

(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2010-213431

(P2010-213431A)

(43) 公開日 平成22年9月24日 (2010.9.24)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>H02K 33/16 (2006.01)</b>	H02K 33/16 A	5H633
<b>F25B 9/14 (2006.01)</b>	F25B 9/14 520F	
<b>F02G 1/043 (2006.01)</b>	F02G 1/043 B	

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2009-55931 (P2009-55931)  
 (22) 出願日 平成21年3月10日 (2009.3.10)

(71) 出願人 000000011  
 アイシン精機株式会社  
 愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地  
 (72) 発明者 河野 新  
 愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地 アイシン精機株式会社内  
 Fターム(参考) 5H633 BB08 BB10 GG02 GG04 GG09  
 GG11 GG13 GG17 HH03 HH07  
 HH09 HH12 HH13 HH15 JA05  
 JA10

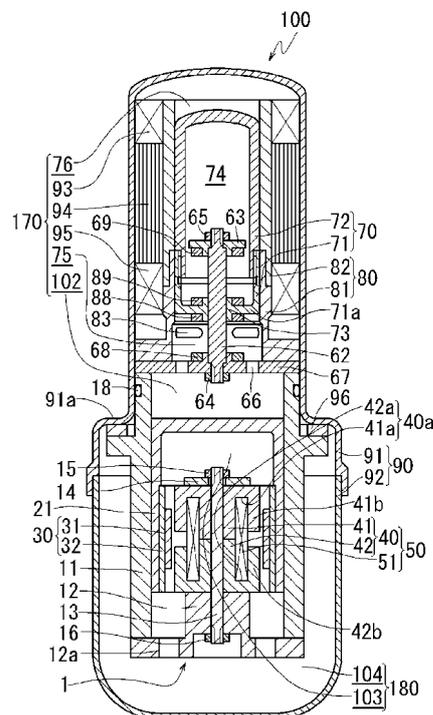
(54) 【発明の名称】 リニア電磁装置

(57) 【要約】

【課題】 ピストンの内周面に固定された可動子に、ピストン、シリンダ等の部材を介在させずに、固定子を対向して設置することにより、高効率で小型軽量なリニア電磁装置を提供すること。

【解決手段】 シリンダ11に往復動自在に嵌合したピストン21の往復動により、リニアモータ又はリニア発電機として作動するリニア電磁装置1であって、ピストン21の内周面に固定され、永久磁石31を有する可動子30と、可動子30の内側に所定の空隙を介して可動子30に対向して設置され、コア40とコイル51とを有する固定子50と、を備える。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

シリンダと、

該シリンダ内に往復動自在に嵌合され内周面を有するピストンと、

該ピストンの前記内周面に固定され、少なくとも一つの永久磁石を有する可動子と、

該可動子の内側に所定の空隙を介して前記可動子に対向して設置され、コアとコイルとを有する固定子と、

を備えるリニア電磁装置。

## 【請求項 2】

前記固定子は、前記コイルを複数有する、

ことを特徴とする請求項 1 に記載のリニア電磁装置。

10

## 【請求項 3】

前記永久磁石は、磁性粉末がバインダで結合されてなる円筒形状のボンド磁石であって、該ボンド磁石の内周面に磁極を有すると共に、両端面に磁極を有し、

前記ボンド磁石の前記内周面の磁極と前記両端面の磁極とが異なる極性となるように磁化されてなる、

ことを特徴とする請求項 1 に記載のリニア電磁装置。

## 【請求項 4】

前記永久磁石は、磁性粉末がバインダで結合されてなる円筒形状のボンド磁石であって、該ボンド磁石の内周面に円周帯状の磁極を複数有すると共に、両端面に磁極を有し、

前記ボンド磁石の前記内周面の隣り合う円周帯状の磁極が互いに異なる極性となると共に、前記両端面の各磁極が各々に最も近い前記内周面の円周帯状の磁極に対して異なる極性となるように磁化されてなる、

ことを特徴とする請求項 2 に記載のリニア電磁装置。

20

## 【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、パルス管冷凍機、リニア圧縮機等において、作動流体に圧力変動を発生させるピストンを駆動するリニアモータとしてのリニア電磁装置、又は、スターリング発電機、パルス管発電機、リニア膨張機等において、作動流体の圧力変動で往復動するピストンにより駆動されるリニア発電機としてのリニア電磁装置に関する。

30

## 【背景技術】

## 【0002】

従来のリニア電磁装置として、例えば、特許文献 1 に示されるリニア電磁装置が開示されている。図 15 に示すように、このリニア電磁装置 900 は、内面に摺動筒 901A が挿入されるシリンダ 901 と、シリンダ 901 に往復動自在に嵌合されるピストン 902 と、ピストン 902 のピストン本体 902A の内周面に固定される永久磁石 903 と、永久磁石 903 の軸方向両側及び内周側に配置されるヨークである導磁性体 904 と、電磁コア 906 と電磁コイル 905 とを有し永久磁石 903 の外周側に対向して設置される固定子 907 とを備える。そして、電磁コイル 905 に通電すると、永久磁石 903 に対向する電磁コア 906 の二つの歯部の内、一方の歯部に、永久磁石 903 の外周面の磁極と異なる極性の磁極が生じ、その歯部に永久磁石 903 が磁氣的に吸引される。この磁気吸引力の、ピストン 902 の軸方向の成分が、ピストン 902 を往復動させる推力となる。

40

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0003】

【特許文献 1】特開 2007 - 89344 号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

50

ところで、永久磁石 903 と電磁コア 906 との間の磁気吸引力の大きさは、永久磁石 903 と電磁コア 906 との距離に依存し、その距離を小さくするにしたがって磁気吸引力は増大し、ピストン 902 を往復動させる推力が増大する。

【0005】

しかしながら、特許文献 1 によれば、永久磁石 903 と電磁コア 906 との間には、ピストン本体 902 A、摺動筒 901 A 及びシリンダ 901 が介在している。そのため、永久磁石 903 と電磁コア 906 との距離は、ピストン本体 902 A、摺動筒 901 A 及びシリンダ 901 の各部材の肉厚に依存し、各部材の肉厚の合計以下にすることはできない。そして、ピストン本体 902 A、摺動筒 901 A 及びシリンダ 901 は、所定の強度及び精度が要求される部材であり、特に、ピストン本体 902 A、シリンダ 901 は肉厚を極端に薄くすることはできない。そのため、永久磁石 903 と電磁コア 906 との距離が大きくなり、永久磁石 903 と電磁コア 906 との間の磁気吸引力が減少するので、ピストン 902 を往復動させる推力が減少し、ピストン 902 を所定のストロークで往復動させるためには、電磁コイル 905 に供給する電流を増大させて、電磁コア 906 の歯部に強い磁極を生じさせなければならず、リニア電磁装置の効率が低下する問題がある。

10

【0006】

また、従来のリニア電磁装置 900 では、固定子 907 が、シリンダ 901 の外周側に設置されるので、固定子 907 が大型化し、リニア電磁装置が大型で重くなる問題がある。

【0007】

本発明は、上記問題点に鑑みてなされたものであり、ピストンの内周面に固定された永久磁石を有する可動子に、ピストン、シリンダ等の部材を介在させずに、固定子を対向して設置することにより、高効率で小型軽量なリニア電磁装置を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を解決するため、請求項 1 に記載の発明は、シリンダと、該シリンダ内に往復動自在に嵌合され内周面を有するピストンと、該ピストンの前記内周面に固定され、少なくとも一つの永久磁石を有する可動子と、該可動子の内側に所定の空隙を介して前記可動子に対向して設置され、コアとコイルとを有する固定子と、を備えるリニア電磁装置とした。

30

【0009】

また、請求項 2 に記載の発明は、請求項 1 に記載の発明において、前記固定子は、前記コイルを複数有する構成とした。

【0010】

また、請求項 3 に記載の発明は、請求項 1 に記載の発明において、前記永久磁石は、磁性粉末がバインダで結合されてなる円筒形状のボンド磁石であって、該ボンド磁石の内周面に磁極を有すると共に、両端面に磁極を有し、前記ボンド磁石の前記内周面の磁極と前記両端面の磁極とが異なる極性となるように磁化されてなる構成とした。

40

【0011】

また、請求項 4 に記載の発明は、請求項 2 に記載の発明において、前記永久磁石は、磁性粉末がバインダで結合されてなる円筒形状のボンド磁石であって、該ボンド磁石の内周面に円周帯状の磁極を複数有すると共に、両端面に磁極を有し、前記ボンド磁石の前記内周面の隣り合う円周帯状の磁極が互いに異なる極性となると共に、前記両端面の各磁極が各々に最も近い前記内周面の円周帯状の磁極に対して異なる極性となるように磁化されてなる構成とした。

【発明の効果】

【0012】

請求項 1 に記載の発明では、可動子と固定子との間に、ピストン、シリンダ等の部材は介在せず、可動子と固定子とは、空隙のみを介して対向しており、可動子と固定子との距

50

離は、ピストン、シリンダ等の部材の肉厚に制限されずに小さくすることができる。これにより、リニア電磁装置がリニアモータとして作動する場合、可動子と固定子との間の磁気吸引力が増大するので、ピストンを往復動させる推力が増大し、従来技術に比べて小さい供給電流でも、ピストンを所定のストロークで往復動させることができる。その結果、リニア電磁装置の効率が向上する。また、リニア電磁装置がリニア発電機として作動する場合、可動子と固定子との間の磁気誘導作用が増大するので、コイルに発生する誘導電流が増大し、ピストンを所定のストロークで往復動させても、従来技術と比べて大きい誘導電流を得ることができる。その結果、リニア電磁装置の効率が向上する。

【0013】

また、請求項1に記載の発明では、固定子が可動子の内側に設置され、コイルの径が小さくなり、コイルを構成する銅線の全長が短くなるので、コイルの電気抵抗が減少する。これにより、電流導通時にコイルに発生するジュール熱損失が減少し、リニア電磁装置がリニアモータとして作動する場合、従来技術と比べて小さい供給電流でも、ピストンを所定のストロークで往復動させることができる。その結果、リニア電磁装置の効率が向上する。また、リニア電磁装置がリニア発電機として作動する場合、ピストンを所定のストロークで往復動させても、従来技術と比べて大きい誘導電流を得ることができる。その結果、リニア電磁装置の効率が向上する。

【0014】

さらに、請求項1に記載の発明では、固定子が可動子の内側に設置され、コイルの径が小さくなり、コイルを構成する銅線の全長が短くなるので、コイルが小型軽量になる。これにより、固定子が従来技術に比べて小型軽量になる。その結果、リニア電磁装置が小型軽量になる。

【0015】

また、請求項2に記載の発明では、固定子は、コイルを複数有している。これにより、リニア電磁装置がリニアモータとして作動する場合、ピストンを往復動させる推力に寄与する磁気吸引力を発生する場所が複数箇所になり、ピストンを往復動させる全推力が増大し、請求項1に記載の発明に比べて小さい供給電流でも、ピストンを所定のストロークで往復動させることができる。その結果、リニア電磁装置の効率が向上する。また、リニア電磁装置がリニア発電機として作動する場合、誘導電流に寄与する磁気誘導作用を発生する場所が複数箇所になり、全誘導電流が増大し、ピストンを所定のストロークで往復動させても、請求項1に記載の発明に比べて大きい誘導電流を得ることができる。その結果、リニア電磁装置の効率が向上する。

