

(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
2012 年 7 月 5 日(05.07.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/090841 A1

- (51) 国際特許分類:
H01F 41/02 (2006.01) *H01F 1/08* (2006.01)
B30B 11/00 (2006.01) *H01F 13/00* (2006.01)
H01F 1/053 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/079737
- (22) 国際出願日: 2011 年 12 月 21 日(21.12.2011)
- (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 2010-293954 2010 年 12 月 28 日(28.12.2010) JP
特願 2011-166721 2011 年 7 月 29 日(29.07.2011) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日立金属株式会社(HITACHI METALS, LTD.) [JP/JP]; 〒1058614 東京都港区芝浦 1 丁目 2 - 1 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 吉田 健志(YOSHIDA Takeshi) [JP/JP]; 〒3600843 埼玉県熊谷市三ヶ尻 5 2 0 0 番地 日立金属株式会社熊谷製作所内 Saitama (JP). 新藤 幹夫(SHINDOH Mikio) [JP/JP]; 〒3600843 埼玉県熊谷市三ヶ尻 5 2

0 0 番地 日立金属株式会社熊谷製作所内 Saitama (JP).

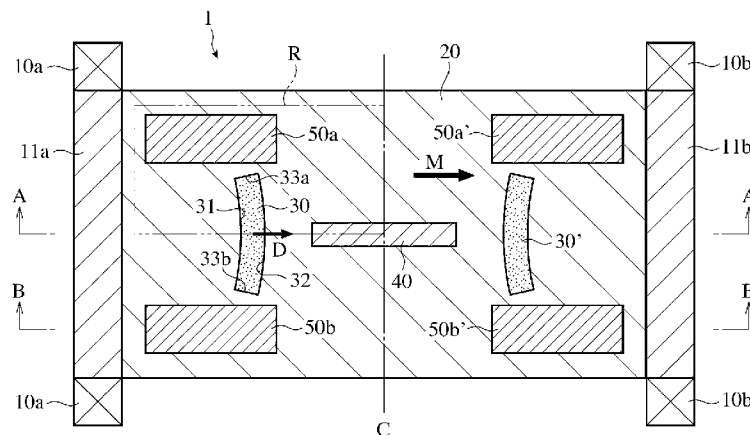
- (74) 代理人: 高石 橘馬(TAKAISHI Kitsuma); 〒1620825 東京都新宿区神楽坂 6 丁目 6 7 神楽坂 F N ビル 5 階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, 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, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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.
- (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, RW, 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, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,

[続葉有]

(54) Title: ARC-SHAPED MAGNET HAVING POLAR-ANISOTROPY ORIENTATION, METHOD OF MANUFACTURING FOR SAME, AND DIE FOR MANUFACTURING SAME

(54) 発明の名称: 極異方性配向を有する円弧状磁石、その製造方法、及びそれを製造するための金型

[図2(a)]



(57) Abstract: A die for molding, within a magnetic field, an arc-shaped magnet having polar-anisotropy orientation, and comprising: a die that comprises nonmagnetic ultra-hard alloy, and that is to be arranged within a parallel magnetic field; cavities formed in the die and having an arc-shaped cross section, each of which comprises an inner-arc wall, an outer-arc wall, and two side walls; a center ferromagnetic body arranged at the outer-arc wall side of the cavities; and pairs of side-section ferromagnetic bodies arranged symmetrically at each of the side-wall sides of the cavities. The die is characterized in having the cavities arranged so that the radial direction thereof at the center in the circumferential direction thereof matches the direction of the parallel magnetic field, having the width of the center ferromagnetic body in a direction perpendicular to the parallel magnetic field to be less than the width of the cavities, and having the pairs of side-section ferromagnetic bodies arranged so that the cavities are contained within areas sandwiched by the pairs of side-section ferromagnetic bodies.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/090841 A1



MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, 添付公開書類:
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

平行磁場中に配置される非磁性超硬合金からなるダイスと、前記ダイスに設けられた内弧壁、外弧壁及び2つの側壁を有する断面円弧状のキャビティと、前記キャビティの外弧壁側に配置された中央強磁性体と、前記キャビティの各側壁側に対称に配置された一対の側部強磁性体とを有し、前記キャビティは、円周方向中央における半径方向が前記平行磁場方向と一致するように配置されており、前記中央強磁性体は、平行磁場と垂直な方向の幅が、前記キャビティの幅よりも小さく、前記一対の側部強磁性体は、前記一対の側部強磁性体によって挟まれた領域内に前記キャビティが含まれるように配置されていることを特徴とする極異方性配向を有する円弧状磁石を磁場中成形するための金型。

明 細 書

発明の名称：

極異方性配向を有する円弧状磁石、その製造方法、及びそれを製造するための金型

技術分野

[0001] 本発明は、極異方性配向を有する円弧状磁石、その製造方法、及びそれを製造するための金型に関する。

背景技術

[0002] 実質的にR-TM-Bからなる永久磁石は安価で高い磁気特性を有するため広く使われている。R-TM-B系材料は、優れた磁気特性に加えて、機械的強度が大きく、脆さが少ないため、焼結時の収縮に伴って大きな内部応力が発生した場合でも、クラック等の発生が少ない。従って、ラジアル異方性又は多極異方性を有するリング磁石の製造に好適であり、モータの高出力化・小型化に大きく寄与している。

[0003] 極異方性リング磁石は、ラジアル異方性磁石に比べて、着磁後の表面磁束密度波形が、高いピークを有しかつ正弦波に近いので、回転子として使用したときにコギングトルクの低いモータが得られる。しかしながら、極異方性リング磁石は、配向方向が場所毎に異なるので焼結時に配向亀裂と呼ばれるクラックが発生しやすい。特に大型のリング磁石の場合、製造過程で成形体が損傷を受け易いので、クラックの発生率が高まり大きな問題となる。

[0004] そこで、リング状磁石を使用する代わりに、円弧状磁石を円筒ヨークに貼り付け回転機を構成する方法が一般的に行われている。例えば、特開2005-286081号は、回転機に用いるラジアル配向を有する円弧状磁石の製造方法を開示している。しかしながら、ラジアル配向を有する円弧状磁石は、表面磁束密度波形が台形となるため、正弦波形が必要な回転機には適用できない。そのため、極異方性配向を有する円弧状磁石を製造するための新たな技術開発が望まれている。

- [0005] 特開2003-199274号は、極異方性配向を有する円弧状磁石を用いた、低コギングトルク特性を有する回転機を開示している。しかしながら、特開2003-199274号は、極異方性配向を有する円弧状磁石を製造する具体的な方法については記載していない。
- [0006] 極異方性配向を有するリング磁石は、例えば、図10（特開2003-17309号の図3）に示すような、コア320と、内周面にスペーサ310が設けられた金型ダイス340とによって構成されたキャビティ330を有する成形金型300を用いて、前記キャビティ330内に充填した磁粉を、金型ダイス340内周面の溝350に配置したコイル360にパルス電流を印加して発生する磁場により多極配向させて製造することができる。このような方法で製造した場合、磁極位置では半径方向に配向し、隣接する磁極間では円周方向に配向し、得られる極異方性リング磁石の円周方向の表面磁束密度分布が正弦波に近い波形となる（例えば、特開2005-44820号参照）。
- [0007] このような極異方性配向を円弧状磁石で実現するためには、円弧状磁石の円周方向の端面においては端面に対して垂直に配向させ、円弧状磁石の外弧面の円周方向中央では半径方向に配向させることが必要で、これを組み合わせリング形状としたとき、より正弦波に近い波形を得ることができる。
- [0008] 極異方性配向を有するリング磁石は、前述のように、極数にあわせ均等間隔でコイルを配置しパルス磁場を発生させて成形することによって製造できるが、極異方性配向を有する円弧状磁石の場合、このような構造の金型では、磁場発生コイルの配置や強度の調整が難しく、理想的な極異方性配向を有する円弧状磁石を得るのは困難である。そのため、ブロック形状の磁石を成形する場合と同様に、平行磁場中で、磁性体を適切に配置することによって磁場方向を変化させ、極異方性配向を有する円弧状磁石を製造する必要がある。
- [0009] 特開2005-287181号は、円弧状磁石の外弧側中央部に配向を集中させた円弧状磁石を開示しており、コギングトルクを低減した回転機が得られると記載している。しかしながら、特開2005-287181号に記載の円弧状磁石の配向は、

