(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
2024年4月4日(04.04.2024)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2024/070090 A1

(51) 国際特許分類:
F25B 21/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2023/023341

(22) 国際出願日： 2023年6月23日(23.06.2023)

(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 2022-152286 2022年9月26日(26.09.2022) JP

(71) 出願人: ダイキン工業株式会社 (**DAIKIN INDUSTRIES, LTD.**) [JP/JP]; 〒5300001 大阪府大阪市北区梅田一丁目１３番１号 大阪梅田ツインタワーズ・サウス Osaka (JP).

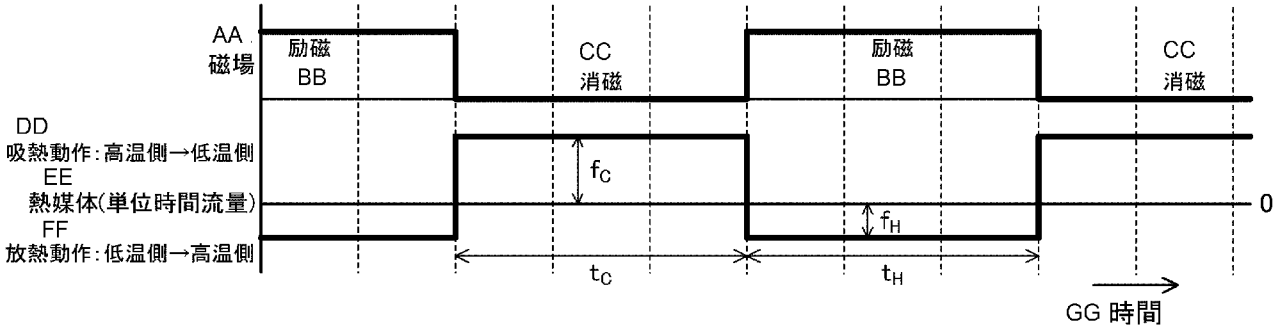
(72) 発明者: 吉本 昭雄 (**YOSHIMOTO Akio**); 〒5300001 大阪府大阪市北区梅田一丁目１３番１号 大阪梅田ツインタワーズ・サウス ダイキン工業株式会社内 Osaka (JP).

(74) 代理人: 弁理士法人前田特許事務所 (**MAEDA & PARTNERS**); 〒5300004 大阪府大阪市北区堂島浜１丁目２番１号 新ダイビル２３階 Osaka (JP).

(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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, KE, KG, KH,

(54) **Title:** SOLID-STATE REFRIGERATION DEVICE

(54) 発明の名称： 固体冷凍装置



AA ... Magnetic field
BB ... Magnetic excitation
CC ... Demagnetization
DD ... Heat absorption operation: from high-temperature side to low-temperature side
EE ... Heat medium (flow rate per unit time)
FF ... Heat dissipation operation: from low-temperature side to high-temperature side
GG ... Time

(57) **Abstract:** A solid-state refrigeration device according to the present invention performs a heat dissipation operation and a heat absorption operation. In the heat dissipation operation, a prescribed force field is applied to a solid-state refrigerant substance (12) inside an accommodation unit (11) and a heat medium is moved in a first direction of an internal flow path (13) of the accommodation unit (11), so that heat generated in the solid-state refrigerant substance (12) is carried out of the accommodation unit (11) by the heat medium. In the heat absorption operation, a force field smaller than the prescribed force field is applied to the solid-state refrigerant substance (12) or the prescribed force field is removed and the heat medium is moved in a second direction of the internal flow path (13), which is opposite the first direction, so that coldness generated in the solid-state refrigerant substance (12) is carried out of the accommodation unit (11) by the heat medium. The solid-state refrigeration device further comprises a heat exchange amount varying unit (30, 53, 54, 61, 62,

WO 2024/070090 A1

[続葉有]

KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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:

— 国際調査報告(条約第21条(3))

81, 82) that causes the amount of heat exchanged between the heat medium and the solid-state refrigerant substance (12) to be variable in at least one of the heat dissipation operation and the heat absorption operation.

(57) 要約:固体冷凍装置は、放熱動作と吸熱動作とを行う。放熱動作では、収容部(11)の内部の固体冷媒物質(12)に所定の力場を印加すると共に熱媒体を収容部(11)の内部流路(13)の第1方向に移動させることにより、固体冷媒物質(12)で発生した温熱を熱媒体によって収容部(11)の外部へ運ぶ。吸熱動作では、固体冷媒物質(12)に所定の力場よりも小さい力場を印加し又は所定の力場を除去すると共に熱媒体を内部流路(13)における第1方向とは反対方向の第2方向に移動させることにより、固体冷媒物質(12)で発生した冷熱を熱媒体によって収容部(11)の外部へ運ぶ。固体冷凍装置は、放熱動作及び吸熱動作の少なくとも一方における熱媒体と固体冷媒物質(12)との間の熱交換量を可変とする熱交換量可変部(30,53,54,61,62,81,82)をさらに備える。

明　細　書

発明の名称 ： 固体冷凍装置

技術分野

[0001]　本開示は、固体冷凍装置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磁気冷凍装置が知られている。特許文献１には、磁気熱量効果を有する磁気作業物質を用いた磁気ヒートポンプ装置が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２０１６－１１７９９号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004]　磁気作業物質は、そのキュリー温度付近で最も磁気熱量効果（発熱量、吸熱量）が大きくなる。ところが、磁気冷凍装置が長期間運転を停止していると、磁気作業物質の温度が周囲温度（磁気作業物質が室外にある場合は外気温）と同じになってしまい、キュリー温度から外れた状態となる場合がある。また、磁気冷凍装置の運転中であっても、急激な負荷の変動等により、磁気作業物質の温度がキュリー温度から外れた状態となる場合がある。このような状態では、磁気作業物質がキュリー温度付近から外れた状態であるために、磁気冷凍装置は所定の能力を発揮することができない。このため、磁気作業物質の温度を調整する手段が必要となる。

[0005]　それに対して、特許文献１には、装置の起動時等に磁気作業物質の温度を制御（温調）するためにペルチェ素子等の別熱源を用いることが提案されている。

[0006]　しかしながら、磁気作業物質の温調のために別熱源を利用すると、別熱源が消費するエネルギーにより起動時の効率が低下するという問題が生じる。

また、磁気作業物質の温調のために蓄熱源などの補助装置を用いた場合、装置全体のサイズや製造コストが増大してしまうという問題が生じる。また、磁気作業物質の温調のために熱交換器内部や２次冷媒系統の流体の熱を利用した場合、当該流体の温度が磁気作業物質のキュリー温度付近の温度でなければ有効に動作しないという問題がある。

[0007] 本開示の目的は、磁気冷凍装置等の固体冷凍装置において固体冷媒物質の温度を自在に調整できるようにすることにある。

課題を解決するための手段

[0008] 本開示の第１の態様は、収容部（11）と、力場変調部（15）と、熱媒体搬送部（21,21A）とを備える固体冷凍装置である。前記収容部（11）は、固体冷媒物質（12）と、熱媒体が前記固体冷媒物質（12）と熱交換して流れる内部流路（13）とを有する。前記力場変調部（15）は、前記収容部（11）内の前記固体冷媒物質（12）に力場変動を付与して熱量効果を誘発させる。前記熱媒体搬送部（21,21A）は、前記力場変動に応じて前記熱媒体を前記収容部（11）内の前記固体冷媒物質（12）に対して往復的に搬送する。前記固体冷凍装置は、放熱動作と、吸熱動作とを行う。前記放熱動作では、前記固体冷媒物質（12）に所定の力場を印加すると共に前記熱媒体を前記内部流路（13）の第１方向に移動させることにより、前記固体冷媒物質（12）で発生した温熱を前記熱媒体によって前記収容部（11）の外部へ運ぶ。前記吸熱動作では、前記固体冷媒物質（12）に前記所定の力場よりも小さい力場を印加し又は前記所定の力場を除去すると共に前記熱媒体を前記内部流路（13）における前記第１方向とは反対方向の第２方向に移動させることにより、前記固体冷媒物質（12）で発生した冷熱を前記熱媒体によって前記収容部（11）の外部へ運ぶ。前記固体冷凍装置は、前記放熱動作及び前記吸熱動作の少なくとも一方における前記熱媒体と前記固体冷媒物質（12）との間の熱交換量を可変とする熱交換量可変部（30,53,54,61,62,81,82）をさらに備える。

[0009] 第１の態様では、熱交換量可変部（30,53,54,61,62,81,82）により、放熱動作又は吸熱動作における熱媒体と固体冷媒物質（12）との間の熱交換量を

可変とする。このため、放熱動作での蓄温熱量と吸熱動作での蓄冷熱量とのバランスを変えて、固体冷媒物質（12）を所定の温度に制御することができる。

[0010] 本開示の第２の態様は、前記第１の態様において、前記熱交換量可変部（30,53,54,61,62,81,82）は、前記放熱動作及び前記吸熱動作の少なくとも一方における前記熱媒体の単位時間当たりの流量を可変とする。

[0011] 第２の態様では、放熱動作又は吸熱動作における熱媒体の単位時間当たりの流量を変えることにより、熱媒体と固体冷媒物質（12）との間の熱交換量を可変とできる。

[0012] 本開示の第３の態様は、前記第１又は第２の態様において、前記熱交換量可変部（30,53,54,61,62,81,82）は、前記放熱動作及び前記吸熱動作の少なくとも一方における前記熱媒体の搬送時間を可変とする。

[0013] 第３の態様では、放熱動作又は吸熱動作における熱媒体の搬送時間を変えることにより、熱媒体と固体冷媒物質（12）との間の熱交換量を可変とできる。

[0014] 本開示の第４の態様は、前記第１～第３の態様のいずれか１つにおいて、前記熱交換量可変部（30,53,54,61,62,81,82）は、前記放熱動作及び前記吸熱動作の少なくとも一方における前記熱媒体の搬送タイミングを可変とする。

[0015] 第４の態様では、放熱動作又は吸熱動作における熱媒体の搬送タイミングを変えることにより、熱媒体と固体冷媒物質（12）との間の熱交換量を可変とできる。

[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、前記固体冷媒物質（12）は、磁気作業物質（12）であり、前記力場変調部（15）は、前記磁気作業物質（12）に磁場変動を付与する磁場変調部（15）である。

[0017] 第５の態様では、磁気冷凍装置において磁気作業物質（12）を所定の温度に制御することができる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]図１は、実施形態に係る磁気冷凍装置の配管系統図である。

[図2]図２は、実施形態に係る磁気冷凍装置において単一の収容部にカスケード状に配置された複数の固体冷媒物質の温度と磁気熱量効果との関係を模式的に表した図である。

[図3]図３は、実施形態に係る磁気冷凍装置において複数の部分収容部にカスケード状に配置された複数の固体冷媒物質の温度と磁気熱量効果との関係を模式的に表した図である。

[図4]図４は、実施形態に係る磁気冷凍装置が行う放熱動作及び吸熱動作を説明するための配管系統図である。

[図5]図５は、実施形態に係る磁気冷凍装置において熱交換量可変部により磁気作業物質の温度を下げるメカニズムを示す図である。

[図6]図６は、実施形態に係る磁気冷凍装置において熱交換量可変部により磁気作業物質の温度を上げるメカニズムを示す図である。

[図7]図７は、実施形態に係る磁気冷凍装置の通常運転時における磁場及び熱媒体流量の時間変化を示す図である。

[図8]図８は、実施形態に係る磁気冷凍装置において熱媒体の単位時間当たりの流量を変化させたときの磁場及び熱媒体流量の時間変化を示す図である。

[図9]図９は、実施形態に係る磁気冷凍装置において熱媒体の搬送時間を変化させたときの磁場及び熱媒体流量の時間変化を示す図である。

[図10]図１０は、変形例１に係る磁石回転型の磁気冷凍装置の通常運転時における磁場及び熱媒体流量の時間変化を示す図である。

[図11]図１１は、変形例１に係る磁石回転型の磁気冷凍装置において熱媒体の搬送タイミングを変化させたときの磁場及び熱媒体流量の時間変化を示す図である。

[図12]図１２は、変形例２に係る磁気冷凍装置の放熱動作時の配管系統図である。

[図13]図１３は、変形例２に係る磁気冷凍装置の吸熱動作時の配管系統図で

ある。

[図14]図１４は、変形例３に係る磁気冷凍装置の放熱動作時の配管系統図である。

[図15]図１５は、変形例３に係る磁気冷凍装置の吸熱動作時の配管系統図である。

[図16]図１６は、変形例４に係る磁気冷凍装置の配管系統図である。

発明を実施するための形態

[0019] 以下、本開示の実施形態について図面を参照しながら説明する。尚、以下の実施形態は、本質的に好ましい例示であって、本発明、その適用物、あるいはその用途の範囲を制限することを意図するものではない。

[0020] （実施形態）

実施形態について説明する。本実施形態の磁気冷凍装置（1）は、磁気熱量効果を利用して熱媒体の温度を調節する固体冷凍装置であって、例えば空気調和装置に適用される。この場合、磁気冷凍装置（1）は、空調対象の空間の空気の温度を調節する。空調対象の空間は、例えば室内空間である。磁気冷凍装置（1）は、冷房運転と暖房運転とを切り換えて行う。

[0021] ＜磁気冷凍装置の構成＞

図１に示すように、磁気冷凍装置（1）は、熱媒体が充填される熱媒体回路（C）を備える。熱媒体回路（C）では、充填された熱媒体が搬送される。熱媒体は、例えば冷媒、水、ブラインなどを含む。

[0022] 磁気冷凍装置（1）は、主として、収容部（11）と、力場変調部である磁場変調部（15）と、第１熱交換器（16）と、第２熱交換器（17）と、熱媒体搬送部である往復式ポンプ（21）と、制御部（30）とを備える。収容部（11）、第１熱交換器（16）、第２熱交換器（17）、及び往復式ポンプ（21）は、熱媒体配管を介して互いに接続されて熱媒体回路（C）を構成する。

