噴霧したりすることによって行うことができる。

[0058] かかる表面処理によって、焼結体に付着していた汚れや酸化層等を除去して清浄な表面を得ることができ、後述するR 2の希土類化合物の付着及び拡散が有利となる。汚れや酸化層等の除去を更に良好に行う観点からは、酸溶液に超音波を印加しながら表面処理を行ってもよい。

[0059] このように、磁石体準備工程（ステップS 11）では、焼結体の表面処理を行い、希土類焼結磁石体が得られる。準備される希土類焼結磁石体は、成形工程（ステップS 24）で原料粉末を成形することで所定形状に成形されるが、更に任意の形状に加工してもよい。このとき、希土類焼結磁石体は例えばプレス成形、打ち抜き、切削などにより所定形状に成形される。磁石体準備工程（ステップS 11）では、成形工程（ステップS 24）において成形体の形状を平板状としている。このため、本実施形態では、平板状の希土

類焼結磁石体を用いた場合を例として説明する。

[0060] 焼結体準備機構 11 は、複数の希土類焼結磁石体 21 を準備し、希土類焼結磁石体 21 を保有する。磁石製造装置 10 は、焼結体準備機構 11 で準備される希土類焼結磁石体 21 を搬送機構 15 によって塗布機構 12 に搬送する。搬送機構 15 は、焼結体を搬送させる搬送機構であり、焼結体準備機構 11 で準備された希土類焼結磁石体 21 を塗布機構 12 まで搬送する。搬送機構 15 としては、種々の手段を用いることができ、例えば、ベルトコンベアや、ロボットアーム等を用いることができる。磁石製造装置 10 は、希土類焼結磁石体 21 を搬送機構 15 によって塗布機構 12 に搬送した後、回転工程（ステップ S 12）に移行する。

[0061] <回転工程：ステップ S 12>

回転工程（ステップ S 12）は、磁石製造装置 10 は、搬送機構 15 によって焼結体準備機構 11 から搬送される希土類焼結磁石体を塗布機構 12 で保持し、回転させる工程である。図 4 は、塗布機構の構成を簡略に示す模式図である。図 4 に示すように、塗布機構 12 は、希土類焼結磁石体 21 にスラリー 22 を塗布する塗布手段 23 と、希土類焼結磁石体 21 を保持し、希土類焼結磁石体 21 を回転させる回転保持手段 24 とを有する。塗布手段 23 は、スプレーヘッド 25 と、スプレーヘッド 25 の下面に設けられた複数の噴射口 26 と、スプレーヘッド 25 の鉛直方向下側に配置され、噴射口 26 から放出されたスラリー 22 を回収するスラリー回収部 27 とを有する。塗布手段 23 は、後述する塗布工程（ステップ S 13）において希土類焼結磁石体 21 にスラリー 22 を塗布する。

[0062] また、回転保持手段 24 は、接触部 28 と、回転部 29 と、着脱部 30 とを有する。なお、回転保持手段 24 は、回転軸に垂直な対称面を軸として、左右対称の形状であり、希土類焼結磁石体 21 の両端に 2 つの接触部 28 をそれぞれ接触させて、希土類焼結磁石体 21 を挟み込む構造である。

[0063] 磁石製造装置 10 は、搬送機構 15 によって塗布機構 12 に搬送された希土類焼結磁石体 21 を回転保持手段 24 で保持した後、塗布機構 12 の回転

保持手段 24 の回転部 29 により接触部 28 を回転させて、希土類焼結磁石体 21 の回転を開始する。

[0064] 2つの接触部 28 は、希土類焼結磁石体 21 と接触する部材であり、回転部 29、着脱部 30 により保持されている。2つの接触部 28 は、向かい合うように配置されており、希土類焼結磁石体 21 は、2つの接触部 28 に挟まれて配置される。つまり、希土類焼結磁石体 21 は、両端（本実施形態では、希土類焼結磁石体 21 の長手方向の端部）が、接触部 28 と接触する。

[0065] 回転部 29 は、接触部 28 に対応して設けられており、接触部 28 を回転させる駆動機構である。回転部 29 は、接触部 28 を、希土類焼結磁石体 21 の長手方向に平行な軸を回転軸として（図中 R 方向に）回転させる。回転部 29 によって接触部 28 を回転させる方法は、特に限定されない。例えば、接触部 28 を連結している軸と、回転モータとを伝達ベルト（プーリ）で連結し、回転モータの回転を、伝達ベルトを介して接触部 28 に伝達することで、接触部 28 を回転させる方法がある。また、接触部 28 はモータを直接連結し、接触部 28 を回転させるようにしてもよい。

[0066] 着脱部 30 は、接触部 28 を回転自在に支持しており、回転軸に平行な方向（図中矢印 A 方向）に移動させることができる。接触部 28 を回転軸に平行な方向（図中矢印 A 方向）に移動させることで、着脱部 30 を回転軸に平行な方向に移動させ、2つの接触部 28 間の距離を調整することができる。これにより、2つの接触部 28 間の距離を広げ、希土類焼結磁石体 21 の長手方向の長さよりも長くすることで、希土類焼結磁石体 21 を着脱可能としている。また、着脱部 30 は、希土類焼結磁石体 21 を保持した状態で移動することもできる。

[0067] このように、回転保持手段 24 は、接触部 28 を着脱部 30 により回転軸に平行な方向に移動させることで、希土類焼結磁石体 21 を着脱し、回転部 29 により接触部 28 を回転軸周りに回転させることで、希土類焼結磁石体 21 を回転軸周りに回転させる。磁石製造装置 10 は、回転保持手段 24 により希土類焼結磁石体 21 を回転させた後、塗布工程（ステップ S 13）に

移行する。

[0068] <塗布工程：ステップS 1 3>

塗布工程（ステップS 1 3）では、回転している希土類焼結磁石体 2 1 に、希土類化合物を含むスラリーを塗布する。塗布手段 2 3 は、スプレーヘッド 2 5 と、スプレーヘッド 2 5 の下面に設けられた複数の噴射口 2 6 と、スプレーヘッド 2 5 の鉛直方向下側に配置され、噴射口 2 6 から放出されたスラリー 2 2 を回収するスラリー回収部 2 7 とを有する。スプレーヘッド 2 5 は、スラリー循環部 3 1 から供給されるスラリー 2 2 を一時的に貯留し、一定圧以上に圧縮する貯留部である。複数の噴射口 2 6 は、スプレーヘッド 2 5 の下面に列上に形成され、スプレーヘッド 2 5 から一定圧以上で供給されたスラリー 2 2 を霧状に噴射させる。スラリー回収部 2 7 は、スプレーヘッド 2 5 の噴射口 2 6 から噴射され、希土類焼結磁石体 2 1 に付着しなかったスラリー 2 2 を回収する。また、スラリー回収部 2 7 は、受け皿で構成され、側面が傾斜面となっており、側面に付着したスラリー 2 2 を回収する回収口が形成された下面に流れる構成となっている。

[0069] スラリー 2 2 を希土類焼結磁石体 2 1 に塗布する際は、図 4 に示すように、塗布機構 1 2 は、回転保持手段 2 4 で保持した希土類焼結磁石体 2 1 を回転させつつ、スプレーヘッド 2 5 とスラリー回収部 2 7 との間に移動させる。塗布機構 1 2 は、回転保持手段 2 4 で保持した希土類焼結磁石体 2 1 を回転させつつ、塗布手段 2 3 によるスラリー 2 2 の塗布を行う。塗布手段 2 3 は、噴射口 2 6 からスラリー 2 2 を噴射することで、噴射口 2 6 の鉛直方向下側にある希土類焼結磁石体 2 1 にスラリー 2 2 を塗布することができる。噴射口 2 6 から放出されたスラリー 2 2 が落下する位置にある希土類焼結磁石体 2 1 は、姿勢を変化させながらスラリー 2 2 と接触する。これにより、希土類焼結磁石体 2 1 は、略全面がスラリー 2 2 の到達位置を通過し、噴射口 2 6 から放出されたスラリー 2 2 が塗布される。また、希土類焼結磁石体 2 1 に塗布されなかった、つまり付着しなかったスラリー 2 2 は、希土類焼結磁石体 2 1 よりも鉛直方向下側にあるスラリー回収部 2 7 によって回収さ

れる。

[0070] また、図5は、塗布手段の構成を簡略に示す模式図である。図5に示すように、塗布手段23は、スプレーヘッド25にスラリー22を供給すると共に、スラリー回収部27からスラリー22を回収して循環させるスラリー循環部31を有する。スラリー回収部27に受け止められたスラリー22は配管32aからスラリータンク33に回収される。スラリータンク33は、スラリー22を貯留するタンクであり、一定量のスラリー22が貯められている。スラリータンク33は、配管32bを介して、スプレーヘッド25と接続し、回収したスラリー22は循環させ、再びスプレーヘッド25に供給する。

[0071] また、塗布機構12は、スラリー循環部31で循環されるスラリー22の濃度を調整する濃度調整部34を有する。濃度調整部34は、溶剤タンク35と、ポンプ36とを有する。溶剤タンク35は、スラリー22を構成する溶剤（溶媒）が貯留されたタンクであり、配管37を介してスラリータンク33に接続されている。濃度調整部34は、配管37に設けられたポンプ36により、溶剤タンク35に貯留された溶剤をスラリータンク33に供給し、スラリータンク33内のスラリー22の密度を一定範囲に維持する。スラリー22の密度を維持することで、溶媒（溶剤）と溶質（希土類化合物）との割合を一定範囲にすることができ、スラリー22の濃度を一定範囲にすることができる。

[0072] このように、複数の噴射口26から希土類焼結磁石体21に向けてスラリー22を噴射することで、焼結体の表面にスラリー22を塗布することができる。また、本実施形態のようにスラリー22を噴射させるのみの構成とすることで、簡単な構成でスラリー22を焼結体に向けて移動させることができる。

[0073] また、本実施形態のように、噴射口26を複数設け、さらに、列上に設けることで、焼結体の位置に応じて、スラリー22が片寄ることを抑制し、均一に塗布することができる。つまり、スラリ一流が開口の中央にまとまって

