

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5656295号
(P5656295)

(45) 発行日 平成27年1月21日 (2015. 1. 21)

(24) 登録日 平成26年12月5日 (2014. 12. 5)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 35/32 (2006. 01)	HO 1 L 35/32 A
HO 2 N 11/00 (2006. 01)	HO 2 N 11/00 A

請求項の数 7 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2012-39933 (P2012-39933)	(73) 特許権者	314012076
(22) 出願日	平成24年2月27日 (2012. 2. 27)		パナソニック I P マネジメント株式会社
(65) 公開番号	特開2012-235088 (P2012-235088A)		大阪府大阪市中央区城見2丁目1番61号
(43) 公開日	平成24年11月29日 (2012. 11. 29)	(74) 代理人	100105050
審査請求日	平成24年2月27日 (2012. 2. 27)		弁理士 鷺田 公一
審判番号	不服2014-2640 (P2014-2640/J1)	(72) 発明者	豊田 かおり
審判請求日	平成26年2月12日 (2014. 2. 12)		大阪府門真市大字門真1006番地 パナ
(31) 優先権主張番号	特願2011-95751 (P2011-95751)		ソニック株式会社内
(32) 優先日	平成23年4月22日 (2011. 4. 22)	(72) 発明者	東田 隆亮
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		大阪府門真市大字門真1006番地 パナ
(31) 優先権主張番号	特願2011-95752 (P2011-95752)		ソニック株式会社内
(32) 優先日	平成23年4月22日 (2011. 4. 22)	(72) 発明者	久保 隆志
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		大阪府門真市大字門真1006番地 パナ
			ソニック株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 熱電変換モジュールとその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

交互に配列し、電氣的に直列に接続される複数の P 型熱電変換素子及び複数の N 型熱電変換素子と、

前記 P 型熱電変換素子の一端面と前記 N 型熱電変換素子の一端面とを接続する、導線が編まれてなる編線 A と、

前記 P 型熱電変換素子の一端面および前記 N 型熱電変換素子の一端面と、編線 A とを接合するはんだまたはろう材と、

前記 P 型熱電変換素子の他端面と前記 N 型熱電変換素子の他端面とを接続し、導線が編まれてなり、かつ編線 A よりも短い編線 B と、

前記 P 型熱電変換素子の他端面および前記 N 型熱電変換素子の他端面と、編線 B とを接合するはんだまたはろう材と、

からなる小モジュールを含み、

編線 A 及び編線 B は、それぞれ、三つ編みの編線、四つ編みの編線、六つ編みの編線、または平織りの編線であり、かつ、編線 A 及び編線 B が、それぞれ一重の編線である、熱電変換モジュール。

【請求項 2】

前記導線の径が 100 ~ 400 μm である、請求項 1 に記載の熱電変換モジュール。

【請求項 3】

編線 A の表面を覆う絶縁層をさらに含む、請求項 1 又は 2 に記載の熱電変換モジュール

。

【請求項 4】

前記小モジュールを複数備え、前記複数の小モジュールが電氣的に並列に接続されてなる請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の熱電変換モジュール。

【請求項 5】

管に巻き付けられた、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の熱電変換モジュールを含む発電機。

【請求項 6】

導線が編まれてなる三つ編みの編線、四つ編みの編線、六つ編みの編線、または平織りの編線であり、かつ、編線 A 及び編線 B が、それぞれ一重の編線である、編線 A、及び編線 A よりも短い編線 B を用意する第 1 工程と、

複数の P 型熱電変換素子と複数の N 型熱電変換素子とを編線 A 及び編線 B によって交互に接続して、前記 P 型熱電変換素子と前記 N 型熱電変換素子とが電氣的に直列に接続されてなる小モジュールを得る第 2 工程と、を備え、

前記第 2 工程は、

前記 P 型熱電変換素子の一端面および前記 N 型熱電変換素子の一端面と、編線 A とをはんだまたはろう材で接合し、かつ前記 P 型熱電変換素子の一端面と前記 N 型熱電変換素子の一端面とを編線 A で接続し、

前記 P 型熱電変換素子の他端面および前記 N 型熱電変換素子の他端面と、編線 B とをはんだまたはろう材で接合し、かつ前記 P 型熱電変換素子の他端面と前記 N 型熱電変換素子の他端面とを編線 B で接続する、熱電変換モジュールの製造方法。

【請求項 7】

前記第 1 工程及び前記第 2 工程を含み、前記小モジュールの複数を用意する工程と、

前記小モジュールの複数を経電氣的に並列に接続する工程と、をさらに含む、請求項 6 に記載の熱電変換モジュールの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、熱電変換モジュールとその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

熱電変換素子は、ペルチェ効果、あるいはゼーベック効果を利用した素子が用いられる。この熱電変換素子は、構造が簡単で、かつ取扱いが容易で安定な特性を維持できることから、近年、広範囲にわたる利用が注目されている。特に電子冷却素子として用いたとき、局所冷却および室温付近の精密な温度制御が可能であることから、オプトエレクトロニクス、半導体レーザなどの恒温化などに向けて広く研究が進められている。

【0003】

前述のような電子冷却素子、或いは、熱電発電に用いる熱電モジュールは、図 7 に示すように、P 型熱電変換素子 101 と N 型熱電変換素子 102 とを接続電極 601 を介して接続することで P N 素子対を形成し、この P N 素子対を複数個直列に配列して構成される。このとき、P N 素子対を流れる電流の方向によって、P 型熱電変換素子 101 及び N 型熱電変換素子 102 の一方の端部が発熱せしめられると共に他方の端部が冷却せしめられる。図 7 において、602、603 は外部接続端子であり、604 はセラミック製の基板であり、H は熱の流れる向きを示す矢印である。

【0004】

この熱電変換素子の材料には、当該素子の利用温度域で、物質固有の定数であるゼーベック係数 α と比抵抗 ρ と熱伝導率 K によって表される性能指数 $Z (= \alpha^2 / \rho K)$ が大きな材料が用いられる。熱電変換素子として一般に用いられる結晶材は、 Bi_2Te_3 系材料である（例えば、特許文献 1 参照）。

【0005】

10

20

30

40

50

熱電変換モジュールのPN素子対の加熱および冷却には、熱輸送を容易にするために、通常、流体が使用される。例えば熱電変換モジュールは、管の外側の温度とは異なる温度の流体が流れる管の外周壁面に前記熱電変換モジュールを配置することによって、管の内部と外部との温度差による電力を発生させることができる。

【0006】

図8は従来の管状熱電変換モジュールの基本的な構成を示す。この管状熱電変換モジュールは、1対の積層素子を有する。積層素子は、それぞれ高分子材料層(基板)501と、P型熱電変換素子101及びN型熱電変換素子102と、これらを電氣的に直列に接続する接続電極301から形成されている。この2つの積層素子は、接着性樹脂502によって、それぞれの高分子材料層501同士で接着されている。こうして接着された積層素子が、らせん形或いは円形状に巻かれている。P型熱電変換素子101及びN型熱電変換素子102はそれぞれ接続電極301にはんだ付けされている(例えば、特許文献2参照)。

