

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-135152

(P2017-135152A)

(43) 公開日 平成29年8月3日(2017.8.3)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 35/32 (2006.01)	HO 1 L 35/32	A
HO 1 L 35/34 (2006.01)	HO 1 L 35/34	
HO 1 L 35/14 (2006.01)	HO 1 L 35/14	
HO 2 N 11/00 (2006.01)	HO 2 N 11/00	A
FO 1 N 5/02 (2006.01)	FO 1 N 5/02	Z

審査請求 有 請求項の数 14 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2016-11615 (P2016-11615)
 (22) 出願日 平成28年1月25日 (2016.1.25)

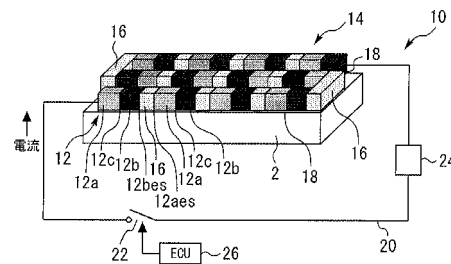
(71) 出願人 000003207
 トヨタ自動車株式会社
 愛知県豊田市トヨタ町1番地
 (74) 代理人 100106150
 弁理士 高橋 英樹
 (74) 代理人 100082175
 弁理士 高田 守
 (74) 代理人 100113011
 弁理士 大西 秀和
 (72) 発明者 杉本 和大
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(54) 【発明の名称】 車両の発電装置

(57) 【要約】

【課題】この発明は、n型半導体部とp型半導体部との間に位置する真性半導体部のバンドギャップエネルギーがn型半導体部およびp型半導体部のバンドギャップエネルギーよりも低くなるように構成された熱電変換素子を備える車両の発電装置に関し、効率良く発電させられる態様で熱電変換素子を車両に搭載できるようにする。

【解決手段】発電装置10は、n型半導体部12aとp型半導体部12bとの間に位置する真性半導体部12cのバンドギャップエネルギーがn型半導体部12aおよびp型半導体部12bのバンドギャップエネルギーよりも低くなるように構成された熱電変換素子12を備える。発電装置10は、熱供給体としての排気管2を有する車両に適用されている。熱電変換素子12には、排気管2から絶縁部材18を介して熱が供給される。熱電変換素子12は、真性半導体部12cの表面の一部が絶縁部材18の表面(熱供給面)に接触するように設置されている。



【選択図】 図5

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

n 型半導体部と、p 型半導体部と、前記 n 型半導体部と前記 p 型半導体部との間に位置する真性半導体部とを有し、前記真性半導体部のバンドギャップエネルギーが前記 n 型半導体部および前記 p 型半導体部のバンドギャップエネルギーよりも低くなるように構成された熱電変換素子を備え、

前記熱電変換素子に熱を供給する熱供給体を有する車両に適用され、かつ、

前記熱供給体の表面に相当し、もしくは前記熱電変換素子と前記熱供給体との間に中間部材を介する場合における前記中間部材の表面に相当する熱供給面から前記熱電変換素子に熱が供給される発電装置であって、

前記熱電変換素子は、前記熱電変換素子の表面のうちの少なくとも前記真性半導体部の表面の一部もしくは全部が前記熱供給面に接触するように設置されていることを特徴とする車両の発電装置。

10

【請求項 2】

前記熱電変換素子は、第 1 の熱電変換素子と第 2 の熱電変換素子とを含み、

前記発電装置は、前記第 1 の熱電変換素子と前記第 2 の熱電変換素子とを電気的に接続する電極をさらに備え、

前記第 1 の熱電変換素子の表面のうちの少なくとも前記真性半導体部の表面の一部もしくは全部は、前記熱供給面の第 1 の部位に接触し、

前記第 2 の熱電変換素子の表面のうちの少なくとも前記真性半導体部の表面の一部もしくは全部は、前記熱供給面における前記第 1 の部位とは別の第 2 の部位に接触していることを特徴とする請求項 1 に記載の車両の発電装置。

20

【請求項 3】

前記電極は、前記第 1 の熱電変換素子の前記 n 型半導体部における前記真性半導体部と反対側の端部と、前記第 2 の熱電変換素子の前記 p 型半導体部における前記真性半導体部と反対側の端部とを接続することを特徴とする請求項 2 に記載の車両の発電装置。

【請求項 4】

前記電極は、

前記第 1 の熱電変換素子の前記 n 型半導体部における前記真性半導体部と反対側の端部と、前記第 2 の熱電変換素子の前記 n 型半導体部における前記真性半導体部と反対側の端部とを接続する正極と、

前記第 1 の熱電変換素子の前記 p 型半導体部における前記真性半導体部と反対側の端部と、前記第 2 の熱電変換素子の前記 p 型半導体部における前記真性半導体部と反対側の端部とを接続する負極と、

を含むことを特徴とする請求項 2 に記載の車両の発電装置。

30

【請求項 5】

前記発電装置は、前記熱供給面側の前記電極の表面が前記熱供給面から受ける熱流束が、前記第 1 の熱電変換素子および前記第 2 の熱電変換素子のそれぞれの前記真性半導体部の表面が前記熱供給面から受ける熱流束よりも小さくなるように構成されていることを特徴とする請求項 3 または 4 に記載の車両の発電装置。

40

【請求項 6】

前記電極は、気層を介して前記熱供給面と対向するように設置されていることを特徴とする請求項 5 に記載の車両の発電装置。

【請求項 7】

前記発電装置は、前記電極の表面と前記熱供給面との間に介在する断熱材をさらに備えることを特徴とする請求項 5 に記載の車両の発電装置。

【請求項 8】

前記発電装置は、前記熱電変換素子の前記 n 型半導体部における前記真性半導体部と反対側の端部、もしくは前記熱電変換素子の前記 p 型半導体部における前記真性半導体部と反対側の端部と、前記熱供給面との間に介在するように設置された断熱材をさらに備える

50

ことを特徴とする請求項 1 ~ 7 の何れか 1 つに記載の車両の発電装置。

【請求項 9】

前記発電装置は、前記熱電変換素子を熱電変換モジュールとして備えており、

前記熱電変換モジュールは、複数の前記熱電変換素子を電氣的に接続して得られる素子積層体をハウジングに収容して得られるものであり、

前記ハウジング、もしくは、前記ハウジングと前記熱電変換素子との間に絶縁部材を介している場合には前記ハウジングおよび前記絶縁部材が、前記中間部材に相当し、

前記素子積層体を構成する複数の前記熱電変換素子のうちの少なくとも一部の前記熱電変換素子の前記熱供給面は、前記ハウジングの内表面もしくは、前記絶縁部材における前記熱電変換素子側の表面であることを特徴とする請求項 1 ~ 8 の何れか 1 つに記載の車両の発電装置。

10

【請求項 10】

前記熱電変換モジュールは、前記ハウジングの前記内表面の裏側に位置する前記ハウジングの外表面が前記熱供給体の表面に接触するように設置されていることを特徴とする請求項 9 に記載の車両の発電装置。

【請求項 11】

前記熱供給面は、第 1 の熱供給面と第 2 の熱供給面とを含み、

前記熱電変換素子の表面のうち、前記真性半導体部の表面の第 1 の部位は前記第 1 の熱供給面に接触し、前記真性半導体部の表面の第 2 の部位は前記第 2 の熱供給面に接触していることを特徴とする請求項 1 ~ 8 の何れか 1 つに記載の車両の発電装置。

20

【請求項 12】

前記車両は、前記熱供給体を複数有し、

前記熱電変換素子の表面のうち少なくとも前記真性半導体部の表面の一部もしくは全部が、複数の前記熱供給体のそれぞれに関する前記熱供給面に接触していることを特徴とする請求項 1 ~ 8 の何れか 1 つに記載の車両の発電装置。

【請求項 13】

前記熱供給体は、前記車両に搭載される内燃機関の排気管であることを特徴とする請求項 1 ~ 11 の何れか 1 つに記載の車両の発電装置。

【請求項 14】

複数の前記熱供給体うちの 1 つは、前記車両に搭載される内燃機関の排気管であることを特徴とする請求項 12 に記載の車両の発電装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、車両の発電装置に係り、特に、熱電変換素子を利用する車両の発電装置に関する。

【背景技術】

【0002】

ゼーベック効果を利用した様々な熱電変換素子が知られている。この熱電変換素子を用いて起電圧を得るためには、当該熱電変換素子を構成する 2 種類の金属もしくは半導体の間に温度差を必要とする。このため、この熱電変換素子を利用して発電を行うためには、温度差を維持するための冷却装置等が必要となる。これに対し、特許文献 1 には、温度差を必要とせずに発電を行える熱電変換素子として利用可能な半導体単結晶が開示されている。

40

【0003】

特許文献 1 に記載の半導体単結晶は、具体的には、n 型半導体部と、p 型半導体部と、n 型半導体部と p 型半導体部との間に位置する真性半導体部とを有し、真性半導体部のバンドギャップエネルギーが n 型半導体部および p 型半導体部のバンドギャップエネルギーよりも低くなるように構成されている。このような構成を有する半導体単結晶を所定の温度範囲に収まるように加熱すると、n 型半導体部と p 型半導体部との間に温度差が生じていな

50

くても、真性半導体部において、価電子帯から伝導帯に電子が励起する。伝導帯に励起された電子は、エネルギーの低いn型半導体部に移動し、価電子帯に生じた正孔は、エネルギーの高いp型半導体部に移動する。これらの移動によって生じたキャリア（電子および正孔）の偏りによって、上記半導体単結晶は、p型半導体部を正極とし、n型半導体部を負極とした発電材料となる。このため、上記構成を有する半導体単結晶を熱電変換素子として利用することで、n型半導体部とp型半導体部との間に温度差が生じていなくても、熱電変換素子の温度が所定の温度範囲内にあるときに発電が可能となる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】国際公開第2015/125823号

