

明 細 書

発明の名称： 冷凍装置及び冷却システム

技術分野

[0001] 本発明の実施の形態は、冷凍装置及び冷却システムに関する。

背景技術

[0002] フロン系冷媒を循環させる冷凍装置が種々の分野で多用されている。しかしながら、このような冷凍装置において現在使用されている多くのフロン系冷媒は、GWP（地球温暖化係数）が高く、環境負荷の低い冷媒への置き換えを求められている。

[0003] 極めてGWPの低いフロン系冷媒の開発は進められており、例えばR 1 2 3 4 y f は、そのGWPが1未満である。しかしながら、R 1 2 3 4 y f は可燃性を有し、安全性の観点でその使用が制限されることがある。例えば半導体製造工場では、一般に可燃性を有する冷媒の使用が制限される。

[0004] 一方で、窒素、ヘリウム、空気等の自然冷媒を用いた冷凍装置が知られている。自然冷媒は、GWPが0で且つ非可燃性である。そのため、自然冷媒の冷凍装置では、環境負荷の抑制と同時に適正な安全性が確保され得る。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2012-137291号公報

発明の概要

[0006] 例えば大出力の自然冷媒を用いる冷凍装置は、一般に大型である。そのため、そのサイズが原因で、その導入が見送られることがある。例えば半導体製造工場では、製造設備のフットプリントに対して厳しい制約条件が課されることが多い。半導体製造の分野では、大出力の自然冷媒を用いる冷凍装置の導入実績が必ずしも多いとは言えない。その理由の一つは、そのサイズにあるとも考えられる。

[0007] 自然冷媒を用いる冷凍装置の種々分野への普及には、そのサイズの抑制が

重大な課題となる。そして、この課題が解消されれば、低環境負荷の利点と相まって、その普及は格段に進むと考えられる。

[0008] 本開示は上記の実情に鑑みてなされたものであり、環境負荷を抑制し且つ安全性を確保しながら、そのサイズを抑制できる冷凍装置及び冷却システムを提供することを課題とする。

[0009] 本発明の一実施の形態は、以下の態様「１」～「１１」に関連する。

[0010] 「１」 圧縮機と、圧縮機下流側熱交換器と、膨張機と、膨張機下流側熱交換器とを備え、

前記圧縮機から流出する自然冷媒が、前記圧縮機下流側熱交換器、前記膨張機及び前記膨張機下流側熱交換器をこの順で通過した後、前記圧縮機に循環し、

前記圧縮機と前記膨張機とが共通の駆動軸で連結され、

前記圧縮機下流側熱交換器は、前記圧縮機から流出する前記自然冷媒を冷却し、

前記膨張機下流側熱交換器は、前記膨張機から流出する前記自然冷媒を温度制御対象と熱交換させ、

前記圧縮機下流側熱交換器及び前記膨張機下流側熱交換器が、前記駆動軸の軸方向と平行な方向に又は前記軸方向上に並ぶように配置されている、冷凍装置。

[0011] 「２」 前記圧縮機下流側熱交換器は、前記圧縮機から流出する前記自然冷媒を前記自然冷媒とは異なる熱媒体で冷却する外部熱交換器と、前記圧縮機から流出する前記自然冷媒を前記膨張機下流側熱交換器から受け入れる前記自然冷媒で、冷却する内部熱交換器と、を含み、前記外部熱交換器及び前記内部熱交換器のうちの少なくともいずれかと、前記膨張機下流側熱交換器とが、前記駆動軸の軸方向と平行な方向に又は前記軸方向上に並ぶ、「１」に記載の冷凍装置。

[0012] 「３」 前記軸方向で前記膨張機から前記圧縮機に向かう方向に沿って、前記膨張機下流側熱交換器と前記内部熱交換器とがこの順で並ぶ、「２」に記載

載の冷凍装置。

[0013] [4] 前記圧縮機、前記駆動軸及び前記膨張機が占有する範囲の少なくとも一部が、前記膨張機下流側熱交換器及び前記内部熱交換器が占有する範囲の少なくとも一部と、前記軸方向に直交する前記駆動軸の径方向で重なる、
[2] 又は [3] のいずれかに記載の冷凍装置。

[0014] [5] 前記膨張機下流側熱交換器及び前記内部熱交換器が占有する範囲の前記軸方向と平行な方向における両端の間に、前記膨張機、前記駆動軸及び前記膨張機が配置される、[2] 乃至 [4] のいずれかに記載の冷凍装置。

[0015] [6] 前記軸方向で前記膨張機から前記圧縮機に向かう方向に沿って、前記膨張機下流側熱交換器と前記内部熱交換器と前記外部熱交換器とがこの順で並び、[2] 乃至 [5] のいずれかに記載の冷凍装置。

[0016] [7] 前記外部熱交換器と前記内部熱交換器と前記膨張機下流側熱交換器とが一体化されている、[6] に記載の冷凍装置。

[0017] [8] 前記内部熱交換器と前記膨張機下流側熱交換器とが隣り合うようにして一体化され、

前記内部熱交換器と前記膨張機下流側熱交換器とが隣り合う方向と直交する方向に、前記内部熱交換器と前記外部熱交換器とが隣り合うようにして一体化されている、[2] 乃至 [5] のいずれかに記載の冷凍装置。

[0018] [9] 第1外部熱交換器と、内部熱交換器と、第2外部熱交換器と、を備え、

前記第1外部熱交換器、前記内部熱交換器及び前記第2外部熱交換器がそれぞれ、別々の流路を流れる流体間の熱交換を可能とする熱交換部及び前記熱交換部を収容する筐体を有し、

前記第1外部熱交換器の前記筐体、前記内部熱交換器の前記筐体及び前記第2外部熱交換器の前記筐体が、一体化されて共通筐体を形成し、

前記第1外部熱交換器の前記熱交換部の2つの流体流出口のうちの一方が、前記内部熱交換器の前記熱交換部の2つの流体流入口のうちの一方に、前記共通筐体の内部で接続され、

前記第 2 外部熱交換器の前記熱交換部の 2 つの流体流出口のうちの一方が、前記内部熱交換器の前記熱交換部の 2 つの流体流入口のうちの他方に、前記共通筐体の内部で接続されている、熱交換器ユニット。

[0019] [10] 前記第 1 外部熱交換器と前記内部熱交換器と前記第 2 外部熱交換器とがこの順で直線状に並ぶようにして一体化されている、[9] に熱交換器ユニット。

