

(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2010-267800

(P2010-267800A)

(43) 公開日 平成22年11月25日(2010.11.25)

(51) Int.Cl.  
H01L 35/30 (2006.01)

F I  
H01L 35/30

テーマコード (参考)

審査請求 有 請求項の数 8 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2009-117846 (P2009-117846)  
(22) 出願日 平成21年5月14日 (2009.5.14)

(71) 出願人 503361400  
独立行政法人 宇宙航空研究開発機構  
東京都調布市深大寺東町七丁目4番地1  
(71) 出願人 509136264  
武漢理工大学  
中華人民共和国武漢市武昌珞獅路122号  
(71) 出願人 509135625  
清華大学  
中華人民共和国北京市海淀区清華大学 (番  
地なし)  
(74) 代理人 100092200  
弁理士 大城 重信  
(74) 代理人 100110515  
弁理士 山田 益男

最終頁に続く

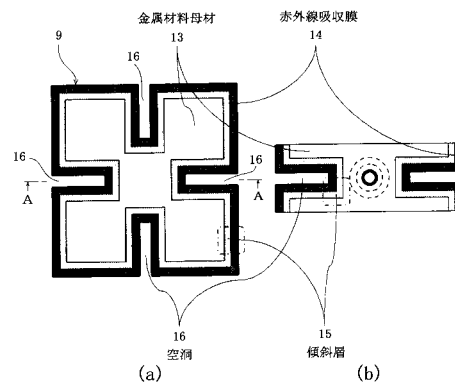
(54) 【発明の名称】 太陽光熱複合発電システムにおける太陽熱集熱体および該太陽熱集熱体を利用した太陽光熱発電モジュール

(57) 【要約】

【課題】 太陽熱集熱構造における赤外線吸収率の低下、高温大気環境下における侵食、装置寿命の低下、高温度落差サイクル環境下での界面の熱応力による層間剥離を防止し、照射、吸収された赤外線波長領域を効率良く熱電発電素子に供給する。

【解決手段】 高熱伝導率の金属材料母材 13 と、該母材表面に赤外線波長領域の吸収率が高い非酸化セラミックスからなる赤外線吸収膜 14 を形成し、その間に、母材である金属材料と赤外線吸収膜形成材料の混合比率を変えた傾斜層 15 を形成し、前記集熱体の太陽熱照射面に、深さが集熱体の中心部近傍に達する空洞 16 を設けてなる。

【選択図】 図3



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

太陽光熱発電システムにおける太陽熱集熱体であって、高熱伝導率の金属材料からなる母材と、該母材表面に赤外線波長領域の吸収率が高い非酸化物セラミックスからなる赤外線吸収膜層を形成してなることを特徴とする太陽熱集熱体。

**【請求項 2】**

前記母材と赤外線吸収膜層との間に、母材である金属材料と赤外線吸収膜形成材料の混合比率を変えた傾斜層を連続または段階的に形成してなる請求項 1 に記載の太陽熱集熱体。

**【請求項 3】**

前記高熱伝導率の金属材料からなる母材が、銅、銀、ニッケル、アルミニウムから選択される単体又は合金からなる請求項 1 又は 2 に記載の太陽熱集熱体。

**【請求項 4】**

前記赤外線吸収膜層を形成する非酸化物セラミックス材料が、ニホウ化チタン、炭化チタン、窒化チタン、炭化ジルコニウムから選択された単体又は複合の非酸化物セラミックスである請求項 1 ~ 3 何れかに記載の太陽熱集熱体。

**【請求項 5】**

前記赤外線吸収膜層を形成する非酸化物セラミックス材料が、高温度大気環境下において、酸化開始温度が高い非酸化物セラミックス材料である請求項 1 ~ 3 何れかに記載の太陽熱集熱体。

