

(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2020-112328  
(P2020-112328A)

(43) 公開日 令和2年7月27日(2020.7.27)

(51) Int. Cl. F I テーマコード(参考)  
**F 2 5 B 9/00 (2006.01)** F 2 5 B 9/00 B  
 F 2 5 B 9/00 3 1 1

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2019-4923 (P2019-4923)	(71) 出願人	000002107 住友重機械工業株式会社 東京都品川区大崎二丁目1番1号
(22) 出願日	平成31年1月16日(2019.1.16)	(74) 代理人	100105924 弁理士 森下 賢樹
		(74) 代理人	100116274 弁理士 富所 輝観夫
		(72) 発明者	高山 寛和 東京都西東京市谷戸町二丁目1番1号 住友重機械工業株式会社田無製造所内
		(72) 発明者	林 小綱 東京都西東京市谷戸町二丁目1番1号 住友重機械工業株式会社田無製造所内
		(72) 発明者	許 名堯 東京都西東京市谷戸町二丁目1番1号 住友重機械工業株式会社田無製造所内

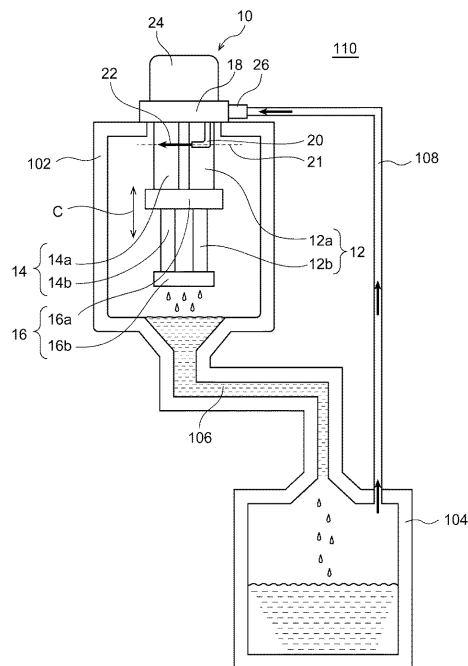
(54) 【発明の名称】 極低温冷凍機および極低温システム

(57) 【要約】

【課題】 冷媒再凝縮の凝縮効率を向上する極低温冷凍機、極低温システムを提供する。

【解決手段】 極低温冷凍機 10 は、室温環境 110 から再凝縮室 102 への冷媒ガス導入口 20 を有し、再凝縮室 102 に取付可能な取付フランジ 18 と、取付フランジ 18 が再凝縮室 102 に取り付けられたとき再凝縮室 102 内に配置される冷却ステージ 16 と、を備える。冷媒ガス導入口 20 は、冷媒ガス導入口 20 を出る冷媒ガス流 22 が冷却ステージ 16 から逸れるように、極低温冷凍機 10 の軸方向 C に垂直または斜めに方向付けられている。冷媒ガス導入口 20 は、再凝縮室 102 に設置されてもよい。

【選択図】 図 1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

室温環境から再凝縮室への冷媒ガス導入口を有し、前記再凝縮室に取付可能な取付フランジと、

前記取付フランジが前記再凝縮室に取り付けられたとき前記再凝縮室内に配置される冷却ステージと、を備え、

前記冷媒ガス導入口は、前記冷媒ガス導入口を出る冷媒ガス流が前記冷却ステージから逸れるように、極低温冷凍機の軸方向に垂直または斜めに方向付けられていることを特徴とする極低温冷凍機。

**【請求項 2】**

前記取付フランジを前記冷却ステージに接続するパルス管をさらに備え、

前記冷媒ガス導入口は、前記冷媒ガス導入口を出る冷媒ガス流が前記冷却ステージおよび前記パルス管から逸れるように、前記極低温冷凍機の軸方向に垂直または斜めに方向付けられていることを特徴とする請求項 1 に記載の極低温冷凍機。

**【請求項 3】**

前記取付フランジを前記冷却ステージに接続する蓄冷管をさらに備え、

前記冷媒ガス導入口は、前記冷媒ガス導入口を出る冷媒ガス流が前記蓄冷管と熱交換をするように方向付けられていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の極低温冷凍機。

**【請求項 4】**

前記冷媒ガス導入口は、前記取付フランジから前記蓄冷管の近傍へと延びる冷媒ガス導管を有し、前記冷媒ガス導管は、冷媒ガスを前記蓄冷管に向ける複数の穴を有することを特徴とする請求項 3 に記載の極低温冷凍機。

**【請求項 5】**

室温環境から再凝縮室への冷媒ガス導入口を有し、前記再凝縮室に取付可能な取付フランジと、

前記取付フランジが前記再凝縮室に取り付けられたとき前記再凝縮室内に配置され、冷媒ガスを凝縮可能な極低温に冷却される冷却ステージと、

前記取付フランジを前記冷却ステージに接続する蓄冷管と、を備え、

前記冷媒ガス導入口は、前記取付フランジ上で前記蓄冷管の周囲に形成された複数の穴を有することを特徴とする極低温冷凍機。

**【請求項 6】**

極低温冷凍機の冷却ステージを収容する再凝縮室と、

前記再凝縮室に設置され、室温環境から前記再凝縮室に冷媒ガスを導く冷媒ガス導入口と、を備え、

前記冷媒ガス導入口は、前記冷媒ガス導入口を出る冷媒ガス流が前記冷却ステージから逸れるように、前記極低温冷凍機の軸方向に垂直または斜めに方向付けられていることを特徴とする極低温システム。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、極低温冷凍機および極低温システムに関する。

