

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年9月20日(20.09.2018)



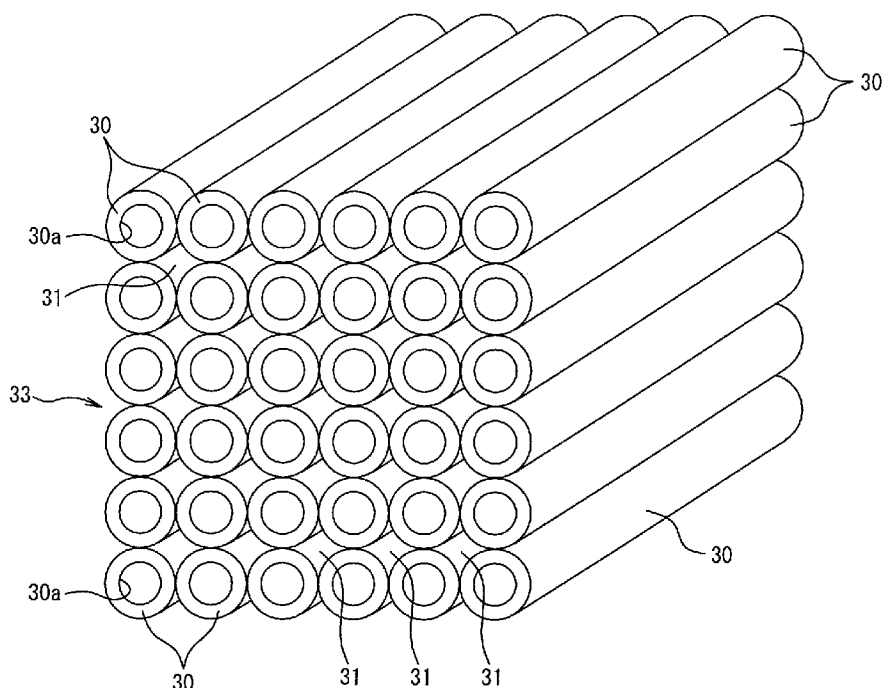
(10) 国際公開番号

WO 2018/168294 A1

- (51) 国際特許分類:
F25B 21/00 (2006.01) *H01F 1/01* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/004812
- (22) 国際出願日: 2018年2月13日(13.02.2018)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2017-047421 2017年3月13日(13.03.2017) JP
- (71) 出願人: サンデンホールディングス株式会社(SANDEN HOLDINGS CORPORATION)
[JP/JP]; 〒3728502 群馬県伊勢崎市寿町20番地 Gunma (JP).
- (72) 発明者: 武田 誠(TAKEDA Makoto); 〒3728502 群馬県伊勢崎市寿町20番地 サンデン・アドバンステクノロジー株式会社内 Gunma (JP).
宇野 高明(UNO Takaaki); 〒3728502 群馬県伊勢崎市寿町20番地 サンデン・アドバンステクノロジー株式会社内 Gunma (JP).
裴 相哲(BAE Sangchul); 〒3728502 群馬県伊勢崎市寿町20番地 サンデン・アドバンステクノロジー株式会社内 Gunma (JP).
山口 裕介(YAMAGUCHI Yusuke); 〒3728502 群馬県伊勢崎市寿町20番地 サンデン・アドバンステクノロジー株式会社内 Gunma (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,

(54) Title: MAGNETIC WORK BODY AND MAGNETIC HEAT PUMP DEVICE USING SAME

(54) 発明の名称: 磁気作業体及びこれを使用した磁気ヒートポンプ装置



(57) Abstract: [Problem] To provide a magnetic work body with which it is possible to increase porosity and improve heat exchange efficiency, and a magnetic heat pump device using the same. [Solution] A plurality of tubular bodies 30 are formed of a magnetic work substance and include porosity adjustment holes 30a for adjusting porosity when a plurality of rod-shaped bodies are caused to be adjacent to each other, in the axial direction of the rod-shaped bodies, and are joined. The tubular bodies are joined so that the cross-sectional shape of gaps 31 surrounded by the adjacent tubular bodies are the

CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告(条約第21条(3))

same, and the inner surface of the tubular bodies and of the gaps form a heat medium passage for passing a heat medium.

(57) 要約: 【課題】 空隙率を大きくして熱交換効率を向上させることができる磁気作業体及びこれを使用した磁気ヒートポンプ装置を提供する。 【解決手段】 磁気作業物質で形成され、棒状体の軸方向に当該棒状体を複数隣接させて接合したときの空隙率を調整する空隙率調整用孔30aを有する複数の筒状体30を、隣接する筒状体で囲まれる隙間31の断面形状が同一形状となるように接合し、前記筒状体の内面と前記隙間とで熱媒体を通す熱媒体通路を形成している。

明 細 書

発明の名称：

磁気作業体及びこれを使用した磁気ヒートポンプ装置

技術分野

[0001] 本発明は、磁気熱量効果を有する磁気作業体及びこれを使用した磁気ヒートポンプ装置に関する。

背景技術

[0002] フロン等の気体媒体を使用した従来の蒸気圧縮冷凍装置に代わり、磁気作業物質が励磁と消磁の際に大きな温度変化を生じさせる性質である磁気熱量効果を利用した磁気ヒートポンプ装置が近年注目されている。

この磁気ヒートポンプ装置では、液媒体の通流路に磁気作業物質を配置し、磁気熱量効果で熱媒体と熱交換するようにしている。従来は、磁気作業物質を粒状に成形し、粒状の磁気作業物質を筒状ケース内に収納し、この筒状ケース内に液媒体を流通させるようにしている。

[0003] このように、磁気作業物質を粒状に成形した場合には、液媒体との接触面積を増やすことができる反面、熱媒体の流路抵抗が大きくなり、効率の良い熱交換を行なうことができないという課題がある。

このため、熱媒体の流路抵抗を低減するために、特許文献 1 及び 2 に記載された磁気作業体が提案されている。

特許文献 1 では、磁気作業物質を直方体状に成形し、この直方体にブロングを有するパンチで軸方向に多数の貫通孔を形成するようにしている。

特許文献 2 では、磁気作業物質を、円形、八角形、十字形等の断面形状を有する柱状体に形成し、この柱状体を複数本円筒ケースや角筒ケース内に収納して柱状体間に熱媒体通路を形成するようにしている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献 1：特開 2008-527301 号公報

特許文献2：特開2013-64588号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、上記特許文献1に記載の磁気作業体では、磁気作業物質で形成した直方体に対して多数の貫通孔を形成するので、磁気作業物質の屑が発生するとともに、貫通孔を正確に形成することが困難であるという未解決の課題がある。

これに対して、上記特許文献2に記載の磁気作業体では、磁気作業物質で形成した多数の柱状体を隣接させて、各柱状体の外周面で囲まれる空間を熱媒体通路とするようにしているので、柱状体の断面形状を円形や八角形とした場合には、熱媒体通路となる空隙率が低下し、熱媒体の流通量が少なくなり、多くの流通量を得るためには磁気作業体の断面形状を大きくしなければならないという未解決の課題がある。

そこで、本発明は、上記特許文献1及び2に記載された従来例の未解決の課題に着目してなされたものであり、空隙率を大きくして熱交換効率を向上させることができる磁気作業体及びこれを使用した磁気ヒートポンプ装置を提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0006] 上記目的を達成するために、本発明に係る磁気作業体の一態様は、磁気作業物質で形成され、棒状体の内部に、貫通する当該棒状体を複数隣接させて接合したときの空隙率を調整する軸方向の空隙率調整用孔を有する筒状体で構成されている。

また、本発明に係る磁気ヒートポンプ装置の一態様は、上述した磁気作業体を熱媒体通流方向に沿って配置したダクトと、このダクトの磁気作業体に印加される磁場の大きさを変更する磁場変更機構と、磁気作業体の高温端及び低温端間で前記熱媒体を移動させる熱媒体移動機構と、高温端側の前記熱媒体を放熱させる放熱側熱交換器と、低温端側の前記熱媒体に吸熱させる吸熱側熱交換とを備えている。

発明の効果

[0007] 本発明の一態様によれば、磁気作業体を、軸方向に貫通して棒状体を複数隣接させて接合したときの空隙率を調整する空隙率調整用孔を形成した筒状体としたので、隣接する筒状体で形成される空隙と、空隙率調整孔とで熱媒体通路を形成することができ空隙率調整孔の内径を変更することにより、空隙率を任意に調整可能な磁気作業体を構成することができる。

したがって、複数の円筒体を隣接させて磁気作業体を構成する場合に、磁気作業体の外径を変更することなく、空隙率を変化させることが可能となる。

また、空隙率を最適とする磁気作業体を熱媒体が通流するダクトに配置することにより、空隙率と熱媒体の流路抵抗を最適に調整して熱交換効率を向上させることができる磁気ヒートポンプ装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]本発明に係る磁気ヒートポンプ装置の一実施形態を示す全体構成図である。

