

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-205348

(P2012-205348A)

(43) 公開日 平成24年10月22日(2012.10.22)

(51) Int.Cl.		F I	テーマコード (参考)		
H02K	49/10	(2006.01)	H02K 49/10	A	5H649
F16D	7/02	(2006.01)	F16D 7/02	C	
F16H	49/00	(2006.01)	F16H 49/00	A	

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2011-65841 (P2011-65841)
 (22) 出願日 平成23年3月24日 (2011.3.24)

(71) 出願人 000006013
 三菱電機株式会社
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
 (74) 代理人 100110423
 弁理士 曾我 道治
 (74) 代理人 100094695
 弁理士 鈴木 憲七
 (74) 代理人 100111648
 弁理士 梶並 順
 (74) 代理人 100122437
 弁理士 大宅 一宏
 (74) 代理人 100147566
 弁理士 上田 俊一
 (74) 代理人 100161171
 弁理士 吉田 潤一郎

最終頁に続く

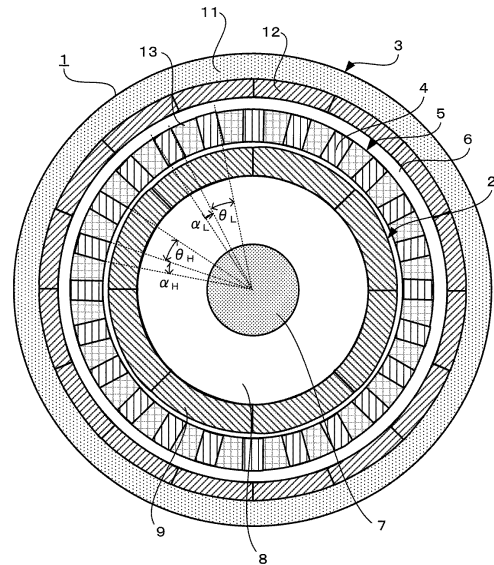
(54) 【発明の名称】 磁気ギア

(57) 【要約】

【課題】トルク伝達効率が向上された磁気ギアを得る。

【解決手段】磁気ギアは、高速回転子、低速回転子、及び、上記高速回転子と上記低速回転子とに対して空隙を隔てて向き合う固定子を備え、上記高速回転子または上記低速回転子の起磁力を変調することにより、回転速度を変化させてトルクを伝達する磁気ギアにおいて、上記固定子の極対数は、上記低速回転子の極対数と上記高速回転子の極対数の和であり、上記固定子の磁極片の周方向のピッチに対する上記磁極片の周方向の幅の比は、0.5を超え、且つ0.58未満である。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

高速回転子、低速回転子、及び、上記高速回転子と上記低速回転子とに対して空隙を隔てて向き合う固定子を備え、上記高速回転子または上記低速回転子の起磁力を変調することにより、回転速度を変化させてトルクを伝達する磁気ギアにおいて、

上記固定子の極対数は、上記低速回転子の極対数と上記高速回転子の極対数の和であり、

上記固定子の磁極片の周方向のピッチに対する上記磁極片の周方向の幅の比は、0.5を超え、且つ0.58未満であることを特徴とする磁気ギア。

【請求項 2】

10

上記低速回転子と上記高速回転子が軸方向にタンデムに構成され、空隙を隔てて上記固定子の磁極片が上記低速回転子と上記高速回転子の外側にあることを特徴とする請求項 1 に記載の磁気ギア。

【請求項 3】

上記固定子の磁極片の周方向のピッチに対する上記磁極片の周方向の幅の比は、略0.54であることを特徴とする請求項 2 に記載の磁気ギア。

【請求項 4】

高速回転子、低速回転子、及び、上記高速回転子と上記低速回転子と空隙を隔てて向き合う固定子を備え、上記高速回転子または上記低速回転子の起磁力を変調することで、回転速度を変化させてトルクを伝達する磁気ギアにおいて、

