

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6593813号
(P6593813)

(45) 発行日 令和1年10月23日(2019.10.23)

(24) 登録日 令和1年10月4日(2019.10.4)

(51) Int.Cl.	F 1	
F 2 4 S 70/30 (2018.01)	F 2 4 S 70/30	
B 3 2 B 1/08 (2006.01)	B 3 2 B 1/08	Z
B 3 2 B 9/00 (2006.01)	B 3 2 B 9/00	A

請求項の数 11 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2017-563711 (P2017-563711)	(73) 特許権者	000003218
(86) (22) 出願日	平成28年11月18日(2016.11.18)		株式会社豊田自動織機
(86) 国際出願番号	PCT/JP2016/084342		愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地
(87) 国際公開番号	W02017/130536	(73) 特許権者	000173522
(87) 国際公開日	平成29年8月3日(2017.8.3)		一般財団法人ファインセラミックスセンタ
審査請求日	平成30年4月19日(2018.4.19)		ー
(31) 優先権主張番号	特願2016-15505 (P2016-15505)		愛知県名古屋市熱田区六野2丁目4番1号
(32) 優先日	平成28年1月29日(2016.1.29)	(74) 代理人	100110423
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		弁理士 曾我 道治
(出願人による申告)平成27年度、国立研究開発法人 科学技術振興機構、S I P (戦略的イノベーション創造 プログラム)、産業技術力強化法第19条の適用を受け る特許出願		(74) 代理人	100111648
			弁理士 梶並 順
		(74) 代理人	100122437
			弁理士 大宅 一宏
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 太陽熱集熱管

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

内部を熱媒体が流通可能な管の外側表面上に、少なくとも赤外線反射層、太陽光 - 熱変換層及び反射防止層が設けられた太陽熱集熱管であって、

前記赤外線反射層は、M o、W、T a 及び N b からなる群から選択される少なくとも1種の金属が分散された A g 層を2つの金属保護層の間に挟持した積層構造を有する、太陽熱集熱管。

【請求項 2】

前記金属保護層が、A g よりも融点が高い材料から形成されている、請求項 1 に記載の太陽熱集熱管。

【請求項 3】

前記金属保護層が、前記 A g 層に分散された前記金属を含む材料から形成されている、請求項 1 又は 2 に記載の太陽熱集熱管。

【請求項 4】

前記金属保護層が、前記 A g 層に分散された前記金属と、ケイ素又は窒素との化合物から形成されている、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の太陽熱集熱管。

【請求項 5】

前記管と前記赤外線反射層との間に拡散防止層が設けられている、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の太陽熱集熱管。

【請求項 6】

内部を熱媒体が流通可能な管の外側表面上に、少なくとも赤外線反射層、太陽光 - 熱変換層及び反射防止層が設けられた太陽熱集熱管であって、

前記赤外線反射層は、Mo、W、Ta、Nb及びAlからなる群から選択される少なくとも1種の金属が分散されたAg層を2つの金属保護層の間に挟持した積層構造を有し、

前記金属保護層と前記太陽光 - 熱変換層との間に酸素バリア層が設けられている、太陽熱集熱管。

【請求項7】

内部を熱媒体が流通可能な管の外側表面上に、少なくとも赤外線反射層、太陽光 - 熱変換層及び反射防止層が設けられた太陽熱集熱管であって、

前記赤外線反射層は、Mo、W、Ta、Nb及びAlからなる群から選択される少なくとも1種の金属が分散されたAg層を2つの金属保護層の間に挟持した積層構造を有し、

前記金属保護層と前記太陽光 - 熱変換層との間に酸素バリア層が設けられ、かつ、

前記赤外線反射層と前記酸素バリア層との間に反応防止層が設けられている、太陽熱集熱管。

【請求項8】

内部を熱媒体が流通可能な管の外側表面上に、少なくとも赤外線反射層、太陽光 - 熱変換層及び反射防止層が設けられた太陽熱集熱管であって、

前記赤外線反射層は、Mo、W、Ta、Nb及びAlからなる群から選択される少なくとも1種の金属が分散されたAg層を2つの金属保護層の間に挟持した積層構造を有し、

前記赤外線反射層と前記太陽光 - 熱変換層との間に反応防止層が設けられている、太陽熱集熱管。

【請求項9】

内部を熱媒体が流通可能な管の外側表面上に、少なくとも赤外線反射層、太陽光 - 熱変換層及び反射防止層が設けられた太陽熱集熱管であって、

前記赤外線反射層は、Mo、W、Ta、Nb及びAlからなる群から選択される少なくとも1種の金属が分散されたAg層を2つの金属保護層の間に挟持した積層構造を有し、

前記管と前記赤外線反射層との間に拡散防止層が設けられ、かつ

前記拡散防止層と前記赤外線反射層との間に反応防止層が設けられている、太陽熱集熱管。

【請求項10】

内部を熱媒体が流通可能な管の外側表面上に、少なくとも赤外線反射層、太陽光 - 熱変換層及び反射防止層が設けられた太陽熱集熱管であって、

前記赤外線反射層は、Mo、W、Ta、Nb及びAlからなる群から選択される少なくとも1種の金属が分散されたAg層を2つの金属保護層の間に挟持した積層構造を有し、

前記金属保護層と前記太陽光 - 熱変換層との間に酸素バリア層が設けられ、

前記赤外線反射層と前記酸素バリア層との間に反応防止層が設けられ、

前記管と前記赤外線反射層との間に拡散防止層が設けられ、かつ

前記拡散防止層と前記赤外線反射層との間に反応防止層が設けられている、太陽熱集熱管。

【請求項11】

内部を熱媒体が流通可能な管の外側表面上に、少なくとも赤外線反射層、太陽光 - 熱変換層及び反射防止層が設けられた太陽熱集熱管であって、

前記赤外線反射層は、Mo、W、Ta、Nb及びAlからなる群から選択される少なくとも1種の金属が分散されたAg層を2つの金属保護層の間に挟持した積層構造を有し、

前記赤外線反射層と前記太陽光 - 熱変換層との間に反応防止層が設けられ、

前記管と前記赤外線反射層との間に拡散防止層が設けられ、かつ

前記拡散防止層と前記赤外線反射層との間に反応防止層が設けられている、太陽熱集熱管。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【 0 0 0 1 】