[0023] 収容部（11）は、固体冷媒物質である磁気作業物質（12）と、熱媒体が固体冷媒物質（12）と熱交換して流れる内部流路（13）とを有する。収容部（11）は、中空状のケースないしカラムである。収容部（11）の内部には、磁気

作業物質（12）が充填される。

[0024] 磁気作業物質（12）は、磁場が印加される、あるいは印加された磁場が強くなることにより、発熱する。磁気作業物質（12）は、磁場が除去される、あるいは印加された磁場が弱くなると吸熱する。磁気作業物質（12）の材料としては、例えば、$Gd_5(Ge_{0.5}Si_{0.5})_4$、$La(Fe_{1-x}Si_x)_{13}$、$La(Fe_{1-x}Co_xSi_y)_{13}$、$La(Fe_{1-x}Si_x)_{13}H_y$、$Mn(As_{0.9}Sb_{0.1})$等を用いることができる。

[0025] 磁気作業物質（12）は、熱量効果が最大となるキュリー温度が異なる複数の物質から構成されてもよい。この場合、当該複数の物質は、内部流路（13）に沿ってキュリー温度の高低順（つまりカスケード状）に配置される。例えば図２に示すように、単一の収容部（11）において、５種類の磁気作業物質（12）である第１物質（12a）、第２物質（12b）、第３物質（12c）、第４物質（12d）、及び第５物質（12e）が、高温側から低温側に向かって順に配置されてもよい。各種の磁気作業物質（12）はキュリー温度、つまり温度と磁気熱量効果との関係が互いに異なる。本例では、第１物質（12a）のキュリー温度をＴa、第２物質（12b）のキュリー温度をＴb、第３物質（12c）のキュリー温度をＴc、第４物質（12d）のキュリー温度をＴd、第５物質（12e）をＴeとすると、Ｔa＞Ｔb＞Ｔc＞Ｔd＞Ｔeの関係を満たしている。

[0026] 図２に示すカスケード配置に代えて、例えば図３に示すように、収容部（11）を、熱媒体回路（C）において互いに直列接続された複数の部分収容部（11a～11e）から構成し、複数の部分収容部（11a～11e）のそれぞれが、複数の物質（12a～12e）のうちの対応する物質を収容するようにしてもよい。

[0027] 磁場変調部（15）は、収容部（11）内の磁気作業物質（12）に磁場変動を付与して熱量効果を誘発させる。磁場変調部（15）は、例えば磁場を変調可能な電磁石で構成される。磁場変調部（15）は、第１変調動作と第２変調動作とを行う。第１変調動作では、磁気作業物質（12）に所定の磁場を印加する。第２変調動作では、所定の磁場よりも小さい磁場を印加し又は所定の磁場を除去する。

[0028] 第１熱交換器（16）は、磁気作業物質（12）により加熱された熱媒体と室内空気とを熱交換させる室内熱交換器であってもよい。或いは、第１熱交換器（16）は、磁気作業物質（12）により加熱された熱媒体と、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てもよい。第２熱交換器（17）は、磁気作業物質（12）により冷却された熱媒体と室外空気とを熱交換させる室外熱交換器であってもよい。或いは、第２熱交換器（17）は、磁気作業物質（12）により冷却された熱媒体と、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てもよい。熱媒体回路（C）において、第１熱交換器（16）と第２熱交換器（17）とは、収容部（11）の内部流路（13）を介して接続される。

[0029] 往復式ポンプ（21）は、磁場変動に応じて熱媒体を収容部（11）内の磁気作業物質（12）に対して往復的に搬送する。往復式ポンプ（21）は、例えばピストンポンプで構成される。往復式ポンプ（21）は、ポンプケース（22）と、ピストン（23）と、駆動機構（図示省略）とを有する。ピストン（23）は、ポンプケース（22）の内部に配置される。ピストン（23）は、ポンプケース（22）の内部を２つの室に区画する。熱媒体回路（C）において、ポンプケース（22）の一方の室（以下、第１室という）が第１熱交換器（16）と接続し、ポンプケース（22）の他方の室（以下、第２室という）が第２熱交換器（17）と接続する。前記の駆動機構は、ピストン（23）に連結するロッドと、該ロッドに連結するクランクと、該クランクを駆動する電動機とを有する。電動機がクランクを回転駆動すると、ロッドが進退する。これにより、ポンプケース（22）内でピストン（23）の往復運動が行われる。

[0030] 具体的には、往復式ポンプ（21）では、第１搬送動作と第２搬送動作とが交互に繰り返し行われる。第１搬送動作では、ピストン（23）が第１室を拡大させ且つ第２室を縮小させる方向に移動する。これにより、第２室から熱媒体が吐出され、熱媒体回路（C）において熱媒体が順次、第２熱交換器（17）、収容部（11）（内部流路（13））、第１熱交換器（16）の方へ移動し、

第１室に吸入される。第２搬送動作では、ピストン（23）が第１室を縮小させ且つ第２室を拡大させる方向に移動する。これにより、第１室から熱媒体が吐出され、熱媒体回路（C）において熱媒体が順次、第１熱交換器（16）、収容部（11）（内部流路（13））、第２熱交換器（17）の向へ移動し、第２室に吸入される。

[0031] 制御部（30）は、例えば磁場変調部（15）及び往復式ポンプ（21）のそれぞれの動作を制御する。制御部（30）は、例えば、マイクロコンピュータと、マイクロコンピュータを動作させるためのソフトウエアを格納するメモリデバイス（具体的には半導体メモリ）とを用いて構成される。制御部（30）は、磁場変調部（15）及び往復式ポンプ（21）のそれぞれと通信回線を介して接続される。

[0032] ＜磁気冷凍装置の運転動作＞

磁気冷凍装置（1）は、放熱動作（ホットブロー）と、吸熱動作（コールドブロー）とを行う。放熱動作では、磁気作業物質（12）に所定の磁場を印加すると共に熱媒体を内部流路（13）の第１方向に移動させることにより、磁気作業物質（12）で発生した温熱を熱媒体によって収容部（11）の外部、例えば第１熱交換器（16）へ運び放熱させる。吸熱動作では、磁気作業物質（12）に所定の磁場よりも小さい磁場を印加し又は所定の磁場を除去すると共に熱媒体を内部流路（13）における第１方向とは反対方向の第２方向に移動させることにより、磁気作業物質（12）で発生した冷熱を熱媒体によって収容部（11）の外部、例えば第２熱交換器（17）へ運び吸熱させる。

[0033] 具体的には、図４（ａ）、（ｂ）に示すように、放熱動作では、磁場変調部（15）の第１変調動作（励磁）と、往復式ポンプ（21）の第１搬送動作とが行われる。放熱動作では、収容部（11）の内部流路（13）で熱媒体が加熱される。加熱された熱媒体は、第１熱交換器（16）で放熱する。

[0034] また、図４（ｃ）、（ｄ）に示すように、吸熱動作では、磁場変調部（15）の第２変調動作（消磁）と、往復式ポンプ（21）の第２搬送動作とが行われる。吸熱動作では、収容部（11）の内部流路（13）で熱媒体が冷却される

。冷却された熱媒体は、第２熱交換器（17）で吸熱する。

[0035] 磁気冷凍装置（1）において、以上に説明した放熱動作と吸熱動作とを繰り返すサイクル（ＡＭＲ（Active Magnetic Refrigerator）サイクル）を行うと、収容部（11）内の磁気作業物質（12）が磁場変動により温熱、冷熱を発生しつつ再生するので、収容部（11）内に温度勾配が生成される結果、収容部（11）の高温端と低温端との間に大きな温度差が生成される。

[0036] 第１熱交換器（16）が室内熱交換器であり、第２熱交換器（17）が室外熱交換器である場合、磁気作業物質（12）により加熱された熱媒体は、第１熱交換器（16）で室内空気に放熱し、室内空気が加熱される一方、磁気作業物質（12）により冷却された熱媒体は、第２熱交換器（17）で室外空気から吸熱する。これにより、暖房運転が可能となる。

[0037] 尚、本実施形態では、収容部（11）の長手方向に沿って内部流路（13）が配置される場合、言い換えると、収容部（11）の長手方向の両端にそれぞれ内部流路（13）の高温側出入ポート及び低温側出入ポートが配置される場合を例として説明したが、内部流路（13）の配置構成は、これに限定されるものではない。例えば、収容部（11）の同じ面に、内部流路（13）の高温側出入ポート及び低温側出入ポートが配置されてもよい。この場合も、内部流路（13）において低温側出入ポートから高温側出入ポートへ熱媒体が流れる向きが「第１方向」であり、高温側出入ポートから低温側出入ポートへ熱媒体が流れる向きが「第２方向」である。

[0038] ＜熱交換量可変部＞

本実施形態の磁気冷凍装置（1）においては、制御部（30）が往復式ポンプ（21）を制御することにより、放熱動作及び吸熱動作の少なくとも一方における熱媒体と磁気作業物質（12）との間の熱交換量を可変とする。すなわち、本実施形態では、制御部（30）と往復式ポンプ（21）とによって熱交換量可変部が構成される。尚、制御部（30）は、往復式ポンプ（21）と別体に設けてもよいし、或いは、制御部（30）の機能のうち熱交換量可変機能を担う部分を往復式ポンプ（21）と一体に設けてもよい。

[0039] 以下に述べるように、熱交換量可変部によって、磁気作業物質（12）の温調が可能となる。ＡＭＲサイクルにおける放熱動作（ホットブロー）では、磁気熱量効果によって磁気作業物質（12）が生成した温熱が、収容部（11）の低温端から高温端の向きに流れる熱媒体によって、収容部（11）の高温端から外部（第１熱交換器（16））へ供給される。このとき、磁気作業物質（12）が生成した温熱の全てが収容部（11）の高温端に運ばれるわけではなく、当該温熱の一部が磁気作業物質（12）自身に蓄熱される。一方、吸熱動作（コールドブロー）においても同様に、磁気作業物質（12）が生成した冷熱の全てが収容部（11）の低温端に運ばれるわけではなく、当該冷熱の一部が磁気作業物質（12）自身に蓄熱される。このように、温熱及び冷熱を生成する磁気作業物質（12）自身が蓄熱を行うことにより、磁気作業物質（12）の再生が行われる。このため、磁気作業物質（12）の温度は、放熱動作での蓄温熱量と吸熱動作での蓄冷熱量とのバランスで決まる。言い換えると、放熱動作で高温端に運ぶ温熱量と、吸熱動作で低温端に運ぶ冷熱量とのバランスによって、磁気作業物質（12）の温度が決まる。従って、熱交換量可変部によって、放熱動作での蓄温熱量と吸熱動作での蓄冷熱量とのバランスを変えることにより、磁気作業物質（12）の温度を上昇させたり下降させたりすることが可能となる。

[0040] 例えば図５に示すように、「放熱動作で高温端へ運ぶ温熱量」が「吸熱動作で低温端へ運ぶ冷熱量」よりも大きくなると、「放熱動作で磁気作業物質（以下、単に材料と言うこともある）が蓄熱する温熱量」が「吸熱動作で材料が蓄熱する冷熱量」よりも小さくなり、材料温度（カスケード配置の場合は材料温度勾配）が低下する。

[0041] また、図６に示すように、「放熱動作で高温端へ運ぶ温熱量」が「吸熱動作で低温端へ運ぶ冷熱量」よりも小さくなると、「放熱動作で材料が蓄熱する温熱量」が「吸熱動作で材料が蓄熱する冷熱量」よりも大きくなり、材料温度（カスケード配置の場合は材料温度勾配）が上昇する。

[0042] 熱交換量可変部は、放熱動作及び吸熱動作の少なくとも一方における熱媒

体の単位時間当たりの流量を可変とすることによって、熱媒体と固体冷媒物質（12）との間の熱交換量を可変としてもよい。

[0043] 図７は、磁気冷凍装置（1）の通常運転時における磁場及び熱媒体流量の時間変化を示す。図７に示すように、通常運転では、放熱動作と吸熱動作とで熱媒体の移動量は同じに設定される。具体的には、放熱動作での熱媒体の単位時間当たりの流量、及び熱媒体の搬送時間をそれぞれf_H、t_Hとし、吸熱動作での熱媒体の単位時間当たりの流量、及び熱媒体の搬送時間をそれぞれf_C、t_Cとすると、$f_C \fallingdotseq f_H$、$t_C \fallingdotseq t_H$であり、放熱動作での熱媒体の移動量$f_H \times t_H$と、吸熱動作での熱媒体の移動量$f_C \times t_C$とはほぼ等しくなる。

[0044] 図８は、磁気冷凍装置（1）において熱媒体の単位時間当たりの流量を変化させたときの磁場及び熱媒体流量の時間変化を示す。詳しくは、図８では、放熱動作での熱媒体の単位時間当たりの流量f_Hを通常運転時よりも小さくし、吸熱動作での熱媒体の単位時間当たりの流量f_Cを通常運転時よりも大きくしている。すなわち、$f_H < f_C$に設定している。尚、熱媒体の搬送時間については、通常運転時と同じ$t_C \fallingdotseq t_H$であり、磁場変化も通常運転時と同じである。この場合、放熱動作での熱媒体の移動量$f_H \times t_H$よりも、吸熱動作での熱媒体の移動量$f_C \times t_C$の方が大きくなるため、「放熱動作で磁気作業物質（12）が蓄熱する温熱量」が「吸熱動作で磁気作業物質（12）が蓄熱する冷熱量」よりも大きくなるので、磁気作業物質（12）の温度が上昇する。従って、磁気冷凍装置（1）の起動時に磁気作業物質（12）の温度がキュリー温度よりも低くなっている場合、熱交換量可変部つまり制御部（30）及び往復式ポンプ（21）により、図８に示すような熱媒体の流量制御を行うことによって、磁気作業物質（12）の温度をキュリー温度に近づけることができる。これにより、磁気冷凍装置（1）の起動を迅速に行うことができる。また、磁気冷凍装置（1）の運転中の急激な負荷変動等に起因して磁気作業物質（12）の温度がキュリー温度から外れ、磁気冷凍装置（1）が所定の能力を発揮できなくなった場合にも、磁気作業物質（12）の温度を迅速にキュリー温度に近づけることにより、磁気冷凍装置（1）に所定の能力を発揮させることができる。