[図2]図1のヒートポンプ本体の断面図である。

[図3]磁気作業体の第1の実施形態を示す斜視図である。

[図4]磁気作業体の単体を示す斜視図である。

[図5]磁気作業物質の温度とエントロピー変化との関係を示す特性線図である。

[図6]円筒体の組み付け誤差範囲を説明する図である。

[図7]温度変化が飽和した状態における磁気作業体の高温端と低温端の温度を示す特線図である。

[図8]ヒートポンプ本体に組み込む磁気作業体の製造方法を示す説明図である。

[図9]磁気作業体の第2の実施形態を示す斜視図である。

[図10]図9の要部の拡大図である。

[図11]ヒートポンプ本体の他の例を示す斜視図である。

[図12]ヒートポンプ本体のさらに他の例を示す斜視図である。

発明を実施するための形態

[0009] 次に、図面を参照して、本発明の一実施の形態を説明する。以下の図面の記載において、同一又は類似の部分には同一又は類似の符号を付している。ただし、図面は模式的なものであり、厚みと平面寸法との関係、各層の厚みの比率等は現実のものとは異なることに留意すべきである。したがって、具体的な厚みや寸法は以下の説明を参酌して判断すべきものである。又、図面相互間においても互いの寸法の関係や比率が異なる部分が含まれていることはもちろんである。

また、以下に示す実施の形態は、本発明の技術的思想を具体化するための装置や方法を例示するものであって、本発明の技術的思想は、構成部品の材質、形状、構造、配置等を下記のものに特定するものでない。本発明の技術的思想は、特許請求の範囲に記載された請求項が規定する技術的範囲内において、種々の変更を加えることができる。

[0010] まず、本発明の一の態様を表す磁気ヒートポンプ装置の一実施形態について説明する。

〔磁気ヒートポンプ装置の構成〕

磁気ヒートポンプ装置10は、図1に示すように、ヒートポンプ本体11と、高温側切換弁12と、放熱側熱交換器13と、ヒータ14と、循環ポンプ15と、低温側切換弁16と、吸熱側熱交換器17とを備えている。

ヒートポンプ本体11は、ヒートポンプ用AMR (Active Magnetic Regenerator) を構成するものである。このヒートポンプ本体11は、図2に示すように、図示しないサーボモータに減速機を介して連結されて一方向に回転駆動されるロータ21と、このロータ21の周囲を囲む円筒状のケース体で構成される円筒状固定部としてのステータ22とを備えている。

[0011] ロータ21は、回転軸23に固定された軸方向に延長する直方体状の支持部材24と、この支持部材24の対向する長辺上に固定された半径方向及び

軸方向に延長する磁場発生部材となる一对の永久磁石 25 A 及び 25 B とを備えている。永久磁石 25 A 及び 25 B のそれぞれは、幅広形状を有し、外周側の先端が回転軸 23 の中心を中心する円筒面とされている。

ステータ 22 の内周面には、例えば上下位置及び左右位置に中心を挟んで対向するように 2 つずつ計 4 つの中空ダクト 26 A、26 B 及び 26 C、26 D が円周方向に 90° 間隔で永久磁石 25 A 及び 25 B の外周面と対向するようにステータ 22 の軸方向に延長して配置されている。これら中空ダクト 26 A ~ 26 D のそれぞれは、断熱性の高い樹脂材料で形成されている。これにより、後述する磁気熱量効果を有する磁気作業体の外部への熱損失を低減させ、回転軸 23 側への伝熱を防いでいる。

[0012] 各中空ダクト 26 A ~ 26 D のそれぞれは、回転軸 23 の中心を中心とする内側円筒面 26 a と回転軸 23 の中心を中心とする外側円筒面 26 b とこれら内側円筒面 26 a 及び外側円筒面 26 b の両端部間をそれぞれ連結する円弧状側面部 26 c 及び 26 d とで偏平な円弧状の長円形に形成され、円周方向の長さが永久磁石 25 A 及び 25 B の円周方向の長さと略等しく選定されている。

各中空ダクト 26 A ~ 26 D 内には、励磁と消磁の際に大きな温度変化を生じさせる性質である磁気熱量効果を発揮する磁気作業体 27 A ~ 27 D が配置されている。

[0013] この磁気作業体 27 A ~ 27 D のそれぞれは、磁気熱量効果を発揮する磁気作業物質で形成され、図 3 に示すように、棒状体の内部に、棒状体を複数隣接させて接合したときの空隙率を調整する軸方向の空隙率調整用孔 30 a を形成した単体の磁気作業体となる筒状体 30 を複数外周面で格子状に接合して構成されている。

ここで、筒状体 30 は、スラリー状の磁気作業物質を押出成形機に投入して、押出成形することにより製造する押出成形品で構成され、例えば外径 1 mm、内径 0.485 mm、長さ 100 mm の円筒体とされている。この単体の磁気作業体となる筒状体 30 は円筒体に限定されるものではなく、楕円

筒体や正4n角筒体（nは2以上）等で構成することができ、要は複数の単体の磁気作業体を軸方向と直交する方向に隣接させて接合したときに、隣接する単体の磁気作業体で囲まれる隙間31が均一形状となるものであればよい。また、空隙率調整用孔30aの形状は任意形状とすることができる。

[0014] また、筒状体30は、図4に示すように、軸方向に高い磁気熱量効果を発揮する温度帯が異なる複数例えば第1磁気作業物質MM1、第2磁気作業物質MM2及び第3磁気作業物質MM3の3つの磁気作業物質を例えば温度帯が順に高くなるように軸方向に配列して構成することが好ましい。一例として、3つの磁気作業物質MM1～MM3として、温度Tとエントロピー変化（ $-\Delta S$ ）〔J/kg・K〕との関係が、図5に表されるものが選択されている。

[0015] すなわち、第1磁気作業物質MM1は図5の特性曲線L1で示すように、一番低いキュリー点付近の温度 T_{p1} でエントロピー変化（ $-\Delta S$ ）がピークとなる山形特性を有し、第2磁気作業物質MM2は、図5の特性曲線L2で示すように、第1磁気作業物質MM1より高いキュリー点付近の温度 T_{p2} でエントロピー変化（ $-\Delta S$ ）がピークとなる山形特性を有し、第3磁気作業物質MM3は、第2磁気作業物質MM2より高いキュリー点付近の温度 T_{p3} でエントロピー変化（ $-\Delta S$ ）がピークとなる山形特性を有するMn系材料又はLa系材料が使用されている。

[0016] これらMn系材料又はLa系材料は、従来使用されていたGd系材料よりも励磁／消磁による磁気エントロピー変化（ $-\Delta S$ ）が大きく、吸熱／放熱能力も高い。しかしながら、各材料の高い磁気熱量効果を発揮する稼働温度域（駆動温度スパン）がGd系材料よりも狭いため、単体で使ったのでは常温から必要とする冷凍／放熱（給湯等）温度まで温度変化をさせることができない。

このため、第1磁気作業物質MM1、第2磁気作業物質MM2及び第3磁気作業物質MM3を筒状体30の軸方向に並べて配置することにより、必要な温度範囲で高い磁気熱量効果を得ることができる。

[0017] そして、図6に示すように、上記構成を有する筒状体30を例えば下側に2本、上側に2本の計4本を各筒状体30の中心を結ぶ実線図示の格子線L11が方形となるように接合することにより、図3に示す4本の筒状体30で囲まれる菱形状の隙間31が形成される。この場合の各筒状体30の接合は、筒状体30を形成してから接合する場合には、ロウ付け等の接合方法で接合する。

各筒状体30は、図6に示すように、4つの筒状体30の中心を結ぶ実線図示の基準格子線L11に対して±10%の許容範囲を設定する点線図示の許容格子線L12及びL13を設定し、許容格子線L12及びL13の交点で囲まれるハッチングを施した方形領域32内に中心を配置するように配列させる。このように筒状体30を配列することにより、所望の空隙率を確保することができる。

[0018] 例えば、理想的な空隙率は0.4とされているが、この理想的な空隙率0.4を確保するには、筒状体30が円筒体であるものとして、その外径を D_1 とし、内径を D_2 としたとき、両者の比 $D_1 : D_2 = 1 : 0.485$ に設定することにより、空隙率0.4を確保することができる。

すなわち、筒状体30に外接する正方形を考えたときに、筒状体30の周囲の空隙は $(D_1^2 - \pi D_1^2 / 4)$ で表され、これに筒状体30の内部の空隙 $\pi D_2^2 / 4$ を加算した値が $0.4 D_1^2$ と等しくなればよい。

[0019] このため、 $(D_1^2 - \pi D_1^2 / 4) + \pi D_2^2 / 4 = 0.4 D_1^2$ で表される方程式に $D_1 = 1$ を代入して解くことにより、 $D_2 = 0.485$ となる。

このように、理想的な空隙率0.4を得るためには、筒状体30の外径 D_1 と内径 D_2 との関係を $1 : 0.485$ に設定するが、本実施形態は、これに限定されるものではなく、筒状体30の内径 D_2 を $0.485 \times 0.9 \sim 0.485 \times 1.1$ の範囲に設定することが好ましい。ここで、筒状体30の内径 D_2 が 0.485×0.9 未満となると磁気作業体を通過する熱媒体流量が少なくなり、熱交換効率が低下し、内径 D_2 が 0.485×1.1 を超えると、磁気作業体を通過する熱媒体流量が多くなりすぎ、熱交換効率が低下する。

[0020] また、図3に示すブロック状の磁気作業体33を構成するには、筒状体30を所要本数接合する場合に限らず、押出成形機で所望数の磁気作業体を同時に押出成形することにより、一体成形のブロック状の磁気作業体33として構成することができる。

さらに、前述した中空ダクト26A～26D内に磁気作業体27A～27Dを収納する場合には、中空ダクト26A～26Dの形状が円弧状であるので、中空ダクト26A～26D内に筒状体30を一本一本挿入しながら接合するには手間が掛かり過ぎるとともに、接合形状にバラツキが生じたり、筒状体30が変形したりして隙間31が不均一となる可能性が高い。

