

(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2004-186529

(P2004-186529A)

(43) 公開日 平成16年7月2日(2004.7.2)

(51) Int.Cl.⁷

H O 1 L 35/16

C O 4 B 35/50

C O 4 B 35/547

H O 1 L 35/34

F I

H O 1 L 35/16

C O 4 B 35/50

H O 1 L 35/34

C O 4 B 35/00

テーマコード (参考)

4 G O 3 O

T

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2002-353348 (P2002-353348)

(22) 出願日 平成14年12月5日 (2002.12.5)

(71) 出願人 503360115

独立行政法人 科学技術振興機構
埼玉県川口市本町4丁目1番8号

(71) 出願人 301023238

独立行政法人物質・材料研究機構
茨城県つくば市千現一丁目2番1号

(71) 出願人 000003964

日東電工株式会社
大阪府茨木市下穂積1丁目1番2号

(74) 上記2名の代理人 100108671

弁理士 西 義之

(72) 発明者 平井 伸治

北海道室蘭市寿町1-13-13

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 Ln₂S₃焼結体からなる熱電変換材料およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】ランタノイド三二硫化物において、大きなゼーベック係数を持ち、電気伝導性を付加することで、比抵抗が小さく大きなパワーファクターを有する熱電変換素子用ランタノイド三二硫化物焼結体を提供すること。

【構成】組成式Ln₂S₃ (Lnは、La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Luの群から選ばれる少なくとも1種) で表されるβ型ランタノイド三二硫化物粉末にGe粉末又はNb粉末の少なくとも1種を混合して焼結した、結晶構造がβ型を主成分とするランタノイド三二硫化物焼結体中にGe又はNbの少なくとも1種類が金属粒子として分散し、比抵抗が10Ωcm以下であることを特徴とするLn₂S₃焼結体からなる熱電変換材料。Ge粉末又はNb粉末に代えて炭素粉末を用いても同様の熱電変換材料が得られる。

【選択図】 なし

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

組成式 $Ln_2 S_3$ (Ln は、 La 、 Ce 、 Pr 、 Nd 、 Sm 、 Eu 、 Gd 、 Tb 、 Dy 、 Ho 、 Er 、 Tm 、 Yb 、 Lu の群から選ばれる少なくとも1種)で表される β 型ランタノイド三二硫化物粉末に Ge 粉末又は Nb 粉末の少なくとも1種を混合して焼結した、結晶構造が β 型を主成分とするランタノイド三二硫化物焼結体中に Ge 又は Nb の少なくとも1種類が金属粒子として分散し、比抵抗が $10 \Omega cm$ 以下であることを特徴とする $Ln_2 S_3$ 焼結体からなる熱電変換材料。

【請求項 2】

焼結体中に分散する Ge 又は Nb の少なくとも1種類の含有量が $0.5 \sim 10$ 質量%であることを特徴とする請求項1記載の $Ln_2 S_3$ 焼結体からなる熱電変換材料。 10

【請求項 3】

組成式 $Ln_2 S_3$ (Ln は、 La 、 Ce 、 Pr 、 Nd 、 Sm 、 Eu 、 Gd 、 Tb 、 Dy 、 Ho 、 Er 、 Tm 、 Yb 、 Lu の群から選ばれる少なくとも1種)で表される β 型ランタノイド三二硫化物粉末に炭素粉末を混合して焼結した、結晶構造が β 型を主成分とするランタノイド三二硫化物焼結体中に炭素が粒子として分散し、比抵抗が $10 \Omega cm$ 以下であることを特徴とする $Ln_2 S_3$ 焼結体からなる熱電変換材料。

【請求項 4】

焼結体中に分散する炭素の含有量が $0.1 \sim 5$ 質量%であることを特徴とする請求項3記載の $Ln_2 S_3$ 焼結体からなる熱電変換材料。 20

【請求項 5】

組成式 $Ln_2 S_3$ (Ln は、 La 、 Ce 、 Pr 、 Nd 、 Sm 、 Eu 、 Gd 、 Tb 、 Dy 、 Ho 、 Er 、 Tm 、 Yb 、 Lu の群から選ばれる少なくとも1種)で表される β 型ランタノイド三二硫化物粉末に平均粒径が $100 \mu m$ 以下の Ge 粉末又は Nb 粉末の少なくとも1種類を混合し、成型後又は成型と同時に $1300^\circ C$ から $1700^\circ C$ の温度範囲で焼結することを特徴とする請求項1又は2記載の $Ln_2 S_3$ 焼結体からなる熱電変換材料の製造方法。

