

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2013-167377

(P2013-167377A)

(43) 公開日 平成25年8月29日(2013.8.29)

(51) Int.Cl. F 1 テーマコード (参考)
F 2 8 D 15/02 (2006.01) F 2 8 D 15/02 1 O 1 D
 F 2 8 D 15/02 D

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2012-29954 (P2012-29954)
 (22) 出願日 平成24年2月14日 (2012.2.14)
 特許法第30条第1項適用申請有り 平成23年8月15日、<http://link.aip.org/link/?JHR/133/101701>を通じて発表

(71) 出願人 501241645
 学校法人 工学院大学
 東京都新宿区西新宿1丁目24番2号
 (74) 代理人 100079049
 弁理士 中島 淳
 (74) 代理人 100084995
 弁理士 加藤 和詳
 (74) 代理人 100099025
 弁理士 福田 浩志
 (72) 発明者 横山 修一
 東京都新宿区西新宿1-24-2 工学院
 大学内
 (72) 発明者 森下 明平
 東京都新宿区西新宿1-24-2 工学院
 大学内

最終頁に続く

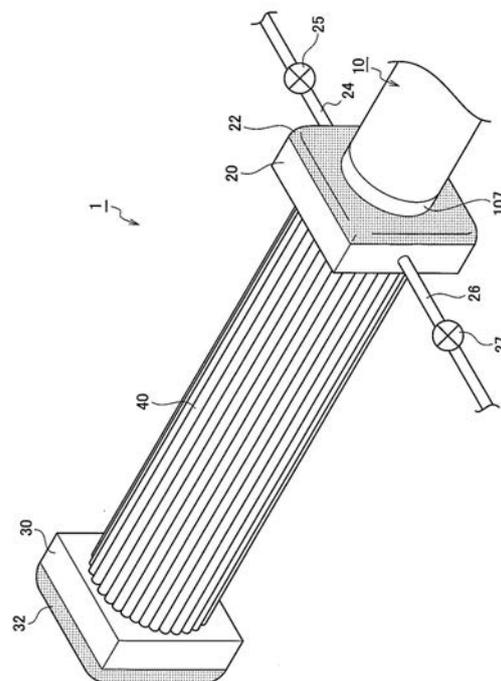
(54) 【発明の名称】 熱輸送装置

(57) 【要約】

【課題】長尺にすることができ、作動流体に対する制限が少ない熱輸送装置を提供する。

【解決手段】可撓性部材22を有する低温部側のリザーバー20と、可撓性部材32を有する高温部側のリザーバー30と、リザーバー20とリザーバー30とに連通する複数のパイプ40と、可撓性部材22または可撓性部材32に結合され、固定子105と可動子107を有する加振装置10とを備える。固定子105は、90度ずつ磁極が変化するように配列された永久磁石列111と、永久磁石列111に対向して配置され、90度ずつ磁極が変化するように配列された永久磁石列115とを有し、可動子107は、永久磁石列111と永久磁石列115との間に配置されたコイル131を有する

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 の可撓性部材を有する低温部側の作動流体を充填するリザーバーと、
 第 2 の可撓性部材を有する高温部側の作動流体を充填するリザーバーと、
 一端が前記低温部側のリザーバーに連通し、他端が前記高温部側のリザーバーに連通する複数のパイプと、

前記第 1 の可撓性部材または前記第 2 の可撓性部材に結合され、第 1 の方向に互いに相対的に移動する第 1 の部材および第 2 の部材を有する加振装置と、を備える熱輸送装置であって、

前記第 1 の部材は、互いに対向して配置された第 1 の永久磁石列と第 2 の永久磁石列とを有し、前記第 1 の永久磁石列は、前記第 1 の方向に 2 の整数等分ずつ磁極の方向が変化し、前記第 2 の永久磁石列側の磁場が強めあい前記第 2 の永久磁石列側と反対側の磁場が弱めあうように前記第 1 の方向に配列された複数の第 1 の永久磁石を有し、前記第 2 の永久磁石列は、前記第 1 の方向に 2 の整数等分ずつ磁極の方向が変化し、前記第 1 の永久磁石列側の磁場が強めあい前記第 1 の永久磁石列側と反対側の磁場が弱めあうように前記第 1 の方向に配列された複数の第 2 の永久磁石を有し、

前記第 2 の部材は、前記第 1 の永久磁石列と前記第 2 の永久磁石列との間に配置されたコイルを有する熱輸送装置。

【請求項 2】

前記複数の第 1 の永久磁石の磁極の方向が前記第 1 の方向に 90 度ずつ回転するように前記複数の第 1 の永久磁石が前記第 1 の方向に配列され、

前記複数の第 2 の永久磁石の磁極の方向が前記第 1 の方向に 90 度ずつ回転するように前記複数の第 2 の永久磁石が前記第 1 の方向に配列され、

前記複数の第 1 の永久磁石の磁極の方向と前記複数の第 2 の永久磁石の磁極の方向が、前記第 1 の方向と垂直な方向については同じ方向であり、前記第 1 の方向の磁極の方向については反対方向である請求項 1 記載の熱輸送装置。