**【背景技術】****【0002】**

パルス管冷凍機、GM (Gifford McMahon) 冷凍機などの極低温冷凍機は、冷媒ガス再凝縮装置の冷却源として利用されている。凝縮された液体冷媒は、たとえば超電導機器、センサ、またはその他の物体を極低温に冷却し、それにより気化する。気化した冷媒は、極低温冷凍機によって再び凝縮される。

**【先行技術文献】****【特許文献】**

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 3 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 5 - 2 4 2 3 9 号公報

## 【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

## 【 0 0 0 4 】

本発明者らは、極低温冷凍機を用いて冷媒を再凝縮する極低温システムについて検討したところ、以下の課題を認識するに至った。そうしたシステムのなかには、気化した冷媒を低温環境から室温環境に一旦戻し、その後再凝縮室で室温から液化温度まで冷却して液化し、再び液体冷媒を低温環境で物体の冷却に使用するという循環方式をとるものがある。極低温冷凍機は典型的に、その中心軸を鉛直方向に一致させるようにして再凝縮室の天板または上部に設置され、低温部が再凝縮室のなかに配置される。室温に加熱された冷媒ガスの再凝縮室への入口も極低温冷凍機の近くに形成され、室温のガスはそこから鉛直方向に再凝縮室の底部に向かって吹き出すようになっている。したがって、室温ガスは、低温部に直接吹き付けるか、またはその近くに容易に到達する。室温ガスと低温部の温度差はかなり大きく、たとえば 1 0 0 K ~ 2 0 0 K にもなるので、室温ガスから低温部への入熱は極低温冷凍機にとって大きな熱負荷となりうる。これは、極低温冷凍機の冷凍能力、ひいては冷媒再凝縮の凝縮効率の低下をもたらさう。

10

## 【 0 0 0 5 】

本発明のある態様の例示的な目的のひとつは、冷媒再凝縮の凝縮効率を向上する極低温冷凍機、極低温システムを提供することにある。

20

【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 0 6 】

本発明のある態様によると、極低温冷凍機は、室温環境から再凝縮室への冷媒ガス導入口を有し、再凝縮室に取付可能な取付フランジと、取付フランジが再凝縮室に取り付けられたとき再凝縮室内に配置される冷却ステージと、を備える。冷媒ガス導入口は、冷媒ガス導入口を出る冷媒ガス流が冷却ステージから逸れるように、極低温冷凍機の軸方向に垂直または斜めに方向付けられている。

## 【 0 0 0 7 】

本発明のある態様によると、極低温冷凍機は、室温環境から再凝縮室への冷媒ガス導入口を有し、再凝縮室に取付可能な取付フランジと、取付フランジが再凝縮室に取り付けられたとき再凝縮室内に配置され、冷媒ガスを凝縮可能な極低温に冷却される冷却ステージと、取付フランジを冷却ステージに接続する蓄冷管と、を備える。冷媒ガス導入口は、取付フランジ上で蓄冷管の周囲に形成された複数の穴を有する。

30

## 【 0 0 0 8 】

本発明のある態様によると、極低温システムは、極低温冷凍機の冷却ステージを収容する再凝縮室と、再凝縮室に設置され、室温環境から再凝縮室に冷媒ガスを導く冷媒ガス導入口と、を備える。冷媒ガス導入口は、冷媒ガス導入口を出る冷媒ガス流が冷却ステージから逸れるように、極低温冷凍機の軸方向に垂直または斜めに方向付けられている。

## 【 0 0 0 9 】

なお、以上の構成要素の任意の組み合わせや本発明の構成要素や表現を、方法、装置、システムなどの間で相互に置換したものもまた、本発明の態様として有効である。

40

【発明の効果】

## 【 0 0 1 0 】

本発明によれば、冷媒再凝縮の凝縮効率を向上する極低温冷凍機、極低温システムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

## 【 0 0 1 1 】

【図 1】第 1 実施形態に係る極低温システムを示す概略図である。

【図 2】第 1 実施形態に係る極低温冷凍機を示す概略図である。

【図 3】図 2 に示される極低温冷凍機の A - A 線による概略断面図である。

50

【図４】図３に示される極低温冷凍機の一点鎖線Ｂに沿う概略部分断面図である。

【図５】比較例に係る極低温冷凍機を示す概略図である。

【図６】第１実施形態に係る極低温冷凍機の他の例を示す概略図である。

【図７】第１実施形態に係る極低温冷凍機の他の例を示す概略図である。

【図８】第１実施形態に係る極低温冷凍機の他の例を示す概略図である。

【図９】第２実施形態に係る極低温システムを示す概略図である。

【発明を実施するための形態】

【００１２】

以下、図面を参照しながら、本発明を実施するための形態について詳細に説明する。説明および図面において同一または同等の構成要素、部材、処理には同一の符号を付し、重複する説明は適宜省略する。図示される各部の縮尺や形状は、説明を容易にするために便宜的に設定されており、特に言及がない限り限定的に解釈されるものではない。実施の形態は例示であり、本発明の範囲を何ら限定するものではない。実施の形態に記述されるすべての特徴やその組み合わせは、必ずしも発明の本質的なものであるとは限らない。

