(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3779749号
(P3779749)
(45)発行日　平成18年5月31日(2006.5.31)　(24)登録日　平成18年3月10日(2006.3.10)

(51)Int.Cl.　F I
H01L 39/04 (2006.01)　H01L 39/04 ZAA
F16L 59/06 (2006.01)　F16L 59/06

請求項の数 6　(全 9 頁)

(21)出願番号　特願平7-154368
(22)出願日　平成7年6月21日(1995.6.21)
(65)公開番号　特開平9-8366
(43)公開日　平成9年1月10日(1997.1.10)
審査請求日　平成14年5月22日(2002.5.22)

(73)特許権者　000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区丸の内一丁目６番６号
(74)代理人　100093872
弁理士　高崎　芳紘
(72)発明者　新井　良太
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工場内
(72)発明者　木下　茂美
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工場内

審査官　正山　旭

最終頁に続く

(54)【発明の名称】断熱装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
相互の端縁間に隙間が生ずるように並べて配置された複数の輻射シールド板と、前記各輻射シールド板を冷却する冷却配管と、前記各輻射シールド板の片側板面に沿って配置された断熱材と備えた断熱装置において、
前記輻射シールド板を介して冷却される金属箔を、前記輻射シールド板相互の隙間を断熱材側から塞ぐように配置したことを特徴とする断熱装置。
【請求項２】
金属箔を、断熱材片面の全域を覆うように配置した請求項１記載の断熱装置。
【請求項３】
金属箔を断熱材に対して連結した請求項１記載の断熱装置。
【請求項４】
金属箔を各輻射シールド板に対して連結した請求項３記載の断熱装置。
【請求項５】
金属箔における隙間対応領域にたるみをもたせた請求項３記載の断熱装置。
【請求項６】
金属箔と輻射シールド板との間に絶縁物を介在させた請求項３記載の断熱装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【産業上の利用分野】

本発明は低温側と高温側との間に介在して断熱する断熱装置に関するものである。
【０００２】
【従来の技術】
図８は断熱装置２０を含む極低温設備である。この極低温設備は、液体ヘリウム等の寒剤２を溜めて極低温に保持される内容器１、内容器１周囲を真空に保つ外容器３、内容器１・外容器３間の真空領域に介在する断熱装置２０等を含む。外容器３はその内側を真空にして容器外の熱が内容器１へ大気伝導するのを妨げる。断熱装置２０の構成要素は、輻射シールド板４、輻射シールド板４に取り付けられた冷却配管５、輻射シールド板４に装着された断熱材６等である。
【０００３】
図８の輻射シールド板４は極低温の内容器１へ向かう輻射熱を制限する。図示の輻射シールド板４はいわば全閉形のものであって、低温側の内容器１の位置からは、輻射シールド板４に遮ぎられてそれ以遠の高温側（断熱材６および外容器３側）が全く見えなくなる。このため、内容器１に対する輻射熱の制限効果は顕著となる。
【０００４】
図８の断熱材６は外容器３からの輻射熱を軽減し、輻射シールド板４の冷却負担を軽減する。冷却配管５は輻射シールド板４を強制冷却し、輻射シールド板４を外容器３よりも低く、かつ内容器１になるべく近い温度、たとえば液体窒素温度に保持する。
図８の断熱装置２０は低温側（内容器１側）寄りの強制冷却される輻射シールド板４と、高温側（外容器３側）寄りの断熱材６を主要素とする二段形のものである。
【０００５】
【発明が解決しようとする課題】
図８の輻射シールド板４は全閉形のものである。これは断熱効果の面では優れているが、全体が一連の固い構造物となるために、製作・取付けが難しい。また輻射シールド板４の熱収縮を吸収し難い。輻射シールド板４をいくつかに分割し、その相互の端縁間に若干の隙間を形成すれば、以上の難点は解消する。しかし、隙間からの輻射熱が増加するので、断熱効果を損なう。
本発明の目的は、断熱効果が高く、しかも製作・取付けが容易で熱収縮も吸収可能な断熱装置を提供することである。
【０００６】
【課題を解決するための手段】
本発明に係る断熱装置は、相互の端縁間に隙間が生ずるように並べて配置された複数の輻射シールド板と、各輻射シールド板を冷却する冷却配管と、前記各輻射シールド板の片側板面に沿って配置された断熱材と備えた断熱装置において、輻射シールド板を介して冷却される金属箔を、前記輻射シールド板相互の隙間を断熱材側から塞ぐように配置したものである。
【０００８】
更に本発明は、輻射シールド板ないしは隙間と金属箔の相対的な位置関係を特定したものである。本発明においては、輻射シールド板相互の隙間を塞ぐ金属箔を、特に断熱材側に配置する。更に本発明は、金属箔の広がりを規定したものであって、それは断熱材片面の全域に及ぶ。
【０００９】
更に本発明は金属箔の連結態様を特定したものである。この金属箔は断熱材に対して連結される。輻射シールド板から断熱材を単に分離しても、断熱材と金属箔の連結がなお維持されるのであれば、本発明に適合する。
更に本発明の金属箔は各輻射シールド板に対して直に連結される。
更に本発明は、輻射シールド板相互の隙間を塞ぐ金属箔にたるみをもたせたものである。このたるみは隙間内に現れる。
更に本発明は、金属箔と輻射シールド板との間に絶縁物を介在させる。
【００１０】