[0020] [11] [1] 乃至 [8] のいずれかに記載の冷凍装置と、
前記膨張機下流側熱交換器に接続され、前記膨張機から流出する前記自然冷媒と熱交換される前記温度制御対象としての流体を通流させる流体通流装置と、を備える、冷却システム。

[0021] 本発明によれば、環境負荷を抑制し且つ安全性を確保しながら、そのサイズを抑制できる冷凍装置及び冷却システムを提供できる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]第 1 の実施の形態に係る冷却システムの斜視図である。

[図2]第 1 の実施の形態に係る冷却システムに設けられるケースを示す図である。

[図3]第 1 の実施の形態に係る冷却システムの配管構成を示す図である。

[図4]図 1 及び図 2 に示す矢印ⅠⅤの方向に第 1 の実施の形態に係る冷却システムを見た際の矢視図である。

[図5]図 1 及び図 2 に示す矢印Ⅴの方向に第 1 の実施の形態に係る冷却システムを見た際の矢視図である。

[図6]第 2 の実施の形態に係る冷却システムの斜視図である。

[図7]図 6 に示す矢印ⅤⅠⅠの方向に第 2 の実施の形態に係る冷却システムを見た際の矢視図である。

[図8]図 6 に示す矢印ⅤⅠⅠⅠの方向に第 2 の実施の形態に係る冷却システムを見た際の矢視図である。

[図9]第 3 の実施の形態に係る冷却システムの斜視図である。

[図10]第 4 の実施の形態に係る冷却システムを示す図である。

[図11]第5の実施の形態に係る冷却システムを示す図である。

[図12]第6の実施の形態に係る冷却システムを示す図である。

発明を実施するための形態

[0023] 以下、各実施の形態を説明する。

[0024] <第1の実施の形態>

図1は、第1の実施の形態に係る冷却システムS1の斜視図である。以下、第1の実施の形態に係る冷却システムS1の構成について説明する。

[0025] (冷却システムの構成)

図1に示すように、冷却システムS1は、冷凍装置10と、流体通流装置100と、を備える。冷却システムS1では、冷凍装置10と流体通流装置100とが接続される。

[0026] 冷凍装置10は、流体通流装置100が通流させる温度制御対象としての流体を冷却する。流体通流装置100は、冷凍装置10によって冷却された流体を二次温度制御対象Trまで通流させる。これにより、流体通流装置100が通流させる流体により二次温度制御対象Trを温度制御できる。

[0027] 本実施の形態では、二次温度制御対象Trを温度制御した流体が流体通流装置100に戻り、再度、冷凍装置10によって冷却される。二次温度制御対象Trは特に限られないが、例えば半導体の中間部品であるウェハ、ウェハを保持するステージ等でもよい。また、二次温度制御対象Trは、金型や、冷蔵冷凍室の空間等でもよい。

[0028] 本実施の形態に係る冷却システムS1は、冷凍装置10の構成部品及び流体通流装置100の構成部品のレイアウトの工夫により、そのサイズが抑制されている。図2は、冷却システムS1に設けられるケース1を二点鎖線で示す図である。冷凍装置10の構成部品及び流体通流装置100の構成部品は、直方体状のケース1内にコンパクトに収められ得る。なお、ケース1は設けられてなくてもよい。以下、冷凍装置10及び流体通流装置100について詳しく説明する。

[0029] [冷凍装置]

冷凍装置１０は、自然冷媒を循環させる逆ブレイトン冷凍サイクル装置である。本実施の形態では、冷凍装置１０が一例として自然冷媒としての窒素を循環させる。ただし、冷凍装置１０は、空気、ヘリウム等を循環させる構成でもよい。

[0030] 図３は、冷却システムＳ１の配管構成を示す図である。図１及び図３を参照し、冷凍装置１０は、圧縮機１１と、圧縮機下流側熱交換器１２と、膨張機２１と、膨張機下流側熱交換器２２と、を備えている。

[0031] 冷却システムＳ１では、圧縮機１１から流出する自然冷媒が、圧縮機下流側熱交換器１２、膨張機２１及び膨張機下流側熱交換器２２をこの順で通過した後、圧縮機１１に循環する。このような循環がなされるように、圧縮機１１、圧縮機下流側熱交換器１２、膨張機２１及び膨張機下流側熱交換器２２が冷媒循環路１６（図３参照）によって接続されている。

[0032] 圧縮機下流側熱交換器１２は、圧縮機１１から流出する自然冷媒を冷却するための熱交換器である。一方で、膨張機下流側熱交換器２２は、膨張機２１から流出する自然冷媒を、温度制御対象である流体通流装置１００が通流させる流体と熱交換させる熱交換器である。

[0033] 本実施の形態では、圧縮機下流側熱交換器１２が、圧縮機１１から流出する自然冷媒を自然冷媒とは異なる熱媒体で冷却する外部熱交換器１３と、圧縮機１１から流出する自然冷媒を膨張機下流側熱交換器２２から受け入れる自然冷媒で冷却する内部熱交換器１４と、を含む。圧縮機１１から流出する自然冷媒は、外部熱交換器１３及び内部熱交換器１４をこの順で通過する。したがって、詳しくは、内部熱交換器１４は、圧縮機１１から外部熱交換器１３を通過した後、外部熱交換器１３から流入する自然冷媒を、膨張機下流側熱交換器２２から受け入れる自然冷媒で冷却する。

[0034] 圧縮機１１は、膨張機下流側熱交換器２２から流入した自然冷媒を圧縮した後、外部熱交換器１３に送る。その後、自然冷媒は、外部熱交換器１３及び内部熱交換器１４で段階的に冷却され、その後、膨張機２１に流入し、膨張機２１は自然冷媒を膨張機下流側熱交換器２２に送る。外部熱交換器１３

は、冷却用熱媒体流路 30 と接続し、冷却用熱媒体流路 30 から冷却用熱媒体を受け入れる。そして、外部熱交換器 13 は、圧縮機 11 から流出した高温の自然冷媒と冷却用熱媒体とを熱交換させ、自然冷媒を冷却する。上記冷却用熱媒体は特に限られず、水でもよいし、ブラインでもよい。また、外部熱交換器 13 は、空冷の熱交換器でもよい。

