

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4796995号
(P4796995)

(45) 発行日 平成23年10月19日(2011.10.19)

(24) 登録日 平成23年8月5日(2011.8.5)

(51) Int. Cl.	F I		
A 6 1 B 5/055 (2006.01)	A 6 1 B	5/05	3 6 0
A 6 1 B 5/05 (2006.01)	A 6 1 B	5/05	Z A A
G O 1 R 33/3815 (2006.01)	G O 1 N	24/06	5 1 O C
	G O 1 N	24/06	5 1 O D

請求項の数 9 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2007-154407 (P2007-154407)	(73) 特許権者	000005108
(22) 出願日	平成19年6月11日(2007.6.11)		株式会社日立製作所
(65) 公開番号	特開2008-302139 (P2008-302139A)		東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(43) 公開日	平成20年12月18日(2008.12.18)	(74) 代理人	100064414
審査請求日	平成21年4月6日(2009.4.6)		弁理士 磯野 道造
		(74) 代理人	100111545
			弁理士 多田 悦夫
		(72) 発明者	古閑 康則
			茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会 社日立製作所 日立事業所内
		審査官	島田 保

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超伝導磁石装置、およびこれを用いた磁気共鳴撮像装置、並びに核磁気共鳴装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

超伝導コイルを冷媒とともに收容するコイル容器と、
前記コイル容器を覆うように形成された熱シールドと、
前記コイル容器および前記熱シールドを囲繞し、内部を真空にした真空容器と、を備え

一端側が前記コイル容器の内部に連通し、他端側が前記コイル容器から前記熱シールドを経て前記真空容器の外部の排出可能な場所に導かれて大気側に連通した第1の排気管路と、

前記第1の排気管路に設けられ、前記コイル容器の内部の圧力が設定された圧力以上になると開いて当該第1の排気管路を連通する第1の連通手段と、

一端側が前記真空容器の内部に連通し、他端側が前記第1の連通手段よりも大気側の前記第1の排気管路に連通した第2の排気管路と、

前記第2の排気管路に設けられ、前記真空容器の内部の圧力が設定された圧力以上になると開いて当該第2の排気管路を連通する第2の連通手段と、

を具備したことを特徴とする超伝導磁石装置。

【請求項2】

前記第2の連通手段は、前記真空容器内の圧力が設定された圧力以上になると破裂して開くようにされた破裂板を含んで構成され、前記破裂板は、その板面が湾曲状部分を含んで形成されていることを特徴とする請求項1に記載の超伝導磁石装置。

10

20

【請求項 3】

前記第 2 の連通手段は、前記真空容器の内部の圧力が設定された圧力以上になると破裂して開くようにされた破裂板を含んで構成され、前記破裂板は、その板面が鉛直方向に設置されていることを特徴とする請求項 1 に記載の超伝導磁石装置。

【請求項 4】

前記第 2 の連通手段は、前記真空容器における前記第 1 の排気管路の取出口よりも上方に位置することを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の超伝導磁石装置。

【請求項 5】

前記第 2 の排気管路は、前記第 2 の連通手段よりも大気側の部位に、上方に凸状の管路を備えていることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の超伝導磁石装置。

10

【請求項 6】

前記第 1 の連通手段よりも大気側の前記第 1 の排気管路、または前記第 2 の連通手段よりも大気側の前記第 2 の排気管路の少なくとも一方には、加熱手段が設置されていることを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の超伝導磁石装置。

【請求項 7】

前記破裂板は、金属製であり、当該破裂板を支持する支持体が前記真空容器に溶接されて固定されていることを特徴とする請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載の超伝導磁石装置。

20

【請求項 8】

請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載の超伝導磁石装置を備えた磁気共鳴撮像装置であって、

被検体を乗せるベッドと、このベッドに乗せられた前記被検体を前記超伝導磁石装置によって形成される磁場空間へ搬送する搬送手段と、この搬送手段によって前記磁場空間に搬送された前記被検体からの核磁気共鳴信号を解析する解析手段とを備えたことを特徴とする磁気共鳴撮像装置。

【請求項 9】

請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載の超伝導磁石装置を備えた核磁気共鳴装置であって、

30

試料を前記超伝導磁石装置の前記超伝導コイル間に形成される磁場空間内に移動させる機構と、この機構によって前記磁場空間内に移動された前記検体からの核磁気共鳴信号を捉えるプローブと、前記プローブで捉えた信号を解析手段とを有する核磁気共鳴装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超伝導磁石装置、およびこれを用いた磁気共鳴撮像装置、並びに核磁気共鳴装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

