

(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8月16日(16.08.2012)



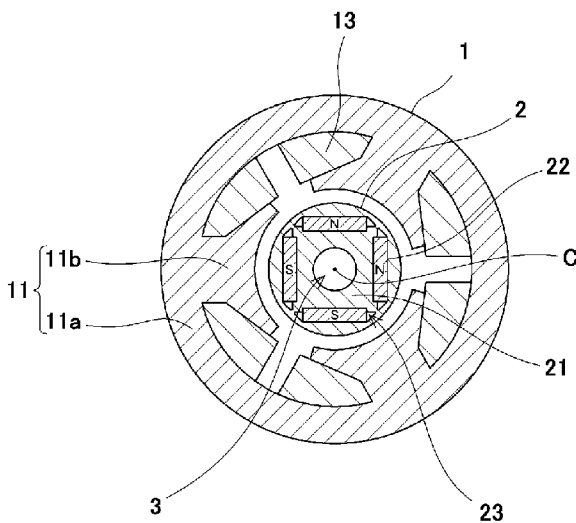
(10) 国際公開番号
WO 2012/107981 A1

- (51) 国際特許分類:
H02K 1/27 (2006.01)
 - (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/006827
 - (22) 国際出願日: 2011年12月6日(06.12.2011)
 - (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 2011-026968 2011年2月10日(10.02.2011) JP
 - (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): パナソニック株式会社(PANASONIC CORPORATION)
[JP/JP]; 〒5718501 大阪府門真市大字門真1006番地 Osaka (JP).
 - (72) 発明者; および
 - (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 川崎 宏昭(KAWASAKI, Hiroaki). 吉川 祐一(YOSHIKAWA, Yuichi).
 - (74) 代理人: 特許業務法人 有古特許事務所(PATENT CORPORATE BODY ARCO PATENT OFFICE); 〒6500031 兵庫県神戸市中央区東町123番地の1 貿易ビル3階 Hyogo (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, 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: MOTOR ROTOR, AND FAN DRIVING MOTOR PROVIDED THEREWITH

(54) 発明の名称: モータの回転子およびそれを備えたファン駆動用モータ

[図1]



(57) Abstract: Provided is a motor rotor capable of rotating at high speed by effectively dispersing the stress acting on a flux barrier while reducing flux leakage. Also provided is a fan driving motor provided with the aforementioned motor rotor. The length of a second inner wall surface (232) is longer than a first inner wall surface (231) when viewing from the cross-section which is perpendicular to a rotational axis (C). A side wall surface (233) contains a flux barrier wall surface (234) which, when viewing from the cross-section which is perpendicular to the rotational axis (C), extends towards the outside of the second inner wall surface (232) in the extending direction thereof from both ends of the second inner wall surface (232) and so as to be separated from the outer circumferential edge (2a) of a rotor (2) as the flux barrier wall surface (234) extends from the second inner wall surface (232) towards the first inner wall surface (231). Permanent magnets (22) are arranged in a manner such that the polarization of two or more permanent magnets, which faces the outside in the radial direction, is the same in the

circumferential direction of the rotor (2) while each permanent magnet (22) is inserted into a hole (23).

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/107981 A1



漏れ磁束を低減させつつフラックスバリア部への応力を有効に分散して高速回転を実現することができるモータの回転子およびそれを備えたファン駆動用モータを提供する。第2の内壁面(232)は、回転軸(C)に垂直な断面視における長さが第1の内壁面(231)より長く、側壁面(233)は、回転軸(C)に垂直な断面視において第2の内壁面(232)の両端から該内壁面(232)の延在方向外側にかつ第2の内壁面(232)から第1の内壁面(231)に向かうに従って回転子(2)の外周縁(2a)から離れていくように延びるフラックスバリア壁面(234)を含んでいる。永久磁石(22)は、空孔(23)のそれぞれに挿入された状態で、径方向外側に向いた極性が回転子(2)の周方向に2つ以上同じとなるように配設されている。

明 細 書

発明の名称：

モータの回転子およびそれを備えたファン駆動用モータ

技術分野

[0001] 本発明は、モータの回転子およびそれを備えたファン駆動用モータに関し、特に高速回転を目的とするブラシレスモータの回転子およびそれを備えたファン駆動用モータに関する。

背景技術

[0002] 従来、回転子の空孔に永久磁石を挿入して構成される永久磁石埋め込み式のブラシレスモータ (brushless motor) (IPMモータ) においては、モータを高出力化、高効率化するために、空孔の一部の内壁面を永久磁石に接触させないように形成し、当該空孔の一部の内壁面と当該内壁面の径方向外側の回転子外周縁との間の回転子部分を永久磁石から発生する磁束の漏れを低減させるためのフラックスバリア (flux barrier) 部として形成することが知られている。このように形成されたフラックスバリア部をできるだけ薄くすることにより、モータを高出力化および高効率化が行われている。

[0003] モータが高出力となり高速回転すると空孔に埋め込まれた永久磁石および永久磁石より径方向外側の回転子部分にかかる遠心力が増大するため、フラックスバリア部を薄くすると、フラックスバリア部が破断し、永久磁石およびそれより外側の当該回転子部分が飛散するおそれがある。そこで、フラックスバリア部の形状を最適化し、永久磁石より発生する磁束の漏れを低減しつつフラックスバリア部の強度を高くするための試みが従来からなされている (例えば特許文献1, 2参照)。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2001-16809号公報

特許文献2：特開2010-88219号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、上記特許文献1，2を含む従来の構成ではより高速（例えば10万回転／分（rpm）以上）に回転させようとする、フラックスバリア部が破断してしまう問題がある。フラックスバリア部の破断を防止するためには、フラックスバリア部を分厚くして強度を確保したり、永久磁石を小さくすることにより永久磁石にかかる遠心力を小さくしてその外側の回転子部分へ作用する力を低減させることが考えられる。しかしながら、このような方法は、ともにモータの低出力化および低効率化を招いてしまいうため、モータを小型化しつつ高速回転を実現することができない。

[0006] 特に、掃除機の吸引ファンに適用されるファン駆動用モータに関し、掃除機の小型化および高出力化のために、当該ファン駆動用モータの小型化および高出力化が求められている。従来のファン駆動用モータにおいては、常用の回転数が2万rpm程度以下のものが一般的であり、高速回転するものでもせいぜい4万から5万rpm程度が限界とされており、それ以上の回転数を常用の回転数とするファン駆動用モータは実現されていなかった。

[0007] 本発明は、このような従来の課題を解決するものであり、漏れ磁束を低減させつつフラックスバリア部への応力を有効に分散して高速回転を実現することができるモータの回転子およびそれを備えたファン駆動用モータ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