理想的な極異方性配向とは異なるため、複数の前記円弧状磁石を組み合わせ、リング形状にしたとしても極異方性配向を有するリング磁石とはならず、コギングトルクの低減という点では改良の余地がある。

[0010] 特開2002-134314号は、円弧状断面を有し、断面における磁性粉の磁化容易軸が、外側面及び両端面から凸状に湾曲しながら内側面の中央域に向かって集束している円弧状磁石の製造方法を開示している。しかしながら、特開2002-134314号に記載の方法は、内側面を作用面とした円弧状磁石を製造する方法に関するものであり、外側面を作用面とした円弧状磁石には応用できない。

[0011] 現在、大型の極異方性配向を有する磁石を用いた回転機の製造を行おうとする場合、平行配向の小片磁石を極異方性配向となるように組み合わせ、リング形状とするしか方法がなく、極異方性配向を有するR-TM-B系焼結円弧状磁石を製造する方法の開発が望まれている。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0012] 従って、本発明の目的は、極異方性リング磁石の一つの極と同じ磁場配向を有する円弧状磁石、特にR-TM-B系焼結円弧状磁石、それを製造する方法、及びそれを製造するための金型を提供することである。

課題を解決するための手段

[0013] 上記目的に鑑み鋭意研究の結果、本発明者らは、断面円弧状のキャビティに対して、その外弧面側に離間して配置された中央強磁性体と、前記キャビティを挟むように配置された一対の側部強磁性体を有する金型によって、極異方性配向を有する円弧状磁石が得られることを見出し、本発明に想到した。

[0014] すなわち、極異方性配向を有する円弧状磁石を磁場中成形するための本発明の金型は、
対向する一対の磁場コイルにより形成される平行磁場中に配置される非磁性超硬合金からなるダイスと、

前記ダイスに設けられた内弧壁、外弧壁及び2つの側壁を有する断面円弧状のキャビティと、

前記キャビティの外弧壁側に、前記キャビティから離間して配置された中央強磁性体と、

前記キャビティの各側壁側に、それぞれ前記キャビティから離間して、前記キャビティに対して対称に配置された一对の側部強磁性体とを有し、

前記キャビティは、円周方向中央における半径方向が前記平行磁場方向と一致するように配置されており、

前記中央強磁性体は、平面視で、前記平行磁場と垂直な方向の幅が、前記キャビティの、前記平行磁場と垂直な方向の幅よりも小さく、

前記一对の側部強磁性体は、前記一对の側部強磁性体によって挟まれた領域内に前記キャビティが含まれるように配置されていることを特徴とする。

[0015] 前記中央強磁性体は、平面視で、前記キャビティの円周方向中点を通る半径方向の線上に配置されており、前記線に対して対称な形状であるのが好ましい。

[0016] 前記中央強磁性体は、前記中央強磁性体の前記磁場方向中点を通り、前記磁場方向に垂直な面に対称な形状であり、前記面に対称に、もう一つのキャビティ及びもう一对の側部強磁性体が配置されているのが好ましい。

[0017] 前記中央強磁性体及び/又は前記各側部強磁性体は、平面視で矩形状であるのが好ましい。

[0018] 前記キャビティの前記各側壁面と、前記各側壁に対向する前記各側部強磁性体の面とのなす角度は、 0° より大きいのが好ましい。

[0019] 極異方性配向を有する円弧状磁石を製造する本発明の方法は、
対向する一对の磁場コイルにより形成される平行磁場中に配置される非磁性超硬合金からなるダイスと、
前記ダイスに設けられた内弧壁、外弧壁及び2つの側壁を有する断面円弧状のキャビティと、
前記キャビティの外弧壁側に、前記キャビティから離間して配置された中央

強磁性体と、
前記キャビティの各側壁側に、それぞれ前記キャビティから離間して、前記キャビティに対して対称に配置された一对の側部強磁性体とを有し、
前記キャビティは、円周方向中央における半径方向が前記平行磁場方向と一致するように配置されており、
前記中央強磁性体は、平面視で、前記平行磁場と垂直な方向の幅が、前記キャビティの、前記平行磁場と垂直な方向の幅よりも小さく、
前記一对の側部強磁性体は、前記一对の側部強磁性体によって挟まれた領域内に前記キャビティが含まれるように配置されている金型を使用し、前記キャビティに充填した磁粉に対して前記平行磁場をかけながら圧縮成形することを特徴とする。

[0020] 前記磁粉は、実質的にR-TM-B(ただし、RはYを含む希土類元素の少なくとも1種、TMは遷移金属の少なくとも1種)からなるのが好ましい。

[0021] 本発明の極異方性配向を有する円弧状磁石は、前記の方法によって製造されたことを特徴とする。

発明の効果

[0022] 本発明の円弧状磁石は、理想的な極異方性配向を有するので、これを組み合わせリング形状としたとき、円周方向の表面磁束密度分布が正弦波に近い波形となる。このため、この円弧状磁石を回転子として使用したときにコギングトルクの低いモータを得ることができ、ブラシレスモータ用ロータとして好適である。本発明の金型により、理想的な極異方性配向を有する円弧状磁石を得ることができる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1(a)]本発明の円弧状磁石を示す斜視図である。

[図1(b)]本発明の円弧状磁石の磁粉の配向方向を模式的に示す断面図である。

[図2(a)]本発明の金型の構成を模式的に示す平面図である。

[図2(b)]図2(a)のA-A断面図である。

[図2(c)]図2(a)のB-B断面図である。

[図3(a)]キャビティの断面形状の一例を示す模式図である。

[図3(b)]キャビティの断面形状の他の一例を示す模式図である。

[図4]キャビティと中央強磁性体との位置関係を示す模式図である。

[図5(a)]キャビティと側部強磁性体との位置関係の一例を示す模式図である。

[図5(b)]キャビティと側部強磁性体との位置関係の他の一例を示す模式図である。

[図6(a)]金型に平行磁場をかけたときの磁界の様子の一列を示す模式図である。

[図6(b)]金型に平行磁場をかけたときの磁界の様子の一列を示す模式図である。

[図7(a)]キャビティと側部強磁性体との対向する面の関係の一列を示す模式図である。

[図7(b)]キャビティと側部強磁性体との対向する面の関係の他の一例を示す模式図である。

[図8]実施例1～3、参考例及び比較例の焼結磁石の表面磁束密度波形を示すグラフである。

[図9]14極のコイルを有する着磁ヨークを示す模式図である。

[図10]極異方性配向を有するリング磁石を磁場中成形するための金型を示す模式図である。

[図11]極異方性配向を有するリング磁石を示す模式図である。

発明を実施するための形態

[0024] [1] 極異方性配向を有する円弧状磁石

本発明の極異方性配向を有する円弧状磁石は、図1(a)に示すように、半径方向に幅を有する円弧状の断面を有する柱状であり、図1(b)に示すように、断面における磁粉の配向方向が、円弧状磁石100の円周方向の端面103a, 103bにおいては端面に対して垂直方向（円周方向）であり、外弧面102の円周方向

中央においては半径方向である。このような配向にすることにより、この円弧状磁石1をリング状に組み立てたときに、磁極間において円周方向に磁粉が配向した、図11に示すような極異方性配向を有するリング磁石400と同様の構成とすることができる。すなわち、本発明の極異方性配向を有する円弧状磁石は、前記リング磁石400をその磁極間410と磁極間410とで切断してなる構造(図11に斜線で示した部分)を有している。

[0025] 本発明の極異方性配向を有する円弧状磁石は、実質的にR-TM-Bからなるのが好ましい。RはYを含む希土類元素の少なくとも1種であり、Nd、Dy及びPrの少なくとも1種を必ず含むのが好ましい。TMは遷移金属の少なくとも1種であり、Feであるのが好ましい。R-TM-Bからなる円弧状磁石は、24～34 質量%のR、0.6～1.8 質量%のB、及び残部Feの組成を有するのが好ましい。R含有量が24質量%未満では、残留磁束密度Br及び保磁力iHcが低下する。R含有量が34%超では焼結体内部の希土類に富む相の領域が増加して残留磁束密度Brが低下し、かつ前記領域の形態が粗大化して耐食性が低下する。B含有量が0.6質量%未満の場合、主相である $R_2Fe_{14}B$ 相が十分に形成されなくなり、軟磁性的な性質を有する R_2Fe_{17} 相が生成し保磁力が低下する。一方B含有量が1.8質量%を超えると、非磁性相であるBに富む相が増加して残留磁束密度Brが低下する。Feはその一部がCoで置換されていても良く、また、3質量%以下程度のAl、Si、Cu、Ga、Nb、Mo、W等の元素を含んでいても良い。

