

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B1)

(11) 特許番号

特許第5696261号  
(P5696261)

(45) 発行日 平成27年4月8日(2015.4.8)

(24) 登録日 平成27年2月13日(2015.2.13)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 35/32 (2006.01)	HO 1 L 35/32 A
HO 1 L 35/08 (2006.01)	HO 1 L 35/08
HO 1 L 35/30 (2006.01)	HO 1 L 35/30

請求項の数 13 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2014-549261 (P2014-549261)	(73) 特許権者	314012076
(86) (22) 出願日	平成26年3月17日(2014.3.17)		パナソニックIPマネジメント株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2014/001513		大阪府大阪市中央区城見2丁目1番61号
審査請求日	平成26年10月8日(2014.10.8)	(74) 代理人	100081422
(31) 優先権主張番号	特願2013-122767 (P2013-122767)		弁理士 田中 光雄
(32) 優先日	平成25年6月11日(2013.6.11)	(74) 代理人	100100158
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		弁理士 鮫島 睦
早期審査対象出願		(74) 代理人	100132241
			弁理士 岡部 博史
		(74) 代理人	100113170
			弁理士 稲葉 和久
		(72) 発明者	前嶋 聡
			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

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

2つの積層基板の間に配置されるP型熱電変換素子及びN型熱電変換素子を具備する熱電変換モジュールであって、

前記P型熱電変換素子は、

柱状のP型熱電変換部と、

前記P型熱電変換部の側面に設けられた絶縁体と、

前記P型熱電変換部の前記側面と異なる面である頂面上に設けられる拡散防止膜と、を備え、

前記N型熱電変換素子は、

柱状のN型熱電変換部と、

前記N型熱電変換部の側面に設けられた絶縁体と、

前記N型熱電変換部の前記側面と異なる面である頂面上に設けられる拡散防止膜と、を備え、

前記各積層基板は、

前記拡散防止膜を介して前記P型熱電変換部及びN型熱電変換部を電氣的に接続する配線層と、

前記拡散防止膜と前記配線層とを接合する接合材と、

を備え、

前記P型又はN型熱電変換部の上側及び下側の頂面を結ぶ方向において、前記拡散防止

10

20

膜の頂面は、前記絶縁体の上側及び下側の各頂面から突出し、

前記方向において、前記絶縁体と前記配線層との間に間隙を有し、

前記間隙には空気又はアルゴンが充填される、熱電変換モジュール。

【請求項 2】

前記各積層基板は、前記方向における前記拡散防止膜と前記配線層との間に設けられる層間絶縁膜を更に備え、

前記層間絶縁膜は、前記拡散防止膜上に位置する開口部を有する、請求項 1 に記載の熱電変換モジュール。

【請求項 3】

前記方向と直交する第 2 方向における前記拡散防止膜の断面積は、前記第 2 方向における前記開口部の断面積よりも大きく、

前記第 2 方向における前記 P 型及び N 型熱電変換部の前記頂面の断面積は、前記第 2 方向における前記拡散防止膜の断面積よりも大きい請求項 2 に記載の熱電変換モジュール。

【請求項 4】

前記各積層基板は、前記接合材の側面を囲う導電リングを更に備える請求項 2 又は 3 に記載の熱電変換モジュール。

【請求項 5】

前記各積層基板は、前記開口部の周囲を囲うように、前記層間絶縁膜を貫通して設けられるリング状の孔を更に備える請求項 2 乃至 4 のいずれか一項に記載の熱電変換モジュール。

【請求項 6】

前記方向と直交する第 2 方向における前記孔の断面積の総面積は、前記第 2 方向における前記層間絶縁膜の断面積の 50% 以下である請求項 5 に記載の熱電変換モジュール。

【請求項 7】

前記層間絶縁膜の表面粗さは、前記絶縁体の表面粗さよりも荒い請求項 2 乃至 6 のいずれかに記載の熱電変換モジュール。

【請求項 8】

前記層間絶縁膜の表面粗さと前記絶縁体の表面粗さとの差は、80 μm 以上である請求項 7 に記載の熱電変換モジュール。

【請求項 9】

前記 P 型及び N 型熱電変換部は、Bi-Te 系材料を含み、

前記絶縁体は、耐熱ガラスまたは石英を含み、

前記層間絶縁膜は、イミド化合物またはアクリル樹脂を含む請求項 2 乃至 8 のいずれかに記載の熱電変換モジュール。

【請求項 10】

前記方向と直交する第 2 方向における前記拡散防止膜、前記 P 型及び N 型熱電変換部、及び前記開口部の断面の形状は、円形であって、

前記方向と直交する第 2 方向において、前記拡散防止膜の外径寸法が、前記 P 型又は N 型熱電変換部の外径寸法よりも小さく、かつ、前記開口部の内径寸法が、前記拡散防止膜の外径寸法よりも小さい請求項 2 乃至 9 のいずれかに記載の熱電変換モジュール。

【請求項 11】

前記 P 型及び N 型熱電変換部の上側及び下側の各頂面は、前記方向において、前記絶縁体の上側及び下側の各頂面から突出し、

前記 P 型及び N 型熱電変換素子は、前記方向において、前記 P 型及び N 型熱電変換部の上側及び下側の各側面に間隙を有する、請求項 1 乃至 10 のいずれかに記載の熱電変換モジュール。

【請求項 12】

前記方向と直交する第 2 方向において隣接する前記 P 型及び N 型熱電変換素子の間を離間する第 2 間隙を更に有する請求項 1 乃至 11 のいずれかに記載の熱電変換モジュール。

【請求項 13】

10

20

30

40

50

2つの積層基板の間に配置されるP型熱電変換素子及びN型熱電変換素子を具備する熱電変換モジュールであって、

前記P型熱電変換素子は、

柱状のP型熱電変換部と、

前記P型熱電変換部の側面に設けられた絶縁体と、

前記P型熱電変換部の前記側面と異なる面である頂面上に設けられる拡散防止膜と、  
を備え、

前記N型熱電変換素子は、

柱状のN型熱電変換部と、

前記N型熱電変換部の側面に設けられた絶縁体と、

前記N型熱電変換部の前記側面と異なる面である頂面上に設けられる拡散防止膜と、  
を備え、

前記各積層基板は、

前記拡散防止膜を介して前記P型熱電変換部及びN型熱電変換部を電氣的に接続する配線層と、

前記拡散防止膜と前記配線層とを接合する接合材と、  
を備え、

前記P型又はN型熱電変換部の上側及び下側の頂面を結ぶ方向において、前記拡散防止膜の頂面は、前記絶縁体の上側及び下側の各頂面から突出し、

前記方向において、前記絶縁体と前記配線層との間に間隙を有し、

前記間隙には、減圧された気体が充填される、熱電変換モジュール。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、熱電変換モジュールに関する。

【背景技術】

【0002】

熱電変換モジュールが備える熱電変換素子の構成として、例えば、中空筒状の絶縁体の内部にP型又はN型熱電変換部が充填して構成されるP型又はN型熱電変換素子がある（例えば、特許文献1参照。）。上記のようなP型及びN型熱電変換素子は、例えば、上記P型及びN型熱電変換部が、電氣的に互いに直列接続される。

【0003】

ここで、上記の熱電変換モジュールの両面に温度差を設けると、当該温度差の高温側の一方の面から低温側の他方の面へ熱流が発生する。当該熱流がP型及びN型熱電変換素子を通ると、P型及びN型熱電変換素子の両端の温度差に比例した電圧が発生する現象（ゼーベック効果）により、電力が発生する。また、上記のP型及びN型熱電変換部は、その周囲が絶縁体に覆われている。そのため、隣接するP型及びN型熱電変換部の間の電氣的短絡を防止することができ、P型及びN型熱電変換素子のピッチを最小限に抑制して高密度に配置できる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】国際公開第2012/066788号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、上記の熱電変換モジュールの構成において、温度差を設けたとき、当該温度差により発生する熱流は、P型及びN型熱電変換部の側面を覆うように配置される上記絶縁体にも伝わる。そのため、P型及びN型熱電変換部に流れる熱量が減少し、熱電変換モジュールの熱電変換効率が低下するという課題がある。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 6 】