【請求項 3】

前記熱輸送装置がドリームパイプ型の熱輸送装置である請求項 1 または 2 記載の熱輸送装置。

【請求項 4】

前記第 1 の部材が固定子であり、前記第 2 の部材が可動子である請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の熱輸送装置。

【請求項 5】

前記複数のパイプが第 1 の方向に延在している請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の熱輸送装置。

【請求項 6】

前記低温部側のリザーバー全体が前記第 1 の可撓性部材で構成され、前記高温部側のリザーバー全体が前記第 2 の可撓性部材で構成されている請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の熱輸送装置。

【請求項 7】

前記第 1 の永久磁石および第 2 の永久磁石がリング状であり、前記第 1 の方向が前記第 1 の永久磁石および前記第 2 の永久磁石の中心軸方向である請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載の熱輸送装置。

【請求項 8】

前記作動流体をさらに備える請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載の熱輸送装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は熱輸送装置に関し、特に、ドリームパイプを用いた熱輸送装置に関する。

【背景技術】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 2 】

熱を輸送する熱輸送装置、例えば、高温部から低温部に熱を輸送する（移動させる）装置には、ヒートパイプがある（特許文献1参照）。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 3 】

【 特許文献1 】 特開 2 0 0 2 - 3 6 4 9 9 1 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 4 】

ヒートパイプは、作動液の蒸発・凝縮のサイクルを利用して高温部の熱を低温部に移動させる。高温部で加熱されて作動液は液体から気体に相変化して蒸発潜熱を吸収し、気体の状態で低温部に移動して、凝縮し、気体から液体に相変化して潜熱を放出する。ヒートパイプは、高温部と低温部を繋ぐパイプ内に、毛細管現象が働くような毛細管構造を備えており、全容積の5%程度の作動液を使用する。ヒートパイプは、パイプ内の毛細管構造のために、長尺にするのが困難である。また、毛細管構造の清浄度管理のために、作動液が限定されるという問題がある。

10

【 0 0 0 5 】

本発明の主な目的は、長尺にすることができ、作動流体に対する制限が少ない熱輸送装置を提供することにある。

20

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 6 】

本発明によれば、

第1の可撓性部材を有する低温部側の作動流体を充填するリザーバーと、

第2の可撓性部材を有する高温部側の作動流体を充填するリザーバーと、

一端が前記低温部側のリザーバーに連通し、他端が前記高温部側のリザーバーに連通する複数のパイプと、

前記第1の可撓性部材または前記第2の可撓性部材に結合され、第1の方向に互いに相対的に移動する第1の部材および第2の部材を有する加振装置と、を備える熱輸送装置であって、

30

前記第1の部材は、互いに対向して配置された第1の永久磁石列と第2の永久磁石列とを有し、前記第1の永久磁石列は、前記第1の方向に2の整数等分ずつ磁極の方向が変化し、前記第2の永久磁石列側の磁場が強めあい前記第2の永久磁石列側と反対側の磁場が弱めあうように前記第1の方向に配列された複数の第1の永久磁石を有し、前記第2の永久磁石列は、前記第1の方向に2の整数等分ずつ磁極の方向が変化し、前記第1の永久磁石列側の磁場が強めあい前記第1の永久磁石列側と反対側の磁場が弱めあうように前記第1の方向に配列された複数の第2の永久磁石を有し、

前記第2の部材は、前記第1の永久磁石列と前記第2の永久磁石列との間に配置されたコイルを有する熱輸送装置が提供される。

【 発明の効果 】

40

【 0 0 0 7 】

本発明によれば、長尺にすることができ、作動流体に対する制限が少ない熱輸送装置が提供される。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 0 8 】

【 図1 】 図1は、本発明の好ましい実施の形態の熱輸送装置を説明するための概略図である。

【 図2 】 図2は、本発明の好ましい実施の形態の熱輸送装置に好適に使用される加振装置を説明するための概略斜視図である。

【 図3 】 図3は、図2のA - A線断面図である。

50

【図4】図4は、図2のB - B線断面図である。

【図5】図5は、図2のC - C線断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

次に、本発明の好ましい実施の形態を説明する。

【0010】

本発明者達は、ヒートパイプに代わる熱輸送装置として、ドリームパイプ（特許文献1参照）を検討した。ドリームパイプは、高温部と、低温部と、高温部と低温部とを接続する複数のパイプと、高温部と低温部と複数のパイプ内に充填された作動流体と、作動流体に振動を加える加振装置とを備えている。加振装置により、作動流体に振動を加えると、振動によって、熱が高温部から低温部に移動する。

