

(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2005-24184

(P2005-24184A)

(43) 公開日 平成17年1月27日(2005.1.27)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

F 2 5 B 9/00

F I

F 2 5 B 9/00

Z

F 2 5 B 9/00

J

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2003-190886 (P2003-190886)

(22) 出願日 平成15年7月3日(2003.7.3)

(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

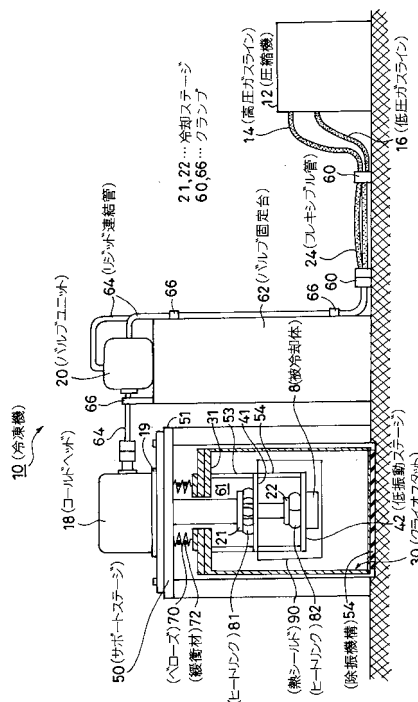
(54) 【発明の名称】 極低温冷却装置

(57) 【要約】

【課題】 冷凍機に起因する振動が、クライオスタット全体や被冷却体に伝わるのを防止する。

【解決手段】 冷凍機10のコールドヘッド18を、クライオスタット30とは別に設けたサポートステージ50に固定して、その荷重を支持すると共に、被冷却体8の荷重を支持する低振動ステージ41、42を、クライオスタット30のトップフランジ31に固定する。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

冷凍機を用いて冷却されるクライオスタットを備えた極低温冷却装置において、冷凍機のコールドヘッドが固定され、その荷重を支持する、クライオスタットとは別に設けられたサポートステージと、クライオスタットに固定され、被冷却体の荷重を支持する低振動ステージと、を備えたことを特徴とする極低温冷却装置。

## 【請求項 2】

前記クライオスタット全体が、除振機構を介して地面又はサポートステージに設置されていることを特徴とする請求項 1 に記載の極低温冷却装置。

10

## 【請求項 3】

前記冷凍機を構成する圧縮機とコールドヘッドが、地面又は壁に固定されたフレキシブル管又はホースにより連結されていることを特徴とする請求項 1 に記載の極低温冷却装置。

## 【請求項 4】

前記フレキシブル管又はホースのコールドヘッド側がリジッド管とされ、クライオスタットとは別に設けられた台又は地面又は壁に固定されていることを特徴とする請求項 3 に記載の極低温冷却装置。

## 【請求項 5】

前記冷凍機を構成する圧縮機とコールドヘッドが、該コールドヘッドから分離可能なバルブユニットを備え、該バルブユニットが、クライオスタットとは別に設けられた台又は地面又は壁に固定されていることを特徴とする請求項 1 に記載の極低温冷却装置。

20

## 【請求項 6】

前記クライオスタットとサポートステージがベローズで連結され、コールドヘッドのトップフランジやクライオスタット本体と共に真空空間を形成していることを特徴とする請求項 1 に記載の極低温冷却装置。

## 【請求項 7】

前記ベローズが溶接ベローズとされ、ベローズの山と山の間には緩衝材が配設されていることを特徴とする請求項 6 に記載の極低温冷却装置。

## 【請求項 8】

前記冷凍機がパルス管冷凍機であることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載の極低温冷却装置。

30

## 【請求項 9】

前記冷凍機が GM 冷凍機であることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載の極低温冷却装置。

## 【請求項 10】

前記冷凍機がスターリング冷凍機であることを特徴とする請求項 1 乃至 4、6、7 のいずれかに記載の極低温冷却装置。

## 【請求項 11】

請求項 1 乃至 10 のいずれかに記載の極低温冷却装置を備えたことを特徴とする超伝導装置。

40

## 【請求項 12】

請求項 1 乃至 10 のいずれかに記載の極低温冷却装置を備えたことを特徴とするクライオポンプ装置。

## 【請求項 13】

請求項 1 乃至 10 のいずれかに記載の極低温冷却装置を備えたことを特徴とする極低温計測分析装置。

## 【請求項 14】

請求項 1 乃至 10 のいずれかに記載の極低温冷却装置を備えたことを特徴とする核磁気共鳴装置。

## 【発明の詳細な説明】

50

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、冷凍機を用いて冷却されるクライオスタットを備えた極低温冷却装置に係り、特に、ギフォードマクマホンサイクル型（GM型）のパルス管冷凍機やバルブユニットがコールドヘッドから分離可能なギフォードマクマホンサイクル冷凍機（GM冷凍機）に用いるのに好適な、冷凍機に起因する振動が、クライオスタット全体や被冷却体に伝わるのを防ぐことが可能な極低温冷却装置に関する。