10

【００１３】

図１は、第１実施形態に係る極低温システム１００を示す概略図である。図２は、第１実施形態に係る極低温冷凍機１０を示す概略図である。図３は、図２に示される極低温冷凍機１０のＡ－Ａ線による概略断面図である。図３には、軸方向Ｃに垂直な平面における極低温冷凍機１０の構成要素の位置関係が示されている。図４は、図３に示される極低温冷凍機１０の一点鎖線Ｂに沿う概略部分断面図である。

20

【００１４】

極低温システム１００は、冷媒再凝縮器を含む循環システムとして構成され、極低温冷凍機１０を冷却源として備える。この実施形態では、冷媒は、ヘリウムである。よって、ヘリウムガスが極低温冷凍機１０によって液体ヘリウムへと再凝縮される。ただし、極低温システム１００は、たとえば窒素などその他の適当な冷媒を使用することも可能である。

【００１５】

極低温システム１００は、再凝縮室１０２、液体冷媒槽１０４、液体輸送管１０６、気体戻り管１０８を備える。再凝縮室１０２の底部と液体冷媒槽１０４は、液体輸送管１０６で接続され、再凝縮室１０２の上部と液体冷媒槽１０４は、気体戻り管１０８で接続されている。再凝縮室１０２、液体冷媒槽１０４、液体輸送管１０６は、真空断熱容器を構成し、その内部は冷媒雰囲気低温環境となる。気体戻り管１０８は、室温環境１１０に配置されている。気体戻り管１０８には、冷媒を循環させるためのポンプが設けられてもよい。

30

【００１６】

極低温冷凍機１０は、一例として、ＧＭ（Gifford McMahon）方式の二段パルス管冷凍機である。よって、極低温冷凍機１０は、第１段パルス管１２ａ、第２段パルス管１２ｂ、第１段蓄冷管１４ａ、第２段蓄冷管１４ｂ、第１段冷却ステージ１６ａ、第２段冷却ステージ１６ｂを備える。説明の便宜上、以下では、第１段パルス管１２ａ、第２段パルス管１２ｂをパルス管１２と総称することがある。同様に、第１段蓄冷管１４ａ、第２段蓄冷管１４ｂを蓄冷管１４と総称し、第１段冷却ステージ１６ａ、第２段冷却ステージ１６ｂを冷却ステージ１６と総称しうる。

40

【００１７】

また、極低温冷凍機１０は、再凝縮室１０２またはその他の真空容器に取付可能な取付フランジ１８を備える。第１段パルス管１２ａは、取付フランジ１８を第１段冷却ステージ１６ａに接続し、第２段パルス管１２ｂは、取付フランジ１８を第２段冷却ステージ１６ｂに接続する。第１段蓄冷管１４ａは、取付フランジ１８を第１段冷却ステージ１６ａに接続する。第２段蓄冷管１４ｂは、第１段冷却ステージ１６ａを第２段冷却ステージ１６ｂに接続する。取付フランジ１８は、トップフランジと称されてもよい。

【００１８】

50

極低温冷凍機 10 は、その中心軸を鉛直方向に一致させるようにして再凝縮室 102 の天板または上部に取り外し可能に設置され、冷却ステージ 16 が再凝縮室 102 のなかに配置される。したがって、この実施形態では、極低温冷凍機 10 の軸方向 C は鉛直方向となる。しかし、極低温冷凍機 10 の取付姿勢はこれに限られない。極低温冷凍機 10 は、所望される姿勢で設置可能であり、軸方向 C が斜め方向または水平方向に一致するようにして再凝縮室 102 に設置されてもよい。

#### 【0019】

極低温システム 100 において冷媒すなわちヘリウムは次のように循環する。まず、ヘリウムガスは室温環境 110 から冷媒ガス導入口 20 を通じて再凝縮室 102 に導入される。ヘリウムガスは、第 1 段冷却ステージ 16 a および第 2 段冷却ステージ 16 b によって冷却され、第 2 段冷却ステージ 16 b で液化される。液化したヘリウムは第 2 段冷却ステージ 16 b から再凝縮室 102 の底部に滴下し、液体輸送管 106 を通じて液体冷媒槽 104 に流入する。こうして、液体冷媒槽 104 に液体ヘリウムが貯留される。液体ヘリウムは、物体の冷却に使用される。その結果気化したヘリウムは液体冷媒槽 104 の上部から気体戻り管 108 を通じて室温環境 110 へと出る。ヘリウムガスは周囲からの熱流入によって室温程度に加熱される。ヘリウムガスは、気体戻り管 108 から冷媒ガス導入口 20 へと流入し、再び再凝縮室 102 に導入される。

10

#### 【0020】

詳細は後述するが、取付フランジ 18 は、室温環境 110 から再凝縮室 102 への冷媒ガス導入口 20 を有する。冷媒ガス導入口 20 は、冷媒ガス導入口 20 を出る冷媒ガス流 22 が極低温冷凍機 10 の軸方向 C に垂直となるように方向付けられている。よって、冷媒ガス流 22 は、第 1 段冷却ステージ 16 a、第 2 段冷却ステージ 16 b のいずれから逸れている。冷媒ガス流 22 は、第 1 段冷却ステージ 16 a、第 2 段冷却ステージ 16 b のいずれにも直接あたらない。言い換えれば、冷媒ガス導入口 20 の中心を通り冷媒ガス導入口 20 に沿って延びる仮想的な直線 21 は、軸方向 C に垂直であり、冷却ステージ 16 とは交差しない。