**【請求項 6】**

前記太陽熱集熱体の太陽熱照射面に、深さが該太陽熱集熱体の中心部近傍に達する空洞を設けてなることを特徴とする請求項 1 ~ 5 何れかに記載の太陽熱集熱体。

**【請求項 7】**

前記太陽熱集熱体は、両端面が平坦な柱状を呈し、該周面に前記空洞が 1 又は複数個形成されてなる請求項 6 に記載の太陽熱集熱体。

**【請求項 8】**

請求項 1 ~ 7 何れかに記載の太陽熱集熱体の両端面に、熱電発電素子の高温側が接触するように熱電発電素子を配置し、且つ該熱電発電素子の低温側に冷却ブロックを配置してなることを特徴とする太陽光熱発電モジュール。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、太陽光における赤外線波長領域の光を吸収し、熱エネルギーとして集熱し、熱エネルギーを熱源とする熱電発電システムに熱エネルギーを供給する太陽光熱複合発電システムにおける太陽熱集熱体および該太陽熱集熱体を利用した太陽光熱発電モジュール集熱体構造に関するものである。

**【背景技術】****【0002】**

従来、太陽光エネルギーを効率よく電気エネルギーに変換する装置として、太陽光エネルギーを電気エネルギーに変換する太陽電池と熱電発電素子を備え、太陽光を赤外線選択透過膜（波長選択反射透過膜）で赤外線と可視光線に分離し、可視光線は太陽電池に照射して電気エネルギーに変換し、赤外線は熱電発電素子に照射して電気エネルギーに変換させる太陽光熱複合発電システムが提案されている（特許文献 1、2 参照）。このような太陽光熱複合発電システムにおいて、太陽熱を熱源とする熱電発電システムは、太陽光集光分離システムにより集光、分離した赤外線波長領域の光を効率良く吸収し、熱エネルギーとして効率良く熱電発電素子に供給する太陽熱集熱体を用いる必要がある。また太陽熱集熱体は 600 あるいはそれ以上の高温度大気環境下、又は真空環境下、あるいは常温から 1000 の高温度落差サイクル環境下にさらされる。

**【0003】**

10

20

30

40

50

従来の太陽熱の集熱体としては、高熱伝導率で均質な金属材料（例えば金、銀、銅、アルミニウムなど）、赤外線吸収率が高い均質材料（例えばグラファイトなど）、又は高熱伝導率の均質材料の表面にグラファイト層を生成したものが知られている。しかし、高熱伝導率金属材料の集熱体は、熱エネルギーを効率良く熱電発電素子に伝えることができるが、赤外線吸収率が低いという問題がある。一般的な高熱伝導率金属材料の赤外線吸収率は数%～数十%である。またグラファイトの集熱体は、赤外線吸収率が高いが、高温大気環境下において炭素と酸素の反応により侵食が生じ、装置寿命が短くなる問題がある。更に熱伝導率が比較的低いため、熱エネルギーの熱電発電素子への供給の面で問題がある。また高熱伝導率金属材料にグラファイト層を生成した集熱体は、グラファイト層により赤外線を吸収し、高熱伝導率材料により熱エネルギーを熱電発電素子に効率良く供給できるが、高温大気環境下におけるグラファイト層の侵食が問題となる。更に太陽熱を熱源とする熱電発電システムにおいて、太陽熱集熱体は高温度落差サイクル環境下にさらされるため、金属材料とグラファイト層の界面に熱応力が発生し、グラファイト層が剥離する問題がある。そして従来の太陽熱集熱体は太陽熱（赤外線波長領域）が照射される面が平面である。そのため照射、吸収された太陽熱が熱電発電素子に効率良く供給されない問題がある。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開平10-110670号公報

20

【特許文献2】特開平11-31835号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

太陽光熱複合発電システムにおいて、太陽熱集熱体は赤外線波長領域の光を効率良く吸収し、熱エネルギーとして熱電発電素子に効率良く供給する必要がある。また太陽熱集熱体は、1000の高温大気環境下及び室温から1000の高温度落差サイクル環境下にさらされるため酸化、侵食、被覆層の剥離の問題が生じる。

そこで、本発明が解決しようとする課題は、(1)高熱伝導率金属材料の太陽熱集熱体で問題となっている赤外線吸収率の低下の解決、(2)グラファイト集熱体、グラファイト被覆高熱伝導率金属材料の集熱体で問題となっている高温大気環境下における侵食、装置寿命の低下の解決、(3)グラファイト被覆高熱伝導率金属材料の集熱体で問題となっている高温度落差サイクル環境下での金属材料とグラファイト層の界面の熱応力によるグラファイト層の剥離の解決、(4)照射、吸収された太陽熱（赤外線波長領域）を効率良く熱電発電素子に供給することである。

