

(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2013-145110

(P2013-145110A)

(43) 公開日 平成25年7月25日(2013.7.25)

(51) Int.Cl.

F25B 21/00

(2006.01)

F 1

F 25 B 21/00

テーマコード (参考)

A

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2013-5792 (P2013-5792)
 (22) 出願日 平成25年1月16日 (2013.1.16)
 (31) 優先権主張番号 10-2012-0004709
 (32) 優先日 平成24年1月16日 (2012.1.16)
 (33) 優先権主張国 韓国 (KR)

(71) 出願人 390019839
 三星電子株式会社
 Samsung Electronics
 Co., Ltd.
 大韓民国京畿道水原市靈通区三星路129
 129, Samsung-ro, Yeongtong-gu, Suwon-si, Gyeonggi-do, Republic
 of Korea
 (74) 代理人 100107766
 弁理士 伊東 忠重
 (74) 代理人 100070150
 弁理士 伊東 忠彦
 (74) 代理人 100091214
 弁理士 大貫 進介

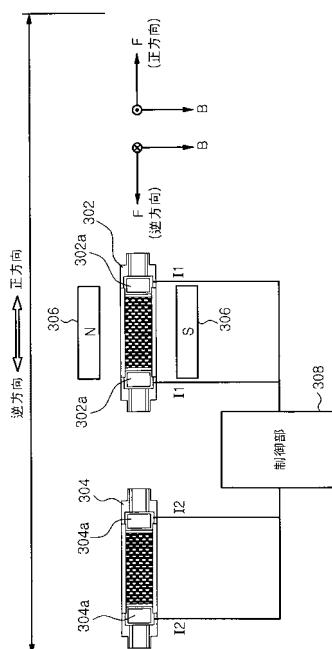
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気冷却装置及びその制御方法

(57) 【要約】

【課題】 磁気冷却装置及びその制御方法を提供する。
 【解決手段】 この磁気冷却装置は、往復型磁気冷却装置と回転型磁気冷却装置において駆動力を提供するモーター及び動力伝達系に取り替えるより簡単な構造を提供する。この磁気冷却装置は、磁場を形成する磁石と、磁気熱量物質で形成され、コイルが設けられており、且つ磁場の中でコイルに電流が供給される時に発生する電磁気力から運動エネルギーを得る磁気再生部と、コイルに供給される電流を制御して磁気再生部の移動速度及び移動方向を制御する制御部、を備える。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

磁場を形成する複数の磁石と、

磁気熱量物質で形成され、コイルが設けられており、且つ前記磁場の中で前記コイルに電流が供給される時に発生する電磁気力を運動エネルギーとして用いる磁気再生部と、

前記磁気再生部が前記磁場の中で磁化される時に前記磁気再生部を介して形成される温水側の流路と、

前記磁気再生部が前記磁場から離れて脱磁化される時に前記磁気再生部を介して形成される冷水側の流路と、

前記磁気再生部の前記コイルへの電流供給を制御して、前記磁気再生部が前記磁場を通過しながら磁化されるようにし、前記磁場から離れながら脱磁化されるようにして、前記磁気再生部の脱磁化時に発生する温度の低下により冷却がなされるように前記磁気再生部の移動を制御する制御部と、

を備える、磁気冷却装置。

10

【請求項 2】

前記制御部は、

前記コイルに供給される電流の大きさを制御して前記磁気再生部の移動速度を制御し、

前記コイルに供給される電流の方向を制御して前記磁気再生部の移動方向を制御する、請求項 1 に記載の磁気冷却装置。

20

【請求項 3】

前記制御部は、

前記磁気再生部が前記磁場を離れる際に前記磁石の引力を克服する大きさの電磁気力が発生するように前記電流の大きさ及び方向を制御する、請求項 2 に記載の磁気冷却装置。

【請求項 4】

前記制御部は、

前記磁気再生部が前記磁場に進入する際に前記磁石の引力に相応する大きさの制動力が発生するように前記電流の大きさ及び方向を制御する、請求項 2 に記載の磁気冷却装置。

30

【請求項 5】

前記制御部は、

前記磁気再生部が前記磁石の磁場の外部と内部の間を直線往復運動するように、前記コイルに供給される電流の大きさ及び方向を制御する、請求項 1 に記載の磁気冷却装置。

【請求項 6】

前記制御部は、

前記磁気再生部が前記磁石の磁場の外部と内部の間を回転運動するように、前記コイルに供給される電流の大きさ及び方向を制御する、請求項 1 に記載の磁気冷却装置。

40

【請求項 7】

磁場を形成する磁石と、磁気熱量物質で形成され、コイルが設けられており、且つ前記磁場の中で前記コイルに電流が流れる時に発生する電磁気力を運動エネルギーとして用いる磁気再生部と、前記磁気再生部が前記磁場の中で磁化される時に前記磁気再生部を介して形成される温水側の流路と、前記磁気再生部が前記磁場から離れて脱磁化される時に前記磁気再生部を介して形成される冷水側の流路と、を備えている磁気冷却装置の制御方法であって、

前記磁気再生部の前記コイルへの電流供給を制御して、前記磁気再生部が前記磁場を通過しながら磁化されるようにし、

前記磁気再生部の前記コイルの電流供給を制御して、前記磁気再生部が前記磁場から離れながら脱磁化されるようにし、

前記磁気再生部の脱磁化時に発生する温度の低下により冷却がなされるように前記磁気再生部の移動を制御する、磁気冷却装置の制御方法。

【請求項 8】

前記磁気再生部が前記磁場から離れる時に前記磁石の引力を克服する大きさの電磁気力

50

が発生するように前記電流の大きさ及び方向を制御する、請求項 7 に記載の磁気冷却装置の制御方法。

【請求項 9】

前記磁気再生部が前記磁場に進入する時に前記磁石の引力に相応する大きさの制動力が発生するように前記電流の大きさ及び方向を制御する、請求項 7 に記載の磁気冷却装置の制御方法。

【請求項 10】

前記磁気再生部が前記磁石の磁場の外部と内部の間を直線往復運動するように、前記コイルに供給される電流の大きさ及び方向を制御する、請求項 7 に記載の磁気冷却装置の制御方法。

10

【請求項 11】

前記磁気再生部が前記磁石の磁場の外部と内部の間を回転運動するように、前記コイルに供給される電流の大きさ及び方向を制御する、請求項 7 に記載の磁気冷却装置の制御方法。