20

#### 【0021】

なお、冷媒ガス導入口 20 は、冷媒ガス導入口 20 を出る冷媒ガス流 22 が冷却ステージ 16 から逸れるように、極低温冷凍機 10 の軸方向 C に対して斜めの角度に方向付けられていてもよい。直線 21 は、冷却ステージ 16 と交差しないように傾斜して延びていてもよい。斜めの角度は、軸方向 C に垂直な方向（たとえば水平方向）に対して、たとえば 45 度以内であってもよい。

30

#### 【0022】

図 2 および図 3 を参照して、極低温冷凍機 10 の構成要素を述べる。

#### 【0023】

第 1 段パルス管 12 a、第 2 段パルス管 12 b はそれぞれ、軸方向 C に延在する。第 1 段蓄冷管 14 a、第 2 段蓄冷管 14 b は直列に接続され、軸方向 C に延在する。第 1 段蓄冷管 14 a は、第 1 段パルス管 12 a と並列に配置され、第 2 段蓄冷管 14 b は、第 2 段パルス管 12 b と並列に配置されている。第 1 段パルス管 12 a は軸方向 C に第 1 段蓄冷管 14 a とほぼ同じ長さを有し、第 2 段パルス管 12 b は、軸方向 C に第 1 段蓄冷管 14 a と第 2 段蓄冷管 14 b の合計長さとはほぼ同じ長さを有する。

40

#### 【0024】

例示的な構成においては、パルス管 12 は内部を空洞とする円筒状の管であり、蓄冷管 14 は内部に蓄冷材 15 を充填した円筒状の管であり、両者は互いに隣り合って各々の中心軸を平行として配置されている。

#### 【0025】

第 1 段パルス管 12 a の低温端と第 1 段蓄冷管 14 a の低温端は、第 1 段冷却ステージ 16 a によって、構造的に接続され熱的に結合されている。同様に、第 2 段パルス管 12 b の低温端と第 2 段蓄冷管 14 b の低温端は、第 2 段冷却ステージ 16 b によって、構造的に接続され熱的に結合されている。一方、第 1 段パルス管 12 a、第 2 段パルス管 12

50

b、および第1段蓄冷管14aそれぞれの高温端は、取付フランジ18によって接続されている。

【0026】

冷却ステージ16は、例えば銅などの高熱伝導率の金属材料で形成される。一方、パルス管12および蓄冷管14は、例えばステンレス鋼など、冷却ステージ16に比べて熱伝導率の低い金属材料で形成される。

【0027】

取付フランジ18の一方の主表面からパルス管12および蓄冷管14が延び、取付フランジ18の他方の主表面にはヘッド部24が設けられている。取付フランジ18は、たとえば真空フランジであり、再凝縮室102の気密性を保つように再凝縮室102に取り付けられる。取付フランジ18が再凝縮室102に取り付けられるとき、パルス管12、蓄冷管14、および冷却ステージ16は、再凝縮室102に收容され、ヘッド部24は、室温環境110に配置される。

10

【0028】

図2および図3から理解されるように、冷媒ガス導入口20は、冷媒ガス流22が、冷却ステージ16だけでなくパルス管12からも逸れるように、軸方向Cに垂直に方向付けられている。冷媒ガス流22は、第1段パルス管12a、第2段パルス管12bのいずれにも直接あたらない。直線21は、冷却ステージ16だけでなくパルス管12とも交差しない。

【0029】

冷媒ガス導入口20は、冷媒ガス流22が冷却ステージ16およびパルス管12から逸れるように、軸方向Cに対して斜めの角度に方向付けられていてもよい。直線21は、冷却ステージ16およびパルス管12と交差しないように傾斜して延びていてもよい。

20

【0030】

冷媒ガス導入口20は、冷媒ガス流22が第1段蓄冷管14aと熱交換をするように方向付けられている。たとえば、冷媒ガス導入口20は、冷媒ガス流22が第1段蓄冷管14aのそばを通り過ぎ、それにより冷媒ガス流22が第1段蓄冷管14aと熱交換をするように方向付けられている。冷媒ガス流22は、第1段蓄冷管14aの表面に隣接して、または第1段蓄冷管14aの表面に沿って流れる。冷媒ガス導入口20は、冷媒ガス流22が第1段蓄冷管14aにあたるように方向付けられていてもよい。

30

【0031】

冷媒ガス導入口20は、第1段蓄冷管14aの近傍に配置されている。たとえば、冷媒ガス導入口20は、取付フランジ18上において、第1段パルス管12aよりも第1段蓄冷管14aの近くに配置されている。冷媒ガス導入口20は、取付フランジ18上において、第2段パルス管12bよりも第1段蓄冷管14aの近くに配置されている。

【0032】

冷媒ガス導入口20は、取付フランジ18の外周部に配置されている。第1段蓄冷管14a、第1段パルス管12a、第2段パルス管12bは、冷媒ガス導入口20に比べて取付フランジ18の中心部に配置されている。

【0033】

また、取付フランジ18は、気体戻り管108が接続される冷媒ガス受入口26を有する。冷媒ガス受入口26は、取付フランジ18の側面に設置されている。冷媒ガス受入口26は、たとえばセルフシーリング・カップリングのような脱着可能な継手であり、気体戻り管108は冷媒ガス受入口26に容易に取り付け、または取り外すことができる。