[0026] [2]金型

(1)全体構成

極異方性配向を有する円弧状磁石は、図2(a)～図2(c)に示す成形装置を用いて磁場中で形成する。金型1は、対向する一対の磁場コイル10a, 10b及びコイルコア11a, 11bにより形成される平行磁場M中に配置される非磁性超硬合金からなるダイス20と、前記ダイス20に設けられた内弧壁31、外弧壁32及び2つの側壁33a, 33bを有する断面円弧状のキャビティ30と、前記キャビティ30の外弧壁32側に、前記キャビティ30から離間して配置された中央強磁性体40と、前記キャビティ30の各側壁33a, 33b側に、それぞれ前記キャビティ30から離間

して、前記キャビティ30に対して対称に配置された一对の側部強磁性体50a, 50bとを有する。前記キャビティ30は、円周方向中央における半径方向Dが前記平行磁場M方向と平行になるように配置されており、前記中央強磁性体40は、平面視で、前記平行磁場Mと垂直な方向の幅W1が、前記キャビティ30の、前記平行磁場Mと垂直な方向の幅W2よりも小さく(図4参照)、前記一对の側部強磁性体50a, 50bは、前記一对の側部強磁性体50a, 50bによって挟まれた領域S1内に前記キャビティ30が含まれるように、配置されている(図5(a)参照)。コイルコア11aと側部強磁性体50a, 50bとは接触していても良い。

[0027] 本発明の金型は、平行磁場M中に、少なくとも1つの断面円弧状のキャビティ30、1つの中央強磁性体40及び一对の側部強磁性体50a, 50bからなる構造を有するものであり、図2(a)に示すA-A断面に対して、対称であるのが好ましい。すなわち、前記キャビティ30及び前記中央強磁性体40は、前記A-A断面对称な形状を有しており、前記一对の側部強磁性体50a, 50bは、前記A-A断面对称に配置されているのが好ましい。

[0028] また、図2(a)に示すように、前記中央強磁性体40の平行磁場M方向の中点を通り前記平行磁場Mに垂直な面(図2(a)に一点鎖線Cで示す。)に対称に、もう一つの断面円弧状のキャビティ30' 及びもう一对の側部強磁性体50a', 50b' を設けた構造とするのが好ましい。この場合、前記中央強磁性体40は、前記キャビティ30, 30' に対して共通であり、前記一点鎖線Cで示す面に対称な形状を有しているのが好ましい。

[0029] 前記ダイス20は非磁性超硬合金からなる。具体的にはWC系が好ましい。

[0030] (2)キャビティ

前記キャビティ30の形状は、前記キャビティ30を含む金型1によって成型された成型体を焼結してなる焼結体が、リング磁石の一部を切り出した形状に近い形状になるように設定するのが好ましい。前記キャビティ30の断面形状において、前記キャビティ30の内弧壁31及び外弧壁32にそれぞれ対応する内弧及び外弧の各中心角及び中心点は、成形体の焼結時の変形を加味し、焼結後の形状が目的の形状となるように、本発明の範囲内で適宜設定される。

前記キャビティ30の断面における前記内弧及び前記外弧の半径は、得られる円弧状磁石の使用目的に応じて設定することができる。円弧状磁石の使用目的や形状を考慮し、内弧に対して外弧の半径を大きく設定しても良く、また内弧に対して外弧の半径を小さく設定しても良い。図3(a)及び図3(b)は、円弧状磁石を形成するためのキャビティの断面の例を示す。図3(a)に示すキャビティは、断面における内弧31a及び外弧32aの中心角が同じでかつ各弧を形成する中心点が一致している例であり、図3(b)に示すキャビティは、断面における内弧31a及び外弧32aの中心角 θ_1 及び θ_2 が異なっている例である。

[0031] 前記キャビティ30は、図2(b)に示すように、下パンチ60と、上パンチ70とによって形成された断面円弧状であり、前記上パンチ70はキャビティ30から離脱可能である。前記キャビティ30内に磁粉を供給し、磁場コイル10a, 10b及びコイルコア11a, 11bにより形成される平行磁場M中で、前記下パンチ60と前記上パンチ70とによって、前記平行磁場Mと垂直な方向に、前記磁粉を圧縮成型し成型体を得る。

[0032] 磁場中成型時にキャビティを流れる磁界の方向について説明する。図6(a)は、図2(a)の二点鎖線で囲んだ領域Rを拡大したものであり、平行磁場を印加した状態での磁界の様子を示す。前記側部強磁性体50aは、図6(a)に示すように磁場コイル10a, 10bで発生した磁界を集束し、集束された磁界の大部分は前記側部強磁性体50aの端面51から出るが、磁界の一部は前記側部強磁性体50aの側面52から出て、前記キャビティ30の側壁33aに対してほぼ垂直に前記キャビティ30内に入り、前記キャビティ30内の磁粉を通過しキャビティ30の外弧壁32の中央部付近から出て、中央強磁性体40を通過する。このように、前記側部強磁性体50aの側面52から出た磁界がキャビティ30の側壁33aに対してほぼ直角に流入するので、この金型1によって磁場中成形される円弧状磁石は、前記リング状極異方性磁石の磁極間における配向に近い配向となる。

[0033] (3) 中央強磁性体及び側部強磁性体

側部強磁性体50a, 50b及び中央強磁性体40の形状は、前述のように磁界の方向を制御できるものであればどのようなものでも良いが、図2(a)に示すよう

に、平面視で、四角形であるのが好ましく、矩形であるのがより好ましい。矩形とすることにより、側部強磁性体50a, 50b及び中央強磁性体40の加工、並びにそれらを収める非磁性超硬合金ダイスの穴の加工が容易であり、強度的にも有利である。

[0034] 前記中央強磁性体40を、図2(a)及び図4に示すように、平面視で、前記平行磁場Mと垂直な方向の幅W1が、前記キャビティ30の、前記平行磁場Mと垂直な方向の幅W2よりも小さくすることにより、キャビティ30の外弧壁32から流出する磁界を、前記外弧壁32の中央部に集中させることができ、成形により得られる円弧状磁石が、前記リング状極異方性磁石の磁極間における配向に近い配向となる。前記幅W1の好ましい範囲は、幅W2の10～30%である。

[0035] 前記中央強磁性体40は、平面視で、前記キャビティ30の円周方向中点を通る半径方向の線上に、前記キャビティ30から離間して配置されており、この線に対して対称な形状であるのが好ましい。前記中央強磁性体40をこのように配置し、前記形状とすることで、前記キャビティ30の円周方向中央部における磁界が、前記平行磁場Mと同じ方向となり、その結果、外弧面の円周方向中央において半径方向に磁粉を配向させた円弧状磁石を得ることができる。中央強磁性体40と前記キャビティの円弧の中央部との距離が近いほど得られる磁石の表面磁束密度波形は正弦波に対して細くなり、また遠いと正弦波に対して膨らむ傾向になる。

[0036] 前記一对の側部強磁性体50a, 50bを、図5(a)に示すように、前記一对の側部強磁性体50a, 50bによって挟まれた領域S1内に前記キャビティ30が含まれるように配置することにより、図6(a)に示すように、前記側部強磁性体50aの側面52から出た磁界が、前記キャビティ30の側壁33aに対してほぼ垂直に前記キャビティ30内に入るように磁界を制御することができる。しかし、例えば、図5(b)に示すように、前記一对の側部強磁性体50a, 50bによって挟まれた領域S1内に前記キャビティ30が含まれない場合、図6(b)に示すように、前記側部強磁性体50aの側面52から出た磁界は、前記キャビティ30の側壁33aからキャビティ30内に入らず、内弧壁31から入るようになり、一方で、前記キャビティ3