【請求項 12】

磁気再生部が磁場を通過しながら磁化され、前記磁場から離れながら脱磁化されるように電流の供給を制御し、

前記磁気再生部の脱磁化により発生する温度を下げるこことによって冷却を達成するように前記磁気再生部の移動を制御する、冷却装置の制御方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、磁気熱量効果 (magnetocaloric effect) を用いた冷却装置及び方法に関する。

【背景技術】

【0002】

塩化フッ化炭素 (CFC; chloro fluoro carbon) のようなガス冷媒を圧縮または膨脹させて冷却効果を得る冷却装置は、家庭や産業全般に様々に用いられている。しかしながら、冷媒ガスとして利用可能な塩化フッ化炭素は、オゾン層を破壊して地球温暖化を引き起こす環境破壊の主犯とされており、この塩化フッ化炭素を用いた冷却装置に取って代わる新しい方式の冷却装置が望まれている。

30

【0003】

磁気冷却装置とは、磁気熱量効果を用いた冷却装置のことをいい、磁気熱量効果とは、磁性物質に磁場を加えると磁性物質の温度が上昇し、磁性物質から磁場を除去すると磁性物質の温度が下降することを意味することができる。このような磁気熱量効果は、エントロピーの法則に基づく。すなわち、磁性物質に磁場が加えられると、磁性物質の粒子の配列が整列されながら磁性物質の温度が上昇し、磁場を除去すると、粒子の配列が乱れながら磁性物質の温度が下降することがある。この温度差を用いて磁気冷却装置は冷却効果を奏する。

【0004】

磁気冷却装置には、磁性物質を有している磁気再生部が磁石の磁場の内部と外部を往復運動することによって、磁気再生部で磁気熱量物質の温度変化を誘発する往復型磁気冷却装置と、磁石が、例えば、磁性物質を有している磁気再生部が設けられた円環形コンテナの周囲を回転運動することによって、磁気再生部に対する磁場の変化を形成して磁気再生部で磁気熱量物質の温度変化を誘発することができる回転型磁気冷却装置と、がある。

40

【0005】

これらの磁気冷却装置は、磁気再生部を往復運動または回転運動させるための動力源としてモーターを使用し、このモーターの駆動力を磁気再生部の往復運動または回転運動に切り替えるための動力伝達系を必要とする。そのため、磁気冷却装置の小型化が困難であり、磁気冷却装置の駆動時にエネルギー効率が低いという問題があった。

50

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0006】**

本発明の一側面は、既存の往復型磁気冷却装置と回転型磁気冷却装置においてモーター及び動力伝達系を、より簡単な構造に取り替えることである。

【課題を解決するための手段】**【0007】**

本発明の一側面において、磁気冷却装置は、磁場を形成する磁石と、磁気熱量物質で形成され、コイルが設けられており、且つ前記磁場の中で前記コイルに電流が供給される時に発生する電磁気力を運動エネルギーとして用いる磁気再生部と、前記磁気再生部が前記磁場の中で磁化される時に前記磁気再生部を介して形成される温水側の流路と、前記磁気再生部が前記磁場から離れて脱磁化される時に前記磁気再生部を介して形成される冷水側の流路と、前記磁気再生部の前記コイルへの電流供給を制御して、前記磁気再生部が前記磁場を通過しながら磁化されるようにし、前記磁場から離れながら脱磁化されるようにして、前記磁気再生部の脱磁化時に発生する温度の低下により冷却がなされるように前記磁気再生部の移動を制御する制御部と、を備える。

10

【0008】

ここで、前記制御部は、前記コイルに供給される電流の大きさを制御して前記磁気再生部の移動速度を制御し、前記コイルに供給される電流の方向を制御して前記磁気再生部の移動方向を制御してもよい。

20

【0009】

前記制御部は、前記磁気再生部が前記磁場を離れる際に前記磁石の引力を克服する大きさの電磁気力が発生するように前記電流の大きさ及び方向を制御してもよい。

【0010】

前記制御部は、前記磁気再生部が前記磁場に進入する際に前記磁石の引力に相応する大きさの制動力が発生するように前記電流の大きさ及び方向を制御してもよい。

【0011】

前記制御部は、前記磁気再生部が前記磁石の磁場の外部と内部の間を直線往復運動するように、前記コイルに供給される電流の大きさ及び方向を制御してもよい。

30

【0012】

前記制御部は、前記磁気再生部が前記磁石の磁場の外部と内部の間を回転運動するように、前記コイルに供給される電流の大きさ及び方向を制御してもよい。

【0013】

本発明の一側面において、磁場を形成する磁石と、磁気熱量物質で形成され、コイルが設けられており、且つ前記磁場の中で前記コイルに電流が流れる時に発生する電磁気力を運動エネルギーとして用いる磁気再生部と、前記磁気再生部が前記磁場の中で磁化される時に前記磁気再生部を介して形成される温水側の流路と、前記磁気再生部が前記磁場から離れて脱磁化される時に前記磁気再生部を介して形成される冷水側の流路と、を備えている磁気冷却装置の制御方法は、前記磁気再生部の前記コイルへの電流供給を制御して、前記磁気再生部が前記磁場を通過しながら磁化されるようにし、前記磁気再生部の前記コイルの電流供給を制御して、前記磁気再生部が前記磁場から離れながら脱磁化されるようにし、前記磁気再生部の脱磁化時に発生する温度の低下により冷却がなされるように前記磁気再生部の移動を制御する。

40

【0014】

前記磁気再生部が前記磁場から離れる時に前記磁石の引力を克服する大きさの電磁気力が発生するように前記電流の大きさ及び方向が制御されてもよい。

【0015】

前記磁気再生部が前記磁場に進入する時に前記磁石の引力に相応する大きさの制動力が発生するように前記電流の大きさ及び方向が制御されてもよい。

【0016】

50

前記磁気再生部が前記磁石の磁場の外部と内部の間を直線往復運動するように、前記コイルに供給される電流の大きさ及び方向が制御されてもよい。

【0017】

前記磁気再生部が前記磁石の磁場の外部と内部の間を回転運動するように、前記コイルに供給される電流の大きさ及び方向が制御されてもよい。

【発明の効果】

【0018】

一側面によれば、往復型磁気冷却装置と回転型磁気冷却装置において駆動力を提供するモーター及び動力伝達系をより簡単な構造に取り替えることによって、磁気冷却装置をより小型化でき、且つ磁気冷却装置の駆動時にエネルギー効率を向上させることができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1A】本発明の実施例に係る磁気冷却装置を示す図である。