20

上記固定子の極対数は、上記低速回転子の極対数と上記高速回転子の極対数の差であり、

上記固定子の磁極片の周方向のピッチに対する上記磁極片の周方向の幅の比は、0.42を超え、且つ0.5未満であることを特徴とする磁気ギア。

【請求項 5】

上記低速回転子と上記高速回転子が軸方向にタンデムに構成され、空隙を隔てて上記固定子の磁極片が上記低速回転子と上記高速回転子の外側にあることを特徴とする請求項 4 に記載の磁気ギア。

【請求項 6】

上記固定子の磁極片の周方向のピッチに対する上記磁極片の周方向の幅の比は、略0.46であることを特徴とする請求項 5 に記載の磁気ギア。

30

【請求項 7】

上記固定子の磁極片は、周方向に積層される複数の鋼板から構成されることを特徴とする請求項 1 または 4 に記載の磁気ギア。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、回転数を増速または減速して回転動力を伝達する磁気ギアに関するものである。

【背景技術】

40

【0002】

磁気ギアは、機械的な歯車を用いず、一方の回転子が発生する起磁力を固定子磁極で変調することにより他方の回転子に異なる波形の起磁力を与え、これにより速度の異なる回転動力を伝達する。

そして、磁気ギアの 1 種であるラジアル型磁気ギアは、高速回転子を中央に配置し、低速回転子を外側に配置し、高速回転子と低速回転子の間に複数の磁極片からなる固定子を配置している。高速回転子の表面および低速回転子の表面に永久磁石を固定し、この起磁力を固定子磁極片で変調することにより、速度の異なる回転動力を伝達している（例えば、非特許文献 1 参照）。

【0003】

50

また、磁気ギアの他の1種であるタンデム型磁気ギアは、固定子の磁極片が回転子の外側にあり、固定子の磁極片に軸方向に磁束を通すことで変調するタイプであり、高速回転子の作る起磁力を固定子磁極片で変調してできた空間起磁力分布のうち、低速回転子が作る起磁力と等しい空間高調波成分のみが回転動力を作ることになる。逆も同様であり、低速回転子の作る起磁力を固定子磁極片で変調してできた空間起磁力分布のうち、高速回転子が作る起磁力と等しい空間高調波成分のみが回転動力を作ることになる（例えば、非特許文献2参照）。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0004】

【非特許文献1】N. W. Frank、他1名、「Gearing Ratios of a Magnetic Gear for Wind Turbines」、Electric Machines and Drives Conference, 2009、IEMDC、2009、May、p. 1224 - 1230

【非特許文献2】Li Yong、他3名、「Principle and Simulation Analysis of a Novel Structure Magnetic Gear」、Electrical Machines and Systems, 2008. ICEMS 2008. International Conference on, 2008、October、p. 3845 - 3849

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上述した動作原理で回転速度を変化させてトルクを伝達するため、低速回転子が作る起磁力、または高速回転子が作る起磁力のうち多くはトルクに寄与しない成分となってしまうため、トルク密度向上が課題であった。

また、磁極片で構成される固定子については、塊状磁極で構成されていれば、変動磁束による渦電流損失が大きくなり、やはりトルク密度を低下させるという問題点があった。

このため、固定子磁極片を積層鋼板で構成した場合、軸方向に積層すれば、その固定方法が容易ではなく信頼性を損ねるといった問題点があった。

【0006】

この発明は、前記のような課題を解決するためになされたものであり、トルク伝達効率が向上された磁気ギアを得ることが目的である。

【課題を解決するための手段】

【0007】

この発明に係る磁気ギアは、高速回転子、低速回転子、及び、上記高速回転子と上記低速回転子とに対して空隙を隔てて向き合う固定子を備え、上記高速回転子または上記低速回転子の起磁力を変調することで、回転速度を変化させてトルクを伝達する磁気ギアにおいて、上記固定子の極対数が上記低速回転子の極対数と上記高速回転子の極対数の和であり、上記固定子の磁極片の周方向のピッチに対する上記磁極片の周方向の幅の比が0.5を超え、且つ0.58未満である。

