

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6981429号
(P6981429)

(45) 発行日 令和3年12月15日(2021.12.15)

(24) 登録日 令和3年11月22日(2021.11.22)

(51) Int.Cl.		F I	
H O 1 L 37/04 (2006.01)		H O 1 L 37/04	
H O 2 N 11/00 (2006.01)		H O 2 N 11/00	A

請求項の数 8 (全 30 頁)

(21) 出願番号	特願2018-555009 (P2018-555009)	(73) 特許権者	000004237
(86) (22) 出願日	平成29年12月5日 (2017.12.5)		日本電気株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2017/043618		東京都港区芝五丁目7番1号
(87) 国際公開番号	W02018/105601	(74) 代理人	100109313
(87) 国際公開日	平成30年6月14日 (2018.6.14)		弁理士 机 昌彦
審査請求日	令和2年11月16日 (2020.11.16)	(74) 代理人	100124154
(31) 優先権主張番号	特願2016-238405 (P2016-238405)		弁理士 下坂 直樹
(32) 優先日	平成28年12月8日 (2016.12.8)	(72) 発明者	岩崎 悠真
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国 (JP)		東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
(出願人による申告) 平成28年度、国立研究開発法人科学技術振興機構「ERATO齋藤スピン量子整流プロジェクト／スピンゼーベック効果応用に関する研究」委託研究、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願		(72) 発明者	石田 真彦
			東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 熱電変換部、発電システムおよび熱電変換方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の流体が内部を流れる複数の管と、
前記管にそれぞれ巻装され、前記第1の流体と前記管の外を流れる第2の流体との温度差を元に発電するシート型の熱電変換素子と、
を備え、
前記熱電変換素子は、前記管の長手方向の材料の組成分布に勾配を有する熱電変換部。

【請求項2】

前記熱電変換素子は、前記第1の流体と前記第2の流体の温度差によって、磁化の方向に直行する前記管の円周に沿った方向または長手方向に電流が流れることを特徴とする請求項1に記載の熱電変換部。

【請求項3】

前記熱電変換素子は、前記第1の流体の入口側において、出口側よりも高温領域において熱電変換効率が高い材料の組成を有し、前記第1の流体の出口側において、入口側よりも低温領域で熱電変換効率が高い材料の組成を有していることを特徴とする請求項1または2に記載の熱電変換部。

【請求項4】

前記熱電変換素子は、発生する電流の向きが隣り合った前記熱電変換素子と交互になるように前記管にそれぞれ巻装され、前記熱電変換素子の間は直列に電流が流れるように接

10

20

合されていることを特徴とする請求項 1 から 3 いずれかに記載の熱電変換部。

【請求項 5】

隣り合った前記熱電変換素子の磁化の向きが互い異なることによって、隣り合った前記熱電変換素子に発生する電流が互いに対向する向きに流れることを特徴とする請求項 4 に記載の熱電変換部。

【請求項 6】

第 1 の流体が内部に流れる本管と、

請求項 1 から 5 いずれかに記載の熱電変換部と、

前記熱電変換素子に発生した電力を取り出す端子部と、

を備え、

前記熱電変換部の前記管は、前記本管から分岐した管であり、前記端子部は、前記本管から前記管に流入した前記第 1 の流体と前記第 2 の流体の温度差によって前記熱電変換素子に発生した電流を出力することを特徴とする発電システム。

【請求項 7】

複数の管の内部に第 1 の流体を流し、

前記管にそれぞれ巻装されたシート型の熱電変換素子で、前記第 1 の流体と前記管の外を流れる第 2 の流体との温度差を元に発電し、

前記熱電変換素子は、前記管の長手方向の材料の組成分布に勾配を有する

熱電変換方法。

【請求項 8】

前記熱電変換素子は、前記第 1 の流体の入口側において、出口側よりも高温領域において熱電変換効率が低い材料の組成を有し、前記第 1 の流体の出口側において、入口側よりも低温領域で熱電変換効率が低い材料の組成を有していることを特徴とする請求項 7 に記載の熱電変換方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、排熱から電力を得る熱電変換技術に関するものであり、特に、シート型の熱電変換素子を用いた熱電変換技術に関するものである。

【背景技術】

【0002】

持続可能な社会に向けた環境やエネルギー問題への取り組みが活発化する中で、熱電変換素子を用いた発電システムへの期待が高まっている。熱は、体温、太陽光、エンジンおよび工業排熱などあらゆる媒体から得ることができる最も一般的なエネルギー源であるためである。特に、自動車や鉄鋼所などで生じる排ガスの熱エネルギーを熱電変換素子で電力に変換し再利用する取り組みが活発に行われている。

【0003】

そのような発電システムでは、排ガスの熱エネルギーを電力に変換する際に、排ガスの流路周辺の限られたスペースに熱電変換素子等の発電機器を設置する必要がある。そのため、熱電変換素子等の発電機器の構成を簡略化しつつ発電効率が低いことが望ましい。また、一度、排ガス管の周辺などに熱電変換素子を設置すると、補修等の作業が困難であることも多く、信頼性が高いことが望ましい。

【0004】

自動車等から生じる排ガスのエネルギーを電力に変換する技術としては、例えば、特許文献 1 のような技術が開示されている。特許文献 1 には、自動車エンジンの排ガスと冷却水の間に生じる温度差に熱電変換素子を適用して発電を行う排熱発電システムが示されている。

【0005】

また、特許文献 2 には、排気ガスの熱エネルギーを用いて発電を行う熱発電器が示されている。特許文献 2 の熱発電器は、図 1 2 に示すように燃焼ガスの排気通路 1 3 と、排気

10

20

30

40

50

通路 1 3 が分岐した排気通路 1 3 A、排気通路 1 3 B および排気通路 1 3 C を備えている。また、特許文献 2 の熱発電器は、各排気通路の凹部 1 4 に熱電変換素子 1 5 が複数、取り付けられている。各熱電変換素子はシリコン基板を用いて形成され、熱電変換素子 1 5 の間は電極で接続されている。特許文献 2 は、そのような構成を備えることで、排気ガスの熱エネルギーを有効に回収することができるとしている。

【 0 0 0 6 】

また、熱電変換素子に関する技術としては、特許文献 3、非特許文献 1 および非特許文献 2 のような熱電変換素子に関する技術が開示されている。特許文献 3 には、ペルチェ効果やゼーベック効果を利用した熱電変換素子が示されている。非特許文献 1 には、スピンゼーベック効果を利用した熱電変換素子が示されている。また、非特許文献 2 には、異常ネルンスト効果を利用した熱電変換素子が示されている。特許文献 3、非特許文献 1 および非特許文献 2 の熱電変換素子は、熱電変換素子の平面に対して垂直方向に発生した熱流を平面方向の電流に変換することができる。そのため、特許文献 3、非特許文献 1 および非特許文献 2 の熱電変換素子は、熱電変換素子の両端に電極を備えることで熱起電力を得ることができる。また、特許文献 4 には、シリコンゲルマニウム化合物と、ビスマステルル化合物を熱電素子材料とした 2 種類の熱電変換素子を用いた熱発電装置が示されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 7 】

【特許文献 1】特開平 0 8 - 2 6 1 0 6 4 号公報

【特許文献 2】特開平 0 7 - 1 2 0 0 9 号公報

【特許文献 3】特開 2 0 0 5 - 3 3 3 0 8 3 号公報

【特許文献 4】特開 2 0 0 0 - 2 8 6 4 6 9 号公報

【非特許文献】

【 0 0 0 8 】

【非特許文献 1】Uchida et al., "Spin Seebeck Insulator", Nature Materials, 2010, vol. 9, p 894

【非特許文献 2】Sakuraba et al., "Anomalous Nernst Effect in L10-FePt/MnGa Termpiles for New Thermoelectric Applications", Applied Physics Express, 2013, Volume 6, 0333003

20

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 9 】

しかしながら、各先行技術文献に記載の技術は次のような点で十分ではない。特許文献 1 の排熱発電システムは、冷却水流路と排気流路の 1 箇所において熱電変換素子を用いて発電を行っている。そのため、特許文献 1 の排熱発電システムは、発電効率が低い。また、特許文献 2 の熱発電器は、分岐した配管それぞれにシリコン基板上に形成された複数の熱電素子を取り付け、各熱電変換素子間を電極で接続している。シリコン基板上に形成された熱電変換素子は、厚みが大きく広い設置スペースを必要とする。また、各熱電変換素子を接続する電極が必要なため、電極の構造が複雑となるとともに断線の恐れが高くなる。特許文献 4 の熱発電装置も、複数の熱電素子を電極で接続する必要がある、特許文献 2 の技術と同様の課題を有する。

40

【 0 0 1 0 】

また、特許文献 2 の技術に、特許文献 3、非特許文献 1 および非特許文献 2 のいずれかの熱電変換素子を組み合わせたとしても、分岐した各排気通路に取り付けられた熱電変換素子間を接続する電極の構成を簡略化することはできない。そのため、電極の構造の複雑化や断線が生じる。よって、各先行技術に記載された技術は、構成を複雑化することなく信頼性を維持して、熱エネルギーを元に効率的に発電を行うための技術としては十分では

50

ない。

【 0 0 1 1 】

本発明は、上記の課題を解決するため、構成を複雑化することなく信頼性を維持して、熱エネルギーを元に効率的に発電を行うことができる熱電変換部、発電システムおよび熱電変換方法を得ることを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 2 】

上記の課題を解決するため、本発明の熱電変換部は、複数の管と熱電変換素子を備えている。管は、第 1 の流体が内部を流れる。熱電変換素子は、管にそれぞれ巻装され、第 1 の流体と管 1 の外を流れる第 2 の流体との温度差によって発電する。また、熱電変換素子は、シート型である。

10

【 0 0 1 3 】

また、本発明の熱電変換方法は、複数の管の内部に第 1 の流体を流し、管にそれぞれ巻装されたシート型の熱電変換素子で、第 1 の流体と管の外を流れる第 2 の流体との温度差を元に発電する。

【発明の効果】

【 0 0 1 4 】

本発明によると、構成を複雑化することなく信頼性を維持して、熱エネルギーを元に効率的に発電を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

20

【 0 0 1 5 】

【図 1】本発明の第 1 の実施形態の構成の概要を示す図である。

【図 2 A】本発明の第 2 の実施形態の構成の概要を示す図である。

【図 2 B】本発明の第 2 の実施形態の熱電変換部の構造を示す断面図である。

【図 2 C】本発明の第 2 の実施形態の熱電変換部の構造を示す断面図である。

【図 3】本発明の第 2 の実施形態の分岐排ガス管の他の構成の例を示した図である。

【図 4 A】本発明の第 2 の実施形態の他の構成の例を示す図である。

【図 4 B】本発明の第 2 の実施形態の他の構成の例の熱電変換部の構造を示す断面図である。

【図 4 C】本発明の第 2 の実施形態の他の構成の例の熱電変換部の構造を示す断面図である。

30

【図 5】本発明の第 2 の実施形態の熱電変換素子の構造の例を示す断面図である。

【図 6 A】本発明の第 3 の実施形態の構成の概要を示す図である。

【図 6 B】本発明の第 3 の実施形態の熱電変換部の構造を示す断面図である。

【図 6 C】本発明の第 3 の実施形態の熱電変換部の構造を示す断面図である。

【図 7 A】本発明の第 3 の実施形態の他の構成の例を示す図である。

【図 7 B】本発明の第 3 の実施形態の他の構成の例の熱電変換部の構造を示す断面図である。

【図 7 C】本発明の第 3 の実施形態の他の構成の例の熱電変換部の構造を示す断面図である。

40

【図 8】本発明の第 3 の実施形態の熱電変換素子の構造の例を示す図である。

【図 9】本発明の第 3 の実施形態の熱電変換素子の構造の例を示す図である。

【図 1 0 A】本発明の第 4 の実施形態の構成の概要を示す図である。

【図 1 0 B】本発明の第 4 の実施形態の熱電変換部の構造を示す断面図である。

【図 1 0 C】本発明の第 4 の実施形態の熱電変換部の構造を示す断面図である。

【図 1 1 A】本発明の第 5 の実施形態の構成の概要を示す図である。

【図 1 1 B】本発明の第 5 の実施形態の熱電変換部の構造を示す断面図である。

【図 1 1 C】本発明の第 5 の実施形態の熱電変換部の構造を示す断面図である。

【図 1 2】本発明と対比した構成の熱電変換部の構成の例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

50

【 0 0 1 6 】

[第 1 の実施形態]

[第 1 の実施形態の構成]

本発明の第 1 の実施形態について図を参照して詳細に説明する。図 1 は、本実施形態の熱電変換部の構成の概要を示したものである。本実施形態の熱電変換部は、複数の管 1 と熱電変換素子 2 を備えている。管 1 は、第 1 の流体が内部を流れる。熱電変換素子 2 は、管 1 にそれぞれ巻装され、第 1 の流体と管 1 の外を流れる第 2 の流体との温度差によって発電する。また、熱電変換素子 2 は、シート型である。