【図1B】本発明の実施例に係る磁気冷却装置を示す図である。

【図2】磁気冷却装置の冷却サイクルを例示する図である。

【図3】往復型磁気冷却装置を例示する図である。

【図4】往復型磁気冷却装置の磁気再生部に供給される電流プロファイルを例示する図である。

【図5A】図4の電流プロファイルによって駆動される往復型磁気冷却装置の動作サイクルを例示する図である。

20

【図5B】図4の電流プロファイルによって駆動される往復型磁気冷却装置の動作サイクルを例示する図である。

【図5C】図4の電流プロファイルによって駆動される往復型磁気冷却装置の動作サイクルを例示する図である。

【図5D】図4の電流プロファイルによって駆動される往復型磁気冷却装置の動作サイクルを例示する図である。

【図5E】図4の電流プロファイルによって駆動される往復型磁気冷却装置の動作サイクルを例示する図である。

【図6】回転型磁気冷却装置を例示する図である。

【図7】図6の回転型磁気冷却装置の磁気再生部に供給される電流プロファイルを例示する図である。

30

【図8A】図7の電流プロファイルによって駆動される回転型磁気冷却装置の動作サイクルを例示する図である。

【図8B】図7の電流プロファイルによって駆動される回転型磁気冷却装置の動作サイクルを例示する図である。

【図8C】図7の電流プロファイルによって駆動される回転型磁気冷却装置の動作サイクルを例示する図である。

【図8D】図7の電流プロファイルによって駆動される回転型磁気冷却装置の動作サイクルを例示する図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

図1A及び図1Bは、本発明の実施例に係る磁気冷却装置を示す図である。図1Aには、第1の磁気再生部102、第2の磁気再生部104、N極及びS極を有する一对の磁石106が示されている。第1の磁気再生部102及び第2の磁気再生部104は、能動磁気再生部(Active Magnetic Regenerator)とすることができる。第1の磁気再生部102及び第2の磁気再生部104は、磁石106のN極とS極との間に生成される磁場に交互に進入及び離脱するように制御することができる。磁場の中で第1の磁気再生部102及び第2の磁気再生部104は磁化され、磁場から離れると、第1の磁気再生部102及び第2の磁気再生部104は脱磁化される。第1の磁気再生部102が磁場に進入して磁化される際に、第2の磁気再生部104は磁場から離れて脱

40

50

磁化される。逆に、第1の磁気再生部102が磁場から離れて脱磁化される際に、第2の磁気再生部104は磁場に進入して磁化される。第1の磁気再生部102及び第2の磁気再生部104の磁場への進入／離脱を具現するために、第1の磁気再生部102及び第2の磁気再生部104を往復運動させる方法(往復型)や、第1の磁気再生部102及び第2の磁気再生部104を回転させる方法(回転型)を用いることができる。

【0021】

第1の磁気再生部102は高温側の流路108上に設けられており、第2の磁気再生部104は低温側の流路110上に設けられている。第2の磁気再生部104を高温側の流路108上に配置し、第1の磁気再生部102を低温側の流路110上に配置することもできる。高温側の流路108上には、第1の磁気再生部102に加えて、高温側の弁112、高温側の熱交換器114、高温側のポンプ116が設けられている。低温側の流路110上にも、高温側の流路108と同様に、第2の磁気再生部104に加えて、低温側の弁118、低温側の熱交換器120、低温側のポンプ122が設けられている。高温側の弁112と低温側の弁118は、第1の磁気再生部102と第2の磁気再生部104のそれぞれの磁化及び脱磁化の時点に、高温側の流路108と低温側の流路110とを相互交差させる。すなわち、図1Aに示すように、第1の磁気再生部102が磁化され、第2の磁気再生部104が脱磁化される場合には、磁化される第1の磁気再生部102を通じて高温側の流路108が形成されて流体が流れるようにし、脱磁化される第2の磁気再生部104を通じて低温側の流路110が形成されて流体が流れるようにしている。逆に、図1Bに示すように、第1の磁気再生部102が脱磁化され、第2の磁気再生部104が磁化される場合には、脱磁化される第1の磁気再生部102を通じて低温側の流路110が形成されて流体が流れるようにし、磁化される第2の磁気再生部104を通じて高温側の流路108が形成されて流体が流れるようにしている。このように、高温側の弁112と低温側の弁118の作用により、磁化される磁気再生部には常に高温側の流路108が形成され、脱磁化される磁気再生部には常に低温側の流路110が形成されることから、冷却時(脱磁化時)の流体の移動方向及び発熱時(磁化時)の流体の移動方向が高温側の熱交換器114と低温側熱交換器120で常に一定となる。高温側の熱交換器114と低温側熱交換器120は、第1の磁気再生部102及び第2の磁気再生部104の磁化及び脱磁化時に発生する冷却効果と発熱効果が加熱(暖房)及び冷却(冷房)に用いられるようになる。高温側のポンプ116と低温側のポンプ122は、それぞれ、ポンピング作用により高温側の流路108と低温側の流路110に沿って強制的に流体を循環させる。したがって、磁気冷却装置は、第1の磁気再生部102及び第2の磁気再生部104のそれぞれの発熱／冷却作用を用いて高温及び低温を得ることができる。

【0022】

図2は、図1の磁気冷却装置の冷却サイクルを例示する図である。図2に示すように、例えば、(211)のように、第1の磁気再生部102が磁化されていない状態で、N極及びS極を有する磁石106により磁場を形成して第1の磁気再生部102を磁化させると発熱が起き、(212)の状態で第1の磁気再生部102の熱を放出させると、第1の磁気再生部102の温度が多少下降して(213)の状態になり、磁場を除去して第1の磁気再生部102を脱磁化させると、(214)のように温度が急に下降することで、目的とする低温を得ることができる。この低温を用いて熱負荷202を冷却させる。(211)乃至(214)の動作を繰り返し行うことで、持続して低温を得ることができる。

【0023】

図3は、図1の磁気冷却装置の一実施例として往復型磁気冷却装置を示す図である。同図の往復型磁気冷却装置は、第1の磁気再生部302と第2の磁気再生部304が一定の区間の直線上を往復運動しながら、磁石306により生成される磁場への進入及び離脱を交互に反復する構造である。すなわち、第1の磁気再生部302と第2の磁気再生部304が図面の右側(正方向という。)に移動すると、第1の磁気再生部302は磁場から離れるようになり(脱磁化)、第2の磁気再生部304は磁場に進入するようになる(磁化)。逆に、第1の磁気再生部302と第2の磁気再生部304が、図面の左側(逆方向