40

超伝導磁石装置を構成する超伝導コイルは、これを臨界点以下に冷却するための液化した冷媒、例えば、液体ヘリウム等で冷却される。超伝導コイルおよび冷媒はコイル容器に収納され、そしてコイル容器は、断熱真空層を形成する真空容器に収納される。コイル容器と真空容器との間には熱シールドが設置されており、この熱シールドによってコイル容器は、さらに断熱保護されている。

また、コイル容器には、冷媒をコイル容器内に注入するための注入管路や、コイル容器内の気相の冷媒をコイル容器外に排気するための排気管路が適宜設けられている。

【0003】

ところで、超伝導コイルが通電されて磁場を発生しているときに超伝導コイルの一部分のコイル導体が動いたり、コイル導体を被覆等している含浸材にクラックが発生したりす

50

る等の機械的擾乱が発生すると、これが熱擾乱となって、超伝導コイルの一部が温度上昇し、常伝導に転移する。このような熱擾乱による温度上昇が、周囲の冷媒による冷却を大きく上回ると、常伝導転移が超伝導コイル全体に至る現象、いわゆるクエンチを生じる。

このようなクエンチが発生すると、超伝導コイルから多量の熱が生じ、この熱で周囲の冷媒が蒸発して多量の冷媒ガスが生じるためコイル容器の内部の圧力が急激に上昇する。

従来、このようなコイル容器の内部の圧力上昇を抑制するために、排気管路には破裂板が設けられており、排気管路を通じて真空容器の外部へ冷媒ガスが排出されるように設けられている。

【0004】

10

また、真空容器の外壁に破裂部材を有する真空排気弁を設けて、真空容器の内部の圧力が上昇した際に、これを破裂させて真空容器の内部の圧力を真空容器の外部へ逃がすようにした技術が知られている（例えば、特許文献1参照）。

【0005】

また、コイル容器および真空容器にそれぞれ安全弁を設けて、コイル容器の内部の圧力が上昇した際に、コイル容器の安全弁を開放させてコイル容器の内部の圧力を真空容器の内部へ逃がし、さらに、真空容器の内部の圧力が上昇した際に、真空容器の安全弁を開放させて真空容器の内部の圧力を真空容器の外部へ逃がすようにした技術が知られている（例えば、特許文献2参照）。

【0006】

20

【特許文献1】特許第3674967号公報

【特許文献2】特開平6-163253号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ところで、前記したように、クエンチの発生時には、排気管路に設けられた破裂板が破裂して真空容器の外部へ冷媒ガスが排出されるようになっているが、排出によりコイル容器の内部の冷媒が減少してくると圧力が次第に低下し、コイル容器の内部の圧力と真空容器の外部の大気圧とが釣り合う状態になる。そうすると、排気管路を通じて大気側から水分や空気等が装置内に侵入し易くなり、これらが排気管路の途中で凍結して排気管路を閉塞する可能性が生じてくる。

30

【0008】

クエンチが生じた後、コイル容器の内部には、一部の冷媒が残留していることがあり、この状態からさらにコイル容器の内部でクエンチが発生したり真空容器の内部の真空状態が崩れたりして多量の入熱が起こると、冷媒が急激に蒸発して多量の冷媒ガスが生じることとなるが、排気管路が前記のように閉塞された状態では、これを排出することができない。このため、コイル容器の内部の圧力がコイル容器の耐圧以上に上昇してコイル容器が破損したり、排気管路に設けられた薄肉部分に耐圧以上の圧力が作用してこの薄肉部分から破損したりする等、真空容器の破損に至るおそれもある。

【0009】

40

この点、前記した特許文献1, 2では、真空容器に設けた破裂部材や安全弁で、真空容器の内部の圧力を逃がすことが可能である。しかしながら、真空容器の周囲に冷媒ガスが直接排出されるという難点を有していた。

【0010】

このような観点から、本発明は、排気管路の凍結による閉塞が生じてもコイル容器および真空容器の破損を防止することができるとともに、真空容器の周囲に冷媒ガスが排出されるのを防止することができる超伝導磁石装置、およびこれを用いた磁気共鳴撮像装置、並びに核磁気共鳴装置を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

50

前記した課題を解決するための手段として本発明は、一端側がコイル容器の内部に連通し、他端側がコイル容器から熱シールドを経て真空容器の外部の排出可能な場所に導かれて大気側に連通した第1の排気管路に、設定された圧力以上になると開く第1の連通手段を設け、さらに、一端側が真空容器の内部に連通する第2の排気管路に、設定された圧力以上になると開く第2の連通手段を設け、第2の排気管路の他端側を、第1の連通手段よりも大気側の第1の排気管路に連通して構成した。これにより、真空容器の内部の冷媒ガスを、第2の排気管路から第1の排気管路を通じて排出に支障のない場所へ導くことができ、大気側へ排出することができる。これにより、クエンチや真空破壊等が発生することによるコイル容器や真空容器の破損を防止することができる。