【 0 0 1 7 】

[第 1 の実施形態の効果]

本実施形態の熱電変換部は、シート型の熱電変換素子 2 がそれぞれの管 1 に巻装されている。本実施形態では熱電変換素子 2 が管 1 に巻装されているため、管 1 の周囲に熱電変換素子 2 を備える際に要するスペースを最小化することができる。また、シート型の熱電変換素子 2 を用いることで、管 1 の円周方向全体を覆いつつ、管 1 の長手方向に沿って連続的に熱電変換素子 2 を備えることができる。そのため、第 1 の流体と第 2 の流体の温度差を元に発電を行う際の発電効率が向上する。また、同一の管 1 内の熱電変換素子 2 を接続する電極を必要としないので、断線の発生と構造の複雑化を抑制することができる。その結果、本実施形態の熱電変換部は、構成を複雑化することなく信頼性を維持して、熱エネルギーを元に効率的に発電を行うことができる。

【 0 0 1 8 】

[第 2 の実施形態]

[第 2 の実施形態の構成]

本発明の第 2 の実施形態について図を参照して詳細に説明する。図 2 A は、本実施形態の発電システムの構成の概要を示したものである。また、図 2 B および図 2 C は、図 2 A の断面図である。図 2 B は、図 2 A の A と A ' で示した線の位置における断面図である。また、図 2 C は、図 2 A の B と B ' で示した線の位置における断面図である。

【 0 0 1 9 】

本実施形態の発電システムは、メイン排ガス管 2 0 1 と、分岐排ガス管 2 0 2 と、シート型熱電変換素子 2 0 3 と、電気接合部 2 0 4 と、端子 2 0 5 を備えている。メイン排ガス管 2 0 1 は、複数の分岐排ガス管 2 0 2 に分岐している。分岐排ガス管 2 0 2 の周りには、シート型熱電変換素子 2 0 3 が巻装されている。巻装とは、シート型熱電変換素子 2 0 3 のシートを、分岐排ガス管 2 0 2 の表面に沿って円周方向に巻きつけるように取り付けることをいう。また、分岐排ガス管 2 0 2 およびシート型熱電変換素子 2 0 3 の周りは循環する冷却水 1 0 0 で満たされている。すなわち、シート型熱電変換素子 2 0 3 は、一方の面のほぼ全面で分岐排ガス管 2 0 2 と接し、もう一方の面のほぼ全面を冷却水 1 0 0 で冷却された状態となる。本実施形態の発電システムは、高温の排ガスと低温の冷却水 1 0 0 の間に存在する温度差を元に、シート型熱電変換素子 2 0 3 によって発電することができる。

【 0 0 2 0 】

メイン排ガス管 2 0 1 は、熱を帯びた排ガスが内部を流れる管である。メイン排ガス管 2 0 1 は、内燃機関から排出される熱を帯びたガスや水蒸気等の流体が内部を流れる。

【 0 0 2 1 】

分岐排ガス管 2 0 2 は、メイン排ガス管 2 0 1 から複数の分岐した配管である。分岐排ガス管 2 0 2 の周りにはシート型熱電変換素子 2 0 3 が巻装されている。シート型熱電変換素子 2 0 3 は、分岐排ガス管 2 0 2 の円周を取り囲むように巻装されている。分岐排ガス管 2 0 2 は、図 2 B で示す付近で、メイン排ガス管 2 0 1 が複数の分岐することで構成されている。また分岐排ガス管 2 0 2 は、図 2 C で示す付近で結合され、メイン排ガス管 2 0 1 となる。すなわち、メイン排ガス管 2 0 1 の内部を流れてきた流体は、分岐部分で複数の分岐排ガス管 2 0 2 に分かれる。各分岐排ガス管 2 0 2 の内部を流れた流体は、結合部で合流して、メイン排ガス管 2 0 1 を流れる。また、本実施形態の分岐排ガス管 2 0

2 は、第 1 の実施形態の管 1 に相当する。

【 0 0 2 2 】

図 2 A、図 2 B および図 2 C では、メイン排ガス管 2 0 1 が円形の断面をもつ 3 本の分岐排ガス管 2 0 2 に分岐している例を示している。図 2 A、図 2 B および図 2 C では、複数の分岐排ガス管 2 0 2 が 1 次元的に並んでいる例を示しているが、分岐排ガス管 2 0 2 の配列は他の構成であってもよい。例えば、図 3 のように、複数の分岐排ガス管 3 1 が 2 次元的に束ねられた構造であってもよい。図 3 は、シート型熱電変換素子 3 2 が巻装された分岐排ガス管 3 1 が 2 次元的に配列されている例を示している。また、分岐排ガス管 2 0 2 は、4 本以上であってもよく、2 本であってもよい。また、分岐排ガス管 2 0 2 の断面形状は、円形以外であってもよい。例えば、分岐排ガス管 2 0 2 の断面構造は、四角形などの角型や多角形でもよい。

10

【 0 0 2 3 】

メイン排ガス管 2 0 1 および分岐排ガス管 2 0 2 は、例えば、S U S などの金属によって形成されている。メイン排ガス管 2 0 1 および分岐排ガス管 2 0 2 内を流れる流体は、液体であってもよい。

【 0 0 2 4 】

シート型熱電変換素子 2 0 3 は、シートの平面に対して垂直方向の温度勾配によって面内方向、すなわち、シートの平面方向の電流が生じる熱電変換素子である。シート型熱電変換素子 2 0 3 には、面内方向のうち 1 方向に電流が流れる熱電変換素子が用いられる。シート型熱電変換素子 2 0 3 には、例えば、スピンゼーベック効果を用いた熱電変換素子や、異常ネルンスト効果を用いた熱電変換素子を用いることができる。

20

【 0 0 2 5 】

シート型熱電変換素子 2 0 3 に発生する電流の向きは、シート型熱電変換素子 2 0 3 の磁化方向によって決まる。図 2 B および図 2 C に示している白抜きの矢印は、シート型熱電変換素子 2 0 3 の磁化の方向を示している。また、図 2 A の矢印は、温度差によって生じた電流が流れる向きを示している。このように、分岐排ガス管 2 0 2 の円周方向にシート型熱電変換素子 2 0 3 を磁化させることによって、温度差によって発生する電流は分岐排ガス管 2 0 2 の長手方向に流れる。また、磁化の向きを逆にすると電流の発生する向きは、逆になる。そのため、図 2 B や図 2 C のように、隣接するシート型熱電変換素子 2 0 3 の磁化の向きを交互にすることで、図 2 A に示すように、発生する電流の向きも交互にすることができる。

30

【 0 0 2 6 】

図 2 B および図 2 C に示すように磁化したシート型熱電変換素子 2 0 3 が巻装された分岐排ガス管 2 0 2 を束ねた際には、隣接したシート型熱電変換素子 2 0 3 間の磁化は、互いに打ち消しあうように相互作用する。そのため、シート型熱電変換素子 2 0 3 の磁化の安定性を考慮した場合、各分岐排ガス管 2 0 2 は、隣接する分岐排ガス管 2 0 2 から 1 0 マイクロメートル以上離して設置することが望ましい。

【 0 0 2 7 】

排ガス入口付近と排ガス出口付近では排ガスの温度が異なるため、この温度分布に適した材料組成の分布をシート型熱電変換素子 2 0 3 内に作ってもよい。例えば、排ガス入口付近では、排ガス入口付近の温度領域における熱電変換効率が他の温度領域の熱電変換効率よりも高くなるようにする。排ガス入口付近では、キュリー温度が排ガス入口付近の温度よりも高い材料を用いる。また、排ガス出口付近では、排ガス出口付近の温度領域における熱電変換効率が他の温度領域の熱電変換効率よりも高くなるようにする。排ガス出口付近では、キュリー温度が排ガス出口付近の温度よりも高い材料を用いる。

40

【 0 0 2 8 】

本実施形態のシート型熱電変換素子 2 0 3 は、一方の面のほぼ全面で分岐排ガス管 2 0 2 と接し、もう一方の面のほぼ全面を冷却水 1 0 0 で冷却された状態となる。そのため、分岐排ガス管 2 0 0 を流れるガスと冷却水 1 0 0 の温度差を元に効率的に発電を行うことができる。シート型熱電変換素子 2 0 3 は、分岐排ガス管 2 0 2 に巻装されているので、

50

分岐排ガス管 202 が振動しても、脱離が生じにくい。また、シート型熱電変換素子 203 は、分岐排ガス管 202 の長手方向のほぼ全ての領域で巻装されているので、分岐排ガス管 202 内で熱電変換素子を接続する電極は不良となる。また、シート型熱電変換素子 203 は、分岐排ガス管 202 に巻装されているので分岐排ガス管 202 に取り付けの際に周囲に広いスペースを必要としない。また、本実施形態のシート型熱電変換素子 203 は、第 1 の実施形態の熱電変換素子 2 に相当する。

【0029】

電気接合部 204 は、各シート型熱電変換素子 203 を電氣的に接続している。本実施形態の電気接合部 204 は、隣接するシート型熱電変換素子 203 間が電氣的に直列に接合されるように、各シート型熱電変換素子 203 の端に取り付けられている。電気接合部 204 は、低電気抵抗の材料で形成されていることが望ましい。電気接合部 204 は、例えば、Cu、Ag、Al および Ti などの金属やこれら元素を含む合金によって形成されている。

10

【0030】

端子 205 は、電氣的に直列になるように接続されたシート型熱電変換素子 203 から外部に電流を取り出す接続端子として備えられている。端子 205 は、電気接合部 204 を介して直列に接続されたシート型熱電変換素子 203 の両端の位置に備えられている。端子 205 は、シート型熱電変換素子 203 で生じた電力を伝送する回路や蓄電する電池等に接続されている。

【0031】

20

冷却水 100 は、分岐排ガス管 202 内を流れる熱を帯びたガスを冷却する流体である。図 2A では、分岐排ガス管 202 のガスの流れる向きに対して冷却水 100 が逆流の状態、すなわち、冷却水 100 の向きと排ガスの向きが逆の状態になっている。冷却水 100 と排ガスが互いに対向する向きに流れることで、分岐排ガス管 202 の出口付近の排ガスの温度が低下している位置で温度の低い冷却水と接するので冷却効率が向上する。対向する向きとは互いに平行でなくてもよく、分岐排ガス管 202 の内部をガスが進むに従って、周囲の冷却水 100 の温度が下がるように冷却水 100 が流れていけばよい。また、分岐排ガス管 202 の排ガスの入口付近と出口付近の両側において、冷却水 100 と排ガスに温度差を保つことができるので発電効率が向上する。

【0032】

30

冷却水 100 は、分岐排ガス管 202 のガスの流れる向きに対して順流、すなわち、冷却水の向きと排ガスの向きが同じであってもよい。冷却水 100 は水以外の液体であってもよく、水と他の物質との混合物であってもよい。また、冷却水 100 に代えて、空冷を行うための空気を流してもよい。

【0033】

本実施形態の発電システムは、複数の分岐排ガス管 202、シート型熱電変換素子 203、電気接合部 204、端子 205 および冷却水 100 の流路で熱電変換部を構成している。

【0034】

[第 2 の実施形態の製造方法および動作]

40

本実施形態の発電システムを構築する方法について説明する。以下の説明は、メイン排ガス管 201 と分岐排ガス管 202 の接続をあらかじめ行っているものとして説明を行う。始めに、シート型熱電変換素子 203 を作成する。シート型熱電変換素子 203 は、稼働時に冷却水と接するため、表面が防水膜で覆われている構造とする。シート型熱電変換素子 203 は、面内方向、すなわち、シートの平面方向に磁化された状態とする。磁化は、例えば、磁性膜を成膜したシートに磁場を印加することで行われる。

【0035】

磁化させたシート型熱電変換素子 203 は、分岐排ガス管 202 に巻装される。巻装は、各シート型熱電変換素子 203 の磁化の方向が分岐排ガス管 202 の円周状になるよう行われる。また、各シート型熱電変換素子 203 は、磁化の円周方向の向きが隣り合うシ

50

ート型熱電変換素子 2 0 3 間で交互になるように巻装される。

【 0 0 3 6 】

各シート型熱電変換素子 2 0 3 が巻装されると、シート型熱電変換素子 2 0 3 が電氣的に直列に接合されるように、シート型熱電変換素子 2 0 3 の端に電気接合部 2 0 4 が取り付けられる。また、電気接合部 2 0 4 は冷却水 1 0 0 に接する可能性があるため、防水膜で覆われている構成とする。電気接合部 2 0 4 が取り付けられると、電氣的に直列に接続されたシート型熱電変換素子 2 0 3 のうち、両端のシート型熱電変換素子 2 0 3 に端子 2 0 5 が取り付けられる。端子 2 0 5 が取り付けられると、冷却水 1 0 0 の取り付けが行われる。