[0021] このような場合には、図8(a)に示すように、複数の筒状体30を中心が格子の交点となるように互いに隣接させて接合して中空ダクト26A～26Dを囲む大きさの直方体状の磁気作業体34を一体に形成し、この磁気作業体34の周囲の筒状体30を一点鎖線図示の中空ダクト26A～26Dの内面形状に沿わせて軸方向（紙面と直行する方向）に切除することにより、図8(b)に示すように、中空ダクト26A～26Dの内面形状に合わせた外面形状を有する磁気作業体35を形成し、この磁気作業体35を中空ダクト26A～26D内に収納する。このとき、磁気作業体35を構成する各筒状体30の第1磁気作業物質MM1を低温端側とし、第3磁気作業物質MM3を高温端側として中空ダクト26A～26D内に収納する。

[0022] この場合、一体化された磁気作業体34の外周部を中空ダクトの内部形状に合わせて切除するだけで、中空ダクト26A～26Dに合わせた磁気作業体35を形成することができるので、磁気作業体35を構成している多数の筒状体30に変形や崩れが生じることなく、隙間31の形状も潰れることなく正確に維持することができる。したがって、熱媒体を流通させたときに、偏りを生じることなく均一な流れを確保することができ、熱交換効率を向上させることができる。

[0023] そして、図1に示すように、上記構成を有するヒートポンプ本体11の中空ダクト26Aの高温端28に高温配管PH11、PH12が接続され、中

空ダクト 26 A と軸対称位置となる中空ダクト 26 B の高温端 28 に高温配管 P H 2 1, P H 2 2 が接続される。中空ダクト 26 C の高温端 28 に高温配管 P H 3 1, P H 3 2 が接続され、中空ダクト 26 C と軸対称位置となる中空ダクト 26 D の高温端 28 に高温配管 P H 4 1, P H 4 2 が接続される。

同様に、磁気作業体 27 A の低温端 29 に低温配管 P L 1 1, P L 1 2 が接続され、中空ダクト 26 A の軸対称位置となる中空ダクト 26 B の低温端 29 に低温配管 P L 2 1, P L 2 2 が接続される。中空ダクト 26 C の低温端 29 に低温配管 P L 3 1, P L 3 2 が接続され、中空ダクト 26 C の軸対称位置となる中空ダクト 26 D の低温端 29 に低温配管 P L 4 1, P L 4 2 が接続される。

[0024] 高温側切換弁 12 は、例えばロータリ弁、電磁弁、ポペット弁等で構成され、ロータ 21 の回転に伴って切換制御される。この高温側切換弁 12 は、中空ダクト 26 A ~ 26 D と接続される接続ポート 12 A 及び 12 B と、放熱側熱交換器 13 の入口に接続される流出ポート 12 C と、循環ポンプ 15 の吐出側に接続される流入ポート 12 D とを備えている。そして、高温側切換弁 12 は、前述したロータ 21 の回転に同期して接続ポート 12 A を流出ポート 12 C に連通し、且つ、接続ポート 12 B を流入ポート 12 D に連通する状態と、接続ポート 12 A を流入ポート 12 D に連通し、且つ、接続ポート 12 B を流出ポート 12 C に連通する状態とに切り換えられる。

[0025] 接続ポート 12 A には、ヒートポンプ本体 11 から引き出された各高温配管 P H 1 1 ~ P H 4 1 が接続され、接続ポート 12 B には、ヒートポンプ本体 11 から引き出された高温配管 P H 1 2 ~ P H 4 2 が接続されている。

高温側切換弁 12 の流出ポート 12 C は、配管 41 を介して放熱側熱交換器 13 の入口に接続され、この放熱側熱交換器 13 の出口は配管 42、この配管 42 の途中に配置されたヒータ 14 を介して循環ポンプ 15 の吸込側に接続されている。そして、この循環ポンプ 15 の吐出側が配管 43 を介して高温側切換弁 12 の流入ポート 12 D に接続されて排熱側の循環経路が構成

されている。

[0026] 低温側切換弁 16 は、前述した高温側切換弁 12 と同様に、例えばロータリ弁、電磁弁、ポペット弁等で構成され、ロータ 21 の回転に伴って切換制御される。この低温側切換弁 16 は、中空ダクト 26A～26D と接続される接続ポート 16A 及び 16B と、吸熱側熱交換器 17 と接続される流出ポート 16C 及び流入ポート 16D とを備えている。

接続ポート 16A には、ヒートポンプ本体 11 から引き出された各低温配管 PL11～PL41 が接続され、接続ポート 16B には、ヒートポンプ本体 11 から引き出された低温配管 PL12～PL42 が接続されている。また、流出ポート 16C は配管 44 を介して吸熱側熱交換器 17 の入口に接続され、流入ポート 16D は配管 45 を介して吸熱側熱交換器 17 の出口に接続され、吸熱側の循環経路が構成されている。

[0027] そして、低温側切換弁 16 は、前述したロータ 21 の回転に同期して接続ポート 16A を流出ポート 16C に連通し、且つ、接続ポート 16B を流入ポート 16D に連通する状態と、接続ポート 16A を流入ポート 16D に連通し、且つ、接続ポート 16B を流出ポート 12C 連通する状態とに切り換えられる。

これら循環ポンプ 15、高温側切換弁 12、低温側切換弁 16 や各配管により、各磁気作業体 27A～27D の高温端 28 と低温端 29 の間で熱媒体を往復移動させる熱媒体移動機構が構成される。

[0028] [磁気ヒートポンプ装置 10 の動作]

次に上記構成を有する磁気ヒートポンプ装置 10 の動作について説明する。

先ず、ヒートポンプ本体 11 のロータ 21 が 0° の位置（図 2 に示す位置）にあるとき、永久磁石 25A 及び 25B が 0° 及び 180° の位置にあるので、この 0° 及び 180° の位置にある磁気作業体 27A、27B に印加される磁場の大きさは増大し、励磁されて温度が上昇する。

一方、これと 90° 位相が異なる 90° 及び 270° の位置にある磁気作

業体 27C、27D に印加される磁場の大きさは減少し、消磁されて温度が低下する。

また、ロータ 21 が 0° の位置（図 2）にあるとき、高温側切換弁 12 は接続ポート 12A を流出ポート 12C に連通し、且つ、接続ポート 12B を流入ポート 12D に連通する状態とし、低温側切換弁 16 は接続ポート 16A を流入ポート 16D に連通し、且つ、接続ポート 16B を流出ポート 16C に連通する状態とする。

[0029] そして、循環ポンプ 15 の運転により、熱媒体（水）は図 1 に実線矢印で示すように、循環ポンプ 15 → 配管 43 → 高温側切換弁 12 の流入ポート 12D から接続ポート 12B → 高温配管 PH32 及び PH42 → 90° 及び 270° の位置の磁気作業体 27C 及び 27D → 低温配管 PL32 及び PL42 → 低温側切換弁 16 の接続ポート 16B から流出ポート 16C → 配管 44 → 吸熱側熱交換器 17 → 配管 45 → 低温側切換弁 16 の流入ポート 16D から接続ポート 16A → 低温配管 PL11 及び PL21 → 0° 及び 180° の位置の磁気作業体 27A 及び 27B → 高温配管 PH11 及び PH21 → 高温側切換弁 12 の接続ポート 12A から流出ポート 12C → 配管 41 → 放熱側熱交換器 13 → 配管 42 → ヒータ 14 → 循環ポンプ 15 の順で循環される状態となる。

[0030] 磁気作業体 27A、27B 中の熱媒体（水）は磁気作業体 27A、27B の軸方向に振動し、熱を低温端 29 から高温端 28 へ伝達し、高温端 28 で高温となった熱媒体（水）が高温配管から放熱側熱交換器 13 に流出し、仕事分の熱量を外部（外気等）に放出し、低温端 29 で低温となった熱媒体（水）が低温配管から吸熱側熱交換器 17 に流出し、被冷却体 51 から吸熱し、被冷却体 51 を冷却する。

すなわち、消磁されて温度が低下した磁気作業体 27C、27D に放熱し、冷却された熱媒体（水）は、吸熱側熱交換器 17 で被冷却体 51 から吸熱し、この被冷却体 51 を冷却した後、熱媒体（水）は、励磁されて温度が上昇した磁気作業体 27A、27B から吸熱してそれを冷却し、放熱側熱交換

器 1 3 に戻り、仕事分の熱量を外部（外気等）に放出する。

[0031] 次に、ロータ 2 1 を永久磁石 2 5 A、2 5 B とともに 90° 回転させると、 0° と 180° との位置にある磁気作業体 2 7 A、2 7 B は消磁されて温度が低下し、 90° 及び 270° の位置にある磁気作業体 2 7 C、2 7 D は、励磁されて温度が上昇する。このとき、高温側切換弁 1 2、低温側切換弁 1 6 がロータリ弁で構成される場合、ロータ 2 1 と共にその弁体が 90° 回転されるため、今度は熱媒体（水）が図 1 に点線矢印で示すように、循環ポンプ 1 5 → 配管 4 3 → 高温側切換弁 1 2 の流入ポート 1 2 D から接続ポート 1 2 B → 高温配管 P H 1 2 及び P H 2 2 → 0° 及び 180° の位置の磁気作業体 2 7 A 及び 2 7 B → 低温配管 P L 1 2 及び P L 2 2 → 低温側切換弁 1 6 の接続ポート 1 6 B から流出ポート 1 6 C → 配管 4 4 → 吸熱側熱交換器 1 7 → 配管 4 5 → 低温側切換弁 1 6 の流入ポート 1 6 D から接続ポート 1 6 A → 低温配管 P L 3 1 及び P L 4 1 → 90° 及び 270° の位置の磁気作業体 2 7 C 及び 2 7 D → 高温配管 P H 3 1 及び P H 4 1 → 高温側切換弁 1 2 の接続ポート 1 2 A から流出ポート 1 2 C → 配管 4 1 → 放熱側熱交換器 1 3 → 配管 4 2 → ヒータ 1 4 → 循環ポンプ 1 5 の順で循環される状態となる。