【0016】

また、請求項3に記載の発明では、ヨークが不要になるので、可動子の構成が、請求項1に記載の発明に比べて単純になる。その結果、リニア電磁装置が小型軽量になる。

【0017】

また、請求項4に記載の発明では、ヨークが不要になるので、可動子の構成が、請求項2に記載の発明に比べて単純になる。その結果、リニア電磁装置が小型軽量になる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】本発明の第1実施形態に係るリニア電磁装置及び第1適応形態に係る再生式熱流体装置の断面図である。

【図2】図1のリニア電磁装置の作動説明図である。

【図3】本発明の第2実施形態に係るリニア電磁装置の部分断面図である。

【図4】図3のリニア電磁装置の作動説明図である。

【図5】本発明の第3実施形態に係るリニア電磁装置の断面図である。

【図6】図5の部分拡大図である。

【図7】図5のリニア電磁装置の作動説明図である。

【図8】本発明の第4実施形態に係るリニア電磁装置の部分断面図である。

【図9】図8のリニア電磁装置の作動説明図である。

10

20

30

40

50

【図 10】本発明の第 5 実施形態に係るリニア電磁装置の部分断面図である。

【図 11】図 10 のリニア電磁装置の作動説明図である。

【図 12】本発明の第 5 実施形態に係るリニア電磁装置の部分断面図である。

【図 13】図 12 のリニア電磁装置の作動説明図である。

【図 14】本発明の第 2 適応形態に係るリニア圧縮機の断面図である。

【図 15】本発明の従来技術に係るリニア電磁装置の断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下に本発明の実施形態について図面を参照しつつ詳細に説明する。

【0020】

(第 1 実施形態)

図 1 は、本発明の第 1 実施形態に係るリニア電磁装置の断面図で、リニア電磁装置を再生式熱流体装置に適応したものである。

【0021】

図 1 に示すように、本実施形態のリニア電磁装置 1 は、シリンダ 11、ピストン 21、可動子 30 及び固定子 50 を有し、可動子 30 は、ピストン 21 の内周面に固定される。

【0022】

シリンダ 11 及びピストン 21 の材質は、ケイ素等を含有するアルミニウム合金であり、シリンダ 11 の内周面及びピストン 21 の外周面は、硬質アルマイト皮膜が形成され、その硬質アルマイト皮膜の微細孔には固体潤滑剤としてモリブデン硫化物が含浸され、所定の円筒度、寸法精度及び面粗度に研削加工されてなり、ピストン 21 は、シリンダ 11 内に往復動自在に 5  $\mu$ m 程度の微小隙間で嵌合される。シリンダ 11 内の空間は、ピストン 21 により、ピストン上方空間 102 とピストン下方空間 103 とに区画される。

【0023】

可動子 30 は、円筒形状のヨーク 32 の内周面に、円筒形状の永久磁石 31 が固定されてなる。ヨーク 32 は、樹脂等の電気絶縁材で被覆した軟磁性鉄粉を成形し焼結されてなる導磁性体である。永久磁石 31 は、内周面が N 極、外周面が S 極に、又は内周面が S 極、外周面が N 極に磁化されてなるネオジウム - 鉄 - ホウ素系の焼結磁石である。

【0024】

固定子 50 は、コア 40 とコイル 51 とからなり、可動子 30 の内側に、0.5 mm 程度の空隙を介して可動子 30 に対向して設置される。コア 40 は、コア素片 41 とコア素片 42 とからなり、コア素片 41 に形成された環状溝 41a と、コア素片 42 に形成された環状溝 42a とが対向するように、コア素片 41 とコア素片 42 とが合わされて、外側に開口した環状のスロット 40a が形成されると共に、永久磁石 31 に対向する歯部 41b、42b が形成される。コア素片 41、42 は、ヨーク 32 と同様に、樹脂等の電気絶縁材で被覆した軟磁性鉄粉を成形し焼結してなる導磁性体である。コイル 51 は、銅線が巻回されてなり、コア素片 41、42 の中央の軸が貫通されて、スロット 40a に収納される。コア 40 は、ポスト 13 が貫通され、ワッシャ 14 及びナット 15、並びにナット 16 により、ブラケット 12 に固定される。ブラケット 12 は、複数の連通路 12a が形成されてなり、シリンダ 11 の下端にボルト (図示せず) により固定される。

【0025】

ピストン 21 は、永久磁石 31 とコア 40 との間の磁気吸引力により、シリンダ 11 に対して軸方向に弾性支持される。

【0026】

なお、ピストン 21 又はシリンダ 11 の材質は、アルミニウム合金に限定されず、例えば、固体潤滑剤としてのモリブデン硫化物、及び補強材としての炭素繊維を含むポリフェニレンスルフィド等の樹脂、又はステンレス鋼等でもよい。

【0027】

また、永久磁石 31 は、円筒形状に成形された永久磁石に限定されず、例えば、軸に垂直な面、又は軸に平行な面で分割された複数の永久磁石片を接合することにより、円筒形

10

20

30

40

50

状に構成されてもよい。

【0028】

また、可動子30は、ヨーク32を備えているが、ヨーク32を備えず、永久磁石がピストン21の内周面に固定されてもよい。この場合、後述するが、永久磁石は、内周面に磁極を有すると共に、両端面に磁極を有し、内周面の磁極と両端面の磁極とが異なる極性となるように磁化されてなる。

【0029】

次に、リニア電磁装置1がリニアモータとして作動する場合、その作動と効果について説明する。

【0030】

図2は、リニア電磁装置1の作動説明図で、永久磁石31の内周面がN極、外周面がS極の場合を示す。なお、図中において、永久磁石31内の矢印細線は、永久磁石31の磁化の向きを示し、矢印側はN極である（以下、各図の永久磁石内の矢印細線も永久磁石の磁化の向きを示し、矢印側はN極を示す）。また、図中において、コイル51内の丸に点の記号は、紙面の裏から表への方向を示し、丸にバツの記号は、紙面の表から裏への方向を示す。

10

【0031】

コイル51に、図2(a)に示す方向の電流が流れると、図2(a)に太い実線で示す磁束J<sub>a</sub>が生じ、コア40の歯部41bの先端部（図示P1辺り）がS極になる。すると、スロット40aの開口部に対向する永久磁石31の部分（図示Q1辺り）が、歯部41bの先端部の方向に磁氣的に吸引される。この磁気吸引力の、ピストン21の軸方向の成分が、ピストン21を矢印A方向に移動させる推力となる。

20

【0032】

また、コイル51に、図2(b)に示すように、図2(a)とは逆方向の電流が流れると、図2(b)に太い実線で示す磁束J<sub>b</sub>が生じ、コア40の歯部42bの先端部（図示P2辺り）がS極になる。すると、スロット40aの開口部に対向する永久磁石31の部分（図示Q1辺り）が、歯部42bの先端部の方向に磁氣的に吸引される。この磁気吸引力の、ピストン21の軸方向の成分が、ピストン21を矢印B方向に移動させる推力となる。

30

【0033】

なお、ヨーク32は、磁束J<sub>a</sub>、J<sub>b</sub>がループを形成するために設けてある。

【0034】

以上により、コイル51に交番電流が供給されると、ピストン21に、矢印A方向の推力と矢印B方向の推力とが交番して発生し、ピストン21がシリンダ11内で連続的に往復動し、リニア電磁装置1がリニアモータとして作動する。

【0035】

本実施形態のリニア電磁装置1では、可動子30と固定子50との間に、ピストン21及びシリンダ11は介在せず、可動子30と固定子50とは、空隙のみを介して対向しており、可動子30と固定子50との距離は、ピストン21及びシリンダ11の肉厚に制限されずに小さくすることができる。これにより、可動子30と固定子50との間の磁気吸引力が増大するので、ピストン21を往復動させる推力が増大し、従来技術に比べて小さい供給電流でも、ピストン21を所定のストロークで往復動させることができる。その結果、リニア電磁装置の効率が向上する。

40

【0036】

また、本実施形態のリニア電磁装置1では、固定子50が可動子30の内側に設置され、コイル51の径が小さくなり、コイル51を構成する銅線の全長が短くなるので、コイル51の電気抵抗が減少する。これにより、電流導通時にコイル51に発生するジュール熱損失が減少し、従来技術に比べて小さい供給電流でも、ピストン21を所定のストロークで往復動させることができる。その結果、リニア電磁装置の効率が向上する。

【0037】

50

さらに、本実施形態のリニア電磁装置 1 では、固定子 50 が可動子 30 の内側に設置され、コイル 51 の径が小さくなり、コイル 51 を構成する銅線の全長が短くなるので、コイル 51 が小型軽量になる。これにより、固定子 50 が従来技術に比べて小型軽量になる。その結果、リニア電磁装置が小型軽量になる。

【0038】

次に、リニア電磁装置 1 がリニア発電機として作動する場合、その作動と効果について説明する。

【0039】

図 2 (a) に示すように、ピストン 21 が矢印 A 方向に移動すると、スロット 40 a の開口部に対向する永久磁石 31 の部分 (図示 Q1 辺り) が、コア 40 の歯部 41 b に近づく。すると、磁気誘導作用により、歯部 41 b の先端部 (図示 P1 辺り) に、S 極が誘起され、図 2 (a) に太い実線で示す磁束 J a が生じ、コイル 51 には、図 2 (a) に示す方向の誘導電流が発生する。

10

【0040】

また、図 2 (b) に示すように、ピストン 21 が矢印 B 方向に移動すると、スロット 40 a の開口部に対向する永久磁石 31 の部分 (図示 Q1 辺り) が、コア 40 の歯部 42 b に近づく。すると、磁気誘導作用により、歯部 42 b の先端部 (図示 P2 辺り) に、S 極が誘起され、図 2 (b) に太い実線で示す磁束 J b が生じ、コイル 51 には、図 2 (b) に示す方向の誘導電流が発生する。

【0041】

以上により、ピストン 21 が連続的に往復動すると、コイル 51 に交番電流が生じ、リニア電磁装置 1 がリニア発電機として作動する。

20

【0042】

本実施形態のリニア電磁装置 1 では、リニア発電機として作動する場合においても、リニアモータとして作動する場合と同じ理由により、可動子 30 と固定子 50 との間の磁気誘導作用が増大するので、コイル 51 に発生する誘導電流が増大し、ピストン 21 を所定のストロークで往復動させても、従来技術に比べて大きい誘導電流を得ることができる。その結果、リニア電磁装置の効率が向上する。

【0043】

また、本実施形態のリニア電磁装置 1 では、リニア発電機として作動する場合においても、リニアモータとして作動する場合と同じ理由により、電流導通時にコイル 51 に発生するジュール熱損失が減少し、ピストン 21 を所定のストロークで往復動させても、大きい誘導電流を得ることができる。その結果、リニア電磁装置の効率が向上する。

30

【0044】

さらに、本実施形態のリニア電磁装置 1 では、リニア発電機として作動する場合においても、リニアモータとして作動する場合と同じ理由により同じ効果を生じ、リニア電磁装置が小型軽量になる。

【0045】

(第 2 実施形態)

図 3 は、本発明の第 2 実施形態に係るリニア電磁装置の部分断面図である。図 4 は、図 3 のリニア電磁装置の作動説明図である。

40

【0046】

図 3 に示すように、本実施形態のリニア電磁装置 2 は、シリンダ 111、ピストン 121、可動子 130 及び固定子 150 を有し、可動子 130 は、ピストン 120 の内周面に固定される。ピストン 121 は、シリンダ 111 内に往復動自在に 5  $\mu$ m 程度の微小隙間で嵌合される。