本発明は、太陽熱集熱管に関する。

【背景技術】

【 0 0 0 2 】

太陽光を熱に変換し、その熱を利用して発電を行う太陽熱発電装置が知られている。この装置では、集光手段によって太陽光を集光し、その集光した太陽光によって太陽熱集熱管内の熱媒体を加熱した後、その加熱した熱媒体の熱エネルギーを発電機で利用することによって発電が行なわれる。そのため、この装置では、内部を熱媒体が流通可能な管の外側表面に、太陽光を熱に効率良く変換するための様々な層が形成された太陽熱集熱管が用いられている。例えば、内部を熱媒体が流通可能な管の外側表面上には、熱媒体及び管からの熱輻射を反射する赤外線反射層、太陽光を熱に変換する太陽光 - 熱変換層、及び太陽光の反射を防止する反射防止層が形成されている。これらの様々な層の中でも赤外線反射層には A g 層を用いることが知られている（例えば、特許文献 1）。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 3 】

【特許文献 1】特開 2 0 1 0 - 2 7 1 0 3 3 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 4 】

20

太陽熱集熱管は、内部を流通する熱媒が高温になると、熱媒体が流通する管の外側表面が約 6 5 0 ～ 約 7 0 0 の高温になり、管の外側表面に形成された赤外線反射層も高温に曝される。従来、赤外線反射層として用いられている A g 層は、耐熱性が十分でないため、高温に曝されると、1 時間程度で A g が凝集及び昇華し、熱媒体及び管からの熱輻射を反射する効果が低下してしまう。そして、このような状態の A g 層では、赤外線反射層としての機能が十分に発揮されないため、太陽光を熱に変換する効率が低下してしまう。

【 0 0 0 5 】

本発明は、上記のような問題を解決するためになされたものであり、高温に曝されても A g の凝集及び昇華を抑制することができる耐熱性に優れた A g 層を赤外線反射層に用いることにより、太陽光を熱に変換する効率が低下し難い太陽熱集熱管を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6 】

本発明者らは、上記のような問題を解決すべく鋭意研究を重ねた結果、M o、W、T a、N b 及び A l からなる群から選択される少なくとも 1 種の金属が分散された A g 層を 2 つの金属保護層の間に挟持した積層構造体を赤外線反射層に用いることにより、A g の凝集及び昇華を抑制し得ることを見出し、本発明を完成するに至った。

【 0 0 0 7 】

すなわち、本発明は、内部を熱媒体が流通可能な管の外側表面上に、少なくとも赤外線反射層、太陽光 - 熱変換層及び反射防止層が設けられた太陽熱集熱管であって、前記赤外線反射層は、M o、W、T a、N b 及び A l からなる群から選択される少なくとも 1 種の金属が分散された A g 層を 2 つの金属保護層の間に挟持した積層構造を有することを特徴とする太陽熱集熱管である。

40

【発明の効果】

【 0 0 0 8 】

本発明によれば、高温に曝されても A g の凝集及び昇華を抑制することができる耐熱性に優れた A g 層を赤外線反射層に用いることにより、太陽光を熱に変換する効率が低下し難い太陽熱集熱管を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 9 】

50

【図 1】実施の形態 1 の太陽熱集熱管の部分断面図である。

【図 2】石英基板上に形成した、A g のみから構成される A g 層を 7 0 0 で 1 時間加熱した後の走査型電子顕微鏡 (S E M) 写真である。

【図 3】石英基板上に形成した、A g のみから構成される A g 層を 7 0 0 で 1 時間加熱する前後の A g 層の光透過率の結果である。

【図 4】実施の形態 2 の太陽熱集熱管の部分断面図である。

【図 5】石英基板に、金属保護層 (2 0 n m の T a 層)、1 . 2 a t % の T a を分散させた A g 層 (3 0 0 n m)、金属保護層 (1 0 n m の T a 層) 及び酸素バリア層 (5 0 n m の S i ₃ N₄ 層) を順に積層させた積層体である。

【図 6】図 5 の積層体を 7 0 0 で 1 時間、1 1 時間及び 5 1 時間加熱する前後の積層体の光透過率の結果である。

10

【図 7】石英基板に、金属保護層 (2 0 n m の W 層)、2 . 1 a t % の W を分散させた A g 層 (3 0 0 n m)、金属保護層 (1 0 n m の W 層) 及び酸素バリア層 (5 0 n m の S i ₃ N₄ 層) を順に積層させた積層体である。