【発明の効果】

10

【0012】

本発明によれば、排気管路の凍結による閉塞が生じてもコイル容器および真空容器の破損を防止することができるとともに、真空容器の周囲に冷媒ガスが排出されるのを防止することができる超伝導磁石装置、およびこれを用いた磁気共鳴撮像装置、並びに核磁気共鳴装置が得られる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

(第1実施形態)

以下、本発明の超伝導磁石装置の一実施形態について図面を参照して詳細に説明する。

本実施形態の超伝導磁石装置1は、図1に示すように、超伝導コイル2を冷媒3とともに収容するコイル容器4、コイル容器4を覆うように形成された熱シールド5、コイル容器4および熱シールド5を囲繞し、内部を真空にした真空容器6等からなるクライオスタットを備えている。コイル容器4に収容される冷媒3としては、例えば液体ヘリウムなどの液化した冷媒が用いられており、この冷媒3と熱シールド5とを冷却するための冷凍機7が真空容器6に設置されている。

20

【0014】

コイル容器4は、密閉可能な容器で形成されており、冷媒3を蓄えておくタンクの役割を果たす。このようなコイル容器4には、このコイル容器4の内部に冷媒3を注入するための図示しない注入管路が連結されており、また、コイル容器4の内部の気相状態の冷媒ガス(ヘリウムガス)を排出するための第1の排気管路10が連結されている。なお、コイル容器4の内部の圧力を検出するための図示しない管路等、幾つかの図示しない管路が真空容器6を貫通してコイル容器4に連結されている。

30

【0015】

第1の排気管路10は、一端側10aがコイル容器4の内部に連通し、他端側10bがコイル容器4から熱シールド5を経て真空容器6の外部へ延設され、排出可能な場所に導かれて大気側に連通している。排出可能な場所としては、図示しない建物の外部等の、冷媒ガスを排出しても支障のない場所等が挙げられる。なお、冷媒ガスを回収することのできる冷媒ガス(ヘリウムガス)回収装置等に他端側10bを連結して、第1の排気管路10を通じて排出される冷媒ガスを回収するように構成してもよい。

【0016】

40

第1の排気管路10には、真空容器6の外部において、第1の連通手段としての破裂板21を備えた第1の破裂装置20が介設されている。この第1の破裂装置20は、通常時、第1の排気管路10の連通を破裂板21が遮断しており、コイル容器4の内部の圧力が設定された圧力以上になると、その圧力を受けて破裂板21が変形して破裂し(開き)、第1の排気管路10のコイル容器4側と大気側とを連通するようになっている。これにより、破裂板21が破裂することで、クエンチの発生時等にコイル容器4の内部において所定の圧力に上昇された冷媒ガスは、第1の排気管路10を通じて大気側へ排出されるようになっている。

【0017】

ここで、破裂板21は、例えば、樹脂製のディスクや薄い金属製の部材からなり、第1

50

の排気管路 10 に気密に介設された支持体 22 の内部に気密溶接されて固定されている。破裂板 21 は、その板面が湾曲状部分を含んで形成されており、この例では、湾曲状部分がコイル容器 4 側に凸状（大気側へ凹状）となるように設けられている。なお、破裂板 21 の対峙する位置には、破裂板 21 を破裂させるための図示しない破裂用歯が設けられており、コイル容器 4 の内部の圧力が設定された圧力以上になると、変形した破裂板 21 がこの破裂用歯に押圧されて破裂するように構成されている。破裂板 21 の破裂強度の設定は、破裂板 21 の材質、大きさ、肉厚等を適宜選択することで行うことができる。

【0018】

第 1 の排気管路 10 には、第 1 の破裂装置 20 を迂回するように分岐管路 10A が配設されており、この分岐管路 10A には、開閉弁 10B が介設されている。この開閉弁 10B は、通常時、閉じた状態にされ、例えば、図示しない注入管路を通じて冷媒 3 をコイル容器 4 に注入する際等に開かれた状態にされる。これにより、冷媒 3 の注入時には、コイル容器 4 の内部の冷媒ガスを第 1 の排気管路 10 の分岐管路 10A を通じて排出してコイル容器 4 の内部の圧力を低下させつつ、図示しない注入管路を通じてコイル容器 4 の内部への冷媒 3 を注入することが行われる。なお、分岐管路 10A を通じて排出された冷媒ガスは、第 1 の排気管路 10 の他端側 10b から大気側へ好適に排出され、また、図示しない冷媒ガス回収装置等によって好適に回収される。