も、噴射口 26 を複数個設け、所定の間隔で配置することで、列上の端部側にも適切にスラリー 22 を放出することができる。

[0074] また、焼結体へのスラリー 22 の塗布方法は、スプレーを用いてスラリー 22 を塗布する方法に限定されるものではなく、スラリー 22 を塗布する種々の手段を用いることができる。例えば、図 6 に示すように、スラリー 22 が溜められているスラリー槽 38 に希土類焼結磁石体 21 を浸漬して回転させ希土類焼結磁石体 21 にスラリー 22 を塗布するようにしてもよい。

[0075] また、図 7 に示すように、スプレーヘッド 25 の下面に設けたノズル 39 から鉛直方向下側（真下）にスラリー 22 をスラリ一流として放出（落下）し、希土類焼結磁石体 21 を回転させながら希土類焼結磁石体 21 にスラリー 22 を塗布するようにしてもよい。また、ノズル 39 を複数設け、さらに、列上に設けることで、焼結体の位置に応じて、スラリー 22 が片寄ることを抑制し、均一に塗布することができる。つまり、スラリ一流が開口の中央にまとまっても、ノズル 39 を複数個設け、所定の間隔で配置することで、列上の端部側にも適切にスラリー 22 を放出することができる。

[0076] また、ノズル 39 からスラリー 22 を放出して塗布する方法の場合、ノズル 39 から鉛直方向下側にスラリー 22 を放出させる構造とすることで、制御が簡単となり、構造が簡単になるが、本発明はこれに限定されず、スラリー 22 を焼結体に塗布することができればよく、ノズル 39 から斜め方向や、横方向にスラリー 22 を放出させる構成としてもよい。

[0077] なお、希土類焼結磁石体 21 に塗布する膜の厚みは、スラリー 22 の濃度を調整することで、調整可能である。即ちスラリー 22 の濃度を高くすることで膜厚を高くすることができ、スラリー 22 の濃度を低くすることで膜厚を低くすることができる。

[0078] また、濃度調整部 34 は、スラリー 22 を基準値 $\pm 0.050 \text{ g/cc}$ の範囲、つまり、スラリー 22 の密度を 0.100 g/cc の範囲に維持することが好ましく、 $\pm 0.035 \text{ g/cc}$ の範囲、つまり、スラリー 22 の密度を 0.070 g/cc の範囲とすることがより好ましい。スラリー 22 を

上記範囲とすることで、製造した磁石間で性能のムラが発生することを抑制することができる。

[0079] なお、スラリー２２の濃度は、目的とする厚みで希土類焼結磁石体２１に塗布できる濃度以上であればよく、下限値は特に限定されない。また、スラリー２２の濃度は、７０ｗｔ％以下とすることが好ましく、６０ｗｔ％以下とすることがより好ましい。スラリー２２の濃度を７０ｗｔ％以下とすることで、スラリー２２を焼結体上で適切に移動させることができ、回転させることで、スラリー２２の厚みを均一にさせることができる。

[0080] 磁石製造装置１０は、塗布機構１２で希土類焼結磁石体２１にスラリー２２を塗布した後、乾燥工程（ステップＳ１４）に移行する。

[0081] ＜乾燥工程：ステップＳ１４＞

乾燥工程（ステップＳ１４）は、希土類焼結磁石体２１に付着した（塗布された）スラリー２２を乾燥させる工程である。搬送機構１５は、塗布機構１２から乾燥機構１３へ希土類焼結磁石体２１を搬送する。このとき、回転保持手段２４は、希土類焼結磁石体２１を回転させたまま乾燥機構１３に移動させる。乾燥機構１３は、回転保持手段２４により保持された希土類焼結磁石体２１を回転させたまま塗布機構１２で焼結体に塗布されたスラリー２２に含まれる溶剤を揮発させ、スラリー２２が塗布された焼結体を回転させつつ乾燥する。

[0082] 乾燥機構１３は、種々の乾燥方法を用いることができ、例えば、加熱、送風により乾燥させる方法を用いることができる。また、自然乾燥によりスラリー２２が塗布された希土類焼結磁石体２１を乾燥させてもよい。磁石製造装置１０は、希土類焼結磁石体２１に付着したスラリー２２を乾燥させた後、回転停止工程（ステップＳ１５）に移行する。

[0083] ＜回転停止工程：ステップＳ１５＞

回転停止工程（ステップＳ１５）は、回転保持手段２４の回転部２９の駆動を停止し、希土類焼結磁石体２１の回転を停止させる工程である。磁石製造装置１０は、搬送機構１５により回転保持手段２４に保持されている希土

類焼結磁石体 2 1 を回収した後、熱処理工程（ステップ S 1 6）に移行する。

[0084] <熱処理工程：ステップ S 1 6>

熱処理工程（ステップ S 1 6）は、希土類焼結磁石体 2 1 に熱処理を施す。熱処理を施すことにより、表面に付着したスラリー 2 2 に含まれていた R 2 の希土類化合物を拡散させる工程である。熱処理機構 1 4 は、乾燥機構 1 3 でスラリー 2 2 が乾燥された希土類焼結磁石体 2 1 に熱処理を施す機構である。熱処理機構 1 4 は、搬送された希土類焼結磁石体 2 1 を所定の時間、所定の温度で加熱する。磁石製造装置 1 0 は、熱処理を施し、希土類焼結磁石体 2 1 に R 2 の希土類化合物を拡散させることで、希土類焼結磁石を製造し、処理を終了する。

[0085] また、熱処理を施して、スラリー 2 2 に含まれていた R 2 の希土類化合物を希土類焼結磁石体 2 1 に吸収させる際、真空又は不活性ガス雰囲気として減圧して熱処理を行なうようする。不活性ガスとしては、Ar、He等が用いられる。真空又は不活性ガス雰囲気として減圧して熱処理することで R 2 の希土類化合物は焼結磁石体の表面から内部に供給し易くなる。熱処理温度は、希土類焼結磁石体 2 1 の焼結温度以下の温度とする。希土類焼結磁石体 2 1 の焼結温度以上の温度で熱処理すると、希土類焼結磁石の組織が変成する虞があるからである。また、R 2 の希土類化合物が希土類焼結磁石体 2 1 の結晶粒界だけでなく結晶粒の内部にまで拡散し、希土類焼結磁石体 2 1 の表面における残留磁束密度 B_r が低下する虞があるからである。熱処理温度は、具体的には 600℃以上 1000℃以下、好ましくは 800℃以上 950℃以下である。また、熱処理の後に時効処理を施すことができる。時効処理を施すことで保磁力が向上する。時効処理温度としては、400℃以上 650℃以下、より好ましくは 450℃以上 600℃以下である。

[0086] このように、磁石製造装置 1 0 は、希土類焼結磁石体 2 1 を回転させつつ、スラリー 2 2 を塗布し、乾燥終了まで回転させ続けることで、希土類焼結磁石体 2 1 に均一にスラリー 2 2 を塗布することができる。磁石製造装置 1

0は、スラリー22を均一に塗布した希土類焼結磁石体21を熱処理することで、希土類焼結磁石体21の表面における保磁力 $H_c J$ 、残留磁束密度 B_r 等のばらつきを抑制することができる。このように、希土類焼結磁石体21の表面における保磁力 $H_c J$ や残留磁束密度 B_r 等のばらつきを抑制することで、磁石としての性能を高くすることができ、例えばモータの磁石として用いた場合に、コギング等を発生しにくくさせることができる。

[0087] 本実施形態のようにR2の希土類化合物を溶かしたスラリー22を希土類焼結磁石体21に塗布して、R2の希土類化合物を希土類焼結磁石体21に付着させるようにすることで、R2の希土類化合物が希土類焼結磁石体21の表面以外に付着することを抑制することができるので、R2の希土類化合物を効率よく利用することができる。R2の希土類化合物を蒸着により付着させる方法では、希土類焼結磁石体21以外の領域にも希土類化合物が付着する。本実施形態では、塗布手段23により希土類焼結磁石体21を回転させつつ噴射口26からR2の希土類化合物を含むスラリー22を噴射し、希土類焼結磁石体21に塗布させることができる。これにより、希土類焼結磁石体21以外の部分に希土類化合物が付着することを抑制することができるので、効率よくR2の希土類化合物を使用することができる。また、本実施形態のように、スラリー22を回収し、循環し、再利用することで、無駄なくR2の希土類化合物を使用することができる。

[0088] 本実施形態のように、接触部28が希土類焼結磁石体21の両端のみと接触する構成とすることで、希土類焼結磁石体21の接触部28と接触する部分以外の全面にスラリー22を塗布することができる。このため、接触部28により希土類焼結磁石体21のスラリー22が塗布されない部分を少なくすることができる。これにより、より均一な性能の磁石を製造することができる。なお、本実施形態では、2つの接触部28を希土類焼結磁石体21の両端と接触させ、挟み込む形状としているが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、希土類焼結磁石体21の一方の端部のみを接触部28で保持するようにしてもよい。

- [0089] 本実施形態のように、希土類焼結磁石体 2 1 の回転を開始させ、希土類焼結磁石体 2 1 を回転させながらスラリー 2 2 の塗布を開始することで、希土類焼結磁石体 2 1 上にスラリー 2 2 が必要以上溜まることを抑制できると共に、スラリー 2 2 が飛び散ることを抑制することができる。また、短時間で適切に、スラリー 2 2 の塗布を終了させることができるので、エネルギー効率、作業効率を高くすることができる。また、効率よくスラリー 2 2 を塗布することができる。なお、本実施形態では、希土類焼結磁石体 2 1 にスラリー 2 2 を塗布する前に希土類焼結磁石体 2 1 の回転を開始させたが、本発明はこれには限定されるものではない。例えば、塗布機構 1 2 は、スラリー 2 2 を塗布した後、希土類焼結磁石体 2 1 を回転させ、希土類焼結磁石体 2 1 の表面に付着したスラリー 2 2 の厚みを均一にしようしてもよい。
- [0090] また、R 2 の希土類化合物を希土類焼結磁石体 2 1 に付着させる方法として、めっき法や蒸着法なども挙げられる。めっき法を用いる場合、希土類焼結磁石体 2 1 の角部のめっき膜厚みが希土類焼結磁石体 2 1 の他の表面の数倍（例えば 2 倍～3 倍）となる、いわゆるドッグボーン現象が生じてしまい、R 2 の希土類化合物により形成される膜を均一に得ることができない。
- [0091] また、蒸着法を用いる場合、希土類焼結磁石体 2 1 と R 2 の希土類化合物を含むバルク体との距離により希土類焼結磁石体 2 1 の表面に形成される R 2 の希土類化合物を含む膜の厚さは影響を受ける。そのため、安定した膜厚を有する磁石は得難く、安定した特性を有する磁石を得るのは困難である。また、熱処理しながら蒸着する場合、蒸着に用いる治具などが歪むため、希土類焼結磁石体 2 1 と R 2 の希土類化合物を含むバルク体との距離を均一に維持することはより困難である。更に、R 2 などの希土類化合物を希土類焼結磁石体 2 1 の表面に拡散すると、希土類焼結磁石体 2 1 の角部は拡散面が多いため、保磁力 $H_c J$ の向上、残留磁束密度 B_r の低下は大きくなる傾向にあるが、蒸着法では R 2 の反応性は高いため、保磁力 $H_c J$ 、残留磁束密度 B_r のばらつきは更に大きく顕著に現れる傾向にある。
- [0092] これに対し、本実施形態によれば、希土類焼結磁石体 2 1 を回転させなが