【図 8】図 7 の積層体を 7 0 0 で 1 時間、1 1 時間及び 5 1 時間加熱する前後の積層体の光透過率の結果である。

【図 9】実施の形態 3 の太陽熱集熱管の部分断面図である。

【図 1 0】実施の形態 4 の太陽熱集熱管の部分断面図である。

【図 1 1】実施の形態 5 の太陽熱集熱管の部分断面図である。

【図 1 2】石英基板に、反応防止層 (2 0 n m の T a S i ₂ 層)、金属保護層 (2 0 n m の T a 層)、T a を 1 . 2 a t % 分散させた A g 層 (3 0 0 n m)、金属保護層 (1 0 n m の T a 層)、反応防止層 (1 0 n m の T a S i ₂ 層) 及び酸素バリア層 (5 0 n m の S i ₃ N₄ 層) を順に積層させた積層体である。

20

【図 1 3】図 1 2 の積層体を 7 0 0 で 1 時間加熱した後の走査型電子顕微鏡 (S E M) 写真である。

【図 1 4】図 1 2 の積層体を 7 0 0 で 2 0 1 時間加熱した後の走査型電子顕微鏡 (S E M) 写真である。

【図 1 5】図 1 2 の積層体を 7 0 0 で 1 時間、1 1 時間、5 1 時間、1 0 1 時間、1 5 1 時間及び 2 0 1 時間加熱する前後の積層体の光透過率の結果である。

【発明を実施するための形態】

30

【 0 0 1 0 】

以下、本発明の太陽熱集熱管及びその製造方法の好適な実施の形態につき図面を用いて説明する。

【 0 0 1 1 】

実施の形態 1 .

図 1 は、本実施の形態の太陽熱集熱管の部分断面図である。

図 1 において、本実施の形態の太陽熱集熱管 1 は、内部を熱媒体が流通可能な管 2 と、管 2 の外側表面上に形成された赤外線反射層 3 と、赤外線反射層 3 上に形成された太陽光 - 熱変換層 4 と、太陽光 - 熱変換層 4 上に形成された反射防止層 5 とを有する。

【 0 0 1 2 】

40

内部を熱媒体が流通可能な管 2 としては、特に限定されず、当該技術分野において公知のものを用いることができる。一般的には、管 2 の材質は、鉄系材料 (例えば、ステンレス鋼、耐熱鋼、合金鋼、炭素鋼)、アルミニウム系材料等の耐熱性を有する金属を用いることができる。これらの中でも、使用環境 (例えば、管 2 の加熱温度) を考慮すると、ステンレス鋼又は耐熱鋼製の管 2 であることが好ましい。

【 0 0 1 3 】

管 2 の内部を流通する熱媒体としては、特に限定されず、当該技術分野において公知のものを用いることができる。熱媒体の例としては、水、油、熔融塩 (例えば、熔融ナトリウム) 等が挙げられる。

【 0 0 1 4 】

50

管 2 の外側表面上に形成された赤外線反射層 3 は、熱媒体及び管 2 からの熱輻射（熱放射）を反射する機能を有する。太陽熱集熱管 1 に用いられる熱媒体及び管 2 などの材料は、約 650 ～ 約 700 の高温に加熱されることがあるが、その際に放射される電磁波のほとんどは赤外線となる。そのため、赤外線反射層 3 は、この赤外線を反射する機能を主に有している。すなわち、赤外線反射層 3 は、熱媒体及び管 2 に与えられた熱エネルギーが、熱輻射によって管 2 の外部に放出されるのを抑制している。

【0015】

赤外線反射層 3 としては、従来、Ag 層 7 が用いられてきたが、Ag のみから構成される Ag 層 7 は、約 650 ～ 約 700 の高温に曝されると、1 時間程度で Ag が凝集又は昇華してしまう。

10

ここで、石英基板上に形成した、Ag のみから構成される Ag 層 7 を 700 で 1 時間加熱した後の走査型電子顕微鏡（SEM）写真を図 2 に示す。また、当該加熱前後の Ag 層 7 の光透過率の結果を図 3 に示す。

図 2 に示されているように、Ag 層 7 は加熱によって Ag が昇華すると共に凝集し、Ag 層 7 の下層である石英基板が露出してしまう。また、図 3 に示されているように、加熱前の Ag 層 7 は、約 200 nm ～ 2500 nm の波長域の光透過率がほぼゼロ（当該波長域の光が透過しない）であったのに対し、加熱後の Ag 層 7 は、約 200 nm ～ 2500 nm の波長域の光透過率が約 40 % である（当該波長域の光が透過する）。このように Ag の凝集及び昇華した Ag 層 7 では、赤外線反射層 3 としての機能（熱媒体及び管からの熱輻射を反射する機能）が十分に発揮されないため、太陽光を熱に変換する効率が低下してしまう。

20

【0016】

そこで、本実施の形態の太陽熱集熱管 1 では、Mo、W、Ta、Nb 及び Al からなる群から選択される少なくとも 1 種の金属 6 が分散された Ag 層 7 を 2 つの金属保護層 8 の間に挟持した積層構造体を赤外線反射層 3 として用いている。このような積層構造を有する赤外線反射層 3 において、Mo、W、Ta、Nb 及び Al からなる群から選択される少なくとも 1 種の金属 6 が、Ag 層 7 において Ag の凝集及び昇華を抑制する効果を有し、これにより Ag 層 7 の耐熱性が向上する。

【0017】

Ag 層 7 に分散させる Mo、W、Ta、Nb 及び Al からなる群から選択される少なくとも 1 種の金属 6 の量は、特に限定されないが、好ましくは 10 at % 未満、より好ましくは 0.1 at % ～ 7 at %、さらに好ましくは 0.3 at % ～ 5 at %、特に好ましくは 0.5 at % ～ 3 at % である。

30

Mo、W、Ta、Nb 及び Al からなる群から選択される少なくとも 1 種の金属 6 が分散された Ag 層 7 の厚さは、特に限定されないが、好ましくは 10 nm ～ 500 nm、より好ましくは 30 nm ～ 400 nm、さらに好ましくは 50 nm ～ 300 nm である。

