

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3645550号
(P3645550)

(45) 発行日 平成17年5月11日(2005.5.11)

(24) 登録日 平成17年2月10日(2005.2.10)

(51) Int. Cl.⁷F 2 5 J 1/02
C O 1 B 23/00
F 2 5 J 1/00

F I

F 2 5 J 1/02
C O 1 B 23/00 E
F 2 5 J 1/00 C

請求項の数 4 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2003-15581 (P2003-15581)	(73) 特許権者	503360115
(22) 出願日	平成15年1月24日 (2003.1.24)		独立行政法人科学技術振興機構
(65) 公開番号	特開2004-226020 (P2004-226020A)		埼玉県川口市本町4丁目1番8号
(43) 公開日	平成16年8月12日 (2004.8.12)	(74) 代理人	100099265
審査請求日	平成15年5月29日 (2003.5.29)		弁理士 長瀬 成城
		(72) 発明者	武田 常広
			茨城県つくば市春日2-43-8
		審査官	服部 智
		(56) 参考文献	特開平3-79960 (JP, A)
			特開昭62-276388 (JP, A)
		(58) 調査した分野(Int. Cl. ⁷ , DB名)	F25J 1/00-5/00

(54) 【発明の名称】ヘリウムガス精製器のヒータ制御器および制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ヘリウムガス精製器を加熱するヒータ制御器において、前記ヒータ制御器は、ヒータと、ヒータの加熱回路と、精製器内の圧力を検知する圧力センサと、ヒータの温度を検知する温度センサと、前記各センサに対応し前記加熱回路内に配置したリレースイッチとを備え、前記精製器の加熱は、精製器内の圧力が一定値以上となった時に加熱を開始し、圧力が一定値以下になるまで、あるいは定められた一定時間の間、加熱を継続するとともに、ヒータ温度が第1設定温度になるとヒータの加熱を停止し、ヒータ温度が第2設定温度まで低下するとヒータの加熱を開始することを特徴とするヘリウムガス精製器のヒータ制御器。

【請求項2】

前記第1設定温度は液体窒素の気化温度より一定の温度だけ低い値であり、前記第2設定温度は、液体窒素の固化温度よりも一定温度高い温度として設定したことを特徴とする請求項1に記載のヘリウムガス精製器のヒータ制御器。

【請求項3】

前記加熱時間は精製器内の固化した不純物が全量液化するに十分な指定された時間としたことを特徴とする請求項1または請求項2に記載のヘリウムガス精製器のヒータ制御器。

【請求項4】

液体ヘリウム貯留槽から気化したヘリウムガスを循環ポンプで汲み上げて精製器で精製し、再び液化した後、液体ヘリウム貯留槽に循環利用できる液体ヘリウム再液化方法におい

て、前記精製器のヒータは、精製器内の圧力が所定の範囲内にあり、かつヒータが加熱を開始してから、ヒータの温度が第1設定温度になるまで加熱し、ついで、第2設定温度に低下するまでヒータの加熱を停止し、再び第1設定温度になるまで加熱するというサイクルを所定の圧力に低下するまで、または所定の時間の間繰り返すことを特徴とするヘリウムガス精製器のヒータ制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明はヘリウムガス精製器のヒータ制御器および制御方法に関するものであり、さらに具体的には、脳磁計等を液体ヘリウムを用いて極低温に維持するため、装置内に配置した精製器に蓄積した汚染物質を効率よく取り除くことができる汚染物質排出機能を備えた循環式液体ヘリウム再液化装置等に好適なヘリウムガス精製器のヒータ制御器および制御方法に関するものである。

10

【0002】

【従来の技術】

極めて多くの低温物性研究や超伝導素子を用いた計測器等の冷却に、液体ヘリウムは不可欠である。現在ほとんどの場合、冷却のための液体ヘリウムは蒸発した後、大気に放出する形で利用されている。ところが液体ヘリウムは希少な資源であり、高価なため、蒸発したヘリウムガスを回収し再度液化して再利用したいという要求は極めて強いものがある。このため、最近では、液体ヘリウム貯留槽で気化したヘリウムガスを全量回収し、システム内でヘリウムガス内の汚染物質を除去した後、再凝縮して液化する再循環システムが研究されている（特許文献1）。