【作用】
本発明によれば、複数の輻射シールド板を使用する。この意味では分割形構造である。個々の輻射シールド板の寸法は分割にともなって小さくなる。そのような輻射シールド板等を現場に持ち込んで組付ける。その際に、輻射シールド板相互の端縁間に隙間を形成する。この隙間は輻射シールド板の熱収縮を吸収可能な程度のものである。この隙間は相対的に高温となり、低温側へ向かう熱輻射源となる可能性をもつが、そうはならないように本発明においては、隙間を金属箔で塞ぐ。輻射シールド板は冷却配管によって冷却され、金属箔は輻射シールド板を介して冷却される。金属箔は隙間両側の輻射シールド板のところで輻射シールド板によって同等温度に冷却され、隙間中央でもなお低温状態を維持し、隙間を介する熱輻射を制限する。金属箔は両側の輻射シールド板に直に連結されることもあるが、金属箔が柔軟であるために、輻射シールド板の熱収縮を妨げない。

【００１１】
更に本発明においては、輻射シールド板相互の隙間を塞ぐ金属箔を、断熱材側に配置するので、先に各輻射シールド板を組み付け、その後に高温側から金属箔等を装着する作業手順に好適となる。

【００１２】
更に本発明の金属箔は輻射シールド板相互の隙間を塞を覆い、なおかつ断熱材片面の全域を覆う。この場合は、金属箔と輻射シールド板の重なり面積が広く、前者の後者による冷却が容易となる。また、両者の組立て上の位置ずれの問題がない。更に本発明の金属箔は断熱材に対して連結される。その後に断熱材ごと輻射シールド板に組付ける。その段階では、金属箔が破れないように断熱材にて保護される。

【００１３】
更に本発明の金属箔は各輻射シールド板に対して連結されるので、両者の熱的結合が容易となる。
更に本発明における金属箔のたるみは、各輻射シールド板の熱収縮を吸収する。金属箔には熱収縮にともなう張力が作用しない。
更に本発明は、金属箔と輻射シールド板との間に絶縁物を介在させる。金属箔程度の厚さでも、断熱装置の使用上で電気絶縁あるいは熱絶縁等の理由で分割する必要がある場合に好適となる。

【００１４】
【実施例】
本発明に係るいくつかの実施例について説明する。この説明に前記従来の図８の部品符号を適宜に転用し、重複する説明の一部を割愛する。また、若い図番に図示された実施例の部品符号を、それより古い図番に図示される実施例になるべくそのまま転用し、重複する説明の一部を適宜に割愛することとする。

