

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3859819号
(P3859819)

(45) 発行日 平成18年12月20日(2006.12.20)

(24) 登録日 平成18年9月29日(2006.9.29)

(51) Int. Cl. F I
G 2 1 B 1/11 (2006.01) G 2 1 B 1/00 C
G 2 1 B 1/17 (2006.01)

請求項の数 4 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願平9-162285	(73) 特許権者	000000099
(22) 出願日	平成9年6月19日(1997.6.19)		石川島播磨重工業株式会社
(65) 公開番号	特開平11-14777		東京都江東区豊洲三丁目1番1号
(43) 公開日	平成11年1月22日(1999.1.22)	(74) 代理人	100097515
審査請求日	平成16年4月2日(2004.4.2)		弁理士 堀田 実
		(74) 代理人	100093609
			弁理士 奈良 繁
		(73) 特許権者	505374783
			独立行政法人 日本原子力研究開発機構
			茨城県那珂郡東海村村松4番地49
		(74) 代理人	100097515
			弁理士 堀田 実
		(72) 発明者	大野 勇
			東京都千代田区丸の内1丁目6番2号 石川島播磨重工業株式会社 本社別館内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 核融合実験炉用熱シールド装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

核融合実験炉のクライオスタット内に設けられる熱シールド装置であって、クライオスタット内面に互いに所定の隙間を隔てて着脱自在に取付けられる複数の熱シールドユニットと、該熱シールドユニットの周辺に着脱自在に取付けられ隣接する熱シールドユニット間の前記隙間を覆うカバー板と、熱シールドユニットを所定の温度に冷却する冷却装置とからなり、該冷却装置は、熱シールドユニットに取付けられ冷媒が流れる冷却管と、該冷却管を隣接する熱シールドユニットの冷却管と連結する着脱自在な接続連結具とを有し、更に前記熱シールドユニット、カバー板及び冷却装置は、それぞれ熱収縮可能に構成され、

前記熱シールドユニットは、超伝導コイル側に位置し前記冷却管が直接取付けられる熱シールド板と、クライオスタット側に位置する多層反射板とからなり、該多層反射板は、間隔を隔てて位置する複数の反射板と、該反射板の間隔を保持する複数のサポート具とからなり、

前記サポート具は、クライオスタット側端部に位置する端面反射板の中央部と熱シールド板の中央部とをそれぞれ熱収縮可能に連結する単一の中央連結具と、そのまわりに所定の間隔を隔てて複数設置され端面反射板と熱シールド板の間に位置する複数の中間反射板の間隔を保持する保持連結具とからなり、

前記中央連結具は、端面反射板と熱シールド板を連結する連結棒と、反射板間の間隔を保持する保持リングとからなり、

前記連結棒には、複数の前記保持リングが通されており、前記保持リングと前記中間反射板とが交互に積層されていることで、前記複数の中間反射板間の間隔が保持されている、ことを特徴とする核融合実験炉用熱シールド装置。

【請求項 2】

前記保持連結具は、端面反射板と熱シールド板を連結する細い連結棒と、反射板間の間隔を保持する保持リングとからなり、

前記保持連結具の前記連結棒には、前記保持連結具の複数の前記保持リングが通されており、該保持リングと前記中間反射板とが交互に積層されていることで、前記複数の中間反射板間の間隔が保持されている、ことを特徴とする請求項 1 に記載の核融合実験炉用熱シールド装置。

10

【請求項 3】

核融合実験炉のクライオスタット内に設けられる熱シールド装置であって、クライオスタット内面に互いに所定の隙間を隔てて着脱自在に取付けられる複数の熱シールドユニットと、該熱シールドユニットの周辺に着脱自在に取付けられ隣接する熱シールドユニット間の前記隙間を覆うカバー板と、熱シールドユニットを所定の温度に冷却する冷却装置とからなり、該冷却装置は、熱シールドユニットに取付けられ冷媒が流れる冷却管と、該冷却管を隣接する熱シールドユニットの冷却管と連結する着脱自在な接続連結具とを有し、更に前記熱シールドユニット、カバー板及び冷却装置は、それぞれ熱収縮可能に構成され、

前記熱シールドユニットは、超伝導コイル側に位置し前記冷却管が直接取付けられる熱シールド板と、クライオスタット側に位置する多層反射板とからなり、該多層反射板は、間隔を隔てて位置する複数の反射板と、該反射板の間隔を保持する複数のサポート具とからなり、