[0045] 図８に示すような熱媒体の流量制御に代えて、図９に示すように、熱媒体の搬送時間を変化させてもよい。詳しくは、図９では、放熱動作での熱媒体の搬送時間t_Hを通常運転時と同じにし、吸熱動作での熱媒体の搬送時間t_Cを通常運転時よりも小さくしている。すなわち、$t_H > t_C$に設定している。尚、熱媒体の単位時間当たりの流量については、通常運転時と同じ$f_C \fallingdotseq f_H$であり、磁場変化も通常運転時と同じである。この場合、放熱動作での熱媒体の移動量$f_H \times t_H$の方が、吸熱動作での熱媒体の移動量$f_C \times t_C$よりも大きくなるため、「放熱動作で磁気作業物質（12）が蓄熱する温熱量」が「吸熱動作で磁気作業物質（12）が蓄熱する冷熱量」よりも小さくなるので、磁気作業物質（12）の温度が低下する。従って、磁気冷凍装置（1）の起動時に磁気作業物質（12）の温度がキュリー温度よりも高くなっている場合、熱交換量可変部つまり制御部（30）及び往復式ポンプ（21）により、図９に示すような熱媒体の流量制御を行うことによって、磁気作業物質（12）の温度をキュリー温度に近づけることができる。これにより、磁気冷凍装置（1）の起動を迅速に行うことができる。また、磁気冷凍装置（1）の運転中の急激な負荷変動等に起因して磁気作業物質（12）の温度がキュリー温度から外れ、磁気冷凍装置（1）が所定の能力を発揮できなくなった場合にも、磁気作業物質（12）の温度を迅速にキュリー温度に近づけることにより、磁気冷凍装置（1）に所定の能力を発揮させることができる。

[0046] 尚、図８、図９では、熱媒体の単位時間当たりの流量、及び熱媒体の搬送時間のいずれか一方のみを可変としたが、これに代えて、熱媒体の単位時間当たりの流量、及び熱媒体の搬送時間の両方を可変としてもよい。

[0047] ＜実施形態の特徴＞

以上に説明したように、本実施形態において、磁気冷凍装置（1）は、収容部（11）と、磁場変調部（15）と、熱媒体搬送部（21）とを備える。収容部（11）は、磁気作業物質（12）と、熱媒体が磁気作業物質（12）と熱交換して流れる内部流路（13）とを有する。磁場変調部（15）は、収容部（11）内の磁気作業物質（12）に磁場変動を付与して熱量効果を誘発させる。熱媒体

搬送部（21）は、磁場変動に応じて熱媒体を収容部（11）内の磁気作業物質（12）に対して往復的に搬送する。磁気冷凍装置（1）は、放熱動作と、吸熱動作とを行う。放熱動作では、磁気作業物質（12）に所定の磁場を印加すると共に熱媒体を内部流路（13）の第１方向に移動させることにより、磁気作業物質（12）で発生した温熱を熱媒体によって収容部（11）の外部へ運ぶ。吸熱動作では、磁気作業物質（12）に所定の磁場よりも小さい磁場を印加し又は所定の磁場を除去すると共に熱媒体を内部流路（13）における第１方向とは反対方向の第２方向に移動させることにより、磁気作業物質（12）で発生した冷熱を熱媒体によって収容部（11）の外部へ運ぶ。磁気冷凍装置（1）において、制御部（30）と往復式ポンプ（21）とは、放熱動作及び吸熱動作の少なくとも一方における熱媒体と磁気作業物質（12）との間の熱交換量を可変とする熱交換量可変部を構成する。

[0048] 本実施形態の磁気冷凍装置（1）によると、熱交換量可変部により、放熱動作又は吸熱動作における熱媒体と磁気作業物質（12）との間の熱交換量を可変とするため、放熱動作での磁気作業物質（12）の蓄温熱量と、吸熱動作での磁気作業物質（12）の蓄冷熱量とのバランスを変えることができる。従って、機器や部材の追加によるコストアップや効率低下を回避しつつ、磁気作業物質（12）の温度を所定の温度（キュリー温度）に近づける制御を実現できるので、磁気冷凍装置（1）の起動や所定の能力の発揮を迅速に行うことができる。

[0049] 本実施形態の磁気冷凍装置（1）において、熱交換量可変部は、放熱動作及び吸熱動作の少なくとも一方における熱媒体の単位時間当たりの流量及び／又は熱媒体の搬送時間を可変とすることにより、熱媒体と磁気作業物質（12）との間の熱交換量を可変としてもよい。

[0050] （変形例１）

前記実施形態の磁気冷凍装置（1）では、中空状のケースないしカラムで構成された収容部（11）の内部に磁気作業物質（12）を充填し、磁場を変調可能な電磁石で構成された磁場変調部（15）を用いて、収容部（11）内の磁気

作業物質（12）に磁場変動を付与し、図７～図９に示すように、磁場をパルス状に変化させた。

[0051] それに対して、本変形例の磁気冷凍装置（1）は、磁気回路が回転する方式の磁気ヒートポンプ装置である。本変形例では、収容部（11）は、例えば、環状に配列された複数の熱交換ブロックが収納される環状収容部である。各熱交換ブロックは、例えば環状扇形状であってもよい。環状収容部の軸方向において熱交換ブロックを挟むように磁場印加機構が配置される。磁場印加機構は、熱交換ブロックに近接して配置される少なくとも１つの磁場印加部と、磁場印加部を支持し且つ磁路を形成するためのヨークとを有する。磁場印加部は、環状収容部の軸方向に熱交換ブロックを挟む一対の磁石で構成される。磁場印加部は、所定数の熱交換ブロックとオーバーラップする。磁場印加部の配置数は、磁気回路の極数に等しい。環状収容部の中央部開口を通って環状収容部の軸方向に延びるように回転機構が配置される。磁場印加機構は、回転機構によって環状収容部の周方向に回転する。環状収容部つまり熱交換ブロックは固定されてもよい。磁場印加部と熱交換ブロックとは、同軸の周方向に均等配置される。これにより、磁場印加機構の回転に伴い、励磁される熱交換ブロックは時々刻々変化するので、言い換えると、熱交換ブロック内の磁気作業物質に磁場変動が付与されるので、磁石回転型の磁気冷凍装置が構成される。すなわち、本変形例では、磁場変調部（15）は、磁場印加機構と回転機構とから構成される。

[0052] 図１０は、本変形例の磁気冷凍装置（1）の通常運転時における磁場及び熱媒体流量の時間変化を示す。図１０に示すように、通常運転では、放熱動作と吸熱動作とで熱媒体の移動量は同じに設定される。具体的には、放熱動作での熱媒体の単位時間当たりの流量、及び熱媒体の搬送時間をそれぞれf_H、t_Hとし、吸熱動作での熱媒体の単位時間当たりの流量、及び熱媒体の搬送時間をそれぞれf_C、t_Cとすると、$f_C \fallingdotseq f_H$、$t_C \fallingdotseq t_H$であり、放熱動作での熱媒体の移動量$f_H \times t_H$と、吸熱動作での熱媒体の移動量$f_C \times t_C$とはほぼ等しくなる。

[0053] 本変形例では、磁場印加部（磁石）が所定の回転速度で回転移動するため、図１０に示すように、各熱交換ブロックの磁気作業物質（12）においては、励磁状態と消磁状態との間の中間的な磁場が付与される状態が存在する。この中間的な磁場が付与されるタイミングで熱媒体を流して磁気作業物質（12）と熱交換させると、磁気熱量効果が十分に発生していないため、励磁状態や消磁状態と比べて、熱交換量が小さくなる。

[0054] この磁石回転型の磁気冷凍装置の特性を利用して、本変形例では、熱交換量可変部つまり制御部（30）及び往復式ポンプ（21）は、放熱動作及び吸熱動作の少なくとも一方における熱媒体の搬送タイミングを可変とすることによって、熱媒体と固体冷媒物質（12）との間の熱交換量を可変とする。

[0055] 図１１は、本変形例の磁気冷凍装置（1）において熱媒体の搬送タイミングを変化させたときの磁場及び熱媒体流量の時間変化を示す。詳しくは、図１１では、熱媒体の単位時間当たりの流量及び熱媒体の搬送時間については、通常運転時と同じ$f_H \fallingdotseq f_C$、$t_C \fallingdotseq t_H$であるが、吸熱動作での熱媒体の搬送タイミングを、意図的に熱交換量が小さくなるタイミングに設定し、それにより、磁気作業物質（12）の蓄熱量つまり温度を調整している。尚、磁場変化は通常運転時と同じである。

[0056] 本変形例では、放熱動作での熱交換量の方が、吸熱動作での熱交換量よりも大きくなるため、「放熱動作で磁気作業物質（12）が蓄熱する温熱量」が「吸熱動作で磁気作業物質（12）が蓄熱する冷熱量」よりも小さくなるので、磁気作業物質（12）の温度が低下する。従って、磁気冷凍装置（1）の起動時に磁気作業物質（12）の温度がキュリー温度よりも高くなっている場合、熱交換量可変部つまり制御部（30）及び往復式ポンプ（21）により、図１１に示すような熱媒体の流量制御を行うことによって、磁気作業物質（12）の温度をキュリー温度に近づけることができる。これにより、磁気冷凍装置（1）の起動や所定の能力の発揮を迅速に行うことができる。

[0057] 尚、図１１では、熱媒体の搬送タイミングのみを可変としたが、これに加えて、熱媒体の単位時間当たりの流量、及び／又は熱媒体の搬送時間を可変

としてもよい。

[0058] （変形例２）

図１２及び図１３はそれぞれ、本変形例の磁気冷凍装置（1）の放熱動作時及び吸熱動作時の配管系統図である。図１２及び図１３において、図１に示す前記実施形態の磁気冷凍装置（1）と同じ構成要素には同じ符号を付している。本変形例が前記実施形態と異なっている主な点は以下の通りである。

[0059] 図１２及び図１３に示すように、本変形例では、収容部（11）の内部に、第１内部流路（13A）と第２内部流路（13B）とが形成される。第１内部流路（13A）には、低温端から高温端に向けて熱媒体が流れる。第１内部流路（13A）の低温側入口ポートの上流及び高温側出口ポートの下流にはそれぞれ逆止弁（CV1）、（CV3）が設けられる。第２内部流路（13B）には、高温端から低温端に向けて熱媒体が流れる。第２内部流路（13B）の高温側入口ポートの上流及び低温側出口ポートの下流にはそれぞれ逆止弁（CV2）、（CV4）が設けられる。第１内部流路（13A）の低温側入口ポート及び高温側出口ポートはそれぞれ、第２熱交換器（17）の流出部及び第１熱交換器（16）の流入部と接続される。第２内部流路（13B）の高温側入口ポート及び低温側出口ポートはそれぞれ、第１熱交換器（16）の流出部及び第２熱交換器（17）の流入部と接続される。

[0060] 本変形例では、前記実施形態の磁気冷凍装置（1）の往復式ポンプ（21）に代えて、熱媒体搬送部として、一方向式のポンプ（21A）及び四方切換弁（41）が設けられている。四方切換弁（41）は、第１ポート、第２ポート、第３ポート、及び第４ポートをそれぞれ有する。図１２、図１３において、四方切換弁（41）の第１ポートは１を丸で囲んだ記号とし、四方切換弁（41）の第２ポートは２を丸で囲んだ記号とし、四方切換弁（41）の第３ポートは３を丸で囲んだ記号とし、四方切換弁（41）の第４ポートは４を丸で囲んだ記号としている。四方切換弁（41）の第１ポートは、ポンプ（21A）の流出部と接続される。四方切換弁（41）の第２ポートは、熱媒体回路（C）の分岐（B1）を経由して、第１内部流路（13A）の低温側入口ポート及び第２熱交換器（

17）の流出部にそれぞれ接続される。四方切換弁（41）の第３ポートは、熱媒体回路（C）の分岐（B2）を経由して、第２内部流路（13B）の高温側入口ポート及び第１熱交換器（16）の流出部にそれぞれ接続される。四方切換弁（41）の第４ポートは、ポンプ（21A）の流入部と接続される。ポンプ（21A）及び四方切換弁（41）の動作制御は制御部（30）によって行われる。ポンプ（21A）及び四方切換弁（41）は、通信回線を介して制御部（30）と接続される。

[0061] 本変形例では、熱媒体回路（C）における四方切換弁（41）の第２ポートと分岐（B1）との間の部分と、熱媒体回路（C）における四方切換弁（41）の第３ポートと分岐（B2）との間の部分とを接続するバイパス回路（50）が設けられている。バイパス回路（50）は、第１流路（51）と第２流路（52）とを有する。

[0062] 第１流路（51）には、熱媒体回路（C）における四方切換弁（41）の第２ポートと分岐（B1）との間に位置する分岐（B3）から、熱媒体回路（C）における四方切換弁（41）の第３ポートと分岐（B2）との間に位置する分岐（B4）まで熱媒体が流れる。第１流路（51）には、逆止弁（CV5）と、第１制御弁（53）とが設けられる。第１制御弁（53）は、その開度を細かく調節可能な流量調節弁であってもよい。第１制御弁（53）の動作制御は制御部（30）によって行われる。第１制御弁（53）は、通信回線を介して制御部（30）と接続される。

[0063] 第２流路（52）には、熱媒体回路（C）における四方切換弁（41）の第３ポートと分岐（B2）との間に位置する分岐（B5）から、熱媒体回路（C）における四方切換弁（41）の第２ポートと分岐（B1）との間に位置する分岐（B6）まで熱媒体が流れる。第２流路（52）には、逆止弁（CV6）と、第２制御弁（54）とが設けられる。第２制御弁（54）は、その開度を細かく調節可能な流量調節弁であってもよい。第２制御弁（54）の動作制御は制御部（30）によって行われる。第２制御弁（54）は、通信回線を介して制御部（30）と接続される。

