

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年9月20日(20.09.2018)



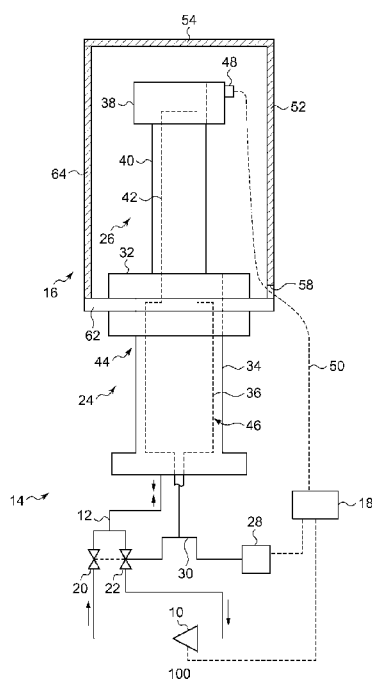
(10) 国際公開番号

WO 2018/168535 A1

- (51) 国際特許分類:
F25B 9/00 (2006.01) *F25B 9/14* (2006.01) 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 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/008135 (74) 代理人: 森下 賢樹 (MORISHITA Sakaki);
〒1500021 東京都渋谷区恵比寿西2-11-12 Tokyo (JP).
- (22) 国際出願日: 2018年3月2日(02.03.2018)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2017-049497 2017年3月15日(15.03.2017) JP
- (71) 出願人: 住友重機械工業株式会社 (SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1416025 東京都品川区大崎2丁目1番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 包乾 (BAO Qian); 〒1888585 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 Tokyo (JP). 許名堯 (XU Mingyao); 〒1888585 東京都西東京市
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS,

(54) Title: CRYOGENIC REFRIGERATOR

(54) 発明の名称: 極低温冷凍機



(57) Abstract: A cryogenic refrigerator (100) is provided with a first-level cylinder (34) and a second-level cylinder (40), a first-level stage (32) provided at the end of the first-level cylinder (34) on the second-level cylinder (40) side, a second-level stage (38) provided at the end of the second-level cylinder (40) on the opposite side from the first-level cylinder (34), a radiation shield (16) for accommodating the second-level stage (38) and shielding the second-level stage (38) from external radiant heat, and a temperature sensor (48) attached to the second-level stage (38) and detecting the temperature of the second-level stage (38). A cable insertion hole (58) for pulling out the output cable of the temperature sensor (48) from the interior of the radiation shield (16) to the outside is formed in the radiation shield (16). The cable insertion hole (58) is configured such that radiant heat entering the radiation shield (16) from the outside does not directly reach the second-level stage (38).

MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：極低温冷凍機（100）は、一段シリンダ（34）および二段シリンダ（40）と、一段シリンダ（34）の二段シリンダ（40）側の端部に設けられる一段ステージ（32）と、二段シリンダ（40）の一段シリンダ（34）とは反対側の端部に設けられる二段ステージ（38）と、二段ステージ（38）を収容し、二段ステージ（38）への外部からの輻射熱をシールドするための輻射シールド（16）と、二段ステージ（38）に取り付けられ、二段ステージ（38）の温度を検出する温度センサ（48）と、を備える。輻射シールド（16）には、輻射シールド（16）の中から外に温度センサ（48）の出力ケーブルを引き出すためのケーブル挿通孔（58）が形成されており、ケーブル挿通孔（58）は、輻射シールド（16）の外から中に入り込む輻射熱が二段ステージ（38）に直射しないように構成されている。

明 細 書

発明の名称： 極低温冷凍機

技術分野

[0001] 本発明は、高圧の冷媒ガスを膨張させて寒冷を発生する極低温冷凍機に関する。

背景技術

[0002] 極低温を発生する冷凍機の一例としてギフォードマクマホン（Gifford-McMahon ; GM）冷凍機が知られている。GM冷凍機は、シリンダ内でディスプレイサを往復移動することにより、膨張空間の体積を変化させる。この体積変化に対応して膨張空間と圧縮機の吐出側と吸気側とを選択的に接続することで、冷媒ガスが膨張空間で膨張する。

[0003] 例えば特許文献1には、複数段の冷却部を備える多段式の極低温冷凍機が提案されている。多段式の極低温冷凍機は、一般に、二段目以降の冷凍能力が小さく、周囲からの輻射熱の影響を受けやすいため、輻射熱を遮蔽するための輻射シールドを備える。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2016-057025号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 本発明者らは、鋭意研究を重ねた結果、多段式の極低温冷凍機の冷却性能の向上を目指す上で、輻射熱のシールドに関して改善の余地があると認識するに至った。

[0006] 本発明は、こうした状況に鑑みてなされたものであり、その目的は、多段式の極低温冷凍機の冷却性能を向上することにある。

課題を解決するための手段

[0007] 上記課題を解決するために、本発明のある態様の極低温冷凍機は、直列に

連結された第1シリンダおよび第2シリンダと、第1シリンダの第2シリンダ側の端部に設けられる第1冷却ステージと、第2シリンダの第1シリンダとは反対側の端部に設けられる第2冷却ステージと、を備える。第1シリンダおよび第2シリンダの内部に作動ガスを供給して膨張させて外部に排気することにより第1冷却ステージを第1の冷却温度に冷却するとともに第2冷却ステージを第1の冷却温度よりも低温である第2の冷却温度に冷却する極低温冷凍機であって、第2冷却ステージを収容し、第2ステージへの外部からの輻射熱をシールドするための輻射シールドと、第2冷却ステージに取り付けられ、第2冷却ステージの温度を検出する温度センサと、を備える。輻射シールドには、当該輻射シールドの中から外に温度センサの出力ケーブルを引き出すための挿通孔が形成されており、挿通孔は、輻射シールドの外から中に入り込む輻射熱が第2冷却ステージに直射しないように構成されている。