【0047】

可動子 130 は、円筒形状のヨーク 122 の内周面に、円筒形状の永久磁石 131、132、133 が軸方向に配列され固定されてなる。永久磁石 131 と永久磁石 133 とは、互いに径方向逆向きに磁化されてなり、永久磁石 132 は、軸方向に磁化されてなる。

50

図3では、永久磁石131は、内周面がN極、外周面がS極に、永久磁石133は、内周面がS極、外周面がN極に、永久磁石132は、永久磁石131側の端面がN極、永久磁石133側の端面がS極に磁化されてなる。なお、各永久磁石の磁化の向きは、それぞれ前述の逆でもよい。

【0048】

固定子150は、コア140及びコイル151、152からなり、可動子130の内側に、0.5mm程度の空隙を介して可動子130に対向して設置される。コア140は、コア素片141、142、143からなり、コア素片141とコア素片142とが合わされて、スロット140a及び歯部141b、142bが形成され、コア素片142とコア素片143とが合わされて、スロット140b及び歯部142c、143bが形成される。コイル151は、コア素片141、142の中央の軸が貫通されて、スロット140aに収納され、コイル152は、コア素片142、143の中央の軸が貫通されて、スロット140bに収納される。コア140は、ポスト113が貫通され、ワッシャ114及びナット115、並びにナット(図示せず)により、シリンダ111の下端(図示せず)に固定されたブラケット112に固定される。

10

【0049】

ピストン121は、永久磁石131、132、133とコア140との間の磁気吸引力により、シリンダ111に対して軸方向に弾性支持される。

【0050】

シリンダ111及びピストン121の材質は、第1実施形態のシリンダ11及びピストン21と同じであり、永久磁石131、132、133の材質も、第1実施形態の永久磁石31と同じであり、ヨーク122及びコア素片141、142、143の材質も、第1実施形態のヨーク22及びコア素片41と同じである。

20

【0051】

なお、可動子130は、軸方向に磁化されてなる永久磁石132を有しているが、永久磁石132は取り除いてもよい。

【0052】

また、可動子130は、ヨーク132を備えているが、ヨーク132を備えず、永久磁石がピストン121の内周面に固定されてもよい。この場合、後述するが、永久磁石は、内周面に円周帯状の磁極を二つ有すると共に、両端面に磁極を有し、内周面の二つの磁極が互いに異なる極性となると共に、両端面の各磁極が各々に近い内周面の磁極に対して異なる極性となるように磁化されてなる。

30

【0053】

次に、リニア電磁装置2がリニアモータとして作動する場合、その作動と効果について説明する。

【0054】

コイル151、152に、図4(a)に示す方向の電流が流れると、図4(a)に太い実線で示す磁束Ja、Kaが生じ、コア140の歯部141bの先端部(図示P1辺り)がS極になり、歯部142cの先端部(図示P3辺り)がN極になる。すると、スロット140aの開口部に対向する永久磁石131の部分(図示Q1辺り)が、歯部141bの先端部の方向に磁氣的に吸引され、スロット140bの開口部に対向する永久磁石133の部分(図示Q2辺り)が、歯部142cの先端部の方向に磁氣的に吸引される。この2箇所の磁気吸引力の、ピストン121の軸方向の成分の合計が、ピストン121を矢印A方向に移動させる推力となる。

40

【0055】

また、コイル151、152に、図4(b)に示す方向の電流が流れると、図4(b)に太い実線で示す磁束Jb、Kbが生じ、コア140の歯部142bの先端部(図示P2辺り)がS極になり、歯部143bの先端部(図示P4辺り)がN極になる。すると、スロット140aの開口部に対向する永久磁石131の部分(図示Q1辺り)が、歯部142bの先端部の方向に磁氣的に吸引され、スロット140bの開口部に対向する永久磁石

50

133の部分(図示Q2辺り)が、歯部143bの先端部の方向に磁氣的に吸引される。この2箇所(133)の磁気吸引力の、ピストン121の軸方向の成分の合計が、ピストン121を矢印B方向に移動させる推力となる。

【0056】

以上により、コイル151、152に交番電流が供給されると、ピストン121に、矢印A方向の推力と矢印B方向の推力とが交番して発生し、ピストン121がシリンダ111内で連続的に往復動し、リニア電磁装置2がリニアモータとして作動する。

【0057】

本実施形態のリニア電磁装置2では、固定子150は、コイルを2個有している。これにより、ピストン121を往復動させる推力に寄与する磁気吸引力を発生する場所が2箇所になり、ピストン121を往復動させる全推力が増大し、第1実施形態のリニア電磁装置1に比べて小さい供給電流でも、ピストン121を所定のストロークで往復動させることができる。その結果、リニア電磁装置の効率が向上する。

10

【0058】

その他の効果は、第1実施形態のリニア電磁装置1がリニアモータとして作動する場合の効果と同じである。

【0059】

次に、リニア電磁装置2がリニア発電機として作動する場合、その作動と効果について説明する。

【0060】

図4(a)に示すように、ピストン121が矢印A方向に移動すると、スロット140aの開口部に対向する永久磁石131の部分(図示Q1辺り)が、コア140の歯部141bに近づき、スロット140bの開口部に対向する永久磁石133の部分(図示Q2辺り)が、コア140の歯部142cに近づく。すると、磁気誘導作用により、歯部141bの先端部(図示P1辺り)に、S極が誘起され、歯部142cの先端部(図示P3辺り)に、N極が誘起され、図4(a)に太い実線で示す磁束Ja、Kaが生じ、コイル151、152には、図4(a)に示す方向の誘導電流が発生する。

20

【0061】

図4(b)に示すように、ピストン121が矢印B方向に移動すると、スロット140aの開口部に対向する永久磁石131の部分(図示Q1辺り)が、コア140の歯部142bに近づき、スロット140bの開口部に対向する永久磁石133の部分(図示Q2辺り)が、コア140の歯部143bに近づく。すると、磁気誘導作用により、歯部142bの先端部(図示P2辺り)に、S極が誘起され、歯部143bの先端部(図示P4辺り)に、N極が誘起され、図4(b)に太い実線で示す磁束Jb、Kbが生じ、コイル151、152には、図4(b)に示す方向の誘導電流が発生する。

30

【0062】

以上により、ピストン121が連続的に往復動すると、コイル151、152に交番電流が誘導され、リニア電磁装置2がリニア発電機として作動する。

【0063】

本実施形態のリニア電磁装置2では、リニア発電機として作動する場合においても、リニアモータとして作動する場合と同じ理由により、誘導電流に寄与する磁気誘導作用を発生する場所が2箇所になり、全誘導電流が増大し、ピストン121を所定のストロークで往復動させても、第1実施形態のリニア電磁装置1に比べて大きい誘導電流を得ることができる。その結果、リニア電磁装置の効率が向上する。

40

【0064】

その他の効果は、第1実施形態のリニア電磁装置1がリニア発電機として作動する場合の効果と同じである。

【0065】

(第3実施形態)

図5は、本発明の第3実施形態に係るリニア電磁装置の断面図で、リニア電磁装置を再

50

生式熱流体装置に適応したものである。図6は、図5の部分拡大図である。図7は、図5のリニア電磁装置の作動説明図である。

【0066】

本実施形態のリニア電磁装置3は、第2実施形態のリニア電磁装置2の変形実施形態であり、リニア電磁装置2と異なる点は、永久磁石231、232、233、234、235、236、237を軸方向に配列して固定し、コイル251、252、253、254を軸方向に配置したこと、及びピストン221に磁気ストッパ224、223を設けたことである。他の構成は、リニア電磁装置2と同じである。なお、図3のリニア電磁装置2と同じ部品及び部位は、図3と同じ符号を付す。

【0067】

図5及び図6に示すように、リニア電磁装置3は、シリンダ211、ピストン221、可動子230及び固定子250を有し、可動子230は、ピストン221の内周面に固定される。ピストン221は、シリンダ211内に往復動自在に5 $\mu$ m程度の微小隙間で嵌合される。

【0068】

可動子230は、円筒形状のヨーク222の内周面に、円筒形状の永久磁石231、232、233、234、235、236、237が軸方向に配列され固定されてなる。図6に示すように、永久磁石231、235は、内周面がN極、外周面がS極に、永久磁石233、237は、内周面がS極、外周面がN極に、永久磁石232、236は、上端面がN極、下端面がS極に、永久磁石234は、上端面がS極、下端面がN極に磁化されてなる。なお、各永久磁石の磁化の向きは、それぞれ前述の逆でもよい。

【0069】

固定子250は、コア240及びコイル251、252、253、254からなり、可動子230の内側に、0.5mm程度の空隙を介して可動子230に対向して設置される。コア240は、コア素片241、242、243、244、245からなり、環状のスロット240a、240b、240c、240d及び歯部241b、242b、243b、244b、245bが形成される。コイル251、252、253、254は、それぞれスロット240a、240b、240c、240dに収納される。コア240は、ポスト213が貫通され、ワッシャ214及びナット215、並びにナット216により、シリンダ211の下端に固定されたブラケット212に固定される。

【0070】

ピストン221は、永久磁石231、232、233、234、235、236、237とコア240との間の磁気吸引力により、シリンダ211に対して軸方向に弾性支持される。

【0071】

シリンダ211、ピストン221、永久磁石231、232、233、234、235、236、237、ヨーク222及びコア素片241、242、243、244、245の各材質は、それぞれ第1実施形態のリニア電磁装置1のシリンダ11、ピストン21、永久磁石31、ヨーク32及びコア素片41と同じである。

【0072】

ピストン221の頂部221aの上面には、リング形状の永久磁石224aが固定され、リング形状の永久磁石224bが、永久磁石224aに対向して、再生式熱流体装置200のブラケット67下面に固定される。永久磁石224aと永久磁石224bとは、対向する面が同極になるようにそれぞれ固定され、永久磁石224aと永久磁石224bとの磁気反発により、磁気ストッパ224が構成される。また、ピストン221の頂部221aの下面には、リング形状の永久磁石223aが固定され、リング形状の永久磁石223bが、永久磁石223aに対向して、ワッシャ214の上面に固定される。永久磁石223aと永久磁石223bとは、対向する面が同極になるようにそれぞれ固定され、永久磁石223aと永久磁石223bとの磁気反発により、磁気ストッパ223が構成される。

。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 7 3 】

なお、可動子 2 3 0 は、軸方向に磁化されてなる永久磁石 2 3 2、2 3 4、2 3 6 を有しているが、永久磁石 2 3 2、2 3 4、2 3 6 は取り除いてもよい。

## 【 0 0 7 4 】

また、可動子 2 3 0 は、ヨーク 2 3 2 を備えているが、ヨーク 2 3 2 を備えず、永久磁石がピストン 2 2 1 の内周面に固定されてもよい。この場合、後述するが、永久磁石は、内周面に円周帯状の磁極を四つ有すると共に、両端面に磁極を有し、内周面の隣り合う磁極が互いに異なる極性となると共に、両端面の各磁極が各々に最も近い内周面の磁極に対して異なる極性となるように磁化されてなる。