[0008] 本発明に係るモータの回転子は、内部に設けられた空孔内に永久磁石が挿入されるモータの回転子であって、前記空孔は、前記モータの回転軸の中心を含む仮想平面に垂直でありかつ当該仮想平面により二等分されるよう形成された平面状の第1の内壁面と、当該第1の内壁面より径方向外側に当該第1の内壁面と平行に延在する第2の内壁面と、前記第1の内壁面と前記第2の内壁面とを繋ぐ側壁面とを有し、前記第2の内壁面は、前記回転軸に垂直

な断面視における長さが前記第1の内壁面より長く、前記側壁面は、前記回転軸に垂直な断面視において前記第2の内壁面の両端から該内壁面の延在方向外側にかつ前記第2の内壁面から前記第1の内壁面に向かうに従って前記回転子の外周縁から離れていくように延びるフラックスバリア壁面を含んでおり、前記空孔は、前記回転子の周方向に等間隔に4つ以上形成されており、前記永久磁石は、前記空孔のそれぞれに挿入された状態で、径方向外側に向いた極性が前記回転子の周方向に2つ以上同じとなるように配設されている。

[0009] 上記構成によれば、第2の内壁面の回転軸に垂直な断面視における長さがより内側にある第1の内壁面より長いため、空孔に挿入される永久磁石の遠心力により当該永久磁石の外側の回転子部分に作用する応力が第2の内壁面と側壁面との境界部に集中することが防止される。また、側壁面には第2の内壁面から第1の内壁面に向かうに従って回転子の外周縁から離れていくフラックスバリア壁面が形成されているため、永久磁石およびその外側の回転子部分に作用する応力が第2の内壁面と側壁面との境界部に集中することが防止される。

[0010] このように、上記構成によれば、フラックスバリア部への応力を有効に分散することができるため、フラックスバリア部を分厚くすることなく高速回転に耐え得る回転子を構成することができる。従って、漏れ磁束を低減させつつ高速回転を実現することができる。

[0011] さらに、上記構成によれば、回転子の周方向に等間隔に4つ以上形成される上記空孔に永久磁石が挿入された状態で、永久磁石の径方向外側に向いた極性が回転子の周方向に2つ以上同じとなるように配設されている。これにより、1極あたりの永久磁石のサイズを小さくすることができる。したがって、永久磁石の質量による応力を低減することができるため、フラックスバリア部を相対的により薄く形成しつつ高速回転を実現することができる。また、同じ大きさの永久磁石を用いた場合には磁束の量が増大するため、フラックスバリア部を同じ厚みにしても回転子をより高速に回転させることがで

きる。さらに、永久磁石の磁束を少なくすることなく極数を少なくすることにより、固定子のコイルに流す電流の向きを変えるためのスイッチング周波数を低周波数化することができるため、モータの高速回転をより容易に実現することができる。

[0012] 前記フラックスバリア壁面は、前記回転軸に垂直な断面視において円弧形状を有しており、前記円弧は、前記円弧を含む仮想円の中心が前記仮想平面内における前記第1の内壁面と前記回転軸の中心との間に位置し、かつ、当該仮想円が前記回転子の外周縁より内側に位置するように構成されていてもよい。これにより、永久磁石およびその外側の回転子部分に作用する応力を有効に分散させつつ、フラックスバリア部に作用する応力を径方向に対して傾斜した方向に作用させることができる。従って、フラックスバリア部において作用する応力を分散により弱めた上で、フラックスバリア部における応力が作用する方向を破断に強い方向に向けることができるため、フラックスバリア部における破断を有効に防止することができる。

[0013] 前記側壁面は、前記回転軸に垂直な断面視において前記第2の内壁面の両端より長手方向の内側に前記第2の内壁面に対して垂直な位置決め壁面と、前記位置決め壁面と前記フラックスバリア壁面とを繋ぐ接続壁面とを有していてもよい。これにより、フラックスバリア壁面を有効に形成しつつ永久磁石の位置ずれを防止することができる。

[0014] 前記空孔は、前記側壁面と前記第1の内壁面の両端との間に、前記第1の内壁面より径方向内側に形成された溝部を有していてもよい。これにより、回転子の製造時において側壁面と第1の内壁面との接続箇所を鋭く加工することができ、側壁面と第1の内壁面との接続部における製造精度を高くすることができる。

[0015] 前記空孔は、前記回転子の周方向に4つ設けられ、前記永久磁石は、前記空孔のそれぞれに挿入された状態で、前記回転軸を挟んで対向する永久磁石同士の間隔方向外側に向いた極性が互いに異なるように配設されていてもよい。これにより、必要最小限の永久磁石で十分な回転数を得ることができる。

[0016] 前記空孔内に挿入される永久磁石は、希土類元素を用いて形成されたものであってもよい。希土類元素を用いて形成された高磁力の永久磁石を使用することにより、回転子を小型化しつつ高出力化することができる。

[0017] また、本発明に係るファン駆動用モータは、上記構成のモータの回転子を有するものである。上記構成を有することにより、漏れ磁束を低減させつつ高速回転を実現することができるモータの回転子をファン駆動用モータに適用することにより、モータの小型化かつ高出力化を実現することができる。

[0018] 本発明の上記目的、他の目的、特徴、及び利点は、添付図面参照の下、以下の好適な実施態様の詳細な説明から明らかにされる。

発明の効果

[0019] 本発明は以上に説明したように構成され、漏れ磁束を低減させつつフラックスバリア部への応力を有効に分散して高速回転を実現することができるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]図1は本発明の一実施形態に係るモータの回転子を備えたモータの断面構造を示す断面図である。

[図2]図2は図1に示すモータの回転子の断面構成を示す拡大図である。

[図3]図3は図1に示すモータの回転子の断面構成を示す拡大断面図である。

[図4]図4は本発明の一実施形態の変形例におけるモータの回転子の断面構成を示す拡大図である。

[図5]図5は本発明の実施例における回転子の応力分布図である。

[図6]図6は本発明の実施例における回転子を回転させた場合の回転数に対する回転数の外径値を示すグラフである。

[図7]図7は本発明に対する比較例における回転子の断面構成を示す拡大断面図である。

[図8]図8は本発明に対する比較例における回転子の応力分布図である。

発明を実施するための形態

[0021] 以下、本発明の実施の形態を、図面を参照しながら説明する。なお、以下

では全ての図を通じて同一または相当する要素には同一の参照符号を付して、その重複する説明を省略する。

[0022] 図1は本発明の一実施形態に係るモータの回転子を備えたモータの断面構造を示す断面図である。図1に示すように、本実施形態におけるブラシレスモータ（以下、単にモータと称する）は、外枠（図示せず）の内壁面に取り付けられる筒状の固定子1と、固定子1の内側に固定子1に対して相対回転可能に保持される筒状の回転子2とを有している。回転子2の中心にはシャフト孔3が設けられ、当該シャフト孔3にシャフト（図示せず）が挿通された状態で回転子2とシャフトとが固定される。