20

前記サポート具は、クライオスタット側端部に位置する端面反射板の中央部と熱シールド板の中央部とをそれぞれ熱収縮可能に連結する単一の中央連結具と、そのまわりに所定の隙間を隔てて複数設置され端面反射板と熱シールド板の間に位置する複数の中間反射板の間隔を保持する保持連結具とからなり、

前記中央連結具は、端面反射板と熱シールド板を連結する連結棒と、反射板間の間隔を保持する保持リングとからなり、

前記連結棒には、複数の前記保持リングが通されており、前記保持リングと前記中間反射板とが交互に積層されていることで、前記複数の中間反射板間の間隔が保持されており

30

、前記反射板は、前記熱シールド板よりも小さい寸法に分割されており、熱シールド板の表面に沿った方向の反射板の境界部と、該反射板と隣接する層の反射板の、熱シールド板の表面に沿った方向の境界部とは、位置が食い違うようになっており、これにより、熱シールド板の表面に沿った方向で隣接する反射板の境界部の間の隙間が、隣接する互いの層で熱シールド板の表面に沿った方向にずれている、ことを特徴とする核融合実験炉用熱シールド装置。

【請求項 4】

前記反射板は、両面にアルミ蒸着したステンレス薄板である、ことを特徴とする請求項 1 又は 3 に記載の核融合実験炉用熱シールド装置。

40

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、核融合実験炉用の熱シールド装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

人類の恒久的エネルギー源を確保するために、核融合発電炉の実用化が目指されており、その実証のためにトカマク型の核融合実験炉の開発が、日本、米国、欧州連合（EU）及びロシアの国際協力により計画されている。図 6 は、熱核融合実験炉の炉心の概念図、図

50

7とその部分断面図である。この実験炉は、臨界プラズマ条件の確立、自己着火条件の実現等を目指している。なお、トカマクとは、プラズマ閉じ込め用磁場形式の1つであり、図8に示すように、コイル(電磁石)を円形に並べて、その内部にドーナツ形をした磁場を作り、プラズマに電流を流すことにより閉じ込めとプラズマの加熱を同時に行う特徴があり、現在最も進んだプラズマ閉じ込め方式と考えられている。

【0003】

上述した核融合実験炉は、断熱真空容器(クライオスタットと呼ぶ)内に格納されて運転する。また、図6, 7に示すように、プラズマ閉じ込め用に超伝導コイルが用いられるため、クライオスタットから超伝導コイルへの輻射伝熱を大幅に低減する必要がある。そのため、図9に示すような熱シールドが従来から用いられている。

10

【0004】

図9において、(A)は熱シールドがない場合、(B)は熱シールドがある場合を模式的に示している。一例では、クライオスタット1、超伝導コイル2及び熱シールド3の温度をそれぞれ、300K(約27℃)、4.2K(液体ヘリウムの沸点)、80Kとすると、熱シールドがない場合(A)の超伝導コイル2への輻射伝熱量は、概算で約50W/m²であり、熱シールドがある場合(B)には、概算で約0.25W/m²である。すなわち、熱シールドを用いることにより、超伝導コイル2への輻射による入熱を約200分の1に低減することができる。

【0005】

図10は、真空中での熱シールドとして一般的に用いられている真空多層断熱の構造図である。この図に示すように、真空多層断熱構造4は、放射シールド材5と、層間接触を妨げるスペーサ6とで構成される。放射シールド材5には、アルミ蒸着したポリエステルフィルムやアルミ箔が用いられ、スペーサ6には、熱伝導の悪いナイロンネット、ガラス繊維布、紙などが用いられる。

20

【0006】

すなわち、従来のクライオスタットの熱シールドとしては80K程度に強制冷却された金属板と、その高温面に両面をアルミ蒸着したポリエステルフィルムを、ナイロンやポリエステルのネット或いはガラス繊維の紙などのスペースと交互に多層積層して、多層断熱材を設置するタイプが一般的であった。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

上述した核融合実験炉においては、1 中性子や 線等の強い放射線環境下に熱シールドが設置されるため、熱シールドを構成するポリエステル等の有機材料が短期間に劣化する問題点がある。また、2 熱シールドの性能が放射シールド材の施工の良否(すなわち熟練度)に大きく左右され、安定した性能が得にくい問題点がある。更に従来の熱シールドでは、3 シールド板に蒸着フィルムとスペーサを一体で巻きつけていくという施工法が多く用いられるため、核融合実験炉の運転開始後には、例えば部分的な交換等が必要になっても、内部が高放射線環境となっているため遠隔からのメンテナンスが全くできない問題点がある。

