(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 9 月 13 日(13.09.2012)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2012/120609 A1

(51) 国際特許分類:
G01R 33/12 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2011/055199

(22) 国際出願日: 2011 年 3 月 7 日(07.03.2011)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): トヨタ自動車株式会社 (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町１番地 Aichi (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 鈴木 雅文 (SUZUKI Masafumi) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町１番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP). 小暮 智也 (KOGURE Tomonari) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町１番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP). 仲西 真由美 (NAKANISHI Mayumi) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町１番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP).

(74) 代理人: 平木 祐輔, 外 (HIRAKI Yusuke et al.); 〒1056232 東京都港区愛宕２丁目５番１号 愛宕グリーンヒルズＭＯＲＩタワー３２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, 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.

(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, 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).

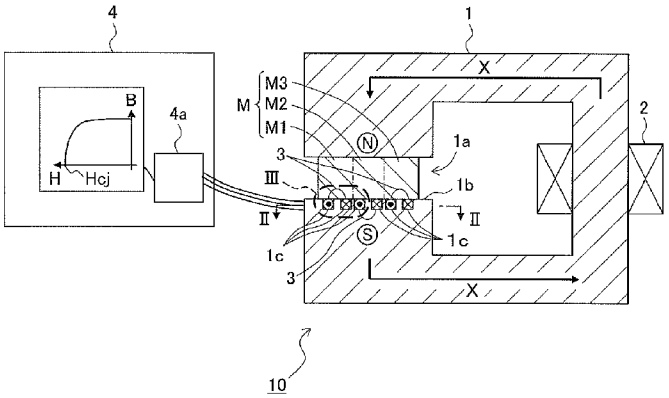
添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

(54) **Title**: COERCIVITY SPECIFYING DEVICE

(54) 発明の名称 : 保磁力特定装置

[図1]



(57) **Abstract**: Provided is a coercivity specifying device that can create a demagnetization curve for each segmented region of a coercivity distribution magnet without damaging the coercivity distribution magnet, and that can specify the average coercivity of each segmented region with high accuracy. This coercivity specifying device includes: a yoke having a space into which a coercivity distribution magnet is inserted; an exciting coil; search coils each detecting a change in magnetization when a magnetic field is applied to the coercivity distribution magnet; and a tracer that creates a demagnetization curve on the basis of a voltage value caused by the change in magnetization. At least two loop-shaped grooves are formed in an end surface. The search coils are arranged in the respective grooves. The segmented regions are defined in the coercivity distribution magnet as corresponding to the respective search coils. The voltage value caused by the change in magnetization detected by each search coil is transmitted to the tracer, and a demagnetization curve is created for the corresponding segmented region and the average coercivity thereof is specified.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/120609 A1

保磁力分布磁石を破壊等することなく、保磁力分布磁石の分割領域ごとの減磁曲線を作成することのでき、かつ分割領域ごとの平均保磁力を精度よく特定することのできる保磁力特定装置を提供する。本発明の保磁力特定装置は、保磁力分布磁石が挿入される挿入空間を具備するヨークと、励磁コイルと、保磁力分布磁石に磁界が印加された際の磁化変化を検出するサーチコイルと、磁化変化による電圧値に基づいて減磁曲線を作成するトレーサを具備し、前記端面には２以上のループ状の溝条が開設され、溝条内にサーチコイルが配設されて、保磁力分布磁石において２以上のサーチコイルのそれぞれが対応する分割領域が規定され、サーチコイルにて検出された磁化変化による電圧値がトレーサに送信されて対応する分割領域の減磁曲線が作成されるとともに平均保磁力が特定されるものである。

明　細　書

発明の名称 ： 保磁力特定装置

技術分野

[0001] 本発明は、モータ等に使用される保磁力分布磁石の分割領域ごとの減磁曲線を作成するとともに各分割領域の平均保磁力を特定し、これを全ての分割領域で実施することで保磁力分布磁石の保磁力を特定する保磁力特定装置に関するものである。

背景技術

[0002] ＩＰＭモータ等のロータ内に埋設される永久磁石には、ステータコア側から入射してくる外部磁界による減磁に抗し得る保磁力が要求されている。

[0003] この永久磁石に作用する外部磁界は、永久磁石の埋設されたロータを平面的に見た際に永久磁石のステータコア側の隅角部が最も大きく、ロータコアの中央側が小さくなるのが一般的である。

[0004] 一方、焼結された永久磁石に対して、その表面から当該永久磁石の保磁力性能を高めるための金属粒が粒界拡散等されているが、この金属粒はジスプロシウムやテルビウム等のレアアースが使用されていることから、永久磁石の製造コスト低減の観点から所望する保磁力性能を担保しつつその使用量を如何にして低減できるかが当該技術分野における重要な解決課題の一つとなっている。

[0005] この保磁力性能は、上記するように永久磁石の部位ごとに作用する外部磁界の大きさが異なることから要求される保磁力も永久磁石の部位ごとに相違しており、保磁力性能を高めるレアアースの使用量を低減することを含めて、永久磁石の部位ごとに保磁力の異なる（保磁力分布のある）保磁力分布磁石を製造することにより、要求される保磁力性能を満足しながらジスプロシウム等のレアアースの使用量が可及的に低減され、製造コストの削減を図ることのできる永久磁石の製造を実現することができる。

[0006] この保磁力分布磁石の内部の保磁力分布、すなわち、内部の部位ごとの平

均保磁力を精度よく特定することは、保磁力分布磁石の品質保証の観点から極めて重要である。たとえば、上記ＩＰＭモータ用ロータ内に埋設される保磁力分布磁石においては、ステータ側からの磁束の流れに起因して、そのステータ側側面部位の磁気特性を相対的に良好にするような最適設計がなされる場合がある。その際に、たとえば供用開始前の段階における保磁力分布磁石において、その内部の部位ごとの保磁力を精度よく特定し、特定対象となっている保磁力分布磁石の品質を所望部位ごとに、より精度よく保証することは、今後の製品（たとえば磁石）開発にとっても、磁石メーカーや磁石使用メーカーの信用にとっても極めて重要である。

[0007] しかし、現在は、保磁力分布磁石を破壊して分割片とし、その保磁力を特定する方法が適用されているに過ぎない。また、従来の公開技術である特許文献１，２で開示される保磁力測定方法を適用しても、保磁力分布磁石の全体の平均保磁力を測定できるに留まり、保磁力分布磁石の部位ごと（分割領域ごと）の平均保磁力を特定することはできない。

[0008] このように、一つの保磁力分布磁石に関し、磁石を破壊して部位ごとの保磁力を特定していた従来の特定方法に代わって、磁石を破壊することなく、任意にエリア分けされた分割領域ごとの減磁曲線を作成し、かつ平均保磁力を特定できる装置が当該分野で模索されている。

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献1：特開２００１－１４１７０１号公報

特許文献2：特開平５－２６４７０４号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] 本発明は上記する問題に鑑みてなされたものであり、保磁力分布磁石を破壊等することなく、当該保磁力分布磁石を任意にエリア分けしてできる分割領域ごとの減磁曲線を作成することができ、かつ分割領域ごとの平均保磁力

を特定することができ、これを全ての分割領域で実施することで保磁力分布磁石の保磁力を分割領域ごとに精度よく特定することのできる保磁力特定装置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