0の側壁33aには、前記側部強磁性体50aの端面51から出た磁界が、前記側壁33aに対して斜めに入るようになる。その結果、円周方向の端面において端面に対して垂直に磁粉を配向させた円弧状磁石を得ることができなくなる。

[0037] キャビティ30と側部強磁性体50a, 50bとの距離は近いほうが望ましい。この距離が遠くなると得られる円弧状磁石の表面磁束密度波形は正弦波に対して膨らむ傾向になるので望ましくない。

[0038] ただし、中央強磁性体40とキャビティ30との間隔、及び側部強磁性体50a, 50bとキャビティ30との間隔は、金型1の強度の点から、ある程度離間させて構成する必要がある。前記強磁性体は一般的に強度が低いため、前記キャビティ30との間隔が狭すぎると、圧縮成形時にダイスが変形し、前記強磁性体に亀裂が生じる場合がある。従って、これらの磁性体とキャビティ30とは、プレス時に超硬ダイスが受ける応力によってダイスの変形が起こらない程度に、十分な距離を設けて配置する必要がある。

[0039] キャビティ30の側壁33aの面と、側部強磁性体50aの側面52とのなす角度 θ (図7(a)参照)は、 $0 \leq \theta$ であるのが好ましい。前記側部強磁性体50aの側面52から出た磁界が、前記キャビティ30の側壁33aに入る方向は、磁場の強さを変化させることによりある程度調節することが可能なので、角度 θ が $0 \leq \theta$ の条件を満たす場合、図6(a)に示すように、前記側部強磁性体50aの側面52から出た磁界を、前記キャビティ30の側壁33aにほぼ垂直に入るようにすることが可能である。

[0040] ここで、図7(b)に示すように、キャビティ30の側壁33aの面と、側部強磁性体50aの側面52とが平行($\theta = 0$)である場合、側部強磁性体50aの側面52から出た磁界は、すでに平行磁場方向の成分を有しており、前記キャビティ30の側壁33aに到達するまでに、さらに前記中央強磁性体40向きのベクトルが加わり、キャビティ30の側壁33aの面に対して角度 α ($< 90^\circ$)で入るようになる。この場合、磁場の強さを変化させても、前記側部強磁性体50aの側面52から出た磁界を、前記キャビティ30の側壁33aに完全には垂直に入るようにできない。

[0041] 前記角度 θ が 0° より大きくなるように側部強磁性体50aの形状及び配置を

選択するのが好ましい。このように側部強磁性体50aを選択すると、側部強磁性体50aの側面52から出た時点で、磁界の平行磁場方向の成分を小さくすることができるため、前記中央強磁性体40向きのベクトルが加わったとしても、前記側部強磁性体50aの側面52から出た磁界が、前記キャビティ30の側壁33aに垂直に入るようにすることが可能となる。 θ の上限は 50° ($\theta \leq 50^\circ$)であるのが好ましい。

[0042] 中央強磁性体40及び側部強磁性体50a, 50bとしては、一般的な磁性材を使用することができ、特にS45C、磁性超硬合金等が好適である。

[0043] [3]製造方法

(1)磁粉の準備

磁粉の粉碎は、粗粉碎と微粉碎とに分けて行うのが好ましい。粗粉碎は、スタンプミル、ジョークラッシャー、ブラウンミル、ディスクミル、水素粉碎等で行うのが好ましく、微粉碎は、ジェットミル、振動ミル、ボールミル等で行うのが好ましい。いずれも酸化を防ぐために、有機溶媒や不活性ガスを用いて非酸化雰囲気中で行うのが好ましい。粉碎粒度は $2 \sim 8 \mu\text{m}$ (F.S.S.S.)が好ましい。 $2 \mu\text{m}$ 未満では磁粉の活性が高く酸化が激しく起こるため焼結時の変形が大であり、磁気特性も悪化する。 $8 \mu\text{m}$ 超では焼結後の結晶粒径が大きくなり容易に磁化反転が起こり、保磁力の低下を招く。

(2)成形

磁粉を配向させるためにキャビティ30に印可する平行磁場の強さは、好ましくは 159 kA/m 以上であり、より好ましくは 239 kA/m 以上である。配向磁場の強さが 159 kA/m 未満では、磁粉の配向が不十分であり良好な磁気特性が得られない。配向磁場の強さは前記磁場強度以上で得られる円弧状磁石の極異方性配向の状況を加味し手適宜決定する。成形圧力は $0.5 \sim 2 \text{ ton/cm}^2$ が望ましい。 0.5 ton/cm^2 未満では成形体の強度が弱くなりこわれやすい、また 2 ton/cm^2 超では磁粉の配向が乱れ、磁気特性が低下する。

[0044] (3)焼結

焼結は、真空又はアルゴン雰囲気中で、 $1000 \sim 1150^\circ\text{C}$ で行うのが好ましい

。1000℃未満では焼結不足により、必要とされる密度が得られず、磁気特性が低下する。1150℃超では過焼結により、変形や磁気特性の低下が発生する。

[0045] 焼結は、Moを用いた耐熱容器中にMo板を入れその上に成形体を置き行う。Mo板が圧延材で表面粗さが低い場合、焼結体とMo板の焼き付きが発生しやすく、さらに焼結に伴う収縮の過程で焼結磁石に変形が生じる場合がある。Mo板への焼結体の焼き付きを防止するために、Mo板の表面粗さを機械加工等により高め、成形体との接触面積を減らすのが望ましい。前記機械加工としては、ブラスト処理が好ましい。ブラスト後のMo板の表面粗さ(JISR6001-1983)は、Rmaxで5 μ m～100 μ mが好ましく、7 μ m～50 μ mがより好ましく。10 μ m～30 μ mがさらに好ましい。5 μ m未満では、焼結体とMo板の焼き付きが発生しやすく、焼結後の磁石が変形する。100 μ m超では、収縮の過程でMo板に焼結体が引っかかり変形が発生する。Mo板に酸化ネオジウム等を塗布し焼結時の焼結体とMo板の焼き付き防止とすることもできる。

[0046] (4)その他の工程

焼結の後、前記焼結体に熱処理を施すのが好ましい。熱処理は、後述の加工前に行っても良いし加工後に行っても良い。

[0047] 得られた焼結体は、必要に応じて要求される寸法に外弧面、内弧面及び端面を加工するのが好ましい。加工は外径研磨機、内径研磨機、平面研磨機又は姿加工機等の既存の設備を適宜使用できる。メッキ、塗装、アルミの真空蒸着、化成処理等の表面処理を必要に応じて行うことができる。

[0048] 極異方性配向を有する円弧状磁石を、ロータヨークの周りに接着剤で接着し、ブラシレスモータ用ロータを作製する。ブラシレスモータ用ロータに接着した円弧状磁石120は、例えば、図9に示すコイル210を有する着磁ヨーク200を使用(矢印は着磁を行うときに印可する磁場の方向を示す。)し、各円弧状磁石に対して、着磁を行う。着磁条件は、コンデンサ容量1000～2000 μ F、充電電圧1000～2500 V及び着磁電流8～25 kVAであるのが好ましい。着磁電流8 kVA未満では、着磁後に所望の着磁特性が得られない、また、25 kVA超の着磁

を行っても、着磁後の磁気特性に向上は見られない。

[0049] 本方法は、乾式成形及び湿式成形のどちらにも適用することが可能である。
。またフェライト磁石、Sm-Co磁石、又は樹脂含有磁石にも適用できる。

[0050] 本発明を以下の実施例によりさらに詳細に説明するが、本発明はこれらに
限定されるものではない。

[0051] 実施例1

公知の方法で、Nd : 20.5質量%、Dy : 6.2質量%、Pr : 5.5質量%、B : 1.0
質量%、残部Fe及び不可避不純物からなる組成のNd-Fe-B磁性粉を製造した。
得られた磁粉を、図2(a)～図2(c)に示す金型のダイスに設けられた断面円弧
状のキャビティ(半径50 mmの外弧、半径37 mmの内弧及び中心角25.7°)に供
給した。側部強磁性体は、図7(a)に示す形状のものを用いた。前記金型に、
前記キャビティの円周方向中央における半径方向と、磁場方向とが一致する
ように、239～319 kA/mの強度の平行磁場をかけながら成形圧1 t/cm²で前記磁
粉の成形を行った。得られた成形体を焼結、熱処理した後、外弧半径80 mm、
内弧半径64 mm及び中心角25.7°の大きさに加工し、円弧状の焼結磁石を得た
。