20

【0003】

【特許文献1】

特開2000-105072

【0004】

しかしながら、従来型の循環システムでは、システム内の種々のシール箇所から、極微量の酸素や窒素等の汚染物質が少しずつヘリウムガス内に混入することを防ぐことができず、このためヘリウムガスを冷却する過程において、ガス内に混入している極微量の酸素や窒素等の汚染物質が装置内の種々の箇所で凍りつき、循環システムを閉塞しシステムが正常に運転できないという問題がでてきた。

30

こうした問題を解決するために、本発明者等は、すでに精製器内で汚染物質を固化し、固化した汚染物質を精製器に取り付けたヒータを加熱して液化することでヘリウムガス中に混入している汚染物質を除去できる高性能ヘリウムガス精製器を提案し、循環式液体ヘリウム再液化装置の連続運転を可能としている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、システム内の配管系に侵入する汚染物質は、システムの密封性をいくら高めても極くわずかつシステム内に侵入し、その凝固物は予測不能な部分で成長するため、単純に容積の大きなヘリウムガス精製器を作っても意外に早く閉塞が発生し、さらなる長期にわたっての使用に耐えられないという問題が明らかとなってきた。

40

そこで、本発明は、精製器内で固化した汚染物質が、ある一定以上大きくなったとき、精製器に取り付けたヒータを自動的に加熱し、汚染物質が気体にならない程度まで暖めて液化し、精製器下部に汚染物質を貯留できる精製器を提供し、上記問題点を解決することを目的とする。

【0006】

本発明の精製器は、液体ヘリウム貯留槽から気化したヘリウムガスを循環ポンプで汲み上げて精製器で精製し、再び液化した後、液体ヘリウム貯留槽に循環利用できる液体ヘリウム再液化装置に使用できるものであり、この精製器は、精製器内の圧力を検知し、その圧力が一定圧力になると汚染物質が一定以上に大きくなったとして自動的にヒータを加熱し

50

、さらに、ヒータの温度が汚染物質の気化温度から一定温度以下になるとヒータの加熱を停止し、ヒータの温度が所定の温度にまで低下すると再びヒータを加熱するという作動を繰り返して固化した汚染物質を全量液化し精製器の液溜まりに貯留できるようにしている。

【 0 0 0 7 】

【 課題を解決するための手段 】

このため、本発明が採用した課題解決手段は、

ヘリウムガス精製器を加熱するヒータ制御器において、前記ヒータ制御器は、ヒータと、ヒータの加熱回路と、精製器内の圧力を検知する圧力センサと、ヒータの温度を検知する温度センサと、前記各センサに対応し前記加熱回路内に配置したりレスイッチとを備え、前記精製器の加熱は、精製器内の圧力が一定値以上となった時に加熱を開始し、圧力が一定値以下になるまで、あるいは定められた一定時間の間、加熱を継続するとともに、ヒータ温度が第1設定温度になるとヒータの加熱を停止し、ヒータ温度が第2設定温度まで低下するとヒータの加熱を開始することを特徴とするヘリウムガス精製器のヒータ制御器である。

10

また、前記第1設定温度は液体窒素の気化温度より一定の温度だけ低い値であり、前記第2設定温度は、液体窒素の固化温度よりも一定温度高い温度として設定したことを特徴とするヘリウムガス精製器のヒータ制御器である。

また、前記加熱時間は精製器内の固化した不純物が全量液化するに十分な指定された時間としたことを特徴とするヘリウムガス精製器のヒータ制御器である。また、液体ヘリウム貯留槽から気化したヘリウムガスを循環ポンプで汲み上げて精製器で精製し、再び液化した後、液体ヘリウム貯留槽に循環利用できる液体ヘリウム再液化方法において、前記精製器のヒータは、精製器内の圧力が所定の範囲内にあり、かつヒータが加熱を開始してから、ヒータの温度が第1設定温度になるまで加熱し、ついで、第2設定温度に低下するまでヒータの加熱を停止し、再び第1設定温度になるまで加熱するというサイクルを所定の圧力に低下するまで、または所定の時間の間繰り返すことを特徴とするヘリウムガス精製器のヒータ制御方法である。