[0032] このロータ 2 1 の回転と高温側切換弁 1 2 及び低温側切換弁 1 6 の切り換えを比較的高速の回転数とタイミングで行い、各磁気作業体 2 7 A ~ 2 7 D の高温端 2 8 と低温端 2 9 の間で熱媒体（水）を往復移動させ、励磁／消磁される各磁気作業体 2 7 A ~ 2 7 D からの吸熱／放熱を繰り返すことによって、各磁気作業体 2 7 A ~ 2 7 D の高温端 2 8 と低温端 2 9 の温度差が徐々に拡大し、やがて吸熱側熱交換器 1 7 に繋がる各磁気作業体 2 7 A ~ 2 7 D の低温端 2 9 の温度は磁気作業体 2 7 A ~ 2 7 D の冷凍能力と被冷却体 5 1 の熱負荷とがバランスする温度まで低下し、放熱側熱交換器 1 3 に繋がる各磁気作業体 2 7 A ~ 2 7 D の高温端 2 8 の温度は放熱側熱交換器 1 3 の放熱能力と冷凍能力とがバランスして略一定温度になる。

[0033] 上述した如く吸熱／放熱の繰り返しにより、各磁気作業体 2 7 A ~ 2 7 D の高温端 2 8 と低温端 2 9 の温度差は広がり、磁気作業物質の能力に釣り合

った温度差になった時点で温度変化は飽和することになる。ここで、図 7 はこのように温度変化が飽和した状態における高温端 28 と低温端 29 の温度を L21 と L22 で示している。この図からも明らかなように高温端 28、低温端 29 共に励磁と消磁による吸熱と放熱の影響を受け、所定の温度幅（実施例では 2 K 程）をもって上下する。

[0034] このような小さい温度差で外部（外気や被冷却体 51）と熱交換することができるよう、実施例では放熱側熱交換器 13 と吸熱側熱交換器 17 の双方、又は、何れか一方をマイクロチャンネル型の熱交換器で構成している。マイクロチャンネル型の熱交換器は他の形式の熱交換器と比較して伝熱係数が高い上、単位体積当たりの伝熱面積も広いので、本発明のような磁気ヒートポンプ装置 10 により所要の能力を得る上で極めて好適である。

そして、磁気作業体 27A～27D の高温端 28 又は低温端 29 に供給される熱媒体は、隣接する 4 つの筒状体 30 の外周面で構成される隙間 31 と筒状体 30 の空隙率調整用孔 30a とで形成される熱媒体通路を通して高温端 28 から低温端 29 側へ又は低温端 29 から高温端 28 側へ流れる。このとき、隙間 31 及び空隙率調整用孔 30a はともに直線状に形成されているので、流路抵抗が少なく、圧力損失も少なくなる。

[0035] しかも、熱媒体通路が隙間 31 と筒状体 30 の空隙率調整用孔 30a とで構成されるので、空隙率を大きく設定することが可能であるとともに、伝熱面積を、磁気作業物質を球状粒子として充填した従来例に比較して 30% 以上向上させることができ、特許文献 2 に記載されているように磁気作業物質を線状体とした従来例に比較して 50% 以上向上させることができる。このため、磁気作業体 27A～27D と熱媒体との間で良好な熱交換を行うことができる。

[0036] また、磁気作業体 27A～27D の空隙率を調整する場合には、単体の磁気作業体となる筒状体 30 の空隙率調整用孔 30a の内径を変更することにより、空隙率を増加させたり、減少させたりすることが容易に行え、理想的な空隙率（例えば 40% 前後）を容易に調整することができる。このとき、

単体の磁気作業体となる筒状体 30 の外径を変更する必要はないので、磁気作業体 27 A ～ 27 D の全体の体積を変更することなく、空隙率の調整を行うことができる。

さらに、磁気作業体 27 A ～ 27 D のように、直方体形状ではなく、円筒面をなどの曲面を有するブロック体を形成する場合に、ブロック体を覆うことが可能な直方体を形成してからその外周面を切除して所望の曲面を有するブロック体を形成することにより、筒状体 30 が変形したり、隙間が潰れたりすることがなく、均一な熱媒体通路を確保することができ、熱媒体の偏りを確実に防止することができる。

[0037] [第 2 の実施形態]

次に、本発明に係る磁気作業体の第 2 の実施形態について図 9 及び図 10 を伴って説明する。

この第 2 の実施形態では、熱媒体の通流量を変更することなく磁気熱量効果を向上させるようにしたものである。

すなわち、第 2 の実施形態では、図 9 及び図 10 に示すように、前述した第 1 の実施形態における隙間 31 内における隣接する 2 つの筒状体 30 間に入り込む隅部に磁気作業物質 60 を充填して熱液媒体通流制限領域を形成している。

この隙間 31 の隣接する 2 つの筒状体 30 間に入り込む隅部では、表面張力によって熱媒体が流れ難く、熱媒体通路としての機能を果たさないので、この領域に磁気作業物質 60 を充填することにより、熱媒体通流量を減少させることなく、全体の磁気作業物質量を増加させることができ、この磁気作業物質 60 の充填量に応じた分磁気熱量効果を向上させることができる。

[0038] このとき、隙間 31 の先端側に充填する磁気作業物質 60 は、図 10 に示すように、円筒内面 61 を形成するように充填することで、熱媒体の通流に支障を与えることなく磁気熱量効果を向上させることができる。

なお、上記第 2 の実施形態では、隙間 31 の先端に磁気作業物質 60 を充填する場合について説明したが、これに限定されるものではなく、図 10 の

隙間形状となるように、一体化した押出成形品で構成することもできる。

[0039] また、上記第1及び第2の実施形態では、ステータ22に磁気作業体27A～27Dを配置した中空ダクト26A～26Dを設けた場合について説明したが、これに限定されるものではなく、磁気作業体を配置した中空ダクト数は任意数に設定することができるとともに、ロータ21に配置する永久磁石数も任意に設定することができる。要は励磁状態の磁気作業体と消磁状態の磁気作業体数が等しくなるようにすればよい。

また、上記第1及び第2の実施形態では、単体の磁気作業体となる筒状体30が高い磁気熱量効果を発揮する温度帯が異なる3つの磁気作業物質で構成されている場合について説明したが、これに限定されるものではなく、4つ以上の磁気作業物質で構成するようにしてもよい。

[0040] また、上記第1及び第2の実施形態では、隣接する単体の磁気作業体が直接接触している場合について説明したが、これに限定されるものではなく、別途接合部材を挟んで隣接させるようにしてもよい。

また、上記第1及び第2の実施形態では、筒状体30を中心軸が格子の交点となるように接合した場合について説明したが、これに限定されるものではなく、垂直方向の奇数段目の筒状体の中心軸に対して偶数段目の筒状体30の中心軸を筒状体30の半径分水平方向にずらして千鳥状に配置するようにしてもよい。

また、上記第1及び第2の実施形態では、磁気ヒートポンプ装置をインナーロータ形に構成した場合について説明したが、これに限定されるものではなく、アウターロータ形に構成することもできる。

[0041] さらに、ヒートポンプ本体を、図11に示すように構成することができる。すなわち、直方体形状に形成した磁気作業体70A及び70Bを、回転軸71を挟む円周上の90°及び270°の位置に固定し、これら磁気作業体70A～70Dを上下方向から挟むように回転軸71に固定された回転円板72A及び72Bを配置し、これら回転円板72A及び72Bの例えば回転軸71を挟む0°及び180°位置の対向面にそれぞれ一对の永久磁石7

３Ａ及び７３Ｂと７４Ａ及び７４Ｂを配置する構成とするようにしてもよい。この場合、上下一対の永久磁石７３Ａ及び７４Ａと７３Ｂ及び７４Ｂとは、永久磁石７３Ａ及び７４Ａの磁気作業体と対向する面がＮ極（又はＳ極）とされ、永久磁石７３Ｂ及び７４Ｂの磁気作業体と対向する他方の面がＳ極（又はＮ極）とされて磁気作業体７０Ａ～７０Ｄを上下方向に横切る磁束を発生させる。

[0042] また、磁気ヒートポンプ装置として永久磁石を回転させる形式とする場合に限らず、図１２に示すように、直方体形状に形成した磁気作業体８１を固定配置し、この磁気作業体８１に対して例えば上下方向に横切る磁束を発生させる永久磁石８２Ａ及び８２Ｂを対向するように配置した直線移動体８３を、永久磁石８２Ａ及び８２Ｂが磁気作業体８１に対向する位置と、磁気作業体８１と対向しない位置との間で直線的に往復動させるようにした往復動型の磁気ヒートポンプ装置にも本発明を適用することができる。

