

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5254310号  
(P5254310)

(45) 発行日 平成25年8月7日(2013.8.7)

(24) 登録日 平成25年4月26日(2013.4.26)

(51) Int.Cl.

F I

H02K 5/16 (2006.01)

H02K 5/16

A

請求項の数 7 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2010-502727 (P2010-502727)	(73) 特許権者	000005821
(86) (22) 出願日	平成21年3月12日 (2009.3.12)		パナソニック株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2009/001112		大阪府門真市大字門真1006番地
(87) 国際公開番号	W02009/113311	(74) 代理人	100109667
(87) 国際公開日	平成21年9月17日 (2009.9.17)		弁理士 内藤 浩樹
審査請求日	平成23年11月29日 (2011.11.29)	(74) 代理人	100120156
審判番号	不服2012-14594 (P2012-14594/J1)		弁理士 藤井 兼太郎
審判請求日	平成24年7月30日 (2012.7.30)	(74) 代理人	100137202
(31) 優先権主張番号	特願2008-63685 (P2008-63685)		弁理士 寺内 伊久郎
(32) 優先日	平成20年3月13日 (2008.3.13)	(72) 発明者	水上 裕文
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		大阪府大東市諸福7丁目1番1号 パナソニックモータエキスパート株式会社内
早期審査対象出願		(72) 発明者	渡辺 彰彦
			大阪府大東市諸福7丁目1番1号 パナソニックモータエキスパート株式会社内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電動機およびそれを備えた電気機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

巻線を巻装した固定子鉄心を含む固定子と、  
 前記固定子に対向して周方向に複数の永久磁石を保持した回転体と、前記回転体の中央を貫通する一つのシャフトとを含む回転子と、  
 前記シャフトを支持する軸受と、  
 前記軸受を固定するブラケットとを備え、  
 前記回転体の内周側と外周側との間に誘電体層を設けて、固定子側のインピーダンスと回転子側のインピーダンスとを近似させたことを特徴とする電動機。

【請求項 2】

前記誘電体層は、前記シャフトの周りを周回するように設けられたことを特徴とする請求項 1 に記載の電動機。

【請求項 3】

前記回転体は、外周部を構成する外側鉄心と、前記シャフトに締結された内周部を構成する内側鉄心と、前記誘電体層とを有し、  
 前記外側鉄心と前記内側鉄心とが前記誘電体層を介して固着されていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の電動機。

【請求項 4】

前記誘電体層を貫通する空孔部を設けたことを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の電動機。

## 【請求項 5】

前記誘電体層は、径方向幅が異なる複数種類の円弧を組み合わせた形状を有していることを特徴とする請求項 1～4 のいずれか 1 項に記載の電動機。

## 【請求項 6】

駆動させた際の前記軸受の外輪と内輪との電位差を 10 V 以下にしたことを特徴とする請求項 1～5 のいずれか 1 項に記載の電動機。

## 【請求項 7】

請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の電動機を搭載したことを特徴とする電気機器。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

10

## 【0001】

本発明は、電動機に関するもので、特に軸受の電食の発生を防止するように改良された電動機に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

近年、電動機はパルス幅変調 (Pulse Width Modulation) 方式 (以下、PWM 方式という) のインバータにより駆動する方式を採用するケースが多くなってきている。こうした PWM 方式のインバータ駆動の場合、巻線の中性点電位が零とならないため、軸受の外輪と内輪間に電位差 (以下、軸電圧という) を発生させる。軸電圧は、スイッチングによる高周波成分を含んでおり、軸電圧が軸受内部の油膜の絶縁破壊電圧に達すると、軸受内部に微小電流が流れ軸受内部に電食が発生する。電食が進行した場合、軸受内輪または軸受外輪または軸受ボールに波状摩耗現象が発生して異常音に至ることがあり、電動機における不具合の主要因の 1 つとなっている。

20

## 【0003】

従来、電食を防止するためには、以下のような対策が考えられている。

(1) 軸受内輪と軸受外輪を導通状態にする。

(2) 軸受内輪と軸受外輪を絶縁状態にする。

(3) 軸電圧を低減する。

## 【0004】

上記 (1) の具体的方法としては、軸受の潤滑剤を導電性にすることが挙げられる。但し、導電性潤滑剤は、時間経過とともに導電性が悪化することや摺動信頼性に欠けるなどの課題がある。また、回転軸にブラシを設置し、導通状態にする方法も考えられるが、この方法もブラシ摩耗粉やスペースが必要となるなどの課題がある。

30

## 【0005】

上記 (2) の具体的方法としては、軸受内部の鉄ボールをセラミックボールに変更することが挙げられる。この方法は、電食防止の効果は非常に高いが、コストが高い課題があり、汎用的な電動機には採用できない。

## 【0006】

上記 (3) の具体的方法としては、固定子鉄心とブラケットを短絡させることで、静電容量を変化させて軸電圧を低減する方法が、従来、公知である (例えば、特許文献 1 参照)。

40

## 【0007】

ところで、静電容量と抵抗とを並列接続したときのインピーダンスは、 $Z = 1 / jC + R$  の関係式で表される。ここで、 $Z$  はインピーダンス、 $j$  は虚数、 $\omega$  は角周波数、 $C$  は静電容量、 $R$  は抵抗を示す。この式からわかるように、静電容量が大きくまたは抵抗が小さくなるとインピーダンスは低くなる。また、逆に静電容量が小さくまたは抵抗が大きくなるとインピーダンスは高くなる。

## 【0008】

特許文献 1 では、固定鉄心とブラケットを短絡させることにより、固定子側のインピーダンスを低くし、これによって軸受の電食を防止している。

50

## 【 0 0 0 9 】

すなわち、一般的に、洗濯機や食器洗い乾燥機などの水まわりで使用され、感電のおそれのある電動機は、充電部の絶縁（以下、基礎絶縁という）以外に、独立した絶縁を追加（以下、付加絶縁という）する必要がある。一方、これ以外のエアコン室内機、エアコン室外機、給湯機、空気清浄機などに使用される電動機は、感電のおそれがないため、付加絶縁は必要としない。したがって、エアコン室内機、エアコン室外機、給湯機、空気清浄機などに使用される電動機は、回転子を絶縁構造としていないために、回転子側（軸受内輪側）のインピーダンスは、低い状態にある。それに対して、固定子側（軸受外輪側）は、絶縁構造となっているため、インピーダンスは高い状態にある。この場合、軸受内輪側の電位は高いのに対して軸受外輪側の電位は低い状態となり、高い軸電圧が発生してしまうこととなる。そして、このような高い軸電圧により軸受に電食が発生する可能性があった。

10

## 【 0 0 1 0 】

このような状態を避けるために、特許文献 1 は、固定子鉄心とブラケットを短絡させることで、上述したように固定子側（軸受外輪側）のインピーダンスを低くし、回転子側（軸受内輪側）のインピーダンスに近似させる方法を採用している。

## 【 先行技術文献 】

## 【 特許文献 】

## 【 0 0 1 1 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 7 - 1 5 9 3 0 2 号公報

20

## 【 発明の概要 】

## 【 0 0 1 2 】

しかしながら、特許文献 1 のような従来の方法は、次のような課題があった。すなわち、この従来の方法は短絡させる方法なので、インピーダンスの調整が不可能であり、回転子の磁石材質や構造によっては、軸電圧が高くなってしまった場合があった。また、他の課題として、インピーダンスを低くする方法なので、軸受内輪と軸受外輪間には常に電位が高い状態でバランスが保たれている状態であることが挙げられる。このような状態の場合、電動機の使用環境や固定子と回転子の組立精度バラツキなどによって、インピーダンスのバランスが崩れてしまうと、逆に軸電圧が高くなり電食が発生しやすくなってしまったというケースも可能性として考察された。

30

## 【 0 0 1 3 】

以上のように、本発明の電動機によれば、回転子側（軸受内輪側）のインピーダンスを高くし、固定子側（軸受外輪側）のインピーダンスと近似させ、軸受内輪側と軸受外輪側との高周波的な電位のバランスをとることができるため、軸受における電食の発生を防止した電動機およびそれを備えた電気機器を提供することができる。

## 【 0 0 1 4 】

本発明の電動機は、巻線を巻装した固定子鉄心を含む固定子と、固定子に対向して周方向に複数の永久磁石を保持した回転体とその回転体の中央を貫通するように回転体を締結したシャフトとを含む回転子と、シャフトを支持する軸受と、軸受を固定するブラケットとを備え、回転体の内周と外周との間に誘電体層を設けた構成である。

