

(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2014-75892

(P2014-75892A)

(43) 公開日 平成26年4月24日(2014.4.24)

(51) Int. Cl. F I テーマコード (参考)
H02K 1/27 (2006.01) H02K 1/27 501A 5H622
 H02K 1/27 501K

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2012-221445 (P2012-221445)
 (22) 出願日 平成24年10月3日 (2012.10.3)

(71) 出願人 000003207
 トヨタ自動車株式会社
 愛知県豊田市トヨタ町1番地
 (74) 代理人 110001210
 特許業務法人Y K I 国際特許事務所
 (72) 発明者 服部 宏之
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
 Fターム(参考) 5H622 AA06 CA02 CA07 CA13 CB03
 CB05 PP03

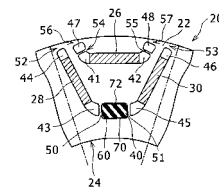
(54) 【発明の名称】 回転電機のロータ

(57) 【要約】

【課題】 回転電機のロータにおいて、ロータコアに設けられるフラックスバリアの間のブリッジを細くしてもロータコアの強度を維持できるようにすることである。

【解決手段】 ステータの外周側内部に周方向に間隔を置いて複数の磁極が設けられる回転電機のロータ20における各磁極は、磁極を形成する第1磁石26、第2磁石28、第3磁石30の両端にそれぞれ設けられる端部空隙部41~46と、磁石よりも内径側に配置され、ブリッジに囲まれた内径側空隙部40と、磁石よりも外径側に配置され、ブリッジに囲まれた外径側空隙部47, 48と、内径側空隙部40の径方向端面70, 72に予め定めた結合手段で結合されて内径側空隙部40に充填される非磁性体60を含む。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ステータの内周側に配置され、周方向に間隔を置いて複数の磁極が設けられる回転電機のロータであって、

各磁極は、

磁極を形成する磁石の両端に設けられる端部空隙部と、

磁石よりも内径側に配置され、ブリッジに囲まれた内径側空隙部と、

内径側空隙部の径方向端面に予め定めた結合手段で結合されて内径側空隙部に充填される非磁性体と、

を含むことを特徴とする回転電機のロータ。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の回転電機のロータにおいて、

非磁性体は、冷媒が流通できる中空状であることを特徴とする回転電機のロータ。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載の回転電機のロータにおいて、

端部空隙部に予め定めた結合手段で結合される非磁性体が充填されることを特徴とする回転電機のロータ。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のいずれか 1 に記載の回転電機のロータにおいて、

各磁極は、磁石よりも外径側に配置され、ブリッジに囲まれた外径側空隙部を含み、外径側空隙部は、非磁性体が充填されない空隙のままであることを特徴とする回転電機のロータ。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、回転電機のロータに係り、特に、ロータコアにフラックスバリアとなる空隙部が設けられる回転電機のロータに関する。

【背景技術】

【0002】

リラクタンスモータのトルクは、 d 軸インダクタンス L_d と q 軸インダクタンス L_q との差に比例する。そこで、特許文献 1 に述べられるように、磁路を列設したロータにおいて、切断部（フラックスバリア）をロータ内周側に配置することで、 L_d / L_q の値を大きくすることが行われる。

30

【0003】

特許文献 2, 3 には、ロータが、外周側内部に埋設された第 1 磁石と、第 1 磁石の周方向両側に埋設され外周側に向かって略 V 字状に配置される 2 つの第 2 永久磁石と、2 つの第 2 永久磁石の内周側位置で第 1 永久磁石に対向する低透磁率の第 1 領域を有する構成が開示される。ここで、第 1 領域は空隙穴、あるいは樹脂等が充填された穴である。

【0004】

なお、特許文献 4 には、周方向に並ぶ複数の穴部にそれぞれ磁石が挿入され、磁石挿入孔に樹脂部材を充填し接着ではなく充填によって磁石を固定することが述べられている。また、特許文献 5 には、ロータ回転軸の軸方向に貫通させて磁石挿入孔を設け、磁石挿入孔を永久磁石が収容されて占有する部分よりも拡張してそこに冷媒通路を設けることが述べられている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2009 - 296685 号公報