10

20

30

40

50

という。)に移動すると、第2の磁気再生部304が磁場から離れるようになり(脱磁化)、第1の磁気再生部302は磁場に進入するようになる(磁化)。図3に示す第1の磁気再生部302及び第2の磁気再生部304は、図1に示した第1の磁気再生部102及び第2の磁気再生部104に相当する。

【0024】

図3で、第1の磁気再生部302の両側には第1のコイル302aが設けられ、第2の磁気再生部304の両側には第2のコイル304aが設けられている。第1の磁気再生部302の第1のコイル302aと第2の磁気再生部304の第2のコイル304aは、第1の磁気再生部302と第2の磁気再生部304を正方向及び逆方向に直線往復運動させる役割を果たす。第1の磁気再生部302または第2の磁気再生部304が磁場の中に進入したときに、第1のコイル302aまたは第2のコイル304aに電流I1及びI2を供給すると、電流の供給により生成される電磁気力と磁石306により生成される磁気力の作用により、第1の磁気再生部302または第2の磁気再生部304を正方向または逆方向に移動させる力が発生する。この力を用いて、第1の磁気再生部302及び第2の磁気再生部304を正方向または逆方向に直線往復運動させることができる。磁場の中で第1のコイル302a及び第2のコイル304aに電流I1及びI2を供給する時に発生する力により第1の磁気再生部302と第2の磁気再生部304が直線上を往復運動するように、第1のコイル302aを第1の磁気再生部302に一体に固定し、第2のコイル304aを第2の磁気再生部304に一体に固定することができる。また、第1の磁気再生部302と第2の磁気再生部304のいずれか一方が移動する時に他方も一緒に移動するように、第1の磁気再生部302と第2の磁気再生部304とを機械的に結合させることができる。

10

20

30

【0025】

第1の磁気再生部302及び第2の磁気再生部304の移動方向は、磁場の方向が同一である場合は、第1のコイル302a及び第2のコイル304aに供給される電流I1及びI2の方向(極性)によって決定することができる。また、第1の磁気再生部302及び第2の磁気再生部304の移動速度は、電流I1及びI2の大きさによって決定することができる。制御部308は、第1のコイル302a及び第2のコイル304aに供給される電流I1及びI2の方向(極性)を制御して第1の磁気再生部302及び第2の磁気再生部304の移動方向を制御し、電流I1及びI2の大きさを制御して第1の磁気再生部302及び第2の磁気再生部304の移動速度を制御する。

【0026】

図4は、図3に示した往復型磁気冷却装置の磁気再生部に供給される電流プロファイルを示す図である。また、図5A乃至図5Eは、図4の電流プロファイルによって駆動される往復型磁気冷却装置の動作サイクルを示す図である。すなわち、図3における制御部308は、図4に示すような電流プロファイルによって電流I1及びI2の方向(極性)及び大きさを制御することによって、図5A乃至図5Eに示すような磁気冷却装置の動作を実行する。次に、本発明の実施例に係る往復型磁気冷却装置の第1の磁気再生部302及び第2の磁気再生部304の直線往復運動を説明する。

【0027】

40

t0：初期状態及び正方向起動

初期状態では、図5Aに示すように、第1の磁気再生部302が、磁石306により形成された磁場の中に位置しており、第2の磁気再生部304は磁石306の磁場の外部に位置している。この初期状態で、まず、第1の磁気再生部302の第1のコイル302aに、図4のt0～t1区間の電流I1を供給すると、電磁気力により第1の磁気再生部302及び第2の磁気再生部304が正方向に移動し始める。この正方向移動によって第1の磁気再生部302は磁石306の磁場から離れるようになり、第2の磁気再生部304は磁石306の磁場の中に進入するようになる。この第1のコイル302aに供給される電流は、第1の磁気再生部302が磁石306の引力を克服して磁場から離れるような大きさにし、第1の磁気再生部302を正方向に移動させて第2の磁気再生部304が磁場

50

の中に進入できるような方向（極性）とする。

【0028】

t1：正方向制動

図5Bに示すように、第1の磁気再生部302が磁場から離れる際に、第2の磁気再生部304は磁場の中に進入する。第2の磁気再生部304が磁場の中に進入する際には、磁石306の引力により第2の磁気再生部304の正方向移動速度が急に増加することがある。したがって、第2の磁気再生部304に逆方向の力を発生させて磁石306の引力を打ち消すことによって、第2の磁気再生部304が磁石306の引力に引かれることなく本来の速度を保ちつつ磁場の中に進入できるようにする正方向制動力を発生させる。そのために、図4のt1～t2区間に示すように、第2の磁気再生部304が正方向に移動し続けるものの、磁場の中で磁石306の引力の影響を受けずに、そもそも意図した速度で磁石306の磁場の中に進入できるような大きさ及び方向（極性）の電流I2を、第2の磁気再生部304に供給する。

10

【0029】

t2：停止及び逆方向起動

図4におけるt2時点の前後の一定区間では、第2の磁気再生部304に供給される電流I2の大きさが極めて小さくなっている（略0に近づく）。これは、第2の磁気再生部304が正方向に移動しながら磁場を行き過ぎることを防ぐためである。これにより、第2の磁気再生部304は磁石306の中央部分で停止することができる。図5Cに示すように、磁場の中に移動した第2の磁気再生部304が磁石306の中央部分に位置すると、第2の磁気再生部304の第2のコイル304aに供給される電流I2の大きさを増加させて（図4のt2～t3）、第2の磁気再生部304が逆方向に移動できるようにする。図4に示すように、t1～t2区間の電流I2は、第2の磁気再生部304を制動させるためのものであり、t2～t3区間の電流I2は、第2の磁気再生部304の逆方向起動（すなわち、移動方向の切り替え）のためのものである。

20

【0030】

t3：逆方向制動

図5Dに示すように、第2の磁気再生部304が逆方向に移動して磁石306の磁場から離れる際に、第1の磁気再生部302は磁場の中に進入する。第1の磁気再生部302が磁場の中に進入する際には、磁石306の引力により第1の磁気再生部302の逆方向移動速度が急に増加することがある。したがって、第1の磁気再生部302に正方向に移動しようとする力を発生させて磁石306の引力を打ち消すことによって、第1の磁気再生部302が磁石306の引力に引かれることなく本来の速度を保ちつつ磁場の中に進入できるようにする正方向制動力を発生させることができる。そのために、図4のt3～t4区間に示すように、第1の磁気再生部302に供給される電流は、第1の磁気再生部302が逆方向に移動し続けるものの、磁場の中で磁石306の引力に影響を受けずに、そもそも意図した速度で磁石306の磁場の中に進入できるような大きさ及び方向（極性）の電流I1を、第1の磁気再生部302に供給することができる。

