

## DOCUMENT MADE AVAILABLE UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

International application number:	<b>PCT/JP2018/007286</b>
International filing date:	<b>27 February 2018 (27.02.2018)</b>
Document type:	<b>Certified copy of priority document</b>
Document details:	Country/Office: <b>JP</b>
	Number: <b>2017-062086</b>
	Filing date: <b>28 March 2017 (28.03.2017)</b>
Date of receipt at the International Bureau:	<b>15 March 2018 (15.03.2018)</b>

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a),(b) or (b-bis)

---

## CERTIFICATE OF AVAILABILITY OF A CERTIFIED PATENT DOCUMENT IN A DIGITAL LIBRARY

The International Bureau certifies that a copy of the patent application indicated below has been available to the WIPO Digital Access Service since the date of availability indicated, and that the patent application has been available to the indicated Office(s) as of the date specified following the relevant Office code:

Document details: Country/Office: **JP**

Filing date: 28 Mar 2017 (28.03.2017)

Application number: 2017-062086

Date of availability of document: 29 Mar 2017 (29.03.2017)

The following Offices can retrieve this document by using the access code:

JP, US, SE, NZ, KR, EA, IN, BR, GB, AU, ES, IB, EE, CN, MA, FI

Date of issue of this certificate: 15 Mar 2018 (15.03.2018)

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2017年 3月28日

出 願 番 号  
Application Number: 特願2017-062086

パリ条約による外国への出願  
に用いる優先権の主張の基礎  
となる出願の国コードと出願  
番号

The country code and number  
of your priority application,  
to be used for filing abroad  
under the Paris Convention, is

J P 2017-062086

出 願 人  
Applicant(s): 国立研究開発法人物質・材料研究機構

2018年 3月15日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

宗 像 直



【書類名】 特許願  
【整理番号】 17-MS-030  
【提出日】 平成29年 3月28日  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【国際特許分類】 H01R 35/32  
【発明者】  
【住所又は居所】 茨城県つくば市千現一丁目2番地1 国立研究開発法人物質・材料研究機構内  
【氏名】 兒子 精祐  
【発明者】  
【住所又は居所】 茨城県つくば市千現一丁目2番地1 国立研究開発法人物質・材料研究機構内  
【氏名】 中村 照美  
【発明者】  
【住所又は居所】 茨城県つくば市千現一丁目2番地1 国立研究開発法人物質・材料研究機構内  
【氏名】 目黒 奨  
【発明者】  
【住所又は居所】 茨城県つくば市千現一丁目2番地1 国立研究開発法人物質・材料研究機構内  
【氏名】 加藤 誠一  
【特許出願人】  
【識別番号】 301023238  
【氏名又は名称】 国立研究開発法人物質・材料研究機構  
【代表者】 橋本 和仁  
【電話番号】 029-859-2600  
【連絡先】 外部連携部門 知的財産室  
【手数料の表示】  
【予納台帳番号】 257648  
【納付金額】 14,000円  
【提出物件の目録】  
【物件名】 明細書 1  
【物件名】 特許請求の範囲 1  
【物件名】 要約書 1  
【物件名】 図面 1

【書類名】明細書

【発明の名称】複合積層型熱発電セル及び熱発電モジュール

【技術分野】

【0001】

本発明は、金属の熱電材料を用いた熱電変換のデバイス構造に関するものである。

【背景技術】

【0002】

利用されていない廃熱を電気に変換して環境負荷を軽減することは、時代の要請であり、熱エネルギーを電気に変換するゼーベック効果によって、2種類の異種金属または半導体の両端に温度差をつけると起電力が発生することはよく知られている。

【0003】

例えば、半導体の熱電材料では、高温部で運動エネルギーの大きくなったキャリア（電子と正孔）が、温度の低い方に拡散して起電力が発生する。n型とp型半導体では電位差が逆になるため、金属電極を介してn型とp型半導体を交互に接続したp-n-pの $\pi$ 型構造を直列接続して大きな起電力を得ることができる（例えば、特許文献1）。

【0004】

電子は電気のキャリアであると同時に熱を運ぶキャリアなので、熱電材料には熱伝導度が小さく且つ電気伝導度が大きいトレードオフ関係にある特性が必要であり、その特性を有するビスマス・テルル合金（ $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ ）が有害であるにも拘わらず熱電材料として使われている。

【0005】

金属の熱電材料では、キャリアは電子だけなので半導体の場合とはデバイス構造が異なるが、高温部で電子の運動エネルギーが大きくなって低温側に拡散して起きるゼーベック効果によって発電することは同じである。

【0006】

金属の熱電材料を用いた新技術として、特許文献2では、熱電材料と金属を交互に傾斜接合してチューブに加工し、熱流と電流の向きを直交させた熱発電モジュールが開示されている。この技術では、熱発電チューブ内と表面の間に温度差を与えると、熱電材料層よりも熱伝導性の高い金属層を熱が優先的に伝達するため、各熱電材料層の温度勾配にz軸方向成分が生じる。このため、各熱電材料層にはゼーベック効果によってz軸方向の起電力が発生し、起電力が積層体内で直列的に重畳される。積層の傾斜角度と寸法を最適化して積層間の熱流を安定させると、全体としてチューブ内側の電極とチューブ表面の電極の間に大きな電位差が発生する。熱発電チューブに使用する熱電材料には、ゼーベック係数が $30\mu\text{V}/\text{K}$ 以上で電気抵抗率が $10\text{m}\Omega\cdot\text{cm}$ 以下の金属であれば利用できると記載されている。