[0008] 本発明の別の態様もまた、極低温冷凍機である。この極低温冷凍機は、直列に連結された第1シリンダおよび第2シリンダと、第1シリンダの第2シリンダ側の端部に設けられる第1冷却ステージと、第2シリンダの第1シリンダとは反対側の端部に設けられる第2冷却ステージと、を備える。第1シリンダおよび第2シリンダの内部に作動ガスを供給して膨張させて外部に排気することにより第1冷却ステージを第1の冷却温度に冷却するとともに第2冷却ステージを第1の冷却温度よりも低温である第2の冷却温度に冷却する極低温冷凍機であって、第2冷却ステージを収容し、第2ステージへの外部からの輻射熱をシールドするための輻射シールドと、第2冷却ステージに取り付けられ、第2冷却ステージの温度を検出する温度センサと、を備える。輻射シールドには、当該輻射シールドの中から外に温度センサの出力ケーブルを引き出すための挿通孔が形成されており、当該極低温冷凍機はさらに、挿通孔を通じて第2冷却ステージに直射しようとする輻射熱を遮蔽する遮蔽部材を備える。

[0009] なお、以上の構成要素の任意の組み合わせや、本発明の構成要素や表現を

方法、装置、システムなどの間で相互に置換したものもまた、本発明の態様として有効である。

発明の効果

[0010] 本発明によれば、多段式の極低温冷凍機の冷却性能を向上できる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]実施の形態に係る極低温冷凍機を示す模式図である。

[図2]図2（a）、（b）は、ケーブル挿通孔とその周辺を示す模式図である。

[図3]変形例にかかる極低温冷凍機のケーブル挿通孔とその周辺を示す模式図である。

[図4]別の変形例に係る極低温冷凍機のケーブル挿通孔とその周辺を示す模式図である。

[図5]さらに別の変形例に係る極低温冷凍機のケーブル挿通孔とその周辺を示す模式図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、各図面に示される同一または同等の構成要素、部材、工程には、同一の符号を付するものとし、適宜重複した説明は省略する。また、各図面における部材の寸法は、理解を容易にするために適宜拡大、縮小して示される。また、各図面において実施の形態を説明する上で重要ではない部材の一部は省略して表示する。

[0013] 図1は、実施の形態に係る極低温冷凍機100を示す模式図である。図1では、第1輻射シールド62は断面で示されている。極低温冷凍機100は、ギフォード・マクマホン冷凍機（GM冷凍機）である。極低温冷凍機100は、二段式の極低温冷凍機であり、後述のように冷却部を直列に二段組み合わせることでより低い温度を達成する。極低温冷凍機100は、圧縮機10と、配管12と、膨張機14と、輻射シールド16と、制御装置18と、を備える。

[0014] 圧縮機10は、膨張機14から戻ってくる低圧の冷媒ガスを圧縮し、圧縮

された高圧の冷媒ガスを膨張機 14 に供給する。配管 12 は、圧縮機 10 と膨張機 14 とを接続する。配管 12 には高圧バルブ 20 および低圧バルブ 22 が並列に設けられている。高圧の作動ガスは、圧縮機 10 から高圧バルブ 20 および配管 12 を介して圧縮機 10 に供給される。低圧の作動ガスは、配管 12 および低圧バルブ 22 を介して圧縮機 10 に排気される。冷媒ガスとしては、例えばヘリウムガスを用いることができる。なお、冷媒ガスとして窒素ガスやその他のガスを用いてもよい。

[0015] 膨張機 14 は、圧縮機 10 から供給された高圧の冷媒ガスを膨張させて寒冷を発生させる。膨張機 14 は、一段冷却部 24 と、二段冷却部 26 と、駆動モータ 28 と、連結機構 30 と、温度センサ 48 と、を備える。一段冷却部 24 は、一段ステージ 32 と、一段シリンダ 34 と、一段ディスプレイサ 36 と、を備える。二段冷却部 26 は、二段ステージ 38 と、二段シリンダ 40 と、二段ディスプレイサ 42 と、を備える。一段冷却部 24 と二段冷却部 26 とは、直列に接続されている。

[0016] 以降、一段シリンダ 34 および二段シリンダ 40 が延在する方向を軸方向とし、軸方向において一段シリンダ 34 に対して二段シリンダ 40 が設けられる側を上側として説明する。なお、軸方向は、一段ディスプレイサ 36 および二段ディスプレイサ 42 が移動する方向とも一致する。また、軸方向に直交する方向を径方向とし、径方向において一段ディスプレイサ 36 および二段ディスプレイサ 42 から遠い側を外側近い側を内側として説明する。なお、これらの表記は、極低温冷凍機 100 が使用される姿勢を制限するものではなく、極低温冷凍機 100 は任意の姿勢で使用され得る。

[0017] 一段シリンダ 34 と二段シリンダ 40 は、同軸に直列に接続され、1つのシリンダ部材 44 を形成する。同様に、一段ディスプレイサ 36 と二段ディスプレイサ 42 は、同軸に直列に接続され、1つのディスプレイサ部材 46 を形成する。シリンダ部材 44 は、ディスプレイサ部材 46 を収容する中空の気密容器であり、軸方向にディスプレイサ部材 46 の往復移動を案内する。

[0018] 一段ステージ３２は、環状の部材であり、一段シリンダ３４の上端を環囲するように一段シリンダ３４に固定される。二段ステージ３８は、二段シリンダ４０の上端を環囲するように二段シリンダ４０の上端に固定される。二段ステージ３８は、一段ステージ３２よりも低温に冷却される。二段ステージ３８は、例えば２Ｋ～１０Ｋ程度に冷却され、一段ステージ３２は、例えば３０Ｋ～８０Ｋ程度に冷却される。一段ステージ３２と二段ステージ３８は、アルミニウムや銅などの熱伝導率の高い材料により形成される。