30

【0008】

言い換えれば、核融合実験炉のクライオスタット内に設置する熱シールドは、従来の熱シールドに比べてはるかに大型(直径約30m)であるため、1 高放射線環境に耐える耐放射線性能、2 安定した性能が長期にわたり得られる信頼性、3 運転開始後のメンテナンスが可能な遠隔保守性、等が要望されていた。

40

更に、かかる熱シールドは、運転時には極低温(例えば80K)に保持されるが、組立時や停止時には、常温(約300K)となり、運転時の熱収縮により部材間に隙間等が生じて断熱性能が低下しやすく、逆に熱収縮を防止すると過大な内部応力が発生しやすい問題点がある。

【0009】

本発明は上述した問題点を解決するために創案されたものである。すなわち、本発明の目

50

的は、高放射線環境に耐える高い耐放射線性能を有し、熱収縮により過大な内部応力を発生させることなく、安定した高い断熱性能を長期間にわたって保持でき、かつ運転開始後に部分的な交換等のメンテナンスができる核融合実験炉用熱シールド装置を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】

本発明によれば、核融合実験炉のクライオスタット内に設けられる熱シールド装置であって、クライオスタット内面に互いに所定の隙間を隔てて着脱自在に取付けられる複数の熱シールドユニットと、該熱シールドユニットの周辺に着脱自在に取付けられ隣接する熱シールドユニット間の前記隙間を覆うカバー板と、熱シールドユニットを所定の温度に冷却する冷却装置とからなり、該冷却装置は、熱シールドユニットに取付けられ冷媒が流れる冷却管と、該冷却管を隣接する熱シールドユニットの冷却管と連結する着脱自在な接続連結具とを有し、更に前記熱シールドユニット、カバー板及び冷却装置は、それぞれ熱収縮可能に構成され、前記熱シールドユニットは、超伝導コイル側に位置し前記冷却管が直接取付けられる熱シールド板と、クライオスタット側に位置する多層反射板とからなり、該多層反射板は、間隔を隔てて位置する複数の反射板と、該反射板の間隔を保持する複数のサポート具とからなり、前記サポート具は、クライオスタット側端部に位置する端面反射板の中央部と熱シールド板の中央部とをそれぞれ熱収縮可能に連結する単一の中央連結具と、そのまわりに所定の間隔を隔てて複数設置され端面反射板と熱シールド板の間に位置する複数の中間反射板の間隔を保持する保持連結具とからなり、前記中央連結具は、端面反射板と熱シールド板を連結する連結棒と、反射板間の間隔を保持する保持リングとからなり、前記連結棒には、複数の前記保持リングが通されており、前記保持リングと前記中間反射板とが交互に積層されていることで、前記複数の中間反射板間の間隔が保持されている、ことを特徴とする核融合実験炉用熱シールド装置が提供される。前記保持連結具は、端面反射板と熱シールド板を連結する細い連結棒と、反射板間の間隔を保持する保持リングとからなり、前記保持連結具の前記連結棒には、前記保持連結具の複数の前記保持リングが通されており、該保持リングと前記中間反射板とが交互に積層されていることで、前記複数の中間反射板間の間隔が保持されている。また、前記反射板は、両面にアルミ蒸着したステンレス薄板である。

