

(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2009-65755  
(P2009-65755A)

(43) 公開日 平成21年3月26日(2009.3.26)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>H02K 33/16</b> (2006.01)	H02K 33/16 A	3H076
<b>F04B 35/04</b> (2006.01)	F04B 35/04	5H633

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2007-230173 (P2007-230173)  
(22) 出願日 平成19年9月5日(2007.9.5)

(71) 出願人 591083244  
富士電機システムズ株式会社  
東京都品川区大崎一丁目11番2号  
(74) 代理人 100150441  
弁理士 松本 洋一  
(74) 代理人 100133167  
弁理士 山本 浩  
(72) 発明者 松本 伸  
東京都日野市富士町1番地 富士電機アド  
バンストテクノロジー株式会社内  
(72) 発明者 大嶋 恵司  
東京都日野市富士町1番地 富士電機アド  
バンストテクノロジー株式会社内

最終頁に続く

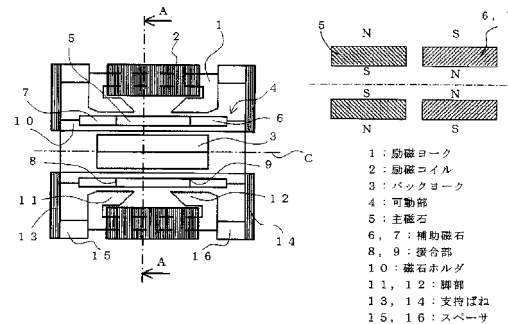
(54) 【発明の名称】 振動型モータおよびそれを用いた振動型圧縮機

(57) 【要約】

【課題】 補助磁石による推力増大効果を低減させることなく、設計パラメータを簡素化し、モータの効率を上げ、低コスト、高信頼性を実現する振動型モータおよびそれを用いた可動磁石型圧縮機を提供する。

【解決手段】 内周側及び外周側が異極に着磁された永久磁石からなるほぼ円筒状の主磁石と、この主磁石の軸方向両端部にそれぞれ同軸状に接合され、かつ、内周側及び外周側が前記主磁石とは逆極性で着磁された永久磁石からなるほぼ円筒状の補助磁石とを有する可動部、前記可動部の半径方向外側に一定の空隙部を介して、前記可動部に対向する二つの脚部を備え、前記可動部の円周方向に均等に配置された複数個の励磁ヨーク、前記複数個の励磁ヨークに個別に巻装され、前記脚部に磁束を発生させる励磁コイル、前記可動部の半径方向内側に、前記励磁ヨークと対向するように配置されている、円筒状のバックヨークを備える。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

内周側及び外周側が異極に着磁された永久磁石からなるほぼ円筒状の主磁石と、この主磁石の軸方向両端部にそれぞれ同軸状に接合され、かつ、内周側及び外周側が前記主磁石とは逆極性で着磁された永久磁石からなるほぼ円筒状の補助磁石とを有する可動部、

前記可動部の半径方向外側に一定の空隙部を介して、前記可動部に対向する二つの脚部を備え、前記可動部の円周方向に均等に配置された複数の励磁ヨーク、

前記複数の励磁ヨークに個別に巻装され、前記脚部に磁束を発生させる励磁コイル、

前記可動部の半径方向内側に、前記励磁ヨークと対向するように配置されている、円筒状のバックヨークを備え、

前記励磁コイルに交流電流を通流して前記可動部を軸方向に往復動させるようにしたことを特徴とする振動型モータ。

## 【請求項 2】

前記励磁ヨークが磁束方向に分割せず一体で構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載した振動型モータ。

## 【請求項 3】

前記励磁ヨークが電磁鋼板を積層し、カシメ接合していることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載した振動型モータ。

## 【請求項 4】

前記可動部の軸方向長さを、前記励磁ヨーク脚部において前期可動部に最も近い面の外側端部間の距離よりも長くしたことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 項に記載した振動型モータ。