[0023] 固定子1は、筒状に形成された筒状部11aと、筒状部11aの内壁面から径方向内側に延出した複数（本実施形態においては3つ）のティース部11bとを有する固定子鉄心11と、ティース（teeth）部11bのそれぞれに巻回されたコイル（coil）12とを有している。また、回転子2は、筒状の回転子鉄心21と、回転子鉄心21の内部に回転子2の周方向（回転軸Cの周方向）に沿って複数（本実施形態においては4つ）形成された空孔23に埋め込み形成された永久磁石22とを有している。なお、本実施形態において、4つの空孔23は、回転子2の周方向に等間隔に形成されている。

[0024] 永久磁石22は、板状に形成されている。なお、永久磁石22の角部は面取りまたは丸められていてもよい。これにより、永久磁石22の製造時の割れ、欠けを防ぐことができる。また、永久磁石22は、例えばネオジウム（Neodymium）などの希土類元素を用いて形成された希土類磁石が用いられる。希土類元素を用いて形成された高磁力の永久磁石22を使用することにより、回転子2を小型化しつつ高出力化することができる。

[0025] 本実施形態においては、永久磁石22は、空孔23のそれぞれに挿入された状態で、径方向外側に向いた極性が回転子2の周方向に2つ同じとなるように配設されている。すなわち、永久磁石22は、空孔23のそれぞれに挿入された状態で、回転軸Cを挟んで対向する永久磁石22同士の径方向外側に向いた極性が互いに異なるように配設される（図1においては、永久磁石

22の径方向外側の極性のみ永久磁石22上に表示している)。これにより、永久磁石22を4つ用いた2極の回転子2が構成される。

[0026] このように、永久磁石22を2つ用いて1極を形成することにより、1極あたりの永久磁石22のサイズを小さくすることができる。したがって、永久磁石22の質量による応力を低減することができるため、フラックスバリア部21aを相対的により薄く形成しつつ高速回転を実現することができる。また、同じ大きさの永久磁石22を用いた場合には磁束の量が増大するため、フラックスバリア部21aを同じ厚みにしても回転子2をより高速に回転させることができる。

[0027] また、モータを高速回転させるためには、コイル12流す電流の向きを変える周期を決めるスイッチング周波数を高くする必要が生じる。これに対し、極数が増えるとそれに対応してコイル12のスイッチングを行う必要があるため、同じ回転数にするためにはスイッチング周波数をより高くしなければならない。一方で、永久磁石22の数を減らすと、永久磁石22から出る磁束が少なくなるため、高効率化を図ることができなくなる。

[0028] そこで、本実施形態においては、永久磁石22を、空孔23のそれぞれに挿入された状態で、径方向外側に向いた極性が回転子2の周方向に2つ同じとなるように配設している。これにより、永久磁石22の磁束を少なくすることなく極数を少なくして固定子1のコイル12に流す電流の向きを変えるためのスイッチング周波数を低周波数化することができる。したがって、モータの高速回転をより容易に実現することができる。また、永久磁石22の数を4つとすることにより必要最小限の永久磁石22で有効な回転数を得ることができ、コストの増大を防止しつつ高性能なモータを構成することができる。なお、回転子鉄心21と永久磁石22とは好適な接着剤により固定されてもよい。

[0029] このように構成されたモータにおいては、固定子1のコイル12に流す電流の方向を変化させることにより、シャフトの中心軸を回転軸Cとしてシャフトおよび回転子2が固定子1に対して回転軸C回りに回転する。

[0030] 図2は図1に示すモータの回転子の断面構成を示す拡大図である。図2に示すように、回転子2に形成される空孔23は、モータの回転軸Cの中心を含む仮想平面（図2に示される断面図においては線分）Sに垂直でありかつ当該仮想平面Sにより二等分されるよう形成された平面状の第1の内壁面231と、当該第1の内壁面231より径方向外側に当該第1の内壁面231と平行に延在する第2の内壁面232と、第1の内壁面231と第2の内壁面232とを繋ぐ側壁面233とを有している。第2の内壁面232は、回転軸Cに垂直な断面視における長さ（すなわち図2に示す断面図における長さ）が第1の内壁面231より長くなっている。

[0031] また、側壁面233は、回転軸Cに垂直な断面視において第2の内壁面232の両端から該内壁面232の延在方向（図2に示す断面図においては長手方向）外側にかつ第2の内壁面232から第1の内壁面231に向かうに従って回転子2の外周縁2aから離れていくように延びるフラックスバリア壁面234を有している。このフラックスバリア壁面234と外周縁2aとの間の回転子鉄心部分がフラックスバリア部21aを構成している。このようなフラックスバリア部21aを設けることにより、空孔23内に永久磁石22を挿入した際に、フラックスバリア壁面234と永久磁石22との間に空孔23による隙間が生じるため、永久磁石22からの磁束が回転子の周方向に隣接する永久磁石22へ漏れ出て無効磁束となるのが防止される。さらに、側壁面233は、回転軸Cに垂直な断面視において第2の内壁面232の両端より長手方向の内側に第2の内壁面232に対して垂直な位置決め壁面235と、当該位置決め壁面235とフラックスバリア壁面234とを繋ぐ接続壁面236とを有している。さらに、空孔23には、側壁面233と第1の内壁面231の両端との間に、第1の内壁面231より径方向内側に形成された溝部237を有している。

[0032] 前述したように、本実施形態における回転子2には、4つの空孔23が形成されている。より具体的には、4つの空孔23は、隣り合う空孔23の第1の内壁面231および第2の内壁面232が互いに垂直となるように形成

されている。そして、フラックスバリア部 2 1 a とともに隣り合う空孔 2 3 の位置決め壁面 2 3 5 および接続壁面 2 3 6 により、回転子鉄心 2 1 の第 2 の内壁面 2 3 2 より径方向外側の外周部 2 1 c と第 1 の内壁面 2 3 1 より径方向内側の中央部 2 1 d とを連結するブリッジ (bridge) 部 2 1 b を構成している。

[0033] このように形成される空孔 2 3 には、板状の永久磁石 2 2 が挿入される。このとき、第 2 の内壁面 2 3 2 の回転軸 C に垂直な断面視における長さが、より内側にある第 1 の内壁面 2 3 1 より長いため、板状の永久磁石 2 2 が挿入された際、永久磁石 2 2 の外側の角部が第 2 の内壁面 2 3 2 の両端より内側に位置することとなる。したがって、回転子 2 が回転軸 C 回りに回転した際に、空孔 2 3 に挿入される永久磁石 2 2 の遠心力により当該永久磁石 2 2 の外側の回転子部分 (外周部 2 1 c) に作用する応力が第 2 の内壁面 2 3 2 と側壁面 2 3 3 との境界部に集中することが防止される。