【特許文献2】特開2004-011512号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

自動車等の車両の構成部品が放出する熱を有効利用するために、上記特許文献1に記載の半導体単結晶を熱電変換素子として備える発電装置を、車両の種々の部位に適用することが考えられる。この場合には、上記熱電変換素子の特性に着目して効率良く発電できるようにしていることが望まれる。

【0006】

この発明は、上述のような課題に鑑みてなされたもので、n型半導体部とp型半導体部との間に位置する真性半導体部のバンドギャップエネルギーがn型半導体部およびp型半導体部のバンドギャップエネルギーよりも低くなるように構成された熱電変換素子を備える車両の発電装置であって、効率良く発電させられる態様で熱電変換素子を車両に搭載することができる発電装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明に係る車両の発電装置は、n型半導体部と、p型半導体部と、前記n型半導体部と前記p型半導体部との間に位置する真性半導体部とを有し、前記真性半導体部のバンドギャップエネルギーが前記n型半導体部および前記p型半導体部のバンドギャップエネルギーよりも低くなるように構成された熱電変換素子を備えている。前記発電装置は、前記熱電変換素子に熱を供給する熱供給体を有する車両に適用される。前記発電装置では、前記熱供給体の表面に相当し、もしくは前記熱電変換素子と前記熱供給体との間に中間部材を介する場合における前記中間部材の表面に相当する熱供給面から前記熱電変換素子に熱が供給される。前記熱電変換素子は、前記熱電変換素子の表面のうち少なくとも前記真性半導体部の表面の一部もしくは全部が前記熱供給面に接触するように設置されている。

【0008】

前記熱電変換素子は、第1の熱電変換素子と第2の熱電変換素子とを含むものであってもよい。前記発電装置は、前記第1の熱電変換素子と前記第2の熱電変換素子とを電氣的に接続する電極をさらに備えていてもよい。そして、前記第1の熱電変換素子の表面のうち少なくとも前記真性半導体部の表面の一部もしくは全部は、前記熱供給面の第1の部位に接触していてもよい。また、前記第2の熱電変換素子の表面のうち少なくとも前記真性半導体部の表面の一部もしくは全部は、前記熱供給面における前記第1の部位とは別の第2の部位に接触していてもよい。

【0009】

前記電極は、前記第1の熱電変換素子の前記n型半導体部における前記真性半導体部と反対側の端部と、前記第2の熱電変換素子の前記p型半導体部における前記真性半導体部と反対側の端部とを接続するものであってもよい。

【0010】

前記電極は、前記第1の熱電変換素子の前記n型半導体部における前記真性半導体部と

10

20

30

40

50

反対側の端部と、前記第 2 の熱電変換素子の前記 n 型半導体部における前記真性半導体部と反対側の端部とを接続する正極と、前記第 1 の熱電変換素子の前記 p 型半導体部における前記真性半導体部と反対側の端部と、前記第 2 の熱電変換素子の前記 p 型半導体部における前記真性半導体部と反対側の端部とを接続する負極と、を含むものであってもよい。

【0011】

前記発電装置は、前記熱供給面側の前記電極の表面が前記熱供給面から受ける熱流束が、前記第 1 の熱電変換素子および前記第 2 の熱電変換素子のそれぞれの前記真性半導体部の表面が前記熱供給面から受ける熱流束よりも小さくなるように構成されていてもよい。

【0012】

前記電極は、気層を介して前記熱供給面と対向するように設置されていてもよい。

10

【0013】

前記発電装置は、前記電極の表面と前記熱供給面との間に介在する断熱材をさらに備えていてもよい。

【0014】

前記発電装置は、前記熱電変換素子の前記 n 型半導体部における前記真性半導体部と反対側の端部、もしくは前記熱電変換素子の前記 p 型半導体部における前記真性半導体部と反対側の端部と、前記熱供給面との間に介在するように設置された断熱材をさらに備えていてもよい。

【0015】

前記発電装置は、前記熱電変換素子を熱電変換モジュールとして備えていてもよい。前記熱電変換モジュールは、複数の前記熱電変換素子を電氣的に接続して得られる素子積層体をハウジングに収容して得られるものであってもよい。前記ハウジング、もしくは、前記ハウジングと前記熱電変換素子との間に絶縁部材を介している場合には前記ハウジングおよび前記絶縁部材が、前記中間部材に相当するようになっていてもよい。そして、前記素子積層体を構成する複数の前記熱電変換素子のうちの少なくとも一部の前記熱電変換素子の前記熱供給面は、前記ハウジングの内表面もしくは、前記絶縁部材における前記熱電変換素子側の表面であってもよい。

20

【0016】

前記熱電変換モジュールは、前記熱供給面として機能する前記内表面の裏側に位置する前記ハウジングの外表面が前記熱供給体の表面に接触するように設置されていてもよい。

30

【0017】

前記熱供給面は、第 1 の熱供給面と第 2 の熱供給面とを含んでいてもよい。そして、前記熱電変換素子の表面のうち、前記真性半導体部の表面の第 1 の部位は前記第 1 の熱供給面に接触し、前記真性半導体部の表面の第 2 の部位は前記第 2 の熱供給面に接触していてもよい。

【0018】

前記車両は、前記熱供給体を複数有するものであってもよい。そして、前記熱電変換素子の表面のうち少なくとも前記真性半導体部の表面の一部もしくは全部が、複数の前記熱供給体のそれぞれに関する前記熱供給面に接触していてもよい。

【0019】

前記熱供給体は、前記車両に搭載される内燃機関の排気管であってもよい。付け加えると、前記熱供給体を複数有する場合には、複数の前記熱供給体のうちの 1 つは、前記車両に搭載される内燃機関の排気管であってもよい。

40

【発明の効果】

【0020】

本発明によれば、n 型半導体部と p 型半導体部との間に位置する真性半導体部のバンドギャップエネルギーが n 型半導体部および p 型半導体部のバンドギャップエネルギーよりも低くなるように構成された熱電変換素子が、少なくとも真性半導体部の表面の一部もしくは全部が熱供給面に接触するように設置される。ここで、上記構成を有する熱電変換素子は、バンドギャップエネルギーが相対的に高い n 型半導体部もしくは p 型半導体部の温度が真

50

性半導体部の温度よりも高くなるという態様での温度差が生じると、熱電変換素子の起電圧を効率良く確保することが難しくなる。本発明における上記設置手法によれば、真性半導体部への入熱が確保される態様で熱電変換素子を車両に設置することができる。これにより、上記態様での温度差を生じにくくさせられるので、熱電変換素子の起電圧を効率良く確保できるようになる。このため、効率の良い発電を行えるようになる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】本発明の実施の形態1に係る車両の発電装置の適用例を表した図である。

【図2】図1に示す発電装置が備える熱電変換素子の構成を模式的に示す斜視図である。

【図3】図2に示す熱電変換素子のバンドギャップエネルギーの状態を示す概念図である。

【図4】熱電変換素子の起電圧と温度との関係を表した図である。

【図5】本発明の実施の形態1における発電装置の具体的な構成を模式的に表した図である。

【図6】実施の形態1における熱電変換素子の設置手法の効果を説明するための図である。

。

【図7】実施の形態1における熱電変換素子の積層手法の効果を説明するための図である。

。

【図8】本発明の実施の形態2に係る車両の発電装置の全体構成を模式的に表した斜視図である。

【図9】図8に示す熱電変換モジュールの内部構造を表した部分透視図である。

【図10】図8中に示すA-A線で切断された熱電変換モジュールおよび排気管の断面を示す図である。

【図11】個々の熱電変換素子に着目しつつ、実施の形態2における熱電変換素子の設置手法の効果を説明するための図である。

【図12】実施の形態2における熱電変換素子の積層手法の効果を説明するための図である。

【図13】本発明の実施の形態3に係る車両の発電装置の全体構成を模式的に表した図である。

【図14】実施の形態3における電極に関する構成の効果を説明するための図である。

【図15】本発明の実施の形態4に係る車両の発電装置における電極に関する構成を説明するための図である。

【図16】本発明の実施の形態5に係る車両の発電装置の全体構成を模式的に表した図である。

【図17】実施の形態5における電極に関する構成の効果を説明するための図である。

【図18】本発明の実施の形態6に係る車両の発電装置における電極に関する構成を説明するための図である。

【図19】図2に示す熱電変換素子の他の設置手法を説明するための図である。

【図20】図2に示す熱電変換素子の他の設置手法を説明するための図である。

【図21】図2に示す熱電変換素子の他の設置手法を説明するための図である。

【図22】図2に示す熱電変換素子の他の積層手法を説明するための図である。

【図23】図2に示す熱電変換素子の他の設置手法を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下、図面を参照して、本発明の各実施の形態を説明する。なお、各図面において、同一または類似の構成要素には同一の符号を付している。

【0023】

実施の形態1

まず、図1～図7を参照して、本発明の実施の形態1について説明する。図1は、本発明の実施の形態1に係る車両の発電装置10の適用例を表した図である。図2は、図1に示す発電装置10が備える熱電変換素子12の構成を模式的に示す斜視図である。

10

20

30

40

50

【0024】

[車両における発電装置の適用部位]