【0011】

また、本発明によれば、核融合実験炉のクライオスタット内に設けられる熱シールド装置であって、クライオスタット内面に互いに所定の隙間を隔てて着脱自在に取付けられる複数の熱シールドユニットと、該熱シールドユニットの周辺に着脱自在に取付けられ隣接する熱シールドユニット間の前記隙間を覆うカバー板と、熱シールドユニットを所定の温度に冷却する冷却装置とからなり、該冷却装置は、熱シールドユニットに取付けられ冷媒が流れる冷却管と、該冷却管を隣接する熱シールドユニットの冷却管と連結する着脱自在な接続連結具とを有し、更に前記熱シールドユニット、カバー板及び冷却装置は、それぞれ熱収縮可能に構成され、前記熱シールドユニットは、超伝導コイル側に位置し前記冷却管が直接取付けられる熱シールド板と、クライオスタット側に位置する多層反射板とからなり、該多層反射板は、間隔を隔てて位置する複数の反射板と、該反射板の間隔を保持する複数のサポート具とからなり、前記サポート具は、クライオスタット側端部に位置する端面反射板の中央部と熱シールド板の中央部とをそれぞれ熱収縮可能に連結する単一の中央連結具と、そのまわりに所定の間隔を隔てて複数設置され端面反射板と熱シールド板の間に位置する複数の中間反射板の間隔を保持する保持連結具とからなり、前記中央連結具は、端面反射板と熱シールド板を連結する連結棒と、反射板間の間隔を保持する保持リングとからなり、前記連結棒には、複数の前記保持リングが通されており、前記保持リングと前記中間反射板とが交互に積層されていることで、前記複数の中間反射板間の間隔が保持されており、前記反射板は、前記熱シールド板よりも小さい寸法に分割されており、熱シールド板の表面に沿った方向の反射板の境界部と、該反射板と隣接する層の反射板の、熱シールド板の表面に沿った方向の境界部とは、位置が食い違うようになっており、これに

10

20

30

40

50

より、熱シールド板の表面に沿った方向で隣接する反射板の境界部の間の隙間が、隣接する互いの層で熱シールド板の表面に沿った方向にずれている、ことを特徴とする核融合実験炉用熱シールド装置が提供される。

【0012】

上記本発明の構成によれば、熱シールド装置が、熱シールドユニット、カバー板及び冷却装置からなり、熱シールドユニットはクライオスタット内面に、カバー板は熱シールド板の周辺に、それぞれ着脱自在に取付けられており、冷却装置の接続連結具も着脱自在であるので、まず冷却管の接続連結具を分離させ、カバー板を外すことにより、個々の熱シールドユニットを取り外すことができる。従って、これらの着脱を遠隔操作できるようにしておくことで、運転開始後に部分的な交換等のメンテナンスを遠隔操作により行うことができる。言い換えれば、熱シールド装置を、例えば1 m × 4 mの熱シールドユニットを最小単位とし、このユニット毎に多層断熱材を施工しかつクライオスタットからのサポートもこのユニット毎にすることにより、遠隔による脱着が容易となる。

10

【0013】

また、熱シールド装置を構成する熱シールドユニット、カバー板及び冷却装置がそれぞれ熱収縮可能に構成されているので、熱収縮により過大な内部応力を発生させるおそれがない。

【0014】

更に、多層反射板を適当なピッチで設けるサポート（例えばチタン合金製）により支持及び層間スペースの確保を行うことにより、スペースを不要にし、これにより、高い耐放射線性能を保持したまま、施工性（熟練度）に左右されない安定した断熱性能を長期間にわたって保持できる。また、反射板に金属（ステンレス薄板）を採用することで、放射線劣化の問題を解消でき、高放射線環境に耐える高い耐放射線性能を得ることができる。また、ステンレス薄板の輻射率を下げるためにその両面にアルミニウムをコーティングしたので、高い断熱性能を発揮することができる。

20

【0015】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の好ましい実施形態を図面を参照して説明する。なお、各図において、共通する部分には同一の符号を付して使用する。

図1は、本発明による熱シールド装置の構成図である。この図において、(A)は、クライオスタット1の内面からみた熱シールド装置、(B)はその側面図を示している。図1において、本発明の核融合実験炉用熱シールド装置10は、クライオスタット1の内面に互いに所定の隙間を隔てて着脱自在に取付けられる複数の熱シールドユニット20と、熱シールドユニット20の周辺に着脱自在に取付けられ隣接する熱シールドユニット間の隙間を覆うカバー板12と、熱シールドユニット12を所定の温度に冷却する冷却装置14とからなる。

30

【0016】

熱シールドユニット20は、例えば幅約1 m × 高さ約4 mを最少単位として構成され、複数の熱シールドユニット20を隣接してクライオスタット1の内面に取り付けることにより、クライオスタット1の内面全体を覆うようになっている。なお、熱シールドユニット20の形状は矩形に限定されず、例えば台形、多角形でも良く、クライオスタット1の内面を覆うために、自由に変形させることができる。