[0034] また、上記のような位置決め壁面 2 3 5 が形成されることにより、フラックスバリア壁面 2 3 4 を有効に形成しつつ永久磁石 2 2 の位置ずれが防止される。また、側壁面 2 3 3 (位置決め壁面 2 3 5) と第 1 の内壁面 2 3 1 との間に溝部 2 3 7 が設けられることにより、回転子 2 の製造時において側壁面 2 3 3 (位置決め壁面 2 3 5) と第 1 の内壁面 2 3 1 との接続箇所を鋭く加工することができ、側壁面 2 3 3 と第 1 の内壁面 2 3 1 との接続部における製造精度を高くすることができる。このため、永久磁石 2 2 が空孔 2 3 内に高精度に位置決めされるため、永久磁石 2 2 の位置ずれをより有効に防止することができる。

[0035] ここで、回転子 2 が回転軸 C 回りに回転した際には、フラックスバリア部 2 1 a に永久磁石 2 2 およびその外側の回転子部分 (外周部 2 1 c) に作用する遠心力に応じた応力が作用する。本実施形態においては、側壁面 2 3 3 には第 2 の内壁面 2 3 2 から第 1 の内壁面 2 3 1 に向かうに従って回転子 2 の外周縁 2 a から離れていくフラックスバリア壁面 2 3 4 が形成されているため、永久磁石 2 2 および外周部 2 1 c に作用する応力が第 2 の内壁面 2 3

2と側壁面233との境界部に集中することが防止される。

[0036] このように、上記構成によれば、フラックスバリア部21aへの応力を有効に分散することができるため、フラックスバリア部21aを分厚くすることなく高速回転に耐え得る回転子2を構成することができる。従って、漏れ磁束を低減させつつ高速回転を実現することができる。

[0037] 以下、本実施形態におけるフラックスバリア部21aの構造についてより詳しく説明する。図3は図1に示すモータの回転子の断面構成を示す拡大断面図である。図2および図3に示すように、フラックスバリア部21aを規定するフラックスバリア壁面234は、回転軸Cに垂直な断面視において円弧形状を有している。この円弧は、当該円弧を含む仮想円VCの中心Caが仮想平面S内における第1の内壁面231と回転軸Cの中心との間に位置し、かつ、当該仮想円VCが回転子2の外周縁2aより内側に位置している（回転子2の内部に含まれている）。すなわち、仮想円VCは、回転子2の回転軸Cの中心を中心とし、外周縁2aより短い半径を有する外周縁2aの仮想同心円VCoに、仮想平面S上で接する（仮想円VCの半径は仮想同心円VCoの半径より短くなる）。言い換えると、回転子2の回転軸Cの中心を中心とし、仮想平面S上で仮想円VCに接する仮想同心円VCoが外周縁2aの半径より小さい半径を有するように、円弧が形成される。

[0038] 回転子2が回転軸C回りに回転する際、永久磁石22とその外側に位置する外周部21cは一体的に遠心力を受ける。さらに、このときの応力分布から遠心力が発生する質点は、フラックスバリア壁面234の円弧を延長した仮想円VCより外側の部分21c1と内側の部分21c2とに分けて考えることができる。すなわち、あたかも永久磁石22および外周部21cの仮想円VCより内側の部分21c2の合算質量による遠心力が外周部21cの仮想円VCより外側の部分21c1に作用すると考えることができる。

[0039] 本実施形態において、外周部21cの仮想円VCより外側の部分21c1は、仮想平面Sと交差する部分からブリッジ部21bに向かうに従って径方向の厚みが大きくなっている。このため、永久磁石22および外周部21c

の仮想円VCより内側の部分21c2の合算質量による遠心力に対して外周部21cの仮想円VCより外側の部分21c1に作用する応力が、仮想平面Sと交差する部分からブリッジ部21bに向かうに従って全体的に弱くなっていくとともに、応力の方向も、径方向成分が減少しかつ接線成分が増加するようになっていく。そして、ブリッジ部21b近傍のフラックスバリア部21aにおいては外周縁2aの接線方向（回転子2の周方向）と略平行な応力が作用する。ブリッジ部21bの強度は、その形状から径方向に弱く接線方向に強いため、フラックスバリア部21aに接線方向と略平行な応力が作用しても、ブリッジ部21bが破断し難い。

[0040] これにより、永久磁石22およびその外側の回転子部分（外周部21c）に作用する応力を有効に分散させつつ、フラックスバリア部21aに作用する応力を径方向に対して傾斜した方向に作用させることができる。従って、フラックスバリア部21aにおいて作用する応力を分散させることにより弱めた上で、フラックスバリア部21aにおける応力が作用する方向を破断に強い方向に向けることができるため、フラックスバリア部21aにおける破断を有効に防止することができる。

[0041] ここで、比較のため、フラックスバリア壁面の円弧が、当該円弧を含む仮想円VCrが仮想同心円VCoに一致する構造を有する回転子における応力の作用の仕方について説明する。図7は本発明に対する比較例における回転子の断面構成を示す拡大断面図である。

[0042] 本比較例における回転子2Rにおいては、フラックスバリア壁面234rの円弧が、当該円弧を含む仮想円VCrの中心が回転軸Cの中心と一致した仮想同心円VCrに一致している。

[0043] 本比較例においても、回転子2Rが回転軸C回りに回転する際、永久磁石22rとその外側に位置する外周部21crは一体的に遠心力を受ける。さらに、このときの応力分布から遠心力が発生する質点は、フラックスバリア壁面234rの円弧を延長した仮想円VCrより外側の部分21c1rと内側の部分21c2rとに分けて考えることができる。すなわち、あたかも永

久磁石 22r および外周部 21cr の仮想円 VC r より内側の部分 21c2r の合算質量による遠心力が外周部 21cr の仮想円 VC r より外側の部分 21c1r に作用すると考えることができる。

[0044] 本比較例において、外周部 21cr の仮想円 VC r より外側の部分 21c1r は、仮想平面 S と交差する部分からブリッジ部 21br にわたって径方向の厚みが一定である。このため、永久磁石 22r および外周部 21cr の仮想円 VC r より内側の部分 21c2r の合算質量による遠心力に対して外周部 21cr の仮想円 VC r より外側の部分 21c1r に作用する応力が、仮想平面 S と交差する部分からブリッジ部 21br にわたって径方向に向かって略均等にかかることとなる。したがって、ブリッジ部 21br 近傍のフラックスバリア部 21ar においても径方向に向かって比較的に大きな応力が作用することとなる。前述したとおり、ブリッジ部 21br の強度は、その形状から径方向に弱く接線方向に強いため、フラックスバリア部 21ar に径方向の応力が作用すると、結果として、外周部 21cr に対して厚みが薄くなったフラックスバリア部 21ar (特に永久磁石の角部が接触する箇所) に応力が集中することとなる。これにより、回転子 2R の回転によるブリッジ部 21br の変形が大きくなり、破断し易くなってしまふ。ブリッジ部 21br の破断を防止するためには、フラックスバリア部 21ar の厚みを増大させる必要があるが、そうすると、漏れ磁束が増大するため誘起電圧が低減し、高効率化が望めなくなる。