【００１５】
図１の断熱装置は請求項１、４、５、７の各発明に対応する実施例である。本実施例は相互の端縁間に約５０ｍｍの隙間８が生ずるように並べて配置された複数の輻射シールド板４を備える。また、各輻射シールド板４を冷却する冷却配管５を備える。各輻射シールド板４の片側板面に沿って配置された断熱材６を備える。さらに、輻射シールド板４を介して冷却される金属箔７を備え、この金属箔７で前記隙間８を塞ぐ。

【００１６】
図１の金属箔７は厚さ１００μｍのアルミニウム製のものであって、適度の柔軟性を持つ。本実施例の金属箔７は断熱材６側に配置され、断熱材６側から隙間８を塞ぐ。金属箔７の広がりは隙間８のみならず、断熱材６片面の全域に及ぶ。金属箔７は断熱材６に対して連結される。２１は金属箔７と断熱材６をまとめて縛る糸である。１０は相互に連結された金属箔７・断熱材６と各輻射シールド板４を連結する糸である。作業手順上は糸２１で先に縛る。これによって、金属箔７と断熱材６は連結され、共に運搬することが可能となり、金属箔７単体である場合よりも扱いが容易となる。その後に、糸１０で縛る。かくして、輻射シールド板４・金属箔７・断熱材６は相互に連結される。金属箔７の板面（隙間

８対応領域を除く）は輻射シールド板４の板面と直に面接合し、輻射シールド板４を介して冷却される。

【００１７】

輻射シールド板４は端縁相互の間に約５０ｍｍの隙間８を残すように、いくつかに区分された分割形構造を呈する。分割された個々の輻射シールド板４の寸法は小さい。このため、各輻射シールド板４の製作と現場での組付けの作業が容易となる。

【００１８】

図１の断熱材６は高温側３（前記図８の外容器３に相当する）に面し、高温側３からの輻射熱を遮断する。冷却配管５で強制冷却される輻射シールド板４は低温側１（前記図８の内容器１に相当する）に面する。そこから低温側１に向かう輻射熱は僅少である。金属箔７は輻射シールド板４を介して冷却され、隙間８を塞ぎ、隙間８を介する低温側１への輻射熱を軽減するように作用する。金属箔７の厚さは１００μｍあり、その板面に沿った方向への熱伝導は良好である。金属箔７における輻射シールド板４と重なる領域の温度は輻射シールド板４のそれとほぼ同程度となる。金属箔７の隙間８対応領域は高温側３からの輻射熱を受けるが、受けた熱は金属箔７を板面方向に伝導し、輻射シールド板４に吸収される。このため、輻射シールド板４から離れた隙間８対応領域でもなお低温状態を保持する。隙間８対応領域からは隙間８を介して低温側１へ輻射熱を発するが、その量は僅少である。

【００１９】

金属箔７の隙間８対応領域を平板とみなし、その温度分布について考える。金属箔７の隙間８対応領域の両端は輻射シールド板４によってそれと同温度に冷却されるので、隙間８対応領域における温度分布は、一次元定常熱伝導式から、下記（数１）となる。

【数１】

$$T(X) = \{q/(2kt)\} \times \{(L/2)^2 - (X)^2\} + T_0$$

ただし　Ｔ（Ｘ）：金属箔７（ただし隙間８対応領域）の温度

T_0　：輻射シールド板４の温度（金属箔７の最低温度）

ｑ　：高温側３からの金属箔７への単位面積あたりの輻射熱

Ｌ　：隙間８の長さ

ｋ　：金属箔７の熱伝導率

ｔ　：金属箔７の厚さ

Ｘ　：隙間８の中央を０とする（－Ｌ／２）～（＋Ｌ／２）の範囲

【００２０】

金属箔７の温度Ｔ（Ｘ）は隙間８の中央（Ｘ＝０）で最大温度Ｔmaxとなる。 この時（数１）は、（数２）となる。

【数２】

$$T_{max} = (qL^2)/(8kt) + T_0$$

いま、金属箔７をアルミニウムとし、その熱伝導率ｋを２００Ｗ／ｍ・Ｋとする。

また、高温側３から金属箔７ないしは輻射シールド板４への定常輻射熱ｑを１０Ｗ／m^2、隙間８の長さＬを５０ｍｍ、輻射シールド板４の温度T_0を８０Ｋ、金属箔７の厚さｔを１００μｍとすると、金属箔７の最大温度Ｔmaxは（数２）より、Ｔmax＝８０．１３Ｋとなる。それは輻射シールド板４の温度８０Ｋ にほぼ匹敵する。