[0064] 本変形例の磁気冷凍装置（1）の放熱動作では、図１２に示すように、四方切換弁（41）において、第１ポートと第２ポートとを連通させ、第３ポートと第４ポートとを連通させた状態で、磁気作業物質（12）に所定の磁場を印加する。ポンプ（21A）から送出された熱媒体は、四方切換弁（41）を経由して、収容部（11）の第１内部流路（13A）に流入し、第１内部流路（13A）で熱媒体が加熱される。加熱された熱媒体は、第１熱交換器（16）で放熱した後、四方切換弁（41）を経由してポンプ（21A）に戻る。

[0065] 本変形例の磁気冷凍装置（1）の吸熱動作では、図１３に示すように、四方切換弁（41）において、第１ポートと第３ポートとを連通させ、第２ポートと第４ポートとを連通させた状態で、磁気作業物質（12）に所定の磁場よりも小さい磁場を印加し又は所定の磁場を除去する。ポンプ（21A）から送出された熱媒体は、四方切換弁（41）を経由して、収容部（11）の第２内部流路（13B）に流入し、第２内部流路（13B）で熱媒体が冷却される。冷却された熱媒体は、第２熱交換器（17）で吸熱した後、四方切換弁（41）を経由してポンプ（21A）に戻る。

[0066] 図１２に示す放熱動作においては、第１制御弁（53）の開度調整によって、バイパス回路（50）の第１流路（51）による圧損を制御できるので、収容部（11）の第１内部流路（13A）に流入する熱媒体の単位時間当たりの流量を可変とすることができる。

[0067] 図１３に示す吸熱動作においては、第２制御弁（54）の開度調整によって、バイパス回路（50）の第２流路（52）による圧損を制御できるので、収容部（11）の第２内部流路（13B）に流入する熱媒体の単位時間当たりの流量を可変とすることができる。

[0068] 従って、本変形例の磁気冷凍装置（1）においては、制御部（30）が第１制御弁（53）及び第２制御弁（54）を制御することにより、放熱動作及び吸熱動作の少なくとも一方における熱媒体と磁気作業物質（12）との間の熱交換量を可変とすることができる。すなわち、本変形例では、制御部（30）と第１制御弁（53）及び第２制御弁（54）とによって熱交換量可変部が構成され

る。

[0069] 尚、制御部（30）は、第１制御弁（53）及び第２制御弁（54）と別体に設けてもよいし、或いは、制御部（30）の機能のうち熱交換量可変機能を担う部分を第１制御弁（53）及び第２制御弁（54）と一体に設けてもよい。

[0070] また、本変形例の熱交換量可変部によるバイパス回路（50）（第１流路（51）及び第２流路（52））の開放は、高温の熱媒体と低温の熱媒体との混合が生じない程度の短時間に制限することが好ましい。

[0071] （変形例３）

図１４及び図１５はそれぞれ、本変形例の磁気冷凍装置（1）の放熱動作時及び吸熱動作時の配管系統図である。図１４及び図１５において、図１２、図１３に示す前記変形例２の磁気冷凍装置（1）と同じ構成要素には同じ符号を付している。本変形例が前記変形例２と異なっている主な点は以下の通りである。

[0072] 図１４及び図１５に示すように、本変形例では、前記変形例２の磁気冷凍装置（1）のバイパス回路（50）に代えて、締切弁（61,62）が設けられる。具体的には、熱媒体回路（C）における四方切換弁（41）の第２ポートと分岐（B1）との間に第１締切弁（61）が設けられ、熱媒体回路（C）における四方切換弁（41）の第３ポートと分岐（B2）との間に第２締切弁（62）が設けられている。第１締切弁（61）及び第２締切弁（62）は、任意のタイミングで開閉が可能に構成される。第１締切弁（61）及び第２締切弁（62）の動作制御は制御部（30）によって行われる。第１締切弁（61）及び第２締切弁（62）は、通信回線を介して制御部（30）と接続される。

[0073] 本変形例の磁気冷凍装置（1）の放熱動作では、図１４に示すように、四方切換弁（41）において、第１ポートと第２ポートとを連通させ、第３ポートと第４ポートとを連通させた状態で、磁気作業物質（12）に所定の磁場を印加する。ポンプ（21A）から送出された熱媒体は、四方切換弁（41）及び第１締切弁（61）を経由して、収容部（11）の第１内部流路（13A）に流入し、第１内部流路（13A）で熱媒体が加熱される。加熱された熱媒体の一部は、第１

熱交換器（16）で放熱した後、第２締切弁（62）及び四方切換弁（41）を経由してポンプ（21A）に戻る。

[0074] 本変形例の磁気冷凍装置（1）の吸熱動作では、図１５に示すように、四方切換弁（41）において、第１ポートと第３ポートとを連通させ、第２ポートと第４ポートとを連通させた状態で、磁気作業物質（12）に所定の磁場よりも小さい磁場を印加し又は所定の磁場を除去する。ポンプ（21A）から送出された熱媒体は、四方切換弁（41）及び第２締切弁（62）を経由して、収容部（11）の第２内部流路（13B）に流入し、第２内部流路（13B）で熱媒体が冷却される。冷却された熱媒体は、第２熱交換器（17）で吸熱した後、第１締切弁（61）及び四方切換弁（41）を経由してポンプ（21A）に戻る。

[0075] 本変形例の磁気冷凍装置（1）においては、制御部（30）が第１締切弁（61）及び第２締切弁（62）を制御することによって、放熱動作及び吸熱動作の少なくとも一方における熱媒体の搬送時間及び／又は搬送タイミングを可変とすることができる。これにより、放熱動作及び吸熱動作の少なくとも一方における熱媒体と磁気作業物質（12）との間の熱交換量を可変とすることができる。すなわち、本変形例では、制御部（30）と第１締切弁（61）及び第２締切弁（62）とによって熱交換量可変部が構成される。例えば、第１締切弁（61）及び第２締切弁（62）を用いて、熱媒体の搬送時間を短くしたり、熱媒体の搬送タイミングを磁場変動に対して意図的にずらすことによって、熱交換量を減らすことができる。

[0076] 尚、制御部（30）は、第１締切弁（61）及び第２締切弁（62）と別体に設けてもよいし、或いは、制御部（30）の機能のうち熱交換量可変機能を担う部分を第１締切弁（61）及び第２締切弁（62）と一体に設けてもよい。

[0077] また、本変形例において、第１締切弁（61）及び第２締切弁（62）のうちの一方のみを設けても、同様の効果を得ることができる。或いは、第１締切弁（61）及び第２締切弁（62）に代えて、締切弁機能を持つ四方切換弁（41）を設けても、同様の効果を得ることができる。

[0078] （変形例４）

図１６は、本変形例の磁気冷凍装置（1）の配管系統図である。図１６において、図１に示す前記実施形態の磁気冷凍装置（1）と同じ構成要素には同じ符号を付している。本変形例が前記実施形態と異なっている主な点は以下の通りである。

[0079] 図１６に示すように、本変形例の磁気冷凍装置（1）は、収容部（11）と磁場変調部（15）とからそれぞれ構成された２つの磁気冷凍ユニット（10）、具体的には、第１磁気冷凍ユニット（10A）及び第２磁気冷凍ユニット（10B）を備える。各磁気冷凍ユニット（10）において、収容部（11）の内部に、第１内部流路（13A）と第２内部流路（13B）とが形成される。第１内部流路（13A）には、低温端から高温端に向けて熱媒体が流れる。第１内部流路（13A）の低温側入口ポートの上流には逆止弁（CVA）が設けられる。第２内部流路（13B）には、高温端から低温端に向けて熱媒体が流れる。第２内部流路（13B）の低温側出口ポートの下流には逆止弁（CVB）が設けられる。

[0080] 各磁気冷凍ユニット（10）の第１内部流路（13A）の低温側入口ポートは、第２熱交換器（17）の流出部と接続される。各磁気冷凍ユニット（10）の第１内部流路（13A）の高温側出口ポートは、第１三方弁（71）及びポンプ（21A）を経由して第１熱交換器（16）の流入部と接続される。

[0081] 各磁気冷凍ユニット（10）の第２内部流路（13B）の高温側入口ポートは、第２三方弁（72）を経由して第１熱交換器（16）の流入部と接続される。各磁気冷凍ユニット（10）の第２内部流路（13B）の低温側出口ポートはそれぞれ、第２熱交換器（17）の流入部と接続される。

[0082] 本変形例では、前記実施形態の磁気冷凍装置（1）の往復式ポンプ（21）に代えて、熱媒体搬送部として、一方向式のポンプ（21A）並びに第１三方弁（71）及び第２三方弁（72）が設けられている。

[0083] また、本変形例では、第１磁気冷凍ユニット（10A）の第２内部流路（13B）の高温側入口ポートと第２三方弁（72）との間に第１制御弁（81）が設けら、第２磁気冷凍ユニット（10B）の第２内部流路（13B）の高温側入口ポートと第２三方弁（72）との間に第２制御弁（82）が設けられる。第１制御弁

（81）及び第２制御弁（82）は、その開度を細かく調節可能な流量調節弁であってもよい。第１制御弁（81）及び第２制御弁（82）の動作制御は制御部（30）によって行われる。第１制御弁（81）及び第２制御弁（82）は、通信回線を介して制御部（30）と接続される。

[0084] 本変形例の磁気冷凍装置（1）において、第１磁気冷凍ユニット（10A）が放熱動作を行うとき、第２磁気冷凍ユニット（10B）は吸熱動作を行い、第１磁気冷凍ユニット（10A）が吸熱動作を行うとき、第２磁気冷凍ユニット（10B）は放熱動作を行う。すなわち、第１磁気冷凍ユニット（10A）の動作と第２磁気冷凍ユニット（10B）の動作とは逆位相の関係にある。

[0085] 具体的には、第１磁気冷凍ユニット（10A）の放熱動作では、磁気作業物質（12）に所定の磁場を印加することにより第１内部流路（13A）で加熱された熱媒体は、第１三方弁（71）及びポンプ（21A）を経由して第１熱交換器（16）に流入して放熱した後、第２三方弁（72）、第１制御弁（81）、第２内部流路（13B）、及び第２熱交換器（17）を通過して、第１内部流路（13A）に再流入する。このとき、第２磁気冷凍ユニット（10B）の吸熱動作では、磁気作業物質（12）に所定の磁場よりも小さい磁場を印加し又は所定の磁場を除去することにより第２内部流路（13B）で冷却された熱媒体は、第２熱交換器（17）に流入して吸熱した後、第１内部流路（13A）、第１三方弁（71）、ポンプ（21A）、第１熱交換器（16）、第２三方弁（72）、及び第２制御弁（82）を通過して、第２内部流路（13B）に再流入する。

[0086] 一方、第１磁気冷凍ユニット（10A）の吸熱動作では、磁気作業物質（12）に所定の磁場よりも小さい磁場を印加し又は所定の磁場を除去することにより第２内部流路（13B）で冷却された熱媒体は、第２熱交換器（17）に流入して吸熱した後、第１内部流路（13A）、第１三方弁（71）、ポンプ（21A）、第１熱交換器（16）、第２三方弁（72）、及び第１制御弁（81）を通過して、第２内部流路（13B）に再流入する。このとき、第２磁気冷凍ユニット（10B）の放熱動作では、磁気作業物質（12）に所定の磁場を印加することにより第１内部流路（13A）で加熱された熱媒体は、第１三方弁（71）及びポンプ（

21A）を経由して第１熱交換器（16）に流入して放熱した後、第２三方弁（72）、第２制御弁（82）、第２内部流路（13B）、及び第２熱交換器（17）を通過して、第１内部流路（13A）に再流入する。

[0087] 本変形例の磁気冷凍装置（1）においては、制御部（30）が第１制御弁（81）及び第２制御弁（82）を制御することにより、各磁気冷凍ユニット（10）の放熱動作及び吸熱動作の少なくとも一方における熱媒体の単位時間当たりの流量を可変とすることができる。これにより、各磁気冷凍ユニット（10）の放熱動作及び吸熱動作の少なくとも一方における熱媒体と磁気作業物質（12）との間の熱交換量を可変とすることができる。すなわち、本変形例では、制御部（30）と第１制御弁（81）及び第２制御弁（82）とによって熱交換量可変部が構成される。

[0088] 尚、制御部（30）は、第１制御弁（81）及び第２制御弁（82）と別体に設けてもよいし、或いは、制御部（30）の機能のうち熱交換量可変機能を担う部分を第１制御弁（81）及び第２制御弁（82）と一体に設けてもよい。

[0089] 本変形例の磁気冷凍装置（1）においては、前述のように、第１磁気冷凍ユニット（10A）の動作と第２磁気冷凍ユニット（10B）の動作とは逆位相の関係にある。このため、例えば、第１磁気冷凍ユニット（10A）の放熱動作での熱媒体の流量を下げると、第２磁気冷凍ユニット（10B）の吸熱動作での熱媒体の流量も下がる結果、第１磁気冷凍ユニット（10A）の材料温度は上がるが、第２磁気冷凍ユニット（10B）の材料温度は下がる。従って、両方の磁気冷凍ユニット（10）の材料温度を同時に上げたり下げたりすることはできない。しかし、第１磁気冷凍ユニット（10A）の材料温度ＴＡと、第２磁気冷凍ユニット（10B）の材料温度ＴＢとがずれている場合、例えば、ＴＡ＜ＴＢの場合やＴＡ＞ＴＢの場合、制御部（30）が第１制御弁（81）及び第２制御弁（82）を制御することにより、ＴＡ＝ＴＢの状態に調整することができる。

[0090] （その他の実施形態）

以上の実施形態及び変形例では、固体冷凍装置である磁気冷凍装置について例示してきたが、固体冷凍装置は、磁気作業物質（12）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。

[0091] 他の方式の固体冷凍装置としては、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。

[0092] １）の方式の固体冷凍装置では、力場印加部（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。

[0093] ２）の方式の固体冷凍装置では、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。

[0094] ３）の方式の固体冷凍装置では、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。

[0095] 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こと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、適宜組み合わせたり、置換したりしてもよい。また、以上に述べた「第１」、「第２」、・・・という記載は、これらの記載が付与された語句を区別するために用いられており、その語句の数や順序までも限定するものではない。