[0019] 温度センサ４８は、二段ステージ３８の温度を測定するための温度センサであり、二段ステージ３８に取り付けられている。温度センサ４８は所定の周期で二段ステージ３８の温度を検出し、検出値は出力ケーブル５０を介して出力される。図１の例では、温度センサ４８は出力ケーブル５０により制御装置１８と接続され、検出値は制御装置１８に出力される。

[0020] 駆動モータ２８は、連結機構３０を介してディスプレイサ部材４６に連結されている。連結機構３０は、例えばスコッチヨーク機構を含む。駆動モータ２８および連結機構３０により、ディスプレイサ部材４６は軸方向に一体に往復運動する。また、連結機構３０は、この往復運動に連動して高圧バルブ２０の開弁と低圧バルブ２２の開弁とを選択的に切り替えるように高圧バルブ２０および低圧バルブ２２に連結されている。つまり、ディスプレイサ部材４６の往復運動に連動して作動ガスの給気と排気とが切り替えられるように構成されている。

[0021] 制御装置１８は、圧縮機１０および駆動モータ２８を制御する。制御装置１８は例えば、圧縮機１０の高圧と低圧との圧力差を目標圧に制御する。

[0022] 輻射シールド１６は、二段シリンダ４０および二段ステージ３８を収容し、周囲からの輻射熱が二段ステージ３８に侵入するのを抑制する。輻射シールド１６は、例えばアルミニウムや銅などの熱伝導率の高い材料により形成される。また輻射熱を反射するために、輻射シールド１６の外表面に光沢メッキ加工を施してもよい。輻射シールド１６は、第１輻射シールド６２と、第２輻射シールド６４と、を含む。

[0023] 第1輻射シールド62は、円板状の部材であり、一段ステージ32を環囲する。第1輻射シールド62は、一段ステージ32と一体に形成されても、一段ステージ32とは別体として形成された上で一段ステージ32に結合されてもよい。例えば、第1輻射シールド62は、一段ステージ32と一体に形成される一段ステージ32を冷却対象物に接続するためのフランジであってもよい。第2輻射シールド64は、円筒部52と底部54とが一体に形成された有底カップ形状を有する。第2輻射シールド64は、底部54を上にして、開口が第1輻射シールド62によって塞がれるように第1輻射シールド62に固定される。第1輻射シールド62および第2輻射シールド64は、一段ステージ32と熱的に接続されているため、一段ステージ32により冷却される。第2輻射シールド64には、温度センサ48の出力ケーブル50を第2輻射シールド64の外に引き出すためのケーブル挿通孔58が形成されている。

[0024] 図2(a)、(b)は、ケーブル挿通孔とその周辺を示す模式図である。図2(a)は本実施の形態に係る極低温冷凍機100のケーブル挿通孔58とその周辺を示し、図2(b)は比較例に係る極低温冷凍機100aのケーブル挿通孔58aとその周辺を示す。図2(b)では、一段ステージ32および第1輻射シールド62の一部を断面で示している。図2(a)、(b)では、出力ケーブル50の表示は省略している。

[0025] 図2(b)に示す比較例に係る極低温冷凍機100aでは、ケーブル挿通孔58aは第1輻射シールド62に形成されている。ここで、本発明者らは、鋭意研究を重ねた結果、ケーブル挿通孔から輻射シールドの中に入り込む輻射熱が、特にケーブル挿通孔から輻射シールドの中に入り込み、二段シリンダ、輻射シールドの内壁、およびケーブル挿通孔の周面に反射することなく二段ステージに直射する輻射熱が、極低温冷凍機の冷却性能（到達温度）に比較的大きな影響を与えていることを認識した。比較例に係る極低温冷凍機100aでは、図2(b)中に矢印で示すように、ケーブル挿通孔58aを通じて第2輻射シールド64の外から中に入り込む輻射熱が二段ステージ

38に直射しうる。つまり、比較例に係る極低温冷凍機100aでは、ケーブル挿通孔58aは、ケーブル挿通孔58aを通じて第2輻射シールド64の外から中に入り込む輻射熱が二段ステージ38に直射可能な位置、大きさ、形状に形成されている。そのため、比較例に係る極低温冷凍機100aでは、冷却性能の低下を招きうる。

[0026] 図2(a)に示す本実施の形態に係る極低温冷凍機100では、ケーブル挿通孔58は、第2輻射シールド64の円筒部52に形成されている。ケーブル挿通孔58は、径方向に延在して第2輻射シールド64を貫通している。ケーブル挿通孔58は特に、ケーブル挿通孔58を通じて第2輻射シールド64の外から中に入り込む輻射熱が二段ステージ38に直射不可能な位置、大きさ、形状に形成される。別の言い方をすると、二段ステージ38が、ケーブル挿通孔58から入り込む輻射熱の直射を避けた位置に設けられている。

[0027] 具体的には、ケーブル挿通孔58は、二段ステージ38よりも下方すなわち二段ステージ38よりも二段シリンダ40側に設けられる場合、二段ステージ38のすべての位置において次式を満たすように形成される。

$$(式1) \quad A/B < C/D$$

ここで、Aは円筒部52の外周面と二段ステージ38の内周面（すなわち二段シリンダ40の外周面）との径方向における距離、Bはケーブル挿通孔58の下端から二段ステージ38の下端までの軸方向における距離、Cは第2輻射シールド64の径方向における厚み、Dはケーブル挿通孔58の軸方向の幅である。