40

## 【 0 0 1 5 】

このような構成により、回転体の内周と外周との間に設けた誘電体層により、低インピーダンスの回転子において、等価的に誘電体層による静電容量が直列接続された構成となり、回転子側のインピーダンスを高くすることが可能となる。このようにして回転子側のインピーダンスを高くすると、高インピーダンスである固定子側のインピーダンスに近似させることができる。その結果、軸受内輪側と軸受外輪側との高周波的な電位が等しくなるようにバランスをとることができる。このように軸受内輪と外輪との間の電位差を少なくできる。このため、PWMなどによる高周波によって生じる軸受の電食の発生を防止することが可能となる。また、誘電体層の幅や材料を変えることにより、静電容量を可変できる。これにより、回転子側のインピーダンスを最適に設定することも可能となる。なお

50

誘電体層とは、誘電体の誘電率および厚さや誘電体に接する導電物（電極）表面積を意図的に変化させる層のことを指し、あたかも回転体の内周と外周と間に誘電素子を介在させることを意図している。

【 0 0 1 6 】

また、本発明の電動機は、回転体が、外周部を構成する外側鉄心と、シャフトに締結された内周部を構成する内側鉄心と、誘電体層とを有し、外側鉄心と内側鉄心とが誘電体層を介して固着されているような構成であってもよい。このような構成とすることにより、容易に製造可能な回転体の構造とすることができるため、回転子の生産性を向上することができる。

【 0 0 1 7 】

また、本発明の電動機は、誘電体層が空孔部を含んでいてもよい。このように誘電体層の一部に空孔部としての空気層または空孔を形成することで、低誘電率化することが可能となり、回転子側のインピーダンスをより高くすることができる。

【 0 0 1 8 】

また、本発明の電動機は、誘電体層が、径方向幅が異なる複数種類の円弧を組み合わせた形状であってもよい。

【 0 0 1 9 】

また、本発明の電動機は、固定子鉄心とシャフトとの間のインピーダンスが高くなるように誘電体層を設けており、駆動させた際の軸受の外輪と内輪との電位差を 1 0 V 以下にしている。

【 0 0 2 0 】

また、本発明の電気機器は、上述した電動機を搭載している。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 1 】

【図 1】図 1 は、本発明の実施の形態 1 におけるブラシレスモータの断面を示した構造図である。

【図 2】図 2 は、同モータの要部を模式的に示した図である。

【図 3】図 3 は、同モータの回転体の具体的な構成例を示した図である。

【図 4】図 4 は、同モータの回転体の具体的な他の構成例を示した図である。

【図 5】図 5 は、ブラシレスモータの回転子の参考例を示した図である。

【図 6】図 6 は、実施例 1 に用いたブラシレスモータの回転子の断面を示す図である。

【図 7】図 7 は、実施例 1 の軸電圧の測定方法を示す図である。

【図 8】図 8 は、完全波形崩れの一例を示す図である。

【図 9】図 9 は、一部波形崩れの一例を示す図である。

【図 1 0】図 1 0 は、波形崩れなしの一例を示す図である。

【図 1 1】図 1 1 は、実施例 2 の軸電位の測定方法を示す図である。

【図 1 2】図 1 2 は、絶縁の樹脂厚を厚くしたときの軸電圧の波形を示す図である。

【図 1 3】図 1 3 は、本発明の実施の形態 2 における電気機器の例としてのエアコン室内機の構成を示した模式図である。

【発明を実施するための形態】

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 2 】

以下、本発明の電動機およびそれを備えた電気機器について、図面を用いて説明する。

【 0 0 2 3 】

（実施の形態 1）

図 1 は、本発明の実施の形態 1 における電動機の断面を示した構造図である。本実施の形態では、電気機器としてのエアコン用に搭載され、送風ファンを駆動するためのブラシレスモータである電動機の一例を挙げて説明する。また、本実施の形態では、回転子が固定子の内周側に回転自在に配置されたインナロータ型の電動機の一例を挙げて説明する。

## 【 0 0 2 4 】

図 1 において、固定子巻線 1 2 が巻装された固定子鉄心 1 1 を、モールド一体成形するためのモールド材である絶縁樹脂 1 3 にてモールド成形をすることで固定子 1 0 が構成されている。また、固定子鉄心 1 1 と固定子巻線 1 2 との間には、固定子鉄心 1 1 を絶縁するインシュレータとしての樹脂 2 1 が介在している。

## 【 0 0 2 5 】

固定子 1 0 の内側には、空隙を介して回転子 1 4 が挿入されている。回転子 1 4 は、回転子鉄心 3 1 を含む円板状の回転体 3 0 と、回転体 3 0 の中央を貫通するようにして回転体 3 0 を締結したシャフト 1 6 とを有している。回転子鉄心 3 1 は、固定子 1 0 の内周側に対向して周方向に複数の永久磁石を保持している。図 1 では、回転子鉄心 3 1 と永久磁石であるフェライト樹脂磁石 3 2 とが一体成形された構成例を示している。このように、固定子 1 0 の内周側と回転体 3 0 の外周側とが対向するように配置されている。

10

## 【 0 0 2 6 】

回転子 1 4 のシャフト 1 6 には、シャフト 1 6 を支持する 2 つの軸受 1 5 が取り付けられている。軸受 1 5 は、複数の鉄ボールを有したベアリングである。2 つの軸受 1 5 の一方はモールド一体成形する絶縁樹脂 1 3 に固定され、他方は金属製のブラケット 1 7 に固定されている。以上のような構成により、シャフト 1 6 が 2 つの軸受 1 5 に支承され、回転子 1 4 が回転自在に回転する。

## 【 0 0 2 7 】

さらに、このブラシレスモータには駆動回路を実装したプリント基板 1 8 が内蔵されている。このプリント基板 1 8 を内蔵したのち、ブラケット 1 7 を固定子 1 0 に圧入することにより、ブラシレスモータが形成される。また、プリント基板 1 8 には、巻線の電源電圧、制御回路の電源電圧および制御電圧を印加するリード線と制御回路のグランド線 2 0 とが接続されている。

20

## 【 0 0 2 8 】

そして、本実施の形態では、シャフト 1 6 と回転体 3 0 の外周との間となる回転体 3 0 において、誘電体層 5 0 を設けたことを特徴としている。

## 【 0 0 2 9 】

図 2 は、図 1 に示すブラシレスモータの要部を模式的に示した図である。図 2 に示すように、回転体 3 0 は、最外周部にフェライト樹脂磁石 3 2 を配置し、さらに、内周側に向かって、回転子鉄心 3 1 を構成する外側鉄心 3 1 a、誘電体層 5 0、回転子鉄心 3 1 を構成する内側鉄心 3 1 b と順に配置されている。また、誘電体層 5 0 は、絶縁樹脂で形成された層である。本実施の形態では、電食防止用として、このような誘電体層 5 0 を設けている。図 2 では、誘電体層 5 0 が、回転体 3 0 の内周側と外周側との間でシャフト 1 6 の周りを周回するようなリング状に形成された一例を示している。回転体 3 0 は、このように、フェライト樹脂磁石 3 2、外側鉄心 3 1 a、誘電体層 5 0 を形成する絶縁樹脂、および内側鉄心 3 1 b が一体形成された構成である。また、内側鉄心 3 1 b の内周の締結部 5 1 において、回転体 3 0 がシャフト 1 6 に締結される。これにより、軸受 1 5 に支承された回転子 1 4 が構成される。

30

## 【 0 0 3 0 】

回転体 3 0 において、誘電体層 5 0 は、絶縁物である絶縁樹脂で形成された層であり、外側鉄心 3 1 a と内側鉄心 3 1 b とを直列的に絶縁分離している。一方、誘電体層 5 0 は、所定の誘電率を有した絶縁樹脂で形成されており、高周波電流は、外側鉄心 3 1 a と内側鉄心 3 1 b とに間を流れることができる。

40

## 【 0 0 3 1 】

ところで、このような誘電体層 5 0 を設けない場合、上述したように、固定子鉄心を基準としたブラケット間のインピーダンスは高く、逆に、回転体に電氣的に接続されたシャフト間のインピーダンスは低い。このようなインピーダンス成分を有した等価回路に対して、固定子鉄心などから発生したパルス幅変調の高周波電流などが流れ込むことになる。このため、ブラケットに電氣的に接続された軸受の外輪と、軸受内輪側のシャフトとの間

50

で、高周波電流による電位差が生じる。

【 0 0 3 2 】

本実施の形態では、インピーダンスの低い回転子 1 4 の回転体 3 0 において、図 2 に示すような誘電体層 5 0 を設けることにより、ブラケット 1 7 側のインピーダンスに近似するように回転子 1 4 のインピーダンスを高くしている。すなわち、外側鉄心 3 1 a と内側鉄心 3 1 b との間に誘電体層 5 0 を設けることで、回転子 1 4 は、等価的に誘電体層 5 0 による静電容量が直列接続された構成となり、回転子 1 4 のインピーダンスを高くできる。すなわち、回転子 1 4 のインピーダンスを高くすることにより、回転子 1 4 からシャフト 1 6 へと流れる高周波の電圧降下が大きくなる。そして、これによって、高周波電流によりシャフト 1 6 に発生する電位を低くできる。このような原理に基づき、本実施の形態のブラシレスモータは、ブラケット 1 7 に電氣的に接続された軸受 1 5 の外輪と、軸受 1 5 の内輪側のシャフト 1 6 との間での高周波電流による電位差を少なくしている。このため、軸受内輪と軸受外輪間には常に電位が低い状態で、その電位差が少なくなるようにバランスが保たれている状態となり、これによって、軸受における電食の発生を防止している。