産業上の利用可能性

[0096] 以上に説明したように、本開示は、固体冷凍装置、特に磁気冷凍装置について有用である。

符号の説明

[0097]
1 磁気冷凍装置（固体冷凍装置）
11 収容部
12 磁気作業物質（固体冷媒物質）
13 内部流路
15 磁場変調部（力場変調部）

21　往復式ポンプ（熱媒体搬送部）

21A　ポンプ（熱媒体搬送部）

30　制御部（熱交換量可変部）

53,54　制御弁（熱交換量可変部）

61,62　締切弁（熱交換量可変部）

81,82　制御弁（熱交換量可変部）

請求の範囲

[請求項1] 固体冷媒物質（12）、及び熱媒体が前記固体冷媒物質（12）と熱交換して流れる内部流路（13）を有する収容部（11）と、

前記収容部（11）内の前記固体冷媒物質（12）に力場変動を付与して熱量効果を誘発させる力場変調部（15）と、

前記力場変動に応じて前記熱媒体を前記収容部（11）内の前記固体冷媒物質（12）に対して往復的に搬送する熱媒体搬送部（21,21A）とを備え、

前記固体冷媒物質（12）に所定の力場を印加すると共に前記熱媒体を前記内部流路（13）の第１方向に移動させることにより、前記固体冷媒物質（12）で発生した温熱を前記熱媒体によって前記収容部（11）の外部へ運ぶ放熱動作と、前記固体冷媒物質（12）に前記所定の力場よりも小さい力場を印加し又は前記所定の力場を除去すると共に前記熱媒体を前記内部流路（13）における前記第１方向とは反対方向の第２方向に移動させることにより、前記固体冷媒物質（12）で発生した冷熱を前記熱媒体によって前記収容部（11）の外部へ運ぶ吸熱動作とを行う固体冷凍装置であって、

前記放熱動作及び前記吸熱動作の少なくとも一方における前記熱媒体と前記固体冷媒物質（12）との間の熱交換量を可変とする熱交換量可変部（30,53,54,61,62,81,82）をさらに備える、

固体冷凍装置。

[請求項2] 請求項１の固体冷凍装置において、

前記熱交換量可変部（30,53,54,61,62,81,82）は、前記放熱動作及び前記吸熱動作の少なくとも一方における前記熱媒体の単位時間当たりの流量を可変とする、

固体冷凍装置。

[請求項3] 請求項１の固体冷凍装置において、

前記熱交換量可変部（30,53,54,61,62,81,82）は、前記放熱動作及

び前記吸熱動作の少なくとも一方における前記熱媒体の搬送時間を可変とする、

固体冷凍装置。

[請求項4] 請求項１の固体冷凍装置において、

前記熱交換量可変部（30,53,54,61,62,81,82）は、前記放熱動作及び前記吸熱動作の少なくとも一方における前記熱媒体の搬送タイミングを可変とする、

固体冷凍装置。

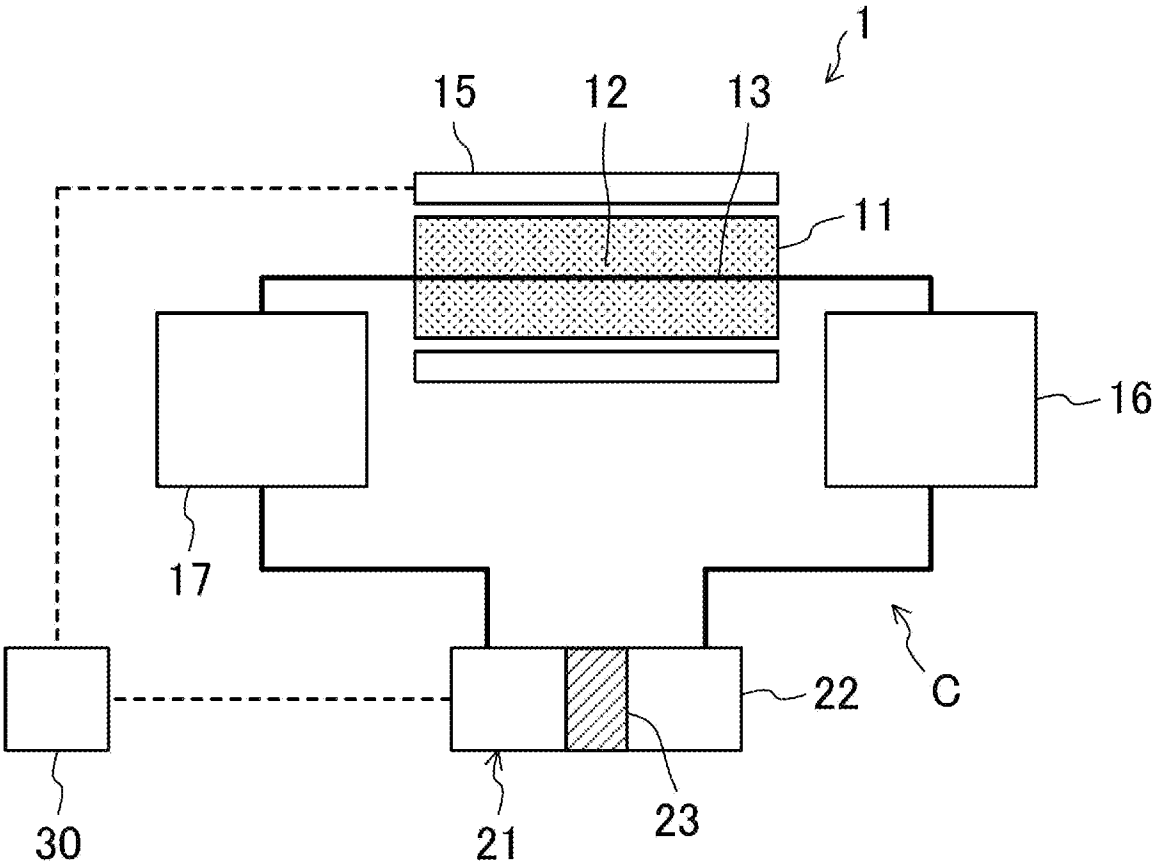
[請求項5] 請求項１～４のいずれか１項の固体冷凍装置において、

前記固体冷媒物質（12）は、磁気作業物質（12）であり、

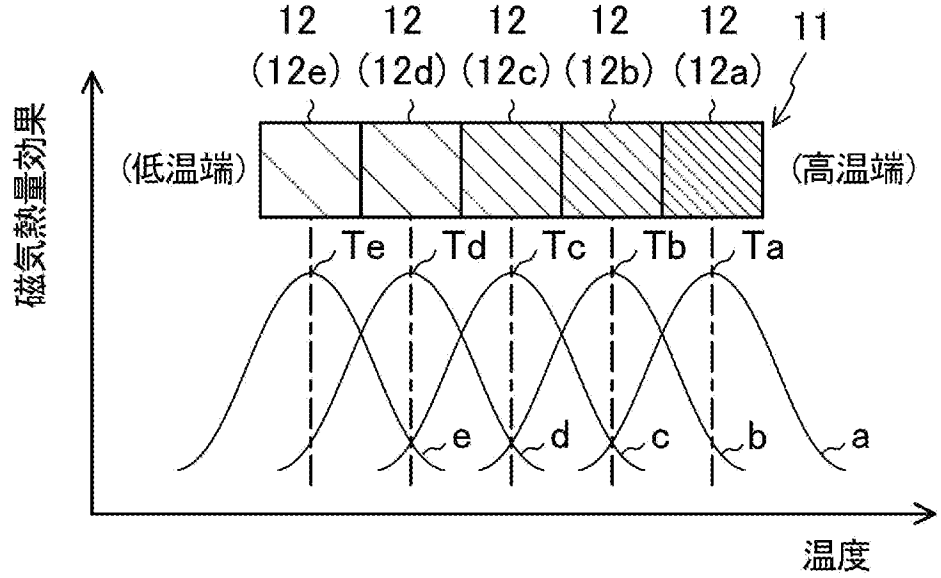
前記力場変調部（15）は、前記磁気作業物質（12）に磁場変動を付与する磁場変調部（15）である、

固体冷凍装置。

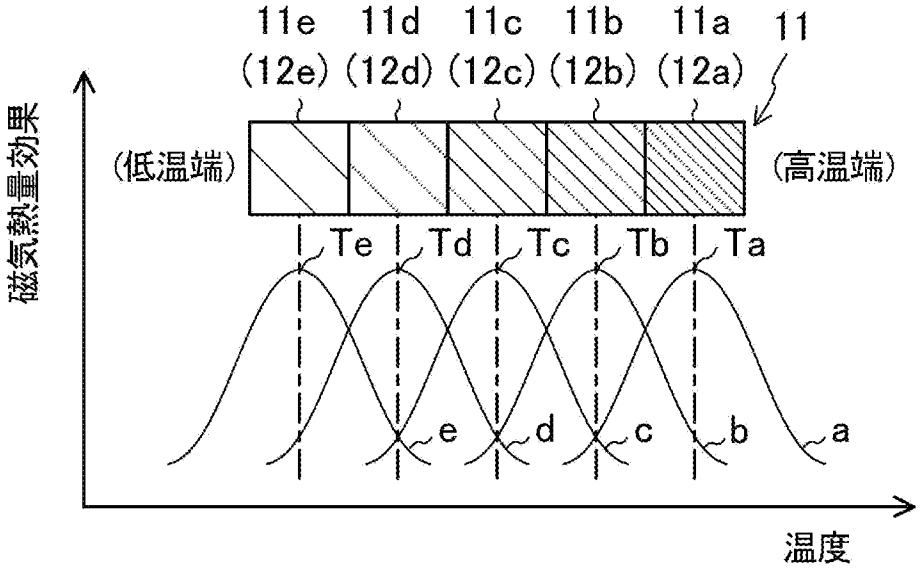
[図1]


1
15
12
13
11
16
17
22
C
30
21
23

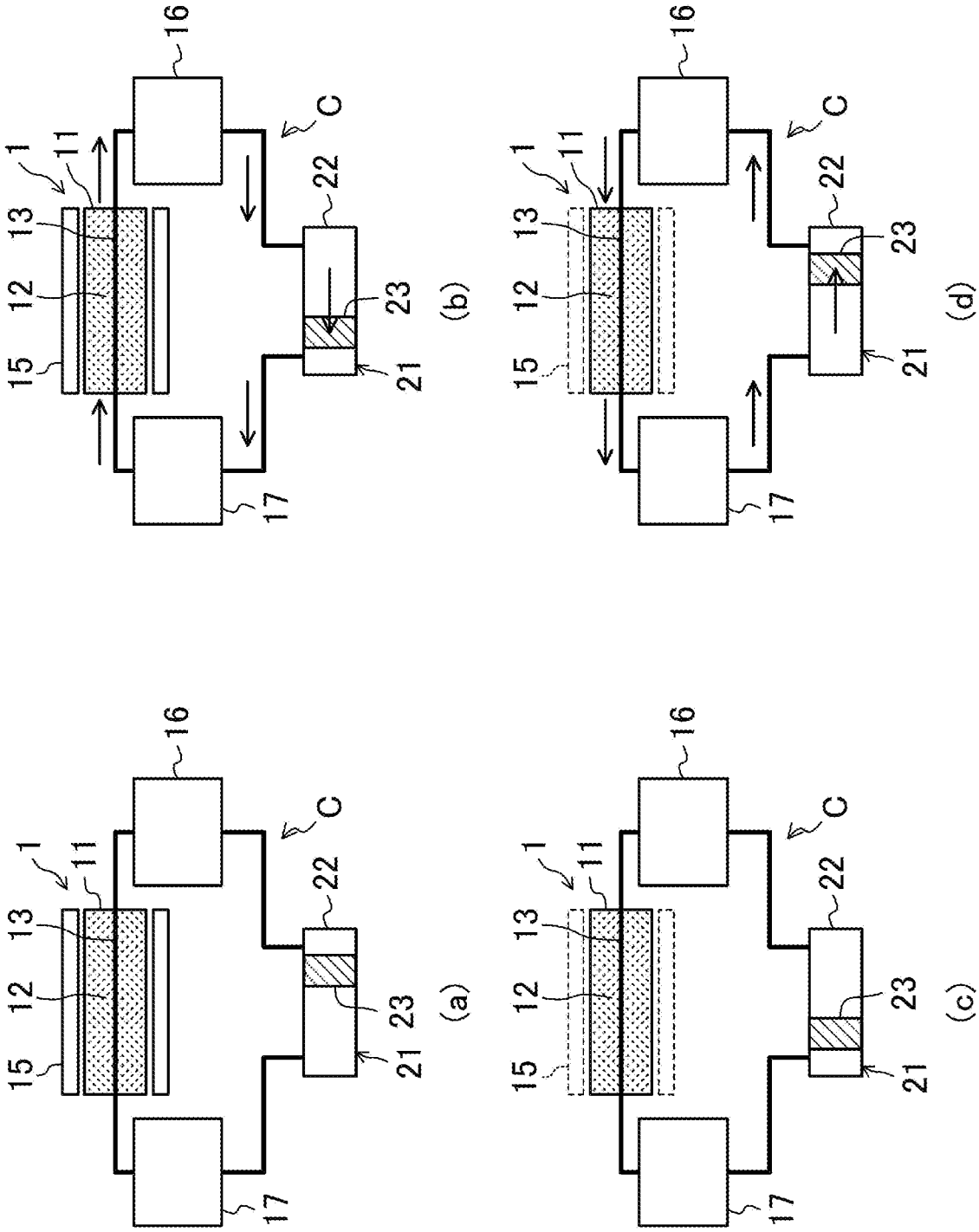
[図2]


12
(12e)
12
(12d)
12
(12c)
12
(12b)
12
(12a)
11
(低温端)
(高温端)
磁気熱量効果
Te
Td
Tc
Tb
Ta
e
d
c
b
a
温度