[0045] また、図示しない他の比較例として、フラックスバリア壁面の円弧が、当該円弧を含む仮想円 VC の中心 Ca が仮想平面 S 内における第 1 の内壁面 231 と回転軸 C の中心との間に位置していても、仮想円 VC が回転子 2 の外周縁 2a より外側に位置している (仮想同心円 VC o が外周縁 2a の半径より長くなる) ように構成されている場合には、回転子 2 の回転により、第 2 の内壁面 232 とフラックスバリア壁面との境界部に応力が集中してしまふ。さらに、図示しない他の比較例として、フラックスバリア壁面の円弧が当該円弧を含む仮想円 VC の中心 Ca が仮想平面 S 内における回転軸 C の中心

より対向する空孔23に近接する側に位置している場合（仮想円VCの半径が仮想同心円VCoより大きい場合）には、フラックスバリア壁面の第2の内壁面232との境界部とは反対側の端部（接続壁面との境界部）に応力が集中してしまう。フラックスバリア部において応力の集中が生じると、ブリッジ部が破断し易くなってしまふ。

[0046] これらの構造に対し、本実施形態の回転子2においては、前述したとおり、外周部21cに対して厚みが薄くなったフラックスバリア部21aにおいて作用する応力の向きが接線方向に大きく、径方向に小さくなるとともに応力自体が弱くなるため、フラックスバリア部21aに応力が集中せず、回転子2の回転によるブリッジ部21bの変形を低減させることができ、ブリッジ部21bの破断を有効に防止することができる。これにより、フラックスバリア部21aおよびブリッジ部21bの厚みを増やすことなくモータの高速回転化を実現することができる。しかも、フラックスバリア部21aの厚みを相対的に薄くすることにより漏れ磁束を低減させることができるため、永久磁石22を小型化しても必要な誘起電圧を得ることができる（永久磁石の寸法に対する磁束の有効利用率を高くすることができる）。このように、漏れ磁束を低減させつつ高速回転を実現することができるため、モータの小型化かつ高出力化を実現することができる。

[0047] 特に、掃除機の吸引ファンなどに適用されるファン駆動用モータにおいて、上記のようなモータを適用することにより、掃除機の小型化および高出力化（例えば常用の回転数8万rpm以上）を図ることができる。

[0048] なお、上記実施形態においては、側壁面233は、フラックスバリア壁面234と第1の内壁面231との間に、位置決め壁面235および接続壁面236とが形成された構造となっているが、本発明はフラックスバリア壁面234以外の側壁面233の形状について特に限定されない。図4は本発明の一実施形態の変形例におけるモータの回転子の断面構成を示す拡大図である。図4に示すモータの回転子2Bにおいて、側壁面233bは、第1の内壁面231の両端と対応するフラックスバリア壁面234とを繋ぐ平面状の

接続壁面 237 を有している。すなわち、本変形例における平面状の接続壁面 237 は、回転軸 C に垂直な断面視において直線状に形成されている。このような形状によっても、空孔 23 内に挿通される永久磁石 22 の位置決めが可能である。このように、側壁面 233 においてフラックスバリア壁面 234 と第 1 の内壁面 231 とのを繋ぐ部分の形状は、上記実施形態および上記変形例に限られず、種々適用可能である。

実施例 1

[0049] 以下に、フラックスバリア壁面 234 を上記実施形態で説明したとおりに形成した回転子(実施例)と、フラックスバリア壁面 234 r を図 7 に示す比較例のようにフラックスバリア部の幅を一定に形成した回転子(比較例)とのそれぞれにおいて、強度解析を行った結果を示す。本強度解析により、各回転子において所定の回転数(ここでは 8 万 rpm)における応力分布図を得た。回転子鉄心には実施例および比較例ともに同じ降伏応力(413 MPa)を有する同じ鉄板材料を用いるとともに、4 つの空孔を設け、同じ材質の永久磁石を挿入した。永久磁石の寸法は厚み(径方向寸法)は同じであるが、幅(接線方向寸法)は実施例は 9.5 mm であるのに対し、比較例は 10 mm とした。実施例はフラックスバリア部の幅は本実施例および本比較例ともに 0.7 mm (本実施例においては最も薄い部分の幅)とした。強度解析は各回転子の 1/4 モデルで行った。

[0050] 図 5 は本発明の実施例における回転子の応力分布図である。また、図 8 は本発明に対する比較例における回転子の応力分布図である。比較例においては、図 8 に示すように、回転子鉄心の外周縁に沿って段階的に縞状に応力が分布していることから、遠心力による応力が図 5 に示す実施例に比して外周部に均等にかかっていることが分かる。さらに、図 5 に示す実施例に対して図 8 に示す比較例の方が全体的に変形量が大きいのが外形から見て取れる。図 5 および図 8 において最も応力が作用している箇所はそれぞれ矢符 Smax で示されている。この Smax における応力値である最大応力は、図 5 に示す実施例において 257.4 MPa であったのに対し、図 8 に示す比較例

において405.3MPaであった。比較例の回転子における最大応力が実施例の回転子における最大応力より大幅に高い値となっているのは、図5に示す実施例においては、フラックスバリア壁面の全域にわたって応力が作用しているのに対し、図8に示す比較例においては、フラックスバリア壁面のうち、矢符 S_{max} 付近のみに応力が集中して作用しているためと考えられる。このように、比較例の回転子においては降伏応力に略匹敵する応力が作用してしまっており、8万rpmの回転数を常用の回転数として用いれば回転子の大きな変形または破断が懸念される。これに対し、実施例の回転子においては降伏応力を十分に下回る応力しか作用しておらず、8万rpmを常用の回転数としても問題ないことが示された。

実施例 2

[0051] 次に、上記実施形態で説明した本発明に係る回転子2を回転軸C回りに回転させて回転子2の強度試験を行った結果を示す。図6は本発明の実施例における回転子を回転させた場合の回転数に対する回転数の外径値を示すグラフである。回転子2が回転軸C回りに回転することにより、永久磁石22および回転子鉄心21の外周部21cに生じる遠心力により外周部21cが外側に引っ張られるように回転子2が変形する。このような変形は回転子2の回転数の上昇に応じて変形量が増加し、変形が限界に達すると破断することとなる。したがって、回転子2の回転数に対する回転子2の外径値を計測することにより回転子2の強度を確認することができる。

[0052] 本実施例においては、上記実施形態で説明した形状を有し、フラックスバリア部21aの幅（フラックスバリア壁面234と外周縁2aとの間で最も薄い部分の厚み）が異なる3つ（0.5mm, 0.6mm, 0.7mm）の回転子を実際に作製した。そして、永久磁石22を挿入した状態で回転子2を回転させ、回転数を6万rpm, 8万rpm, 10万rpm, 12万rpm, 15万rpmとしたときの回転子2の外径を測定した。なお、外径の測定に当たっては、4つの永久磁石22のうち対向する永久磁石22の中央部間（仮想平面S内）における直径をそれぞれ回転軸C方向に3箇所（両端部