## 【 0 0 7 5 】

次に、リニア電磁装置 3 がリニアモータとして作動する場合、その作動と効果について説明する。

## 【 0 0 7 6 】

コイル 2 5 1、2 5 2、2 5 3、2 5 4 に、図 7 ( a ) に示す方向の電流が流れると、図 7 ( a ) に太い実線で示す磁束 J a、K a、L a、M a が生じ、歯部 2 4 1 b の図示 P 1 辺り、及び歯部 2 4 3 b の図示 P 5 辺りが S 極になり、歯部 2 4 2 b の図示 P 3 辺り、及び 2 4 4 b の図示 P 7 辺りが N 極になる。すると、スロット 2 4 0 a の開口部に対向する永久磁石 2 3 1 の部分 ( 図示 Q 1 辺り ) が歯部 2 4 1 b の方向に磁氣的に吸引され、スロット 2 4 0 b の開口部に対向する永久磁石 2 3 3 の部分 ( 図示 Q 2 辺り ) が歯部 2 4 2 b の方向に磁氣的に吸引され、スロット 2 4 0 c の開口部に対向する永久磁石 2 3 5 の部分 ( 図示 Q 3 辺り ) が歯部 2 4 3 b の方向に磁氣的に吸引され、スロット 2 4 0 d の開口部に対向する永久磁石 2 3 7 の部分 ( 図示 Q 4 辺り ) が歯部 2 4 4 b の方向に磁氣的に吸引される。この 4 箇所磁気吸引力の、ピストン 2 2 1 の軸方向の成分の合計が、ピストン 2 2 1 を矢印 A 方向に移動させる推力となる。

## 【 0 0 7 7 】

また、コイル 2 5 1、2 5 2、2 5 3、2 5 4 に、図 7 ( b ) に示す方向の電流が流れると、図 7 ( b ) に太い実線で示す磁束 J b、K b、L b、M b が生じ、歯部 2 4 2 b の図示 P 2 辺り、及び歯部 2 4 4 b の図示 P 6 辺りが S 極になり、歯部 2 4 3 b の図示 P 4 辺り、及び 2 4 5 b の図示 P 8 辺りが N 極になる。すると、スロット 2 4 0 a の開口部に対向する永久磁石 2 3 1 の部分 ( 図示 Q 1 辺り ) が歯部 2 4 2 b の方向に磁氣的に吸引され、スロット 2 4 0 b の開口部に対向する永久磁石 2 3 3 の部分 ( 図示 Q 2 辺り ) が歯部 2 4 3 b の方向に磁氣的に吸引され、スロット 2 4 0 c の開口部に対向する永久磁石 2 3 5 の部分 ( 図示 Q 3 辺り ) が歯部 2 4 4 b の方向に磁氣的に吸引され、スロット 2 4 0 d の開口部に対向する永久磁石 2 3 7 の部分 ( 図示 Q 4 辺り ) が歯部 2 4 5 b の方向に磁氣的に吸引される。この 4 箇所磁気吸引力の、ピストン 2 2 1 の軸方向の成分の合計が、ピストン 2 2 1 を矢印 B 方向に移動させる推力となる。

## 【 0 0 7 8 】

以上により、コイル 2 5 1、2 5 2、2 5 3、2 5 4 に交番電流が供給されると、ピストン 2 2 1 に、矢印 A 方向の推力と矢印 B 方向の推力とが交番して発生し、ピストン 2 2 1 がシリンダ 2 1 1 内で連続的に往復動し、リニア電磁装置 3 がリニアモータとして作動する。

## 【 0 0 7 9 】

本実施形態のリニア電磁装置 3 では、固定子 2 5 0 は、コイルを 4 個有している。これにより、ピストン 2 2 1 を往復動させる推力に寄与する磁気吸引力を発生する場所が 4 箇所になり、ピストン 2 2 1 を往復動させる全推力が増大し、第 2 実施形態のリニア電磁装置 2 に比べて小さい供給電流でも、ピストン 2 2 1 を所定のストロークで往復動させることができる。その結果、リニア電磁装置の効率が向上する。

## 【 0 0 8 0 】

その他の効果は、第 1 実施形態のリニア電磁装置 1 がリニアモータとして作動する場合の効果と同じである。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 8 1 】

次に、リニア電磁装置 3 がリニア発電機として作動する場合について、その作動と効果について説明する。

## 【 0 0 8 2 】

図 7 ( a ) に示すように、ピストン 2 2 1 が矢印 A 方向に移動すると、スロット 2 4 0 a の開口部に対向する永久磁石 2 3 1 の部分 ( 図示 Q 1 辺り ) が歯部 2 4 1 b の図示 P 1 辺りに近づき、スロット 2 4 0 b の開口部に対向する永久磁石 2 3 3 の部分 ( 図示 Q 2 辺り ) が歯部 2 4 2 b の図示 P 3 辺りに近づき、スロット 2 4 0 c の開口部に対向する永久磁石 2 3 5 の部分 ( 図示 Q 3 辺り ) が歯部 2 4 3 b の図示 P 5 辺りに近づき、スロット 2 4 0 d の開口部に対向する永久磁石 2 3 7 の部分 ( 図示 Q 4 辺り ) が歯部 2 4 4 b の図示 P 7 辺りに近づく。すると、磁気誘導作用により、歯部 2 4 1 b の図示 P 1 辺り、及び歯部 2 4 3 b の図示 P 5 辺りに、S 極が誘起され、歯部 2 4 2 b の図示 P 3 辺り、及び 2 4 4 b の図示 P 7 辺りに、N 極が誘起され、図 7 ( a ) に太い実線で示す磁束 J a、K a、L a、M a が生じ、コイル 2 5 1、2 5 2、2 5 3、2 5 4 には、図 7 ( a ) に示す方向の誘導電流が発生する。

10

## 【 0 0 8 3 】

また、図 7 ( b ) に示すように、ピストン 2 2 1 が矢印 B 方向に移動すると、スロット 2 4 0 a の開口部に対向する永久磁石 2 3 1 の部分 ( 図示 Q 1 辺り ) が歯部 2 4 2 b の図示 P 2 辺りに近づき、スロット 2 4 0 b の開口部に対向する永久磁石 2 3 3 の部分 ( 図示 Q 2 辺り ) が歯部 2 4 3 b の図示 P 4 辺りに近づき、スロット 2 4 0 c の開口部に対向する永久磁石 2 3 5 の部分 ( 図示 Q 3 辺り ) が歯部 2 4 4 b の図示 P 6 辺りに近づき、スロット 2 4 0 d の開口部に対向する永久磁石 2 3 7 の部分 ( 図示 Q 4 辺り ) が歯部 2 4 5 b の図示 P 8 辺りに近づく。すると、磁気誘導作用により、歯部 2 4 2 b の図示 P 2 辺り、及び歯部 2 4 4 b の図示 P 6 辺りに、S 極が誘起され、歯部 2 4 3 b の図示 P 4 辺り、及び歯部 2 4 5 b の図示 P 8 辺りに、N 極が誘起され、図 7 ( b ) に太い実線で示す磁束 J b、K b、L b、M b が生じ、コイル 2 5 1、2 5 2、2 5 3、2 5 4 には、図 7 ( b ) に示す方向の誘導電流が発生する。

20

## 【 0 0 8 4 】

以上により、ピストン 2 2 1 が連続的に往復動すると、コイル 2 5 1、2 5 2、2 5 3、2 5 4 に交番電流が誘導され、リニア電磁装置 3 がリニア発電機として作動する。

30

## 【 0 0 8 5 】

本実施形態のリニア電磁装置 3 では、リニア発電機として作動する場合においても、リニアモータとして作動する場合と同じ理由により、誘導電流に寄与する磁気誘導作用が発生する場所が 4 箇所になり、全誘導電流が増大する。その結果、ピストン 2 2 1 を所定のストロークで往復動させても、第 2 実施形態のリニア電磁装置 2 に比べて大きい誘導電流を得ることができる。その結果、リニア電磁装置の効率が向上する。

## 【 0 0 8 6 】

その他の効果は、第 1 実施形態のリニア電磁装置 1 がリニア発電機として作動する場合の効果と同じである。

## 【 0 0 8 7 】

( 第 4 実施形態 )

図 8 は、本発明の第 4 実施形態に係るリニア電磁装置の部分断面図である。図 9 は、図 8 のリニア電磁装置の作動説明図である。

40

## 【 0 0 8 8 】

本実施形態のリニア電磁装置 4 は、第 1 実施形態のリニア電磁装置 1 の変形実施形態であり、リニア電磁装置 4 が、リニア電磁装置 1 と異なる点は、リニア電磁装置 1 の永久磁石 3 1 をボンド磁石に置き換えると共に、ヨーク 3 2 を取り除いたことである。他の構成は、リニア電磁装置 1 と同じである。なお、図 1 のリニア電磁装置 1 と同じ部品及び部位は、図 1 と同じ符号を付す。

## 【 0 0 8 9 】

50

図 8 に示すように、リニア電磁装置 4 は、シリンダ 1 1、ピストン 2 1、可動子であるボンド磁石 3 3 1 及び固定子 5 0 を有し、ボンド磁石 3 3 1 (可動子) は、ピストン 2 1 の内周面に固定される。

【 0 0 9 0 】

ボンド磁石 3 3 1 は、ネオジウム - 鉄 - ホウ素系の磁性粉末がエポキシ、ナイロン等のバインダで結合され円筒形状に成形されてなり、内周面に磁極を有すると共に、両端面に磁極を有し、内周面の磁極と両端面の磁極とが異なる極性となるように磁化されてなる。リニア電磁装置 4 においては、内周面が N 極、両端面が S 極となるように磁化されてなる。なお、前述の各磁極の極性はそれぞれ逆でもよい。

【 0 0 9 1 】

固定子 5 0 の構成と配置は、第 1 実施形態のリニア電磁装置 1 と同じである。その他の構成も、第 1 実施形態のリニア電磁装置 1 と同じである。

【 0 0 9 2 】

次に、リニア電磁装置 4 がリニアモータとして作動する場合、その作動と効果について説明する。

【 0 0 9 3 】

コイル 5 1 に、図 9 ( a ) に示す方向の電流が流れると、リニア電磁装置 1 と同様に、図 9 ( a ) に太い実線で示す磁束 J a が生じ、コア 4 0 の歯部 4 1 b の先端部 ( 図示 P 1 辺り ) が S 極になる。すると、スロット 4 0 a の開口部に対向するボンド磁石 3 3 1 の部分 ( 図示 Q 1 辺り ) が、歯部 4 1 b の先端部の方向に磁氣的に吸引される。この磁気吸引力の、ピストン 2 1 の軸方向の成分が、ピストン 2 1 を矢印 A 方向に移動させる推力となる。

【 0 0 9 4 】

また、コイル 5 1 に、図 9 ( b ) に示す方向の電流が流れると、リニア電磁装置 1 と同様に、図 9 ( b ) に太い実線で示す磁束 J b が生じ、コア 4 0 の歯部 4 2 b の先端部 ( 図示 P 2 辺り ) が S 極になる。すると、スロット 4 0 a の開口部に対向するボンド磁石 3 3 1 の部分 ( 図示 Q 1 辺り ) が、歯部 4 2 b の先端部の方向に磁氣的に吸引される。この磁気吸引力の、ピストン 2 1 の軸方向の成分が、ピストン 2 1 を矢印 B 方向に移動させる推力となる。

【 0 0 9 5 】

以上により、コイル 5 1 に交番電流が供給されると、ピストン 2 1 に、矢印 A 方向の推力と矢印 B 方向の推力とが交番して発生し、ピストン 2 1 がシリンダ 1 1 内で往復動し、リニア電磁装置 4 がリニアモータとして作動する。