【0018】

Mo、W、Ta、Nb 及び Al からなる群から選択される少なくとも 1 種の金属 6 が分散された Ag 層 7 は、Ag 並びに Mo、W、Ta、Nb 及び Al からなる群から選択される少なくとも 1 種の金属 6 をターゲットとして用い、窒素ガス、アルゴンガスなどの不活性ガスの存在下でスパッタリングを行うことによって形成することができる。スパッタリングの際の条件は、使用する装置に応じて適宜調整すればよく特に限定されない。また、ターゲットは、Ag 並びに Mo、W、Ta、Nb 及び Al からなる群から選択される少なくとも 1 種の金属 6 を個別のターゲットとしてもよいし、Ag と Mo、W、Ta、Nb 及び Al からなる群から選択される少なくとも 1 種の金属 6 との混合物を 1 つのターゲットとしてもよい。

40

【0019】

赤外線反射層 3 を構成する金属保護層 8 は、赤外線反射層 3 と隣接する層に Ag 層 7 中の Ag が拡散することを防止する機能を有する。特に、赤外線反射層 3 の外側表面に形成される金属保護層 8 は、Ag 層 7 中の Ag を昇華し難くする機能を有する。また、赤外線

50

反射層 3 の内側表面に形成される金属保護層 8 は、赤外線反射層 3 の下地としての機能も有する。このような Ag 層 7 を挟持する金属保護層 8 の機能により、Ag 層 7 中の Ag の凝集及び昇華を抑制することができるため、赤外線反射層 3 の機能が低下し難くなる。

【0020】

金属保護層 8 としては、Ag の拡散を防止し得る機能を有するものであれば特に限定されず、一般に、Ag (融点 961.8) よりも融点が高い材料から形成される。Ag よりも融点が高い材料としては、Nb (融点 2469)、Mo (融点 2623)、W (融点 3422)、Cu (融点 1085)、Ni (融点 1455)、Fe (融点 1538)、Cr (融点 1907)、Ta (融点 3020) などが挙げられる。

また、金属保護層 8 は、Ag 層 7 に分散された Mo、W、Ta、Nb 及び Al からなる群から選択される少なくとも 1 種の金属 6 を含む材料から形成されていてもよい。このような材料としては、Mo、W、Ta、Nb 及び Al からなる群から選択される少なくとも 1 種の金属 6 と、ケイ素又は窒素との化合物を用いることができる。このような化合物の例としては、TaSi₂ (融点 2200)、MoSi₂ (融点 2020)、Mo₅Si₃ (融点 2180)、WSi₂ (融点 2160)、Ta₃N (融点 3083)、NbSi₂ (融点 1930)、NbN (融点 2300) などが挙げられる。

【0021】

また、金属保護層 8 を形成する材料は、赤外域の光に対する反射率が高いことが好ましい。例えば、波長 2500 nm の赤外光に対する反射率は、Nb が 96.1 %、Mo が 97.1 %、W が 95.2 %、Cu が 97.4 %、Ni が 86.4 %、Fe が 81.8 %、Cr が 81.3 %、Ta が 97.3 % であり、赤外域の光に対する反射率が 90 % を超える Ta、Nb、Mo、W 及び Cu が好ましい。

【0022】

Ag 層 7 の外側表面に形成される金属保護層 8 の厚さは、使用する材料の種類などに応じて適宜設定すればよく特に限定されないが、熱輻射を抑える観点から、Ag 層 7 の厚さよりも小さいことが好ましい。

また、Ag 層 7 及び金属保護層 8 に用いる材料の光学定数を用いて多層膜近似し、その結果を基に輻射率を計算することにより、赤外線反射層 3 の外側表面に形成される金属保護層 8 の適切な厚さを求めてもよい。例えば、Ta を 1 at % で含む厚さ 100 nm の赤外線反射層 3 上に Ta を用いて金属保護層 8 を形成する場合、金属保護層 8 (Ta 層) の厚さを 0.1 nm ~ 64 nm とすることにより、650 での輻射率を Cu 層よりも低くすることができる。また、W を 1 at % で含む厚さ 100 nm の赤外線反射層 3 上に W を用いて金属保護層 8 を形成する場合、金属保護層 8 (W 層) の厚さを 0.1 nm ~ 12.2 nm とすることにより、650 での輻射率を Cu 層よりも低くすることができる。

【0023】

Ag 層 7 の内側表面に形成される金属保護層 8 の厚さは、使用する材料の種類などに応じて適宜設定すればよく特に限定されないが、一般に 1 nm ~ 100 nm、好ましくは 3 nm ~ 50 nm、より好ましくは 5 nm ~ 30 nm である。

【0024】

金属保護層 8 の形成方法としては、特に限定されず、当該技術分野において公知の方法を用いることができる。例えば、化学的蒸着、物理的蒸着 (スパッタリング、真空蒸着、イオンプレーティング) を用いて形成することができる。

【0025】

赤外線反射層 3 上に形成された太陽光 - 熱変換層 4 は、熱輻射による放熱を抑えつつ、太陽光を効率良く吸収する機能を有する。太陽光 - 熱変換層 4 は、光選択吸収層とも称される。

太陽光 - 熱変換層 4 としては、特に限定されず、当該技術分野において公知のものを用いることができる。太陽光 - 熱変換層 4 の例としては、黒色クロムめっき層、黒色ニッケルめっき層、無電解ニッケル黒化処理層、四三酸化鉄皮層、サーメット層 (セラミックと金属とを複合させた材料からなる層)、ケイ化鉄層、ケイ化マンガン層、ケイ化クロム層