【発明の効果】

【0008】

この発明に係る磁気ギアは、固定子の磁極片の高速側磁極幅と高速側ピッチとの比と、低速側磁極幅と低速側ピッチとの比が、固定子の極対数が低速回転子の極対数と高速回転子の極対数の和であるときには、0.5を超え、且つ0.58未満であり、固定子の極対数が低速回転子の極対数と高速回転子の極対数の差であるときには、0.42を超え、且つ0.5未満であるので、有効透過磁束が大きくなり、従って発生トルクが大きくなるという臨界的な効果を奏することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

10

20

30

40

50

【図 1】この発明の実施の形態 1 に係る磁気ギアの断面図である。

【図 2】固定子の一部磁極片だけを図示した部分断面図である。

【図 3】固定子の磁極片により入力される起磁力分布と磁極片を透過した磁束分布を模式的に示した図である。

【図 4】高速回転子と低速回転子が逆回転しているときの磁極幅とピッチの比に対する透過磁束の割合の関係を示すグラフである。

【図 5】高速回転子と低速回転子が同一方向に回転しているときの磁極幅とピッチの比に対する透過磁束の割合の関係を示すグラフである。

【図 6】この発明の実施の形態 2 に係る磁気ギアの斜視図である。

【発明を実施するための形態】

10

【0010】

以下、本発明の磁気ギアの好適な実施の形態につき図面を用いて説明する。

実施の形態 1 .

図 1 は、この発明の実施の形態 1 に係る磁気ギアの断面図である。

この発明の実施の形態 1 に係る磁気ギア 1 は、ラジアル型であり、高速回転子 2 が中心に配置され、低速回転子 3 が外側に配置され、高速回転子 2 と低速回転子 3 の間に複数の磁極片 4 からなる固定子 5 が空隙 6 を介して配置されている。

高速回転子 2 は、回転自在に支持される軸 7 と、軸 7 により軸支された円筒状のコア 8 と、コア 8 の外側に周方向に並べられて固定された複数の永久磁石 9 とから構成される。

20

低速回転子 3 は、外側面が回転自在に支持される円筒状のコア 11 と、コア 11 の内側に周方向に並べられて固定された複数の永久磁石 12 とから構成される。

そして、高速回転子 2 と低速回転子 3 のそれぞれの永久磁石 9、12 の数は、高速回転子 2 の方が低速回転子 3 より少なく、高速回転子 2 からは少極の起磁力が発生し、低速回転子 3 からは多極の起磁力が発生する。

固定子 5 は、周方向に磁極片 4 と非磁性片 13 が交互に円筒状に並べられたものである。1つの磁極片 4 は、鋼板が積層され、積層された複数枚の鋼板が非磁性片 13 により固定される。

【0011】

高速回転子 2 の極対数 N_H 、低速回転子 3 の極対数 N_L 、固定子 5 の磁極数 N_S は、式 (1) の関係を満足するように設定している。従って、高速回転子 2 の速度は低速回転子 3 の速度の N_L / N_H 倍となる。式 (1) において、+ は低速回転子 3 と高速回転子 2 が逆方向に回転し、- は低速回転子 3 と高速回転子 2 が同方向に回転する。

30

【0012】

$$N_S = N_L \pm N_H \quad (1)$$

【0013】

低速回転子 3 または高速回転子 2 が外部動力により回転力を与えられることにより、外部動力が与えられていない高速回転子 2 または低速回転子 3 に速度を変調されたトルクが伝達する。