【特許文献 2】特開 2012 - 161226 号公報

【特許文献 3】特開 2012 - 161227 号公報

50

【特許文献4】特開2007-236020号公報

【特許文献5】特開2009-303293号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

高トルク化のためにフラックスバリアを広くすると、フラックスバリア間あるいはフラックスバリアとロータコアの端部との間のブリッジが細くなり、ロータコアの強度が低下する。なお、フラックスバリアに樹脂等を単に充填すると、その分の質量が増加して、ロータ回転の際の遠心力によりブリッジに大きな応力がかかることになる。

【0007】

本発明の目的は、ブリッジを細くしてもロータコアの強度を維持できる回転電機のロータを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明に係る回転電機のロータは、ステータの内周側に配置され、周方向に間隔を置いて複数の磁極が設けられる回転電機のロータであって、各磁極は、磁極を形成する磁石の両端に設けられる端部空隙部と、磁石よりも内径側に配置され、ブリッジに囲まれた内径側空隙部と、内径側空隙部の径方向端面に予め定めた結合手段で結合されて内径側空隙部に充填される非磁性体と、を含むことを特徴とする。

【0009】

また、本発明に係る回転電機のロータにおいて、非磁性体は、冷媒が流通できる中空状であることが好ましい。

【0010】

また、本発明に係る回転電機のロータにおいて、端部空隙部に予め定めた結合手段で結合される非磁性体が充填されることが好ましい。

【0011】

また、本発明に係る回転電機のロータにおいて、各磁極は、磁石よりも外径側に配置され、ブリッジに囲まれた外径側空隙部を含み、外径側空隙部は、非磁性体が充填されない空隙のままであることが好ましい。

【発明の効果】

【0012】

上記構成により、回転電機のロータは、磁石よりも内径側に配置され、ブリッジに囲まれた内径側空隙部に非磁性体はその径方向端面に予め定めた結合手段で結合されて充填される。非磁性体は、内径側空隙部に単に充填されるだけでなく、予め定めた結合手段で結合されるので、ロータコアの剛性が高まり、ブリッジを細くしてもロータコアの強度を維持できる。

【0013】

ブリッジを細くすることでフラックスバリア性が高まってトルクに無効な磁束を低減できる。これによって磁石量を低減でき、また、ロータの小型化が可能になる。さらに、回転電機の高回転化が可能になり、回転電機の小型化、低コスト化も可能となる。また、トルクに無効な磁束を低減できることから回転電機の損失が低減し、回転電機の発熱を抑制でき、回転電機を搭載する車両の燃費が向上する。

【0014】

また、回転電機のロータにおいて、非磁性体は、冷媒が流通できる中空状であるので、ロータコアを冷却することができ、また、軽量化を図れる。

【0015】

また、回転電機のロータにおいて、磁石の両端の端部空隙部に非磁性体が予め定めた結合手段で結合されて充填される。これによりロータコアの剛性がさらに高まり、ブリッジをさらに細くしてもロータコアの強度を維持できる。

【0016】

10

20

30

40

50

なお、磁石の両端の端部空隙部に充填される非磁性体を冷媒が流通する中空状として、ロータコアを冷却し、軽量化を図れる。特に、ロータコアの熱膨張係数と磁石の熱膨張係数の差によって非磁性体が損傷することを避けることができる。

【0017】

また、回転電機のロータにおいて、磁石よりも外径側に配置され、ブリッジに囲まれた外径側空隙部を含む。この外径側空隙部には非磁性体が充填されず、空隙のままである。非磁性体を充填した場合に比べ空隙のままとすることで、ロータが回転して生じる遠心力によってロータコア端面と外径側空隙部との間のブリッジにかかる応力を小さくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】本発明の実施の形態におけるロータが組み込まれる回転電機の構成図である。