10

【0007】

図9は従来の管状熱電変換モジュールの他の基本的な構成を示す。この管状熱電変換モジュール401は、金属管402の外周面に当接可能な内側基板及びこの内側基板に貼り合わされた外側基板を有する絶縁性基板403と、この絶縁性基板403の貫通孔に配置される熱電変換素子411~414、421~424、431~434、・・・、4m1~4m4と、これらの熱電変換素子の各端部を接続する表面接続電極404X及び裏面接続電極404Yと、熱電変換素子411、414に接続されるリード線404a、404bと、で構成されている。熱電変換素子411~4m4の一端は、内側基板の表面に露呈し、他端は外側基板の表面に露呈している。

20

【0008】

熱電変換素子411~4m4は、P型の熱電変換素子とN型の熱電変換素子とを含んでいる。金属管402の周方向及び軸方向に、それぞれ、P型熱電変換素子とN型熱電変換素子とが交互に配置されている。例えば411がP型熱電変換素子であり、414がN型熱電変換素子である。また、421がN型熱電変換素子であり、431がP型熱電変換素子である。全体としてP型及びN型の熱電変換素子が交互にマトリクス状に配置されている。そして、内側基板に露呈したP型熱電変換素子の端部とN型熱電変換素子421の端部とが裏面接続電極404Yによって接続される。一方、絶縁性基板403の外側基板に露呈したN型熱電変換素子とP型熱電変換素子とが表面接続電極404Xによって接続されている。これによって、P型熱電変換素子411からN型熱電変換素子414までの全ての熱電変換素子が電氣的に直列に接続される(例えば、特許文献3参照)。

30

【0009】

また、熱電変換素子、又は、熱電変換素子が電氣的に直列又は並列に接続されてなる熱電変換素子群が、可撓性を有する電極部材によって電氣的に直列に接続されてなる熱電変換モジュールが知られている。例えば、熱電変換素子が、伸縮自在な繊維状の電極部材で電氣的に直列に接続されてなる熱電変換モジュールが知られている(例えば、特許文献4参照)。

【0010】

さらに、可撓性を有する基板によって支持された熱電変換素子又は熱電変換素子群が、金網や平編線等の可撓性を有する電極部材で電氣的に直列に接続されてなる熱電変換モジュールが知られている(例えば、特許文献5~8参照)。そのほかにも、熱電変換素子の両端に配置されている電極を平編線や金属テープで連絡することによって、熱電変換素子を電氣的に直列に接続してなる熱電変換モジュール;及び、ガラスシートを介して接着されている熱電変換素子がワイヤによって電氣的に直列に接続されてなる熱電変換モジュール;が知られている(例えば、特許文献9及び10参照)。

40

【0011】

さらに、基板によって支持された熱電変換素子の直列回路の複数が並列に接続されてなる熱電変換モジュールが知られている。例えば、積み重ねられた基板にある穴に熱電変換

50

素子が配置され、この熱電変換素子を電氣的に直列に接続して直列回路を形成し、この直列回路の複数が電氣的に並列に接続されてなる熱電変換モジュール（例えば、特許文献 1 及び 1 2 参照。）；及び、複数のドーナツ状の基板のそれぞれに形成される熱電変換素子の直列回路を、電氣的に並列に接続してなり、前記基板が有する穴に熱源となる管が挿通される熱電変換モジュール（例えば、特許文献 1 3 及び 1 4 参照。）；が知られている。

【 0 0 1 2 】

また、筐体内に収容された熱電変換素子群やチップ状の熱電変換素子群が電氣的に並列に接続されてなる熱電変換モジュールも知られている（例えば、特許文献 1 5 ～ 1 8 参照。）。 10

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 1 3 】

【 特許文献 1 】 特許第 3 9 5 8 8 5 7 号公報

【 特許文献 2 】 特表 2 0 0 2 - 5 3 7 6 5 8 号公報

【 特許文献 3 】 特開 2 0 0 5 - 1 2 9 7 8 4 号公報

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

【 特許文献 5 】 特開平 9 - 1 8 1 3 6 2 号公報

【 特許文献 6 】 米国特許第 6 0 9 7 0 8 8 号明細書

【 特許文献 7 】 特開 2 0 0 9 - 0 4 3 7 5 2 号公報 20

【 特許文献 8 】 米国特許出願公開第 2 0 0 8 / 0 2 2 3 4 2 7 号明細書

【 特許文献 9 】 特開 2 0 1 0 - 2 7 8 0 3 5 号公報

【 特許文献 1 0 】 米国特許出願公開第 2 0 0 2 / 0 0 6 9 9 0 7 号明細書

【 特許文献 1 1 】 特許第 3 8 7 9 7 6 9 号公報

【 特許文献 1 2 】 米国特許出願公開第 2 0 0 9 / 0 0 3 2 0 8 0 号明細書

【 特許文献 1 3 】 特開 2 0 0 8 - 3 0 5 9 9 1 号公報

【 特許文献 1 4 】 米国特許出願公開第 2 0 1 0 / 0 1 7 0 5 5 1 号明細書

【 特許文献 1 5 】 特開 2 0 0 8 - 1 0 8 9 0 0 号公報

【 特許文献 1 6 】 米国特許出願公開第 2 0 0 8 / 0 1 6 3 9 1 6 号明細書

【 特許文献 1 7 】 特開 2 0 1 1 - 1 4 8 5 0 号公報 30

【 特許文献 1 8 】 米国特許出願公開第 2 0 0 7 / 0 2 5 6 7 2 2 号明細書

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 4 】

しかしながら、図 8 に示す前記従来の管状熱電変換モジュールは、熱伝導率の低い高分子材料層や接着性樹脂が存在することにより、発電に有効な、各々の熱電変換素子の端部間の温度差が小さくなり、発電能力が低下するという問題を有している。また、高分子材料層（基板）の幅により、管状熱電変換モジュールの長さが決まるため、熱源となる管の設置場所のサイズに応じて管状熱電変換モジュールの長さを変更することが困難である。

【 0 0 1 5 】

また、図 9 に示す前記従来の管状熱電変換モジュールは、絶縁性基板がフレキシブルでないため、この管状熱電変換モジュールが装着される、熱源となる管の径が限定されるという問題を有している。また、1箇所でも破断すると発電不可能になる。 40

【 0 0 1 6 】

さらに、熱電変換素子又は熱電変換素子群が可撓性を有する電極部材によって電氣的に接続されてなる熱電変換モジュールは、管の表面に配置したときの熱電変換素子又は熱電変換素子群の電氣的接続の信頼性が十分ではないという問題を有している。

【 0 0 1 7 】

本発明は、上記従来の問題を解決するものであり、発電能力を高めると共に、熱電変換素子の電氣的接続の信頼性が高く、かつ管の様々な径及び長さに対応可能な熱電変換モジ 50