10

【0011】

ドリームパイプでは、高温部から低温部への熱の移動のしやすさが振動によって増進される。このように振動によって増進された作動流体の実効的な熱伝導率を e とし、作動流体の熱伝送率を α とすると、熱伝達増加割合 R ($= e / \alpha$) は、

$$R = \left(\frac{z}{a} \right)^2 \quad (1)$$

となる（Masao Furukawa, Journal of Heat Transfer, August 2011, Vol. 133, 101701-1~101701-9参照）。なお、ここで、 z は、振動のストローク長（振動を加えると作動流体が移動する距離）であり、 a は、パイプの内半径である。

【0012】

このように、ドリームパイプでは、熱伝導率が、振動のストローク長の2乗に比例し、パイプの内半径の2乗に反比例する。従って、実効的な熱伝導率を高めるためには、パイプの内半径は小さい方がよく、振動のストローク長が大きいほうがいいことがわかる。そこで、本発明者達は、ドリームパイプの加振装置として、永久磁石がハルバッハ配列をしたリニア電動機を使用することを案出した。

20

【0013】

以下、図面を参照して、本発明の好ましい実施の形態をより詳細に説明する。

【0014】

図1は、本発明の好ましい実施の形態の熱輸送装置1を説明するための概略図である。熱輸送装置1は、低温部側のリザーバ20と、高温部側のリザーバ30と、低温部側のリザーバ20と高温部側のリザーバ30とに連通する複数のパイプ40と、加振装置10とを備えている。リザーバ20と、リザーバ30と、リザーバ20とリザーバ30とに連通する複数のパイプ40内には、水が充填されている。水は作動流体の一例である。リザーバ20は、パイプ40が連通する側面とは反対側の側面に可撓性部材22を備えており、加振装置10は可撓性部材22に結合している。リザーバ30は、パイプ40が連通する側面とは反対側の側面に可撓性部材32を備えている。加振装置10で可撓性部材22を振動させる。それに応じて作動流体が振動し、作動流体を介して可撓性部材32も振動する。可撓性部材22、32としては、ベローズ等が好適に使用される。また、弾性のある板、例えば、ダイヤフラムを使用してもよい。また、リザーバ20全体やリザーバ30全体を可撓性部材で構成してもよい。リザーバ20全体やリザーバ30全体を、例えば、樹脂の袋で構成してもよい。なお、複数のパイプ40は、後述するリング状の永久磁石112、116の中心軸方向に延在している。本実施の形態では、加振装置10は低温部側に設けているが、高温部側に設けてもよい。リザーバ20には、インレット側のパイプ24と、アウトレット側のパイプ26が連通して取り付けられている。パイプ24の途中にはバルブ25が設けられ、パイプ26の途中にはバルブ27が設けられている。

30

40

【0015】

次に、加振装置10について説明する。図2は、本発明の好ましい実施の形態の熱輸送装置1に好適に使用される加振装置10を説明するための概略斜視図である。図3は、図2のA - A線断面図であり、図4は、図2のB - B線断面図であり、図5は、図2のC -

50

C線断面図である。

【0016】

加振装置10は、ハルバッハ配列した永久磁石を備えるリニア電動機として構成されている。加振装置10は、円筒状の固定子105と、固定子105の軸方向に可動し、切欠き部を有する円筒状の可動子107と、可動子107に外部の電源108からの電力を供給する駆動装置109とを備えている。

【0017】

固定子105は、リング状の永久磁石112の磁極がその中心軸を含む断面において90度ずつ回転するように永久磁石112を隣接させて構成される第1の永久磁石列としての外側永久磁石列111と、リング状の永久磁石116の磁極がその中心軸を含む断面において90度ずつ回転するように永久磁石116を隣接させて構成される第2の永久磁石列としての内側永久磁石列115と、内側内面に第1の永久磁石列111が固定される第1の円環状固定部材としての外側パイプ113と、外側面に内側永久磁石列115が固定される第2の円環状固定部材としての内側パイプ117と、可動子107と干渉しないように切欠きが設けられ外側パイプ113と内側パイプ117を固定する固定板123とを備えている。

10

【0018】

さらに、固定子105では、外側パイプ113の外側上部および外側下部に、ガイド棒121がガイド棒支持部材211、213を介して取り付けられている。ガイド棒121の表面にはガイド棒支持部材211側の端部から当該ガイド棒支持部材211までの範囲で上下に2分割された電極203、205、207、209が固着されており、各電極からの引出し線141は束ねられてガイド棒支持部材211に設けられた導出路143を経由して駆動装置109に導入されている。

20

【0019】

可動子107は、三相コイル131が巻装された巻装環133と、巻装環133の両端に固定され切欠き部を有する出力環137と、出力環137の切欠き部を固定する切欠き固定板139と、出力環137の端部に取付けられ巻装環133をガイド棒121に沿って案内するリニアブッシュ135とを備えている。リニアブッシュ135はガイド棒121の表面に設けられた電極203、205、207、209のそれぞれに接触する摺動電極201を具備しており、片端が三相コイル131に接続された引出し線141が出力環137およびリニアブッシュ135に設けられた導出路143を介して摺動電極201に接続されている。これにより、三相コイル131は固定子105側の各電極203、205、207、209を介して駆動装置109と電気的に接続される。ここで、各電極203、205、207、209のそれぞれには、駆動装置109の発生する三相交流電圧に応じた三相交流電流のU相、V相、W相および中性点電流が流れ、三相コイル131が励磁されて所定の推力で可動子107が軸方向に移動する。

