

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6906250号
(P6906250)

(45) 発行日 令和3年7月21日 (2021.7.21)

(24) 登録日 令和3年7月1日 (2021.7.1)

(51) Int. Cl.	F 1
HO 2 N 11/00 (2006.01)	HO 2 N 11/00 A
HO 1 L 35/32 (2006.01)	HO 1 L 35/32 A
HO 1 L 35/30 (2006.01)	HO 1 L 35/30

請求項の数 9 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2019-520221 (P2019-520221)	(73) 特許権者	301021533
(86) (22) 出願日	平成30年5月18日 (2018.5.18)		国立研究開発法人産業技術総合研究所
(86) 国際出願番号	PCT/JP2018/019350		東京都千代田区霞が関 1-3-1
(87) 国際公開番号	W02018/216624	(72) 発明者	山本 淳
(87) 国際公開日	平成30年11月29日 (2018.11.29)		茨城県つくば市梅園 1-1-1 中央第 1
審査請求日	令和1年10月3日 (2019.10.3)		国立研究開発法人産業技術総合研究所内
(31) 優先権主張番号	特願2017-101686 (P2017-101686)	(72) 発明者	西当 弘隆
(32) 優先日	平成29年5月23日 (2017.5.23)		茨城県つくば市梅園 1-1-1 中央第 1
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国 (JP)		国立研究開発法人産業技術総合研究所内
		(72) 発明者	太田 道広
			茨城県つくば市梅園 1-1-1 中央第 1
			国立研究開発法人産業技術総合研究所内
		(72) 発明者	李 哲虎
			茨城県つくば市梅園 1-1-1 中央第 1
			国立研究開発法人産業技術総合研究所内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 熱電発電装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の熱電変換モジュールの各々が開口部を有する枠部材に挟まれるようにして積層された積層体と、

前記積層体の異なる側面に沿って延びる少なくとも2つの流体供給部材と、を備え、

複数の前記熱電変換モジュールの各々は、隣接する前記枠部材の開口部の一端を閉ざすように該枠部材に接合されており、

前記枠部材の各々は、一つ置きに異なる前記流体供給部材に面する側面に開口部に至る流体注入孔と流体排出孔を有し、

前記流体供給部材の各々は、その側面に沿って延びる流体注入開口及び流体排出開口の一方または双方を有し、各流体供給部材の側面には、対応する前記枠部材の側面の前記流体注入孔または前記流体排出孔に位置合わせされ、前記流体注入開口または前記流体排出開口に至る注入孔または排出孔が設けられ、

前記枠部材の側面の前記流体注入孔と前記流体排出孔の各々は、中央に流路となる開口を有する第1のシール材を介して、前記流体供給部材の側面の位置合わせされた前記注入孔と前記排出孔の各々に接合する、熱電発電装置。

【請求項 2】

前記流体供給部材は、前記積層体の2つの側面に沿って1つずつ配置され、前記流体供給部材の各々に前記流体注入開口及び前記流体排出開口が設けられ、一方の前記流体供給部材の前記流体注入開口には高温流体が供給され、他方の前記流体供給部材の前記流体注

10

20

入開口には低温流体が供給される、請求項 1 に記載の熱電発電装置。

【請求項 3】

前記流体供給部材は、前記積層体の 2 つの側面に沿って 2 つずつ配置され、各側面の一方の前記流体供給部材には前記流体注入開口が設けられ、他方の前記流体供給部材には前記流体排出開口が設けられ、一方の側面の前記流体供給部材の前記流体注入開口には高温流体が供給され、他方の側面の前記流体供給部材の前記流体注入開口には低温流体が供給される、請求項 1 に記載の熱電発電装置。

【請求項 4】

前記流体供給部材は、前記積層体の 4 つの側面に沿って 1 つずつ配置され、対向する 2 つの前記流体供給部材の一方に前記流体注入開口がそれぞれ設けられ、他方の前記流体供給部材に前記流体排出開口がそれぞれ設けられ、前記流体供給部材の前記流体注入開口の一方には高温流体が供給され、他方の前記流体注入開口には低温流体が供給される、請求項 1 に記載の熱電発電装置。

【請求項 5】

複数の熱電変換モジュールの各々が開口部を有する枠部材に挟まれるようにして積層された積層体と、

積層体の 1 つの側面に沿って延びる 1 つの流体供給部材と、を備え、

枠部材の各々は、前記流体供給部材に面する側面に開口部に至る流体注入孔と流体排出孔を有し、枠部材の一つ置きに前記流体注入孔と前記流体排出孔が枠部材の側面の異なる位置にあり、

前記流体供給部材は、その側面に沿って延びる 2 組の流体注入開口及び流体排出開口を有し、前記流体供給部材の側面には、各枠部材の側面の前記流体注入孔と前記流体排出孔に位置合わせされ、対応する前記流体注入開口と前記流体排出開口に至る注入孔と排出孔が設けられ、

枠部材の側面の前記流体注入孔と前記流体排出孔の各々は、中央に流路となる開口を有する第 1 のシール材を介して、前記流体供給部材の側面の位置合わせされた注入孔と排出孔の各々に接合する、熱電発電装置。

【請求項 6】

前記熱電変換モジュールは、前記枠部材の開口部の外周に沿って設けられた第 2 のシール材を介して前記枠部材と接合する、請求項 1 ~ 5 の何れか一項に記載の熱電発電装置。

【請求項 7】

前記枠部材の側面の前記流体注入孔と前記流体排出孔の各々、及び前記流体供給部材の側面の注入孔と排出孔の各々は、前記第 1 のシール材の少なくとも端部が嵌まる凹部を有する、請求項 1 ~ 6 の何れか一項に記載の熱電発電装置。

【請求項 8】

前記第 1 のシール材は、球、円柱、ドーナツ形、または直方体のいずれかの形状を有する弾性体からなる、請求項 7 に記載の熱電発電装置。

【請求項 9】

前記熱電変換モジュールは、N 型熱電変換素子と P 型熱電変換素子が上下の電極間に直列に配置された π 型の基本構造を有する、請求項 1 ~ 8 の何れか一項に記載の熱電発電装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、熱電発電装置に関し、より具体的には、複数の熱電変換モジュールを搭載した熱電発電装置に関する。

【背景技術】

【0002】

熱電変換技術とは、固体の熱電変換素子を用いて熱エネルギーと電気エネルギーを相互に変換する技術である。熱エネルギーを電気エネルギーに変換する技術は、熱電発電と呼

10

20

30

40

50

ばれ、熱電効果の1つであるゼーベック効果に基づく。熱電発電では、熱電変換素子の両端間の温度差が電気エネルギーに直接変換される。この熱電発電を利用して、工場や自動車から排出されている膨大な未利用熱エネルギーを回収し、そこから電力を生み出すことで、化石燃料の消費量低減、更にはCO₂削減と省エネルギーに大いに貢献できる。