30

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決する請求項1に係る本発明の太陽光熱発電システムにおける太陽熱集熱体は、高熱伝導率の金属材料からなる母材と、該母材表面に赤外線波長領域の吸収率が高い非酸化物セラミックスからなる赤外線吸収膜層を形成してなることを特徴とするものである。

40

【0007】

請求項2の発明は、請求項1に記載の太陽熱集熱体において、前記母材と赤外線吸収膜層との間に、母材である金属材料と赤外線吸収膜形成材料の混合比率を変えた傾斜層を連続または段階的に形成してなることを特徴とするものである。

請求項3の発明は、請求項1又は2に記載の太陽熱集熱体において、前記高熱伝導率の金属材料からなる母材が、銅、銀、ニッケル、アルミニウムから選択される単体又は合金からなることを特徴とするものである。

請求項4の発明は、請求項1～3何れかに記載の太陽熱集熱体において、前記赤外線吸収膜層を形成する非酸化物セラミックス材料が、二酸化チタン、炭化チタン、窒化チタ

50

ン、炭化ジルコニウムから選択された単体又は複合の非酸化物セラミックスであることを特徴とするものである。

請求項 5 の発明は、請求項 1 ~ 3 何れかに記載の太陽熱集熱体において、前記赤外線吸収膜層を形成する非酸化物セラミックス材料が、高温大気環境下において、酸化開始温度が高い非酸化物セラミックス材料であることを特徴とするものである。

請求項 6 の発明は、請求項 1 ~ 5 何れかに記載の太陽熱集熱体において、前記太陽熱集熱体の太陽熱照射面に、深さが該太陽熱集熱体の中心部近傍に達する空洞を設けてなることを特徴とするものである

さらに、請求項 7 の発明は、請求項 6 に記載の太陽熱集熱体において、前記太陽熱集熱体は、両端面が平坦な柱状に形成され、外周面に前記空洞が 1 又は複数個形成されてなることを特徴とするものである。柱状は、四角柱状、その他の多角柱状、円柱状、楕円柱状等適宜の形状のものが採用できる。

#### 【 0 0 0 8 】

上記課題を解決する請求項 8 に記載の本発明の太陽光熱発電モジュールは、請求項 1 ~ 7 何れかに記載の太陽熱集熱体の両端面に、熱電発電素子の高温側が接触するように熱電発電素子を配置し、且つ該熱電発電素子の低温側に冷却ブロックを配置してなることを特徴とするものである。

#### 【 発明の効果 】

#### 【 0 0 0 9 】

請求項 1 の発明によれば、高熱伝導率の金属材料からなる母材と、赤外線波長領域の吸収率が高い非酸化物セラミックス材料との組み合わせにより、照射された太陽熱を効率よく吸収し、且つ照射、吸収された太陽熱（赤外線波長領域）を効率よく熱電発電素子に供給することができ、且つ赤外線吸収膜の高温大気環境下における酸化、侵食、装置寿命の低下を抑制することができ、上記（ 1 ）、（ 2 ）及び（ 4 ）に記載の解決しようとする課題を解決することができる。赤外線波長領域の吸収率が高い非酸化物セラミックス材料を使用することによって、従来の太陽熱集熱体において問題となっている高熱伝導率の金属材料を用いることによる赤外線吸収率の低下を大幅に改善できる。また高温大気環境下における酸化、侵食、装置寿命の低下についても、使用する非酸化物セラミックス材料によっても異なるが、グラファイトのような酸化開始温度が低い材料と比べ、大幅に改善できる。

#### 【 0 0 1 0 】

請求項 2 の発明によれば、金属材料母材と非酸化物セラミックス層の間に熱応力を緩和させる傾斜層を設けているため、高温落差サイクル環境下における熱応力による赤外線吸収膜の剥離を防止することができ、金属材料にグラファイト膜を成膜した太陽熱集熱体と比べ、太陽熱集熱体の装置寿命を大幅に改善できる。よって、上記（ 3 ）に記載の解決しようとする課題を解決することができる。