【 0 0 9 6 】

また、リニア電磁装置 4 がリニア発電機として作動する場合も、リニア電磁装置 1 と同じ作用により、同様に作動し、ピストン 2 1 が連続的に往復動すると、コイル 5 1 に交番電流が誘導され、リニア電磁装置 4 がリニア発電機として作動する。

【 0 0 9 7 】

本実施形態のリニア電磁装置 4 では、第 1 実施形態のリニア電磁装置 1 におけるヨーク 3 2 が不要になるので、可動子の構成が、第 1 実施形態のリニア電磁装置 1 に比べて単純になる。その結果、リニア電磁装置が小型軽量になる。

【 0 0 9 8 】

その他の効果は、第 1 実施形態のリニア電磁装置 1 と同じである。

【 0 0 9 9 】

( 第 5 実施形態 )

図 1 0 は、本発明の第 5 実施形態に係るリニア電磁装置の部分断面図である。図 1 1 は、図 1 0 のリニア電磁装置の作動説明図である。

【 0 1 0 0 】

本実施形態のリニア電磁装置 5 は、第 2 実施形態のリニア電磁装置 2 の変形実施形態であり、リニア電磁装置 5 が、リニア電磁装置 2 と異なる点は、リニア電磁装置 2 の 3 個の

10

20

30

40

50

永久磁石 131、132、133を1個のボンド磁石に置き換えると共に、ヨーク132を取り除いたことである。他の構成は、リニア電磁装置2と同じである。なお、図3のリニア電磁装置2と同じ部品及び部位は、図3と同じ符号を付す。

【0101】

図10に示すように、リニア電磁装置5は、シリンダ111、ピストン121、可動子であるボンド磁石431及び固定子150を有し、ボンド磁石431（可動子）は、ピストン121の内周面に固定される。

【0102】

ボンド磁石431は、ネオジウム-鉄-ホウ素系の磁性粉末がエポキシ、ナイロン等のバインダで結合され円筒形状に成形されてなり、内周面に円周帯状の磁極を二つ有すると共に、両端面に磁極を有し、内周面の二つの磁極が互いに異なる極性となると共に、両端面の各磁極が各々に近い内周面の磁極に対して異なる極性となるように磁化されてなる。リニア電磁装置5においては、ボンド磁石431の全長の略1/2の上側部分431aの内周面がN極、全長の略1/2の下側部分431bの内周面がS極、上端面がS極、下端面がN極となるように磁化されてなる。なお、前述の各磁極の極性はそれぞれ逆でもよい。

【0103】

固定子150の構成と配置は、第2実施形態のリニア電磁装置2と同じである。その他の構成も、第2実施形態のリニア電磁装置2と同じである。

【0104】

次に、リニア電磁装置5がリニアモータとして作動する場合、その作動と効果について説明する。

【0105】

コイル151、152に、図11(a)に示す方向の電流が流れると、図11(a)に太い実線で示す磁束Ja、Kaが生じ、コア140の歯部141bの先端部（図示P1辺り）がS極になり、歯部142cの先端部（図示P3辺り）がN極になる。すると、スロット140aの開口部に対向するボンド磁石431の部分（図示Q1辺り）が、歯部141bの先端部の方向に磁氣的に吸引され、スロット140bの開口部に対向するボンド磁石431の部分（図示Q2辺り）が、歯部142cの先端部の方向に磁氣的に吸引される。この2箇所の磁気吸引力の、ピストン121の軸方向の成分の合計が、ピストン121を矢印A方向に移動させる推力となる。

【0106】

また、コイル151、152に、図11(b)に示す方向の電流が流れると、図11(b)に太い実線で示す磁束Jb、Kbが生じ、コア140の歯部142bの先端部（図示P2辺り）がS極になり、歯部143bの先端部（図示P4辺り）がN極になる。すると、スロット140aの開口部に対向するボンド磁石431の部分（図示Q1辺り）が、歯部142bの先端部の方向に磁氣的に吸引され、スロット140bの開口部に対向するボンド磁石431の部分（図示Q2辺り）が、歯部143bの先端部の方向に磁氣的に吸引される。この2箇所の磁気吸引力の、ピストン121の軸方向の成分の合計が、ピストン121を矢印B方向に移動させる推力となる。

【0107】

以上により、コイル151、152に交番電流が供給されると、ピストン121に、矢印A方向の推力と矢印B方向の推力とが交番して発生し、ピストン121がシリンダ111内で往復動し、リニア電磁装置5がリニアモータとして作動する。

【0108】

また、リニア電磁装置5がリニア発電機として作動する場合も、リニア電磁装置2と同じ作用により、同様に作動して、ピストン121が連続的に往復動すると、コイル151、152に交番電流が誘導され、リニア電磁装置5がリニア発電機として作動する。

【0109】

本実施形態のリニア電磁装置5では、第2実施形態のリニア電磁装置2におけるヨーク122が不要になるので、可動子の構成が、第2実施形態のリニア電磁装置2に比べて単

10

20

30

40

50

純になる。その結果、リニア電磁装置が小型軽量になる。

【0110】

その他の効果は、第2実施形態のリニア電磁装置2と同じである。

【0111】

(第6実施形態)

図12は、本発明の第6実施形態に係るリニア電磁装置の部分断面図である。図13は、図12のリニア電磁装置の作動説明図である。

【0112】

リニア電磁装置6は、第3実施形態のリニア電磁装置3の変形実施形態であり、リニア電磁装置6が、リニア電磁装置3と異なる点は、リニア電磁装置3の7個の永久磁石231、232、233、234、235、236、237を1個のボンド磁石に置き換えると共に、ヨーク222を取り除いたことである。他の構成は、リニア電磁装置3と同じである。なお、図5、6のリニア電磁装置3と同じ部品及び部位は、図5、6と同じ符号を付す。

10

【0113】

図12に示すように、リニア電磁装置6は、シリンダ211、ピストン221、可動子であるボンド磁石531及び固定子250を有し、ボンド磁石531(可動子)は、ピストン221の内周面に固定される。

【0114】

ボンド磁石531は、ネオジウム-鉄-ホウ素系の磁性粉末がエポキシ、ナイロン等のバインダで結合され円筒形状に成形されてなり、内周面に円周帯状の磁極を四つ有すると共に、両端面に磁極を有し、内周面の隣り合う磁極が互いに異なる極性となると共に、両端面の各磁極が各々に最も近い内周面の磁極に対して異なる極性となるように磁化されてなる。リニア電磁装置6においては、ボンド磁石531の上端から全長の略1/4の部分531aの内周面がN極、軸方向中央から上端側に全長の略1/4の部分531bの内周面がS極、軸方向中央から下端側に全長の略1/4の部分531cの内周面がN極、下端から全長の略1/4の部分531dの内周面がS極、上端面がS極、下端面がN極となるように磁化されてなる。なお、前述の各磁極の極性はそれぞれ逆でもよい。

20

【0115】

固定子250の構成と配置は、第3実施形態のリニア電磁装置3と同じである。その他の構成も、第3実施形態のリニア電磁装置3と同じである。

30

【0116】

次に、リニア電磁装置6がリニアモータとして作動する場合、その作動と効果について説明する。

【0117】

コイル251、252、253、254に、図13(a)に示す方向の電流が流れると、図13(a)に太い実線で示す磁束Ja、Ka、La、Maが生じ、歯部241bの図示P1辺り、及び歯部243bの図示P5辺りがS極になり、歯部242bの図示P3辺り、及び歯部244bの図示P7辺りがN極になる。すると、スロット240aの開口部に対向するボンド磁石531の部分(図示Q1辺り)が歯部241bの方向に磁氣的に吸引され、スロット240bの開口部に対向するボンド磁石531の部分(図示Q2辺り)が歯部242bの方向に磁氣的に吸引され、スロット240cの開口部に対向するボンド磁石531の部分(図示Q3辺り)が歯部243bの方向に磁氣的に吸引され、スロット240dの開口部に対向するボンド磁石531の部分(図示Q4辺り)が歯部244bの方向に磁氣的に吸引される。この4箇所磁気吸引力の、ピストン221の軸方向の成分の合計が、ピストン221を矢印A方向に移動させる推力となる。

40

【0118】

また、コイル251、252、253、254に、図13(b)に示す方向の電流が流れると、図13(b)に太い実線で示す磁束Jb、Kb、Lb、Mbが生じ、歯部242bの図示P2辺り、及び歯部244bの図示P6辺りがS極になり、歯部243bの図示

50

P 4 辺り、及び歯部 2 4 5 b の図示 P 8 辺りが N 極になる。すると、スロット 2 4 0 a の開口部に対向するボンド磁石 5 3 1 の部分（図示 Q 1 辺り）が歯部 2 4 2 b の方向に磁氣的に吸引され、スロット 2 4 0 b の開口部に対向するボンド磁石 5 3 1 の部分（図示 Q 2 辺り）が歯部 2 4 3 b の方向に磁氣的に吸引され、スロット 2 4 0 c の開口部に対向するボンド磁石 5 3 1 の部分（図示 Q 3 辺り）が歯部 2 4 4 b の方向に磁氣的に吸引され、スロット 2 4 0 d の開口部に対向するボンド磁石 5 3 1 の部分（図示 Q 4 辺り）が歯部 2 4 5 b の方向に磁氣的に吸引される。この 4 箇所の磁気吸引力の、ピストン 2 2 1 の軸方向の成分の合計が、ピストン 2 2 1 を矢印 B 方向に移動させる推力となる。

【0119】

以上により、コイル 2 5 1、2 5 2、2 5 3、2 5 4 に交番電流が供給されると、ピストン 2 2 1 に、矢印 A 方向の推力と矢印 B 方向の推力とが交番して発生し、ピストン 2 2 1 がシリンダ 1 1 内で往復動し、リニア電磁装置 6 がリニアモータとして作動する。

10

【0120】

また、リニア電磁装置 6 がリニア発電機として作動する場合も、リニア電磁装置 3 と同じ作用により、同様に作動して、ピストン 2 2 1 が連続的に往復動すると、コイル 2 5 1、2 5 2、2 5 3、2 5 4 に交番電流が誘導され、リニア電磁装置 6 がリニア発電機として作動する。

【0121】

本実施形態のリニア電磁装置 6 では、第 3 実施形態のリニア電磁装置 3 におけるヨーク 2 2 2 が不要になるので、可動子の構成が、第 3 実施形態のリニア電磁装置 3 に比べて単純になる。その結果、リニア電磁装置が小型軽量になる。

20

【0122】

その他の効果は、第 3 実施形態のリニア電磁装置 3 と同じである。

【0123】

（第 1 適応形態）

図 1 は、本発明の第 1 適応形態に係る再生式熱流体装置の断面図で、本発明の第 1 実施形態のリニア電磁装置 1 を再生式熱流体装置に適応したものである。

【0124】

図 1 に示すように、本適応形態の再生式熱流体装置 1 0 0 は、ケーシング上部 9 1 とケーシング下部 9 2 とが、互いの開口部で嵌合され、気密に溶着されてなるケーシング 9 0 を有する。ケーシング上部 9 1 の径拡大部 9 1 a の内面には、円輪平板 9 6 が溶着され、円輪平板 9 6 に、リニア電磁装置 1 が、シリンダ 1 1 のフランジ部が当接されボルト（図示せず）で固定される。ケーシング上部 9 1 の内周面に嵌合されたシリンダ 1 1 のフランジ部上方の外周面には、リング溝が設けられリング 1 8 が装着される。ケーシング下部 9 2 には、貫通孔（図示せず）に気密電流端子（図示せず）が気密に嵌合されて設置され、気密電流端子を介してリニア電磁装置 1 のコイル 5 1 はケーシング 9 0 の外部に設置された給電装置（図示せず）又は受電装置（図示せず）に接続される。