本実施形態の発電装置10の適用部位は特に限定されるものではないが、発電装置10は、一例として、図1に示すように、車両が搭載する内燃機関1からの排気ガスが流れる排気管2に適用することができる。図1に示す例では、排気管2を流れる排気ガスの熱が、排気管2を介して熱電変換素子12に供給される。このように、この例では、排気管2が本発明における「熱供給体」に相当する。車両の構成部材であって熱電変換素子12に熱を供給する熱供給体の例としては、排気管2以外にも、内燃機関1のシリンダブロックおよびシリンダヘッド、内燃機関1を冷却するエンジン冷却水が流通する冷却水ホース、エンジン冷却水を冷却するためのラジエータ、内燃機関に組み合わされる変速機、ならびに、車両が使用する電力を蓄えるバッテリー等を挙げることができる。さらに付け加えると、熱を供給する際の熱供給体の温度は、熱電変換素子12の雰囲気（本実施形態では、大気）の温度よりも高くなっている。なお、発電装置10の具体的な構成については図5を参照して後述するが、本実施形態の発電装置10は、複数の熱電変換素子12を電氣的に接続して得られる素子積層体14を備えている。

10

【0025】

[熱電変換素子の構成]

図2に示す一例では、熱電変換素子12は、角柱形状で形成されている。熱電変換素子12は、一端側にn型半導体部12aを備え、他端側にp型半導体部12bを備えている。また、熱電変換素子12は、n型半導体部12aとp型半導体部12bとの間に、真性半導体部12cを備えている。

20

【0026】

図3(A)および図3(B)は、図2に示す熱電変換素子12のバンドギャップエネルギーの状態を示す概念図である。図3(A)および図3(B)の縦軸は電子のエネルギーであり、横軸は熱電変換素子12におけるn型半導体部12a側の端面12aesからの距離L(図2参照)である。

【0027】

図3(A)および図3(B)に示すように、n型半導体部12aは、フェルミレベルfが伝導帯側にある部位であり、p型半導体部12bは、フェルミレベルfが価電子帯側にある部位である。真性半導体部12cは、フェルミレベルfが伝導帯と価電子帯との間の禁制帯の中央にある部位である。バンドギャップエネルギーは、価電子帯の最上部と伝導帯の最下部とのエネルギー差に相当するものである。これらの図から分かるように、熱電変換素子12では、真性半導体部12cにおけるバンドギャップエネルギーは、n型半導体部12aおよびp型半導体部12bにおけるバンドギャップエネルギーよりも低くなっている。なお、図3(A)および図3(B)中に示すn型半導体部12a、p型半導体部12bおよび真性半導体部12cの長さの割合は、一例であり、この割合は、熱電変換素子(半導体単結晶)12の形成の仕方に応じて変化する。また、n型半導体部12a、p型半導体部12bおよび真性半導体部12cにおけるバンドギャップエネルギーは、例えば逆光電子分光法によって測定することができる。

30

【0028】

上述の特性(すなわち、真性半導体部12cにおけるバンドギャップエネルギーが、n型半導体部12aおよびp型半導体部12bにおけるバンドギャップエネルギーよりも低いこと)を有する熱電変換素子(半導体単結晶)12は、例えば、クラスレート化合物(包接化合物)によって構成することができる。このようなクラスレート化合物の一例としては、シリコンクラスレート $Ba_8Au_8Si_3_8$ を用いることができる。

40

【0029】

本実施形態の熱電変換素子12の製造方法は、熱電変換素子12が上述の特性を有するようにはできるものであれば特に限定されない。熱電変換素子12が一例としてシリコンクラスレート $Ba_8Au_8Si_3_8$ である場合には、例えば、国際特許出願の国際公開第2015/125823号において詳述されている製造方法を用いることができる。その概

50

要は次の通りである。すなわち、BaとAuとSiとの比（モル比）が8：8：38となるようにBa粉末、Au粉末およびSi粉末を秤量する。秤量した粉末を、アーク溶融法を利用して溶融する。得られた融液を冷却することで、シリコンクラスレートBa₈Au₈Si₃₈のインゴットを得る。このように調製されたシリコンクラスレートBa₈Au₈Si₃₈のインゴットを粒状に粉碎する。粉碎されたシリコンクラスレートBa₈Au₈Si₃₈を、チョクラルスキー法を利用して坩堝内で溶融することで、シリコンクラスレートBa₈Au₈Si₃₈の単結晶を得る。図2に示す熱電変換素子12は、このような手法で得られたシリコンクラスレートBa₈Au₈Si₃₈の単結晶を角柱形状（より具体的には、直方体形状）に切断して得られたものである。熱電変換素子の形状は、上記単結晶を直方体形状に限らず、立方体形状、円柱形状、あるいは他の所望の形状に切断することによって任意に選択することができる。

10

【0030】

[発電原理]

図3(A)は、熱電変換素子12を所定の温度に加熱したときの熱励起の状態を示す概念図である。熱電変換素子12を温度T₀（後述の図4参照）以上に加熱すると、図3(A)に示すように、価電子帯の電子（黒丸）が伝導帯に熱励起する。より具体的には、熱の供給によってバンドギャップエネルギーを超えるエネルギーが価電子帯の最上部に位置する電子に対して与えられると、電子が伝導帯に励起する。このような熱による電子の励起は、熱電変換素子12の温度が上昇していく過程では、バンドギャップエネルギーが相対的に低い真性半導体部12cにおいてのみ生じる状態が得られる。図3(A)はそのような状態が得られる所定の温度（例えば、温度T₀）に熱電変換素子12が加熱された状態を示している。この状態では、バンドギャップエネルギーが相対的に高いn型半導体部12aおよびp型半導体部12bでは電子が熱励起されない。

20

【0031】

図3(B)は、熱電変換素子12を上記所定の温度に加熱したときの電子（黒丸）および正孔（白丸）の移動を示す概念図である。図3(B)に示すように、伝導帯に励起した電子は、エネルギーの低い方、すなわち、n型半導体部12a側に移動する。一方、電子の励起により価電子帯に生じた正孔は、エネルギーの高い方、すなわち、p型半導体部12bに移動する。このようなキャリアの偏りによって、n型半導体部12aが負に帯電し、p型半導体部12bが正に帯電するため、n型半導体部12aとp型半導体部12bとの間で起電力が生じる。このため、熱電変換素子12によれば、n型半導体部12aとp型半導体部12bとの間に温度差がなくても発電が可能となる。このような発電原理は、温度差に基づいて起電力が生じるゼーベック効果とは異なる。熱電変換素子12を利用した発電装置10は、温度差を設けることを必須としないため、温度差を設けるための冷却部が不要となるため、装置構成を簡素化することができる。

30

【0032】

図4は、熱電変換素子12の起電圧と温度との関係を表した図である。ここでいう熱電変換素子12の起電圧は、正極として機能するp型半導体部12b側の端部と、負極として機能するn型半導体部12a側の端部との電位差を指している。より具体的には、図4に示す関係は、n型半導体部12aとp型半導体部12bとの間で温度差が生じない態様で熱電変換素子12を加熱していった際に生じる起電圧の温度特性を表している。なお、起電圧が生じる温度範囲は、熱電変換素子の組成によって異なるものとなる。

40

【0033】

図4に示すように、熱電変換素子12を温度T₀以上に加熱することによって、起電圧が生じる。より具体的には、熱電変換素子12の温度が高くなるにつれ、起電圧が上昇していく。図4に示すように昇温によって起電圧が高くなる理由は、供給熱量の増加によって、バンドギャップエネルギーが相対的に低い真性半導体部12cにおいて励起できる電子および正孔の数が増えるためであると考えられる。また、図4に示すように、起電圧は、ある温度においてピーク値T₁を示し、ピーク値T₁よりも熱電変換素子12をさらに昇温させると、起電圧が低下していく。その理由は、熱電変換素子12の温度が高くなると

50

、真性半導体部 1 2 c のみならず n 型半導体部 1 2 a および p 型半導体部 1 2 b においても電子および正孔の熱励起が生じることが影響していると考えられる。

【 0 0 3 4 】

[排気管に対する熱電変換素子 (素子積層体) の設置手法、および発電装置の全体構成]

上述の図 4 から、熱電変換素子 1 2 の温度を所定の温度範囲内とすることができれば、熱電変換素子 1 2 を利用した発電が可能となることが分かる。より好ましくは、熱電変換素子 1 2 の温度を図 4 中の起電圧のピーク値 T 1 付近の温度とすることができれば、効率の良い発電が可能になるといえる。したがって、車両上において熱電変換素子 1 2 を利用して効率良く発電を行うためには、まずは、熱電変換素子 1 2 の温度が発電に適した温度となるように熱電変換素子 1 2 に熱を供給可能な熱供給体を車両の構成部材の中から選択し、選択した熱供給体に対して熱電変換素子 1 2 を設置すればよいといえる。具体的には、排気管 2 内の排気ガスの温度は、下流に向かうにつれて低くなるため、排気管 2 の壁面温度についても、排気ガスの下流側の方が低くなる。したがって、本実施形態のように、熱供給体が排気管 2 である場合には、効率の良い発電が可能な熱源が得られるようにするために、排気管 2 に対する熱電変換素子 1 2 の設置部位を、排気ガスの流れ方向において特定すればよいといえる。

10

【 0 0 3 5 】

(効率良く発電を行おうとする場合の課題)