## 【0002】

## 【従来技術】

冷凍機を用いて冷却されるクライオスタットを備えた極低温冷却装置においては、通常、冷凍機に起因する何種類かの振動が発生し、クライオスタット全体及び被冷却体に伝わる。まず、圧力振動源である圧縮機は機械式であるため、その機械振動が、圧縮機と、クライオスタットに取付けられた冷却部であるコールドヘッドとを連結する連結管を通じてコールドヘッドに伝わり、クライオスタット全体に影響を及ぼす。又、GM冷凍機やスターリング冷凍機のような、コールドヘッド内部にピストン（ディスプレイサとも呼ばれる）を有する冷凍機では、圧縮膨張に伴うピストンの往復運動が周期的な振動を引き起こし、クライオスタット全体及び被冷却体に伝わる。更に、冷凍機のシリンダが通常薄肉の筒状構造物であるため、圧縮膨張に伴うコールドヘッド内の高低圧力振動がシリンダの弾性伸縮を引き起こし、被冷却体に新たな振動を付加する。

## 【0003】

このような問題点を解決するべく、特許文献1には、超電導コイル冷却装置において、（1）被冷却体である超伝導コイルを、冷凍機の冷却ステージに、細い銅線を編んだ編組線や、薄い銅板を多数枚積み重ねたものとなる良熱伝導性金属からなる振動吸収部材を介して連結して、冷却ステージからの振動を吸収すること、更に、（2）冷凍機とクライオスタットの真空容器の間に、蛇腹管等のフレキシブル管やコイル体となる振動吸収部材を介在させて、冷凍機で発生する振動を真空容器に伝播させないようにすることが記載されている。

## 【0004】

又、特許文献2には、膨張器 - ディスプレサを圧縮機に対してベローズにより低振動に取り付けることが記載されている。

## 【0005】

又、特許文献3には、ジュールトムソンサイクル（J-Tサイクル）と予冷サイクルからなるヘリウム液化冷凍機を用いた微弱磁場測定装置において、（1）予冷サイクルを構成するホースとJ-Tサイクルを構成するホースに、予冷サイクルの振動を分離するための振動遮断チューブを設けること、及び、（2）予冷サイクルを構成する部材と、これを支える構造物の間に、予冷サイクルの振動を分離するための空気ばねを介在させることが記載されている。

## 【0006】

## 【特許文献1】

特開平9 - 50910号公報

## 【特許文献2】

特開平2 - 103346号公報

## 【特許文献3】

特開平4 - 204280号公報

## 【0007】

## 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、特許文献1に記載の超伝導コイル冷却装置では、冷凍機と超伝導コイルが、クライオスタットの真空容器内に設けられた熱シールド容器、該熱シールド容器の支持棒、及び、コイル支持棒を介してつながっており、支持棒を通じて伝わってきた振動を断ち切ることができない。

10

20

30

40

50

## 【0008】

又、特許文献2のように、クライオスタットの冷凍機取付部にベローズを導入して、クライオスタット全体に伝わる、圧縮機からの振動やピストンの往復運動による振動を低減することも考えられるが、クライオスタット内が通常真空状態であるため、ベローズが収縮して柔軟性を失い、期待する程の減振効果を得ることができない。

## 【0009】

又、特許文献3に記載の装置においても、クライオスタットの荷重が冷凍機にかかるため、振動を十分に遮断できないという問題点を有していた。

## 【0010】

本発明は、前記従来の問題点を解決するべくなされたもので、冷凍機に起因する振動が、クライオスタット全体や被冷却体に伝わるのを防ぐことを課題とする。 10

## 【0011】

## 【課題を解決するための手段】

本発明は、冷凍機を用いて冷却されるクライオスタットを備えた極低温冷却装置において、冷凍機のコールドヘッドが固定され、その荷重を支持する、クライオスタットとは別に設けられたサポートステージと、クライオスタットに固定され、被冷却体の荷重を支持する低振動ステージと、を備えることにより、前記課題を解決したものである。