ら希土類焼結磁石体 21 の表面にスラリー 22 を塗布しているため、希土類焼結磁石体 21 の表面にスラリー 22 を均一の厚さに、短時間で簡易かつ低コストで塗布することができる。

[0093] 以上のように、本実施形態のようにして希土類焼結磁石体 21 の表面にスラリー 22 を塗布し、乾燥させることで希土類焼結磁石を得ることができる。また、着磁させることで、磁石製品が得られる。さらに、希土類焼結磁石は希土類焼結磁石の表面に Ni めっきを施すなど表面処理して耐蝕性を向上させるようにしてもよい。この希土類焼結磁石は、例えばロータ表面に磁石を取り付けた表面磁石型 (Surface Permanent Magnet : SPM) モータ、IPM (Interior Permanent Magnet) モータ、PRM (Permanent magnet Reluctance Motor) などの磁石として好適に用いられる。特に SPM モータは、ギャップ磁束密度を高め易く且つノイズ発生が少ない等の利点を有することから、ハードディスクドライブのハードディスク回転駆動用スピンドルモータやボイスコイルモータ、自動車の電動パワーステアリング用モータ、工作機械のサーボモータ、携帯電話のバイブレータ用モータ、プリンタ用モータ等の用途として好適に用いられる。

[0094] <モータ>

本実施形態に係る希土類焼結磁石をモータに用いた好適な実施形態について説明する。ここでは、本実施形態に係る希土類焼結磁石を SPM モータに適用した一例について説明する。図 8 は、SPM モータの一実施形態の構成を簡略に示す縦断面図であり、図 9 は、図 8 中、A-A 方向の断面を簡略に示す図である。図 8、9 に示すように、モータ 40 は、ハウジング 41 内に円筒状のステータ 42 と、円柱状のロータ 43 と、回転軸 44 とを有する。回転軸 44 はロータ 43 の横断面の中心を貫通している。ステータ 42 は、その筒壁 (周壁) の内部の周方向に所定間隔で複数のスロット 45 を有する。そのスロット 45 にはコイル 45a が巻きつけられている。ロータ 43 は、鉄材等からなる円柱状のロータコア 46 (鉄芯) と、そのロータコア 46 の外周面に所定間隔で設けられた複数の永久磁石 47 を有する。ロータ 43

は、回転軸 44 とともにステータ 42 内の空間内で回転可能に設けられている。永久磁石 47 には本実施形態に係る希土類焼結磁石が用いられる。

- [0095] モータ 40 は、永久磁石 47 として本実施形態に係る希土類焼結磁石を用いているので、永久磁石 47 の表面における保磁力 $H_c J$ 、残留磁束密度 B_r 等のばらつきを抑制できる。このため、モータ 40 の回転中、コイル 45a の作る反磁界によって減磁が生じるのを抑制することができる。これにより、モータ 40 は、コギングトルクやトルクリプルなどの発生を低減することができるので、モータのトルク特性などモータの性能を向上させることができる。

実施例

- [0096] 以下、本発明を実施例及び比較例を挙げてさらに具体的に説明するが、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

- [0097] <希土類焼結磁石の製造>

[実施例 1]

(希土類焼結磁石体の製造)

以下に示す方法で希土類焼結磁石体（焼結体磁石）21 を製造した。まず、主に磁石の主相を形成する主相系合金と、主に粒界を形成する粒界系合金を、ストリップキャスト（SC）法で鋳造した。主相系合金の組成は $23.0 \text{ wt\%Nd} - 2.6 \text{ wt\%Dy} - 5.9 \text{ wt\%Pr} - 0.5 \text{ wt\%Co} - 0.18 \text{ wt\%Al} - 1.1 \text{ wt\%Ba} - \text{Fe}$ で、粒界系合金の組成は $30.0 \text{ wt\%Dy} - 0.18 \text{ wt\%Al} - 0.6 \text{ wt\%Cu} - \text{Ba} - \text{Fe}$ であった。

- [0098] 次いで、これらの原料合金をそれぞれ水素粉砕により粗粉砕した後、高圧 N_2 ガスによるジェットミル粉砕を行い、それぞれ平均粒径 D が $4 \mu\text{m}$ の微粉末とした。得られた主相系合金の微粉末と、粒界系合金の微粉末とを、主相系合金：粒界系合金 = 9：1 の割合で混合して、希土類焼結磁石体の原料粉末である磁性粉末を調製した。次いで、この磁性粉末を用い、成型圧 1.2 t/cm^2 、配向磁場 15 kOe の条件で磁場中成型を行い、成型体を得た。

成型体は平板状の形状とし、平板面が配向方向と垂直である。次いで、得られた成型体を、 1060°C 、4時間の条件で焼成することで、上記の組成を有する希土類焼結磁石の希土類焼結磁石体21を製造した。その後、製造した希土類焼結磁石体21を、 $3\text{ wt \% HNO}_3/\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ の混合溶液に3分間浸漬させた後、 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ で洗浄する処理を2回行い、希土類焼結磁石体21の表面処理を行った。また、これらの処理は、いずれも超音波を印加しながら行った。

[0099] (スラリーの製造)

次に、希土類焼結磁石体21に付着させるスラリー22は、以下のようにして製造した。まず、イソプロピルアルコール550質量部中にブチラール樹脂(商品名: BM-S、積水化学社製)5質量部を溶解し、樹脂溶液を作製した。次にこの樹脂溶液とDy水素化物(DyH_2) (平均粒径D: $5\mu\text{m}$) 445質量部をボールミルに投入し、Ar雰囲気下で3mmのジルコニアボールで10時間分散を行い、スラリーを製造した。なお、使用したDy水素化物は、Dy粉末を水素雰囲気下 350°C で1時間吸蔵させ、これに続いてAr雰囲気下、 600°C で1時間処理することにより作製したものである。このようにして得られた DyH_2 は、X線回折測定を行い、JCPDSカード(旧ASTMカード) 47-978の ErH_2 からの類推により、 DyH_2 であると同定することができる。

[0100] (スラリーの塗布、乾燥)

上記のようにして製造したスラリー22を塗布機構12のスラリータンク33に投入し、 500 cc/min の流量で循環させた。また、循環中の溶剤揮発による濃度変動を防ぐために、濃度調整部34により、スラリー22の密度が、 $1.258(\text{g/cc})$ から $1.263(\text{g/cc})$ の範囲となるように、調整した。測定結果に応じてポンプ36を駆動し、溶剤タンク35からスラリータンク33に溶剤を投入した。次に、希土類焼結磁石体21を回転保持手段24により保持した状態で、回転部29により、回転速度20rpmで回転させた。この回転している希土類焼結磁石体21に対して、

噴射口 26 から 5 秒間、スラリー 22 をスプレー方式で噴射し、スラリー 22 の塗布を行い、その後、希土類焼結磁石体 21 を回転させたまま乾燥を行った。これにより希土類焼結磁石体 21 の表面に DyH_2 を含むスラリー層を形成した。なお、スラリー層の膜厚は $20\ \mu m$ 程度となるようにスラリー 22 を塗布した。スラリー層の膜厚を $20\ \mu m$ 程度とすることで、希土類焼結磁石体 21 の表面に DyH_2 を $5.0\ mg/cm^2$ の割合で付着させることができる。

[0101] その後、乾燥後の希土類焼結磁石体 21 に対し、 $900^\circ C$ 、5 時間の熱処理を行った後、 $540^\circ C$ 、1 時間の時効処理を更に行うことにより、希土類焼結磁石を製造した。なお、得られた希土類焼結磁石の大きさは、 $2\ mm$ （厚み：磁気異方化方向） $\times 45\ mm \times 30\ mm$ であった。

[0102] [実施例 2]

実施例 2 は、塗布機構 12 の構成として図 6 に示すように希土類焼結磁石体 21 をスラリー槽 38 に浸漬して希土類焼結磁石体 21 にスラリー 22 を塗布する方法を用いて行った。実施例 2 は、図 6 に示すように希土類焼結磁石体 21 をスラリー槽 38 に 5 秒浸漬し、その後、回転部 29 により $20\ rpm$ で、回転させたこと以外は実施例 1 と同様の条件で希土類焼結磁石を製造した。

[0103] [実施例 3]

実施例 3 は、塗布機構 12 の構成として図 7 に示すように希土類焼結磁石体 21 にスラリー 22 をスラリ一流として放出して希土類焼結磁石体 21 にスラリー 22 を塗布する方法を用いて行った。実施例 3 は、図 7 に示すようにスプレーヘッド 25 の下面に設けたノズル 39 から鉛直方向下側（真下）にスラリー 22 をスラリ一流として放出（落下）し、希土類焼結磁石体 21 を回転させながら希土類焼結磁石体 21 にスラリー 22 を塗布するようにしたこと以外は、実施例 1 と同様の条件で、希土類焼結磁石を製造した。

[0104] 実施例 3 では、上記のようにして製造したスラリー 22 を塗布機構 12 のスラリータンク 33 に投入し、 $500\ cc/min$ の流量で循環させた。循

環中の溶剤揮発による濃度変動を防ぐために、濃度調整部 34 でスラリー 22 の密度が 1.258 (g/cc) から 1.263 (g/cc) の範囲となるように、調整した。スラリー 22 の密度に応じてポンプ 36 を駆動し、溶剤タンク 35 からスラリータンク 33 に溶剤を投入した。次に、希土類焼結磁石体 21 を回転保持手段 24 により保持した状態で、回転速度 20 rpm で回転させた。この回転している希土類焼結磁石体 21 に対して、ノズル 39 から 5 秒間スラリー 22 の塗布を行い、その後、希土類焼結磁石体 21 を回転させたまま乾燥した。