40

【0034】

図4に示されるように、取付フランジ18は、冷媒ガス導入口20を冷媒ガス受入口26に接続するフランジ内部流路28を有する。冷媒ガス導入口20、冷媒ガス受入口26、およびフランジ内部流路28により室温冷媒ガス導入ラインが構成される。冷媒ガスは、気体戻り管108から冷媒ガス受入口26、フランジ内部流路28を通じて冷媒ガス導入口20へと流れる。冷媒ガス導入口20は、たとえば、取付フランジ18に取り付けら

50

れたエルボ状の配管である。よって、冷媒ガス導入口 20 は、フランジ内部流路 28 から冷媒ガスを受け入れる縦管 20a と、冷媒ガスを再凝縮室 102 に導入する横管 20b とを有する。直線 21 は、横管 20b の中心を通り横管 20b に沿って延びている。

#### 【0035】

図 2 に示されるように、ヘッド部 24 には、極低温冷凍機 10 の振動流発生源 30 および位相制御機構 32 が設けられている。よく知られているように、極低温冷凍機 10 が GM 方式のパルス管冷凍機である場合には、振動流発生源 30 として、作動ガスの定常流を生み出す圧縮機と、圧縮機の高圧側と低圧側とを周期的に切り替えてパルス管 12 および蓄冷管 14 に接続する流路切替弁との組み合わせが用いられる。この流路切替弁は、必要に応じて設けられたバッファタンクとともに、位相制御機構 32 としても働く。また、極低温冷凍機 10 がスターリング方式のパルス管冷凍機である場合には、振動流発生源 30 として、調和振動するピストンによって振動流を発生する圧縮機が用いられ、位相制御機構 32 として、バッファタンクとこれをパルス管 12 の高温端につなぐ連通路が用いられる。

10

#### 【0036】

なお、振動流発生源 30 は、ヘッド部 24 に内蔵されている必要はない（つまり、取付フランジ 18 に直接取り付けられていなくてもよい）。振動流発生源 30 は、ヘッド部 24 から分離して配置され、剛性または可撓性の配管によりヘッド部 24 に接続されてもよい。同様に、位相制御機構 32 についても、取付フランジ 18 に直接取り付けられることは必須ではなく、ヘッド部 24 から分離して配置され、剛性または可撓性の配管によりヘッド部 24 に接続されてもよい。

20

#### 【0037】

このような構成により、極低温冷凍機 10 は、作動ガスの圧力振動に対しパルス管 12 内のガス要素（ガスピストンとも呼ばれる）の変位振動の位相を適切に遅らせることによって、極低温冷凍機 10 は、パルス管 12 の低温端に PV 仕事を発生し、冷却ステージ 16 を冷却することができる。このようにして、極低温冷凍機 10 は、冷却ステージ 16 に接触する気体、液体、または、冷却ステージ 16 に熱的に結合された物体を冷却することができる。

#### 【0038】

極低温冷凍機 10 がヘリウム再凝縮に使用される場合、第 1 段冷却ステージ 16a は例えば 100 K 未満（たとえば 30 K ~ 60 K 程度）に冷却され、第 2 段冷却ステージ 16b はヘリウム液化温度である約 4 K 程度またはそれ以下に冷却される。極低温冷凍機 10 が他の冷媒の再凝縮に使用される場合には、その冷媒の液化温度以下に少なくとも第 2 段冷却ステージ 16b が冷却される。

30

#### 【0039】

図 5 は、比較例に係る極低温冷凍機 510 を示す概略図である。極低温冷凍機 510 はその中心軸を鉛直方向に一致させるようにして再凝縮室 502 の天板または上部に設置され、低温部 516 が再凝縮室 502 内に配置される。再凝縮室 502 への室温冷媒ガスの入口 520 も極低温冷凍機 510 の近くに設けられ、そこから室温ガス 522 は鉛直方向に再凝縮室 502 の底部に向かって吹き出すようになっている。

40

#### 【0040】

したがって、室温ガス 522 は、低温部 516 に直接吹き付けるか、またはその近くに容易に到達する。室温ガス 522 と低温部 516 の温度差はかなり大きく、たとえば 100 K ~ 200 K 以上にもなるので、室温ガス 522 から低温部 516 への入熱は極低温冷凍機 510 にとって大きな熱負荷となる。

#### 【0041】

また、パルス管 512 は内部を空洞とする管であり、熱容量が比較的小さいので、入熱を受けると温度が上がりやすい。室温ガス 522 は、パルス管 512 の表面に沿って流れるため、パルス管 512 が容易に加熱される。

#### 【0042】

50

そのため、極低温冷凍機 5 1 0 の冷凍能力、ひいては冷媒再凝縮の凝縮効率は低下し、最悪の場合、極低温冷凍機 5 1 0 は冷媒を凝縮できない。

【 0 0 4 3 】

ところが、第 1 実施形態に係る極低温システム 1 0 0 および極低温冷凍機 1 0 によると、冷媒ガス導入口 2 0 は、冷媒ガス導入口 2 0 を出る冷媒ガス流 2 2 が冷却ステージ 1 6 から逸れるように、極低温冷凍機 1 0 の軸方向 C に垂直または斜めに方向付けられている。図 5 に示されるような比較例と比べて、冷媒ガス流 2 2 は、軸方向 C の速度成分が小さいので、軸方向 C には流れにくい。冷媒ガスは、再凝縮室 1 0 2 内での冷媒の対流によって徐々に第 1 段冷却ステージ 1 6 a へと下降し、さらには第 2 段冷却ステージ 1 6 b へと下降していく。冷媒ガスは下降しながら徐々に冷やされる。したがって、冷媒ガスから冷却ステージ 1 6 への入熱が低減される。冷媒ガス流 2 2 が極低温冷凍機 1 0 の冷凍能力に与える影響は抑制され、冷媒の凝縮効率は向上される。