【００２１】

金属箔７の隙間８対応領域から低温側（液体ヘリウム温度の極低温物）１への輻射熱について考える。単位面積当たりのこの輻射熱ｑの計算式は、下記（数３）となる。

【数３】

$$q = \sigma(T_7^4 - T_1^4)$$

ただし　σ　：ステファンボルツマン定数

T_7　：金属箔７（隙間８対応領域）の温度

T_1　：低温側１の温度

上記（数３）における金属箔７（隙間８対応領域）の温度T_7の最大値は上記 （数２）の

Ｔmaxとなるが、それは前記のごとく輻射シールド板４温度とほぼ対 応する。このため、金属箔７の隙間８対応領域から低温側１への輻射熱は十分に軽減される。

【００２２】

本実施例の金属箔７の厚さｔは１００μｍである。この場合の隙間８中央における金属箔７の最大温度Ｔmaxは前記（数２）より、前記のごとくＴmax＝８０．１３Ｋとなる。同じ条件で厚さｔのみを０．０５μｍに変更すると、Ｔmax＝３３０Ｋ となり、約４倍に増加する。これを単位面積当たりの輻射熱ｑの面から把握し直すと、前記（数３）の右辺近似項に示すように金属箔７の温度Ｔ の４乗に比例 するので、約２８７倍の増加となる。実際には、金属箔７（ただし隙間８対応領域）の温度Ｔ（Ｘ）が位置ｘに依存する分布関数であることを考慮する必要がある。この点を考慮に入れて計算し直すと、隙間８を介してなされる熱輻射は約４５倍となる。したがって、金属箔７が厚さが０．０５μｍでは、薄過ぎる。なお、これは単一金属箔７としての限界を越える薄さである。

【００２３】

図１についての変形実施例について説明する。これは請求項１～３の各発明に対応する実施例に該当する。図１の金属箔７はごく普通の単一金属箔であって、破れ易い。その破れを防止するために、その周縁部に金属テープあるいはプラスチックテープを貼って補強することも有効であるが、さらに次のような対策が考えられる。たとえば、プラスチックフィルムに金属蒸着膜を形成した複層箔状体を図１の金属箔７とするものである。あるいは、単一金属箔の片面または両面における全部の面ないしは一部の面にプラスチック蒸着膜を形成した複層箔状体を図１の金属箔７とする。いずれも、複層箔状体となるが、蒸着方式であるため、形成は容易である。前者の金属蒸着膜方式ではその厚さが金属箔７の実質的な厚さとなり、それを十分に薄くすることも可能ではあるが、前記のごとく５μｍでは薄過ぎる。実用上は２０～１００μｍとすることが適当である。輻射シールド板４相互間の隙間８は熱収縮が吸収可能な程度の約５０ｍｍとなるので、１００μｍを越えた厚さに蒸着しても、熱輻射軽減上のさらなる効果は希薄となる。

【００２４】

図２に示す別の実施例について説明する。これは請求項１、４、７に対応する各発明の実施例である。この断熱装置は複数の輻射シールド板４と、各輻射シールド板４を固定する支持ボルト１２と、輻射シールド板４に糸１０等で装着された断熱材６を備える。さらに各輻射シールド板４相互間の隙間８を塞ぎ、輻射シールド板４と重なる位置まで延在する金属箔７を備える。金属箔７は糸２１で断熱材６における所要の位置に縛られる。本実施例の金属箔７は断熱材６を部分的に覆い、支持ボルト１２にところでは欠如するが、金属箔７の両端部は輻射シールド板４を介して冷却される。その他の事項は図１のそれとほぼ同様である。