符号の説明

[0043] １０…磁気ヒートポンプ装置、１１…ヒートポンプ本体、１２…高温側切換弁、１３…放熱側熱交換器、１４…ヒータ、１５…循環ポンプ、１６…低温側切換弁、１７…吸熱側熱交換器、２１…ロータ、２２…ステータ、２３…回転軸、２４…支持部材、２５Ａ，２５Ｂ…永久磁石、２６Ａ～２６Ｄ…中空ダクト、２７Ａ～２７Ｄ…磁気作業体、３０…筒状体、３０ａ…空隙率調整用孔、３１…隙間、３２…方形領域、３３～３５…磁気作業体、６０…磁気作業物質、７０Ａ～７０Ｄ…磁気作業体、７１…回転軸、７２Ａ，７２Ｂ…回転円板、７３Ａ，７３Ｂ，７４Ａ，７４Ｂ…永久磁石、８１…磁気作業体、８２Ａ，８２Ｂ…永久磁石、８３…直線移動体

請求の範囲

- [請求項1] 磁気作業物質で形成され、棒状体の内部に、当該棒状体を複数隣接させて接合したときの空隙率を調整する軸方向の空隙率調整用孔を形成した筒状体で構成されたことを特徴とする磁気作業体。
- [請求項2] 磁気作業物質で形成され、棒状体の内部に、当該棒状体を複数隣接させて接合したときの空隙率を調整する軸方向の空隙率調整用孔を形成した複数の筒状体を、隣接する筒状体で囲まれる隙間の断面形状が同一形状となるように接合し、前記筒状体の内面と前記隙間とで熱媒体を通す熱媒体通路を形成したことを特徴とする磁気作業体。
- [請求項3] 前記隙間は4つの筒状体で囲まれて形成されていることを特徴とする請求項2に記載の磁気作業体。
- [請求項4] 前記筒状体は、4つの筒状体の中心を結ぶ基準格子線に対して $\pm 10\%$ の許容範囲を設定する許容格子線を設定し、許容格子線の交点で囲まれる領域に中心を配置するように配列されていることを特徴とする請求項3に記載の磁気作業体。
- [請求項5] 前記隙間は隣接する2つの筒状体間に入り込む隅部が磁気作業物質を充填した熱媒体通流制限領域とされていることを特徴とする請求項3又は4に記載の磁気作業体。
- [請求項6] 前記筒状体は、磁気作業物質の押出成形品で構成されていることを特徴とする請求項1から5の何れか一項に記載の磁気作業体。
- [請求項7] 前記筒状体は、高い磁気熱量効果を発揮する温度帯が異なる複数の磁気作業物質を前記温度帯が順に高くなるように軸方向に配列して構成されていることを特徴とする請求項2から6の何れか一項に記載の磁気作業体。
- [請求項8] 前記磁気作業物質は、Mn系材料及びLa系材料の何れかであることを特徴とする請求項2から7の何れか一項に記載の磁気作業体。
- [請求項9] 円筒状固定部に形成した請求項2から8の何れか一項に記載の磁気作業体を熱媒体の通流方向に沿って配置したダクトと、

該ダクトの磁気作業体に印加される磁場の大きさを変更する磁場変更機構と、

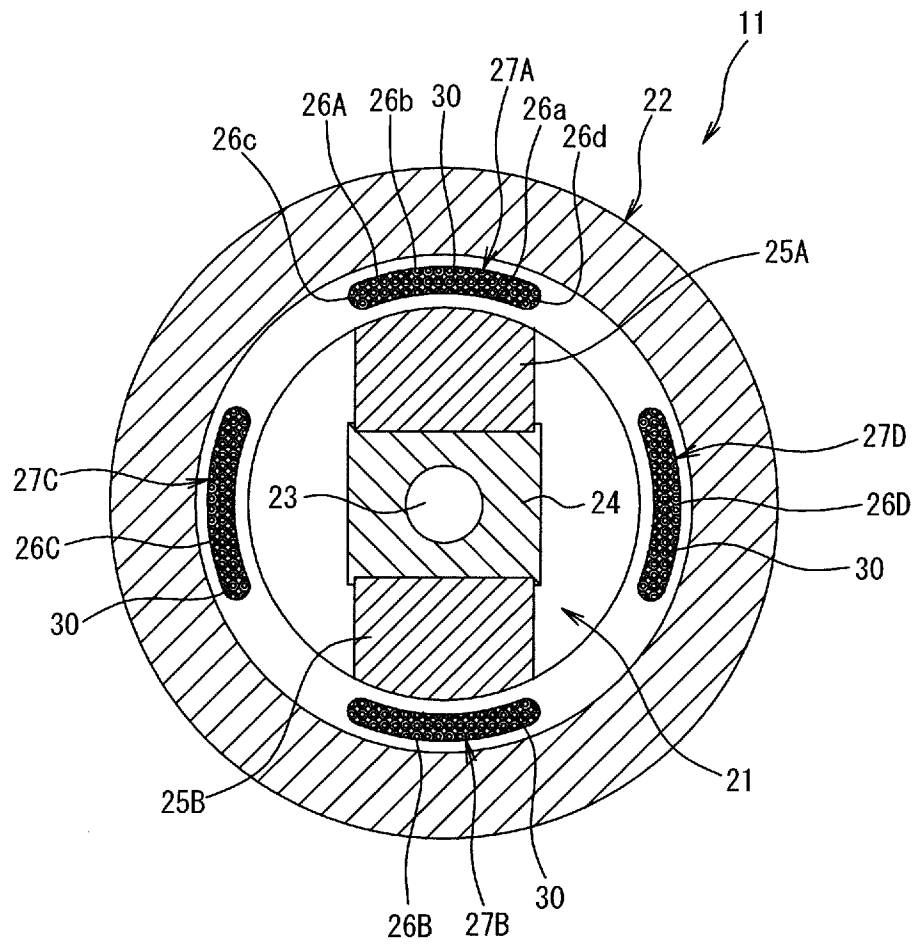
前記磁気作業体の高温端及び低温端間で前記熱媒体を移動させる熱媒体移動機構と、

前記高温端側の前記熱媒体を放熱させる放熱側熱交換器と、

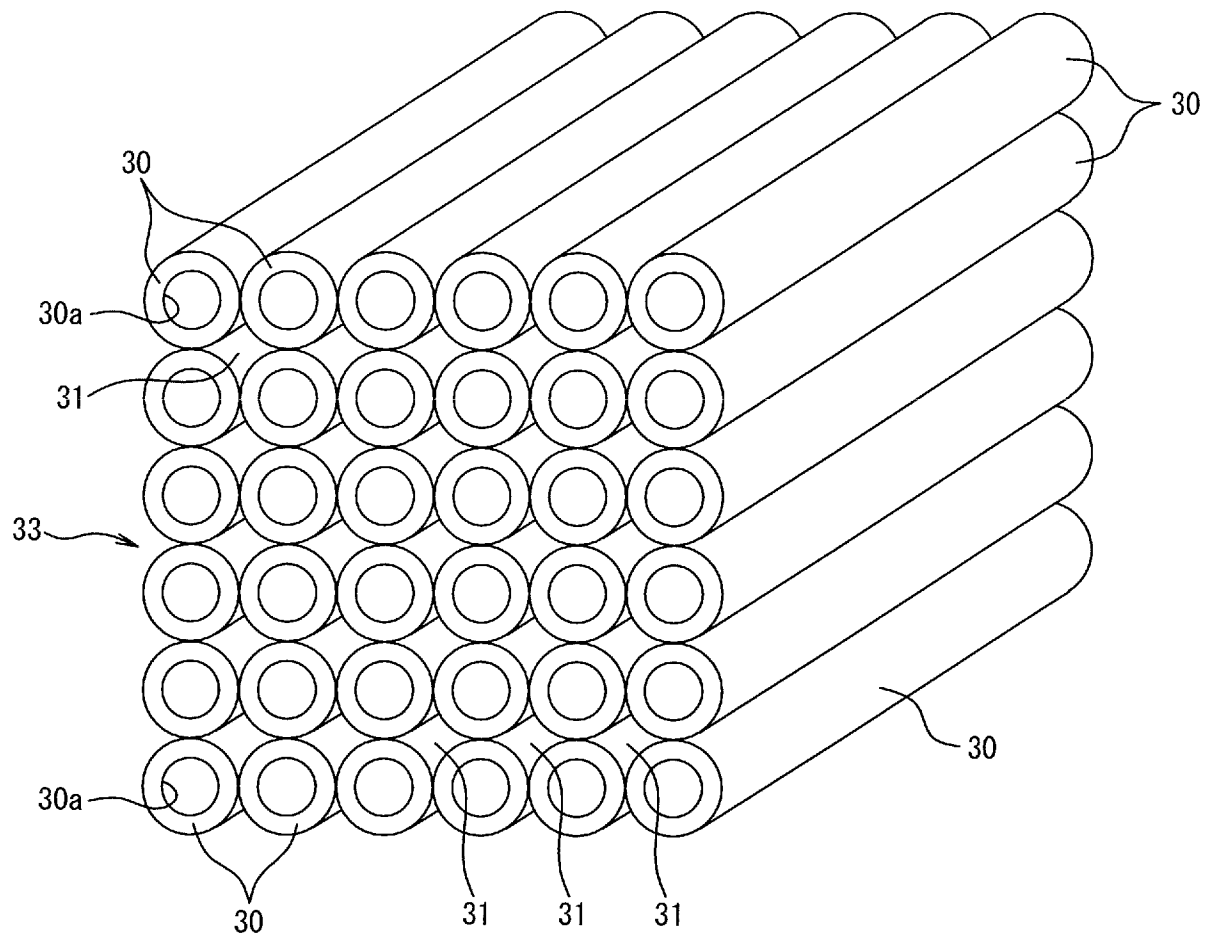
前記低温端側の前記熱媒体に吸熱させる吸熱側熱交換とを備えたことを特徴とする磁気ヒートポンプ装置。