## 【0012】

又、前記クライオスタット全体を、除振機構を介して地面（床も含む）又はサポートステージに設置するようにして、防振効果を高めたものである。 20

## 【0013】

又、前記冷凍機を構成する圧縮機とコールドヘッドを、地面又は壁に固定されたフレキシブル管又はホースにより連結するようにして、防振効果を高めたものである。

## 【0014】

又、前記フレキシブル管又はホースのコールドヘッド側をリジッド管とし、クライオスタットとは別に設けられた台又は地面又は壁に固定するようにして、防振効果を高めたものである。

## 【0015】

又、前記冷凍機を構成する圧縮機とコールドヘッドが、該コールドヘッドから分離可能なバルブユニットを備えたものにおいて、該バルブユニットを、クライオスタットとは別に設けられた台又は地面又は壁に固定するようにして、防振効果を高めたものである。 30

## 【0016】

又、前記クライオスタットとサポートステージをベローズで連結し、コールドヘッドのトップフランジやクライオスタット本体と共に真空空間を形成するようにして、防振効果を高めたものである。

## 【0017】

又、前記ベローズを溶接ベローズとし、ベローズの山と山の間には緩衝材を配設して、ベローズの振動が発振するのを防止したものである。

## 【0018】

又、前記冷凍機を、パルス管冷凍機、GM冷凍機又スターリング冷凍機としたものである。 40

## 【0019】

本発明は、又、前記の極低温冷却装置を備えた超伝導装置、クライオポンプ装置、極低温計測分析装置、核磁気共鳴（NMR）装置を提供するものである。

## 【0020】

## 【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。

## 【0021】

本発明の第1実施形態は、本発明を図1に示す如く、2段式のGM型パルス管冷凍機、又は、冷凍機10の圧縮機12から高圧ガスライン14及び低圧ガスライン16を介してコ 50

ールドヘッド 18 に供給されるガスの高低圧力を切り換えるためのバルブユニット 20 がコールドヘッド 18 から分離できる 2 段式の GM 冷凍機を使用した極低温冷却装置に適用したもので、冷凍機 10 のコールドヘッド 18 をクライオスタット 30 に直接固定せず、クライオスタット 30 とは別に設けたサポートステージ 50 にコールドヘッド 18 を固定して、その荷重を支持すると共に、被冷却体 8 が固定され、その荷重を支持する 2 段低振動ステージ 42 を、支持棒 53、54 を介してクライオスタット 30 (ここではクライオスタットのトップフランジ 31) に固定するようにしている。図において、21 は、コールドヘッド 18 の 1 段冷却ステージ、22 は、同じく 2 段冷却ステージである。

【0022】

前記サポートステージ 50 は、真空容器である必要はないが、極めて大きい質量 (例えば 30 Kg 以上) を有し、クライオスタット 30 とは無関係に地面に設置することが望ましい。

10

【0023】

前記クライオスタット 30 の全体は、例えばゴムシートや空気ばね、除振構造体でなる除振機構 (図ではゴムシート) 54 を介して地面又はサポートステージ (図では地面) に設置される。

【0024】

更に、前記圧縮機 12 の振動がクライオスタット 30 全体に伝わらないようにするため、圧縮機 12 とコールドヘッド 18 をつなぐフレキシブル管 (又はホース) 24 をクランプ 60 を用いて地面又は壁に固定する。

20

【0025】

更に、前記バルブユニット 20 を、クライオスタット 30 とは別に設けた台又は地面又は壁 (ここでは質量の大きい (例えば 10 Kg 以上) バルブ固定台 62) に固定する。

【0026】

更に、前記バルブユニット 20 やコールドヘッド 18 の付近で、フレキシブル管 24 に代えて、例えばステンレスや銅等の硬いリジッド管 64 を使用し、且つ、このリジッド管 64 を前記クライオスタット 30 とは別に設けた台又は地面又は壁 (ここでは前記バルブ固定台 62) にクランプ 66 により固定する。

【0027】

更に、前記クライオスタット 30 (ここではそのトップフランジ 31) とサポートステージ 50 (ここではそのトップフランジ 51) の間をベローズ 70 で連結し、コールドヘッド 18 のトップフランジ 19 やクライオスタット 30 本体と共に真空空間 61 を形成する。

30

【0028】

前記ベローズ 70 としては、変形し易く振動吸収し易い溶接ベローズを使用し、ベローズ 70 の山と山の間にはゴムシート、ゴムリング等の緩衝材 72 を設けて、外部から衝撃があった場合のベローズの振動の発振を防止することができる。なお、二重ベローズとして液体を封入したり、あるいは溶接ベローズの代わりに成形ベローズを用いることも可能である。