および中央部)測定することにより合計6箇所の直径を測定してその平均をとった。また、比較例として図7および図8に示す回転子について実施例1における解析データから回転数に応じた変形量を推定し、図5上に併せて示した。

[0053] その結果、図6に示すように、本実施例においては、フラックスバリア部21aの幅が最も薄い0.5mm幅の回転子を含むすべての回転子において、回転数が10万rpmに到達するまで回転子はほとんど変形しなかった。これにより、少なくとも8万rpm以上の回転数で問題なく実用可能であることが示された。特に、0.7mm幅においては12万rpm付近まで変形が小さく抑えられ、最終的に14万8千rpmにまで達してブリッジ部21bが破断するまで、非常に高速な回転数を実現できた。これに対し、比較例においては、0.5mm幅の実施例に近いグラフ変化となり、フラックスバリア部の幅が0.7mmあるにも拘らず、0.5mm幅の実施例程度の強度しか得られないことが分かった。以上より、本発明に係る実施例の回転子は、比較例に比べてフラックスバリア部21aの厚みを増やすことなく格段に強度が上昇したことが示された。

[0054] 以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、その趣旨を逸脱しない範囲内で種々の改良、変更、修正が可能である。例えば、上記実施形態においては回転子2に4つの空孔23を形成し、当該空孔23に永久磁石22が挿入された状態で、永久磁石22の径方向外側に向いた極性が回転子2の周方向に2つ以上同じとなるように配設されている構成(2極回転子)について説明したが、本発明は上記で説明した構造を有する限り4つ以上の永久磁石22を用いてもよい。例えば、6つの空孔を形成し、当該空孔に永久磁石が挿入された状態で、永久磁石の径方向外側に向いた極性が回転子の周方向に3つ同じとなるように配設された構成(2極回転子)としてもよいし、例えば、8つの空孔を形成し、当該空孔に永久磁石が挿入された状態で、永久磁石の径方向外側に向いた極性が回転子の周方向に2つ(4極回転子の場合)または4つ(2極回転子の

場合) 同じとなるように配設された構成としてもよいし、その他の空孔の数および極数を有する構成としてもよい。

[0055] 上記説明から、当業者にとっては、本発明の多くの改良や他の実施形態が明らかである。従って、上記説明は、例示としてのみ解釈されるべきであり、本発明を実行する最良の態様を当業者に教示する目的で提供されたものである。本発明の精神を逸脱することなく、その構造及び／又は機能の詳細を実質的に変更できる。

産業上の利用可能性

[0056] 本発明のモータの回転子およびそれを備えたファン駆動用モータは、漏れ磁束を低減させつつフラックスバリア部への応力を有効に分散して高速回転を実現するために有用である。

符号の説明

[0057] 1 固定子
2 回転子
2 a 外周縁
3 シャフト孔
1 1 固定子鉄心
1 1 a 筒状部
1 1 b ティース部
1 2 コイル
2 1 回転子鉄心
2 1 a フラックスバリア部
2 1 b ブリッジ部
2 1 c 外周部
2 1 c 1 仮想円より外側の部分
2 1 c 2 仮想円より内側の部分
2 1 d 中央部
2 2 永久磁石

2 3 空孔

2 3 1 第1の内壁面

2 3 2 第2の内壁面

2 3 3 側壁面

2 3 4 フラックスバリア壁面

2 3 5 位置決め壁面

2 3 6 接続壁面

2 3 7 溝部

C 回転軸

C a 仮想円の中心

S 仮想平面

V C 仮想円

V C o 仮想同心円

請求の範囲

- [請求項1] 内部に設けられた空孔内に永久磁石が挿入されるモータの回転子であって、
- 前記空孔は、
- 前記モータの回転軸の中心を含む仮想平面に垂直でありかつ当該仮想平面により二等分されるよう形成された平面状の第1の内壁面と、
- 当該第1の内壁面より径方向外側に当該第1の内壁面と平行に延在する第2の内壁面と、
- 前記第1の内壁面と前記第2の内壁面とを繋ぐ側壁面とを有し、
- 前記第2の内壁面は、前記回転軸に垂直な断面視における長さが前記第1の内壁面より長く、
- 前記側壁面は、前記回転軸に垂直な断面視において前記第2の内壁面の両端から該内壁面の延在方向外側にかつ前記第2の内壁面から前記第1の内壁面に向かうに従って前記回転子の外周縁から離れていくように延びるフラックスバリア壁面を含んでおり、
- 前記空孔は、前記回転子の周方向に等間隔に4つ以上形成されており、
- 前記永久磁石は、前記空孔のそれぞれに挿入された状態で、径方向外側に向いた極性が前記回転子の周方向に2つ以上同じとなるように配設されている、モータの回転子。
- [請求項2] 前記フラックスバリア壁面は、前記回転軸に垂直な断面視において円弧形状を有しており、前記円弧は、前記円弧を含む仮想円の中心が前記仮想平面内における前記第1の内壁面と前記回転軸の中心との間に位置し、かつ、当該仮想円が前記回転子の外周縁より内側に位置するように構成されている、請求項1に記載のモータの回転子。
- [請求項3] 前記側壁面は、前記回転軸に垂直な断面視において前記第2の内壁面の両端より長手方向の内側に前記第2の内壁面に対して垂直な位置決め壁面と、前記位置決め壁面と前記フラックスバリア壁面とを繋ぐ

接続壁面とを有している、請求項 1 に記載のモータの回転子。

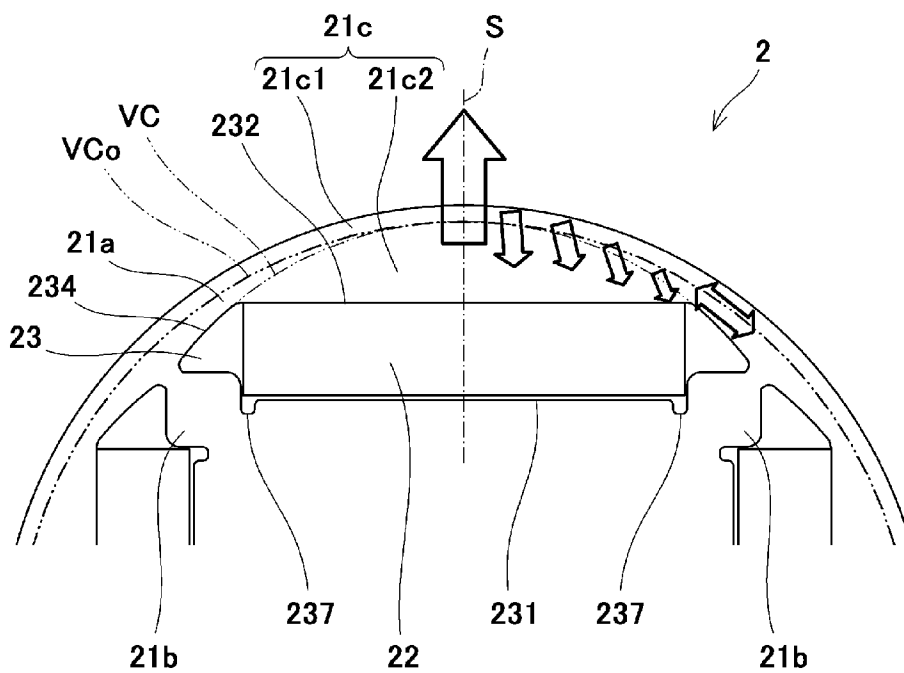
[請求項4] 前記空孔は、前記側壁面と前記第 1 の内壁面の両端との間に、前記第 1 の内壁面より径方向内側に形成された溝部を有している、請求項 1 に記載のモータの回転子。