ジュールとその製造方法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】

【0018】

上記目的を達成するために、本発明は、以下に示す熱電変換モジュールを提供する。

[1] 交互に配列し、電氣的に直列に接続される複数のP型熱電変換素子及び複数のN型熱電変換素子と、

前記P型熱電変換素子の一端面と前記N型熱電変換素子の一端面とを接続する、導線が編まれてなる編線Aと、

前記P型熱電変換素子の一端面および前記N型熱電変換素子の一端面と、編線Aとを接合するはんだまたはろう材と、

前記P型熱電変換素子の他端面と前記N型熱電変換素子の他端面とを接続し、導線が編まれてなり、かつ編線Aよりも短い編線Bと、

前記P型熱電変換素子の他端面および前記N型熱電変換素子の他端面と、編線Bとを接合するはんだまたはろう材と、

からなる小モジュールを含み、

編線A及び編線Bは、それぞれ、三つ編みの編線、四つ編みの編線、六つ編みの編線、または平織りの編線であり、かつ、編線A及び編線Bが、それぞれ一重の編線である、熱電変換モジュール。

[2] 前記導線の径が100～400μmである、[1]に記載の熱電変換モジュール。

[3] 編線Aの表面を覆う絶縁層をさらに含む、[1]又は[2]に記載の熱電変換モジュール。

[4] 前記小モジュールを複数備え、前記複数の小モジュールが電氣的に並列に接続されてなる[1]～[3]のいずれか一項に記載の熱電変換モジュール。

【0019】

また本発明は、以下の発電機を提供する。

[5] 管に巻き付けられた、[1]～[4]のいずれか一項に記載の熱電変換モジュールを含む発電機。

【0020】

さらに本発明は、以下の熱電変換モジュールの製造方法を提供する。

[6] 導線が編まれてなる三つ編みの編線、四つ編みの編線、六つ編みの編線、または平織りの編線であり、かつ、編線A及び編線Bが、それぞれ一重の編線である、編線A、及び編線Aよりも短い編線Bを用意する第1工程と、

複数のP型熱電変換素子と複数のN型熱電変換素子とを編線A及び編線Bによって交互に接続して、前記P型熱電変換素子と前記N型熱電変換素子とが電氣的に直列に接続されてなる小モジュールを得る第2工程と、を備え、

前記第2工程は、

前記P型熱電変換素子の一端面および前記N型熱電変換素子の一端面と、編線Aとをはんだまたはろう材で接合し、かつ前記P型熱電変換素子の一端面と前記N型熱電変換素子の一端面とを編線Aで接続し、

前記P型熱電変換素子の他端面および前記N型熱電変換素子の他端面と、編線Bとをはんだまたはろう材で接合し、かつ前記P型熱電変換素子の他端面と前記N型熱電変換素子の他端面とを編線Bで接続する、熱電変換モジュールの製造方法。

[7] 前記第1工程及び前記第2工程を含み、前記小モジュールの複数を用意する工程と、

前記小モジュールの複数を経電氣的に並列に接続する工程と、をさらに含む、[6]に記載の熱電変換モジュールの製造方法。

【発明の効果】

【0021】

本発明の熱電変換モジュールは、熱伝導率の高い材料で構成されているため、高い発電

10

20

30

40

50

能力を得ることができる。また、本発明の熱電変換モジュールは、フレキシブルであり、また、らせん形状又ははしご形状の構造を可能とすることから、様々な径及び長さを有する、熱源となる管に適用できる。更に、前記一端面を接続する編線 A が、前記他端面を接続する編線 B よりも長い。このため、本発明の熱電変換モジュールを熱源となる管に配置したときに、前記他端面を接続する編線 B 同士或いは熱電変換素子同士がショートし、発電能力が低下するのを防ぐこともできる。このように、熱電変換素子の電氣的接続の高い信頼性がもたらされる。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】本発明の実施の形態1における熱電変換モジュールの概略構成を示す図

10

【図2】本発明の実施の形態1における熱電変換モジュールの製造方法を示す図

【図3】複数の導電性材料の線からなる編線の例を示す上面図

【図4】本発明における小モジュールの他の製造方法を説明する図

【図5】本発明の実施の形態2における熱電変換モジュールの概略構成を示す図

【図6】本発明の実施の形態2における熱電変換モジュールの製造方法を示す図

【図7】特許文献1に記載された従来の熱電変換モジュールの斜視図

【図8】特許文献2に記載された従来の熱電変換モジュールの断面図

【図9】特許文献3に記載された従来の熱電変換モジュールの概略構成を示す図

【発明を実施するための形態】

【0023】

20

本発明の熱電変換モジュールは、小モジュールを含む。前記小モジュールは、複数の P 型熱電変換素子及び複数の N 型熱電変換素子と、これらの素子を接続する導電性の編線 A 及び編線 B と、からなる。

【0024】

前記 P 型熱電変換素子及び前記 N 型熱電変換素子は、温度差によって起電力が生じる熱電変換材料に、適当なドーパントを添加し、所望の形状に成形することによって得られる。前記熱電変換材料は、使用時に生じる温度差に応じて選ぶことができる。熱電変換素子材料としては、例えば、前記温度差が常温から 500 K までであればビスマス - テルル (Bi - Te) 合金が、前記温度差が常温から 800 K までであれば鉛 - テルル (Pb - Te) 合金が、前記温度差が常温から 1,000 K までであればシリコン - ゲルマニウム (Si - Ge) 合金が好ましい。P 型の熱電変換材料を得るためのドーパントとしては、例えば Sb が挙げられる。N 型の熱電変換材料を得るためのドーパントとしては、例えば Se が挙げられる。これらのドーパントは、例えば「 $\text{Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$ 」や「 $\text{Bi}_{2}\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}$ 」のような熱電変換材料の組成式で表される程度の量で、熱電変換材料に添加される。前記 P 型熱電変換素子及び前記 N 型熱電変換素子は、P 型熱電変換材料又は N 型熱電変換材料のインゴットを、ダイシング等の通常の方法で切断することによって得ることができる。前記 P 型熱電変換素子及び前記 N 型熱電変換素子は、方向 X (図 2 (b) 中の矢印 X) に沿って交互に配置される。

30

【0025】

前記 P 型熱電変換素子及び前記 N 型熱電変換素子は、方向 X に沿う一端面と他端面とをそれぞれ有する。「方向 X に沿う一端面 / 他端面」とは、例えば、方向 X の直交する方向 Y (図 2 (b) 中の矢印 Y) における端面である。

40

【0026】

編線 A は、方向 X において、前記 P 型熱電変換素子 (例えば図 2 (b) 中の符号 101 a) の一端面と、その一方の隣りの前記 N 型熱電変換素子 (符号 102 b) の一端面とを接続する。前記一端面とは、例えば図 2 (b) における上側の端面である。編線 B は、方向 X において、前記 P 型熱電変換素子 (符号 101 a) の他端面と、その他方の隣りの前記 N 型熱電変換素子 (符号 102 c) の他端面とを接続する。前記他端面とは、例えば図 2 (b) における下側の端面である。編線 A 及び編線 B は、いずれも、はんだ付けやろう付け等の、熱電変換材料と金属電極との通常の接合方法によって、と前記熱電変換素子と

