

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2011 年 8 月 11 日(11.08.2011)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2011/096339 A1

- (51) 国際特許分類:  
F24J 2/24 (2006.01) F24J 2/07 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/051790
- (22) 国際出願日: 2011 年 1 月 28 日(28.01.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2010-024395 2010 年 2 月 5 日(05.02.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱重工業株式会社(MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 新屋 謙治(ATARASHIYA Kenji) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 堀江 茂斉(HORIE Shigenari) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 水田 桂司(MIZUTA Keiji) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会

社内 Tokyo (JP). 前田 学(MAEDA Manabu) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 小林一太(KOBAYASHI Kazuta) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP).

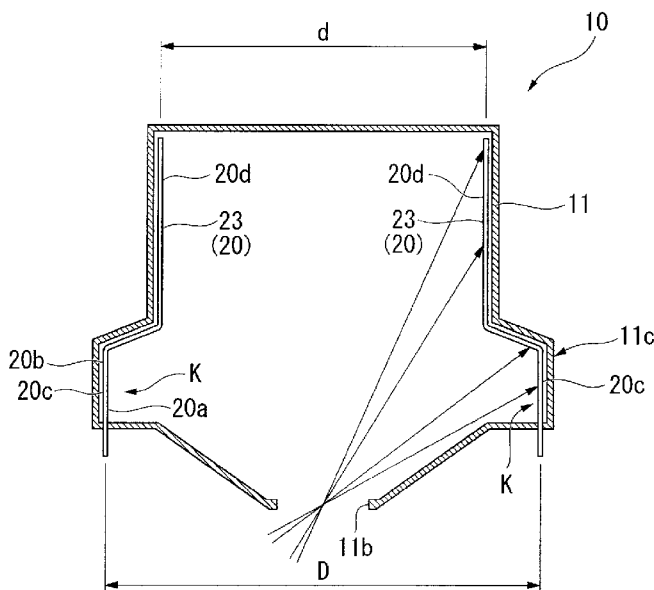
- (74) 代理人: 森 隆一郎, 外(MORI Ryuichirou et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目 9 番 2 号 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア

[続葉有]

(54) Title: SOLAR HEAT RECEIVER

(54) 発明の名称: 太陽熱受熱器

[図8]



(57) Abstract: Heat-receiving tubes (23) of a heat receiver (10) have portions (K) having high heat flux at the side near to an opening (11b) in the length direction and extending to positions outside of a casing (11) in the radial direction. Expanded sections (20c) having an expanded pitch circle diameter (D) comprising a plurality of the heat-receiving tubes (23) are formed, and the heat input quantity per unit area of the heat-receiving tubes (23) is decreased in the portions (K) near to the opening (11b).

(57) 要約: 受熱器 (10) の受熱管 (23) は、長さ方向に開口部 (11b) に近い側で熱流束の高い部分 (K) がケーシング (11) の半径方向の外側の位置に延在している。複数の受熱管 (23) からなるピッチ円直径 (D) が拡大した拡大部 (20c) を形成し、開口部 (11b) に近い部分 (K) において受熱管 (23) に対する単位面積当たりの入熱量を減少させる。



(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ  
(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,  
GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT,  
NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI  
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR,  
NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

## 明 細 書

**発明の名称：** 太陽熱受熱器

**技術分野**

[0001] 本発明は、太陽熱発電装置のタービンを駆動する流体媒体を昇温するための太陽熱受熱器に関する。

**背景技術**

[0002] 近年、地球温暖化の防止、化石燃料の使用抑制の観点から、二酸化炭素や窒素酸化物などの有害物質の排出が少ない自然エネルギー、資源を再利用するリサイクルエネルギーなどのクリーンエネルギーを利用した発電が注目されている。クリーンエネルギーは、全世界で必要とされる電力エネルギーを上回る量がある。しかしながら、クリーンエネルギーのエネルギー分布は広範囲にわたり、有効エネルギー（外部に取り出して利用可能なエネルギー）が低い。これに起因して、クリーンエネルギーを利用した発電は、電力への変換効率が低く発電コストが高くなるため、十分に普及していない。そこで、発電方式としては、ガスタービン、蒸気タービン及びカスタービンコンバインドサイクル（G T C C）などの発電技術を利用した太陽熱エネルギーによる発電が期待されている（例えば、特許文献1参照）。

[0003] ところで、太陽熱エネルギーの利用においては、通常、鏡を用いた集光装置と受熱器の組合せにより集光と集熱を行う。集光装置と受熱器の組合せ方式として、一般的にトラフ集光方式とタワー集光方式という2種類の方式がある。

