

(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2005-3248
(P2005-3248A)

(43) 公開日 平成17年1月6日(2005.1.6)

(51) Int. Cl.⁷

F 2 5 B 9/00
F 2 5 B 9/14

F I

F 2 5 B 9/00 H
F 2 5 B 9/00 3 1 1
F 2 5 B 9/14 5 3 0 Z

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2003-165908 (P2003-165908)
(22) 出願日 平成15年6月11日 (2003.6.11)

(71) 出願人 000002107
住友重機械工業株式会社
東京都品川区北品川五丁目9番11号
(74) 代理人 100080458
弁理士 高矢 諭
(74) 代理人 100089015
弁理士 牧野 剛博
(74) 代理人 100076129
弁理士 松山 圭佑
(71) 出願人 504151365
大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構
茨城県つくば市大穂1番地1

最終頁に続く

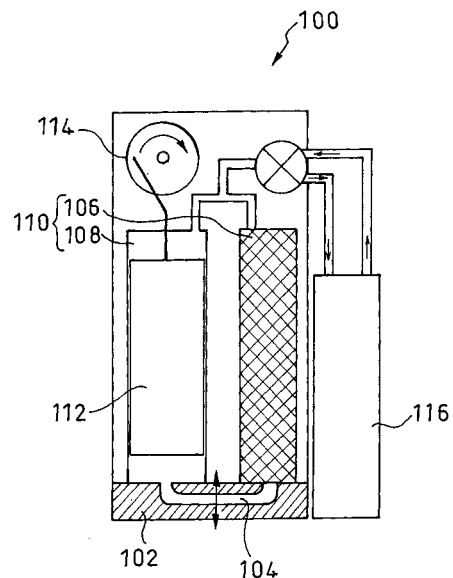
(54) 【発明の名称】 極低温冷凍機

(57) 【要約】

【課題】 振動ガス圧による冷却ステージの振動を効果的に低減することができると共に、小型化が可能な極低温冷凍機を提供する。

【解決手段】 極低温冷凍機 10 は、冷却ステージ 14 上に略平行に配置されると共に、冷却ステージ 14 に形成されたガス流路を介して連通された 2 本の管からなる第 1 冷凍管 16 及び第 2 冷凍管 18 を備えている。そして、この第 1 冷凍管 16 及び第 2 冷凍管 18 の振動ガス圧にそれぞれ位相差を持たせることによって、冷却ステージ 14 の振動を相殺するようにした。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

冷却ステージ上に略平行に配置されると共に、前記冷却ステージに形成されたガス流路を介して連通された 2 本の管からなる冷凍管を備えた極低温冷凍機において、前記冷凍管を複数備えると共に、該複数の各冷凍管の振動ガス圧にそれぞれ位相差を持たせることによって、前記冷却ステージの振動を相殺することを特徴とする極低温冷凍機。

【請求項 2】

請求項 1 において、前記複数の各冷凍管の前記管を、前記冷却ステージの周方向に略等間隔に、且つ、前記 2 本の管が最も遠い位置になるように配置したことを特徴とする極低温冷凍機。

10

【請求項 3】

請求項 1 において、前記複数の各冷凍管の前記管を、前記冷却ステージの周方向に略等間隔に、且つ、前記 2 本の管が最も近い位置になるように配置したことを特徴とする極低温冷凍機。

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 のいずれかにおいて、前記冷凍管を N (N : 2 以上の整数) 個備えた場合に、前記位相差を $360/N$ 度としたことを特徴とする極低温冷凍機。

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 のいずれかにおいて、前記 2 本の管を、蓄冷器とパルス管とによって構成したことを特徴とする極低温冷凍機。