既述したように、熱電変換素子 1 2 は、熱供給体からの熱の供給を受けた際に、真性半導体部 1 2 c における電子の熱励起に伴う電子および正孔の移動を利用して起電圧を得るという構成である。ここで、熱電変換素子 1 2 において、真性半導体部 1 2 c の温度が n 型半導体部 1 2 a および p 型半導体部 1 2 b の温度よりも高くなる態様での温度差が生じる場合であれば、n 型半導体部 1 2 a および p 型半導体部 1 2 b における電子の熱励起よりも真性半導体部 1 2 c における電子の熱励起が促進されることになるので問題はないといえ、むしろ好ましいといえる。一方、熱電変換素子 1 2 の設置の態様によっては、n 型半導体部 1 2 a および p 型半導体部 1 2 b の一方もしくは双方の温度が真性半導体部 1 2 c の温度よりも高くなる態様での温度差が生じる場合もあり得る。この態様での温度差が大きくなっていくと、n 型半導体部 1 2 a および p 型半導体部 1 2 b の一方もしくは双方において電子の熱励起が生じ易くなる。その結果として、熱電変換素子 1 2 の起電圧を確保しにくくなる可能性がある。熱電変換素子 1 2 を利用して効率の良い発電を可能とするためには、後者の態様での温度差を生じにくくすることが有効である。そして、そのためには、熱供給体に対する熱電変換素子 1 2 (素子積層体 1 4) の設置態様が、真性半導体部 1 2 c に対する入熱を確実にできるものであることが望ましい。

20

30

【 0 0 3 6 】

(実施の形態 1 の熱電変換素子 (素子積層体) の設置手法)

そこで、本実施形態では、以下の図 5 に示す構成で、熱電変換素子 1 2 の積層体である素子積層体 1 4 を排気管 2 の外表面の上に設置することとした。

【 0 0 3 7 】

図 5 は、本発明の実施の形態 1 における発電装置 1 0 の具体的な構成を模式的に表した図である。なお、図 5 等においては、熱電変換素子 1 2 の配置を分かり易く図示するために、熱電変換素子 1 2 を n 型半導体部 1 2 a 側と p 型半導体部 1 2 b 側とに分けて表している。両者の間に位置する真性半導体部 1 2 c は、n 型半導体部 1 2 a と p 型半導体部 1 2 b とを区別する境界線の付近に存在する。なお、図 5 に示す一例では、素子積層体 1 4 は、排気管 2 が有する平面部の上に設置されている。ただし、素子積層体 1 4 は、排気管 2 の円管部の上に、当該円管部の外表面に沿って設置されていてもよい。

40

【 0 0 3 8 】

図 5 に示すように、素子積層体 1 4 では、隣り合う熱電変換素子 1 2 が電極 1 6 を介して直列に接続されている。このように、素子積層体 1 4 は、熱電変換素子 1 2 と電極 1 6 とを構成要素として構成されている。電極 1 6 としては、例えば、電気抵抗率の低い銅などの金属材料を用いることができる。既述した熱電変換素子 1 2 の発電原理より、p 型半

50

導体部 12b が正極として機能し、n 型半導体部 12a が負極として機能する。このため、発電により生じた起電力による電流の流れ方向は p 型から n 型となる。本実施形態では、電極 16 の両端の電位差をできるだけ確保しつつ電流を円滑に流せるようにするために、電極 16 は、一方の熱電変換素子 12 (本発明における「第 1 の熱電変換素子」に相当) の n 型半導体部 12a における真性半導体部 12c と反対側の端部 12ae (図 2 参照) と、他方の熱電変換素子 12 (本発明における「第 2 の熱電変換素子」に相当) の p 型半導体部 12b における真性半導体部 12c と反対側の端部 12be (図 2 参照) とを (すなわち、バンドギャップエネルギーが最も高い部位同士を) 接続するように構成されている。

【0039】

より具体的には、n 型半導体部 12a の端部 12ae の表面は、端面 12aes と、n 型半導体部 12a の側面における端面 12aes の近傍の部位とからなる。同様に、p 型半導体部 12b の端部 12bc の表面は、端面 12bes と、p 型半導体部 12b の側面における端面 12bes の近傍の部位とからなる。図 5 に示す一例では、電極 24 は、端面 12aes と端面 12bes とを接続している。しかしながら、本発明における電極は、隣り合う熱電変換素子の端部間 (n 型半導体部における真性半導体部と反対側の端部と、p 型半導体部における真性半導体部と反対側の端部との間) を接続するものであればよい。したがって、電極 24 は、上記の一例に代え、端面 12es の近傍の n 型半導体部 12a の側面と、端面 12bes の近傍の p 型半導体部 12b の側面と接続するように構成されていてもよい。

【0040】

熱電変換素子 12 の積層の態様は特に限定されないが、図 5 に示す一例では、素子積層体 14 は、サーペント状に折り返されるといって態様で熱電変換素子 12 が直列に積層されている。素子積層体 14 によれば、積層される熱電変換素子 12 の数を適切に決定することにより、排気管 2 からの熱供給により想定される熱電変換素子 12 の温度条件の下で所望の大きさの起電圧が得られるようにすることができる。

【0041】

本実施形態の発電装置 10 は、素子積層体 14 を構成する各熱電変換素子 12 が次のような態様で排気管 2 の上に設置されているという点に特徴を有している。すなわち、図 5 に示すように、各熱電変換素子 12 の真性半導体部 12c の表面の一部が絶縁部材 18 を介して排気管 2 の表面 (より具体的には、外表面) の上に設置されている。図 5 に示す熱電変換素子 12 の形状の例では、真性半導体部 12c の表面の上記一部としては、排気管 2 (絶縁部材 18) と対向する熱電変換素子 12 の側面に含まれる真性半導体部 12c の表面が該当する。

【0042】

絶縁部材 18 は、熱電変換素子 12 から排気管 2 (金属部材) への電流のリークを抑制するために設けられている。このため、絶縁部材 18 は、熱電変換素子 12 と排気管 2 との間だけでなく、電極 16 と排気管 2 との間にも介在している。本発電装置 10 では、熱源である排気ガス (さらに遡ると内燃機関 1) の熱を、熱供給体である排気管 2 から絶縁部材 18 を介して各熱電変換素子 12 に伝えることが要求される。したがって、絶縁部材 18 としては、電極 16 よりも電気抵抗率が高く、かつ、熱伝導率の優れた部材が用いられる。このような部材としては、例えば、窒化ケイ素、窒化アルミニウム、酸化アルミニウム、もしくは窒化ホウ素を挙げることができる。

【0043】

図 5 に示す構成によれば、各熱電変換素子 12 と排気管 2 との間介在する絶縁部材 18 が本発明における「中間部材」に相当する。そして、熱電変換素子 12 側の絶縁部材 18 の表面が本発明における「熱供給面」に相当する。なお、熱供給体の表面が熱電変換素子に直接接触する場合であれば、当該熱供給体の表面が本発明における「熱供給面」に相当する。

【0044】

10

20

30

40

50

さらに付け加えると、本実施形態における各熱電変換素子 1 2 は、排気管 2（絶縁部材 1 8）と対向する熱電変換素子 1 2 の側面の全体（すなわち、真性半導体部 1 2 c の側面だけでなく、n 型半導体部 1 2 a および p 型半導体部 1 2 b の側面を含む全体）が絶縁部材 1 8 の表面（熱供給面）に接触するという態様で、真性半導体部 1 2 c の表面の一部が熱供給面に接触するように設置されている。

【0045】

（発電装置の全体構成）

発電装置 1 0 は、素子積層体 1 4 の両端を導線によって接続して構成された電気回路 2 0 と、当該電気回路 2 0 を開閉するスイッチ 2 2 とを備えている。電気回路 2 0 には、車両に搭載された電装部品（例えば、灯火類）2 4 が接続されている。スイッチ 2 2 の開閉は、車両に搭載される電子制御ユニット（ECU）2 6 によって制御される。

10

【0046】

上記のように構成された発電装置 1 0 によれば、車両システムの起動中に、排気管 2 および絶縁部材 1 8 を介した排気ガスからの熱供給によって熱電変換素子 1 2 の温度が発電に適した温度になっている状態でスイッチ 2 2 を閉じることにより、素子積層体 1 4 が発電を行えるようになる。本実施形態では、熱源が排気ガスであるため、この発電により、内燃機関 1 の排熱回収を行えるようになる。そして、素子積層体 1 4 の発電により得られた電力を電装部品 2 4 に供給することができる。なお、スイッチ 2 2 に代えて可変抵抗を備えるようにしてもよい。これにより、可変抵抗の抵抗値の調整によって、素子積層体 1 4 から電装部品 2 4 に供給される電力をより詳細に制御することができる。また、電力の供給を受ける車両部品は、電装部品 2 4 に限られず、例えば、電装部品 2 4 に代え、あるいはそれとともに、電力を蓄えるバッテリーが電気回路 2 0 に接続されていてもよい。

20

【0047】

なお、図 5 においては図示を省略しているが、素子積層体 1 4 は、保護カバーによって覆われている。また、素子積層体 1 4 は、図示省略する取り付け具によって排気管 2 に固定されている。

【0048】

〔実施の形態 1 の熱電変換素子（素子積層体）の設置手法の効果〕

まず、図 6（A）および図 6（B）は、実施の形態 1 における熱電変換素子 1 2 の設置手法の効果の説明するための図である。図 6（A）は、図 5 に示す構成と同様に、本実施形態の手法で設置された熱電変換素子 1 2 を表している。一方、図 6（B）は、本発明の設置手法を利用しない手法で設置された熱電変換素子 1 2 を表している。すなわち、図 6（B）の設置手法の場合には、真性半導体部の表面が熱供給面に接触するのではなく、バンドギャップエネルギーが最も高い n 型半導体部の端面が熱供給面に接触するという態様で、熱供給体の上に熱電変換素子が設置されている。