【0007】

しかし、上記熱発電チューブの積層間は絶縁されてなく電氣的に一体構造であるので、熱流がミクロ的に変動すると積層間に無効電流が発生して熱電変換効率が低下する。そのため、熱発電チューブの実施例では、従来通り熱電特性に優れる $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ が使われており、 $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ 等のTe化合物は人体に有害であるため取扱いに注意が必要となる。

一方、温度測定に使う熱電対には、安全性に全く問題のない熱電材料が使われているが、その熱電材料を用いた熱発電を行うには至っていない。

【0008】

原理的には熱電対の熱電材料を用いて熱発電することは可能であるが、熱電対を直列に接続すると、電圧が増加すると同時に内部抵抗が増加する。そのため、非特許文献1に見られるように、熱電対の熱電材料を用いた実用的熱電変換デバイスを開発することは困難であるとされてきた。

【0009】

熱電対に必要な特性は、温度に比例した電圧が発生すること、温度測定範囲が広いこと、耐久性が高いこと等であり、電流が少ないことは問題にならない。そのため、電流が少

ない原因である熱電対の内部抵抗を小さくする研究開発は、今まで行われて来なかった。

上記の状況下にあつて、地球温暖化対策として環境に優しい熱発電を普及させるためには、 $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ のような毒性のある材料ではなく、安全で安価な熱電材料を用いた熱発電を可能にする汎用性のある技術が必要である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

【特許文献1】特開2013—016685公報

【特許文献2】特開2016—63075公報

【非特許文献】

【0011】

【非特許文献1】<http://www.hakko.co.jp> (株) 八光電機、熱の実験室-第3回、2004.11

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

汎用的に温度測定に使われる熱電対を直列に接続すると、電圧が増加するが、同時に内部抵抗が増加するため、熱電対の熱電材料は熱発電に利用できなかった。その課題を解決するため、熱発電の原理に遡ってデバイス構造を見直し、熱電対に使用されているような安全な熱電材料を用いた熱電変換デバイスを開発する。

【課題を解決するための手段】

【0013】

発明者らは、熱電対の熱電材料を用いて熱発電ができない原因を解決する手段として、熱発電に必要な機能を熱電材料だけが担うのではなく、熱発電デバイスを構成する各パーツに機能分離し、「熱の流れる方向には電気が流れなく、電気の流れる方向には熱が流れにくいデバイス構造」にすることによって、「熱電材料に必要な熱伝導度が小さく且つ電気伝導度が大きいトレードオフ関係にある材料特性」の一部を代替える。

【0014】

つまり、本技術の特徴として、熱伝導率の小さい絶縁膜と金属薄板を複合積層することで全体として見掛け熱伝導率を小さくし、金属の細線を用いて前記複合積層を迂回させて接続することで全体として見掛け電気伝導率を大きくする以下の創意工夫を行った。

【0015】

発明の第1は、2種類の金属薄板(1)、(2)を接合した積層に絶縁膜を重ねて金属薄板(1)/金属薄板(2)/絶縁膜の構造をなす複合積層と、前記金属薄板(1)、(2)と同じ材質の素線(4)、(5)を前記金属薄板(1)、(2)にそれぞれ接続して複合積層から引き出した先端を接合してなる接点を単位ユニットとし、前記単位ユニットを複数積層して金属薄板(1)/金属薄板(2)/絶縁膜が繰り返す複合積層の熱発電セルを形成する。前記熱発電セルにおいて、熱流は複合積層の接合面を貫通して高温側から低温側へ流れ、電流は単位ユニット毎に金属薄板(1)、素線(4)、接点、素線(5)、金属薄板(2)の順に流れ、且つ、熱流と電流がクロスフローする複合積層構造を特徴とする熱発電セルを提供する。

【0016】

発明の第2は、上記の熱発電セルの各接点を、幾つかのグループまたは一括して冷却することにより、各接点における逆熱起電力の発生を防ぐことを特徴とする熱発電セルを提供する。

発明の第3は、上記の熱発電セルの絶縁膜として、積層間を絶縁することに加えて、積層間の熱変位を吸収する可塑性を有する絶縁材料を用いることを特徴とする熱発電セルを提供する。

【0017】

発明の第4は、上記の金属薄板(1)として、電気抵抗が $70\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 以下で且つ

熱伝導率が $60\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上の金属、及び金属薄板（２）として、電気抵抗率が $70\ \mu\Omega\cdot\text{cm}$ 以下で且つ熱伝導率が $40\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以下の金属を用いることを特徴とする熱発電セルを提供する。

発明の第５は、上記の単位ユニットからなる熱発電セルを用いた熱発電モジュールであって、熱発電セルの積層方向を加熱面に対し垂直に配置することを特徴とする熱発電モジュールを提供する。前記の加熱面は平面または曲面であっても良い。