【0029】

又、前記コールドヘッドの 1 段、2 段冷却ステージ 21、22 と 1 段、2 段低振動ステージ 41、42 との間に、それぞれ、ステージの熱収縮を吸収するための可撓的なヒートリンク 81、82 を設けている。該ヒートリンク 81、82 の材料としては、例えば熱伝導率の良い銅やアルミニウムの編素線や薄板を使用することで、可撓性を保ちつつ、伝熱性能を確保することができる。

40

【0030】

本実施形態では 2 段式の冷凍機を使用しているため、1 段低振動ステージ 41 に熱シールド 90 を設け、被冷却体 8 が固定される低温側の 2 段低振動ステージ 42 の冷却効果を高めている。

【0031】

50

このようにして、冷凍機 10 のコールドヘッド 18 をクライオスタット 30 に直接固定せず、クライオスタット 30 とは別に設けたサポートステージ 50 に荷重を載せることにより、圧縮機 12 からの振動やピストンの往復運動による振動がクライオスタット 30 に伝わるのを防ぐことができる。

【0032】

又、被冷却体 8 の荷重支持を、振動の少ないクライオスタット 30 (ここではそのトップフランジ 31) からとることにより、圧縮機 12 からの振動やピストンの往復運動による振動が、荷重支持体を通じて被冷却体 8 に伝わるのを防ぐことができる。

【0033】

又、クライオスタット 30 全体を、除振機構 54 を介して地面又はサポートステージに設置することにより、サポートステージ 50 とのカップリングを弱め、サポートステージ 50 を通じてクライオスタット 30 全体に振動が伝わるのを防ぐことができる。

【0034】

又、クランプ 60 を用いてフレキシブル管 24 を地面又は壁に固定することにより、圧縮機 12 からの振動が地面又は壁で遮断され、クライオスタット 30 全体に伝わり難くなる。

【0035】

又、バルブユニット 20 やコールドヘッド 18 の付近でリジッド管 64 を使用し、且つ、クライオスタット 30 とは別に設けた質量の大きい台又は地面又は壁 (図ではバルブ固定台 62) に固定しているので、圧縮機 12 の圧力変化に伴うフレキシブル管 24 の脈動を減らすことができる。

【0036】

又、バルブユニット 20 を、クライオスタット 30 とは別に設けた質量の大きい台又は地面又は壁 (図ではバルブ固定台 26) に固定しているので、圧縮機 12 からの振動が一層確実に遮断されるだけでなく、バルブユニット 20 自身が発生する振動も遮断され、クライオスタット 30 全体に伝わり難くなる。

【0037】

又、クライオスタット 30 (ここではそのトップフランジ 31) とサポートステージ 50 (ここではそのトップフランジ 51) の間をベローズ 70 で連結しているため、真空によりベローズ 70 が柔軟性を失うのを防いで、圧縮機 12 からの振動やピストンの往復運動による振動がクライオスタット 30 に伝わるのを防いでいる。

【0038】

更に、ベローズ 70 に溶接ベローズを使用し、且つベローズの山と山との間に緩衝材 72 を使用することで、ベローズの減衰効果を一層強化している。

【0039】

又、コールドヘッド 18 の各段冷却ステージ 21、22 と各段低振動ステージ 41、42 の間に可撓的なヒートリンク 81、82 を設けているため、ピストンの往復運動による振動やシリンダの弾性伸縮による振動が被冷却体 8 に伝わるのを防ぐことができる。

【0040】

次に、図 2 を参照して、単段式の GM 冷凍機を使用した極低温冷却装置に適用した本発明の第 2 実施形態を詳細に説明する。

【0041】

本実施形態では、図 2 に示す如く、コールドヘッド 18 の内部に切換バルブと駆動モータが組み込まれているため、コールドヘッド 18 付近の高圧ガスラインと低圧ガスライン 14、16 を、硬い、例えばステンレス製のリジッド管 64 に置き換え、クランプ 66 によって、バルブ固定台に代わる連結管固定台 68 に固定している。

【0042】

又、低振動ステージが 1 段低振動ステージ 41 のみとなり、2 段低振動ステージ 42、支持棒 54、ヒートリンク 82、熱シールド 90 は省略されている。

【0043】

他の点については第 1 実施形態と同様であるので、説明は省略する。

【0044】

次に、図 3 に示す如く、圧縮機 12 がコールドヘッド 18 と一体、又は、連結管 26 を介して至近距離（1 m 以内）に配置されるスターリング冷凍機やスターリング型パルス管冷凍機を使用した極低温冷却装置に適用した本発明の第 3 実施形態を詳細に説明する。

【0045】

本実施形態では、図 3 に示す如く、コールドヘッド 18 と共に圧縮機 12 もサポートステージ 50 に固定し、該サポートステージ 50 によって、圧縮機 12 の荷重とコールドヘッド 18 の荷重を支持するようにしている。