## 【請求項 5】

外部との気密を保持する圧力ケーシングを有し、前記圧力ケーシングの内部において、前記圧力ケーシングの内壁と前記励磁コイルが接触していることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか 1 項に記載した振動型モータを搭載した振動型圧縮機。

## 【請求項 6】

前記励磁コイルが、良熱伝導材料により一体となるようモールド成型され、前記圧力ケーシングの内部において、前記圧力ケーシングの内壁と前記モールド成型部が接触していることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか 1 項に記載した振動型モータを搭載した振動型圧縮機。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、スターリング冷凍機の振動型圧縮機等に使用可能な振動型モータおよびそれを用いた振動型圧縮機に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

従来から、この種の振動型モータとして、可動磁石型のリニアモータ（以下、単に可動磁石型モータともいう）が使用されている。

図 5、図 6 は、可動磁石型モータの駆動原理を説明するための概略的な構成図であり、何れもほぼ円筒状のモータの中心軸 C に沿った断面図の一部を示している。

図 5 において、101 は励磁ヨーク、102 は励磁コイル、103 はバックヨーク、104 は励磁ヨーク 101 とバックヨーク 103 との間の空隙部に配置され、かつ内周側及び外周側が異極に着磁された円筒状の永久磁石からなる可動部、201 は可動部 104 による磁束である。なお、可動部 104 を支持するケーシングは図示を省略してある。

多くの可動磁石型モータでは、図示する如く可動部 104 として単極着磁された単一の永久磁石が使用されており、この可動部 104 はピストン（図示せず）と一体的に連結されていると共に、可動部 104 の軸方向両端部は、励磁ヨーク 101 の脚幅内に収められ

10

20

30

40

50

ている。

図5に示すように、可動部104の外周側をN極、内周側をS極とした場合、外周側から発生した磁束201は可動部104の外側を回って内周側に戻る。このため、可動部104の軸方向両端部では、上記の磁束201が、あたかも紙面垂直方向にそれぞれ逆向きに電流を流した場合に発生する磁束と等価になる。これを、永久磁石の等価電流 $I_M$ と呼ぶ。

【0003】

図6に示す如く、励磁コイル102に交流電流を加えて磁束Bを発生させ、この磁束Bを等価電流 $I_M$ が存在する空隙部Gに鎖交させると、空隙部Gに配置された可動部104は、フレミングの左手の法則に従い、図の左右方向の力（推力）を受けて往復運動する。

上記の推力Fは、簡易的に数式1によって算出することができる。

【0004】

【数1】

$$F = B \cdot 2I_M \cdot L_M$$

ここで、Bは空隙部Gの磁束密度、 $L_M$ は可動部104の周方向の平均長さである。

数式1において、通常の $B \cdot I \cdot L$ 則と異なって等価電流 $I_M$ が2倍されているのは、本モデルでは可動部104の軸方向両端部の2箇所等に等価電流 $I_M$ が存在するためである。

一方、可動部104は、図示していない軸方向に適正なばね力を持つ機械ばね（例えば、コイルばねや板ばね）を設置している（特許文献2参照）。これは、機械振動の共振点で運転させることで、入力電力を抑えることができるからである。一般的には、スターリング冷凍機では、40~80Hzの比較的低周波数で運転される。

また、図5，図6に示すように、励磁ヨーク101が励磁コイル102を覆うように配置するには、励磁ヨーク101を分割可能な構造とし、励磁ヨーク101と励磁コイル102を別個に製造した後に組み合わせて整合する必要がある。具体的には、励磁ヨーク101を、円筒周方向に分割された構造（特許文献2参照）や、円筒軸方向に脚部111，112が分割可能な構造とし、後に組み合わせて整合することが多い。

【0005】

ところで、モータの体格を変えずに（ $L_M = \text{一定}$ ）、推力Fを大きくするためには、数式1から明らかなように、空隙部の磁束密度Bまたは等価電流 $I_M$ を増加させればよい。