例えば、当該熱電変換素子の短手方向における P 型及び N 型熱電変換部の断面積と絶縁体の断面積との比率が 1 : 1 であって、P 型及び N 型熱電変換部の熱伝導率が 1 . 4 W / m K、絶縁体の熱伝導率 0 . 6 W / m K の場合、P 型及び N 型熱電変換部に流れる熱量は約 4 0 % 程度低下する。

## 【 0 0 0 7 】

本開示は、上記の課題を解決するものであり、絶縁体に流れる熱量を抑制して、P 型及び N 型熱電変換部に流れる熱量を増大させ、熱電変換効率を向上させることができる熱電変換モジュール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】

10

## 【 0 0 0 8 】

上記目的を達成するために、本開示に係る熱電変換モジュールは、2 つの積層基板の間に配置される P 型及び N 型熱電変換素子を具備する熱電変換モジュールであって、

前記 P 型熱電変換素子は、

柱状の P 型熱電変換部と、

前記 P 型熱電変換部の側面に設けられた絶縁体と、

前記 P 型熱電変換部の前記側面と異なる面である頂面上に設けられる拡散防止膜と、を備え、

前記 N 型熱電変換素子は、

柱状の N 型熱電変換部と、

前記 N 型熱電変換部の側面に設けられた絶縁体と、

前記 N 型熱電変換部の前記側面と異なる面である頂面上に設けられる拡散防止膜と、を備え、

20

前記各積層基板は、

前記拡散防止膜を介して前記 P 型及び N 型熱電変換部を電気的に接続する配線層と、

前記拡散防止膜と前記配線層とを接合する接合材と、

を備え、

前記 P 型又は N 型熱電変換部の上側及び下側の頂面を結ぶ方向において、前記拡散防止膜の頂面は、前記絶縁体の上側及び下側の各頂面から突出し、前記方向において、前記絶縁体上に間隙を有する。

30

## 【発明の効果】

## 【 0 0 0 9 】

本開示に係る熱電変換モジュールによれば、絶縁体に流れる熱量を抑制して、P 型及び N 型熱電変換部に流れる流量を増大させ、熱電変換効率を向上させることができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【 0 0 1 0 】

【図 1】本開示の実施の形態 1 に係る熱電変換モジュールの断面構造を示す縦断面図。

【図 2】図 1 の熱電変換素子の側面頂面の近傍を拡大して示す縦断面図。

【図 3】実施の形態 1 に係る熱電変換モジュールの一製造工程を示す図。

【図 4】実施の形態 1 に係る熱電変換モジュールの一製造工程を示す図。

40

【図 5】実施の形態 1 に係る熱電変換モジュールの一製造工程（基板準備工程）を示す縦断面図。

【図 6】実施の形態 1 に係る熱電変換モジュールの一製造工程（はんだ印刷工程）を示す縦断面図。

【図 7】実施の形態 1 に係る熱電変換モジュールの一製造工程（素子実装工程）を示す縦断面図。

【図 8】実施の形態 1 に係る熱電変換モジュールの一製造工程（基板実装工程）を示す縦断面図。

【図 9】実施の形態 1 に係る熱電変換モジュールの一製造工程（リフロー工程）を示す縦断面図。

50

【図10】実施の形態2に係る熱電変換モジュールの断面構造を示す縦断面図。

【図11】実施の形態3に係る熱電変換モジュールの断面構造を示す縦断面図。

【図12】図11の熱電変換素子の側面近傍を拡大して示す縦断面図。

【図13】実施の形態4に係る熱電変換モジュールの断面構造を示す縦断面図。

【図14】実施の形態5に係る熱電変換素子の平面構造を示す平面図。

【図15】図14のXV-XV線に沿った縦断面図。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本開示の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。なお、この説明において、実質的に重複する部分の詳細な説明については省略する。

10

【0012】

(実施の形態1)

1. 構成について

1-1. 熱電変換モジュールの全体構成について

まず、図1を用い、実施の形態1に係る熱電変換モジュールの全体構成について説明する。図1は、実施の形態1に係る熱電変換モジュール100Aの断面構造を示す縦断面図である。図1に示すように、熱電変換モジュール100Aは、互いに対向するように配置される上側及び下側の2つの積層基板90と、上記2つの積層基板90の間にその両端部を挟んで配置される複数のP型及びN型熱電変換素子110、120と、を備える。

【0013】

20

1-1-1. 積層基板90の構成について

図1に示すように、上側及び下側の各積層基板90は、伝熱体106と、絶縁板103と、導電体101と、層間絶縁膜104と、接合材102とを備える。

【0014】

伝熱体106は、P型及びN型熱電変換素子110、120の上側及び下側の各頂面を結ぶ方向(以下、「長手方向」という。)において、各積層基板90の最も外側に設けられる。伝熱体106は、本実施の形態1では、例えば、セラミック基板等を用いる。また、伝熱体106として、面方向への熱拡散性の観点から、例えば、Cu、Al、Feのいずれかを含む金属体やグラファイト等を用いてもよい。

【0015】

30

絶縁板103は、各積層基板90中において各伝熱体106上に設けられる。絶縁板103は、例えば、厚さが10 $\mu$ m以下のポリイミド製のフィルム等を用いることが可能である。また、絶縁板103として、上記ポリイミド製のフィルムを用いた場合、熱電変換モジュール100Aのフレキシブル性が向上し、曲面からの受熱の観点において好ましい。さらに、絶縁板103としてポリイミド製のフィルムを用いた場合、絶縁板103の外側に、本実施の形態1のように熱伝導性の高い伝熱体106を備えてもよい。熱伝導性の高い伝熱体106を用いると、面方向への熱拡散性と剛性がより高まり、より好ましい。

【0016】

導電体(配線層)101は、長手方向と直交する方向(以下、「短手方向」という。)に隣接するP型及びN型熱電変換素子110、120を電氣的に接続(本実施の形態では互いに直列接続)するように、各積層基板90中においてP型及びN型熱電変換素子110、120の上側及び下側にそれぞれ設けられる。導電体101の材料としては、例えば、Bi、Cu、Sb、及びInの二以上を含む合金等を用いることが可能である。

40

【0017】

層間絶縁膜104は、長手方向において導電体101と筒112、122との間に、後述する空隙130(図1において図示せず)を介して各積層基板90に設けられる。また、後述するように、層間絶縁膜104は、筒112、122へ到る熱経路の熱抵抗を高める目的で設けられる。層間絶縁膜104は、例えば、イミド化合物又はアクリル樹脂等により形成される。熱抵抗をさらに高めるために、層間絶縁膜104の表面に所定の凹凸を設けることにより、筒112、122と層間絶縁膜104との接触面積を小さくすること

50

が有効である。より具体的には、層間絶縁膜 104 の表面に設ける表面粗さは、筒 112、122 の表面粗さより大きいことが好ましい。これは、層間絶縁膜 104 から筒 112、122 への熱の流入を防ぐためである。層間絶縁膜 104 の表面粗さは、例えば、0.1 mm 以上であることが好ましい。また、筒 112、122 と層間絶縁膜 104 との表面粗さの差は、80  $\mu\text{m}$  以上であることが、熱の流入を抑制するのに効果的であることを発明者らは見出している。ここで、表面粗さとは、1  $\mu\text{m}^2$  当りの中心線平均粗さ Ra をいう。

#### 【0018】

接合材 102 は、拡散防止膜 105 上に対応する位置の各層間絶縁膜 104 に形成される各開口部 104a (図 1 において図示せず) 内に設けられ、P 型及び N 型熱電変換素子 110、120 と各種層基板 90 とを接合する。接合材 102 は、本実施の形態 1 では、P 型及び N 型熱電変換部 111、121 からの電流を導電体 101 へ導くための半田である。これに限られず、接合材 102 は、例えば、Sn、Pb、Ag、Bi、In、Sb、Au のいずれかを含む単金属又は合金等を用いることが可能である。

10

#### 【0019】

1-1-2. P 型及び N 型熱電変換素子 110、120 の構成について

次いで、P 型及び N 型熱電変換素子 110、120 は、図 1 に示すように、柱状の P 型及び N 型熱電変換部 111、121 と、筒 112、122 と、拡散防止膜 105 と、をそれぞれ備える。