固定子 5 の磁極片 4 の低速回転子 3 に面するピッチを軸 7 の中心から見た頂角 (以下、低速側ピッチと称す。) θ_L 、磁極片 4 の高速回転子 2 に面するピッチを軸 7 の中心から見た頂角 (以下、高速側ピッチと称す。) θ_H 、磁極片 4 の低速回転子 3 に面する磁極幅を軸 7 の中心から見た頂角 (以下、低速側磁極幅と称す。) α_L 、磁極片 4 の高速回転子 2 に面する磁極幅を軸 7 の中心から見た頂角 (以下、高速側磁極幅と称す。) α_H と表し、固定子 5 の磁極数 N_S が低速回転子 3 の極対数 N_L と高速回転子 2 の極対数 N_H の和の場合、高速側磁極幅 α_H と高速側ピッチ θ_H との比 α_H / θ_H と、低速側磁極幅 α_L と低速側ピッチ θ_L との比 α_L / θ_L が、式 (2) を満たしている。

40

【0014】

逆に、固定子 5 の磁極数 N_S が低速回転子 3 の極対数 N_L と高速回転子 2 の極対数 N_H の差の場合、高速側磁極幅 α_H と高速側ピッチ θ_H との比 α_H / θ_H と、低速側磁極幅

50

α_L と低速側ピッチ θ_L との比 α_L / θ_L が、式(3)を満たしている。

【0015】

【数1】

$$0.5 < \frac{\alpha_H}{\theta_H}, \frac{\alpha_L}{\theta_L} < 0.58 \quad \dots(2)$$

$$0.42 < \frac{\alpha_H}{\theta_H}, \frac{\alpha_L}{\theta_L} < 0.5 \quad \dots(3)$$

10

【0016】

次に、上述したように、高速側磁極幅 α_H と高速側ピッチ θ_H との比 α_H / θ_H と、低速側磁極幅 α_L と低速側ピッチ θ_L との比 α_L / θ_L が、式(2)または(3)を満たすことによる臨界的効果について説明する。

一般的に、高速回転子2が作る起磁力が固定子5の磁極片4を透過した磁束のうち、低速回転子3と同極成分の磁束のみがトルクに寄与する。逆に、低速回転子3が作る起磁力が固定子5の磁極片4を透過した磁束のうち、高速回転子2と同極成分の磁束のみがトルクに寄与する。

【0017】

ここで、説明を簡単にするために、図2に示すように、高速側磁極幅 α_H と高速側ピッチ θ_H との比 α_H / θ_H と、低速側磁極幅 α_L と低速側ピッチ θ_L との比 α_L / θ_L とが等しいとして α / θ として説明する。

20

高速回転子2の起磁力に対する透過磁束の低速回転子3の同極成分の割合と、低速回転子3の起磁力に対する透過磁束の高速回転子2の同極成分の割合は、 α / θ が等しければ等しくなる。

ここで、固定子5内での漏れ磁束がないと仮定した理想的な場合、 α / θ は0.5において最も透過磁束が大きくなる。しかし、漏れ磁束を考慮した場合には以下の現象となる。

【0018】

図3には、固定子5の磁極片4により変調される前の起磁力分布(図3では正弦波状)に対して、固定子5の磁極片4により変調され、透過した磁束の波形を、固定子5の磁極片4内の漏れ磁束を考慮して、模式的に示す。

30

変調される前の起磁力分布に対して、磁極片4がある部分の磁束が透過し、非磁性片13のある部分の磁束が透過しない。また、磁極片4に達した磁束は、その磁極片4の幅間に届いた磁束の平均値となって透過する。

【0019】

図4は、高速回転子2と低速回転子3が逆方向に回転しているとき、透過磁束を周波数分析し、高速回転子2から発生する起磁力透過磁束に対しては低速回転子3と同極成分、低速回転子3から発生する起磁力透過磁束に対しては高速回転子2と同極成分を抜き出し、固定子5の磁極片4の磁極幅とピッチの比に対して透過磁束の割合をプロットしたグラフである。