30

【0031】

t4：停止

図4のt3～t4区間の後半区間では、第1の磁気再生部304に供給される電流I1の大きさが減少して略0に近づいている。これは、第1の磁気再生部302が逆方向に移動しながら磁場を行き過ぎることを防ぐためである。これにより、図5Eに示すように、第1の磁気再生部302は磁石306の中央部分で停止することとなり、これで、第1の磁気再生部302及び第2の磁気再生部304の直線往復運動の1サイクルが完了する。もし、図5A乃至図5Eに示すような、第1の磁気再生部302及び第2の磁気再生部304の直線往復運動を続けようとする場合には、図4のt0～t4区間のような電流の供給を繰り返し行う。

40

【0032】

図4、及び図5A乃至図5Eに示すような一連の直線往復運動を通じて、第1の磁気再

50

生部 302 及び第 2 の磁気再生部 304 が、磁石 306 により形成される磁場に対して交互に進入及び離脱を反復しながら磁化及び脱磁化されることから、発熱及び冷却がなされる。本発明の実施例によれば、第 1 の磁気再生部 302 及び第 2 の磁気再生部 304 の直線往復運動のために、第 1 の磁気再生部 302 及び第 2 の磁気再生部 304 のそれぞれに第 1 のコイル 302a 及び第 2 のコイル 304a を設け、第 1 のコイル 302a 及び第 2 のコイル 304a に供給される電流の方向(極性)及び大きさを制御するだけでも第 1 の磁気再生部 302 及び第 2 の磁気再生部 304 の直線往復運動を具現することができる。したがって、既存の磁気再生部の往復運動の動力源として用いたモーター及び動力伝達系を新しい構造に取り替えることができ、その結果、磁気冷却装置をより小型化でき、且つ磁気冷却装置の駆動時にエネルギー効率を向上させることができる。

10

【0033】

図 6 は、図 1 の磁気冷却装置の実施例として回転型磁気冷却装置を示す図である。図 6 に示す回転型磁気冷却装置は、第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 が回転軸 600 を中心に反時計回り方向(CCW)(正方向という。)に回転運動しながら、第 1 の磁石 606a 及び第 2 の磁石 606b により生成される磁場への進入及び離脱を反復する構造となっている。すなわち、第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 が、第 1 の磁石 606a 及び第 2 の磁石 606b により形成される磁場の中に進入すると、第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 が磁化され、第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 が、第 1 の磁石 606a 及び第 2 の磁石 606b により形成される磁場から離れると、第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 が脱磁化される。図 6 における第 1 の磁気再生部 602 と第 2 の磁気再生部 604 は、図 1 における第 1 の磁気再生部 102 と第 2 の磁気再生部 104 に相当する。

20

【0034】

図 6 で、第 1 の磁気再生部 602 の両側には第 1 のコイル 602a が設けられ、第 2 の磁気再生部 604 の両側には第 2 のコイル 604a が設けられている。第 1 の磁気再生部 602 の第 1 のコイル 602a 及び第 2 の磁気再生部 604 の第 2 のコイル 604a は、第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 を正方向(CCW)に回転運動させる役割を果たす。第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 が磁場の中に進入したときに、第 1 のコイル 602a または第 2 のコイル 604a に電流を供給すると、電流の供給により生成される電磁気力と第 1 の磁石 606a 及び第 2 の磁石 606b により生成される磁気力の作用により、正方向(CCW)に移動しようとする力が発生する。この力を用いて、第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 を正方向(CCW)に回転運動させることができる。電流の方向(極性)を切り替えると、第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 が時計回り方向(CW)(逆方向という。)に移動しようとする力を発生させることができる。磁場の中で第 1 のコイル 602a と第 2 のコイル 604a に電流 I1 及び I2 を供給するときに発生する力により第 1 の磁気再生部 602 と第 2 の磁気再生部 604 が回転運動できるように、第 1 のコイル 602a を第 1 の磁気再生部 602 に一体に固定し、第 2 のコイル 604a を第 2 の磁気再生部 604 に一体に固定することができる。

30

【0035】

第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 の移動方向は、磁場の方向が同一である場合には、第 1 のコイル 602a 及び第 2 のコイル 604a に供給される電流 I1 及び I2 の方向(極性)によって決定することができる。また、第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 の移動速度は、電流 I1 及び I2 の大きさによって決定することができる。制御部 608 は、第 1 のコイル 602a 及び第 2 のコイル 604a に供給される電流 I1 及び I2 の方向(極性)を制御して、第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 の移動方向を制御し、電流 I1 及び I2 の大きさを制御して第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 の移動速度を制御する。

40

【0036】

図 7 は、図 6 に示した回転型磁気冷却装置の磁気再生部に供給される電流プロファイル

50

を示す図である。また、図 8 A 乃至図 8 D は、図 7 の電流プロファイルによって駆動される回転型磁気冷却装置の動作サイクルを示す図である。すなわち、図 6 における制御部 608 は、図 7 に示すような電流プロファイルによって電流 I1 及び I2 の方向（極性）及び大きさを制御することによって、図 8 A 乃至図 8 D に示すような磁気冷却装置の動作を具現する。図 6 に示すように、第 1 の磁石 606a と第 2 の磁石 606b とが回転軸 600 を中心に向かい合って配置されているため、それぞれの N 極と S 極の位置が互いに反対に配置される。そのため、第 1 の磁石 606a の磁場の方向と第 2 の磁石 606b の磁場の方向も、回転軸 600 を中心に互いに反対になっている。したがって、第 1 の磁石 606a の磁場内にある磁気再生部（例えば、第 1 の磁気再生部 602）と第 2 の磁石 606b の磁場内にある磁気再生部（例えば、第 2 の磁気再生部 604）のそれぞれに供給される電流の方向（極性）も互いに反対にしなければならない。また、第 1 の磁気再生部 602 と第 2 の磁気再生部 604 が回転する際に偏心が発生するのを防ぐためには、第 1 の磁気再生部 602 と第 2 の磁気再生部 604 のそれぞれに供給される電流の大きさの誤差を小さくしなければならない。そこで、図 7 に示す電流プロファイルのように、第 1 の磁気再生部 602 の第 1 のコイル 602a に供給される電流と第 2 の磁気再生部 604 の第 2 のコイル 604a に供給される電流とを、反対の方向（極性）、且つ同一の大きさにしている。次に、本発明の他の実施例に係る回転型磁気冷却装置の第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 の回転運動について説明する。