【0018】

熱電材料として使われるテルルの電気抵抗率は $400\text{ m}\Omega\cdot\text{cm}$ であり、上記の本発明の電気抵抗率の上限値 $70\ \mu\Omega\cdot\text{cm}$ を超えており、本発明では有毒なテルルを使用しないことを特徴とする。

【発明の効果】

【0019】

本発明は、熱発電に必要な材料特性の一部をデバイス構造の機能で代替し、安全で安価な熱電材料を用いた熱発電を可能にするものであり、従来の熱電材料の開発と競合するものではなく、汎用的な熱電材料の性能を最大限に発揮するデバイス構造によって、熱発電の発展と普及を図るものである。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図１】複合積層型熱発電セルの構造。

【図２】本発明の技術的ルーツになった従来の熱電対の構造。

【図３】実施例１の熱発電セル内部の電圧・電流の変化。

【図４】従来の熱電対と実施例１の発電特性の比較(温度差： $120^{\circ}\text{C}$ )。

【図５】実施例１の無負荷電圧の温度特性。

【図６】複数の積層型熱発電セルを平面配列した熱発電モジュール(実施例２)。

【図７】複数の積層型熱発電セルをチューブ状に配列した熱発電モジュール(実施例３)。

【発明を実施するための形態】

【0021】

本明細書における技術用語の定義

・金属薄板とは、表１に示す材質で、厚さ $0.1\sim 3\text{ mm}$ 、 $5\sim 100\text{ mm}$ 角サイズの薄板をいう。数値限定の理由は、厚さ $0.1\text{ mm}$ 以下では接合加工が困難になり、 $3\text{ mm}$ 以上では積層数が少なくなるために有効な熱電流が得られないからである。 $5\text{ mm}$ 角以下のサイズでは接合面積が小さく有効な熱電流が得られず、 $100\text{ mm}$ 角以上では熱変形が大きくなり耐久性が低下するからである。

・素線とは、表１に示す材質で、直径 $0.1\sim 3\text{ mm}$ 、 $50\sim 200\text{ mm}$ の長さの細線をいう。数値限定の理由は、直径 $0.1\text{ mm}$ 以下では電気抵抗が過大になり、直径 $3\text{ mm}$ 以上では熱伝導が過大になり、有効な熱電流が得られないからである。

・絶縁膜とは、マグネシア、ジルコニア、アルミナ等の無機材料で、 $3\text{ kV/mm}$ 程度の絶縁性に加え、積層間の熱変位を吸収する可塑性を有する耐熱接着剤。

【0022】

以下、図を用いて本発明に係る熱発電セルのデバイス構造を以下に説明する。

図においては、本発明に係る熱発電セルは、熱発電単位ユニットを複数積層してなる複数積層体と、複数積層体の加熱部（１１）側に設けられた集熱板（８）と、複数積層体の放熱部側に設けられた放熱板（９）とを備える。

ここで、集熱板（８）及び放熱板（９）には、例えば、厚さ $5\text{ mm}$ のアルミ板を陽極酸化して、表面に約 $10\ \mu\text{ m}$ の酸化膜を形成したアルミ板を用いるとよい。集熱板（８）及び放熱板（９）には、構造材として適切な強度を有する金属製板材であれば適宜の金属材料を用いることができ、アルミ板のほか、マグネシウム合金板、ステンレス鋼板、銅板、銅板など各種のものを用いることができる。また、集熱板（８）及び放熱板（９）には、接触する第１の金属薄板（１）や第２の金属薄板（２）との電氣的な絶縁を確保する為、

絶縁材料を貼付したり、絶縁性を確保できる表面処理をするとよい。

#### 【0023】

前記熱発電単位ユニットは、第1の金属薄板(1)、第2の金属薄板(2)、絶縁膜(3)、第1の素線(4)、第2の素線(5)、接合面(6)、及び接点(7)を有している。

ここで、第1の金属薄板(1)は、例えばCu、Al、Ni、Fe、Snを材料とする金属板がよく、後述する表1に示すように、電気抵抗が $70\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 以下で且つ熱伝導率が $60\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 以上の金属が好ましい。第2の金属薄板(2)は、第1の金属薄板(1)に接合されているもので、例えばアルメル、Ti、コンスタタン、クロメルを材料とする金属板がよく、後述する表1に示すように、電気抵抗が $70\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 以下で且つ熱伝導率が $40\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 以下の金属が好ましい。ここで、アルメルはニッケル(Ni)94%、マンガン(Mn)2.5%、アルミニウム(Al)2%、ケイ素(Si)1%、鉄(Fe)0.5%の組成をもつ。クロメルはニッケル(Ni)89%、クロム(Cr)9.8%、鉄(Fe)1%、マンガン(Mn)0.2%の組成をもつ。コンスタタンは、銅(Cu)55%、ニッケル(Ni)45%の組成をもつ。

#### 【0024】

絶縁膜(3)は、第2の金属薄板(2)の対向面に重ねた状態で配置される。第2の金属薄板(2)の対向面は、第1と第2の金属薄板の接合体の接合面(6)と対向する面である。

第1の素線(4)は、金属薄板(1)に接続されると共に、金属薄板(1)と同じ材質よりなる。第2の素線(5)は、金属薄板(2)に接続されると共に、金属薄板(2)と同じ材質よりなる。この接合は、電気的な接続と機械的な接続が確保できるものが望ましく、例えばロウ付けやリベット接合を用いるとよい。