20

【請求項 6】

請求項 1 乃至 4 のいずれかにおいて、前記 2 本の管を、蓄冷器とディスプレイサが収容されたシリンダとによって構成したことを特徴とする極低温冷凍機。

【請求項 7】

冷却ステージ上に配置された 1 本のシリンダからなる冷凍管を備えた極低温冷凍機において、 N (N : 2 以上の整数) 個の前記冷凍管を前記冷却ステージの周方向に略等間隔に配置すると共に、該 N 個の各冷凍管の振動ガス圧にそれぞれ $360/N$ 度の位相差を持たせたことを特徴とする極低温冷凍機。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

30

【発明の属する技術分野】

本発明は、冷却ステージ上に略平行に配置されると共に、前記冷却ステージに形成されたガス流路を介して連通された 2 本の管からなる冷凍管を備えた極低温冷凍機に係り、特に GM (ギフォード・マクマホン) 型やパルス管型などの蓄冷型の極低温冷凍機に用いるのに好適な、振動ガス圧による冷却ステージの振動を効果的に低減することができると共に、小型化が可能な極低温冷凍機に関する。

【0002】**【従来技術】**

従来、医療用 MRI 診断装置やクライオポンプ等に適用される小型の極低温冷凍機として、図 1 に示されるような GM 型の極低温冷凍機や、図 2 に示されるようなパルス管型の極低温冷凍機が広く知られている (例えば、特許文献 1 参照。)

40

【0003】

図 1 の GM 型極低温冷凍機 100 は、冷却ステージ 102 上に略平行に配置されると共に、ガス流路 104 を介して連通された蓄冷器 106 及びシリンダ 108 からなる冷凍管 110 を備えている。又、シリンダ 108 内にはディスプレイサ 112 が収容されており、このディスプレイサ 112 はモータ 114 の駆動によってシリンダ 108 内を往復運動する構造となっている。この GM 型極低温冷凍機 100 は、コンプレッサ 116 及びディスプレイサ 112 によって冷凍管 110 内への高圧ガスの供給や冷凍管 110 内の低圧ガスの回収を行うことで冷却ステージ 102 において寒冷を発生させるようにしたものである。

50

【0004】

一方、図2に示されたパルス管型極低温冷凍機120は、冷却ステージ122上に略平行に配置されると共に、ガス流路124を介して連通された蓄冷器126及びパルス管128からなる冷凍管130を備えている。このパルス管型極低温冷凍機120は、コンプレッサ132によって冷凍管130内への高圧ガスの供給や冷凍管130内の低圧ガスの回収を行うことで冷却ステージ122において寒冷を発生させるようにしたものである。

【0005】

しかしながら、これら従来公知のGM型極低温冷凍機100やパルス管型極低温冷凍機120では、冷凍管110、130内の振動ガス圧の変化によって冷凍管110、130が弾性的に伸縮し、冷却ステージ102、122が振動してしまうといった問題があった。又、パルス管型極低温冷凍機120は、GM型極低温冷凍機100におけるディスプレイサ112のような機械的駆動部が無いため、装置全体としては低振動化が実現可能であるものの、上述の弾性的伸縮による冷却ステージの振動についてはGM型極低温冷凍機100とほとんど大差が無い。

10

【0006】

このような問題を解決する一手段として、特許文献2には、ディスプレイサを2台備えると共に、この2台のディスプレイサを同相又は逆相で駆動することによって振動を低減した冷凍機が提案されている。

【0007】

【特許文献1】

特開2002-106993号公報

20

【特許文献2】

特許第2995144号公報

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、この従来公知の冷凍機では、シリンダ、冷却部接続部材及び支持部材を多角形的に構成し、機械的強度を強くすることによって、振動を抑制するため、慣性力による加速度振動を低減するのに一定の効果はあるが、冷凍管の弾性的伸縮による振動の低減には限界がある。

【0009】

本発明は、このような問題を解決するためになされたものであって、振動ガス圧による冷却ステージの振動を効果的に低減することができると共に、小型化が可能な極低温冷凍機を提供することを目的とする。