30

【0049】

図 6（B）に示す態様で熱電変換素子が設置されていると、真性半導体部よりも n 型半導体部への熱の供給が促進される。その結果、真性半導体部の温度が n 型半導体部の温度よりも低いという態様での温度差が生じてしまう。このため、既述したように、熱電変換素子の起電圧を効率良く確保することが難しくなる。これに対し、図 6（A）に示す本実施形態の設置手法によれば、真性半導体部 1 2 c の表面が熱供給面（絶縁部材 1 8 の表面）に接触しているため、バンドギャップエネルギーが相対的に低い真性半導体部 1 2 c に対して確実に入熱を行えるようになる。これにより、バンドギャップエネルギーが相対的に高い n 型半導体部 1 2 a もしくは p 型半導体部 1 2 b の温度が真性半導体部 1 2 c の温度よりも高くなるという態様での温度差を生じにくくさせられるので、熱電変換素子 1 2 の起電圧を効率良く確保できるようになる。また、真性半導体部 1 2 c への確実な入熱が可能となることで、理想的な程度よりは低い程度でしか熱供給体からの熱の供給を受けることができない場合であっても、そのような熱供給体からできるだけ多くの熱を真性半導体部 1 2 c に対して供給され易くすることができる。

40

【0050】

50

次に、図7(A)および図7(B)は、実施の形態1における熱電変換素子12の積層手法の効果を説明するための図である。図7(A)は、図5に示す構成と同様に、本実施形態の手法で積層された熱電変換素子12を表している。一方、図7(B)は、他の手法で積層された熱電変換素子を表している。すなわち、図7(B)の積層手法の場合には、左右の何れの構成においても、最下層の熱電変換素子の真性半導体部の表面が熱供給面に直接的に接触しており、他の熱電変換素子は、熱供給面との間に下方側の熱電変換素子および電極を介在している。また、これらの構成では、バンドギャップエネルギーが相対的に低い真性半導体部に対して電極が配置されている。

【0051】

図7(B)に示す態様で熱電変換素子が積層されていると、最下層の熱電変換素子以外の熱電変換素子に対しては、他の熱電変換素子および電極を介さずに排気ガス(熱源)からの熱を供給することができない。これに対し、図7(A)に示す本実施形態の積層手法によれば、素子積層体14の各熱電変換素子12の真性半導体部12cの表面の一部が熱供給面(絶縁部材18の表面)における互いに異なる部位(本発明における「熱供給面の第1の部位」および「熱供給面の第2の部位」に相当)と接触するようになっている。このような構成によれば、図7(B)の構成とは異なり、素子積層体14を構成するすべての熱電変換素子12の真性半導体部12cの表面を、他の熱電変換素子12を介さずに熱供給面に接触させることができる。このため、個々の熱電変換素子12の真性半導体部12cが熱供給面から受ける熱流束(単位時間当たり単位面積を通過する熱量)を均等に近づけることができる。

10

20

【0052】

また、図7(A)に示す本実施形態の積層手法によれば、電極16は、一方の熱電変換素子12のn型半導体部12aの端面12aesと、他方の熱電変換素子12のp型半導体部12bの端面12besとを接続するように構成されている。このように、バンドギャップエネルギーが最も高い部位同士を電氣的に接続するように電極16を備えることにより、起電圧を効率良く確保しつつ、各真性半導体部12cへの確実な入熱を行えるようになる。

【0053】

実施の形態2

次に、図8~図12を参照して、本発明の実施の形態2について説明する。

30

【0054】

図8は、本発明の実施の形態2に係る車両の発電装置30の全体構成を模式的に表した斜視図である。本実施形態の発電装置30は、複数の熱電変換素子12を熱電変換モジュール32の構成要素として備えている。本実施形態においても、実施の形態1と同様に、熱電変換素子12に熱を供給する熱供給体の一例として、排気管2が利用されている。熱電変換モジュール32は排気管2の上に設置されている。以下、熱電変換モジュール32の設置手法についてより具体的に説明する。

【0055】

図9は、図8に示す熱電変換モジュール32の内部構造を表した部分透視図である。図10は、図8中に示すA-A線で切断された熱電変換モジュール32および排気管2の断面を示す図である。これらの図に示すように、熱電変換モジュール32は、複数の熱電変換素子12を積層して構成された素子積層体14と、素子積層体14を収容するハウジング32aとを備えている。ハウジング32aは、素子積層体14を取り囲むように形成されている。ハウジング32aは、図示省略する取り付け具を用いて排気管2の平面部に取り付けられている。ハウジング32aの材質としては、熱伝導率の高い部材が好ましく、例えば、アルミニウム等の金属を用いることができる。

40

【0056】

ハウジング32aは、設置時に排気管2に対向する第1の壁部32a1を備えている。第1の壁部32a1は、排気管2の外表面に沿った形状(本実施形態の一例では、平面状)で形成されている。排気管2への設置時には、この第1の壁部32a1の外表面が排気

50

管 2 の外表面に直接的に接触する。素子積層体 1 4 の一側面は、第 1 の壁部 3 2 a 1 の内表面上に絶縁部材 1 8 を介して配置されている。

【 0 0 5 7 】

また、ハウジング 3 2 a は、第 1 の壁部 3 2 a 1 の内表面に対向する内表面を有する第 2 の壁部 3 2 a 2 を備えている。素子積層体 1 4 における第 1 の壁部 3 2 a 1 側の上記一側面と反対側の側面は、第 2 の壁部 3 2 a 2 上に絶縁部材 1 8 を介して配置されている。

【 0 0 5 8 】

このような構造によれば、排気ガスの熱は、排気管 2、ハウジング 3 2 a および絶縁部材 1 8 を介して素子積層体 1 4 に伝えられる。より具体的には、ハウジング 3 2 a には、第 1 の壁部 3 2 a 1 の内表面の裏側に位置する第 1 の壁部 3 2 a 1 の外表面を介して排気ガスの熱が伝えられる。そして、素子積層体 1 4 の各熱電変換素子 1 2 は、第 1 の壁部 3 2 a 1 側の内表面から絶縁部材 1 8 を介して熱の供給を受けるとともに、第 2 の壁部 3 2 a 2 側の内表面からも絶縁部材 1 8 を介して熱の供給を受ける。このように、本実施形態においても、実施の形態 1 と同様の思想で、各熱電変換素子 1 2 は、各真性半導体部 1 2 c が熱供給面（絶縁部材 1 8 の表面）に接触するように設置されている。このため、各熱電変換素子 1 2 の真性半導体部 1 2 c に対して、2 方向（第 1 および第 2 の壁部 3 2 a 1、3 2 a 2）から熱を供給できるようになる。

【 0 0 5 9 】

なお、本実施形態では、各熱電変換素子 1 2 と排気管 2 との間に介在するハウジング 3 2 a（壁部 3 2 a 1、3 2 a 2）および絶縁部材 1 8 が、本発明における「中間部材」に相当する。そして、第 1 の壁部 3 2 a 1 および第 2 の壁部 3 2 a 2 にそれぞれ接触している双方の絶縁部材 1 8 における熱電変換素子 1 2 側のそれぞれの表面が本発明における「熱供給面」（より具体的には、「第 1 の熱供給面」および「第 2 の熱供給面」のそれぞれ）に相当する。また、真性半導体部 1 2 c の表面のうち、上記第 1 および第 2 の熱供給面に相当する絶縁部材 1 8 のそれぞれの表面に接触する真性半導体部 1 2 c の部位が本発明における「第 1 の部位」および「第 2 の部位」にそれぞれ相当する。

【 0 0 6 0 】

次に、本実施形態の熱電変換素子（素子積層体）の設置手法の効果について説明する。まず、図 1 1（A）および図 1 1（B）は、個々の熱電変換素子 1 2 に着目しつつ、実施の形態 2 における熱電変換素子 1 2 の設置手法の効果の説明するための図である。図 1 1（B）は、2 方向から（第 1 および第 2 の壁部から）熱供給を受ける場合において本発明の手法を利用しない手法で設置された熱電変換素子を表している。すなわち、図 1 1（B）の設置手法の場合には、真性半導体部の表面は、2 方向にある 2 つの熱供給面の何れにも接触しておらず、バンドギャップエネルギーが最も高い n 型半導体部および p 型半導体部のそれぞれの端面が、それぞれに対向する熱供給面に接触している。この構成では、真性半導体部よりも n 型半導体部および p 型半導体部への熱の供給が促進されてしまう。

【 0 0 6 1 】

一方、図 1 1（A）は、図 8 ~ 図 1 0 に示す構成と同様に、本実施形態の手法で設置された熱電変換素子 1 2 を表している。本実施形態の構成によれば、図 1 1（A）に示すように、真性半導体部 1 2 c に対して、第 1 の壁部 3 2 a 1 および第 2 の壁部 3 2 a 2 の双方の側から絶縁部材 1 8 を介して熱を確実に供給できるようになる。また、1 方向から熱が供給される実施の形態 1 の構成と比べて、個々の熱電変換素子 1 2 の内部に対してより均等に入熱を行えるようになる。

【 0 0 6 2 】

次に、図 1 2（A）および図 1 2（B）は、実施の形態 2 における熱電変換素子 1 2 の積層手法の効果の説明するための図である。図 1 2（B）は、2 方向から熱供給を受ける場合に考えられる熱電変換素子の積層手法の一例を表している。これらの例における熱電変換素子の積層の仕方自体は、図 7（B）に示すものと同じである。図 1 2（B）の積層手法の場合には、左右の何れの構成においても、ハウジングの第 1 および第 2 の壁部に最も近い位置にある 2 つの熱電変換素子の真性半導体部の表面が、2 つの熱供給面に直接的