10

【 0 0 3 3 】

また、誘電体層 5 0 の幅や材料を変えることにより、静電容量を可変できるため、回転子 1 4 側のインピーダンスを最適に設定することもできる。すなわち、誘電体層 5 0 を形成する絶縁樹脂の誘電率を低くする、絶縁樹脂の厚さ（電極間距離）を大きくする、または電極面積を小さくすることなどにより、誘電体層 5 0 による静電容量を低くできる。そして、このようにして、誘電体層 5 0 による静電容量を低くすることで、回転子 1 4 のインピーダンスを高くできる。

20

【 0 0 3 4 】

また、誘電体層 5 0 を形成する絶縁樹脂として、シンジオタクチックポリスチレン（以下、S P S という）樹脂を使用することで、低誘電率化することが可能となる。これにより、絶縁樹脂の厚さが小さくても、回転子 1 4 のインピーダンスをより高くすることができ。すなわち、一般的に電動機の絶縁樹脂に使用される樹脂は、ポリブチレンテレフタレート（以下、P B T という）樹脂やポリエチレンテレフタレート（以下、P E T という）樹脂などにガラス繊維などの無機充填剤で強化されたものを使用しており、その材料は誘電率が約 3 . 5 程度となっている。これに対し、S P S 樹脂の誘電率は、非強化品で 2 . 6、強化品で 2 . 8 と一般的な樹脂よりも低誘電率である。したがって、絶縁樹脂の厚みの上限が構造上規制され、P B T 樹脂などではインピーダンスが低く足りない場合は、S P S 樹脂を使用することで静電容量を小さくすることが可能となる。

30

【 0 0 3 5 】

さらに、図 2 に示すように、誘電体層 5 0 が外側鉄心 3 1 a と内側鉄心 3 1 b とに分離するような回転体 3 0 の構成とすることにより、製造工程において、シャフト 1 6 がない状態で回転子鉄心と絶縁樹脂を一体成形することが可能となる。このため、シャフトと回転子鉄心間の誘電体層を設けるような構造と比較して、図 2 に示すような構造は、シャフトがない状態で回転体 3 0 を成形することが可能となり、生産性を高めることができる。また、図 2 に示すような構造であれば、シャフト 1 6 の品種が変わっても、シャフト 1 6 をカシメまたは圧入することで固定することが可能となるため、品種切替の対応が容易となり、これによっても、生産性を向上することができる。

40

【 0 0 3 6 】

図 3 および図 4 は、本発明の実施の形態におけるブラシレスモータの回転体の具体的な構成例を示した図である。図 3 および図 4 は、回転体を上面から見た構成例を示している。図 3 および図 4 に示す回転体は、それぞれの図に示すように、外側鉄心 3 1 a と内側鉄心 3 1 b との径方向の間において、径方向の幅が異なる複数種類の円弧を組み合わせたような形状の誘電体層 5 0 を有している。すなわち、誘電体層 5 0 は、少なくとも外周側と内周側のいずれかにおいて、凸の突起形状と凹の突起形状とを繰り返し周回するような形状である。また、外側鉄心 3 1 a と内側鉄心 3 1 b とが、このような形状の誘電体層 5 0

50

に嵌合している。

【0037】

図2に示したように誘電体層50を完全なリング形状とした場合、回転時における空転などのおそれがある。これに対し、図3および図4に示すような誘電体層50の形状とすることにより、空転防止のための突起が誘電体層50と鉄心との間に挿入された構造となり、空転防止とともに回転強度を高めることができる。より具体例には、空転防止のための突起が互いに対向する位置となるように、各突起を外側鉄心31aおよび内側鉄心31bそれぞれに設けている。

【0038】

また、図4に示す回転体は、誘電体層50がその一部の領域に空気層または空孔のような空隙40である空孔部を含む構成例を示している。図4に示す回転体は、空隙40の影響で外側鉄心31aと内側鉄心31bとの保持強度の低下が大きくなるように、厚肉の部分に空隙40を設けている。また、回転中のアンバランスが大きくなるように、均等かつ同一形状の空隙40を4箇所設けている。ところで、空気の誘電率は、1程度であるため、絶縁樹脂に比べて非常に小さい。したがって、絶縁樹脂の厚みの上限が構造上規制され、かつSPS樹脂を使用しても回転子側（軸受内輪側）のインピーダンスが低く、軸電圧が高い場合や絶縁樹脂の使用量が多く高コストになる場合は、絶縁樹脂の一部に空気層や空孔を形成させることで静電容量を小さくすることが可能となり、回転子側（軸受内輪側）のインピーダンスをより高くすることができる。

【0039】

（参考例）

図5は、ブラシレスモータの回転子の参考例を示した図である。

【0040】

図5に示す回転体30は、最外周部にフェライト樹脂磁石32を配置し、さらに、内周側に向かって、回転子鉄心31、絶縁樹脂で形成された誘電体層50と順に配置されている。図5に示す回転体30は、このように、フェライト樹脂磁石32、回転子鉄心31、誘電体層50を形成する絶縁樹脂が一体形成された構成である。また、誘電体層50の内周の締結部51において、回転体30がシャフト16に締結される。すなわち、回転体30が誘電体層50を介してシャフト16に締結されたような構成である。回転子14はこのような構成であってもよく、回転子鉄心31とシャフト16との間に誘電体層50による静電容量が直列接続された構成となり、回転子14のインピーダンスを高くできる。

【0041】

以下、本発明を実施例を用いてより具体的に説明する。なお、本発明は以下の実施例に限定されるものではなく、本発明の要旨を変更しない限りにおいて、これらの実施例によって限定されるものではない。

【0042】

（実施例1）

図6は、本実施例1に用いたブラシレスモータの回転子の断面を示す図である。図6に示すように、回転子鉄心31とシャフト16間を誘電体層50により絶縁している。

【0043】

回転子鉄心31の内径を変化させることで、誘電体層50を形成する絶縁樹脂の厚さを変化させた場合の軸電圧を測定した。絶縁樹脂材料は、誘電率3.6のPBT樹脂と誘電率2.8のSPS樹脂の2種類で実施した。また測定は、同一固定子を使用し、それぞれの回転子を入替える方法で測定を実施した。軸受には、ミネベア製608（グリースはちょう度239のものを使用）を使用した。

【0044】

図7は、本実施例1の軸電圧の測定方法を示す図である。軸電圧測定時には直流安定化電源を使用し、巻線の電源電圧Vdcを391V、制御回路の電源電圧Vccを15Vとし、回転数1000r/minの同一運転条件下で測定を行った。なお、回転数は制御電圧Vspにて調整し、運転時のブラシレスモータ姿勢はシャフト水平とした。

## 【 0 0 4 5 】

軸電圧の測定は、デジタルオシロスコープ 1 3 0 ( テクトロニクス製 D P O 7 1 0 4 ) と高電圧差動プローブ 1 2 0 ( テクトロニクス製 P 5 2 0 5 ) により、電圧波形を観測して、波形崩れが発生しないかどうか確認を行い、ピーク - ピーク間の測定電圧を軸電圧とした。

## 【 0 0 4 6 】

また、軸電圧の波形崩れについては、完全波形崩れ、一部波形崩れ、波形崩れなしの 3 分類に区分けを行った。

## 【 0 0 4 7 】

図 8 から図 1 0 は、このような波形崩れの一例を示す図であり、図 8 は完全波形崩れ、図 9 は一部波形崩れ、図 1 0 は波形崩れなしの場合の波形を示している。図 8 から図 1 0 において、測定時の横軸時間は  $50 \mu s / div$  の同一条件としている。なお、デジタルオシロスコープ 1 3 0 は、絶縁トランス 1 4 0 にて絶縁している。

## 【 0 0 4 8 】

また、高電圧差動プローブ 1 2 0 の + 側 1 2 0 a は、長さ約 3 0 c m のリード線 1 1 0 を介し、リード線の導体を直径約 1 5 m m のループ状にして、その内周をシャフト 1 6 の外周に導電接触させることで、シャフト 1 6 に電氣的に接続している。高電圧差動プローブ 1 2 0 の - 側 1 2 0 b は、長さ約 3 0 c m のリード線 1 1 1 を介し、ブラケット 1 7 にリード線 1 1 1 の先端を導電性テープ 1 1 2 にて導電接触させることで、ブラケット 1 7 に電氣的に接続している。このような構成で、ブラケット 1 7 とシャフト 1 6 との間の電圧である軸電圧の測定を実施した。