30

【0125】

シリンダ 1 1 の上端には、ブラケット 6 7 がボルト（図示せず）で固定される。ブラケット 6 7 の中心には、ロッド 6 2 が、ピストン 2 1 とは反対方向に突出して、ナット 6 4 により固定される。そして、ロッド 6 2 は、ディスプレイサ下部 7 1 の底部 7 1 a に設けた中心孔 7 3 に微小隙間で嵌合される。ロッド 6 2 の先端には、ワッシャ 6 3 がナット 6 5 により固定される。ディスプレイサ下部 7 1 の開口部には、ディスプレイサ上部 7 2 の開口部が螺合され、ディスプレイサ 7 0 が構成され、ディスプレイサ 7 0 とロッド 6 2 とにより、ディスプレイサ 7 0 の内部にディスプレイサ内部空間 7 4 が区画される。ブラケット 6 7 の上面には、ディスプレイサシリンダ下部 8 1 が、ディスプレイサ 7 0 が往復動自在に嵌合されて、ボルト（図示せず）で固定される。ディスプレイサシリンダ下部 8 1 の上端部には、ディスプレイサシリンダ上部 8 2 の下端部が螺合され、ディスプレイサシリンダ 8 0 が構成される。ディスプレイサシリンダ 8 0 内の空間は、ディスプレイサ 7 0 により、ディスプレイサ下方空間 7 5 とディスプレイサ上方空間 7 6 とに区画される。

40

50

## 【 0 1 2 6 】

ブラケット 6 7 の上面中央部には、軸方向に磁化されたリング形状の永久磁石 6 8 が固定され、ディスプレイサ下部 7 1 の底部 7 1 a の下面には、軸方向に磁化されたリング形状の永久磁石 8 8 が、永久磁石 6 8 と同軸に、同磁極面を対向させて固定される。ディスプレイサ下部 7 1 の底部 7 1 a の上面中央部には、軸方向に磁化されたリング形状の永久磁石 8 9 が固定され、ロッド 6 2 に固定されたワッシャ 6 3 の下面には、軸方向に磁化されたリング形状の永久磁石 6 9 が、永久磁石 8 9 と同軸に、同磁極面を対向させて固定される。永久磁石 6 8、8 8、6 9、8 9 の磁化の強さは略同じであり、永久磁石 6 8 と永久磁石 8 8 との磁気反発力と、永久磁石 6 9 と永久磁石 8 9 との磁気反発力とにより、ディスプレイサ 7 0 は、ディスプレイサシリンダ 8 0 に対して軸方向に弾性支持される。また、永久磁石 6 8 と永久磁石 8 8 との対、及び永久磁石 6 9 と永久磁石 8 9 との対は、磁気ストッパとしても機能する。

10

## 【 0 1 2 7 】

ケーシング上部 9 1 の内周面には、最も奥に吸熱器 9 3 が固定され、再生器 9 4 を介して放熱器 9 5 が固定される。吸熱器 9 3、再生器 9 4、放熱器 9 5 の内周面には、ディスプレイサシリンダ 8 0 が嵌合されてなる。ピストン上方空間 1 0 2 は、ブラケット 6 7 に形成された連通路 6 6 を介して、ディスプレイサ下方空間 7 5 に連通される。ディスプレイサ下方空間 7 5 は、順次、ディスプレイサシリンダ下部 8 1 に形成された連通路 8 3、放熱器 9 5、再生器 9 4、吸熱器 9 5 を介して、ディスプレイサ上方空間 7 6 に連通される。ピストン下方空間 1 0 3 は、ブラケット 1 2 に形成された連通路 1 2 a を介して、シリンダ 1 1 の外側のシリンダ外側空間 1 0 4 に連通される。ケーシング 9 0 の内部は、シリンダ 1 1 に装着したリング 1 8 とピストン 2 1 とにより、ピストン上方空間 1 0 2 からディスプレイサ上方空間 7 6 に至る作動空間 1 7 0 と、ピストン下方空間 1 0 3 からシリンダ外側空間 1 0 4 に至る背圧空間 1 8 0 とに区画される。背圧空間 1 8 0 の容積は、作動空間 1 7 0 に比べて数倍以上に設定される。作動空間 1 7 0、背圧空間 1 8 0、ディスプレイサ内部空間 7 4 には、ヘリウム、アルゴン、窒素、空気等の作動流体が、ケーシング下部 9 2 に設けられた作動流体充填口（図示せず）から充填され、充填後、作動流体充填口は密封される。

20

## 【 0 1 2 8 】

次に、再生式熱流体装置 1 0 0 がスターリング冷凍機として作動する場合の作動について説明する。この場合、リニア電磁装置 1 は、リニアモータとして作動する。

30

再生式熱流体装置 1 0 0 に、外部の給電装置から電流が供給され、リニア電磁装置 1 のピストン 2 1 が往復動すると、作動空間 1 7 0 の作動流体が圧力変動する。作動空間 1 7 0 の圧力がディスプレイサ内部空間 7 4 より高くなると、ディスプレイサ 7 0 には下向きの推力が生じ、作動空間 1 7 0 の圧力がディスプレイサ内部空間 7 4 の圧力より低くなると、ディスプレイサ 7 0 には上向きの推力が生じる。この推力によって、ディスプレイサ 7 0 は、ピストン 2 1 に対して、位相が略 4 分の 1 サイクル進んで往復動し、以下の 4 つの過程が順次繰り返される。

## 【 0 1 2 9 】

第 1 に圧縮過程として、ディスプレイサ 7 0 が略上死点に位置し、ディスプレイサ下方空間 7 5 に作動流体が移送された状態で、ピストン 2 1 が略下死点から略上死点へ押し出され、ディスプレイサ下方空間 7 5 の作動流体が断熱的に圧縮されて温度上昇する。

40

## 【 0 1 3 0 】

第 2 に放熱過程として、ピストン 2 1 が略上死点に位置した状態で、ディスプレイサ 7 0 が略上死点から略下死点へ移動し、前述の圧縮過程で温度上昇したディスプレイサ下方空間 7 5 の作動流体は、放熱器 9 5 で冷却され、再生器 9 4 で冷却されて、ディスプレイサ上方空間 7 6 に移送される。

## 【 0 1 3 1 】

第 3 に膨張過程として、ディスプレイサ 7 0 が略下死点に位置し、ディスプレイサ上方空間 7 6 に作動流体が移送された状態で、ピストン 2 1 が略上死点から略下死点へ引き込

50

まれ、ディスプレイサ上方空間 7 6 の作動流体が断熱的に膨張されて温度降下する。

【 0 1 3 2 】

第 4 に吸熱過程として、ピストン 2 1 が略下死点に位置した状態で、ディスプレイサ 7 0 が略下死点から略上死点へ移動し、前述の膨張過程で温度降下したディスプレイサ上方空間 7 6 の作動流体は、吸熱器 9 5 を冷却し、再生器 9 4 を冷却して、ディスプレイサ下方空間 7 5 に移送される。

【 0 1 3 3 】

以上の 4 つの過程が順次繰り返されて、放熱器 9 5 からケーシング 9 0 を介して大気等の環境熱浴へ熱が放出され、吸熱器 9 3 にケーシング 9 0 を介して熱的に接触された被冷却体が冷却されて、再生式熱流体装置 1 0 0 がスターリング冷凍機として作動する。

10

【 0 1 3 4 】

次に、再生式熱流体装置 1 0 0 がスターリング発電機として作動する場合について説明する。この場合、リニア電磁装置 1 は、リニア発電機として作動する。

吸熱器 9 3 にケーシング 9 0 を介して、例えば、ケーシング 9 0 の外部の燃焼器等の高温熱源から熱が供給され、放熱器 9 5 からケーシング 9 0 を介して大気等の環境熱浴へ熱が放出されると、再生式熱流体装置 1 0 0 において、以下の 4 つの過程が順次繰り返される。

【 0 1 3 5 】

第 1 に圧縮過程として、ディスプレイサ 7 0 が略上死点に位置し、ディスプレイサ下方空間 7 5 に冷却された作動流体が移送された状態で、ピストン 2 1 が略下死点から略上死点へ引き込まれ、作動流体の圧力が上昇する。

20

【 0 1 3 6 】

第 2 に加熱過程として、ピストン 2 1 が略上死点に位置した状態で、ディスプレイサ 7 0 が略上死点から略下死点へ移動し、ディスプレイサ下方空間 7 5 の作動流体は、再生器 9 4 で加熱され、吸熱器 9 3 で加熱されて、ディスプレイサ上方空間 7 6 に移送される。

【 0 1 3 7 】

第 3 に膨張過程として、ディスプレイサ 7 0 が略下死点に位置し、ディスプレイサ上方空間 7 6 に加熱された作動流体が移送された状態で、ピストン 2 1 が略上死点から略下死点へ押し出され、作動流体の圧力が降下する。

【 0 1 3 8 】

第 4 に冷却過程として、ピストン 2 1 が略下死点に位置した状態で、ディスプレイサ 7 0 が略下死点から略上死点へ移動し、ディスプレイサ上方空間 7 6 の作動流体は、再生器 9 4 で冷却され、放熱器で冷却されて、ディスプレイサ下方空間 7 5 に移送される。

30

【 0 1 3 9 】

以上の 4 つの過程が順次繰り返されて、ピストン 2 1 が往復動され、コイル 5 1 に誘導電流が発生し、ケーシング 9 0 の外部の受電装置に電流が供給され、再生式熱流体装置 1 0 0 がスターリング発電機として作動する。

【 0 1 4 0 】

( 第 2 適応形態 )

図 1 4 は、本発明の第 2 適応形態に係るリニア圧縮機の断面図で、本発明の第 3 実施形態のリニア電磁装置 3 をリニア圧縮機に適応したものである。

40

【 0 1 4 1 】

図 1 4 に示すように、本適応形態のリニア圧縮機 8 0 0 は、圧縮機本体 8 1 0、支持手段 8 2 1、ケーシング 8 3 0 及び配管 8 4 1、8 4 2 から構成される。

【 0 1 4 2 】

圧縮機本体 8 1 0 は、リニア電磁装置 3、シリンダ 2 1 1 の上端に順次設置されるシリンダヘッド 8 1 1 及びヘッドカバー 8 1 4 から構成される。そして、シリンダ 2 1 1、ピストン 2 2 1 及びシリンダヘッド 8 1 1 で包囲されて圧縮空間 8 1 5 が形成される。シリンダヘッド 8 1 1 の吸入孔 8 1 1 a、吐出孔 8 1 1 b には、それぞれ吸入弁 8 1 2、吐出弁 8 1 3 が設置される。圧縮空間 8 1 5 は、吸入弁 8 1 2、吐出弁 8 1 3 を介して、それ

50

ぞれヘッドカバー 8 1 4 に設けた流路 8 1 4 a、吐出室 8 1 4 b に連通される。吐出室 8 1 4 b には、配管 8 4 1 の一端が接続され、他端側はケーシング上部 8 3 1 に気密に接続され、ケーシング上部 8 3 1 から外に突出される。流路 8 1 4 a は、圧縮機本体 8 1 0 とケーシング 8 3 0 の間に形成されるバッファ空間 8 3 0 a を介して、ケーシング上部 8 3 1 に接続された配管 8 4 2 に連通される。