40

【0017】

熱シールドユニット20の取付けは通常常温下で行われ、その際には、運転温度（約80 K）に比べて、幅方向（周方向）で約3.5 mm、高さ方向（軸方向）で約1.4 mm熱膨張している。従って、組み立て時（約300 K）に、図1(A)に示すように互いに所定の隙間を隔てて取付けると、運転時（約80 K）には更にその隙間が大きくなる。カバー板12は、この隙間を覆い、この隙間を通しての熱輻射を低減するために取付けられるもので、後述するように、隣接する熱シールドユニット20の一方にのみ取付けられ、熱シールドユニット20の自由な熱収縮を阻害することなく、その隙間の内側に位置して熱輻

50

射を低減するようになっている。

【0018】

図1において、冷却装置14は、熱シールドユニット20に取付けられ、冷媒が流れる冷却管15と、冷却管15を隣接する熱シールドユニットの冷却管と連結する着脱自在な接続連結具16とからなる。冷却管15は、熱シールドユニット20の内面を構成する熱シールド板22に直接取付けられている。この冷却管15を流れる冷媒には、例えば、超伝導コイル(図示せず)を冷却して蒸発したヘリウムガス、或いは液体窒素等を用いることができる。接続連結具16は例えばベローズを備えたクイックジョイントであり、遠隔からの着脱が可能であり、かつ熱シールドユニット20の熱収縮(又は熱膨張)に追従して熱収縮できるようになっている。

10

【0019】

上述した構成により、まず冷却管15の接続連結具16を分離させ、カバー板12を外すことにより、個々の熱シールドユニット20を取り外すことができる。従って、これらの着脱を遠隔操作できるようにしておくことで、運転開始後に部分的な交換等のメンテナンスを遠隔操作により行うことができる。

【0020】

図2は、図1のA-A線における断面図とその部分拡大図であり、図3は、図1のB-B線における断面図とその部分拡大図である。また、図2及び図3において、(B)は(A)のB部拡大図、(C)は(B)のC-C線による側面断面図である。

図2(A)及び図3(A)に示すように、熱シールドユニット20は、超伝導コイル側(この図の下側)に位置し、冷却管15が直接取付けられる熱シールド板22と、クライオスタット側1に位置する多層反射板24とからなる。また、熱シールド板22は、上下4つのサポート25、26により、クライオスタット側1に取付けられている。

20

【0021】

図2(B)(C)に示す2つの上部サポート25は、熱シールドユニット20の全重量(例えば約400kg)を支持するように上下方向の剛性が大きく、かつ熱収縮に伴う幅方向の動き(約15mm)に追従できるように幅方向の剛性が小さくなっている。そのため、本実施例では、上下方向に延びた平板状の連結部25aを介して熱シールド板22とクライオスタット側1を連結している。

【0022】

また、図3(B)(C)に示す2つの下部サポート26は、熱シールドユニット20の重量は支持せず、熱シールドユニット20とクライオスタット1との間隔を保持する役割をになっており、クライオスタット1との連結部がピン接合されている。

30

更に、上部サポート25及び下部サポート26は、いずれも高強度で熱伝導率の低いチタン合金で構成されている。

【0023】

上述した構成により、各サポート25、26からの伝熱を低く抑えると同時に、熱シールドユニットの自由な熱収縮(熱膨張)を可能にし、過大な内部応力の発生を防止することができる。

【0024】

また、図2(A)及び図3(A)に示すように、カバー板12が、熱シールドユニット20の周辺に着脱自在に取付けられ隣接する熱シールドユニット間の隙間を覆うようになっており、上述したように、熱シールドユニット20の自由な熱収縮を阻害することなく、その隙間の内側に位置して熱輻射を低減するようになっている。

40

【0025】

図4は、図1の熱シールド装置の背面図であり、図5は、図4のC-C線における部分断面図(A)とそのB部の部分拡大図である。

図4に示すように、全体として例えば幅約1m×高さ約4mを最少単位とする熱シールドユニット20を構成する多層反射板24は、例えば約1m×1mのほぼ正方形のセグメントからなる。図5(A)に示すように、多層反射板24は、間隔を隔てて位置する複数の

50

反射板 24 a , 24 b と、反射板の間隔を保持する複数のサポート具 27 とからなる。また、サポート具 27 は、単一の中央連結具 28 と複数の保持連結具 29 とからなる。

【0026】

単一の中央連結具 28 は、クライオスタット側端部に位置する端面反射板 24 a の中央部と熱シールド板 22 の中央部とをそれぞれ熱収縮可能に連結しかつ反射板の重量を支持している。この中央連結具 28 は、端面反射板 24 a と熱シールド板 22 を連結する連結棒 28 a と、反射板間の間隔を保持する保持リング 28 b とからなる。連結棒 28 a は熱伝導率の低いチタン製の中空管であり、保持リング 28 b は、耐放射線性能の高いポリイミド製であるのがよい。