【 0 0 3 7 】

発電システムを構築する方法は、上記以外の他の方法によって行われてもよい。例えば、分岐排ガス管 2 0 2 へのシート型熱電変換素子 2 0 3 の巻装段階で、電気接合部 2 0 4 の一端が、あらかじめ定められたシート型熱電変換素子 2 0 3 の一端にあらかじめ接続されていてもよい。そのような構成とすることで、巻装を行う作業者が、巻装を行う際に磁化の向きを意識しなくても作業を行うことが可能になる。

【 0 0 3 8 】

また、上記の説明では、先に取り付けられている分岐排ガス管 2 0 2 にシート型熱電変換素子 2 0 3 の巻装を行ったが、シート型熱電変換素子 2 0 3 が巻装された分岐排ガス管 2 0 2 をメイン排ガス管 2 0 1 に接続してもよい。

【 0 0 3 9 】

本実施形態の発電システムの動作について説明する。本実施形態の発電システムでは、メイン排ガス管 2 0 1 の内部を高温のガスが流れている。メイン排ガス管 2 0 1 を流れてきたガスは、メイン排ガス管 2 0 1 と分岐排ガス管 2 0 2 の分岐部において、各分岐排ガス管 2 0 2 に分岐し、各分岐排ガス管 2 0 2 内を流れる。各分岐排ガス管 2 0 2 内を流れたガスは、分岐排ガス管 2 0 2 とメイン排ガス管 2 0 1 の接続部において合流し、メイン排ガス管 2 0 1 を流れて排出される。

【 0 0 4 0 】

分岐排ガス管 2 0 2 内をガスが流れる際、ガスと冷却水 1 0 0 の温度差によってシート型熱電変換素子 2 0 3 には、シートの平面に対して垂直方向に温度差が生じる。シートの垂直方向に温度差が生じることで、シート型熱電変換素子 2 0 3 には分岐排ガス管 2 0 2 の長手方向に向かって電流が生じる。

【 0 0 4 1 】

本実施形態では、隣接するシート型熱電変換素子 2 0 3 間が電気接合部 2 0 4 で接続され、分岐排ガス管 2 0 2 の長手方向に対して、互いに逆向きに電流が流れるように磁化方向が設定されている。そのため、各シート型熱電変換素子 2 0 3 を流れた電流を、電氣的に直列な状態にある複数のシート型熱電変換素子 2 0 3 の両端から端子 2 0 5 を介して取り出すことができる。

【 0 0 4 2 】

[第 2 の実施形態の具体的な例]

第 2 の実施形態の発電システムについて、より具体的な構成を例に説明する。図 4 A は、シート型熱電変換素子として、異常ネルンスト効果を利用したシート型異常ネルンスト熱電変換素子 6 0 3 を直列に接合した際の発電システムの構成を示している。また、図 4 B および図 4 C は、図 4 A の断面図である。図 4 B は、図 4 A の A と A ' で示した線の位置における断面図である。また、図 4 C は、図 4 A の B と B ' で示した線の位置における断面図である。

【 0 0 4 3 】

シート型異常ネルンスト熱電変換素子 6 0 3 の作成方法について説明する。図 5 は、シート型異常ネルンスト熱電変換素子 6 0 3 の構成を示している。シート型異常ネルンスト熱電変換素子 6 0 3 は、基板 7 0 1 と、磁性膜 7 0 2 を備えている。図 5 の上段は、シート型異常ネルンスト熱電変換素子 6 0 3 の平面を上から見た際の図である。また、図 5 の

10

20

30

40

50

下段は、シート型異常ネルンスト熱電変換素子 6 0 3 の断面図である。

【 0 0 4 4 】

始めに、基板 7 0 1 上に、組成の勾配をつけた異常ネルンスト熱電変換膜として磁性膜 7 0 2 が成膜される。基板 7 0 1 には、例えば、高温耐性があり熱伝導率の高い窒化アルミニウム基板が用いられる。磁性膜 7 0 2 は、組成の勾配をつける組成コンビナトリアルスパッタリング法によって基板 9 0 1 上に成膜される。組成コンビナトリアルスパッタリング法とは、同一基板上に組成勾配がついた膜を作成する手法である。シート型異常ネルンスト熱電変換素子 6 0 3 には、分岐排ガス管 6 0 2 に巻装した際に長手方向に、組成勾配を有するように磁性膜 7 0 2 が成膜される。

【 0 0 4 5 】

磁性膜 7 0 2 には、例えば、FeCoPtの合金膜が用いられる。磁性膜 7 0 2 は、図 5 の左側に行くほどCo-richな組成、すなわち、Coの組成が高く、右側に行くほどFe-richな組成、すなわち、Feの組成が高くなるように作成される。Co-richな組成であるほど、キュリー温度が高くなるが、熱電変換効率は小さくなる。逆にFe-richな組成であるほど熱電変換効率は大きいキュリー温度が小さくなる。

【 0 0 4 6 】

基板 7 0 1 上に磁性膜 7 0 2 の成膜が行われると、磁性膜 7 0 2 の磁化が行われる。磁化は、シート型異常ネルンスト熱電変換素子 6 0 3 の面内方向、すなわち、シートの平面方向に行われる。また、磁化は、磁性膜 7 0 2 のFe-Coの組成勾配の方向に対して垂直方向に行われる。

【 0 0 4 7 】

磁化されたシート型異常ネルンスト熱電変換素子 6 0 3 は、分岐排ガス管 6 0 2 に取り付けられる。図 4 B および図 4 C の例では、分岐排ガス管 6 0 2 の断面の形状は四角形である。そのため、1 つ分岐排ガス管 6 0 2 に 4 枚のシート型異常ネルンスト熱電変換素子 6 0 3 が取り付けられている。シート型異常ネルンスト熱電変換素子 6 0 3 の取り付けは、Fe-Coの組成勾配がついている方向が分岐排ガス管 6 0 2 の長手方向となるように行われる。また、排ガスの入口側、すなわち図 4 B に示す付近がCo-richな組成、排ガス出口付近、すなわち図 4 C に示す付近がFe-richな組成となるように取り付けが行われる。

【 0 0 4 8 】

また、各分岐排ガス管 6 0 2 の周りに取り付けられているシート型異常ネルンスト熱電変換素子 6 0 3 の磁化の方向は、隣接している分岐排ガス管 6 0 2 の間で交互になるようにする。例えば、図 4 B の一番左の分岐排ガス管 6 0 2 では磁化の向きは右回り、中央の分岐排ガス管 6 0 2 では左回り、一番右の分岐排ガス管 6 0 2 では右回りとなっている。

【 0 0 4 9 】

シート型異常ネルンスト熱電変換素子 6 0 3 の取り付けが行われると、各分岐排ガス管 8 0 2 の 4 つ角に、4 枚のシート型異常ネルンスト熱電変換素子 6 0 3 が電氣的に接合されるようにCuで形成された電気接合部 6 0 6 を取り付ける。

【 0 0 5 0 】

各分岐排ガス管 6 0 2 の 4 つ角に電気接合部 6 0 6 の取り付けが行われると、分岐排ガス管 6 0 2 が電氣的に直列に接合されるように、Cuで形成された電気接合部 6 0 4 の取り付けが行われる。また、シート型異常ネルンスト熱電変換素子 6 0 3 、電気接合部 6 0 4 および電気接合部 6 0 6 の電氣的に接合する部分以外は、冷却水に触れないように、それぞれ防水膜で覆われている。

【 0 0 5 1 】

以上のような発電システムに高温の排ガスを流すと、分岐排ガス管 6 0 2 と冷却水 1 0 0 の間に生じる温度差を元にシート型異常ネルンスト熱電変換素子 6 0 3 で発電が行われ、その電力を端子 6 0 5 から取り出すことができる。

【 0 0 5 2 】

図 4 A、図 4 B および図 4 C ではメイン排ガス管 6 0 1 が四角形の断面をもった 3 本の

10

20

30

40

50

分岐排ガス管 602 に分岐し、分岐排ガス管 602 が 1 次元的に並んでいる構造について示したが、分岐排ガス管 602 の本数および配列は、その他の構造であってもよい。例えば、分岐排ガス管 602 の本数は 3 本以外であってもよく、図 3 のように 2 次元的に束ねられた構造になっていてもよい。また、排ガス管の断面構造は四角形ではなく、多角形や円形であってもよい。

【0053】

図 4 A、図 4 B および図 4 C では、分岐排ガス管 602 の各面にシート型異常ネルンスト熱電変換素子 603 の取り付けを行い電気接合部 606 で電氣的に接続したが、複数の面のシート型異常ネルンスト熱電変換素子 603 が連続していてもよい。

【0054】

図 4 A では、冷却水 100 の流れる向きは、逆流になっているが、順流であってもよい。また、冷却水 100 による冷却方法に代えて、空冷方式を用いてもよい。また、メイン排ガス管 601 および分岐排ガス管 602 には排ガスに代えて、高温の液体を流してもよい。

【0055】

[第 2 の実施形態の効果]

本実施形態の発電システムでは、メイン排ガス管から分岐した複数の分岐排ガス管の周囲に、シート型熱電変換素子が巻装されている。シート型の熱電変換素子を用いることで、分岐排ガス管に取り付ける際のスペースを抑制することができるので、分岐排ガス管を密に備えることが可能になる。本実施形態の発電システムでは、メイン排ガス管から分岐した分岐排ガス管を密に配置することで、シート型熱電変換素子と分岐排ガス管が接する表面積を増加させている。また、分岐排ガス管 1 本あたりでも、シート型熱電変換素子と分岐排ガス管が円周全体で接している面積が広い。そのため、本実施形態の発電システムは、発電効率が高い。

【0056】

また、本実施形態の発電システムでは、シート型熱電変換素子は、分岐排ガス管の円周全体に接するように巻装されている。そのため、分岐排ガス管に振動が生じているような場合にも、シート型熱電変換素子の分岐排ガス管からの脱離は生じにくい。

【0057】

また、シート型熱電変換素子は、分岐排ガス管の長手方向に連続的に巻装されているので、同一の分岐排ガス管内において熱電変換素子間を接続する電極が不要となる。そのため、本実施形態の発電システムでは、構造を簡略しつつ、断線の発生や脱離を抑制することで信頼性が向上する。その結果、本実施形態の発電システムは、構成を複雑化することなく信頼性を維持して、熱エネルギーを元に効率的に発電を行うことができる。

【0058】

[第 3 の実施形態]

[第 3 の実施形態の構成]

本発明の第 3 の実施形態について図を参照して詳細に説明する。図 6 A は、本実施形態の発電システムの構成の概要を示したものである。また、図 6 B および図 6 C は、図 6 A の断面図である。図 6 B は、図 6 A の A と A' で示した線の位置における断面図である。また、図 6 C は、図 6 A の B と B' で示した線の位置における断面図である。

【0059】

本実施形態の発電システムは、メイン排ガス管 301 と、分岐排ガス管 302 と、第 1 のシート型熱電変換素子 303 A と、第 2 のシート型熱電変換素子 303 B と、電気接合部 304 と、端子 305 を備えている。分岐排ガス管 302 と各シート型熱電変換素子の周りは循環する冷却水 100 で満たされている。

【0060】

第 2 の実施形態の発電システムは、磁化方向に対して発生した電流が流れる方向が同一でシート型熱電変換素子を取り付ける際の方法によって、隣接するシート型熱電変換素子間で反対向きに電流が流れる構成を有していた。本実施形態は、そのような構成に代えて

10

20

30

40

50

、同じ磁化方向でも電流が流れる向きが反対となる材料を用いてシート型熱電変換素子を形成していることを特徴とする。

【 0 0 6 1 】

メイン排ガス管 3 0 1 および分岐排ガス管 3 0 2 の構成は、第 2 の実施形態のメイン排ガス管 2 0 1 および分岐排ガス管 2 0 2 の構成とそれぞれ同一である。

【 0 0 6 2 】

第 1 のシート型熱電変換素子 3 0 3 A および第 2 のシート型熱電変換素子 3 0 3 B は、第 2 の実施形態のシート型熱電変換素子 2 0 3 と同様に、シートの平面に対して垂直方向の温度勾配によって、面内方向の電流が生じる熱電変換素子である。第 1 のシート型熱電変換素子 3 0 3 A および第 2 のシート型熱電変換素子 3 0 3 B は、例えば、スピンゼーベック効果を用いた熱電変換素子として形成されている。