## 【 0 0 4 9 】

( 比較例 1 )

図 6 と同一の形状の回転子で、回転子鉄心 3 1 とシャフト 1 6 間が絶縁されていないものを使用して、実施例 1 と同様な方法で軸電圧を測定した。

## 【 0 0 5 0 】

表 1 に、実施例 1 と比較例 1 との測定結果を示す。

## 【 0 0 5 1 】

## 【 表 1 】

樹脂厚		比較例 1	実施例 1						
		樹脂なし (0mm)	0.2mm	0.5mm	0.75mm	1.0mm	2.0mm	2.5mm	3.5mm
PBT樹脂	軸電圧	V	35.2	9.9	7.9	6.2	5.9	2.7	3.0
	波形状態		完全波形 崩れ	一部波形 崩れ	一部波形 崩れ	波形崩 れなし	波形崩 れなし	波形崩 れなし	波形崩 れなし
SPS樹脂	軸電圧	V	—	8.4	5.9	3.7	3.4	3.5	3.3
	波形状態		—	一部波形 崩れ	波形崩れ なし	波形崩 れなし	波形崩 れなし	波形崩 れなし	波形崩 れなし

## 【 0 0 5 2 】

表 1 から明らかなように、誘電体層 5 0 を設けることにより軸電圧を低くすることができる。さらに、軸電圧が 1 0 V 以下であれば、波形崩れ ( 軸受内部の油膜の絶縁破壊電圧 ) の回数は極端に減少しており、軸受の電食発生を防止する効果をより高めることができる。また、絶縁厚さが厚くなることで、軸電圧は低下しており、6 . 5 V 以下の領域で波形崩れがなくなるため、さらに、軸受の電食発生を抑制することができる。さらには、絶縁材料に S P S 樹脂を使用することで P B T 樹脂を使用した場合よりも、同一絶縁厚さで低い軸電圧とすることができる。

## 【 0 0 5 3 】

( 実施例 2 )

実施例 2 では、実施例 1 と同一のブラシレスモータでインピーダンスの測定を実施した。

10

20

30

40

50



## 【 0 0 5 4 】

インピーダンスの測定は、エヌエフ回路設計ブロック製の L C R メータ Z M 2 3 5 3 およびテストリード 2 3 2 5 A を使用して、巻線の電源電圧 V d c のリード線とシャフト 1 6 間のインピーダンスを測定した。なお、測定は未回転の状態で、ブラシレスモータ姿勢はシャフト水平とし、測定条件は電圧 1 V、周波数 1 0 k H z にて測定を実施した。

## 【 0 0 5 5 】

また、運転中のインピーダンス状態を確認するために、運転中の軸電位を測定した。

## 【 0 0 5 6 】

図 1 1 は、本実施例 2 の軸電位の測定方法を示す図である。運転状態および条件は実施例 1 と同様とし、軸電位の測定は、デジタルオシロスコープ 1 3 0 ( テクトロニクス製 D P O 7 1 0 4 ) と受動プローブ 1 5 0 ( テクトロニクス製 P 6 1 3 9 A ) により、電圧波形を観測して、ピーク - ピーク間の測定電圧を軸電位とした。

## 【 0 0 5 7 】

測定時の横軸時間は実施例 1 と同様に 5 0  $\mu$  s / d i v の同一条件とし、デジタルオシロスコープ 1 3 0 は、絶縁トランス 1 4 0 にて絶縁している。

## 【 0 0 5 8 】

また、受動プローブ 1 5 0 のプローブ側 1 5 0 a は、長さ約 3 0 c m のリード線 1 1 0 を介し、リード線の導体を直径約 1 5 m m のループ状にして、その内周をシャフト 1 6 の外周に導電接触させることで、シャフト 1 6 に電氣的に接続している。受動プローブ 1 5 0 の接地側 1 5 0 b は、巻線の電源電圧 V d c の電源に使用している安定化電源のグラウンドに接続して測定を実施した。このような構成で、巻線の電源電圧 V d c のグラウンドとシャフト 1 6 との間の電位である軸電位の測定を実施した。

## 【 0 0 5 9 】

( 比較例 2 )

図 6 と同一の形状の回転子で、回転子鉄心 3 1 とシャフト 1 6 間が絶縁されていないものを使用して、実施例 2 と同様な方法でインピーダンスと軸電位を測定した。

## 【 0 0 6 0 】

表 2 に、実施例 2 と比較例 2 との測定結果を示す。

## 【 0 0 6 1 】

## 【 表 2 】

			比較例 2	実施例2						
樹脂厚			樹脂なし	0.2mm	0.5mm	0.75mm	1.0mm	2.0mm	2.5mm	3.5mm
P B T 樹脂	インピー ダンス	k Ω	227	434	455	467	486	506	524	537
	軸電位	V	170	121	114	112	110	106	104	102
S P S 樹脂	インピー ダンス	k Ω	—	446	469	490	516	536	543	554
	軸電位	V	—	117	112	108	108	102	102	100

## 【 0 0 6 2 】

表 2 から明らかなように、回転子を絶縁構造とすることで、回転子のインピーダンスを 4 0 0 k 以上とすることができる。また、同一厚さでのインピーダンスは、P B T 樹脂を S P S 樹脂とすることで、高くすることが可能となる。すなわち、樹脂にて絶縁された固定子鉄心と固定子巻線とを絶縁樹脂にてモールド一体成形しているモールドモータの場合、グラウンドとブラケット間(固定子側)のインピーダンスは、5 0 0 k 程度であるため、グラウンドとシャフト間のインピーダンスを 4 0 0 k 以上にすることで、グラウンドと

ブラケット間（固定子側）のインピーダンスに近似するため、軸電圧を低くすることができる。

【0063】

軸電位もインピーダンスと同様に、回転子を絶縁構造とすることで、軸電位を低くすることができる。また、同一厚さでの軸電位も同様に、PBT樹脂をSPS樹脂とすることで、低くすることが可能となる。

【0064】

（実施例3）

実施例1の測定では、差動プローブ120の+側120aをシャフト16（軸受内輪）に接続し、-側120bをブラケット17（軸受外輪）に接続した。図8から図10に記載している電圧波形は上向きであることから、シャフト16（軸受内輪）側の電位がブラケット17（軸受外輪）側よりも高いことがわかる。したがって、電流の方向は軸受内輪側から軸受外輪側へ流れているものと判断できる。

10

【0065】

図12は、絶縁の樹脂厚を厚くしたときの軸電圧の波形を示す図である。図12に示すように、絶縁の樹脂厚を厚くすることで、軸電圧の波形は下向き、すなわち図8から図10の場合と逆向きに变化する。軸電圧波形が下向きの場合、電流の方向は軸受外輪側から軸受内輪側へ流れているものと判断できる。電圧波形の方向が变化するのは、回転子14の絶縁厚を厚くすることで回転子14側のインピーダンスが高くなり、固定子10側のインピーダンスよりも高い状態になったものと判断できる。

20

【0066】

また、上記絶縁仕様での電食防止効果を確認するために、絶縁厚が0.2mm、1.0mm、2.0mmおよび2.5mmの同一仕様のブラシレスモータを準備し、電食耐久試験にて電食抑制の効果確認を実施した。

【0067】

なお、電食耐久試験は、巻線の電源電圧Vdcを391V、制御回路の電源電圧Vccを15V、制御電圧Vspを3V、回転数を1000rpm、ブラシレスモータ姿勢をシャフト水平、雰囲気温度を10とし、無負荷の条件下で試験を実施した。

【0068】

また、電食を通常よりも加速するため、軸受の鉄ボール7個の内1個のみを鉄ボールとして残りをセラミックボールとする特殊な軸受を出力軸側（基板側）に取り付けた。反出力軸側（モールド樹脂側）は、完全な絶縁状態とするためにセラミックボール仕様の軸受を取り付けた。