【0019】

また、第 1 の排気管路 10 には、コイル容器 4 と熱シールド 5 との間、および熱シールド 5 と真空容器 6 との間に、薄肉部分となる蛇腹部 10c, 10d が設けられている。この蛇腹部 10c, 10d は、常温側からの熱侵入を軽減する役割をなすとともに、後記するように、凍結による第 1 の排気管路 10 の閉塞時に破断して、コイル容器 4 の内部の圧力を真空容器 6 の内部に排出する役割も有している。

【0020】

また、第 1 の破裂装置 20 よりも大気側となる第 1 の排気管路 10 には、冷凍機 7 の第 1 段冷凍部 7a から延設された熱シールド配管 8 が接続されている。この熱シールド配管 8 は、冷凍機 7 の停止時に増加する熱侵入によって蒸発された冷媒ガスを利用して、第 1 段冷凍部 7a および熱シールド 5 を冷却する役割をなすものであり、その管路の途中には、大気側からの侵入を防止するための逆止弁 8a が設けられている。

【0021】

真空容器 6 は、密閉された容器で形成されており、その内部は、真空排気弁 9 を介して必要時に取り付けられる、図示しない真空ポンプによって真空状態にされている。そして、真空容器 6 には、第 2 の排気管路 30 が連結されている。

【0022】

第 2 の排気管路 30 は、一端側 30a が真空容器 6 の内部に連通し、他端側 30b が第 1 の破裂装置 20 よりも大気側の第 1 の排気管路 10 に接続されて大気側へ連通している。

第 2 の排気管路 30 には、第 2 の連通手段としての破裂板 41 を備えた第 2 の破裂装置 40 が介設されている。この第 2 の破裂装置 40 は、通常時、第 2 の排気管路 30 の連通を破裂板 41 で遮断しており、真空容器 6 の内部の圧力が設定された圧力以上になると、その圧力を受けて破裂板 41 が変形して破裂し（開き）、第 2 の排気管路 30 の真空容器 6 側と大気側とを連通するようになっていく。これにより、クエンチや真空破壊等により真空容器 6 の内部の圧力が所定の圧力に上昇されたときには、破裂板 41 が破裂することで、第 2 の排気管路 30 を通じて冷媒ガスが大気側へ排出されるようになっていく。

【0023】

本実施形態では、第 2 の破裂装置 40 の構成を前記した第 1 の破裂装置 20 と同様の構成としており、破裂板 41 は、例えば、薄い金属製の部材からなり、第 2 の排気管路 30 に気密に介設された支持体 42 の内部に気密溶接されて固定されている。そして、破裂板 41 は、その板面が湾曲状部分を含んで形成されており、この例では、湾曲状部分が真空容器 6 側に凸状（大気側へ凹状）となるように設けられている。また、破裂板 41 の対峙

10

20

30

40

50

する位置には、破裂板 4 1 を破裂させるための図示しない破裂用歯が設けられており、真空容器 6 の内部の圧力が設定された圧力以上になると、変形した破裂板 4 1 がこの破裂用歯に押圧されて破裂するように構成されている。破裂板 4 1 の破裂強度の設定は、破裂板 4 1 の材質、大きさ、肉厚等を適宜選択することで行うことができる。

【 0 0 2 4 】

また、第 2 の破裂装置 4 0 は、真空容器 6 における第 1 の排気管路 1 0 の取出口 6 a よりも上方に位置している。

【 0 0 2 5 】

ここで、本実施形態の超伝導磁石装置 1 を用いて形成した磁気共鳴撮像装置（以下、MRI と略称する）と、核磁気共鳴装置（以下、NMR と略称する）の構成の一例について説明する。なお、図 1 で示した本実施形態の超伝導磁石装置 1 は、構成を説明するために模式的に示したものであるため、MRI や NMR に適用する場合には、コイル容器 4 や真空容器 6 などの形状、超伝導コイル 2 の位置などは適宜変更される。

10

【 0 0 2 6 】

MRI は、図 2 に示すように、超伝導磁石装置 1 と、被検体（不図示、以下同じ）を乗せるベッド B と、このベッド B に乗せられた被検体を超伝導磁石装置 1 によって磁場が形成される空間（磁場空間）K へ搬送する搬送手段 B 1 と、この搬送手段 B 1 によって磁場空間 K に搬送された被検体からの核磁気共鳴信号を解析する解析手段としてのコンピュータ等の機器 5 0 などで構成され、被検体の断層撮像を行うものである。