10

【 0 0 6 3 】

第 1 のシート型熱電変換素子 3 0 3 A および第 2 のシート型熱電変換素子 3 0 3 B は、互いに用いられる材料が異なる。第 1 のシート型熱電変換素子 3 0 3 A は、スピンホール角が正の材料によって形成されている。また、第 2 のシート型熱電変換素子 3 0 3 B は、スピンホール角が負の材料によって形成されている。スピンホール角の符号が異なると、同じ磁化の方向でも電流の発生方向が逆になる。

【 0 0 6 4 】

第 1 のシート型熱電変換素子 3 0 3 A および第 2 のシート型熱電変換素子 3 0 3 B は、分岐排ガス管 3 0 2 の周りに交互に巻装されている。周辺は循環する冷却水 1 0 0 で満たされているため、高温の排ガスと低温の冷却水 1 0 0 の間に存在する温度差で、第 1 のシート型熱電変換素子 3 0 3 A および第 2 のシート型熱電変換素子 3 0 3 B は、発電を行うことができる。

20

【 0 0 6 5 】

第 1 のシート型熱電変換素子 3 0 3 A および第 2 のシート型熱電変換素子 3 0 3 B は、分岐排ガス管 3 0 2 の円周方向に磁化されている。そのため、排ガスと冷却水 1 0 0 の温度差によって発生する電流は、分岐排ガス管 3 0 2 の長手方向に発生する。

【 0 0 6 6 】

また、第 1 のシート型熱電変換素子 3 0 3 A および第 2 のシート型熱電変換素子 3 0 3 B の円周方向の磁化の向きは同じとなるが、材料のスピン符号は異なっている。そのため、第 1 のシート型熱電変換素子 3 0 3 A および第 2 のシート型熱電変換素子 3 0 3 B に発生する電流の向きは、互いに逆回りになる。

30

【 0 0 6 7 】

排ガス入口付近と排ガス出口付近では排ガスの温度が異なるため、第 2 の実施形態と同様に温度分布に適した材料組成の分布を、第 1 のシート型熱電変換素子 3 0 3 A および第 2 のシート型熱電変換素子 3 0 3 B に形成してもよい。例えば、排ガス入口付近では、排ガス入口付近の温度領域における熱電変換効率が他の温度領域の熱電変換効率よりも高く、キュリー温度が排ガス入口付近の温度よりも高い材料を用いて形成する。また、排ガス出口付近では、排ガス出口付近の温度領域における熱電変換効率が他の温度領域の熱電変換効率よりも高く、キュリー温度が排ガス出口付近の温度よりも高い材料を用いて形成する。

40

【 0 0 6 8 】

電気接合部 3 0 4 は、第 1 のシート型熱電変換素子 3 0 3 A および第 2 のシート型熱電変換素子 3 0 3 B の端に、各シート型熱電変換素子が電氣的に直列に接合されるように取り付けられている。電気接合部 3 0 4、低電気抵抗の材料で形成されていることが望ましい。例えば、電気接合部 3 0 4 は、Cu、Ag、Al および Ti などの金属やこれら元素を含む合金によって形成されている。

【 0 0 6 9 】

端子 3 0 5 は、電氣的に直列になるように接続されたシート型熱電変換素子から外部に電流を取り出す接続端子として備えられている。

50

【 0 0 7 0 】

図 6 B および図 6 C のように磁化した第 1 のシート型熱電変換素子 3 0 3 A および第 2 のシート型熱電変換素子 3 0 3 B が巻装された分岐排ガス管 3 0 2 を束ねた際には、隣接したシート型熱電変換素子間での磁化は増強し合うように相互作用する。そのため、第 1 のシート型熱電変換素子 3 0 3 A および第 2 のシート型熱電変換素子 3 0 3 B の磁化の安定性を考慮した場合、各分岐排ガス管 3 0 2 の間の距離は、1 0 センチメートル以下に設定されることが望ましい。

【 0 0 7 1 】

また、第 1 のシート型熱電変換素子 5 0 3 A および第 2 のシート型熱電変換素子 3 0 3 B の磁化の安定性を高めるために、冷却水 1 0 0 として透磁率が水よりも高い流体を用いてもよい。透磁率が水よりも高い流体には、例えば、マグネタイトやマンガン亜鉛フェライトなどの強磁性微粒子を液体に混ぜた磁性流体や M R (Magneto Rheological) 流体を用いることができる。

10

【 0 0 7 2 】

図 6 A、図 6 B および図 6 C では、メイン排ガス管 3 0 1 が円形の断面をもつ 3 本の分岐排ガス管 3 0 2 に分岐し、分岐排ガス管 3 0 2 が 1 次元的に並んでいる構成について示している。そのような構成に代えて、分岐排ガス管 3 0 2 の本数は、3 本以外としてもよい。また、各分岐排ガス管 3 0 2 が 2 次元的に束ねられた構造になっていてもよい。また、分岐排ガス管 3 0 2 の断面構造は、円形ではなく、四角形などの角型であってもよい。

20

【 0 0 7 3 】

図 6 A では、冷却水 1 0 0 が逆流の構成について示しているが、冷却水は、排ガスの向きに対して順流でもあってもよい。また、冷却水 1 0 0 による冷却方式に代えて、空冷による冷却を行ってもよい。

【 0 0 7 4 】

[第 3 の実施形態の製造方法および動作]

本実施形態の発電システムを構築する方法について説明する。以下の説明は、メイン排ガス管 3 0 1 と分岐排ガス管 3 0 2 の接続をあらかじめ行っているものとして説明を行う。始めに、第 1 のシート型熱電変換素子 3 0 3 A および第 2 のシート型熱電変換素子 3 0 3 B を作成する。

【 0 0 7 5 】

30

第 1 のシート型熱電変換素子 3 0 3 A および第 2 のシート型熱電変換素子 3 0 3 B は、スピンホール角の符号が互いに異なる材料によって形成される。例えば、第 1 のシート型熱電変換素子 3 0 3 A は、P t、A u、C o、N i および A g などの金属やそれらを含んだ合金などのスピンホール角が正の材料によって形成される。また、第 2 のシート型熱電変換素子 3 0 3 B は、W、F e、M n、R u、O s および C r などの金属やそれらを含んだ合金などのスピンホール角が負の材料によって形成される。また、第 1 のシート型熱電変換素子 3 0 3 A および第 2 のシート型熱電変換素子 3 0 3 B は、稼働時に冷却水と接するため、表面に防水膜で覆われている。

【 0 0 7 6 】

40

第 1 のシート型熱電変換素子 3 0 3 A および第 2 のシート型熱電変換素子 3 0 3 B は、磁性膜が形成された後、面内方向に磁化される。磁化された後、第 1 のシート型熱電変換素子 3 0 3 A および第 2 のシート型熱電変換素子 3 0 3 B は、分岐排ガス管 3 0 2 に巻装される。巻装は、第 1 のシート型熱電変換素子 3 0 3 A および第 2 のシート型熱電変換素子 3 0 3 B の磁化の方向が分岐排ガス管 3 0 2 の円周状になり、かつ磁化の円周方向の向きが各シート型スピン熱電変換素子で同じになるように行われる。

【 0 0 7 7 】

巻装が行われると、第 1 のシート型熱電変換素子 3 0 3 A および第 2 のシート型熱電変換素子 3 0 3 B が交互に直列に接合されるように、各シート型熱電変換素子の端に電気接合部 3 0 4 が取り付けられる。また、電気接合部 3 0 4 は、冷却水に接する可能性があるため、防水膜で覆われている。また、発電システムは、上記以外の他の方法によって構築

50

されてもよい。

【0078】

電気接合部304が取り付けられると、外部に電力を取り出す端子305が、直列に接続した際に両端となるシート型熱電変換素子に取り付けられる。電気接合部304が取り付けられると、冷却水100の流路が取り付けられる。端子305は、電力の供給先となる回路や電池に接続される。

【0079】

本実施形態の発電システムの動作について説明する。本実施形態の発電システムでは、メイン排ガス管301の内部を高温のガスが流れている。メイン排ガス管301を流れてきたガスは、メイン排ガス管301と分岐排ガス管302の接続部において、各分岐排ガス管302に分岐し、各分岐排ガス管302内を流れる。各分岐排ガス管302内を流れたガスは、分岐排ガス管302とメイン排ガス管301の接続部において合流し、メイン排ガス管301を流れて排出される。

10

【0080】

分岐排ガス管302内をガスが流れる際、排ガスと冷却水100の温度差によって第1のシート型熱電変換素子303Aおよび第2のシート型熱電変換素子303Bのシートの平面に対して垂直方向に温度差が生じる。シートの垂直方向に温度差が生じることで、第1のシート型熱電変換素子303Aおよび第2のシート型熱電変換素子303Bには分岐排ガス管302の長手方向に向かって電流が生じる。また、第1のシート型熱電変換素子303Aおよび第2のシート型熱電変換素子303Bは、スピンホール角の符号が逆のため、長手方向に向かって電流は、互いに逆向きとなる。

20

【0081】

本実施形態では、隣接するシート型熱電変換素子間が電気接合部304で接続され、分岐排ガス管302の長手方向に対して、互いに逆向きに電流が流れている。そのため、第1のシート型熱電変換素子303Aと第2のシート型熱電変換素子303Bを交互に流れた電流を、端子505を介して取り出すことで、電力を得ることができる。

【0082】

[第3の実施形態の具体的な例]

第3の実施形態の発電システムについて、より具体的な例を基に説明する。図7Aは、シート型熱電変換素子として、スピンホール角の符号が互いに異なるシート型スピンゼーベック熱電変換素子を用いて交互に直列に接合した際の発電システムの構成を示したものである。第1のシート型熱電変換素子303Aにはシート型スピンゼーベック熱電変換素子803Aが相当する。第2のシート型熱電変換素子303Bには、シート型スピンゼーベック熱電変換素子803Bが相当する。また、図7Bおよび図7Cは、図7Aの断面図である。図7Bは、図7AのAとA'で示した線の位置における断面図である。また、図7Cは、図7AのBとB'で示した線の位置における断面図である。

30

【0083】

シート型スピンゼーベック熱電変換素子803Aおよびシート型スピンゼーベック熱電変換素子803Bの作成方法について説明する。図8は、シート型スピンゼーベック熱電変換素子803Aの構成を示したものである。また、図9は、シート型スピンゼーベック熱電変換素子803Bの構成を示したものである。図8および図9の上段は、シート型スピンゼーベック熱電変換素子の平面を上から見た際の図である。また、図8および図9の下段は、シート型スピンゼーベック熱電変換素子の断面図である。

40

【0084】

始めに、基板901上に、磁性絶縁膜902と金属膜903Aまたは金属膜903が形成される。基板901には、例えば、AlN微粒子を用いたフレキシブルシートが用いられる。基板901上に、磁性絶縁膜902が成膜される。磁性絶縁膜902には、例えば、NiZnが、フェライトめっき法によって成膜される。フェライトめっき法とは、フレキシブルなフェライト薄膜を作成する手法である。

【0085】

50

磁性絶縁膜 902 が成膜されると、磁性絶縁膜 902 上に、金属膜 903 A または金属膜 903 B がスパッタリング法によって成膜される。金属膜 903 A には、スピホール角の符号が正の材料が用いられる。金属膜 903 A には、例えば、スピホール角の符号が正の Pt が用いられる。また、金属膜 903 B には、スピホール角の符号が負の材料が用いられる。金属膜 903 B には、例えば、スピホール角が負である W が用いられる。

【0086】

金属膜 903 A または金属膜 903 B が成膜されると、シート型スピゼーベック熱電変換素子 803 A またはシート型スピゼーベック熱電変換素子 803 B の面内方向の磁化が行われる。

10

【0087】

磁化されたシート型スピゼーベック熱電変換素子 803 A およびシート型スピゼーベック熱電変換素子 803 B は、分岐排ガス管 802 に取り付けられる。取り付けを行う際、シート型スピゼーベック熱電変換素子 803 A およびシート型スピゼーベック熱電変換素子 803 B は、磁化方向が分岐排ガス管 802 の円周方向となるように分岐排ガス管 802 に巻きつけられる。また、シート型スピゼーベック熱電変換素子 803 A とシート型スピゼーベック熱電変換素子 803 B は、互いに交互になるように配置され、円周方向の磁化の向きは同じになるように分岐排ガス管 802 に巻きつけられる。

【0088】

図 7 B および図 7 C の一番左の分岐排ガス管 802 にはシート型スピゼーベック熱電変換素子 803 A、中央の分岐排ガス管 802 にはシート型スピゼーベック熱電変換素子 803 B が巻きつけられている。図 7 B および図 7 C の一番右の分岐排ガス管 802 にはシート型スピゼーベック熱電変換素子 803 A が巻きつけられている。また、すべてのシート型スピゼーベック熱電変換素子 803 A およびシート型スピゼーベック熱電変換素子 803 B の磁化の向きは右回りとなっている。