請求項 3 の発明によれば、母材として、銅、銀、ニッケル、アルミニウムから選択される単体又は合金を採用しているため、母材の熱伝導率をより高めることができ、照射された熱エネルギーをより効率よく熱電発電素子に供給することができる。

請求項 4 の発明によって採用する非酸化物セラミックス材料は、赤外線吸収率が 90 % 以上と高く、酸化開始温度が 500 以上と高く、熱伝導率が高いという特徴を有している。よって請求項 4 の発明によれば、従来の太陽熱集熱体において問題となっている高熱伝導率の金属材料を用いることによる赤外線吸収率の低下を大幅に改善できる。

請求項 5 の発明によれば、これらの材料を採用することによって、赤外線吸収膜層の高温大気環境下における酸化、侵食、装置寿命の低下を効果的に抑制することができる。

請求項 6 の発明によれば、太陽熱集熱体の太陽熱照射面に、深さが太陽熱集熱体の中心部近傍に達する空洞を設けることにより、太陽熱（赤外線波長領域）を集熱体内部に照射することができるようになり、熱エネルギーを効率良く熱電発電素子に供給することができる。

請求項 7 の発明によれば、太陽熱集熱体を両端面が平坦な柱状に形成することによって

10

20

30

40

50

、平坦な両面に熱電発電素子を配置することができ、その側面に多方向から太陽熱を照射することができ、コンパクトでより効率よく熱電発電素子に太陽熱を供給することができる。

【0011】

請求項8の発明によれば、高温環境下、宇宙の真空環境下、高温度落差サイクル環境下でも、耐久性があり、且つ効率的に発電でき、しかも非常に小型化で高発電量を得ることができる太陽光熱発電モジュールが得られる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明の実施形態に係る太陽熱集熱体を利用した太陽光熱複合発電システムの動作概念を示す図である。

10

【図2】本発明の実施形態の太陽熱集熱体を利用した熱電発電モジュールの断面構造を示す図である。

【図3】(a)は本発明の実施形態に係る太陽熱集熱体の平面断面図、(b)はそのA-A断面図である。

【符号の説明】

【0013】

- 1 太陽光
- 2 フレネルレンズ
- 3 反射鏡
- 4 波長選択フィルタ
- 5 太陽電池発電部
- 6 可視光線領域の太陽光
- 7 熱電発電モジュール
- 8 赤外線領域の太陽光
- 9 太陽熱集熱体
- 10 熱電発電素子
- 11 冷却ブロック
- 12 断熱材
- 13 金属材料母材
- 14 赤外線吸収膜
- 15 傾斜層
- 16 空洞

20

30

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本発明の実施形態を図面を参照しながら詳細に説明する。

まず、図1により本発明の太陽熱集熱体の太陽光熱複合発電システムの概略を説明する。本実施形態の太陽光熱複合発電システムは、図1に示すように、フレネルレンズ2、該フレネルレンズ2により集光した太陽光線を波長選択フィルタ4に向けて反射させる反射鏡3、該反射鏡3から反射された太陽光線を可視光線と赤外線に分離し、可視光線は反射し、赤外線は透過させる波長選択フィルタ4、該波長選択フィルタ4で分離されて反射した可視光線の照射位置に配置された太陽電池発電部5、同じく赤外線照射位置に配置された太陽熱集熱体9と該太陽熱集熱体に高温側が接触するように配置された熱電発電素子10及び該熱電発電素子の低温側に冷却ブロック11を配置してなる熱電発電モジュール7とから構成されている。

40

【0015】

本実施形態の太陽光熱複合発電システムは、フレネルレンズ2が太陽を追尾するように構成し、太陽光1をフレネルレンズ2、反射鏡3より集光集熱し、可視光線領域と赤外線領域に分離する波長選択フィルタ4により分離する。そして太陽電池発電部5において可視光線領域の太陽光6を用いて発電し、熱電発電モジュール7において赤外線領域の太陽