接合面(6)は、上述したように、第1と第2の金属薄板の接合体の接合面である。接点(7)は、第1と第2の素線(4)の他端となる端部を接合したものである。ここで、第1と第2の素線(5)の他端となる端部は、第1及び第2の金属薄板に接続された端部に対して、第1と第2の素線(4)の反対側の端部である。

#### 【0025】

このように構成された装置の動作を次に説明する。

図1に示す集熱板(8)で受熱した熱は、金属薄板(1)と金属薄板(2)を拡散接合した接合面(6)で熱起電力を発生し、絶縁膜(3)を貫通して上の層に伝わり、繰り返して熱起電力を発生しながら、熱流になって、放熱板(9)から大気放散される。一方、接合面(6)で発生した熱電流は、細線(4)によって一旦、積層の外に出て、冷却部(12)にある接点(7)を経て、細線(5)によって次の積層に戻る。上記のメカニズムが積層数と同じ数だけ繰り返して、増加した熱電流が正極から外部の負荷回路に流れる。

#### 【0026】

本発明の特徴を具体的に示すために、熱発電セル内部で起電力が発生する状況を図3にまとめる。図3(a)に示すように、熱発電セルの正極と各単位ユニットの測定端子との間の電圧と電流は、偶数の測定端子番号で段階的に増加する。つまり、熱起電力は接合面(6)で発生し、接点(7)では発生しない。

#### 【0027】

図3(a)に示す電圧と電流の微細な変化は、測定端子番号11では電圧と電流が僅かに低下しており、この部分では逆起電力が僅かに発生している。しかし、その他の測定端子番号では逆起電力は発生していない。

以上説明したように、各接点を一様に冷却すれば、接合面と接点の接続数に比例して電圧と電流が一様に増加し、熱発電セルの起電力は単位ユニットの積層数に比例する設計指針が得られる。

#### 【0028】

以下に本発明の特徴を具体的に説明する。熱伝導率の異なる2種類の金属薄板を接合し、絶縁膜を重ねて複合積層にすると、例えば、接合面積は、12mm角の金属薄板では、



図2に示す直径0.3 mmの熱電対に比べて3桁以上大きくなる。

【0029】

上記複合積層した金属薄板に接続した素線は、前記複合積層の熱が伝わり難い直径と長さ、例えば、直径0.3 mm、長さ70 mmとし、素線他端を接合して接点を形成する。

【0030】

原理的には2種類の金属を接合して複数の接合部を直列に接続すると、2種類の金属の並び順が接合部の一つ置きに逆向きになり、逆向きの接合部では逆向きの起電力が発生して全体の起電力が低下する。しかし、接合部の温度差をゼロにすれば、その接合部での起電力はゼロになる。本技術では、2種類の金属の接合が逆向きになる接点を冷却することによって、逆向きの起電力を実質的にゼロにする。

【0031】

複合積層と素線の接点の組み合わせを単位ユニットとし、複数の単位ユニットを積み重ねて熱発電セルを形成する。熱発電セルの接合面積は、図2に示す直径0.3 mmの熱電対に比べて5桁以上大きくなる。熱発電セルに与えた熱は、繰り返し接合面を貫通して熱発電に使われ、熱発電セルの上面から放散する熱が減少して起電力が増える。

【0032】

熱発電セルの底面を加熱し、素線の各接点を冷却すると、熱流は複合積層を貫通して低温側へ流れて熱発電セルの上面から放散される。一方、発生した熱電流は、素線の各接点を經由して複合積層に戻る迂回を繰り返して増加する。

【0033】

熱発電セルのデバイス構造をより詳しく以下に説明する。2種類の金属薄板(1)、(2)を接合した接合体に絶縁膜を重ねて金属薄板(1)/金属薄板(2)/絶縁膜の積層構造を形成し、前記金属薄板(1)、(2)と同じ材質の素線(1)、(2)を前記金属薄板(1)、(2)に接続して前記積層構造の横方向に引き出し、素線(1)、(2)の端を接合して接点を形成して単位ユニットにする。

【0034】

単位ユニットを複数積層し、金属薄板(1)/金属薄板(2)/絶縁膜(3)/金属薄板(1)/金属薄板(2)/絶縁膜(3)が繰り返す複合積層の熱発電セルを形成する。熱発電セルの熱流は、複合積層の接合面を貫通して高温側から低温側へ流れ、発生した電流は、接合面-接点-接合面-接点を繰り返す電氣的に接続した素線の迂回路を流れる。

【0035】

上記の結果、熱流は複合積層を貫通して流れるが電流は遮断され、電流は前記迂回路を流れるが熱流は殆ど流れない状態になる。つまり、熱流と電流がクロスフローする状態になって、熱流と電流の干渉がなくなり、安定した熱起電力が得られる。

【0036】

温度の高い接合面と冷却した接点の間の熱流を少なくするために、素線で接続する。素線の材質は金属薄板(1)、(2)と同じ材質とし、素線の直径は、内部抵抗が増加しないように、例えば、直径0.3 mm程度にする。素線の長さは70 mm程度にして金属薄板(1)、(2)の熱が接点に伝わり難くする。