【図2】図1のA部の拡大図で、ロータの1つの磁極の構成図である。

【図3】本発明の実施の形態において、内径側空隙部に中空部を有する磁性体が配置される例を示す図である。

【図4】本発明の実施の形態において、端部空隙部にも非磁性体が充填される例を示す図である。

【図5】図4の変形例として、内径側空隙部と共に端部空隙部にも中空部を有する磁性体が配置される例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下に図面を用いて本発明に係る実施の形態につき、詳細に説明する。以下では、ロータが8つの磁極を有するものとして述べるが、これは一例であって、回転電機のロータの仕様に応じて磁極数は適宜変更できる。以下で述べる磁石の配置、各種空隙部の形状と配置等は例示であって、回転電機のロータの仕様に応じ、適宜変更が可能である。

【0020】

以下では、全ての図面において、一または対応する要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【0021】

図1は、車両に搭載される回転電機10の軸方向に垂直な面における断面図である。回転電機10は、回転電機のステータ12と回転電機のロータ20を含み、三相同期型回転電機である。

【0022】

回転電機のステータ12は、図1では部分断面図で示されているが、ステータコア14と、ステータコア14の周方向に沿って配置される複数の突極16と、突極16に複数回巻回される巻線部18を含む。

【0023】

ステータコア14は、内周側に複数の突極16が配置される円環状の磁性体部材である。かかるステータコア14は、所定の形状の電磁鋼板を複数枚積層して形成される。

【0024】

巻線部18は、U相巻線、V相巻線、W相巻線の三相巻線を含む。各相巻線は、予め定められた分布巻配置方法に従い、隣接する突極16の間の空間であるスロットを順次通って、所定の突極16に順次巻回される。ステータコア14の周方向に沿って、U相巻線、V相巻線、W相巻線が順次配置され、一周するので、突極16の数は、3の倍数である。

【0025】

回転電機のロータ20は、ロータコア22の周方向に沿って複数の磁石が埋め込まれて複数の磁極を形成する磁石埋込型ロータである。図1では、8つの磁極が示されている。

図2は、1つの磁極についての拡大図である。

【0026】

ロータコア22は、中心部に回転軸が固定される中心穴24を有し、周方向に沿って配

10

20

30

40

50

置される磁極ごとに所定の形状を有する複数の穴が打ち抜かれた円環状の磁性体部材である。かかるロータコア 22 は、所定の形状の電磁鋼板を複数枚積層して形成される。したがって、ロータコア 22 に形成される複数の穴は、すべて軸方向に貫通している。

【0027】

第 1 磁石 26 は、ロータコア 22 の外周側において、長手方向が周方向に沿うように配置される永久磁石である。かかる第 1 磁石 26 として、ネオジム磁石等を用いることができる。

【0028】

第 1 磁石 26 は、第 1 磁石挿入用の穴に挿入されて配置されるが、第 1 磁石挿入用の穴は、第 1 磁石 26 の長手方向よりも長い長手方向を有する穴である。図 2 に示される端部空隙部 41, 42 は、第 1 磁石挿入用の穴に第 1 磁石 26 が挿入されたときに第 1 磁石 26 の両端部において空隙となる穴の一部である。

10

【0029】

第 2 磁石 28 と第 3 磁石 30 は、第 1 磁石 26 の周方向の両側にそれぞれ対称的に配置される永久磁石である。第 2 磁石 28 と第 3 磁石 30 は、長手方向がロータコア 22 のほぼ径方向に沿うように若干傾斜し、両磁石 28, 30 が略 V 字型に配置される。図 2 に示されるように、略 V 字型をなす第 2 磁石 28 と第 3 磁石 30 のなす角度は、1 つの磁極がロータコア 22 の中心から見た見込角度よりもやや小さい角度に設定される。図 1 の例では、8 つの磁極であるので 1 つの磁極がロータコア 22 の中心から見た見込角度は $(360 \text{度} / 8) = 45 \text{度}$ であるが、略 V 字型をなす第 2 磁石 28 と第 3 磁石 30 のなす角度は、これより小さい $40 \sim 35 \text{度}$ 程度に設定される。かかる第 2 磁石 28 と第 3 磁石 30 は、第 1 磁石 26 と同じ材質、同じ寸法のものを用いることができる。