10

20

30

40

50

、ケイ化マンガン又はケイ化クロムと透明誘電体（例えば、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 AlN など）との複合材料からなる層などが挙げられる。また、これらの層は、単層であっても2種以上の複数層であってもよい。

【0026】

太陽光 - 熱変換層4の厚さは、特に限定されないが、好ましくは $1\text{ nm} \sim 10\text{ }\mu\text{m}$ 、より好ましくは $5\text{ nm} \sim 100\text{ nm}$ である。

太陽光 - 熱変換層4の形成方法としては、特に限定されず、当該技術分野において公知の方法を用いることができる。例えば、化学的蒸着、物理的蒸着（スパッタリング、真空蒸着、イオンプレーティングなど）、めっき法などを用いて形成することができる。

【0027】

太陽光 - 熱変換層4上に形成された反射防止層5は、太陽光の反射を防止する機能を有する。

反射防止層5としては、特に限定されず、当該技術分野において公知のものを用いることができる。反射防止層5の例としては、 SiO_2 層、 Al_2O_3 層、 AlN 層、 Cr_2O_3 層等の透明誘電体層が挙げられる。

【0028】

反射防止層5の厚さは、特に限定されないが、好ましくは $10\text{ nm} \sim 500\text{ nm}$ である。

反射防止層5の形成方法としては、特に限定されず、当該技術分野において公知の方法を用いることができる。例えば、化学的蒸着、物理的蒸着（スパッタリング、真空蒸着、イオンプレーティング）を用いて形成することができる。

【0029】

上記のような特徴を有する本実施の形態の太陽熱集熱管1によれば、 Mo 、 W 、 Ta 、 Nb 及び Al からなる群から選択される少なくとも1種の金属6を Ag 層7に分散させると共に、 Ag 層7中の Ag の拡散を防止する金属保護層8で Ag 層7を挟持することにより、 Ag の凝集及び昇華を抑制した赤外線反射層3を備えているため、太陽光を熱に変換する効率が低下し難い。

【0030】

実施の形態2 .

図4は、本実施の形態の太陽熱集熱管の部分断面図である。

図4において、本実施の形態の太陽熱集熱管10は、金属保護層8と太陽光 - 熱変換層4との間に酸素バリア層11が設けられている点で、実施の形態1の太陽熱集熱管1と異なる。なお、この点以外の特徴については、実施の形態1の太陽熱集熱管1と同じであるため、説明を省略する。

酸素バリア層11は、金属保護層8の酸化が起こる原因となる酸素の透過を防止するために設けられる。そのため、金属保護層8と太陽光 - 熱変換層4との間に酸素バリア層11を形成することにより、金属保護層8の酸化を防止することができるため、金属保護層8の機能が低下し難くなる。

【0031】

酸素バリア層11としては、酸素を透過し難いものであれば特に限定されず、例えば、誘電体層を用いることができる。誘電体層の例としては、 SiO_2 層、 Al_2O_3 層、 AlN 層、 Cr_2O_3 層、 Si_3N_4 層などの透明誘電体層が挙げられる。

酸素バリア層11の厚さは、酸素を透過させない範囲であれば特に限定されないが、一般に $1\text{ nm} \sim 100\text{ nm}$ 、好ましくは $3\text{ nm} \sim 50\text{ nm}$ 、より好ましくは $5\text{ nm} \sim 30\text{ nm}$ である。

【0032】

酸素バリア層11の形成方法としては、特に限定されず、当該技術分野において公知の方法を用いることができる。例えば、化学的蒸着、物理的蒸着（スパッタリング、真空蒸着、イオンプレーティング）を用いて形成することができる。

【0033】

10

20

30

40

50

ここで、石英基板に、金属保護層 8 (20 nm の Ta 層)、1.2 at % の Ta を分散させた Ag 層 7 (300 nm)、金属保護層 8 (10 nm の Ta 層) 及び酸素バリア層 11 (50 nm の Si_3N_4 層) を順に積層させた図 5 の積層体を作製し、この積層体を 700 で 1 時間、11 時間及び 51 時間加熱する前後の積層体の光透過率の結果を図 6 に示す。なお、この積層体において、1.2 at % の Ta を分散させた Ag 層 7 を 2 つの金属保護層 8 の間に挟持した部分が赤外線反射層 3 に相当する。図 6 に示されているように、加熱前後で積層体の光透過率はほとんど変化しない。したがって、このような積層構造とすることにより、約 700 の高温に曝されたとしても、Ag の凝集及び昇華を抑制することができるため、赤外線反射層 3 としての機能 (熱媒体及び管からの熱輻射を反射する機能) が低下せず、太陽光を熱に変換する効率も低下しない。

10

【0034】

また、石英基板に、金属保護層 8 (20 nm の W 層)、2.1 at % の W を分散させた Ag 層 7 (300 nm)、金属保護層 8 (10 nm の W 層) 及び酸素バリア層 11 (50 nm の Si_3N_4 層) を順に積層させた図 7 の積層体を作製し、この積層体を 700 で 1 時間、11 時間及び 51 時間加熱する前後の積層体の光透過率の結果を図 8 に示す。なお、この積層体において、2.1 at % の W を分散させた Ag 層 7 を 2 つの金属保護層 8 の間に挟持した部分が赤外線反射層 3 に相当する。図 8 に示されているように、加熱前後で積層体の光透過率はほとんど変化しない。

なお、上記のような効果は、Ag 層 7 に分散させる成分として、Ta 及び W を用いた場合だけでなく、Mo、Nb 及び Al を用いた場合にも得ることができる。

20

【0035】

上記のような特徴を有する本実施の形態の太陽熱集熱管 10 によれば、実施の形態 1 の太陽熱集熱管 1 の効果に加えて、金属保護層 8 の機能の低下を防止することができる。

【0036】

実施の形態 3 .