[0011] 前記目的を達成すべく、本発明による保磁力特定装置は、保磁力が部位ごとに異なる保磁力分布磁石が挿入される挿入空間を具備するヨークと、該ヨークに磁界を発生させる励磁コイルと、保磁力分布磁石に該磁界が印加された際の磁化変化を検出するサーチコイルと、該磁化変化によって生じた電圧値に基づいて減磁曲線を作成するトレーサと、を少なくとも具備し、ヨークの前記挿入空間に臨む端面には２以上のループ状の溝条が開設され、それぞれの溝条内に導線とその周囲の絶縁被膜からなる前記サーチコイルが配設されて、保磁力分布磁石において２以上のサーチコイルのそれぞれが対応する分割領域が規定され、それぞれのサーチコイルにて検出された磁化変化による電圧値がトレーサに送信されて対応する分割領域の減磁曲線が作成されるとともに平均保磁力が特定され、これが全ての分割領域で実施されて保磁力分布磁石の保磁力が特定されるものである。

[0012] 本発明の保磁力特定装置が特定対象とする保磁力分布磁石は、製造後の性能確認のために、磁石製造時、この磁石を内蔵したＩＰＭモータ製造時、このＩＰＭモータを内蔵した車両製造時のいずれかのタイミングにおける保磁力分布磁石や、車両の市場走行後などの任意の環境下に置かれた後でロータから取り出された保磁力分布磁石などである。また、この保磁力分布磁石としてはモータ用で保磁力分布のある永久磁石を挙げることができ、ネオジムに鉄とボロンを加えた３成分系のネオジム磁石、サマリウムとコバルトとの２成分系の合金からなるサマリウムコバルト磁石、鉄酸化物粉末を主原料としたフェライト磁石、アルミニウム、ニッケル、コバルトなどを原料としたアルニコ磁石などを挙げることができる。

[0013] 磁性体であるヨークの挿入空間に臨む端面に設けられるループ状の溝条とこの溝条内に配設されるサーチコイルの基数や各サーチコイルの包含する面

積は、保磁力分布磁石の面積と、平均保磁力を特定したい分割領域面積（分割領域とはサーチコイルで囲まれた領域のことであり、本発明の保磁力特定装置によって当該各領域の平均保磁力を求めることができる。）などによって多様に変化するものであり、２つのループ状のサーチコイルを適用する場合は保磁力分布磁石が２つの分割領域に分割されてそれぞれの分割領域の減磁曲線が作成されるとともに各分割領域の平均保磁力が特定されることになり、３つのループ状のサーチコイルを適用する場合は３つの分割領域の減磁曲線が作成されるとともにそれらの平均保磁力が特定される。

[0014] 減磁曲線を作成するトレーサとしては、たとえばＢ－Ｈカーブトレーサを適用することができ、励磁コイルで発生された磁界が保磁力分布磁石に印加された際の保磁力分布磁石の磁化変化に基づく電圧値がサーチコイルで検出され、この電圧値がサーチコイルからＢ－Ｈカーブトレーサに内蔵された積分器に送信され、該磁化変化によって生じた電圧値が積分器で時間積分されて磁束密度が算定され、これに基づいて減磁曲線（Ｂ－Ｈカーブや４πＩ－Ｈカーブ）が作成される。

[0015] また、この減磁曲線から特定された保磁力（Ｈｃｊ）は、各サーチコイルが対応する保磁力分布磁石の分割領域の平均保磁力となる。

[0016] 上記する保磁力特定装置を用いることにより、サーチコイルの基数やその分担面積を任意に調整することで、所望する範囲の分割領域ごとにその減磁曲線を作成し、その平均保磁力を特定することができ、もって、高精度に保磁力分布磁石の部位ごとの平均保磁力を特定することが可能となる。

[0017] ここで、前記溝条の深さは１ｍｍ以下であるのが好ましい。

[0018] 本発明者等の磁場解析によれば、溝条の深さを１ｍｍ以下としてその内部に導線およびその周囲の絶縁被膜からなるサーチコイルを配設することで、保磁力分布磁石の材料特性値（Ｈｃｊ）に対して０．１％以内の誤差精度で対象エリアの保磁力を特定できることが実証されている。

[0019] また、前記溝条の幅は０．３ｍｍ以下であるのが好ましい。

[0020] 本発明者等の磁場解析によれば、溝条の幅を０．３ｍｍ以下とした場合で

も、保磁力分布磁石の材料特性値（Ｈｃｊ）に対して０．１%以内の誤差精度で対象エリアの保磁力を特定できることが実証されている。

[0021] 以上より、溝条は深さが１ｍｍ以下で幅が０．３ｍｍ以下のものが望ましく、さらにその内部に配設されるサーチコイルの製造可能な寸法（絶縁被膜となるエナメル線や銅素材の導線などの寸法）を勘案すれば、たとえば深さが１ｍｍで幅が０．３ｍｍの溝条とするのがよい。

[0022] さらに本発明による保磁力特定装置の好ましい実施の形態は、保磁力が部位ごとに異なる保磁力分布磁石が挿入される挿入空間を具備するヨークと、ヨークに磁界を発生させる励磁コイルと、保磁力分布磁石に該磁界が印加された際の磁化変化を検出するサーチコイルと、該磁化変化によって生じた電圧値に基づいて減磁曲線を作成するトレーサと、を少なくとも具備し、ヨークの前記挿入空間に臨む端面には、樹脂フィルムとその表面に導電性素材がループ状にパターニングされてなるサーチコイルが２以上配設されて、保磁力分布磁石において２以上のサーチコイルのそれぞれが対応する分割領域が規定され、それぞれのサーチコイルにて検出された磁化変化による電圧値がトレーサに送信されて対応する分割領域の減磁曲線が作成されるとともに平均保磁力が特定され、これが全ての分割領域で実施されて保磁力分布磁石の保磁力が特定されるものである。

[0023] 既述するヨークの挿入空間に臨む端面に溝条が設けられた形態では、保磁力分布磁石が挿入空間に挿入されてこの表面がヨークの端面と密着した際に、保磁力分布磁石は磁性体（ヨーク）とエアギャップ（溝条）が交互に現れる密着面と当接することになり、パーミアンス（磁石の減磁曲線上での動作点のことで、この値が小さい程、反磁場（磁石内で磁石の磁化方向と逆向きに通る磁界）が大きくなる）が分布し易い。

[0024] これに対して、本実施の形態の装置によれば、溝条を設ける代わりに、樹脂フィルムとその表面に導電性素材がループ状にパターニングされてなるサーチコイルが２以上配設されたものをヨークの挿入空間に臨む端面に設けたことで、これに密着する保磁力分布磁石の表面には均一素材の樹脂フィルム

等が当接し、もって均一磁界を保磁力分布磁石に印加することが可能となる。そして、このことにより、パーミアンスを分布し難くすることができる。

[0025] なお、上記する導電性素材（銅などの金属）のパターニングの形態は任意であり、印刷による形態やエッチングによる形態などを挙げることができる。

[0026] 上記する本発明の保磁力特定装置を、たとえば以下で示す保磁力分布磁石の保磁力特定方法に適用することができる。

[0027] この保磁力分布磁石の保磁力特定方法は、保磁力分布磁石のうち、容易磁化方向に沿う方向で切断してできる平面内で保磁力が相違し、該平面においてその中心から外周側に向かって保磁力が大きくなる保磁力分布を呈している保磁力分布磁石において、該平面における任意箇所の保磁力を特定する保磁力分布磁石の保磁力特定方法であって、保磁力分布磁石の前記平面に対して容易磁化方向に延びる複数の分割領域を仮想的に設定し、該保磁力分布磁石を逆磁界付与装置に配設するとともにそれぞれの前記分割領域に対応した位置にサーチコイルを配し、それぞれのサーチコイルによる測定結果から各分割領域に固有の減磁曲線を作成する第１のステップ、作成されたそれぞれの前記減磁曲線から最低保磁力：H_{min}と平均保磁力：Ｈｃｊを特定し、かつ、分割領域の中心位置をｘ１とし、中心位置から左右の外周側に保磁力を特定したい位置：±ｘ２、±ｘ３を設定する第２のステップ、以下（１）～（３）の仮定事項を利用して分割領域の中心から外周側への距離をＸ軸とし、各距離における保磁力をＹ軸とした座標系にて保磁力分布グラフを作成する第３のステップ、（１）保磁力分布グラフにおいて、中心位置：ｘ１における保磁力：H_{x1}を最低保磁力：H_{min}とする、（２）位置：±ｘ２、±ｘ３それぞれの保磁力をH_{-x2}、H_{+x2}、H_{-x3}、H_{+x3}とした際に、（H_{-x3}＋H_{-x2}＋H_{x1}＋H_{+x2}＋H_{+x3}）／５＝平均保磁力：Ｈｃｊとする、（３）H_{+x2}－H_{x1}＝H_{+x3}－H_{+x2}とする、前記分割領域ごとに特定される前記保磁力分布グラフを利用して、保磁力分布磁石内の前記平面内における任意の位置における保磁力を特定する第４のステップからなるものである。