【0003】

熱電変換素子は、一般に熱電変換材料が2つの電極で挟持された構成を有する。その熱電変換素子を用いて熱電変換モジュールを構成することができる。具体的には、例えば、P型熱電変換素子（電荷を運ぶキャリアが正孔）と、N型熱電変換素子（電荷を運ぶキャリアが電子）を、上部接合電極と下部接合電極を用いて熱的には並列に電気的には直列に接続することにより、熱電変換モジュールを得る。熱電変換モジュールはP-N熱電変換素子一対でも熱電変換モジュールとして機能するが、通常、より大きな出力を得るために、複数のP-N対の熱電変換モジュールを組み合わせ、熱電発電装置を構成する。

10

【0004】

図1に従来からある熱電発電装置の構成例を示す。図1では、熱源となるガスや流体から熱電変換モジュール60に熱を伝達するための熱交換器62と組み合わせて熱電発電装置を構築している。このように、従来では、必要となる電力（電圧と電流）を得るために、複数の熱電変換モジュールを使用して、その出力を直列あるいは並列に接続して、熱電発電装置とする場合が一般的である。

【0005】

しかし、図1に示すような従来一般的な熱電発電装置では、複数の熱電変換モジュール60を熱交換器62の間に挟み込み、確実に伝熱する設計をするためには、単位面積あたりの荷重として0.5MPa～1MPa程度の圧力が必要であり、これに耐える熱交換器構造にする必要がある。このため熱交換器62は頑丈な構造とならざるを得ず、その結果コストが高くなる。さらに、他の問題点として、熱交換器62の面積（伝熱面64）が広い場合、熱電変換モジュール60を挟みこむ圧力に分布が生じるため、伝熱のよい熱電変換モジュールと伝熱の悪い熱電変換モジュールが発生し、発電出力が低下する。圧力の分布が大きな場合は熱電変換モジュールの破損につながることもある。

20

【0006】

複数の熱電変換モジュールに対して均一な圧力で固定し、均一に熱源からの熱を伝えて発電する熱電発電装置を少ない部品点数で実現することが、熱電発電技術を低コスト化するために必要となっている。特許文献1は、1つの熱電モジュール270aの両側がプレート202及び流体攪乱プレート240で挟まれた基本（内部）構成110を備え、プレート202の表面に設けられたガスケット304によって流体のシール及びプレート202の表面を流れる流体（高温または低温）の切り替えを交互に行うプレート型の熱電変換器200を開示する。

30

【0007】

特許文献1のプレート型の熱電変換器では、プレートを重ねて全体を構成するので、全体がコンパクトに集約されるが、1つのプレート202の表面の4端の孔に高温と低温の2つの流体が流れるので、ガスケット304によるシール効果が不十分だと両方の流体が1つのプレート202の表面に混在してしまう恐れがある。すなわち、高温と低温の2つの流体の経路が完全に分離されていないので、熱電モジュールへの流体による温度差の提供が不十分になる恐れがある。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】米国特許出願公開US2013/0213449

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

本発明は、高温と低温の2つの流体の経路が完全に分離され、複数の熱電変換モジュール

50

ルに対して均一に熱源からの熱を伝えて発電することができる、拡張性がありかつコンパクトな熱電発電装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の一態様では、複数の熱電変換モジュールの各々が開口部を有する枠部材に挟まれるようにして積層された積層体と、積層体の異なる側面に沿って延びるように設けられた少なくとも2つの流体供給部材と、を備える熱電発電装置を提供する。

その熱電発電装置において、複数の熱電変換モジュールの各々は、隣接する枠部材の開口部の一端を閉ざすように該枠部材に接合されており、枠部材の各々は、一つ置きに異なる流体供給部材に面する側面に開口部に至る流体注入孔と流体排出孔を有し、流体供給部材の各々は、その側面に沿って延びる流体注入開口及び流体排出開口の一方または双方を有し、各流体供給部材の側面には、対応する枠部材の側面の流体注入孔または流体排出孔に位置合わせされ、流体注入開口または流体排出開口に至る注入孔または排出孔が設けられ、枠部材の側面の流体注入孔と流体排出孔の各々は、中央に流路となる開口を有する第1のシール材を介して、流体供給部材の側面の位置合わせされた注入孔と排出孔の各々に接合する。

10

【0011】

本発明の他の一態様では、複数の熱電変換モジュールの各々が開口部を有する枠部材に挟まれるようにして積層された積層体と、積層体の1つの側面に沿って延びるように設けられた1つの流体供給部材と、を備える熱電発電装置を提供する。

20

その熱電発電装置において、枠部材の各々は、流体供給部材に面する側面に開口部に至る流体注入孔と流体排出孔を有し、枠部材の一つ置きに流体注入孔と流体排出孔が枠部材の側面の異なる位置にあり、流体供給部材は、その側面に沿って延びる2組の流体注入開口及び流体排出開口を有し、流体供給部材の側面には、各枠部材の側面の流体注入孔と流体排出孔に位置合わせされ、対応する流体注入開口と流体排出開口に至る注入孔と排出孔が設けられ、枠部材の側面の流体注入孔と流体排出孔の各々は、中央に流路となる開口を有するシール材を介して、流体供給部材の側面の位置合わせされた注入孔と排出孔の各々に接合する。

【図面の簡単な説明】

【0012】

30

【図1】従来の一般的な熱電発電装置の構成を示す図（分解図）である。

【図2】本発明の一実施形態の熱電発電装置の全体構成を示す図である。

【図3】本発明の一実施形態の熱電変換モジュールの構成を示す図である。

【図4】本発明の一実施形態の熱電発電装置の一部の（a）上面図と（b）側面図を示す図である。

【図5】本発明の一実施形態の第1のシール材の形状を示す図である。

【図6】本発明の一実施形態の熱電発電装置の一部の（a）上面図と（b）側面図を示す図である。

【図7】本発明の一実施形態の熱電発電装置の一部の（a）断面図と（b）側面図を示す図である。

40

【図8】本発明の一実施形態の熱電発電装置の一部の（a）上面図と（b）側面図を示す図である。

【図9】本発明の一実施形態の熱電発電装置の一部の（a）断面図と（b）側面図を示す図である。

【図10】本発明の一実施形態の熱電発電装置の一部の（a）断面図と（b）側面図を示す図である。

【図11】本発明の一実施形態の熱電発電装置の一部の（a）断面図と（b）側面図を示す図である。

【図12】本発明の一実施形態の熱電発電装置の発電時の状態を示す図である。

【発明を実施するための形態】

50

【 0 0 1 3 】

図面を参照しながら本発明の実施形態について説明する。図 2 は、本発明の一実施形態の熱電発電装置の概要（全体構成）を示す図（分解図）である。図 2 では、その内部構成がわかるように、熱電発電装置 1 0 0 の上部と側面を分解し離間した状態を示している。熱電発電装置 1 0 0 は、中央にある複数の熱電変換モジュール 1 の各々が開口部を有する枠部材 2 にゴム製パッキン 3 を介して上下に挟まれるようにして積層された積層体と、積層体の 2 つの側面に沿って延びる 2 つの流体供給部材 6、7 を備える。積層体の最上部には上面が閉じた上蓋 4 がゴム製パッキン 3 を介してその下の枠部材 2 に接合する。同様に、積層体の最下部には下面が閉じた下蓋 5 がゴム製パッキン 3 を介してその上の枠部材 2 に接合する。ゴム製パッキン 3 は、枠部材 2 の開口部の縁に沿って配置され、例えばシリコンやフッ素のような柔軟性とシール性を有するシール材からなる。