【００２５】

図３に示す他の実施例について説明する。これは請求項１、４、８の各発明に対応する実施例である。本実施例の金属箔７は各輻射シールド板４に対して直に連結する。１１は粘着テープであって、これで金属箔７の縁を輻射シールド板４に対して貼り付ける。金属箔７は輻射シールド板４と直に結合され、良好に冷却される。金属箔７は隙間８を塞ぐように、また輻射シールド板４と適宜に重なるように配置する必要があるが、本実施例によれば、そうした適切な位置からずれないように金属箔７を配置することができる。輻射シールド板４を固定する支持ボルト１２は低温側１から延びており、輻射シールド板４における低温側１からは金属箔７を貼り難いため、本実施例においては、金属箔７を断熱材６側から貼り付ける。

【００２６】

図４は請求項１、４、８、１０の各発明に対応する実施例である。本実施例においては金属箔７と輻射シールド板４との間に絶縁物１３を介在さる。金属箔７程度の厚さでも、断熱装置の使用上の、電気絶縁あるいは熱絶縁等の理由で分割する必要がある場合に、本実施例を採用する。

【００２７】

図５は請求項１、６、８に対応する各発明の実施例である。本実施例においては、隙間８を塞ぐ金属箔７を、輻射シールド板４おける非断熱材側（低温側）から粘着テープ１１を使って貼り付ける。本実施例は輻射シールド板４における非断熱材側（低温側）から金属箔７を貼り付け得ることを前提とする。

【００２８】

図６の実施例は請求項１、６、８、９の各発明に対応する。本実施例においては、隙間８内の金属箔７をたるませる。各輻射シールド板４の冷却により、各輻射シールド板４が熱収縮し、各輻射シールド板４相互間の隙間８が狭くなる。このような変化を金属箔７のたるみで無理なく吸収する。

【００２９】

図７の実施例について説明する。これは請求項１、４、５、７の各発明に対応する実施例である。断熱装置の組立上、一対の輻射シールド板４相互間の隙間８の所で、左側の断熱材６、金属箔７と右側の断熱材６、金属箔７を接続する必要が生ずる場合がある。この接続は隙間８の所で糸１０で縛ってなされるが、断熱材６は高温側に金属箔７は低温側に面するという要請を満たすように、断熱材６が内側となり、金属箔７が外側となるように抱き合わせた構造とする。

【００３０】

本発明にかかる断熱装置の好適な用途は、前記図８のような極低温設備に組込むことである。この応用実施例は、図８の断熱装置２０を上記各実施例のいずれか一つと代替した態様となる。

【００３１】

【発明の効果】

本発明は、輻射シールド板を介して冷却される金属箔を、輻射シールド板相互間の隙間を断熱材側から塞ぐように配置したものである。これによれば、断熱効果が高く、しかも製作・取付けが容易であって、輻射シールド板の熱収縮を吸収可能な断熱装置が得られる。このため、極低温に保持される内容器、内容器周囲を真空に保つ外容器を備え、その容器相互間に断熱装置を組付ける極低温設備の用途に特に好適である。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の一実施例を示す断熱装置の要部断面図である。