[0028] この場合、ケーブル挿通孔58から輻射シールド16内に入り込もうとする輻射熱は、二段シリンダ40またはケーブル挿通孔58の周面に直射する。すなわち、輻射熱が、二段シリンダ40やケーブル挿通孔58の周面に反射することなく二段ステージ38に入射するすなわち二段ステージ38に直射することはない。

[0029] 以上のように構成された極低温冷凍機100の動作を説明する。

連結機構 30 は高圧バルブを開く。圧縮機 10 から配管 12 を通じて膨張機 14 に高圧の作動ガスが供給される。膨張機 14 の内部空間が高圧の作動ガスで満たされると、連結機構 30 は高圧バルブ 20 を閉じるとともに低圧バルブ 22 を開く。作動ガスは断熱膨張し、配管 12 を通じて圧縮機 10 へと排出される。こうした作動ガスの給排に同期して、ディスプレイサ部材 46 がシリンダ部材 44 の内部を往復動する。このような熱サイクルを繰り返すことで一段ステージ 32 および二段ステージ 38 が冷却される。

[0030] この際、ケーブル挿通孔 58 を通じて第 2 輻射シールド 64 内に入り込む輻射熱は、二段シリンダ 40 やケーブル挿通孔 58 の周面には直射しうるものの、二段ステージ 38 には直射できない。これにより、極低温冷凍機 100 の冷却性能は、輻射熱が二段ステージ 38 に直射する場合に比べて高くなる。

[0031] 以上説明した本実施の形態に係る極低温冷凍機 100 によると、ケーブル挿通孔 58 を通じて第 2 輻射シールド 64 の外から中に入り込む輻射熱が二段ステージ 38 に直射するのが抑止される。これにより、極低温冷凍機 100 の冷却性能が向上する。

[0032] 以上、実施の形態に係る極低温冷凍機について説明した。この実施の形態は例示であり、それらの各構成要素や各処理プロセスの組合せにいろいろな変形例が可能なこと、またそうした変形例も本発明の範囲にあることは当業者に理解されるところである。以下変形例を示す。

[0033] (変形例 1)

実施の形態では、ケーブル挿通孔 58 が第 2 輻射シールド 64 に形成される場合について説明したが、これに限られない。ケーブル挿通孔 58 は、第 1 輻射シールド 62 に形成されてもよい。

[0034] 図 3 は、変形例にかかる極低温冷凍機 100 のケーブル挿通孔とその周辺を示す模式図である。図 3 は、図 2 (a) に対応する。本変形例では、ケーブル挿通孔 58 は、第 1 輻射シールド 62 に形成されている。

[0035] ケーブル挿通孔 58 は、軸方向に延在して第 1 輻射シールド 62 を貫通し

ている。具体的には、ケーブル挿通孔 5 8 は、二段ステージ 3 8 のすべての位置において次式を満たすように形成される。

$$(式 2) \quad E / F < G / H$$

ここで、E はケーブル挿通孔 5 8 の径方向の幅、F は第 1 輻射シールド 6 2 の軸方向における厚み、G はケーブル挿通孔 5 8 の外縁と二段ステージ 3 8 の外縁との径方向における距離、H は第 1 輻射シールド 6 2 の下端から二段ステージ 3 8 の上端までの距離である。

[0036] この場合、ケーブル挿通孔 5 8 から第 2 輻射シールド 6 4 内に入り込もうとする輻射熱は、第 2 輻射シールド 6 4 の内壁またはケーブル挿通孔 5 8 の周面に直射する。すなわち、輻射熱が二段ステージ 3 8 に直射することはない。

[0037] (変形例 2)

図 4 は、別の変形例に係る極低温冷凍機 1 0 0 のケーブル挿通孔 5 8 とその周辺を示す模式図である。図 4 は、図 2 (a) に対応する。なお、図 4 では、複数のケーブル挿通孔 5 8 を表示しているが、いずれか 1 つのケーブル挿通孔 5 8 が形成されればよい。本変形例では、軸方向および径方向に交差する方向に延在するようケーブル挿通孔 5 8 を形成することにより、輻射熱が二段ステージ 3 8 に直射するのを避けている。ケーブル挿通孔 5 8 は、例えば、輻射シールド 1 6 の外から中に向かうにつれて、二段ステージ 3 8 から離れるように延在していてもよい。

[0038] (変形例 3)

実施の形態および上述の変形例では、ケーブル挿通孔 5 8 の位置、大きさ、形状を工夫することによって輻射熱が二段ステージ 3 8 に直射するのを抑制したが、これに限られず、二段ステージ 3 8 に向かう輻射熱の経路を遮蔽部材により遮蔽することによって輻射熱が二段ステージ 3 8 に直射するのを抑制してもよい。

[0039] 図 5 は、さらに別の変形例に係る極低温冷凍機 1 0 0 のケーブル挿通孔 5 8 とその周辺を示す模式図である。図 5 は、図 2 (a) に対応する。本変形

例では、極低温冷凍機 100 は、遮蔽部材 60 をさらに備える。なお、図 4 では、複数の遮蔽部材 60 を表示しているが、少なくとも 1 つの遮蔽部材 60 が設けられればよい。また、図 4 では、ケーブル挿通孔 58 が第 2 輻射シールド 64 に形成されているが、ケーブル挿通孔 58 は第 1 輻射シールド 62 に形成されてもよい。

[0040] 遮蔽部材 60 は、例えば、アルミニウムや銅などの熱伝導率の高い材料により形成される。

[0041] 遮蔽部材 60 a は、第 2 輻射シールド 64 の内壁から二段シリンダ 40 に向けて突出する突出部である。遮蔽部材 60 a は、第 2 輻射シールド 64 と一体に形成されても、第 2 輻射シールド 64 とは別体として形成された上で第 2 輻射シールド 64 に支持されてもよい。