まず、磁束密度Bを増加させるには、空隙部のギャップ長を短くするか、励磁コイル102を流れる励磁電流を増加させる必要がある。しかし、前者の方法は、可動部104及びそれを支える部材が薄くなるため強度不足や加工コストの上昇を招き易く、後者の方法はジュール熱損失（ $I^2 R$ ）が増大して性能の低下を招くという問題がある。

一方、等価電流 $I_M$ を増加させるには、可動部104としての永久磁石の厚さを変えるほか、磁力がより大きい永久磁石を使うことが考えられるが、いずれもコストを上昇させる原因となる。

そこで、推力Fを大きくするための別の方法として、図7に示すような構造が考えられる。この可動磁石型モータは、円筒状の主磁石105の軸方向両端部に、主磁石105とは逆方向に着磁された円筒状の補助磁石106，107を同軸状かつ一体的に接合して可動部104Aを形成し、等価電流 $I_M$ を仮想的に増加させたものである。

なお、図7の構造によると、非励磁状態において主磁石105と補助磁石106，107との接合部分において磁束が打ち消し合うことにより、図5，図6の構造に比べて可動部104Aの中立位置における保持力が強くなり、いわゆる自動中立位置決め（セルフセンタリング）が容易になるという利点もある。

【0006】

図7に示したように、主磁石と一对の補助磁石とからなる可動部を備えた従来技術として、特許文献1に記載された可動磁石型モータが公知となっている。

10

20

30

40

50

図 8 は、特許文献 1 に記載された可動磁石型モータの構成図である。図 8 において、201 はバックヨーク、202 は励磁コイル、203 は励磁ヨーク、204 は可動部、205 は主磁石、206, 207 は補助磁石、300 はスターリングエンジン、301 はケーシング、302 はピストン、303 はディスプレイサである。また、210 は可動部 204 の中立位置を示す。

【特許文献 1】米国特許第 5 1 4 8 0 6 6 号明細書 ( F i g . 1 )

【特許文献 2】特開 2 0 0 5 - 9 3 9 7 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

10

従来技術において、図 5, 図 6 に示した可動部 104 が単一の永久磁石の場合には、磁石の変位量が大きくなるほど励磁ヨーク 101 を通る磁束が大きくなり、励磁コイル 102 の鎖交磁束が大きく変化する。

図 7 に示した可動部 104 A が主磁石 105 と補助磁石 106, 107 を使用した場合には、励磁ヨーク 101 において、脚部 111, 112 のみでほとんどの磁束がループするため、励磁コイル 102 の鎖交磁束がほとんど変化しない。しかし、略円筒状に巻かれた励磁コイル 102 を使用しているため、励磁コイル 102 の円筒軸に沿って永久磁石からなる可動部 104 A が運動すると、励磁コイル 102 の鎖交磁束が変化する。

いずれの場合においても励磁コイル 102 の鎖交磁束が変化するために起電力が発生し、電気共振の設計をするに際してこの起電力を考慮しなければならず、設計を困難にさせていた。

20

また、励磁ヨーク 101 を分割可能な構造とし、励磁ヨーク 101 と励磁コイル 102 を組み合わせることで、コスト的に高いものとなっていた。さらに、励磁コイル 102 を励磁ヨーク 101 が覆っているため、励磁コイル 102 の放熱環境が悪くモータ全体の効率を低下させるといった問題もあった。

【0008】

一方、励磁コイル 102 の半径方向外側に放射状に励磁ヨーク 101 を分割配置した場合には、複数ある励磁ヨークの全てを一本の励磁コイル 102 により励磁していることから、コイルインピーダンスが大きくなることでモータの力率が悪化し、電源への負担が大きくなっていった。

30

そこで、本発明の解決課題は、補助磁石による推力増大効果を低減させることなく、設計パラメータを簡素化し、モータの効率を上げ、低コスト、高信頼性を実現する振動型モータおよびそれを用いた可動磁石型圧縮機を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記課題を解決するため、請求項 1 に係る発明は、

内周側及び外周側が異極に着磁された永久磁石からなるほぼ円筒状の主磁石と、この主磁石の軸方向両端部にそれぞれ同軸状に接合され、かつ、内周側及び外周側が前記主磁石とは逆極性で着磁された永久磁石からなるほぼ円筒状の補助磁石とを有する可動部、