30

【0069】

また、電食の判定は、聴感での異常とベアリング内部の波状摩耗を確認した時点で、電食寿命と判断している。

【0070】

（比較例3）

図6と同一の形状の回転子で、回転子鉄心31とシャフト16間が絶縁されていないものを使用して、実施例3と同様な方法で電流方向の確認と電食耐久試験を実施した。

40

【0071】

表3に、実施例3と比較例3との測定結果を示す。

【0072】

【表 3】

			比較例3		実施例3					
樹脂厚			樹脂なし (0mm)	0.2mm	0.5mm	0.75mm	1.0mm	2.0mm	2.5mm	3.5mm
P B T 樹脂	軸電圧	V	35.2	9.9	7.9	6.2	5.9	2.7	3.0	3.1
	軸電圧波形 の向き		上向き	上向き	上向き	上向き	上向き	上向き	下向き	下向き
	電流方向		内輪→外 輪	内輪→外 輪	内輪→外 輪	内輪→外 輪	内輪→外 輪	内輪→外 輪	外輪→内 輪	外輪→内 輪
	インピーダンス	k Ω	227	434	455	467	486	506	524	537
	電食耐久試 験結果	h	≤ 500	1000～ 1500	—	—	1500～ 2000	1500～ 2000	2000≤	—
S P S 樹脂	軸電圧	V	—	8.4	5.9	3.7	3.4	3.5	3.5	3.3
	軸電圧波形 の向き		—	上向き	上向き	上向き	上向き	下向き	下向き	下向き
	電流方向		—	内輪→外 輪	内輪→外 輪	内輪→外 輪	内輪→外 輪	外輪→内 輪	外輪→内 輪	外輪→内 輪
	インピーダンス	k Ω	—	446	469	490	516	536	543	554
	電食耐久試 験結果	h	—	1000～ 1500	—	—	1500～ 2000	2000≤	2000≤	—

10

## 【0073】

表3の結果から明らかなように、回転子を絶縁構造とし軸電圧を10V以下とすることで、電食寿命を従来よりも2～3倍程度にすることができる。さらに、軸電圧を6.5V以下とし、波形崩れのない状態とすることで、電食寿命を従来よりも3～4倍程度にすることができる。

20

## 【0074】

さらに、電源リード線とシャフト間のインピーダンスを520k以上にする事で、回転子側のインピーダンスが固定子側のインピーダンスよりも高くなり、電流の方向を軸受外輪から軸受内輪に変化させることで、電食寿命を4倍以上にすることができる。すなわち、樹脂にて絶縁された固定子鉄心と固定子巻線とを絶縁樹脂にてモールド一体成形しているモールドモータの場合、グラウンドとブラケット間（固定子側）のインピーダンスは、500k程度である。そこで、グラウンドとシャフト間（回転子側）のインピーダンスを520k以上にする事で、グラウンドとブラケット間（固定子側）のインピーダンスよりも、グラウンドとシャフト間（回転子側）のインピーダンスが高くなるため、電流方向を軸受外輪から軸受内輪にすることができる。

30

## 【0075】

（実施例4）

実施例4では、図3に示した構造の回転体と図4に示した構造の回転体とを、実施例1で使用した同一の固定子にそれぞれ入替えて、実施例1と同様な方法で軸電圧を測定した。また、実施例2と同様な方法でインピーダンスと軸電位の測定も実施した。

## 【0076】

また、誘電体層50を形成する絶縁材料にはPBT樹脂を使用した。樹脂厚の最小部分を2.5mmとし、空転防止のための突起を外側鉄心31a、内側鉄心31bそれぞれに設けている。

40

## 【0077】

（比較例4）

実施例1で作製したPBT樹脂の2.5mm厚絶縁仕様の軸電圧、インピーダンスおよび軸電位の測定結果を比較例とした。

## 【0078】

表4に、実施例4と比較例4との測定結果を示す。

## 【0079】

【表 4】

			比較例4	実施例4	
			シャフト絶縁	分割鉄心絶縁	分割鉄心絶縁 + 空隙
樹脂厚			2.5mm	2.5mm	2.5mm
PBT樹脂	軸電圧	V	3.0	3.3	3.5
	波形状態		波形崩れなし	波形崩れなし	波形崩れなし
	インピーダンス	kΩ	524	522	537
	軸電位		104	104	102

10

## 【0080】

表4の結果から明らかなように、図5に示したようなシャフト絶縁から図2に示したような分割鉄心絶縁に変更しても、電極面積を増加させない鉄心形状にすることで軸電圧、インピーダンスおよび軸電位を同等にすることができる。

## 【0081】

また、空隙40のような空孔部を設けることにより、インピーダンスを高くし、軸電位の低減が可能となる。

## 【0082】

20

これらの結果からもわかるように、本発明の電動機は、従来の電動機に比べて、軸電圧が低減しインピーダンスを高くでき、軸電位の低減も可能となり、電動機の軸受電食の発生防止に極めて優れた効果を持つ。

## 【0083】

(実施の形態2)

本実施の形態では、本発明における電気機器の例としてエアコン室内機の構成について説明する。

## 【0084】

図13は、本発明の実施の形態2における電気機器の例としてのエアコン室内機の構成を示した模式図である。

30

## 【0085】

図13において、エアコン室内機210の筐体内にはブラシレスモータ201が搭載されている。そのブラシレスモータ201の回転軸にはクロスフローファン212が取り付けられている。ブラシレスモータ201はモータ駆動装置213によって駆動される。モータ駆動装置213からの通電により、ブラシレスモータ201が回転し、それに伴いクロスフローファン212が回転する。そのクロスフローファン212の回転により、室内機用熱交換器(図示せず)によって空気調和された空気を室内に送風する。ここで、ブラシレスモータ201は、例えば、上記実施の形態で示す電動機が適用できる。

## 【0086】

本発明の電気機器は、ブラシレスモータと、そのブラシレスモータが搭載された筐体とを備え、ブラシレスモータとして上記構成の本発明の電動機を採用したものである。

40

## 【0087】

以上の説明では、本発明にかかる電気機器の実施例として、エアコン室内機に搭載されるブラシレスモータを取り上げたが、その他の電気機器に搭載される電動機、例えば、各種家電用機器に使用されるブラシレスモータや、各種情報機器に搭載されるブラシレスモータ、産業機器に使用されるブラシレスモータにも適用できることは言うまでもない。

## 【0088】

以上説明したように、本発明の電動機は、巻線を巻装した固定子鉄心を含む固定子と、固定子に対向して周方向に複数の永久磁石を保持した回転体とその回転体の中央を貫通するように回転体を締結したシャフトとを含む回転子と、シャフトを支持する軸受と、軸受

50

を固定するブラケットとを備え、シャフトと回転体の外周との間に誘電体層を設けた構成である。このため、シャフトと回転体の外周との間に設けた誘電体層により、低インピーダンスの回転子において、等価的に誘電体層による静電容量が直列接続された構成となり、回転子側のインピーダンスを高くすることが可能となる。その結果、軸受内輪側と軸受外輪側とのインピーダンスを近似させることができる。これによって、軸受内輪側と軸受外輪側との高周波的な電位のバランスをとることができ、PWMなどによる高周波によって生じる軸受の電食の発生を防止することが可能となる。したがって、本発明の電動機によれば、軸受における電食の発生を防止した電動機を提供することができる。また、本発明の電動機を電気機器に組み込むことにより、軸受における電食の発生を防止した電動機を備えた電気機器を提供することができる。

10

#### 【0089】

なお、実施の形態1では、誘電体層の形状として図2から図4に示した形状の例を挙げて説明したが、これ以外の形状であってもよく、誘電体層の静電容量により回転子のインピーダンスを高くできればよい。

#### 【0090】

また、回転子が固定子の内周側に回転自在に配置されたインナロータ型の電動機の例を挙げて説明したが、回転子が固定子の外周側に配置されたアウトロータ型、さらには内外周両側に回転子を配置したツインロータ型の電動機において上述したような誘電体層を設けることによって、同様の効果を得ることができる。

20

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【0091】

本発明の電動機は、軸電圧を減少させることが可能であり、軸受の電食発生を防止するのに最適である。このため、主に電動機の低価格化および高寿命化が要望される電気機器で、例えばエアコン室内機、エアコン室外機、給湯機、空気清浄機などに搭載される電動機に有効である。

#### 【符号の説明】

#### 【0092】

- 10 固定子
- 11 固定子鉄心
- 12 固定子巻線
- 13 絶縁樹脂
- 14 回転子
- 15 軸受
- 16 シャフト
- 17 ブラケット
- 18 プリント基板
- 20 グランド線
- 21 樹脂（インシュレータ）
- 30 回転体
- 31 回転子鉄心
- 31a 外側鉄心
- 31b 内側鉄心
- 32 磁石
- 40 空隙（空孔部）
- 50 誘電体層
- 110, 111 リード線
- 112 導電性テープ
- 120 差動プローブ
- 130 デジタルオシロスコープ
- 140 絶縁トランス