[0028] この保磁力特定方法は、保磁力分布磁石を容易磁化方向で切断した際の平面、すなわち、この磁石がロータスロット内に配設された際にこのスロット軸に対して直交する方向で磁石を切断した際の断面（平面）において、その中心から外周側に向かって保磁力が大きくなる保磁力分布を呈している保磁力分布磁石の平面内における任意位置の保磁力を精緻に特定することのできる保磁力特定方法である。

[0029] 平面視が矩形の保磁力分布磁石に関して言えば、上記する平面において、その一側がステータ側の側面となり、これに対向する他側がロータ中央側の側面となる。

[0030] 一般に、焼結されてできた永久磁石に対して、その表面からジスプロシウムやテルビウム等の磁石保磁力を高める重希土類元素が粒界拡散されるため、磁石の外周から中心に向かって保磁力が低減する保磁力分布磁石となる。

[0031] したがって、直方体形状の永久磁石であっても、これを高さ方向の任意レベルで切断してできる平面における保磁力の分布状態はどのレベルで切断してもほぼ同程度の傾向、すなわち、平面における中心から外周側に向かって同心状に保磁力が高くなる傾向を示すと言ってよい。

[0032] そこで、ジスプロシウム等が粒界拡散されてできた保磁力分布磁石をある高さレベルで切断してできる平面において、この平面内における保磁力分布を特定し、これを磁石の高さ方向に展開することで３次元的に任意の位置（任意の高さの平面内における任意の位置）での保磁力を特定することも可能となる。

[0033] まず、第１のステップにおいて、保磁力分布磁石の前記平面に対して容易磁化方向に延びる複数の分割領域を仮想的に設定し、該保磁力分布磁石を本発明の保磁力特定装置に配設するとともに、それぞれの前記分割領域に対応した位置にサーチコイルを配し、それぞれのサーチコイルによる測定結果からそれぞれの分割領域に固有の減磁曲線を作成する。

[0034] たとえば平面視矩形の磁石平面に対して容易磁化方向に沿う帯状の分割領域を仮想的に設定することにより、この磁石平面を複数の帯状領域に仮に分

割する。この容易磁化方向とはたとえば、既述するように当該保磁力分布磁石がロータスロット内に配設された際に、ロータ中心側からステータ側に向かう方向である。

[0035] 本発明の保磁力特定装置を使用して、被特定対象である保磁力分布磁石に外部の逆磁界をかけて減磁させていき、保磁力座標と残留磁束密度（磁化）座標からなる座標系（の第二象限）に減磁曲線を作成できる。

[0036] この特定方法では上記する仮想的に分割された分割領域ごとにサーチコイルを配設し、各サーチコイルに対応する分割領域の減磁曲線を作成する。

[0037] なお、上記する平面において５つの分割領域が形成される場合を例示すると、その中央の分割領域の保磁力が低く、これに隣接する上下の分割領域は同程度に保磁力が高くなり、さらにこれらに隣接する上下の分割領域は同様に同程度に保磁力がさらに高くなる傾向を示す。すなわち、中央の分割領域をＢＡ１、これに隣接する容易磁化方向に対して垂直方向の上下の分割領域をＢＡ２，３、さらにこれらに隣接する上下の分割領域をＢＡ４，５とした際に、保磁力の大小は、ＢＡ１＜ＢＡ２＝ＢＡ３＜ＢＡ４＝ＢＡ５となる。

[0038] したがって、この実施の形態では、中央の分割領域に対応する位置（ＢＡ１）と、たとえばこれに隣接する上方の分割領域（ＢＡ２）とさらにこれに隣接する上方の分割領域（ＢＡ４）の合計３箇所にサーチコイルを設けておけばよい（ＢＡ３、ＢＡ５の減磁曲線はそれぞれ、ＢＡ２、ＢＡ４のそれを使用できる）。

[0039] 次に、第２のステップとして、作成されたそれぞれの前記減磁曲線から最低保磁力：H_{min}と平均保磁力：Ｈｃｊを特定し、かつ、分割領域の中心位置をｘ１とし、その左右の外周側に保磁力を特定したい位置：±ｘ２、±ｘ３を設定する。より具体的には、中心位置：ｘ１から、そのステータ側へ＋ｘ２、＋ｘ３が設定されるとともに、ロータ中央側へも同様にーｘ２、－ｘ３が設定され、各分割領域において、５箇所の平面位置（ｘ１、±ｘ２、±ｘ３）が設定されることになる。

[0040] ここで、作成された減磁曲線から、残留磁束密度が低下する変曲点（もし

くは、最大磁束密度から数%減磁した時点）の保磁力をもって最低保磁力とすることができ、さらに減磁して当該減磁曲線が保磁力座標と交わる点をもって平均保磁力とすることができる。

[0041] たとえば３つのサーチコイルにて３つの分割領域の減磁曲線を作成した場合には、それぞれの減磁曲線ごとに最低保磁力と平均保磁力が設定される。

[0042] 中心位置：ｘ１における保磁力が最も小さく、位置±ｘ２、±ｘ３と分割領域の左右の外周側に向かって保磁力が大きくなることは言うまでもない。

[0043] 次に、第３のステップとして、以下（１）～（３）の仮定事項を利用して分割領域の中心から外周側への距離をＸ軸とし、各距離における保磁力をＹ軸とした座標系に保磁力分布グラフを作成する。ここで、３つの仮定事項とは、（１）保磁力分布グラフにおいて、中心位置：ｘ１における保磁力：H_{x1}を最低保磁力：H_{min}とする、（２）位置：±ｘ２、±ｘ３それぞれの保磁力をH_{-x2}、H_{+x2}、H_{-x3}、H_{+x3}とした際に、（$H_{-x3}+H_{-x2}+H_{x1}+H_{+x2}+H_{+x3}$）／５＝平均保磁力：Ｈｃｊとする、（３）$H_{+x2}-H_{x1}=H_{+x3}-H_{+x2}$とする、からなる。

[0044] ここで、H_{-x3}とH_{+x3}、H_{-x2}とH_{+x2}は、中心位置から同距離にある保磁力であることからそれぞれの値は等しい。

[0045] したがって、実質的に変数はH_{+x2}とH_{+x3}となり、上式（２）、（３）からH_{+x2}とH_{+x3}が特定される。

[0046] また、（１）にて設定される、中心位置：ｘ１における保磁力：$H_{x1}=H_{min}$を勘案して、分割領域の中心から外周側への距離をＸ軸とし、各距離における保磁力をＹ軸としたＸ－Ｙ座標系において一次関数（たとえば$H=kx+H_{min}$（ｘは中心からの距離））の保磁力分布グラフが作成できる。

発明の効果

[0047] 以上の説明から理解できるように、本発明の保磁力特定装置によれば、保磁力分布磁石を破壊することなく、任意にエリア分けされた分割領域ごとの減磁曲線を作成することができ、かつそれぞれの平均保磁力を精度よく特定することができ、もって保磁力分布磁石の分布する保磁力を高精度で特定す