[0052] 実施例2

側部強磁性体を、図7(b)に示す形状に変更した以外は、実施例1と同様にし
て、円弧状の焼結磁石を得た。

[0053] 実施例3

焼結後に、磁石の表面磁束密度波形がさらに正弦波形に近くなるように、
中央強磁性体、側部強磁性体、キャビティの配置を調節した以外は実施例1と
同様にして極異方性配向を有する極異方性磁石成形体を作製した。

[0054] 比較例

中央強磁性体及び側部強磁性体を全く設けない以外は、実施例1と同様にし
て、円弧状の焼結磁石を得た。

[0055] 参考例

実施例1と同じ方法で作製した磁性粉を用いて、既存の極異方性配向を有す

るリング磁石を成形するための金型(外周14極、外径100 mm及び内径74 mm)で成形し、焼結及び熱処理を行った。焼結体は、外径80 mm及び内径64 mmに加工し、極異方性配向を有するリング磁石を得た。成形は、特開昭59-216453号に記載の方法で行った。

[0056] 実施例1〜3及び比較例の円弧状の焼結磁石については、円柱状のヨークに内弧面を貼り付けリング形状とし、参考例のリング磁石については、内周面に円柱状ヨークを挿入した。それぞれの磁石に対して、図9に示すような14極のコイル210を有する着磁ヨーク200を使用(矢印は着磁を行うときに印可する磁場の方向を示す。)で極数にあわせて着磁し、表面磁束密度波形を測定した。結果を図8に示す。図8は、14極の磁極のうち0.5極分の波形を抜き出して示す。

[0057] 図8から明らかなように、比較例の円弧状の焼結磁石は、波形が台形に近くなったのに対して、実施例1〜3の円弧状の焼結磁石は、参考例の極異方性リング磁石に近い波形となった。図7(b)に示す形状の側部強磁性体を用いて作製した実施例2の円弧状の焼結磁石は、実施例1に対して側部(磁極間付近)がやや膨らんだ表面磁束密度波形となった。実施例3の円弧状焼結磁石は、参考例の極異方性リング磁石とほぼ一致する波形となり、理想的な極異方性配向であることがわかる。

[0058] 比較例の焼結磁石を用いて回転機を構成した場合、コギングトルクが高いことが予想されるが、本発明の実施例1〜3の焼結磁石を用いた場合は、コギングトルクの低い回転機が得られると予想できる。

請求の範囲

- [請求項1] 対向する一対の磁場コイルにより形成される平行磁場中に配置される非磁性超硬合金からなるディスクと、
前記ディスクに設けられた内弧壁、外弧壁及び2つの側壁を有する断面円弧状のキャビティと、
前記キャビティの外弧壁側に、前記キャビティから離間して配置された中央強磁性体と、
前記キャビティの各側壁側に、それぞれ前記キャビティから離間して、前記キャビティに対して対称に配置された一対の側部強磁性体とを有する金型であって、
前記キャビティは、円周方向中央における半径方向が前記平行磁場方向と一致するように配置されており、
前記中央強磁性体は、平面視で、前記平行磁場と垂直な方向の幅が、前記キャビティの、前記平行磁場と垂直な方向の幅よりも小さく、
前記一対の側部強磁性体は、前記一対の側部強磁性体によって挟まれた領域内に前記キャビティが含まれるように配置されていることを特徴とする極異方性配向を有する円弧状磁石を磁場中成形するための金型。
- [請求項2] 請求項1に記載の金型において、前記中央強磁性体が、平面視で、前記キャビティの円周方向中点を通る半径方向の線上に配置されており、前記線に対して対称な形状であることを特徴とする金型。
- [請求項3] 請求項1又は2に記載の金型において、前記中央強磁性体が、前記中央強磁性体の前記磁場方向中点を通り、前記磁場方向に垂直な面に対称な形状であり、前記面に対称に、もう一つのキャビティ及びもう一対の側部強磁性体が配置されていることを特徴とする金型。
- [請求項4] 請求項1～3のいずれかに記載の金型において、前記中央強磁性体及び/又は前記各側部強磁性体が、平面視で矩形状であることを特徴とする金型。

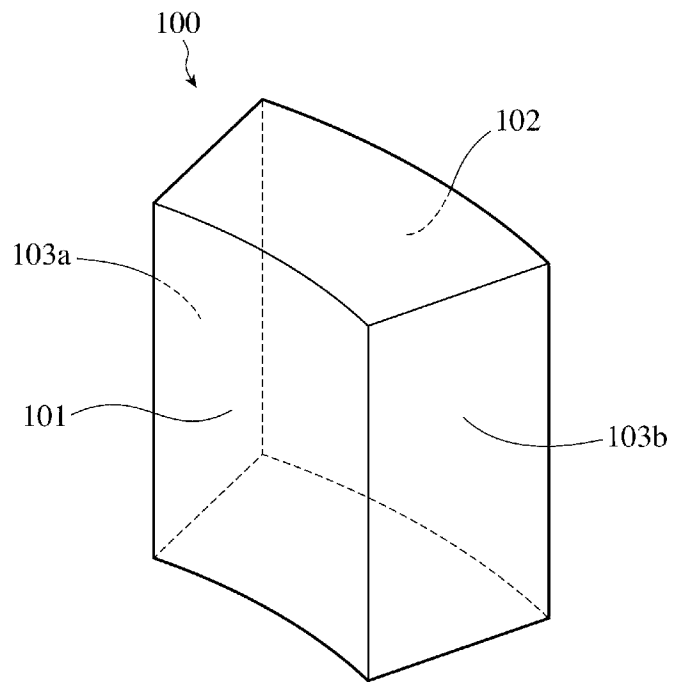
[請求項5] 請求項1～4のいずれかに記載の金型において、前記キャビティの各側壁面と、前記各側壁に対向する前記各側部強磁性体の面とのなす角度が、 0° より大きいことを特徴とする金型。

[請求項6] 極異方性配向を有する円弧状磁石を製造する方法であって、
対向する一对の磁場コイルにより形成される平行磁場中に配置される非磁性超硬合金からなるダイスと、
前記ダイスに設けられた内弧壁、外弧壁及び2つの側壁を有する断面円弧状のキャビティと、
前記キャビティの外弧壁側に、前記キャビティから離間して配置された中央強磁性体と、
前記キャビティの各側壁側に、それぞれ前記キャビティから離間して、前記キャビティに対して対称に配置された一对の側部強磁性体とを有し、
前記キャビティは、円周方向中央における半径方向が前記平行磁場方向と一致するように配置されており、
前記中央強磁性体は、平面視で、前記平行磁場と垂直な方向の幅が、前記キャビティの、前記平行磁場と垂直な方向の幅よりも小さく、
前記一对の側部強磁性体は、前記一对の側部強磁性体によって挟まれた領域内に前記キャビティが含まれるように配置されている金型を使用し、前記キャビティに充填した磁粉に対して前記平行磁場をかけながら圧縮成形することを特徴とする方法。

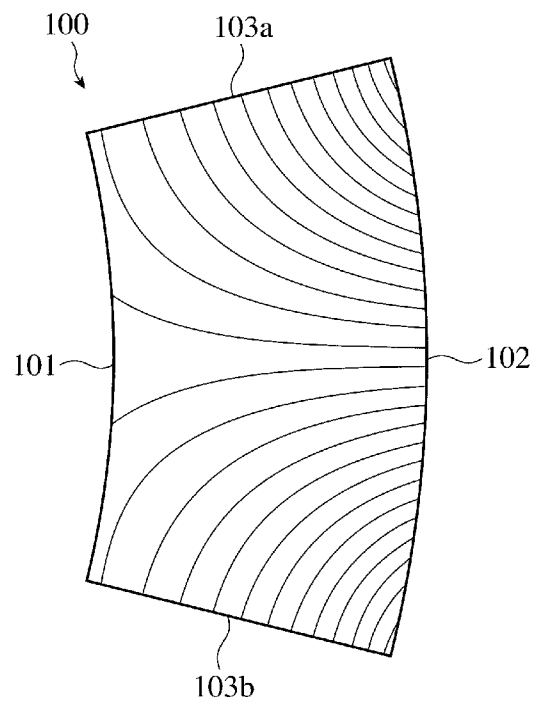
[請求項7] 請求項6記載の方法において、前記磁粉が、実質的にR-TM-B(ただし、RはYを含む希土類元素の少なくとも1種、TMは遷移金属の少なくとも1種)からなることを特徴とする方法。