20

【0089】

巻きつけが終わると、シート型スピゼーベック熱電変換素子 803 A とシート型スピゼーベック熱電変換素子 803 B が電氣的に直列に接合されるように、例えば、Cu で形成された電気接合部 804 の取り付けが行われる。また、冷却水 100 としては、例えば、マグネタイト微粒子を用いた磁性流体が用いられる。

30

【0090】

シート型スピゼーベック熱電変換素子 803 A、シート型スピゼーベック熱電変換素子 803 B および電気接合部 804 は、磁性流体に触れないように防水膜で覆われている。電気接合部 804 の取り付けが行われると、直列に接続した際に両端となるスピゼーベック熱電変換素子に端子 805 が取り付けられる。

【0091】

上記の発電システムに高温の排ガスを流すと、分岐排ガス管 802 と冷却水 100 である磁性流体の間に生じる温度差によって、シート型スピゼーベック熱電変換素子 803 A およびシート型スピゼーベック熱電変換素子 803 B が発電を行う。シート型スピゼーベック熱電変換素子 803 A およびシート型スピゼーベック熱電変換素子 803 B において発生した電力は、端子 805 を介して取り出して利用することができる。

40

【0092】

図 7 A、図 7 B および図 7 C では、メイン排ガス管 801 が円形の断面をもった 3 本の分岐排ガス管 802 に分岐し、1 次元的に並んでいる構成について示しているが、分岐排ガス管 802 の本数は 3 本以外でもよく、2 次元的に束ねた構造であってもよい。また、排ガス管の断面構造は円形ではなく、四角形などの角型でもよい。図 7 A では、冷却水 100 が逆流になっているが、排ガスの向きに対して順流であってもよい。また、冷却水による冷却方法に代えて、空冷方式を用いてもよい。また、排ガスに代えて、メイン排ガス管 801 および分岐排ガス管 802 に高温の液体を流してもよい。

【0093】

50

[第3の実施形態の効果]

本実施形態の発電システムは、第2の実施形態と同様の効果を有する。すなわち、本実施形態の発電システムは、構成を複雑化することなく信頼性を維持して、熱エネルギーを元に効率的に発電を行うことができる。また、本実施形態の発電システムでは、スピンの異なる材料によって形成されたシート型熱電変換素子を用いることで、発生した電流が異なる向きに流れるようにしている。そのため、本実施形態の発電システムでは、全てのシート型熱電変換素子の磁化の向きが同一となるので、作業を行う際の複雑化を抑制することができる。

【0094】

[第4の実施形態]

10

[第4の実施形態の構成]

本発明の第4の実施形態について図を参照して詳細に説明する。図10Aは、本実施形態の発電システムの構成の概要を示したものである。また、図10Bおよび図10Cは、図10Aの断面図である。図10Bは、図10AのAとA'で示した線の位置における断面図である。また、図10Cは、図10AのBとB'で示した線の位置における断面図である。

【0095】

本実施形態の発電システムは、メイン排ガス管401と、分岐排ガス管402と、シート型熱電変換素子403と、電気接合部404と、端子405を備えている。分岐排ガス管402と各シート型熱電変換素子の周りは循環する冷却水100で満たされている。

20

【0096】

第2の実施形態では、複数のシート型熱電変換素子が電氣的に直列になるように接続されているが、本実施形態では、各シート型熱電変換素子が並列に接続されていることを特徴とする。

【0097】

メイン排ガス管401および分岐排ガス管402の構成は、第2の実施形態のメイン排ガス管201および分岐排ガス管202とそれぞれ同じである。

【0098】

シート型熱電変換素子403は、第2の実施形態のシート型熱電変換素子203と同様に、シートの平面に対して垂直方向の温度勾配によって、面内方向、すなわち、平面方向の電流が生じる熱電変換素子である。

30

【0099】

シート型熱電変換素子403に発生する電流の向きは、シート型熱電変換素子403の磁化方向および、材料のスピンホール角の符号によって決まる。そのため、分岐排ガス管402の円周方向にシート型熱電変換素子403を磁化させることによって、温度差によって生じる電流は分岐排ガス管402の長手方向に発生する。また、各シート型熱電変換素子403の円周方向にかかる磁化の向きは同じであるため、各シート型熱電変換素子403に発生する電流の向きは同じとなる。本実施形態のシート型熱電変換素子403は、スピンゼーベック効果または異常ネルンスト効果を用いた熱電変換素子として形成される。

40

【0100】

電気接合部404は、各シート型熱電変換素子403の端に、各シート型熱電変換素子403が電氣的に並列に接合されるように取り付けられている。電気接合部404は、低電気抵抗の材料で形成されていることが望ましい。電気接合部404は、例えば、Cu、Ag、AlおよびTiなどの金属やこれら元素を含む合金によって形成されている。発生した電流は、いずれかのシート型熱電変換素子の両端に取り付けられた端子405から取り出される。

【0101】

図10Bおよび図10Cのように磁化したシート型熱電変換素子403が巻装された分岐排ガス管402を束ねた際には、隣接したシート型熱電変換素子403の磁化は、互い

50

に増強し合うように相互作用する。そのため、シート型熱電変換素子 403 の磁化の安定性を考慮した場合、各分岐排ガス管 402 の間の距離は、10 センチメートル以下に設定されることが望ましい。また、各シート型熱電変換素子 403 の磁化の安定性を高めるために、冷却水 100 として透磁率が水よりも高い流体、例えば、マグネタイトやマンガン亜鉛フェライトなどの強磁性微粒子を液体に混ぜた磁性流体や MR 流体を用いてもよい。

【0102】

図 10A、図 10B および図 10C のメイン排ガス管 401 は、円形の断面をもつ 3 本の分岐排ガス管 402 に分岐しており、それらが 1 次元的に並んでいる構成を有している。分岐排ガス管 402 の本数は 3 本以外でもよく、また、分岐排ガス管 402 が、図 3 のように 2 次元的に束ねられた構造になっていてもよい。また、排ガス管の断面構造は円形ではなく、四角形などの角型でもよい。

10

【0103】

排ガス入口付近と排ガス出口付近では排ガスの温度が異なるため、第 2 の実施形態と同様に温度分布に適した材料組成の分布を、シート型熱電変換素子 403 に形成してもよい。例えば、排ガス入口付近では、排ガス入口付近の温度領域における熱電変換効率が他の温度領域の熱電変換効率よりも高く、キュリー温度が排ガス入口付近の温度よりも高い材料を用いて形成する。また、排ガス出口付近では、排ガス出口付近の温度領域における熱電変換効率が他の温度領域の熱電変換効率よりも高く、キュリー温度が排ガス出口付近の温度よりも高い材料を用いて形成する。

【0104】

20

図 10A では、冷却水が逆流の構成について示しているが、冷却水は、排ガスの向きに対して順流であってもよい。また、冷却水による冷却方式に代えて、空冷による冷却を行ってもよい。また、メイン排ガス管 401 および分岐排ガス管 402 内を流れる流体は、液体であってもよい。

【0105】

[第 4 の実施形態の製造方法および動作]

本実施形態の発電システムを構築する方法について説明する。以下の説明は、メイン排ガス管 401 と分岐排ガス管 402 の接続をあらかじめ行っているものとして説明を行う。始めに、シート型熱電変換素子 403 を作成する。シート型熱電変換素子 403 は、稼働時に冷却水と接するため、表面を防水膜で覆われている必要がある。

30

【0106】

シート型熱電変換素子 403 は、磁性膜が形成された後、面内方向に磁化がされる。磁化されたシート型熱電変換素子 403 は、分岐排ガス管 402 に巻装される。巻装を行う際に、各シート型熱電変換素子 403 は、磁化の方向が分岐排ガス管 402 の円周状になり、磁化の円周方向の向きが各シート型熱電変換素子 403 で同じになるように巻装される。

【0107】

巻装が行われると、各シート型熱電変換素子 403 が並列に接合されるように、端に電気接合部 404 が取り付けられる。電気接合部 404 は、冷却水 100 に接する可能性があるため、防水膜で覆われている。いずれかのシート型熱電変換素子の両端には、端子 405 が取り付けられる。

40

【0108】

本実施形態の発電システムの動作について説明する。本実施形態の発電システムでは、メイン排ガス管 401 の内部を高温のガスが流れている。メイン排ガス管 401 を流れてきたガスは、メイン排ガス管 401 と分岐排ガス管 402 の接続部において、各分岐排ガス管 402 に分岐し、各分岐排ガス管 402 内を流れる。各分岐排ガス管 402 内を流れたガスは、分岐排ガス管 402 とメイン排ガス管 401 の接続部において合流し、メイン排ガス管 401 を流れて排出される。

【0109】

分岐排ガス管 402 内をガスが流れる際、ガスと冷却水 100 の温度差によってシート

50

型熱電変換素子 4 0 3 のシートの平面に対して垂直方向に温度差が生じる。シートの垂直方向に温度差が生じることで、シート型熱電変換素子 4 0 3 には分岐排ガス管 4 0 2 の長手方向に向かって電流が生じる。

【 0 1 1 0 】

本実施形態では、隣接するシート型熱電変換素子 4 0 3 間が電気接合部 4 0 4 で接続され、分岐排ガス管 4 0 2 の長手方向に対して、同じ向きに並列で電流が流れている。そのため、並列接続されたシート型熱電変換素子 4 0 3 を流れた電流を、端子 4 0 5 を介して取り出すことで、電力を得ることができる。

【 0 1 1 1 】

[第 4 の実施形態の効果]

本実施形態の発電システムは、第 2 の実施形態と同様の効果を有する。すなわち、本実施形態の発電システムは、構成を複雑化することなく信頼性を維持して、熱エネルギーを元に効率的に発電を行うことができる。また、本実施形態の発電システムでは、全てのシート型熱電変換素子において分岐排ガス管に対して同じ向きに電流が流れ、電氣的に並列に接続されているので出力する電流を大きくすることができる。

【 0 1 1 2 】

[第 5 の実施形態]

[第 5 の実施形態の構成]

本発明の第 5 の実施形態について図を参照して詳細に説明する。図 1 1 A は、本実施形態の発電システムの構成の概要を示したものである。本実施形態の発電システムは、メイン排ガス管 5 0 1 と、分岐排ガス管 5 0 2 と、シート型熱電変換素子 5 0 3 と、電気接合部 5 0 4 と、端子 5 0 5 と、絶縁部 5 0 6 を備えている。分岐排ガス管 5 0 2 と各シート型熱電変換素子 5 0 3 の周りは循環する冷却水 1 0 0 で満たされている。

【 0 1 1 3 】

第 2 の実施形態では、長手方向、すなわち、分岐排ガス管のガスの流れる方向に流れる電流を取り出していたが、本実施形態の発電システムは、分岐排ガス管 5 0 2 の円周に沿った方向に流れる電流を用いることを特徴とする。

【 0 1 1 4 】

メイン排ガス管 5 0 1 および分岐排ガス管 5 0 2 の構成は、第 2 の実施形態のメイン排ガス管 2 0 1 および分岐排ガス管 2 0 2 と同様である。

【 0 1 1 5 】

シート型熱電変換素子 5 0 3 は、分岐排ガス管 5 0 2 の長手方向に磁化をさせてあり、シートの平面に対して垂直方向の温度差によって分岐排ガス管 5 0 2 の円周方向に電流を発生する。また、各シート型熱電変換素子 5 0 3 の長手方向の磁化の向きは同じである。そのため、各シート型熱電変換素子 5 0 3 において円周方向に発生する電流の向きは同じである。シート型熱電変換素子 5 0 3 には、スピンゼーベック効果または異常ネルンスト効果を用いた熱電変換素子が用いられる。

【 0 1 1 6 】

各シート型熱電変換素子 5 0 3 の一部は絶縁部 5 0 6 で絶縁されている。各シート型熱電変換素子 5 0 3 の長手方向の端には、各シート型熱電変換素子 5 0 3 が電氣的に直列に接合されるように電気接合部 5 0 4 が取り付けられている。電気接合部 5 0 4 は、低電気抵抗の材料で作成されるのが望ましい。電気接合部 5 0 4 は、例えば、Cu、Ag、Al および Ti などの金属やこれら元素を含む合金によって形成される。発生した電流は、端子 5 0 5 を介して取り出される。

【 0 1 1 7 】

図 1 1 A のように磁化したシート型熱電変換素子 5 0 3 が巻装された分岐排ガス管 5 0 2 を束ねた際には、隣接したシート型熱電変換素子 5 0 3 の磁化は、互いに打ち消しあうように相互作用する。そのため、シート型熱電変換素子 5 0 3 の磁化の安定性を考慮した場合、各分岐排ガス管 5 0 2 は、隣接する分岐排ガス管 5 0 2 から 1 0 マイクロメートル以上離して設置することが望ましい。