ることができる。

図面の簡単な説明

[0048] [図1]本発明の保磁力特定装置の一実施の形態を説明した模式図である。

[図2]図１のII－II矢視図である。

[図3]（ａ）は図１のIII部の拡大図であり、（ｂ）は（ａ）に対応した図であってサーチコイルの配設形態の他の実施の形態を示した図である。

[図4]本発明の保磁力特定装置の他の実施の形態を説明した模式図である。

[図5]本装置にて得られる励磁磁界（横軸）と、サーチコイルにて得られる磁石の磁化変化（縦軸）を表す図である。

[図6]溝条の溝深さを変化させ、各溝深さの溝条を具備する装置から求められる磁石保磁力と磁石材料特性値から特定される保磁力との差に関する磁場解析結果を示すグラフである。

[図7]溝条の溝幅を変化させ、各溝幅の溝条を具備する装置から求められる磁石保磁力と磁石材料特性値から特定される保磁力との差に関する磁場解析結果を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0049] 以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。なお、図示例では、保磁力分布磁石を３つの分割領域に仮に分割して各分割領域の減磁曲線を作成し、平均保磁力を特定する実施の形態を示しているが、この分割領域の数は２つ、４つ以上などであってもよいことは勿論のことである。

[0050] 図１は本発明の保磁力特定装置の一実施の形態を説明した模式図であり、図２は図１のII－II矢視図であり、図３ａは図１のIII部の拡大図である。

[0051] 図示する保磁力特定装置１０は、保磁力が部位ごとに異なる保磁力分布磁石Ｍが挿入される挿入空間１ａを具備する平面視が略Ｃの字状のヨーク１と、ヨーク１に磁界を発生させる（磁気流れＸ方向）励磁コイル２と、励磁コイル２に電流を通電する不図示の電源と、保磁力分布磁石Ｍに磁界が印加された際の磁化変化を検出するサーチコイル３と、この磁化変化によって生じた電圧値に基づいて減磁曲線を作成するトレーサ４（Ｂ－Ｈカーブトレーサ

）とから大略構成されている。

[0052] ヨーク１の挿入空間１ａに臨む端面１ｂには図２で示す平面図から明らかなように３つのループ状の溝条１ｃ，１ｃ，１ｃが開設され、それぞれの溝条１ｃ内には銅製の導線３ａとその周囲の絶縁被膜３ｂからなるサーチコイル３が配設されている。

[0053] 保磁力分布磁石Ｍにおいて各サーチコイル３には対応する保磁力分布磁石の分割領域Ｍ１，Ｍ２，Ｍ３が規定され、各サーチコイル３から延びる導線はトレーサ４内に内蔵される積分器４ａに繋がっている。

[0054] 励磁コイル２で発生された磁界が保磁力分布磁石Ｍに印加されると、保磁力分布磁石Ｍ内で磁化変化が生じ、この磁石変化に基づく電圧値がサーチコイル３で検出される。

[0055] 検出された電圧値はサーチコイル３からに内蔵された積分器に送信され、積分器４ａで時間積分されて磁束密度が算定され、これに基づいて分割領域Ｍ１，Ｍ２，Ｍ３（各サーチコイルで囲まれた領域）ごとの減磁曲線（Ｂ－Ｈカーブや４πＩ－Ｈカーブ）が作成される。

[0056] 作成された分割領域Ｍ１，Ｍ２，Ｍ３ごとの減磁曲線から特定される保磁力（Ｈｃｊ）は、各分割領域における平均保磁力となる。

[0057] ここで、端面１ｂに開設されるループ状の溝条１ｃの溝深さｈと溝幅ｗ（図３ａ参照）に関しては、後述する磁場解析結果より、溝深さｈは１ｍｍ以下、溝幅ｗは０．３ｍｍ以下とするのが好ましく、さらにその内部に配設されるサーチコイルの製造可能な寸法（絶縁被膜となるエナメル線や銅素材の導線などの寸法）を勘案すれば、たとえば深さが１ｍｍで幅が０．３ｍｍの溝条とするのがよい。なお、同図において、溝条１ｃ内にはサーチコイル３が収容され、その上部（保磁力分布磁石側）にはエアギャップＡが形成されている。

[0058] また、コイルの配設形態は図３ａ以外にも、図３ｂで示すように、一つ溝条１ｃ内に２つのコイル３をラップさせるようにして収容する形態であってもよい。

[0059] ここで、被特定対象である保磁力分布磁石Ｍは、たとえばＩＰＭモータを構成する不図示のロータ内に埋設される焼結永久磁石の表面からジスプロシウムやテルビウムなどを粒界拡散等しながら保磁力が所望に分布する態様で形成された磁石である。そして、この永久磁石としては、ネオジムに鉄とボロンを加えた３成分系のネオジム磁石、サマリウムとコバルトとの２成分系の合金からなるサマリウムコバルト磁石、鉄酸化物粉末を主原料としたフェライト磁石、アルミニウム、ニッケル、コバルトなどを原料としたアルニコ磁石などがある。

[0060] 保磁力特定装置１０を用いることで、保磁力分布磁石を破壊等することなく、当該保磁力分布磁石を任意にエリア分けしてできる分割領域ごとの減磁曲線を作成することができ、かつ分割領域ごとの平均保磁力を精度よく特定することができ、これを全ての分割領域で実施することで保磁力分布磁石の保磁力を分割領域ごとに精度よく特定することが可能となる。

[0061] 図４は、本発明の保磁力特定装置の他の実施の形態を説明した模式図である。

[0062] 図示する保磁力特定装置１０Ａは、ヨーク１の挿入空間１ａに臨む端面１ｂにおいて、樹脂フィルム５ａの表面に導電性素材がループ状にパターニングされてなる３つのサーチコイル３Ａ，３Ａ，３Ａが配設され、さらにこれらサーチコイル３Ａを樹脂フィルム５ａとともに挟持する別途の樹脂フィルム５ｂが配設されたものであり、保磁力分布磁石Ｍにおいて３つのサーチコイル３Ａ，３Ａ，３Ａのそれぞれが対応する分割領域Ｍ１，Ｍ２，Ｍ３が規定され、それぞれのサーチコイル３Ａにて検出された磁化変化による電圧値がトレーサに送信されるようになっている。

[0063] ここで、銅などの導電性素材のパターニング形態としては、印刷による形態やエッチングによる形態などを挙げることができる。

[0064] 図１で示す保磁力特定装置１０では、保磁力分布磁石Ｍが挿入空間１ａに挿入されてこの表面がヨーク１の端面１ｂと密着した際に、保磁力分布磁石Ｍは磁性体（ヨーク１）とエアギャップＡ（溝条１ｃ）が交互に現れる密着

面に当接することになり、パーミアンスが分布し易くなってしまう。

[0065] そこで、保磁力特定装置１０Ａを適用することにより、溝条を設ける代わりに、樹脂フィルム５ａ，５ｂとその表面に導電性素材がループ状にパターニングされてなる３つのサーチコイル３Ａ，３Ａ，３Ａが配設されたものをヨーク１の端面１ｂに設けたことで、これに密着する保磁力分布磁石Ｍの表面には均一素材の樹脂フィルム５ｂが当接することとなり、もって均一磁界を保磁力分布磁石Ｍに印加することが可能となる。そして、このことによってパーミアンスを分布し難くすることができる。