10

【0037】

20

t0 : 初期状態及び第 1 の正方向起動

初期状態では、図 8 A に示すように、第 1 の磁気再生部 602 が第 1 の磁石 606a の磁場の中に位置しており、第 2 の磁気再生部 604 は第 2 の磁石 606b の磁場の中に位置している。この状態で、第 1 の磁気再生部 602 の第 1 のコイル 602a に、図 7 の t0 ~ t1 区間の電流 I1 を供給し、第 2 の磁気再生部 604 の第 2 のコイル 604a に、図 7 の t0 ~ t1 区間の電流 I2 を供給すると、電磁気力により第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 が正方向（CCW）に回転し始める。この第 1 のコイル 602a 及び第 2 のコイル 604a に供給される電流は、第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 が第 1 の磁石 606a 及び第 2 の磁石 606b の引力を克服して磁場から離れるような大きさにする。この回転により、第 1 の磁気再生部 602 は第 1 の磁石 606a の磁場から離れて第 2 の磁石 606b に向かって回転し、第 2 の磁気再生部 604 は第 2 の磁石 606b の磁場から離れて第 1 の磁石 606a に向かって回転する。

30

【0038】

30

t1 : 第 1 の正方向制動

図 8 B に示すように、第 1 の磁気再生部 602 が第 2 の磁石 606b に近づき、第 2 の磁気再生部 604 が第 1 の磁石 606a に近づく際に、第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 への電流の供給を一時的に中断してから、図 7 の t1 ~ t2 区間の電流 I1、I2 をそれぞれ再び供給する。第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 が第 2 の磁石 606b 及び第 1 の磁石 606a の磁場の中に進入する際に、第 2 の磁石 606b 及び第 1 の磁石 606a の引力により第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 の正方向回転速度が急に増加することがあるわけである。すなわち、図 7 の t1 ~ t2 区間のような電流供給により、第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 に逆方向に回転しようとする力を発生させて第 1 の磁石 606a 及び第 2 の磁石 606b の引力を打ち消すことによって、第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 が第 2 の磁石 606b 及び第 1 の磁石 606a の引力に引かれることなく本来の速度を保ちつつ磁場の中に進入できるようにする正方向制動力を発生させることができる。図 7 で、t0 ~ t1 区間ににおける電流 I1 及び I2 と t1 ~ t2 区間ににおける電流 I1 及び I2 とが、同一の方向（極性）になっているが、t0 ~ t1 区間に第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 に加えられる磁場の方向と t1 ~ t2 区間に第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 に加えられる磁場の方向とが反対であるから、t0 ~ t1 区間に第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 に加えられる力の方

40

50

向と $t_1 \sim t_2$ 区間で第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 に加えられる力の方向も互いに反対になり、第 1 の磁石 606a 及び第 2 の磁石 606b の引力の影響を相殺する制動力を発生させることができる。この第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 に供給される電流 I_1 と I_2 は、第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 が正方向に回転し続けるものの、新しく進入する磁場の中で第 1 の磁石 606a または第 2 の磁石 606b の引力に影響を受けずに、そもそも意図した速度で新しい（他の）磁場の中に進入できるようにする大きさ及び方向（極性）を有する。

【0039】

t_2 : 第 2 の正方向起動

図 4 の t_2 時点の前後の一定区間では、第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 に供給される電流 I_1 及び I_2 の大きさが極めて小さくなっている（略 0 に近づく）。これは、第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 が正方向に回転しながら、速すぎる速度で磁場を通過しないように（すなわち、均一の速度が保たれるように）するためである。図 8C に示すように、第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 がそれぞれ第 2 の磁石 606b 及び第 1 の磁石 606a の中央部分に位置した状態で、第 1 の磁気再生部 602 の第 1 のコイル 602a に、図 7 の $t_2 \sim t_3$ 区間の電流 I_1 を供給し、第 2 の磁気再生部 604 の第 2 のコイル 604a に、図 7 の $t_2 \sim t_3$ 区間の電流 I_2 を供給すると、電磁気力により第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 が正方向に引き続き回転し、この回転により、第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 はそれぞれ第 2 の磁石 606b の磁場及び第 1 の磁石 606a の磁場から離れるようになる。この第 1 のコイル 602a 及び第 2 のコイル 604a に供給される電流は、第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 が第 2 の磁石 606b 及び第 1 の磁石 606a の引力を克服して磁場から離れるような大きさとし、且つ、第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 を正方向に引き続き回転させるような方向（極性）とする。

10

20

30

40

【0040】

t_3 : 第 2 の正方向制動

図 8D に示すように、第 1 の磁気再生部 602 が第 2 の磁石 606b の磁場から離れて再び第 1 の磁石 606a に近づき、第 2 の磁気再生部 604 が第 1 の磁石 606a の磁場から離れて再び第 2 の磁石 606b に近づく際に、第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 への電流の供給を一時的に中断してから、図 7 の $t_3 \sim t_4$ 区間の電流 I_1 、 I_2 をそれぞれ供給する。第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 が第 1 の磁石 606a 及び第 2 の磁石 606b の磁場の中に進入する際に、第 1 の磁石 606a 及び第 2 の磁石 606b の引力の影響により第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 の正方向回転速度が急に増加することがあるわけである。すなわち、図 7 の $t_3 \sim t_4$ 区間のような電流供給により、第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 に逆方向に回転しようとする力を発生させて第 1 の磁石 606a 及び第 2 の磁石 606b の引力の影響を相殺することによって、第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 が第 1 の磁石 606a 及び第 2 の磁石 606b の引力に引かれることなく本来の速度を保ちつつ磁場の中に進入できるようにする正方向制動力を発生させる。図 7 で、 $t_2 \sim t_3$ 区間ににおける電流 I_1 及び I_2 と $t_3 \sim t_4$ 区間ににおける電流 I_1 及び I_2 とは、同一の方向（極性）になっているが、 $t_2 \sim t_3$ 区間で第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 に加えられる磁場の方向と $t_3 \sim t_4$ 区間で第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 に加えられる磁場の方向とが互いに反対であるから、 $t_2 \sim t_3$ 区間で第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 に加えられる力の方向と $t_3 \sim t_4$ 区間で第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 に加えられる力の方向も互いに反対になり、第 1 の磁石 606a 及び第 2 の磁石 606b の引力の影響を相殺する制動力が発生する。この第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 に供給される電流 I_1 と I_2 は、第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 が正方向に回転し続けるものの、新しく進入する磁場の中で第 1 の磁石 606a または第 2 の