50

接続することができる。

【 0 0 2 7 】

編線 A 及び編線 B は、いずれも、導線が編まれてなる導電性の編線からなる。前記編線は、一重の編線であることが、前記熱電変換素子と前記編線との接続の信頼性を高める観点から好ましい。ここで「一重」とは、導線が編まれた部分の重なりがないことを言う。前記編線としては、例えば、三つ編みの編線、四つ編みの編線、六つ編みの編線、平織りの編線、及びメッシュ、が挙げられる。

【 0 0 2 8 】

前記導線の径は、 $50 \sim 400 \mu\text{m}$ であることが、柔軟な編線を得る観点、及び、熱電変換素子と編線との十分な接合強度を得る観点から好ましく、 $80 \sim 300 \mu\text{m}$ であることがより好ましい。

【 0 0 2 9 】

編線 A は、編線 B よりも長い。ここで、編線 A の長さとは、前記 P 型熱電変換素子の方向 X における一方の端縁と、前記 N 型熱電変換素子の方向 X における他方の端縁とを接続する、編線 A の部分の長さである。また、編線 B の長さとは、前記 P 型熱電変換素子の方向 X における他方の端縁と、前記 N 型熱電変換素子の方向 X における一方の端縁とを接続する、編線 B の部分の長さである。編線 A の長さとは編線 B の長さは、前記熱電変換素子の大きさや、発電機として熱電変換モジュールが配置されるとき、熱源となる管の外径によって決めることができる。編線 A は、前記 P 型熱電変換素子の方向 X における一方の端縁と、前記 N 型熱電変換素子の方向 X における他方の端縁との間隔 A (図 2 (b) の符号 A) と、前記 P 型熱電変換素子の前記一端面の方向 X における長さと、前記 N 型熱電変換素子の前記一端面の方向 X における長さと、を合わせた長さを有することが好ましい。編線 B は、前記 P 型熱電変換素子の方向 X における他方の端縁と、前記 N 型熱電変換素子の方向 X における一方の端縁との間隔 B (図 2 (b) の符号 B) と、前記 P 型熱電変換素子の前記他端面の方向 X における長さと、前記 N 型熱電変換素子の前記他端面の方向 X における長さと、を合わせた長さを有することが好ましい。

【 0 0 3 0 】

本発明の熱電変換モジュールは、本発明の効果が得られる範囲において、前述した構成以外の他の構成をさらに有していてもよい。このような他の構成としては、例えば、編線 A の表面を覆う絶縁層、及び、電線が挙げられる。

【 0 0 3 1 】

前記絶縁層は、配線の絶縁に用いられる通常の方法を用いて形成することができる。絶縁層の材料としては、例えば、フッ素系樹脂、アクリル樹脂、及びウレタン樹脂が挙げられる。絶縁層は、前記熱電変換素子に接続された後の編線 A の表面に形成されることが、編線と熱電変換素子との間の十分な接合強度を得る観点から好ましい。

【 0 0 3 2 】

前記電線は、前記小モジュールの複数を電氣的に並列に接続するための部材である。前記電線は、導電性の部材であればよく、可撓性を有することが、発電機として管に配置されるとき、熱電変換モジュールのより多様な配置を可能とする観点から好ましい。

【 0 0 3 3 】

前記小モジュールは、直列の鎖状の熱電変換モジュールとなる。この熱電変換モジュールは、例えば、熱源となる管の外周壁に編線 B が接するように、例えば円弧状に、或いはらせん状に巻き付けられる。そして、前記熱電変換モジュールの両端間に、必要に応じて外部接続端子などの導電部材を介して、電気機器又は蓄電池が電氣的に接続される。こうして、前記熱電変換モジュールは、前記熱源となる管の内外の温度の差によって起電力を生じる発電機とすることができる。

【 0 0 3 4 】

また前記小モジュールは、その複数を、一対の前記電線に並列に接続することによって、はしご状の熱電変換モジュールとなる。この熱電変換モジュールは、例えば、熱源となる管の周方向に沿って前記小モジュールが配置され、かつ編線 B が前記管の外周壁に接す

10

20

30

40

50

るように、前記管に巻き付けられる。そして、必要に応じて外部接続端子などの導電部材を介して、前記電線間に電気機器又は蓄電池が接続される。こうして、前記熱電変換モジュールは、前記熱源となる管の内外の温度の差によって起電力を生じる発電機とすることができる。

【 0 0 3 5 】

前述した直鎖状の熱電変換モジュールの製造では、まず、編線 A 及び編線 B を用意する（第 1 工程）。そして、複数の P 型熱電変換素子と複数の N 型熱電変換素子とを編線 A 及び編線 B によって交互に接続して前記小ジュールを得る（第 2 工程）。前記第 2 工程では、前記 P 型熱電変換素子の一端面と前記 N 型熱電変換素子の一端面とを編線 A で接続する。また、前記 P 型熱電変換素子の他端面と前記 N 型熱電変換素子の他端面とを編線 B で接続する。前記 P 型熱電変換素子の一端面と前記 N 型熱電変換素子の一端面とを編線 A で接続する工程と、前記 P 型熱電変換素子の他端面と前記 N 型熱電変換素子の他端面とを編線 B で接続する工程とは、この順で行われてもよいし、逆の順で行われてもよい。

10

【 0 0 3 6 】

前述したはしご状の熱電変換モジュールは、前記第 1 工程と前記第 2 工程とによって前記小モジュールの複数を用意し、前記小モジュールの複数を電氣的に並列に接続することによって製造することができる。

【 0 0 3 7 】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

【 0 0 3 8 】

20

〔実施の形態 1〕

図 1 は、本発明の第一の実施の形態における熱電変換モジュール 100 の概略図である。図 1 (a) は熱電変換モジュール 100 の斜視図、図 1 (b) は熱電変換モジュール 100 の上面図である。

【 0 0 3 9 】

1. 熱電変換モジュールの構成：

本実施の形態における熱電変換モジュール 100 は、P 型熱電変換素子 101、N 型熱電変換素子 102、編線 103、及び編線 104、から基本的に構成されている。編線 103 は編線 A に相当する。編線 104 は編線 B に相当する。なお、P 型熱電変換素子 101 と N 型熱電変換素子 102 とは、図 1 に示すらせん形状の周方向に順次交互に配置されている。このとき、図 1 に示すように、P 型熱電変換素子 101 の一方の端面と N 型熱電変換素子 102 の一方の端面とが、編線 103 によってそれぞれ接続され、P 型熱電変換素子 101 の他方の端面と N 型熱電変換素子 102 の他方の端面とが、編線 104 によってそれぞれ接続されている。このような熱電変換素子と編線との配置関係により、P 型熱電変換素子 101 と N 型熱電変換素子 102 の全ての熱電変換素子が直列に接続される。

30

【 0 0 4 0 】

なお、本実施の形態では、特に全ての熱電変換素子が直列に接続（配列）される形態を示すが、例えば熱電変換モジュール 100 に求められる電圧および電流によっては、一部の熱電変換素子が並列に接続されていてもよい。