30

【0010】

【課題を解決するための手段】

本発明は、冷却ステージ上に略平行に配置されると共に、前記冷却ステージに形成されたガス流路を介して連通された2本の管からなる冷凍管を備えた極低温冷凍機において、前記冷凍管を複数備えると共に、該複数の各冷凍管の振動ガス圧にそれぞれ位相差を持たせることによって、前記冷却ステージの振動を相殺することによって、上記課題を解決したものである。

40

【0011】

又、前記複数の各冷凍管の前記管を、前記冷却ステージの周方向に略等間隔に、且つ、前記2本の管が最も遠い位置になるように配置したものである。

【0012】

更に、前記複数の各冷凍管の前記管を、前記冷却ステージの周方向に略等間隔に、且つ、前記2本の管が最も近い位置になるように配置したものである。

【0013】

又、前記冷凍管をN(N:2以上の整数)個備えた場合に、前記位相差を $360/N$ 度としたものである。

【0014】

50

なお、前記 2 本の管を、蓄冷器とパルス管とによって構成してもよく、又、蓄冷器とディスプレイサが収容されたシリンダとによって構成してもよい。

【 0 0 1 5 】

又、本発明は、冷却ステージ上に配置された 1 本のシリンダからなる冷凍管を備えた極低温冷凍機において、 N (N : 2 以上の整数) 個の前記冷凍管を前記冷却ステージの周方向に略等間隔に配置すると共に、該 N 個の各冷凍管の振動ガス圧にそれぞれ $360/N$ 度の位相差を持たせることによって、上記と同様の課題を解決したものである。

【 0 0 1 6 】

【 発明の実施の形態 】

以下図面を参照して、本発明の実施形態を詳細に説明する。

10

【 0 0 1 7 】

図 3 の斜視図に示されるように、本発明の実施形態に係る極低温冷凍機 10 は、図において上下に配置された、略円板形状の高温端ブロック 12 及び冷却ステージ (低温端ブロック) 14 と、これら高温端ブロック 12 と冷却ステージ 14 との間に配置された、第 1 冷凍管 16 及び第 2 冷凍管 18 とを備えている。

【 0 0 1 8 】

図 4、図 5 の断面図に示されるように、前記第 1 冷凍管 16 は、冷却ステージ 14 上に略平行に配置された略円筒形状の第 1 パルス管 16A と第 1 蓄冷器 16B を備えており、これら第 1 パルス管 16A 及び第 1 蓄冷器 16B の高温端が前記高温端ブロック 12 に、又、低温端が前記冷却ステージ 14 にそれぞれ固定されている。又、第 1 パルス管 16A 及び第 1 蓄冷器 16B の低温端は、冷却ステージ 14 に形成されたガス流路 16C によって連通されている。

20

【 0 0 1 9 】

一方、前記第 2 冷凍管 18 も第 1 冷凍管 16 と同じ構造を有しており、冷却ステージ 14 上に略平行に配置された略円筒形状の第 2 パルス管 18A と第 2 蓄冷器 18B を備え、これら第 2 パルス管 18A と第 2 蓄冷器 18B の高温端が前記高温端ブロック 12 に、又、低温端が前記冷却ステージ 14 にそれぞれ固定されている。又、第 2 パルス管 18A 及び第 2 蓄冷器 18B の低温端は、冷却ステージ 14 に形成されたガス流路 18C によって連通されている。

【 0 0 2 0 】

これら第 1 冷凍管 16 の第 1 パルス管 16A と第 1 蓄冷器 16B、及び第 2 冷凍管 18 の第 2 パルス管 18A と第 2 蓄冷器 18B の 4 つの管は、それぞれ冷却ステージ 14 の周方向に略等間隔に、且つ、第 1 パルス管 16A と第 1 蓄冷器 16B、及び第 2 パルス管 18A と第 2 蓄冷器 18B がそれぞれ最も遠い位置になるように配置されている。又、第 1 冷凍管 16 のガス流路 16C と第 2 冷凍管 18 のガス流路 18C は、冷却ステージ 14 の中央付近において立体的に交差した構造となっている。