#### 【0020】

P 型及び N 型熱電変換部 111、121 は、その両端に温度差を生じさせると起電力が生じる所定の熱電変換材料で形成された柱状の部材である。P 型及び N 型熱電変換部 111、121 として、本実施の形態 1 では、常温から 500 K の温度域で高い起電力を持つ Bi-Te (ビスマス-テルル) 系材料を用いる。P 型及び N 型熱電変換部 111、121 は、使用時に存在する温度差に応じて選択することができる。例えば、温度差が常温から 800 K の範囲であれば Pb-Te (鉛-テルル) 系を、前記温度差が常温から 1,000 K の範囲であれば Si-Ge (シリコン-ゲルマニウム) 系を用いることができる。

20

#### 【0021】

P 型及び N 型熱電変換部 111、121 は、上記熱電変換材料に、適当な P 型又は N 型のドーパントを添加して形成することができる。P 型熱電変換部 111 を得るための P 型のドーパントとしては、例えば Sb が挙げられる。N 型熱電変換部 121 を得るための N 型のドーパントとしては、例えば Se が挙げられる。これらの P 型又は N 型のドーパントの添加によって、熱電変換材料は混晶を形成する。したがって、これらの P 型又は N 型のドーパントは、例えば「 $\text{Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$ 」や「 $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}$ 」のような組成式で表される程度の量で添加される。また、P 型及び N 型熱電変換部 111、121 の形状は、素子の生産性や熱電変換材料の結晶方位を筒の軸方向に揃える観点から、多角柱や円柱が好ましい。さらに、脆性である熱電変換材料からなる熱電変換部 111、121 の割れを防ぐ観点から、角への応力集中を抑制できる円柱がより好ましい。

30

#### 【0022】

P 型及び N 型熱電変換部 111、121 の長手方向における長さ L は、P 型及び N 型熱電変換部 111、121 の両端に適度な温度差を生じさせる観点から、例えば 0.3 mm ~ 2.0 mm の範囲内であることが好ましい。

40

#### 【0023】

P 型及び N 型熱電変換部 111、121 の短手方向における断面積は、小さ過ぎると熱電変換部が破壊され、一方で大き過ぎると熱電変換モジュール 100A の単位面積当たりの熱電変換素子数が減少して性能低下につながる。そのため、P 型及び N 型熱電変換部 111、121 の短手方向の断面積は、例えば、0.1  $\text{mm}^2$  ~ 4  $\text{mm}^2$  の範囲内であることが好ましい。

#### 【0024】

筒(絶縁体) 112、122 は、P 型及び N 型熱電変換部 111、121 の側面を囲う

50

ように設けられる。筒 112、122 は、耐熱性と絶縁性とを有する絶縁材料で形成され、両端に開口する空洞を有する部材である。筒 112、122 の形状は、例えば、円筒、多角筒、及び角に R を持つ多角筒等とすることができる。筒 112、122 の材料としては、例えば、シリカ、アルミナ等の金属酸化物、耐熱ガラス、石英等が挙げられる。また、筒 112、122 の材料は、耐熱性の観点によれば石英が好ましく、さらに製造コストを考慮すると耐熱ガラスが好ましい。また、筒 112、122 の切断面の表面粗さは、後述する P 型及び N 型熱電変換素子 110、120 を形成する際に、ワイヤーソーやダイサー等で切断するため、例えば、 $10\ \mu\text{m} \sim 20\ \mu\text{m}$  の範囲となる。

#### 【0025】

筒 112、122 の短手方向の断面積が、P 型及び N 型熱電変換部 111、121 の短手方向の断面積に比較して小さい場合には、熱電変換モジュール 100A の全体に占める P 型及び N 型熱電変換部 111、121 の断面積率を大きくできる。これによって、熱電変換モジュール 100A の熱電変換性能が向上する。一方で、筒 112、122 の短手方向の断面積が、P 型及び N 型熱電変換部 111、121 のそれに比較して小さ過ぎる場合には、P 型及び N 型熱電変換素子 110、120 の機械的強度の低下を引き起こす。そのため、筒 112、122 の短手方向の断面積は、P 型及び N 型熱電変換部 111、121 の短手方向の断面積と比較して、例えば、0.2 倍～1.7 倍の範囲内であることが好ましい。

#### 【0026】

拡散防止膜 105 は、P 型及び N 型熱電変換部 111、121 の上側及び下側の各頂面上に設けられる。また、拡散防止膜 105 は、接合材 102 中の成分が P 型及び N 型熱電変換部 111、121 へ拡散することを防止するために設けられる。拡散防止膜 105 として、本実施の形態 1 では、Ni を用いる。これに限られず、拡散防止膜 105 としては、例えば、Ni、Mo、Ti、W のいずれかを含む単金属又は合金等を用いることができる。また、拡散防止膜 105 は、Ni 又は Mo を用いてもよい。

#### 【0027】

また、本実施の形態 1 に係る熱電変換モジュール 100A は、短手方向において隣接する P 型及び N 型熱電変換素子 110、120 の間を離間する間隙（第 2 間隙）140 を更に有する。

#### 【0028】

1-2. P 型及び N 型熱電変換素子の頂面の近傍の構成について

次に、P 型及び N 型熱電変換素子 110、120 の頂面の近傍の構成について説明する。図 2 は、図 1 の P 型熱電変換素子 110 の上側頂面の近傍を拡大して示す縦断面図であって、図 1 において囲って示す部分を拡大している。ここでは、図 2 を用い、P 型熱電変換素子 110 の上側頂面の近傍の構成を例に挙げて説明する。

#### 【0029】

図 2 に示すように、P 型熱電変換素子 110 は、長手方向において筒 112 と層間絶縁膜 104 とが所定の間隔（実質的に拡散防止膜 105 の膜厚 TA）を有して離間する間隙 130 を有する。図 2 に示すように、拡散防止膜 105 は、実質的に P 型熱電変換部 111 の頂面上のみに設けられ、筒 112 の頂面を覆わない。このため、筒 112 と層間絶縁膜 104 との間には、拡散防止膜 105 の膜厚 TA 分の間隙 130 が形成される。換言すると、拡散防止膜 105 の頂面は、長手方向において、筒 112 の上側及び下側の各頂面から突出する。その結果、P 型熱電変換素子 110 は、長手方向において、筒 112 上に間隙 130 を有する。

#### 【0030】

また、この間隙 130 には、本実施の形態 1 では、空気が満たされる。しかし、空気に限られず、間隙 130 には、例えば、減圧された（負圧の）空気等の気体が満たされている（充填されている）のが好ましい。減圧された気体の熱伝導率は低いからである。また一般的な乾燥空気よりも熱伝導率の低いアルゴンガス等の所定のガスが満たされてもよい。所定のガスが、減圧されたアルゴンガスであればなお良い。さらに、間隙 130 は、例

10

20

30

40

50

えば、断熱効果のより高い真空であるのがより望ましい。後述するように、この間隙 130 を有することによって、間隙 130 が断熱材として働き、高温側（受熱側）の伝熱体 106 から受熱した熱が、層間絶縁膜 104 から筒 112 に直接的に流れることを抑制できる。そのため、受熱した熱を効率よく P 型熱電変換部 111 に導くことができる。

#### 【0031】

ここで、間隙 130 を設けるためには、拡散防止膜 105 の外径寸法  $d_1$  が P 型熱電変換部 111 の外径寸法  $d_2$  よりも小さく、かつ、層間絶縁膜 104 の開口部 104a の内径寸法  $D_1$  が拡散防止膜 105 の外径寸法  $d_1$  よりも小さくなる所定の関係 ( $d_1 < d_2$ 、 $D_1 < d_1$ ) を満たすことが好ましい。換言すると、短手方向における拡散防止膜 105 の断面積は、開口部 104a の断面積より大きく、短手方向における P 型及び N 型熱電変換部 111、121 の各頂面の断面積は、拡散防止膜 105 の断面積よりも大きくなる関係を満たすことが好ましい。上記所定の関係を満たすことにより、筒 112 と層間絶縁膜 104 との間に、実質的に拡散防止膜 105 の膜厚  $T_A$  分の間隔で離間する間隙 130 を有することができる。

10

#### 【0032】

さらに、導電体 101 と P 型及び N 型熱電変換部 111、121 との接合抵抗を最小化するために、例えば、開口部 104a の内径寸法  $D_1$  を、拡散防止膜 105 の外径寸法  $d_1$  のおよそ 90% とすることがより好ましい。