40

図5は、高速回転子2と低速回転子3が同方向に回転しているとき、透過磁束を周波数分析し、高速回転子2から発生する起磁力透過磁束に対しては低速回転子3と同極成分、低速回転子3から発生する起磁力透過磁束に対しては高速回転子2と同極成分を抜き出し、固定子5の磁極片4の磁極幅とピッチの比に対して透過磁束の割合をプロットしたグラフである。

【0020】

図4より、高速回転子2と低速回転子3が逆方向に回転する場合、 α / θ が0.5を超えて、0.58未満のときに、有効透過磁束が大きくなり、したがって、発生トルクが大きくなる。

50

図5より、高速回転子2と低速回転子3が同方向に回転する場合、 β が0.5未満で、 β^2 を超えているときに、有効透過磁束が大きくなり、したがって発生トルクが大きくなる。

すなわち、固定子5の磁極片4内での漏れ磁束がある場合、 β が0.5に対して、逆方向回転では超えているとき、同方向回転では未満のとき、発生トルクが大きくなる。

【0021】

次に、固定子5の磁極片4を積層鋼板で構成した効果について説明する。

固定子5の磁極片4が面する空隙には、低速回転子3および高速回転子2が作る変動磁場にさらされている。このため、固定子5の磁極片4を塊状鉄心で作成すれば、これら変動磁場が磁極片4に渦電流を発生させ、渦電流損失によってトルクが低下する。

これを回避するために固定子5の磁極片4を積層鉄心とすることが考えられるが、軸方向に鋼板を積層した場合、鋼板毎に作用する電磁力を保持するように固定する必要がある、工作上困難が伴う。

そこで、本願では、周方向に鋼板を積層しており、積層方向に鋼板を固定することを磁極片4を狭持する非磁性片13により受け持つことができる。すなわち、図1に示すように磁極片4を周方向に積層することで、渦電流損失によるトルク低下を防止し、堅牢な固定子5を構成することができる。

【0022】

この発明の実施の形態1に係る磁気ギアは、固定子5の磁極片4の高速側磁極幅 H_H と高速側ピッチ P_H との比 H_H/P_H と、低速側磁極幅 H_L と低速側ピッチ P_L との比 H_L/P_L が、式(2)または(3)を満たすようにすることにより、有効透過磁束が大きくなり、従って発生トルクが大きくなるという臨界的な効果を奏することができる。

また、固定子5の磁極片4を複数の鋼板を周方向に積層して構成することにより、渦電流損失によるトルク低下を防止できるとともに固定子5を堅牢に構成することができる。

【0023】

実施の形態2

図6は、この発明の実施の形態2に係る磁気ギアの斜視図である。図6(a)は、固定子の斜視図である。図6(b)は、高速回転子と低速回転子の斜視図である。

この発明の実施の形態2に係る磁気ギア1は、タンデム型であり、高速回転子2Bと低速回転子3Bが中心軸上に直列に並んで配置され、高速回転子2Bと低速回転子3Bの外側に複数の磁極片4からなる固定子5Bが空隙を介して配置されている。

【0024】

高速回転子2Bは、一端はフリー軸受により回転自在に支持される中心軸上の軸7と、軸7により軸支された円筒状のコア8と、コア8の外側面に周方向に並べられて固定された複数の永久磁石9とから構成される。

低速回転子3Bは、一端はフリー軸受により回転自在に支持される中心軸上の軸21と、軸21により軸支された円筒状のコア22と、コア22の外側面に周方向に並べられて固定された複数の永久磁石12とから構成される。

そして、高速回転子2Bと低速回転子3Bのそれぞれの永久磁石9、12の数は、高速回転子2Bの方が低速回転子3Bより少なく、高速回転子2Bからは少極の起磁力が発生し、低速回転子3Bからは多極の起磁力が発生する。

【0025】

固定子5Bは、周方向に磁極片4と非磁性片13が交互に円筒状に並べられ、外側面から円環状の支持部材23により締結されている。1つの磁極片4は、鋼板が積層され、積層された複数枚の鋼板が非磁性片13により固定される。