[0066] ［磁場解析とその結果］

本発明者等は、図１で示す保磁力特定装置１０において、溝条の最適な溝深さ範囲と溝幅範囲を特定するための磁場解析をおこなった。

[0067] 解析条件としては、励磁コイルのターン数を１４０、励磁コイルへの印加電流を０．１Ａ／ステップで印加したい磁界に到達するまで印加し（本装置にて得られる励磁磁界（横軸）と、サーチコイルにて得られる磁石の磁化変化（縦軸）を表す図５参照）、磁石印加磁界として解析にて入力する磁石の保磁力（Ｈｃｊ）以上の磁界値を設定した（図５参照）。

[0068] 最適な溝深さ範囲を特定する解析では、溝幅を０．３ｍｍに設定して溝深さを０ｍｍ～７ｍｍまで変化させ、各溝深さの溝条を具備する装置から求められる磁石保磁力を求めるとともに、求められた磁石保磁力と磁石材料特性値から特定される保磁力（真値）との差を求め、その結果を図６に示している。

[0069] 一方、最適な溝幅範囲を特定する解析では、溝深さを０．８ｍｍに設定して溝幅を０．１５ｍｍ～０．４５ｍｍまで変化させ、各溝幅の溝条を具備する装置から求められる磁石保磁力を求めるとともに、求められた磁石保磁力と磁石材料特性値から特定される保磁力（真値）との差を求め、その結果を図７に示している。

[0070] なお、図６，７ともに、磁石の中央および端部に位置する２箇所のサーチコイルにて保磁力（真値）との差を求めている。なお、磁石の中央とは、た

とえば図１で示す保磁力分布磁石Ｍのうちの中央の分割領域Ｍ２のことであり、磁石の端部とは、同図１で示す分割領域Ｍ１もしくは分割領域Ｍ３のことである。

[0071] 図６より、溝深さに関しては１ｍｍを超えると磁石材料特性値との差が増加する傾向を呈し、溝深さ１ｍｍがその変曲点となっていることが実証されており、この結果を踏まえて最適な溝深さ範囲を１ｍｍ以下に規定した。

[0072] 一方、図７より、溝幅に関しては０．３ｍｍを超えると磁石材料特性値との差が顕著に増加する傾向を呈し、溝幅０．３ｍｍがその変曲点となっていることが実証されており、この結果を踏まえて最適な溝幅範囲を０．３ｍｍ以下に規定した。

[0073] 以上、本発明の実施の形態を図面を用いて詳述してきたが、具体的な構成はこの実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲における設計変更等があっても、それらは本発明に含まれるものである。

符号の説明

[0074] １…ヨーク、１ａ…挿入空間、１ｂ…挿入空間に臨む端面、１ｃ…溝条、２…励磁コイル、３，３Ａ…サーチコイル、３ａ…導線、３ｂ…絶縁被膜、４…トレーサ、４ａ…積分器、５ａ，５ｂ…樹脂フィルム、１０，１０Ａ…保磁力特定装置、Ｍ…保磁力分布磁石（永久磁石）、Ｍ１，Ｍ２，Ｍ３…分割領域

請求の範囲

[請求項1] 保磁力が部位ごとに異なる保磁力分布磁石が挿入される挿入空間を具備するヨークと、該ヨークに磁界を発生させる励磁コイルと、保磁力分布磁石に該磁界が印加された際の磁化変化を検出するサーチコイルと、該磁化変化によって生じた電圧値に基づいて減磁曲線を作成するトレーサと、を少なくとも具備し、

ヨークの前記挿入空間に臨む端面には２以上のループ状の溝条が開設され、それぞれの溝条内に導線とその周囲の絶縁被膜からなる前記サーチコイルが配設されて、保磁力分布磁石において２以上のサーチコイルのそれぞれが対応する分割領域が規定され、

それぞれのサーチコイルにて検出された磁化変化による電圧値がトレーサに送信されて対応する分割領域の減磁曲線が作成されるとともに平均保磁力が特定され、これが全ての分割領域で実施されて保磁力分布磁石の保磁力が特定される保磁力特定装置。

[請求項2] 前記溝条の深さが１ｍｍ以下である請求項１に記載の保磁力特定装置。

[請求項3] 前記溝条の幅が０．３ｍｍ以下である請求項１または２に記載の保磁力特定装置。

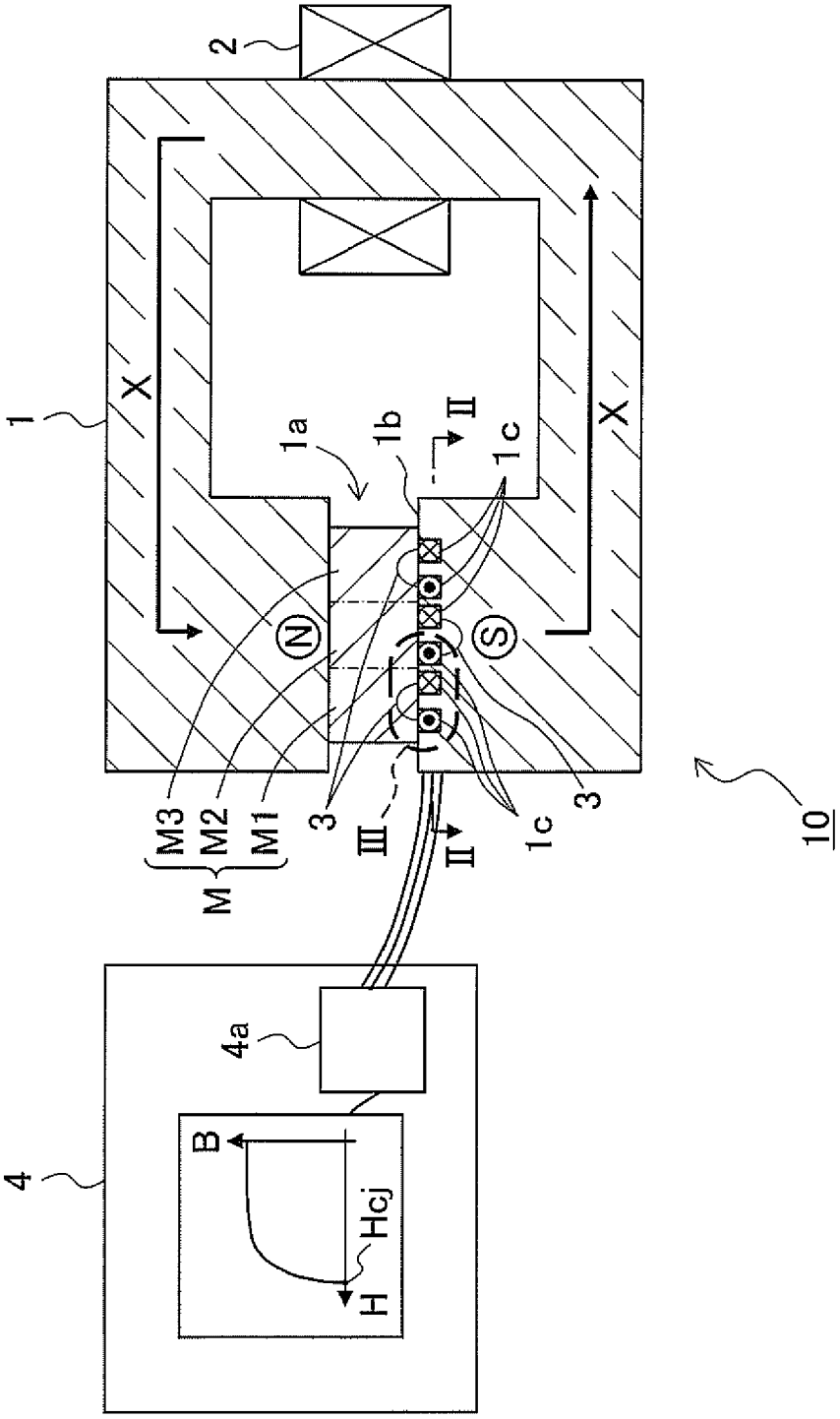
[請求項4] 保磁力が部位ごとに異なる保磁力分布磁石が挿入される挿入空間を具備するヨークと、該ヨークに磁界を発生させる励磁コイルと、保磁力分布磁石に該磁界が印加された際の磁化変化を検出するサーチコイルと、該磁化変化によって生じた電圧値に基づいて減磁曲線を作成するトレーサと、を少なくとも具備し、