#### 【0033】

また、後述する製造方法の際の位置のバラツキを考慮すると、拡散防止膜 105 の外径寸法  $d_1$  の  $x$   $y$  方向の位置ズレ量  $d_{1\_xy}$  に対して、開口部 104a の内径寸法  $D_1$  が、拡散防止膜 105 の外径寸法  $d_1$  からの上記位置ズレ量  $d_{1\_xy}$  の差よりも小さいこと ( $D_1 < d_1 - d_{1\_xy}$ ) が好ましい。さらに、P 型熱電変換部 111 の外径寸法  $d_2$  の  $x$   $y$  方向の位置ズレ量  $d_{2\_xy}$  に対して、拡散防止膜 105 の外径寸法  $d_1$  が、P 型熱電変換部 111 の外径寸法  $d_2$  からの上記位置ズレ量  $d_{2\_xy}$  の差よりも小さいこと ( $d_1 < d_2 - d_{2\_xy}$ ) がより好ましい。

20

#### 【0034】

拡散防止膜 105 の膜厚  $T_A$  は、接合材 102 が開口部 104a から漏れ広がり、筒 112 まで到達することを抑制する観点から、 $5\ \mu\text{m}$  以上が好ましい。一方、膜厚  $T_A$  が大きすぎると電気的な抵抗も高くなる。そのため、拡散防止膜 105 の膜厚  $T_A$  は、 $30\ \mu\text{m}$  以下が好ましい。

30

#### 【0035】

なお、上記説明においては、図 2 を用いて、P 型熱電変換素子 110 の上側頂面の構成を一例に挙げて説明した。しかし、P 型熱電変換素子 110 の下側頂面の構成においても同様に、筒 112 と層間絶縁膜 104 とが、長手方向において所定の間隔（実質的に拡散防止膜 105 の膜厚  $T_A$ ）で離間する間隙 130 を有する。さらに、N 型熱電変換素子 120 の上側及び下側頂面の各構成においても同様に、筒 122 と層間絶縁膜 104 とが長手方向において所定の間隔（実質的に拡散防止膜 105 の膜厚  $T_A$ ）を有して離間する間隙 130 を有する。

#### 【0036】

##### 2. 発電動作について

次に、図 1 を用い、実施の形態 1 に係る熱電変換モジュール 100A の発電動作について説明する。

40

#### 【0037】

ここで、図 1 に示す熱電変換モジュール 100A の構成において、上側の積層基板 90 の伝熱体 106 を高温とし、下側の積層基板 90 の伝熱体 106 を低温とする。これによって、当該高温と低温との差による温度差により、高温側（受熱側）の上側の積層基板 90 から低温側（放熱側）の下側の積層基板 90 へ流れる熱の熱流が発生する。

#### 【0038】

そして、発生した熱流が、図 1 の矢印  $H_A$  で示す流路のように、高温側の伝熱体 106

50



から、順次、絶縁板 103、導電体 101、接合材 102、拡散防止膜 105、及び P 型熱電変換部 111 に流れる。これによって、P 型熱電変換部 111 は、高温側の端部と低温側の端部とにおける両端の温度差に比例した電圧を発生する。ここで、矢印 HA で示す流路とは、高温側の伝熱体 106 から、順次、絶縁板 103、導電体 101、接合材 102、拡散防止膜 105、及び P 型熱電変換部 111 (又は N 型熱電変換部 121) に流れ、低温側の下側の積層基板 90 の伝熱体 106 に流れるまでの流路をいう。

#### 【0039】

N 型熱電変換素子 120 においても、同様に、発生した熱流が、矢印 HA で示す流路を流れることにより、N 型熱電変換部 121 は、高温側の端部と低温側の端部とにおける両端の温度差に比例した電圧を発生する。ここで、N 型熱電変換素子 120 において発生する電圧の極性は、P 型熱電変換素子 110 において発生する極性と異なる。そこで、発生した電圧が相殺されることを防止するため、導電体 101 により、短手方向に隣接する P 型及び N 型熱電変換素子 110、120 を電氣的に互いに直列接続する。このように電氣的に接続することで、熱電変換モジュール 100A の全体において、より大きな起電力を発生させることができる。

#### 【0040】

ここで、熱電変換モジュール 100A に与えられた温度差により生じる熱流の流路は、発電に寄与する上記矢印 HA だけでなく、P 型及び N 型熱電変換部 111、121 を流れず、発電に寄与しない図 1 の矢印 HB に示す流路も存在する。矢印 HB に示す流路とは、高温側の伝熱体 106 からの熱が、順次、絶縁板 103、導電体 101、層間絶縁膜 104、間隙 130、及び筒 112 (又は 122) に流れ、低温側の下側の積層基板 90 の伝熱体 106 に流れるまでの流路をいう。

#### 【0041】

しかし、上記のように、実施の形態 1 に係る熱電変換モジュール 100A は、長手方向において筒 112、122 と層間絶縁膜 104 との間が離間する間隙 130 を有する。この間隙 130 には、本実施の形態 1 では、空気が満たされることから、間隙 130 の熱抵抗は、例えば絶縁材料等の固体物質の熱抵抗に比較して、1 桁以上その値が大きい。そのため、この間隙 130 が断熱材として働き、発電に寄与しない矢印 HB の流路に流れる熱量を抑制することができる。そして、この矢印 HB の流路に流れる熱量を抑制する分、発電に寄与する矢印 HA の流路が支配的となり、矢印 HA の流路に流れる熱量を増大させることができる。そのため、熱電変換モジュール 100A の熱電変換効率を向上させることができる。

#### 【0042】

なお、拡散防止膜 105 の外径寸法  $d_1$  が、P 型及び N 型熱電変換部 111、121 の外径寸法  $d_2$  よりも大きい場合、間隙 130 の体積が減少する。その結果、矢印 HA で示す熱流の一部が、拡散防止膜 105 を経由して、筒 112、122 に流れ、P 型及び N 型熱電変換部 111、121 に流れる熱流が低下してしまう。また、拡散防止膜 105 の外径寸法  $d_1$  が、開口部 104a の内径寸法  $D_1$  より小さい場合、開口部 104a 内の接合材 102 が、P 型及び N 型熱電変換部 111、121 に接する部分を有するおそれがある。この場合、当該接する部分が P 型及び N 型熱電変換部 111、121 の頂面全体に濡れ広がり、筒 112、122 にまで接する可能性がある。また、接合材 102 は、P 型及び N 型熱電変換部 111、121 からの電流を導電体 101 に導くための半田であるが、この接合材 102 は熱伝導率が高い。そのため、拡散防止膜 105 の外径寸法  $d_1$  が開口部 104a の内径寸法  $D_1$  よりも小さい場合、接合材 102 を介して筒 112、122 への熱の流入を増大させてしまう。そのため、拡散防止膜 105 の外径寸法  $d_1$  が P 型熱電変換部 111 の外径寸法  $d_2$  よりも小さく、かつ、層間絶縁膜 104 の開口部 104a の内径寸法  $D_1$  が拡散防止膜 105 の外径寸法  $d_1$  よりも小さくなる所定の関係 ( $d_1 < d_2$ 、 $D_1 < d_1$ ) を満たすことが好ましい。

#### 【0043】

3. 製造方法について

10

20

30

40

50

次に、図3乃至図9を用い、実施の形態1に係る熱電変換モジュール100Aの製造方法について説明する。

【0044】

3-1. P型及びN型熱電変換素子110、120の製造工程について

図3及び図4を用い、P型及びN型熱電変換素子110、120の製造工程について説明する。ここでは、P型熱電変換部111と、筒112と、拡散防止膜105とを備えるP型熱電変換素子110の製造工程を一例に挙げて説明する。

【0045】

まず、図3に示すように、耐熱性及び絶縁性を有するパイプ201を準備する。本実施の形態1では、パイプ201には、例えば、ガラス、特に耐熱ガラス( $\text{SiO}_2$ と $\text{B}_2\text{O}_3$ を混合したホウケイ酸ガラスの一種で、熱膨張率は約 $3 \times 10^{-6} / \text{K}$ の材料)を使用してもよい。また、パイプ201には、例えば、全長が150mm、内径と外径がそれぞれ、0.8mm、2mmであるものを使用できる。そして、パイプ201の一端にシリコンチューブ202を介してシリンダー203を取り付け、他端をるつぼ204内の溶融熱電変換材料205に浸す。ここで、溶融熱電変換材料205とは、加熱により溶融したP型熱電変換材料(又はN型熱電変換材料)である。