[請求項10] 前記磁気作業体は、複数の筒状体を接合して形成した断面長方形の直方体の外周部を前記ダクトの断面形状に合わせて切除して断面円弧状に構成されていることを特徴とする請求項9に記載の磁気ヒートポンプ装置。

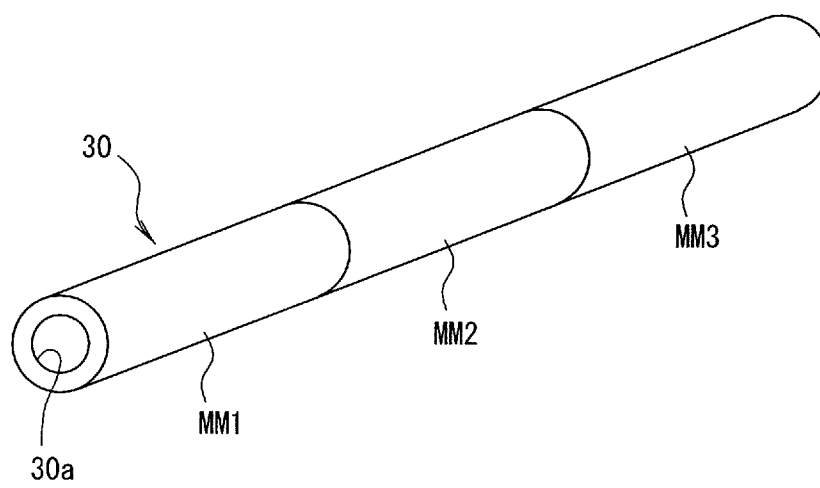
[図2]



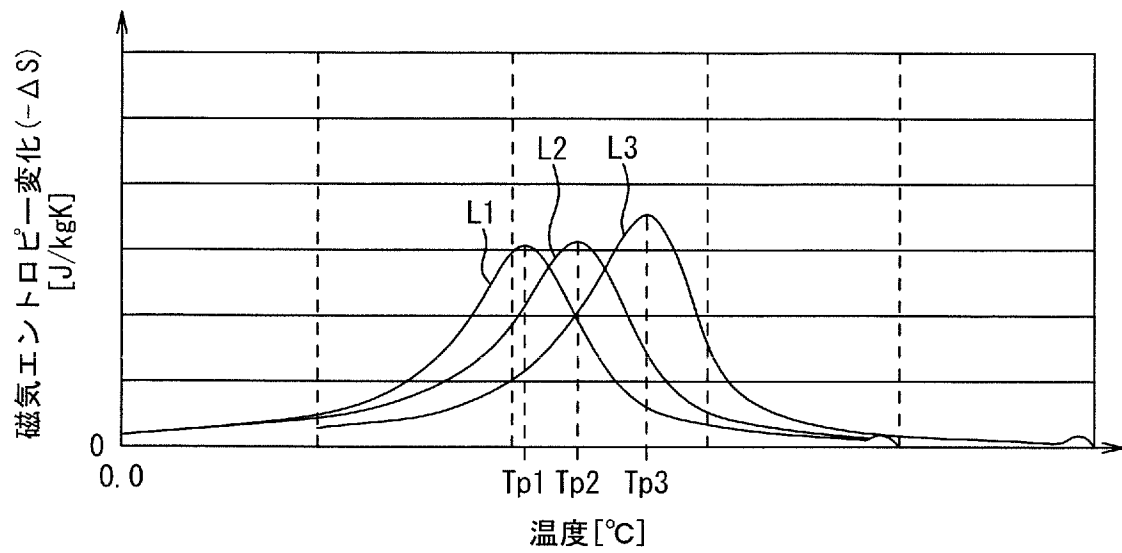
[図3]



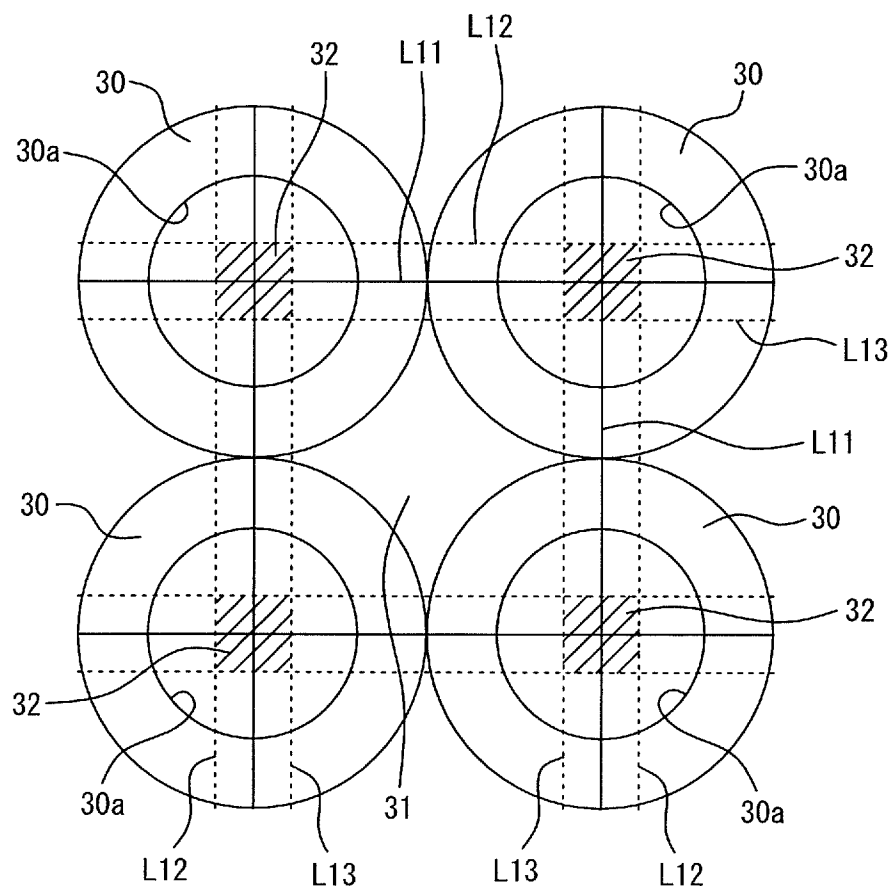
[図4]



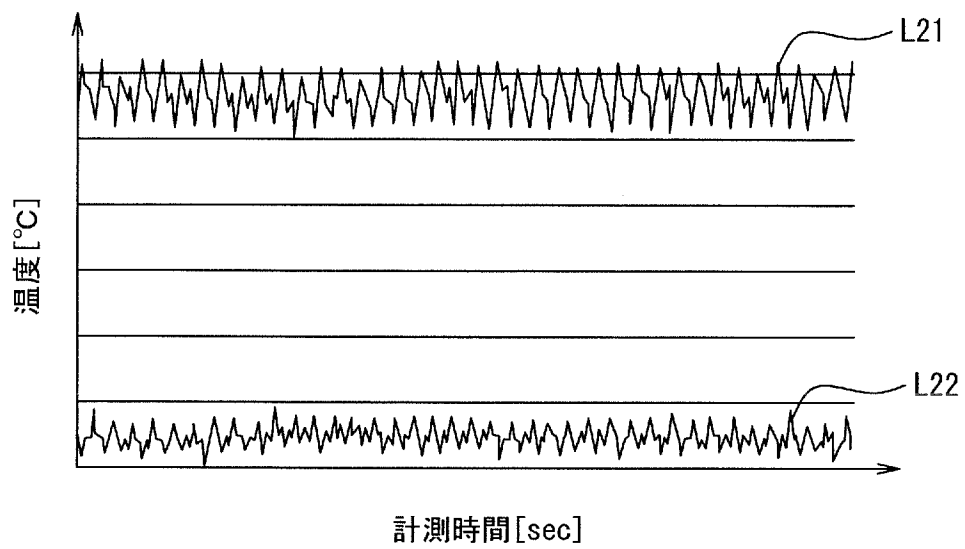
[図5]



[図6]