30

【0020】

外側永久磁石配列111の永久磁石112の数と内側永久磁石配列115の永久磁石116の数は同じである、外側永久磁石配列111の永久磁石112のうち径方向に着磁した永久磁石112の磁極方向と、永久磁石配列115の永久磁石116のうち径方向に着磁した永久磁石116の磁極方向は、同じ半径上に配置されているもの同士は同じである。外側永久磁石配列111の永久磁石112のうち軸方向に着磁した永久磁石112の磁極方向と、内側永久磁石配列115の永久磁石116のうち軸方向に着磁した永久磁石116の磁極方向は、同じ半径上に配置されているもの同士は反対である。

40

【0021】

外側永久磁石配列111では、永久磁石112の磁極を軸方向に90度ずつ回転させながら配列しているので、配列の一方の側(本実施の形態では外側)の磁場が弱まり、その配列の他方の側(本実施の形態では内側、内側永久磁石配列115側)では、その分磁場が強くなって、外側永久磁石配列111の片側(本実施の形態では内側)に強い磁場を発生させることができる。また、内側永久磁石配列115では、永久磁石116の磁極を軸

50

方向に90度ずつ回転させながら配列しているので、配列の一方の側（本実施の形態では内側）の磁場が弱まり、その配列の他方の側（本実施の形態では外側、外側永久磁石配列111側）では、その分磁場が強くなって、内側永久磁石配列115の片側（本実施の形態では外側）に強い磁場を発生させることができる。

【0022】

このように外側磁石配列111と内側永久磁石配列115とを構成しているので、外側永久磁石配列111と内側永久磁石配列115との間の空間の磁場は強くなり、その一方では、外側永久磁石配列111の外側と内側永久磁石配列115の内側には、磁場は殆ど漏れなくなる。そして、外側永久磁石列111と内側永久磁石列115との間の空隙中に半径方向の磁束が極めて多く分布するようになる。半径方向の磁束が極めて多く分布するこの空隙中に三相コイル131が配置されており、磁束の大部分が三相コイル131と直角に鎖交するので、駆動装置109から供給される電力を効率よく推力に変換できる。このように、三相コイル131が配置される領域の磁場が強くなるので、三相コイル131に鉄心を使用しなくても、三相コイル131が強く励磁され、大きい推力で可動子107を軸方向に移動することができる。そして、鉄心を使用しないので、コギングをなくすかまたは小さくできる。

10

【0023】

上述の実施の形態では、三相コイル131が、半径方向の磁束が極めて多く分布する空隙中に配置されるので磁束の大部分が三相コイル131と直角に鎖交し、より少ない電流で大きな推力が発生する。外側永久磁石配列111では、永久磁石112の磁極を軸方向に90度ずつ回転させながら配列して、外側永久磁石配列111の外側の磁場が弱まり、外側永久磁石配列111の内側では、その分磁場が強くなって、外側永久磁石配列111の内側に強い磁場を発生させ、また、内側永久磁石配列115では、永久磁石116の磁極を軸方向に90度ずつ回転させながら配列して、内側永久磁石配列115の内側の磁場が弱まり、内側永久磁石配列115の外側では、その分磁場が強くなって、内側永久磁石配列115の外側に強い磁場を発生させたが、磁極を軸方向に90度ずつ回転させなくても、例えば、45度ずつ回転させてもよく、軸方向に2の整数等分ずつ磁極の方向が変化するように複数の第1の永久磁石を軸方向に配列して、第1の永久磁石の配列の内側の磁場が強めあい、外側の磁場が弱めあうようにし、軸方向に2の整数等分ずつ磁極の方向が第1の永久磁石の配列とは反対方向に変化するように複数の第2の永久磁石を軸方向に配列して、第1の永久磁石の配列の内側に配置し、第2の永久磁石の配列の外側の磁場が強めあい、内側の磁場が弱めあうように配置してもよい。

20

30

【0024】

また、上述の実施の形態では、永久磁石配列111、115を固定子側とし、三相コイル131を可動子側としたが、永久磁石配列111、115を可動子側とし、三相コイル131を固定子側とすることもできる。さらに、永久磁石配列111、115および三相コイル131の両方を可動子側とし、これらが相対的に移動するように構成することもできる。