10

【 0 0 4 4 】

加えて、冷媒ガス導入口 2 0 は、冷媒ガス流 2 2 がパルス管 1 2 から逸れるように、極低温冷凍機 1 0 の軸方向 C に垂直または斜めに方向付けられている。冷媒ガスからパルス管 1 2 への入熱が低減される。極低温冷凍機 1 0 の冷凍能力への影響は抑制され、冷媒の凝縮効率は向上される。

【 0 0 4 5 】

さらに、冷媒ガス導入口 2 0 は、冷媒ガス流 2 2 が第 1 段蓄冷管 1 4 a と熱交換をするように方向付けられている。蓄冷管 1 4 には蓄冷材 1 5 が充填されているので、パルス管 1 2 に比べて熱容量が顕著に大きい。したがって、冷媒ガス流 2 2 が蓄冷管 1 4 に当たったとしても、パルス管 1 2 のように容易に温度が高まることはない。蓄冷管 1 4 は、むしろ冷媒ガス流 2 2 を冷却することができる。

20

【 0 0 4 6 】

図 6 は、第 1 実施形態に係る極低温冷凍機 1 0 の他の例を示す概略図である。冷媒ガス導入口 2 0 は、取付フランジ 1 8 から第 1 段蓄冷管 1 4 a の近傍へと延びる冷媒ガス導管 3 4 を有する。冷媒ガス導管 3 4 は、冷媒ガスを第 1 段蓄冷管 1 4 a に向ける複数の穴 3 6 を有する。複数の穴 3 6 は、冷媒ガス流 2 2 が第 1 段蓄冷管 1 4 a にあたるように方向付けられている。

【 0 0 4 7 】

冷媒ガス導管 3 4 は、第 1 段蓄冷管 1 4 a の表面から隙間をあけて第 1 段蓄冷管 1 4 a の表面に沿って湾曲して延びている。複数の穴 3 6 は、第 1 段蓄冷管 1 4 a の表面に向かい合うようにして、冷媒ガス導管 3 4 の長手方向に沿って配置されている。

30

【 0 0 4 8 】

このようにすれば、冷媒ガス流 2 2 を第 1 段蓄冷管 1 4 a に直接あてることができ、第 1 段蓄冷管 1 4 a によって冷媒ガス流 2 2 を効率的に冷却することができる。また、冷媒ガス導管 3 4 は複数の穴 3 6 を有するので、冷媒ガスが分散される。冷媒ガス流 2 2 によって生じる第 1 段蓄冷管 1 4 a の局所的な温度変動を抑制できる。冷媒ガス流 2 2 が極低温冷凍機 1 0 の冷凍能力に与える影響は抑制され、冷媒の凝縮効率は向上される。

【 0 0 4 9 】

図 7 は、第 1 実施形態に係る極低温冷凍機 1 0 の他の例を示す概略図である。冷媒ガス導入口 2 0 がエルボ状の配管を有することは必須ではない。冷媒ガス導入口 2 0 は、取付フランジ 1 8 内に形成された斜め流路 2 0 c と、取付フランジ 1 8 上に形成された穴 2 0 d とを有してもよい。冷媒ガスは、気体戻り管 1 0 8 から冷媒ガス受入口 2 6 を通じて冷媒ガス導入口 2 0 へと流れる。冷媒ガスは、冷媒ガス導入口 2 0 から再凝縮室 1 0 2 に導入される。冷媒ガス導入口 2 0 は、冷媒ガス導入口 2 0 を出る冷媒ガス流 2 2 が冷却ステージ 1 6 から逸れるように、極低温冷凍機 1 0 の軸方向 C に対して斜めの角度に方向付けられていてもよい。直線 2 1 は、冷却ステージ 1 6 と交差しないように傾斜して延びてもよい。このようにしても、極低温冷凍機 1 0 の冷凍能力への影響は抑制され、冷媒の凝縮効率は向上される。

40

50



## 【 0 0 5 0 】

図 8 は、第 1 実施形態に係る極低温冷凍機 1 0 の他の例を示す概略図である。冷媒ガス導入口 2 0 は、取付フランジ 1 8 上で第 1 段蓄冷管 1 4 a の周囲に形成された複数の穴 3 8 を有する。穴 3 8 は、取付フランジ 1 8 内の流路を通じて冷媒ガス受入口 2 6 に接続されている。穴 3 8 は、冷媒ガスを軸方向に向けるように方向付けられている。穴 3 8 を出る冷媒ガスは、第 1 段蓄冷管 1 4 a の表面に沿って軸方向に流れるので、第 1 段蓄冷管 1 4 a によって冷却される。また、冷媒ガス導入口 2 0 は複数の穴 3 8 を有するので、冷媒ガスは分散される。このようにしても、極低温冷凍機 1 0 の冷凍能力への影響は抑制され、冷媒の凝縮効率は向上される。なお、穴 3 8 は、軸方向に対して斜めの角度に方向付けられていてもよい。

10

## 【 0 0 5 1 】

ここまでは極低温冷凍機 1 0 の取付フランジ 1 8 が冷媒ガス導入口 2 0 を有する構成を説明したが本発明はこの構成には限られない。取付フランジ 1 8 ではなく、再凝縮室 1 0 2 が冷媒ガス導入口 2 0 を有してもよい。そのような実施例を次に述べる。