20

【 0 0 0 8 】

【 発明の実施形態 】

以下、図面を参照して本発明に係るヘリウムガス精製器のヒータ制御器の説明をすると、図1は、蒸発したヘリウムガスを再凝縮して液化する従来から公知の液体ヘリウム再液化装置の概略構成図、図2は同システム内で使用する精製器の断面図、図3は図2の精製器内に配置する邪魔板の平面図、図4は精製器のヒータ制御器の構成図、図5は精製器のヒータの加熱状態の説明図である。

30

【 0 0 0 9 】

図1において、101は脳磁計を収容している液体ヘリウム貯留槽、102は前記貯留槽101内で気化したヘリウムガスを回収する循環ポンプ、103はヘリウムガス内に混入している水分を除去する水フィルタ、104は流量調整バルブ、105はヘリウムガス内に混入している不純物を除去する精製器、106は補助冷凍機、107は同補助冷凍機106の第一熱交換器、108は再凝縮冷凍機、109は再凝縮冷凍機108の再凝縮熱交換器である。液体ヘリウム貯留槽101で気化し昇温した後、約300Kになったヘリウムガスは、循環ポンプ102で吸引され、水フィルタ103で乾燥され、さらに本発明に係る精製器105でヘリウムガス中の不純物が除去される。不純物が除去されたヘリウムガスは補助冷凍機106で温度約40Kの極低温ヘリウムガスに冷却され、さらに再凝縮冷凍機108の再凝縮熱交換器109で温度4Kの液体ヘリウムに液化され、ここからトランスファ-ライン110を經由して液体ヘリウム貯留槽に供給される構成となっている。

40

なおこの液体ヘリウム再液化装置の基本的構成は、従来のシステムと同様であり、本発明の特徴ではないので詳細な説明は省略する。また、液体ヘリウム再液化装置は上記デュワー2を冷却するためのもの以外、他の同様な冷却装置にも適用できることは当然である。

50

【 0 0 1 0 】

続いて上記装置内で使用する精製器 1 0 5 の一例を説明する。

図 2 は精製器の断面図である。精製器 1 0 5 は図 2 に示すように熱伝導性の良い銅材等で作られた円筒型をした精製器本体 1 を有しており、この精製器本体 1 の外周には加熱手段としてのヒータを取り付けるためのスペース 2 が形成されている。精製器本体 1 の下端は連結部材 3 を介して図 1 に示す 4 0 K の冷凍機 1 0 6 に連結されており、また精製器本体 1 は、連結部材 3 にボルト等の固定手段により固定されている。

【 0 0 1 1 】

精製器本体 1 内には液体ヘリウム貯留槽 1 0 1 からの蒸発ヘリウムガスを精製器本体 1 内に導入するステンレス製の導入パイプ 4 が挿入され、導入パイプ 4 は図示せぬ固定手段によりコールドルームを構成する断熱材に固定されている。また、導入パイプ 4 側には、精製器本体 1 内の圧力が所定圧以上に高くなると、ヘリウムガスを徐々に大気に放出できる安全バルブ（圧力バルブ）6 が設けられている。

10

【 0 0 1 2 】

精製器本体 1 内において、前記導入パイプ 4 の周囲には熱勾配を小さくする低温化防止壁（例えば導入パイプ 4 の外周との間に隙間を有する多重のステンレス製パイプ）7 が配置され、最外側のパイプ 7 a およびその直ぐ内側のパイプ 7 b は下端が精製器本体 1 の下部を閉じる銅製の閉塞部材 5 に、またパイプ 7 b、7 c の上端は図に示すように接続され、各パイプの上下が交互に接続される構成となっている。そして最も内側のパイプ 7 c の下端が導入パイプ 4 にステンレスと同様の熱伝導を持つ材料 8 で結合されている。即ち、この低温化防止壁は、導入パイプ 4 と閉塞部材 5 との熱伝達経路が長くなるように結合され、これにより導入パイプ 4（3 0 0 K）と多重パイプを構成する外側のパイプ 7 a（4 0 K）との間の熱勾配を小さくしている。また最外側のパイプ 7 a は上端が精製器本体 1 の室内に開放されており、その上部には、精製器本体 1 に固定した邪魔板 9 が取り付けられている。この邪魔板 9 は後述する固化部で固化した汚染物質をヒータで加熱し液化した際に、液化した汚染物質が前記最外側のパイプ 7 a 内に落下せぬように構成されている。即ち、邪魔板 9 は図 3 に示すように全体が円形の板で構成され、その周囲に液化した汚染物質が液溜まりに落下するように複数の孔 1 0 が形成されているが、図 3 に示すように最外側のパイプの直径内に入る範囲の孔は閉塞部 1 1 により閉塞した状態としてある。また精製器本体 1 内の前記最外側のパイプ 7 a の外側が液化した汚染物質の貯留部 1 2 となっている。