[0042] 遮蔽部材 60 b は、一段ステージ 32 の外周面から第 2 輻射シールド 64 の内壁に向けて突出する突出部である。遮蔽部材 60 b は、一段ステージ 32 と一体に形成されても、一段ステージ 32 とは別体として形成された上で一段ステージ 32 に支持されてもよい。

[0043] 遮蔽部材 60 c は、二段シリンダ 40 の外周面から第 2 輻射シールド 64 の内壁に向けて突出する突出部である。遮蔽部材 60 c は、二段シリンダ 40 と一体に形成されても、二段シリンダ 40 とは別体として形成された上で二段シリンダ 40 に支持されてもよい。

[0044] つまり、遮蔽部材 60 a、遮蔽部材 60 b、遮蔽部材 60 c はいずれも、ケーブル挿通孔 58 と二段ステージ 38 との間に設けられる。遮蔽部材 60 a、遮蔽部材 60 b、遮蔽部材 60 c は特に、二段ステージ 38 に向かう輻射熱の経路を遮るように突出する。これにより、輻射熱が二段ステージ 38 に直射するのが抑制される。

[0045] なお、遮蔽部材 60 a、遮蔽部材 60 b、遮蔽部材 60 c は、輻射熱を一段ステージ 32 や輻射シールド 16 外に向けて反射するために、輻射熱が直射される表面（すなわち二段ステージ 38 とは反対側の表面）が光沢面で形成されてもよい。その光沢面には、たとえばメッキ加工が施されていてもよ

い。

[0046] 遮蔽部材 60d は、二段ステージ 38 に直射するべき輻射熱がケーブル挿通孔 58 を通じて第 2 輻射シールド 64 の中に入り込まないように、出力ケーブル 50 を引き出した後に、その一部がケーブル挿通孔 58 と対向するように第 2 輻射シールド 64 の外側に設けられるカバー部材である。遮蔽部材 60d は、第 1 輻射シールド 62 に固定されている。遮蔽部材 60d は、メンテナンス時に取り外せるように、取り外し可能に固定されてもよい。遮蔽部材 60d は、例えばアルミニウム製のテープや表面に光沢メッキが施されたテープでもよい。

[0047] 本変形例によれば、挿通孔から輻射シールド 16 の中に入り込もうとする輻射熱が二段ステージ 38 に直射する位置にケーブル挿通孔 58 が形成される場合でも、上述の実施の形態と同様の効果を奏することができる。そのため、ケーブル挿通孔 58 を形成する位置および大きさの自由度が増す。

[0048] (変形例 4)

実施の形態では、極低温冷凍機 100 が二段式である場合について説明したが、これに限られず、極低温冷凍機 100 の段数は三段以上であってもよい。例えば極低温冷凍機 100 が三段式の極低温冷凍機の場合、請求項に記載の第 1 シリンダ、第 1 冷却ステージ、第 2 シリンダ、第 2 冷却ステージはそれぞれ、二段シリンダ、二段冷却ステージ、三段シリンダ、三段冷却ステージにより実現されてもよい。

[0049] 上述した前提技術と実施の形態と変形例の任意の組み合わせもまた本発明の実施の形態として有用である。組み合わせによって生じる新たな実施の形態は、組み合わせられる実施の形態および変形例それぞれの効果をあわせもつ。

符号の説明

[0050] 16 輻射シールド、 32 一段ステージ、 34 一段シリンダ、
38 二段ステージ、 40 二段シリンダ、 48 温度センサ、 50
出力ケーブル、 58, 60 遮蔽部材、 62 第 1 輻射シールド、

64 第2輻射シールド、 100 極低温冷凍機。

産業上の利用可能性

[0051] 本発明は、高圧の冷媒ガスを膨張させて寒冷を発生する極低温冷凍機に利用できる。

請求の範囲

- [請求項1] 直列に連結された第1シリンダおよび第2シリンダと、
前記第1シリンダの前記第2シリンダ側の端部に設けられる第1冷却ステージと、
前記第2シリンダの前記第1シリンダとは反対側の端部に設けられる第2冷却ステージと、を備え、
前記第1シリンダおよび前記第2シリンダの内部に作動ガスを供給して膨張させて外部に排気することにより前記第1冷却ステージを第1の冷却温度に冷却するとともに前記第2冷却ステージを第1の冷却温度よりも低温である第2の冷却温度に冷却する極低温冷凍機であって、
前記第1冷却ステージに冷却され、前記第2冷却ステージを収容し、前記第2冷却ステージへの外部からの輻射熱をシールドするための輻射シールドと、
前記第2冷却ステージに取り付けられ、前記第2冷却ステージの温度を検出する温度センサと、を備え、
前記輻射シールドには、当該輻射シールドの中から外に前記温度センサの出力ケーブルを引き出すための挿通孔が形成されており、
前記挿通孔は、前記輻射シールドの外から中に入り込む輻射熱が前記第2冷却ステージに直射しないように構成されていることを特徴とする極低温冷凍機。
- [請求項2] 前記挿通孔は、前記輻射シールドの中に入り込む輻射熱が前記第2シリンダ、前記挿通孔の周面、または前記輻射シールドの内壁に直射するよう形成されていることを特徴とする請求項1に記載の極低温冷凍機。
- [請求項3] 前記挿通孔は、当該挿通孔から前記輻射シールドの中に入り込むとする輻射熱が前記第2冷却ステージに直射する位置に形成されており、当該輻射熱を遮蔽する遮蔽部材を備えることを特徴とする請求項