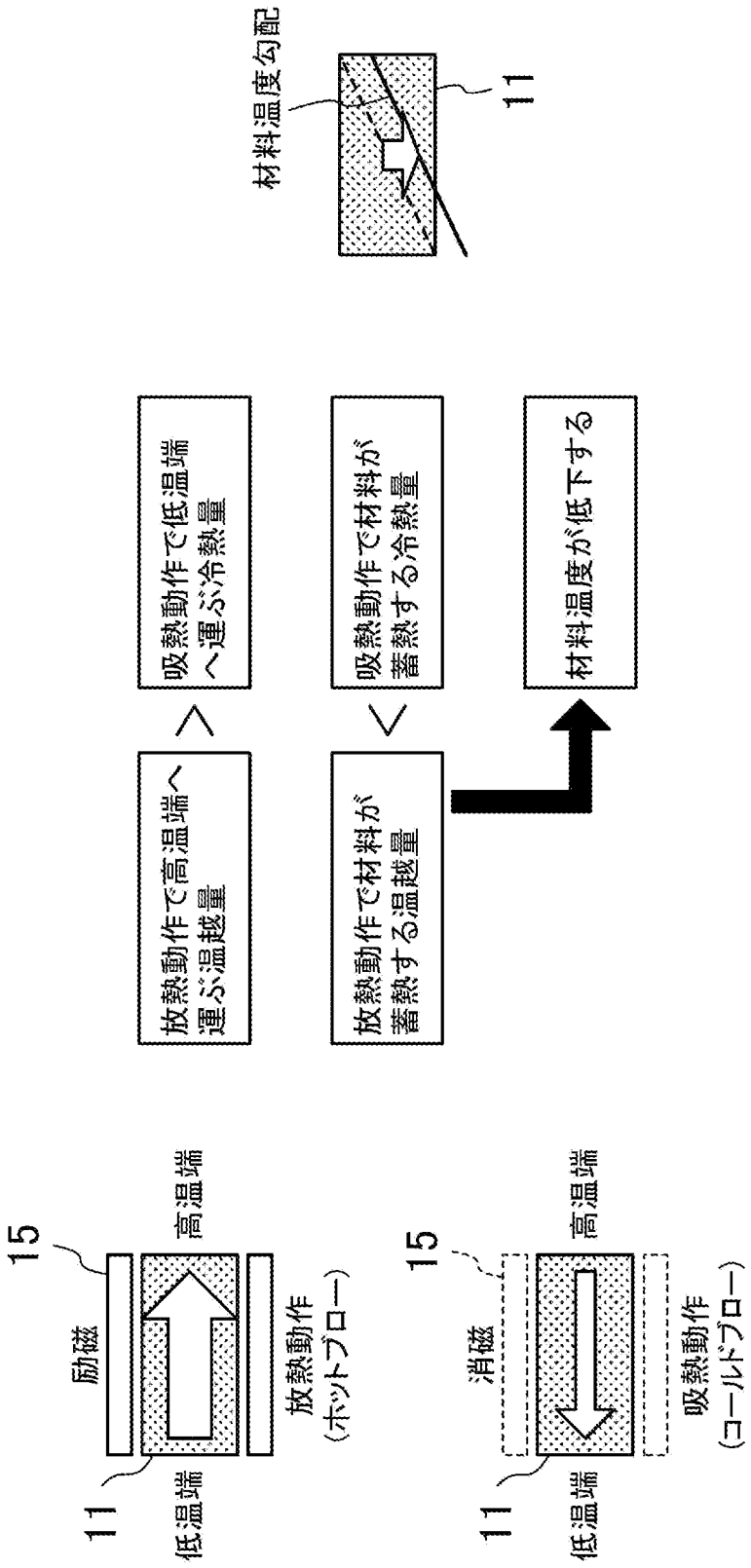
[図3]


11e
11d
11c
11b
11a
11
(12e)
(12d)
(12c)
(12b)
(12a)
(低温端)
(高温端)
磁気熱量効果
Te
Td
Tc
Tb
Ta
e
d
c
b
a
温度

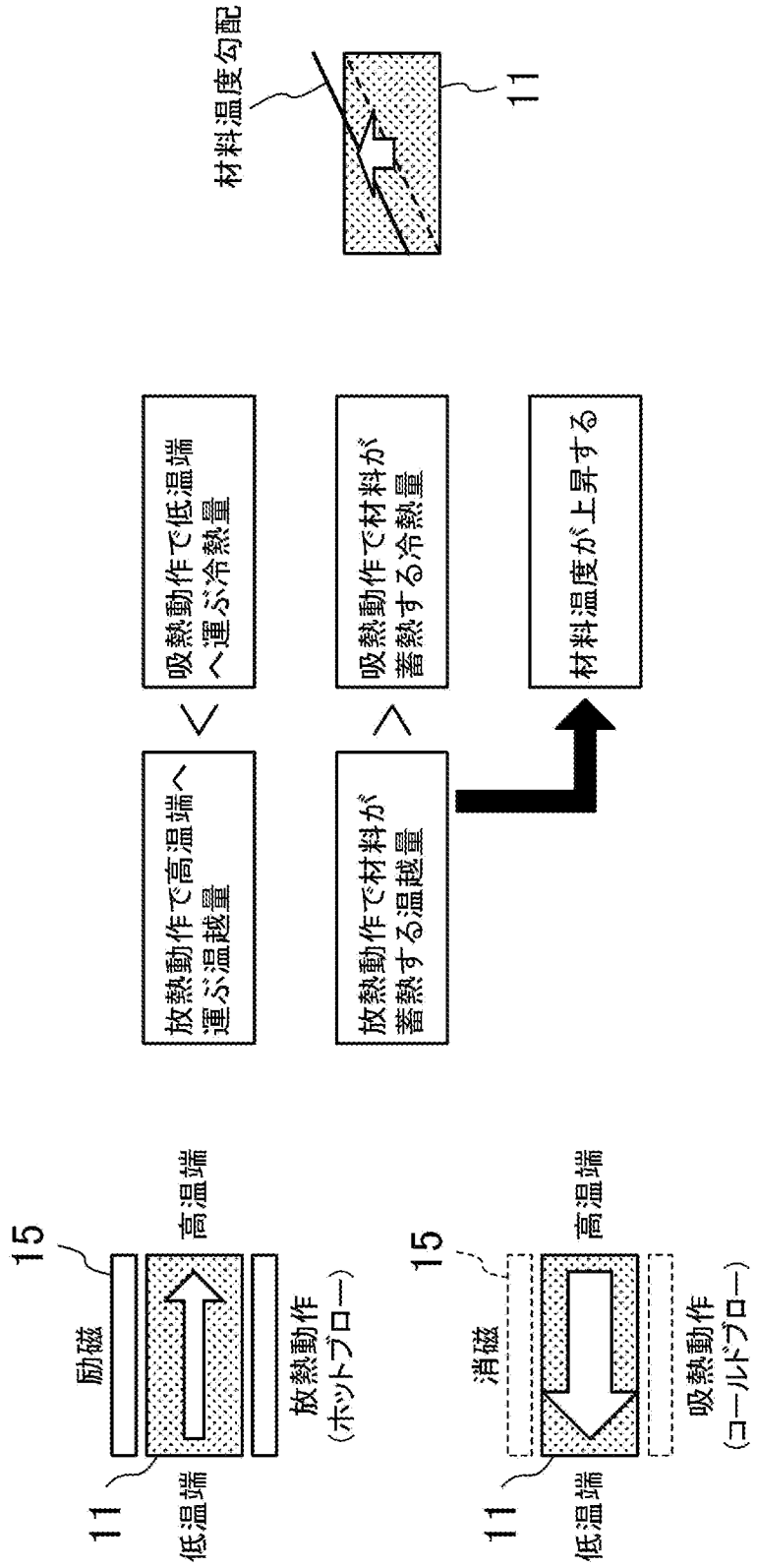
[図4]



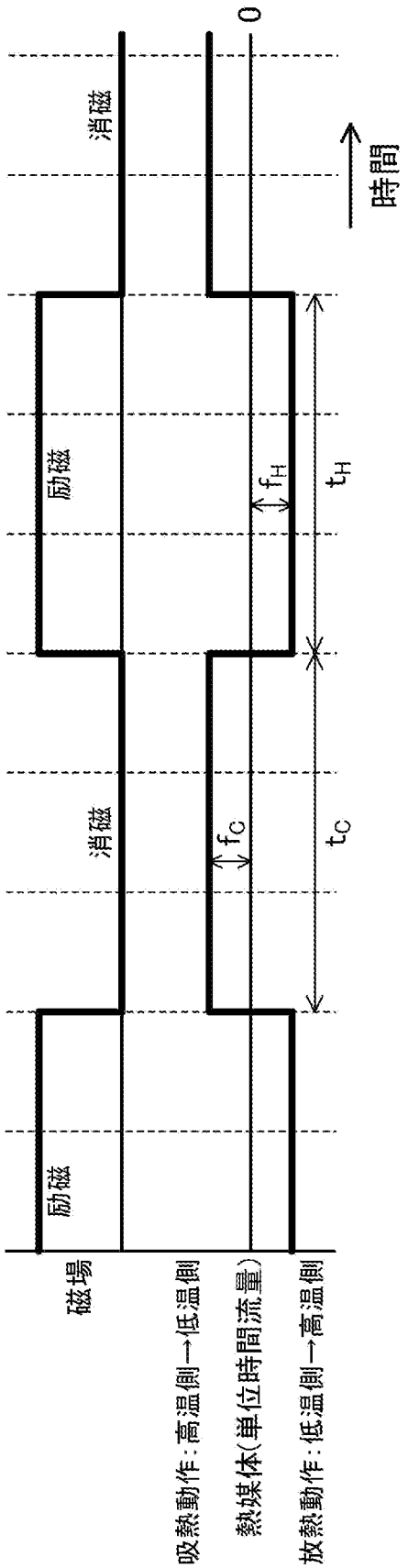
[図5]


材料温度勾配
11
放熱動作で高温端へ運ぶ温越量
吸熱動作で低温端へ運ぶ冷熱量
放熱動作で材料が蓄熱する温越量
吸熱動作で材料が蓄熱する冷熱量
材料温度が低下する
15
励磁
高温端
放熱動作
(ホットブロー)
11
低温端
15
消磁
高温端
吸熱動作
(コールドブロー)
11
低温端

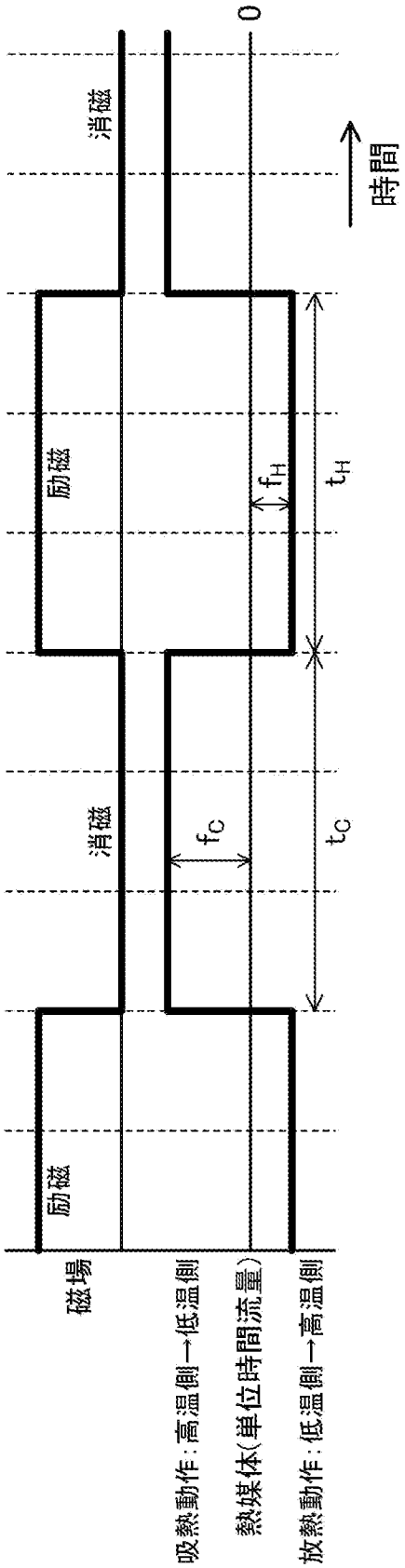
[図6]


材料温度勾配
11
吸熱動作で低温端へ運ぶ冷熱量
放熱動作で高温端へ運ぶ温越量
吸熱動作で材料が蓄熱する冷熱量
放熱動作で材料が蓄熱する温越量
材料温度が上昇する
15
励磁
高温端
放熱動作
（ホットブロー）
11
低温端
15
消磁
高温端
吸熱動作
（コールドブロー）
11
低温端

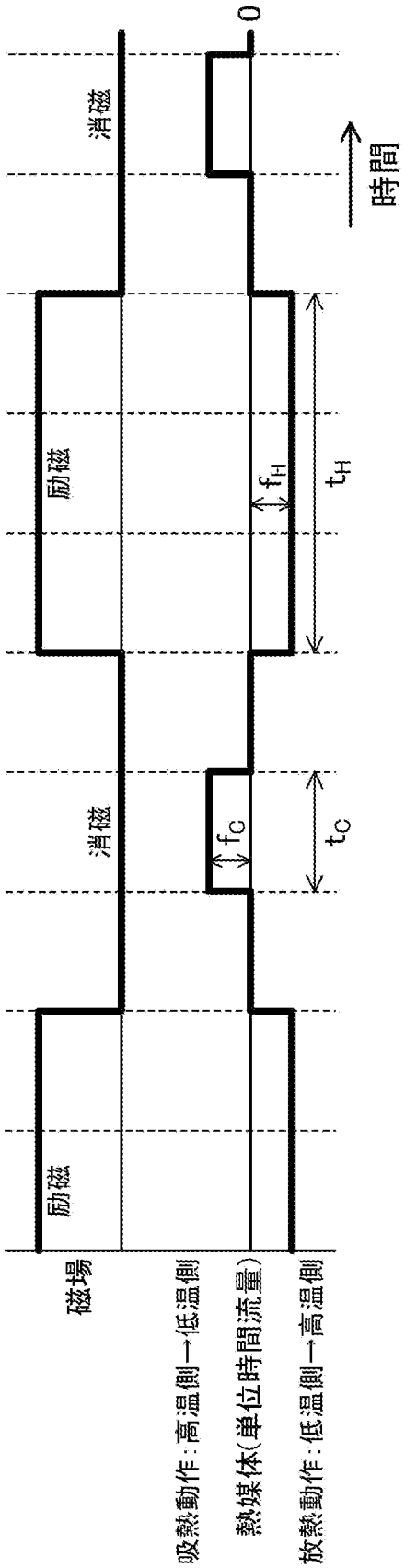
[図7]