図 9 は、本実施の形態の太陽熱集熱管の部分断面図である。

図 9 において、本実施の形態の太陽熱集熱管 20 は、管 2 と赤外線反射層 3 との間に拡散防止層 12 が設けられている点で、実施の形態 2 の太陽熱集熱管 10 と異なる。なお、この点以外の特徴については、実施の形態 2 の太陽熱集熱管 10 と同じであるため、説明を省略する。また、本実施の形態の特徴は、実施の形態 1 の太陽熱集熱管 1 にも適用することができる。

30

拡散防止層 12 は、管 2 の成分 (例えば、Cr) が上層 (図 9 では金属保護層 8) に拡散することを防止するために設けられる。そのため、管 2 の外側表面上に拡散防止層 12 を形成することにより、管 2 の上層 (図 9 では金属保護層 8) の機能が低下し難くなる。

【0037】

拡散防止層 12 としては、特に限定されず、当該技術分野において公知のものを用いることができる。拡散防止層 12 に用いられる材料の例としては、 SiO_2 、 Al_2O_3 などの酸化物、 Si_3N_4 、AlN などの窒化物が挙げられる。

拡散防止層 12 の厚さは、管 2 の成分が上層に拡散することを防止し得る範囲であれば特に限定されないが、一般に 1 nm ~ 100 nm、好ましくは 3 nm ~ 50 nm、より好ましくは 5 nm ~ 30 nm である。

40

【0038】

拡散防止層 12 の形成方法としては、特に限定されず、当該技術分野において公知の方法を用いることができる。例えば、化学的蒸着、物理的蒸着 (スパッタリング、真空蒸着、イオンプレーティング) を用いて形成することができる。

【0039】

上記のような特徴を有する本実施の形態の太陽熱集熱管 20 によれば、実施の形態 1 の太陽熱集熱管 1 又は実施の形態 2 の太陽熱集熱管 10 の効果に加えて、管 2 の上層の機能の低下を防止することができる。

【0040】

50

実施の形態 4 .

図 10 は、本実施の形態の太陽熱集熱管の部分断面図である。

図 10 において、本実施の形態の太陽熱集熱管 30 は、赤外線反射層 3 と酸素バリア層 11 との間に反応防止層 13 が設けられている点で、実施の形態 3 の太陽熱集熱管 20 と異なる。なお、この点以外の特徴については、実施の形態 3 の太陽熱集熱管 20 と同じであるため、説明を省略する。また、本実施の形態の特徴は、実施の形態 2 の太陽熱集熱管 10 にも適用することができる。

金属保護層 8 が、Nb、Mo、W、Cu、Ni、Fe、Cr、Ta などの金属から形成される場合、金属保護層 8 が酸素バリア層 11 と反応してしまうことがある。反応防止層 13 は、このような赤外線反射層 3 中の金属保護層 8 と酸素バリア層 11 との反応を防止

10

するために設けられる。そのため、赤外線反射層 3 と酸素バリア層 11 との間に反応防止層 13 を設けることにより、赤外線反射層 3 及び酸素バリア層 11 の機能が低下し難くなる。

また、反応防止層 13 は、酸素バリア層 11 が形成されていない場合でも、金属保護層 8 と太陽光 - 熱変換層 4 との反応を防止することができる。この際、反応防止層 13 は、酸素の透過を防止する機能も有するため、酸素バリア層 11 の代わりにもなる。

【0041】

反応防止層 13 としては、赤外線反射層 3 中の金属保護層 8 及び酸素バリア層 11 又は太陽光 - 熱変換層 4 と反応し難いものであれば特に限定されず、当該技術分野において公知のものを用いることができる。反応防止層 13 に用いられる材料の例としては、ケイ化

20

ニオブ (NbSi_2)、ケイ化タンタル (TaSi_2) などのケイ化物が挙げられる。その中でも、反応防止層 13 の材料は、金属保護層 8 に用いられる金属のケイ化物であることが好ましい。

反応防止層 13 の厚さは、赤外線反射層 3 中の金属保護層 8 と酸素バリア層 11 又は太陽光 - 熱変換層 4 との反応を防止し得る範囲であれば、特に限定されないが、一般に 1 nm ~ 200 nm、好ましくは 3 nm ~ 100 nm、より好ましくは 5 nm ~ 80 nm である。

【0042】

反応防止層 13 の形成方法としては、特に限定されず、当該技術分野において公知の方法を用いることができる。例えば、化学的蒸着、物理的蒸着 (スパッタリング、真空蒸着、イオンプレーティング) を用いて形成することができる。

30

【0043】

上記のような特徴を有する本実施の形態の太陽熱集熱管 30 によれば、実施の形態 2 の太陽熱集熱管 10 又は実施の形態 3 の太陽熱集熱管 20 の効果に加えて、金属保護層 8 及び酸素バリア層 11 又は太陽光 - 熱変換層 4 の機能の低下を防止することができる。

【0044】

なお、金属保護層 8 が、Ag 層 7 に分散された Mo、W、Ta、Nb 及び Al からなる群から選択される少なくとも 1 種の金属 6 とケイ素又は窒素との化合物 (例えば、 TaSi_2 、 MoSi_2 、 Mo_5Si_3 、 WSi_2 、 TaN 、 NbSi_2 、 NbN) から形成される場合、金属保護層 8 と酸素バリア層 11 との間に反応防止層 13 を設ける必要はない。したがって、金属保護層 8 が、Ag 層 7 に分散された Mo、W、Ta、Nb 及び Al からなる群から選択される少なくとも 1 種の金属 6 とケイ素又は窒素との化合物から形成される場合、反応防止層 13 を設けなくても本実施の形態の太陽熱集熱管 30 と同様の効果を得ることができると共に、反応防止層 13 を設ける必要がないため生産性も向上する。

40

【0045】

実施の形態 5 .