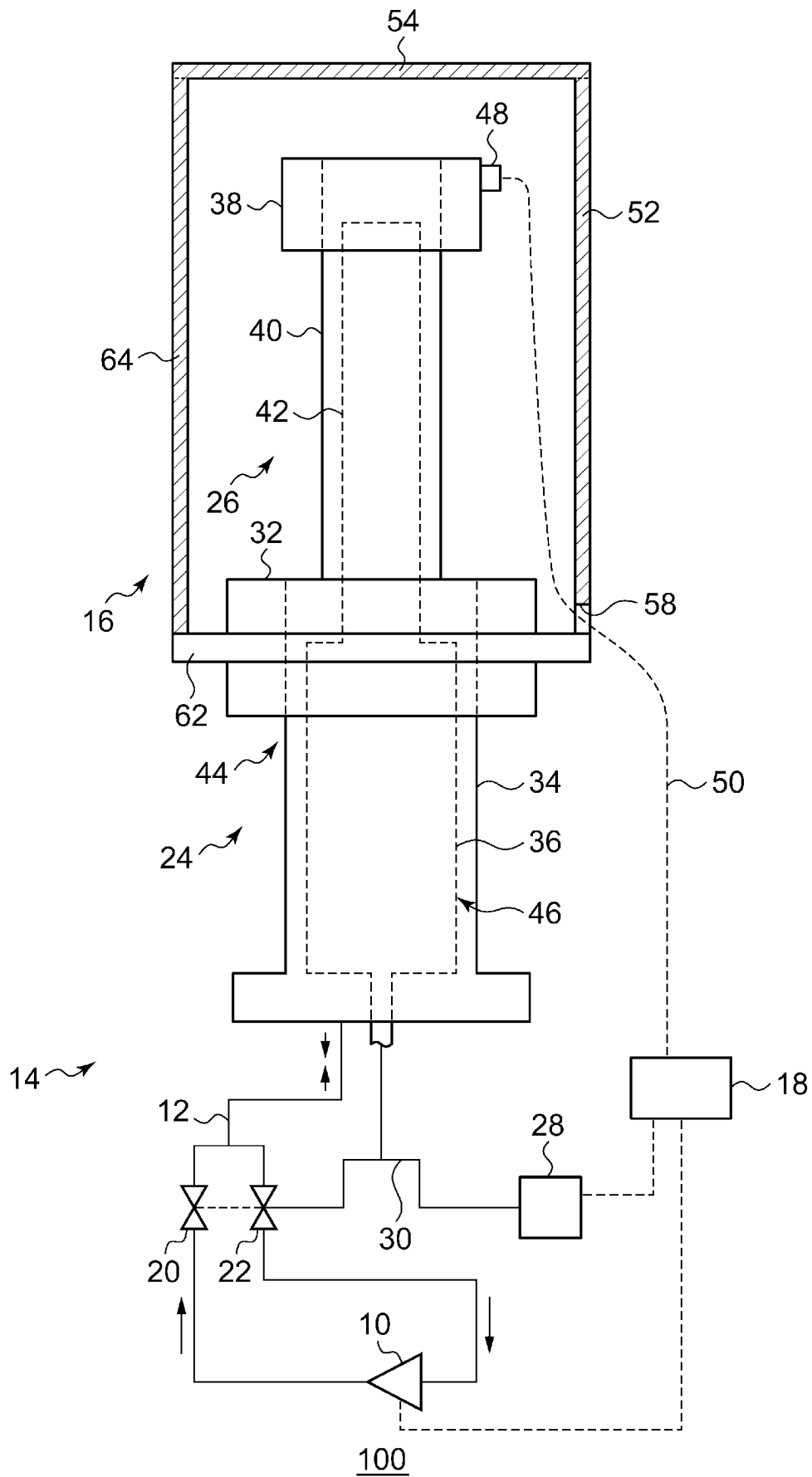
1 に記載の極低温冷凍機。

[請求項4] 前記遮蔽部材は、前記挿通孔と前記第2冷却ステージとの間に配置され、前記輻射シールドまたは前記第1冷却ステージに支持されていることを特徴とする請求項3に記載の極低温冷凍機。