に接触している。

【0063】

これに対し、図12(A)は、図8～図10に示す構成と同様に、本実施形態の手法で積層された熱電変換素子12を表している。本積層手法によれば、第1および第2の壁部32a1、32a2のそれぞれの側において、素子積層体14の各熱電変換素子12の真性半導体部12cの表面が、各熱供給面における互いに異なる部位に接触するようになっている。このため、個々の熱電変換素子12の真性半導体部12cが2つの熱供給面から受ける熱流束を均等に近づけることができる。

【0064】

また、図12(A)に示す本実施形態の積層手法によれば、バンドギャップエネルギーが最も高い部位同士が電極16によって電氣的に接続されている。これにより、2方向から熱供給を受ける場合であっても、起電圧を効率良く確保しつつ、各真性半導体部12cへの確実な入熱を行えるようになる。

【0065】

また、本実施形態の発電装置30では、次のような態様で熱電発電の主要部品がモジュール化されている。すなわち、複数の熱電変換素子12の積層体である素子積層体14と、素子積層体14を収容する機能と保護する機能だけでなく、排気管2から素子積層体14に熱を伝導させる中間部材としての機能も有するハウジング32aとを備える熱電変換モジュール32が備えられている。本発電装置30によれば、このようにモジュール化された熱電変換モジュール32を排気管2の上に設置し、かつ電気回路20を構成するだけで、熱電変換素子12を利用する熱電発電を簡便に行えるようになる。

【0066】

また、熱電変換モジュール32における素子積層体14では、排気管2の外表面に沿うように設置されるハウジング32aの第1の壁部32a1上においてサーペンタイン状に横たわるように熱電変換素子12が積層されている。熱電変換素子12がこのような態様で積層されている場合には、上述のように第1の壁部32a1が排気管2の外表面に沿うように（あるいは、第2の壁部32a2が排気管2の外表面に沿うように）熱電変換モジュール32を配置することは、排気管2に対するハウジング32aの伝熱面積を十分に確保できるという点において好ましいといえる。ただし、熱電変換素子12を積層する場合の積層パターンは、各熱電変換素子12の真性半導体部12cの表面の一部もしくは全部が「熱供給面」に接触するという条件を満たしていれば、上述のものに限られない。また、素子積層体を収容するハウジングの形状は、積層パターンに応じて変化することになる。したがって、排気管2に対する熱電変換モジュールの設置方向は、積層パターンおよびハウジングの形状に応じて、素子積層体への伝熱を効率良く行えるように適宜決定すればよい。

【0067】

ところで、上述した実施の形態2においては、各熱電変換素子12が2つの熱供給面（2方向から）熱の供給を受ける例について説明を行った。しかしながら、本発明における熱電変換素子の表面のうちの真性半導体部の表面が接触する熱供給面は3以上であってもよい。例えば、直方体形状に形成された熱電変換素子が棒状に積層されて素子積層体を構成し、当該素子積層体が直方体形状のハウジング内に収容されている構成では、ハウジングの4つの内側面のうちの3つもしくは4つが真性半導体部の表面と接触するようになっていてもよい。上記内側面の4つ（すなわち、全側面）を熱供給面として利用する構成は、後述の図21に示す構成もそうであるように、真性半導体部の表面の全部が熱供給面と接触する例に相当する。

【0068】

また、上述した実施の形態2においては、素子積層体14を構成するすべての熱電変換素子12の熱供給面が絶縁部材18における熱電変換素子12側の表面とされた構成を例に挙げて説明を行った。しかしながら、本発明における熱電変換モジュールのハウジングに収容される素子積層体では、素子積層体を構成する複数の熱電変換素子のうちの一部の

10

20

30

40

50

熱電変換素子の熱供給面が、絶縁部材における熱電変換素子側の表面であってもよい。また、ハウジングと熱電変換素子との間に絶縁部材を介する必要がない構成であれば、素子積層体を構成する複数の熱電変換素子のうちの少なくとも一部の熱電変換素子の熱供給面は、ハウジングの内表面であってもよい。このことは、後述の素子積層体 4 2、6 4 についても同様である。

【0069】

実施の形態 3 .

次に、図 1 3 および図 1 4 を参照して、本発明の実施の形態 3 について説明する。

【0070】

図 1 3 は、本発明の実施の形態 3 に係る車両の発電装置 4 0 の全体構成を模式的に表した図である。本実施形態の発電装置 4 0 は、素子積層体 4 2 を備えている。素子積層体 4 2 を構成する複数の熱電変換素子 1 2 は、図 1 3 に示すように、電極 4 4 を介して直列に接続されている。素子積層体 4 2 の積層パターンとしては、一例として、実施の形態 1 の素子積層体 1 4 と同様とされている。発電装置 4 0 は、電極 4 4 に関する構成において実施の形態 1 の発電装置 1 0 と相違している。このため、当該相違点を中心に以下のように説明を行う。

10

【0071】

図 1 3 に示すように、2 つの熱電変換素子 1 2 の間を接続する電極 4 4 のそれぞれは、素子積層体 4 2 に熱を供給する熱供給体である排気管 2、および当該熱を伝導させる中間部材である絶縁部材 1 8 の何れにも接触しないように配置されている。換言すると、電極 4 4 の表面と排気管 2 の表面（熱供給面）との間には、気層 4 6 が設けられている。

20

【0072】

図 1 4 (A) および図 1 4 (B) は、実施の形態 3 における電極 4 4 に関する構成の効果の説明のための図である。図 1 4 (B) は、実施の形態 1 における電極 1 6 の配置を表している。この配置の場合には、電極 1 6 の表面が、熱供給面である絶縁部材 1 8 の表面に対して直接接触している。金属である電極 1 6 の熱伝導率は基本的に熱電変換素子 1 2 の熱伝導率よりも高い。このため、図 1 4 (B) の構成の場合には、熱電変換素子 1 2 よりも電極 1 6 の方が熱の供給を受け易くなる。その結果、絶縁部材 1 8 を介して電極 1 6 に供給された熱が、電極 1 6 に接触している熱電変換素子 1 2 の部位（バンドギャップエネルギーが最も高い n 型半導体部 1 2 a および p 型半導体部 1 2 b の端面 1 2 a e s、1 2 b e s）に伝わり易くなる。

30

【0073】

一方、図 1 4 (A) に示すように、本実施形態の電極 4 4 と排気管 2 の表面との間には、気層 4 6 が介在しており、電極 4 4 の表面が排気管 2 の表面に接触しないように構成されている。このような構成によれば、排気管 2 側の電極 4 4 の表面に対する排気管 2 の表面（熱供給面）からの熱の移動は、気層 4 6 を介した熱移動となる。このため、電極 4 4 の上記表面が上記熱移動によって排気管 2 の表面から受ける熱流束は、熱電変換素子 1 2 の真性半導体部 1 2 c の表面が熱伝導によって絶縁部材 1 8 の表面（熱供給面）から受ける熱流束よりも小さくなる。これにより、電極 4 4 から n 型半導体部 1 2 a および p 型半導体部 1 2 b への入熱を抑制することができる。その結果、バンドギャップエネルギーが相対的に高い n 型半導体部 1 2 a もしくは p 型半導体部 1 2 b の温度が真性半導体部 1 2 c の温度よりも高くなるという態様での温度差を生じにくくさせられるので、効率的な発電を行えるようになる。

40

【0074】

実施の形態 4 .

次に、図 1 5 を参照して、本発明の実施の形態 4 について説明する。上述した実施の形態 3 においては、電極 4 4 の表面と排気管 2 の表面（熱供給面）との間に気層 4 6 が設けられた発電装置 4 0 について説明を行った。しかしながら、本発明において、熱供給面側の電極の表面が熱供給面から受ける熱流束を熱電変換素子の真性半導体部 1 2 c の表面が熱供給面から受ける熱流束よりも小さくするための具体的な構成は、上記の例に限られ

50

ず、例えば、以下に図 15 を参照して説明する構成例であってもよい。

【0075】

図 15 は、本発明の実施の形態 4 に係る車両の発電装置 50 における電極 44 に関する構成を説明するための図である。図 15 に示す発電装置 50 では、電極 44 の表面と排気管 2 の表面（熱供給面）との間に、気層 46 に代え、断熱材 52（本発明における「断熱材」に相当）が配置されている。より具体的には、断熱材 52 は、電極 44 の熱伝導率よりも低い熱伝導率を有する部材（例えば、セラミックス）によって構成されている。このように断熱材 52 を利用する構成によっても、排気管 2 から電極 44 への熱移動を抑制することができる。その結果、上記態様での温度差を生じにくくさせられるので、効率的な発電が可能となる。なお、断熱材 52 は、例えば、電極 44 の表面に組み付けられる別部材であってもよいし、電極 44 の表面に塗布されたコーティング層であってもよい。

10

【0076】

実施の形態 5 .