トラフ集光方式とは、半円筒型のミラー（トラフ：trough）によって太陽光線を反射させ、円筒の中心を通るパイプに集光・集熱し、パイプ内を通る熱媒体の温度を上昇させるものである。しかしながら、トラフ集光方式では、ミラーが太陽光線を追尾するよう向きを変えるものの、ミラーの制御が一軸制御であるため、熱媒体の高い温度上昇を期待することはできない。

[0004] これに対して、タワー集光方式とは、地上から立設されたタワー部（支持

部)上に集光受熱器を配置するとともに、タワー一部の周囲を取り囲むようにヘリオスタット(Heliostat:太陽光集光システム)と呼ばれる集光用の反射光制御鏡を複数配置し、これらヘリオスタットで反射される太陽光線を集光受熱器に導くことで集光及び集熱するものである。近年では、発電サイクルの更なる高効率化を図るという観点から、集光受熱器で熱交換される熱媒体について、より高温化が可能なタワー集光方式の発電装置(タワー集光装置)の開発が盛んに行われている。

### 先行技術文献

### 特許文献

[0005] 特許文献1:特許第2951297号公報

### 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、従来の受熱器においては、以下のような問題があった。

すなわち、従来のタワー集光装置における熱交換器では、円筒状の断熱容器の内面に配列させた複数の受熱管に流体を流し、それら受熱管の表面に太陽光を照射し入熱することにより流体温度を上昇させているが、この場合、直接太陽光が入射する受熱管の表側の面と壁側に面する裏側の面との温度差が大きくなる。とくに、軸対称にミラーを配列した場合、集光したときにミラーの面積効果で受熱管の入口付近の熱負荷が大きくなり、高温となる。また、昼夜のサイクル、雲の影響、又は太陽光の照射量の変動によっても、受熱管の表側と裏側とでは温度差が生じている。このように高温で且つ温度差の大きな入口付近では、とくに受熱管に熱疲労が発生し易い欠点があり、受熱管の耐久性が要求されており、その点で改良の余地があった。

[0007] 本発明は、上述する問題点に鑑みてなされたもので、受熱管の表裏面(太陽光の入射方向における表側の部分と裏側の部分)の温度差を低減することで、受熱管の強度寿命を向上させることができる太陽熱受熱器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

[0008] 上記目的を達成するため、本発明に係る太陽熱受熱器は、太陽光が入射する開口部を有するケーシングと、ケーシング内にケーシング周方向に配列するとともに内部に熱媒体が流通する複数の受熱管とを備える。受熱管は、開口部側で熱流束の高い部分がケーシングの半径方向外側の位置に延在し、複数の受熱管からなるピッチ円直径が拡大した拡大部が形成されている。

本発明に係る太陽熱受熱器は、通常、タワー式太陽熱発電に用いられる。本発明に係る太陽熱受熱器は、太陽光が入射する開口部を有するケーシングと、前記ケーシングの内側に上下方向に配置され、前記太陽光が照射されることで内部を流れる熱媒体の温度を上昇させる複数の受熱管と、を備えている。前記複数の受熱管は互いに間隔をあけて一方向に延びるように配置されている。各々の受熱管の中心は、同一の円周上に配置されている。前記複数の受熱管は、前記ケーシングの開口部に近い部分において前記ケーシングの径方向の外側に向けて曲げられている。これにより、前記複数の受熱管の中心を通る円は、前記開口部に近い領域における直径が、前記開口部から離れた領域における直径よりも拡大されている。

[0009] ここで、本発明におけるピッチ円とは、複数の受熱管の中心を通り、各受熱管の中心軸に交差する円である。すなわち、複数の受熱管は、所定のピッチ（間隔）で配列され、中心がピッチ円の円周上に配置されている。

本発明では、受熱管の熱流束の高い部分でピッチ円の直径を拡大させることで、その部分における受熱管および断熱材の表面積が増大し、受熱管に対する単位面積当たりの入熱量を減少させることができる。そして、受熱管において減少した分の熱量は、受熱管どうしの隙間から裏面側の断熱材に入り、さらにその熱が周囲へ拡散される。

すなわち、ケーシングの開口部から入射し、受熱管の間を通過した太陽光は、受熱管よりもケーシングの開口部から離れたケーシングの壁面に入射する。そして、ケーシングの内側の壁面を形成する断熱材又は吸熱材は、受熱管の間を通過した太陽光によって加熱される。加熱された断熱材又は吸熱材