【請求項 6】

組成式 $Ln_2 S_3$ (Ln は、 La 、 Ce 、 Pr 、 Nd 、 Sm 、 Eu 、 Gd 、 Tb 、 Dy 、 Ho 、 Er 、 Tm 、 Yb 、 Lu の群から選ばれる少なくとも1種)で表される β 型ランタノイド三二硫化物粉末に平均粒径が $1 \mu m$ 以下の炭素粉末を混合し、成型後又は成型と同時に $1300^\circ C$ から $1700^\circ C$ の温度範囲で焼結することを特徴とする請求項3又は4記載の $Ln_2 S_3$ 焼結体からなる熱電変換材料の製造方法。 30

【請求項 7】

β 型ランタノイド三二硫化物粉末は不純物としての酸素含有量が 0.9 重量%以上であることを特徴とする請求項5又は6記載の $Ln_2 S_3$ 焼結体からなる熱電変換材料の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

40

【発明の属する技術分野】

本発明は、特に、室温付近から高温域まで熱電材料として有用な、比抵抗が小さく、大きなパワーファクターを有する熱電変換材料用ランタノイド三二硫化物焼結体およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

熱電変換材料の応用は、多岐に亘っている。熱エネルギーを電気エネルギーに変換するクリーンエネルギー源としての利用が最も期待されるところであるが、ペルチェ効果を利用するものとして小型冷凍器、放熱板、恒温槽、電熱用等が考えられ、また実現されている。

50

【0003】

熱起電力は、2種の電気伝導体を接合したときに2接点間の温度差 ΔT により発生する電圧 V であり、それらの間には $V = \alpha \Delta T$ の関係がある。この α のことをゼーベック係数という。この熱起電力を利用して、熱エネルギーを電気エネルギーに変換する際に、熱電材料の有効性を示す指標として、電気伝導度 σ 、熱伝導度 κ を使って、式、 $Z = \alpha^2 \sigma / \kappa$ 、で示される性能指数 Z が用いられている。この Z の値の大きい材料ほど優れた熱電材料となる。 $\alpha^2 \sigma$ は、一般にパワーファクターと呼ばれ、熱電変換材料から取り出せる電力の大きさの指標になる。

【0004】

既に報告され、又は利用されている熱電材料は多く、現在、最も大きい性能指数が得られているのはBi-Te系の物質で、約 3×10^{-3} (1/K)の値を示しているが、それらの物質のゼーベック係数の値は、約200 ($\mu V/K$)程度である。 10

【0005】

希土類元素の硫化物は、大きなゼーベック係数を持ち、ランタノイド三二硫化物の中でもLaからNdまでの硫化物は、低温安定相である斜方晶の α 相から正方晶の β 相、さらに、高温安定相である立方晶 Th_3P_4 型の γ 相へと不可逆変態し、特に、 La_2S_3 は、373Kで $+354 \mu V \cdot deg^{-1}$ 、 Ce_2S_3 は、373Kで $+574 \mu V \cdot deg^{-1}$ のゼーベック係数を有する熱電材料であることが報告されている（例えば、非特許文献1、2）。 20

【0006】

また、硫化ランタン $La_{3-x}S_4$ およびLa-A-S系（AはCa又はBa）において、最大 2.9×10^{-4} (1/K)の性能指数が得られたことが報告されている（非特許文献3）。しかし、そこで報告されているゼーベック係数は最大値で約100 ($\mu V/K$)である。 20

【0007】

本発明者らは、ランタン硫化物系において従来報告されていたゼーベック係数よりも約一桁大きいゼーベック係数を有する物質を見出し、特許出願した（特許文献1、非特許文献4）。この物質は、組成が La_2S_3 で示され、結晶構造が β と γ の混合相からなり、ゼーベック係数が γ 単相のときより大きい値を有することを特徴とする硫化ランタン焼結体であり、ゼーベック係数が60℃で1000 ($\mu V/K$)以上の値を有する。 30