20

30

邪魔板 9 は精製器本体 1 の内側に配置され、後述するフィンを取り付ける支持棒 1 3 を保持している。

【 0 0 1 3 】

精製器本体 1 の上方には汚染物質を固化するための固化部 1 4 が、連結部材 1 5 によって取り付けられている。さらに、この固化部 1 4 の上方には出力部（流出用の管 1 7）が蓋体 1 6 によって固定されており、また固化部 1 4 の内壁には、汚染物質を固化する固化部材 1 8（以下フィンという）が互い違いに流路がジクザクになるように適宜数設けられており、前記支持棒 1 3 に取り付けられている。

【 0 0 1 4 】

固化部 1 4 の上方に取り付けた前記蓋体 1 6 には精製器の出力部を構成する流出管 1 7 が設けられている。この出力部（流出管 1 7 の入口部）には、精製器を暖めた時に、精製器本体 1 内にある気体が膨張し急激な流速上昇がおこった時に、精製器の流出管 1 7 の入口を自動的に閉止する閉鎖バルブ 1 9 が設けられている。このバルブ 1 9 は、常時は図示のように下方に垂れ下がった状態となり流出管 1 7 を開放しているが、急激な流速上昇がおこると、その流速により流出管 1 7 の入り口を閉じることができる閉鎖バルブで構成されている。なお、この閉鎖バルブ 1 9 は、精製器本体 1 内の圧力や流速を検知し、所定の一定の値を越えた時に流出路を閉じる電磁バルブ等で構成することも可能である。図中 2 0 は支持棒 1 3 の上部を保持する保持部材である。

40

【 0 0 1 5 】

50

また、前述した、精製器本体 1、固化部 1 4、連結部材 1 5、蓋体 1 6、フィン 1 8、支持棒 1 3、邪魔板 9 はいずれも熱伝導性のよい銅等の材料によって構成され、フィン 1 8 が熱伝導性のよい材料を介して冷凍機 5 と同じ 4 0 K に冷却される構成となっている。なお、フィン 1 8 の支持構造はフィンが 4 0 K に冷却される構成であれば、先述した構成に限定されない。

【 0 0 1 6 】

この精製器では 3 0 0 K の温度で精製器本体 1 内に流入した蒸発ヘリウムガスは、4 0 K に冷却されている固化部 1 4 (フィンで構成されたジグザグの流路) を通過する間に、4 0 K にまで冷却されるが、この冷却過程でガス内に混入している汚染物質 (酸素や窒素等) がフィン 1 8 に凍りついて除去され、ヘリウムガスが精製され、4 0 K に冷却されたヘリウムガスは流出管 1 7 を介して図 1 に示す冷凍機 5 に供給され、液化されることになる。

10

【 0 0 1 7 】

この精製器において、フィン 1 8 に汚染物質が蓄積した場合には、後述した態様でヒータに通電し、汚染物質が液化する温度にまで精製器本体 1 を加熱する。この結果、熱伝導性のよい銅等の材料で構成されている精製器本体 1 とフィン 1 8 も加熱され、フィン 1 8 に蓄積した汚染物質が液化し、液化した汚染物質は邪魔板 9 に設けた孔から精製器本体 1 内の液貯留部 1 2 に貯留される。またヒータによる加熱を行っている時に、精製器本体 1 内にある気体が膨張し急激な流速上昇がおこった時には、精製器の固化部 1 4 の流出管側に設けた閉鎖バルブ 1 9 がその流速の作用によって自動的に閉止し、汚染物質が精製器から外の系内に流れ込むことを防止している。また、その時、精製器内の圧力が所定値以上に高くなると、安全バルブ 6 よりヘリウムガスが大気に放出され、安全性を確保できるようにしている。

20

【 0 0 1 8 】

ところで、上記した精製器では、フィンに汚染物質が固化蓄積すると、精製器内でのヘリウムガスの流路が狭くなり、精製器内の圧力が次第に高くなっていく。このため、本例では以下のようにしてヒータの加熱を行う。