10

【0046】

続いて、図4に示すように、シリンダー203を動作させることにより、パイプ201の内部に溶融熱電変換材料205を吸引する。そして、吸引した溶融熱電変換材料205を冷却して、パイプ201の内部で凝固させる。続いて、パイプ201の長手方向に対して実質的に垂直な短手方向に沿って、例えば、ワイヤソー又はダイサー207を長手方向の所望の長さLとなるように制御し、P型熱電変換部111とパイプ201とを同時に切断する。上記のような切断工程により、P型熱電変換部111をパイプ201から切り離すことで、P型熱電変換部111と筒112とを同時に形成する。

20

【0047】

続いて、図示は省略するが、形成したP型熱電変換部111の上側及び下側の各頂面上に、例えば、バレルめっき法を用いて、Ni等からなる拡散防止膜105を選択的に形成する。この工程の際、形成される拡散防止膜105の外径寸法 $d_1$ がP型熱電変換部111の外径寸法 $d_2$ よりも小さく、かつ、後述する層間絶縁膜104の開口部104aの内径寸法 $D_1$ が拡散防止膜105の外径寸法 $d_1$ よりも小さくなる上記所定の関係( $d_1 < d_2$ 、 $D_1 < d_1$ )を満たすように、形成条件を制御する。さらに、この工程の際、形成される拡散防止膜105の膜厚 $T_A$ が、 $5 \mu\text{m}$ 以上、かつ $30 \mu\text{m}$ 以下となるように、形成条件を制御することが好ましい。

30

【0048】

以上の製造工程により、複数のP型熱電変換素子110を形成する。なお、N型熱電変換素子120の製造工程については、るつぼ204内に溶融させる溶融熱電変換材料がN型の熱電変換材料である点を除いて、上記P型熱電変換素子110の製造工程と実質的に同様である。そのため、N型熱電変換素子120の製造工程の詳細な説明については省略する。

【0049】

3-2. P型及びN型熱電変換素子110、120の実装工程について

次に、図5乃至図9を用い、P型及びN型熱電変換素子110、120の積層基板90への実装工程について説明する。

40

【0050】

まず、図5に示すように、搬送トレイ220上に、下側の積層基板90を準備する。図5に示すように、下側の積層基板90は、伝熱体106上に順次積層された絶縁板103、導電体101、及び層間絶縁膜104を備える。ここで、導電体101は、後の工程において実装されるP型及びN型熱電変換素子110、120が電氣的に互いに直列接続するように、その一部が短手方向において分離される。さらに、層間絶縁膜104には、例えば、エッチング工程等を用いて、内径寸法 $D_1$ を有する開口部104aが形成される。

50

ここで、開口部 104a を形成する際に、開口部 104a の内径寸法 D1 が、拡散防止膜 105 の外径寸法 d1 よりも小さくなる ( $D1 < d1$ ) ように、形成条件を制御することが好ましい。

#### 【0051】

続いて、図 6 に示す半田印刷工程において、層間絶縁膜 104 の各開口部 104a 内に、例えば、スクリーン印刷によって、最適化された量の半田を印刷し、接合材 102 を形成する。ここで、上側の積層基板 90 についても、上記図 5 及び図 6 において示した同様の工程を行って、同様に形成する。

#### 【0052】

続いて、図 7 に示す素子実装工程において、下側の積層基板 90 の各接合材 102 上に、P 型及び N 型熱電変換素子 110、120 を、例えば、チップマウンター等を用いて実装する。実装された P 型及び N 型熱電変換素子 110、120 は、導電体 101 により、電氣的に互いに直列接続される。続いて、所定のリフロー工程を行い、各接合材 102 が層間絶縁膜 104 の各開口部 104a 内で溶融し凝固するように、例えば、所定の温度プロファイルを有するリフロー炉で加熱及び冷却を行う。

#### 【0053】

続いて、図 8 に示す基板実装工程において、上記図 5 及び図 6 に示した同様の工程を行って、同様に形成した上側の積層基板 90 を準備する。そして、準備した上側の積層基板 90 の各接合材 102 が、P 型及び N 型熱電変換素子 110、120 の上側の各拡散防止膜 105 上にそれぞれ配置されるように、上側の積層基板 90 を実装する。

#### 【0054】

続いて、図 9 に示すリフロー工程において、上側の積層基板 90 が加重された状態で、各接合材 102 が層間絶縁膜 104 の各開口部 104a 内で溶融し凝固するように、例えば、所定の温度プロファイルを有するリフロー炉で加熱及び冷却を行う。そして、各接合材 102 を各開口部 104a 内で溶融させ凝固させて、本実施の形態 1 に係る熱電変換モジュール 100A を製造する。上記のように、本実施の形態 1 では、上側及び下側の各積層基板 90 に対してそれぞれリフロー工程を行い、所定の各開口部 104a 内に接合材 102 をそれぞれ形成する。そのため、許容される位置ずれの範囲内で熱電変換モジュール 100A を製造することが可能となる。

#### 【0055】

##### 4. 作用効果について

以上説明したように、実施の形態 1 に係る熱電変換モジュール 100A は、長手方向において筒 112、122 と層間絶縁膜 104 との間が離間する間隙 130 を有する。この間隙 130 には、本実施の形態 1 では、空気が満たされることから、間隙 130 の熱抵抗は、例えば絶縁材料等の固体物質に比較して、1桁以上大きい。そのため、間隙 130 が断熱材として働き、図 1 に示した発電に寄与しない矢印 HB の流路に流れる熱量を抑制することができる。そして、この矢印 HB の流路に流れる熱量を抑制する分、同図 1 に示す発電に寄与する矢印 HA の流路に流れる熱量を増大させることができる。そのため、熱電変換モジュール 100A の熱電変換効率を向上させることができる。

#### 【0056】

例えば、P 型及び N 型熱電変換部 111、121 の短手方向の断面積と筒 112、122 の短手方向の断面積との比率が 1 : 1 であって、P 型及び N 型熱電変換部 111、121 の熱伝導率が  $1.4 \text{ W/mK}$ 、筒 112、122 の熱伝導率  $0.6 \text{ W/mK}$  の場合、P 型及び N 型熱電変換部 111、121 に流れる熱量は、約 40% 程度低下する。しかし、本実施の形態 1 では、上記間隙 130 を有することにより、筒 112、122 に流れる熱量の大部分を抑制することができる。そのため、筒 112、122 に流れる熱量を抑制して、P 型及び N 型熱電変換部 111、121 に流れる熱量を増大させ、熱電変換モジュール 100A の熱電変換効率を向上させることができる。

#### 【0057】

さらに、本実施の形態 1 に係る熱電変換モジュール 100A は、短手方向において隣接

10

20

30

40

50

するP型又はN型熱電変換素子110、120の間が離間する間隙140を有する。そのため、短手方向に隣接するP型又はN型熱電変換素子110、120の間の熱抵抗を増大させることで、P型及びN型熱電変換部111、121に流れる熱量をより増大させ、熱電変換モジュール100Aの熱電変換効率を向上させることができる。

#### 【0058】

(実施の形態2)

次に、図10を用い、実施の形態2に係る熱電変換モジュールについて説明する。図10は、実施の形態2に係る熱電変換モジュール100Bの断面構造を示す縦断面図である。

#### 【0059】

図10に示すように、実施の形態2に係る熱電変換モジュール100Bは、下側及び上側の積層基板90Bを備えることを特徴としている。積層基板90Bは、上記実施の形態1に係る積層基板90と比較して、伝熱体106と絶縁板103とを備えていない点で相違する。

#### 【0060】

製造方法に関しては、図5において説明した基板準備工程の際に、積層基板90の代わりに、導電体101と層間絶縁膜104とをそれぞれ備える下側及び上側の積層基板90Bを同様に準備すればよい。その他の構成、動作、及び製造方法については、上記実施の形態1と実質的に同様であるため、各詳細な説明については省略する。

#### 【0061】

以上説明したように、実施の形態2に係る熱電変換モジュール100Bの積層基板90Bは、導電体101と層間絶縁膜104とを備えるが、伝熱体106と絶縁板103とを備えていない。この積層基板90Bの構成によれば、伝熱体106と絶縁板103とを備えていないため、熱源からの熱流は、伝熱体106と絶縁板103とを介することなく、導電体101及び層間絶縁膜104のみを介して、P型及びN型熱電変換部111、121に流れる。そのため、伝熱体106と絶縁板103とを介することによる熱の損失がなく、熱流が効率よく流れるため、熱電変換モジュール100Bの熱電変換効率を向上させることができる。