[0035] 内部熱交換器 14 は、圧縮機 11 から外部熱交換器 13 を通過した後、外部熱交換器 13 から流入する自然冷媒を、膨張機下流側熱交換器 22 から受け入れる自然冷媒で冷却し、その後、膨張機 21 に送る。膨張機 21 は、内部熱交換器 14 からの自然冷媒を膨張させた後、膨張機下流側熱交換器 22 に送る。膨張機下流側熱交換器 22 は、図 3 に示すように流体通流装置 100 に接続され、流体通流装置 100 が通流させる流体を冷却した後、圧縮機 11 に流出させる。

[0036] ここで、膨張機下流側熱交換器 22 から圧縮機 11 に向かう自然冷媒は、内部熱交換器 14 を通過した後、圧縮機 11 に流入する。これにより、内部熱交換器 14 は、外部熱交換器 13 から流入する自然冷媒を、膨張機下流側熱交換器 22 から受け入れる自然冷媒で冷却する。これにより、圧縮機 11 から膨張機 21 に流入する前の自然冷媒が、上述したように外部熱交換器 13 及び内部熱交換器 14 で段階的に冷却される。

[0037] 冷凍装置 10 は、膨張機 21 で膨張させた窒素を例えば -60°C ~ -180°C までの範囲で降温させて、膨張機下流側熱交換器 22 に流入させることが可能となっている。冷凍装置 10 は、このように極めて低温の温度域まで自然冷媒を降温できることから、膨張機下流側熱交換器 22 で流体と熱交換した後の自然冷媒においても一般に高い冷凍能力を維持できる。そのため、本実施の形態では、膨張機下流側熱交換器 22 から流出する自然冷媒を、内部熱交換器 14 において圧縮機 11 から流出する自然冷媒の冷却に利用し、効率の向上を図っている。ただし、内部熱交換器 14 は設けられなくもよい。

[0038] また、冷凍装置 10 では、圧縮機 11 と膨張機 21 とが共通のモータ 18

(図3参照)の駆動軸18Aで連結されている。これにより、駆動軸18Aの回転によって圧縮機11と膨張機21とが連動して回転する。詳しくは、駆動軸18Aの一端部側で、圧縮機11が駆動軸18Aに結合され、駆動軸18Aの他端部側で、膨張機21が駆動軸18Aに結合される。

[0039] 以下、冷凍装置10の構成部品のレイアウトについて詳しく説明する。図1における符号UDは、上下方向を示す。上下方向UDは、鉛直方向を意味する。符号Axは、駆動軸18Aの中心を通る方向である駆動軸18Aの軸方向を示す。本実施の形態では、駆動軸18Aの軸方向Axが上下方向UDに沿って延びる。これにより、圧縮機11と膨張機21とが上下方向UDに並ぶ。本実施の形態では、圧縮機11が膨張機21よりも上方に配置されるが、圧縮機11は膨張機21よりも下方に配置されてもよい。また、軸方向Axは上下方向UDに沿って延びなくてもよく、例えば軸方向Axが水平方向に沿うように圧縮機11と膨張機21とが配置されてもよい。

[0040] 図1を参照し、まず、圧縮機下流側熱交換器12及び膨張機下流側熱交換器22は、軸方向Axと平行な方向に並ぶように配置されている。詳しくは、本実施の形態では圧縮機下流側熱交換器12における内部熱交換器14及び膨張機下流側熱交換器22が、軸方向Axと平行な方向に並び、上下方向UDに並ぶ。そして、内部熱交換器14が膨張機下流側熱交換器22の上方に配置される。すなわち、軸方向Axで膨張機21から圧縮機11に向かう方向(下から上に向かう方向)に沿って、膨張機下流側熱交換器22と内部熱交換器14とがこの順で並んでいる。

[0041] 内部熱交換器14は、別々の流路を流れる流体間(自然冷媒同士)の熱交換を可能とする熱交換部14A、及び熱交換部14Aを収容する筐体14Bを有する。膨張機下流側熱交換器22は、別々の流路を流れる流体間(自然冷媒、流体通流装置100の流体)の熱交換を可能とする熱交換部22A、及び熱交換部22Aを収容する筐体22Bを有する。ここで、図1及び図3に示すように、内部熱交換器14の筐体14Bと膨張機下流側熱交換器22の筐体22Bは一体化されている。これにより、本実施の形態では、内部熱

交換器 1 4 と膨張機下流側熱交換器 2 2 とが一体化され、取り扱いが良好になるとともに、配管の数や配管長が抑制され得る。

[0042] 内部熱交換器 1 4 の筐体 1 4 B と膨張機下流側熱交換器 2 2 の筐体 2 2 B とは、共通の筐体によって形成されてもよい。また、内部熱交換器 1 4 の筐体 1 4 B と膨張機下流側熱交換器 2 2 の筐体 2 2 B とは、ボルト等の締結部材により着脱自在に一体化されてもよいし、溶接等で一体化されてよい。なお、内部熱交換器 1 4 と膨張機下流側熱交換器 2 2 とは分離していてもよい。

[0043] 図 4 は、図 1 及び図 2 に示す矢印 I V の方向に冷却システム S 1 を見た際の矢視図である。図 5 は、図 1 及び図 2 に示す矢印 V の方向に冷却システム S 1 を見た際の矢視図である。図 4 及び図 5 に示すように、本実施の形態では、膨張機 2 1、駆動軸 1 8 A 及び圧縮機 1 1 が軸方向 A x に占有する範囲 A 1 の少なくとも一部が、膨張機下流側熱交換器 2 2 及び内部熱交換器 1 4 が軸方向 A x と平行な方向に占有する範囲 A 2 の少なくとも一部と、軸方向 A x に直交する駆動軸 1 8 A の径方向 D D 1 で重なっている。詳しくは、範囲 A 1 の全体が、範囲 A 2 に径方向 D D 1 で重なる。これにより、範囲 A 2 における軸方向 A x における両端の間に、圧縮機 1 1、駆動軸 1 8 A 及び膨張機 2 1 が配置される。この場合、冷却システム S 1 では、軸方向 A x における寸法が効果的に抑制され得る。

[0044] 一方で、外部熱交換器 1 3 は、内部熱交換器 1 4 と膨張機下流側熱交換器 2 2 とが隣り合う方向（すなわち、軸方向 A x と平行な方向）と直交する方向（図 4 の径方向 D D 2 参照）で、内部熱交換器 1 4 と重なる（言い換えると、隣り合う）ように配置されている。そして、外部熱交換器 1 3 は、図 5 に示すように、膨張機下流側熱交換器 2 2 及び内部熱交換器 1 4 が軸方向 A x で占める範囲 A 2 における軸方向 A x における両端の間に配置されている。