30

【 0 0 2 1 】

次に、図 6 ~ 図 8 を用いて、前記極低温冷凍機 10 の作用について説明する。

【 0 0 2 2 】

図 6 (A) に示されるように、第 1 冷凍管 16 の振動ガス圧 P_1 は、第 1 冷凍管 16 への高圧ガスの供給や第 1 冷凍管 16 からの低圧ガスの回収のため、周期的に変化するよう制御される。その結果、この振動ガス圧 P_1 の変化によって、第 1 冷凍管 16 の第 1 パルス管 16A と第 1 蓄冷器 16B は軸方向に伸縮し、冷却ステージ 14 には軸方向に変位が生じる。例えば、図 6 (A) の時間 T においては、図 6 (B)、(C) に示されるように、第 1 パルス管 16A 及び第 1 蓄冷器 16B は、振動ガス圧 P_H によって軸方向に伸長し、冷却ステージ 14 には変位 E_1 が生ずる。

40

【 0 0 2 3 】

一方、図 7 (A) に示されるように、第 2 冷凍管 18 の振動ガス圧 P_2 も、第 2 冷凍管 18 への高圧ガスの供給や第 2 冷凍管 18 からの低圧ガスの回収のため、周期的に変化するよう制御される。その結果、この振動ガス圧 P_2 の変化によって、第 2 冷凍管 18 の第

50

2 パルス管 18 A と第 2 蓄冷器 18 B は軸方向に伸縮し、冷却ステージ 14 には軸方向に変位が生じる。例えば、図 7 (A) の時間 T においては、図 7 (B)、(C) に示されるように、第 2 パルス管 18 A 及び第 2 蓄冷器 18 B は振動ガス圧 P L によって軸方向に収縮し、冷却ステージ 14 には変位 E 2 が生ずる。

【0024】

このように、極低温冷凍機 10 の冷却ステージ 14 には、第 1 冷凍管 16 の伸縮に起因する変位と第 2 冷凍管 18 の伸縮に起因する変位がそれぞれ生ずることになる。

【0025】

ところが、極低温冷凍機 10 では、図 8 (A) に示されるように、第 1 冷凍管 16 の振動ガス圧 P 1 と第 2 冷凍管 18 の振動ガス圧 P 2 に 180 度の位相差を持たせているため、図 8 (B) に示されるように、第 1 冷凍管 16 が軸方向に伸長している時には、第 2 冷凍管 18 が軸方向に収縮することになる。一方、第 2 冷凍管 18 が軸方向に伸長している時には、第 1 冷凍管 16 が軸方向に収縮する。従って、第 1 冷凍管 16 の伸縮に起因する変位と第 2 冷凍管 18 の伸縮に起因する変位を相殺することができ、冷凍ステージ 14 における変位を略零にすることができる。

10

【0026】

本発明の実施形態に係る極低温冷凍機 10 によれば、冷凍管を複数備えると共に、該複数の各冷凍管の振動ガス圧にそれぞれ位相差を持たせることによって、冷却ステージ 14 の振動を相殺することができ、振動を効果的に低減することができることと共に、装置の小型化が可能である。

20

【0027】

又、第 1 冷凍管 16 の第 1 パルス管 16 A と第 1 蓄冷器 16 B、及び第 2 冷凍管 18 の第 2 パルス管 18 A と第 2 蓄冷器 18 B の 4 つの管を、それぞれ冷却ステージ 14 の周方向に略等間隔に、且つ、第 1 パルス管 16 A と第 1 蓄冷器 16 B、及び第 2 パルス管 18 A と第 2 蓄冷器 18 B がそれぞれ最も遠い位置になるように配置しているため、振動低減の効果を更に向上することができる。

【0028】

なお、振動低減の効果は、冷却ステージ 14 の材質やサイズ等によって異なるが、本発明の発明者の実験によれば、冷却ステージ 14 の材料が弾性体であることを考慮しても、実用的なサイズの範囲で、従来の数十分の 1 程度の低振動化を達成可能である。