10

【 0 0 1 4 】

熱電発電装置 1 0 0 において、枠部材 2 の各々は、一つ置きに流体供給部材 6 または 7 に面する側面に開口部に至る流体注入孔 1 3 と流体排出孔 1 2 を有する。流体供給部材 6、7 の各々は、その側面に沿って延びる流体注入開口 9、1 0 及び流体排出開口 8、1 1 を有する。流体供給部材 6、7 の積層体に面する側面には、対応する枠部材の側面の流体注入孔 1 3 と流体排出孔 1 2 に位置合わせされ、流体注入開口 9、1 0 と流体排出開口 8、1 1 に至る注入孔 1 4 と排出孔 1 5 が設けられている。なお、詳細は後述するが、枠部材 2 の側面の流体注入孔 1 3 と流体排出孔 1 2 の各々は、中央に流路となる開口を有する第 1 のシール材（図 4 や図 5 の符号 3 2）を介して、流体供給部材 6、7 の側面の位置合わせされた注入孔 1 4 と排出孔 1 5 の各々に接合する。

20

【 0 0 1 5 】

図 2 の熱電発電装置 1 0 0 では、積層体中の熱電変換モジュール 1 は、1 1 個の枠部材 2 の間に合計で 1 0 個含まれている。熱電変換モジュール 1 の数は、必要となる電力（電圧、電流）に応じて任意に選択することができる。また、流体供給部材 6、7 が配置される積層体の側面は、図 2 の向かい合う 2 つの側面に限定されず、積層体の隣接する 2 側面であってもよい。なお、図示はしていないが、流体供給部材 6、7 の流体注入開口 8、1 0 には配管を介して高温または低温のいずれかの流体が注入されるようになっており、流体排出開口 9、1 1 からは積層体内を循環した高温または低温の流体が配管を介して回収されるようになっている。さらに、熱電変換モジュール 1 の各々からは 2 本の出力線が出ており、発電した電力（電圧、電流）が出力線を介して得られるようになっている。

30

【 0 0 1 6 】

図 3 は、本発明の一実施形態の熱電変換モジュール 1 の構成を示す図である。図 3 では、上側の基板（蓋）を省略しているが、実際には蓋の機能を備える 2 つの基板に挟まれた密封された構造をしている。熱電変換モジュール 1 は、下側の基板（蓋）5 上に設けられた、P 型熱電変換素子 1 6 と N 型熱電変換素子 1 7 が上側の電極 1 8 と下側の電極 1 9 の間に直列に配置された π 型の基本構造を有する。 π 型の基本構造は直列に接続されて、図 3 の例では全体で 1 8 個の π 型の基本構造（発電部）を有する。熱電変換モジュール 1 の両端には 2 本の出力線（+、-）が設けられており、発電した電力（電圧、電流）を取得できるようになっている。

40

【 0 0 1 7 】

上側の電極 1 8 と下側の電極 1 9 には、電氣的、熱的な伝導性の良い材料が使用される。例えば Cu などが使われる。その厚さは、機械的な強度も考慮して、例えば 1 mm 程度である。熱電変換モジュール 1 においては、上側の電極 1 8 側を高温にし、下側の電極 1 9 側を低温にすると、隣接する 2 つの下側の電極 1 9 間に電位差を生じさせる熱電変換モジュールとして利用することができる。

【 0 0 1 8 】

< 第 1 実施形態 >

図 4 は、本発明の一実施形態の熱電発電装置の一部の（a）上面図と（b）側面図を示す図である。図 4 は、積層体の対向する 2 つの側面に流体供給部材が配置される場合の実

50

施形態を示す。図４は、本発明の一実施形態の熱電発電装置の各部品の接続関係を説明するために、２つの熱電変換モジュール１のみを含む構成を示しているが、実際には図２に例示したようにさらに複数の熱電変換モジュール１が積層される。また、積層体の両側の流体供給部材２０、２１は、積層体から離間して記載されているが、実際には積層体の側面に接合する。なお、これらの点は、図６～図１１を参照しながら説明する本発明の他の実施形態においても同様である。

【００１９】

上側の熱電変換モジュール１は、枠部材２２と２３の間であって、ゴム製パッキン３を介してこれら２つの枠部材に接合する。同様に、下側の熱電変換モジュール１は、枠部材２３と２４の間であって、ゴム製パッキン３を介してこれら２つの枠部材に接合する。枠部材２２と２４は、左側の側面に開口部に至る流体注入孔３０と流体排出孔２９を有する。真中の枠部材２３は、右側の側面に開口部に至る流体注入孔３０と流体排出孔２９（図示なし）を有する。左側の流体供給部材２０の積層体に面する側面には、枠部材２２と２４の側面の流体注入孔３０と流体排出孔２９に位置合わせされ、流体注入開口９と流体排出開口８に至る注入孔２６と排出孔２５が設けられている。右側の流体供給部材２１の積層体に面する側面には、枠部材２３の側面の流体注入孔３０と流体排出孔２９に位置合わせされ、流体注入開口１０と流体排出開口１１に至る注入孔２７と排出孔２８が設けられている。

【００２０】

枠部材２２と２４の側面の流体注入孔３０と流体排出孔２９の各々は、中央に流路となる開口３３を有するシール材３２を介して、流体供給部材２０の側面の位置合わせされた注入孔２６と排出孔２５の各々に接合する。同様に、枠部材２３の側面の流体注入孔３０と流体排出孔２９の各々は、中央に流路となる開口３３を有するシール材３２を介して、流体供給部材２１の側面の位置合わせされた注入孔２７と排出孔２８の各々に接合する。シール材３２は、例えば図５に示すように、いずれも中央に貫通孔３３を有する、（ａ）球、（ｂ）ドーナツ形、（ｃ）円柱、あるいは（ｄ）直方体のいずれかの形状を有する弾性体（例えばシリコンゴムやフッ素ゴム等）からなる。