次に、図 16 および図 17 を参照して、本発明の実施の形態 5 について説明する。

【0077】

図 16 は、本発明の実施の形態 5 に係る車両の発電装置 60 の全体構成を模式的に表した図である。本実施形態の発電装置 60 は、熱電変換モジュール 62 を備えている。熱電変換モジュール 62 は、素子積層体 64 と、実施の形態 2 で説明したハウジング 32 a とを備えている。素子積層体 64 を構成する複数の熱電変換素子 12 は、図 16 に示すように、電極 66 を介して直列に接続されている。電極 66 に関する構成以外の点については、素子積層体 64 の構成は、既述した素子積層体 14 等と同様である。

20

【0078】

本実施形態の電極 66 に関する構成は、各熱電変換素子 12 に対して 2 方向から熱供給がなされる構成に対して実施の形態 3 の電極 44 と同様の思想を適用したものに相当する。すなわち、図 16 に示すように、2 つの熱電変換素子 12 の間を接続する電極 66 のそれぞれは、素子積層体 64 に熱を伝導させる中間部材であるハウジング 32 a の壁部 32 a 1、32 a 2 および絶縁部材 18 の何れにも接触しないように配置されている。換言すると、電極 66 の表面と第 1 の壁部 32 a 1 の表面（熱供給面）との間、および、電極 66 の表面と第 2 の壁部 32 a 2 の表面（熱供給面）との間には、気層 68 がそれぞれ設けられている。

30

【0079】

図 17 (A) および図 17 (B) は、実施の形態 5 における電極 66 に関する構成の効果の説明するための図である。図 17 (B) は、実施の形態 2 における電極 16 の配置を表している。図 17 (B) に示す構成の場合には、電極 16 は、第 1 の壁部 32 a 1 側および第 2 の壁部 32 a 2 側の双方において、熱供給面である絶縁部材 18 の表面に対して直接接触している。

【0080】

これに対し、図 17 (A) に示すように、本実施形態の電極 66 の表面と壁部 32 a 1、32 a 2 の表面（熱供給面）との間には、第 1 の壁部 32 a 1 側および第 2 の壁部 32 a 2 側の何れにおいても、気層 68 が介在しており、電極 66 が壁部 32 a 1、32 a 2 に接触しないように構成されている。このような構成によれば、壁部 32 a 1、32 a 2 のそれぞれの側の電極 66 の表面（熱供給面）が壁部 32 a 1、32 a 2 から受ける熱流束は、熱電変換素子 12 の真性半導体部 12 c の表面が絶縁部材 18 の表面（熱供給面）から受ける熱流束よりも小さくなる。これにより、電極 66 から n 型半導体部 12 a および p 型半導体部 12 b への入熱を抑制でき、効率的な発電を行えるようになる。

40

【0081】

実施の形態 6 .

次に、図 18 を参照して、本発明の実施の形態 6 について説明する。実施の形態 3 の図 14 (A) に示す構成と実施の形態 4 の図 15 に示す構成との関係と同様に、実施の形態 5 の図 17 (A) に示す構成は、図 18 に示す以下の構成のように変形することができる

50

。

【0082】

図18は、本発明の実施の形態6に係る車両の発電装置70における電極66に関する構成を説明するための図である。図18に示す発電装置70では、ハウジング32aの壁部32a1、32a2のそれぞれの表面(熱供給面)と電極66の表面との間に、気層68に代え、断熱材52と同様の構成を有する断熱材72が配置されている。このような断熱材72を利用する構成によっても、壁部32a1、32a2から電極66への熱移動を抑制することができる。その結果、電極66からn型半導体部12aおよびp型半導体部12bへの入熱を抑制でき、効率的な発電が可能となる。

【0083】

ところで、上述した実施の形態1~6においては、複数の熱電変換素子12の素子積層体14等を備える発電装置10等について説明を行った。しかしながら、本発明に係る発電装置は、複数の熱電変換素子を素子積層体として備えるものに必ずしも限られず、1つの熱電変換素子を備えるものであってもよい。

【0084】

また、図19は、図2に示す熱電変換素子12の他の設置手法を説明するための図である。図19に示す発電装置80が適用される車両の排気管82は、排気管本体部82aを備えている。排気管本体部82aの外表面には、排気管82の流路方向に垂直な方向に延びるフィン部82bを備えている。発電装置80が備える熱電変換素子12は、絶縁部材18を介してフィン部82bの上に設置されている。また、排気管本体部82aの表面(熱供給面)とn型半導体部12aの端部12ae(より具体的には、端面12aes)との間には、断熱材84(本発明における「断熱材」に相当)が介在している。断熱材84は、熱電変換素子12の熱伝導率よりも低い熱伝導率を有する部材(例えば、セラミックス)によって構成されている。このような構成によれば、n型半導体部12aの端部12ae、すなわち、バンドギャップエネルギーが最も高い部位が熱供給面に近い配置において、当該部位への入熱を抑制することができる。また、断熱材84は、図19に示す構成に代え、p型半導体部12bの端部12beと熱供給面との間に介在するように配置してもよい。これらの構成によっても、バンドギャップエネルギーが相対的に高いn型半導体部12aもしくはp型半導体部12bの温度が真性半導体部12cの温度よりも高くなるという態様での温度差を生じにくくさせつつ熱電変換素子12に対して熱を供給できるようになる。

【0085】

また、図20は、図2に示す熱電変換素子12の他の設置手法を説明するための図である。図20に示す発電装置90が適用される車両の排気管92は、排気管本体部92aを備えている。排気管本体部92aの外表面には、排気管82の流路方向に垂直な方向に突出する突起部92bを備えている。発電装置90が備える熱電変換素子12は、絶縁部材18を介して突起部92bの上に設置されている。図20に示すように、熱電変換素子12は、排気管92側の側面の全体ではなく、当該側面のうちの真性半導体部12cの表面およびその近傍の部位のみが熱供給面(絶縁部材18の表面)に接触している。このような構成によれば、n型半導体部12aおよびp型半導体部12bと比べてバンドギャップエネルギーが相対的に低い真性半導体部12cに対して集中的に入熱を行うことができる。このため、この構成によっても、上記態様での温度差を生じにくくさせられる。なお、上記突起部92bは、排気管92とは別体であって、排気管92から熱電変換素子12に熱を伝導させる中間部材であってもよい。図20に示す例を含め、本発明における熱電変換素子の設置手法は、熱電変換素子の表面のうちの少なくとも真性半導体部の表面の一部(例えば、角柱形状の場合には一側面)もしくは全部を熱供給面に接触させるものであればよい。

【0086】

また、図21(A)および図21(B)は、図2に示す熱電変換素子12の他の設置手法を説明するための図である。図21(A)に示す発電装置100では、熱電変換素子1

10

20

30

40

50

2は、中間部材102および絶縁部材18を介して排気管2の上に設置されている。図21(B)は、図21(A)中のB-B線で熱電変換素子12周りの構成を切断して示す断面図である。これらの図から分かるように、熱電変換素子12は、中間部材102に形成された貫通穴102aに挿入されており、真性半導体部12cおよびその付近の表面が絶縁部材18を介して中間部材102によって覆われている。貫通穴102aの内部では、熱電変換素子12のすべての側面が絶縁部材18の表面(熱供給面)と接触している。すなわち、本構成では、真性半導体部12cの表面の一部だけが熱供給面に接触している図5等の例とは異なり、真性半導体部12cの表面の全部が絶縁部材18の表面(熱供給面)に接触している。本構成によれば、排気ガスの熱は、排気管2から中間部材102および絶縁部材18を介して熱電変換素子12に供給される。このような構成によっても、バンドギャップエネルギーが相対的に低い真性半導体部12cに対して集中的に入熱を行うことができる。

10

【0087】

また、図22(A)および図22(B)は、図2に示す熱電変換素子12の他の積層手法を説明するための図である。図22(A)に示す発電装置110においても、各熱電変換素子12は、絶縁部材18を介して排気管2の上に設置されている。もちろん、各熱電変換素子12は、他の例と同様に、真性半導体部12cと熱供給面(絶縁部材18の表面)との接触が確保された状態で配置されている。

【0088】

図22(B)は、図22(A)中の矢視Cの方向から熱電変換素子12を見下ろした図である。これらの図から分かるように、隣り合う熱電変換素子12(本発明における「第1の熱電変換素子」および「第2の熱電変換素子」に相当)において、正極として機能するp型半導体部12bの端面12bes同士が電極112(本発明における「正極」に相当)によって電気的に接続されており、負極として機能するn型半導体部12aの端面12aes同士が電極114(本発明における「負極」に相当)によって電気的に接続されている。複数の熱電変換素子12を積層して素子積層体を形成する場合には、上述の他の例のように熱電変換素子12を直列に接続するものに限られず、図22(A)および図22(B)に示す構成のように熱電変換素子12を並列に接続してもよい。なお、本発明における素子積層体は、既述した例に代え、複数の熱電変換素子12の直列接続と並列接続とを組み合わせる構成されてもよい。そして、この組み合わせは、熱電変換素子単位で行われるものだけでなく、例えば、以下の態様であってもよい。すなわち、所望の起電圧が得られるように直列接続により構成された素子積層体を有する熱電変換モジュールを複数備えるようにし、複数の熱電変換モジュール間が並列に接続されていてもよい。

20

30

【0089】

さらに付け加えると、図22(A)および図22(B)に示す構成では、実施の形態3の構成と同様に、排気管2側の電極114の表面と排気管2の表面(熱供給面)との間には、気層116が設けられている。また、このような構成に代え、実施の形態4の構成と同様に、排気管2側の電極114の表面と排気管2の表面(熱供給面)との間に、断熱材52が介在していてもよい。

【0090】

また、図23は、図2に示す熱電変換素子12の他の設置手法を説明するための図である。図23に示す発電装置120では、個々の熱電変換素子12に対して、車両が備える2つの熱供給体、より具体的には、バッテリー122の筐体と冷却水ホース124から熱が供給されるようになっている。この構成では、各熱電変換素子12の真性半導体部12cは、バッテリー122の表面および冷却水ホース124の表面(すなわち、2つの熱供給体のそれぞれに関する熱供給面)に接触している。また、バッテリー122の筐体は樹脂で構成されており、冷却水ホース124はゴムで構成されている。このように、これらの熱供給体は、絶縁性の高い材質で構成されている。このため、本構成は、中間部材である絶縁部材18を介しておらず、熱供給体の表面が熱電変換素子12に接触する熱供給面となる例に相当する。