30

【0029】

本発明に係る極低温冷凍機は、上記実施形態における極低温冷凍機 10 の構造や形状等に限定されるものではなく、冷凍管を複数備えると共に、該複数の各冷凍管の振動ガス圧にそれぞれ位相差を持たせることによって、冷却ステージの振動を相殺するようにしたものであればよい。

【0030】

従って、例えば、図 9 に示されるように、第 1 冷凍管 16 の第 1 パルス管 16 A 及び第 1 蓄冷器 16 B と、第 2 冷凍管 18 の第 2 パルス管 18 A 及び第 2 蓄冷器 18 B を、それぞれ冷却ステージ 14 の周方向に略等間隔に、且つ、第 1 パルス管 16 A と第 1 蓄冷器 16 B、及び第 2 パルス管 18 A と第 2 蓄冷器 18 B がそれぞれ最も近い位置になるように配置してもよい。この場合、第 1 パルス管 16 A と第 1 蓄冷器 16 B を連通するガス流路 16 C、及び第 2 パルス管 18 A と第 2 蓄冷器 18 B を連通するガス流路 18 C の長さをそれぞれ短くすることができ、最良な冷却効果を確保することができる。なお、この場合には、冷却ステージ 14 の中央付近が最も振動低減の効果が高いため、被冷却物は冷却ステージ 14 の中央付近に取り付けることが好ましい。

40

【0031】

又、冷凍管を 3 つ以上備えた極低温冷凍機としてもよく、例えば、図 10、図 11 に示されるように、3 つの第 1 ~ 第 3 冷凍管 20、22、24 を備えた構造にすると共に、図 12 に示されるように、これら 3 つの第 1 ~ 第 3 冷凍管 20、22、24 の振動ガス圧 P 3、P 4、P 5 にそれぞれ 120 度の位相差を持たせることによって、冷却ステージ 26 の

50

振動を相殺するようにしてもよい。このように、冷凍管を複数備えれば、より高次の振動モードしか残らず、一層の振動低減が可能となる。なお、冷却ステージの振動を効果的に低減するためには、冷凍管を N (N : 2 以上の整数) 個備えた場合に、振動ガス圧の位相差を $360/N$ 度とするのが好ましい。

【0032】

上記実施形態においては、第1冷凍管16及び第2冷凍管18を、パルス管と蓄冷器によって構成したが、本発明はこれに限定されるものではなく、例えば、蓄冷器とディスプレイサが収容されたシリンダとによって構成してもよい。

【0033】

又、本発明は、例えば、図13に示されるように、蓄冷器32を内蔵したディスプレイサ34をシリンダ(冷凍管)36内で往復運動させるようにした、1本のシリンダ36を備えた極低温冷凍機に適用することもできる。この場合、 N (N : 2 以上の整数) 個のシリンダ36を冷却ステージ38の周方向に略等間隔に配置すると共に、該 N 個の各シリンダ36の振動ガス圧にそれぞれ $360/N$ 度の位相差を持たせれば、上記と同様の効果を得ることができる。もちろん、蓄冷器を2段以上備えた多段型の極低温冷凍機にも適用することができる。

10

【0034】

【発明の効果】

本発明に係る極低温冷凍機によれば、振動ガス圧による冷却ステージの振動を効果的に低減できると共に、小型化が可能である。

20

【図面の簡単な説明】

【図1】従来のGM型極低温冷凍機を模式的に示した図

【図2】従来のパルス管型極低温冷凍機を模式的に示した図

【図3】本発明の実施形態に係る極低温冷凍機を模式的に示した斜視図

【図4】図3におけるIV-IV線に沿う断面図

【図5】図4におけるV-V線に沿う断面図

【図6】図1における第1冷凍管の振動ガス圧と時間の関係を示したグラフ(A)、冷却ステージ周辺の模式図(B)及びその平面図(C)