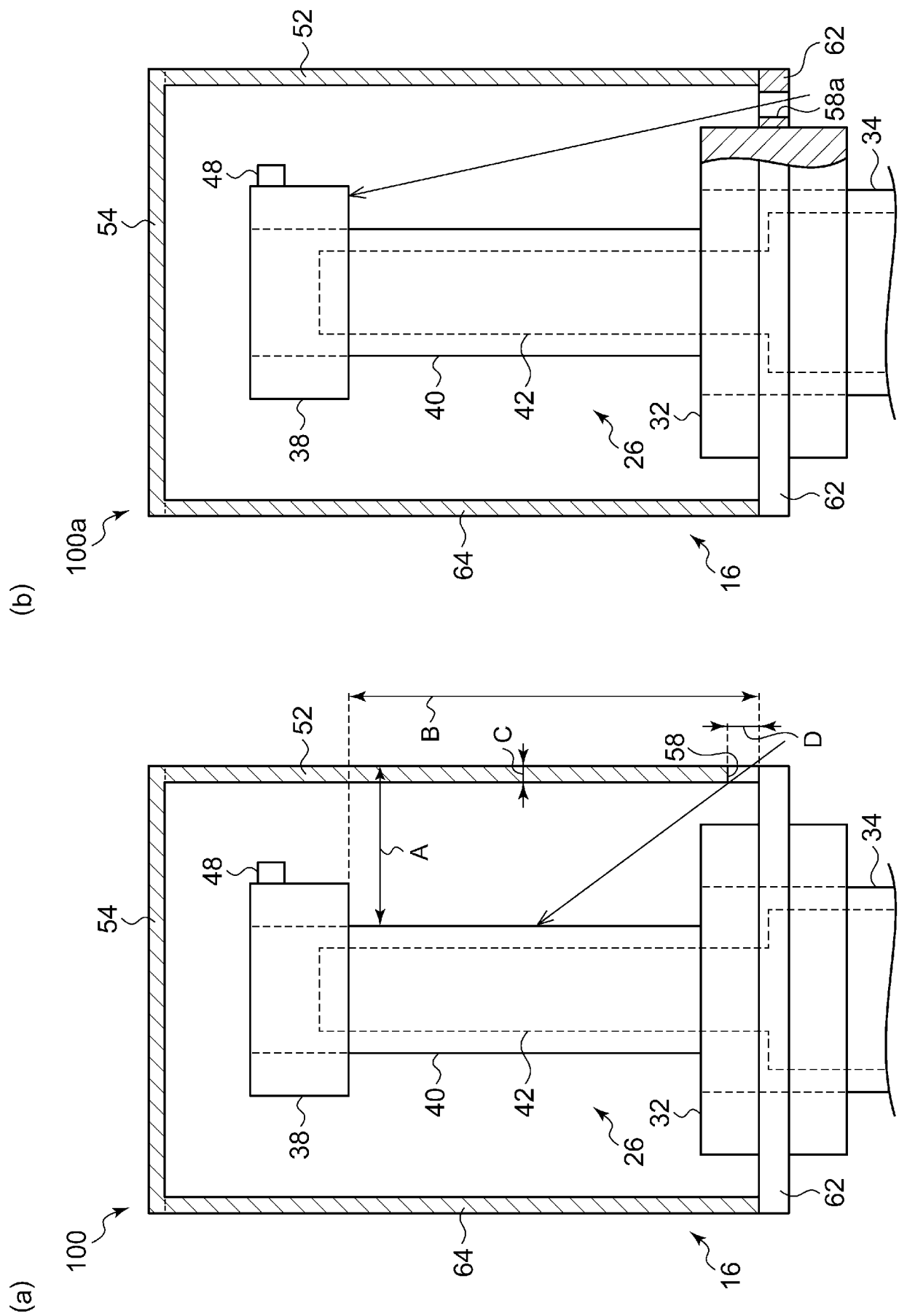
[請求項5] 前記遮蔽部材は、前記出力ケーブルを引き出した後に前記挿通孔を閉塞するカバー部材であることを特徴とする請求項3に記載の極低温冷凍機。

[請求項6] 前記遮蔽部材は、前記輻射熱が直射する表面を金属で形成されることを特徴とする請求項3から5のいずれかに記載の極低温冷凍機。

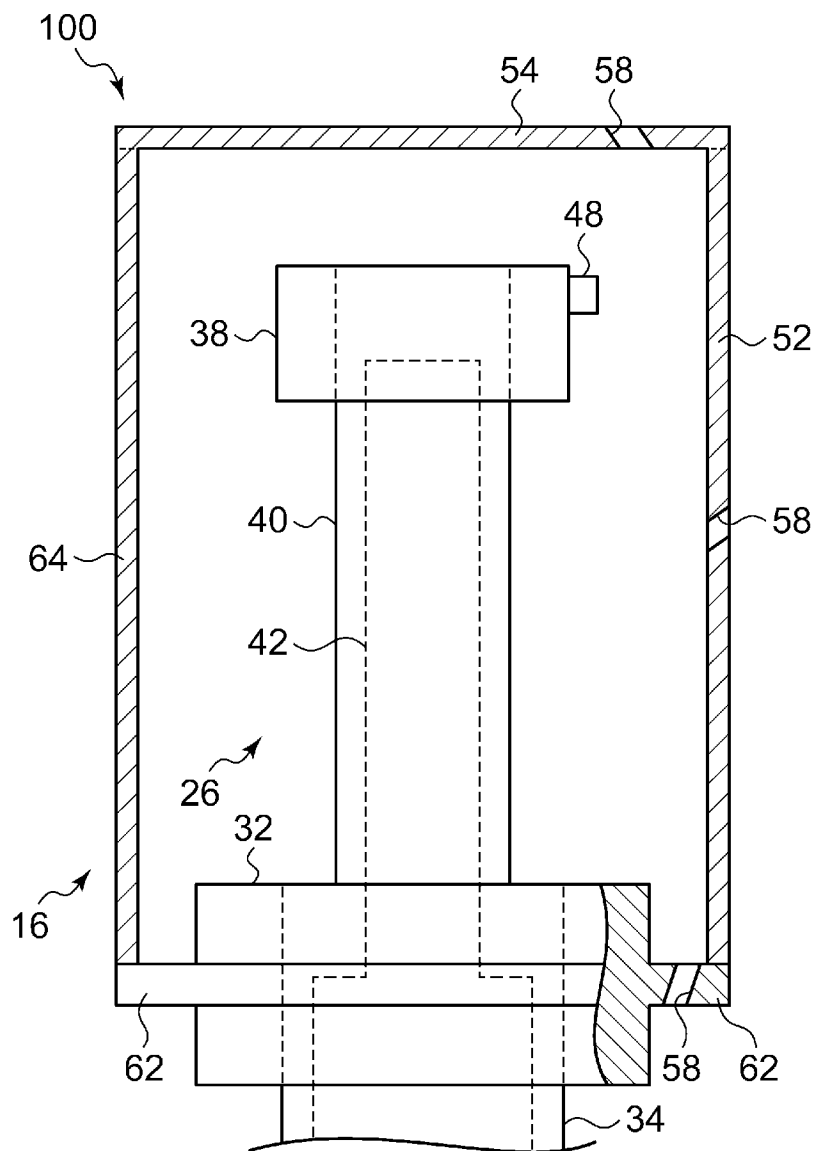
[図1]