50

磁石 606b の引力を克服し、そもそも意図した速度で新しい磁場の中に進入できるよう 10 にする大きさ及び方向（極性）を有する。

【0041】

t 4 : 停止

図 7 の t 3 ~ t 4 区間の後半区間では、第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 に供給される電流 I 1 及び I 2 の大きさが減少して略 0 に近づいている。これは、第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 が回転しながら磁場を行き過ぎることを防ぐためである。これにより、図 8 A に示すように第 1 の磁気再生部 602 は磁石 606 の中央部分で停止し、これで、第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 の回転運動の 1 サイクルが完了する。図 8 A 乃至図 8 D のような、第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 の回転運動を続けるためには、図 7 の t 0 ~ t 4 区間の電流供給を繰り返し行えばよい。

10

【0042】

図 7、及び図 8 A 乃至図 8 D に示すような一連の回転運動を通じて、第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 が、第 1 の磁石 606a 及び第 2 の磁石 606 により形成される磁場に対して交互に進入及び離脱を反復しながら磁化及び脱磁化されることから、発熱と冷却がなされる。このとき、第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 の回転運動のために第 1 の磁気再生部 602 及び第 2 の磁気再生部 604 のそれぞれに設けられた第 1 のコイル 602a 及び第 2 のコイル 604a に供給される電流の方向（極性）及び大きさを制御するだけでも第 1 のコイル 602a 及び第 2 のコイル 604a の直線往復運動を具現できるため、既存の磁気再生部の往復運動の動力源として用いられたモーター及び動力伝達系を効率的に取り替え、結果として、磁気冷却装置をより小型化し、且つ磁気冷却装置の駆動時にエネルギー効率を向上させることができる。

20

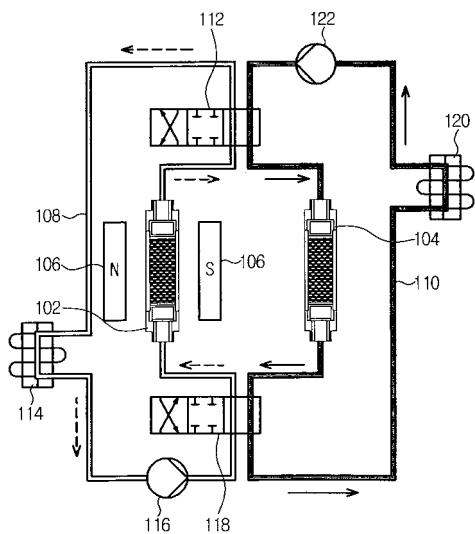
【符号の説明】

【0043】

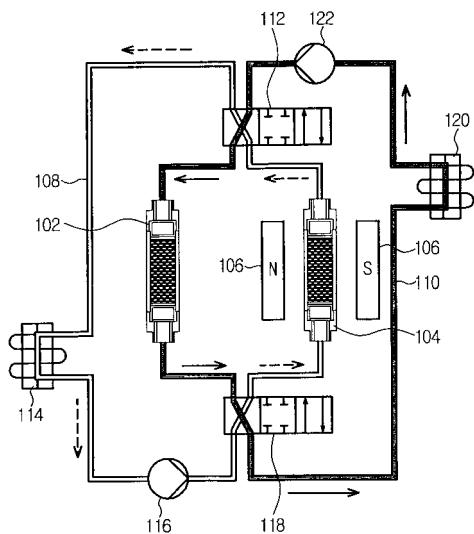
| | |
|----------------------|------------|
| 102, 302, 602 | 第 1 の磁気再生部 |
| 104, 304, 604 | 第 2 の磁気再生部 |
| 106, 306, 606a, 606b | 磁石 |
| 108 | 高温側の流路 |
| 110 | 低温側の流路 |
| 112 | 高温側の弁 |
| 114 | 高温側の熱交換器 |
| 116 | 高温側のポンプ |
| 118 | 低温側の弁 |
| 120 | 低温側の熱交換器 |
| 122 | 低温側のポンプ |