【0046】

他の点については前記第 2 実施形態と同様であるので、説明は省略する。

【0047】

なお、前記実施形態では GM 型のパルス管冷凍機が 2 段式とされ、他の冷凍機が 1 段式とされていたが、冷凍機の段数と形式の組合せは、実施形態に限定されない。

【0048】

本発明は、低振動が要求される超電導装置、デバイス冷却装置、検出器冷却装置、サンプル冷却装置、クライオポンプ装置、計測分析装置、NMR 装置等に適用できる。

【0049】

【発明の効果】

本発明によれば、冷凍機に起因する振動が、クライオスタット全体や被冷却体に伝わるのを防止することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 実施形態の構成を示す断面図

【図 2】本発明の第 2 実施形態の構成を示す断面図

【図 3】本発明の第 3 実施形態の構成を示す断面図

【符号の説明】

8 ... 被冷却体

10 ... 冷凍機

12 ... 圧縮機

14 ... 高圧ガスライン

16 ... 低圧ガスライン

18 ... コールドヘッド

20 ... バルブユニット

21、22 ... 冷却ステージ

24 ... フレキシブル管

30 ... クライオスタット

31、51 ... トップフランジ

41、42 ... 低振動ステージ

50 ... サポートステージ

54 ... 除振機構

60、66 ... クランプ

62 ... バルブ固定台

64 ... リジッド管

68 ... 連結管固定台

70 ... ベローズ

72 ... 緩衝材

81、82 ... ヒートリンク

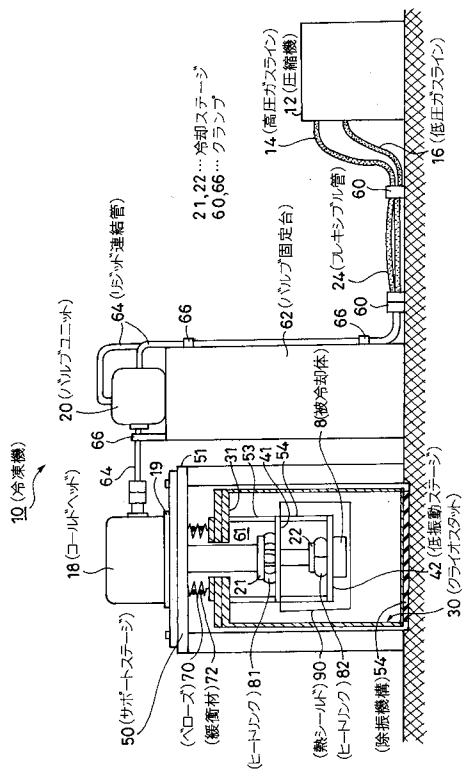
10

20

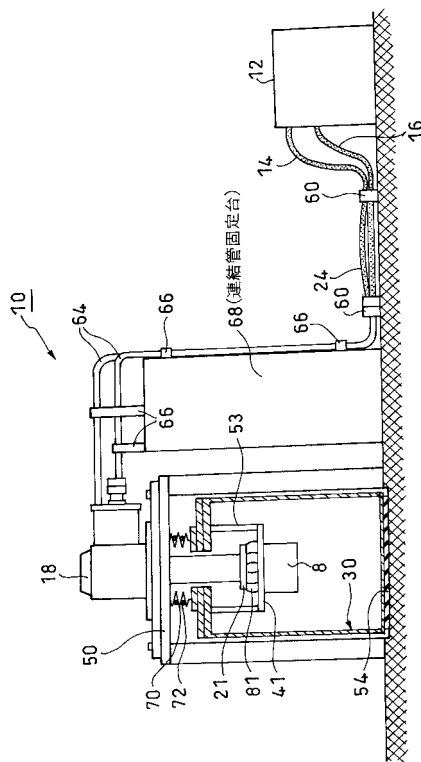
30

40

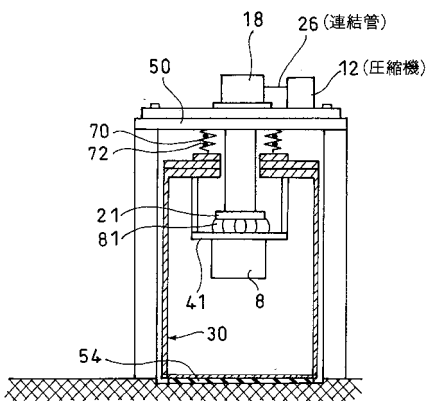
【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】





---

フロントページの続き

- (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 幾島 悠喜  
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 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 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 新冨 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