ヨークの前記挿入空間に臨む端面には、樹脂フィルムとその表面に導電性素材がループ状にパターニングされてなるサーチコイルが２以上配設されて、保磁力分布磁石において２以上のサーチコイルのそれぞれが対応する分割領域が規定され、

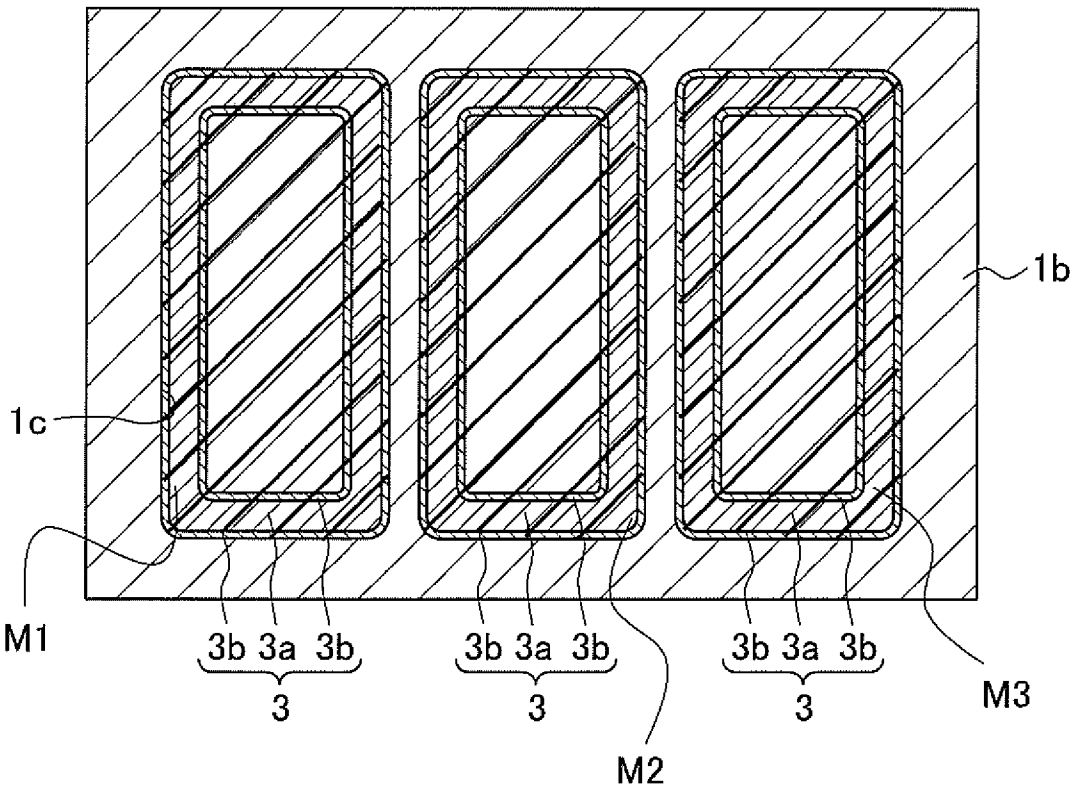
それぞれのサーチコイルにて検出された磁化変化による電圧値がト

レーサに送信されて対応する分割領域の減磁曲線が作成されるとともに平均保磁力が特定され、これが全ての分割領域で実施されて保磁力分布磁石の保磁力が特定される保磁力特定装置。

[図1]

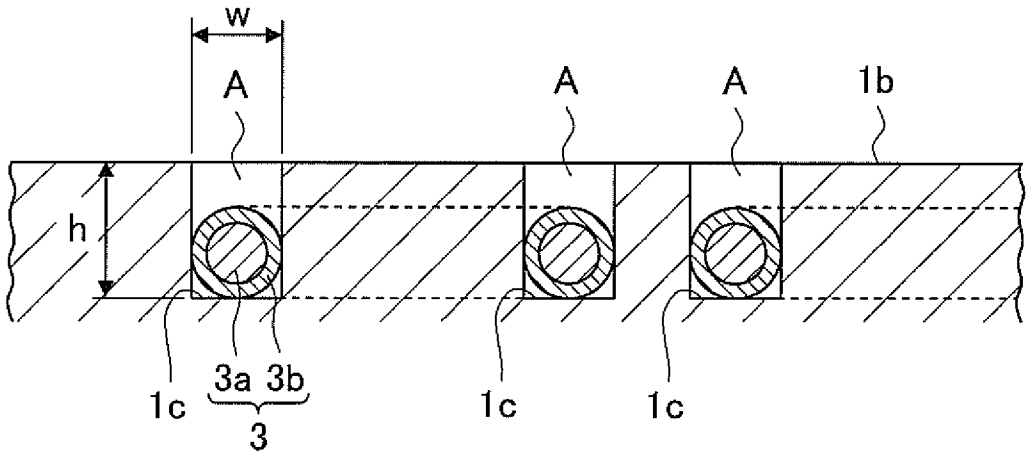


[図2]

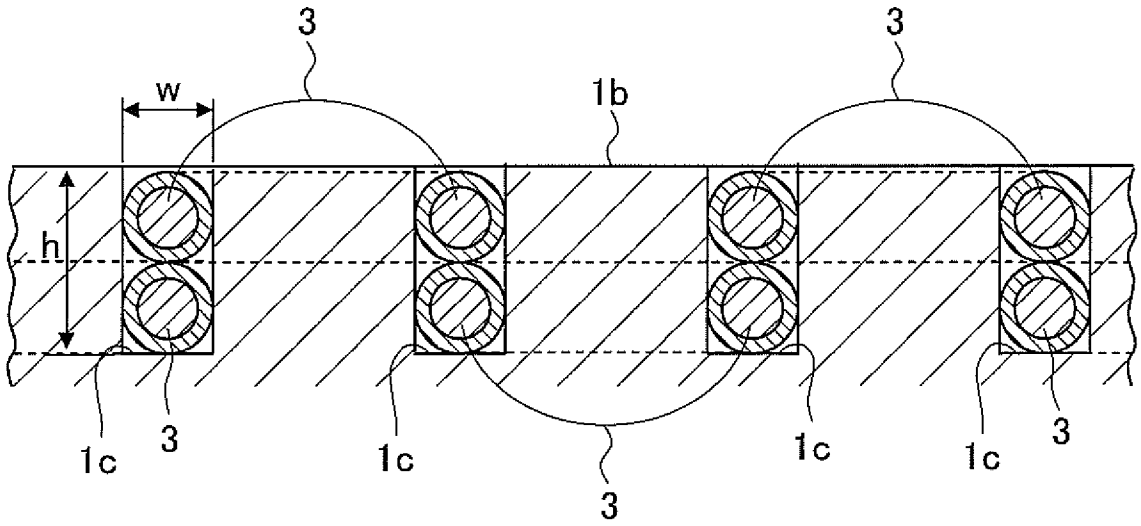


[図3]