は熱を放射して、太陽光が直接に照射されない受熱管の裏側の部分を加熱する。

本発明によれば、ケーシングの開口部に近い、受熱管の熱流束が高い部分において受熱管どうしの間隔が広くなり、単位面積あたりに配置される受熱管の数が減少する。同時に、受熱管と、太陽光の光束の径が最小になるケーシングの開口部との距離が離れ、受熱管の表面の単位面積あたりに直接に照射される太陽光のエネルギーが減少する。これにより、開口部に近い領域において、従来よりも多くの太陽光が受熱管の間を通過するとともに、受熱管に直接に照射される太陽光のエネルギーが減少する。そのため、ケーシングの開口部に近い領域において、従来よりも受熱管の熱流束を低減させることができる。

このように、ケーシングの開口部に近く、受熱管の熱流束が高くなりやすい領域において、受熱管表面の熱流束が低減され、受熱管の表面（ケーシングの中心軸線側の面）と裏面（ケーシングの内面側の面）との温度差を低減することが可能となる。すなわち、ケーシングの開口部から入射した太陽光が直接に照射される受熱管の表側の部分と、ケーシングの開口部から入射した太陽光が直接に照射されない受熱管の裏側の部分との温度差が低減される。これにより、受熱管の強度寿命を延ばすことができる。

[0010] また、本発明に係る太陽熱受熱器では、拡大部における受熱管の径は、拡大部でない部分における受熱管の径よりも大径であってもよい。すなわち、各受熱管の中心を通る円の径が拡大された領域において、各受熱管の径をその他の領域における各受熱管の径よりも拡大させてもよい。

本発明では、受熱管の中心を通る円の径が拡大された領域又は受熱管の拡大部において、受熱管を大径にすることで、受熱管の外周面の表面積がさらに増大する。これにより受熱管内を流れる熱媒体と受熱管との熱交換量を増大させることができ、受熱管の長さを短縮することが可能となる。したがって、太陽光が直接に入射する受熱管の表側の部分（表面）と太陽光が直接に入射しない裏側の部分（裏面）との温度差をさらに小さくすることが可能で

ある。

また、上記のように受熱管の径を拡大させることで、受熱管の内部の熱媒体の体積が増加する。これにより、受熱管の内部の熱媒体は、熱容量が増加して温度が上昇し難くなり、受熱管の温度も上昇し難くなる。したがって、太陽光の入射方向に対する受熱管の表側の部分と裏側の部分との温度差をより減少させることができる。

[0011] また、本発明に係る太陽熱受熱器では、拡大部における受熱管の内部に、伝熱促進体が装入されていてもよい。すなわち、複数の受熱管の中心を通る円の径が拡大された領域において、受熱管の内部に、受熱管の熱伝導性よりも高い熱伝導性を有する伝熱促進体を配置してもよい。また、前記伝熱促進体の熱伝導率は、熱媒体の熱伝導率よりも高くてもよい。

本発明によれば、受熱管の内部の熱伝達率を増大させ、受熱管から熱媒体に効率よく熱を伝達させることができる。これにより、受熱管と熱媒体との間の熱交換量を増加させることができるので、受熱管の長さ寸法を短くすることが可能となり、受熱器を小型化することができる。また、拡大部又は複数の受熱管の中心を通る円の径が拡大された領域において、受熱管の径が拡大されている場合には、その他の領域と比較して受熱管の内部の圧力損失を増大させることなく、受熱管の内部に伝熱促進体を装入することができる。

## 発明の効果

[0012] 本発明の太陽熱受熱器によれば、受熱管の表側の部分と裏側の部分との温度差を低減することができ、受熱管の強度寿命を向上させることができる。

## 図面の簡単な説明

[0013] [図1]本発明の第1の実施の形態によるタワー型太陽光集光受熱器を示す図である。

[図2]タワー周辺のヘリオスタットの配置を示す平面図である。

[図3A]タワー上部の概略構成を示す横断面図である。

[図3B]タワー上部の概略構成を示す縦断面図である。

[図4]受熱器の概略構成を示す斜視図である。

[図5] 図4に示す受熱管の斜視図である。

[図6] 図3Bに示すA-A線断面図であって、断熱材（放射シールド板）の構成を示す図である。

[図7] 図6の矢印Bから見た斜視図である。

[図8] 受熱器の概略構成を示す縦断面図である。

[図9] 図8に示す受熱管の太陽熱入射強度のグラフである。

[図10] 第2の実施の形態による受熱管の概略構成を示す受熱器の縦断面図である。

### 発明を実施するための形態

[0014] 以下、本発明の実施の形態による太陽熱受熱器について、図面に基づいて説明する。かかる実施の形態は、本発明の一態様を示すものであり、この発明を限定するものではなく、本発明の技術的思想の範囲内で任意に変更可能である。また、以下の図面においては、各構成をわかりやすくするために、実際の構造と各構造における縮尺や数等が異なっている。