[0045] 外部熱交換器 1 3 は、別々の流路を流れる流体間（自然冷媒と、冷却用熱媒体）の熱交換を可能とする熱交換部 1 3 A、及び熱交換部 1 3 A を収容す

る筐体 13B を有する。本実施の形態では、外部熱交換器 13 の筐体 13B が直方体状である。また、一体化された内部熱交換器 14 の筐体 14B 及び膨張機下流側熱交換器 22 の筐体 22B も、全体として直方体状である。そして、図 4 及び図 5 に示すように、外部熱交換器 13 の筐体 13B における 6 つの面のうちの面 51 と、一体化された内部熱交換器 14 の筐体 14B 及び膨張機下流側熱交換器 22 の筐体 22B における 6 つの面のうちの面 52 とはそれぞれ、軸方向 A x に平行に延び、水平方向で互いに向き合う。

[0046] 図 4 における符号 C1 は、外部熱交換器 13 の筐体 13B の水平方向断面における中点を示し、符号 C2 は、一体化された内部熱交換器 14 の筐体 14B 及び膨張機下流側熱交換器 22 の筐体 22B の水平方向断面における中点を示す。ここで、上述した外部熱交換器 13 と、膨張機下流側熱交換器 22 及び内部熱交換器 14 が軸方向 A x で占める範囲 A2 とが重なる径方向 DD1 は、駆動軸 18A の径方向のうちの、駆動軸 18A の中心と、外部熱交換器 13 の筐体 13B の中点 C1 とを通る径方向に対応する。また、上述した外部熱交換器 13 と、内部熱交換器 14 とが重なる径方向 DD2 は、駆動軸 18A の径方向のうちの、駆動軸 18A の中心と、外部熱交換器 13 の筐体 13B の中点 C2 とを通る径方向に対応する。

[0047] 本実施の形態では、図 4 に示すように径方向 DD1 と径方向 DD2 とがなす角度 θ が、45 度以下となるレイアウトが採用されている。これにより、外部熱交換器 13 と、内部熱交換器 14 及び膨張機下流側熱交換器 22 との一体物と、膨張機 21、駆動軸 18A 及び圧縮機 11 の一体物とが集約されて配置されている。なお、角度 θ は、60 度以下でもよいし、好ましくは 30 度以上 45 度以下である。

[0048] また、外部熱交換器 13 は、膨張機 21、駆動軸 18A 及び圧縮機 11 の一体物から径方向 DD2 に設置スペース PS を空けて離れて配置される。設置スペース PS には、主として外部熱交換器 13 と圧縮機 11 とを接続する配管が配置される。また、外部熱交換器 13 は、膨張機 21、駆動軸 18A

及び圧縮機 11 における軸方向 A x での中点よりも圧縮機 11 側に、つまり上方に配置される。これにより、外部熱交換器 13 の下方に流体通流装置 100 の設置が予定された流路配置スペース F S が形成される（図 2 参照）。

[0049] また、図 4 には、コントロールボックス 40 が示されている。コントロールボックス 40 は、駆動軸 18 A の回転数調節等の冷凍装置 10 の制御と、流体の流量制御等の流体通流装置 100 の制御とを行うコントローラ等を収容する。本実施の形態では、上述した駆動軸 18 A の中心と、外部熱交換器 13 の筐体 13 B の中点 C 2 とを通る径方向 D D 2 上に仮想的な線を描画して冷凍装置 10 を上方から見たときに、コントロールボックス 40 は、当該線を挟んで一方側に配置され、他方側に外部熱交換器 13 が配置される。これにより、冷却システム S 1 の構成部品が収容され得る。

[0050] つづいて、冷凍装置 10 における構成部品間の配管について説明する。上述したように冷媒循環路 16 は、圧縮機 11、圧縮機下流側熱交換器 12、膨張機 21 及び膨張機下流側熱交換器 22 を接続する。詳しくは、冷媒循環路 16 は、図 1 及び図 3 に示すように圧縮機 11 と外部熱交換器 13 とを接続する第 1 配管 161、外部熱交換器 13 と内部熱交換器 14 とを接続する第 2 配管 162、内部熱交換器 14 と膨張機 21 とを接続する第 3 配管 163、膨張機 21 と膨張機下流側熱交換器 22 とを接続する第 4 配管 164、及び内部熱交換器 14 と圧縮機 11 とを接続する第 5 配管 165 を含む。

[0051] 第 1 配管 161 は圧縮機 11 から流出する高温の自然冷媒を受け入れて、外部熱交換器 13 に送る。図 1 を参照し、圧縮機 11 の自然冷媒の流出口と、外部熱交換器 13 の自然冷媒の流入口とは、一例として上下方向 U D で同じ高さにある。この場合、第 1 配管 161 は配管長や曲げ数を抑えつつ、圧縮機 11 と外部熱交換器 13 とを接続できる。これにより、第 1 配管 161 での圧損が抑制され得る。

[0052] 第 2 配管 162 は外部熱交換器 13 から流出する冷却された自然冷媒を受け入れ、内部熱交換器 14 に送る。外部熱交換器 13 の自然冷媒の流出口と、内部熱交換器 14 の自然冷媒の圧縮冷媒流入口とは、一例として上下方向

UDで同じ高さにある。この場合、第2配管162は配管長や曲げ数を抑えつつ、外部熱交換器13と内部熱交換器14を接続できる。これにより、第2配管162での圧損が抑制され得る。

[0053] ここで、上述した外部熱交換器13の自然冷媒の流入口及び自然冷媒の流出口は、筐体13Bにおける圧縮機11側を向く面で開口する。そして、第1配管161及び第2配管162は、図4に示した設置スペースPSに配置される。これにより、第1配管161及び第2配管162はコンパクトに配置される。

[0054] 外部熱交換器13から内部熱交換器14に流入した自然冷媒は、内部熱交換器14内を上方から下方に向けて流れ、その際に冷却される。そして、内部熱交換器14で冷却された自然冷媒は、上述した圧縮冷媒流入口よりも下方に設けられた圧縮冷媒流出口から流出する。第3配管163は、内部熱交換器14の圧縮冷媒流出口から流出する自然冷媒を受け入れ、膨張機21に送る。内部熱交換器14における自然冷媒の圧縮冷媒流入口及び圧縮冷媒流出口は、筐体14Bにおける外部熱交換器13と向き合う面52に形成されている。