【0027】

また、複数の保持連結具 29 は、単一の中央連結具 28 のまわりに所定の間隔（例えば 200 mm ピッチ）を隔てて複数設置され、端面反射板 24 a と熱シールド板 22 の間に位置する複数の中間反射板 24 b の間隔を一定に保持し、相互の接触を防止している。この保持連結具 29 は、端面反射板 24 a と熱シールド板 22 を連結する細い連結棒 29 a と、反射板間の間隔を保持する保持リング 29 b とからなる。連結棒 29 a は熱伝導率の低いチタン製の細い棒であり、保持リング 29 b は、保持リング 28 b と同様に耐放射線性能の高いポリイミド製であるのがよい。

【0028】

また、反射板 24 a , 24 b は、両面にアルミ蒸着したステンレス薄板である、ことが好ましい。アルミニウムや銅は、輻射率が低い点では適しているが、高い電気伝導率を有するため、超伝導コイルがクエンチを起こした場合に内部に渦電流が誘起され過大な電磁力が発生することから本核融合実験炉の熱シールド装置には不適である。また、通常のステール鋼では、超伝導コイルにより磁化され悪影響のおそれがある。更に、ステンレス自体は、高放射線環境（例えば 1×10^7 Gy）に耐える高い耐放射線性能を有するが、そのままでは輻射率が大きいので、金、アルミ又は窒化クロムを蒸着又はメッキすることにより、輻射率を大幅に改善することができる。

【0029】

更に、図 5 (B) は (A) の部分拡大図であり、例えば約 $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ に分割されたセグメント間の境界部分を示している。この図のように、反射板 24 a , 24 b の境界部は、一枚毎に位置が食い違いうように決められており、それぞれのセグメントの自由な熱収縮を可能にし、かつ境界部分を通る熱輻射を最少限度にできるようになっている。

【0030】

上述した構成によれば、反射板に金属（ステンレス薄板）を採用することで、放射線劣化の問題を解消でき、例えば 1×10^7 Gy の高い放射線環境に耐える高い耐放射線性能を得ることができる。また、ステンレス薄板の輻射率を下げるためにその両面にアルミニウムをコーティングしたので、輻射率が例えば 0.05 ~ 0.1 程度まで下がり、高い断熱性能を発揮することができる。更に、多層反射板を適当なピッチで設けるサポート（例えばチタン合金製）により支持及び層間スペースの確保を行うことにより、スペースを不要にし、これにより、高い耐放射線性能を保持したまま、施工性（熟練度）に左右されない安定した断熱性能を長期間にわたって保持できる。

【0031】

従って、熱シールド板 22 の温度を約 80 K 程度の極低温に少ない冷媒で保持することができ、例えば $3 \text{ W} / \text{m}^2$ 以下の高い断熱性能を確保することができる。

【0032】

なお、本発明は上述した実施形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々変更できることは勿論である。

【0033】

【発明の効果】

上述したように、本発明の核融合実験炉用熱シールド装置は、高放射線環境に耐える高い耐放射線性能を有し、熱収縮により過大な内部応力を発生させることなく、安定した高い

10

20

30

40

50

断熱性能を長期間にわたって保持でき、かつ運転開始後に部分的な交換等のメンテナンスができる、等の優れた効果を有する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明による熱シールド装置の構成図である。