[0015] （第1の実施の形態）

図1に示すタワー型太陽熱発電設備（solar power plant）は、高いタワーの上に配置された太陽光受熱器と、太陽光受熱器の周囲の地上に配置されたヘリオスタットと呼ばれる反射光を制御可能な鏡とを備え、ヘリオスタットによってタワー上部の太陽光受熱器に太陽光を集光させて発電する。

図1に示すように、グラウンドG上にはヘリオスタットフィールド101が設けられている。このヘリオスタットフィールド101上には、太陽光線を反射するための複数のヘリオスタット102が配置されている。また、ヘリオスタットフィールド101の中央部には、ヘリオスタット102によって導かれた太陽光線を受けるタワー型太陽光集光受熱器100が設けられている。図2に示すように、ヘリオスタット102はタワー型太陽光集光受熱器100の360度全周に配置されている。

[0016] タワー型太陽光集光受熱器100は、グラウンドGに立設されたタワー110と、タワー110上部の収容室120と、収容室120内に設置された受

熱器（太陽熱受熱器）１０とから構成されている。

[0017] タワー１１０には、複数の補強部材１１１が設けられている。補強部材１１１は、タワー１１０の高さ方向（長手方向）に交差して配置され、タワー１１０の高さ方向に互いに間隔（隣り合う補強部材間の距離）Ｐを空けて設けられている。間隔Ｐは、ヘリオスタット１０２によって受熱器１０に太陽光の反射光を入射させる光路に含まれる範囲において、タワー１１０上部（受熱器１０の設置された側）に近づくにつれて大きくなっている。これにより、ヘリオスタット１０２により反射された太陽光が補強部材１１１に遮られることなくタワー１１０上部の受熱器１０に集光される。なお、補強部材１１１の配置構造は、剛性確保の面から、例えばトラス構造としてもよい。

[0018] タワー１１０上部の収容室１２０は、図３Ａに示すように、平面形状が円形である。

収容室１２０は、図３Ｂに示すように、上部収容室１２１及び下部収容室１２２の２つの収容室を有する。下部収容室１２２の底部には、太陽光線を取り込むための開口部１２２ｃが設けられている。開口部１２２ｃの平面形状は、円形である。開口部１２２ｃの径は、太陽光線のスポット径に応じて決定されている。本実施形態の開口部１２２ｃの径は、太陽光線のスポット径と等しいか又はそれよりも大きくされている。ここで、スポット径とは、ヘリオスタットフィールド１０１のヘリオスタット１０１によって反射され、開口部１２２ｃに入射する太陽光の光束の直径が最も小さくなる位置の直径である。

[0019] 図３Ａ及び図３Ｂに示すように、受熱器１０は、円筒形のケーシング１１と、受熱管２０とを備えている。なお、ケーシング１１の形状は、円筒形に限らず、円錐形、多角柱形、球形、楕円形、又はこれらのいずれか２以上を組み合わせた形状であってもよい。受熱器１０は、下部収容室１２２内に設けられている。具体的には、受熱器１０は下部収容室１２２の上壁１２２ａに吊り具１２を介して固定され、下部収容室１２２内において上壁１２２ａから吊り下げられている。つまり、受熱器１０は、下部収容室１２２の内壁

と接触しないように、下部収容室 122 の内壁から離れた位置に、内壁との間に間隔を空けて配置されている。吊り具 12 は平面形状が円形の上壁 122a の周方向に複数設けられており、可撓性を有している。また、吊り具 12 はケーシング 11 を貫通している。この構成により、受熱器 10 内部において、受熱管 20 と受熱管 20 の内部を流れる熱媒体との間で熱交換が行われてケーシング 11 が高温（例えば 900℃以上）になった場合であっても、ケーシング 11 の熱膨張による変形を許容できる。また、ケーシング 11 の下面側（底部）には、太陽光線を取り込むための開口部 11b が設けられている。開口部 11b は、前述の開口部 122c と同様に、平面形状が円形に形成されている。開口部 11b の径は、太陽光線のスポット径に応じて決定されている。本実施形態の開口部 11b の径は、太陽光線のスポット径と等しいか又はそれよりも大きくされている。また、本実施形態のケーシング 11 の開口部 11b の径は、収容室 120 の開口部 122c の径と等しいか又はそれよりも小さい。