【 0 0 2 7 】

20

一方、NMR は、図 3 に示すように、超伝導磁石装置 1、超伝導磁石装置 1 が備えた対向する超伝導コイル 2 によって磁場が形成される空間 K に設置され、検体（不図示、以下同じ）を入れるサンプル管 S、サンプル管 S に入れた検体からの核磁気共鳴信号を捉えるプローブ P、プローブ P で捉えた核磁気共鳴信号を解析するスペクトロメータ S M、そして超伝導磁石装置 1 やスペクトロメータ S M の動作を制御するコンピュータ等の機器 5 0 などで構成される。機器 5 0 と超伝導磁石装置 1 およびスペクトロメータ S M、そしてスペクトロメータ S M とプローブ P は、各々、配線 W を介して電氣的に接続されている。また、図 3 に示すような NMR では、冷凍機 7（図 1 参照）による振動を防止するため、冷凍機 7 を設けない構成とする場合もある。

【 0 0 2 8 】

30

次に、本実施形態の超伝導磁石装置 1 における作用を説明する。超伝導磁石装置 1 の運転中にクエンチが発生すると、超伝導コイル 2 は、常伝導状態へ転移するため、超伝導コイル 2 内での電氣的抵抗が大きくなり、多量の熱を発生させる。つまり、クエンチによって、超伝導磁石装置 1 が持つ磁気エネルギーが熱エネルギーに変換され、熱エネルギーが、超伝導コイル 2 を覆う冷媒 3 に伝わって、冷媒 3 を蒸発させる。これにより、多量に発生した冷媒ガスで、コイル容器 4 の内部の圧力が急激に上昇する。このようにして、コイル容器 4 の内部の圧力が設定された圧力以上になると、第 1 の排気管路 1 0 に介設された第 1 の破裂装置 2 0 における破裂板 2 1 が破裂して、第 1 の排気管路 1 0 のコイル容器 4 側と大気側とが連通状態とされる。これによって、第 1 の排気管路 1 0 を通じてコイル容器 4 の内部の冷媒ガスが大気側へ排出されることとなる。

40

【 0 0 2 9 】

このような大気側への排出により、コイル容器 4 の内部の圧力が低下して、これが真空容器 6 の外部の大気圧と釣り合う状態となると、大気側から侵入した水分や空気等により第 1 の排気管路 1 0 が途中で凍結して閉塞する可能性がある。仮に、このような閉塞が生じた後、入熱等によってコイル容器 4 の内部に残留した冷媒 3 が急激に蒸発する現象が生じると、コイル容器 4 の内部で圧力が急激に上昇することとなるが、閉塞によりその圧力の行き場が失われているので、弱い部分、例えば、第 1 の排気管路 1 0 の蛇腹部 1 0 c、1 0 d 等がコイル容器 4 の内部の圧力の作用で破断し、熱シールド 5 の内側や真空容器 6 の内部に冷媒ガスが洩れる事態を生じる。

【 0 0 3 0 】

50

そうすると、真空容器 6 の内部の真空度が急激に劣化することとなるため、冷媒 3 の急激な蒸発を来し、真空容器 6 の内部の圧力が急激に上昇する。このようにして、真空容器 6 の内部の圧力が設定された圧力以上になると、第 2 の排気管路 3 0 に介設された第 2 の破裂装置 4 0 における破裂板 4 1 が破裂して、第 2 の排気管路 3 0 の真空容器 6 側と大気側とが連通状態とされる。これによって、真空容器 6 の内部の冷媒ガスが第 2 の排気管路 3 0 から第 1 の排気管路 1 0 を通じて大気側へ排出されることとなり、真空容器 6 の内部の圧力が低下されて真空容器 6 の破損等が好適に回避される。

【 0 0 3 1 】

以下では、本実施形態において得られる効果を説明する。

(1) 本実施形態の超伝導磁石装置 1 では、一端側 1 0 a がコイル容器 4 の内部に連通し、他端側 1 0 b が真空容器 6 の外部の支障のない場所に導かれて大気側に連通した第 1 の排気管路 1 0 に、設定された圧力以上になると開く第 1 の破裂装置 2 0 が設けられ、さらに、一端側 3 0 a が真空容器 6 の内部に連通する第 2 の排気管路 3 0 に、設定された圧力以上になると開く第 2 の破裂装置 4 0 が設けられ、第 2 の排気管路 3 0 の他端側 3 0 b が、第 1 の破裂装置 2 0 よりも大気側の第 1 の排気管路 1 0 に連通して設けられているので、クエンチが発生してコイル容器 4 の内部の圧力が上昇したときには、第 1 の破裂装置 2 0 の破裂板 2 1 が破裂し、第 1 の排気管路 1 0 を通じて大気側の支障のない場所に冷媒ガスが排出されるので、コイル容器 4 の破損等を防止することができる。また、第 1 の排気管路 1 0 を通じて侵入した水分や空気等によって第 1 の排気管路 1 0 が凍結して閉塞し、その後の入熱等により蒸発した冷媒ガスがコイル容器 4 や第 1 の排気管路 1 0 から真空容器 6 の内部に洩れたり、真空容器 6 の真空破壊等が生じたときには、真空容器 6 の内部の圧力の上昇により第 2 の排気管路 3 0 に設けられた第 2 の破裂装置 4 0 の破裂板 4 1 が破裂し、第 2 の排気管路 3 0 から第 1 の排気管路 1 0 を通じて大気側の支障のない場所に冷媒ガスが排出されるので、真空容器 6 に破損等が生じるのを好適に防止することができる。