【0037】

比較例として、本発明の技術的ルーツである直径0.3 mm、長さ10 cmの銅/コンスタントンの熱電対の発電特性(温度差120℃)は、図4(a)のように、無負荷電圧:3.7 mV、内部抵抗:3.1 Ω、最大出力は僅か1 μWであった。

【0038】

<実施例1>

12 mm角で0.3 mm厚の銅とコンスタントンを、接合温度:約840℃、加熱時間:30分、加圧:約1.7 Mpa、接合雰囲気:約 $1.8 \times 10^{-3}$  Paで接合した。

接合した12 mm角の銅/コンスタントンの薄板を図1に示すように、絶縁膜を間に挟んで6層を重ねて積層した。

【0039】

その結果、実施例1では、図4（b）に示すように、無負荷電圧：45.9 mV、内部抵抗：2.95 Ωになり、前記の比較例に比べ、電圧は1.2倍（3.7⇒45.9 mV）に増加、内部抵抗は変わらず（3.1⇒2.95 Ω）、最大出力は1 μW から176 μWに増加し、本発明の効果を実証した。

実施例1では、図3（b）に示すように、熱発電セル底面を250℃に加熱した場合、熱発電セルの上面温度は110℃と高く、未利用の熱量が多いことが判った。

【0040】

＜実施例2＞

そのため、実施例2では、積層数を実施例1の6層から50層に増やし、上面温度を室温近くに下げる。更にスケールアップとして、接合面を12 mm角から50 mm角に拡大し、300個の熱発電セルを平面配列（15×20）することにより、1.2 kW/m<sup>2</sup>の太陽光発電と同等レベルの発電能力を有する熱発電モジュールになる。図6に6個の熱発電セルを平面配置した熱発電モジュールを例示する。

【0041】

＜実施例3＞

熱発電モジュールの加熱・冷却方式として、熱発電セルをチューブ状に配列したパイプ構造の熱発電モジュールの実施例3を図7に示す。パイプ内に温水を流し、パイプを冷水中に入れることでパイプ表面とパイプ表面に出したフィンを冷却する。また、加熱面が円柱以外の曲面であっても、熱発電セルの積層方向を加熱面に垂直に配列して耐火モルタルを充填して固定することによって、加熱面が任意な曲面形状の熱発電モジュールにすることができる。

【0042】

熱発電セルに用いる熱電材として、Cu/コンスタントンの実施例を示したが、本発明で用いる熱電材料は上記に限らない。表1に示す電気抵抗が70 μΩ・cm以下で且つ熱伝導率が60 W/m・K以上の金属（Cu、Al、Ni、Fe、Sn）と、電気抵抗が70 μΩ・cm以下で且つ熱伝導率が40 W/m・K以下の金属（アルメル、Ti、コンスタントン、クロメル）とを組み合わせ、熱伝導率が2倍以上違う2種類の金属、例えば、Al/Ti、Al/クロメル、Al/コンスタントン、Ni/Ti、Fe/コンスタントン、Sn/Ti等を接合して用いることができる。

【0043】

【表1】

区分	金属材料	熱伝導率・ $\lambda$ (W/m·K)	抵抗率・ $\rho$ ( $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ )
(1) $\lambda > 60 \text{ W/m}\cdot\text{K}$	Cu	398	1.6
	Al	236	2.5
	Ni	90	6.2
	Fe	84	8.9
	Sn	67	11
(2) $\lambda < 40 \text{ W/m}\cdot\text{K}$	アルメル	32	33
	Ti	22	42
	コンスタンタン (45%Ni・55%Cu)	20	50
	クロメル	19	70

(参考)	ビスマス	8	129
	テルル(毒性あり)	2~3	$4 \times 10^5$

## 【0044】

金属薄板の接合方法として、実施例では拡散接合を採用したが、熱変形に対する耐久性があり、接合界面に形成される合金層の厚みが300nm以下になる方法であれば、真空蒸着法、下地処理したメッキ法、圧延クラッド法が利用できる。例えば、大面積の金属薄板を圧延クラッド法で接合し、接合界面にダメージを与えないレーザー加工等で切断することによって工業的生産が可能になる。

【産業上の利用可能性】

## 【0045】

本発明によって、有害なビスマス・テルル ( $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ ) を用いることなく、安価で安全な汎用熱電材料を用いた熱電変換デバイスが可能になり、熱発電が広く普及する技術基盤ができる。

【符号の説明】

## 【0046】

- 1 第1の金属薄板
- 2 第2の金属薄板
- 3 絶縁膜
- 4 第1の素線
- 5 第2の素線
- 6 接合面
- 7 接点
- 8 集熱板
- 9 放熱板
- 10 耐火モルタル
- 11 加熱部
- 12 冷却部

【書類名】特許請求の範囲

【請求項1】

熱発電単位ユニットを複数積層してなる複数積層体と、  
前記複数積層体の加熱部（11）側に設けられた集熱板（8）と、  
前記複数積層体の放熱部側に設けられた放熱板（9）とを備える熱発電セルであって、  
前記熱発電単位ユニットは、