[0020] なお、図 3B において、ケーシング 11 は、内部の構造を解り易く説明するために、軸方向において直径が等しい円筒形に描かれている。しかし、実際には、本実施の形態のケーシング 11 は、図 4 及び図 8 に示すように、下側の部分が半径方向の外側に広がるように拡張された拡大部 11c を有している。すなわち、開口部 11b に近いケーシング 11 の下部の直径は、開口部 11b から離れたケーシング 11 の上部の直径よりも拡大されている。この拡大部 11c の内側には、この拡大部 11c の内壁面に沿ってケーシング 11 の軸方向（上下方向）に延びる受熱管本体 23 が配置されている。

[0021] 図 3B に示すように、上部収容室 121 の内部には、受熱器 10 によって加熱された流体（熱媒体）を作動流体として作動するガスタービン 30、及び、ガスタービン 30 の作動エネルギーを電力として取り出す発電機 33 が配置されている。ガスタービン 30 は、熱媒体となる流体（例えば大気）を吸入して圧縮し圧縮流体を生成する圧縮機 31 と、該圧縮機 31 で圧縮されるとともに受熱器 10 によって加熱された流体を作動流体として作動するタ

ービン３２とを有している。そして、タービン３２の回転により生じる運動エネルギーが発電機３３によって電気エネルギーに変換され、電力として取り出される。

[0022] 上部収容室１２１の内部には必要に応じて、受熱器１０が受けた熱を検知する温度センサー、ガスタービン３０を始動させる補助駆動装置、作動流体が受熱器１０で加熱される前に作動流体とタービン３２の排気との熱交換を行う再生熱交換器、作動流体を補助燃焼してタービン３２に流入させる補助燃焼器、発電機３３の振動を打ち消す消振器などの装置を配置してもよい。このように、タワー１１０上部に装置を集約して配置することで、設備の設置面積を縮小することができる。

[0023] 上部収容室１２１の側面には、圧縮機３１に供給される流体（大気）を取り込むための開口部１２１ｂが設けられている。なお、開口部１２１ｂは必要に応じてタービン３２からの排気を外部に放出するために用いられる。

[0024] 図３Ａ、図３Ｂ、図４及び図５に示すように、受熱管２０は、下部ヘッダー管２１と、上部ヘッダー管２２と、受熱管本体２３と、を有している。下部ヘッダー管２１は、環形状であり、ケーシング１１の下方に配置されている。具体的には、下部ヘッダー管２１はケーシング１１の外側に露出され、下部収容室１２２内の下壁１２２ｂの近傍に配置されている。

[0025] 受熱管本体２３は、ケーシング１１の内側において、上部ヘッダー管２２と下部ヘッダー管２１との間の上下方向に複数が設けられている。受熱管本体２３は、一端が上部ヘッダー管２２に接続され、他端が下部ヘッダー管２１に接続されている。これら受熱管本体２３は、太陽光が照射されることで、下部ヘッダー管２１から流入して内部を流れる作動流体（熱媒体）の温度を上昇させる。温度が上昇した作動流体は、受熱管本体２３から上部ヘッダー管２２に排出される。受熱管本体２３は、上部ヘッダー管２２（下部ヘッダー管２１）の周方向に所定の間隔（隙間）を空けて設けられている（図６及び図７参照）。下部ヘッダー管２１に接続された受熱管本体２３の端部は、ケーシング１１の外側に露出されている。受熱管本体２３は、ほとんどの

部分がケーシング 11 の軸方向（長手方向）に沿って真っ直ぐに延びる形状（直線形状）に形成されている。受熱管本体 23 の直線形状に形成された部分には、自重による曲げ応力がかからないようになっている。

また、受熱管本体 23 の内部の作動流体は、下部ヘッダー管 21 から上部ヘッダー管 22 へ向かう一方向に流れる。

[0026] 下部ヘッダー管 21 は、平面視で円環状あるいは多角形に屈折された環状の管であり、ケーシング 11 の下方に配置されている。具体的には、下部ヘッダー管 21 はケーシング 11 の外側に露出され、下部収容室 122 内の下壁 122b の近傍に配置されている。以上の構成により、受熱管 20 は、上部ヘッダー管 22 が下部収容室 122 内の上壁 122a に吊り具 12 を介して固定され、全体が上壁 122a から吊り下げられている。