20

【0030】

第 2 磁石 28、第 3 磁石 30 は、それぞれ第 2 磁石挿入用の穴、第 3 磁石挿入用の穴に挿入されるが、これらの穴は、第 2 磁石 28 の長手方向、第 3 磁石 30 の長手方向よりも長い長手方向を有する穴である。図 2 に示される端部空隙部 43, 44 は、第 2 磁石挿入用の穴に第 2 磁石 28 が挿入されたときに第 2 磁石 28 の両端部において空隙となる穴の一部で、端部空隙部 45, 46 は、第 3 磁石挿入用の穴に第 3 磁石 30 が挿入されたときに第 3 磁石 30 の両端部において空隙となる穴の一部である。

【0031】

このように端部空隙部 41, 42, 43, 44, 45, 46 は、ロータコア 22 に配置される第 1 磁石 26、第 2 磁石 28、第 3 磁石 30 の両端に設けられる空隙部で、磁石を磁石挿入穴に固定するための固定用樹脂供給穴として用いることができる。また、ロータコア 22 において磁束の流れを制限するフラックスバリアとして機能する。

30

【0032】

内径側空隙部 40 は、第 1 磁石 26、第 2 磁石 28、第 3 磁石 30 のどれよりもロータコア 22 の内径側に配置され、磁石が挿入されない穴である。

【0033】

外径側空隙部 47, 48 は、第 1 磁石 26、第 2 磁石 28、第 3 磁石 30 のどれよりもロータコア 22 の外径側に配置され、磁石が挿入されない穴である。

40

【0034】

ブリッジ 50 は、第 2 磁石 28 の端部空隙部 43 と内径側空隙部 40 との間の磁性体の部分である。同様に、ブリッジ 51 は、第 3 磁石 30 の端部空隙部 45 と内径側空隙部 40 との間の磁性体の部分である。

【0035】

ブリッジ 52 は、第 2 磁石 28 の端部空隙部 44 とロータコア 22 の外周端部との間の磁性体の部分である。同様に、ブリッジ 53 は、第 3 磁石 30 の端部空隙部 46 とロータコア 22 の外周端部との間の磁性体の部分である。

【0036】

ブリッジ 54 は、第 1 磁石 26 の端部空隙部 41 と外径側空隙部 47 との間の磁性体の

50

部分である。同様に、ブリッジ 5 5 は、第 1 磁石 2 6 の端部空隙部 4 2 と外径側空隙部 4 8 との間の磁性体の部分である。

【 0 0 3 7 】

ブリッジ 5 6 は、外径側空隙部 4 7 とロータコア 2 2 の外周端部との間の磁性体の部分である。同様に、ブリッジ 5 7 は、外径側空隙部 4 8 とロータコア 2 2 の外周端部との間の磁性体の部分である。

【 0 0 3 8 】

内径側空隙部 4 0 における非磁性体 6 0 は、内径側空隙部 4 0 の径方向端面 7 0 , 7 2 に予め定めた結合手段で結合されて内径側空隙部 4 0 に充填される樹脂である。樹脂としては、エポキシ系樹脂等を用いることができる。樹脂以外の非磁性金属、セラミック等を用いてもよい。その場合には、遠心力の影響を考慮し、できるだけ小さい比質量を有する材料を用いることがよい。

【 0 0 3 9 】

予め定めた結合手段とは、単に樹脂を内径側空隙部 4 0 に注入して配置するだけでなく、少なくとも径方向端面 7 0 , 7 2 において、ロータコア 2 2 の磁性体と樹脂である非磁性体 6 0 が強固に結合して、ロータコア 2 2 の強度を向上させる手段である。向上したときのロータコア 2 2 の強度は、回転電機の小型化等の仕様等から設定されるブリッジ 5 0 ~ 5 7 の幅寸法において、回転電機の仕様の高速回転下の遠心力によってブリッジ 5 0 ~ 5 7 が破断しないように設定される。例えば、従来仕様のブリッジ 5 0 ~ 5 7 の幅寸法を約 2 mm として、これを小型化等の仕様から約 1 mm としたとして、同じ高速回転下の条件の下で、ブリッジ 5 0 ~ 5 7 の強度が従来仕様の約 2 mm の幅のときと同程度となるように設定される。なお、これは説明のための例示であって、ブリッジ 5 0 ~ 5 7 の幅寸法はこれ以外であってもよい。