10

20

30

40

50

【 0 1 1 8 】

図 1 1 A、図 1 1 B および図 1 1 C では、分岐排ガス管 5 0 2 は、円形の断面をもつ 3 本の分岐排ガス管 5 0 2 に分岐しており、それらが 1 次元的に並んでいる構成を示している。分岐排ガス管 5 0 2 の本数は 3 本以外でもよく、また、分岐排ガス管 5 0 2 が 2 次元的に束ねた構造になっていてもよい。また、排ガス管の断面構造は円形ではなく、四角形などの角型でもよい。

【 0 1 1 9 】

排ガス入口付近と排ガス出口付近では排ガスの温度が異なるため、第 2 の実施形態と同様に温度分布に適した材料組成の分布を、シート型熱電変換素子 5 0 3 に形成してもよい。例えば、排ガス入口付近では、排ガス入口付近の温度領域における熱電変換効率が他の温度領域の熱電変換効率よりも高く、キュリー温度が排ガス入口付近の温度よりも高い材料を用いて形成する。また、排ガス出口付近では、排ガス出口付近の温度領域における熱電変換効率が他の温度領域の熱電変換効率よりも高く、キュリー温度が排ガス出口付近の温度よりも高い材料を用いて形成する。

10

【 0 1 2 0 】

図 1 1 A では、冷却水 1 0 0 が逆流の構成について示しているが、冷却水 1 0 0 は、排ガスの向きに対して順流でもあってもよい。また、冷却水 1 0 0 による冷却方式に代えて、空冷による冷却を行ってもよい。また、排ガスに代えて、メイン排ガス管 5 0 1 および分岐排ガス管 5 0 2 に高温の液体を流してもよい。

【 0 1 2 1 】

20

[第 5 の実施形態の製造方法および動作]

本実施形態の発電システムを構築する方法について説明する。以下の説明は、メイン排ガス管 5 0 1 と分岐排ガス管 5 0 2 の接続をあらかじめ行っているものとして説明を行う。始めに、シート型熱電変換素子 5 0 3 を作成する。各シート型熱電変換素子 5 0 3 の一部に、絶縁部 5 0 6 が形成される。シート型熱電変換素子 5 0 3 は、稼働時に冷却水 1 0 0 と接するため、表面を防水膜で覆われている必要がある。

【 0 1 2 2 】

絶縁部 5 0 6 が形成されると、シート型熱電変換素子 5 0 3 の面内方向の磁化が行われる。磁化が行われると、磁化されたシート型熱電変換素子 5 0 3 は、分岐排ガス管 5 0 2 に巻装される。巻装を行う際、各シート型熱電変換素子 5 0 3 は、磁化の方向が分岐排ガス管 5 0 2 の長手方向となり、磁化の向きが各シート型熱電変換素子 5 0 3 で同じになるように巻装される。

30

【 0 1 2 3 】

巻装を行うと、各シート型熱電変換素子 5 0 3 が直列に接合されるように、端に電気接合部 5 0 4 が取り付けられる。また、電気接合部 5 0 4 は冷却水に接する可能性があるため、防水膜で覆われている。

【 0 1 2 4 】

電気接合部 5 0 4 が取り付けられると、直列に接続したときに両端となるシート型熱電変換素子 5 0 3 に電力を取り出すための端子 5 0 5 が取り付けられ、電力の供給対象となる回路と接続される。

40

【 0 1 2 5 】

本実施形態の発電システムの動作について説明する。本実施形態の発電システムでは、メイン排ガス管 5 0 1 の内部を高温のガスが流れている。メイン排ガス管 5 0 1 を流れてきたガスは、メイン排ガス管 5 0 1 と分岐排ガス管 5 0 2 の接続部において、各分岐排ガス管 5 0 2 に分岐し、各分岐排ガス管 5 0 2 内を流れる。各分岐排ガス管 5 0 2 内を流れたガスは、分岐排ガス管 5 0 2 とメイン排ガス管 5 0 1 の接続部において合流し、メイン排ガス管 5 0 1 を流れて排出される。

【 0 1 2 6 】

分岐排ガス管 5 0 2 内をガスが流れる際、ガスと冷却水 1 0 0 の温度差によってシート型熱電変換素子 5 0 3 のシートの平面に対して垂直方向に温度差が生じる。シートの垂直

50

方向に温度差が生じることで、シート型熱電変換素子 5 0 3 には分岐排ガス管 5 0 2 の円周方向に向かって電流が生じる。

【 0 1 2 7 】

本実施形態では、隣接するシート型熱電変換素子 5 0 3 間が電気接合部 5 0 4 で接続され、各シート型熱電変換素子 5 0 3 では分岐排ガス管 5 0 2 の円周方向に対して、同じ向きに電流が流れている。そのため、シート型熱電変換素子 5 0 3 を流れた電流を、両端のシート型熱電変換素子 5 0 3 に形成された端子 5 0 5 を介して取り出すことで、電力を得ることができる。

【 0 1 2 8 】

[第 5 の実施形態の効果]

本実施形態の発電システムは、第 2 の実施形態と同様の効果を有する。すなわち、本実施形態の発電システムは、構成を複雑化することなく信頼性を維持して、熱エネルギーを元に効率的に発電を行うことができる。また、本実施形態の発電システムでは全てのシート型熱電変換素子において分岐排ガス管に対して同じ円周方向に電流が流れ、電流が流れる方向に対して垂直な方向が長い。そのため、シート型熱電変換素子の一部分に破損が生じても影響を受けにくくなるので信頼性が向上する。

【 0 1 2 9 】

第 1 乃至第 5 の実施形態では直線上の分岐排ガス管の例を示しているが、分岐排ガス管の全部または一部が曲線状であってもよい。また、第 2 乃至第 5 の各実施形態において冷却水の入口と出口が 1 つずつの例を示しているが、冷却水の入口と出口はそれぞれ複数であってもよい。また、冷却水の入口と出口を複数、備える場合に、熱電変換部の内部の冷却水の流路が複数の区間に仕切られていてもよい。また、第 2 乃至第 5 の実施形態において、熱電変換部が 1 つのみ有している構成を示しているが、熱電変換部は複数、形成されていてもよい。

【 0 1 3 0 】

第 2 乃至第 5 の実施形態の発電システムの構成は、複数段階の冷却システムに適用してもよい。そのような構成とする場合には、例えば、メイン排ガス管を流れてくる第 1 の流体を、分岐排ガス管に分岐し第 1 の流体よりも温度の低い第 2 の流体で冷却する際の温度差を元にシート型熱電変換素子で 1 回目の発電を行う。第 2 の流体は、さらに別の熱電変換部に導かれ、第 2 の流体よりもさらに温度が低い第 3 の流体で冷却する際の温度差を元にシート型熱電変換素子で 2 回目の発電を行う。そのように多段階で冷却および発電を行うことによって、熱エネルギーをより効率的に利用することができる。また、多段階で発電を行う場合には、各流体の温度において熱電変換効率の高い材料の熱電変換素子を用いることでより効率的に発電を行うことができる。そのような場合には、2 段階目の冷却を行う熱電変換部の熱電変換素子には、1 段階目の冷却を行う熱電変換部の熱電変換素子よりも低温側で熱電変換効率が高いシート型熱電変換素子が用いられる。また、冷却および発電システムは、3 段階以上であってもよい。

【 0 1 3 1 】

第 2 乃至第 5 の実施形態の発電システムは、高温の流体を低温の流体で冷却する際の温度差を元にシート型熱電変換素子で発電を行っているが、低温の流体を高温で加熱する際の温度差で発電を行ってもよい。そのような構成とする場合には、メイン排ガス管および分岐排ガス管に低温の流体を導入する。

【 0 1 3 2 】

上記の実施形態の一部又は全部は、以下の付記のようにも記載されうるが、以下には限られない。

【 0 1 3 3 】

(付記 1)

第 1 の流体が内部を流れる複数の管と、

前記管にそれぞれ巻装され、前記第 1 の流体と前記管の外を流れる第 2 の流体との温度差を元に発電するシート型の熱電変換素子と、

を備える熱電変換部。

【0134】

(付記2)

前記熱電変換素子は、前記第1の流体と前記第2の流体の温度差によって、磁化の方向に直行する前記管の円周に沿った方向または長手方向に電流が流れることを特徴とする付記1に記載の熱電変換部。

【0135】

(付記3)

前記熱電変換素子は、スピンゼーベック効果または異常ネルンスト効果を利用することを特徴とした付記1または2に記載の熱電変換部。

10

【0136】

(付記4)

前記第2の流体は、前記第1の流体の流れと対向するように前記管の周囲を流れることを特徴とする付記1から3いずれかに記載の熱電変換部。

【0137】

(付記5)

前記第1の流体の入口側にあり本管を複数の前記管に分岐する分岐部と、

前記第1の流体の出口側にあり複数の前記管と本管を結合するとする結合部と、

をさらに備え、

複数の前記管は、互いに平行になるように備えられ、

20

前記熱電変換素子は、前記分岐部と前記結合部の間のほぼ全ての部分において連続するように前記管に巻装されていることを特徴とする付記1から3いずれかに記載の熱電変換部。

【0138】

(付記6)

前記熱電変換素子は、前記管の長手方向の材料の組成分布に勾配を有していることを特徴とする付記1から5いずれかに記載の熱電変換部。

【0139】

(付記7)

前記熱電変換素子は、前記第1の流体の入口側において、出口側よりも高温領域において熱電変換効率が高い材料の組成を有し、前記第1の流体の出口側において、入口側よりも低温領域で熱電変換効率が高い材料の組成を有していることを特徴とする付記6に記載の熱電変換部。

30

【0140】

(付記8)

前記熱電変換素子は、発生する電流の向きが隣り合った前記熱電変換素子と交互になるように前記管にそれぞれ巻装され、前記熱電変換素子の間は直列に電流が流れるように接合されていることを特徴とする付記1から7いずれかに記載の熱電変換部。

【0141】

(付記9)

隣り合った前記熱電変換素子の磁化の向きが互い異なることによって、隣り合った前記熱電変換素子に発生する電流が互いに対向する向きに流れることを特徴とする付記8に記載の熱電変換部。

40

【0142】

(付記10)

隣り合った前記熱電変換素子のスピホール角の符号が互いに異なることによって、隣り合った前記熱電変換素子に発生する電流が互いに対向する向きに流れることを特徴とした付記8に記載の熱電変換部。

【0143】

(付記11)

50

隣り合った前記管に巻かれた前記熱電変換素子の間に 10 マイクロメートル以上の間隔があることを特徴とする付記 8 から 10 いずれかに記載の熱電変換部。

【0144】

(付記 12)

前記熱電変換素子は、発生する電流の向きが同じになるように複数の前記管にそれぞれ巻装され、複数の前記管に巻装された前記熱電変換素子の間は、並列に電流が流れるように接合されていることを特徴とする付記 1 から 7 いずれかに記載の熱電変換部。

【0145】

(付記 13)

隣り合った前記管に巻かれた前記熱電変換素子の間に 10 センチメートル以下の間隔があることを特徴とする付記 12 に記載の熱電変換部。

10

【0146】

(付記 14)

前記熱電変換素子には前記管の円周方向に沿って電流が流れ、前記熱電変換素子は、前記円周方向の一部に絶縁部をさらに備えることを特徴とする付記 1 から 7 いずれかに記載の熱電変換部。

【0147】

(付記 15)

前記第 2 の流体は、透磁率が水よりも高い流体であることを特徴とする付記 1 から 14 いずれかに記載の熱電変換部。

20

【0148】

(付記 16)

第 1 の流体が内部に流れる本管と、

付記 1 から 15 いずれかに記載の熱電変換部と、

前記熱電変換素子に発生した電力を取り出す端子部と、
を備え、

前記熱電変換部の前記管は、前記本管から分岐した管であり、前記端子部は、前記本管から前記管に流入した前記第 1 の流体と前記第 2 の流体の温度差によって前記熱電変換素子に発生した電流を出力することを特徴とする発電システム。

【0149】

30

(付記 17)

複数の管の内部に第 1 の流体を流し、

前記管にそれぞれ巻装されたシート型の熱電変換素子で、前記第 1 の流体と前記管の外を流れる第 2 の流体との温度差を元に発電する熱電変換方法。

【0150】

(付記 18)

前記第 1 の流体と前記第 2 の流体の温度差によって、前記熱電変換素子で前記管の円周に沿った方向または長手方向に電流を発生させることを特徴とする付記 17 に記載の熱電変換方法。

【0151】

40

(付記 19)

前記第 2 の流体を、前記第 1 の流体の流れと対向するように前記管の周囲に流すことを特徴とする付記 17 または 18 に記載の熱電変換方法。

【0152】

(付記 20)