【図7】図1における第2冷凍管の振動ガス圧と時間の関係を示したグラフ(A)、冷却ステージ周辺の模式図(B)及びその平面図(C)

30

【図8】図1における第1、第2冷凍管の振動ガス圧と時間の関係を示したグラフ(A)、冷却ステージ周辺の平面図(C)

【図9】図1の極低温冷凍機における冷凍管の他の配置例を示した断面図

【図10】本発明の他の実施形態に係る極低温冷凍機の断面を模式的に示した図

【図11】図10の極低温冷凍機における冷凍管の他の配置例を示した断面図

【図12】図10、11の極低温冷凍機における冷凍管の振動ガス圧と時間の関係を示したグラフ

【図13】1本のシリンダを備えた極低温冷凍機の断面を模式的に示した図

【符号の説明】

10 ... 極低温冷凍機

40

12 ... 高温端ブロック

14、26、38 ... 冷却ステージ

16、20 ... 第1冷凍管

18、22 ... 第2冷凍管

24 ... 第3冷凍管

34 ... ディ스플레이サ

36 ... シリンダ

16A、18A、20A、22A、24A ... パルス管

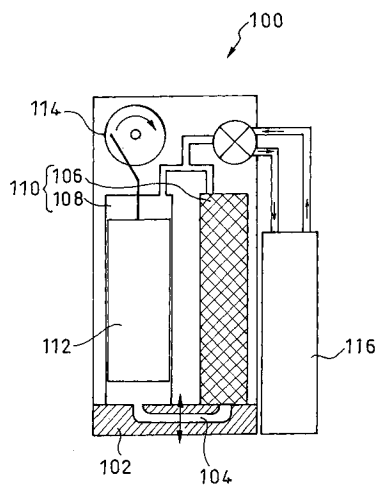