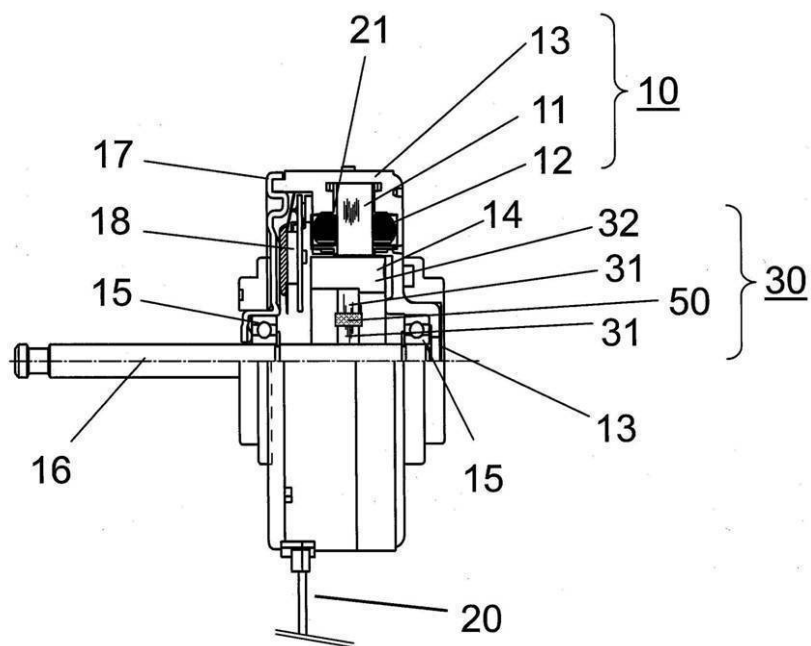
30

40

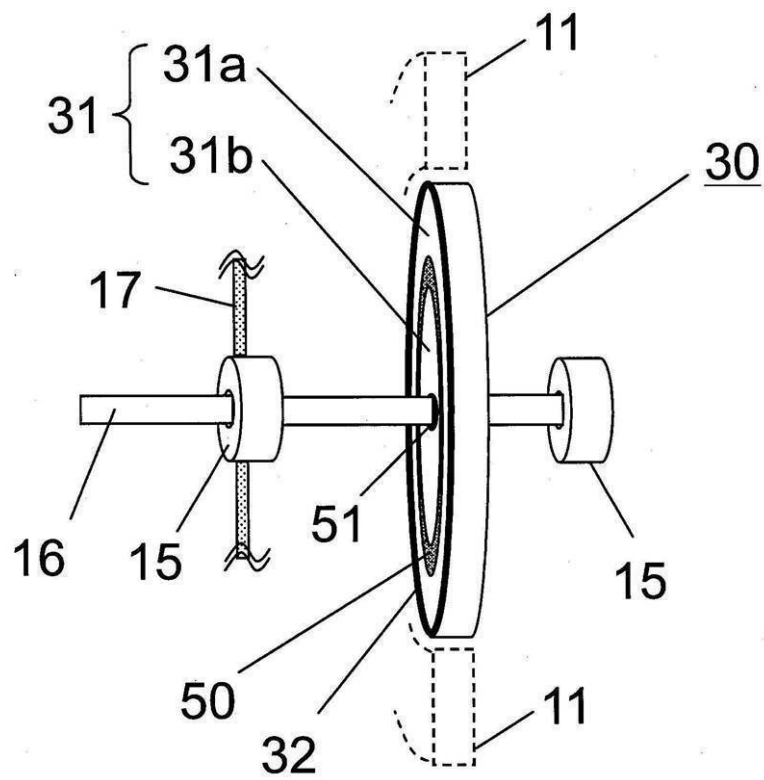
50

- 1 5 0 受動プローブ
- 2 0 1 ブラシレスモータ
- 2 1 0 エアコン室内機
- 2 1 2 クロスフローファン
- 2 1 3 モータ駆動装置