[0105] [実施例 4]

実施例 4 は、実施例 3 で回転速度を 10 rpm にした他は実施例 1 と同様の条件で希土類焼結磁石を作製した。

[0106] [実施例 5]

実施例 5 は、実施例 3 で回転速度を 30 rpm にした他は実施例 1 と同様の条件で希土類焼結磁石を作製し、同様に特性を計測した。

[0107] [実施例 6]

実施例 6 は、実施例 3 でスラリー 22 の供給位置を側面に変更した他は実施例 1 と同様の条件で希土類焼結磁石を作製した。

[0108] [実施例 7]

実施例 7 は、実施例 3 で回転速度を 60 rpm に変更した他は実施例 1 と同様の条件で希土類焼結磁石を作製した。

[0109] [実施例 8]

実施例 8 は、実施例 3 で回転速度を 1 rpm に変更した他は実施例 1 と同様の条件で希土類焼結磁石を作製した。

[0110] [比較例 1]

比較例 1 は、希土類焼結磁石体 21 を回転させることなくスラリー 22 の塗布及び乾燥を行って希土類焼結磁石を作製したものである。比較例 1 は、実施例 1 で作製したスラリー 22 をスラリー槽 38 (図 6 参照) に投入し、超音波を印加しながら 10 秒間浸漬した後、引き上げて乾燥した。これによ

り、希土類焼結磁石体 2 1 の表面に DyH_2 を付着させた他は実施例 1 と同様の条件で希土類焼結磁石を作製した。

[0111] [比較例 2]

比較例 2 は、希土類焼結磁石体 2 1 の表面に DyH_2 を高温高真空度で蒸着拡散させ、希土類焼結磁石を作製した。具体的には、希土類焼結磁石体 2 1 を 0.3% 硝酸水溶液で酸洗し、乾燥させた後、図 10 に示すような処理容器内に配置した。図 10 は、希土類焼結磁石体 2 1 の表面に DyH_2 を蒸着拡散させるために用いた処理容器の一例を示す図である。図 10 に示すように、処理室 5 1 は Mo など高融点金属材料から形成され、処理室 5 1 の内部には、網 5 2 を支持する一対の支持台 5 3 を設けた。網 5 2 に焼結磁石体 2 1 (図 10 中では、2 つ) および RH バルク体 5 4 (図 10 中では、2 つ) を設置し、処理室 5 1 内で希土類焼結磁石体 2 1 と RH バルク体 5 4 とは 5 mm ~ 9 mm 程度間隔を有した状態で対向配置させた。RH バルク体 5 4 は、純度 99.9% の Dy から形成され、縦 30 mm × 幅 30 mm × 高さ 5 mm のものを用いた。

[0112] 次いで、図 10 の処理容器を真空熱処理炉において加熱し、熱処理を行った。熱処理は、熱処理温度を 900℃ として 180 分、圧力を 1.0×10^{-2} Pa として行った。なお、熱処理温度は焼結磁石体および RH バルク体の温度をいう。熱処理を行った後、圧力を 2 Pa として、500℃ で 60 分、時効処理を行った。熱処理することで、RH バルク体 5 2 から蒸発させた DyH_2 を焼結磁石体 2 1 の表面に析出させ、焼結磁石体 2 1 の内部に拡散させた。この結果、希土類焼結磁石体 2 1 の表面に DyH_2 を蒸着拡散させた希土類焼結磁石を作製した。

[0113] <特性評価>

製造した希土類焼結磁石の特性を以下の方法で測定した。なお、特性としては、希土類焼結磁石の希土類焼結磁石体 2 1 の表面に塗布した DyH_2 の塗布量 (付着量) 及び磁気特性を測定した。磁気特性は、塗布による保磁力向上幅 ($\Delta H_c J$) 及び塗布による残留磁束密度低下幅 (ΔB_r) を測定した

。また、希土類焼結磁石体 2 1 と、実施例 1、8、比較例 1 のスラリーの塗布方法で DyH_2 を塗布した希土類焼結磁石を用いて磁場解析シミュレーションを行い、希土類焼結磁石が減磁し始める減磁温度とコギングトルクを測定した。

[0114] $[DyH_2$ の塗布量]

まず、希土類焼結磁石体 2 1 を DyH_2 のスラリー 2 2 を塗布する前の質量とスラリー 2 2 を塗布して乾燥させた後の質量とを測定し、これらを比較することによって、焼結体への DyH_2 の塗布量を算出した。この結果から希土類焼結磁石体 2 1 の単位表面積あたりの DyH_2 の塗布量 (mg/cm^2) を算出した。

[0115] 希土類焼結磁石体 2 1 は上述のように平板の形状のものをを用いている。各々の希土類焼結磁石体 2 1 の DyH_2 の塗布量は、希土類焼結磁石体 2 1 の面積が最も大きい面を、図 1 1 に示すように、以下のような第 1 領域から第 9 領域に 9 分割し、その各領域の塗布面の中心付近の膜厚を、マイクロメータを用いて測定した。なお、希土類焼結磁石体 2 1 は平板の形状のものをを用いたので、回転軸に平行な方向は面の長手方向であり、回転軸に直交する方向は面の短手方向である。

回転軸に直交する方向（面の短手方向）の一方の端で、回転軸に平行な方向（面の長手方向）の一方の端：第 1 領域

回転軸に平行な方向において第 1 領域の隣の領域：第 2 領域

回転軸に直交する方向の一方の端で、回転軸に平行な方向の他方の端：第 3 領域

回転軸に直交する方向において中央となる領域で、第 1 領域に隣接する領域：第 4 領域

回転軸に直交する方向において中央となる領域で、第 2 領域に隣接する領域：第 5 領域

回転軸に直交する方向において中央となる領域で、第 3 領域に隣接する領域：第 6 領域

回転軸に直交する方向の他方の端で、第4領域に隣接する領域：第7領域

回転軸に直交する方向の他方の端で、第5領域に隣接する領域：第8領域

回転軸に直交する方向の他方の端で、第6領域に隣接する領域：第9領域

[0116] 膜厚の計測をする際、上記のように9つに分けた領域の第1領域から第3領域が、浸漬時に鉛直方向上方となった領域であり、第7領域から第9領域が、浸漬時に鉛直方向下方となった領域である。

[0117] [$\Delta H_c J$ 、 ΔB_r]

磁気特性 ($\Delta H_c J$ 、 ΔB_r) の計測は、上記のように図11に示すように9つに分けた領域の第1領域から第9領域の各々の中心付近から1mm角の試料片を取り出した。取り出した各領域の試料片の一部はパルスBHトレーサーにより測定し、保磁力 $H_c J$ を求めた。また、アクリル棒に固定し、振動試料型磁力計 (VSM: Vibrating Sample Magnetometer) を用いて測定して残留磁束密度 B_r を測定した。この得られた結果から、保磁力向上幅 $\Delta H_c J$ 、塗布による残留磁束密度低下幅 ΔB_r を各々算出した。

[0118] 以上の実施例1から実施例8及び比較例1のスラリーの塗布方法で DyH_2 を塗布した希土類焼結磁石の測定結果を表1、2に示す。測定した DyH_2 塗布量、膜厚、平均値及び最大値と最小値との差 R を表1に示す。また、塗布による保磁力向上幅 ($\Delta H_c J$)、塗布による残留磁束密度低下幅 (ΔB_r) を表2に示す。

[0119]

[表1]

(表1)

	DyH ₂ の塗布量 (mg/cm ²)	膜厚(μm)										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	平均値	R
実施例1	5.2	22	21	19	22	21	22	20	22	19	20.9	4.0
実施例2	5.0	22	20	23	19	20	17	22	22	17	20.2	6.0
実施例3	5.0	20	21	18	21	20	19	22	20	22	20.3	4.0
実施例4	5.1	20	18	20	23	21	21	22	18	21	20.4	5.0
実施例5	4.9	20	23	21	21	20	22	21	19	17	20.4	5.0
実施例6	5.1	21	22	19	22	21	21	17	21	19	20.3	5.0
実施例7	3.0	13	16	13	10	9	11	12	15	12	12.3	7.0
実施例8	5.1	21	22	12	24	18	22	24	23	17	20.3	12.0
比較例1	5.5	10	13	11	22	18	19	30	32	36	21.2	26.0

[表2]

(表2)

	ΔH_{cJ}											ΔBr										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	平均値	バラツキ _R	1	2	3	4	5	6	7	8	9	平均値	バラツキ _R
実施例1	5.0	4.7	4.3	5.0	4.7	5.0	4.5	5.0	4.3	4.7	2%	-0.16	-0.15	-0.14	-0.16	-0.15	-0.16	-0.15	-0.16	-0.14	-0.2	0.2%
実施例2	5.2	4.7	5.4	4.5	4.7	4.0	5.2	5.2	4.0	4.8	5%	-0.21	-0.2	-0.22	-0.18	-0.19	-0.16	-0.21	-0.21	-0.16	-0.2	0.5%
実施例3	4.5	4.7	5.0	4.7	4.4	4.3	4.9	4.5	4.9	4.7	2%	-0.08	-0.08	-0.07	-0.08	-0.08	-0.08	-0.09	-0.08	-0.09	-0.1	0.2%
実施例4	4.3	4.5	4.3	4.5	4.9	3.9	4.7	3.9	4.5	4.4	3%	-0.1	-0.09	-0.1	-0.12	-0.11	-0.11	-0.11	-0.09	-0.11	-0.1	0.2%
実施例5	4.6	5.2	4.8	4.0	4.6	4.8	4.8	4.3	5.0	4.7	4%	-0.15	-0.17	-0.16	-0.16	-0.15	-0.16	-0.16	-0.14	-0.13	-0.2	0.3%
実施例6	4.8	5.0	4.3	4.3	3.6	3.9	4.8	4.8	4.3	4.4	5%	-0.15	-0.15	-0.14	-0.16	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.2	0.2%
実施例7	2.3	3.4	3.3	2.5	3.3	2.8	3.1	2.3	3.1	2.9	4%	-0.07	-0.09	-0.07	-0.06	-0.05	-0.06	-0.07	-0.08	-0.07	-0.1	0.3%
実施例8	4.9	5.1	2.8	5.6	4.2	5.1	5.6	5.4	4.0	4.7	10%	-0.1	-0.09	-0.07	-0.18	-0.13	-0.17	-0.24	-0.27	-0.28	-0.2	1.7%
比較例1	2.0	2.6	2.2	4.3	3.6	3.8	5.9	6.3	7.1	4.2	18%	-0.02	-0.03	-0.03	-0.14	-0.16	-0.17	-0.35	-0.4	-0.36	-0.2	3.0%
比較例2	6.8	3.9	5.7	3.7	1.7	3.5	4.8	3.6	4.8	4.3	18%	-0.44	-0.14	-0.3	-0.16	-0.05	-0.15	-0.14	-0.18	-0.13	-0.18	3.1%