前期可動部の半径方向外側に一定の空隙部を介して、前記可動部に対向する二つの脚部を備え、前記可動部の円周方向に均等に配置された複数個の励磁ヨーク、

40

前記複数個の励磁ヨークに個別に巻装され、前記脚部に磁束を発生させる励磁コイル、前記可動部の半径方向内側に、前記励磁ヨークと対向するように配置されている、円筒状のバックヨークを備え、

前記励磁コイルに交流電流を通流して前記可動部を軸方向に往復動させるようにしたことを特徴とする。

請求項 2 に係る発明は、請求項 1 に記載した振動型モータにおいて、前記励磁ヨークが磁束方向に分割せず一体で構成されていることを特徴とする。

請求項 3 に係る発明は、請求項 1 または請求項 2 に記載した振動型モータにおいて、前記励磁ヨークが電磁鋼板を積層し、カシメ接合していることを特徴とする。

50

## 【 0 0 1 0 】

請求項 4 に係る発明は、請求項 1 乃至請求項 3 に記載した振動型モータにおいて、前記可動部の軸方向長さを、前記励磁ヨーク脚部において前期可動部に最も近い面の外側端部間の距離よりも長くしたことを特徴とする。

請求項 5 に係る発明は、請求項 1 乃至請求項 4 に記載した振動型モータを搭載した振動型圧縮機において、外部との気密を保持する圧力ケーシングを有し、前記圧力ケーシングの内部において、前記圧力ケーシングの内壁と前記励磁コイルが接触していることを特徴とする。

請求項 6 に係る発明は、請求項 1 乃至請求項 4 に記載した振動型モータを搭載した振動型圧縮機において、前記励磁コイルが、良熱伝導材料により一体となるようモールド成型され、前記圧力ケーシングの内部において、前記圧力ケーシングの内壁と前記モールド成型部が接触していることを特徴とする。

10

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 1 1 】

本発明によれば、補助磁石による推力増大効果を低減させることなく、設計パラメータを簡素化し、モータの効率を上げ、低コスト、高信頼性を実現する振動型モータおよびそれを用いた可動磁石型圧縮機を提供することが可能である。

## 【 発明を実施するための最良の形態 】

## 【 0 0 1 2 】

以下、図に沿って本発明の実施形態を説明する。

20

図 1 は本発明に係る振動型モータの実施態様の主要部を示す構成図であり、モータ中心軸 C に沿った断面図である。図 2 は図 1 に示した A - A 切断面の切断図である。

図 1 または図 2 において、1 は励磁ヨーク、2 は励磁ヨーク 1 に個別に巻装された励磁コイル、3 はバックヨーク、4 は励磁ヨーク 1 とバックヨーク 3 との空隙部に配置された円筒状の永久磁石からなる可動部である。

可動部 4 は、外周側を N 極、内周側を S 極に着磁した円筒状の主磁石 5 の軸方向両端部に、主磁石 5 とは逆方向に着磁された円筒状の補助磁石 6, 7 を同軸状かつ一体的に連結して構成されている。また、主磁石 5 及び補助磁石 6, 7 は磁石ホルダ 10 に固定されている。なお、8, 9 は、主磁石 5 と補助磁石 6, 7 との接合部である。

主磁石 5 及び補助磁石 6, 7 には、例えばネオジウムやサマリウムといった希土類の永久磁石が用いられる。

30

励磁コイル 2 が個別に巻装された複数の励磁ヨーク 1 は、図 2 に示すように円筒状の可動部 4 の半径方向外側に、磁束を発生させる 2 つの脚部 11, 12 の内径を基準に放射状に配置されている。

## 【 0 0 1 3 】

励磁ヨーク 1 は磁束方向に分割されずに一体に構成している。磁束方向に分割される場合に比べて、励磁ヨーク 1 の磁気抵抗が低減し、モータ効率が向上するからである。また、脚部 11, 12 の内径の同軸度は加工精度で決定されることになり、バックヨークとのクリアランスを均一に構成することが容易となる。これにより、製品性能のばらつきが抑えられると同時に、設計公差を緩和することが可能となり、コストダウンを図ることもできる。