[請求項8] 請求項6又は7に記載の方法によって製造されたことを特徴とする極異方性配向を有する円弧状磁石。

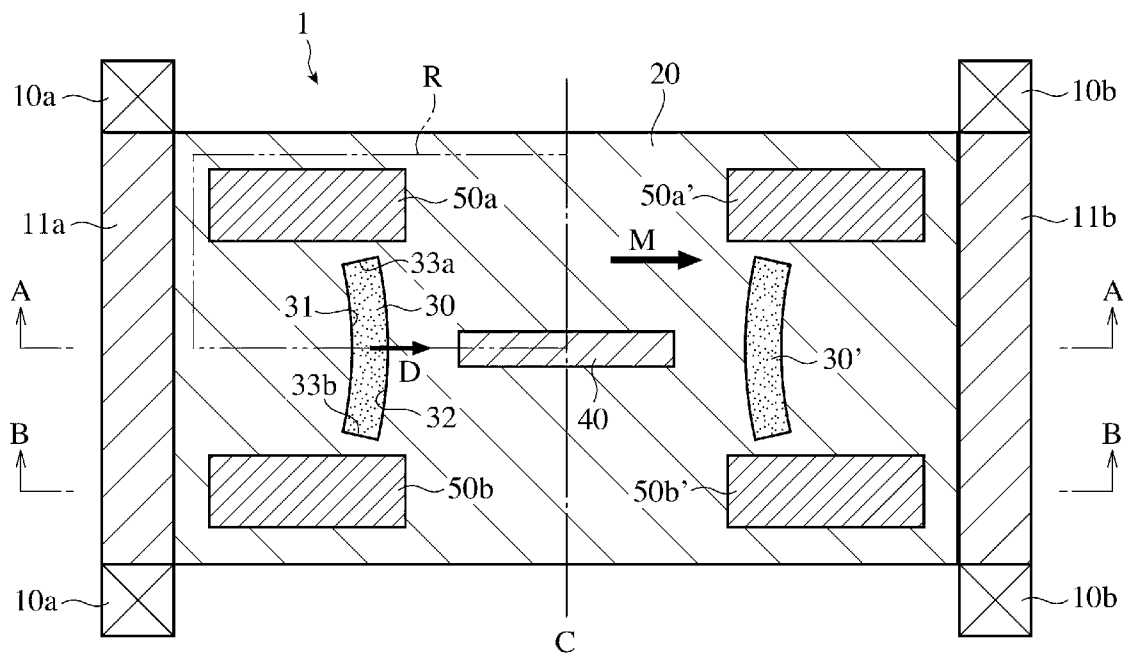
[図1(a)]



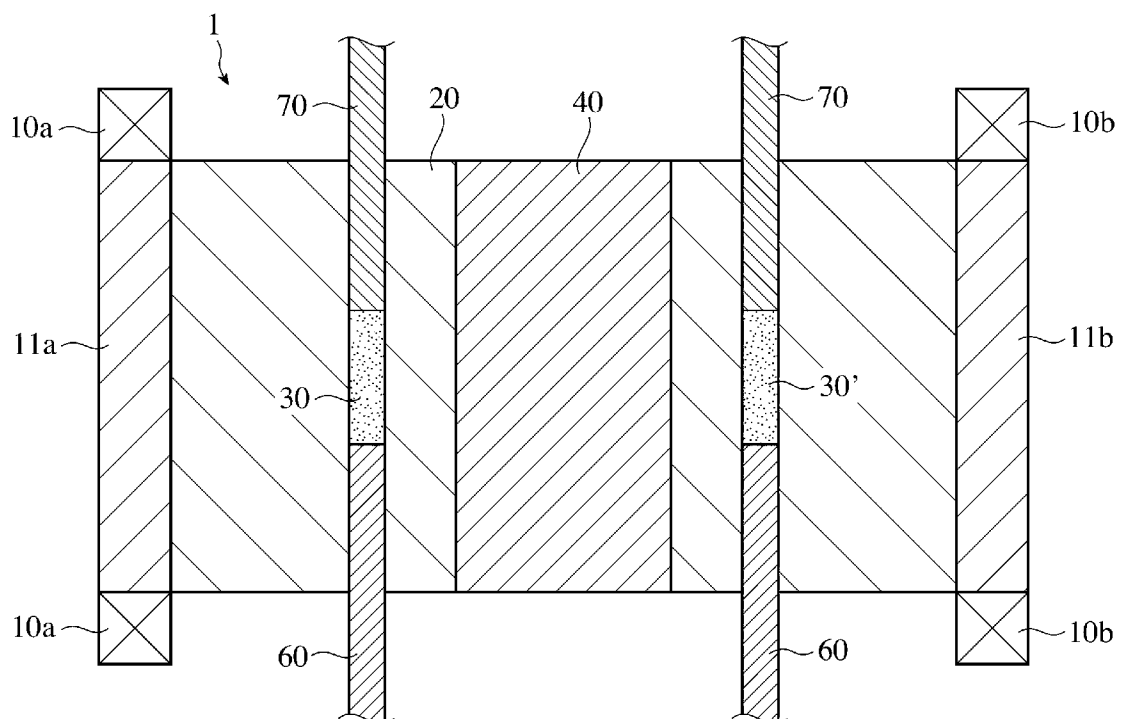
[図1(b)]



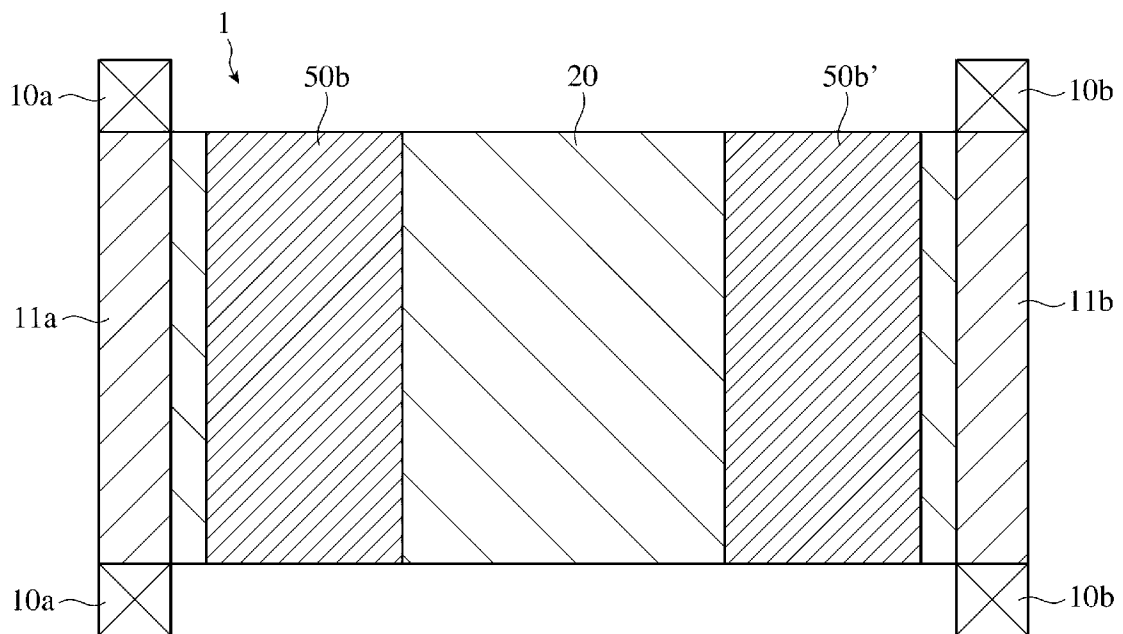
[図2(a)]