【図２】他の実施例を示す断熱装置の要部断面図である。

【図３】別の実施例を示す断熱装置の要部断面図である。

【図４】さらに他の実施例を示す断熱装置の要部断面図である。

【図５】さらに別の実施例を示す断熱装置の要部断面図である。

【図６】新たな実施例を示す断熱装置の要部断面図である。

【図７】最後の実施例を示す断熱装置の要部断面図である。

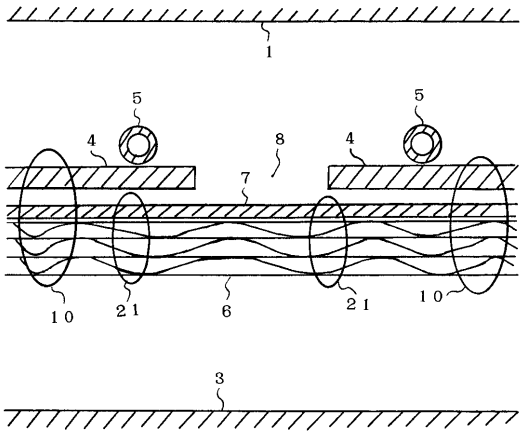
【図８】従来の断熱装置を含む極低温設備を示す断面図である。

【符号の説明】

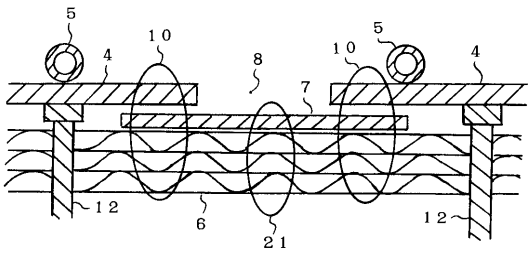
１　低温側
２　寒剤
３　高温側
４　輻射シールド板
５　冷却配管
６　断熱材
７　金属箔
８　隙間
１０　糸
１１　粘着テープ
１２　支持ボルト
１３　絶縁物
２０　断熱装置

２１　糸

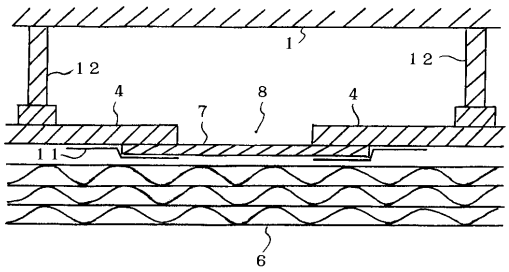
【図１】



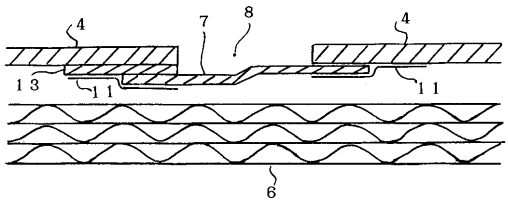
【図２】



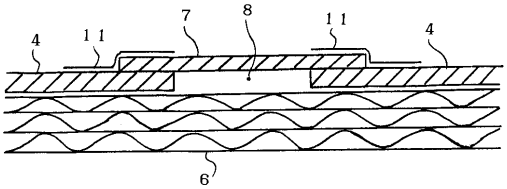
【図３】



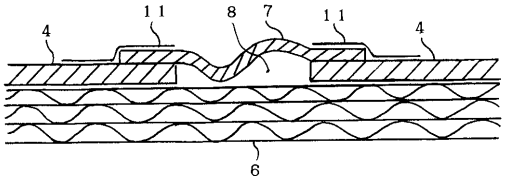
【図４】



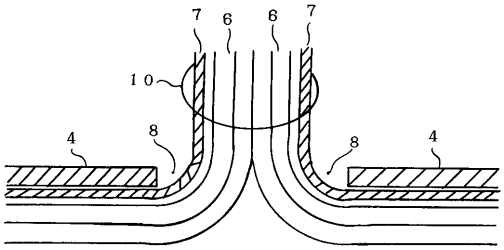
【図５】



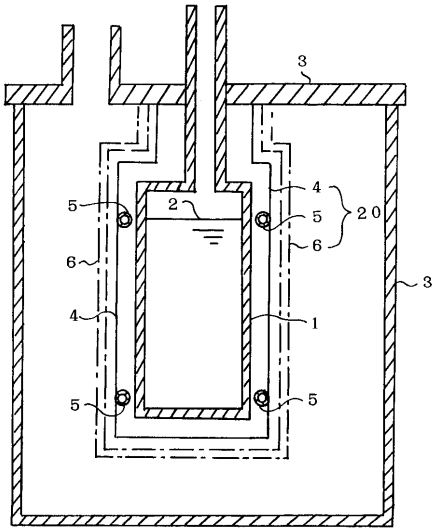
【図６】



【図７】



【図８】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平０７－０２２２３１（ＪＰ，Ａ）
特開昭５７－０３５３８６（ＪＰ，Ａ）
実開昭５７－０６９２５２（ＪＰ，Ｕ）
実開昭６１－０４９４６５（ＪＰ，Ｕ）
特開平０３－０２４２６２（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
H01L 39/04 ZAA
F16L 59/06