【００２１】

流体供給部材２０の注入孔２６と排出孔２５、流体供給部材２１の注入孔２７と排出孔２８、枠部材２２と２４の流体注入孔３０と流体排出孔２９、及び枠部材２３の流体注入孔３０と流体排出孔２９の各々には、シール材３２が収まる凹部が設けられている。凹部は、シール材３２の形状に合せて設けられる。例えば、シール材３２の形状が図５の（ａ）球の場合、凹部は半球状あるいはそれよりやや小さい球状を有する。これらの各孔の凹部にシール材３２が収められる際に、貫通孔３３が流体の流路の一部となるように、貫通孔３３が各孔に正対するように位置合わせされる。その結果、シール材３２の貫通孔３３が流体供給部材と枠部材との間の流体の流路の一部となる。このようにシール材３２を用いることにより、ホース等の接続を不要とし、部品点数を大幅に削減すると同時に熱電発電装置全体のサイズをよりコンパクトにすることができる。

【００２２】

流体供給部材２０と積層体の接合は、流体供給部材２０に設けられたネジ孔４０と各枠部材の左側面に設けられたネジ孔４１にネジ４４を挿入しながら外側から内側に向かって締め付けることにより行う。同様に、流体供給部材２１と積層体の接合は、流体供給部材２１に設けられたネジ孔４３と各枠部材の右側面に設けられたネジ孔４２にネジ４５を挿入しながら外側から内側に向かって締め付けることにより行う。その締め付けにより、シール材３２が潰れてシール機能が発揮され、流体が外部に漏れることなく流体供給部材と枠部材との間を移動することができる。

【００２３】

積層体の最上部には上蓋４があり、最下部には下蓋５がある。上蓋４、５と、枠部材２２、２３、２４の４隅には垂直方向で位置合わせされた孔４６がある。積層体は、上蓋４と下蓋５の間で孔４６内に挿入されたボルト４７によって締め付けられる。その締め付け

10

20

30

40

50

によって、ゴム製パッキン 3 が例えばその本来の厚みの約 90% の厚みまで潰れることにより、シール機能を十分に発揮させて、高温及び低温の流体が確実に各熱電変換モジュール 1 に届くようになる。熱電変換モジュール 1、枠部材 22、23、24、及びゴム製パッキン 3 は、枠部材の 4 隅に設けられた孔 46 を使用して縦方向に貫通したボルトで確実に締結されるため、どの熱電変換モジュール、どの枠部材にも均一な圧力が加わり、不均一な締め上げなどが発生しないため、熱電変換モジュール 1 の破損も回避される。

【0024】

< 第 2 実施形態 >

図 6 に本発明の他の一実施形態の熱電発電装置の一部の (a) 上面図と (b) 側面図を示す。図 6 の構成は、基本的に図 4 の積層体の対向する 2 つの側面に流体供給部材が配置される場合の実施形態の構成と同様であるが、枠部材 22、23、24 と熱電変換モジュール 1 との間にゴム製パッキン 3 が無い点が異なっている。すなわち、図 6 では、枠部材 22、23、24 と熱電変換モジュール 1 とが直接接合する。この場合、ゴム製パッキン 3 が無いので、図 4 の場合に比べてシール機能が劣るが、熱電変換モジュール 1 に耐水性の高い製品を使用すれば、シール機能不足による多少の漏水があったとしても熱電変換モジュール内部への浸水等の悪影響が起こる可能性は極めて低い。一方、熱電発電装置の外部への流体の漏れは起こる可能性があるが、熱電発電装置の使用環境によっては、例えば元々水気のある、言い換えれば多少の水漏れがあっても問題無いような使用環境もあるので、そうした環境で使うことができる。

【0025】

図 7 に図 6 の実施形態の熱電発電装置における流体の経路 (流れ) を示す。図 4 の実施形態においても同様であり、後述する他の実施形態においても基本的な流体の経路は同様である。図 7 において、左側の流体供給部材 20 の流体注入開口 9 から供給される冷水は、枠部材 22、24 内に注入される。注入された冷水は、断面 1 - 1' 図に示されるように、枠部材 22、24 内の開口中を矢印のように移動して流体供給部材 20 へ戻り、流体排出開口 8 から回収される。同様に、右側の流体供給部材 21 の流体注入開口 10 から供給される温水は、真中の枠部材 23 内に注入される。注入された温水は、断面 2 - 2' 図に示されるように、枠部材 23 内の開口中を矢印のように移動して流体供給部材 21 へ戻り、流体排出開口 11 から回収される。

【0026】

なお、図示はしていないが、流体供給部材 20、21 への温水及び冷水の供給は、ポンプ等により所定の水圧を持って行われるようになっている。この点、他の実施形態においても同様である。このように枠部材の一つ置きに冷水と温水を交互に注入することにより、熱電変換モジュール 1 の上面と下面を冷却または加熱することができる。その結果、図 3 を参照しながら説明したように、熱電変換モジュール 1 を発電させることができる。なお、図 7 の熱電変換モジュール 1 の構成に応じて、流体供給部材 20 へ温水を供給し、流体供給部材 21 へ冷水を供給する場合もある。

【0027】

< 第 3 実施形態 >

図 8 に本発明の他の一実施形態の熱電発電装置の一部の (a) 上面図と (b) 側面図を示す。図 8 の構成は、基本的に図 4 の積層体の対向する 2 つの側面に流体供給部材が配置される場合の実施形態の構成と同様であるが、流体供給部材が各側面に 2 つずつ (計 4 つ) 配置される点が異なっている。すなわち、図 8 では、積層体の左側面に 2 つの流体供給部材 20A と 20B が配置され、積層体の右側面に 2 つの流体供給部材 21A と 21B が配置される。左側の流体供給部材 20B は流体注入 (例えば冷水注入) 用であり、流体供給部材 20A は流体回収 (例えば冷水回収) 用である。同様に、右側の流体供給部材 21A は流体注入 (例えば温水注入) 用であり、流体供給部材 21B は流体回収 (例えば温水回収) 用である。流体供給部材が流体注入用と流体回収用に分離されている点を除いて、流体の経路は基本的に図 7 の場合と同様である。

【0028】

< 第 4 実施形態 >

図 9 に本発明の他の一実施形態の熱電発電装置の一部の (a) 上面図と (b) 側面図を示す。図 9 の構成では、1 組の流体供給部材 2 0 A と 2 0 B が、断面 1 - 1 ' 図に示されるように、積層体の対向する左右の側面に向かい合うように配置される。同様に、他の組の流体供給部材 2 1 A と 2 1 B が、断面 2 - 2 ' 図に示されるように、積層体の対向する前後の側面に向かい合うように配置される。断面 1 - 1 ' 図の流体供給部材 2 0 A は流体注入 (例えば冷水注入) 用であり、流体供給部材 2 0 B は流体回収 (例えば冷水回収) 用である。同様に、断面 2 - 2 ' 図の流体供給部材 2 1 A は流体注入 (例えば温水注入) 用であり、流体供給部材 2 1 B は流体回収 (例えば温水回収) 用である。なお、いずれの組においても注入用と回収用は反対でもよい。