【0008】

高融点材料には難焼結性というイメージがあるが、本発明者らは、ランタノイド三二硫化物を真空中でホットプレスし、焼結温度を γ 変態温度以上に設定し γ 単相の焼結体を製作すると、La～Smまでのいずれの場合も、相対密度が97～100%のものが得られることや、低酸素含有量の合成粉末を用いると γ 単相の焼結体を得られ、高酸素含有量の合成粉末では γ と β の混合相あるいは β 単相の焼結体を得られること、焼結体の残留酸素含有量は、焼結条件が高温、長時間ほど減少する傾向を示すこと、さらには、ランタノイド三二硫化物は1000Kを超す高温で大きなゼーベック係数を有するため、今後キャリア濃度を綿密に調整しながら電気抵抗を下げることであれば、熱電性能指数も増大し次世代の高温域熱電材料として期待できることを報告した（非特許文献5）。 40

【0009】

さらに、 La_2S_3 を予め一定の圧力を加えることにより冷間成形した圧粉体を焼結した常圧焼結体も、同じ温度でホットプレス法により作製した焼結体とゼーベック係数は殆ど遜色がないことを報告した（非特許文献6）。 40

【0010】

本発明者らは、その後、この焼結体にPd粒子を添加することにより比抵抗が減少し性能指数が向上することを見出した（非特許文献7、特願2002-56559）。 40

【0011】

【非特許文献1】

ゲ・ヴェ・サムソノフ他著、「硫化物便覧」，日・ソ通信社，1974年，p108 50

【非特許文献2】

C. Wood et al., 「Thermoelectric properties of lanthanum sulfide」, J. Appl. Phys., Vol. 58, No. 4, 1985年8月15日, pp1542-1547

【非特許文献3】

勝山 茂他, 「3元系希土類カルコゲナイド $\text{La}-\text{A}-\text{S}$ ($\text{A}=\text{Ca}, \text{Ba}$) の熱電特性」, 熱電変換シンポジウム'99論文集, 熱電変換研究会, 1999年, pp56-57

【非特許文献4】

平井 伸治他, 「 $\alpha-\text{La}_2\text{S}_3$ の合成と熱電特性」, 日本金属学会秋期(第125回)大会講演概要, 1999年11月, p317

10

【非特許文献5】

平井 伸治他, 「ランタノイド系二元系硫化物の合成と焼結」, 金属, Vol. 70, No. 8, 2000年, pp629-635

【非特許文献6】

平井 伸治他, 「耐火材料や熱電材料として期待されるランタノイド二元系硫化物」, 金属, Vol. 70, No. 11, 2000年, pp960-965

【非特許文献7】

上村 揚一郎他, 「Pdを添加した La_2S_3 常圧焼結体の熱電特性」, 日本物理学会2001年秋期大会講演概要集, 第56巻, 第2号, 第4分冊, 2001年, p530

20

【特許文献1】

特開2001-335367号公報

【0012】

【発明が解決しようとする課題】

熱電変換材料は、放熱板として電子機器の冷却、センサー等、その応用範囲は広く、地球上に限らず、人工衛星においても存在する温度差を電気エネルギーとして利用することは、究極のクリーンエネルギー源であり、地球環境の悪化を考えると、その開発は急務である。

【0013】

熱電変換素子を利用したクリーンエネルギーの実用化が実現すれば、その効果は非常に大きい。また、放熱板等への応用はICの集積度緻密化による発熱問題を解決し、小型化、高集積化等この方面での一層の進展が期待される。

30

【0014】

ランタノイド三二硫化物 (Ln_2S_3) は、低温で安定な斜方晶の α 相から温度の上昇に連れて正方晶の β 相へ、さらに高温では β 相から立方晶の γ 相へといずれも不可逆的な相変態を示す。

【0015】

本発明者らが先に発明した硫化ランタン又は硫化セリウムなどのランタノイド三二硫化物焼結体は、大きなゼーベック係数 α を持ち、高い性能指数 Z を持つ材料であるが、電気抵抗が大きく、性能指数の値も小さかった。

【0016】

熱電変換材料の上述の性能指数 Z を求める式において、3種の物理的性質がその値を決定しているが、ゼーベック係数 α の値は2乗で Z の値を大きくすることから、この α 値の大きな物質がより優れた熱電材料となり得る。

40

【0017】

そこで、本発明は、ランタノイド三二硫化物において、大きなゼーベック係数を持ち、電気伝導性を付加することで、比抵抗が小さく大きなパワーファクターを有する熱電変換素子用ランタノイド三二硫化物焼結体を提供することを目的とする。