#### 【0062】

ここで、高温側と低温側との温度差をとり難く、温度差が小さい場合には、少ない温度勾配の状況下で、P型及びN型熱電変換部111、121の両端の温度差をより大きくとる必要がある。そのため、このような状況下においては、熱源からP型及びN型熱電変換部111、121の各頂面までの熱損失が小さい実施の形態2に係る熱電変換モジュール100Bが、熱電変換効率の観点からより有効である。

#### 【0063】

(実施の形態3)

次に、図11及び図12を用い、実施の形態3に係る熱電変換モジュールについて説明する。図11は、実施の形態3に係る熱電変換モジュール100Cの断面構造を示す縦断面図である。図12は、図11のP型熱電変換素子110の上側頂面の近傍を拡大して示す縦断面図であって、図11において囲って示す部分を拡大している。

#### 【0064】

図11に示すように、実施の形態3に係る熱電変換モジュール100Cは、実施の形態1に係る熱電変換モジュール100Aと比較して、積層基板90Cが導電リング107を更に備えることを特徴としている。導電リング107は、長手方向における層間絶縁膜104と拡散防止膜105との間に、接合材102の側面をリング状に囲うように設けられる。

#### 【0065】

図12に示すように、導電リング107の内径寸法は、開口部104aの内径寸法D1よりも大きくする。また、導電リング107の外径寸法D2は、拡散防止膜105の外径寸法d1よりも小さくする(D2 < d1)。これにより、導電リング107の膜厚分、間

10

20

30

40

50

隙 130B をより大きく設けることができる。そのため、実施の形態 3 に係る熱電変換モジュール 100C は、長手方向における筒 112 と層間絶縁膜 104 との間を、実質的に拡散防止膜 105 と導電リング 107 との膜厚  $TB$  分の間隔で離間する間隙 130B を有する。

#### 【0066】

上記のように、導電リング 107 の外径寸法  $D2$  は、筒 112、122 への熱の流入をより抑制するために、拡散防止膜 105 の外径寸法  $d1$  より小さくする ( $D2 < d1$ )。その一方で、P 型及び N 型熱電変換部 111、121 に熱を効率よく流すために、導電リング 107 の内径寸法は、開口部 104a の内径寸法  $D1$  よりも大きくする。また、導電リング 107 は、P 型及び N 型熱電変換部 111、121 で発生した電流を効率よく取り出すために、電気抵抗の低い導電体で構成することが好ましい。導電リング 107 の膜厚は、例えば、 $30\ \mu\text{m}$  である。

10

#### 【0067】

製造方法に関しては、例えば、図 5 で示した積層基板 90 を準備し、当該積層基板 90 上にレジスト膜を塗布し、塗布したレジスト膜に開口部 104a を囲うようなリング状の開口を形成する。続いて、形成した開口中に所定の方法を用いて、導電体を埋め込み形成してリング状の導電リング 107 を形成する。続いて、塗布したレジスト膜を積層基板 90 から剥離する。その他の構成、動作、及び製造方法については、上記実施の形態 1 と実質的に同様であるため、各詳細な説明については省略する。

#### 【0068】

20

以上説明したように、実施の形態 3 に係る熱電変換モジュール 100C は、長手方向における層間絶縁膜 104 と拡散防止膜 105 との間に、接合材 102 の側面をリング状に囲うように設けられる導電リング 107 を更に備える。そのため、熱電変換モジュール 100C は、長手方向における筒 112 と層間絶縁膜 104 との間に、実質的に拡散防止膜 105 と導電リング 107 との膜厚  $TB$  分の間隔で離間する間隙 130B を有する。上記の構成によれば、長手方向における筒 112 と層間絶縁膜 104 との間隔 130B を、間隙 130 と比較してより大きく設けることができるため、層間絶縁膜 104 から筒 112、122 への熱の流入をより抑制することができる。このため、熱電変換モジュール 100C の熱電変換性能をより向上させることができる。

#### 【0069】

30

また、熱源が、例えば導電体やイオン化された液体等の場合には、短絡や電解腐食を防ぐ観点から、積層基板 90 を備える実施の形態 1、3 に係る熱電変換モジュール 100A、100C の構成が有効である。さらに、より大きくかつ確実に長手方向における筒 112 と層間絶縁膜 104 との間を離間したい場合には、実施の形態 3 に係る間隙 130B を有する熱電変換モジュール 100C の構成がより有効である。

#### 【0070】

(実施の形態 4)

次に、図 13 を用い、実施の形態 4 に係る熱電変換モジュールについて説明する。図 13 は、実施の形態 4 に係る熱電変換モジュール 100D の断面構造を示す縦断面図である。

40

#### 【0071】

図 13 に示すように、実施の形態 4 に係る熱電変換モジュール 100D は、実施の形態 2 に係る熱電変換モジュール 100B と比較して、積層基板 90D の層間絶縁膜 104 中に設けられる孔 108 を更に備えることを特徴としている。

#### 【0072】

孔 108 は、開口部 104a の周囲を囲うように、層間絶縁膜 104 を貫通して設けられるリング状の孔である。このような孔 108 を設けることで、筒 112、122 と層間絶縁膜 104 との接触面積が小さくなり、層間絶縁膜 104 から筒 112、122 へ流れる熱経路の熱抵抗をより高めることができる。また、短手方向における孔 108 の断面積の総面積は、熱電変換モジュール 100D の強度の観点から、短手方向における層間絶縁

50

膜 104 の断面積の 50% 以下であることが好ましい。それは、孔 108 の上記総面積が 50% を超えると、各部材に生じる熱変形の影響を層間絶縁膜 104 で吸収できず、熱電変換モジュールとしての信頼性が低下するおそれがあるからである。

【0073】

製造方法に関しては、上記実施の形態 2 に係る積層基板 90B を同様に準備した後、開口部 104a の周囲を囲うように、例えば、リング状に層間絶縁膜 104 を貫通するまでエッチング工程等を行うことで、図 13 に示した孔 108 を形成することが可能である。その他の構成、動作、及び製造方法については、上記実施の形態 2 と実質的に同様であるため、各詳細な説明については省略する。

【0074】

以上説明したように、実施の形態 4 に係る熱電変換モジュール 100D は、開口部 104a の周囲を囲うように、層間絶縁膜 104 を貫通するリング状の孔 108 を備える。このような孔 108 を備えることで、熱抵抗が大きくなり、層間絶縁膜 104 から筒 112、122 へ流れる熱経路の熱抵抗をより高めることができる。さらに、与えられた熱が、孔 108 を設けた層間絶縁膜 104 の面内に伝わりにくくなり、接合材 102 を通る流路に熱が集中して流れる。その結果として、P 型及び N 型熱電変換部 111、121 に流れる熱が多くなる。このように、開口部 104a を囲うようなリング状の孔 108 を備えることで、層間絶縁膜 104 の面内への熱の流入をより強力に抑制することができ、熱電変換モジュール 100D の熱電変換効率をさらに向上させることができる。

【0075】

(実施の形態 5)

次に、図 14 及び図 15 を用い、実施の形態 5 に係る熱電変換素子及びモジュールについて説明する。図 14 は、実施の形態 5 に係る P 型熱電変換素子 110B の平面構造を示す平面図である。図 15 は、図 14 の X-V-X' 線に沿った縦断面図である。

【0076】

図 14 及び図 15 に示すように、実施の形態 5 に係る P 型熱電変換素子 110B は、実施の形態 1 に係る P 型熱電変換素子 110 と比較して、P 型熱電変換部 111 の上側及び下側の各側面に間隙 130C を有することを特徴としている。この間隙 130C は、P 型熱電変換部 111 の上側及び下側の各頂面が、筒 112 の上側及び下側の各頂面から長手方向において凸状に突出することで設けられる。また、図 14 及び図 15 に示すように、実施の形態 5 に係る拡散防止膜 105 は、筒 112 の上側及び下側の各頂面から突出した P 型熱電変換部 111 の各頂面上を覆って、断面がコの字状となるように設けられる。なお、実施の形態 5 に係る N 型熱電変換素子については、図示を省略するが、同様の構成であり、N 型熱電変換部 121 の上側及び下側の各側面に同様の間隙 130C を有する。