0
時間
消磁
励磁
消磁
励磁
f_H
t_H
f_C
t_C
磁場
吸熱動作：高温側→低温側
熱媒体(単位時間流量)
放熱動作：低温側→高温側

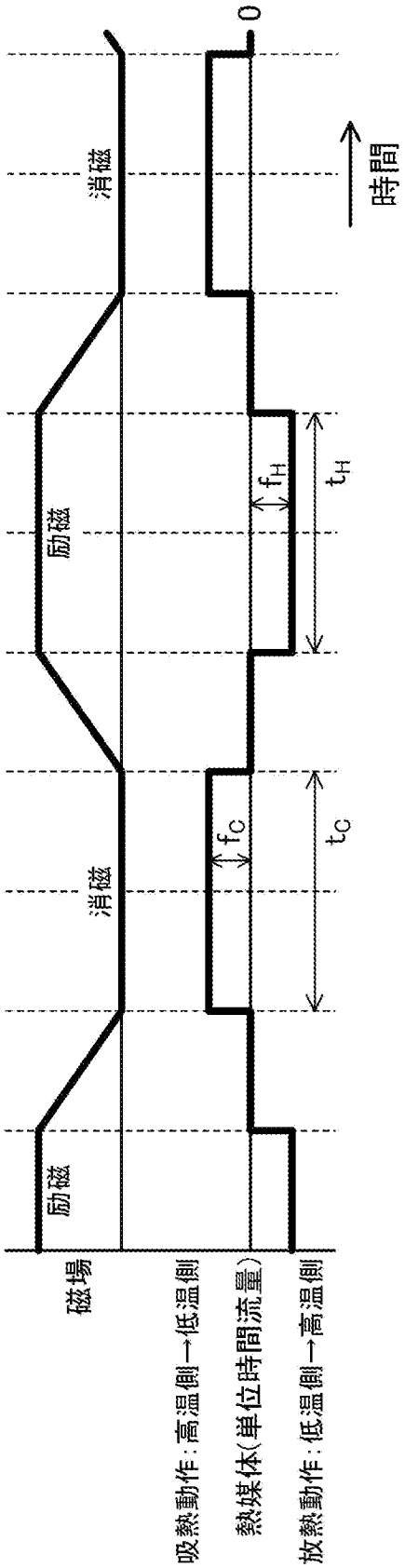
[図8]


0
時間
消磁
励磁
消磁
励磁
f_H
t_H
f_C
t_C
磁場
吸熱動作：高温側→低温側
熱媒体(単位時間流量)
放熱動作：低温側→高温側

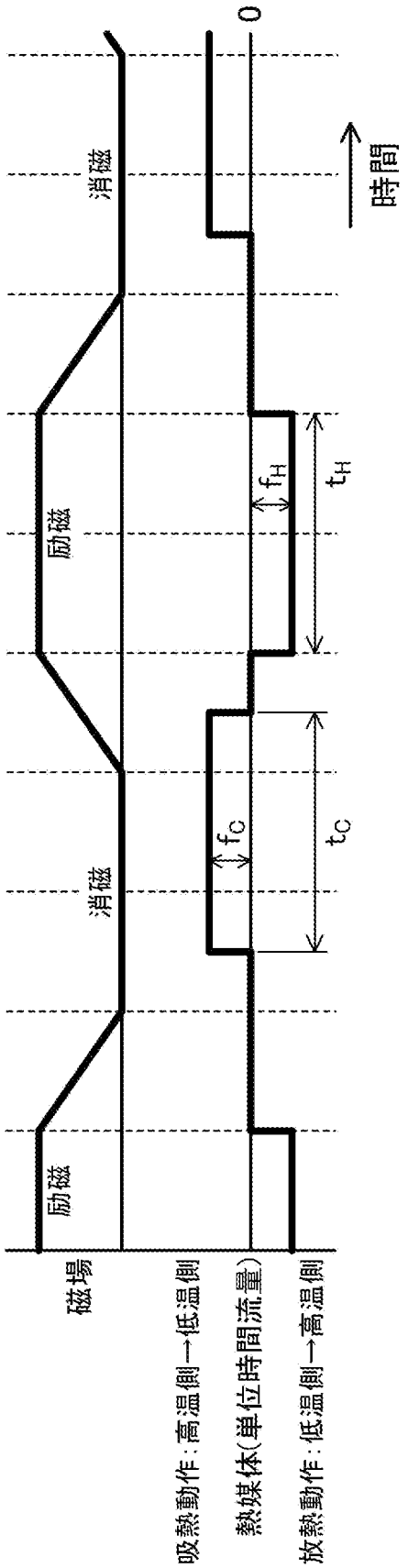
[図9]


0
消磁
時間
励磁
f_H
t_H
消磁
f_C
t_C
励磁
磁場
吸熱動作：高温側→低温側
熱媒体(単位時間流量)
放熱動作：低温側→高温側

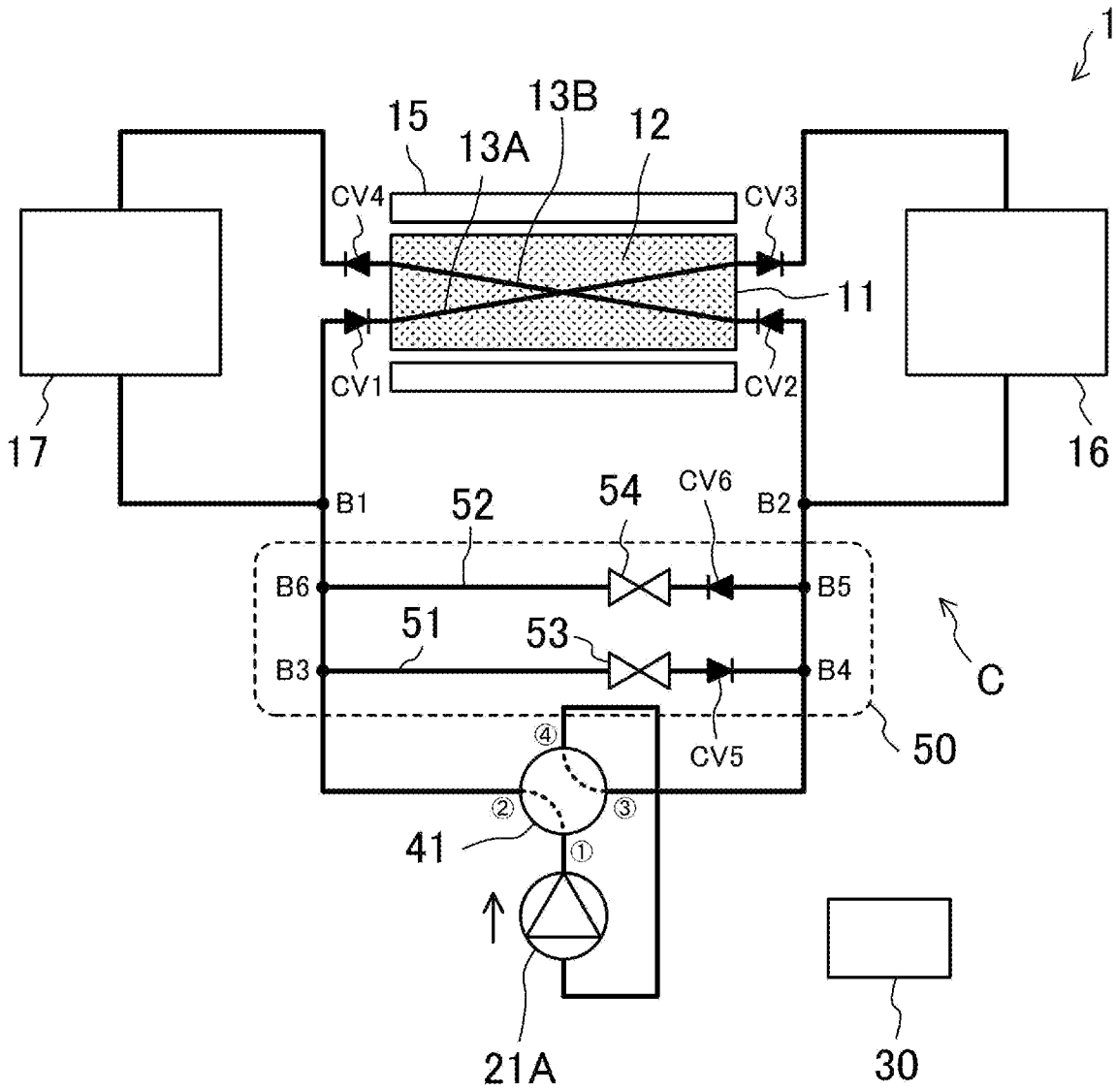
[図10]


0
時間
消磁
励磁
消磁
励磁
f_H
t_H
f_C
t_C
磁場
吸熱動作：高温側→低温側
熱媒体(単位時間流量)
放熱動作：低温側→高温側

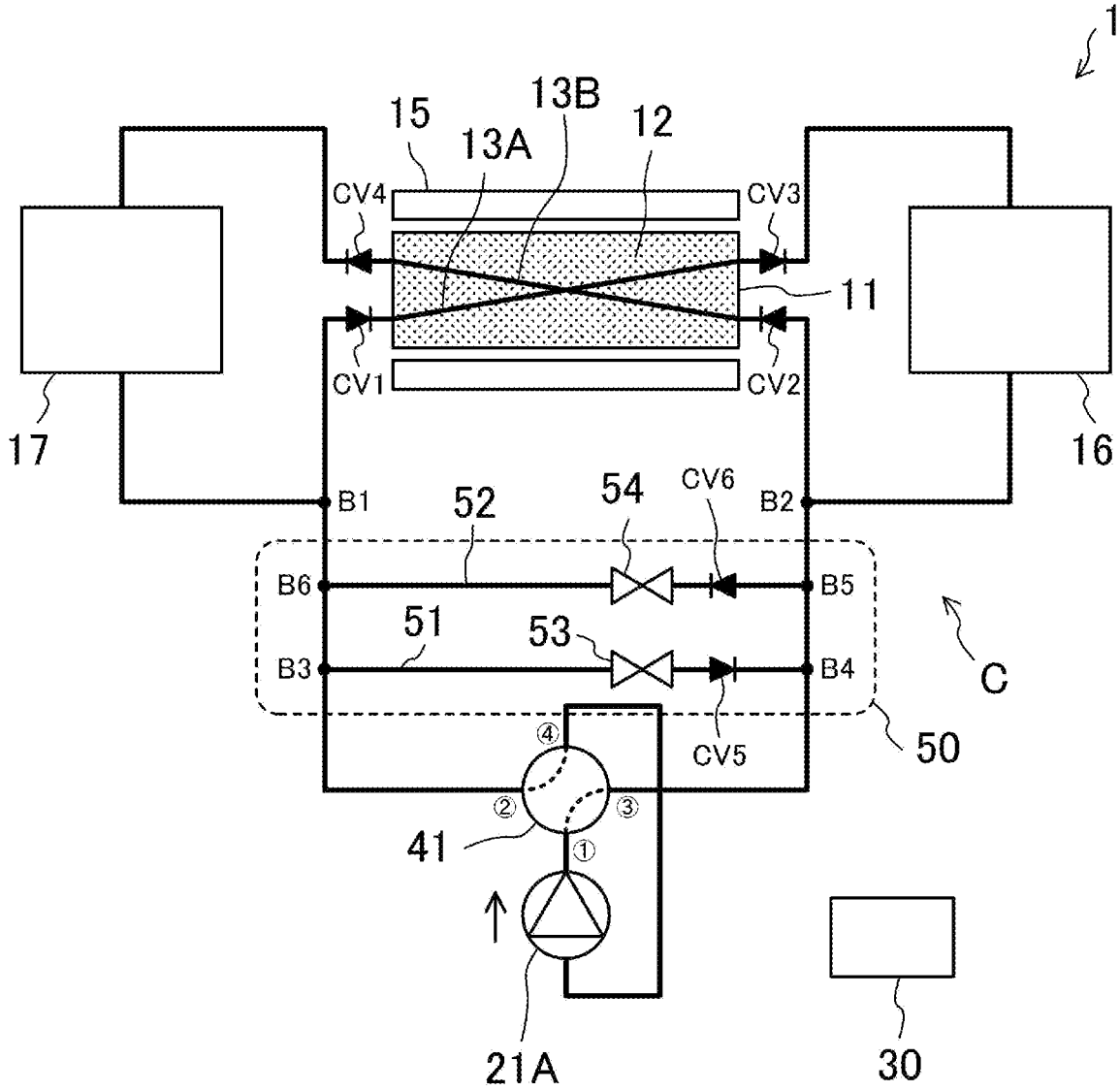
[図11]