【 0 0 4 0 】

予め定めた結合手段は、接着や溶接等の外部部材による結合方法、物理的結合方法、分子間の化学的結合方法を用いることができる。物理的結合方法の一例は、内径側空隙部 4 0 の内壁面に凹凸部を設け、非磁性体 6 0 を噛みこませるアンカー効果を用いる方法である。化学的結合方法の一例は、内径側空隙部 4 0 の内壁面に所定の薬剤処理によって皮膜を形成し、この皮膜と非磁性体 6 0 との間の化学反応によって分子的に結合させる方法である。

【 0 0 4 1 】

上記構成の作用効果は以下の通りである。磁石と空隙部の透磁率は、ロータコア 2 2 の磁性体の透磁率よりも小さい。そこで、外径側空隙部 4 7 と、端部空隙部 4 1 と、第 1 磁石 2 6 と、端部空隙部 4 2 と、外径側空隙部 4 8 は、ロータコア 2 2 の各磁極において、略 U 字型となる外径側のフラックスバリアを形成する。また、端部空隙部 4 4、第 2 磁石 2 8、端部空隙部 4 3、内径側空隙部 4 0、端部空隙部 4 5、第 3 磁石 3 0、端部空隙部 4 6 は、ロータコア 2 2 の各磁極において、略 U 字型となる内径側のフラックスバリアを形成する。

【 0 0 4 2 】

この内径側の U 字型のフラックスバリアと、外径側の略 U 字型のフラックスバリアで挟まれる部分は、ロータコア 2 2 の磁性体で構成されるので透磁率が高く、例えば、特許文献 2 , 3 の構成の回転電機に用いるときは、この部分が q 軸磁路となる。内径側の U 字型のフラックスバリアは、ブリッジ 5 6 , 5 4 , 5 5 , 5 7 によって断続的となり、外径側の U 字型のフラックスバリアは、ブリッジ 5 2 , 5 0 , 5 1 , 5 3 によって断続的となり、これらのブリッジ 5 0 ~ 5 7 を通って、上記の q 軸磁路から無効磁束が漏れる。

【 0 0 4 3 】

ここで、内径側空隙部 4 0 には、所定の結合手段によって結合された非磁性体 6 0 が充填されるので、ロータコア 2 2 の強度が向上する。非磁性体 6 0 が充填されることで回転電機の回転による遠心力の影響でブリッジ 5 0 ~ 5 7 に応力が働くが、その影響の下でもブリッジ 5 0 ~ 5 7 が破断しないロータコア 2 2 の強度となるように、非磁性体 6 0 は内

10

20

30

40

50

径側空隙部 40 にしっかりと結合される。内径側空隙部 40 以外の外径側空隙部 47, 48、端部空隙部 41 ~ 46 に非磁性体を充填しないのは、これらの空隙部が内径側空隙部 40 よりも外径側にあるので遠心力の影響が内径側空隙部 40 よりも大きく、より強い結合が必要となるためである。換言すれば、ロータコア 22 の強度を向上しやすいのは、より内径側の空隙部に非磁性体 60 を結合によって配置することである。

【0044】

このようにロータコア 22 の強度が向上するので、ブリッジ 50 ~ 57 の幅寸法を狭くすることができる。ブリッジ 50 ~ 57 の幅寸法を狭くすることで、ブリッジ 50 ~ 57 を通って漏れる無効磁束を低減できる。

【0045】

無効磁束が低減されることで、まず、磁石量を低減できる。これによってロータの小型化が可能になる。また、ロータコア 22 の強度が向上するので、回転電機の高回転化が可能になる。この面からも回転電機の小型化、低コスト化が可能となる。また、無効磁束が低減されることから、回転電機の損失が低減し、回転電機の発熱を抑制でき、回転電機を搭載する車両の燃費が向上する。

【0046】

上記では、内径側空隙部 40 の内部全体に非磁性体 60 を配置するものとした。非磁性体 60 は、内径側空隙部 40 の内壁面に強固に結合させることでロータコア 22 の強度向上を図るものである。したがって、内径側空隙部 40 の内壁面側に非磁性体 60 を強固に結合すればよく、内径側空隙部 40 の中心部に非磁性体 60 を配置しなくてもよい。図 3 に示す回転電機のロータ 80 は、内径側空隙部 40 に配置される非磁性体 82 の中心部に冷媒を通すことができる貫通穴 84 を設け、中空状とした例を示す図である。