図 11 は、本実施の形態の太陽熱集熱管の部分断面図である。

図 11 において、本実施の形態の太陽熱集熱管 40 は、拡散防止層 12 と赤外線反射層 3 との間に反応防止層 13 が設けられている点で、実施の形態 4 の太陽熱集熱管 30 と異

50

なる。なお、この点以外の特徴については、実施の形態4の太陽熱集熱管30と同じであるため、説明を省略する。また、本実施の形態の特徴は、実施の形態3の太陽熱集熱管20にも適用することができる。

赤外線反射層3中の金属保護層8が、Nb、Mo、W、Cu、Ni、Fe、Cr、Taなどの金属から形成される場合、金属保護層8が拡散防止層12と反応してしまうことがある。拡散防止層12と赤外線反射層3との間に設けられる反応防止層13は、このような拡散防止層12と赤外線反射層3中の金属保護層8との反応を防止するために設けられる。そのため、拡散防止層12と赤外線反射層3との間に反応防止層13を設けることにより、拡散防止層12及び赤外線反射層3の機能が低下し難くなる。

【0046】

10

拡散防止層12と赤外線反射層3との間に設けられる反応防止層13としては、赤外線反射層3と酸素バリア層11との間に設けられる反応防止層13と同じものを用いることができる。その中でも、反応防止層13の材料は、金属保護層8に用いられる金属のケイ化物であることが好ましい。

拡散防止層12と赤外線反射層3との間に設けられる反応防止層13の厚さは、拡散防止層12と赤外線反射層3中の金属保護層8との反応を防止し得る範囲であれば、特に限定されないが、一般に1nm~150nm、好ましくは5nm~100nm、より好ましくは10nm~80nmである。

【0047】

20

ここで、石英基板に、反応防止層13(20nmのTaSi₂層)、金属保護層8(20nmのTa層)、Taを1.2at%分散させたAg層7(300nm)、金属保護層8(10nmのTa層)、反応防止層13(10nmのTaSi₂層)及び酸素バリア層11(50nmのSi₃N₄層)を順に積層させた図12の積層体を作製し、この積層体を700℃で1時間及び201時間加熱した後の走査型電子顕微鏡(SEM)写真を図13及び14にそれぞれ示す。また、この積層体を700℃で1時間、11時間、51時間、101時間、151時間及び201時間加熱する前後の積層体の光透過率の結果を図15に示す。なお、この積層体において、Taを1.2at%分散させたAg層7を2つの金属保護層8の間に挟持した部分が赤外線反射層3に相当する。

図13及び14に示されているように、加熱時間を長くしても積層体の状態に変化は見られなかった。また、図15に示されているように、加熱前後で積層体の光透過率もほとんど変化しない。したがって、この積層体であれば、約700℃の高温に曝されたとしても、Agの凝集及び昇華を抑制することができ、各層の機能も低下しないため、太陽光を熱に変換する効率を維持することができる。

30

【0048】

上記のような特徴を有する本実施の形態の太陽熱集熱管40によれば、実施の形態3の太陽熱集熱管20又は実施の形態4の太陽熱集熱管30の効果に加えて、金属保護層8及び拡散防止層12の機能の低下を防止することができる。

【0049】

なお、金属保護層8が、Ag層7に分散されたMo、W、Ta、Nb及びAlからなる群から選択される少なくとも1種の金属6とケイ素又は窒素との化合物(例えば、TaSi₂、MoSi₂、Mo₅Si₃、WSi₂、Ta₃N₅、NbSi₂、NbN)から形成される場合、拡散防止層12と金属保護層8との反応が起こり難いため、拡散防止層12と金属保護層8との間に反応防止層13を設ける必要はない。したがって、金属保護層8が、Ag層7に分散されたMo、W、Ta、Nb、及びAlからなる群から選択される少なくとも1種の金属6とケイ素又は窒素との化合物から形成される場合、反応防止層13を設けなくても本実施の形態の太陽熱集熱管40と同様の効果を得ることができると共に、反応防止層13を設ける必要がないため生産性も向上する。

40

【0050】

なお、本国際出願は、2016年1月29日に出願した日本国特許出願第2016-015505号に基づく優先権を主張するものであり、この日本国特許出願の全内容を本国

50

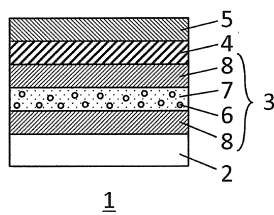
際出願に援用する。

【符号の説明】

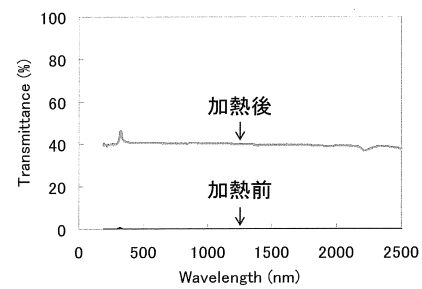
【0051】

1、10、20、30、40 太陽熱集熱管、2 管、3 赤外線反射層、4 太陽光-熱変換層、5 反射防止層、6 Mo、W、Ta、Nb及びAlからなる群から選択される少なくとも1種の金属、7 Ag層、8 金属保護層、11 酸素バリア層、12 拡散防止層、13 反応防止層。