40

励磁ヨーク 1 は、鉄板や珪素鋼板などを複数、積層して形成する方が好ましい。振動型モータのように交番磁界が加わる場合には、磁束に垂直な方向を絶縁することにより、励磁ヨーク 1 に発生する渦電流を抑制し、性能の低下を防止できるからである。

なお、励磁ヨーク 1 を積層して形成する場合には、プレス加工等をした積層用の鋼板等をカシメ接合することが好ましい。積層用の鋼板等をカシメ接合してブロック化することで、そのまま励磁コイル 2 の巻線加工が可能となるからである。さらに、積層された鋼板等が励磁コイル 2 により固定されて広がらなくなるため、溶接等の後加工を無くすこともでき、コストダウンを図ることができるからである。

軸方向に沿った補助磁石 6, 7 の長さは、モータストロークとして要求される最大変位

50

時にも、可動部 4 の両端部（補助磁石 6，7 の各一端）が脚部 11，12 にあって可動部 4 に最も近い面にかからないような長さとなっている。これは、補助磁石 6，7 の長さが短い場合には、補助磁石 6，7 の外側端部に存在する等価電流（図 8 参照）による反力を発生させてしまい、推力の増大効果が小さくなってしまいうためである。

#### 【0014】

支持ばね 13，14 はリング形状のスペーサ 15，16 を介して励磁ヨーク 1 と締結されている。なお、スペーサ 15，16 は非磁性材料（例えばステンレス）が用いられる。さらに、磁石ホルダ 10 の両端部は、支持ばね 13，14 に締結されている。

この支持ばね 13，14 は、例えば円板にスパイラル形状のスリットを加工したものが複数枚積層されたフレクチャーベアリングなるものが、一般的によく使用されている。この種のばねは、径方向の剛性が大きく強固に支持できるが、軸方向の剛性は小さく自由に振動することができるからである。

これにより、励磁ヨーク 1 を固定し、複数の励磁コイル 2 に同位相の交流電流を流すことで、主磁石 5 および補助磁石 6，7 に推力が働き、可動部 4 が固定されている磁石ホルダ 10 が左右へ運動することとなる。

複数の励磁ヨーク 1 に励磁コイル 2 が個別に巻装され、円筒状の可動部 4 の半径方向外側に放射状に配置されたことにより、励磁コイル 2 の内部で永久磁石が運動することはなく、励磁コイル 2 には起電力がほとんど発生せず、動特性を考慮した設計が容易になる。

また、分割された励磁ヨーク 1 を個別の励磁コイル 2 により励磁することで、コイルのインダクタンス成分が並列に配置された回路になり、インダクタンス成分が低減されことで、力率を向上することができる。

#### 【0015】

次に、図 3 は振動型モータを用いた圧縮機の実施態様の一つを示した構成図である。図 3 に示す圧縮機は、前述の振動型モータ 21 を覆うように圧力ケーシング 22 が設置されている。本発明に係る振動型モータの励磁コイル 2 はモータの最大外径部に存在する。よって、励磁コイル 2 と圧力ケーシング 22 を接触するように構成することが可能である。具体的な接触方法としては、圧入や焼きばめといった接触圧を高める方法で実現可能である。

このように構成することで、励磁コイル 2 の発熱を直に表面積の大きい圧力ケーシング 22 に熱伝導できるようになり、振動型モータ 21 の保護だけでなく、モータ効率も向上させることができる。

次に、図 4 は振動型モータを用いた圧縮機のもう一つの実施態様を示した構成図である。

図 4 に示すように、振動型モータ 21 から圧力ケーシング 22 への熱伝導性を高めると同時に、振動型モータ 21 の組立時の作業性を高めるために、少なくとも励磁ヨーク 1 および励磁コイル 2 を含む振動型モータ 21 の外周部を良熱伝導材料 31（例えばアルミニウム）にてモールド成型する。こうすることで、圧力ケーシング 22 と振動型モータの接触面が大きくなり、より放熱を促進することができ、励磁コイル 2 の絶縁の信頼性が向上する。