[0121] 表1に示すように、希土類焼結磁石体21を回転させない（比較例1）よりも回転させる（実施例1から実施例8）ことで、より均一にスラリー22

を塗布できることがわかる。また、回転速度を適切にすること（実施例 1 から実施例 6）で、適正な膜厚にできることがわかる。具体的には、回転速度を早くしすぎる（実施例 7）と、膜厚が薄くなり、回転速度が遅すぎる（実施例 8）と、膜厚が厚くなることがわかる。

[0122] 表 2 に示すように、希土類焼結磁石体 2 1 を回転させない（比較例 1）よりも回転させる（実施例 1 から実施例 8）ことで得られる希土類焼結磁石はその表面における保磁力 $H_c J$ 、残留磁束密度 B_r のばらつきが小さくなり、保磁力 $H_c J$ 、残留磁束密度 B_r をより均一にできることがわかる。また、回転速度が遅すぎる（実施例 8）と、得られる希土類焼結磁石はその表面における保磁力 $H_c J$ 、残留磁束密度 B_r のばらつきが大きくなり、回転速度を適切にすること（実施例 1 から実施例 7）で、得られる希土類焼結磁石は適正な保磁力 $H_c J$ 、残留磁束密度 B_r とできることがわかる。よって、希土類焼結磁石体を適切な回転速度で回転させながらスラリーを塗布することで得られる希土類焼結磁石はその表面における保磁力 $H_c J$ 、残留磁束密度 B_r のばらつきを抑制できる。

[0123] また、希土類焼結磁石体 2 1 の表面に DyH_2 を高温高真空度で蒸着拡散させて得られる希土類焼結磁石はその表面における保磁力 $H_c J$ 、残留磁束密度 B_r のばらつきは、十分抑制することができなかった（比較例 2）。

[0124] <減磁温度とコギングトルク>

次に、スラリー 2 2 を塗布する前の希土類焼結磁石体 2 1（基材）、実施例 1、8、比較例 1 に用いた希土類焼結磁石を用いて磁場解析シミュレーションを行い、減磁温度とコギングトルクを測定した。ここでは、図 8、9 に示すモータ 4 0 を SPM モータから IPM モータとして用い、スラリー 2 2 を塗布する前の希土類焼結磁石体 2 1（基材）、実施例 1、8、比較例 1 に用いた希土類焼結磁石を IPM モータ用の永久磁石として適用して磁場解析シミュレーションを行なった。図 8、9 に示すモータ 4 0 と同一の構成については同一符号を付して重複した説明は省略する。図 1 2 は、磁場解析シミュレーションに用いたモータの構成の一例を簡略に示す横断面図である。図

12に示すように、モータ60は、ロータコア46の内部に、基材、実施例1、8、比較例1に用いた希土類焼結磁石を永久磁石61を有する。ロータコア46の内部に永久磁石61を配置した後、磁場を印加して磁場解析シミュレーションを行なった。基材の減磁温度及びコギングトルクと、実施例1、8、比較例1に用いた希土類焼結磁石の減磁温度及びコギングトルクとを表3に示す。なお、表3中、コギングトルクは、スラリー22を塗布する前の希土類焼結磁石体21の振幅を1とした。

[0125] [表3]

(表3)

	HcJバラツキ	Brバラツキ	減磁温度	コギングトルク
基材	0%	0.0%	160	1
実施例1	2%	0.2%	200	1
実施例8	10%	1.7%	190	1.5
比較例1	18%	3.0%	170	2.5

[0126] 表3に示すように、希土類焼結磁石体21を回転させずにスラリー22を塗布する（比較例1）よりも回転させながらスラリー22を塗布する（実施例1、8）ことで、減磁温度を上昇させ、コギングトルクを小さくできることがわかる。また、回転速度が遅すぎると（実施例8）と、保磁力HcJ、残留磁束密度Br等のばらつきが大きくなることで、減磁温度が低下し、コギングトルクが大きくなることから、回転速度を適切にすること（実施例1）で、減磁温度を上昇させ、コギングトルクを小さくできることがわかる。よって、希土類焼結磁石体を適切な回転速度で回転させながらスラリーを塗布して得られる希土類焼結磁石は、減磁温度が上昇しコギングトルクが小さくなるので、モータ用の永久磁石として用いることでモータのトルク特性などモータの性能を向上させることができる。このことから希土類焼結磁石体を適切な回転速度で回転させながらスラリーを塗布して得られる希土類焼結磁石は、モータ用の永久磁石として好適に用いることができる。

符号の説明

- [0127] 1 0 磁石製造装置
- 1 1 焼結体準備機構
- 1 2 塗布機構
- 1 3 乾燥機構
- 1 4 熱処理機構
- 1 5 搬送機構
- 1 6 制御機構
- 2 1 希土類焼結磁石体
- 2 2 スラリー
- 2 3 塗布手段
- 2 4 回転保持手段
- 2 5 スプレーヘッド
- 2 6 噴射口
- 2 7 スラリー回収部
- 2 8 接触部
- 2 9 回転部
- 3 0 着脱部
- 3 1 スラリー循環部
- 3 2 a、3 2 b、3 7 配管
- 3 3 スラリータンク
- 3 4 濃度調整部
- 3 5 溶剤タンク
- 3 6 ポンプ
- 3 8 スラリー槽
- 3 9 ノズル
- 4 0 モータ
- 4 1 ハウジング
- 4 2 ステータ

4 3 ロータ

4 4 回転軸

4 5 スロット

4 5 a コイル

4 6 ロータコア

4 7、6 1 永久磁石

請求の範囲

[請求項1] $(R_1, R_2)_2T_{14}B$ (R_1 はDy、Tbを除く少なくとも1種の希土類元素であり、 R_2 はDy、Tbの何れか一方又は両方を少なくとも含む希土類元素であり、TはFe又はFe及びCoを含む1種以上の遷移金属元素を表す)の結晶粒を含む希土類焼結磁石体を有する希土類焼結磁石であり、

前記希土類焼結磁石体中の前記結晶粒の周りを取り囲む結晶粒界に含まれる R_1 と R_2 との和に対する R_2 の割合が、前記結晶粒中の R_1 と R_2 との和に対する R_2 の割合より高く、 R_2 の濃度が希土類焼結磁石体中心部から希土類焼結磁石体表面に向かって高くなると共に、

前記希土類焼結磁石体の表面における残留磁束密度のばらつきが30%未満であることを特徴とする希土類焼結磁石。

[請求項2] 前記希土類焼結磁石体の表面における保磁力のばらつきが、180%未満であることを請求項1に記載の希土類焼結磁石。

[請求項3] 前記希土類焼結磁石体が複数の面を有し、
前記希土類焼結磁石体の複数の面の中で前記残留磁束密度のばらつきが最小となる面が、前記希土類焼結磁石体の配向方向に対し垂直な面である請求項1又は2に記載の希土類焼結磁石。

[請求項4] $(R_1, R_2)_2T_{14}B$ (R_1 はDy、Tbを除く少なくとも1種の希土類元素であり、 R_2 はDy、Tbの何れか一方又は両方を少なくとも含む希土類元素であり、TはFe又はFe及びCoを含む1種以上の遷移金属元素を表す)の結晶粒を含む希土類焼結磁石体を回転させ、

R_2 の希土類化合物を含むスラリーを前記希土類焼結磁石体に塗布し、

前記希土類焼結磁石体を回転させつつ、乾燥させ、

前記スラリーが乾燥された希土類焼結磁石体を熱処理することによ

り得られ、

前記希土類焼結磁石体中の前記結晶粒の周りを取り囲む結晶粒界に含まれるR 1とR 2との和に対するR 2の割合が、前記結晶粒中のR 1とR 2との和に対するR 2の割合より高く、R 2の濃度が希土類焼結磁石体中心部から希土類焼結磁石体表面に向かって高くなると共に、

前記希土類焼結磁石体の表面における残留磁束密度のばらつきが30%未満であることを特徴とする希土類焼結磁石。

[請求項5] 前記スラリーを、スプレーにより前記希土類焼結磁石体に吹き付け、前記希土類焼結磁石体に塗布する請求項4に記載の希土類焼結磁石。

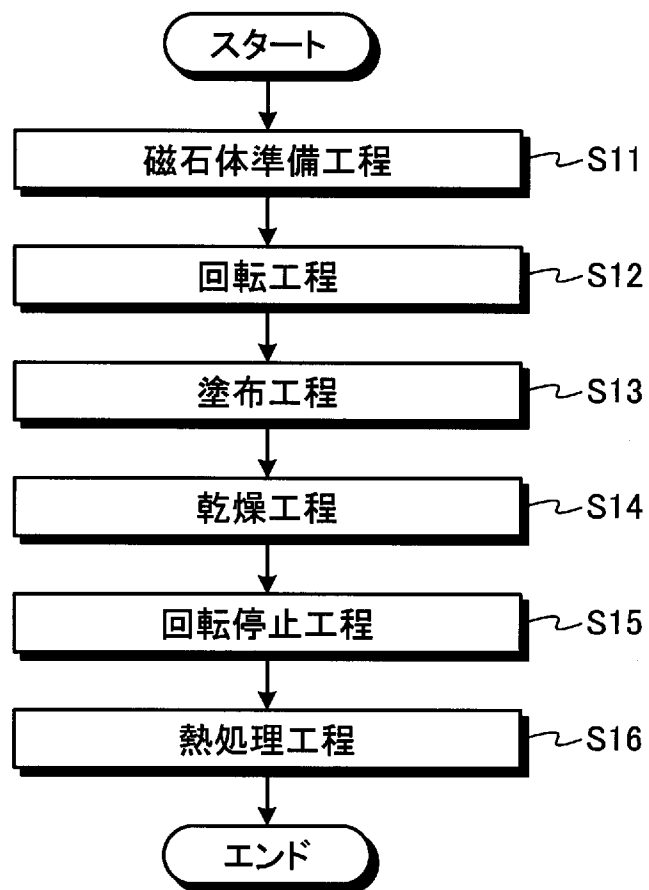
[請求項6] 前記希土類焼結磁石体を、前記スラリーが貯留された領域に浸漬させ、前記希土類焼結磁石体に前記スラリーを塗布する請求項4に記載の希土類焼結磁石。