【 0 1 4 3 】

ケーシング 8 3 0 は、ケーシング上部 8 3 1 の開口部にケーシング下部 8 3 2 の開口部が嵌合され、気密に溶着されてなる。ケーシング上部 8 3 1 の頂部、ケーシング下部 8 3 2 の底部には、それぞれボス 8 3 1 a、8 3 2 a が設けられる。ボス 8 3 1 a、8 3 2 a には、圧縮コイルばねなどの支持手段 8 2 1 の一端側が装着され、他端側はそれぞれヘッドカバー 8 1 4 のボス 8 1 4 c、ブラケット 2 1 2 のボス 2 1 2 b に装着される。これにより、圧縮機本体 8 1 0 は、ケーシング 8 3 0 に弾性支持される。

10

【 0 1 4 4 】

リニア電磁装置 3 のコイル 2 5 1、2 5 2、2 5 3、2 5 4 に交番電流を供給すると、ピストン 2 2 1 が往復動し、作動流体は配管 8 4 2 から、順次、バッファ空間 8 3 0 a、流路 8 1 4 a、吸入弁 8 1 2 を通過して、圧縮空間 8 1 5 に流入する。流入した作動流体は、圧縮空間 8 1 5 で圧縮され、順次、吐出孔 8 1 1 b、吐出弁 8 1 3、吐出室 8 1 4 b を通過して、配管 8 4 1 から吐出される。

【 符号の説明 】

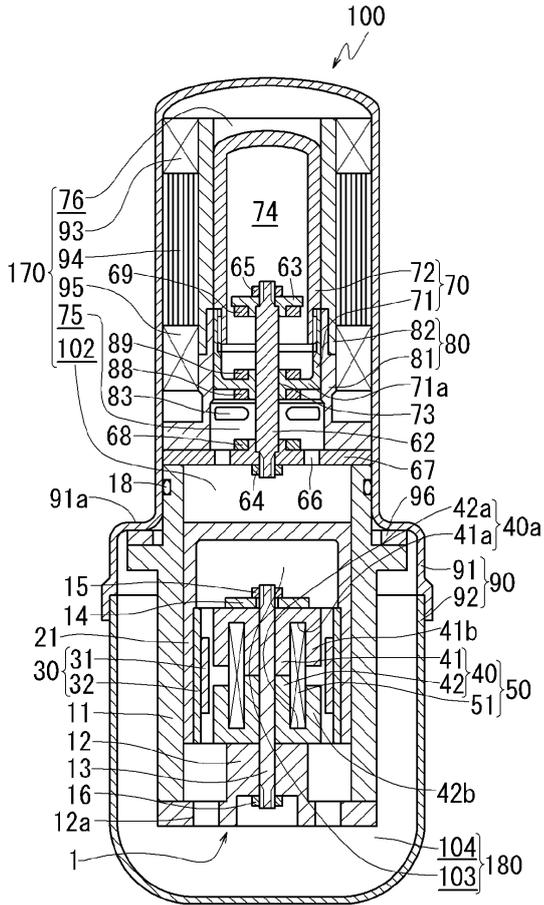
【 0 1 4 5 】

- 1、2、3、4、5、6 リニア電磁装置  
 1 1、1 1 1、2 1 1 シリンダ  
 2 1、1 2 1、2 2 1 ピストン  
 3 0、1 3 0、2 3 0 可動子  
 3 1、1 3 1、1 3 2、1 3 3、2 3 1、2 3 2、2 3 3、2 3 4、2 3 5、2 3 6、  
 2 3 7 永久磁石  
 4 0、1 4 0、2 4 0 コア  
 5 1、1 5 1、1 5 2、2 5 1、2 5 2、2 5 3、2 5 4 コイル  
 5 0、1 5 0、2 5 0 固定子  
 3 3 1、4 3 1、5 3 1 ボンド磁石（可動子）