【 0 0 4 1 】

40

また、本実施の形態では、P 型熱電変換素子 101 と N 型熱電変換素子 102 の材料として、室温付近で性能が優れている Bi - Te 系材料を使用している。しかし、熱電変換素子の材料は、これに特に限定されるものではなく、熱電変換モジュール 100 の使用環境や使用目的に応じて任意に変えてもよい。

【 0 0 4 2 】

編線 103 は、編線 104 よりも長い。これにより、熱電変換モジュール 100 を熱源となる管（図示せず）にらせん状に巻きつけた際に、編線 104 同士、或いは、熱電変換素子同士のショートを抑制でき、発電能力の低下を防ぐことができる。

【 0 0 4 3 】

更に、編線 103 及び編線 104 の材料としては、熱伝導率が優れている Cu（銅）、

50

A l (アルミニウム)、N i (ニッケル)、及びこれらいずれかの元素を含む合金を用いるとよい。

【0044】

2. 編線の構成：

編線103と編線104は、図3に示すように、複数の導線同士が編んであるメッシュ(図3(a))等の編線であることがより好ましい。これにより、はんだ、ろう材等の接合材料を用いて、P型熱電変換素子101又はN型熱電変換素子102と、編線103又は編線104とを接合した際に、接合材料と編線103及び編線104との接触面積が大きくなる。

【0045】

よって、熱電変換モジュール100を熱源となる管(図示せず)にらせん状に巻きつける際に、P型熱電変換素子101又はN型熱電変換素子102と、編線103又は編線104との接合部に応力が掛かった場合でも、接合部が破断することを防ぐことができる。また、長期の接合信頼性(寿命)も向上する。

【0046】

また、熱電変換素子と編線との接合時に、前記接合材料が編線の導線間に行き渡る。このため、接合部が前記接合材料によって盛り上がるのが抑制される。このため、前記編線は、熱電変換素子と熱源となる管との接触性を高める観点からも好ましい。

【0047】

また、編線103及び編線104は、編線の長手方向に直交する断面の形状が環状でないことが好ましい。断面形状が環状であると、端面形状における中心部、すなわち編線の表面と裏面の間に空気の層が存在し、その空気の層により表面と裏面の熱伝達が妨げられる。これにより、はんだやろう材等が編線に濡れにくくなり、接合強度が低下することがある。よって、導線が編まれた部分の重なりがないこと(編線が一重であること)は、編線と熱電変換素子との接合強度を高める観点から好ましい。

【0048】

例えば、平編みの編線は、断面形状が環状となる観点から好ましくない。前記編線は、メッシュ(図3(a))、三つ編みの編線(図3(b))、平四つ編みの編線(図3(c))、及び六つ編みの編線(図3(d))等の一重の編線が好ましい。また、前記編線は、図3(e)に示す、一重の編線である平織りの編線でもよい。例えば平四つ編みの編線は、1本の直径が約0.12mmのCu線8本を平四つ編みしてなる。この編線の幅は約1mmであり、厚さは約0.3mmである。前記編線を1Nの荷重で引っ張ったときの前記編み線の伸び率は、1.2~10%である。

【0049】

3. 熱電変換モジュールの製造方法：

次に、図1に示した熱電変換モジュール100の製造方法について、図2を用いて説明する。

【0050】

まず、図2(a)に示すように、前記編線を2.5~20mm程度の長さに切断して複数の編線を用意する(第1工程)。前記編線は、例えば、線径80 μ mのCu線を平織りしてなる100メッシュの編線である。この編線の幅は2mmである。前記編線の、1Nの荷重で引っ張ったときの伸び率は1.2%である。次に、P型熱電変換素子101とN型熱電変換素子102を交互に、編線103と編線104を用いて、直列接続する(第2工程。図2(b))。こうして前記小モジュールを得る。P型熱電変換素子101とN型熱電変換素子102とを間隔Aで接続する長さを有する編線が編線103に用いられる。また、P型熱電変換素子101とN型熱電変換素子102とを間隔Bで接続する長さを有する編線が編線104に用いられる。編線103の長さは実質的に同じであり、編線104の長さも実質的に同じである。編線103は、P型熱電変換素子101とN型熱電変換素子102との間で弛まないように、張設される。同様に編線104も、P型熱電変換素子101とN型熱電変換素子102との間で弛まないように、張設される。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 1 】

P型熱電変換素子101及びN型熱電変換素子102と、編線103及び編線104との接続の方法は、例えば、はんだ付け、ろう付け、抵抗溶接、超音波溶接等である。はんだ付け、ろう付けで編線を熱電変換素子に接続することにより、低温で、且つ熱電変換素子に与える荷重を低く抑えて編線を熱電変換素子に接続できる。はんだ、ろう材として、Sn（錫）、Pb（鉛）、Bi（ビスマス）、In（インジウム）、及びこれらいずれかの元素を含む合金を用いることができる。

【 0 0 5 2 】

また、はんだやろう材等の接合材料を使用せずにスポット溶接等の抵抗溶接で編線を熱電変換素子に接続することにより、長期の接続信頼性が向上する。

10

【 0 0 5 3 】

次に、図2（c）に示すように、熱源となる管の外径に合わせて編線103及び編線104を変形させることにより、らせん状の熱電変換モジュール100を形成する。

【 0 0 5 4 】

本実施の形態では、2.5～20mm程度の長さに切断した編線103と編線104とを用い、P型熱電変換素子101及びN型熱電変換素子102を順次直列に接続して前記小モジュールを製造する方法を示した。前記小モジュールは他の方法で製造することも可能である。

【 0 0 5 5 】

前記の他の方法としては、例えば、以下の方法が挙げられる。

20

まず、P型熱電変換素子101及びN型熱電変換素子102を交互に並べる。P型熱電変換素子101とN型熱電変換素子102との間隔は、間隔A又は間隔Bである。間隔Aと間隔Bとは交互に形成される（図4（a））。次いで、編線109で、全てのP型熱電変換素子101の一端面及び全てのN型熱電変換素子102の一端面を接続し、また編線110で、全てのP型熱電変換素子101の他端面及びN型熱電変換素子102の他端面を接続する（図4（b））。そして、絶縁すべき箇所では編線103と編線104をそれぞれ切断して取り除く（図4（c））。編線109の前記絶縁すべき箇所は、間隔BでP型熱電変換素子101及びN型熱電変換素子102を接続している部分である。編線110の前記絶縁すべき箇所は、間隔AでP型熱電変換素子101及びN型熱電変換素子102を接続している部分である。

30

【 0 0 5 6 】

編線103及び編線104の長さは、それぞれ、熱源の形状に応じて適宜に決めることができる。例えば、熱源が、その外周壁に熱電変換モジュール100が巻き付けられる管である場合では、熱源となる管の径と熱電変換素子の高さから決めることができる。より具体的には、編線103の長さをA、編線104の長さをB、熱源となる管の中心から外周面までの距離をr、P型熱電変換素子101又はN型熱電変換素子102の高さをhとしたときに、編線103の長さAは、 $B + (h / r) \times B$ 以上であることが好ましく、 $B + (h / r) \times B$ であることがより好ましい。また、熱源が、その外周壁に角部を有する管である場合では、前記角部の曲率半径に応じて、編線103及び編線104の長さをそれぞれ変えればよい。前記外周壁に角部を有する管は、例えば、断面における外縁の形状が多角形である管が挙げられる。この場合、角部は、断面形状の多角形の角である。