そして、支持部材23を固定物に固定することにより固定されている。

【0026】

高速回転子2Bの極対数 N_H 、低速回転子3Bの極対数 N_L 、固定子5Bの磁極数 N_S は、式(1)の関係を満足するように設定されている。従って、高速回転子2Bの速度は低速回転子3Bの速度の N_L/N_H 倍となる。式(1)において、+は低速回転子3Bと

10

20

30

40

50

高速回転子 2 B が逆方向に回転し、- は低速回転子 3 B と高速回転子 2 B が同方向に回転する。

低速回転子 3 B または高速回転子 2 B が外部動力により回転力を与えられることにより、外部動力が与えられない高速回転子 2 B または低速回転子 3 B に速度を変調されたトルクが伝達する。

【0027】

固定子 5 B の磁極片 4 の高速回転子 2 に面するピッチを軸 7 の中心から見た頂角（以下、ピッチと称す。） α 、磁極片 4 の高速回転子 2 B に面する磁極幅を軸 7 の中心から見た頂角（以下、磁極幅と称す。） θ と表し、固定子 5 B の磁極数 N_S が低速回転子 3 B の極対数 N_L と高速回転子 2 B の極対数 N_H の和の場合、 α/θ が式（4）を満たしている。

10

【0028】

逆に、固定子 5 B の磁極数 N_S が低速回転子 3 B の極対数 N_L と高速回転子 2 B の極対数 N_H の差の場合、 α/θ が式（5）を満たしている。

【0029】

【数2】

$$0.5 < \frac{\alpha}{\theta} < 0.58 \quad \dots(4)$$

20

$$0.42 < \frac{\alpha}{\theta} < 0.5 \quad \dots(5)$$

【0030】

この発明の実施の形態 2 に係る磁気ギアは、固定子 5 B の磁極片 4 の磁極幅 θ とピッチ α の比 α/θ が、式（4）または（5）を満たすようにすることにより、有効透過磁束が大きくなり、従って発生トルクが大きくなるという臨界的な効果を奏することができる。

また、固定子 5 B の磁極片 4 を複数の鋼板を周方向に積層して構成することにより、渦電流損失によるトルク低下を防止できる。

30

【0031】

尚、上述の実施の形態 2 に係る磁気ギアは、固定子 5 B の磁極片 4 の磁極幅 θ とピッチ α の比 α/θ が、式（4）または（5）を満たすようにしているが、固定子 5 B の磁極片 4 の磁極幅 θ とピッチ α の比 α/θ が、式（6）、（7）となるようにすることにより、有効透過磁束が最大になり、従って発生トルクも最大になるという臨界的な顕著な効果を奏する。