前記第 1 の流体の入口側において本管を複数の前記管に分岐し、

複数の前記管を、互いに平行になるように備え、

前記熱電変換素子を、前記分岐部と前記結合部の間のほぼ全ての部分において連続するように前記管に巻装し

前記第 1 の流体の出口側において複数の前記管と前記本管を結合することを特徴とする

50

付記 17 から 19 いずれかに記載の熱電変換方法。

【0153】

(付記 21)

前記熱電変換素子は、前記管の長手方向の材料の組成分布に勾配を有していることを特徴とする付記 17 から 20 いずれかに記載の熱電変換方法。

【0154】

(付記 22)

前記熱電変換素子は、前記第 1 の流体の入口側において、出口側よりも高温領域において熱電変換効率が高い材料の組成を有し、前記第 1 の流体の出口側において、入口側よりも低温領域で熱電変換効率が高い材料の組成を有していることを特徴とする付記 21 に記載の熱電変換方法。

10

【0155】

(付記 23)

前記熱電変換素子を、発生する電流の向きが隣り合った前記熱電変換素子と交互になるように前記管にそれぞれ巻装し、直列に電流が流れるように前記熱電変換素子の間を接合することを特徴とする付記 17 から 22 いずれかに記載の熱電変換方法。

【0156】

(付記 24)

隣り合った前記熱電変換素子の磁化の向きが互い異なることによって、隣り合った前記熱電変換素子に発生する電流が互いに対向する向きに流れることを特徴とする付記 23 に記載の熱電変換方法。

20

【0157】

(付記 25)

隣り合った前記熱電変換素子のスピホール角の符号が互いに異なることによって、隣り合った前記熱電変換素子に発生する電流が互いに対向する向きに流れることを特徴とした付記 23 に記載の熱電変換方法。

【0158】

(付記 26)

前記熱電変換素子を、発生する電流の向きが同じになるように複数の前記管にそれぞれ巻装し、複数の前記管に巻装された前記熱電変換素子の間を、並列に電流が流れるように接合することを特徴とする付記 17 から 22 いずれかに記載の熱電変換方法。

30

【0159】

(付記 27)

前記熱電変換素子は、前記管の円周方向に沿って電流が流れるように形成され、前記円周方向の一部が絶縁されていることを特徴とする付記 17 から 22 いずれかに記載の熱電変換方法。

【0160】

以上、上述した実施形態を模範的な例として本発明を説明した。しかしながら、本発明は、上述した実施形態には限定されない。即ち、本発明は、本発明のスコップ内において、当業者が理解し得る様々な態様を適用することができる。

40

【0161】

この出願は、2016年12月8日に出願された日本出願特願2016-238405を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

【符号の説明】

【0162】

1 管

2 熱電変換素子

13 排気通路

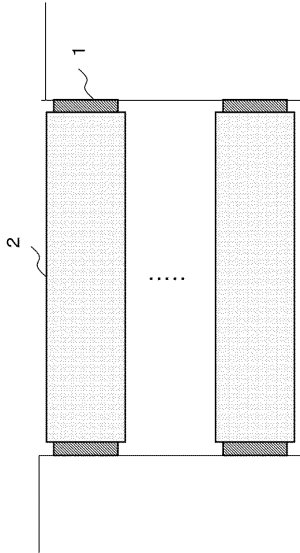
13A 排気通路

13B 排気通路

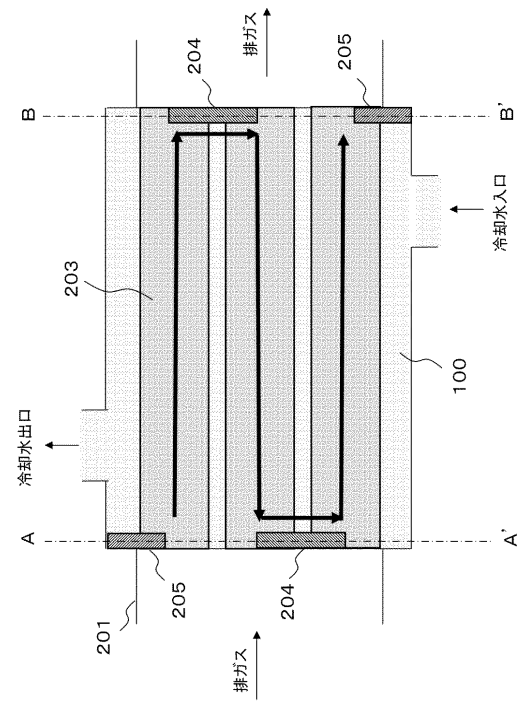
50

1 3 C	排気通路	
1 4	凹部	
1 5	熱電変換素子	
3 1	分岐排ガス管	
3 2	シート型熱電変換素子	
1 0 0	冷却水	
2 0 1	メイン排ガス管	
2 0 2	分岐排ガス管	
2 0 3	シート型熱電変換素子	
2 0 4	電気接合部	10
2 0 5	端子	
3 0 1	メイン排ガス管	
3 0 2	分岐排ガス管	
3 0 3 A	第1のシート型熱電変換素子	
3 0 3 B	第2のシート型熱電変換素子	
3 0 4	電気接合部	
3 0 5	端子	
4 0 1	メイン排ガス管	
4 0 2	分岐排ガス管	
4 0 3	シート型熱電変換素子	20
4 0 4	電気接合部	
4 0 5	端子	
5 0 1	メイン排ガス管	
5 0 2	分岐排ガス管	
5 0 3	シート型熱電変換素子	
5 0 4	電気接合部	
5 0 5	端子	
5 0 6	絶縁部	
6 0 1	メイン排ガス管	
6 0 2	分岐排ガス管	30
6 0 3	シート型異常ネルンスト熱電変換素子	
6 0 4	電気接合部	
6 0 5	端子	
6 0 6	電気接合部	
7 0 1	基板	
7 0 2	磁性膜	
8 0 1	メイン排ガス管	
8 0 2	分岐排ガス管	
8 0 3 A	シート型スピンゼーベック熱電変換素子	
8 0 3 B	シート型スピンゼーベック熱電変換素子	40
8 0 4	電気接合部	
8 0 5	端子	
9 0 1	基板	
9 0 2	磁性絶縁膜	
9 0 3 A	金属膜	
9 0 3 B	金属膜	