【図 2】図 1 の A - A 線における断面図とその部分拡大図である。

【図 3】図 1 の B - B 線における断面図とその部分拡大図である。

【図 4】図 1 の熱シールド装置の背面図である。

【図 5】図 4 の C - C 線における部分断面図とその部分拡大図である。

【図 6】熱核融合実験炉の概念図である。

【図 7】図 6 の部分断面図である。

【図 8】トカマク型核融合装置の模式図である。

【図 9】従来の熱シールドの概念図である。

【図 10】従来の真空多層断熱の構造図である。

【符号の説明】

1 クライオスタット（断熱真空容器）

2 超伝導コイル

3 熱シールド

4 真空多層断熱構造

5 放射シールド材

6 スペース

10 熱シールド装置

12 カバー板

14 冷却装置

15 冷却管

16 接続連結具

20 熱シールドユニット

22 熱シールド板

24 多層反射板

24 a 端面反射板

24 b 中間反射板

25、26 サポート

27 サポート具

28 中央連結具

28 a 連結棒

28 b 保持リング

29 保持連結具

29 a 連結棒

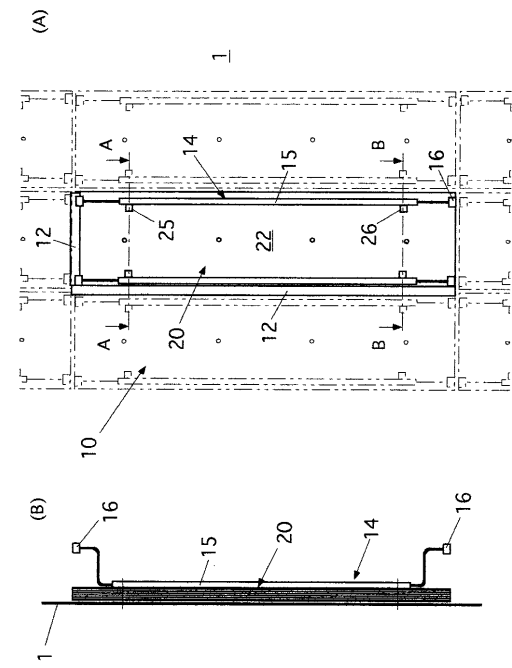
29 b 保持リング

10

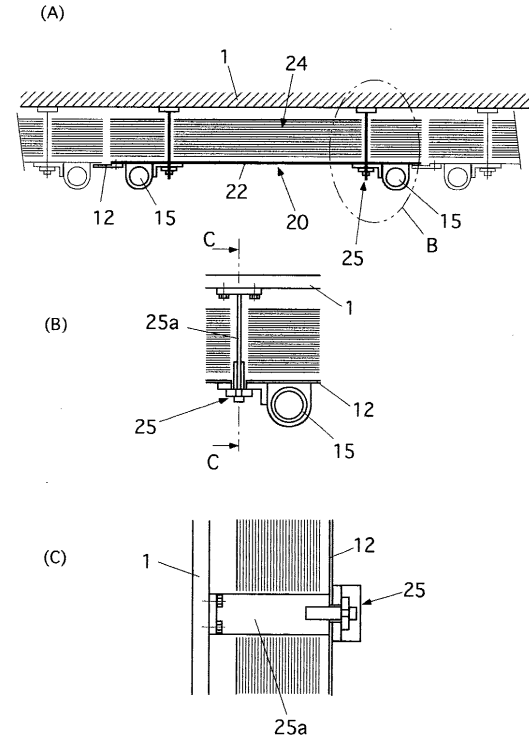
20

30

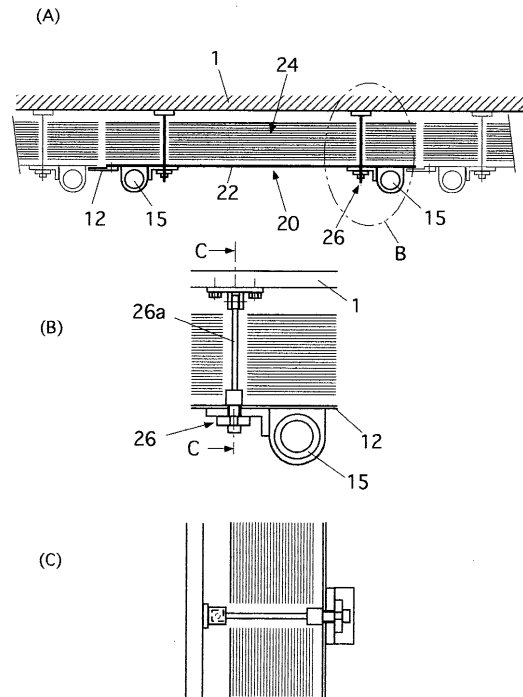
【 図 1 】



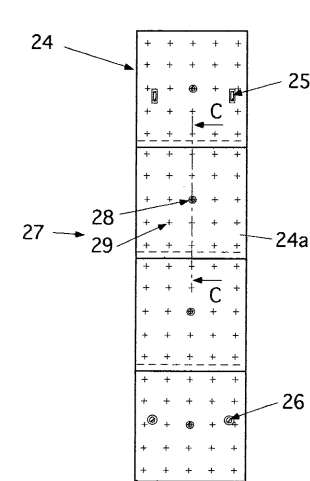
【 図 2 】