(2) 破裂板 4 1 は、その板面が湾曲状部分を含んで形成されているので、板面全体が直線状に形成されたものに比べて表面積を大きくとることができ、仮に水分や空気等が侵入して、板面に凍結が生じた場合にも板面全体に凍結が及び難くなり、破裂板 4 1 の好適な作動を確保することができる。したがって、真空容器 6 の内部で急激に蒸発した冷媒ガスを確実に大気側へ排出することができる。

(3) 第 2 の破裂装置 4 0 は、真空容器 6 における第 1 の排気管路 1 0 の取出口 6 a よりも上方に位置するので、仮に第 1 の排気管路 1 0 から水分や空気等が侵入した場合にも、これが第 2 の破裂装置 4 0 側に流れにくくなり、破裂板 4 1 の好適な作動を確保することができる。したがって、真空容器 6 の内部で急激に蒸発した冷媒ガスを確実に大気側へ排出することができる。

(4) 第 2 の排気管路 3 0 が第 1 の破裂装置 2 0 よりも大気側の第 1 の排気管路 1 0 に連通しているので、通常運転時において、破裂板 4 1 が真空 - 冷媒ガスの境界部分とならず、冷媒ガスのリークによる真空度の低下で熱侵入量が增大するような事態に至ることがない。したがって、超伝導磁石装置 1 の信頼性の向上を図ることができる。

【 0 0 3 2 】

(第 2 実施形態)

図 4 に第 2 実施形態の超伝導磁石装置 1 を示す。本実施形態が前記第 1 実施形態と異なるところは、第 2 の排気管路 3 0 の破裂板 4 1 が、その板面を鉛直方向にして設置されている点にあり、その他の点に変わりはない。

【 0 0 3 3 】

このように構成することにより、クエンチ等により第 1 の破裂装置 2 0 の破裂板 2 1 が破裂し、その後、大気側から第 1 の排気管路 1 0 , 第 2 の排気管路 3 0 を通じて水分や空気等が侵入した場合に、仮にこれが破裂板 4 1 上で凍結するような事態を生じても、破裂板 4 1 の板面が鉛直方向に設置されているので、破裂板 4 1 の上下に亘るような凍結が生じ難くなり、破裂板 4 1 の全面に凍結が及んで閉塞状態となることを確実に回避すること

10

20

30

40

50

ができる。

したがって、真空容器 6 の内部で急激に圧力が上昇した際に、破裂板 4 1 を確実に破裂させて冷媒ガスを大気側へ排出することができるようになり、真空容器 6 に破損等が生じるのをより好適に防止することができる。

【 0 0 3 4 】

(第 3 実施形態)

図 5 に第 3 実施形態の超伝導磁石装置 1 を示す。本実施形態が前記第 1 , 第 2 実施形態と異なるところは、第 2 の排気管路 3 0 が上方に凸状の管路 3 0 ' を備えている点にある。

【 0 0 3 5 】

本実施形態では、第 2 の排気管路 3 0 における第 2 の破裂装置 4 0 よりも大気側の部位を、上方に湾曲するアーチ状 (凸状) に形成することで管路 3 0 ' を構成している。

第 2 の排気管路 3 0 にこのような管路 3 0 ' を設けることによって、管路 3 0 ' 内に冷媒ガスを滞留させることができるようになり、この管路 3 0 ' に滞留した冷媒ガスを、大気側から侵入する可能性のある水分や空気等の遮断要素として利用することができる。

【 0 0 3 6 】

したがって、真空容器 6 の内部で急激に圧力が上昇した際に、破裂板 4 1 を確実に破裂させて冷媒ガスを大気側へ排出することができるようになり、真空容器 6 に破損等が生じるのをより好適に防止することができる。

【 0 0 3 7 】

(第 4 実施形態)

図 6 に第 4 実施形態の超伝導磁石装置 1 を示す。本実施形態が前記第 1 ~ 第 3 実施形態と異なるところは、第 2 の排気管路 3 0 に加熱手段としてのヒータ 3 2 が設置されている点にある。