#### 【0016】

なお、組立は実施例 2 と同様に、圧入や焼きばめといった接触圧力が大きい方法で行われる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0017】

【図 1】本発明に係る振動型モータの実施態様を示す構成図である。

【図 2】本発明に係る振動型モータの A - A 断面図である。

【図 3】本発明に係る振動型モータを用いた圧縮機の第 1 実施態様の構成図である。

【図 4】本発明に係る振動型モータを用いた圧縮機の第 2 実施態様の構成図である。

【図 5】可動磁石型モータの駆動原理を説明するための構成図である。

【図 6】可動磁石型モータの駆動原理を説明するための構成図である。

10

20

30

40

50

【図7】従来技術を説明するための構成図である。

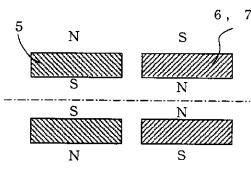
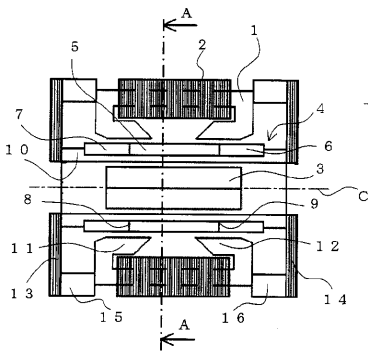
【図8】特許文献1に記載された従来技術を示す構成図である。

【符号の説明】

【0018】

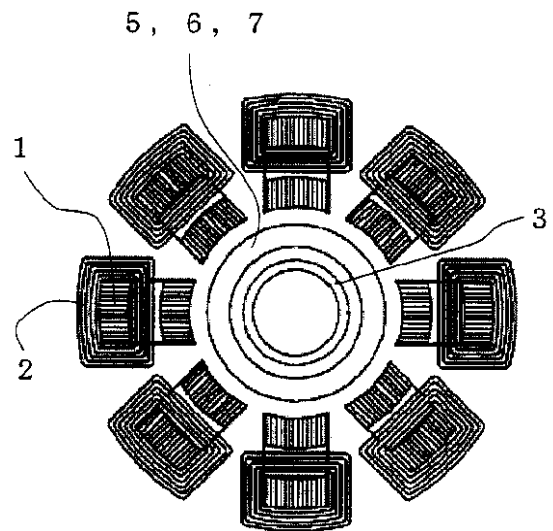
- 1：励磁ヨーク
- 2：励磁コイル
- 3：バックヨーク
- 4：可動部
- 5：主磁石
- 6, 7：補助磁石
- 8, 9：接合部
- 10：磁石ホルダ
- 11, 12：脚部
- 13, 14：支持ばね
- 15, 16：スペーサ

【図1】

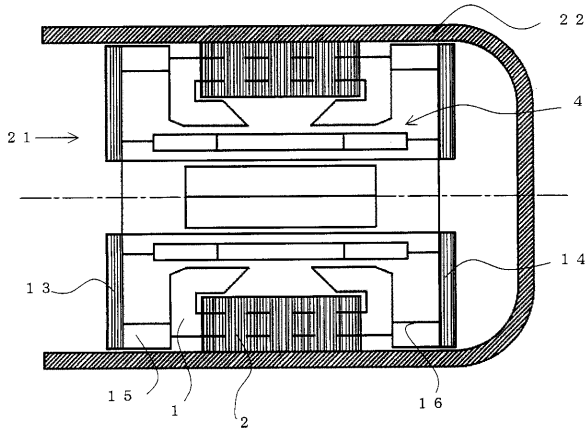


- 1：励磁ヨーク
- 2：励磁コイル
- 3：バックヨーク
- 4：可動部
- 5：主磁石
- 6, 7：補助磁石
- 8, 9：接合部
- 10：磁石ホルダ
- 11, 12：脚部
- 13, 14：支持ばね
- 15, 16：スペーサ