## 【 0 0 5 2 】

図 9 は、第 2 実施形態に係る極低温システム 1 0 0 を示す概略図である。第 2 実施形態に係る極低温システム 1 0 0 は、冷媒ガス導入口 2 0 の配置に関して第 1 実施形態に係る極低温システム 1 0 0 と相違し、その余については概ね共通する。以下では、相違する構成を中心に説明し、共通する構成については簡単に説明するか、あるいは説明を省略する。

20

## 【 0 0 5 3 】

極低温システム 1 0 0 は、極低温冷凍機 1 0 の冷却ステージ 1 6 を収容する再凝縮室 1 0 2 と、再凝縮室 1 0 2 に設置され、室温環境 1 1 0 から再凝縮室 1 0 2 に冷媒ガスを導く冷媒ガス導入口 2 0 と、を備える。冷媒ガス導入口 2 0 は、冷媒ガス導入口 2 0 を出る冷媒ガス流 2 2 が冷却ステージ 1 6 から逸れるように、極低温冷凍機 1 0 の軸方向 C に垂直（または斜め）に方向付けられている。第 2 実施形態においても、第 1 実施形態と同様に、冷媒ガス流 2 2 が極低温冷凍機 1 0 の冷凍能力に与える影響は抑制され、冷媒の凝縮効率は向上される。

## 【 0 0 5 4 】

冷媒ガス導入口 2 0 および冷媒ガス受入口 2 6 が再凝縮室 1 0 2 に設けられているから、これら室温冷媒ガス導入ラインを極低温冷凍機 1 0 の取付フランジ 1 8 に形成する必要がない。よって、取付フランジ 1 8 として汎用の真空フランジを有する既存の極低温冷凍機 1 0 を使用することができる。

30

## 【 0 0 5 5 】

以上、本発明を実施例にもとづいて説明した。本発明は上記実施形態に限定されず、種々の設計変更が可能であり、様々な変形例が可能であること、またそうした変形例も本発明の範囲にあることは、当業者に理解されるところである。ある実施の形態に関連して説明した種々の特徴は、他の実施の形態にも適用可能である。組合せによって生じる新たな実施の形態は、組み合わせられる実施の形態それぞれの効果をあわせもつ。

## 【 0 0 5 6 】

たとえば、第 1 実施形態に関連して説明した特徴は、第 2 実施形態にも等しく適用可能である。

## 【 0 0 5 7 】

極低温冷凍機 1 0 は、パルス管冷凍機に限られず、GM 冷凍機またはその他の極低温冷凍機であってもよい。たとえば、GM 冷凍機の場合、上述の実施形態における「蓄冷管」は、蓄冷器を内蔵したディスプレイサを収容するシリンダとすればよい。GM 冷凍機は、パルス管を有しない。

40

## 【 0 0 5 8 】

極低温システム 1 0 0 がヘリウム以外の冷媒を使用する場合には、極低温冷凍機 1 0 はその冷媒の液化温度を提供できればよく、単段の冷凍機であってもよい。

50

【 0 0 5 9 】

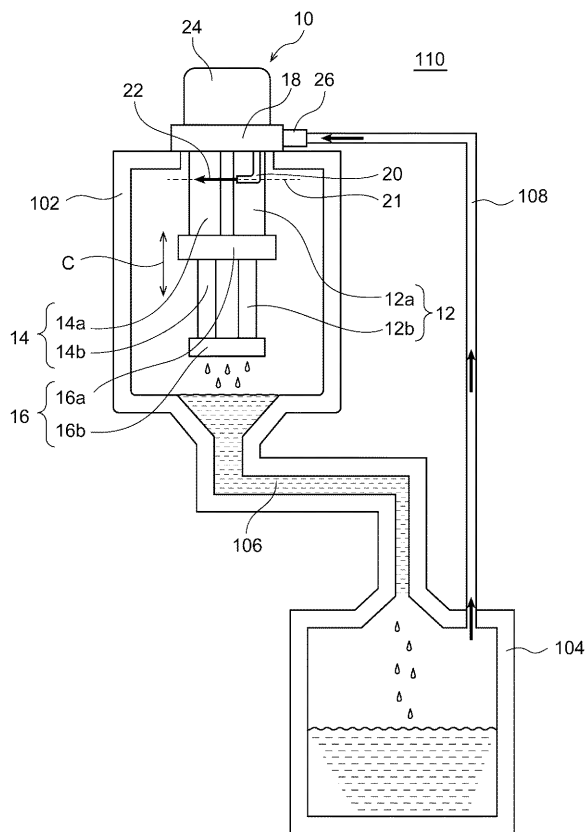
実施の形態にもとづき、具体的な語句を用いて本発明を説明したが、実施の形態は、本発明の原理、応用の一側面を示しているにすぎず、実施の形態には、請求の範囲に規定された本発明の思想を逸脱しない範囲において、多くの変形例や配置の変更が認められる。