図 4 は精製器のヒータ制御器の構成図、図 5 は精製器のヒータの加熱状態の説明図である。

図 4 において、前記精製器には、精製器内の圧力を検知する圧力設定器 2 1 と、ヒータの温度を設定する温度設定器 2 2 とが設けられており、さらに、ヒータ加熱回路内には電源 2 3 と、前記圧力設定器 2 1 からの指令によって作動する常開型の第 1 リレースイッチ 2 4 と、前記温度設定器 2 2 からの指令によって作動する常閉型の第 2 リレースイッチ 2 5 が配置されている。

30

【 0 0 1 9 】

この精製器では汚染物質が精製器内で蓄積し、精製器内の圧力が所定圧力 P 1 にまで高まると、圧力設定器 2 1 からの指令により第 1 リレースイッチ 2 4 が ON となり常時閉じている第 2 リレースイッチ 2 5 を介してヒータ 2 6 の加熱が開始される。そして図 5 に示すようにヒータ 2 6 の温度が予め設定した温度 T 1 (汚染物質が気化しない温度) になると温度設定器 2 2 からの指令により第 2 リレースイッチ 2 5 が OFF となってヒータ 2 6 の加熱が停止される。ヒータ 2 6 の温度が T 2 (汚染物質が固化しない温度) にまで低下すると、この時の精製器内の圧力が所定値以内 (圧力設定器内の圧力が P 1 と P 2 との間) にあるときには再び第 2 リレースイッチ 2 5 を ON にしてヒータ 2 6 を加熱する。そして精製器内の圧力 (圧力設定器内の圧力) が P 1 と P 2 との間にある間は第 2 リレースイッチが ON、OFF を繰り返しヒータを断続的に加熱し、精製器内で固化した汚染物質を液化し精製器内の液溜まりに回収する。そして、精製器内の圧力が P 2 以下に低下すると第 1 リレースイッチが OFF となり、初期状態に復帰する。

40

【 0 0 2 0 】

以上の構成からなるヘリウム精製器によるヘリウムガスの精製過程を説明する。

液体ヘリウム貯留槽 (デュワー) 1 0 1 で気化したヘリウムガスは、3 0 0 K の状態で精

50

製器の導入パイプに導入され、精製器本体内部の固化部内のフィンの間を迂回しながら徐々に40Kに冷却され、流出路から熱交換器107に送出される。この時、ヘリウムガス内に窒素或いは酸素等の汚染物質が混入していれば、窒素或いは酸素等の汚染物質は、温度約40Kに冷却されている固化部のフィンを蛇行する間に、フィン上で固化(氷結)され除去される。

【0021】

また、精製中に汚染物質がフィン部で固化堆積し、流路が閉塞されて精製器内の圧力が高まり、所定の圧力になると圧力設定器からの指令でヒータを加熱し、ヒータにより固化部、フィンを加熱する。この加熱によりフィン上で固化した窒素や酸素等の汚染物質は液化され、精製器本体内の液貯留部にたまる。こうして精製器内で固化した汚染物質を液化し精製器内の液溜まりに回収することができる。

10

【0022】

本発明の実施形態について説明したが、本発明はその精神または主要な特徴から逸脱することなく、他のいかなる形でも実施できる。そのため、前述の実施形態はあらゆる点で単なる例示にすぎず限定的に解釈してはならない。

【0023】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、精製器内に汚染物質が蓄積し、精製器内の圧力が高まると、自動的にヒータを加熱し、さらに、ヒータの温度が汚染物質の気化温度から一定の温度以下になるとヒータの加熱を停止し、ヒータの温度が所定の温度にまで低下すると再びヒータを加熱するという作動を一定圧力以下になるまで、あるいは指定した時間まで繰り返して固化した汚染物質を気化させることなく全量液化して回収することで、系内に再び汚染物質が混入することを防止できる。またヘリウムガス内に混入した汚染物質を確実に除去することができる、等の優れた効果を奏することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の精製器を使用する従来公知の液体ヘリウムの再液化装置の構成図である。