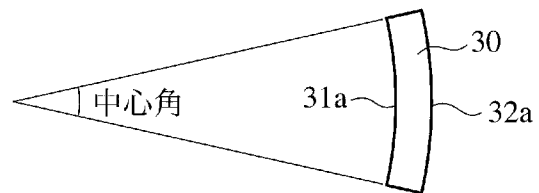
[図2(b)]



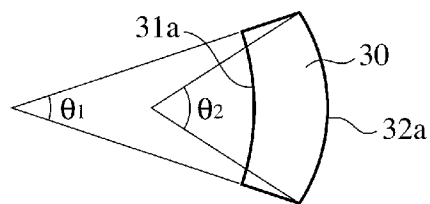
[図2(c)]



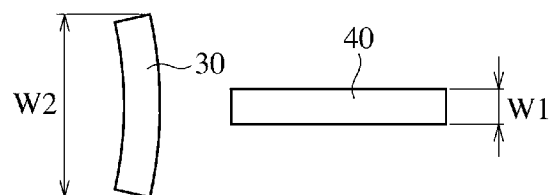
[図3(a)]



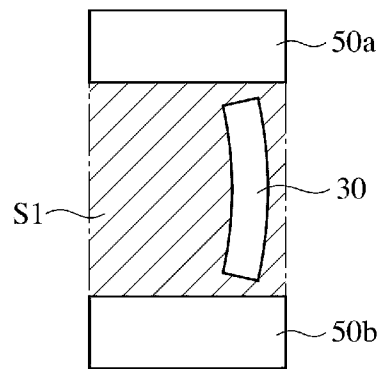
[図3(b)]



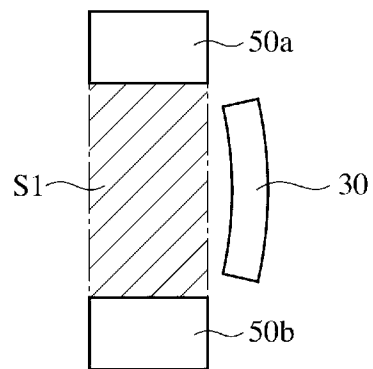
[図4]



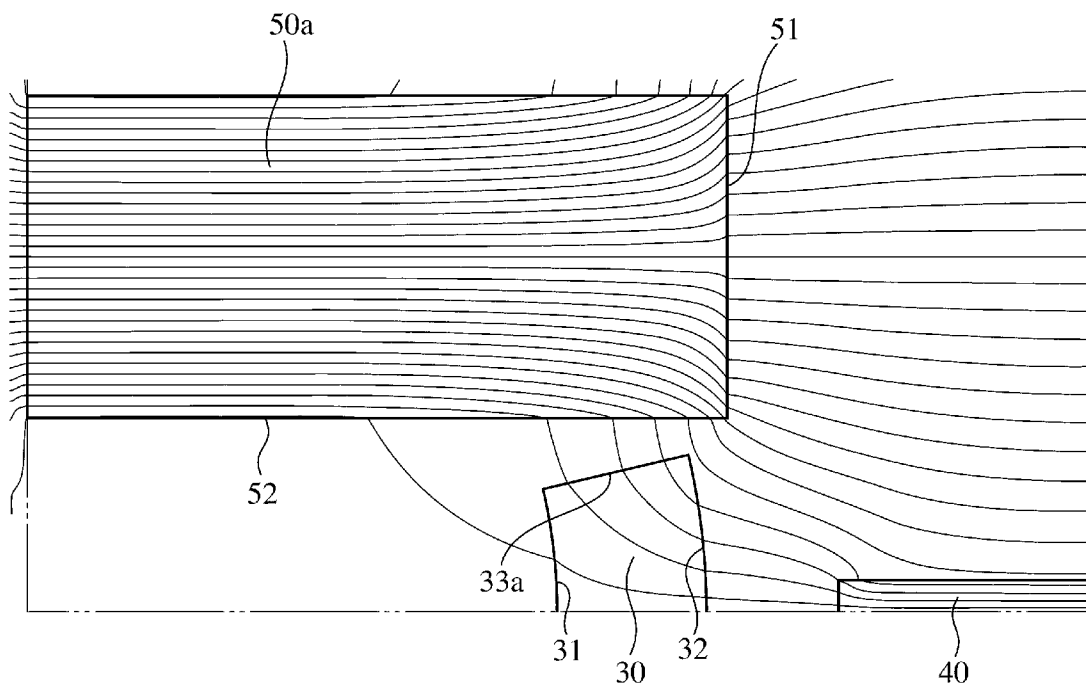
[図5(a)]



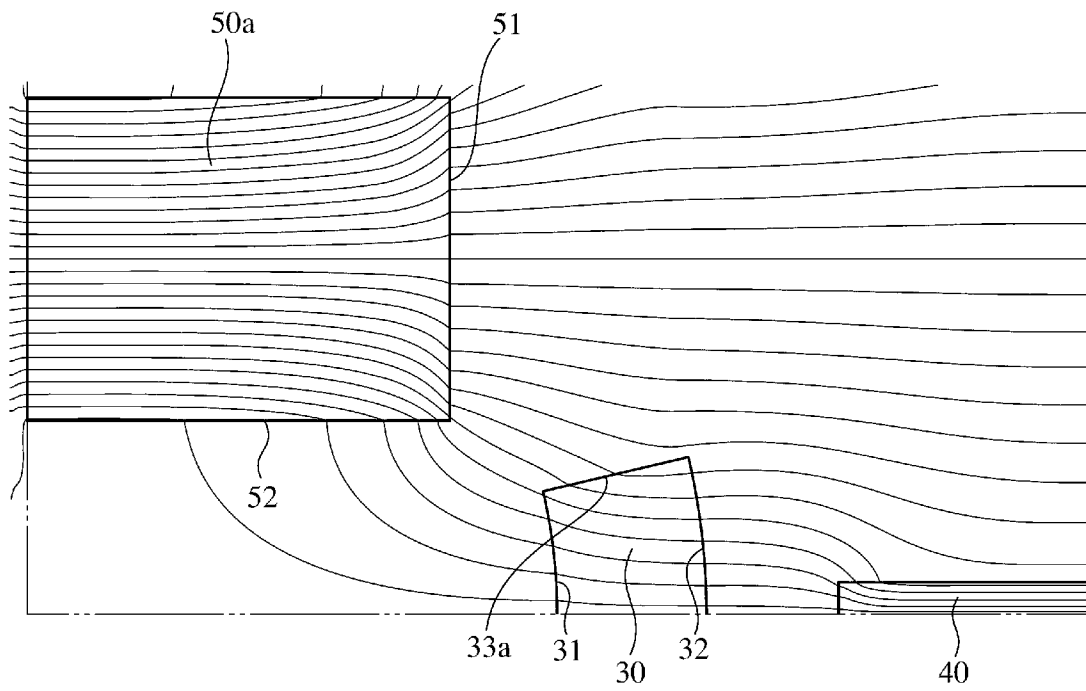
[図5(b)]



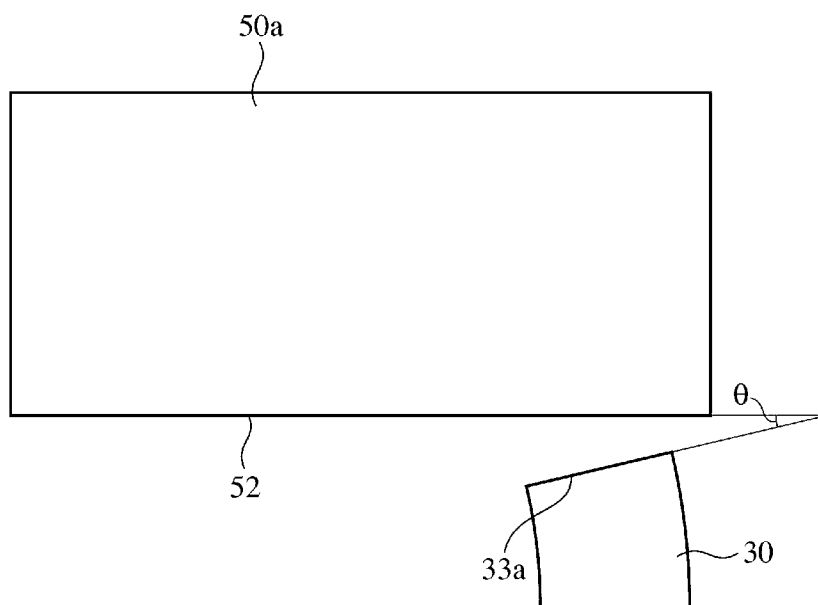
[図6(a)]