【0018】

【課題を解決するための手段】

本発明者らは、高温で β 相から立方晶の γ 相へと不可逆的な相変態をするランタノイド三

50

二硫化物焼結体について、種々の元素の添加により電気伝導度の改善を検討する過程で、原料にGe粉末、Nb粉末の少なくとも1種類を混合して焼結すると、上記の課題を解決できることを見出した。また、炭素粉末の添加によっても同様な結果が得られることを見出した。

【0019】

すなわち、本発明は、(1)組成式 Ln_2S_3 (Ln は、La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Luの群から選ばれる少なくとも1種)で表されるβ型ランタノイド三二硫化物粉末にGe粉末又はNb粉末の少なくとも1種を混合して焼結した、結晶構造がβ型を主成分とするランタノイド三二硫化物焼結体中にGe又はNbの少なくとも1種類が金属粒子として分散し、比抵抗が $10\Omega\text{cm}$ 以下であることを特徴とする Ln_2S_3 焼結体からなる熱電変換材料、である。 10

また、本発明は、(2)焼結体中に分散するGe又はNbの少なくとも1種類の含有量が0.5~10質量%であることを特徴とする上記(1)の Ln_2S_3 焼結体からなる熱電変換材料、である。

【0020】

また、本発明は、(3)組成式 Ln_2S_3 (Ln は、La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Luの群から選ばれる少なくとも1種)で表されるβ型ランタノイド三二硫化物粉末に炭素粉末を混合して焼結した結晶構造がβ型を主成分とするランタノイド三二硫化物焼結体中に炭素が粒子状に分散し、比抵抗が $10\Omega\text{cm}$ 以下であることを特徴とする Ln_2S_3 焼結体からなる熱電変換材料、である 20

また、本発明は、(4)焼結体中に分散する炭素の含有量が0.1~5質量%であることを特徴とする上記(3)の Ln_2S_3 焼結体からなる熱電変換材料、である。

【0021】

また、本発明は、(5)組成式 Ln_2S_3 (Ln は、La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Luの群から選ばれる少なくとも1種)で表されるβ型ランタノイド三二硫化物粉末に平均粒径が $100\mu\text{m}$ 以下のGe粉末、Nb粉末の少なくとも1種類を混合し、成型後又は成型と同時に 1300°C から 1700°C の温度範囲で焼結することを特徴とする上記(1)又は(2)の Ln_2S_3 焼結体からなる熱電変換材料の製造方法、である。 30

【0022】

また、本発明は、(6)組成式 Ln_2S_3 (Ln は、La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Luの群から選ばれる少なくとも1種)で表されるβ型ランタノイド三二硫化物粉末に平均粒径が $1\mu\text{m}$ 以下の炭素粉末を混合し、成型後又は成型と同時に 1300°C から 1700°C の温度範囲で焼結することを特徴とする上記(3)又は(4)の Ln_2S_3 焼結体からなる熱電変換材料の製造方法、である。

また、本発明は、(7)β型ランタノイド三二硫化物粉末は不純物としての酸素含有量が0.9重量%以上であることを特徴とする上記(5)又は(6)の Ln_2S_3 焼結体からなる熱電変換材料の製造方法、である。 40

【0023】

このように、原料にGe粉末、Nb粉末の少なくとも1種や炭素粉末を混合して焼結することにより、なぜ大きなパワーファクターが得られるか、その機構は明確ではないが、炭素は導電性を高める物質であり、Ge又はNbを添加して焼結を行うと一部がランタノイド三二硫化物中の硫黄と反応して炭素と同様に導電性のある硫化物を形成するために抵抗が下がるのではないかと推測される。

【0024】

原料に混合したGe粉末、Nb粉末はランタノイド三二硫化物焼結体中の結晶粒界や粒内に分散して存在するが、このGe、Nbの少なくとも1種の含有量は0.5~10質量%とする。これらの含有量が0.5質量%より少ないと電気抵抗が大きく、これらの含有量 50

が10質量%より多いと良質な焼結体を得るのが困難になりパワーファクターが低下する。ランタノイド三二硫化物焼結体中の炭素の含有量は0.1~5質量%とする。この含有量が0.1質量%より少ないと電気抵抗が大きく、5質量%より多いと電気抵抗は低くなるが、ゼーベック係数が小さくなり、パワーファクターも減少する。