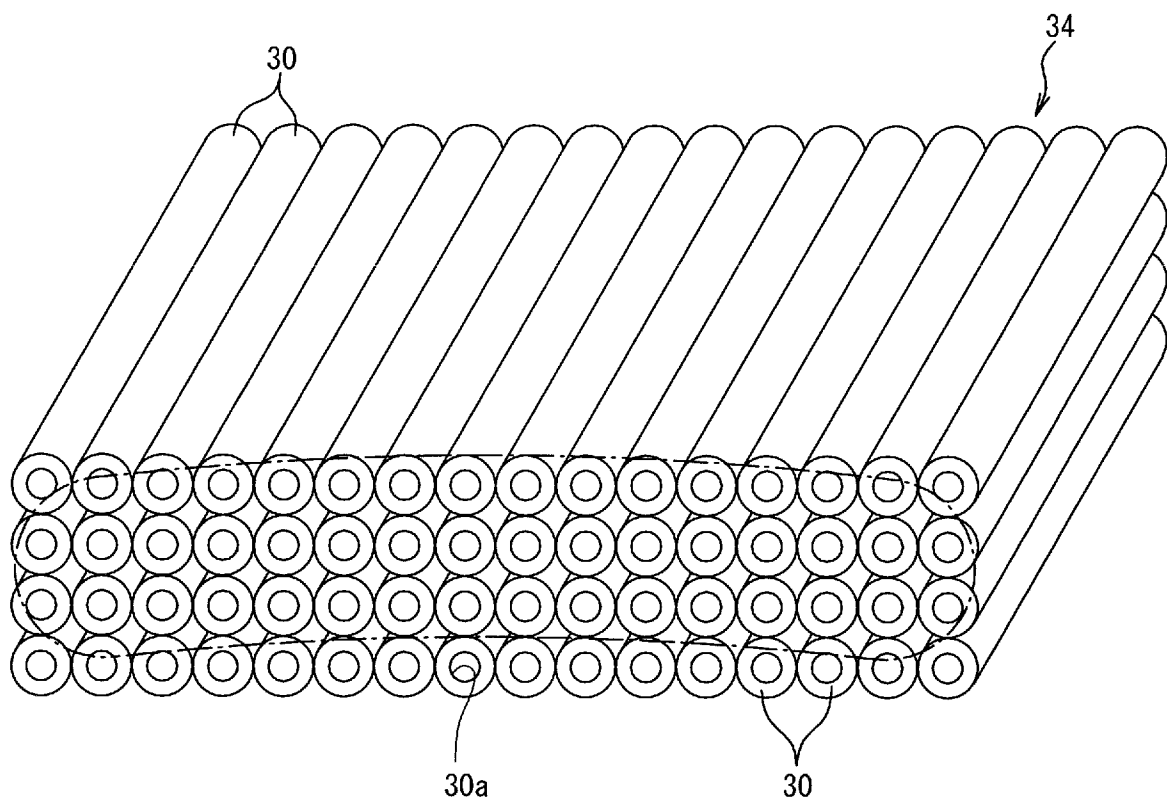


[図7]

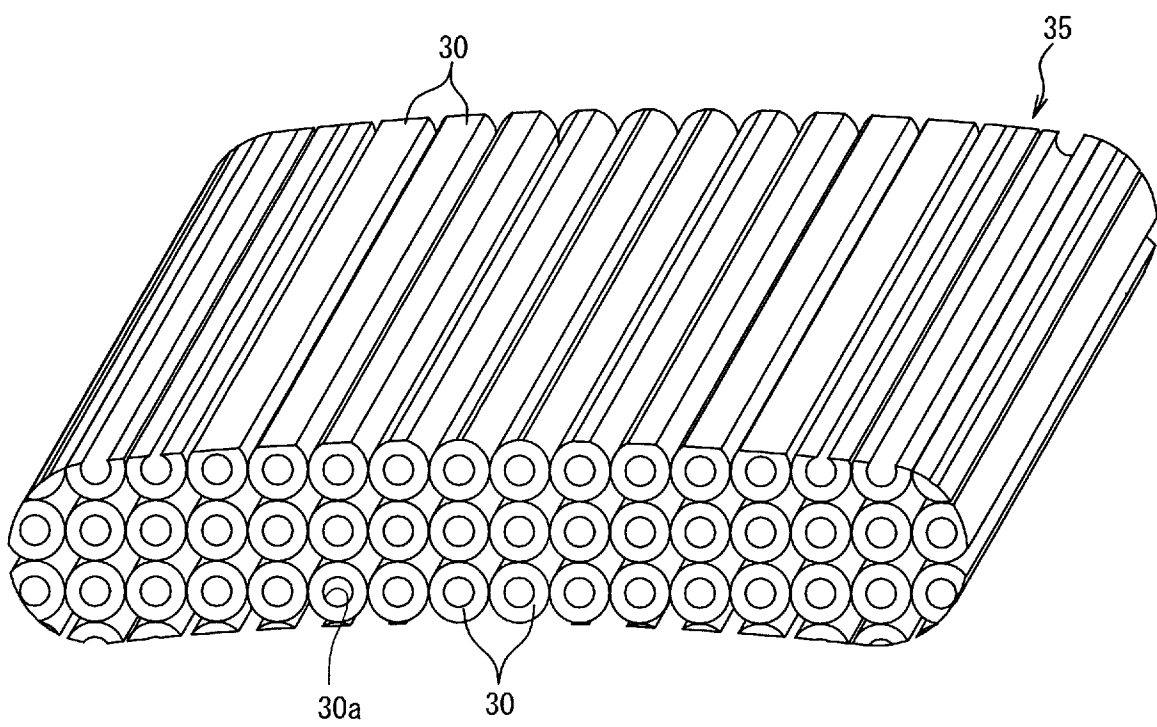


[図8]

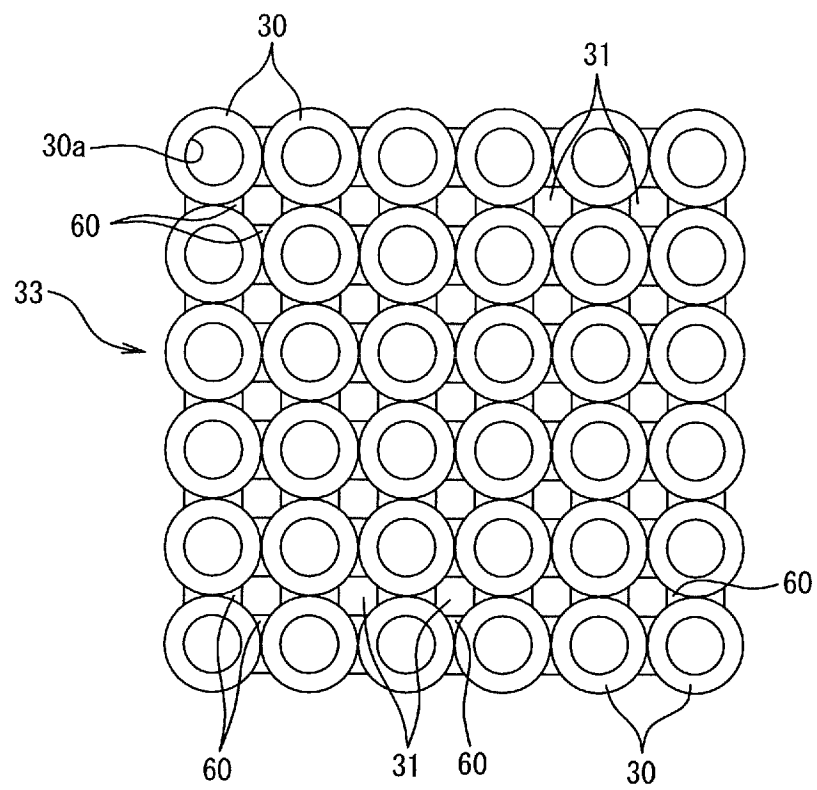
(a)



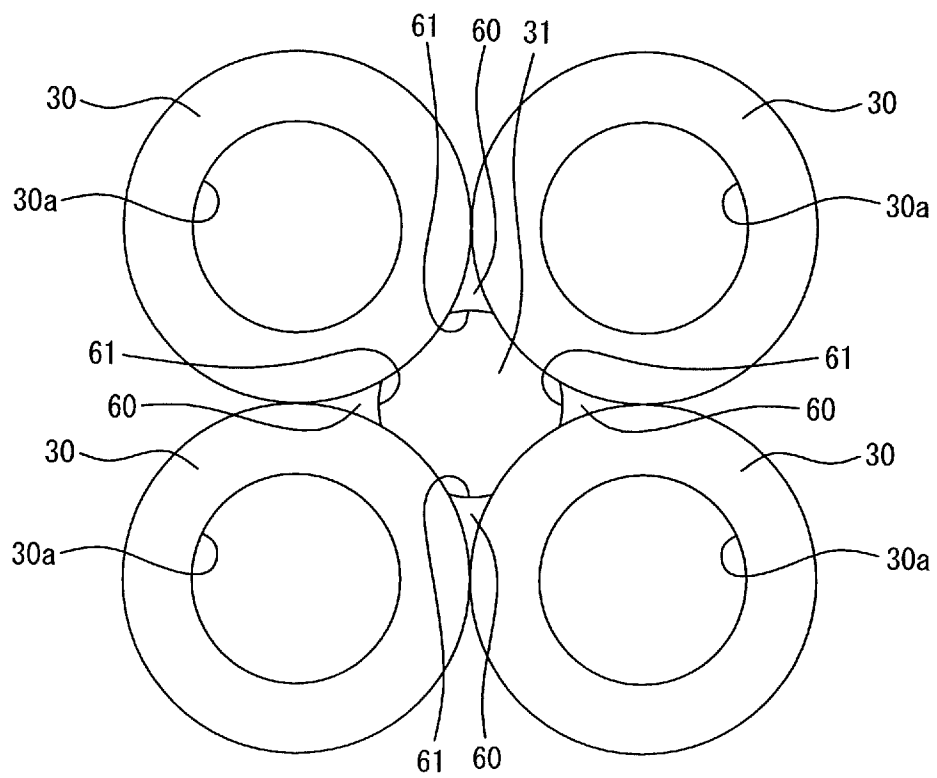
(b)