【0077】

また、図示を省略するが、実施の形態 5 に係る積層基板は、層間絶縁膜 104 を用いていない。そのため、実施の形態 5 に係る熱電変換モジュールは、P 型及び N 型熱電変換素子 110B、120B を、例えば層間絶縁膜 104 を有さない積層基板 90 上に同様に実装することにより、長手方向において、筒（絶縁体）112、122 と導電体（配線層）101 とを離間する間隙 130C を有する。

【0078】

製造方法に関しては、まず、上記図 3 及び図 4 において説明した製造工程と同様の製造工程を用いて、P 型熱電変換部 111 を形成する。続いて、パイプ 201 から P 型熱電変換部 111 を切り離す際に、図 15 に示すように、筒 112 の上側及び下側の各頂面のみを、長手方向において厚さ TC だけ中央側へそれぞれ削って切り離すことで、P 型熱電変換部 111 の上側及び下側の各頂面を突出させる。

【0079】

続いて、突出した P 型熱電変換部 111 の上側及び下側の各頂面上に、例えば、メッキ法を用いて、Ni 等からなる拡散防止膜 105 を選択的に形成し、P 型熱電変換素子 110B を形成する。N 型熱電変換素子の製造工程についても、P 型熱電変換素子 110B の

10

20

30

40

50

上記製造工程と同様である。その後、形成した P 型及び N 型熱電変換素子を、例えば層間絶縁膜 104 を有さない下側及び下側の積層基板 90 上に同様に実装することで、実施の形態 5 に係る熱電変換モジュールを製造する。その他の構成、動作、及び製造方法については、上記実施の形態 1 と実質的に同様であるため、各詳細な説明については省略する。

【0080】

以上説明したように、実施の形態 5 に係る熱電変換モジュールが備える P 型及び N 型熱電変換素子は、P 型及び N 型熱電変換部 111、121 の上側及び下側の各側面に間隙 130C を有する。そのため、筒 112、122 に流れる熱の熱流をさらに抑制でき、P 型及び N 型熱電変換部 111、121 に流れる熱の熱流をさらに増大させることで、熱電変換効率を増大させることができる。

10

【0081】

なお、上記実施の形態 1 乃至 5 では、例えば、P 型熱電変換部 111 の熱伝導率が  $1.27 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 、N 型熱電変換部 121 の熱伝導率が  $1.35 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  であり、筒 112、122 として熱伝導率が  $1.1 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  のコーニング社のパイレックス（登録商標）を用いてもよい。また、P 型及び N 型熱電変換部 111、121 では、例えば、短手方向の横断面積は、 $0.5 \text{ mm}^2$ （直径  $0.8 \text{ mm}$  の円柱）である。また、筒 112 の短手方向の横断面積は、 $0.28 \text{ mm}^2$ （外径  $0.5 \text{ mm}$  の円筒）、筒 122 の短手方向の横断面積は、 $0.7 \text{ mm}^2$ （外径  $0.62 \text{ mm}$  の円筒）である。

【0082】

また、上記実施の形態 1 乃至 5 では、開口部 104a、拡散防止膜 105、P 型及び N 型熱電変換部 111、122 の頂面が円形の例を説明したため、外径寸法または内径寸法を用いて説明した。しかし、これらの形状は、円形以外の場合であってもよい。この場合、短手方向における断面積に関しては、開口部 104a が最も小さく、次いで拡散防止膜 105、そして P 型及び N 型熱電変換部 111、122 の頂面が最も大きいとなる関係とすればよい。このような関係を満たす構成により、同様に、間隙 130 を形成でき、筒 112、122 への熱の流入を抑制できる。

20

【0083】

さらに、図 13 において、層間絶縁膜 104 を貫通するリング状の孔 108 を説明した。しかし、これに限られず、例えば、積層基板 90 において、開口部 104a の周囲を囲うように、絶縁板 103 及び層間絶縁膜 104 を貫通するリング状の孔を設けてもよい。

30

【0084】

また、前述の各実施の形態のうちの任意の実施の形態を適宜組み合わせることにより、それぞれの有する効果を奏するようにできる。

【産業上の利用可能性】

【0085】

本開示は、熱を電気に変換することが可能な熱電変換モジュールに広く適用することが可能である。

【符号の説明】

【0086】

- 90、90B、90C、90D... 積層基板
- 100A、100B、100C、100D... 熱電変換モジュール
- 110、110B... P 型熱電変換素子
- 111... P 型熱電変換部
- 112、122... 筒
- 120... N 型熱電変換素子
- 121... N 型熱電変換部
- 101... 導電体
- 102... 接合材
- 103... 絶縁板
- 104... 層間絶縁膜

40

50

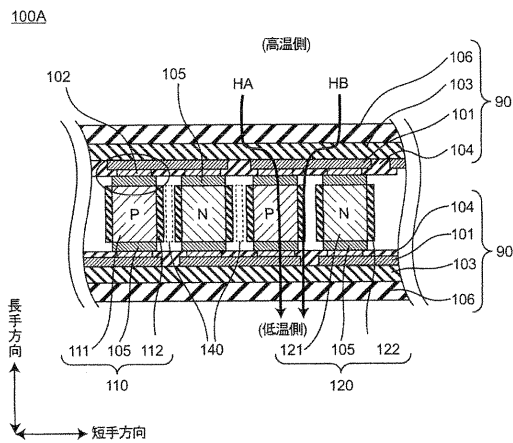
- 105 ... 拡散防止膜
- 106 ... 伝熱体
- 107 ... 導電リング
- 130、130B、130C、140 ... 間隙
- 201 ... パイプ
- 202 ... シリコンチューブ
- 203 ... シリンダー
- 204 ... りつば
- 205 ... 熔融熱電変換材料

【要約】

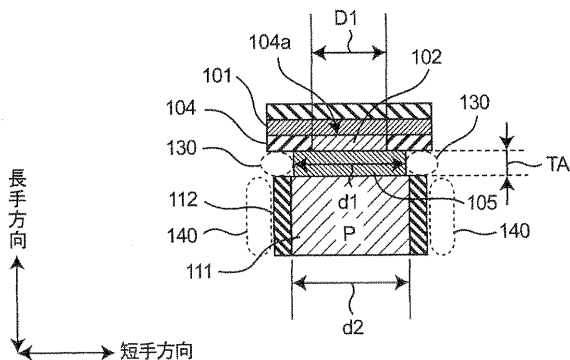
10

熱電変換モジュールは、2つの積層基板90の間に配置されるP型及びN型熱電変換素子110、120を具備する。P型及びN型熱電変換素子は、柱状のP型及びN型熱電変換部111、121と、P型及びN型熱電変換部の側面に設けられた絶縁体112、122と、P型及びN型熱電変換部の側面と異なる面である頂面上に設けられる拡散防止膜105と、を備える。各積層基板は、拡散防止膜を介してP型及びN型熱電変換部を電氣的に接続する配線層101と、拡散防止膜と前記配線層とを接合する接合材102と、を備える。P型又はN型熱電変換部の上側及び下側の頂面を結ぶ方向において、拡散防止膜の頂面は、絶縁体の上側及び下側の各頂面から突出し、上記方向において、絶縁体上に間隙130を有する。