【0025】

本発明のランタノイド三二硫化物焼結体は、例えば、温度差を利用したクリーンエネルギーの発電材料として、宇宙船等での補助電源、熱電対温度計、ペルチェ効果を利用した、電熱器、小型冷凍機、吸熱板、放熱板、恒温槽などに利用される。

【0026】

【発明の実施の形態】

本発明の熱電変換材料の製造方法において、 β 型ランタノイド三二硫化物粉末は、ランタノイドの酸化物を CS_2 ガスを使用して硫化したものを使用でき、これらの粉末は市販品として入手できる。粒径範囲は約100~0.1 μm で、酸素が約0.9質量%~1.2質量%含有されており、純度は約99.9%である。ランタノイド三二硫化物の酸素濃度が1.2重量%を上回ると、 γ 相が生成せずに電氣的に絶縁体となってしまう。

更に、本発明者らが報告してきた（非特許文献5）ランタノイドの酸化物を CS_2 ガスを使用して高温で硫化して得られた高純度 β 型ランタノイド三二硫化物粉末も使用できる。例えば、時間28.8Ks、温度1273Kで硫化して得られた β 型硫化ランタン粉末では酸素濃度0.18質量%であり、粒径範囲は約300~0.1 μm である。なお、粒径範囲はSEM観察から見積った。

【0027】

β 型ランタノイド三二硫化物粉末に混合するGe粉末、Nb粉末、炭素粉末の少なくとも1種は平均粒径100 μm 以下で、混合量はGe粉末、Nb粉末は0.5~10質量%、炭素粉末は0.1~5質量%とする。

Ge粉末、Nb粉末の平均粒径は、より好ましくは50 μm 以下、特に20 μm ~0.1 μ 程度が好ましい。これらの粉末の平均粒径が100 μm を超えると、焼結体中に含まれるGe又はNbが熱電変換材料を長時間使用した場合に偏析して、電気抵抗が $1 \times 10^1 \Omega \text{cm}$ よりも大きくなり、好ましくない。

Ge粉末、Nb粉末の混合量が10質量%を超えるとGe又はNbが偏析して焼結を阻害するため、好ましくない。より好ましくは1~5質量%である。

炭素粉末の平均粒径は、より好ましくは1 μm 以下、特に0.1 μm ~0.01 μ 程度が好ましい。炭素粉末の平均粒径が100 μm を超える場合、焼結を阻害する為、好ましくない。炭素粉末の混合量が5質量%を超えるとゼーベック係数が減少しパワーファクターが低下するため、より好ましくは0.5~3質量%である。

【0028】

焼結方法は真空中又は不活性ガス中でのホットプレス焼結法、通電パルス焼結法、常圧焼結法などのいずれの焼結法でもよい。焼結温度が1300℃未満では、 γ 相が生成せず、焼結体は電氣的に絶縁体のままであり、1700℃を超えると、 β 相が減少し、ゼーベック係数が小さくなり不適當である。焼結保持時間は焼結方法や焼結温度に関係し、比較的低い温度では長時間の焼成が必要になるが、長くても2時間程度まででよい。焼結温度が比較的高い場合は保持時間は0分でも良い。

【0029】

常圧焼結法の場合は、常温において、25MPa以上の圧力で圧縮成型する。圧縮成型の圧力が25MPa未満では、焼結体はポーラスで電気抵抗が $1 \times 10^{15} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上に大きくなり、不適當である。圧力の上限は特に限定されないが、必要以上に大きくする必要はなく、好ましくは150MPa程度以下とする。

【0030】

このように、圧縮成型と常圧焼結法を採用することにより結晶構造が β 型を主成分とし、微量の γ 型成分を有する硫化ランタン焼結体を得られる。この方法により、焼結体の脆さや電氣的性質が改善され、比抵抗が10 Ωcm 以下を実現することができる。

10

20

30

40

50

【0031】

【実施例】

実施例 1

La₂S₃ 粉末（酸素含有量約 1 質量%：高純度化学（株））に Nb 粉末（平均粒径 20 μm：田中貴金属（株））をそれぞれ 1.0 質量%、3.3 質量%、6.2 質量% 混ぜた混合粉末を六方晶窒化ホウ素で内部を被覆した黒鉛ジグに入れ、20 MPa の圧力を加えながら真空中で 1500℃、45 分間保持することで、ホットプレス焼結を行った。得られた焼結体は X 線回折測定で β 相のみが確認できた。焼結体の特性を 100℃ で測定した結果を表 1 に示す。