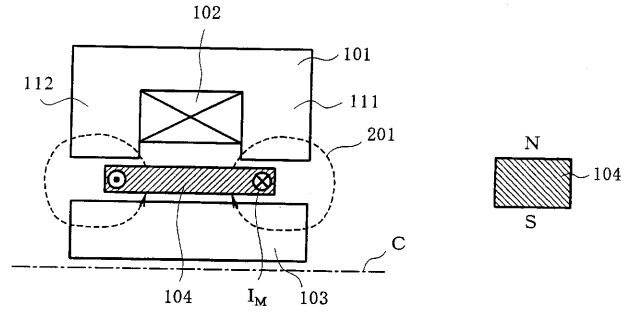
【図2】



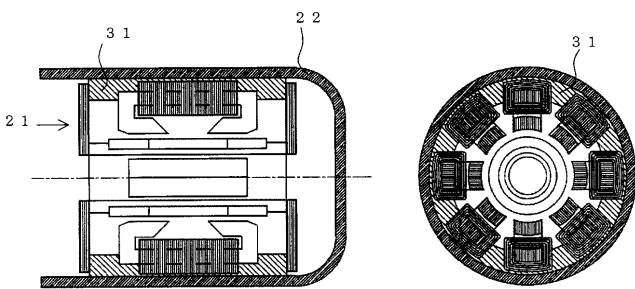
【 図 3 】



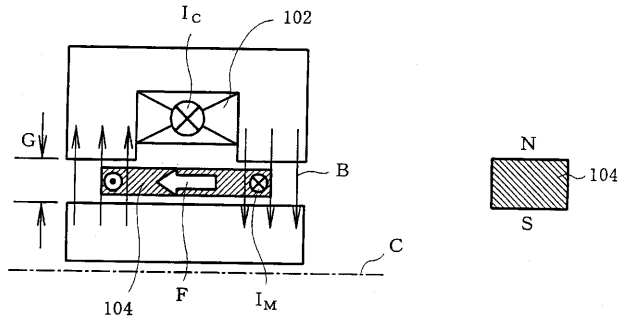
【 図 5 】



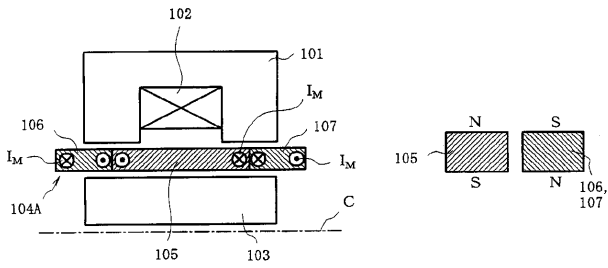
【 図 4 】



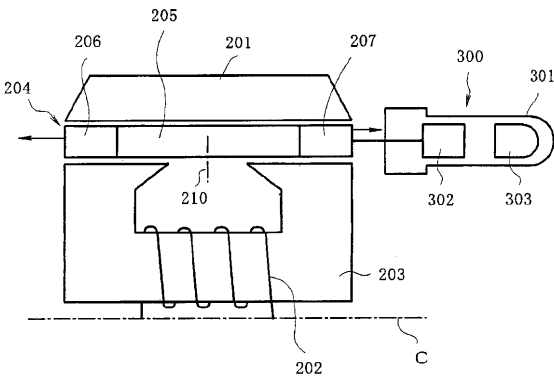
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】





---

フロントページの続き

(72)発明者 松下 智行

東京都品川区大崎一丁目1番2号 富士電機システムズ株式会社内

Fターム(参考) 3H076 AA02 BB21 BB41 BB43 CC05

5H633 BB08 BB10 GG02 GG05 GG06 GG09 GG17 HH03 HH05 HH07

HH09 HH13 HH16 HH18 HH20 HH24 HH25 JA03 JB05 JB09