[0027] 下部ヘッダー管 21 には L 字状の入口配管 13 が接続されている。この入口配管 13 と圧縮機 31 との間には接続配管 14 が連結されている。接続配管 14 は、ケーシング 11 の外側に露出され、下部収容室 122 の内壁に沿って配置されている。圧縮機 31 により生成された圧縮流体は、接続配管 14 及び入口配管 13 を経由して下部ヘッダー管 21 に供給される。下部ヘッダー管 21 に供給された圧縮流体（熱媒体）は、複数の受熱管本体 23 及び上部ヘッダー管 22 の内部を流れ、開口部 11b から入射した太陽光線の熱エネルギーにより加熱された受熱管本体 23 及び上部ヘッダー管 22 により加熱される。

[0028] 図 4、図 6、および図 7 に示すように、ケーシング 11 の内壁面には、太陽熱を吸収する断熱材（吸熱材、蓄熱材、又は放熱シールド板）15 が設けられている。断熱材 15 は、熱を吸収することにより温度が上昇し、受熱管本体 23 の背面（太陽光線が直接入射しない裏側の部分）に熱放射する。このように、受熱管 20 は、裏側の部分が断熱材 15 の熱放射により加熱され、表側の部分が太陽光により加熱されることで、周方向の全体が加熱される。また、断熱材 15 は、受熱管本体 23 から発せられる輻射熱を受熱管本体 23 の裏側の部分（背面）に戻し、受熱管本体 23 を安定して加熱している。

。また、断熱材 15 は、受熱管本体 23 及び上部ヘッダー管 22 から外部に向かう発熱量を低減させている。

[0029] 上部ヘッダー管 22 には複数の接続配管 24 を介して出口配管 25 が接続されている。複数の接続配管 24 は、一端が上部ヘッダー管 22 に接続され、他端が出口配管 25 に接続され、平面視において X 字状に配置されている。出口配管 25 は上部収容室 121 内において屈曲して、図 3B に示す断面視において L 字状に形成されている。出口配管 25 の複数の接続配管 24 に接続された端部と反対側の端部はタービン 32 に接続されている。受熱管本体 23 及び上部ヘッダー管 22 をの内部を流れて加熱された圧縮流体は、接続配管 24 及び出口配管 25 を経由し、高温高圧の作動流体としてタービン 32 に供給される。

[0030] 図 8 に示すように、受熱器 10 の受熱管 20 に含まれる受熱管本体 23 は、長さ方向に開口部 11b 側で熱流束の高い部分がケーシング 11 の半径方向外側の位置に延在し、複数の受熱管本体 23 からなるピッチ円の直径 D が拡大した拡大部 20c が形成されている。つまり、拡大部 20c のピッチ円の直径 D は、前記拡大部 20c でない部分 20d におけるピッチ円の直径 d よりも大きくなっている。ここで、ピッチ円とは、複数の受熱管本体 23 の中心を通り、各受熱管本体 23 の中心軸に交差する円である。すなわち、複数の受熱管本体 23 は、ケーシング 11 の周方向に所定のピッチ（間隔）で配列され、中心がピッチ円の円周上に配置されている。

換言すると、複数の受熱管本体 23 は、ケーシング 11 の周方向に互いに間隔をあけて上下方向に延びるように配置されている。各々の受熱管本体 23 の中心は、同一の円周上に配置されている。複数の受熱管本体 23 は、ケーシング 11 の上下方向の中央部よりも開口部 11b に近い部分において、ケーシング 11 の径方向の外側に向けて曲げられている。これにより、ケーシング 11 の開口部 11b に近い領域において、受熱管本体 23 に拡大部 20c が設けられている。受熱管本体 23 に拡大部 20c が設けられることにより、複数の受熱管本体 23 の中心を通る円は、開口部 11b に近い領域に

おける直径Dが、開口部11bから離れた領域における直径dよりも拡大されている。

なお、受熱管本体23は、本発明の受熱管に相当する。

また、図8では、図4、図6および図7に示す断熱材15が省略されている。

[0031] 具体的に受熱管本体23の拡大部20cは、上述したケーシング11の拡大部11cの内面に沿って所定間隔をもって配置され、側面視で略台形状をなし、下端がケーシング11より外方に突出している。

[0032] 図9は、受熱管20に含まれる受熱管本体23の拡大部20cの効果を示したグラフであり、縦軸が受熱管本体23の長さ寸法（開口部11bからの距離）X、横軸が受熱管本体23に対する入熱量（太陽熱入射強度）を示している。図9において、点線は受熱管本体23に拡大部20cを設けない場合の結果であり、実線が拡大部20cを設けた場合の結果である。図8に示すように、開口部11bに近い受熱管本体23の高温部Kにおいて、拡大部20cを設けることで、図9に示すように受熱管本体23に対する太陽熱入射強度が低下する。