[0055] 第4配管164は膨張機21から流出する自然冷媒を受け入れ、膨張機下流側熱交換器22に送る。膨張機下流側熱交換器22は、膨張機21から流出する自然冷媒を膨張冷媒流入口で受け入れる。膨張冷媒流入口は、上述した圧縮冷媒流出口よりも下方に設けられている。膨張機下流側熱交換器22に流入した自然冷媒は下方から上方に向けて流れ、その際に流体通流装置100が通流させる流体と自然冷媒とを熱交換させる。流体との熱交換後に膨張機下流側熱交換器22から流出する自然冷媒は、内部熱交換器14に流入して下方から上方に向けて流れる。この際、膨張機下流側熱交換器22から流出し、下方から上方に向けて流れる自然冷媒と、外部熱交換器13から流出し、上方から下方に向けて流れる自然冷媒との間の熱交換が行われる。

[0056] そして、膨張機下流側熱交換器22から内部熱交換器14に流入した自然冷媒は、内部熱交換器14の膨張冷媒流出口から流出する。内部熱交換器1

4において、膨張冷媒流出口は上述した圧縮冷媒流入口よりも上方に設けられている。第5配管165は、膨張冷媒流出口から流出した自然冷媒を受け入れ、圧縮機11に送る。圧縮機11に流入する自然冷媒は、圧縮機11で圧縮された後、第1配管161を介して外部熱交換器13に再度流入する。

[0057] [流体通流装置]

次に、流体通流装置100について説明する。図2に示すように、本実施の形態では外部熱交換器13の下方に流路配置スペースFSが形成される。流体通流装置100は、図1に示すように、その少なくとも一部が流路配置スペースFSに位置するように配置される。言い換えると、流体通流装置100は、その少なくとも一部が軸方向Axで外部熱交換器13と重なるように配置されている。

[0058] 図1及び図3に示すように、流体通流装置100は、膨張機下流側熱交換器22の流体流入口22iに接続される上流側流路101Uと、膨張機下流側熱交換器22の流体流出口22eに接続される下流側流路101Dと、上流側流路101U上に設けられたヒータ102、ポンプ103及び三方弁104と、上流側流路101U及び下流側流路101Dを接続するバイパス流路105と、を備えている。

[0059] 上述したように、本実施の形態では流体通流装置100が、冷凍装置10（膨張機下流側熱交換器22）によって冷却された流体を二次温度制御対象Trまで通流させる。そして、二次温度制御対象Trを温度制御した流体は流体通流装置100に戻り、再度、冷凍装置10によって冷却される。流体通流装置100が通流させる流体は、本実施の形態では液体であり、具体的にブラインである。ただし、流体通流装置100が通流させる流体は特に限られず、気体でもよい。ポンプ103は、流体を通流させるための駆動力を発生させる。

[0060] 上流側流路101Uは、その上流端を介して二次温度制御対象Trから戻る流体を受け入れる。上流側流路101Uでは流体が必要に応じてヒータ102によって加熱された後、ポンプ103に流入する。ポンプ103から流

出した流体は、上流側流路101Uの一部を形成する三方弁104における2つのポートを通り、上流側流路101Uの下流端が接続する流体流入口22iから膨張機下流側熱交換器22に流入する。

[0061] 膨張機下流側熱交換器22に流入した流体は、自然冷媒によって冷却された後、流体流出口22eから流出する。流体流出口22eから流出した流体は、下流側流路101Dを通流し、二次温度制御対象 T_r に至り、二次温度制御対象 T_r を温度制御する。バイパス流路105は、上流側流路101Uの一部を形成する三方弁104の2つのポートとは異なる別のポートから下流側流路101Dまで延びる。三方弁104の開度を調節することにより、膨張機下流側熱交換器22に流入しない流体の流量を制御でき、二次温度制御対象 T_r に流れる流体の温度調節を行うことが可能となる。

[0062] 図1に示すように、本実施の形態では流体通流装置100の一部が、外部熱交換器13の下方の流路配置スペースFSに配置される。これにより、外部熱交換器13の下方をデッドスペースにせず、流体通流装置100の配置スペースにすることにより、全体的なサイズの抑制が図られている。

[0063] 一方で、流路配置スペースFSから側方にはみ出る流体通流装置100の他の部分では、軸方向Axと平行な方向に延びる配管部分を形成し、このような軸方向Axと平行な方向に延びる配管部分が圧縮機11及び膨張機21に近接して配置されることで、流体通流装置100の径方向の占有範囲の増大が抑制されている。特に上流側流路101Uにおいて、上下方向UDで上側に底部を向ける逆U字状の配管部分が形成され、逆U字状における上下方向UDに延びる直線状部分に、流体処理部品としてのヒータ102が設けられている。ヒータ102の外観は筒状であり、ヒータ102はその長手方向が軸方向Ax（上下方向UD）と平行になるように配置される。また、逆U字状の配管部分を形成することで、気泡が混入する流体の通流が抑制され、温度制御の安定性が向上し得る。ヒータ102に加えて又は代えて、長手方向を有するタンク、ポンプ、フィルタ等の流体処理部品が配置されてもよく、この場合、構成部品のコンパクトなレイアウトを実現できる。

[0064] (作用効果)

以下、第1の実施の形態に係る冷却システムS1の作用効果について説明する。

[0065] 冷却システムS1で冷却を行う際には、圧縮機11及び膨張機21が駆動される。圧縮機11は自然冷媒を圧縮した後、外部熱交換器13に送る。外部熱交換器13に流入した自然冷媒は、冷却用熱媒体で冷却された後、内部熱交換器14に流入し、内部熱交換器14でさらに冷却される。その後、内部熱交換器14から流出する自然冷媒は、膨張機21に流入する。膨張機21は、自然冷媒を膨張させることで降温させる。その後、膨張機21から流出した自然冷媒は膨張機下流側熱交換器22に流入し、流体通流装置100が通流させる流体と熱交換して、流体を冷却する。

[0066] 冷凍装置10は、自然冷媒としての窒素を循環させ、逆ブレイトンサイクルにより膨張機下流側熱交換器22での低温の冷却を実現する。窒素はGWPが0で且つ不燃性であるため、環境負荷を抑制でき、且つ安全性が確保され得る。なお、自然冷媒としてヘリウムを使用した場合も、不燃性の確保による安全性が得られる。一方で、空気等は可燃性であるが、可燃性ではないため、好適な安全性が確保され得る。