10

【 0 0 2 9 】

図 9 において、流体供給部材 2 0 A の流体注入開口 9 から供給される冷水は、枠部材 2 2、2 4 内に注入される。注入された冷水は、断面 1 - 1 ' 図の矢印で示されるように、枠部材 2 2、2 4 内の開口中を移動して流体供給部材 2 0 B へ戻り、流体排出開口 8 から回収される。同様に、流体供給部材 2 1 A の流体注入開口 1 0 から供給される温水は、真中の枠部材 2 3 内に注入される。注入された温水は、断面 2 - 2 ' 図の矢印で示されるように、枠部材 2 3 内の開口中を移動して流体供給部材 2 1 B へ戻り、流体排出開口 1 1 から回収される。本実施形態では、2 組の対向する流体供給部材により、他の実施形態の場合と同様に、枠部材の一つ置きに冷水と温水を交互に注入することにより、熱電変換モジュールの上面と下面を冷却または加熱することができる。

20

【 0 0 3 0 】

< 第 5 実施形態 >

図 1 0 に本発明の他の一実施形態の熱電発電装置の一部の (a) 上面図と (b) 側面図と (c) 表面図を示す。図 1 0 の構成では、1 つの流体供給部材 5 0 が、積層体の左側面に配置される。流体供給部材 5 0 は、流体供給部材 5 0 と枠部材 2 2 ~ 2 4 に設けられたネジ孔 5 8、5 9 にネジ 5 6、5 7 を挿入しながら外側から内側に向かって締め付けることにより、各枠部材と接合する。(a) の断面 1 - 1 ' 及び 2 - 2 ' 図に示されるように、流体供給部材 5 0 は、2 つの流体注入開口 5 1、5 3 と、2 つの流体排出開口 5 2、5 4 を有する。(c) の表面 3 - 3 ' 図に示されるように、1 組の流体注入開口 5 1 と流体排出開口 5 2 は、2 つの枠部材 2 2、2 4 の開口内と貫通孔 3 3 を有するシール材 3 2 を介して繋がり連続した流路を形成する。同様に、他の 1 組の流体注入開口 5 3 と流体排出開口 5 4 は、1 つの枠部材 2 3 の開口内と開口 3 3 を有するシール材 3 2 を介して繋がり連続した流路を形成する。

30

【 0 0 3 1 】

図 1 0 において、流体供給部材 5 0 の流体注入開口 5 1 から供給される冷水は、枠部材 2 2、2 4 内に注入される。注入された冷水は、断面 1 - 1 ' 図に示されるように、枠部材 2 2、2 4 内の開口中を矢印のように移動して流体供給部材 5 0 へ戻り、流体排出開口 5 2 から回収される。同様に、流体供給部材 5 0 の流体注入開口 5 3 から供給される温水は、真中の枠部材 2 3 内に注入される。注入された温水は、断面 2 - 2 ' 図に示されるように、枠部材 2 3 内の開口中を矢印のように移動して流体供給部材 5 0 へ戻り、流体排出開口 5 4 から回収される。本実施形態では、1 つの流体供給部材 5 0 により、他の実施形態の場合と同様に、枠部材の一つ置きに冷水と温水を交互に注入することにより、熱電変換モジュールの上面と下面を冷却または加熱することができる。

40

【 0 0 3 2 】

< 第 6 実施形態 >

図 1 1 に本発明の他の一実施形態の熱電発電装置の一部の (a) 上面図と (b) 側面図を示す。図 1 1 の構成では、図 9 の実施形態と同様に、1 組の流体供給部材 6 0 と 6 1 が、断面 1 - 1 ' 図に示されるように、積層体の対向する前後の側面に向かい合うように配置される。同様に、他の組の流体供給部材 6 2 と 6 3 が、断面 2 - 2 ' 図に示されるように、積層体の対向する左右の側面に向かい合うように配置される。各流体供給部材の断面

50

は、積層体に面する平坦部と外形を成す円形部を有する。図 1 1 の熱電発電装置では、中央の積層体を 4 つの流体供給部材 6 0 ~ 6 3 で取り囲み、全体で 1 つの円筒形を成す態様を示している。流体供給部材 6 0 は流体注入（例えば冷水注入）用であり、流体供給部材 6 1 は流体回収（例えば冷水回収）用である。同様に、流体供給部材 6 2 は流体注入（例えば温水注入）用であり、流体供給部材 6 3 は流体回収（例えば温水回収）用である。なお、いずれの組においても注入用と回収用は反対でもよい。冷水及び温水の流路は、図 9 の場合と同様である。

【 0 0 3 3 】

図 1 2 は、本発明の一実施形態の熱電発電装置の発電時の状態を示す図である。図 1 2 の熱電発電装置は、上蓋 4 と下蓋 5 の間に 1 1 個の枠部材 2 と 1 0 個の熱電変換モジュール 1 を含む。図の左側の流体供給部材 6 から冷水が供給され、右側の流体供給部材 7 から温水が供給されることにより、熱電変換モジュール 1 はその上面と下面が冷却または加熱されて発電する。熱電変換モジュール 1 の各々の出力線から出力電圧 $V_1 \sim V_{10}$ が得られる。

10

【実施例】

【 0 0 3 4 】

図 1 2 の本発明の一実施形態の熱電発電装置を実際に試作して各熱電変換モジュールからの出力電圧 $V_1 \sim V_{10}$ を測定した。熱電変換モジュール 1 には、厚み 3.6 mm、40 mm 角の熱電モジュールを 10 枚使用した。流体供給部材 6、7 及び枠部材 2 には、エンジニアリング・プラスチックを使用した。ゴム製パッキン 3 とシール材 3 2 には、シリコーンゴムを使用した。熱電発電装置に、10 の冷水と、35 から 95 まで 15 間隔で温度を変えた温水を、流量を 3、5、7 (L/min) と変化させながら供給して、発電時の熱電変換モジュール 1 の各々の出力電圧 (V) を測定した。下記の表 1 ~ 表 3 に順番に流量が 3、5、7 (L/min) の場合の出力電圧 (V) を示す。

20

【 0 0 3 5 】

【表 1】

3L/min

低温側温度	[°C]	10	10	10	10	10
高温側温度	[°C]	35	50	65	80	95
モジュール1	[V]	0.6923	1.2298	1.7635	2.2882	2.8643
モジュール2	[V]	0.7353	1.2908	1.8251	2.3447	2.8677
モジュール3	[V]	0.6699	1.2272	1.7457	2.2987	2.8457
モジュール4	[V]	0.7174	1.2582	1.7877	2.2757	2.7906
モジュール5	[V]	0.7327	1.2939	1.8256	2.3723	2.9615
モジュール6	[V]	0.7393	1.3010	1.8255	2.3454	2.8879
モジュール7	[V]	0.6881	1.2524	1.7622	2.3164	2.9216
モジュール8	[V]	0.7578	1.3247	1.8793	2.4140	2.9720
モジュール9	[V]	0.7071	1.2659	1.7891	2.3336	2.8984
モジュール10	[V]	0.7221	1.2742	1.8026	2.3173	2.8389
平均値	[V]	0.7162	1.2718	1.8006	2.3306	2.8849
標準偏差		0.0269	0.0314	0.0397	0.0413	0.0560