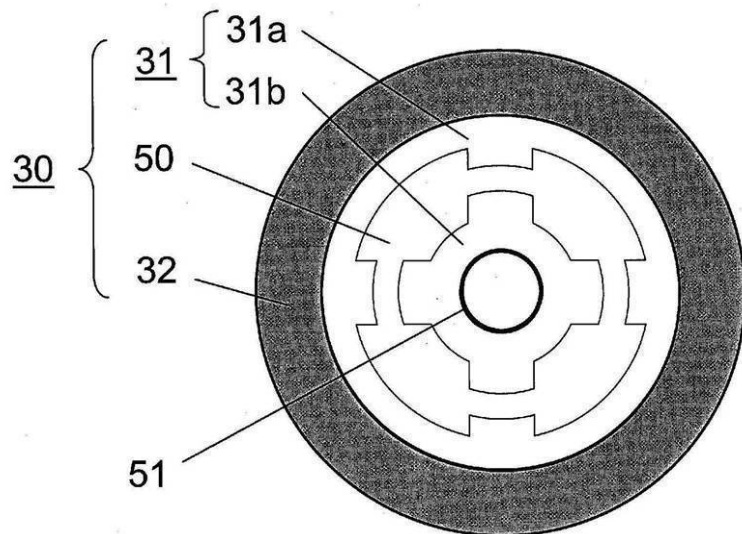
【図 1】



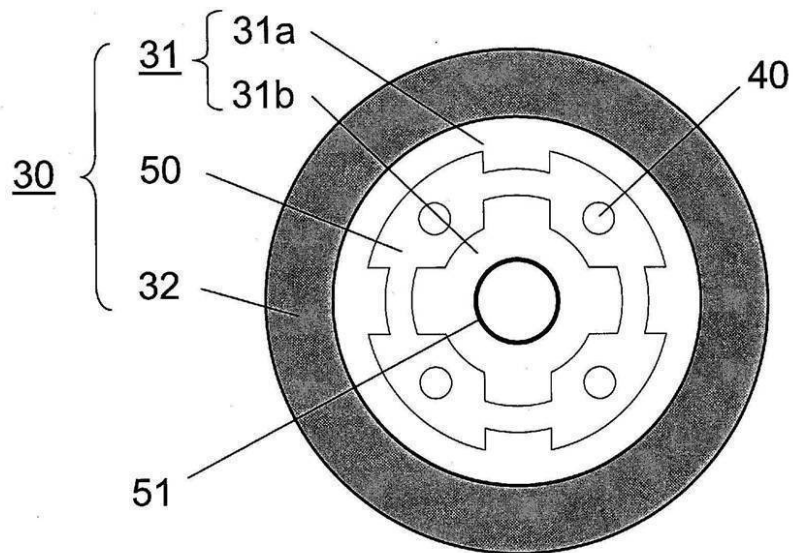
【図2】



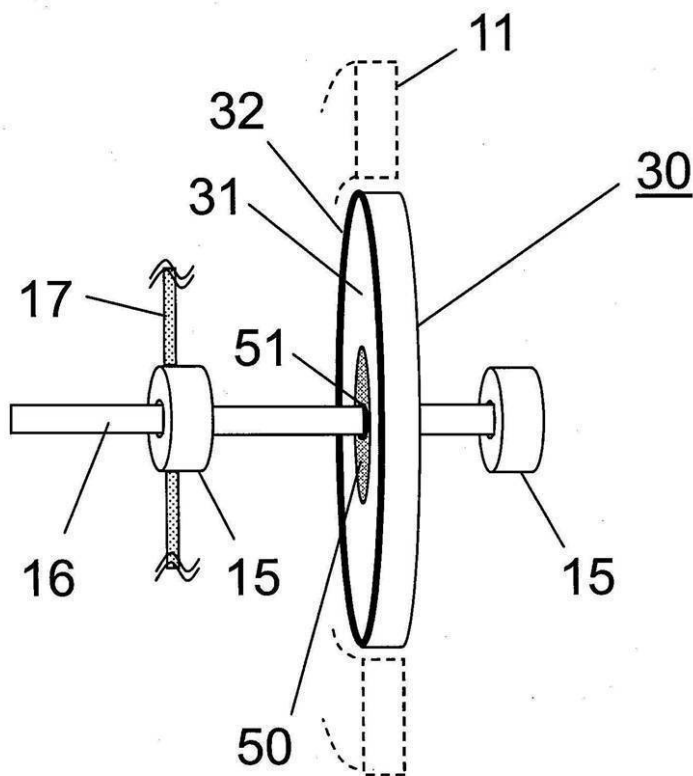
【図3】



【図4】

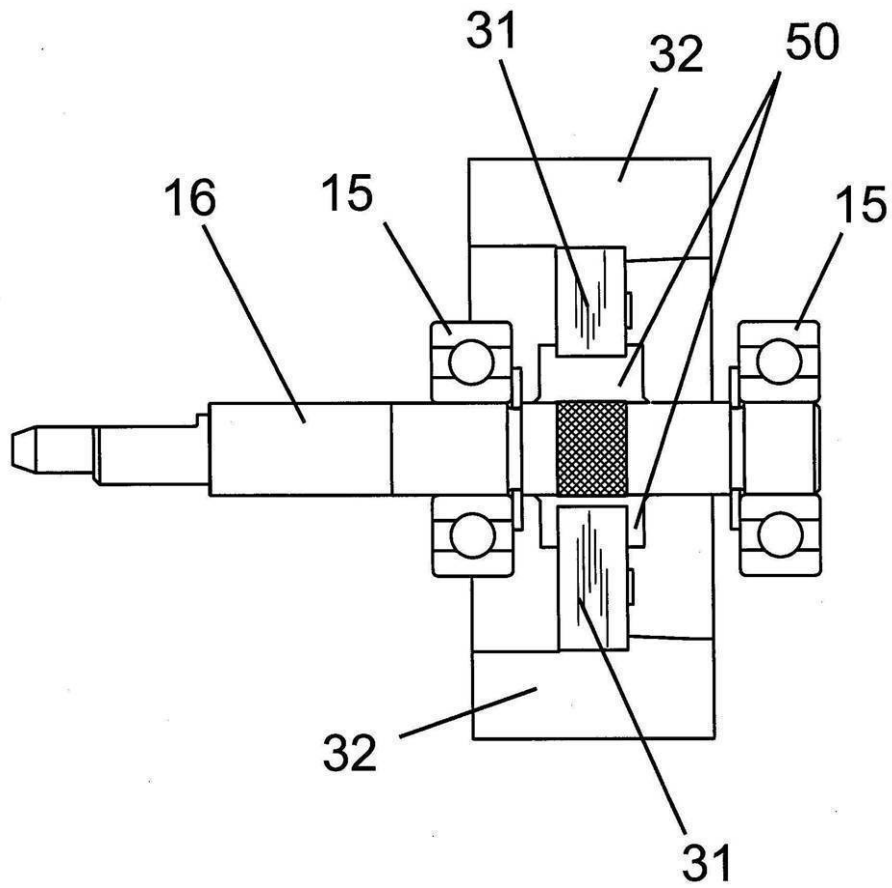


【図5】

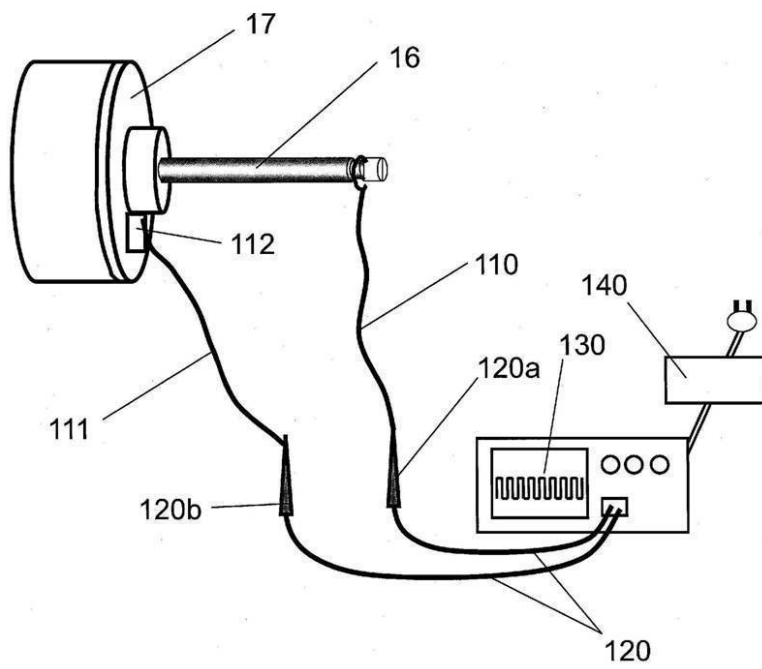




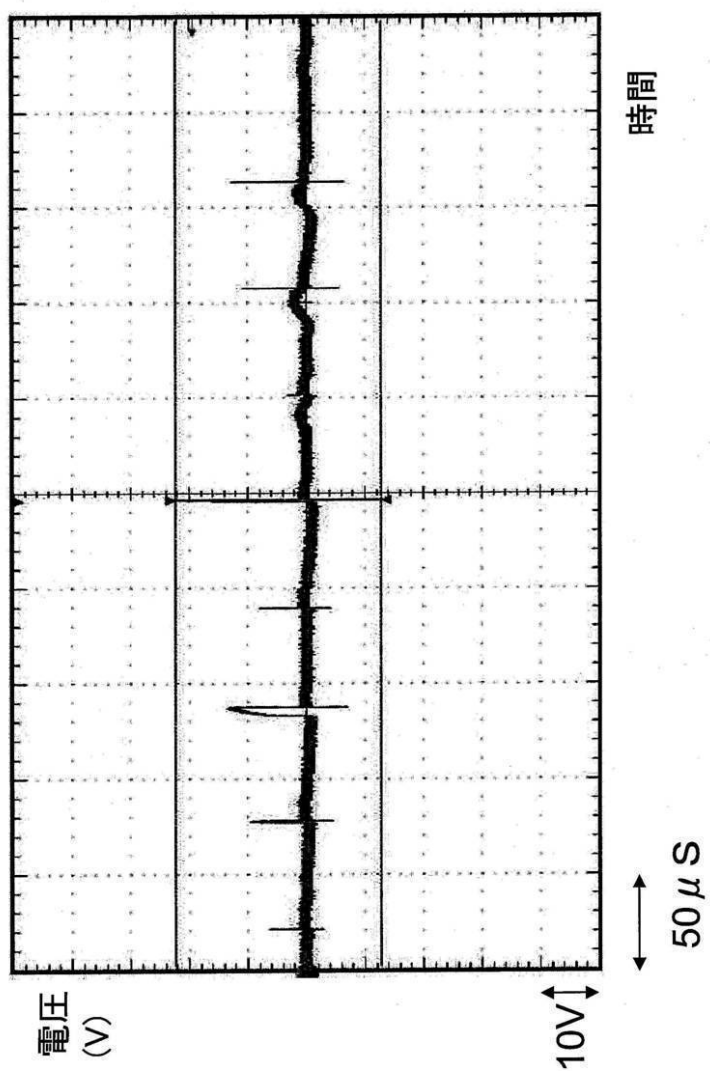
【図 6】



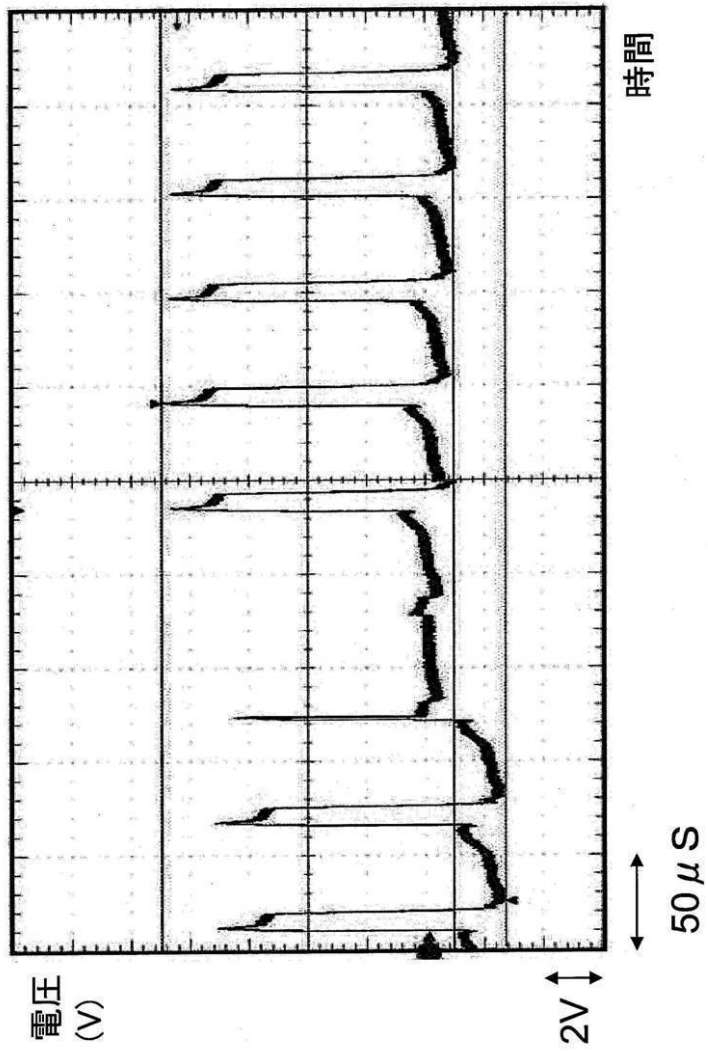
【図 7】



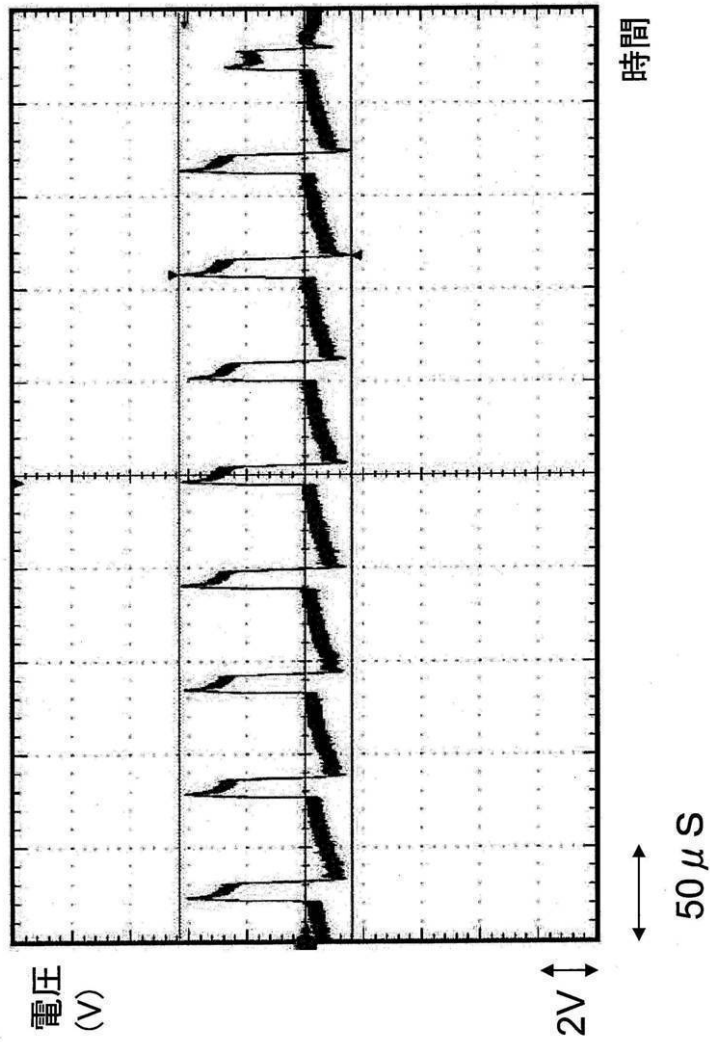
【図 8】



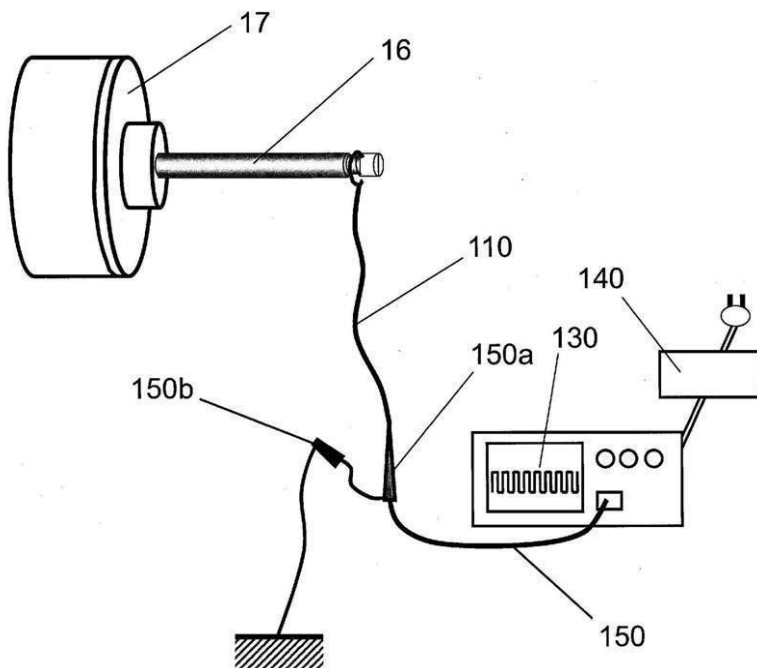