[0067] そして、上述したように、本実施の形態では、圧縮機下流側熱交換器12における内部熱交換器14及び膨張機下流側熱交換器22が、圧縮機11及び膨張機21の軸方向Axと平行な方向に並ぶように配置される。この場合、圧縮機11及び膨張機21の共通の駆動軸18Aの径方向で、内部熱交換器14及び膨張機下流側熱交換器22を圧縮機11及び膨張機21に近接させて配置することにより、駆動軸18Aの径方向における内部熱交換器14及び膨張機下流側熱交換器22の占有範囲を抑えることが可能となる。具体的に本実施の形態では、駆動軸18Aが上下方向に延びる縦置きであり、冷凍装置10の水平方向寸法が抑制され、フットプリントを抑制することが可能となる。

[0068] したがって、第1の実施の形態に係る冷却システムS1によれば、環境負

荷を抑制し且つ安全性を確保しながら、そのサイズを抑制できる。

[0069] また、本実施の形態では、駆動軸 18A の軸方向 A x で膨張機 21 から圧縮機 11 に向かう方向に沿って、膨張機下流側熱交換器 22 と内部熱交換器 14 とがこの順で並ぶ。これにより、膨張機 21 と膨張機下流側熱交換器 22 との間の配管長（第 4 配管 164 の配管長）を抑制できる。

[0070] また、圧縮機 11、駆動軸 18A 及び膨張機 21 が占有する範囲 A1 の少なくとも一部が、膨張機下流側熱交換器 22 及び内部熱交換器 14 が占有する範囲 A2 の少なくとも一部と、駆動軸 18A の径方向で重なる。この場合、圧縮機 11、駆動軸 18A 及び膨張機 21 と、膨張機下流側熱交換器 22 及び内部熱交換器 14 とが径方向にオーバーラップすることで、冷凍装置 10 の軸方向 A x での寸法を抑制できる。特に本実施の形態では、膨張機下流側熱交換器 22 及び内部熱交換器 14 が占有する範囲 A2 の軸方向 A x と平行な方向における両端の間に、圧縮機 11、駆動軸 18A 及び膨張機 21 が配置される。これにより、膨張機下流側熱交換器 22 及び内部熱交換器 14 から、圧縮機 11、駆動軸 18A 及び膨張機 21 が軸方向 A x で張り出さないことで、冷凍装置 10 の軸方向 A x での寸法を効果的に抑制できる。

[0071] <第 2 の実施の形態>

次に、第 2 の実施の形態に係る冷却システム S2 について図 6 乃至図 8 を参照しつつ説明する。本実施の形態における構成部分のうちの第 1 の実施の形態と同一のものには同一の符号を付け、重複する説明は省略する。

[0072] 図 6 は、第 2 の実施の形態に係る冷却システム S2 の斜視図である。図 7 は、図 6 に示す矢印 V11 の方向に冷却システム S2 を見た際の矢視図である。図 8 は、図 6 に示す矢印 V111 の方向に冷却システム S2 を見た際の矢視図である。

[0073] 本実施の形態では、駆動軸 18A の軸方向 A x で膨張機 21 から圧縮機 11 に向かう方向（下方から上方に向かう方向）に沿って、膨張機下流側熱交換器 22 と内部熱交換器 14 と外部熱交換器 13 とがこの順で並んでいる。すなわち、外部熱交換器 13 の位置が、第 1 の実施の形態と異なる。

- [0074] また、膨張機下流側熱交換器 2 2 と内部熱交換器 1 4 と外部熱交換器 1 3 とは一体化されている。これにより、膨張機下流側熱交換器 2 2 と内部熱交換器 1 4 と外部熱交換器 1 3 とは、3つの熱交換器を一体化させた熱交換器ユニット E U を構成している。詳しくは、膨張機下流側熱交換器 2 2 の筐体 2 2 B と内部熱交換器 1 4 の筐体 1 4 B と外部熱交換器 1 3 の筐体 1 3 B とが一体化され、共通筐体 C C を形成する。これにより、3つの熱交換器が一体化されている。
- [0075] また、図 7 及び図 8 に示すように、膨張機 2 1、駆動軸 1 8 A 及び圧縮機 1 1 が軸方向 A x に占有する範囲 A 1 の少なくとも一部は、膨張機下流側熱交換器 2 2、内部熱交換器 1 4 及び外部熱交換器 1 3 が軸方向 A x と平行な方向に占有する範囲 A 2' の少なくとも一部と、軸方向 A x に直交する駆動軸 1 8 A の径方向で重なる。また、範囲 A 2' における軸方向 A x と平行な方向での両端の間に、圧縮機 1 1、駆動軸 1 8 A 及び膨張機 2 1 が配置される。
- [0076] 図 6 及び図 8 を参照し、本実施の形態では、第 1 配管 1 6 1 が圧縮機 1 1 から上方に延びて、外部熱交換器 1 3 に接続される。第 1 配管 1 6 1 は、圧縮機 1 1 により圧縮された高温の自然冷媒を外部熱交換器 1 3 に送り、外部熱交換器 1 3 は自然冷媒を冷却用熱媒体流路 3 0 からの冷却用熱媒体で冷却する。外部熱交換器 1 3 から流出する自然冷媒は、下方に流れて内部熱交換器 1 4 に流入し、内部熱交換器 1 4 においても下方に流れ、第 3 配管 1 6 3 に流入する。その後の第 4 配管 1 6 4 及び第 5 配管 1 6 5 における自然冷媒の流れは、第 1 の実施の形態と同じである。
- [0077] 図 8 を参照し、熱交換器ユニット E U 内の流路構造について説明すると、外部熱交換器 1 3 の熱交換部 1 3 A の 2 つの流体流出口のうち的一方（自然冷媒の流出口）は、内部熱交換器 1 4 の熱交換部 1 4 A の 2 つの流体流入口のうち的一方（圧縮後の自然冷媒の流入口）に、共通筐体 C C の内部で接続されている。また、膨張機下流側熱交換器 2 2 の熱交換部 2 2 A の 2 つの流体流出口のうち的一方（自然冷媒の流出口）は、内部熱交換器 1 4 の熱交換