16B、18B、20B、22B、24B、32 ... 蓄冷器

16C、18C、20C、22C、24C ... ガス流路

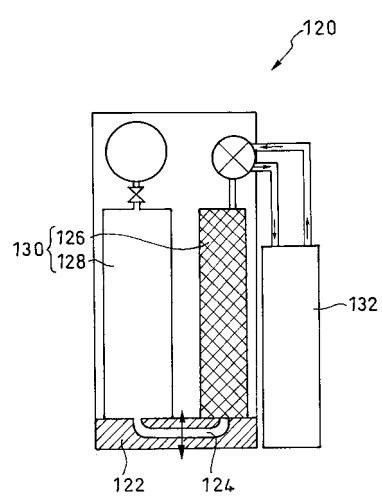
50

P 1、P 2、P 3、P 4、P 5 ... 振動ガス圧
E 1、E 2、E R ... 変位

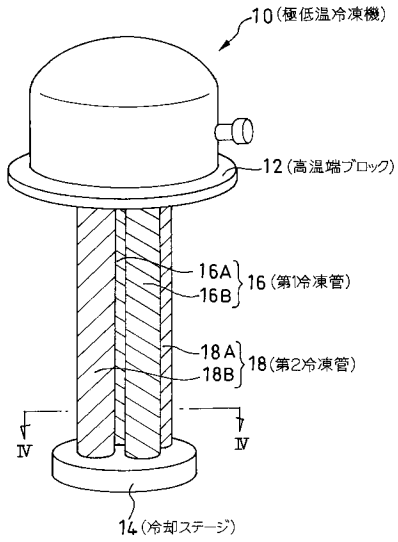
【 図 1 】



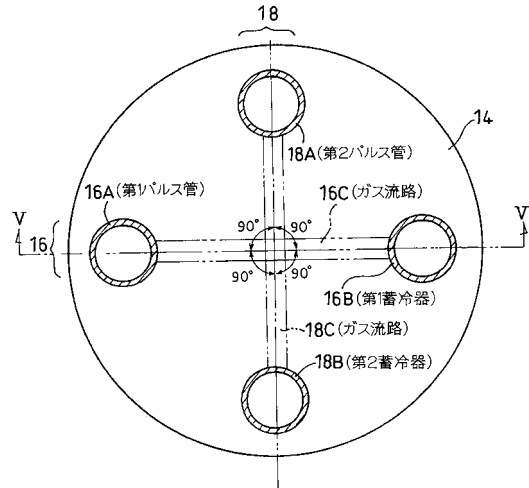
【 図 2 】



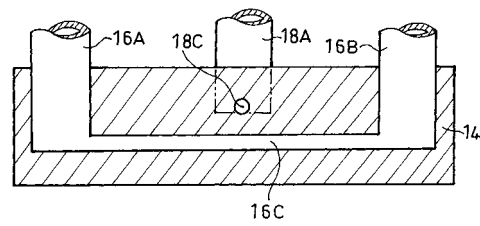
【 図 3 】



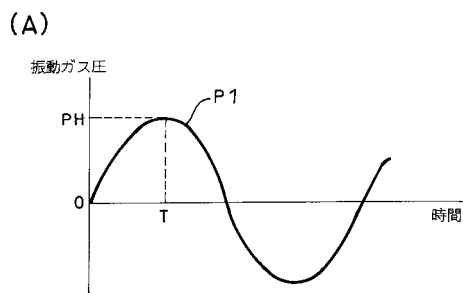
【 図 4 】



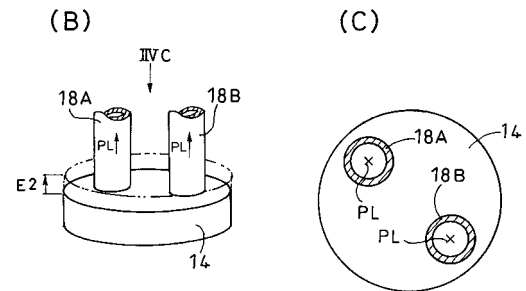
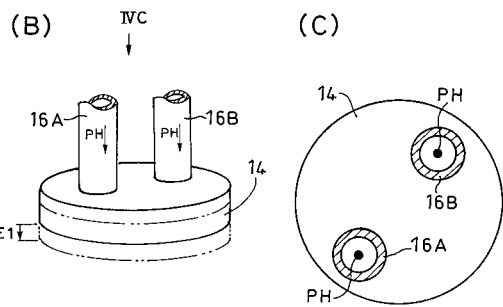
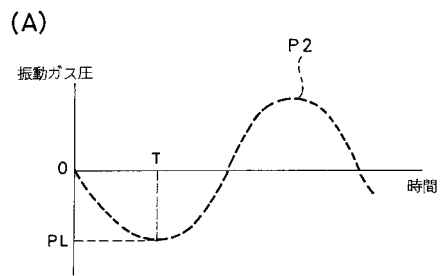
【 図 5 】