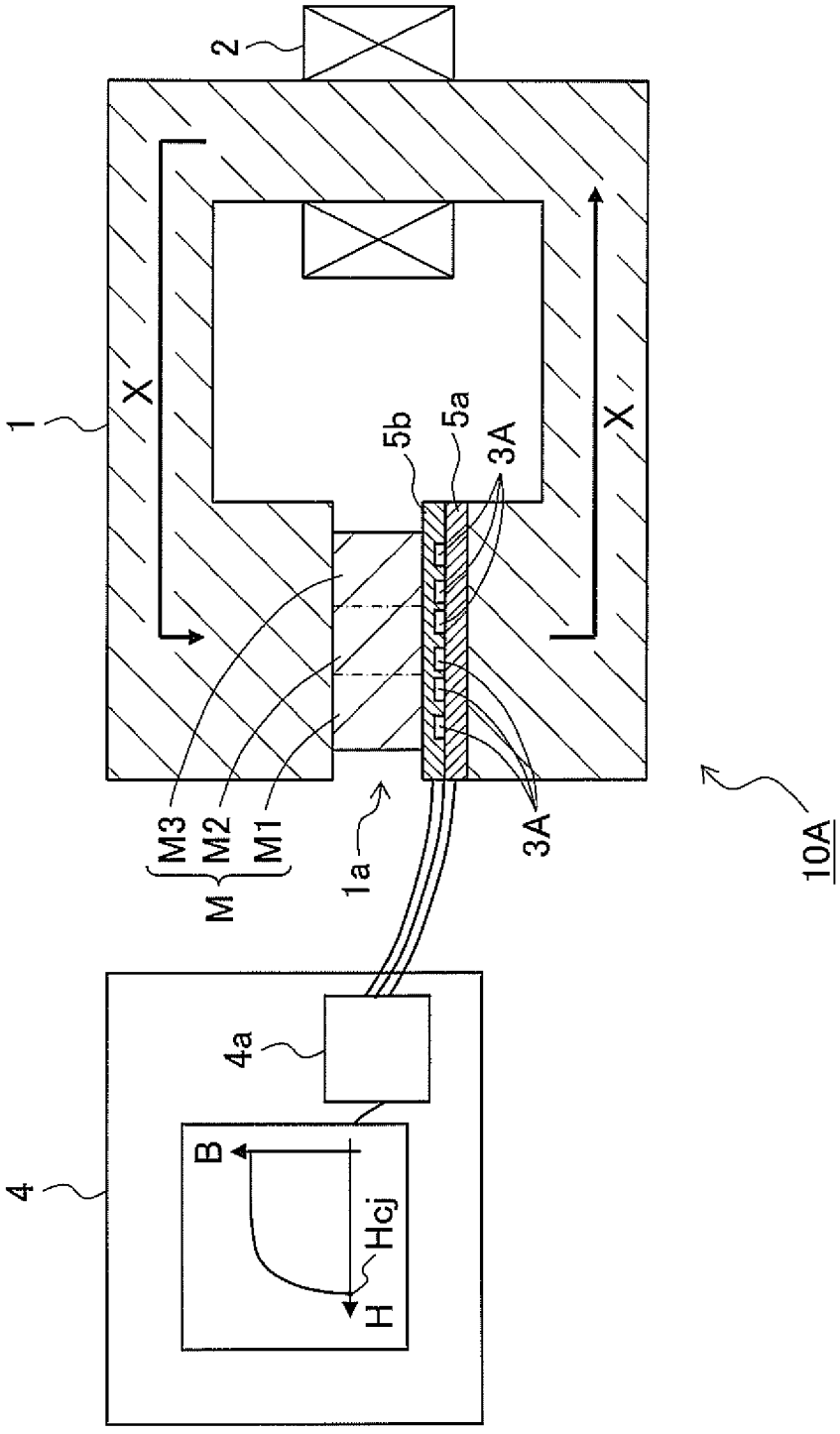
(a)



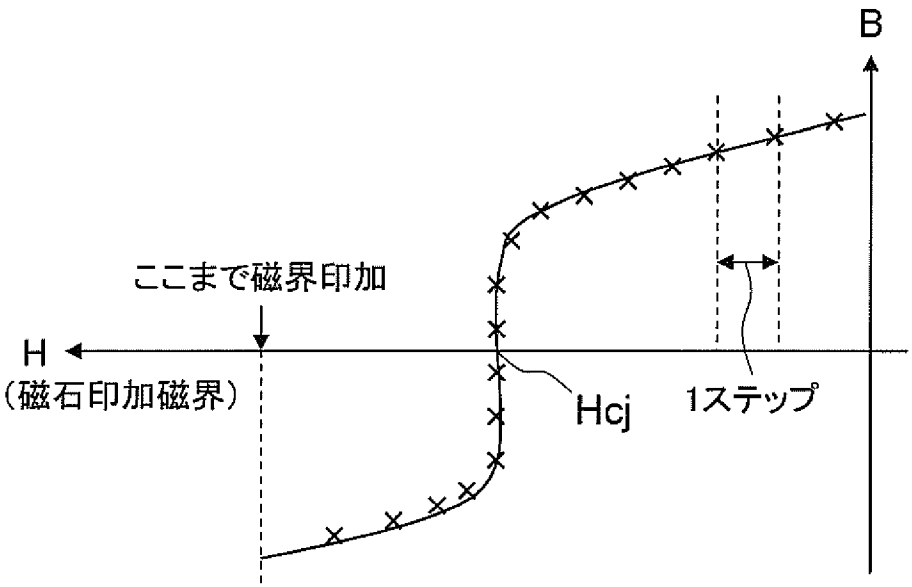
(b)



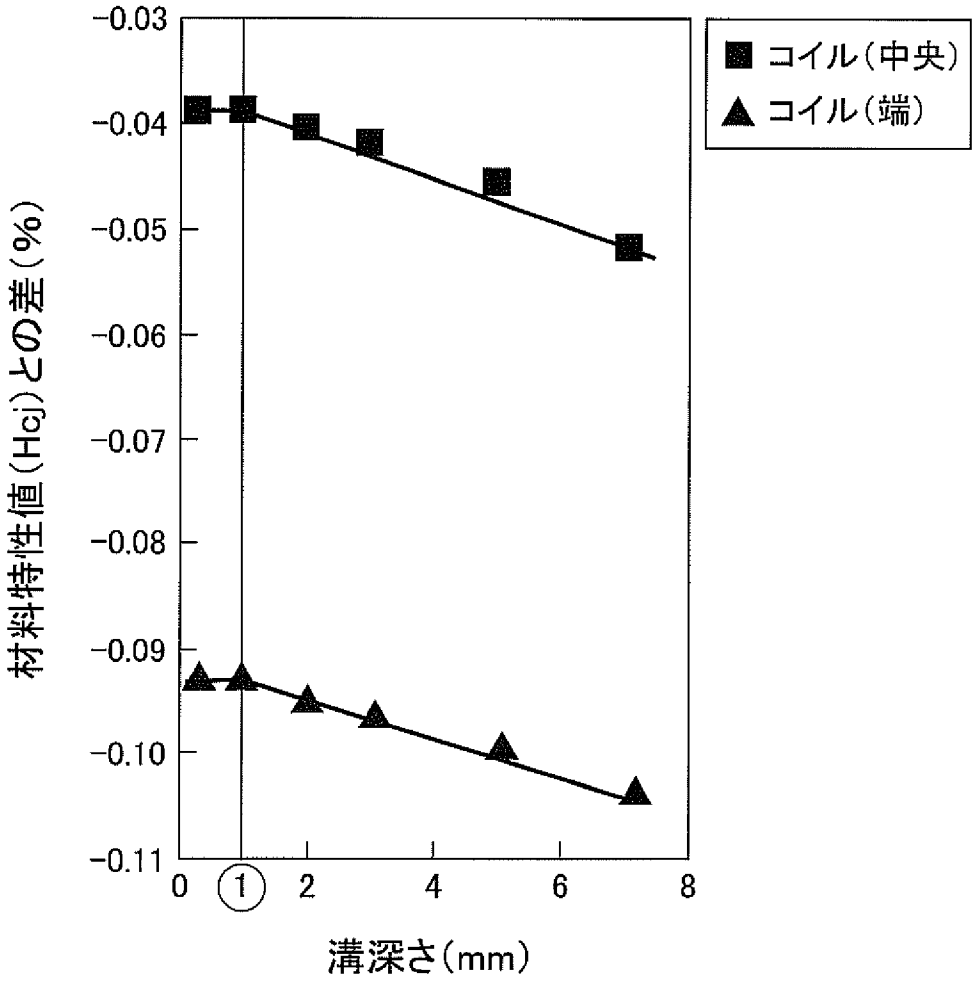
[図4]