【図 9】



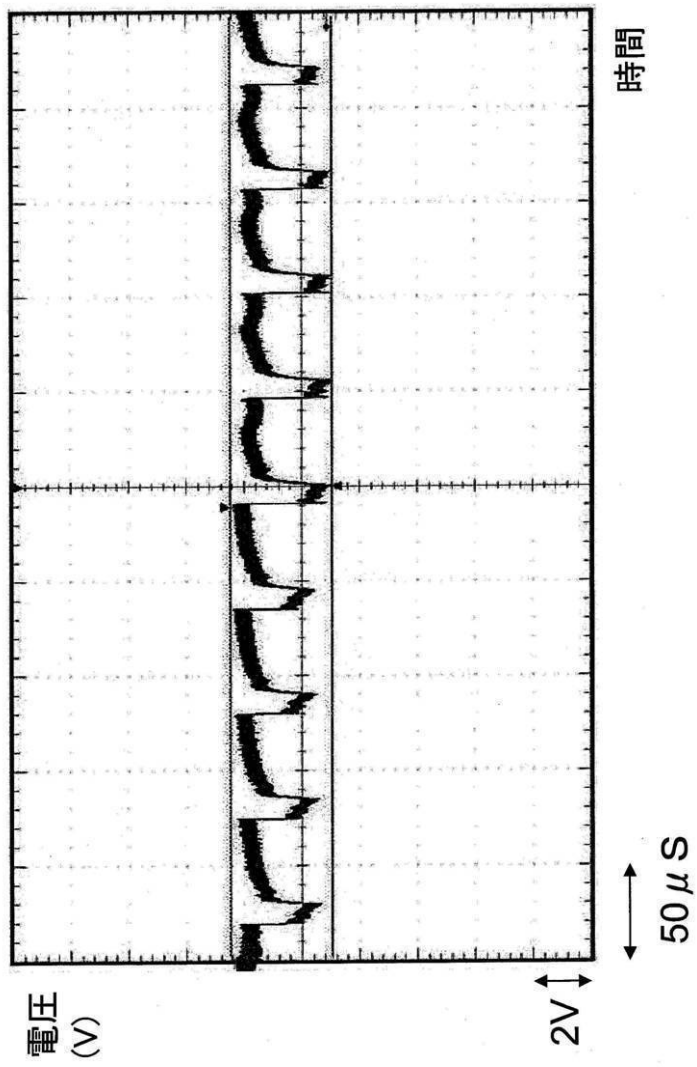
【図 10】



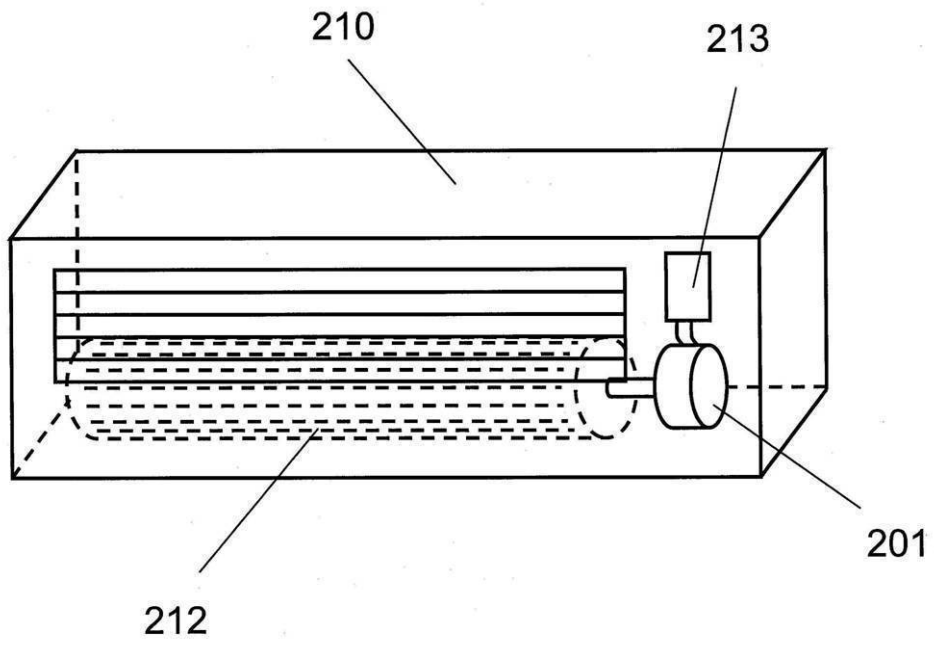
【図 11】



【図 12】



【図 13】



---

フロントページの続き

合議体

審判長 田村 嘉章

審判官 川口 真一

審判官 楨原 進

- (56)参考文献 特開平 6 - 8 6 4 8 5 ( J P , A )  
特開昭 6 1 - 4 9 5 7 0 ( J P , A )  
特開平 1 1 - 1 7 8 2 9 4 ( J P , A )  
特開 2 0 0 6 - 1 8 7 1 4 4 ( J P , A )  
特開 2 0 0 5 - 1 9 8 3 7 4 ( J P , A )

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H02K 5/16