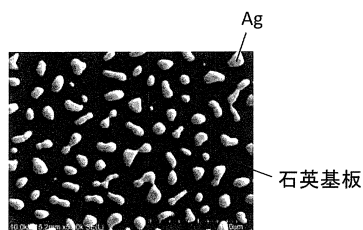
【図1】



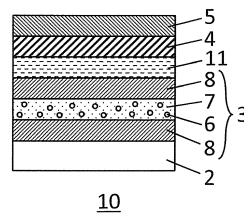
【図3】



【図2】



【図4】



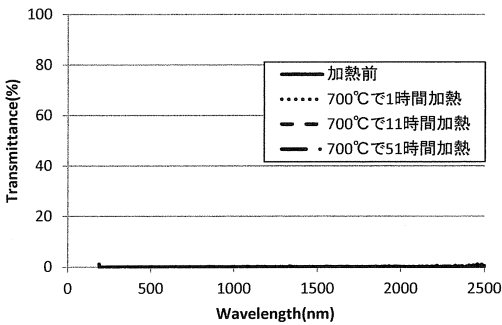
【図 5】

Si ₃ N ₄ 層 (50nm)
Ta層 (10nm)
Ag層 (300nm; Taの含有率1.2at%)
Ta層 (20nm)
石英基板

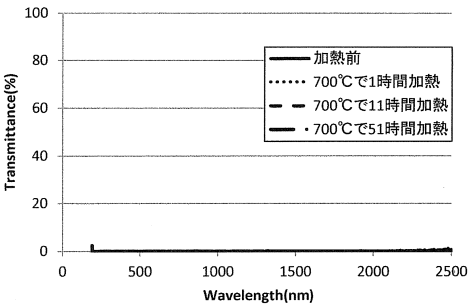
【図 7】

Si ₃ N ₄ 層 (50nm)
W層 (10nm)
Ag層 (300nm; Wの含有率2.1at%)
W層 (20nm)
石英基板

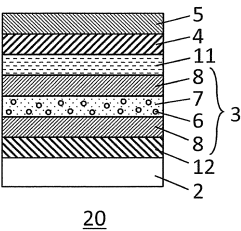
【図 6】



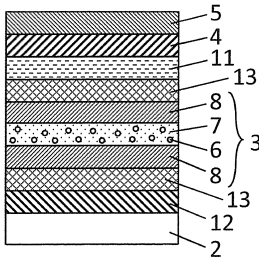
【図 8】



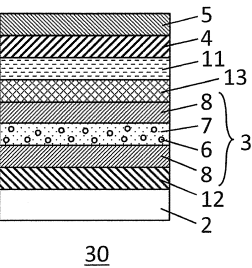
【図 9】



【図 1 1】



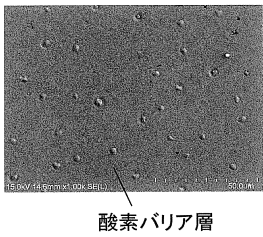
【図 1 0】



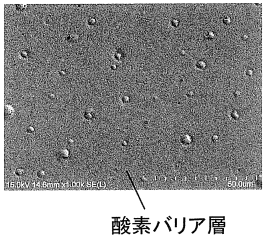
【図 1 2】

Si ₃ N ₄ 層 (50nm)
TaSi ₂ 層 (10nm)
Ta層 (10nm)
Ag層 (300nm; Taの含有率1.2at%)
Ta層 (20nm)
TaSi ₂ 層 (20nm)
石英基板

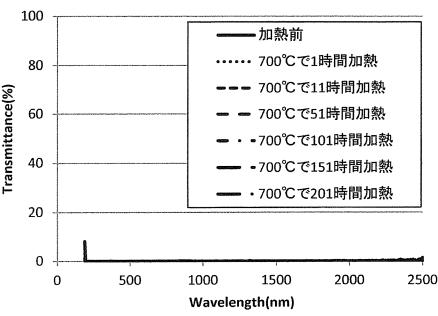
【図 1 3】



【図 1 4】



【図 1 5】



フロントページの続き

- (72)発明者 筒井 琢仁
愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地 株式会社豊田自動織機内
- (72)発明者 笹谷 亨
愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地 株式会社豊田自動織機内
- (72)発明者 則武 和人
愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地 株式会社豊田自動織機内
- (72)発明者 奥原 芳樹
愛知県名古屋市熱田区六野二丁目4番1号 一般財団法人ファインセラミックスセンター内
- (72)発明者 黒山 友宏
愛知県名古屋市熱田区六野二丁目4番1号 一般財団法人ファインセラミックスセンター内
- (72)発明者 伊岐見 大輔
愛知県名古屋市熱田区六野二丁目4番1号 一般財団法人ファインセラミックスセンター内

審査官 柳本 幸雄

- (56)参考文献 中国特許出願公開第104005003(CN, A)
米国特許出願公開第2014/0144426(US, A1)
米国特許第7909029(US, B2)
米国特許出願公開第2012/0224256(US, A1)
米国特許出願公開第2014/0261390(US, A1)
中国特許出願公開第103105011(CN, A)
特開2009-198170(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|-------|
| F24S | 70/30 |
| B32B | 1/08 |
| B32B | 9/00 |