[請求項7] 前記スラリーは、複数のスラリ一流として前記希土類焼結磁石体に塗布される請求項4に記載の希土類焼結磁石。

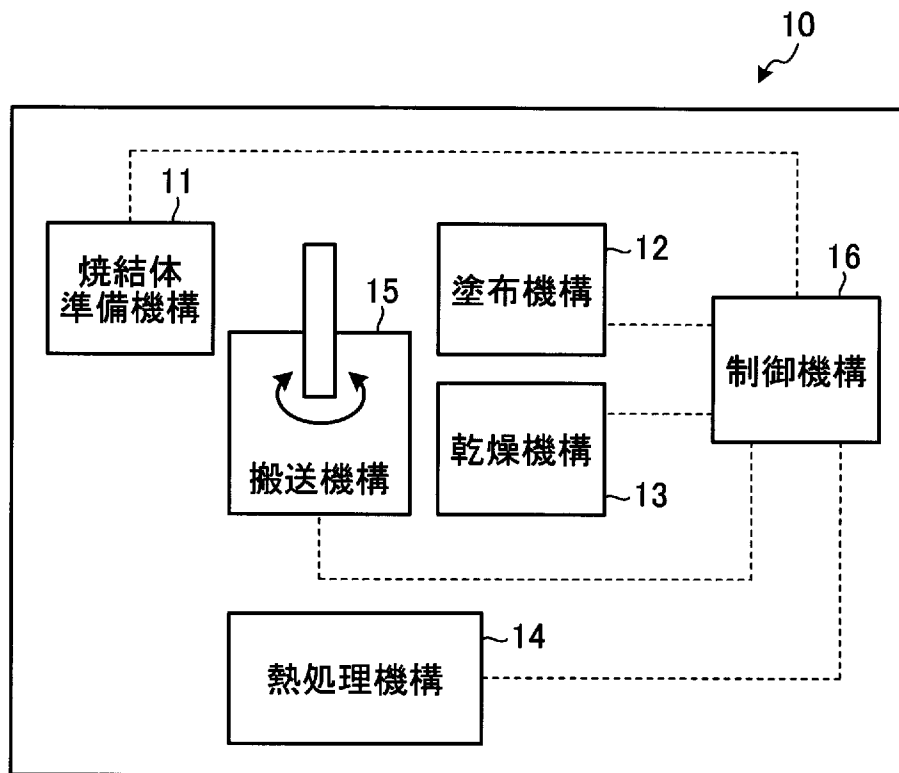
[請求項8] 前記スラリーは、前記希土類焼結磁石体の配置位置の鉛直方向上方から落下させて前記希土類焼結磁石体に塗布される請求項4に記載の希土類焼結磁石。

[請求項9] 周方向に配置された複数のコイルを有するステータと、
前記ステータ内に回動可能に設けられ、且つ、外周面に所定間隔で請求項1乃至8の何れか1つに記載の希土類焼結磁石が設けられるロータコアを備えるロータと、
を有することを特徴とするモータ。

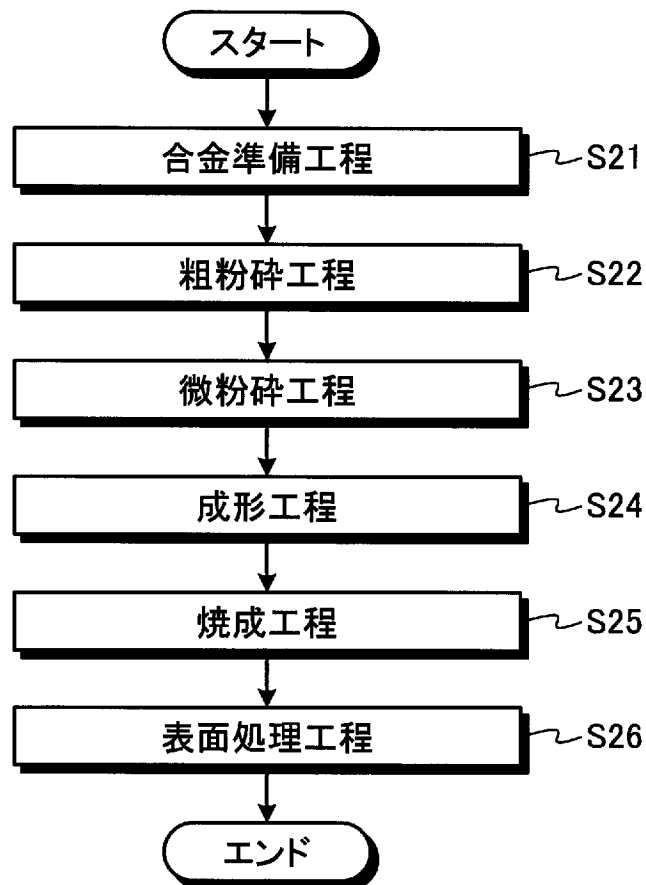
[図1]



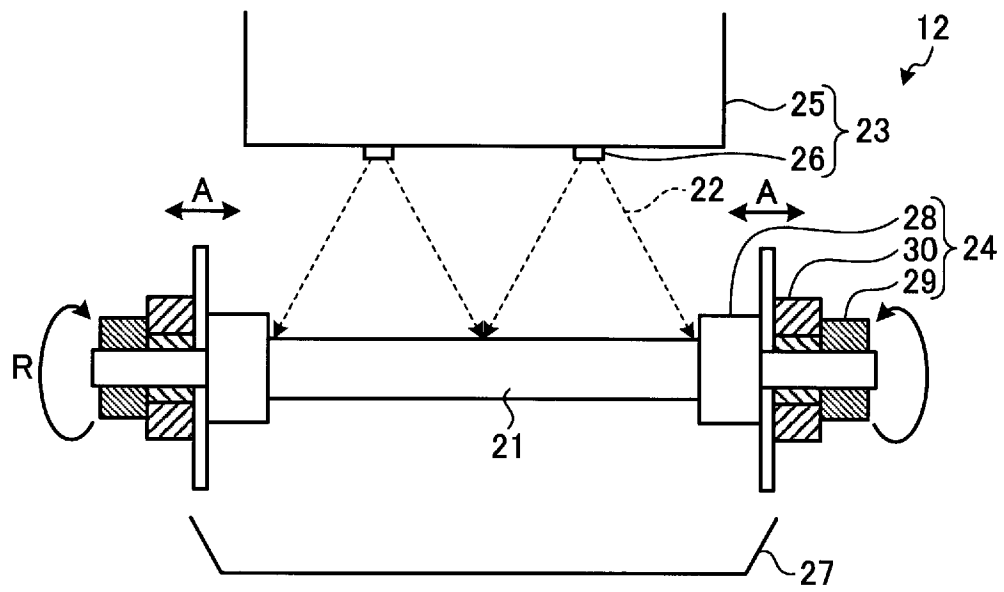
[図2]



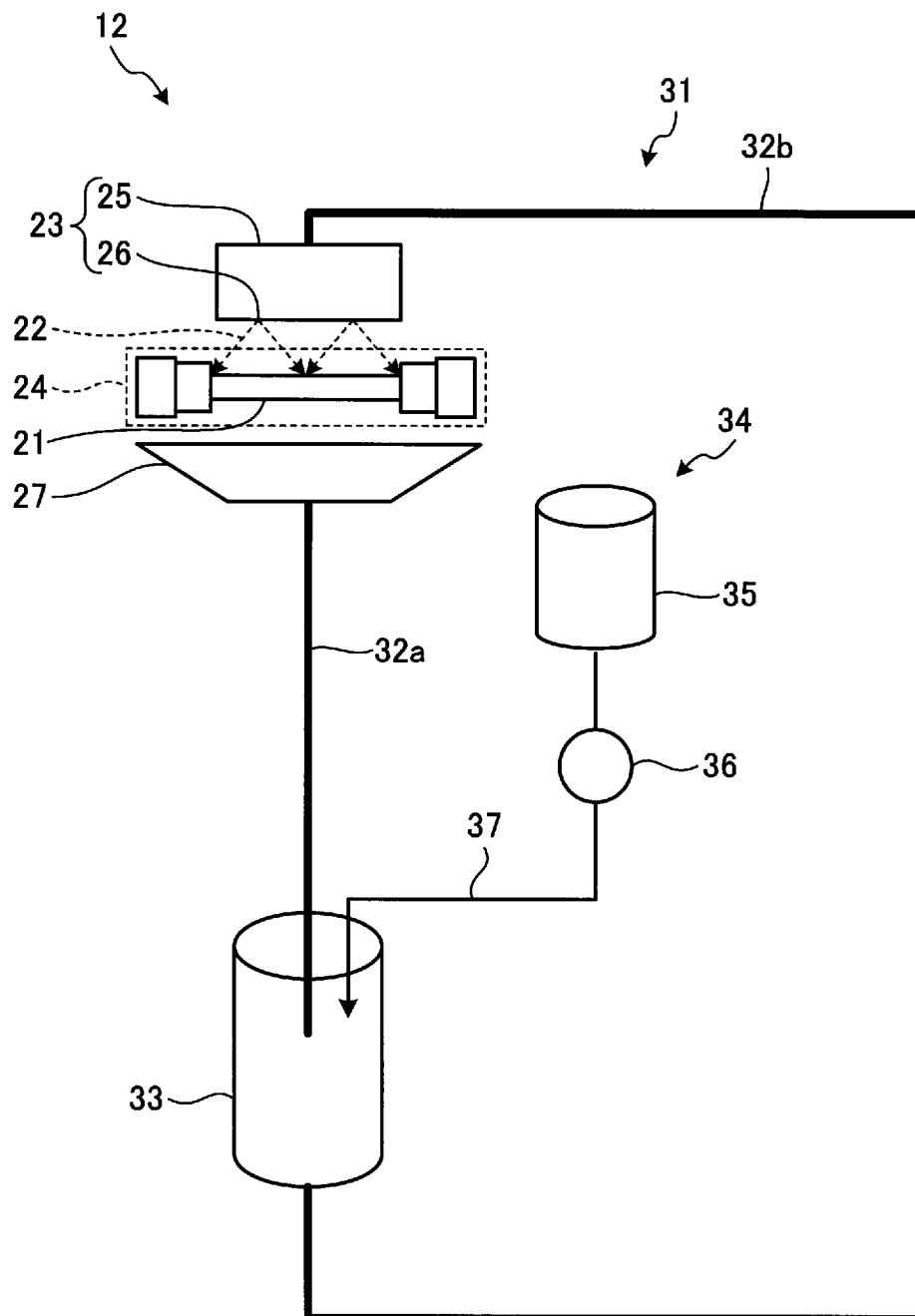
[図3]