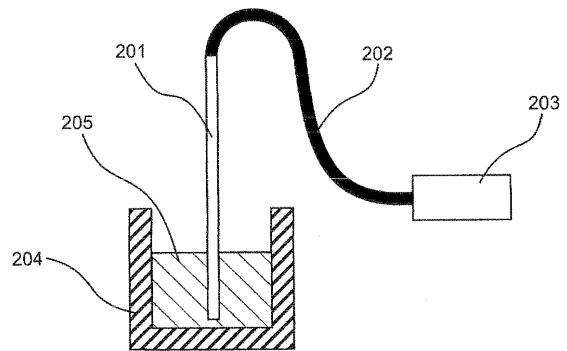
【図1】



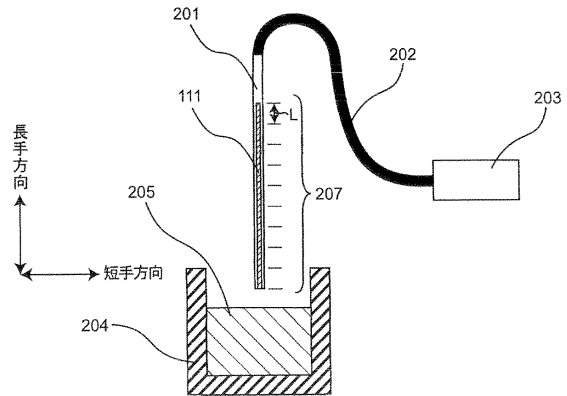
【図2】



【図3】

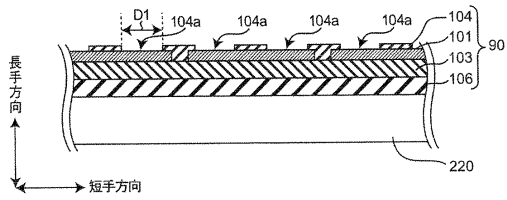


【図4】

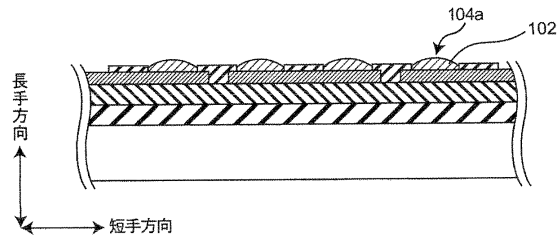




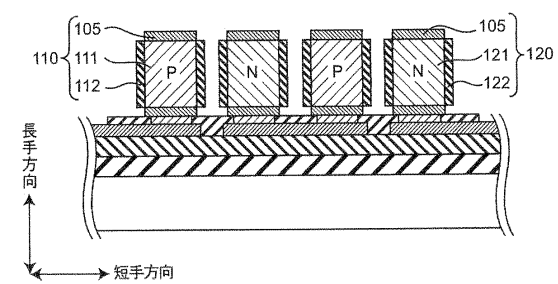
【図 5】



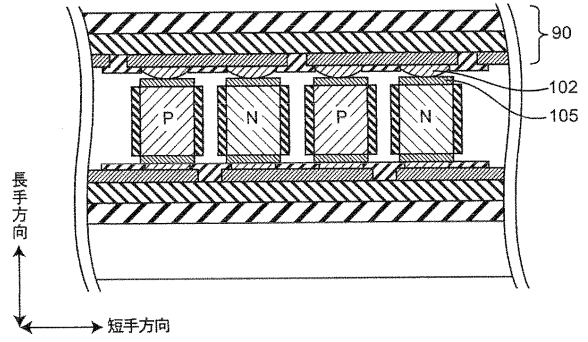
【図 6】



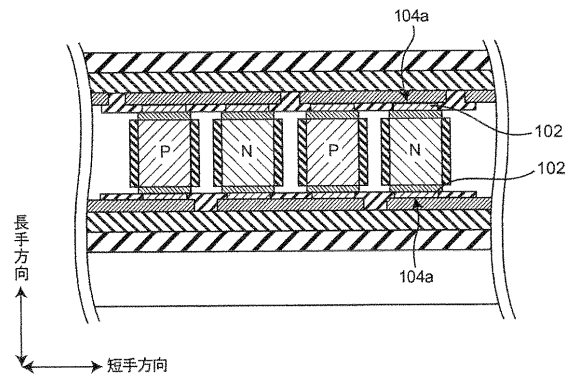
【図 7】



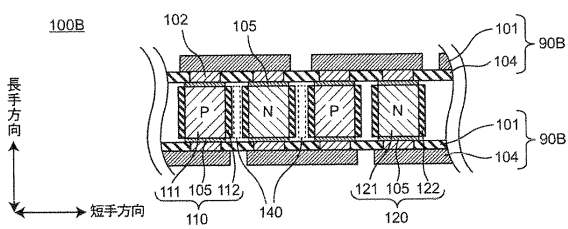
【図 8】



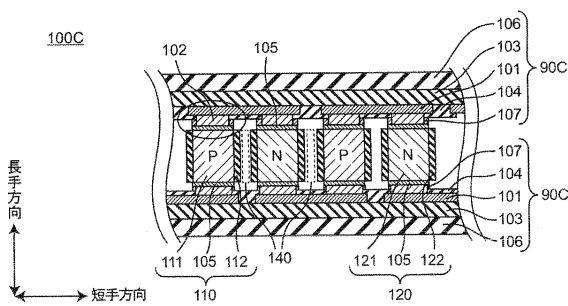
【図 9】



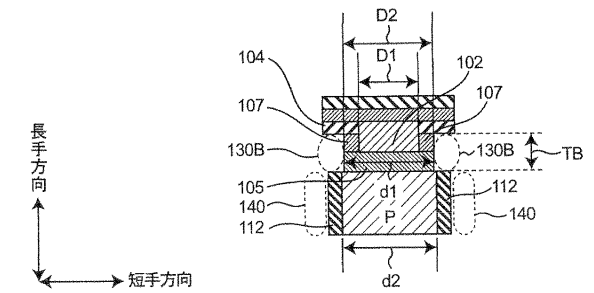
【図 10】



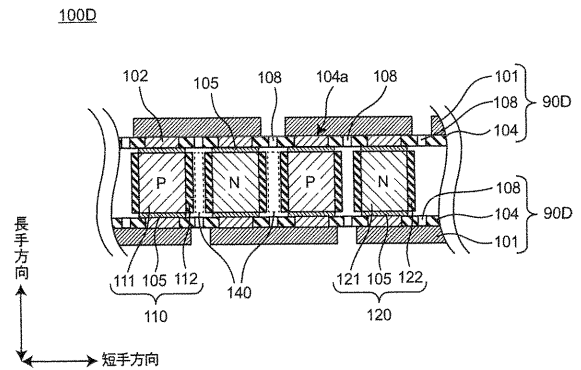
【図 11】



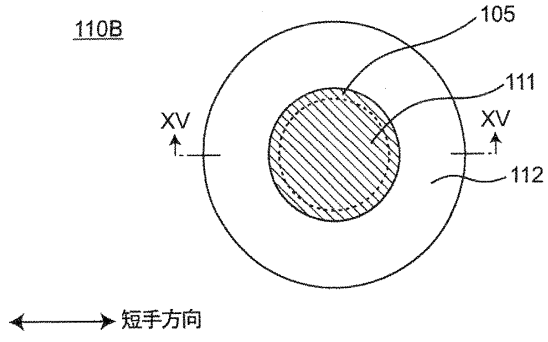
【図 12】



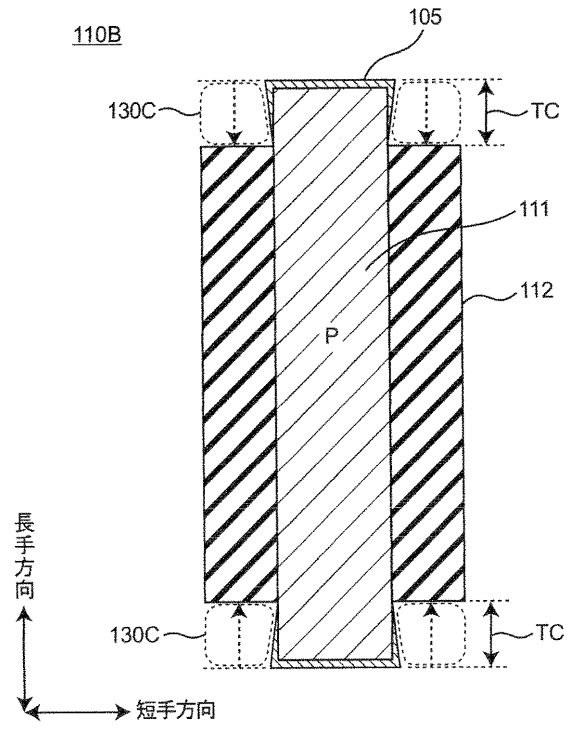
【図 13】



【図14】



【図15】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 豊田 かおり  
大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内
- (72)発明者 東田 隆亮  
大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内
- (72)発明者 車谷 和道  
大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内

審査官 柴山 将隆

- (56)参考文献 国際公開第2011/118341(WO, A1)  
特開2012-231025(JP, A)  
特開2006-135259(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- |      |       |
|------|-------|
| H01L | 35/32 |
| H01L | 35/08 |
| H01L | 35/30 |