【0025】

次に、本実施の形態の熱輸送装置1の動作について説明する。

40

外部の制御装置（図示せず）から、可動子107を振動させる指示が駆動装置109に与えられると、駆動装置109は三相コイル131に周期的な励磁電流を供給し、三相コイル131は周期的に励磁されて推力を発生し、可動子107は振動する。このようにして、加振装置10によって可撓性部材22を振動させると、作動流体としての水に振動が加えられ、振動によって、熱が高温部側のリザーバ30から低温部側のリザーバ20に移動する。

【0026】

例えば、高温部側のリザーバ30には、60の水が入っており、低温部側のリザーバ20には、20の水が入っている場合に、低温部側のリザーバ20の水が40に加熱されると、バルブ25、27を開いて、40の水を排出し、その後、20の水

50

を新たに低温部側のリザーバー 20 に入れ、再び加熱する。

【0027】

作動流体として、気体も使用可能であるが、液体に比べると気体の熱伝導率は低いので、熱輸送能力が落ちてしまう。作動流体としては、液体が好ましく使用され、例えば、水が好適に使用される。

【0028】

なお、パイプ 40 には、毛細管構造等の内部構造を設ける必要がなく、内壁面は、平坦な状態でよく、加工する必要はない。従って本実施の形態の熱輸送装置 1 は安価に製造できる。また、パイプ 40 を長尺にすることができ、それに応じて熱輸送装置 1 も長尺にすることができる。また、毛細管構造等の内部構造を設ける必要がないので、作動流体に対する制限が少なく、汚い水や放射能に汚染されている水等も使用可能である。また、重力の方が毛細管力よりもはるかに大きいので、ヒートパイプは立てたら動作しないが、本実施の形態の熱輸送装置 1 はパイプ 40 が垂直方向に設けられていても動作する。例えば、地下 10 m 程度の地温は、一年を通じて 15 程度と一定であるので、本実施の形態の熱輸送装置 1 を使用して、地温を夏場に家に取り入れるならば、冷房に使用することができ、また冬場には暖房に使用することができる。

【0029】

上述したように、ドリームパイプでは、熱伝導率が、振動のストローク長 (z) の 2 乗に比例し、パイプの内半径 (a) の 2 乗に反比例する。従って、実効的な熱伝導率を高めるためには、パイプの内半径は小さい方がよく、振動のストローク長が大きいほうがよい。

【0030】

従って、パイプ 40 は細管であることが好ましく、例えば、パイプ 40 の内半径 a は、1 ~ 1.5 mm とする。そして、このようなパイプ 40 を例えば、20 ~ 30 本使用する。また、上述の論文 (Masao Furukawa, Journal of Heat Transfer, August 2011, Vol. 133, 101701-1 ~ 101701-9) では、圧電素子を使用しているが、本実施の形態の熱輸送装置 1 の加振装置 10 では、圧電素子に比べてはるかに大きいストローク長が得られ、例えば、10 cm 程度とすることができる。そうすると、上述の式 (1) により、熱伝達増加割合 $R (= e /)$ は、10 の 4 乗程度となり、非常に大きな実効的熱伝導率が得られる。

【0031】

また、本発明者達の研究によれば、振動の周波数は低い方がよく、周波数が高くなると、熱伝達増加割合 R が急に小さくなってしまふことが判明した。上述の論文 (Masao Furukawa, Journal of Heat Transfer, August 2011, Vol. 133, 101701-1 ~ 101701-9) を参照のこと。従って、加振装置 10 は、なめらかな正弦波で駆動することが好ましい。高調波が含まれていると、基本の正弦波以外はロスになってしまい、効率が落ちてしまう。高調波が含まれていると、パイプ 40 が細いので、基本波以外の余分の共振を起こす可能性がある。また、パイプ 40 は細いので、周波数が高くなると、キャビテーション (気泡) が発生するという問題が起こる可能性もある。本実施の形態の加振装置 10 はコアレスなので、コギングがなくあるいは少なく、トルクの脈動がないかあるいは少ない。従って、なめらかな正弦波で駆動することが可能であり、効率がよく、また、気泡の発生もなくすまたは抑制することができる。

【0032】

さらに、外側永久磁石配列 111 では、永久磁石 112 の磁極を軸方向に 90 度ずつ回転させながら配列して、外側永久磁石配列 111 の外側の磁場が弱まり、外側永久磁石配列 111 の内側では強い磁場が発生し、また、内側永久磁石配列 115 では、永久磁石 116 の磁極を軸方向に 90 度ずつ回転させながら配列して、内側永久磁石配列 115 の内側の磁場が弱まり、内側永久磁石配列 115 の外側では、その分磁場が強くなって、内側永久磁石配列 115 の外側に強い磁場を発生させ、外側永久磁石列 111 と内側永久磁石列 115 との間の空隙中に半径方向の磁束が極めて多く分布している。そして、半径方向

10

20

30

40

50

の磁束が極めて多く分布するこの空隙中に三相コイル 1 3 1 が配置されているので、磁束の大部分が三相コイル 1 3 1 と直角に鎖交し、駆動装置 1 0 9 から供給される電力を効率よく推力に変換できる。その結果、小型で力が強い加振装置 1 0 を構成することができる。