[0033] 上述した本第1の実施の形態による太陽熱受熱器では、受熱管20に含まれる受熱管本体23の熱流束の高い部分（高温部K）でピッチ円の直径Dを拡大させている。これにより、その部分における受熱管20の外周面の表面積が増大する。換言すると、ケーシング11の開口部11bに近い、受熱管本体23の高温部Kにおいて受熱管本体23どうしの間隔が広くなり、太陽光が照射される領域において単位面積あたりに配置される受熱管本体23の数が減少する。同時に、受熱管本体23と、太陽光の光束の径が最小になるケーシング11の開口部11bとの距離が離れ、受熱管本体23の表面の単位面積あたりに直接に照射される太陽光のエネルギーが減少する。これにより、開口部11bに近い領域において、従来よりも多くの太陽光が受熱管本体23の間を通過するとともに、受熱管本体23に対する単位面積あたりの入熱量を減少させることができる（図9参照）。そして、受熱管本体23を

含む受熱管 20 において減少した分の熱量は、受熱管本体 23 どうしの隙間から受熱管本体 23 の背後（裏面側）の断熱材 15（図 6、図 7 参照）に入り、さらにその熱が周囲へ拡散される。

このように、受熱管本体 23 の表面の熱流束が低減され、受熱管本体 23 の表側の部分（表面）20a（ケーシング 11 の中心軸線を向く面）と裏側の部分（裏面）20b（ケーシング 11 の内面を向く面）との温度差を低減することが可能となり、受熱管 20 の強度寿命を延ばすことができる。

そして、受熱管出口のガス温度の変動が抑えられ、出口側の集合ガス温度を安定させることができるので、タービンの運転を安定させることができる。

[0034] 次に、本発明の太陽熱受熱器の他の実施の形態について、添付図面に基づいて説明する。本実施形態では、上述の第 1 の実施の形態と同一又は同様な部材、部分には同一の符号を用いて説明を省略し、第 1 の実施の形態と異なる構成について説明する。

[0035] （第 2 の実施の形態）

図 10 に示すように、第 2 の実施の形態による受熱器（太陽熱受熱器）10A は、受熱管 20 に含まれる受熱管本体 23 における拡大部 20e の管径が拡大部 20e でない部分よりも大径である。すなわち、各受熱管本体 23 の中心を通る円の径が拡大された領域において、各受熱管本体 23 の径が、その他の領域における各受熱管本体 23 の径よりも拡大されている。

このように、受熱管 20 に含まれる受熱管本体 23 の拡大部 20e を大径にすることで、受熱管 20 の外周面の表面積がさらに増大するので、単位面積当たりの入熱量をより一層減少させることができる。また、受熱管本体 23 の径を拡大させることで、受熱管本体 23 の内部の圧縮流体の体積が増加する。これにより、受熱管本体 23 の内部の圧縮流体は、熱容量が増加して温度が上昇し難くなり、受熱管本体 23 の温度も上昇し難くなる。したがって、太陽光の入射方向に対する受熱管本体 23 の表側の部分（表面）20a と裏側の部分（裏面）20b との温度差をさらに減少させることができる。

[0036] なお、受熱管本体 23 の拡大部 20 e には、伝熱促進体 20 h を装入することができる。すなわち、複数の受熱管本体 23 の中心を通る円の直径 D が拡大された領域において、受熱管本体 23 の内部に、受熱管本体 23 の熱伝導性よりも高い熱伝導性を有する伝熱促進体 20 h を配置してもよい。また、伝熱促進体 20 h の熱伝導率は、受熱管本体 23 の内部を流れる圧縮流体の熱伝導率よりも高くてもよい。

本実施の形態によれば、受熱管 20 に含まれる受熱管本体 23 の拡大部 20 e を大径にすることで、圧力損失を増大させずに受熱管本体 23 の内部に伝熱促進体 20 h を装入することができる。同時に、受熱管本体 23 の内部の熱伝達率を増大させることができる。これにより、受熱管本体 23 と圧縮流体との熱交換量を増やすことができるので、受熱管本体 23 の長さ寸法を短くすることが可能となり、受熱器 10 A を小型化することができる。

例えば、受熱管本体 23 の管径を拡大部 20 e において 1.3 倍とし、この拡大部 20 e に伝熱促進体 20 h を装入することにより、熱交換量を元の管径に対して 1.6 ～ 2.4 倍程度、増大させることができる。

[0037] 以上、本発明による太陽熱受熱器の実施の形態について説明したが、本発明は上記の実施の形態に限定されない。本発明の趣旨を逸脱しない範囲で構成の付加、省略、置換、およびその他の変更が可能である。本発明は前述した説明によって限定されることはなく、添付のクレームの範囲によってのみ限定される。