【 符号の説明 】

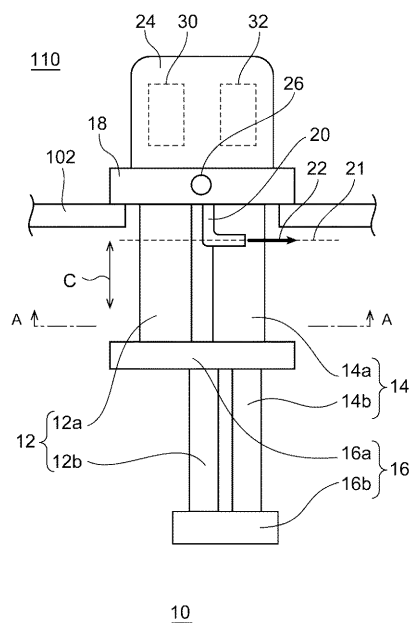
【 0 0 6 0 】

10 極低温冷凍機、 12 パルス管、 14 蓄冷管、 16 冷却ステージ、 18 取付フランジ、 20 冷媒ガス導入口、 22 冷媒ガス流、 100 極低温システム、 102 再凝縮室、 110 室温環境。

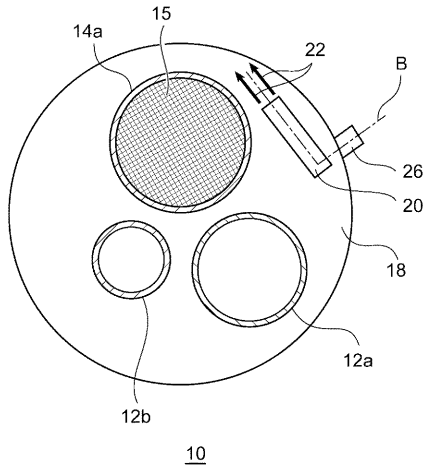
【 図 1 】



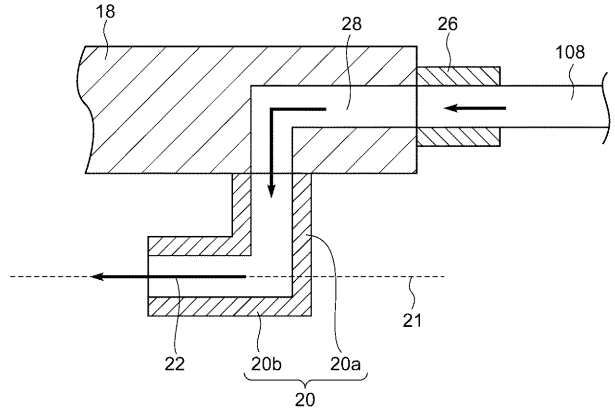
【 図 2 】



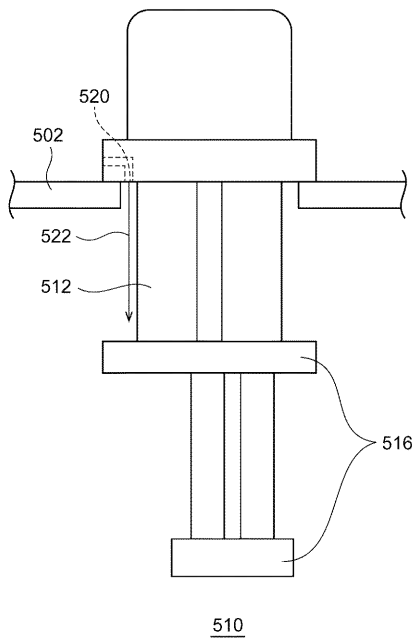
【 図 3 】



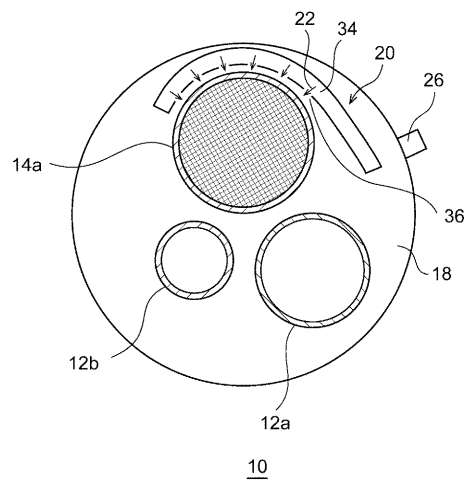
【 図 4 】



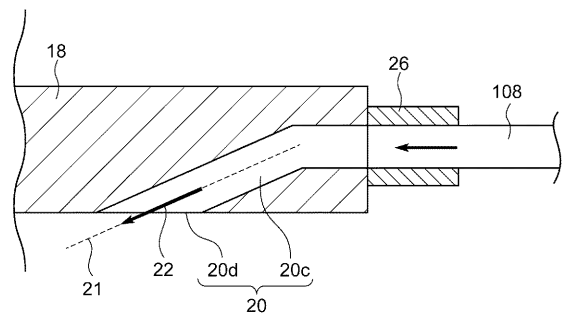
【 図 5 】



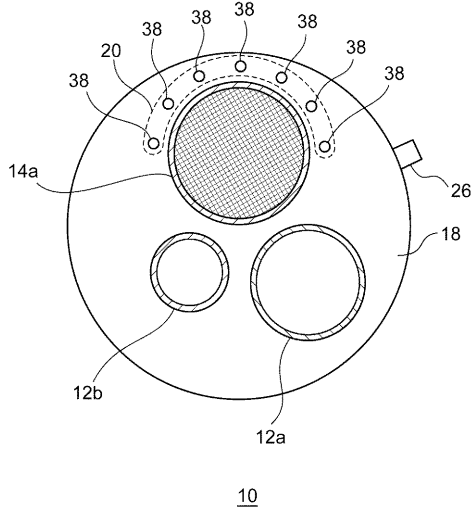
【 図 6 】



【 図 7 】



【図 8】



【図 9】