40

【 0 0 5 7 】

なお、編線104は、P型熱電変換素子101の他端面とN型熱電変換素子102の他端面とを接続しているときに、他の編線103、104やP型熱電変換素子101、N型熱電変換素子102のそれぞれと接触しなければ、P型熱電変換素子101の他端面やN型熱電変換素子102の他端面から方向Xに沿ってはみ出てもよい。

【 0 0 5 8 】

また、熱電変換モジュール100の使用環境や使用目的に応じて、編線103の外周側表面（図2（b）における編線103の上側の表面）や、編線104の内周側表面（図2（b）における編線104の下側の表面）に絶縁層を形成することもできる。また、熱電

50

変換モジュール１００を絶縁材料で覆うこともできる。

【００５９】

４．効果の確認：

本発明者らは、実際に３，０７２個の熱電変換素子を作製し、この熱電変換素子を編線Ａ及び編線Ｂで電氣的に直列に接続して、本実施の形態の熱電変換モジュールを作製した。そしてこの熱電変換モジュールをらせん状に管に巻きつけた。当該管の内部に６０の湯を流すと共に、熱電変換モジュールの外部に４の氷水を配置させたところ、３．４Ｗの電力が生じたことを確認した。すなわち、上述の本実施の形態に係る熱電変換モジュールは、熱源となる管に配置されることで、発電機としての機能を奏する。

【００６０】

〔実施の形態２〕

以下、本発明の第二の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

【００６１】

図５は、本発明の実施の形態２における熱電変換モジュール２００の概略構成を示す斜視図である。熱電変換モジュール２００は、Ｐ型熱電変換素子１０１、Ｎ型熱電変換素子１０２、編線１０３、編線１０４及び電線１０５から基本的に構成されている。

【００６２】

編線１０３及び編線１０４によって、それぞれ隣接するＰ型熱電変換素子１０１とＮ型熱電変換素子１０２とが交互に、そして電氣的に直列に接続されている。編線１０３はＰ型熱電変換素子１０１の上面及びＮ型熱電変換素子１０２の上面に接合されている。編線１０４はＰ型熱電変換素子１０１の上面に対向する面（下面）とＮ型熱電変換素子１０２の上面に対向する面（下面）に接合されている。これにより、Ｐ型熱電変換素子１０１とＮ型熱電変換素子１０２とが順次交互に、かつ直列に接続されてなる小モジュール１０６が形成されている。

【００６３】

編線１０３及び編線１０４は、前記編線である。そして、編線１０３は、編線１０４よりも長い。編線１０３及び編線１０４と、熱電変換素子とは、はんだ、ろう材等の接合材料で接合されている。

【００６４】

また、電線１０５、１０５は、複数の小モジュール１０６の一端同士、及び、他端同士を接続している。これにより、複数の小モジュール１０６が電氣的に並列に接続され、熱電変換モジュール２００が形成される。そして、小モジュール１０６において、複数のＰ型熱電変換素子１０１とＮ型熱電変換素子１０２とが電氣的に直列に接続されることにより、熱電変換モジュール２００は高出力電圧を得ることができる。

【００６５】

複数の小モジュール１０６が電氣的に並列に接続されることにより、熱電変換モジュール２００は、発電機としての使用中に、小モジュール１０６の一部や、小モジュール１０６と電線１０５との接続部の一部が破断しても、発電を継続することができる。また、複数の小モジュール１０６が並列に接続されることにより、フレキシブルであっても熱電変換モジュール２００のねじれを防ぐことができる。

【００６６】

小モジュール１０６において直列に接続されるＰ型熱電変換素子１０１及びＮ型熱電変換素子１０２の数や、小モジュール１０６の数は、熱電変換モジュール２００の使用環境や使用目的に応じて選択できる。

【００６７】

編線１０３の長さとは編線１０４の長さとは異なる。これにより、熱電変換モジュール２００を熱源となる管に配置するとき、熱源となる管の外周面に編線１０４が接するように、熱電変換モジュール２００が前記管の外周面に配置されることが明確になる。また、上記のように前記管に熱電変換モジュール２００を巻きつけることで、内周側に配置される編線１０４同士がショートして出力電力が低下するのを防ぐことができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 8 】

編線 1 0 3 及び編線 1 0 4 のうち、小モジュール 1 0 6 の両端に配置される編線 1 0 3 及び編線 1 0 4 の長さは、熱電変換モジュール 2 0 0 の使用環境や使用目的に応じて、任意に変えることができる。

【 0 0 6 9 】

編線 1 0 3 又は編線 1 0 4 と熱電変換素子とは、前記接合材料で接合されている。このため、接合材料と編線 1 0 3 又は編線 1 0 4 の接触面積が大きく、編線 1 0 3 又は編線 1 0 4 と熱電変換素子との接合強度が大きい。よって、熱源の形状に合わせて熱電変換モジュール 2 0 0 を変形させる際に、P 型熱電変換素子 1 0 1 と編線 1 0 3 又は編線 1 0 4 との接合部、及び、N 型熱電変換素子 1 0 2 と編線 1 0 3 又は編線 1 0 4 との接合部、に応力がかかっても、接合部が破断するのを防ぐことができる。よって、熱電変換モジュール 2 0 0 をより強く巻き付けることが必要な熱源にも、熱電変換モジュール 2 0 0 を適用することができる。このため、熱電変換モジュール 2 0 0 を設ける熱源の形状をより自由に選ぶことができる。熱電変換モジュール 2 0 0 をより強く巻き付けることが必要な熱源としては、例えば、径が小さな管、表目に角部を有する熱源、及び、表面に凹凸を有する熱源、が挙げられる。また、熱源となる管への熱電変換モジュール 2 0 0 の配置の仕様（位置や向き等）をより自由に選ぶことができる。

【 0 0 7 0 】

次に、図 5 に示した熱電変換モジュール 2 0 0 の製造方法について、図 6 を用いて説明する。まず、導電性の編線を 2 . 5 ~ 2 0 mm 程度の長さに切断し、編線 1 0 3 と、それよりも短い編線 1 0 4 を用意する。また、導電性材料を切断して、電線 1 0 5 を用意する（図 6 (a) ）。電線 1 0 5 は、前記編線であってもよいし、編線でなくても（金属板や金属テープであっても）よい。電線 1 0 5 は、可撓性を有することが好ましい。