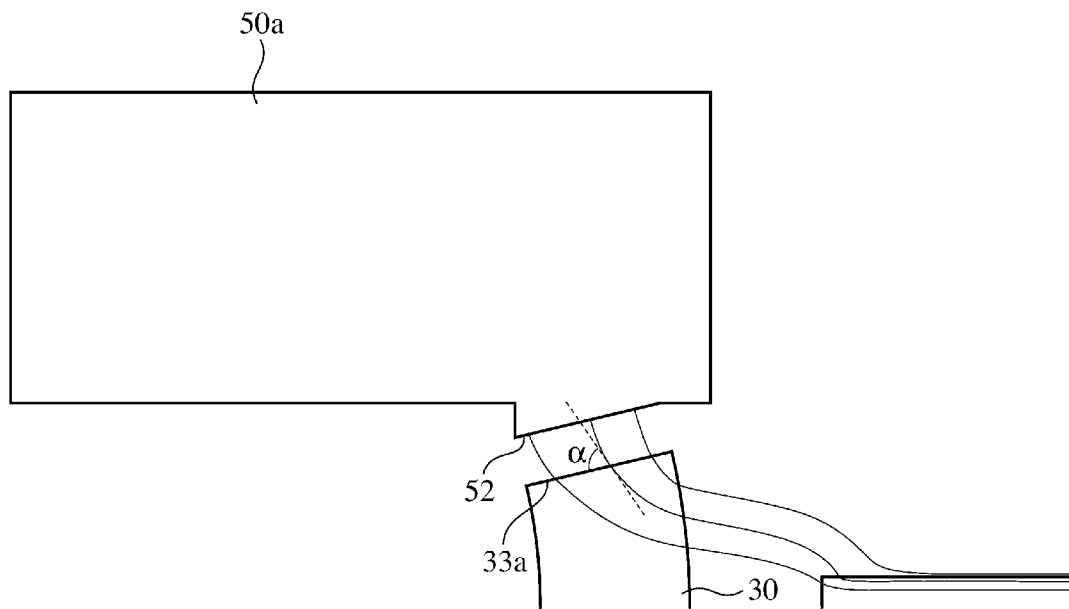
[図6(b)]



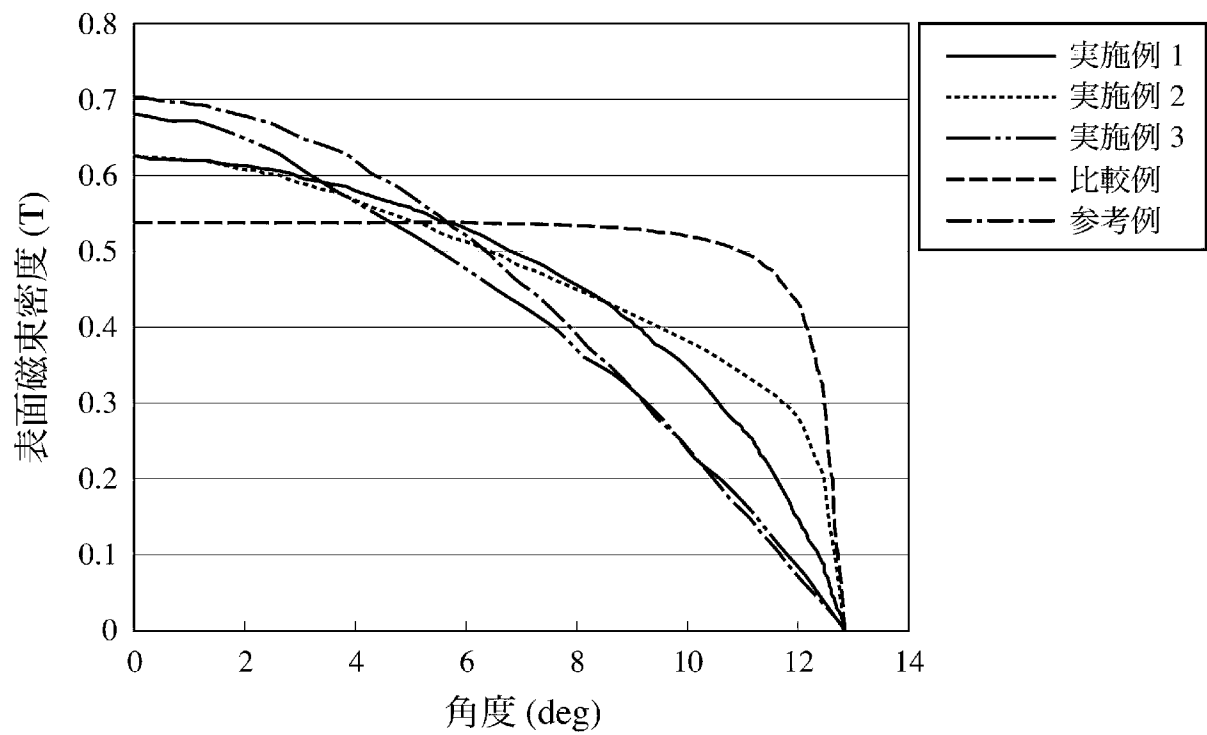
[図7(a)]



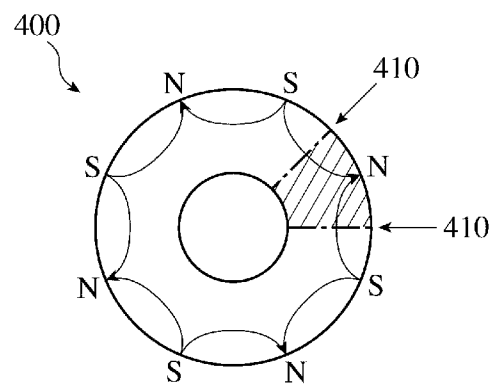
[図7(b)]



[図8]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/079737

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01F41/02(2006.01)i, B30B11/00(2006.01)i, H01F1/053(2006.01)i, H01F1/08(2006.01)i, H01F13/00(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)

H01F1/00-1/117, H01F1/40, H01F13/00, H01F41/00-41/04, H01F41/08-41/10, B30B11/00-11/34

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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	JP 5-168201 A (Asmo Co., Ltd.), 02 July 1993 (02.07.1993), paragraphs [0016] to [0043]; fig. 1 (Family: none)	1-8
A	JP 5-129127 A (Kawasaki Steel Corp.), 25 May 1993 (25.05.1993), fig. 5 to 11 (Family: none)	1-8
A	JP 62-8506 A (Tohoku Kinzoku Kogyo Ltd.), 16 January 1987 (16.01.1987), fig. 1 to 8 (Family: none)	1-8



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

22 March, 2012 (22.03.12)

Date of mailing of the international search report

03 April, 2012 (03.04.12)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. H01F41/02(2006.01)i, B30B11/00(2006.01)i, H01F1/053(2006.01)i, H01F1/08(2006.01)i, H01F13/00(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. H01F1/00-1/117, H01F1/40, H01F13/00, H01F41/00-41/04, H01F41/08-41/10, B30B11/00-11/34			
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 日本国公開実用新案公報 日本国実用新案登録公報 日本国登録実用新案公報 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 1 9 7 1 - 2 0 1 2 年 1 9 9 6 - 2 0 1 2 年 1 9 9 4 - 2 0 1 2 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	JP 5-168201 A（アスモ株式会社）1993.07.02, 段落【0016】－【0043】、【図1】（ファミリーなし）	1-8	
A	JP 5-129127 A（川崎製鉄株式会社）1993.05.25, 【図5】－【図11】（ファミリーなし）	1-8	
A	JP 62-8506 A（東北金属工業株式会社）1987.01.16, 第1図－第8図（ファミリーなし）	1-8	
☐ 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 2 . 0 3 . 2 0 1 2		国際調査報告の発送日 0 3 . 0 4 . 2 0 1 2	
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） 田中 純一 電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 6 5	5 R 9 0 7 4