0
時間
消磁
励磁
消磁
励磁
f_H
t_H
f_C
t_C
磁場
吸熱動作：高温側→低温側
熱媒体(単位時間流量)
放熱動作：低温側→高温側

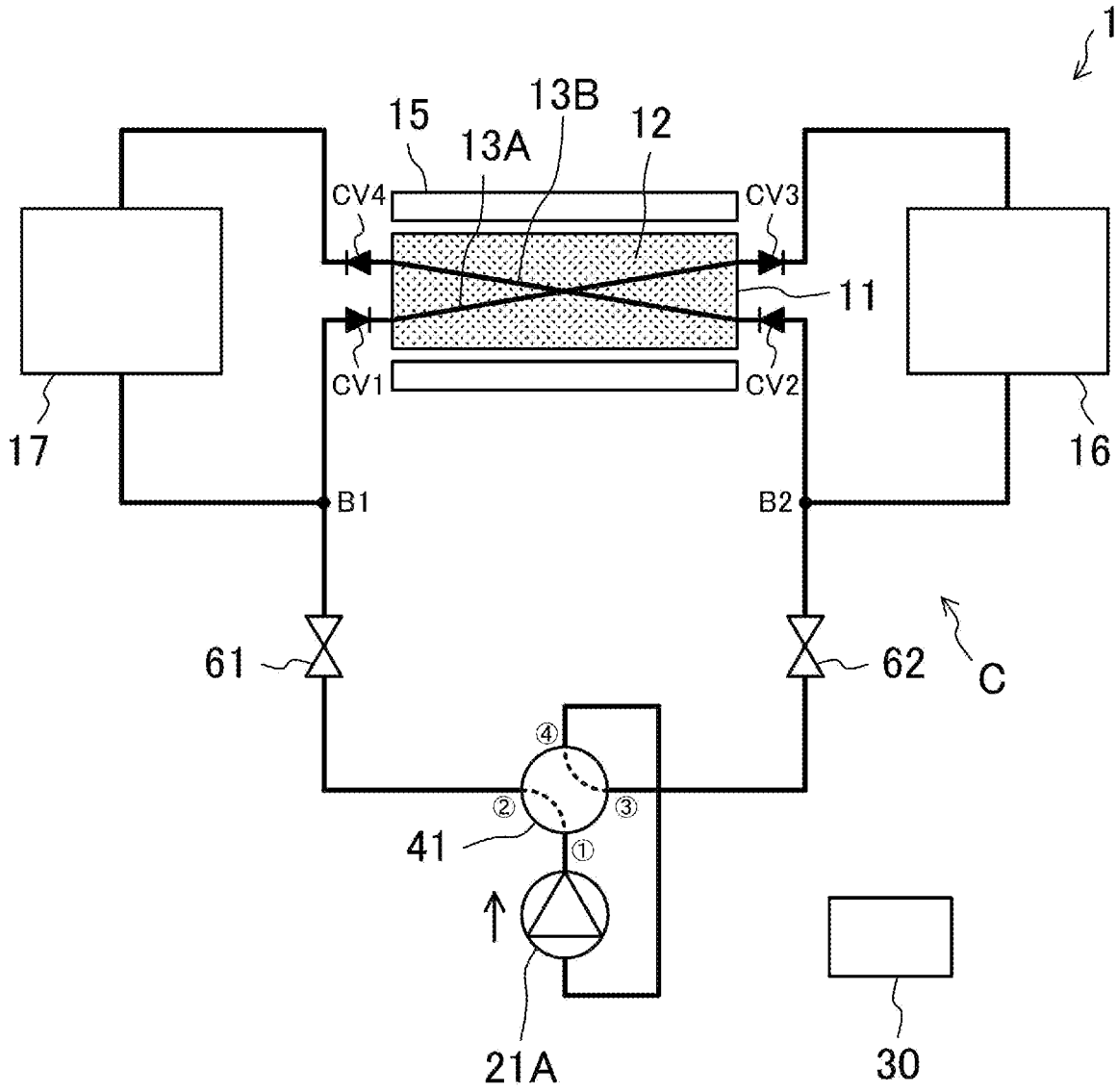
[図12]


1
15
13B
13A
12
CV4
CV3
11
CV1
CV2
17
16
B1
52
54
CV6
B2
B6
B5
51
53
B3
B4
C
CV5
50
④
②
③
41
①
21A
30

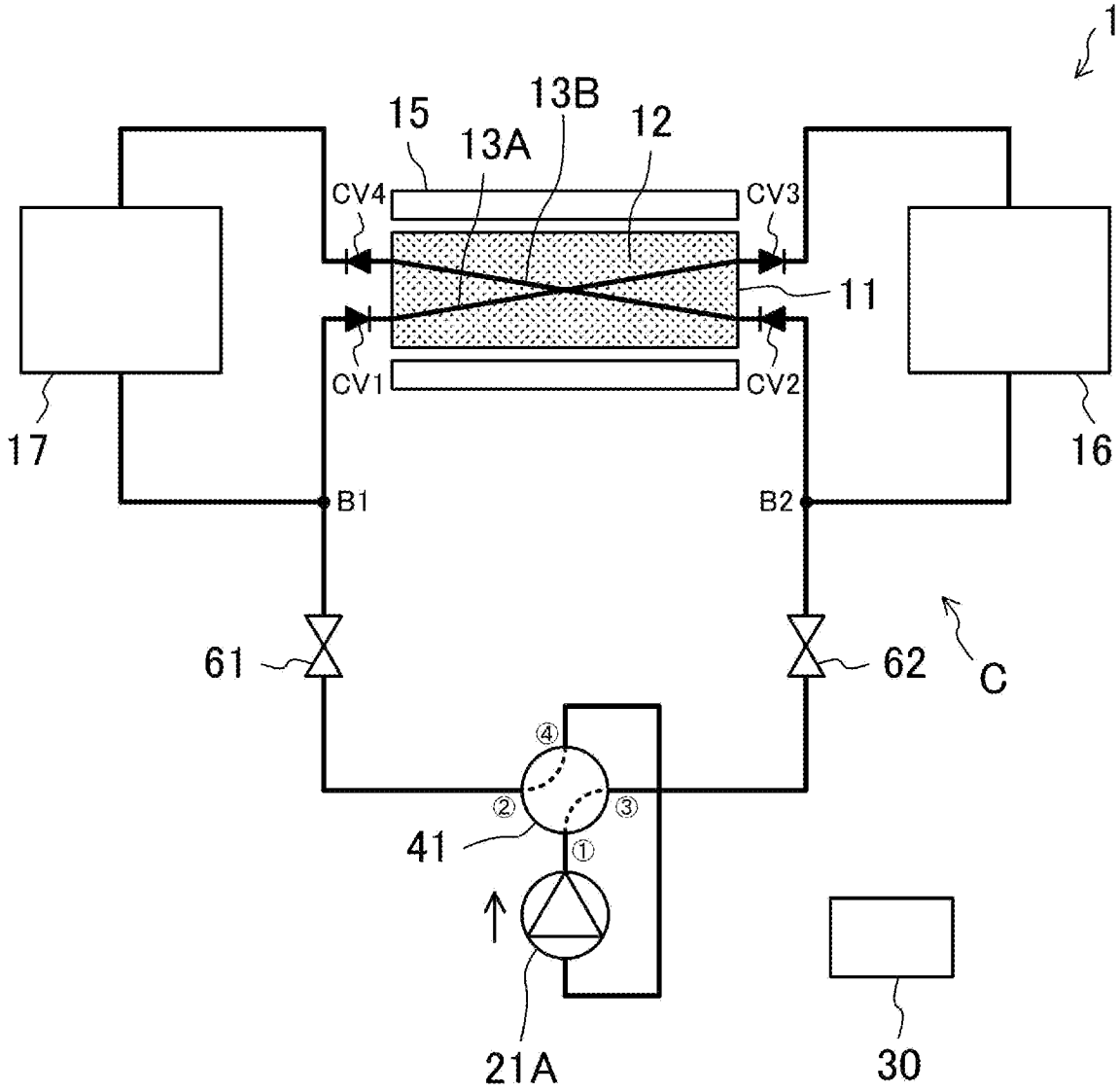
[図13]


1
15
13B
13A
12
CV4
CV3
11
CV1
CV2
17
16
B1
52
54
CV6
B2
B6
B5
51
53
B3
B4
C
④
CV5
50
②
③
41
①
21A
30

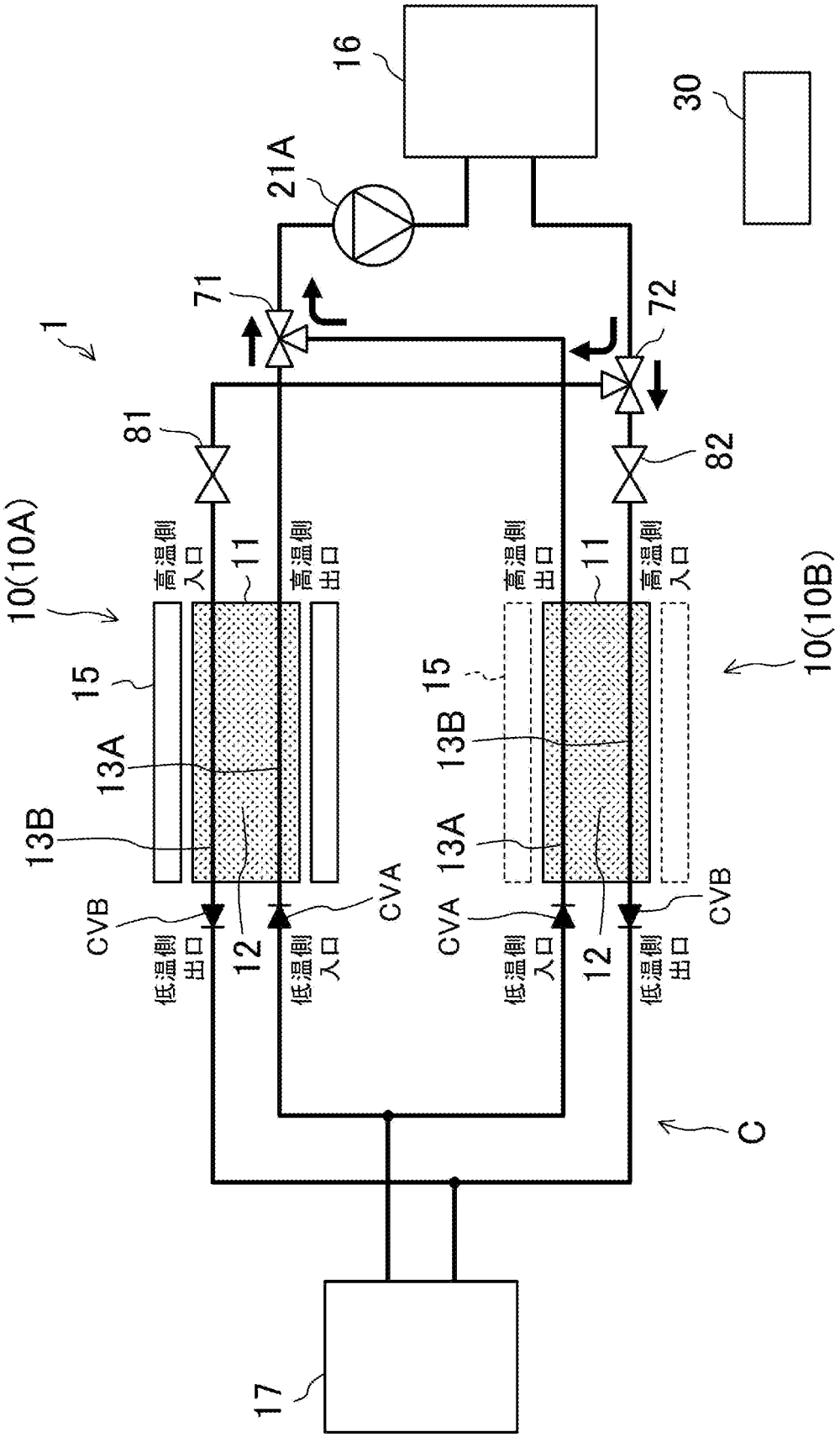
[図14]



[図15]



[図16]


16
30
21A
71
72
1
81
82
10(10A)
高温側入口
11
高温側出口
15
13A
13B
CVB
低温側出口
12
低温側入口
CVA
10(10B)
C
17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2023/023341

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F25B 21/00(2006.01)i
FI: F25B21/00 A

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)

F25B21/00

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 1971-2023
Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2021/065792 A1 (DAIKIN INDUSTRIES, LTD.) 08 April 2021 (2021-04-08) paragraphs [0057]-[0066], [0101]-[0102], fig. 1-2	1-5
Y	JP 2005-077032 A (DENSO CORP) 24 March 2005 (2005-03-24) paragraphs [0028]-[0029], fig. 1	1-5
A	JP 2022-12535 A (DENSO CORP) 17 January 2022 (2022-01-17) entire text, all drawings	1-5

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

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"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)
"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
"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
"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
"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
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
29 August 2023	**05 September 2023**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/023341

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO 2021/065792 A1	08 April 2021	US 2022/0221201 A1 paragraphs [0045]-[0054], [0089]-[0090], fig. 1-2 EP 4027078 A1 CN 114502899 A	
JP 2005-077032 A	24 March 2005	US 2005/0047284 A1 paragraphs [0030]-[0031], fig. 1	
JP 2022-12535 A	17 January 2022	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2023/023341

A.　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

F25B 21/00(2006.01)i
FI: F25B21/00 A

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））

F25B21/00

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	１９７１－２０２３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２３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）

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	WO 2021/065792 A1（ダイキン工業株式会社）08.04.2021（2021-04-08） 段落００５７－００６６，０１０１－０１０２及び図１－２	1-5
Y	JP 2005-077032 A（株式会社デンソー）24.03.2005（2005-03-24） 段落００２８－００２９及び図１	1-5
A	JP 2022-12535 A（株式会社デンソー）17.01.2022（2022-01-17） 全文,全図	1-5

☐ 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抵触するものではなく、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	国際調査報告の発送日
29.08.2023	05.09.2023

名称及びあて先

日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）

五十嵐　公輔 3M 4795

電話番号 03-3581-1101 内線 3377

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2023/023341

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2021/065792 A1	08.04.2021	US 2022/0221201 A1 段落００４５－００５４，００８９－００９０及び図１－２ EP 4027078 A1 CN 114502899 A	
JP 2005-077032 A	24.03.2005	US 2005/0047284 A1 段落００３０－００３１及び図１	
JP 2022-12535 A	17.01.2022	（ファミリーなし）	