[請求項5] 前記空孔は、前記回転子の周方向に 4 つ設けられ、前記永久磁石は、前記空孔のそれぞれに挿入された状態で、前記回転軸を挟んで対向する永久磁石同士の径方向外側に向いた極性が互いに異なるように配設される、請求項 1 に記載のモータの回転子。

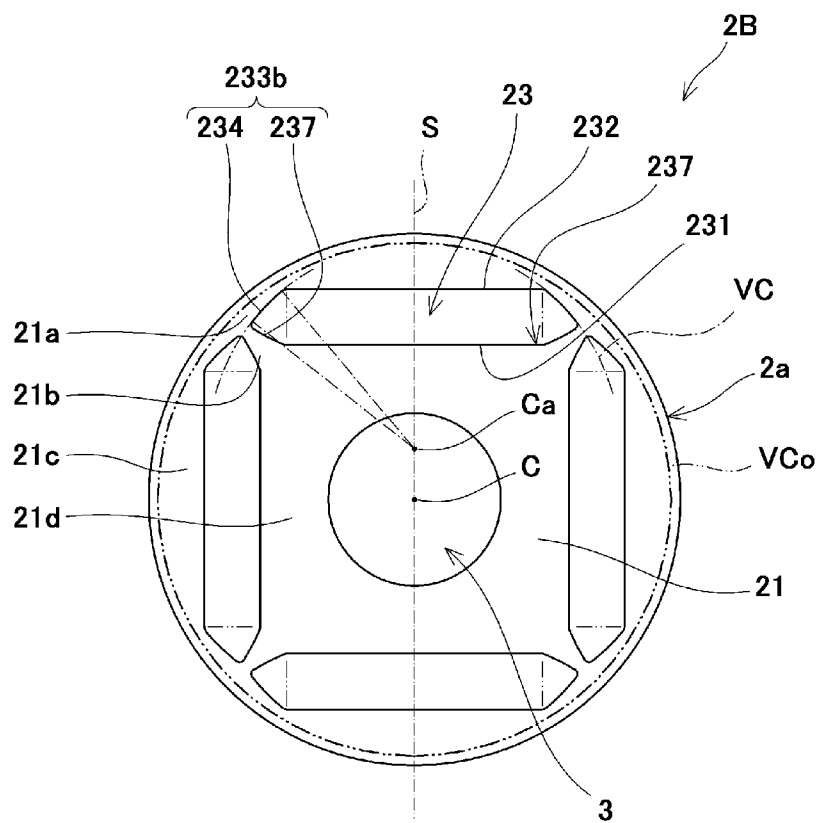
[請求項6] 前記空孔内に挿入される永久磁石は、希土類元素を用いて形成されたものである、請求項 1 に記載のモータの回転子。

[請求項7] 請求項 1 ～ 6 に記載のモータの回転子を有する、ファン駆動用モータ。

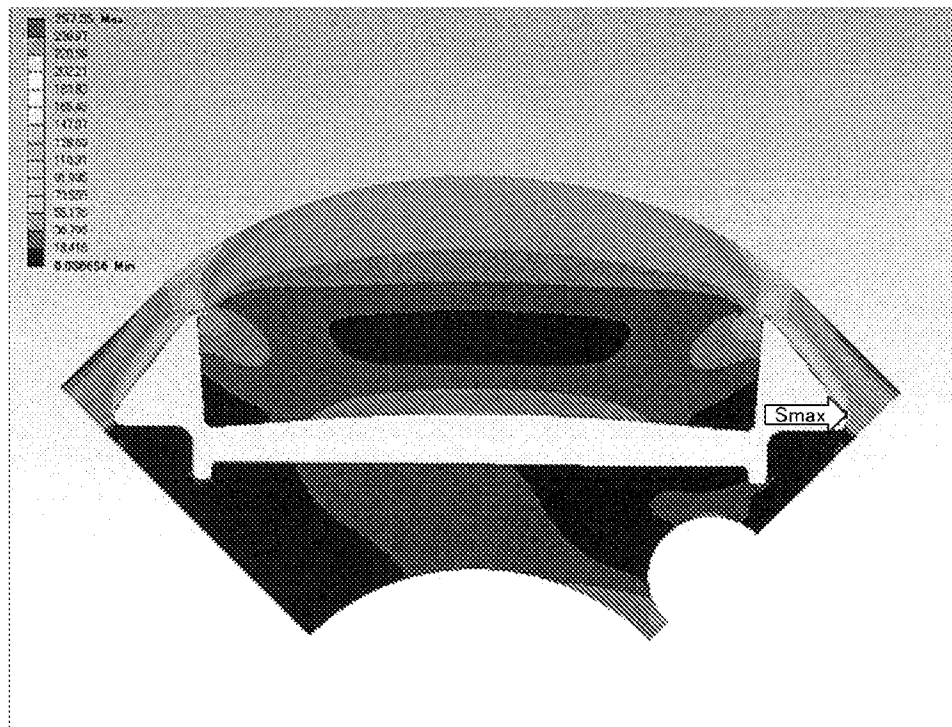
[図3]