50

光 8 を用いて発電する構成である。それにより、一般的な太陽光システムでは使えない赤外線を利用し、太陽エネルギー利用効率を大幅に向上させ、従来よりも大幅な発電量を得ることができる。

#### 【0016】

図 2、図 3 に本発明の太陽熱集熱体 9 を使用する熱電発電モジュール 7 の詳細図を示す。熱電発電モジュール 7 は赤外線領域の太陽光 8 を集熱し、熱電発電素子 10 の高温側を加熱する太陽熱集熱体 9、熱電発電素子 10、熱電発電素子の低温側を冷却する冷却ブロック 11、太陽熱集熱体 9 の熱損失を低減させる断熱材 12 により構成される。そして、本実施形態では、太陽熱集熱体 9 が後述する図 3 に示すように、四角柱状に形成され、その両端面（上下端面）にそれぞれ熱電発電素子を配置し、太陽熱集熱体の周壁の 4 方より波長選択フィルタ 4 により分離された赤外線を照射するように構成されている。それにより、熱電発電モジュール 7 をコンパクトに構成して高発電量を得ることができる。

10

#### 【0017】

本発明の太陽光熱複合発電システムは、上記実施形態のように構成することによって、波長選択フィルタ 4 により分離された赤外線領域の太陽光 8 を太陽熱集熱体 9 により効率良く吸収し、熱電発電素子 10 に効率良く供給することによって、高温部を効果的に加熱することができる、且つシステム全体をコンパクトにして高発電量を得ることができ好ましいが、本発明は上記実施形態のものに限定されるものではない。

#### 【0018】

次に、本発明の太陽熱集熱体の構造について図面を参照してより詳細に説明する。図 3 (a) (b) は本発明の太陽熱集熱体 9 の構造を示す図であり、(a) は平面図、(b) はその中央の A - A 断面図である。太陽熱集熱体 9 は高熱伝導率の金属材料母材 13、赤外線吸収膜 14、金属材料母材と赤外線吸収膜材料の混合比率の異なる傾斜層 15、集光・照射された太陽熱（赤外線波長領域）を効率良く熱電発電素子へ伝えるための空洞 16 により構成される。本実施形態では、太陽熱集熱体 9 は図示のように上下両端面が平坦な四角柱に形成され、その 4 周壁のそれぞれ中心部に断面円形の空洞 16 が略中心部近傍まで届く深さに形成されている。空洞の大きさは、波長選択フィルタを透過した赤外線集光が該円形の空洞の周壁面に当たることなく、空洞の最深部、即ち太陽熱集熱体 9 の中心近傍に届く大きさに形成されている。

20

#### 【0019】

太陽熱集熱体 9 の前記金属材料母材 13 は、鉄よりも熱伝導率が高い金属材料が望ましく、金、銀、銅、ニッケル、アルミニウムから選択される単体又は合金等の高熱伝導率の金属材料を用いることが一般的により望ましいが、集熱体の熱伝導率、比熱は熱電発電素子の使用温度領域に応じて最適化することが好ましい。また、赤外線吸収膜層 14 を形成する非酸化物セラミックス材料としては、赤外線波長領域の吸収率が高い二ホウ化チタン ( $TiB_2$ )、炭化チタン ( $TiC$ )、窒化チタン ( $TiN$ )、炭化ジルコニウム ( $ZrC$ ) の非酸化物セラミックス材料から選択され単体又は複合の非酸化物セラミックスであることが望ましい。これらの非酸化物セラミックス材料は、赤外線吸収率が 90% 以上と高く、且つ酸化開始温度が 500 以上と高く、しかも高熱伝導率が高いという特徴を有している。

30

#### 【0020】

傾斜層 15 は、母材側表面が母材成分で赤外線吸収膜層側表面が赤外線吸収膜層を形成する非酸化物セラミックス成分からなり、両者の成分割合が層の厚さ方向に互いに混ざり合って次第に減少するように連続して変化する傾斜材料で構成することが望ましい。しかしながら、成分割合が段階的に変化するよう、両者の成分割合を変えた複数層を積層して傾斜層を形成してもよい。その場合、傾斜層 15 の層数は金属材料母材と赤外線吸収膜材料の熱膨張率の差に影響を受けるため、材料の種類に応じて層数を最適化することが好ましい。