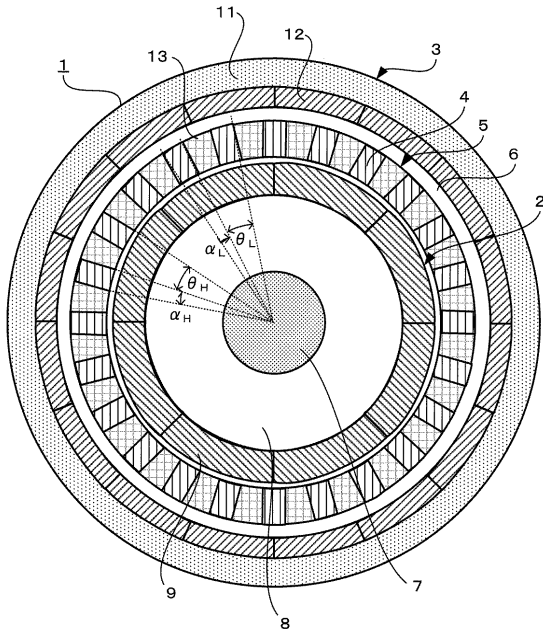
【符号の説明】

【0032】

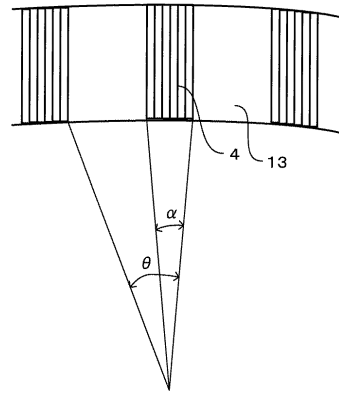
1 磁気ギア、2、2 B 高速回転子、3、3 B 低速回転子、4 磁極片、5、5 B 固定子、6 空隙、7 軸、8 コア、9 永久磁石、11 コア、12 永久磁石、13 非磁性片、21 軸、22 コア、23 支持部材。

40

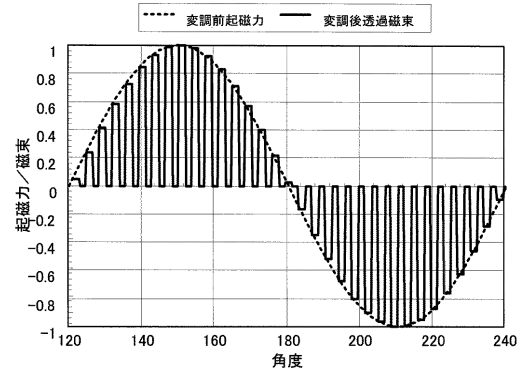
【 図 1 】



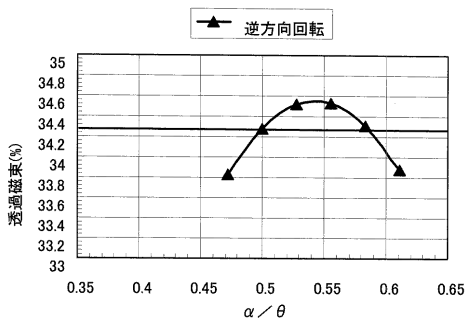
【 図 2 】



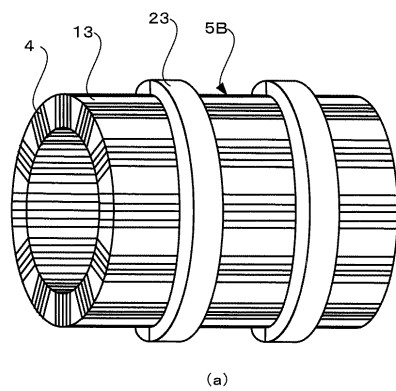
【 図 3 】



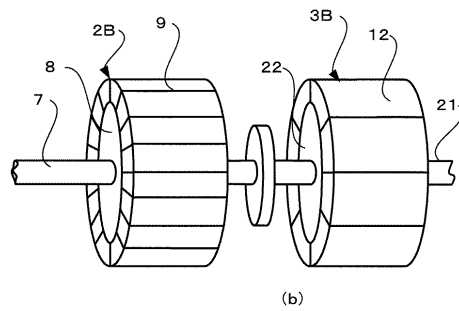
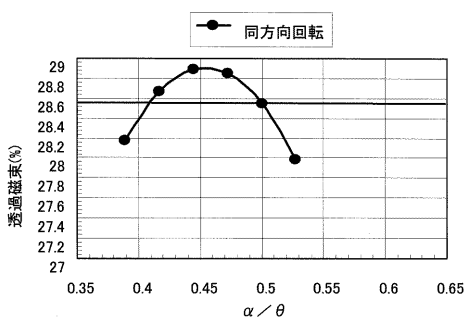
【 図 4 】



【 図 6 】



【 図 5 】



フロントページの続き

(74)代理人 100161115

弁理士 飯野 智史

(72)発明者 米谷 晴之

東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

(72)発明者 川村 光弘

東京都港区三田三丁目13番16号 東芝三菱電機産業システム株式会社内

Fターム(参考) 5H649 AA01 BB02 GG09 GG13 GG16 HH09 HH10 HH16