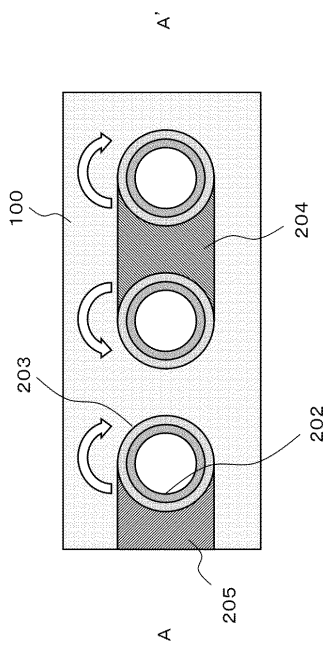
【図 1】



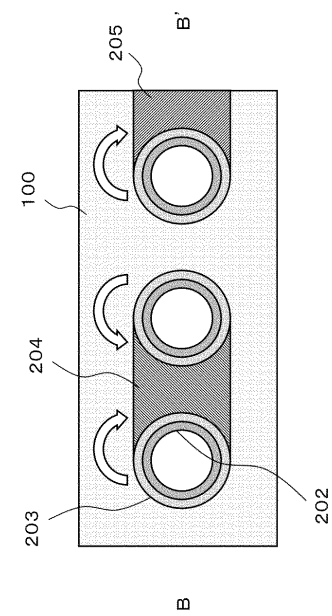
【図 2 A】



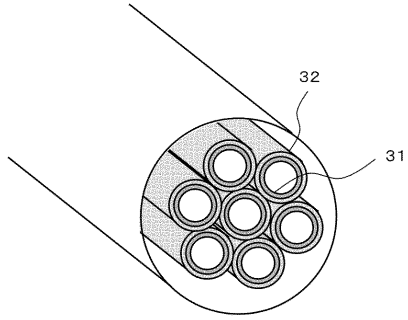
【図 2 B】



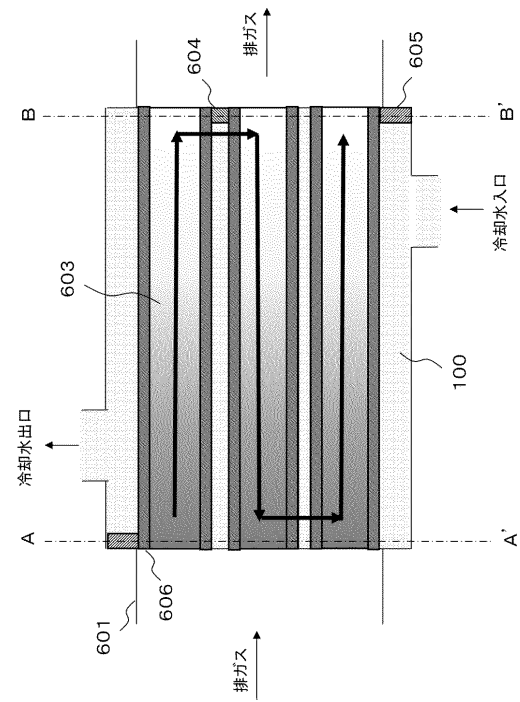
【図 2 C】



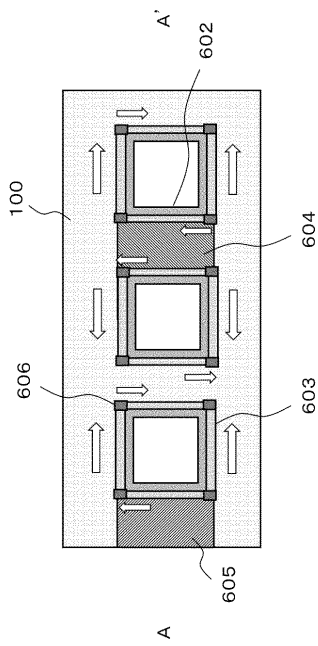
【図 3】



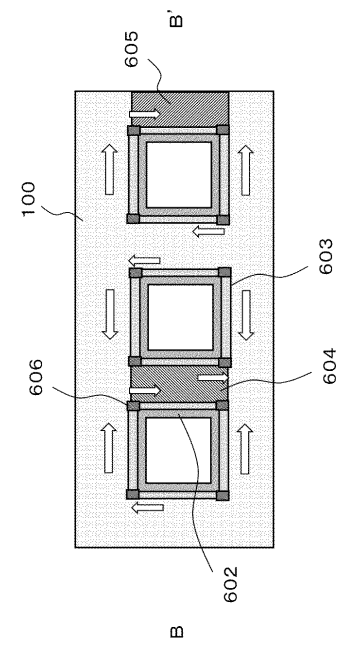
【図 4 A】



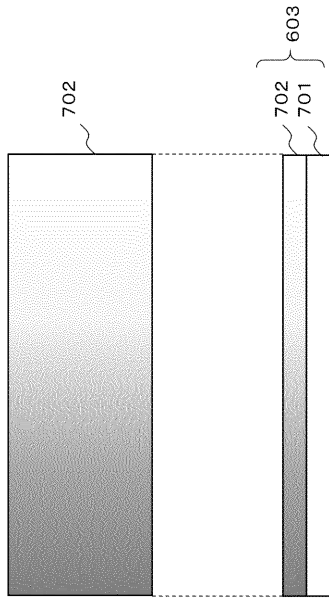
【図 4 B】



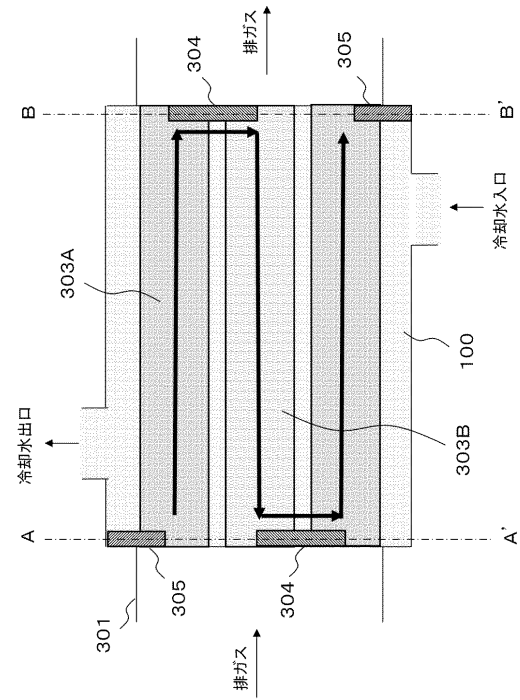
【図 4 C】



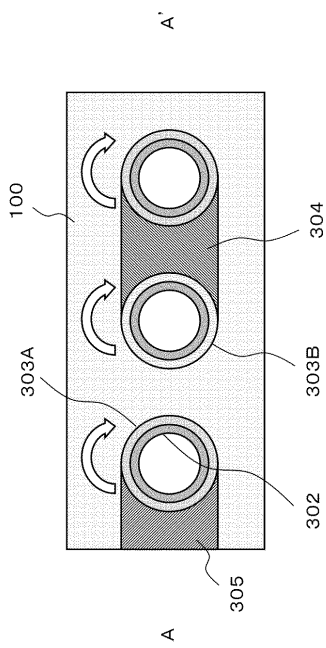
【図 5】



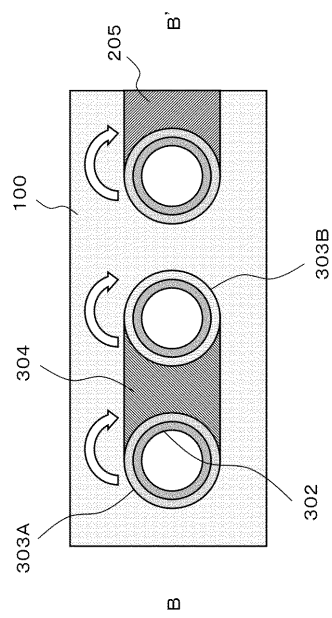
【図 6 A】



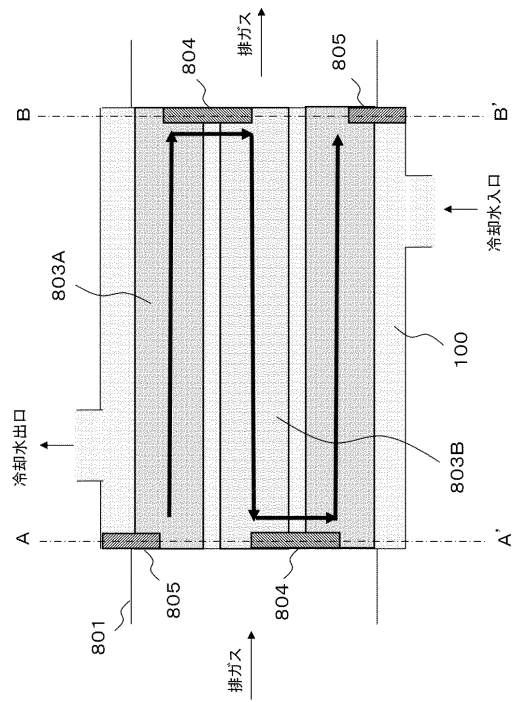
【図 6 B】



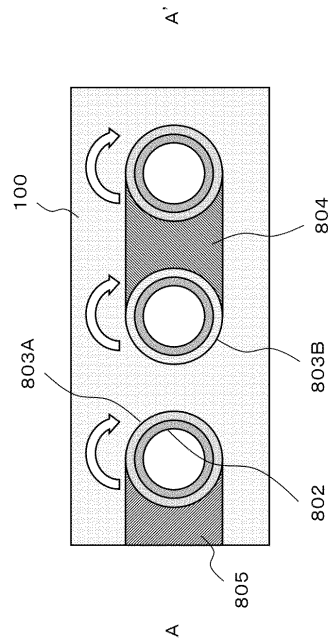
【図 6 C】



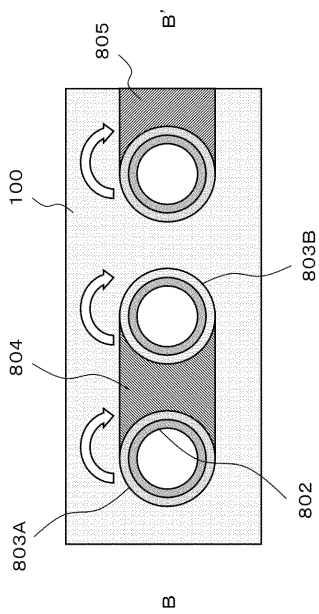
【図 7 A】



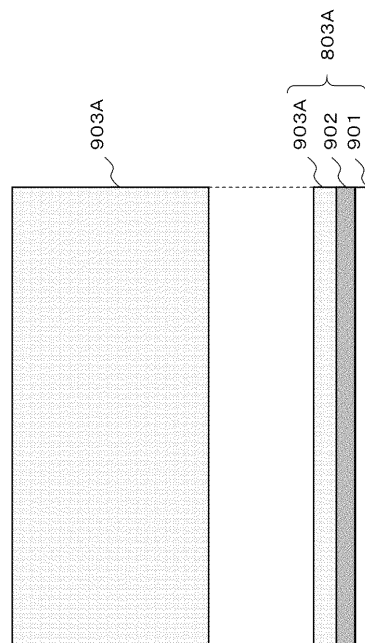
【図 7 B】



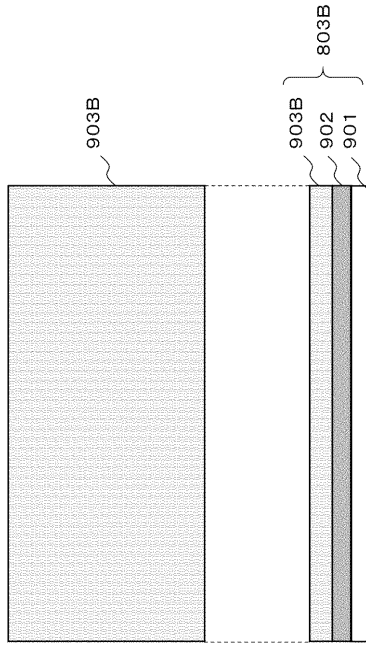
【図 7 C】



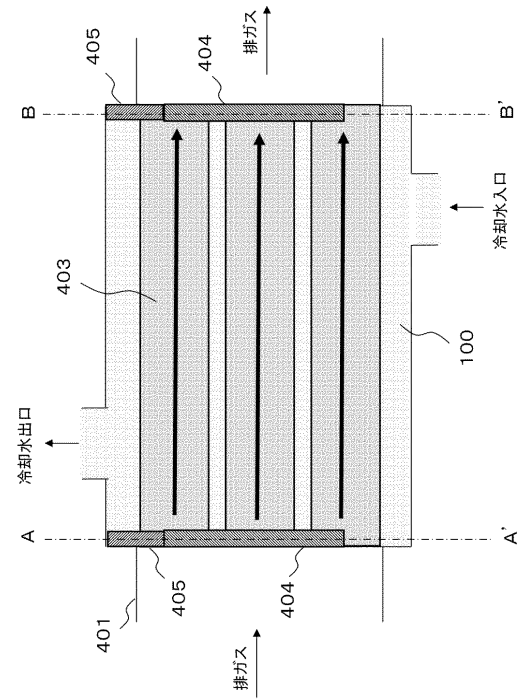
【図 8】



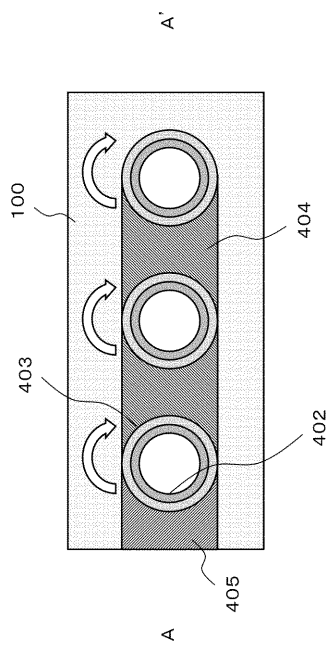
【図 9】



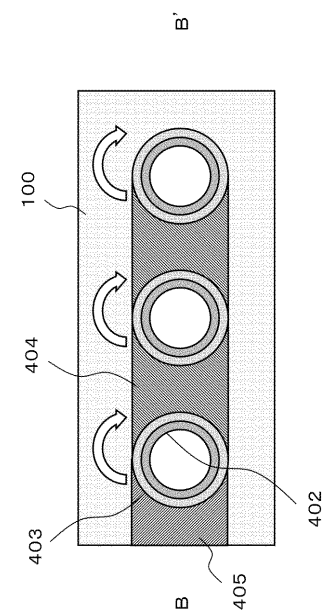
【図 10 A】



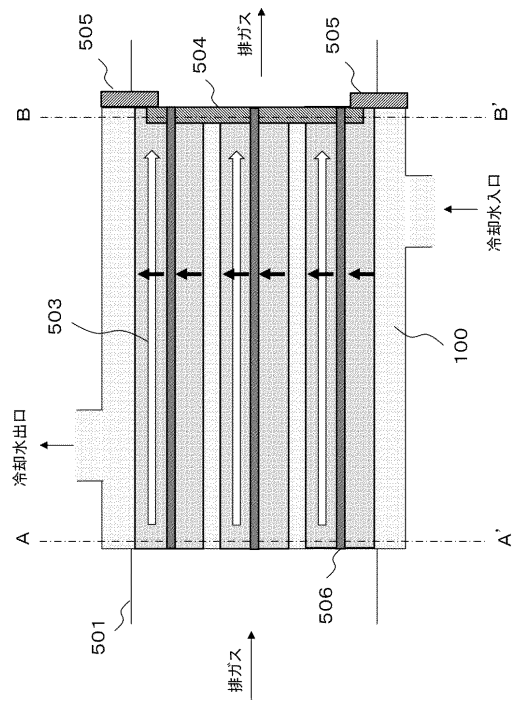
【図 10 B】



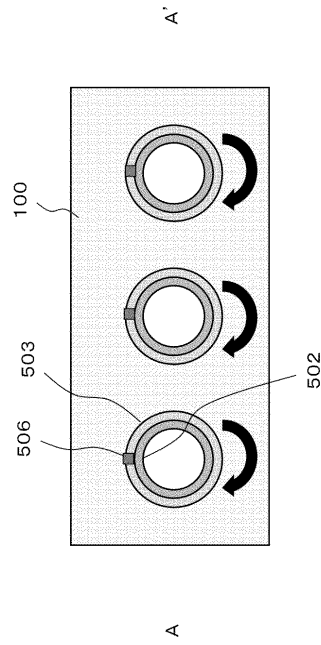
【図 10 C】



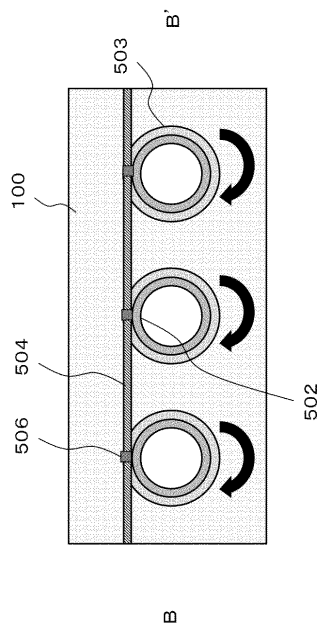
【図 1 1 A】



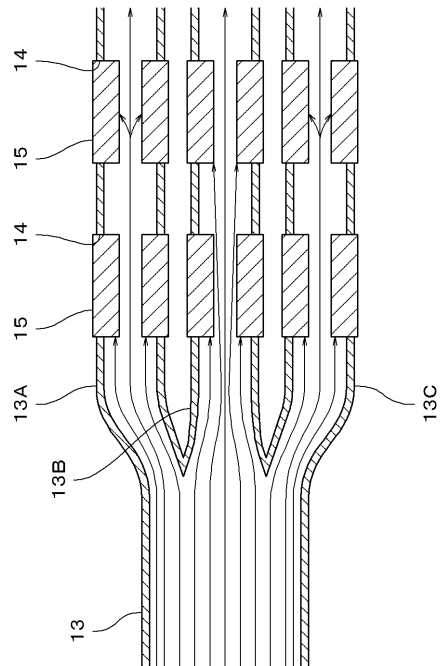
【図 1 1 B】



【図 1 1 C】



【図 1 2】



フロントページの続き

- (72)発明者 桐原 明宏
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
- (72)発明者 寺島 浩一
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
- (72)発明者 澤田 亮人
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
- (72)発明者 染谷 浩子
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

審査官 柴山 将隆

- (56)参考文献 国際公開第2014/141582(WO, A1)
特表2012-510146(JP, A)
特表2013-514515(JP, A)
特開平07-142769(JP, A)
国際公開第2014/013766(WO, A1)
国際公開第2013/047254(WO, A1)
特開2014-072256(JP, A)
特開2016-080394(JP, A)
特開2013-072703(JP, A)
国際公開第2013/161174(WO, A1)
特開2008-041871(JP, A)
米国特許第03879229(US, A)
国際公開第2012/169377(WO, A1)
特開2008-072775(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|-------|
| H01L | 37/04 |
| H02N | 11/00 |