【 0 0 7 1 】

次に、P 型熱電変換素子 1 0 1 と N 型熱電変換素子 1 0 2 を、編線 1 0 3 及び編線 1 0 4 を用いて、交互に順次直列接続する。編線 1 0 3 及び編線 1 0 4 は、それぞれ、P 型熱電変換素子 1 0 1 と N 型熱電変換素子 1 0 2 との間で弛まないように、張設される。こうして、方向 X に沿って P 型熱電変換素子 1 0 1 と一方で隣り合う N 型熱電変換素子 1 0 2 との間には間隔 A を有し、P 型熱電変換素子 1 0 1 と他方で隣り合う N 型熱電変換素子 1 0 2 との間には、間隔 A よりも小さな間隔 B を有する小モジュール 1 0 6 を形成する（図 6 (b) ）。次いで、複数の小モジュール 1 0 6 の一端を電線 1 0 5 に接続し、複数の小モジュール 1 0 6 の他端を別の電線 1 0 5 に接続する。これにより、複数の小モジュール 1 0 6 が電気的かつ幾何学的に並列に接続され、熱電変換モジュール 2 0 0 が得られる（図 6 (c) ）。

【 0 0 7 2 】

複数の小モジュール 1 0 6 の端部の編線と電線 1 0 5 とは、はんだ付け、ろう付け、抵抗溶接、超音波溶接等の方法で接続することができる。

【 0 0 7 3 】

本実施の形態では、2 . 5 ~ 2 0 mm 程度の長さに切断した編線 1 0 3 及び編線 1 0 4 を用いたが、図 4 に示したように、2 0 mm 以上の長い前記編線で、交互に並んでいる全ての P 型熱電変換素子 1 0 1 及び全ての N 型熱電変換素子 1 0 2 を挟み込み、P 型熱電変換素子 1 0 1 及び N 型熱電変換素子 1 0 2 と前記編線とを接合した後、絶縁すべき箇所の前記編線を切断して取り除くことにより、小モジュール 1 0 6 を得ることもできる。

【 0 0 7 4 】

なお、熱電変換モジュール 2 0 0 を熱源に取り付ける際には、熱源の形状に合わせて、編線 1 0 3、編線 1 0 4、及び電線 1 0 5 を変形させる。これにより、熱源と熱電変換モジュール 2 0 0 との接触面積が増加し、高出力電力を得ることができる。

【 0 0 7 5 】

以上、実施の形態 1 及び 2 で説明したように、本発明の熱電変換モジュールは、熱源となる管の様々な径および長さに対応でき、編線 B 同士、或いは、熱電変換素子同士がショ

10

20

30

40

50

ートするのを防ぐこともできる。

【 0 0 7 6 】

また、編線として導電性の編線を用いて、隣り合う P 型熱電変換素子と N 型熱電変換素子とが接続されているため、当該編線と、P 型熱電変換素子及び N 型熱電変換素子との接合強度が向上する。このため、熱電変換モジュールを熱源となる管にらせん形状に巻きつける際、編線と各熱電変換素子との接合部に応力が掛かった場合でも、該接合部の破断を防ぐことができる。よって、信頼性の高い熱電変換モジュールとなる。

【 0 0 7 7 】

また、複数の小モジュールを並列に接続してなる熱電変換モジュールは、小モジュールの一部が破断しても発電が可能である。また、前記熱電変換モジュールは、フレキシブルであるため、様々な径の管に取り付け可能である。よって、熱源となる所望の管に容易に着脱可能である。

10

【 0 0 7 8 】

本出願は、2011年4月22日出願の特願2011-095751、及び2011年4月22日出願の特願2011-095752に基づく優先権を主張する。当該出願明細書に記載された内容は、すべて本願明細書に援用される。

【産業上の利用可能性】

【 0 0 7 9 】

本発明の熱電変換モジュール及びその製造方法は、発電能力が高く、熱源となる管の様々な径や長さに対応できる直鎖状の熱電変換モジュールを得ることが可能である。また、本発明の熱電変換モジュール及びその製造方法は、熱源となる所望の管に容易に着脱可能である、はしご状の熱電変換モジュールを提供することが可能である。