10

20

【 0 0 3 6 】

30

【表 2】

5L/min

低温側温度	[°C]	10	10	10	10	10
高温側温度	[°C]	35	50	65	80	95
モジュール1	[V]	0.9132	1.4707	2.0675	2.6770	3.2976
モジュール2	[V]	0.8997	1.4481	2.0315	2.6275	3.2433
モジュール3	[V]	0.8858	1.4239	2.0231	2.6253	3.2196
モジュール4	[V]	0.8994	1.4544	2.0377	2.6313	3.2361
モジュール5	[V]	0.9063	1.4587	2.0702	2.6791	3.2896
モジュール6	[V]	0.9050	1.4636	2.0516	2.6440	3.2586
モジュール7	[V]	0.8848	1.4305	2.0134	2.6378	3.2611
モジュール8	[V]	0.9046	1.4642	2.0526	2.6565	3.2645
モジュール9	[V]	0.9019	1.4642	2.0482	2.6535	3.2740
モジュール10	[V]	0.9156	1.4796	2.0739	2.6735	3.2865
平均値	[V]	0.9016	1.4558	2.0470	2.6506	3.2631
標準偏差		0.0101	0.0174	0.0204	0.0206	0.0249

10

20

【 0 0 3 7 】

【表 3】

7L/min

低温側温度	[°C]	10	10	10	10	10
高温側温度	[°C]	35	50	65	80	95
モジュール1	[V]	0.9432	1.5427	2.1615	2.9989	3.4257
モジュール2	[V]	0.9327	1.5243	2.1348	2.9618	3.3809
モジュール3	[V]	0.9219	1.5101	2.1197	2.9403	3.3657
モジュール4	[V]	0.9296	1.5189	2.1250	2.9478	3.3636
モジュール5	[V]	0.9366	1.5333	2.1553	2.9940	3.4246
モジュール6	[V]	0.9370	1.5308	2.1434	2.9732	3.3932
モジュール7	[V]	0.9196	1.5080	2.1224	2.9604	3.3870
モジュール8	[V]	0.9315	1.5259	2.1418	2.9756	3.3970
モジュール9	[V]	0.9237	1.5111	2.1376	2.9658	3.3927
モジュール10	[V]	0.9383	1.5340	2.1505	2.9836	3.4064
平均値	[V]	0.9314	1.5239	2.1392	2.9701	3.3937
標準偏差		0.0077	0.0117	0.0141	0.0188	0.0212

【0038】

3つの表から明らかなように、各条件において、10個の熱電変換モジュール1～10の各々からほぼ同様な出力電圧(V)が得られていることがわかる。すなわち、各枠部材に冷水と温水が十分かつ均等に供給されて、各熱電変換モジュールの上面と下面が冷却または加熱されて発電が実際に起こっていることがわかる。また、流量が増加し、あるいは温水温度が上昇するにつれて、発電量が増え出力電圧(V)が増加していることがわかる。表3の7(L/min)の流量において、95の温水を用いた場合に平均で約3.4Vの出力電圧を得ることができることがわかった。

【0039】

本発明の実施形態について、図を参照しながら説明をした。しかし、本発明はこれらの実施形態に限られるものではない。さらに、本発明はその趣旨を逸脱しない範囲で当業者の知識に基づき種々なる改良、修正、変形を加えた態様で実施できるものである。

【産業上の利用可能性】

【0040】

本発明の熱電発電装置は、小型で拡張性の高い熱電発電装置として産業上幅広く利用することができる。

【符号の説明】

【0041】

- 1 熱電変換モジュール
- 2、22、23、24 枠部材
- 3 ゴム製パッキン
- 4 上蓋(基板)
- 5 下蓋(基板)