部 1 4 A の 2 つの流体流入口のうちの他方（膨張後の自然冷媒の流入口）に、共通筐体 C C の内部で接続されている。ここで、内部熱交換器 1 4 の熱交換部 1 4 A における上述の圧縮後の自然冷媒の流入口及び膨張後の自然冷媒の流入口は、互いに反対の向きに開口する。熱交換部 1 4 A における圧縮後の自然冷媒の流入口及び膨張後の自然冷媒の流入口は、互いに反対の向きに開口しなくてもよいが、圧縮後の自然冷媒の流入口及び膨張後の自然冷媒の流入口のうちの一方の流入口が、内部熱交換器 1 4 における一端部側で開口し、他方の流入口が、内部熱交換器 1 4 における一端部側とは反対の他端部側で開口することが好ましい。このような流入口のレイアウトにより、他の熱交換器（外部熱交換器 1 3、膨張機下流側熱交換器 2 2）との接続態様の複雑化が抑制され得る。

[0078] なお、熱交換器ユニット E U を冷凍装置 1 0 から切り離して単体で見た際には、本実施の形態における外部熱交換器 1 3 は、第 1 外部熱交換器に対応する構成となり、膨張機下流側熱交換器 2 2 は、第 2 外部熱交換器に対応する構成となる。

[0079] 本実施の形態によれば、膨張機下流側熱交換器 2 2 から流出する自然冷媒の排熱を外部熱交換器 1 3 から流出する自然冷媒の温度制御に利用可能とする内部熱交換器 1 4 による機能を、取り扱い易く且つコンパクトな態様で実現できる。また、配管の数を減らせることにより、配管の占有範囲を抑制でき、さらには熱損及び圧損が抑制され得るため、効率を向上できる。

[0080] <第 3 の実施の形態>

次に、第 3 の実施の形態に係る冷却システム S 3 について図 9 を参照しつつ説明する。本実施の形態における構成部分のうちの第 1 及び第 2 の実施の形態と同一のものには同一の符号を付け、重複する説明は省略する。

[0081] 本実施の形態では、図 9 に示すように膨張機下流側熱交換器 2 2 と内部熱交換器 1 4 と外部熱交換器 1 3 とが一体化されている。これにより、膨張機下流側熱交換器 2 2 と内部熱交換器 1 4 と外部熱交換器 1 3 とは、3 つの熱交換器を一体化させた熱交換器ユニット E U を構成している。一方で、外部

熱交換器 13 の位置が、第 2 の実施の形態と異なる。

[0082] 詳しくは、本実施の形態では、内部熱交換器 14 と膨張機下流側熱交換器 22 とが軸方向 A x と平行な方向に隣り合うようにして一体化される。一方で、内部熱交換器 14 と膨張機下流側熱交換器 22 とが隣り合う方向と直交する方向（水平方向）に、内部熱交換器 14 と外部熱交換器 13 とが隣り合うようにして一体化されている。筐体の一体化の状態や、内部の流路構成等は、第 2 の実施の形態と同様である。

[0083] 本実施の形態によれば、第 2 の実施の形態と同様の効果が得られる。一方で、例えば上下方向 U D の高さの抑制が望まれる場合に有益である。本実施の形態では、内部熱交換器 14 と膨張機下流側熱交換器 22 とが軸方向 A x と平行な方向に隣り合うようにして一体化されるが、外部熱交換器 13 と膨張機下流側熱交換器 22 とが軸方向 A x と平行な方向に隣り合うようにして一体化され、外部熱交換器 13 と膨張機下流側熱交換器 22 とが隣り合う方向と直交する方向（水平方向）に、内部熱交換器 14 と外部熱交換器 13 とが隣り合うようにして一体化されてもよい。

[0084] <第 4 の実施の形態>

次に、第 4 の実施の形態に係る冷却システム S 4 について図 10 を参照しつつ説明する。本実施の形態における構成部分のうちの第 1 乃至第 3 の実施の形態と同一のものには同一の符号を付け、重複する説明は省略する。

[0085] 本実施の形態では、図 10 に示すように。膨張機下流側熱交換器 22 と内部熱交換器 14 と外部熱交換器 13 とが、駆動軸 18 A の軸方向 A x 上に並ぶ。詳しくは、膨張機下流側熱交換器 22 と内部熱交換器 14 と外部熱交換器 13 とがこの順で膨張機 21 から離れるように並ぶ。このような実施の形態は、径方向の張り出し抑制が重視される場合に有益である。

[0086] <第 5 の実施の形態>

次に、第 5 の実施の形態に係る冷却システム S 5 について図 11 を参照しつつ説明する。本実施の形態における構成部分のうちの第 1 乃至第 4 の実施の形態と同一のものには同一の符号を付け、重複する説明は省略する。

[0087] 本実施の形態では、図 1 1 に示すように膨張機下流側熱交換器 2 2 と内部熱交換器 1 4 とが、駆動軸 1 8 A の軸方向 A x 上に並ぶ。詳しくは、膨張機下流側熱交換器 2 2 と内部熱交換器 1 4 とがこの順で膨張機 2 1 から離れるように並ぶ。一方で、外部熱交換器 1 3 は、軸方向 A x に直交する駆動軸 1 8 A の径方向で内部熱交換器 1 4 と向き合うように配置されている。このような実施の形態によっても、全体的なサイズを抑制できる。

[0088] <第 6 の実施の形態>

次に、第 6 の実施の形態に係る冷却システム S 6 について図 1 2 を参照しつつ説明する。本実施の形態における構成部分のうちの第 1 乃至第 5 の実施の形態と同一のものには同一の符号を付け、重複する説明は省略する。

[0089] 本実施の形態では、図 1 2 に示すように膨張機下流側熱交換器 2 2 と内部熱交換器 1 4 と外部熱交換器 1 3 とが、駆動軸 1 8 A の軸方向 A x 上に並ぶ。詳しくは、膨張機下流側熱交換器 2 2 と内部熱交換器 1 4 とが、この順で膨張機 2 1 から離れるように並ぶ。一方で、外部熱交換器 1 3 は、圧縮機 1 1 と軸方向 A x で隣り合うように配置される。このような実施の形態も、径方向の張り出し抑制が重視される場合に有益である。

[0090] 以上、本発明の各実施の形態を説明したが、本発明は以上に説明した実施の形態に限られるものではなく、上述の実施の形態にはさらなる種々の変更を加えることができる。