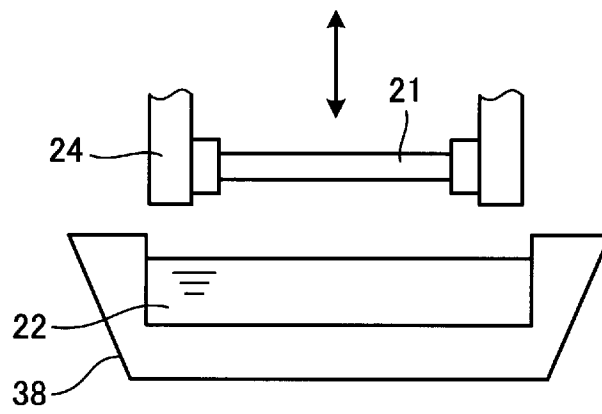
[図4]



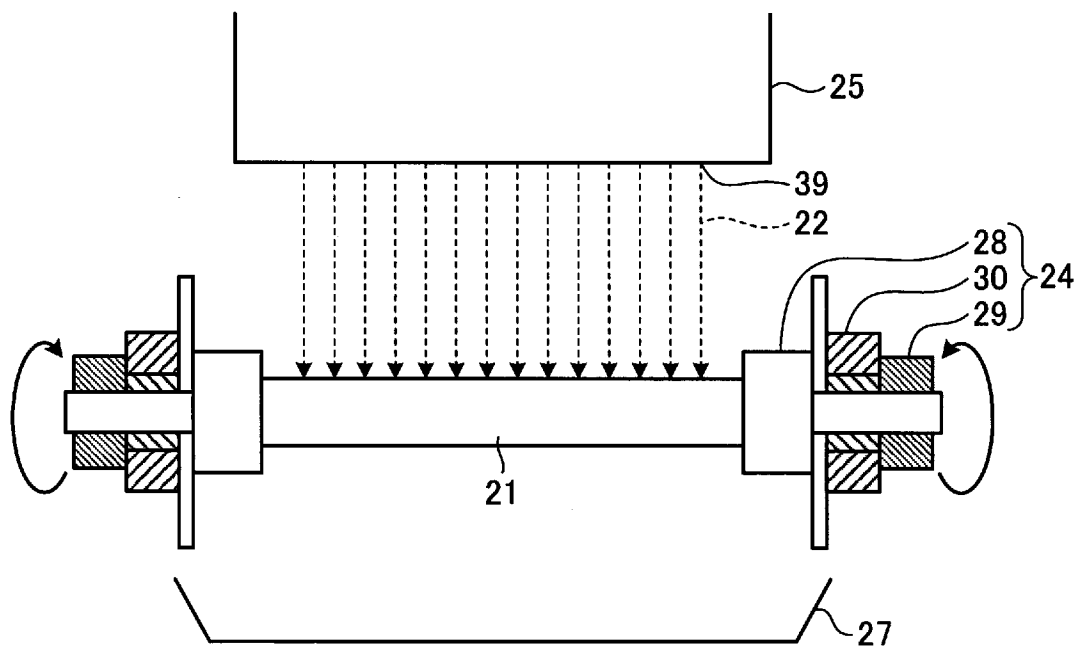
[図5]



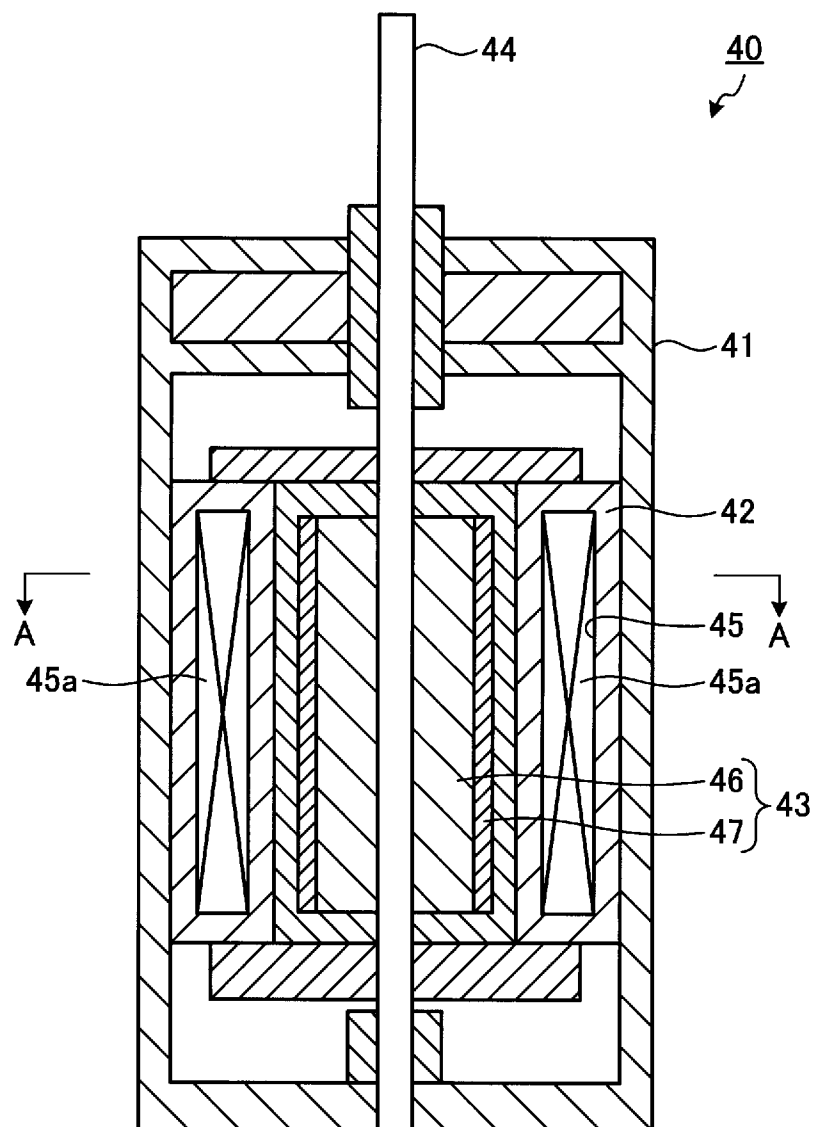
[図6]



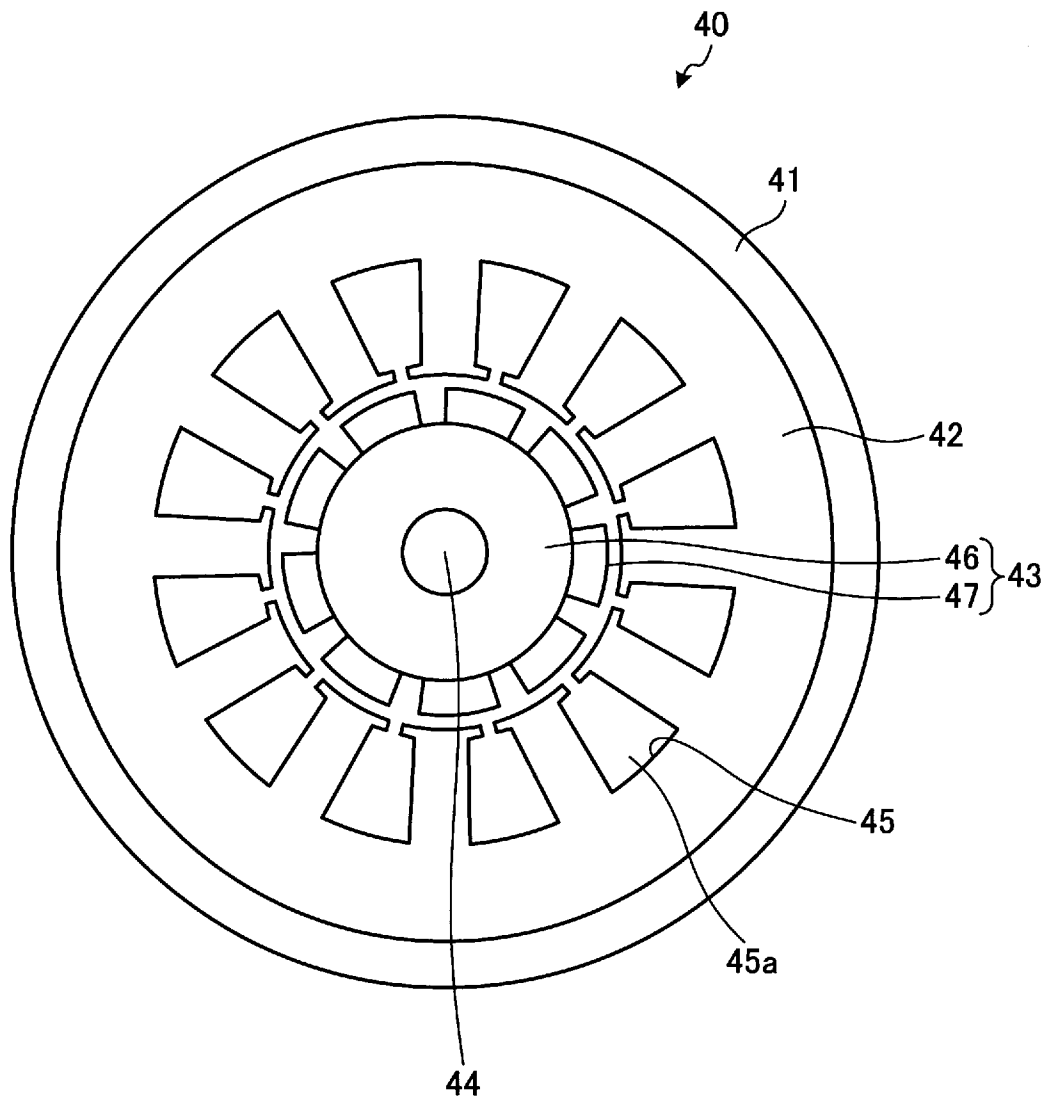
[図7]