40

#### 【0021】

上記実施形態では、太陽熱集熱体を四角柱に形成して、その周壁 4 面より赤外線を照射するようにしたが、必ずしも 4 面に限らず 1 面のみに照射するようにしても柱、あるいは

50

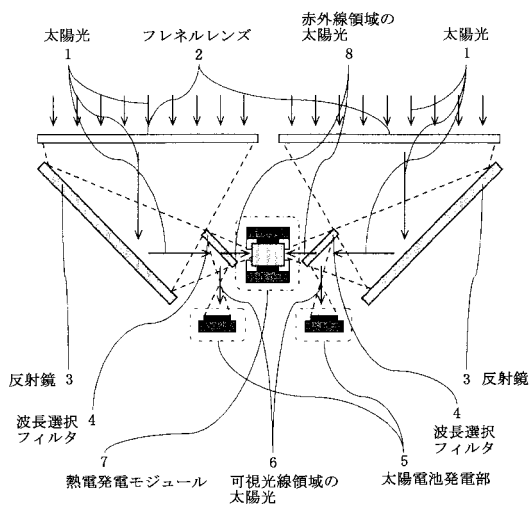
円柱等その形態は特に限定されるものではない。

【産業上の利用可能性】

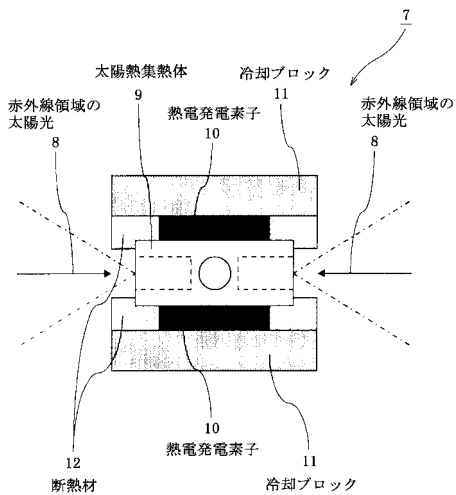
【0022】

本発明の太陽熱集熱体構造は、太陽光熱を利用した産業用、家庭用太陽光熱複合発電システムに使用できる。また太陽熱エネルギーをエネルギー源とする熱電子発電システム、ガスタービン発電システムにも使用することができる。

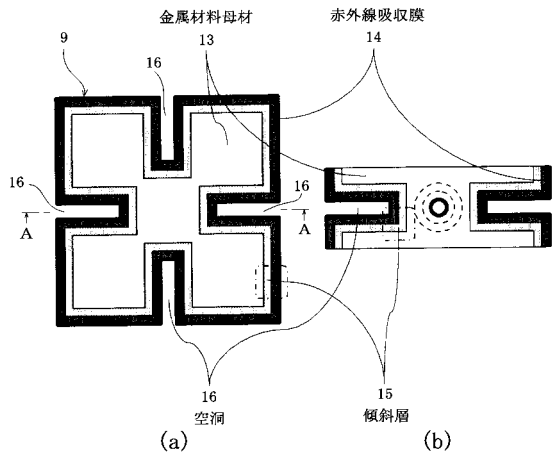
【図1】



【図2】



【 図 3 】





---

フロントページの続き

- (72)発明者 新野 正之  
宮城県角田市君萱字小金沢1 独立行政法人宇宙航空研究開発機構内
- (72)発明者 木皿 且人  
宮城県角田市君萱字小金沢1 独立行政法人宇宙航空研究開発機構内
- (72)発明者 張 清杰  
中華人民共和国武漢市武昌珞獅路122号 武漢理工大学内
- (72)発明者 唐 新峰  
中華人民共和国武漢市武昌珞獅路122号 武漢理工大学内
- (72)発明者 鈴木 一行  
宮城県仙台市泉区中央一丁目16番6号 財団法人航空宇宙技術振興財団内
- (72)発明者 鈴木 拓明  
宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号 国立大学法人東北大学内
- (72)発明者 李 敬鋒  
中華人民共和国北京市海淀区清華大学(番地なし) 清華大学内