【 0 0 3 8 】

この例では、ヒータ 3 2 が第 2 の排気管路 3 0 における第 2 の破裂装置 4 0 の大気側に設置されている。ヒータ 3 2 としては、例えば、図示しない制御装置等の制御によって作動する電熱式等のものを用いることができる。

【 0 0 3 9 】

このようなヒータ 3 2 を設けることによって、通電により、第 2 の破裂装置 4 0 よりも大気側の第 2 の排気管路 3 0 を加熱することができる。したがって、第 1 の排気管路 1 0 から第 2 の排気管路 3 0 を通じて大気側から水分や空気等が浸入しても、これが第 2 の破裂装置 4 0 の大気側で凍結するのをヒータ 3 2 の加熱によって確実に防止したり、凍結を溶解したりすることができる。これにより、真空容器 6 の内部で急激に圧力が上昇した際に、破裂板 4 1 を確実に破裂させて冷媒ガスを大気側へ排出することができるようになり、真空容器 6 に破損等が生じるのをより確実に防止することができる。

【 0 0 4 0 】

なお、ヒータ 3 2 で第 2 の排気管路 3 0 および第 2 の破裂装置 4 0 の両方を加熱するように構成してもよいし、第 2 の破裂装置 4 0 のみを加熱するように構成してもよい。また、ヒータ 3 2 の通電制御は、例えば、コイル容器 4、真空容器 6、第 1 , 第 2 の排気管路 1 0 , 3 0 等に設置した図示しない圧力計等による測定値に基づいて行われるように構成することができる。この場合には、例えば、その測定値が設定された圧力値以上となったときにヒータ 3 2 が通電されるように制御する構成とすることができる。これにより、ヒータ 3 2 の通電制御される圧力値の設定を適宜選択することによって、破裂板 4 1 が破裂する前の段階からヒータ 3 2 に通電して、第 2 の排気管路 3 0 等が凍結による閉塞不能に加熱されるように、構成することもできる。

【 0 0 4 1 】

さらに、ヒータ 3 2 は、第 1 の破裂装置 2 0 の大気側の第 1 の排気管路 1 0 に設けてもよく、また、第 1 の破裂装置 2 0 に設けてもよい。

【 0 0 4 2 】

10

20

30

40

50

なお、真空容器 6 の外壁に直接、第 2 の破裂装置 4 0 の支持体 4 2 を気密溶接により固定するように構成してもよい。このように構成することによって、真空容器 6 の内部へのリーク量が著しく低減されるようになり、真空度低下の要因を排除して、超伝導磁石装置 1 の信頼性の向上を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 3 】

【図 1】本発明の第 1 実施形態の超伝導磁石装置を示す説明図である。

【図 2】本発明の超伝導磁石装置を備えた磁気共鳴撮像装置を示す説明図である。

【図 3】本発明の超伝導磁石装置を備えた核磁気共鳴装置を示す説明図である。

【図 4】本発明の第 2 実施形態の超伝導磁石装置を示す説明図である。

10

【図 5】本発明の第 3 実施形態の超伝導磁石装置を示す説明図である。

【図 6】本発明の第 4 実施形態の超伝導磁石装置を示す説明図である。

【符号の説明】

【 0 0 4 4 】

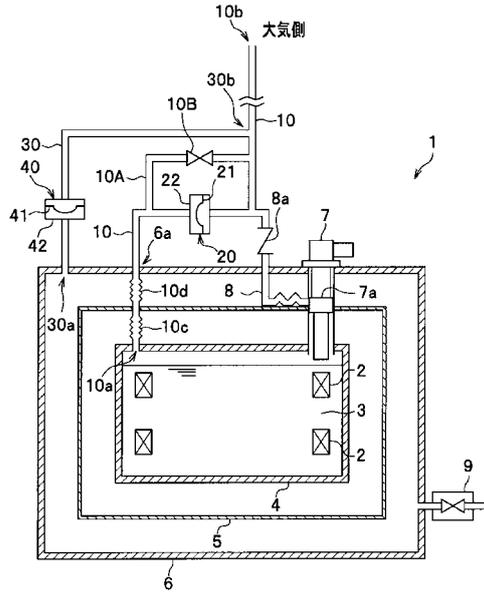
- 1 超伝導磁石装置
- 2 超伝導コイル
- 3 冷媒
- 4 コイル容器
- 5 熱シールド
- 6 真空容器
- 6 a 取出口
- 7 冷凍機
- 1 0 第 1 の排気管路
- 1 0 A 分岐管路
- 1 0 B 開閉弁
- 1 0 a 一端側
- 1 0 b 他端側
- 2 0 第 1 の破裂装置
- 2 1 破裂板
- 3 0 第 2 の排気管路
- 3 0 ' 管路
- 3 0 a 一端側
- 3 0 b 他端側
- 3 2 ヒータ
- 4 0 第 2 の破裂装置
- 4 1 破裂板
- 5 0 機器（解析手段）
- B ベッド
- B 1 搬送手段
- K 磁場空間
- P プローブ
- S サンプル管
- S M スペクトロメータ