6、7、20、21、20A、20B、21A、21B、50、60、61、62、63

流体供給部材

8、11、52、54 流体排出開口

9、10、51、53 流体注入開口

12、29 流体排出孔

13、30 流体注入孔

14、26、27 注入孔

15、25、28 排出孔

16 P型熱電変換素子

17 N型熱電変換素子

18 上側の電極

19 下側の電極

32 シール材

33 開口（貫通孔）

40、41、42、43、58、59 ネジ孔

44、45、56、57 ネジ

46 孔

47 ボルト

60 熱電変換モジュール

62 熱交換器

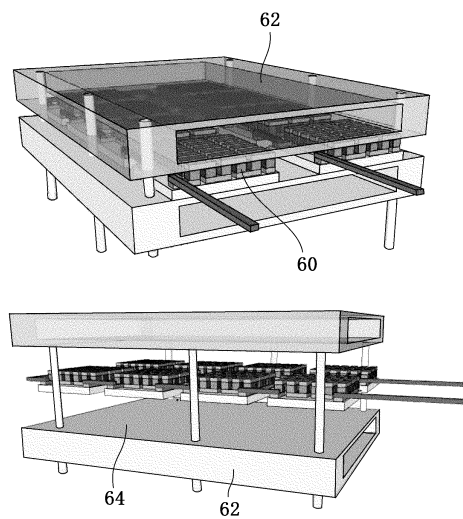
64 伝熱面

100 熱電発電装置

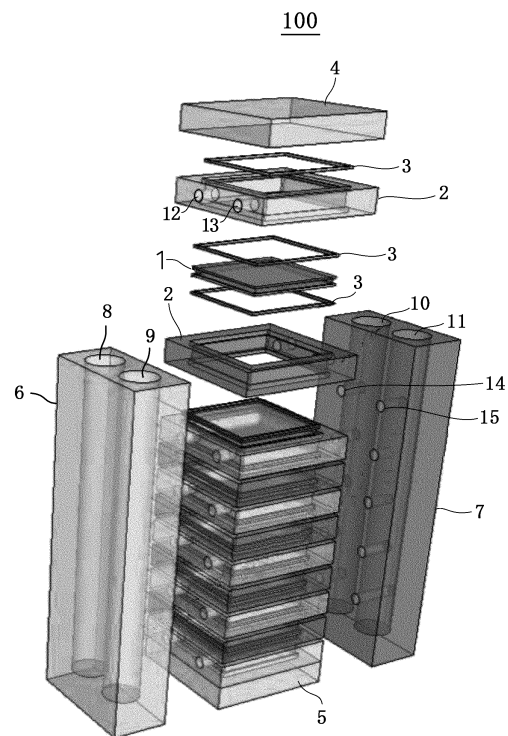
10

20

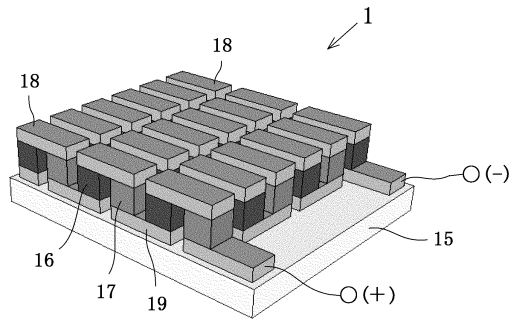
【図1】



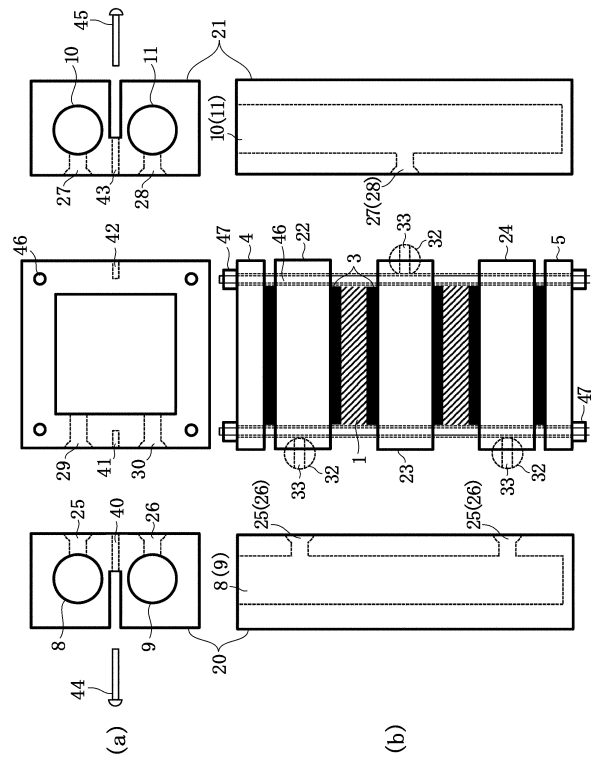
【図2】



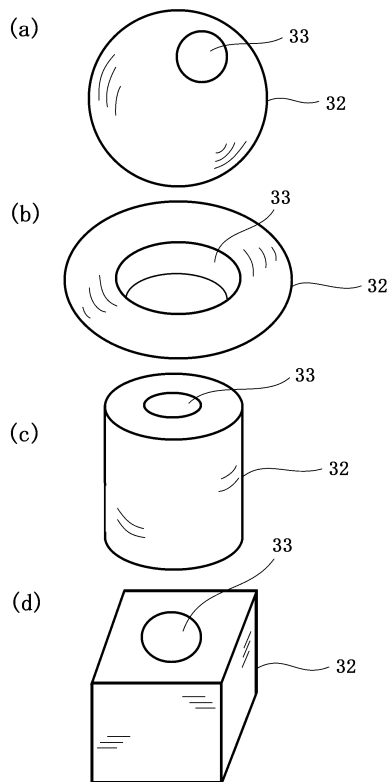
【図 3】



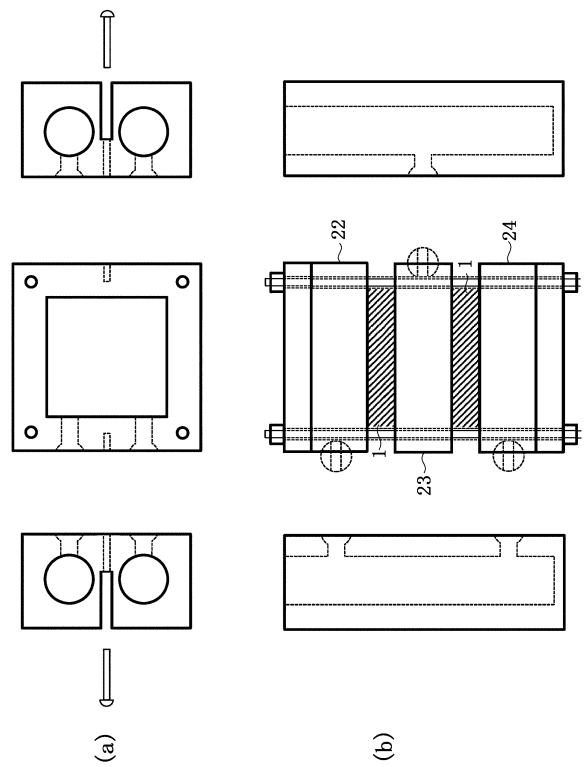
【図 4】



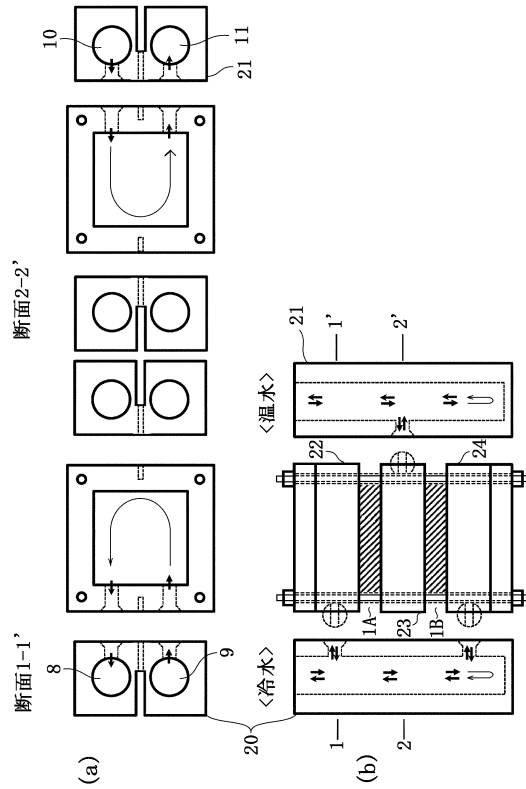
【図 5】