【0032】

実施例 2

添加金属として Ge 粉末（平均粒径 10 μm：田中貴金属（株））3.1 質量% を用いる以外は、実施例 1 と同じ方法で焼結体を作製した。得られた焼結体は X 線回折測定で β 相のみが確認できた。焼結体の特性を 100℃ で測定した結果を表 1 に示す。

【0033】

実施例 3

添加金属として炭素粉末（平均粒径 0.022 μm：東海カーボン（株））をそれぞれ 0.6 質量%、1.0 質量%、4.7 質量% 混用いる以外は、実施例 1 と同じ方法で焼結体を作製した。得られた焼結体の特性を表 1 に示す。

【0034】

比較例 1

添加物を加えない以外は、実施例 1 と同じ方法で焼結体を作製した。得られた添加元素無添加の焼結体の特性を表 1 に示す。

【0035】

【表 1】

添加元素	C			Nb			Ge	無添加
添加量(wt%)	0.6	1.0	4.7	1.0	3.3	6.2	3.1	0.0
抵抗率(Ωm)	2.7×10^{-2}	2.6×10^{-2}	3.1×10^{-3}	3.5×10^{-2}	1.1×10^{-2}	2.2×10^{-2}	2.0×10^{-2}	$>10^{-8}$
ゼーベック係数(μV/K)	400	250	42	510	380	500	550	580
パワーファクター(W/mK ²)	5.9×10^{-6}	2.4×10^{-6}	5.7×10^{-7}	7.4×10^{-6}	1.3×10^{-5}	1.1×10^{-5}	1.5×10^{-5}	$<10^{-15}$

【0036】

比較例 2

実施例 1 の Nb 粉末に代えて Pd 粒（平均粒径 0.4 μm：田中貴金属（株））を用いた以外は、実施例 1 と同じ方法で焼結体を作製した。得られた焼結体は、比抵抗 $> 10^{-10}$ Ωcm、ゼーベック係数の値は 0 μV/K であった。

【0037】

実施例 3

La₂S₃ 粉末（酸素含有量約 1 質量%：高純度化学（株））に Nb 粉末（平均粒径 20 μm：田中貴金属（株））をそれぞれ 1.0 質量%、6.0 質量%、10.0 質量% 混ぜた混合粉末をグラファイトのシートで内部を被覆した黒鉛ジグに入れ、30 MPa の圧力を加えながら真空中で 1500℃、30 分間保持することで、通電パルス焼結を行った。得られた焼結体は X 線回折測定で β 相のみが確認できた。焼結体の特性を測定した結果を表 2 に示す。抵抗率は室温、ゼーベック係数は 60℃ で測定を行った。パワーファクターは室温での抵抗率と 60℃ でのゼーベック係数から算出した。

【0038】

【表 2】

10

20

30

40

添加元素	Nb		
添加量(wt%)	1.0	6.0	10.0
抵抗率(Ωm)	6.6×10^{-2}	2.0×10^{-2}	4.7×10^{-1}
ゼーベック係数($\mu\text{V/K}$)	560	700	470
パワーファクター(W/mK^2)	4.8×10^{-6}	2.5×10^{-5}	3.9×10^{-7}

【0039】

【発明の効果】

本発明のランタノイド三二硫化物焼結体からなる熱電変換材料は、大きなゼーベック係数を持ち、比抵抗が小さく、公知のパラジウムを添加したもの(6×10^{-9})よりも大きなパワーファクター(1×10^{-7} 以上)を有し、熱電変換材料から取り出せる電力が大きいので、室温から高温域まで幅広く使用できる。特に、材料の安定性から高温域熱電材料として、火力発電所の廃熱や地熱を利用した発電システムに利用が期待できる。

フロントページの続き

(72)発明者 西村 聡之
茨城県つくば市竹園3丁目15 106棟205号室

(72)発明者 上村 揚一郎
茨城県牛久市上柏田3-66-2

(72)発明者 森田 成紀
茨城県つくば市二の宮1丁目10-1

(72)発明者 太田 道広
茨城県つくば市稲荷前24-12 カサ・ベルデ103号

Fターム(参考) 4G030 AA11 AA13 AA14 AA55 AA61 BA01 BA21 GA04 GA24 GA27
GA29