20

【符号の説明】

【 0 0 8 0 】

100、200 熱電変換モジュール

101 P型熱電変換素子

102 N型熱電変換素子

103、104 編線

105 電線

106 小モジュール

30

301、601 接続電極

401 管状熱電変換モジュール

402 金属管

403 絶縁性基板

404 a、404 b リード線

404 X 表面接続電極

404 Y 裏面接続電極

411～414、421～424、431～434、4m1～4m4 熱電変換素子

501 高分子材料層

502 接着性樹脂

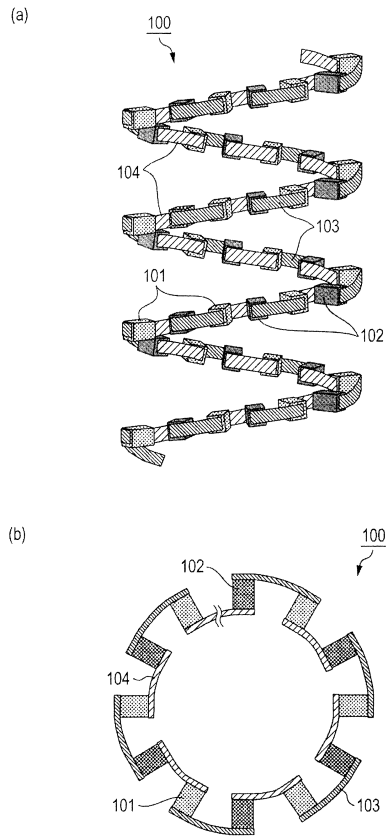
40

602、603 外部接続端子

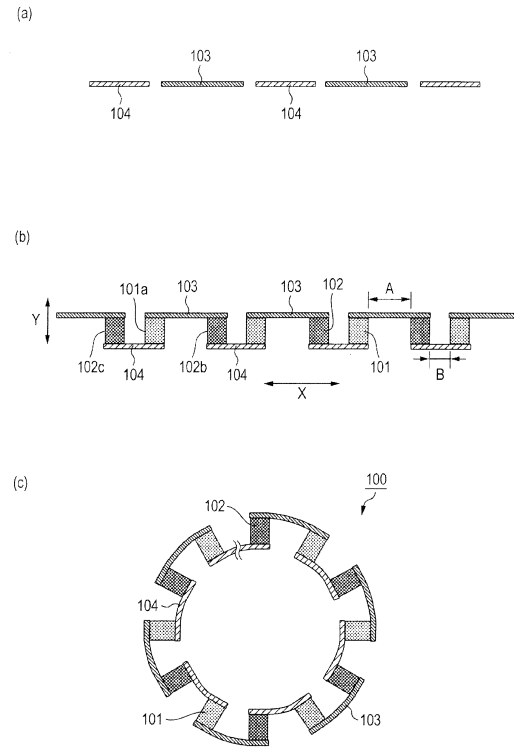
604 基板

H 熱の流れる方向を示す矢印

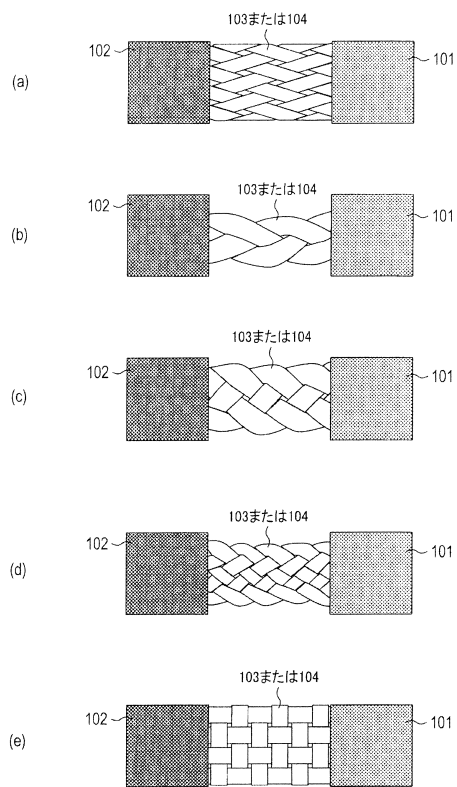
【図 1】



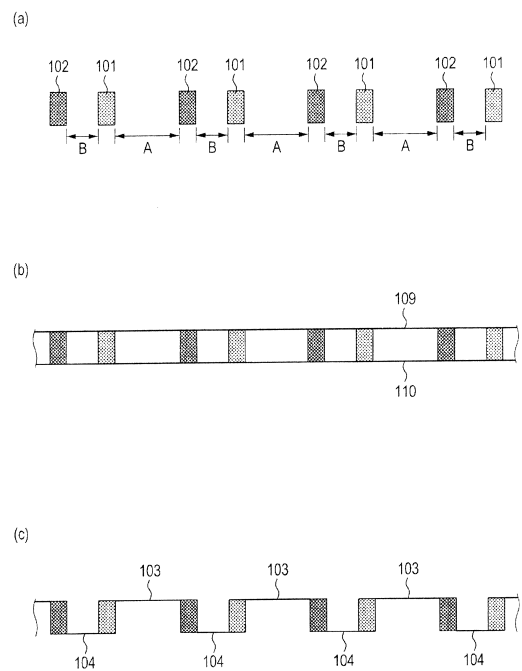
【図 2】



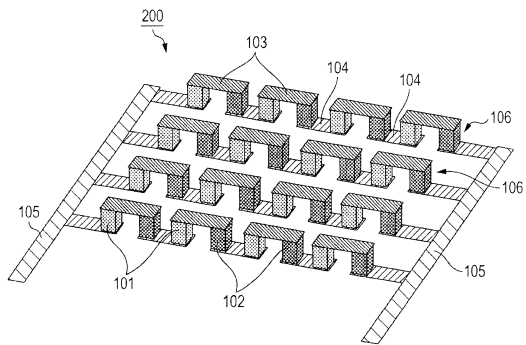
【図 3】



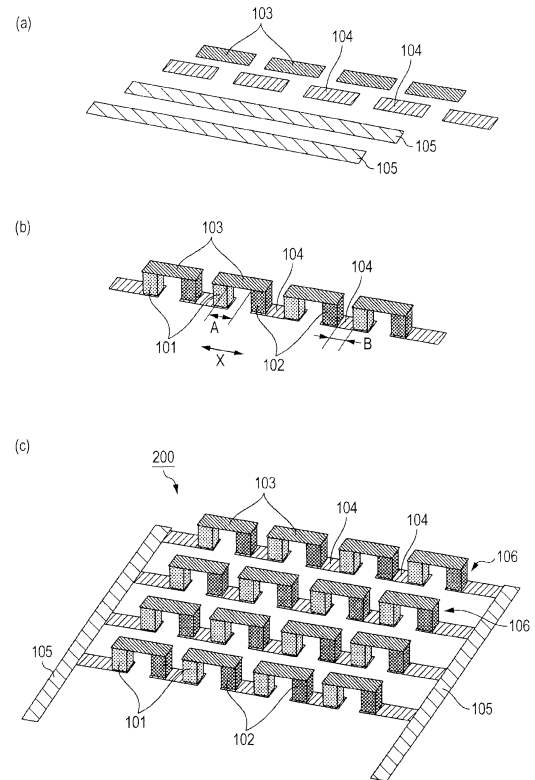
【図 4】



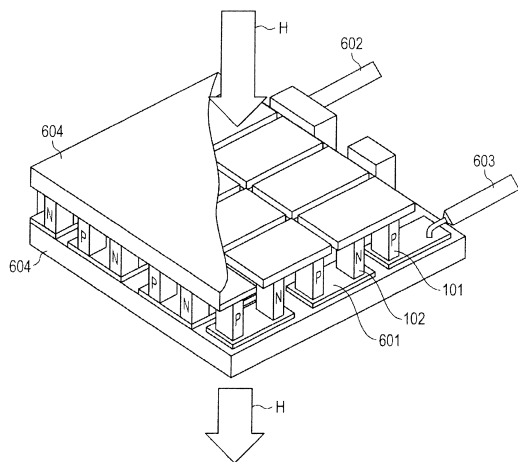
【図 5】



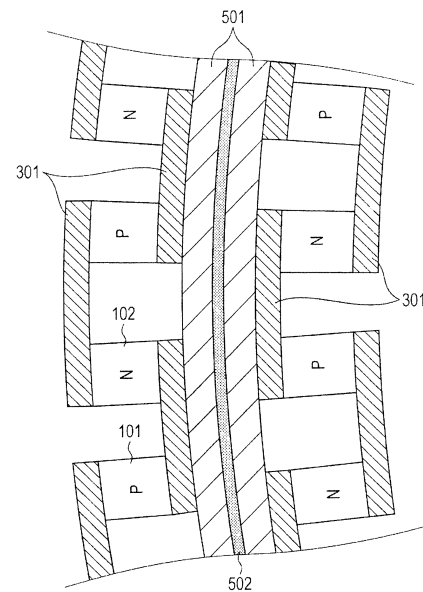
【図 6】



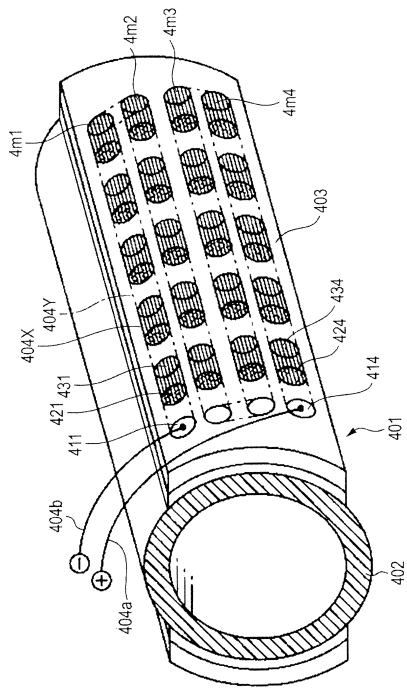
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

合議体

審判長 松本 貢

審判官 飯田 清司

審判官 小野田 誠

- (56)参考文献 特開2008-91539(JP,A)
特開2009-43752(JP,A)
特開2008-305991(JP,A)
特開2003-197983(JP,A)
特開2008-108900(JP,A)
特開平11-177117(JP,A)
特開2009-206113(JP,A)
特開2000-49280(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 35/00-35/34

H02N 11/00