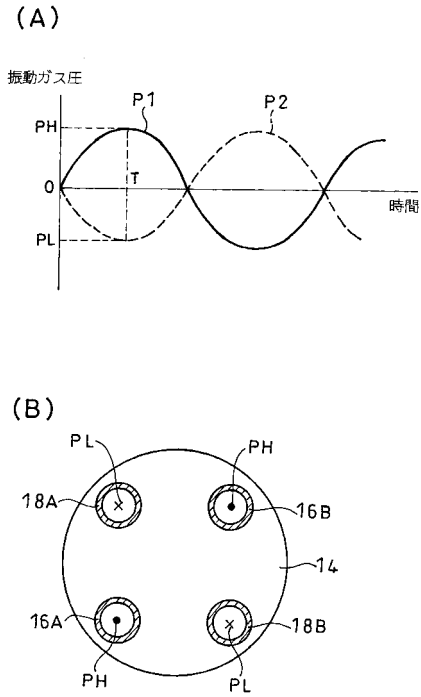
【 図 6 】



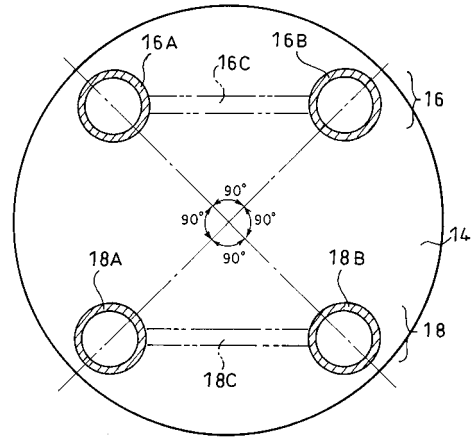
【 図 7 】



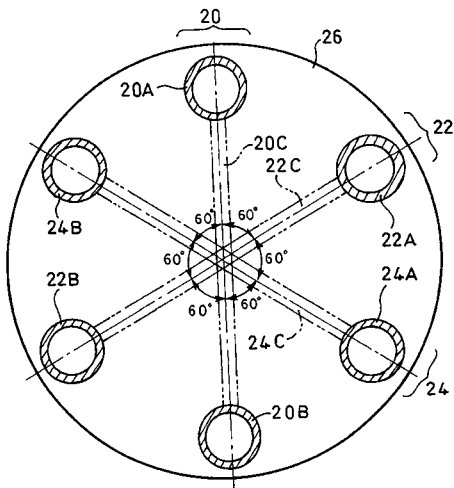
【 図 8 】



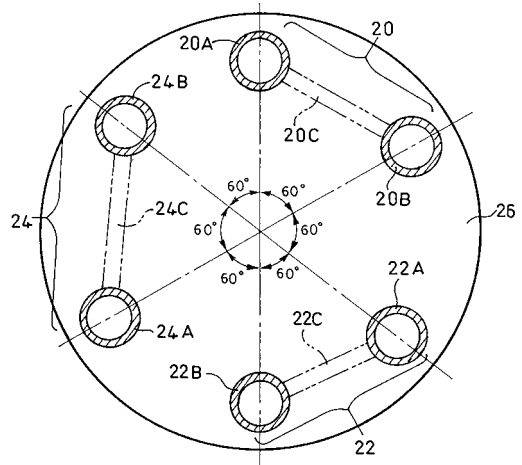
【 図 9 】



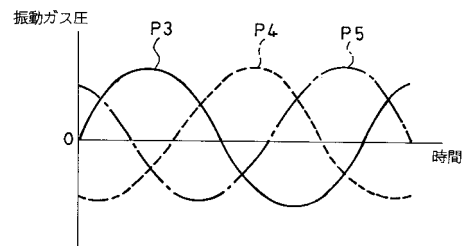
【 図 10 】



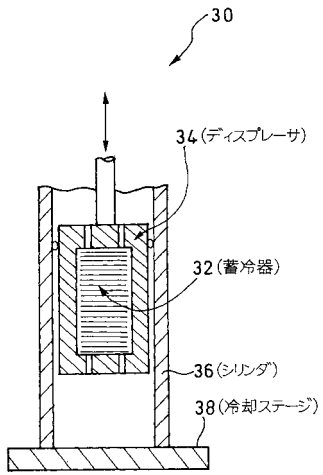
【 図 11 】



【 図 12 】



【 図 1 3 】



フロントページの続き

- (72)発明者 鈴木 敏一
茨城県つくば市大穂 1 - 1 高エネルギー加速器研究機構 加速器第3研究系内
- (72)発明者 都丸 隆行
茨城県つくば市大穂 1 - 1 高エネルギー加速器研究機構 低温工学センター内
- (72)発明者 新富 孝和
茨城県つくば市大穂 1 - 1 高エネルギー加速器研究機構 低温工学センター内
- (72)発明者 春山 富義
茨城県つくば市大穂 1 - 1 高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所内
- (72)発明者 李 瑞
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 小山 知大
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