【図2】同装置内で使用する精製器の断面図である。

【図3】精製器内に配置する邪魔板の平面図である。

【図4】精製器のヒータ制御器の構成である。

30

【図5】精製器のヒータの加熱状態の説明図である。

【符号の説明】

1	精製器本体
2	スペース
3	連結部材
4	導入パイプ
6	安全バルブ
7	低温防止壁
9	邪魔板
10	孔
11	閉塞部
12	貯留部
13	支持棒
14	固化部
15	連結部材
16	蓋体
17	出力部(流出管)
18	フィン
19	閉鎖バルブ
20	保持部材

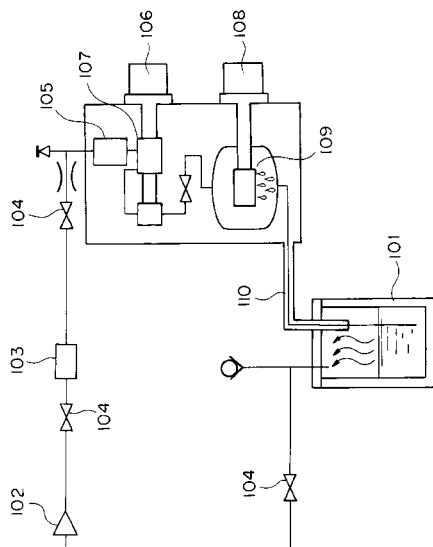
40

50

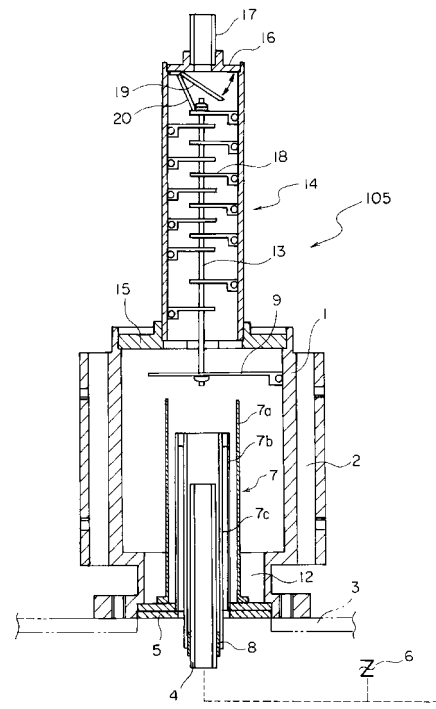
- 2 1 圧力設定器
- 2 2 温度設定器
- 2 3 電源
- 2 4 第 1 リレースイッチ
- 2 5 第 2 リレースイッチ
- 2 6 ヒータ
- 1 0 1 液体ヘリウム貯留槽
- 1 0 2 循環ポンプ
- 1 0 3 水フィルタ
- 1 0 4 流量調整弁
- 1 0 5 不純物を除去する精製器
- 1 0 6 補助冷凍機
- 1 0 7 補助冷凍機 1 0 6 の第一熱交換器
- 1 0 8 再凝縮冷凍機
- 1 0 9 再凝縮冷凍機 1 0 8 の再凝縮熱交換器
- 1 1 0 トランスファ - ライン

10

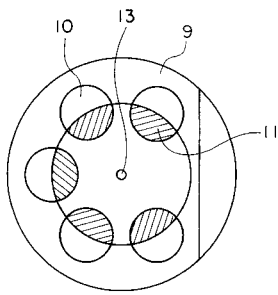
【 図 1 】



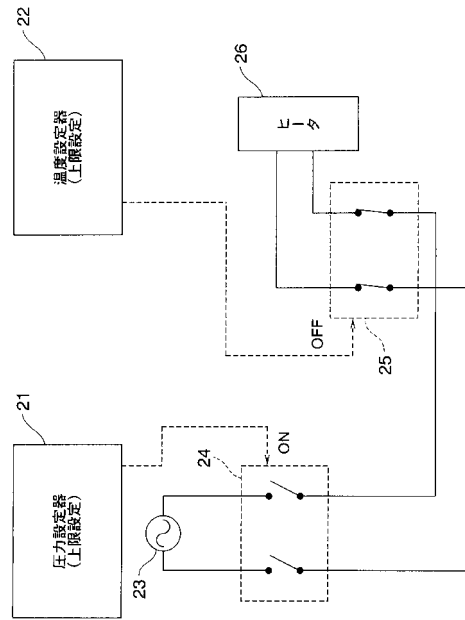
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】