[0091] 例えば上述の第 1 の実施の形態では、内部熱交換器 1 4 と膨張機下流側熱交換器 2 2 とが軸方向 A x に平行な方向に並ぶが、外部熱交換器 1 3 と膨張機下流側熱交換器 2 2 とが軸方向 A x に平行な方向に並び、内部熱交換器 1 4 は、外部熱交換器 1 3 及び膨張機下流側熱交換器 2 2 とが並ぶ方向と直交する方向にずれた位置に配置されてもよい。また、本発明は、直接冷却の構成において適用されてもよい。具体的には、例えば駆動軸 1 8 A の軸方向 A x と平行な方向に又は軸方向 A x 上に外部熱交換器 1 3 及び内部熱交換器 1 4 が並ぶように配置され、内部熱交換器 1 4 から膨張機 2 1 に流入した自然冷媒を膨張機 2 1 から膨張させて例えばチャンバに供給する冷凍装置が構成

されてもよい。このような直接冷却式の冷凍装置もサイズ抑制の点で有利になる。

符号の説明

[0092] S 1 ～ S 6 …冷却システム

1 …ケース

1 0 …冷凍装置

1 1 …圧縮機

1 2 …圧縮機下流側熱交換器

1 3 …外部熱交換器

1 3 A …熱交換部

1 3 B …筐体

1 4 …内部熱交換器

1 4 A …熱交換部

1 4 B …筐体

1 6 …冷媒循環路

1 6 1 …第 1 配管

1 6 2 …第 2 配管

1 6 3 …第 3 配管

1 6 4 …第 4 配管

1 6 5 …第 5 配管

1 8 …モータ

1 8 A …駆動軸

2 1 …膨張機

2 2 …膨張機下流側熱交換器

2 2 A …熱交換部

2 2 B …筐体

2 2 i …流体流入口

2 2 e …流体流出口

3 0 … 冷却用熱媒体流路

1 0 0 … 流体通流装置

1 0 1 U … 上流側流路

1 0 1 D … 下流側流路

1 0 2 … ヒータ

1 0 3 … ポンプ

1 0 4 … 三方弁

1 0 5 … バイパス流路

T r … 二次温度制御対象

U D … 上下方向

A x … 軸方向

D D 1 , D D 2 … 径方向

P S … 設置スペース

F S … 流路設置スペース

E U … 熱交換ユニット

C C … 共通筐体

請求の範囲

- [請求項1] 圧縮機と、圧縮機下流側熱交換器と、膨張機と、膨張機下流側熱交換器とを備え、
- 前記圧縮機から流出する自然冷媒が、前記圧縮機下流側熱交換器、前記膨張機及び前記膨張機下流側熱交換器をこの順で通過した後、前記圧縮機に循環し、
- 前記圧縮機と前記膨張機とが共通の駆動軸で連結され、
- 前記圧縮機下流側熱交換器は、前記圧縮機から流出する前記自然冷媒を冷却し、
- 前記膨張機下流側熱交換器は、前記膨張機から流出する前記自然冷媒を温度制御対象と熱交換させ、
- 前記圧縮機下流側熱交換器及び前記膨張機下流側熱交換器が、前記駆動軸の軸方向と平行な方向に又は前記軸方向上に並ぶように配置されている、冷凍装置。
- [請求項2] 前記圧縮機下流側熱交換器は、前記圧縮機から流出する前記自然冷媒を前記自然冷媒とは異なる熱媒体で冷却する外部熱交換器と、前記圧縮機から流出する前記自然冷媒を前記膨張機下流側熱交換器から受け入れる前記自然冷媒で、冷却する内部熱交換器と、を含み、前記外部熱交換器及び前記内部熱交換器のうちの少なくともいずれかと、前記膨張機下流側熱交換器とが、前記駆動軸の軸方向と平行な方向に又は前記軸方向上に並ぶ、請求項1に記載の冷凍装置。
- [請求項3] 前記軸方向で前記膨張機から前記圧縮機に向かう方向に沿って、前記膨張機下流側熱交換器と前記内部熱交換器とがこの順で並ぶ、請求項2に記載の冷凍装置。
- [請求項4] 前記圧縮機、前記駆動軸及び前記膨張機が占有する範囲の少なくとも一部が、前記膨張機下流側熱交換器及び前記内部熱交換器が占有する範囲の少なくとも一部と、前記軸方向に直交する前記駆動軸の径方向で重なる、請求項3に記載の冷凍装置。

- [請求項5] 前記膨張機下流側熱交換器及び前記内部熱交換器が占有する範囲の前記軸方向と平行な方向における両端の間に、前記膨張機、前記駆動軸及び前記膨張機が配置される、請求項4に記載の冷凍装置。
- [請求項6] 前記軸方向で前記膨張機から前記圧縮機に向かう方向に沿って、前記膨張機下流側熱交換器と前記内部熱交換器と前記外部熱交換器とがこの順で並ぶ、請求項2乃至5のいずれかに記載の冷凍装置。
- [請求項7] 前記外部熱交換器と前記内部熱交換器と前記膨張機下流側熱交換器とが一体化されている、請求項6に記載の冷凍装置。
- [請求項8] 前記内部熱交換器と前記膨張機下流側熱交換器とが隣り合うようにして一体化され、
前記内部熱交換器と前記膨張機下流側熱交換器とが隣り合う方向と直交する方向に、前記内部熱交換器と前記外部熱交換器とが隣り合うようにして一体化されている、請求項2に記載の冷凍装置。
- [請求項9] 第1外部熱交換器と、内部熱交換器と、第2外部熱交換器と、を備え、
前記第1外部熱交換器、前記内部熱交換器及び前記第2外部熱交換器がそれぞれ、別々の流路を流れる流体間の熱交換を可能とする熱交換部及び前記熱交換部を収容する筐体を有し、
前記第1外部熱交換器の前記筐体、前記内部熱交換器の前記筐体及び前記第2外部熱交換器の前記筐体が、一体化されて共通筐体を形成し、
前記第1外部熱交換器の前記熱交換部の2つの流体流出口のうちの一方が、前記内部熱交換器の前記熱交換部の2つの流体流入口のうちの一方に、前記共通筐体の内部で接続され、
前記第2外部熱交換器の前記熱交換部の2つの流体流出口のうちの一方が、前記内部熱交換器の前記熱交換部の2つの流体流入口のうちの他方に、前記共通筐体の内部で接続されている、熱交換器ユニット。

- [請求項10] 前記第1外部熱交換器と前記内部熱交換器と前記第2外部熱交換器とがこの順で直線状に並ぶようにして一体化されている、請求項9に熱交換器ユニット。
- [請求項11] 請求項1に記載の冷凍装置と、
前記膨張機下流側熱交換器に接続され、前記膨張機から流出する前記自然冷媒と熱交換される前記温度制御対象としての流体を通流させる流体通流装置と、を備える、冷却システム。