第1の金属薄板（1）と、

前記第1の金属薄板（1）に接合された第2の金属薄板（2）と、

前記第1と第2の金属薄板の接合体の接合面（6）と対向する前記第2の金属薄板（2）の対向面に重ねた絶縁膜（3）と、

前記金属薄板（1）に接続される第1の素線（4）であって、前記金属薄板（1）と同じ材質の第1の素線（4）と、

前記金属薄板（2）に接続される第2の素線（5）であって、前記金属薄板（2）と同じ材質の第2の素線（5）と、

第1と第2の素線の、前記第1及び第2の金属薄板に接続された端部に対して、他端となる端部を接合した接点（7）を

を備えることを特徴とする熱発電セル。

【請求項2】

前記熱発電単位ユニットの各々に設けられた接点（7）を幾つかのグループまたは一括して冷却する冷却部（12）を有することを特徴とする請求項1に記載の熱発電セル。

【請求項3】

請求項1に記載の熱発電セルの絶縁膜に、積層間の熱変位を吸収する可塑性を有する絶縁材料を用いることを特徴とする熱発電セル。

【請求項4】

請求項1に記載の第1の金属薄板（1）として、電気抵抗が $70\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 以下で且つ熱伝導率が $60\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 以上の金属、及び第2の金属薄板（2）として、電気抵抗が $70\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 以下で且つ熱伝導率が $40\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 以下の金属を用いることを特徴とする熱発電セル。

【請求項5】

請求項1に記載の熱発電セルの複数を熱発電セルの積層方向を加熱面に対して垂直に配置することを特徴とする熱発電モジュール。

【書類名】 要約書

【要約】

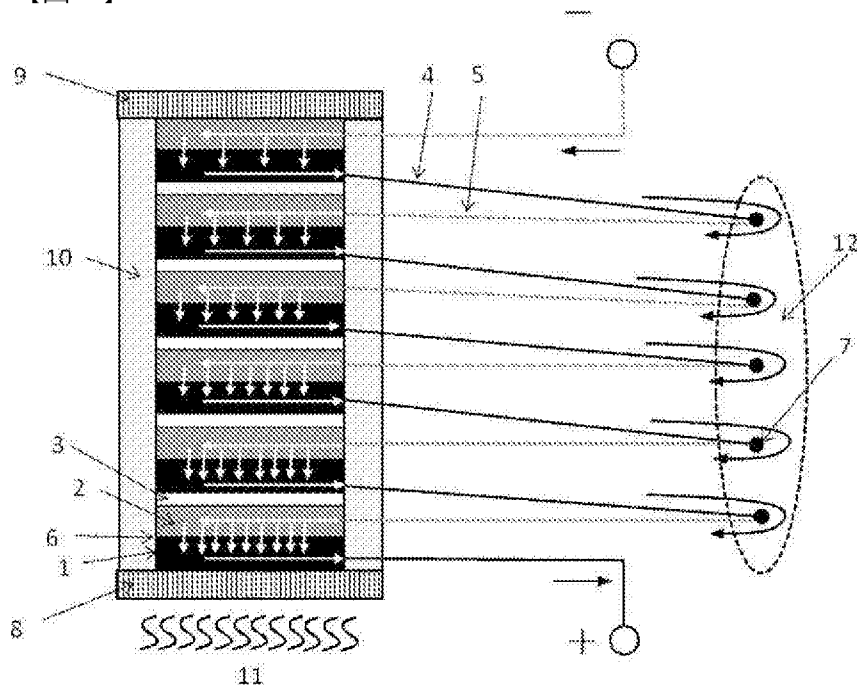
【課題】 熱電対用熱電材料を用いた熱発電は実用化されていないが、その原因をデバイス構造の工夫によって解決し、安全で安価な汎用的熱電材料を用いた熱発電を可能にする

。【解決手段】 熱電材料には、熱伝導率が小さく且つ電気伝導率が高いトレンドオフ関係にある材料特性が必要であるが、その材料特性の一部をデバイス構造によって代替する。つまり、2種類の汎用的熱電材料の薄板を接合して絶縁膜と複合積層することによって見掛けの熱伝導率を小さくし、前記薄板と同じ材質の細線を接続して複合積層の外に引き出して接合した接点を冷却することによって全体として見掛けの電気伝導率を大きくする。同時に、熱流と電流の経路を分離してクロスフローさせることにより、熱流と電流の干渉をなくして熱起電力を安定化する。以上の機能を有する熱電変換デバイス構造によって、汎用的な熱電材料を用いて実用的な熱発電を可能にする。