20

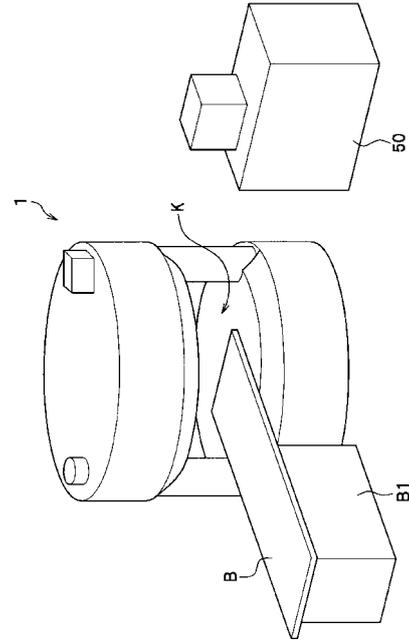
30

40

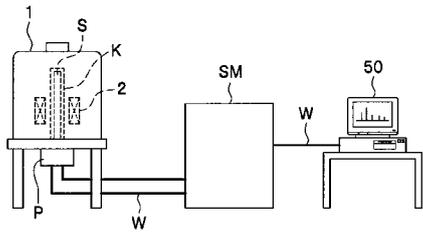
【図1】



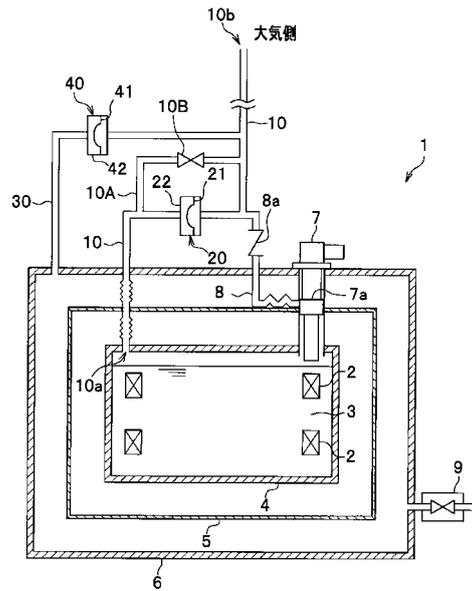
【図2】



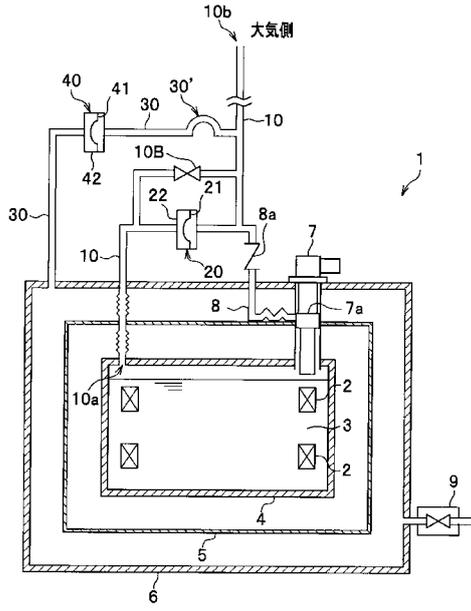
【図3】



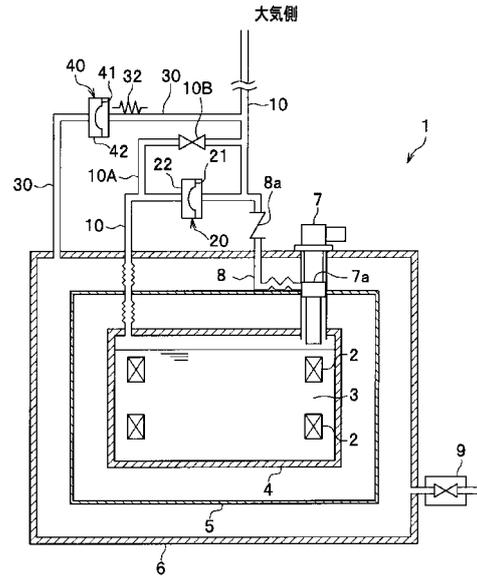
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平08-125241(JP,A)
特開平06-163253(JP,A)
特開2005-310811(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 5/055

A61B 5/05

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamII)