

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6940017号
(P6940017)

(45) 発行日 令和3年9月22日(2021.9.22)

(24) 登録日 令和3年9月6日(2021.9.6)

(51) Int.Cl. F I
F 2 5 B 21/00 (2006.01) F 2 5 B 21/00 A

請求項の数 13 (全 25 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2021-36801 (P2021-36801) (22) 出願日 令和3年3月9日(2021.3.9) (65) 公開番号 特開2021-148421 (P2021-148421A) (43) 公開日 令和3年9月27日(2021.9.27) 審査請求日 令和3年3月9日(2021.3.9) (31) 優先権主張番号 特願2020-43796 (P2020-43796) (32) 優先日 令和2年3月13日(2020.3.13) (33) 優先権主張国・地域又は機関 日本国(JP)</p>	<p>(73) 特許権者 000002853 ダイキン工業株式会社 大阪府大阪市北区中崎西2丁目4番12号 梅田センタービル (74) 代理人 110001427 特許業務法人前田特許事務所 (72) 発明者 寺木 潤一 大阪府大阪市北区中崎西2丁目4番12号 梅田センタービル ダイキン工業株式会 社内 審査官 森山 拓哉</p>
---	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 固体冷媒による冷却モジュール及び固体冷媒による冷却システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

磁気作業物質(24)を收容し且つ熱媒体が流れる流路(23)を形成する收容部(22)を有する環状収納部(21)と、

前記流路(23)の一端へ熱媒体を流入させる低温側流入路(25)と、

前記流路(23)の他端へ熱媒体を流入させる高温側流入路(27)と、

前記流路(23)の前記一端から流出した熱媒体が流れる低温側流出路(26)と、

前記流路(23)の前記他端から流出した熱媒体が流れる高温側流出路(28)とを備え、

前記流路(23)の前記一端と前記低温側流入路(25)との間に、第1空間(29)が形成され、

前記流路(23)の前記他端と前記高温側流入路(27)との間に、第2空間(30)が形成され、

前記低温側流入路(25)と前記第1空間(29)とに連通し且つ前記低温側流入路(25)から前記第1空間(29)へ向かう熱媒体の流れを広げる第1中間流路(31)と、

前記高温側流入路(27)と前記第2空間(30)とに連通し且つ前記高温側流入路(27)から前記第2空間(30)へ向かう熱媒体の流れを広げる第2中間流路(33)とをさらに備え、

前記低温側流入路(25)及び前記第1空間(29)は、前記環状収納部(21)の径方向に沿って延び、前記低温側流入路(25)と前記第1空間(29)との間に前記第1中間流路(31)が形成され、

前記高温側流入路(27)及び前記第2空間(30)は、前記環状収納部(21)の径方向に沿って延び、前記高温側流入路(27)と前記第2空間(30)との間に前記第2中間流路(33)が形成される

磁気冷凍モジュール。

【請求項2】

請求項1の磁気冷凍モジュールにおいて、

前記環状収納部(21)は、複数の収納部片(21a~21l)から構成され、

前記複数の収納部片(21a~21l)のそれぞれに、前記収容部(22)、前記低温側流入路(25)、前記高温側流入路(27)、前記低温側流出路(26)、前記高温側流出路(28)、前記第1空間(29)、前記第2空間(30)、前記第1中間流路(31)、及び、前記第2中間流路(33)が設けられる

10

磁気冷凍モジュール。

【請求項3】

請求項2の磁気冷凍モジュールにおいて、

前記複数の収納部片(21a~21l)は、環状扇形状、扇形状又は台形状である

磁気冷凍モジュール。

【請求項4】

請求項2又は3の磁気冷凍モジュールにおいて、

前記複数の収納部片(21a~21l)のそれぞれには、複数の分割モジュール(100)が収納され、

20

前記複数の分割モジュール(100)を互いに並列及び/又は直列に接続するヘッダ(40)をさらに備える

磁気冷凍モジュール。

【請求項5】

請求項1~4のいずれか1項の磁気冷凍モジュールにおいて、

前記環状収納部(21)の内周側から外周側に向けて前記第1空間(29)及び前記第2空間(30)の周方向寸法及び軸方向寸法の少なくとも一方が変化する

磁気冷凍モジュール。

【請求項6】

請求項1~5のいずれか1項の磁気冷凍モジュールにおいて、

30

前記環状収納部(21)の内周側から外周側に向けて前記第1中間流路(31)及び前記第2中間流路(33)の周方向寸法及び軸方向寸法の少なくとも一方が変化する

磁気冷凍モジュール。

【請求項7】

請求項6の磁気冷凍モジュールにおいて、

前記第1中間流路(31)及び前記第2中間流路(33)は、前記流路(23)に沿って延びるスリット(31,33)であり、

前記環状収納部(21)の内周側から外周側に向けて前記スリット(31,33)のそれぞれの周方向寸法及び軸方向寸法の少なくとも一方が変化する

磁気冷凍モジュール。

40

【請求項8】

請求項1~7のいずれか1項の磁気冷凍モジュールにおいて、

前記環状収納部(21)は、軸方向に磁場等の力場が印加されるように構成され、

前記第1空間(29)と前記第2空間(30)とは、前記環状収納部(21)に印加される磁場等の力場の方向において前記流路(23)を挟むように配置される

磁気冷凍モジュール。

【請求項9】

請求項1~8のいずれか1項の磁気冷凍モジュールにおいて、

前記低温側流入路(25)に流入する熱媒体の流れ方向と、前記低温側流出路(26)から流出する熱媒体の流れ方向とは、互いに逆であり、

50

前記高温側流入路(27)に流入する熱媒体の流れ方向と、前記高温側流出路(28)から流出する熱媒体の流れ方向とは、互いに逆であり、

前記低温側流入路(25)に流入する熱媒体の流れ方向と、前記高温側流入路(27)に流入する熱媒体の流れ方向とは、互いに同じであり、

前記低温側流出路(26)から流出する熱媒体の流れ方向と、前記高温側流出路(28)から流出する熱媒体の流れ方向とは、互いに同じである

磁気冷凍モジュール。

【請求項10】

請求項1～9のいずれか1項の磁気冷凍モジュールにおいて、

前記低温側流入路(25)の流入口、前記高温側流入路(27)の流入口、前記低温側流出路(26)の流出口、及び、前記高温側流出路(28)の流出口はそれぞれ、前記環状収納部(21)の外周側に設けられている

10

磁気冷凍モジュール。

【請求項11】

請求項1～10のいずれか1項の磁気冷凍モジュールにおいて、

前記低温側流入路(25)、前記高温側流入路(27)、前記低温側流出路(26)、及び、前記高温側流出路(28)は、前記環状収納部(21)の内周側で封止されている

磁気冷凍モジュール。

【請求項12】

請求項1～11のいずれか1項の磁気冷凍モジュールにおいて、

前記第1空間(29)と前記低温側流出路(26)とに連通する第3中間流路(35)と、前記第2空間(30)と前記高温側流出路(28)とに連通する第4中間流路(37)とをさらに備える

20

磁気冷凍モジュール。

【請求項13】

請求項1～12のいずれか1項に記載の磁気冷凍モジュール(20)と、

前記環状収納部(21)に対して前記環状収納部(28)の軸方向に磁場等の力場を印加する磁石等の力場発生部(15a)と、

前記低温側流出路(26)と前記低温側流入路(25)との間に設けられる低温側熱交換器(60)と、

30

前記高温側流出路(28)と前記高温側流入路(27)との間に設けられる高温側熱交換器(70)とを備え、

前記低温側流入路(25)、前記高温側流入路(27)、前記低温側流出路(26)、及び、前記高温側流出路(28)はそれぞれ複数設けられ、

複数の前記低温側流出路(26)と前記低温側熱交換器(60)との間、複数の前記低温側流入路(25)と前記低温側熱交換器(60)との間、複数の前記高温側流出路(28)と前記高温側熱交換器(70)との間、及び、複数の前記高温側流入路(27)と前記高温側熱交換器(70)との間にそれぞれ、流路切換弁(91,92,93,94)が設けられる

磁気冷凍システム。

【発明の詳細な説明】

40

【技術分野】

【0001】

本開示は、固体冷媒による冷却モジュール及び固体冷媒による冷却システムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来より、磁気熱量効果を利用して冷熱及び温熱を作り出すための磁気冷凍モジュールが知られている(例えば特許文献1)。特許文献1の磁気冷凍モジュールは、磁気作業物質を收容する收容部に磁場を印加及び除去すると共に、当該收容部に熱媒体を流入及び流出させることで冷熱及び温熱を作り出すように構成されている。

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特表2016-530479号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、磁気冷凍モジュールの性能を最大限に発揮させるためには、収容部内の磁気作業物質を余すところなく利用するべきである。そのためには、熱媒体を収容部の広い範囲に流入させる必要がある。熱媒体を収容部の広い範囲に流入させるためには、熱媒体を流入させる流路と収容部との間に、熱媒体の流れを広げるための空間が必要となる。この空間の容積分の熱媒体は、磁気冷凍モジュールの外部に排出されないため、この空間は死容積（デッドボリューム）となり、磁気冷凍モジュールの能力を低下させる。従って、この空間はできるだけ小さい方が望ましい。

10

【0005】

しかしながら、この空間を小さくすると、熱媒体を収容部の広い範囲に流入させることが困難になるため、収容部内の磁気作業物質を有効に利用することができなくなるので、やはり磁気冷凍モジュールの能力を低下させることになる。

【0006】

また、従来の磁気冷凍モジュールは、基本的に直方体形状を有するように構成されるため、磁石回転型に適用した場合には無駄な空間が多くなるので、能力が低下してしまう。

20

【0007】

本開示の目的は、死容積や無駄な空間をできるだけ小さくすることによって、固体冷媒による冷却モジュール、特に磁気冷凍モジュールの能力を向上させることにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本開示の第1の態様は、固体冷媒物質（24）を収容し且つ熱媒体が流れる流路（23）を形成する収容部（22）を有する環状収納部（21）と、前記流路（23）の一端へ熱媒体を流入させる低温側流入路（25）と、前記流路（23）の他端へ熱媒体を流入させる高温側流入路（27）と、前記流路（23）の前記一端から流出した熱媒体が流れる低温側流出路（26）と、前記流路（23）の前記他端から流出した熱媒体が流れる高温側流出路（28）とを備え、前記流路（23）の前記一端と前記低温側流入路（25）との間に、第1空間（29）が形成され、前記流路（23）の前記他端と前記高温側流入路（27）との間に、第2空間（30）が形成され、前記低温側流入路（25）と前記第1空間（29）とに連通し且つ前記低温側流入路（25）から前記第1空間（29）へ向かう熱媒体の流れを広げる第1中間流路（31）と、前記高温側流入路（27）と前記第2空間（30）とに連通し且つ前記高温側流入路（27）から前記第2空間（30）へ向かう熱媒体の流れを広げる第2中間流路（33）とをさらに備えることを特徴とする固体冷媒による冷却モジュールである。

30

【0009】

第1の態様では、第1中間流路（31）及び第2中間流路（33）によって、死容積となる第1空間（29）及び第2空間（30）を小さくすることができる。また、収容部（22）等を環状収納部（21）に配置するため、磁石回転型モジュールなどの磁石等の力場発生部が回転するモジュールに適用した場合にも無駄な空間を削減できる。従って、固体冷媒による冷却モジュールの能力を向上させることができる。

40

【0010】

本開示の第2の態様は、前記第1の態様において、前記環状収納部（21）は、複数の収納部片（21a~21i）から構成され、前記複数の収納部片（21a~21i）のそれぞれに、前記収容部（22）、前記低温側流入路（25）、前記高温側流入路（27）、前記低温側流出路（26）、前記高温側流出路（28）、前記第1空間（29）、前記第2空間（30）、前記第1中間流路（31）、及び、前記第2中間流路（33）が設けられることを特徴とする固体冷媒に

50

よる冷却モジュールである。

【0011】

第2の態様では、環状収納部(21)を一体成形する場合と比較して、環状収納部(21)の構成が容易になる。

【0012】

本開示の第3の態様は、前記第2の態様において、前記複数の収納部片(21a~21l)は、環状扇形状、扇形状又は台形状であることを特徴とする固体冷媒による冷却モジュールである。

【0013】

第3の態様では、複数の収納部片(21a~21l)から環状収納部(21)を構成しやすくなる。

10

【0014】

本開示の第4の態様は、前記第2又は第3の態様において、前記複数の収納部片(21a~21l)のそれぞれには、複数の分割モジュール(100)が収納され、前記複数の分割モジュール(100)を互いに並列及び/又は直列に接続するヘッダ(40)をさらに備えることを特徴とする固体冷媒による冷却モジュールである。

【0015】

第4の態様では、分割前と比較して、死容積をさらに小さくすることが可能になると共に、固体冷媒物質が磁気作業物質である磁気冷凍モジュールの場合、収納部片(21a~21l)のそれぞれにおける磁路が分割モジュール(100)によって細長く分割されるため、渦電流に起因する損失を低減することができる。

20

【0016】

本開示の第5の態様は、前記第1~第4の態様のいずれか1つにおいて、前記環状収納部(21)の内周側から外周側に向けて前記第1空間(29)及び前記第2空間(30)の周方向寸法及び軸方向寸法の少なくとも一方が変化することを特徴とする固体冷媒による冷却モジュールである。

【0017】

第5の態様では、磁石回転型モジュールなどの磁石等の力場発生部が回転するモジュールに適用した場合にも無駄な空間を削減しつつ、死容積を必要最小限のサイズにすることができるため、固体冷媒による冷却モジュールの能力を向上させることができる。

30

【0018】

本開示の第6の態様は、前記第1~第5の態様のいずれか1つにおいて、前記環状収納部(21)の内周側から外周側に向けて前記第1中間流路(31)及び前記第2中間流路(33)の周方向寸法及び軸方向寸法の少なくとも一方が変化することを特徴とする固体冷媒による冷却モジュールである。

【0019】

第6の態様では、磁石回転型モジュールなどの磁石等の力場発生部が回転するモジュールに適用した場合にも無駄な空間を削減しつつ、中間流路(中間流路が大きすぎると、それ自体が死容積となる)を必要最小限のサイズにすることができるため、固体冷媒による冷却モジュールの能力を向上させることができる。

40

【0020】

本開示の第7の態様は、前記第6の態様において、前記第1中間流路(31)及び前記第2中間流路(33)は、前記流路(23)に沿って延びるスリット(31,33)であり、前記環状収納部(21)の内周側から外周側に向けて前記スリット(31,33)のそれぞれの周方向寸法及び軸方向寸法の少なくとも一方が変化することを特徴とする固体冷媒による冷却モジュールである。

【0021】

第7の態様では、周方向寸法や軸方向寸法が変化する第1中間流路(31)及び第2中間流路(33)を構成しやすくなる。

【0022】

50

本開示の第 8 の態様は、前記第 1 ~ 第 7 の態様のいずれか 1 つにおいて、前記環状収納部 (21) は、軸方向に磁場等の力場が印加されるように構成され、前記第 1 空間 (29) と前記第 2 空間 (30) とは、前記環状収納部 (21) に印加される磁場等の力場の方向において前記流路 (23) を挟むように配置されることを特徴とする固体冷媒による冷却モジュールである。

【 0 0 2 3 】

第 8 の態様では、第 1 空間 (29) から収容部 (22) を介して第 2 空間 (30) へ向かう熱媒体の流れ方向、及び、その逆の熱媒体の流れ方向の両方が、環状収納部 (21) に印加される磁場等の力場の方向と実質的に平行になる。

【 0 0 2 4 】

本開示の第 9 の態様は、前記第 1 ~ 第 8 の態様のいずれか 1 つにおいて、前記低温側流入路 (25) に流入する熱媒体の流れ方向と、前記低温側流出路 (26) から流出する熱媒体の流れ方向とは、互いに逆であり、前記高温側流入路 (27) に流入する熱媒体の流れ方向と、前記高温側流出路 (28) から流出する熱媒体の流れ方向とは、互いに逆であり、前記低温側流入路 (25) に流入する熱媒体の流れ方向と、前記高温側流入路 (27) に流入する熱媒体の流れ方向とは、互いに同じであり、前記低温側流出路 (26) から流出する熱媒体の流れ方向と、前記高温側流出路 (28) から流出する熱媒体の流れ方向とは、互いに同じであることを特徴とする固体冷媒による冷却モジュールである。

【 0 0 2 5 】

第 9 の態様では、低温側流入路 (25) の流入口、低温側流出路 (26) の流出口、高温側流入路 (27) の流入口、及び、高温側流出路 (28) の流出口を全て、磁気冷凍モジュールの同じ側に配置できる。

【 0 0 2 6 】

本開示の第 10 の態様は、前記第 1 ~ 第 9 の態様のいずれか 1 つにおいて、前記低温側流入路 (25) の流入口、前記高温側流入路 (27) の流入口、前記低温側流出路 (26) の流出口、及び、前記高温側流出路 (28) の流出口はそれぞれ、前記環状収納部 (21) の外周側に設けられていることを特徴とする固体冷媒による冷却モジュールである。

【 0 0 2 7 】

第 10 の態様では、低温側流入路 (25) の流入口、低温側流出路 (26) の流出口、高温側流入路 (27) の流入口、及び、高温側流出路 (28) の流出口を配置しやすくなる。

【 0 0 2 8 】

本開示の第 11 の態様は、前記第 1 ~ 第 10 の態様のいずれか 1 つにおいて、前記低温側流入路 (25)、前記高温側流入路 (27)、前記低温側流出路 (26)、及び、前記高温側流出路 (28) は、前記環状収納部 (21) の内周側で封止されていることを特徴とする固体冷媒による冷却モジュールである。

【 0 0 2 9 】

第 11 の態様では、低温側流入路 (25) の流入口、高温側流入路 (27) の流入口、低温側流出路 (26) の流出口、及び、高温側流出路 (28) の流出口を全て、環状収納部 (21) の外周側に設けることができる。

【 0 0 3 0 】

本開示の第 12 の態様は、前記第 1 ~ 第 11 の態様のいずれか 1 つにおいて、前記第 1 空間 (29) と前記低温側流出路 (26) とに連通する第 3 中間流路 (35) と、前記第 2 空間 (30) と前記高温側流出路 (28) とに連通する第 4 中間流路 (37) とをさらに備えることを特徴とする固体冷媒による冷却モジュールである。

【 0 0 3 1 】

第 12 の態様では、第 3 中間流路 (35) 及び第 4 中間流路 (37) によって、死容積となる第 1 空間 (29) 及び第 2 空間 (30) を小さくすることができる。

【 0 0 3 2 】

本開示の第 13 の態様は、前記第 1 ~ 第 12 の態様のいずれか 1 つにおいて、前記固体冷媒物質 (24) は、磁気作業物質 (24) であることを特徴とする固体冷媒による冷却モジ

10

20

30

40

50

ジュールである。

【0033】

第13の態様では、優れた能力を有する磁気冷凍モジュールを構成することができる。

【0034】

本開示の第14の態様は、前記第1～第12の態様のいずれか1つの固体冷媒による冷却モジュールと、前記環状収納部(21)に対して前記環状収納部(28)の軸方向に磁場等の力場を印加する磁石等の力場発生部(15a)と、前記低温側流出路(26)と前記低温側流入路(25)との間に設けられる低温側熱交換器(60)と、前記高温側流出路(28)と前記高温側流入路(27)との間に設けられる高温側熱交換器(70)とを備え、前記低温側流入路(25)、前記高温側流入路(27)、前記低温側流出路(26)、及び、前記高温側流出路(28)はそれぞれ複数設けられ、複数の前記低温側流出路(26)と前記低温側熱交換器(60)との間、複数の前記低温側流入路(25)と前記低温側熱交換器(60)との間、複数の前記高温側流出路(28)と前記高温側熱交換器(70)との間、及び、複数の前記高温側流入路(27)と前記高温側熱交換器(70)との間にそれぞれ、流路切換弁(91,92,93,94)が設けられることを特徴とする固体冷媒による冷却システムである。

10

【0035】

第14の態様では、磁石回転型モジュールなどの磁石等の力場発生部が回転するモジュールを用いた場合にも冷凍能力の高い固体冷媒による冷却システムを提供することができる。

【0036】

本開示の第15の態様は、前記第14の態様において、前記固体冷媒物質(24)は、磁気作業物質(24)であることを特徴とする固体冷媒による冷却システムである。

20

【0037】

第15の態様では、優れた能力を有する磁気冷凍システムを構成することができる。

【図面の簡単な説明】

【0038】

【図1】図1は、実施形態1の磁気冷凍システムの構成を概略的に示す回路図である。

【図2】図2は、実施形態1の磁気冷凍モジュールを環状収納部の軸方向から見た平面図である。

【図3】図3は、実施形態1の磁気冷凍モジュールを環状収納部の径方向から見た断面図である。

30

【図4】図4は、実施形態1の磁気冷凍モジュールの収納部片を環状収納部の軸方向から見た断面図である。

【図5】図5は、実施形態1の磁気冷凍モジュールの収納部片を環状収納部の径方向外周側から見た断面図である。

【図6】図6は、実施形態1の磁気冷凍モジュールの収納部片を環状収納部の径方向内周側から見た断面図である。

【図7】図7は、実施形態2の磁気冷凍モジュールの収納部片を環状収納部の軸方向から見た平面図である。

【図8】図8は、実施形態2の磁気冷凍モジュールの収納部片を環状収納部の径方向外周側から見た端面図である。

40

【図9】図9は、実施形態2の磁気冷凍モジュールの収納部片を環状収納部の周方向から見た端面図である。

【図10】図10は、実施形態2の磁気冷凍モジュールの収納部片を環状収納部の径方向から見た断面図である。

【図11】図11は、実施形態2の磁気冷凍モジュールの収納部片において4つの分割モジュールが4直列に接続されている様子を示す図である。

【図12】図12は、図11に示す分割モジュールを接続するヘッダの外周側パッキンの平面図である。

【図13】図13は、図11に示す分割モジュールを接続するヘッダの内周側パッキンの

50

平面図である。

【図 1 4】図 1 4 は、図 1 1 に示す分割モジュールを接続するヘッダ構造体の外面図である。

【図 1 5】図 1 5 は、図 1 1 に示す分割モジュールを接続するヘッダ構造体の内面図である。

【図 1 6】図 1 6 は、図 1 1 に示す分割モジュールを接続するヘッダ構造体を環状収納部の周方向から見た断面図である。

【図 1 7】図 1 7 は、実施形態 2 の磁気冷凍モジュールの収納部片において 4 つの分割モジュールが 2 並列 2 直列に接続されている様子を示す図である。

【図 1 8】図 1 8 は、図 1 7 に示す分割モジュールを接続するヘッダの外面側パッキンの平面図である。

【図 1 9】図 1 9 は、図 1 7 に示す分割モジュールを接続するヘッダの内面側パッキンの平面図である。

【図 2 0】図 2 0 は、図 1 7 に示す分割モジュールを接続するヘッダ構造体の外面図である。

【図 2 1】図 2 1 は、図 1 7 に示す分割モジュールを接続するヘッダ構造体の内面図である。

【図 2 2】図 2 2 は、図 1 7 に示す分割モジュールを接続するヘッダ構造体を環状収納部の周方向から見た断面図である。

【図 2 3】図 2 3 は、実施形態 1 の磁気冷凍モジュールの収納部片を環状収納部の径方向外周側から見た断面構成の第 1 例を示す図である。

【図 2 4】図 2 4 は、実施形態 1 の磁気冷凍モジュールの収納部片を環状収納部の径方向内周側から見た断面構成の第 1 例を示す図である。

【図 2 5】図 2 5 は、実施形態 1 の磁気冷凍モジュールの収納部片を環状収納部の径方向外周側から見た断面構成の第 2 例を示す図である。

【図 2 6】図 2 6 は、実施形態 1 の磁気冷凍モジュールの収納部片を環状収納部の径方向内周側から見た断面構成の第 2 例を示す図である。

【図 2 7】図 2 7 は、実施形態 1 の磁気冷凍モジュールの収納部片を環状収納部の径方向外周側から見た断面構成の第 3 例を示す図である。

【図 2 8】図 2 8 は、実施形態 1 の磁気冷凍モジュールの収納部片を環状収納部の径方向内周側から見た断面構成の第 3 例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0039】

《実施形態 1》

実施形態 1 について説明する。本実施形態の磁気冷凍モジュール (20) は、磁気熱量効果を利用して熱媒体の温度を調節するものであって、例えば冷専チラーとして構成された磁気冷凍システム (10) に設けられる。磁気冷凍モジュール (20) は、熱量効果を利用して熱媒体の温度を調節する固体冷媒による冷却モジュールであり、磁気冷凍システム (10) は、熱量効果を利用して熱媒体の温度を調節する固体冷媒による冷却システムである。尚、磁気冷凍モジュール (20) の用途は、これに限られるものでももちろんない。例えば、磁気冷凍モジュール (20) は、空気調和装置に設けられていてもよい。

【0040】

- 磁気冷凍システムの構成 -

図 1 に示すように、磁気冷凍システム (10) は、磁気冷凍モジュール (20) と、低温側熱交換器 (60) と、高温側熱交換器 (70) と、熱媒体ポンプ (80) とが設けられた熱媒体回路 (11) を備える。熱媒体回路 (11) の各構成要素は、熱媒体配管を介して互いに接続されている。

【0041】

磁気冷凍モジュール (20) は、固体冷媒物質としての磁気作業物質 (24) を收容し且つ熱媒体が流れる流路 (23) を形成する收容部 (22) を有する環状収納部 (21) を備え、磁

10

20

30

40

50

気作業物質(24)に力場である磁場を印加したり除去したりすることで磁気熱量効果を生じさせ、それにより流路(23)を流れる熱媒体を加熱又は冷却する。

【0042】

図2及び図3に示すように、磁気冷凍モジュール(20)の環状収納部(21)は、例えば12個の複数の収納部片(21a~21l)から構成される。すなわち、磁気冷凍モジュール(20)は、複数の単位モジュール(20a~20l)から構成される。本実施形態では、各収納部片(21a~21l)は、例えば環状扇形状であるが、これに限定されず、扇形状又は台形状などであってもよい。各各収納部片(21a~21l)の厚さは、磁束漏れが生じ難く、且つ、必要となる収納部の体積を確保できる厚さに設定される。尚、以下の説明で収納部片(21a)と記載するときは、複数の収納部片(21a~21l)のうちの任意の収納部片を表すものとし、同様に、単位モジュール(20a)と記載するときは、複数の単位モジュール(20a~20l)のうちの任意の単位モジュールを表すものとする。

10

【0043】

環状収納部(21)の軸方向において磁気冷凍モジュール(20)を挟むように力場印加機構である磁場印加機構(15)が配置される。磁場印加機構(15)は、磁気冷凍モジュール(20)に近接して配置される環状の力場発生部である磁石(15a)と、環状の磁石(15a)を支持し且つ磁路を形成するためのヨーク(15b)とを有する。磁気冷凍モジュール(20)の中央部開口を通して環状収納部(21)の軸方向に延びるように回転機構(16)が配置される。磁場印加機構(15)は、回転機構(16)によって環状収納部(21)の周方向に回転する。磁石(15a)は、例えば、収納部片(21a)6個分の面積とオーバーラップするように配置されているため、磁場印加機構(15)の回転に伴い、励磁される単位モジュール(20a)は時々刻々変化する。これにより、磁石回転型の磁気冷凍モジュール(20)を構成することができる。尚、図1及び図2では、単位モジュール(20a,20b,20c,20g,20h,20i)が励磁されており、単位モジュール(20d,20e,20f,20j,20k,20l)が消磁されている様子を示している。

20

【0044】

図1に示すように、磁気冷凍モジュール(20)を構成する各単位モジュール(20a~20l)は、低温側流入路(25)と、低温側流出路(26)と、高温側流入路(27)と、高温側流出路(28)とを有する。各流入路(25,27)及び各流出路(26,28)は、各単位モジュール(20a~20l)の収容部(22)の内部空間(流路(23))に連通している。低温側流入路(25)から流入した熱媒体は、収容部(22)内の流路(23)を流れて高温側流出路(28)から排出される。高温側流入路(27)から流入した熱媒体は、収容部(22)内の流路(23)を流れて低温側流出路(26)から排出される。磁気冷凍モジュール(20)(単位モジュール(20a))の構成について、詳しくは後述する。

30

【0045】

低温側熱交換器(60)は、磁気冷凍モジュール(20)で冷却された熱媒体と、図示を省略する利用ユニット(例えば、エアハンドリングユニット)を流れる二次冷媒とを熱交換させるものである。低温側熱交換器(60)は、磁気冷凍モジュール(20)の低温側流出路(26)に接続された第1流入部(61)と、磁気冷凍モジュール(20)の低温側流入路(25)に接続された第1流出部(62)とを有する。

40

【0046】

ここで、各単位モジュール(20a~20l)の低温側流出路(26)と、第1流入部(61)との間の熱媒体配管には、多方切換弁から構成される第1流路切換弁(91)が設けられている。また、各単位モジュール(20a~20l)の低温側流入路(25)と、第1流出部(62)との間の熱媒体配管には、多方切換弁から構成される第2流路切換弁(92)が設けられている。

【0047】

高温側熱交換器(70)は、磁気冷凍モジュール(20)で加熱された熱媒体と、図示を省略する熱源ユニット(例えばクーリングタワー)を流れる二次冷媒とを熱交換させるものである。高温側熱交換器(70)は、磁気冷凍モジュール(20)の高温側流出路(28)に接

50

続された第2流入部(71)と、磁気冷凍モジュール(20)の高温側流入路(27)に接続された第2流出部(72)とを有する。

【0048】

ここで、各単位モジュール(20a~20l)の高温側流出路(28)と、第2流入部(71)との間の熱媒体配管には、多方切換弁から構成される第3流路切換弁(93)が設けられている。また、各単位モジュール(20a~20l)の高温側流入路(27)と、第2流出部(72)との間の熱媒体配管には、多方切換弁から構成される第4流路切換弁(94)が設けられている。

【0049】

熱媒体ポンプ(80)は、磁気冷凍モジュール(20)と各熱交換器(60,70)との間で熱媒体を流すためのものである。熱媒体ポンプ(80)は、例えば、第3流路切換弁(93)と高温側熱交換器(70)との間の熱媒体配管に設けられる。

10

【0050】

- 磁気冷凍モジュール(単位モジュール)の構成 -

図4~図6に示すように、磁気冷凍モジュール(20)を構成する単位モジュール(20a)は、収容部(22)と、低温側流入路(25)と、高温側流入路(27)と、低温側流出路(26)と、高温側流出路(28)と、これらを収容する収納部片(21a)とを備える。

【0051】

収容部(22)は、収納部片(21a)と同様に、環状扇形状に形成されている。収容部(22)は、磁気作業物質(24)を収容している。収容部(22)は、熱媒体が流れる流路(23)を形成している。流路(23)の一端は、図5及び図6における収容部(22)の上端に相当し、流路(23)の他端は、図5及び図6における収容部(22)の下端に相当している。従って、流路(23)における熱媒体の流れの大きな方向は、図5及び図6における上下方向である。この方向は、磁気冷凍モジュール(20)に印加される磁場の方向(図3参照)と実質的に一致している。

20

【0052】

低温側流入路(25)は、環状収納部(21)(収納部片(21a))の径方向に沿って延びる角筒状の流路である。低温側流入路(25)は、図4及び図5に示すように、収納部片(21a)の外周側に流入口が開き、図4及び図6に示すように、収納部片(21a)の内周側で封止されている。低温側流入路(25)は、熱媒体配管を介して低温側熱交換器(60)の第1流出部(62)に接続されている。低温側流入路(25)は、低温側熱交換器(60)から流れてきた熱媒体を、収容部(22)の流路(23)の一端へ流入させる。熱媒体は、低温側流入路(25)を、図5における手前側から奥側に向かって流れる。

30

【0053】

高温側流入路(27)は、環状収納部(21)(収納部片(21a))の径方向に沿って延びる角筒状の流路である。高温側流入路(27)は、図4及び図5に示すように、収納部片(21a)の外周側に流入口が開き、図4及び図6に示すように、収納部片(21a)の内周側で封止されている。高温側流入路(27)は、熱媒体配管を介して高温側熱交換器(70)の第2流出部(72)に接続されている。高温側流入路(27)は、高温側熱交換器(70)から流れてきた熱媒体を、収容部(22)の流路(23)の他端へ流入させる。熱媒体は、高温側流入路(27)を、図5における手前側から奥側に向かって流れる。

40

【0054】

低温側流出路(26)は、環状収納部(21)(収納部片(21a))の径方向に沿って延びる角筒状の流路である。低温側流出路(26)は、図4及び図5に示すように、収納部片(21a)の外周側に流出口が開き、図4及び図6に示すように、収納部片(21a)の内周側で封止されている。低温側流出路(26)は、熱媒体配管を介して低温側熱交換器(60)の第1流入部(61)に接続されている。低温側流出路(26)には、収容部(22)の流路(23)の一端から流出した熱媒体が流れる。熱媒体は、低温側流出路(26)を、図5における奥側から手前側に向かって流れる。

【0055】

50

高温側流出路（28）は、環状収納部（21）（収納部片（21a））の径方向に沿って延びる角筒状の流路である。高温側流出路（28）は、図4及び図5に示すように、収納部片（21a）の外周側に流出口が開口され、図4及び図6に示すように、収納部片（21a）の内周側で封止されている。高温側流出路（28）は、熱媒体配管を介して高温側熱交換器（70）の第2流入部（71）に接続されている。高温側流出路（28）には、収容部（22）の流路（23）の他端から流出した熱媒体が流れる。熱媒体は、高温側流出路（28）を、図5における奥側から手前側に向かって流れる。

【0056】

単位モジュール（20a）において、低温側流入路（25）と低温側流出路（26）との間、及び、高温側流入路（27）と高温側流出路（28）との間は、断熱材によって分離される。

10

【0057】

以上のように、本実施形態の磁気冷凍モジュール（20）（単位モジュール（20a））においては、低温側流入路（25）に流入する熱媒体の流れ方向と、低温側流出路（26）から流出する熱媒体の流れ方向とは、互いに逆である。また、高温側流入路（27）に流入する熱媒体の流れ方向と、高温側流出路（28）から流出する熱媒体の流れ方向とは、互いに逆である。また、低温側流入路（25）に流入する熱媒体の流れ方向と、高温側流入路（27）に流入する熱媒体の流れ方向とは、互いに同じである。また、低温側流出路（26）から流出する熱媒体の流れ方向と、高温側流出路（28）から流出する熱媒体の流れ方向とは、互いに同じである。

【0058】

20

さらに、本実施形態の磁気冷凍モジュール（20）（単位モジュール（20a））においては、低温側流入路（25）の流入口、前記高温側流入路（27）の流入口、低温側流出路（26）の流出口、及び、高温側流出路（28）の流出口はそれぞれ、環状収納部（21）（収納部片（21a））の外周側に設けられている。また、低温側流入路（25）、高温側流入路（27）、低温側流出路（26）、及び、高温側流出路（28）は、環状収納部（21）（収納部片（21a））の内周側で封止されている。

【0059】

図5、図6に示すように、収容部（22）の流路（23）の一端と、低温側流入路（25）及び低温側流出路（26）との間には、第1空間（29）が形成されている。この第1空間（29）は、環状収納部（21）（収納部片（21a））の径方向に沿って延びる扁平な角筒状の空間である。第1空間（29）は、収容部（22）の流路（23）の一端の全体と連通している。第1空間（29）のサイズ（例えば、幅、高さ）は、径方向に変化してもよい。例えば、環状収納部（21）（収納部片（21a））の外周側では、第1空間（29）のサイズを相対的に大きくし、環状収納部（21）（収納部片（21a））の内周側では、第1空間（29）のサイズを相対的に小さくしてもよい。

30

【0060】

低温側流入路（25）と第1空間（29）の間には、これらの両方に連通する第1スリット（31）が形成されている。この第1スリット（31）は、環状収納部（21）（収納部片（21a））の径方向に沿って延びる細長い間隙である。第1スリット（31）は、低温側流入路（25）から第1空間（29）へ向かう熱媒体の流れを広げる。つまり、第1スリット（31）が存在することにより、低温側流入路（25）を流れる熱媒体は、環状収納部（21）（収納部片（21a））の径方向において第1空間（29）の実質的に全体へ流れ込む。第1スリット（31）は、第1中間流路を構成している。第1スリット（31）のサイズ（例えば、幅、高さ）は、径方向に変化してもよい。例えば、環状収納部（21）（収納部片（21a））の外周側では、第1スリット（31）の幅（図5及び図6における左右方向の長さ）を相対的に大きくし、環状収納部（21）（収納部片（21a））の内周側では、第1スリット（31）の幅を相対的に小さくしてもよい。

40

【0061】

低温側流出路（26）と第1空間（29）の間には、これらの両方に連通する第3スリット（35）が形成されている。この第3スリット（35）は、環状収納部（21）（収納部片（

50

21a)) の径方向に沿って延びる細長い間隙である。第3スリット(35)は、第1空間(29)から低温側流出路(26)へ熱媒体がスムーズに流れるようにする。第3スリット(35)は、第3中間流路を構成している。第3スリット(35)のサイズ(例えば、幅、高さ)は、径方向に変化してもよい。例えば、環状収納部(21)(収納部片(21a))の外周側では、第3スリット(35)の幅(図5及び図6における左右方向の長さ)を相対的に大きくし、環状収納部(21)(収納部片(21a))の内周側では、第3スリット(35)の幅を相対的に小さくしてもよい。

【0062】

第1スリット(31)及び第3スリット(35)は、収容部(22)の流路(23)における熱媒体の大まかな流れ方向と直交する方向(すなわち、図5及び図6における左右方向)において、収容部(22)の両端付近に配置されている。具体的には、第1スリット(31)は、単位モジュール(20a)の上部左側に配置された低温側流入路(25)の下端と、第1空間(29)の左端付近の部分とを互いに連通させている。また、第3スリット(35)は、単位モジュール(20a)の上部右側に配置された低温側流出路(26)の下端と、第1空間(29)の右端付近の部分とを互いに連通させている。

【0063】

収容部(22)の流路(23)の他端と、高温側流入路(27)及び高温側流出路(28)の間には、第2空間(30)が形成されている。この第2空間(30)は、環状収納部(21)(収納部片(21a))の径方向に沿って延びる扁平な角筒状の空間である。第2空間(30)は、収容部(22)の流路(23)の他端の全体と連通している。第2空間(30)のサイズ(例えば、幅、高さ)は、径方向に変化してもよい。例えば、環状収納部(21)(収納部片(21a))の外周側では、第2空間(30)のサイズを相対的に大きくし、環状収納部(21)(収納部片(21a))の内周側では、第2空間(30)のサイズを相対的に小さくしてもよい。

【0064】

高温側流入路(27)と第2空間(30)の間には、これらの両方に連通する第2スリット(33)が形成されている。この第2スリット(33)は、環状収納部(21)(収納部片(21a))の径方向に沿って延びる細長い間隙である。第2スリット(33)は、高温側流入路(27)から第2空間(30)へ向かう熱媒体の流れを広げる。つまり、第2スリット(33)が存在することにより、高温側流入路(27)を流れる熱媒体は、環状収納部(21)(収納部片(21a))の径方向において第2空間(30)の実質的に全体へ流れ込む。第2スリット(33)は、第2中間流路を構成している。第2スリット(33)のサイズ(例えば、幅、高さ)は、径方向に変化してもよい。例えば、環状収納部(21)(収納部片(21a))の外周側では、第2スリット(33)の幅(図5及び図6における左右方向の長さ)を相対的に大きくし、環状収納部(21)(収納部片(21a))の内周側では、第2スリット(33)の幅を相対的に小さくしてもよい。

【0065】

高温側流出路(28)と第2空間(30)の間には、これらの両方に連通する第4スリット(37)が形成されている。この第4スリット(37)は、環状収納部(21)(収納部片(21a))の径方向に沿って延びる細長い間隙である。第4スリット(37)は、第2空間(30)から高温側流出路(28)へ熱媒体がスムーズに流れるようにする。第4スリット(37)は、第4中間流路を構成している。第4スリット(37)のサイズ(例えば、幅、高さ)は、径方向に変化してもよい。例えば、環状収納部(21)(収納部片(21a))の外周側では、第4スリット(37)の幅(図5及び図6における左右方向の長さ)を相対的に大きくし、環状収納部(21)(収納部片(21a))の内周側では、第4スリット(37)の幅を相対的に小さくしてもよい。

【0066】

第2スリット(33)及び第4スリット(37)は、収容部(22)の流路(23)における熱媒体の大まかな流れ方向と直交する方向(すなわち、図5及び図6における左右方向)において、収容部(22)の両端付近に配置されている。具体的には、第2スリット(33)

10

20

30

40

50

)は、単位モジュール(20a)の下部左側に配置された高温側流入路(27)の上端と、第2空間(30)の左端付近とを互いに連通させている。また、第4スリット(37)は、単位モジュール(20a)の下部右側に配置された高温側流出路(28)の上端と、第2空間(30)の右端付近の部分とを互いに連通させている。

【0067】

尚、単位モジュール(20a)において、第1空間(29)と第2空間(30)とは、収容部(22)に印加される磁場の方向(すなわち、図5及び図6における上下方向)において収容部(22)を挟むように配置されている。つまり、第1空間(29)は収容部(22)の上方に、第2空間(30)は収容部(22)の下方に、それぞれ配置されている。

【0068】

収納部片(21a)は、単位モジュール(20a)の外側部分を構成する部材である。収納部片(21a)は、収容部(22)と、低温側及び高温側流入路(25,27)と、低温側及び高温側流出路(26,28)と、第1及び第2空間(29,30)と、第1～第4スリット(31,33,35,37)とを収容している。

【0069】

収納部片(21a)において、低温側流入路及び流出路(25,26)を囲む部分(すなわち、図5及び図6における上側部分)と、高温側流入路及び流出路(27,28)を囲む部分(すなわち、図5及び図6における下側部分)とは、磁性材料(例えば電磁鋼板)で構成されている。収納部片(21a)におけるこれら两部分の間は、非磁性材料で構成されている。この非磁性材料は、低温側流入路及び流出路(25,26)を囲む部分と、高温側流入路及び流出路(27,28)を囲む部分とを構成する磁性材料よりも熱伝導率が低い。この非磁性材料で構成された部分は、磁場の短絡抑止部となると共に、高温側から低温側への熱漏れを防止する。

【0070】

- 磁気冷凍システムにおける熱媒体の流れ -

図1に示す磁気冷凍システム(10)においては、流路切換弁(91,92,93,94)を制御すると共に、当該制御動作に対応させて磁気冷凍モジュール(20)(単位モジュール(20a～20l))の収容部(22)に磁場を印加したり除去したりすることによって、冷熱を供給する。

【0071】

以下、図1及び図2に示すように、単位モジュール(20a,20b,20c,20g,20h,20i)が励磁されており、且つ、単位モジュール(20d,20e,20f,20j,20k,20l)が消磁されている場合を例として、具体的に説明する。尚、図1では、熱媒体の流れを矢印で示している。

【0072】

まず、低温側熱交換器(60)の第1流出部(62)から流れ出た熱媒体は、第2流路切換弁(92)の制御により、励磁されている単位モジュール(20a,20b,20c,20g,20h,20i)の低温側流入路(25)に選択的に流入する。この熱媒体は、単位モジュール(20a,20b,20c,20g,20h,20i)において、第1スリット(31)、第1空間(29)を経て、収容部(22)の流路(23)において発熱状態の磁気作業物質(24)と熱交換して加熱され、第2空間(30)、第4スリット(37)を経て高温側流出路(28)から流れ出る。

【0073】

単位モジュール(20a,20b,20c,20g,20h,20i)の高温側流出路(28)から流れ出た熱媒体は、第3流路切換弁(93)の制御により、熱媒体ポンプ(80)を経て、高温側熱交換器(70)の第2流入部(71)に流入する。この熱媒体は、例えばクーリングタワー等の熱源ユニット(図示省略)を流れる二次冷媒と熱交換し、高温側熱交換器(70)の第2流出部(72)から流出する。

【0074】

高温側熱交換器(70)の第2流出部(72)から流れ出た熱媒体は、第4流路切換弁(94)の制御により、消磁されている単位モジュール(20d,20e,20f,20j,20k,20l)の高温側流入路(27)に選択的に流入する。この熱媒体は、単位モジュール(20d,20e,20f,20j,20

10

20

30

40

50

k,20l)において、第2スリット(33)、第2空間(30)を経て、収容部(22)の流路(23)において吸熱状態の磁気作業物質(24)と熱交換して冷却され、第1空間(29)、第3スリット(35)を経て低温側流出路(26)から流出する。

【0075】

単位モジュール(20d,20e,20f,20j,20k,20l)の低温側流出路(26)から流れ出た熱媒体は、第1流路切換弁(91)の制御により、低温側熱交換器(60)の第1流入部(61)に流入する。この熱媒体は、例えばエアハンドリングユニット等の利用ユニット(図示省略)を流れる二次冷媒と熱交換し、低温側熱交換器(60)の第1流出部(61)から流出する。

【0076】

本実施形態では、磁場印加機構(15)により励磁したり消磁したりする単位モジュール(20a)を選択的に変えながら、以上に説明した熱媒体の流れ制御を繰り返し行う。

【0077】

- 実施形態1の効果 -

以上に説明したように、本実施形態の磁気冷凍モジュール(20)では、熱媒体が、低温側から高温側へ、又は、高温側から低温側へ流れる。具体的には、磁気冷凍モジュール(20)を構成する各単位モジュール(20a~20l)において、熱媒体は、低温側流入路(25)、第1スリット(第1中間流路)(31)、第1空間(29)、収容部(22)(流路(23))及び高温側流出路(28)の順に流れるか、又は、高温側流入路(27)、第2スリット(第2中間流路)(33)、第2空間(30)、収容部(22)(流路(23))及び低温側流出路(26)の順に流れる。

【0078】

ここで、低温側流入路(25)から第1中間流路(31)を介して第1空間(29)へ向かう熱媒体の流れは、第1中間流路(31)によって広げられるので、第1空間(29)の広い範囲に熱媒体が流れ込む。このため、死容積を構成し得る第1空間(29)を比較的小さくしても、それに続く収容部(22)の流路(23)に広く均一に熱媒体が流れるので、磁気冷凍モジュール(20)の能力を向上させることができる。

【0079】

また、高温側流入路(27)から第2中間流路(33)を介して第2空間(30)へ向かう熱媒体の流れは、第2中間流路(33)によって広げられるので、第2空間(30)の広い範囲に熱媒体が流れ込む。このため、死容積を構成し得る第2空間(30)を比較的小さくしても、それに続く収容部(22)の流路(23)にも広く均一に熱媒体が流れるので、磁気冷凍モジュール(20)の能力を向上させることができる。

【0080】

さらに、収容部(22)等が環状収納部(21)(収納部片(21a))に設けられるため、磁石回転型に適用した場合にも無駄な空間を削減できるので、磁気冷凍モジュール(20)の能力を向上させることができる。

【0081】

また、本実施形態の磁気冷凍モジュール(20)では、磁気抵抗を低減するために、モジュール内部に磁路が配置されると共に、磁路上に、低温側流入路及び流出路(25,26)や高温側流入路及び流出路(27,28)が位置する。ここで、収容部(22)(つまり磁気作業物質(24))の上下に低温側流入路及び流出路(25,26)や高温側流入路及び流出路(27,28)を配置することによって、磁場に対する磁気作業物質(24)の占有率を上げている。また、低温側流入路及び流出路(25,26)や高温側流入路及び流出路(27,28)が、単位モジュール(20a)毎に設置されていると共に、断熱材を挟んで互いに分割されるため、低温側流入路及び流出路(25,26)や高温側流入路及び流出路(27,28)の間での熱漏れを防ぐことができる。また、低温側流入路及び流出路(25,26)や高温側流入路及び流出路(27,28)は、単位モジュール(20a)毎に別個に径方向に細長く延伸しているため、一体型の磁路を構成した場合のような渦電流による損失も防ぐことができる。さらに、低温側流入路及び流出路(25,26)や高温側流入路及び流出路(27,28)が、磁気飽和を起こさない

10

20

30

40

50

ような形状、例えば角筒状をしており、収容部(22)(つまり磁気作業物質(24))に面する部分、及び、磁場印加機構(15)に面する部分は、磁気抵抗を下げるために、相対的に広く構成されている。

【0082】

また、本実施形態の磁気冷凍モジュール(20)では、環状収納部(21)は、複数の収納部片(21a~21l)から構成され、複数の収納部片(21a~21l)のそれぞれに、収容部(22)、低温側流入路(25)、高温側流入路(27)、低温側流出路(26)、高温側流出路(28)、第1空間(29)、第2空間(30)、第1中間流路(31)、及び、第2中間流路(33)が設けられる。このため、環状収納部(21)を一体成形する場合と比較して、環状収納部(21)の構成が容易になる。また、この場合、複数の収納部片(21a~21l)が、環状扇形状、扇形状又は台形状であると、複数の収納部片(21a~21l)から環状収納部(21)を構成しやすくなる。

10

【0083】

また、本実施形態の磁気冷凍モジュール(20)では、環状収納部(21)は、軸方向に磁場が印加されるように構成され、第1空間(29)と第2空間(30)とは、環状収納部(21)に印加される磁場の方向において流路(23)(収容部(22))を挟むように配置される。このため、第1空間(29)から収容部(22)を介して第2空間(30)へ向かう熱媒体の流れ方向、及び、その逆の熱媒体の流れ方向の両方が、環状収納部(21)に印加される磁場の方向と実質的に平行になる。

【0084】

20

また、本実施形態の磁気冷凍モジュール(20)では、低温側流入路(25)に流入する熱媒体の流れ方向と、低温側流出路(26)から流出する熱媒体の流れ方向とは、互いに逆であり、高温側流入路(27)に流入する熱媒体の流れ方向と、高温側流出路(28)から流出する熱媒体の流れ方向とは、互いに逆であり、低温側流入路(25)に流入する熱媒体の流れ方向と、高温側流入路(27)に流入する熱媒体の流れ方向とは、互いに同じであり、低温側流出路(26)から流出する熱媒体の流れ方向と、高温側流出路(28)から流出する熱媒体の流れ方向とは、互いに同じである。このため、低温側流入路(25)の流入口、低温側流出路(26)の流出口、高温側流入路(27)の流入口、及び、高温側流出路(28)の流出口を全て、磁気冷凍モジュール(20)(単位モジュール(20a))の同じ側に配置できる。

30

【0085】

また、本実施形態の磁気冷凍モジュール(20)では、低温側流入路(25)の流入口、高温側流入路(27)の流入口、低温側流出路(26)の流出口、及び、高温側流出路(28)の流出口はそれぞれ、環状収納部(21)(収納部片(21a))の外周側に設けられている。このため、環状収納部(21)(収納部片(21a))の内周側に配置する場合と比べて、低温側流入路(25)の流入口、低温側流出路(26)の流出口、高温側流入路(27)の流入口、及び、高温側流出路(28)の流出口を配置しやすくなる。

【0086】

また、本実施形態の磁気冷凍モジュール(20)では、低温側流入路(25)、高温側流入路(27)、低温側流出路(26)、及び、高温側流出路(28)は、環状収納部(21)の内周側で封止されている。このため、低温側流入路(25)の流入口、高温側流入路(27)の流入口、低温側流出路(26)の流出口、及び、高温側流出路(28)の流出口を全て、環状収納部(21)の外周側に設けることができる。

40

【0087】

また、本実施形態の磁気冷凍モジュール(20)では、第1空間(29)と低温側流出路(26)とに連通する第3スリット(第3中間流路)(35)と、第2空間(30)と高温側流出路(28)とに連通する第4スリット(第4中間流路)(37)とをさらに備える。このため、第1中間流路(31)及び第2中間流路(33)と同様に、第3中間流路(35)及び第4中間流路(37)によって、死容積となる第1空間(29)及び第2空間(30)を小さくすることができる。

50

【 0 0 8 8 】

また、本実施形態の磁気冷凍システム（10）は、磁気冷凍モジュール（20）と、磁場印加機構（15）と、低温側熱交換器（60）と、高温側熱交換器（70）とを備え、各単位モジュール（20a～20l）の低温側流出路（26）と低温側熱交換器（60）との間、各単位モジュール（20a～20l）の低温側流入路（25）と低温側熱交換器（60）との間、各単位モジュール（20a～20l）の高温側流出路（28）と高温側熱交換器（70）との間、及び、各単位モジュール（20a～20l）の高温側流入路（27）と高温側熱交換器（70）との間にそれぞれ、流路切換弁（91,92,93,94）が設けられる。このため、磁石回転型に適用した場合にも磁気冷凍能力の高い磁気冷凍システム（10）を提供することができる。

【 0 0 8 9 】

《実施形態2》

実施形態2について説明する。本実施形態の磁気冷凍モジュール（20）は、収納部片（21a）に複数の分割モジュール（100）が収納され、複数の分割モジュール（100）を互いに並列及び/又は直列に接続するヘッダ（40）をさらに備える点で、前記実施形態1と異なる。以下、前記実施形態1と異なる点について主に説明する。

【 0 0 9 0 】

図7～図9に示すように、本実施形態の磁気冷凍モジュール（20）構成する単位モジュール（20a）は、複数（例えば4個）の分割モジュール（100）を有し、単位モジュール（20a）の外周側に、複数の分割モジュール（100）を互いに並列又は直列に接続するヘッダ（40）が設けられている。ヘッダ（40）は、単位モジュール（20a）の外周面に接する内面側パッキン（46）と、内面側パッキン（46）の外周側に接し且つ並列流路及び/又は直列流路を形成するヘッダ構造体（47）と、ヘッダ構造体（47）の外周側に接する外面側パッキン（48）とを有する。内面側パッキン（46）、ヘッダ構造体（47）及び外面側パッキン（48）は、ヘッダケース（41）に収納されている。

【 0 0 9 1 】

ヘッダケース（41）の外周側には、外面側パッキン（48）から外周方向にそれぞれ延びる低温側流入管（42）、低温側流出管（43）、高温側流入管（44）及び高温側流出管（45）の各端部が突出している。本実施形態では、実施形態1の低温側流入路（25）、低温側流出路（26）、高温側流入路（27）及び高温側流出路（28）に代わり、低温側流入管（42）、低温側流出管（43）、高温側流入管（44）及び高温側流出管（45）が、図1に示す磁気冷凍システム（10）の低温側熱交換器（60）及び高温側熱交換器（70）と接続される。

【 0 0 9 2 】

また、図10に示すように、本実施形態の単位モジュール（20a）を構成する各分割モジュール（100）は、図4～図6に示す実施形態1の単位モジュール（20a）と基本的に同様の構成を有している。すなわち、各分割モジュール（100）は、実施形態1の収容部（22）と同様の収容部（102）を有する。収容部（102）は、磁気作業物質（104）を収容し、熱媒体が流れる流路（103）を形成する。また、各分割モジュール（100）は、収容部（102）の上下にそれぞれ、実施形態1の低温側流入路（25）、高温側流入路（27）、低温側流出路（26）及び高温側流出路（28）のいずれかに相当する一对の流入出路（105）と、実施形態1の第1スリット（第1中間流路）（31）、第2スリット（第2中間流路）（33）、第3スリット（第3中間流路）（35）及び第4スリット（第4中間流路）（37）のいずれかに相当する一对の中間流路（106）と、実施形態1の第1空間（29）及び第2空間（30）のいずれかに相当する分配空間（107）とを有する。尚、一对の流入出路（105）の間は、磁性材料（108）及び断熱材（109）によって分離されている。

【 0 0 9 3 】

本実施形態では、ヘッダ（40）の構成を変更することにより、複数の分割モジュール（100）の接続状態を変更することができる。

【 0 0 9 4 】

例えば、図11に示すように、分割モジュール（100）が4直列に接続される場合、分割モジュール（100）に磁場を印加した状態で、高温側から流入した熱媒体は、最初（高

10

20

30

40

50

温側)の分割モジュール(100)において、流入出路(105)、中間流路(106)、分配空間(107)、収容部(102)(磁気作業物質(104))、分配空間(107)、中間流路(106)、流入出路(105)の順に流れ、流入出路(105)における図11の奥側が封止されているため、図11の手前側より流出する。流出した熱媒体は、次の分割モジュール(100)の流入出路(105)における図11の手前側より流入し、最初(高温側)の分割モジュール(100)と同様に、流入出路(105)、中間流路(106)、分配空間(107)、収容部(102)(磁気作業物質(104))、分配空間(107)、中間流路(106)、流入出路(105)の順に流れ、流入出路(105)における図11の奥側が封止されているため、図11の手前側より流出する。以上のような熱媒体の流れが残りの分割モジュール(100)でも繰り返され、最終的に低温側の分割モジュール(100)から低温側に排出される。

10

【0095】

次に、分割モジュール(100)から磁場が除去された状態では、低温側から分割モジュール(100)に流入した熱媒体は、前述と同様の経路を通過して、高温側に排出される。

【0096】

図12に示すように、図11に示す4つの分割モジュール(100)を接続するヘッダ(40)の外面側パッキン(48)には、図7~図9に示す低温側流入管(42)、低温側流出管(43)、高温側流入管(44)及び高温側流出管(45)と接続する第1開口部(51)が設けられている。

【0097】

図13に示すように、図11に示す4つの分割モジュール(100)を接続するヘッダ(40)の内面側パッキン(46)には、各分割モジュール(100)の流入出路(105)の開口部と接続する第2開口部(52)が設けられている。第2開口部(52)は、図11に示す接続状態が達成されるように設けられる。

20

【0098】

図14~図16に示すように、図11に示す分割モジュール(100)を接続するヘッダ(40)のヘッダ構造体(47)においては、外面側パッキン(48)との接触面側に第1開口部(51)と接続する第3開口部(53)が設けられ、内面側パッキン(46)との接触面側に第2開口部(52)と接続する第4開口部(54)が設けられる。第3開口部(53)と第4開口部(54)とは、図11に示す接続状態が達成されるように連通する。

【0099】

また、例えば、図17に示すように、分割モジュール(100)が2並列2直列に接続される場合、分割モジュール(100)に磁場を印加した状態で、高温側から流入した熱媒体は2つに分流され、2つ(高温側)の分割モジュール(100)において、流入出路(105)、中間流路(106)、分配空間(107)、収容部(102)(磁気作業物質(104))、分配空間(107)、中間流路(106)、流入出路(105)の順に流れ、流入出路(105)における図17の奥側が封止されているため、図17の手前側より流出する。流出した2つの熱媒体は一旦合流した後、次の2つ(低温側)の分割モジュール(100)の流入出路(105)(図17の手前側)に流入させるために再び2つに分流され、当該各分割モジュール(100)において、高温側の分割モジュール(100)と同様に、流入出路(105)、中間流路(106)、分配空間(107)、収容部(102)(磁気作業物質(104))、分配空間(107)、中間流路(106)、流入出路(105)の順に流れ、流入出路(105)における図17の奥側が封止されているため、図17の手前側より流出し、合流して低温側に排出される。

30

40

【0100】

次に、分割モジュール(100)から磁場が除去された状態では、低温側から分割モジュール(100)に流入した熱媒体は、前述と同様の経路を通過して、高温側に排出される。

【0101】

図18に示すように、図17に示す4つの分割モジュール(100)を接続するヘッダ(40)の外面側パッキン(48)には、図7~図9に示す低温側流入管(42)、低温側流出管(43)、高温側流入管(44)及び高温側流出管(45)と接続する第1開口部(51)が設けられている。

50

【 0 1 0 2 】

図 1 9 に示すように、図 1 7 に示す 4 つの分割モジュール (100) を接続するヘッダ (40) の内面側パッキン (46) には、各分割モジュール (100) の流入出路 (105) の開口部と接続する第 2 開口部 (52) が設けられている。第 2 開口部 (52) は、図 1 7 に示す接続状態が達成されるように設けられる。

【 0 1 0 3 】

図 2 0 ~ 図 2 2 に示すように、図 1 7 に示す分割モジュール (100) を接続するヘッダ (40) のヘッダ構造体 (47) においては、外面側パッキン (48) との接触面側に第 1 開口部 (51) と接続する第 3 開口部 (53) が設けられ、内面側パッキン (46) との接触面側に第 2 開口部 (52) と接続する第 4 開口部 (54) が設けられる。第 3 開口部 (53) と第 4 開口部 (54) とは、図 1 1 に示す接続状態が達成されるように連通する。

10

【 0 1 0 4 】

- 実施形態 2 の効果 -

以上に説明した本実施形態によると、実施形態 1 と同様の効果に加えて、以下のような効果を得ることができる。すなわち、収納部片 (21a) には複数の分割モジュール (100) が収納され、複数の分割モジュール (100) を互いに並列及び / 又は直列に接続するヘッダ (40) をさらに備える。このため、分割前と比較して、死容積をさらに小さくすることが可能になると共に、収納部片 (21a) における磁路が分割モジュール (100) によって細長く分割されるので、渦電流に起因する損失を低減することができる。

【 0 1 0 5 】

《その他の実施形態》

前記各実施形態では、磁気冷凍モジュール (20) を磁石回転型に適用したが、これに代えて、磁気冷凍モジュール (20) を回転させてもよい。

20

【 0 1 0 6 】

また、前記各実施形態では、磁気冷凍モジュール (20) に対して、環状収納部 (21) の軸方向から磁場を印加したが、これに代えて、他の方向、例えば、環状収納部 (21) の径方向から磁場を印加してもよい。

【 0 1 0 7 】

また、前記各実施形態では、磁気冷凍モジュール (20) における熱媒体の流れの向き、各スリット (中間流路) (31, 33, 35, 37, 106) 及び空間 (29, 30, 107) の位置及び形状、収容部 (22, 102) に印加される磁場の向き、環状収納部 (21) の構成などは、特に限定されない。例えば、スリット (31, 33, 35, 37, 106) に代えて、管体を用いてもよい。また、低温側流入路 (25)、低温側流出路 (26)、高温側流入路 (27)、高温側流出路 (28)、流入出路 (105) の位置、形状、開口位置、封止位置なども特に限定されない。

30

【 0 1 0 8 】

また、前記実施形態 1 では、環状収納部 (21) (収納部片 (21a)) の外周側で、空間 (29, 30) 及びスリット (31, 33, 35, 37) の幅 (周方向寸法) を相対的に大きくし、環状収納部 (21) (収納部片 (21a)) の内周側では、当該周方向寸法を相対的に小さくした。しかし、これに限定されることなく、環状収納部 (21) の内周側から外周側に向けて空間 (29, 30) 及び / 又はスリット (31, 33, 35, 37) の周方向寸法及び軸方向寸法の少なくとも一方を変化させてもよい。

40

【 0 1 0 9 】

例えば図 2 3 及び図 2 4 に示す第 1 例のように、空間 (29, 30) の周方向寸法 a、及び、スリット (31, 33, 35, 37) の周方向寸法 c は、外周に向かって拡大し、空間 (29, 30) の軸方向 (つまり磁場方向) 寸法 b、及び、スリット (31, 33, 35, 37) の軸方向寸法 d は、一定としてもよい。これにより、空間 (29, 30) の容積と、収容部 (22) (磁気作業物質 (24)) の容積との比率が、径方向で一定となると共に、スリット (中間流路) (31, 33, 35, 37) を通過する熱媒体の流速もほぼ一定となる。このため、磁気作業物質 (24) を通過する熱媒体の流速が、径方向にほぼ一定となり、流れの偏流を防ぐことができる。

【 0 1 1 0 】

50

また、例えば図 2 5 及び図 2 6 に示す第 2 例のように、空間 (29,30) の周方向寸法 a、スリット (31,33,35,37) の周方向寸法 c、及び、空間 (29,30) の軸方向寸法 b は、外周に向かって拡大し、スリット (31,33,35,37) の軸方向寸法 d は、一定としてもよい。内周側では、空間 (29,30) を通過する熱媒体の流速が、外周側と比べて小さく圧損が低いために、内周側の方が磁気作業物質 (24) を通過する熱媒体の流速が増加する可能性がある。しかし、空間 (29,30) の軸方向寸法 b を外周に向かって拡大することで、空間 (29,30) を通過する熱媒体の流速が径方向でほぼ一定となり、磁気作業物質 (24) を通過する熱媒体の流速も径方向にほぼ一定となるため、流れの偏流を防ぐことができる。

【 0 1 1 1 】

また、例えば図 2 7 及び図 2 8 に示す第 3 例のように、空間 (29,30) の周方向寸法 a、スリット (31,33,35,37) の周方向寸法 c、及び、空間 (29,30) の軸方向寸法 b は、外周に向かって拡大し、スリット (31,33,35,37) の軸方向寸法 d は、外周に向かって縮小してもよい。これにより、内周側のスリット (中間流路) (31,33,35,37) の圧力損失が増加するため、前記第 2 例よりもさらに内周側の磁気作業物質 (24) を通過する熱媒体の流速の増加を抑制することができるので、流れの偏流を防ぐことができる。

【 0 1 1 2 】

尚、実際の寸法は、各流入出路の寸法や圧力損失なども含めて決定されるため、前記第 1 ~ 3 例以外の寸法となる場合もある。また、前記実施形態 2 でも、前記実施形態 1 と同様に、環状収納部 (21) の内周側から外周側に向けて各空間 (107) 及び / 又は各中間流路 (106) の周方向寸法及び軸方向寸法の少なくとも一方を変化させてもよい。

【 0 1 1 3 】

前記実施形態では、磁気冷凍モジュール及び磁気冷凍システムについて例示してきたが、固体冷媒による冷却モジュールや冷却システムは、磁気作業物質 (24) に磁気熱量効果を誘発する磁気冷凍以外の他の方式を用いたものであってもよい。尚、本開示において、固体冷媒物質には、柔軟結晶などの液体と固体の中間の性質を有するものも含む。

【 0 1 1 4 】

他の方式の固体冷媒による冷却モジュールや冷却システムとしては、例えば、1) 固体冷媒物質に電気熱量効果を誘発する方式、2) 固体冷媒物質に圧力熱量効果を誘発する方式、3) 固体冷媒物質に弾性熱量効果を誘発する方式のものが挙げられる。

【 0 1 1 5 】

1) の方式の固体冷媒による冷却モジュールや冷却システムでは、力場発生部 (以下、誘発部ともいう) が固体冷媒物質に電場変動を付与する。これにより、固体冷媒物質が強誘電体から常誘電体へ相転移するなどして、固体冷媒物質が発熱又は吸熱する。

【 0 1 1 6 】

2) の方式の固体冷媒による冷却モジュールや冷却システムでは、誘発部が固体冷媒物質に圧力変動を付与することによって、固体冷媒物質が相転移して発熱又は吸熱する。

【 0 1 1 7 】

3) の方式の固体冷媒による冷却モジュールや冷却システムでは、誘発部が固体冷媒物質に応力変動を付与することによって、固体冷媒物質が相転移して発熱又は吸熱する。

【 0 1 1 8 】

以上、実施形態及び変形例を説明したが、特許請求の範囲の趣旨及び範囲から逸脱することなく、形態や詳細の多様な変更が可能なのが理解されるであろう。また、以上の実施形態及び変形例は、本開示の対象の機能を損なわない限り、適宜組み合わせたり、置換したりしてもよい。

【産業上の利用可能性】

【 0 1 1 9 】

以上に説明したように、本開示は、固体冷媒による冷却モジュール、特に磁気冷凍モジュール、及び固体冷媒による冷却システム、特に磁気冷凍システムについて有用である。

【符号の説明】

【 0 1 2 0 】

10

20

30

40

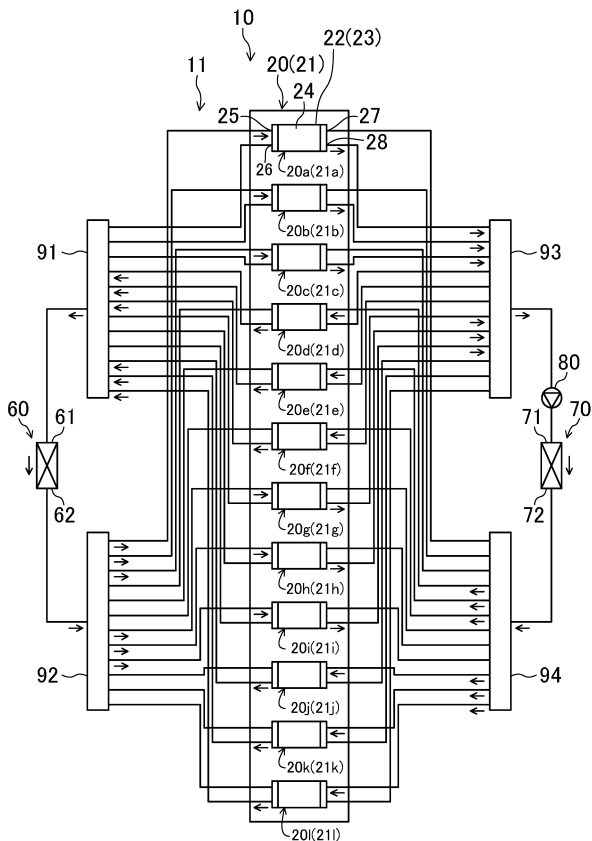
50

- 10 磁気冷凍システム（固体冷媒による冷却システム）
- 15a 磁石（力場発生部）
- 20 磁気冷凍モジュール（固体冷媒による冷却モジュール）
- 21 環状収納部
- 21a ~ 21l 収納部片
- 22 収容部
- 23 流路
- 24 磁気作業物質（固体冷媒物質）
- 25 低温側流入路
- 26 低温側流出路
- 27 高温側流入路
- 28 高温側流出路
- 29 第1空間
- 30 第2空間
- 31 第1スリット（第1中間流路）
- 33 第2スリット（第2中間流路）
- 35 第3スリット（第3中間流路）
- 37 第4スリット（第4中間流路）
- 40 ヘッダ
- 60 低温側熱交換器
- 70 高温側熱交換器
- 91,92,93,94 流路切換弁
- 100 分割モジュール

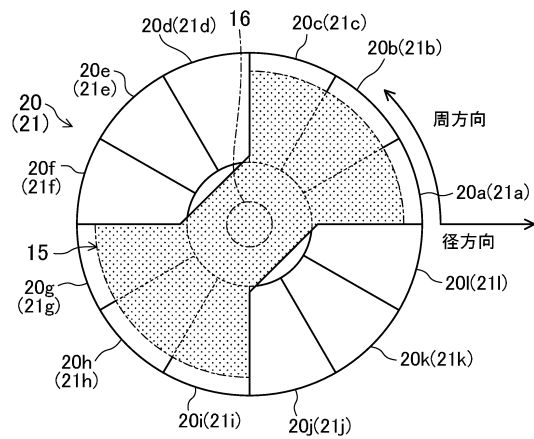
10

20

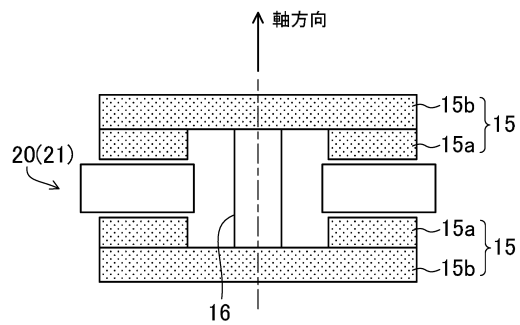
【図1】



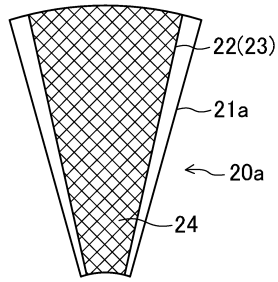
【図2】



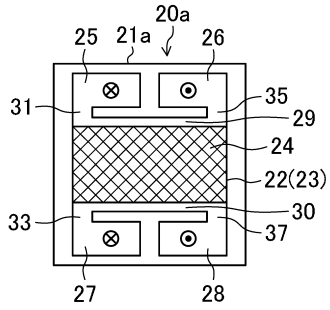
【図3】



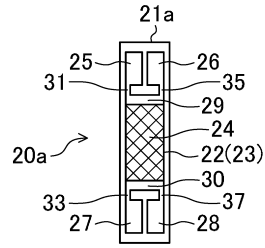
【図4】



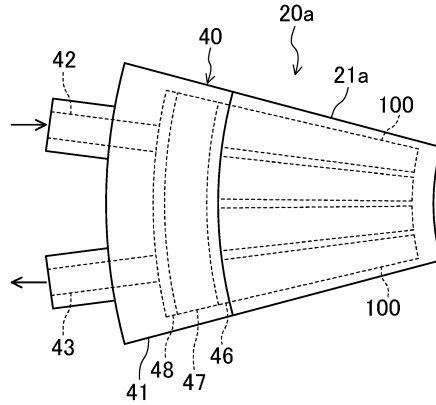
【図5】



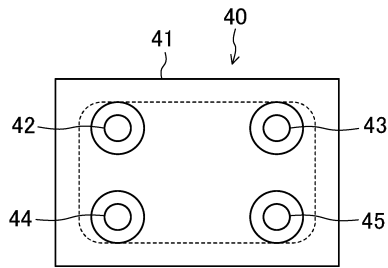
【図6】



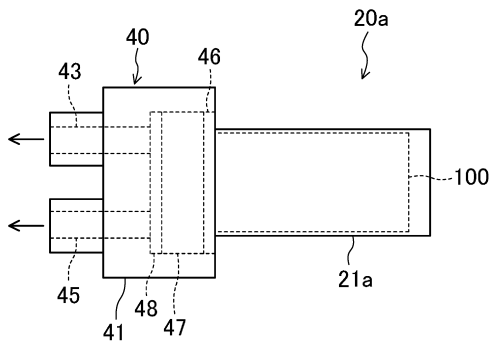
【図7】



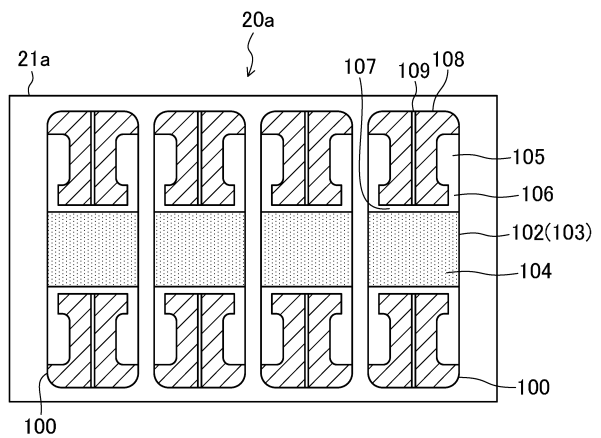
【図8】



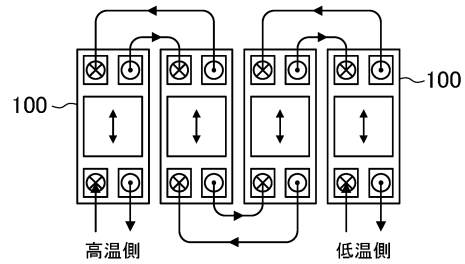
【図9】



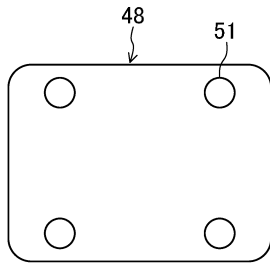
【図10】



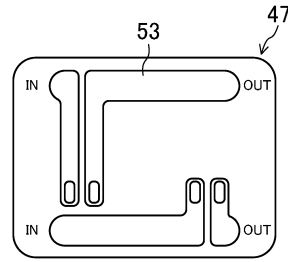
【図11】



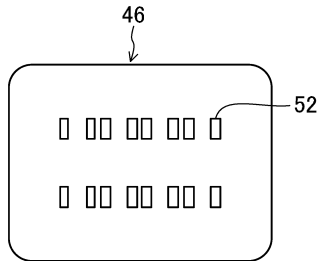
【図 1 2】



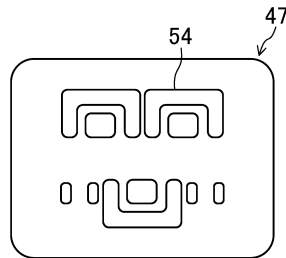
【図 1 4】



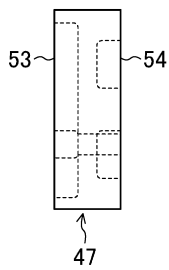
【図 1 3】



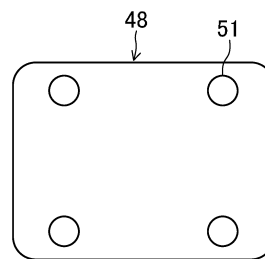
【図 1 5】



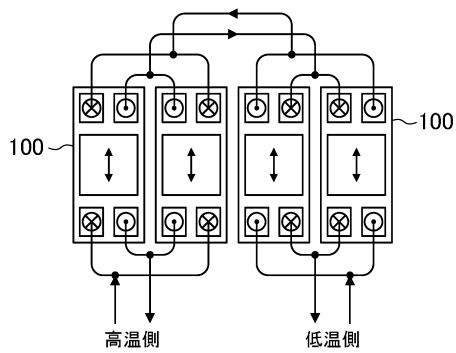
【図 1 6】



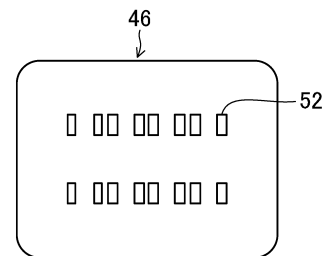
【図 1 8】



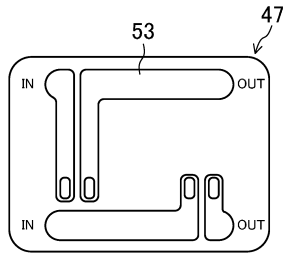
【図 1 7】



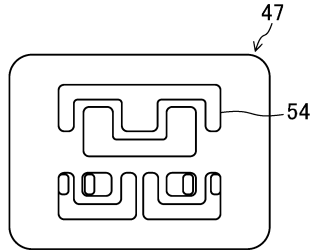
【図 1 9】



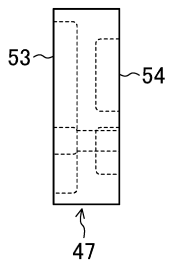
【図 20】



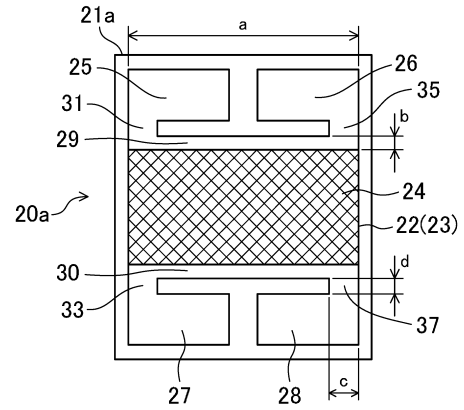
【図 21】



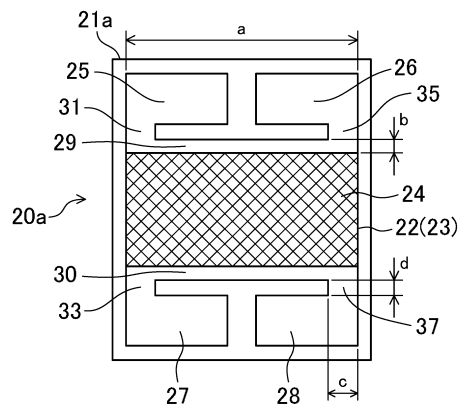
【図 22】



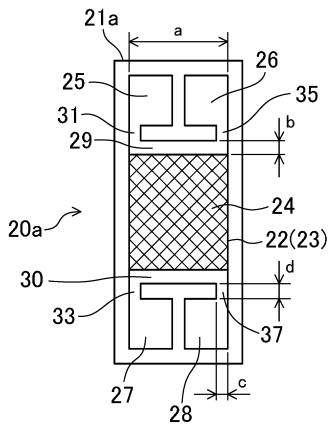
【図 23】



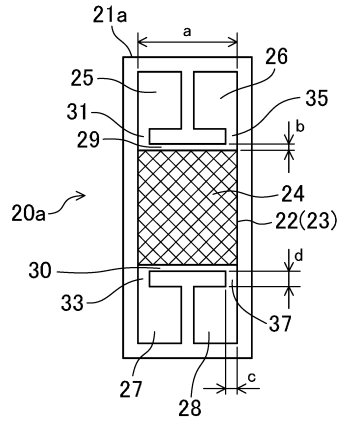
【図 25】



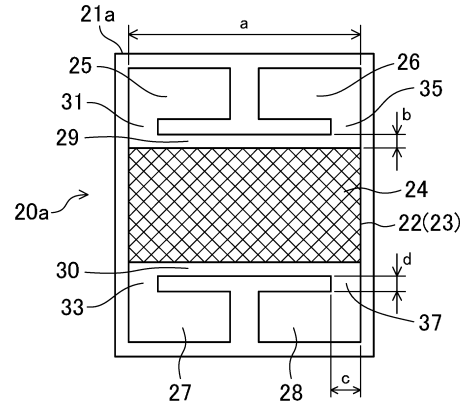
【図 24】



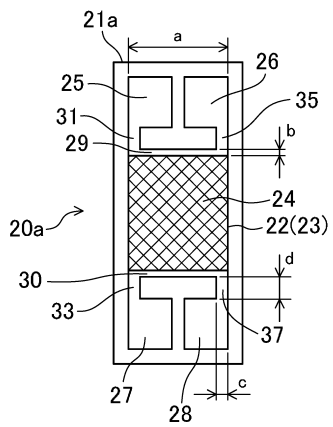
【図 26】



【図 27】



【図 28】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特表2017-501364(JP,A)
中国特許出願公開第110715470(CN,A)
特開2020-041791(JP,A)
中国特許出願公開第110375459(CN,A)
特表2014-518371(JP,A)
特開2020-026949(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F25B 21/00