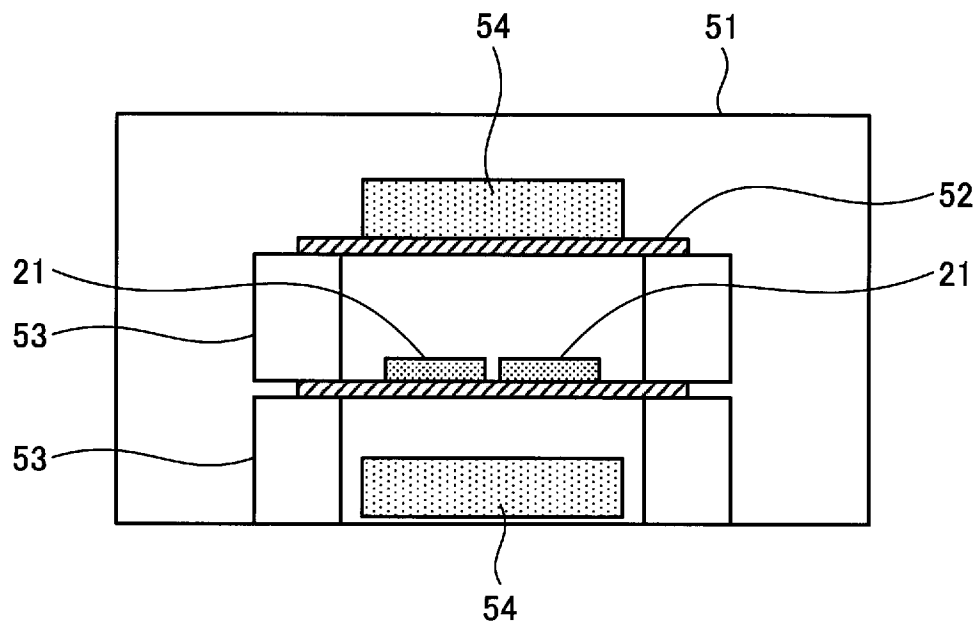
[図8]



[図9]



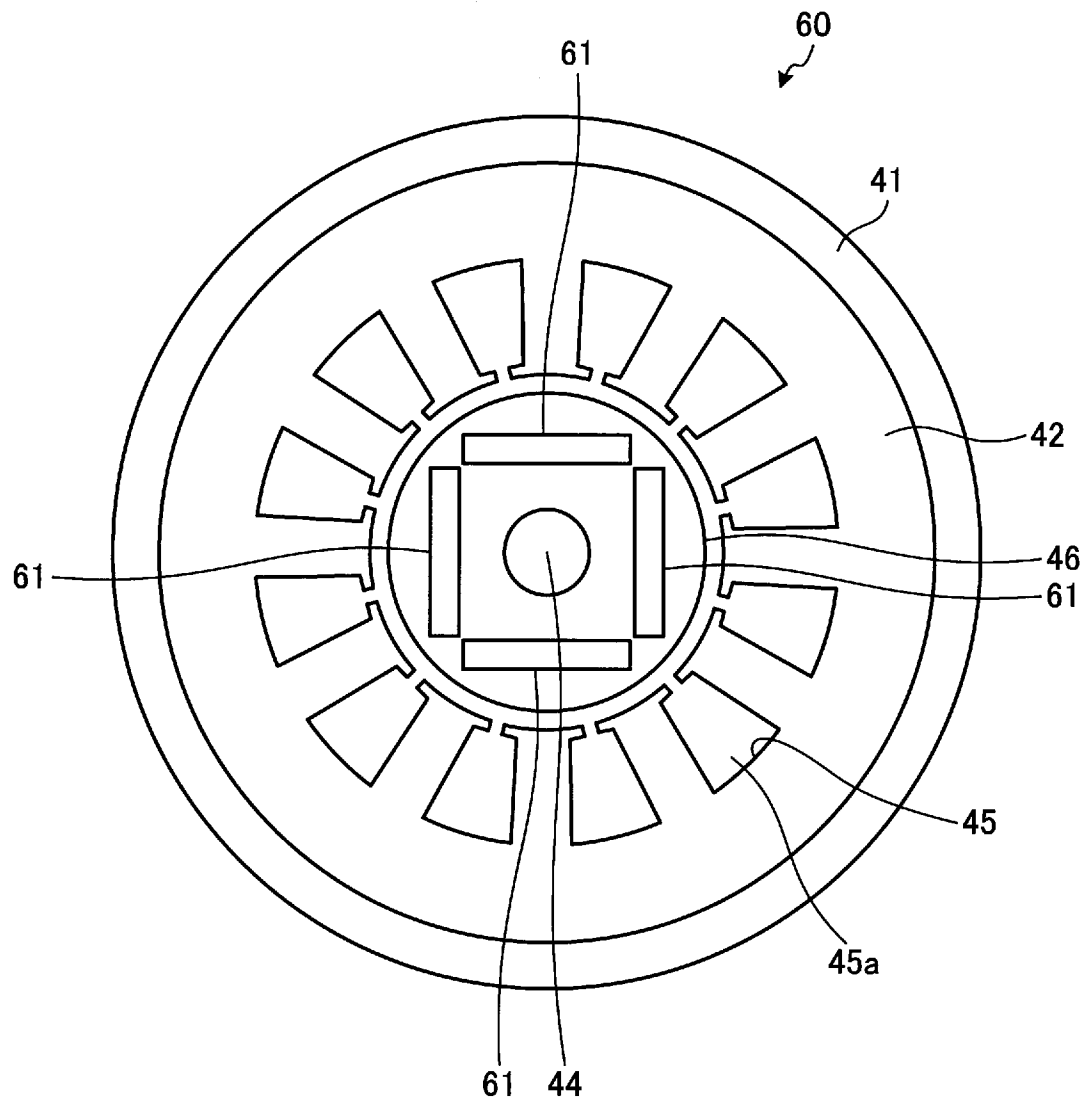
[図10]



[図11]

領域1	領域2	領域3	侵漬時の上部
領域4	領域5	領域6	
領域7	領域8	領域9	侵漬時の下部

[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/055067

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01F1/053(2006.01)i, B22F3/24(2006.01)i, C22C38/00(2006.01)i, H01F1/08(2006.01)i, H01F7/02(2006.01)i, H01F41/02(2006.01)i, H02K15/03(2006.01)i, H02K21/16(2006.01)i

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)

H01F1/053, B22F3/24, C22C38/00, H01F1/08, H01F7/02, H01F41/02, H02K15/03, H02K21/16

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

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.
X	WO 2006/100968 A1 (Ulvac, Inc.), 28 September 2006 (28.09.2006), paragraphs [0002], [0021] to [0035], [0074]; fig. 9 & US 2008/0257716 A1 & CN 101163814 A & KR 10-2008-0019199 A	1-3, 9
X	JP 2009-200180 A (Ulvac, Inc.), 03 September 2009 (03.09.2009), paragraphs [0002], [0032] to [0034]; fig. 7 (Family: none)	1-3, 9
X Y	JP 2008-270699 A (Hitachi, Ltd.), 06 November 2008 (06.11.2008), paragraphs [0007] to [0021], [0035], [0062] & US 2008/0241513 A1 & CN 101276665 A	1-4, 7-9 5, 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

"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
24 May, 2011 (24.05.11)

Date of mailing of the international search report
31 May, 2011 (31.05.11)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/055067

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2008-147634 A (Shin-Etsu Chemical Co., Ltd.), 26 June 2008 (26.06.2008), paragraph [0028] & US 2008/0247898 A1 & EP 1923893 A1 & KR 10-2008-0045072 A & CN 101404195 A	5
Y	JP 2005-109421 A (Neomax Co., Ltd.), 21 April 2005 (21.04.2005), paragraph [0023] & US 2005/0233068 A1 & EP 1511046 A1 & KR 10-2005-0083572 A & CN 1692458 A	6

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H01F1/053(2006.01)i, B22F3/24(2006.01)i, C22C38/00(2006.01)i, H01F1/08(2006.01)i,
H01F7/02(2006.01)i, H01F41/02(2006.01)i, H02K15/03(2006.01)i, H02K21/16(2006.01)i

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 (I P C))

Int.Cl. H01F1/053, B22F3/24, C22C38/00, H01F1/08, H01F7/02, H01F41/02, H02K15/03, H02K21/16

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 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
X	WO 2006/100968 A1 (株式会社アルバック) 2006.09.28, 段落[0002], [0021]-[0035], [0074], 図9 & US 2008/0257716 A1 & CN 101163814 A & KR 10-2008-0019199 A	1-3, 9
X	JP 2009-200180 A (株式会社アルバック) 2009.09.03, 段落【0002】、【0032】 - 【0034】、図7 (ファミリーなし)	1-3, 9

☒ 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、一般的技術水準を示すもの
「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矛盾するものではなく、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

2 4 . 0 5 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

3 1 . 0 5 . 2 0 1 1

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

長谷川 直也

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 6 5

5 R

4 5 4 9

C (続き) . 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
X Y	JP 2008-270699 A (株式会社日立製作所) 2008.11.06, 段落【0007】 - 【0021】【0035】, 【0062】 & US 2008/0241513 A1 & CN 101276665 A	1-4, 7-9 5, 6
Y	JP 2008-147634 A (信越化学工業株式会社) 2008.06.26, 段落【0028】 & US 2008/0247898 A1 & EP 1923893 A1 & KR 10-2008-0045072 A & CN 101404195 A	5
Y	JP 2005-109421 A (株式会社NEOMAX) 2005.04.21, 段落【0023】 & US 2005/0233068 A1 & EP 1511046 A1 & KR 10-2005-0083572 A & CN 1692458 A	6