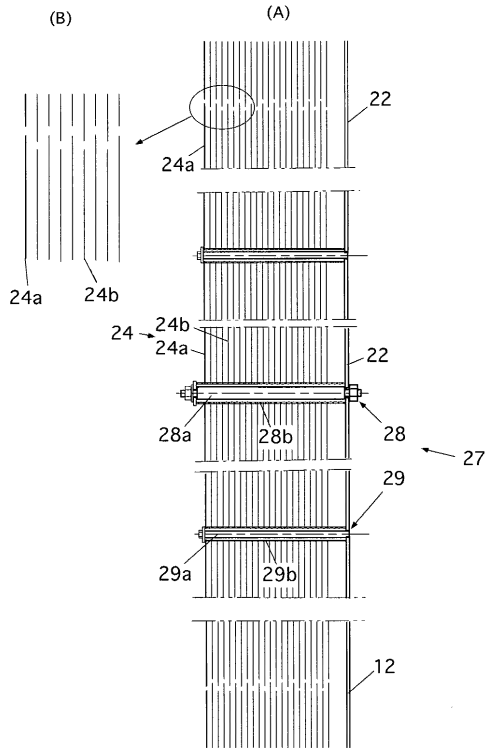
【 図 3 】



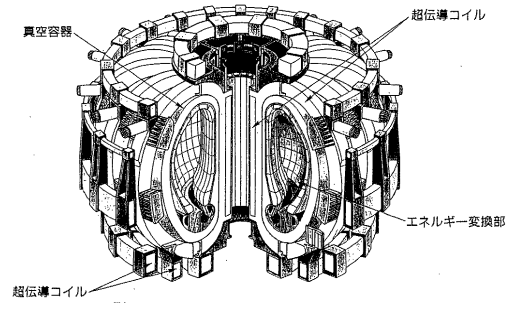
【 図 4 】



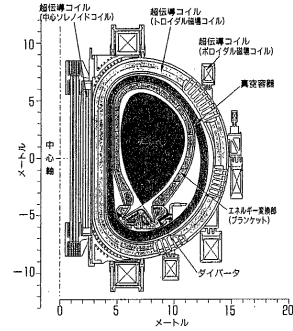
【 図 5 】



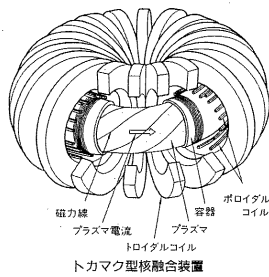
【 図 6 】



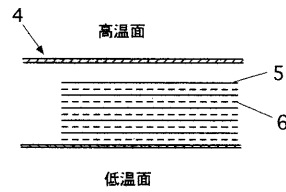
【 図 7 】



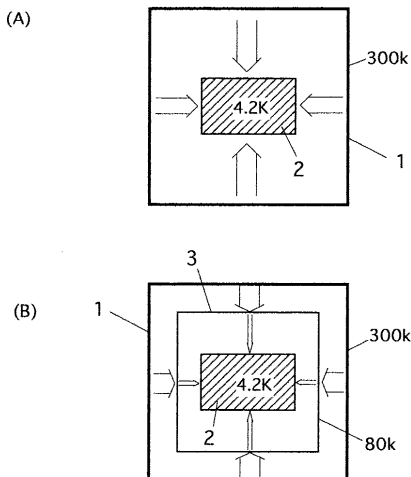
【 図 8 】



【 図 10 】



【 図 9 】



フロントページの続き

- (72)発明者 中平 昌隆
茨城県那珂郡那珂町大字向山801番地の1 日本原子力研究所那珂研究所内
- (72)発明者 濱田 一弥
茨城県那珂郡那珂町大字向山801番地の1 日本原子力研究所那珂研究所内
- (72)発明者 伊藤 彰
茨城県那珂郡那珂町大字向山801番地の1 日本原子力研究所那珂研究所内
- (72)発明者 多田 栄介
茨城県那珂郡那珂町大字向山801番地の1 日本原子力研究所那珂研究所内

審査官 林 靖

- (56)参考文献 特開昭58-190078(JP,A)
実開昭57-134809(JP,U)
特開平09-008366(JP,A)
特開昭56-140608(JP,A)
特開平04-116907(JP,A)
特開昭64-069004(JP,A)
実開平02-004097(JP,U)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G21B 1/00