【 0 0 3 3 】

以上、本発明の種々の典型的な実施の形態を説明してきたが、本発明はそれらの実施の形態に限定されない。従って、本発明の範囲は、次の特許請求の範囲によってのみ限定されるものである。

【 符号の説明 】

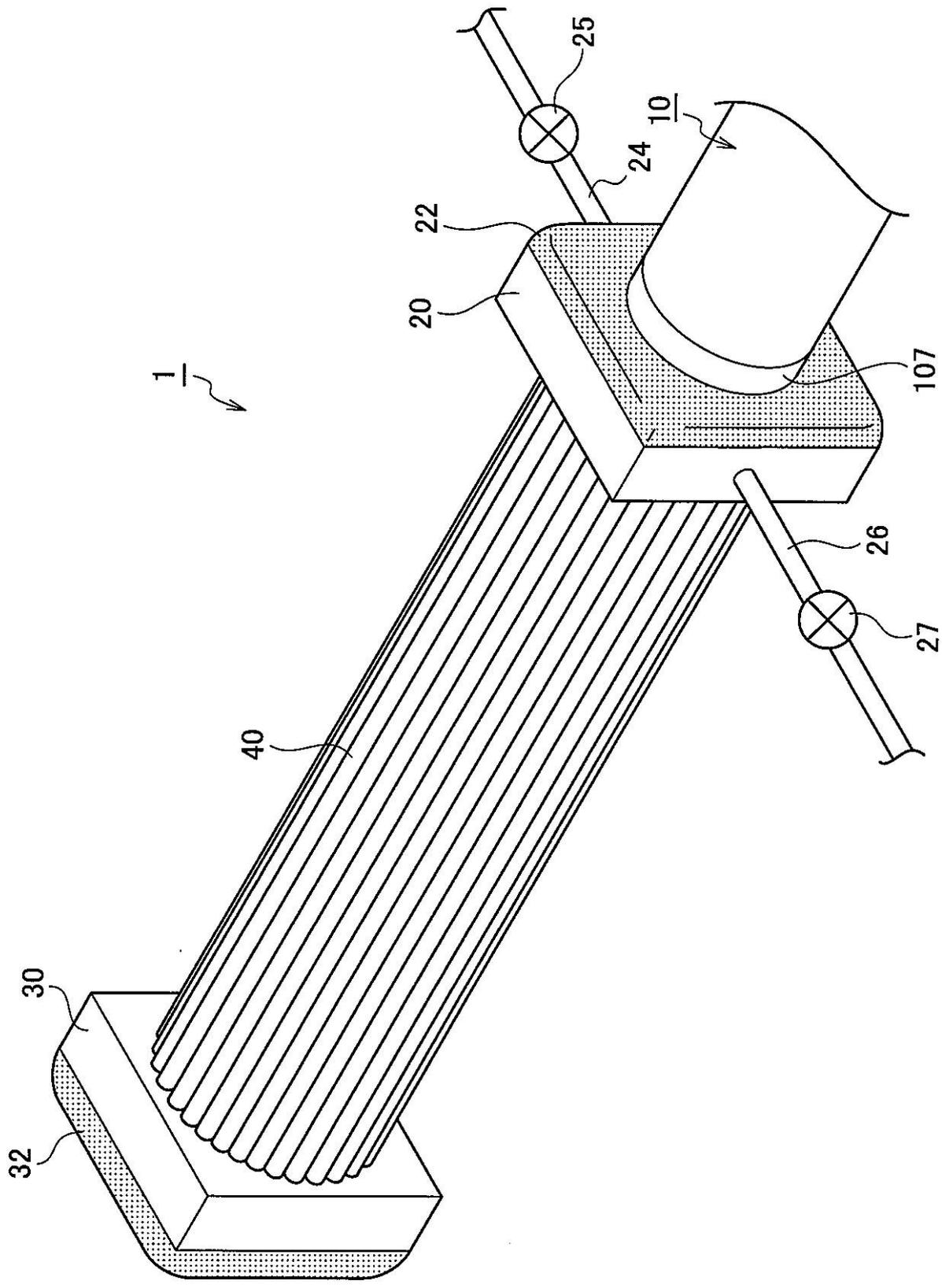
【 0 0 3 4 】

- 1 熱輸送装置
- 1 0 加振装置
- 2 0 リザーバー
- 2 2、3 2 可撓性部材
- 3 0 リザーバー
- 4 0 パイプ
- 1 0 5 固定子
- 1 0 7 可動子
- 1 0 8 電源
- 1 0 9 駆動装置
- 1 1 1 外側永久磁石列
- 1 1 2、1 1 6 永久磁石
- 1 1 5 内側永久磁石列
- 1 3 1 三相コイル