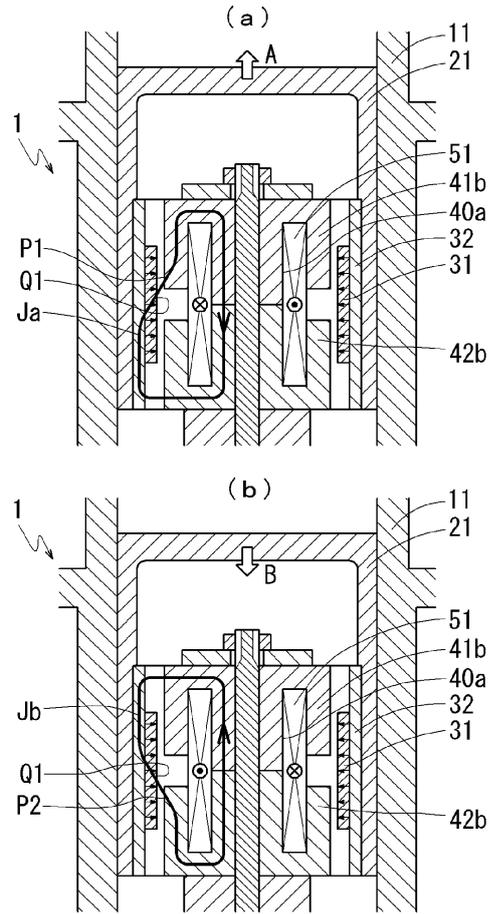
20

30

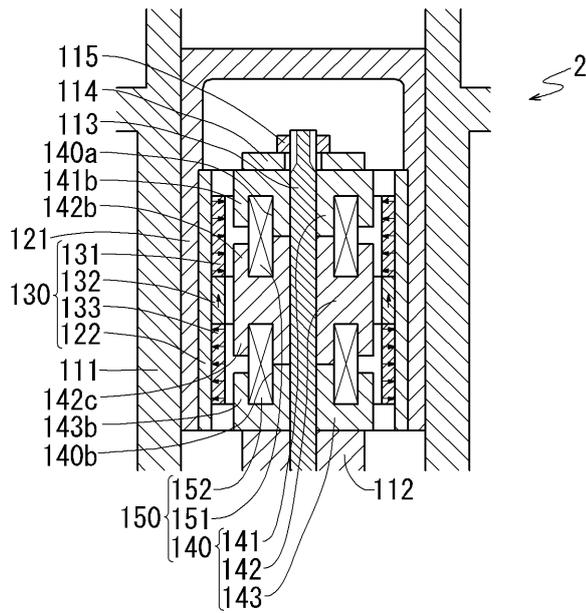
【 図 1 】



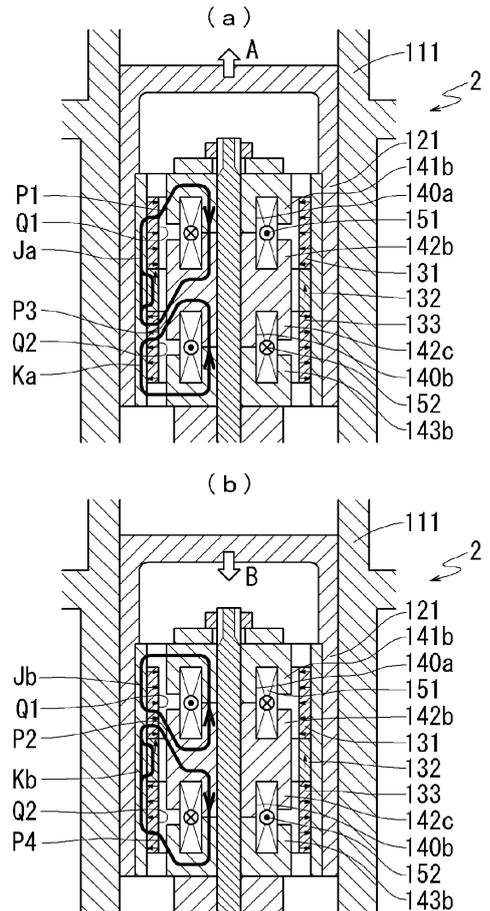
【 図 2 】



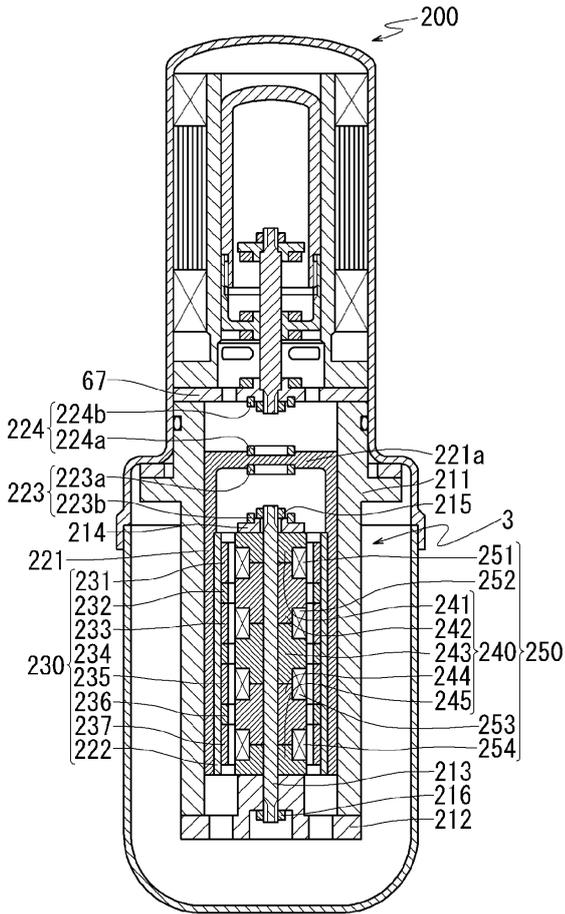
【 図 3 】



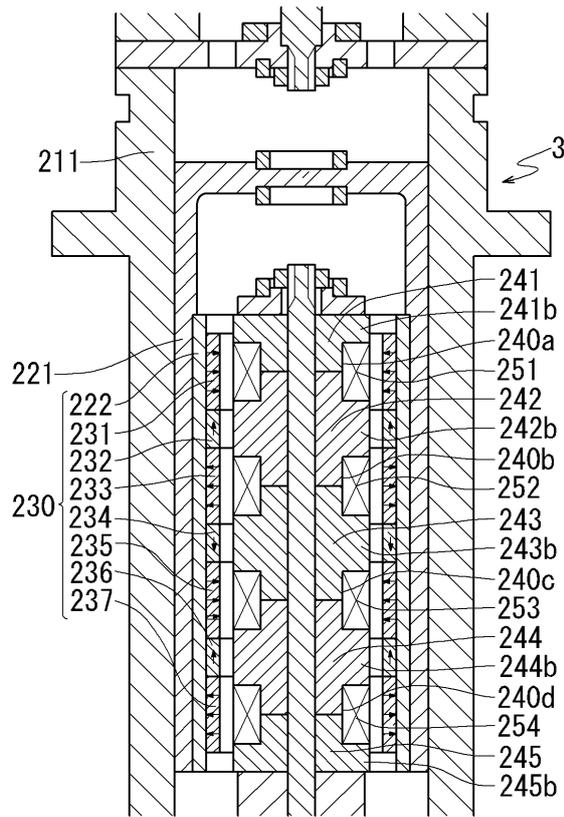
【 図 4 】



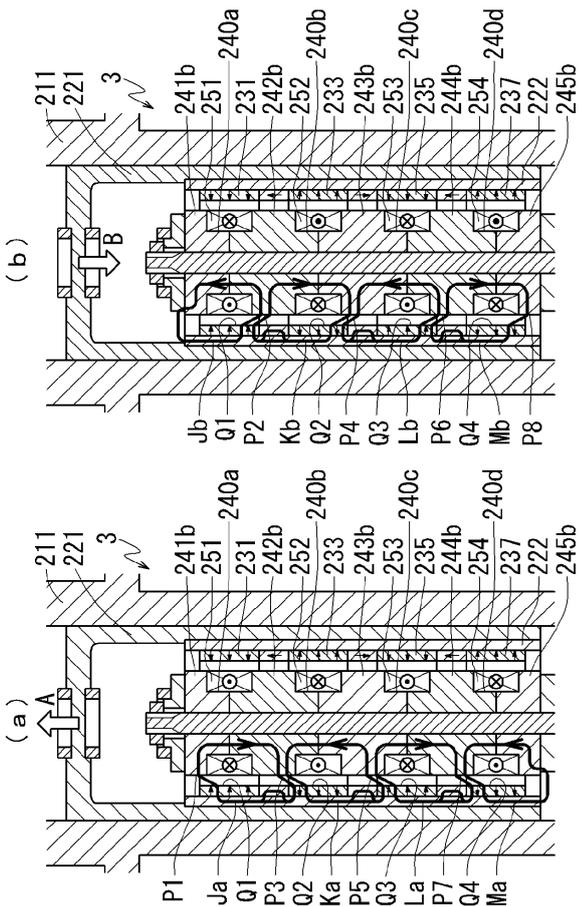
【 図 5 】



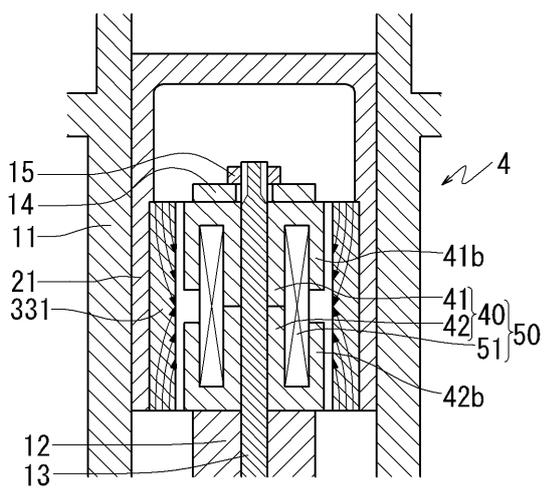
【 図 6 】



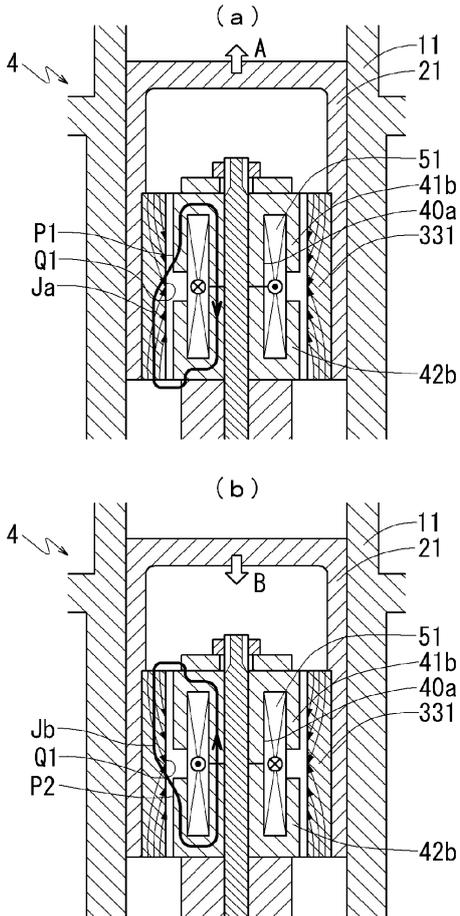
【 図 7 】



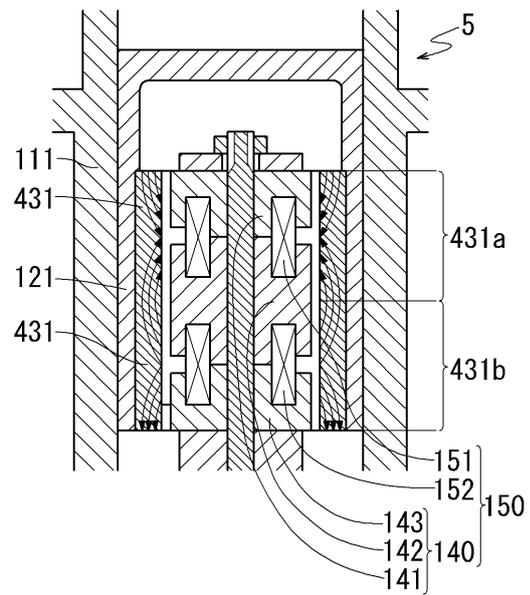
【 図 8 】



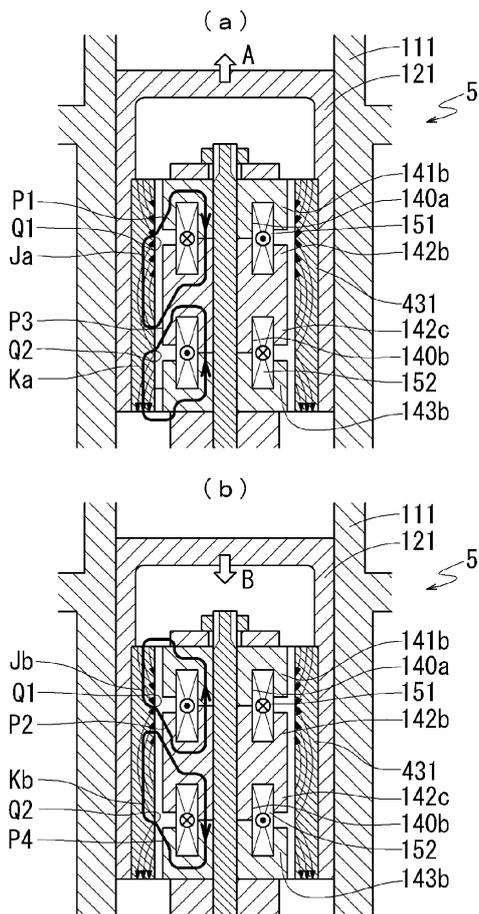
【 図 9 】



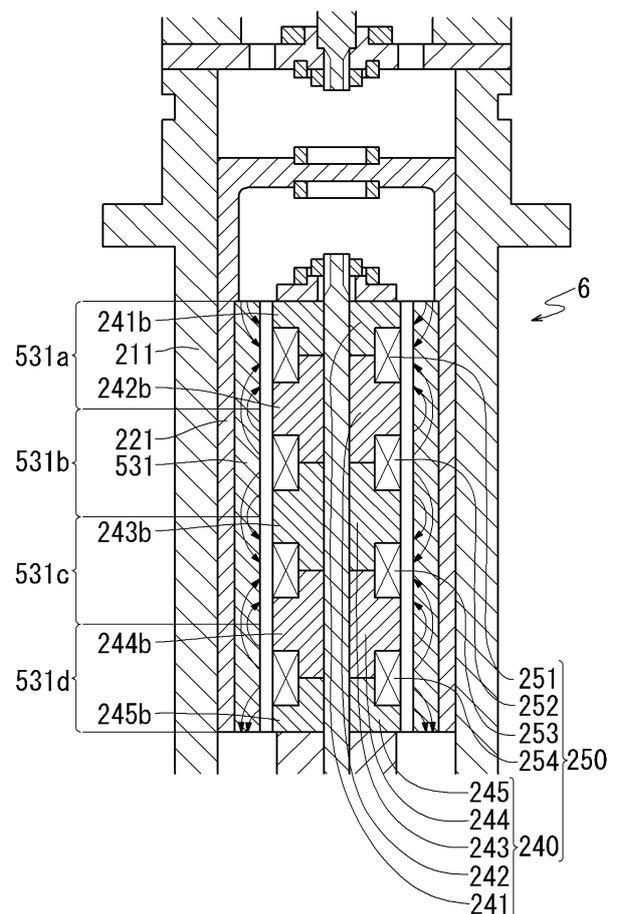
【 図 10 】



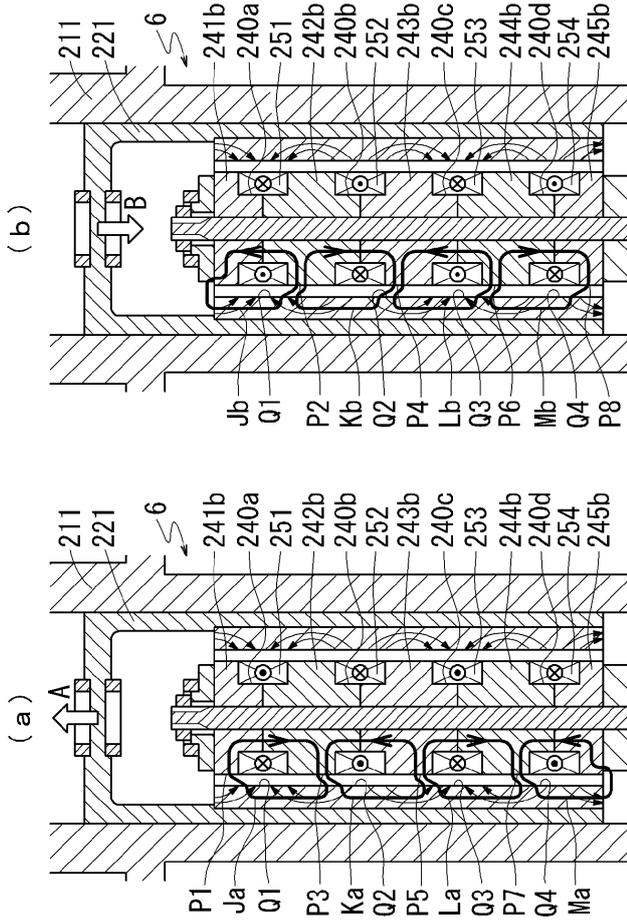
【 図 11 】



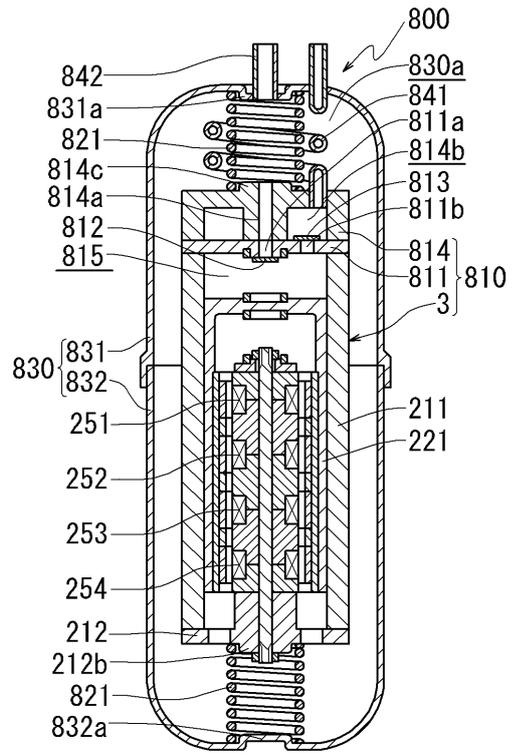
【 図 12 】



【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



【 図 1 5 】