【0047】

非磁性体 82 は、内径側空隙部 40 の少なくとも径方向端面 70, 72 を含む内壁面において、予め定めた結合手段によって強固に結合されることは、図 2 の場合と同様である。したがって、ロータコア 22 の強度は図 2 の場合と同様に向上する。非磁性体 82 を中空状とすることで、非磁性体 82 の量を少なくでき、遠心力の影響を少なくできる。また、ロータコア 22 のより一層の軽量化を図ることができる。また、貫通穴 84 に冷媒を流すことで、回転電機のロータ 80 を冷却することができる。

【0048】

上記では、内径側空隙部 40 よりも外径側にある外径側空隙部 47, 48、端部空隙部 41 ~ 46 に非磁性体を充填しないものとして説明した。最も遠心力の影響を受けるのは、最外周にある外径側空隙部 47, 48 であるので、回転電機の仕様によっては、端部空隙部 41 ~ 46 に非磁性体を充填することができる。図 4 に示す回転電機のロータ 90 は、端部空隙部 41 ~ 46 に、それぞれ、予め定めた結合手段によって結合させた非磁性体 51 ~ 57 を充填した例を示す図である。これによって、ロータコア 22 の強度が向上する分だけ、ブリッジ 50 ~ 57 の幅寸法を狭くすることができる。この場合でも、外径側空隙部 47, 48 は、空隙のままとすることが好ましい。

【0049】

図 3 では、内径側空隙部 40 に配置される非磁性体 82 を中空状としたが、図 4 の構成において、端部空隙部 41 ~ 46 にそれぞれ配置される非磁性体 61 ~ 66 を中空状としてもよい。図 5 は、そのような構造の回転電機のロータ 100 の部分図で、ここでは、内径側空隙部 40 に隣接する端部空隙部 43, 45 が示されている。端部空隙部 43 に充填される非磁性体 102 は、冷媒を通すことができる貫通穴 104 を中心部に有する中空状である。同様に、端部空隙部 45 に充填される非磁性体 106 は、冷媒を通すことができる貫通穴 108 を中心部に有する中空状である。

【0050】

これによってロータコア 22 を冷却し、ロータコア 22 のさらなる軽量化を図れる。また、ロータコア 22 の磁性体の熱膨張係数と、第 2 磁石 28 または第 3 磁石 30 の熱膨張係数の差によって、非磁性体 102, 106 が応力を受けることが考えられるが、中空状

10

20

30

40

50

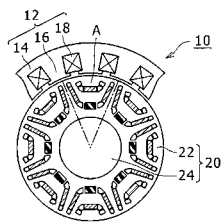
とすることで、その応力によって非磁性体 102, 106 が損傷することを避けることができる。

【符号の説明】

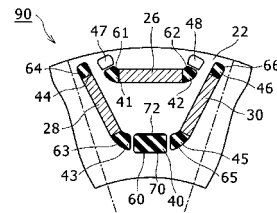
【0051】

10 回転電機、12 回転電機のステータ、14 ステータコア、16 突極、18 巻線部、20, 80, 90, 100 回転電機のロータ、22 ロータコア、24 中心穴、26 第1磁石、28 第2磁石、30 第3磁石、40 内径側空隙部、41, 42, 43, 44, 45, 46 端部空隙部、47, 48 外径側空隙部、50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57 プリッジ、60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 82, 102, 106 非磁性体、70, 72 径方向端面、84, 104, 108 貫通穴。

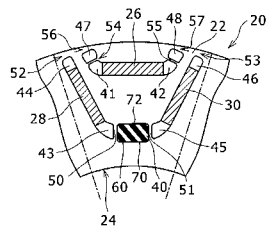
【図1】



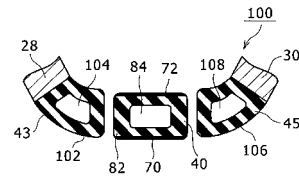
【図4】



【図2】



【図5】



【図3】