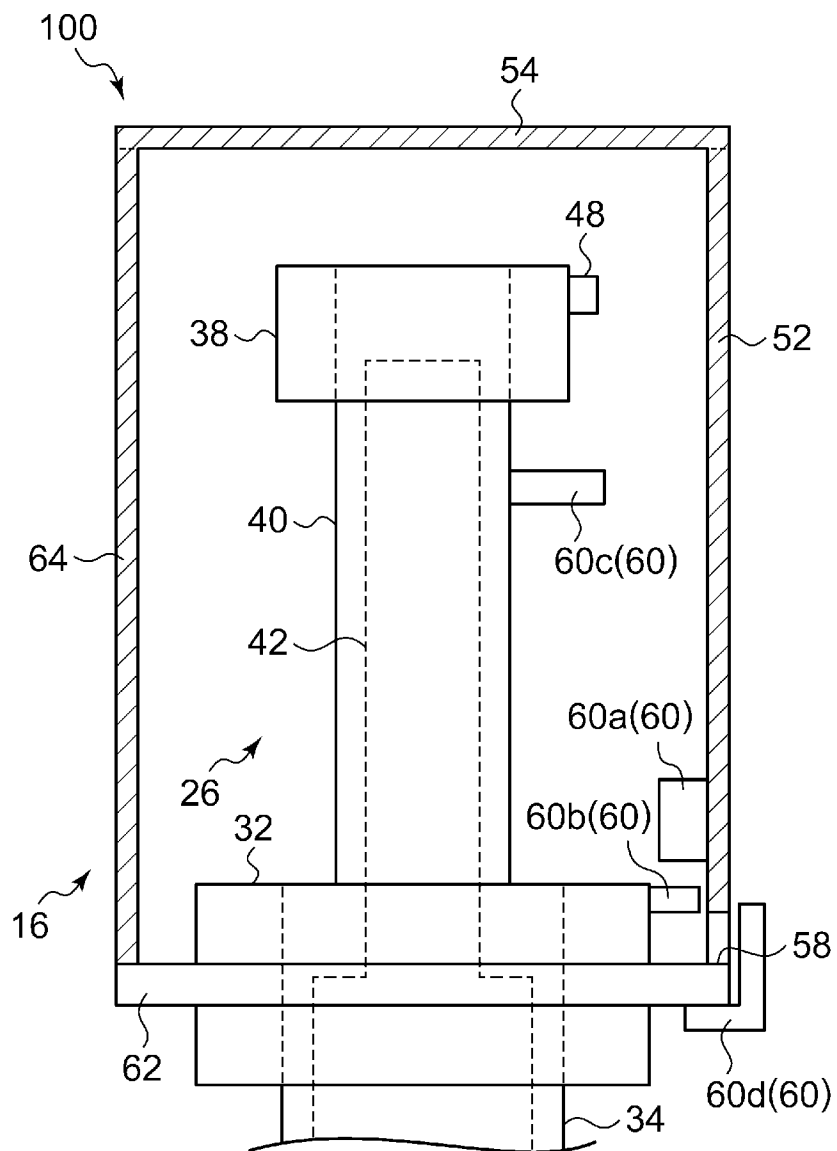
[図2]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/008135

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. F25B9/00 (2006.01) i, F25B9/14 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. F25B9/00-9/14, H01L39/00-39/24

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

DWPI (Derwent Innovation)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2004-27866 A (AISIN SEIKI) 29 January 2004, paragraphs [0018]-[0025], fig. 1 (Family: none)	1 2-6
Y	JP 2004-233047 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 19 August 2004, paragraph [0004], fig. 22 (Family: none)	1

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 09.05.2018	Date of mailing of the international search report 22.05.2018
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/008135

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 26580/1986 (Laid-open No. 140707/1987) (TOSHIBA CORPORATION) 05 September 1987, page 4, line 5 to page 5, line 11, fig. 2, 3 (Family: none)	1
A	JP 2013-160393 A (SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES) 19 August 2013, paragraphs [0034]-[0037], fig. 1 & US 2013/0192034 A1, paragraphs [0039]-[0042], fig. 1 & CN 103245119 A & KR 10-2013-0089177 A	1-6
A	JP 2009-270736 A (CHUBU ELECTRIC POWER) 19 November 2009, paragraph [0026], fig. 2 (Family: none)	1-6
A	JP 6-132567 A (SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES) 13 May 1994, paragraphs [0032], [0033], fig. 2, 4 & US 5623240 A, column 5, line 66 to column 6, line 13, fig. 3 & EP 837478 A1 & EP 596249 A2	1-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F25B9/00(2006.01)i, F25B9/14(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F25B9/00-9/14, H01L39/00-39/24

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

DWPI (Derwent Innovation)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 2004-27866 A（アイシン精機株式会社）2004.01.29, 段落 [0018]-[0025], 図1（ファミリーなし）	1 2-6
Y	JP 2004-233047 A（三菱電機株式会社）2004.08.19, 段落[0004], 図 22（ファミリーなし）	1

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

09.05.2018

国際調査報告の発送日

22.05.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

小原 一郎

3M

3021

電話番号 03-3581-1101 内線 3377

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	日本国実用新案登録出願 61-26580 号(日本国実用新案登録出願公開 62-140707 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (株式会社東芝) 1987.09.05, 第 4 ページ第 5 行-第 5 ページ第 11 行, 第 2-3 図 (ファミリーなし)	1
A	JP 2013-160393 A (住友重機械工業株式会社) 2013.08.19, 段落 [0034]-[0037], 図 1 & US 2013/0192034 A1, 段落[0039]-[0042], FIG. 1 & CN 103245119 A & KR 10-2013-0089177 A	1-6
A	JP 2009-270736 A (中部電力株式会社) 2009.11.19, 段落[0026], 図 2 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 6-132567 A (住友重機械工業株式会社) 1994.05.13, 段落 [0032]-[0033], 図 2, 4 & US 5623240 A, 第 5 欄第 66 行-第 6 欄第 13 行, FIG. 3 & EP 837478 A1 & EP 596249 A2	1-6