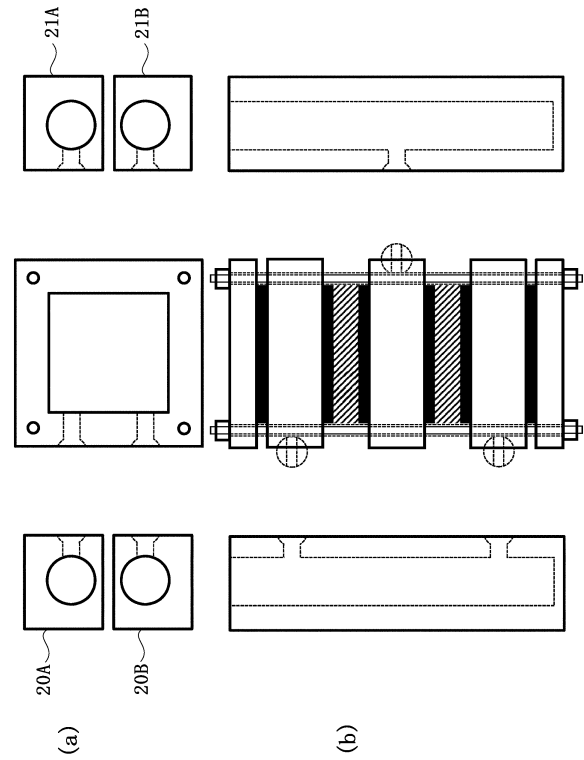
【図 6】



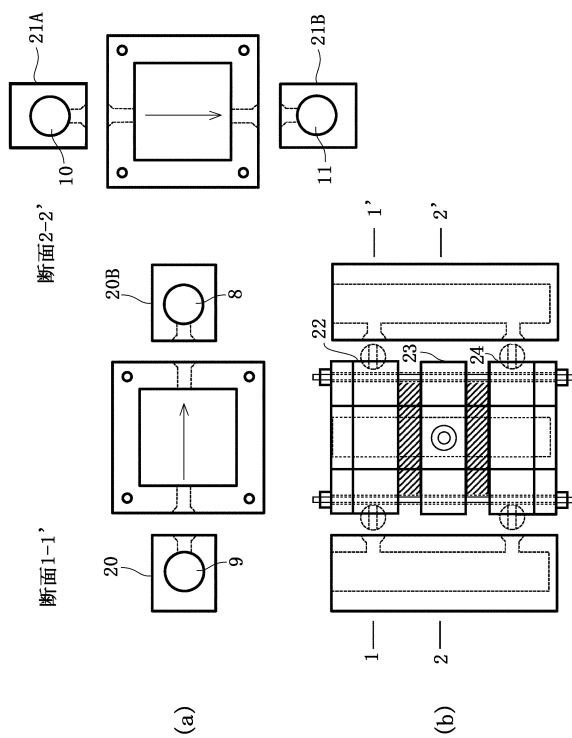
【圖 7】



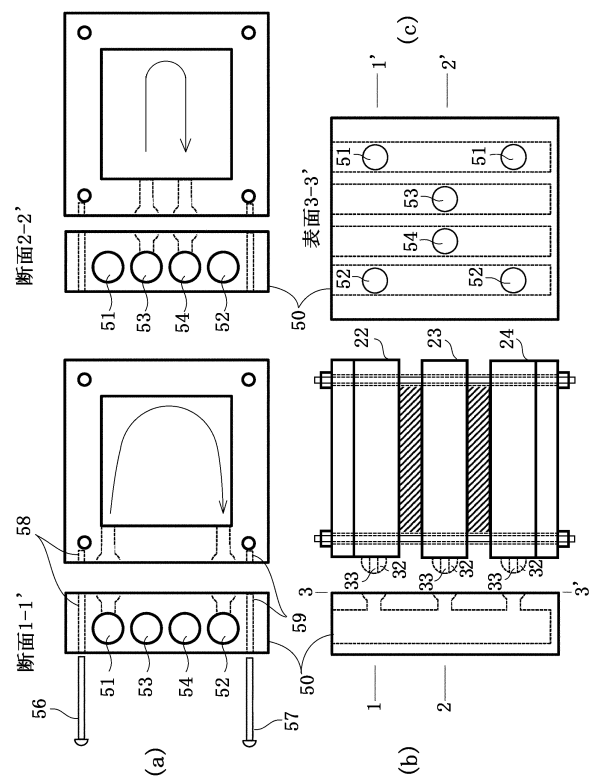
【 図 8 】



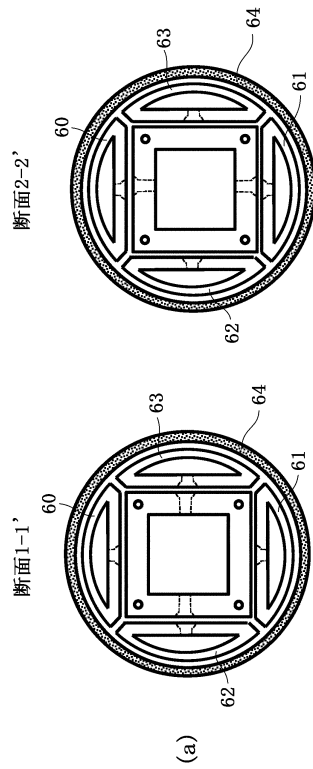
【圖 9】



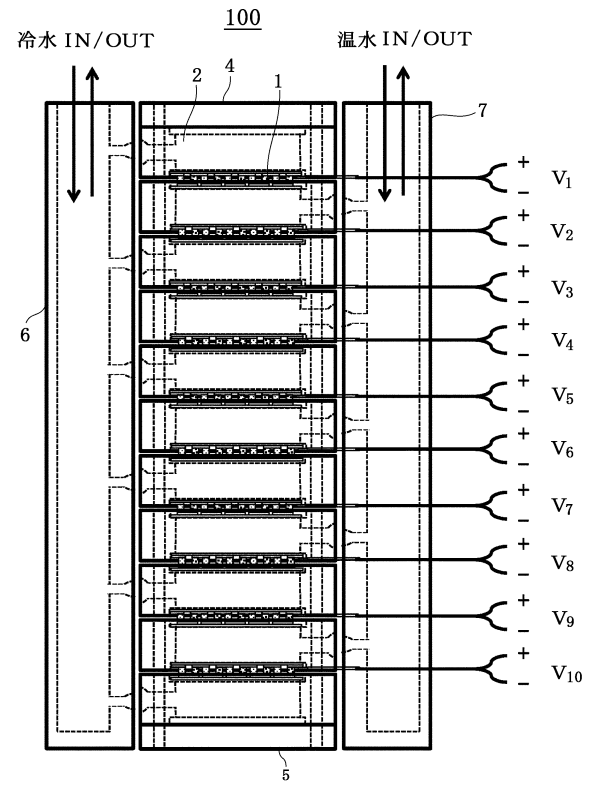
【 図 1 0 】



【図 1 1】



【図 1 2】



フロントページの続き

(72)発明者 村田 正行

茨城県つくば市梅園 1 - 1 - 1 中央第 1 国立研究開発法人産業技術総合研究所内

(72)発明者 藤井 孝博

茨城県つくば市梅園 1 - 1 - 1 中央第 1 国立研究開発法人産業技術総合研究所内

審査官 三澤 哲也

(56)参考文献 特開 2015 - 012172 (JP, A)

特開 2005 - 253217 (JP, A)

特開 2016 - 017737 (JP, A)

米国特許出願公開第 2015 / 0325767 (US, A1)

特開 2016 - 019357 (JP, A)

特開 2015 - 119193 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02N 11/00

H01L 35/30

H01L 35/32