【選択図】 図1

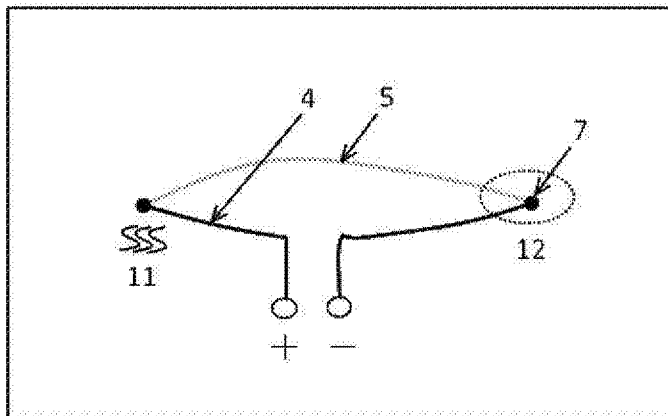
【書類名】 図面

【図 1】

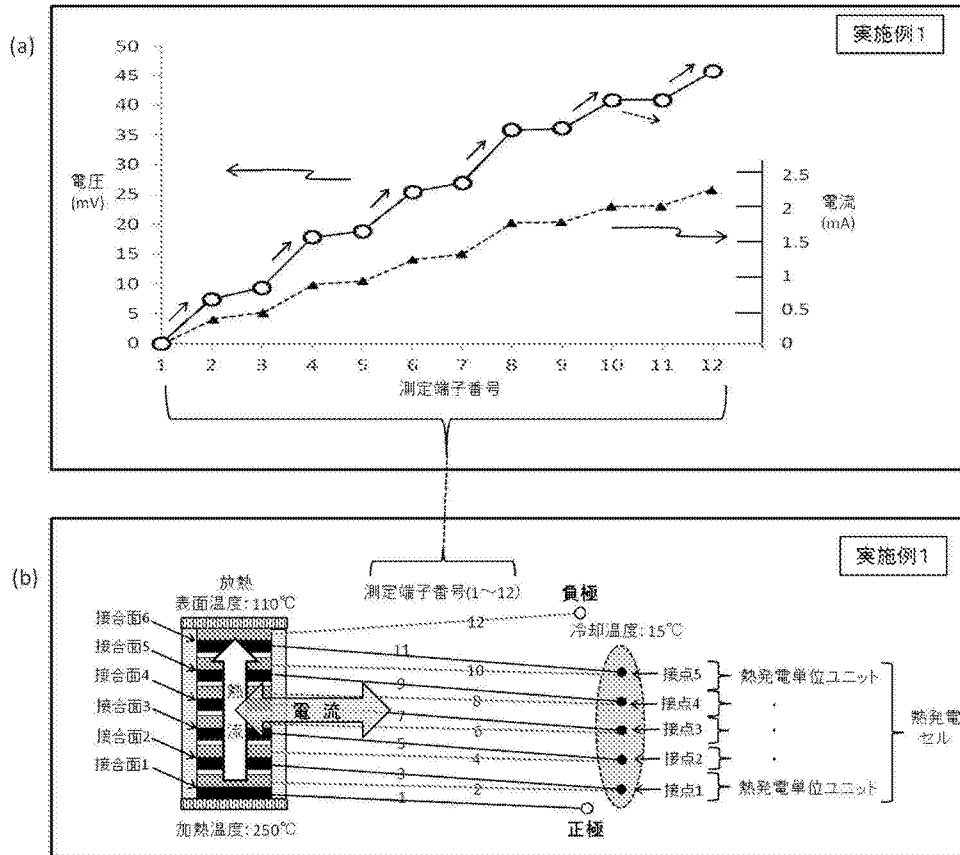


【図 2】

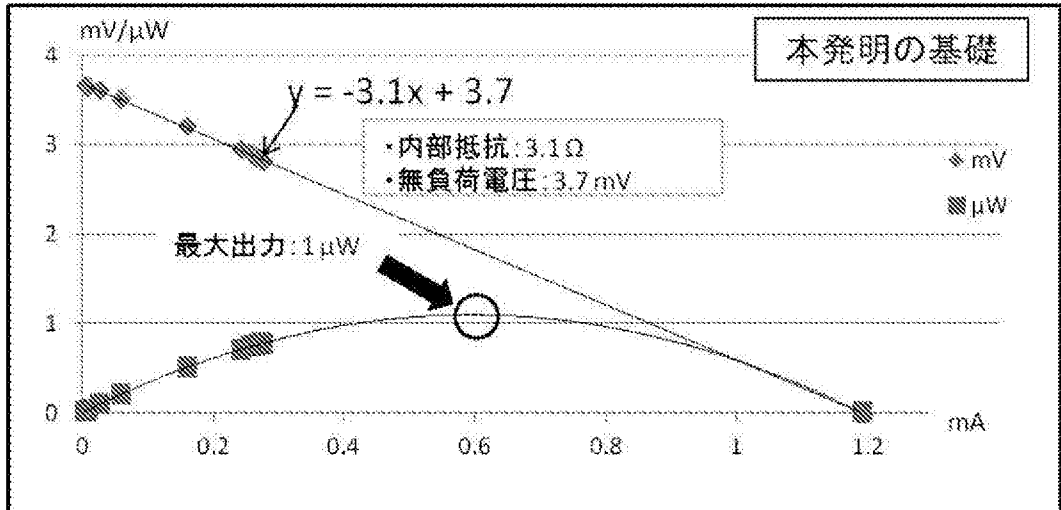
従来の熱電対(本発明の基礎)