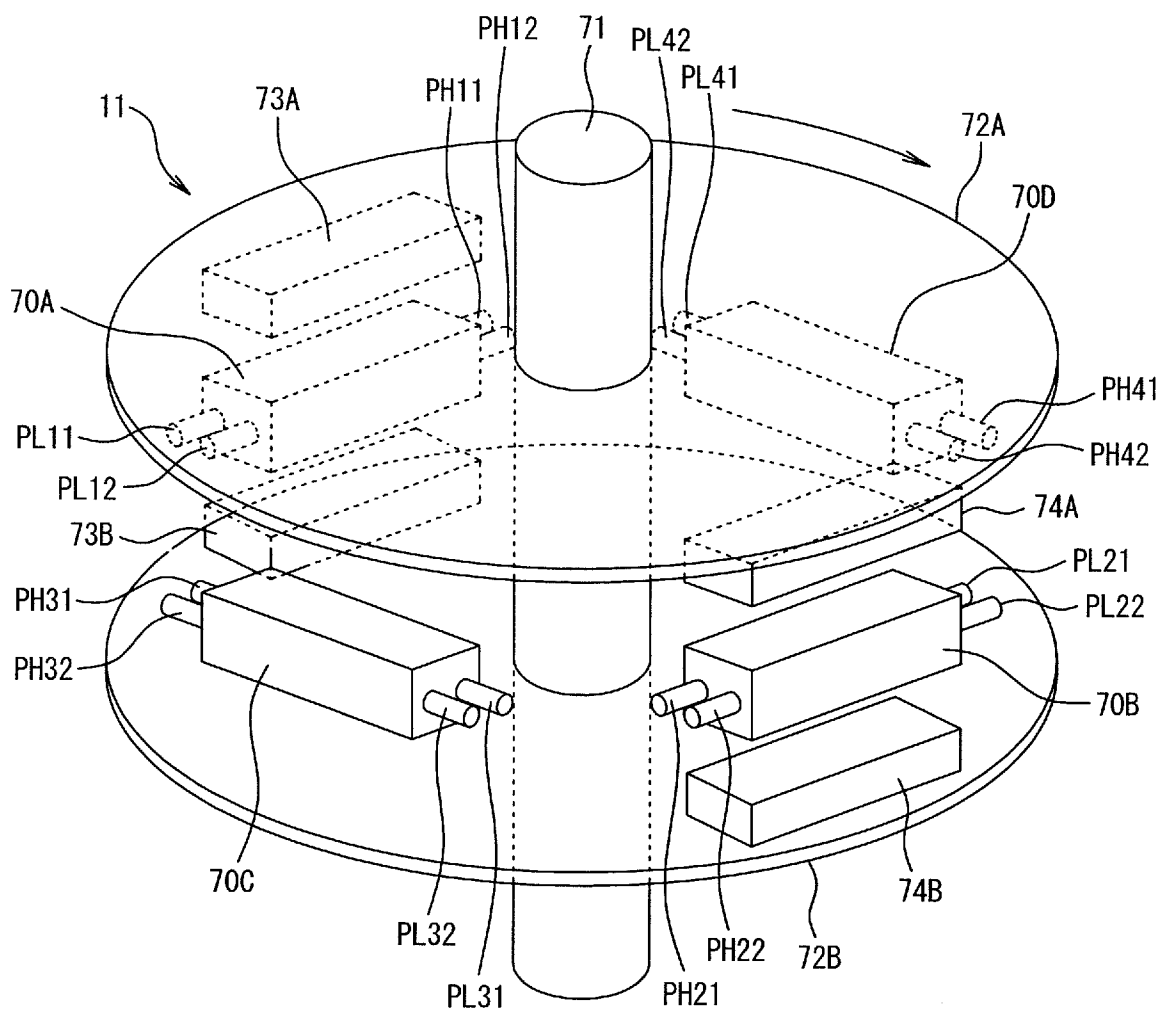
[図9]



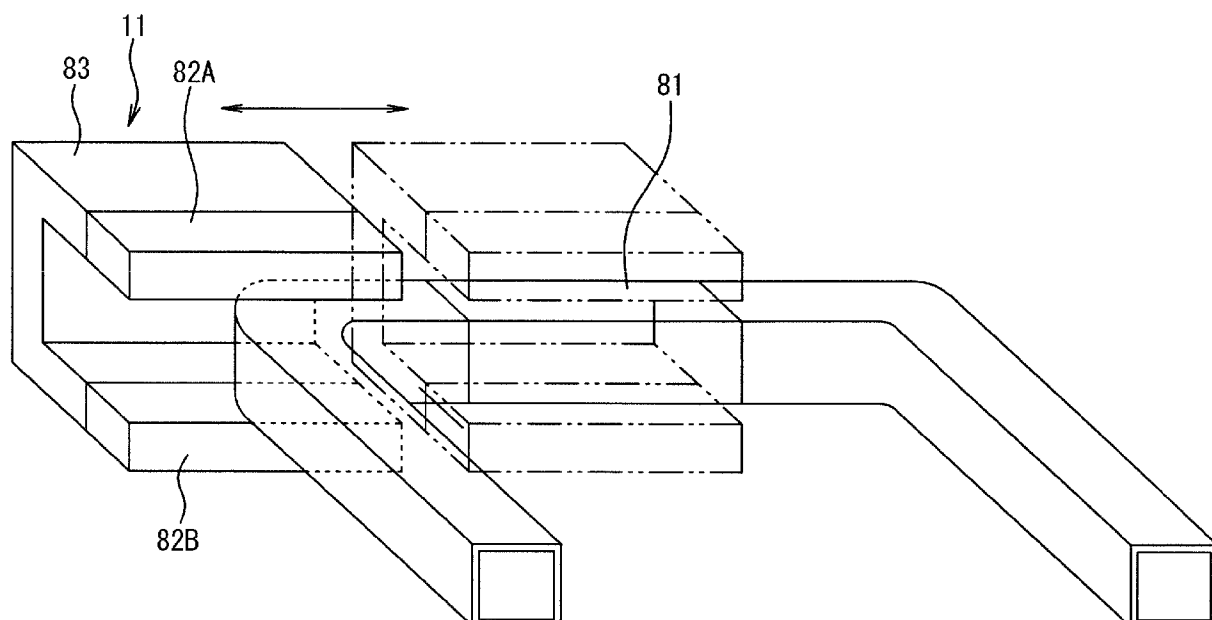
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/004812

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. F25B21/00 (2006.01) i, H01F1/01 (2006.01) i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. 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	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	US 2016/0216012 A1 (BENEDICT) 28 July 2016, paragraphs [0027]-[0074], fig. 1-9, 13, 17 (Family: none)	1-2 3-4, 6-10 5
Y	JP 2013-64588 A (DENSO CORP.) 11 April 2013, fig. 10 (Family: none)	3-4, 6-10
Y	JP 2014-95486 A (DENSO CORP.) 22 May 2014, paragraph [0028] & US 2014/0127071 A1, paragraph [0053] & CN 103801690 A	6-10
Y	JP 2008-527301 A (THE TECHNICAL UNIVERSITY OF DENMARK) 24 July 2008, paragraphs [0035]-[0037] & US 2009/0113897 A1, paragraphs [0057]-[0059] & WO 2006/074790 A1 & EP 1836445 A1 & CA 2594380 A & CN 101115962 A & BR PI0519822 A	6-10

☒ 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
22 March 2018 (22.03.2018)

Date of mailing of the international search report
10 April 2018 (10.04.2018)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/004812

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2012-255642 A (DENSO CORP.) 27 December 2012, paragraphs [0031]-[0081], [0120]-[0122], fig. 1-6, 16 & US 2012/0285179 A1, paragraphs [0040]-[0136], fig. 1-6 & CN 102778074 A	7-10
Y	US 2013/0283822 A1 (SHEN) 31 October 2013, paragraph [0004] & WO 2012/058861 A1 & EP 2636972 A1 & CN 102466364 A	8-10
A	US 2011/0048031 A1 (BARVE) 03 March 2011, paragraph [0033], fig. 1-4 (Family: none)	1-10

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. F25B21/00(2006.01)i, H01F1/01(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. 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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018年

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

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
X Y A	US 2016/0216012 A1 (BENEDICT) 2016.07.28, 段落 [0027] - [0074], 図1-9, 13, 17 (ファミリーなし)	1-2 3-4, 6-10 5
Y	JP 2013-64588 A (株式会社デンソー) 2013.04.11, 図10 (ファミリーなし)	3-4, 6-10
Y	JP 2014-95486 A (株式会社デンソー) 2014.05.22, 段落【0028】 & US 2014/0127071 A1, 段落 [0053] & CN 103801690 A	6-10

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

22.03.2018

国際調査報告の発送日

10.04.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

西山 真二

3M

9536

電話番号 03-3581-1101 内線 3377

C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2008-527301 A (ザ テクニカル ユニヴァーシティー オブ デ ンマーク) 2008.07.24, 段落【0035】－【0037】 & US 2009/0113897 A1, 段落[0057]－[0059] & W0 2006/074790 A1 & EP 1836445 A1 & CA 2594380 A & CN 101115962 A & BR PI0519822 A	6-10
Y	JP 2012-255642 A (株式会社デンソー) 2012.12.27, 段落【003 1】－【0081】, 【0120】－【0122】, 図1－6, 16 & US 2012/0285179 A1, 段落[0040]－[0136], 図1－6 & CN 102778074 A	7-10
Y	US 2013/0283822 A1 (SHEN) 2013.10.31, 段落[0004] & W0 2012/058861 A1 & EP 2636972 A1 & CN 102466364 A	8-10
A	US 2011/0048031 A1 (BARVE) 2011.03.03, 段落[0033], 図1 －4 (ファミリーなし)	1-10