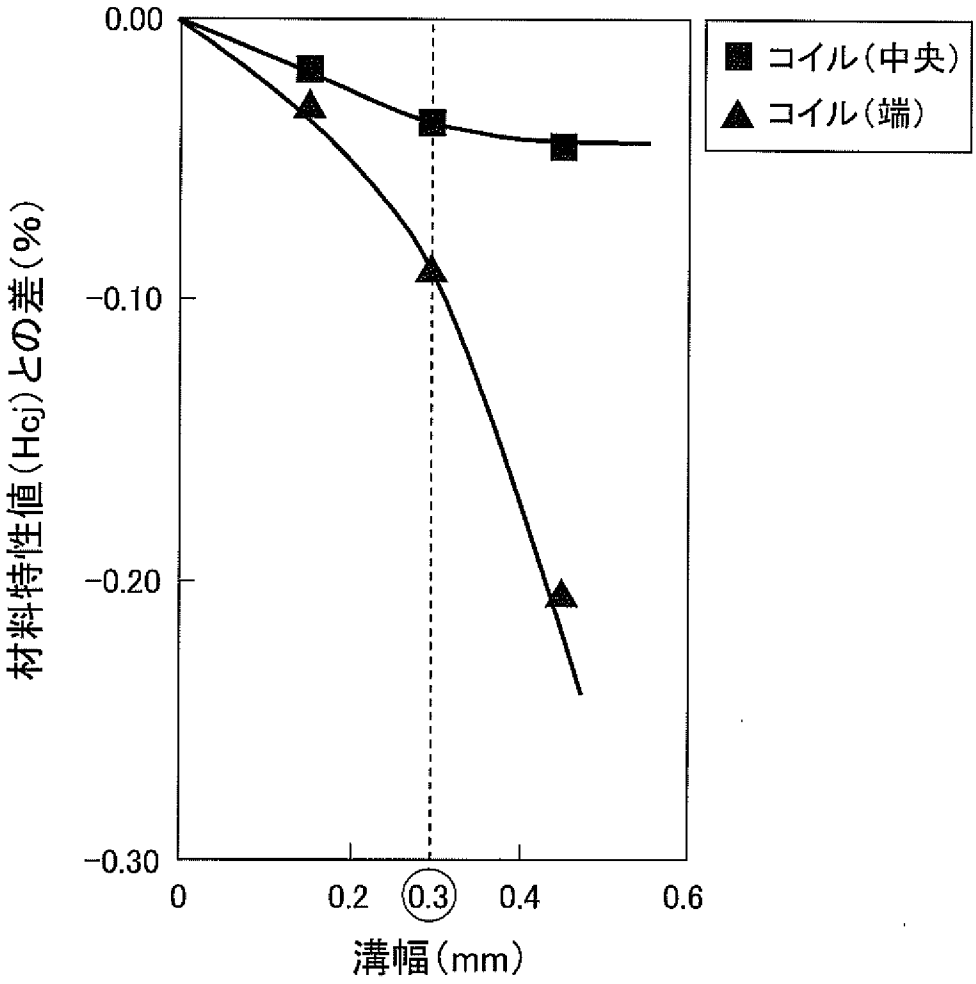
[図5]


B
ここまで磁界印加
H
(磁石印加磁界)
Hcj
1ステップ

[図6]


コイル(中央)
コイル(端)
材料特性値(Hcj)との差(%)
-0.03
-0.04
-0.05
-0.06
-0.07
-0.08
-0.09
-0.10
-0.11
0
1
2
4
6
8
溝深さ(mm)

[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2011/055199

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01R33/12(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)
G01R33/12

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.
Y	JP 2006-170951 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 29 June 2006 (29.06.2006), paragraphs [0011] to [0021], [0035] to [0040], [0068] to [0071]; fig. 1 to 2, 9 (Family: none)	1-4
Y	JP 2011-7512 A (Toyota Motor Corp.), 13 January 2011 (13.01.2011), paragraphs [0011] to [0021] (Family: none)	1-4
Y	JP 50-68372 A (Hitachi Metals, Ltd.), 07 June 1975 (07.06.1975), page 1, lower left column, line 18 to page 2, upper left column, line 5; fig. 2 (Family: none)	1-4

☒ 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	Date of mailing of the international search report
24 May, 2011 (24.05.11)	07 June, 2011 (07.06.11)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2011/055199

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 4-64340 A (Toshiba Corp.), 28 February 1992 (28.02.1992), page 4, lower right column, line 17 to page 5, upper left column, line 18; fig. 2 to 7 (Family: none)	1-3
Y	JP 2011-22070 A (Fuji Electric Systems Co., Ltd.), 03 February 2011 (03.02.2011), paragraphs [0022] to [0023]; fig. 1 (Family: none)	4
A	JP 52-41548 A (Robert Bosch GmbH), 31 March 1977 (31.03.1977), page 4, lower right column, line 2 to page 6, lower right column, line 2; fig. 1 to 3 & US 4056770 A & DE 2542774 A	1-4
A	JP 50-77067 A (Elektro-Physik Hans Nix & Dr. -Ing E. Steingroever KG.), 24 June 1975 (24.06.1975), page 2, upper right column, line 18 to page 3, upper left column, line 18; fig. 1 to 3 & US 3925724 A & DE 2328690 A	1-4

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１１／０５５１９９

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01R33/12(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（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01R33/12

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	１９７１－２０１１年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１１年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１１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
Y	JP 2006-170951 A（日産自動車株式会社）2006.06.29, 段落【0011】-【0021】.【0035】-【0040】,【0068】-【0071】,【図1】-【図2】,【図9】（ファミリーなし）	1-4
Y	JP 2011-7512 A（トヨタ自動車株式会社）2011.01.13, 段落【0011】-【0021】（ファミリーなし）	1-4
Y	JP 50-68372 A（日立金属株式会社）1975.06.07, 第1頁左下欄第18行-第2頁左上欄第5行,第2図（ファミリーなし）	1-4

☑　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 ２４．０５．２０１１	国際調査報告の発送日 ０７．０６．２０１１
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 郵便番号１００－８９１５ 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）　２Ｓ　４４０１ 中村　和正 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２５８

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
Y	JP 4-64340 A (株式会社東芝) 1992.02.28, 第4頁右下欄第17行-第5頁左上欄第18行,第2-7図 (ファミリーなし)	1-3
Y	JP 2011-22070 A (富士電機システムズ株式会社) 2011.02.03, 段落【0022】-【0023】, 【図1】 (ファミリーなし)	4
A	JP 52-41548 A (ローベルト　ボツシユ　ゲゼルシヤフト　ミツト　ベシユレンクテル　ハフツング) 1977.03.31, 第4頁右下欄第2行-第6頁右下欄第2行,第1-3図 & US 4056770 A & DE 2542774 A	1-4
A	JP 50-77067 A (エレクトロ　フイズイーク　ハンス　ニツクス　ウント　ドクトル　インヂニユール　エー　シユタイングロエーヴアカー　ゲー) 1975.06.24, 第2頁右上欄第18行-第3頁左上欄第18行,第1-3図 & US 3925724 A & DE 2328690 A	1-4