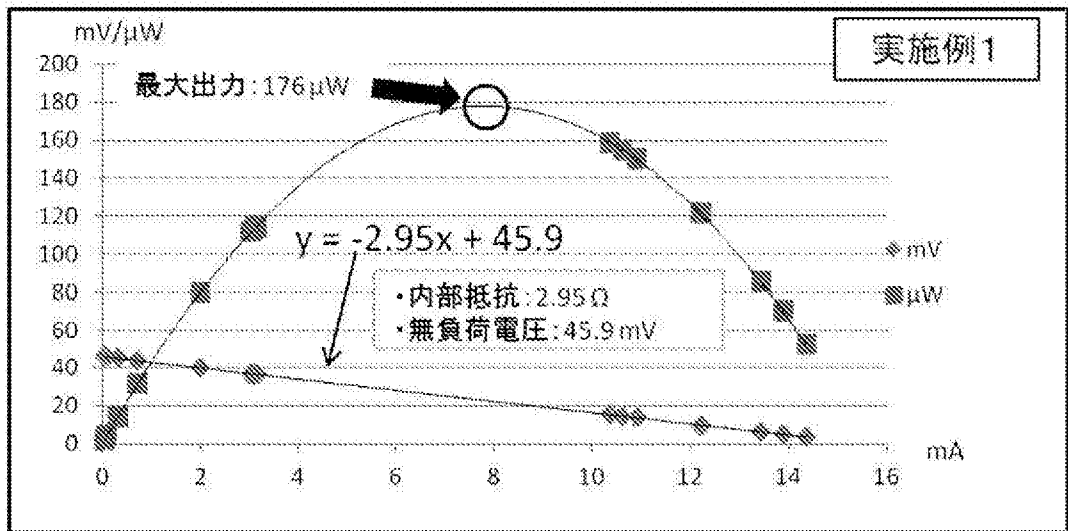
【図3】



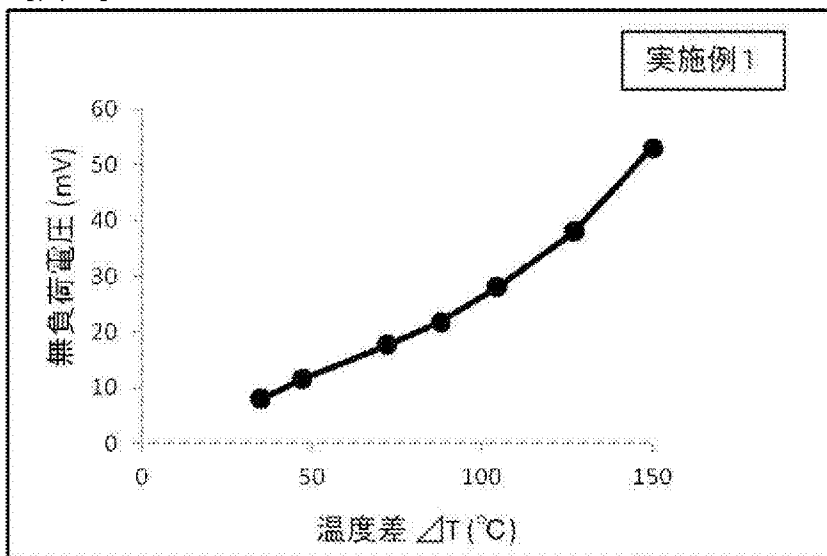
【図4】  
(a)



(b)

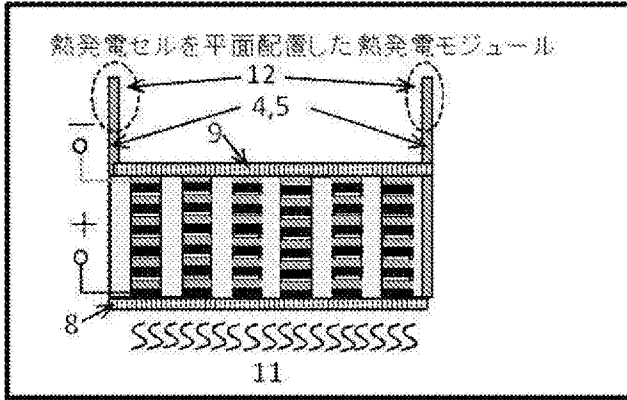


【図5】

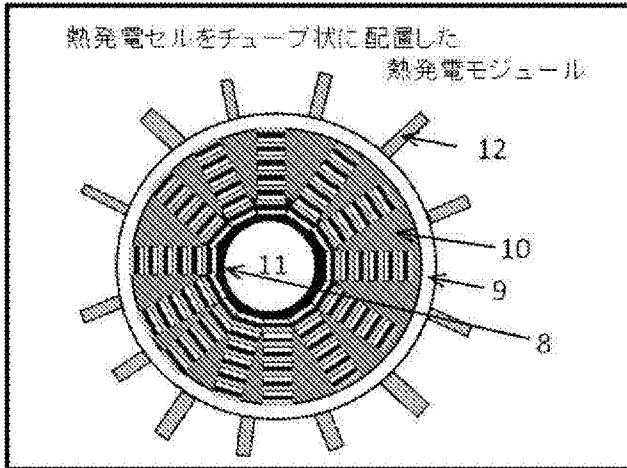




【図6】



【図7】



出願人履歴

3 0 1 0 2 3 2 3 8

20150408

名称変更

茨城県つくば市千現一丁目2番地1

国立研究開発法人物質・材料研究機構