40

50

【0091】

なお、本発明においては、ある熱電変換素子に対して熱を供給する熱供給体の数は、図23に示す例に代え、3つ以上であってもよい。さらに付け加えると、図23に示す構成では、バッテリー122の筐体の熱源はバッテリー122自体であり、冷却水ホースの熱源はエンジン冷却水（さらに遡ると内燃機関1）である。本発明における複数の熱供給体は、図23に示す例のように熱源が異なる複数の熱供給体に限られず、例えば、ラジエータと冷却水ホースのように熱源（エンジン冷却水）を共通とするものであってもよい。

【0092】

ところで、以上説明した各実施の形態の例および他の各変形例は、明示した組み合わせ以外にも可能な範囲内で適宜組み合わせてもよいし、また、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々変形してもよい。

10

【符号の説明】

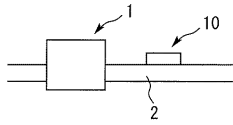
【0093】

- 1 内燃機関
- 2、82、92 排気管
- 10、30、40、50、60、70、80、90、100、110、120 発電装置
- 12 熱電変換素子
- 12a n型半導体部
- 12b p型半導体部
- 12c 真性半導体部
- 14、42、64 素子積層体
- 16、44、66、112、114 電極
- 18 絶縁部材
- 20 電気回路
- 22 スイッチ
- 24 電装部品
- 26 電子制御ユニット（ECU）
- 32、62 熱電変換モジュール
- 32aハウジング
- 32a1、32a2 ハウジングの壁部
- 46、68、116 気層
- 52、72、84 断熱材
- 82a、92b 排気管本体部
- 82b 排気管のフィン部
- 92b 排気管の突起部
- 102 中間部材
- 102a 中間部材の貫通穴
- 122 バッテリー
- 124 冷却水ホース

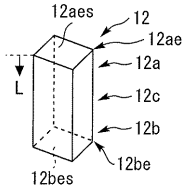
20

30

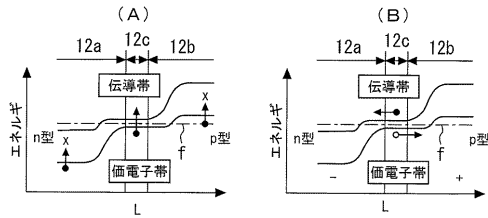
【 図 1 】



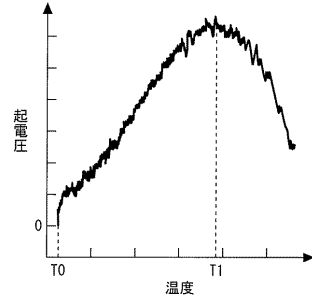
【 図 2 】



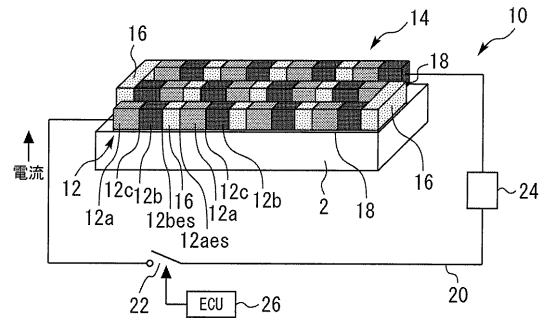
【 図 3 】



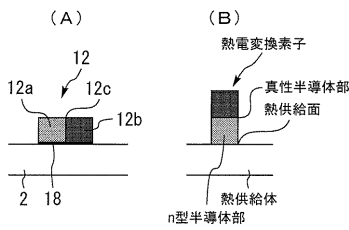
【 図 4 】



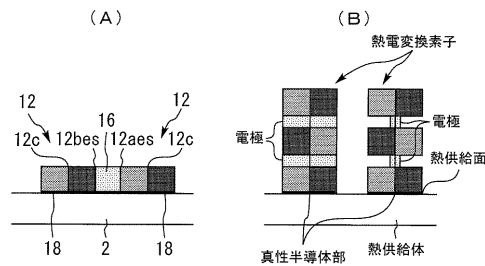
【 図 5 】



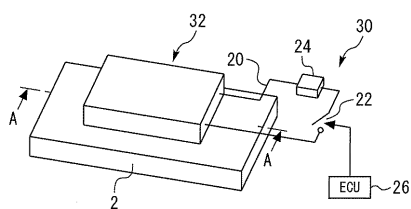
【 図 6 】



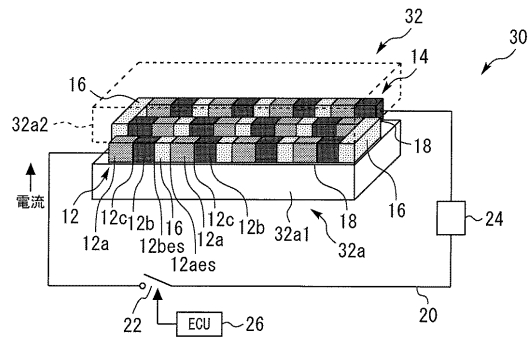
【 図 7 】



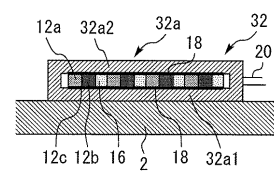
【 図 8 】



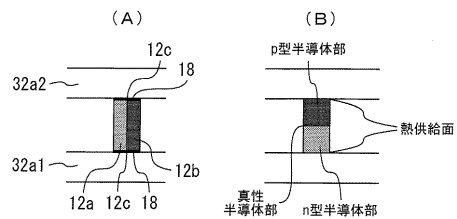
【 図 9 】



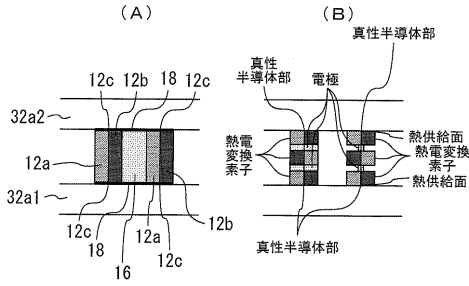
【 図 10 】



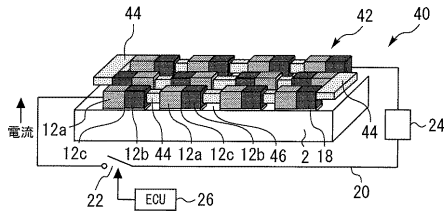
【 図 11 】



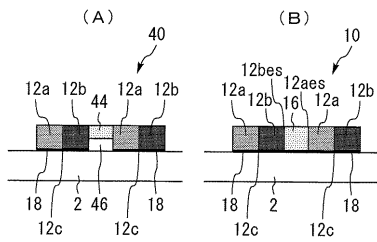
【 図 1 2 】



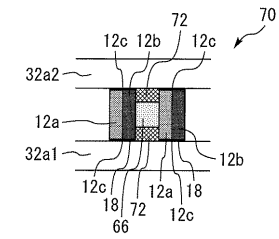
【 図 1 3 】



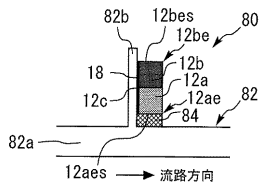
【 図 1 4 】



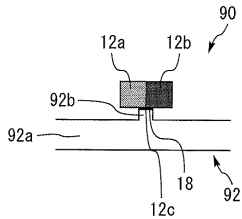
【 図 1 8 】



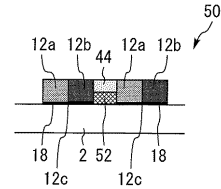
【 図 1 9 】



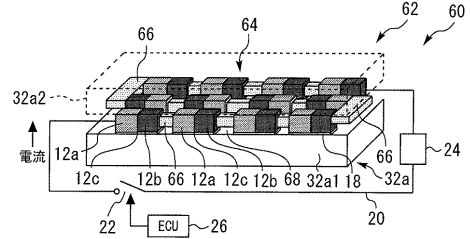
【 図 2 0 】



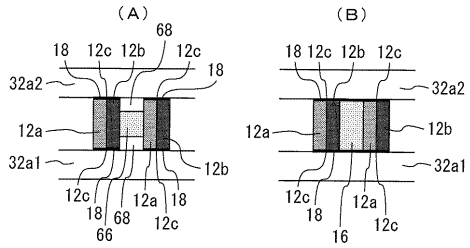
【 図 1 5 】



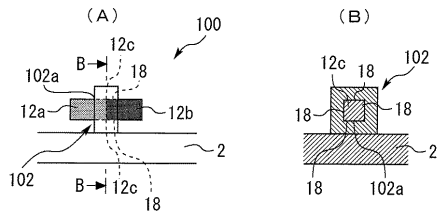
【 図 1 6 】



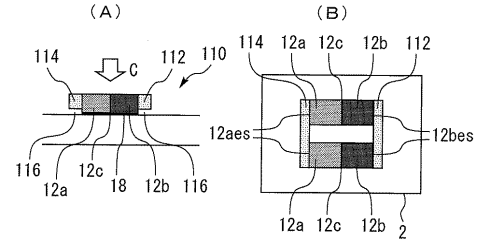
【 図 1 7 】



【 図 2 1 】



【 図 2 2 】



【 図 2 3 】