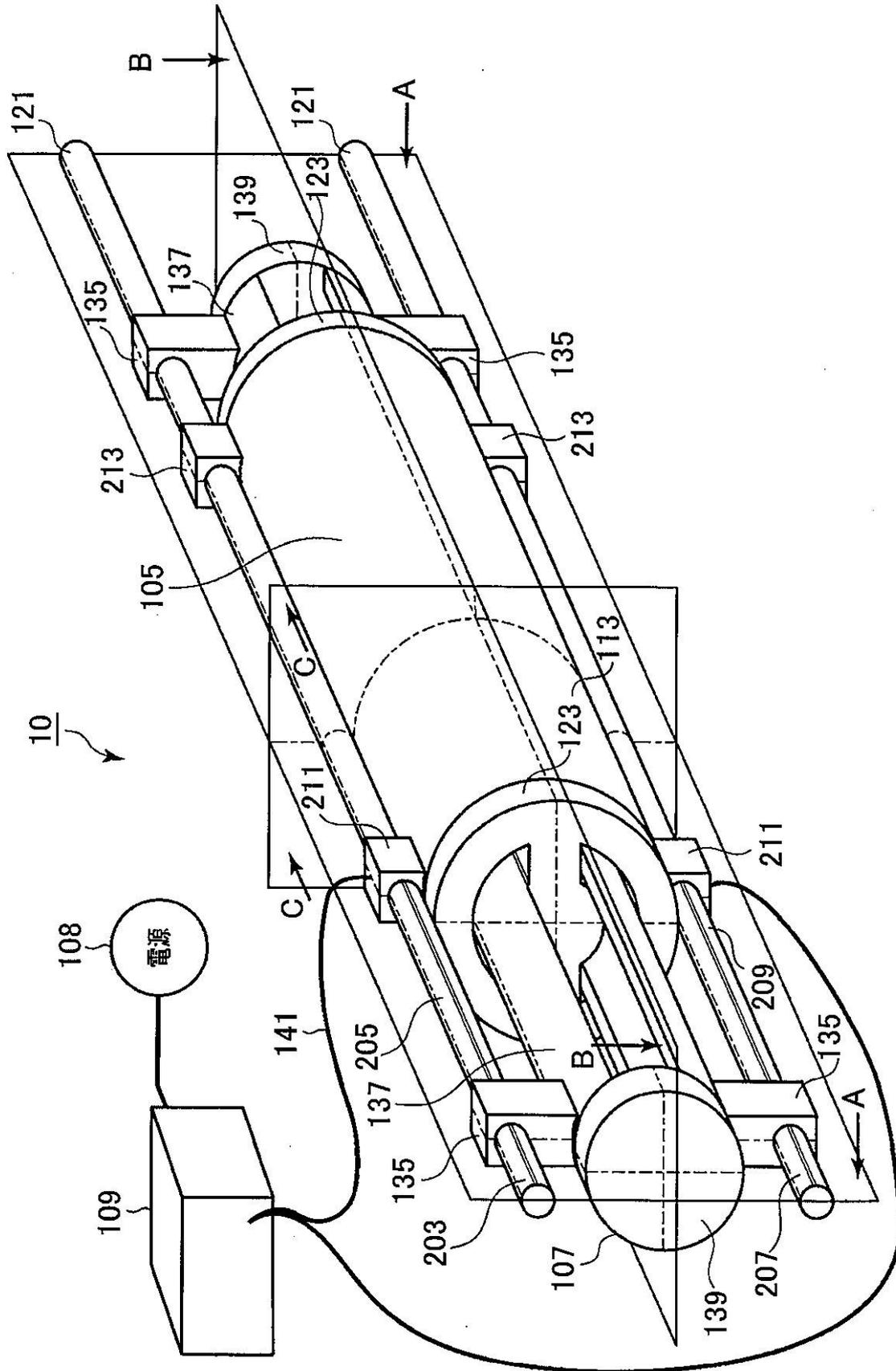
10

20

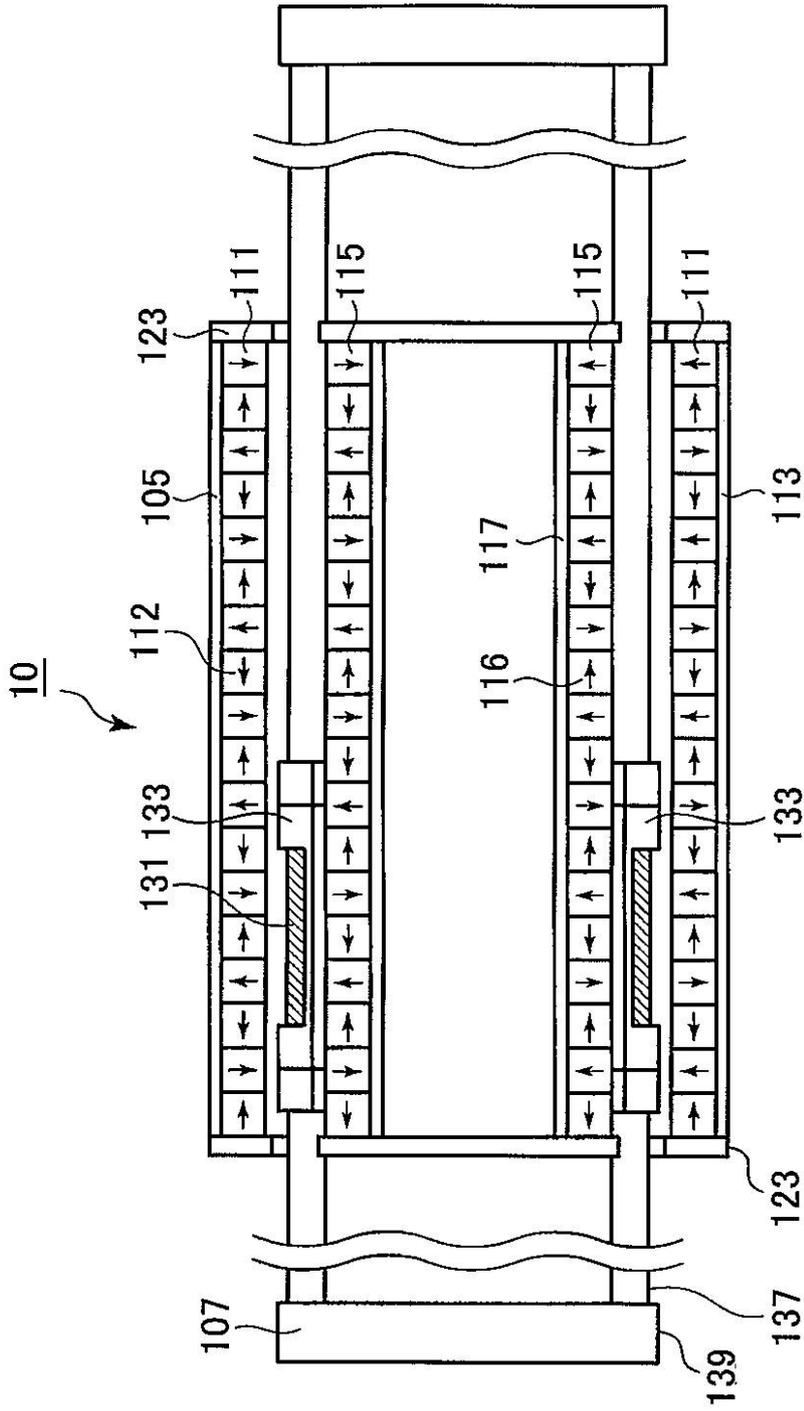
【図1】



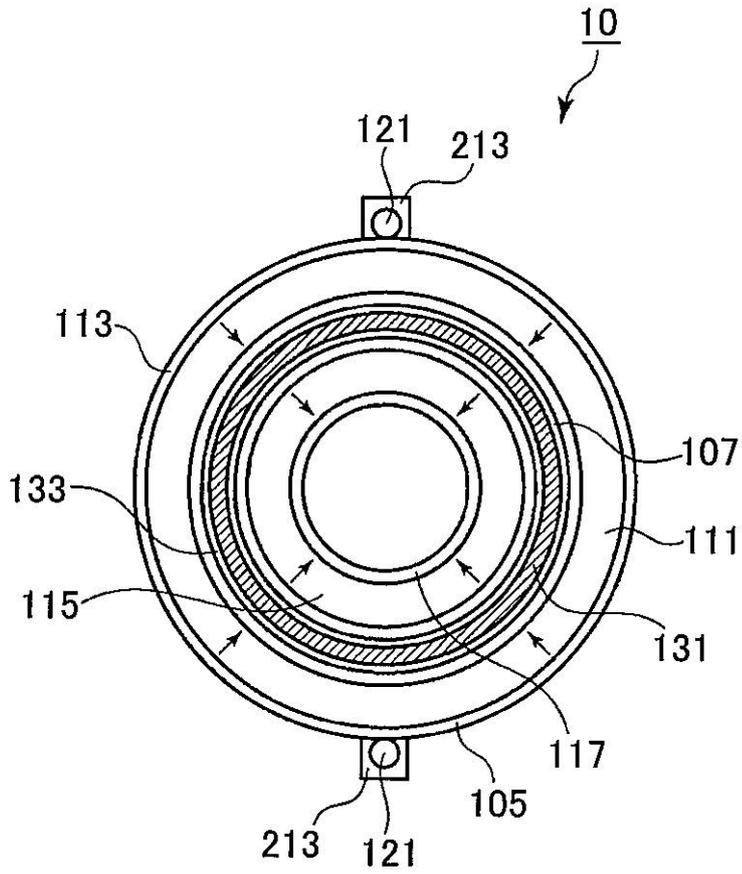
【図 2】



【 図 4 】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 古川 正夫
東京都新宿区西新宿 1 - 2 4 - 2 工学院大学内