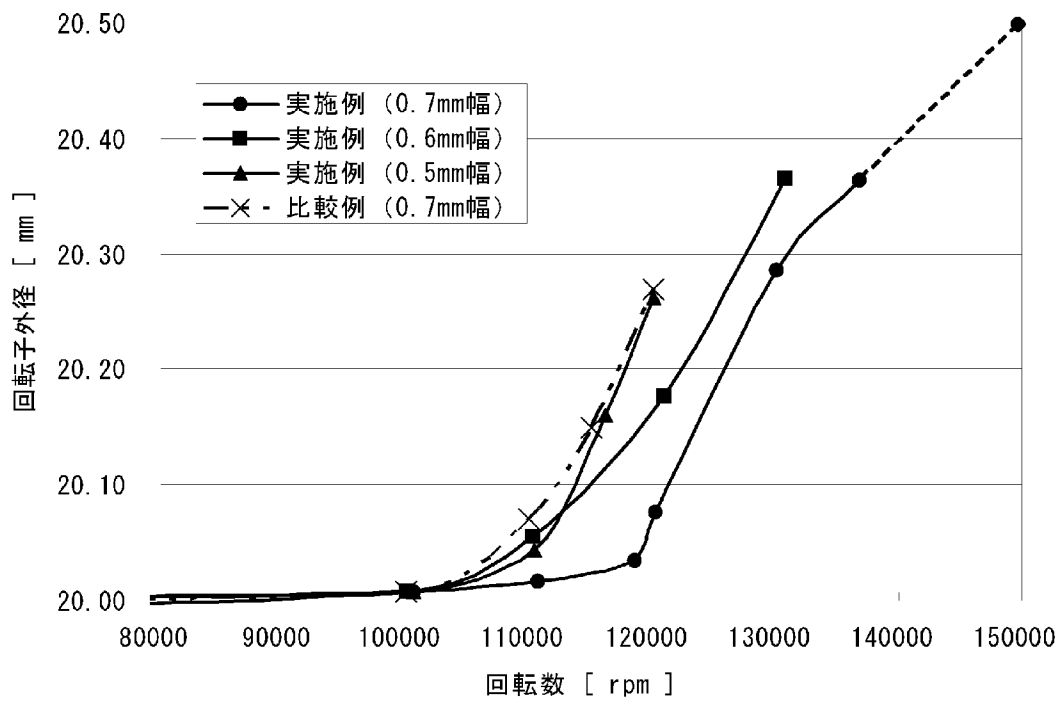
[図4]



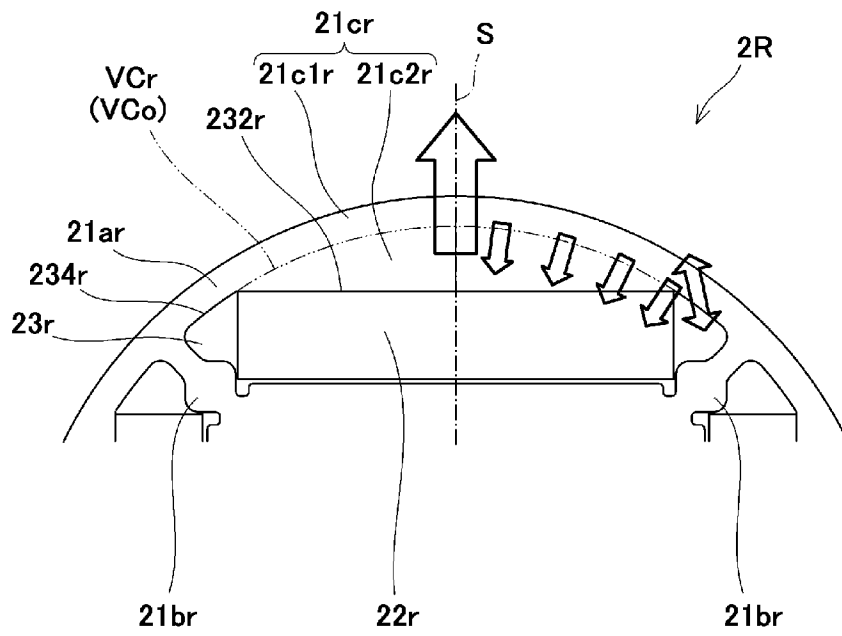
[図5]



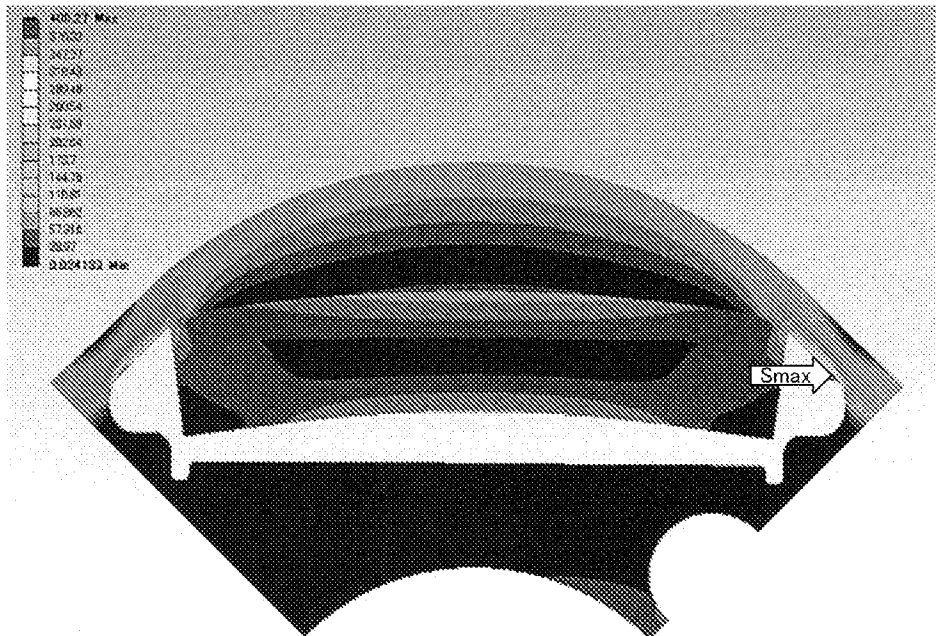
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/006827

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02K1/27(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)

H02K1/27

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 Y	JP 2011-15572 A (Mitsubishi Electric Corp.), 20 January 2011 (20.01.2011), claim 1; paragraph [0001]; fig. 17 (Family: none)	1-3, 5-7 4
X Y	JP 2010-88219 A (Mitsubishi Electric Corp.), 15 April 2010 (15.04.2010), claim 1; paragraph [0001]; fig. 17 (Family: none)	1-3, 5-7 4
Y	JP 2003-309953 A (Denso Corp.), 31 October 2003 (31.10.2003), fig. 2 & US 2004/0007930 A1 & US 2005/0040723 A1	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
21 December, 2011 (21.12.11)

Date of mailing of the international search report
10 January, 2012 (10.01.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/006827

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2008-148391 A (Toyota Industries Corp.), 26 June 2008 (26.06.2008), fig. 1(b) (Family: none)	1-7

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H02K1/27(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. H02K1/27

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
X Y	JP 2011-15572 A (三菱電機株式会社) 2011. 01. 20, 請求項 1, [0001], 図 17 (ファミリーなし)	1-3, 5-7 4
X Y	JP 2010-88219 A (三菱電機株式会社) 2010. 04. 15, 請求項 1, [0001], 図 17 (ファミリーなし)	1-3, 5-7 4
Y	JP 2003-309953 A (株式会社デンソー) 2003. 10. 31, 図 2 & US 2004/0007930 A1 & US 2005/0040723 A1	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、一般的な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

21. 12. 2011

国際調査報告の発送日

10. 01. 2012

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)

高橋 祐介

電話番号 03-3581-1101 内線 3358

3V

3027

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
A	JP 2008-148391 A (株式会社豊田自動織機) 2008.06.26, 図 1(b) (ファミリーなし)	1-7