30

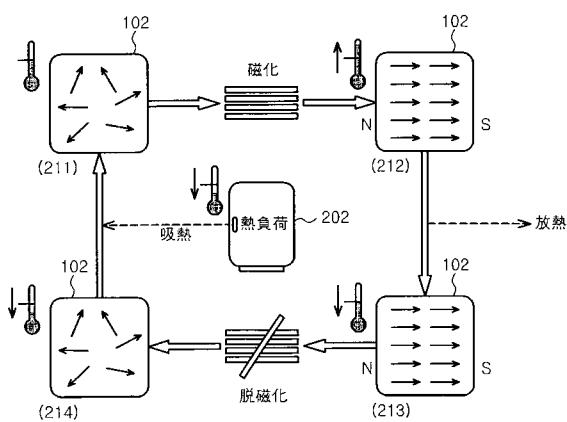
【図 1 A】



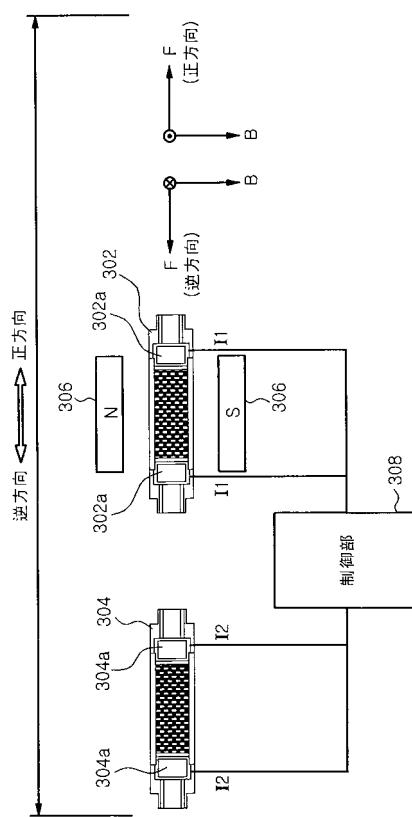
【図 1 B】



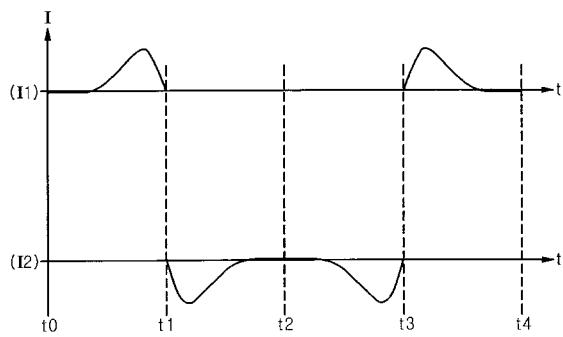
【図 2】



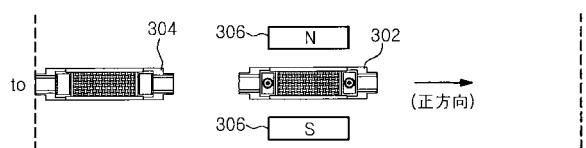
【図 3】



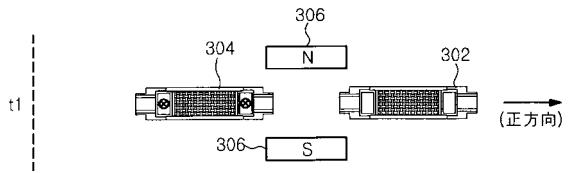
【図4】



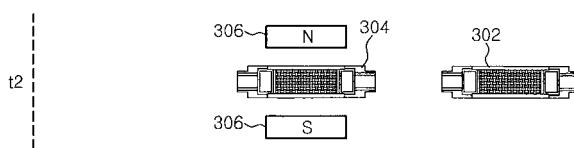
【図5A】



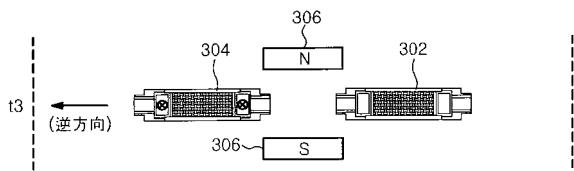
【図5B】



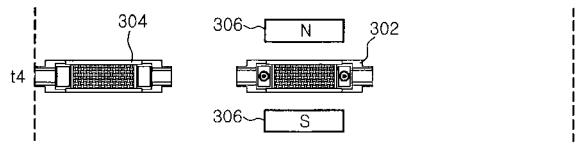
【図5C】



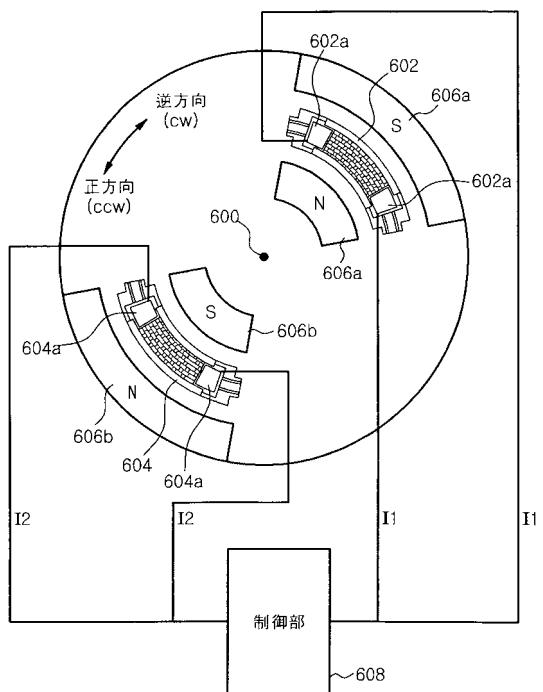
【図5D】



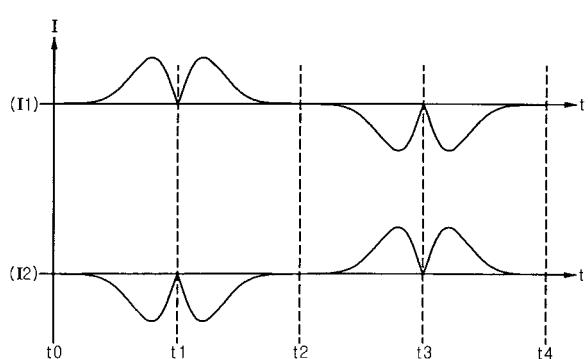
【図5E】



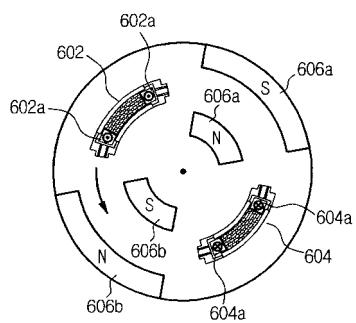
【図6】



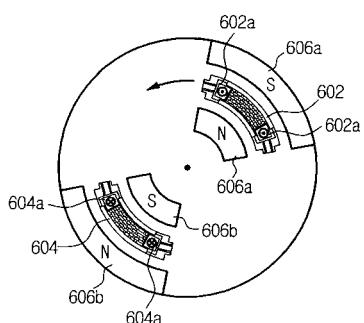
【図7】



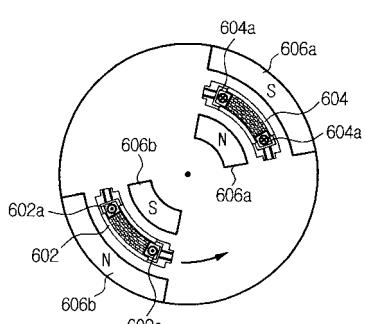
【図8B】



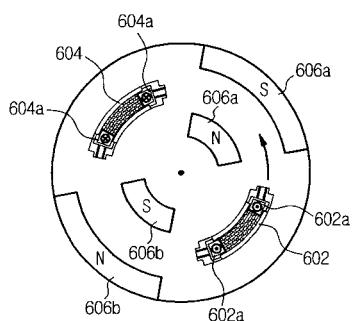
【図8A】



【図8C】



【図8D】



フロントページの続き

(72)発明者 崔 祐 赫

大韓民国京畿道龍仁市器興区上下洞 ジンファン・ザ・ルベンス2ダンジ・アパート 212-15
01号(番地なし)

(72)発明者 金 みん 秀

大韓民国ソウル市瑞草区盤浦1洞 サムホガーデン・バンポリッチ・アパート 105-3001
号(番地なし)

(72)発明者 文 溢 柱

大韓民国京畿道水原市靈通区靈通2洞 シンナムシル・フィフス・アパート 554-1003号
(番地なし)