例えば、本実施の形態では受熱管 20 の拡大部 20 c の形状を側面視で略台形状としているが、このような形状に限定されることはない。例えば、開口部 11 b に近い熱流束の高い部分（高温部 K）が含まれる領域において、下方に向かうに従って漸次ケーシング 11 の半径方向外側に広がるテーパ形状、或いは傘形状であっても良い。

[0038] また、第 2 の実施の形態で大径にした受熱管本体 23 の拡大部 20 e の管径寸法は、任意に設定することが可能であり、上述したように伝熱促進体の有無などの条件により決定すればよい。

その他、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で、上記した実施の形態における構成要素を周知の構成要素に置き換えることは適宜可能であり、また、上記した実施の形態を適宜組み合わせてもよい。

### 産業上の利用可能性

- [0039] 太陽光が入射する開口部を有するケーシングと、前記ケーシングの内側に上下方向に配置され、前記太陽光が照射されることで内部を流れる熱媒体の温度を上昇させる複数の受熱管と、を備えた太陽光受熱器である。前記複数の受熱管は互いに間隔をあけて一方向に延びるように配置されている。各々の受熱管の中心は、同一の円周上に配置されている。前記複数の受熱管は、前記ケーシングの開口部に近い部分において前記ケーシングの径方向の外側に向けて曲げられている。これにより、前記複数の受熱管の中心を通る円は、前記開口部に近い領域における直径が、前記開口部から離れた領域における直径よりも拡大されている。

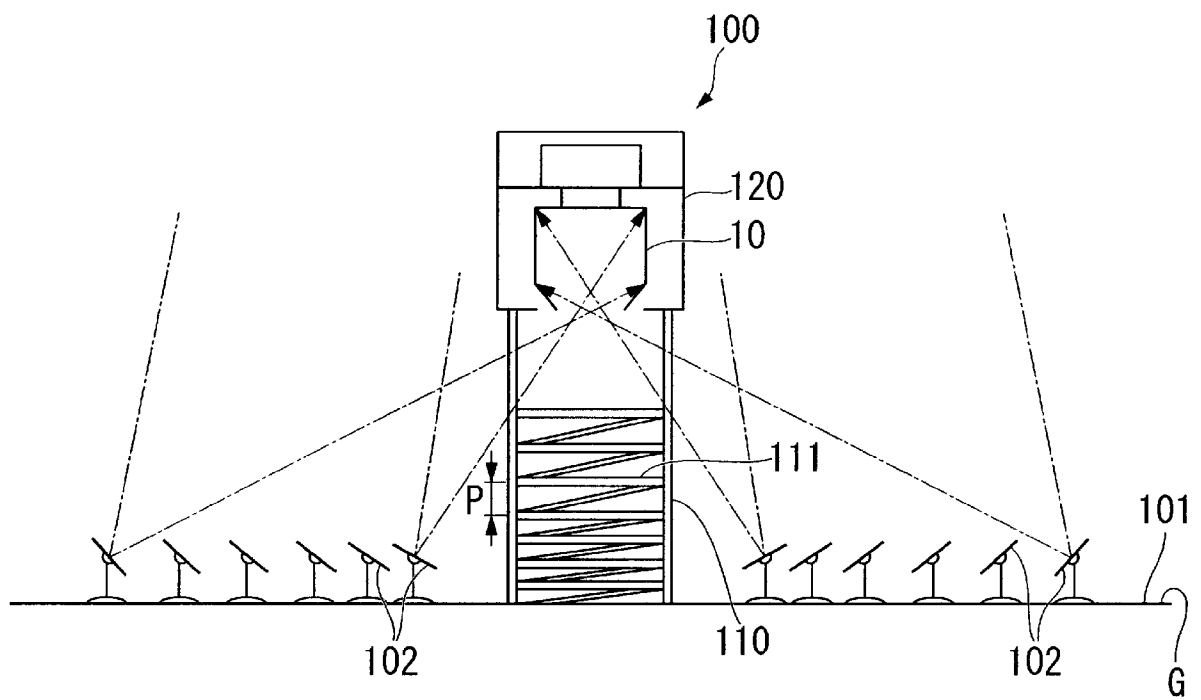
### 符号の説明

- [0040] 10、10A 受熱器（太陽熱受熱器）  
11 ケーシング  
11b 開口部  
11c 拡大部  
15 断熱材  
20 受熱管  
20a 表面  
20b 裏面  
20c、20e 拡大部  
20h 伝熱促進体  
23 受熱管本体  
D、d ピッチ円直径  
K 高温部

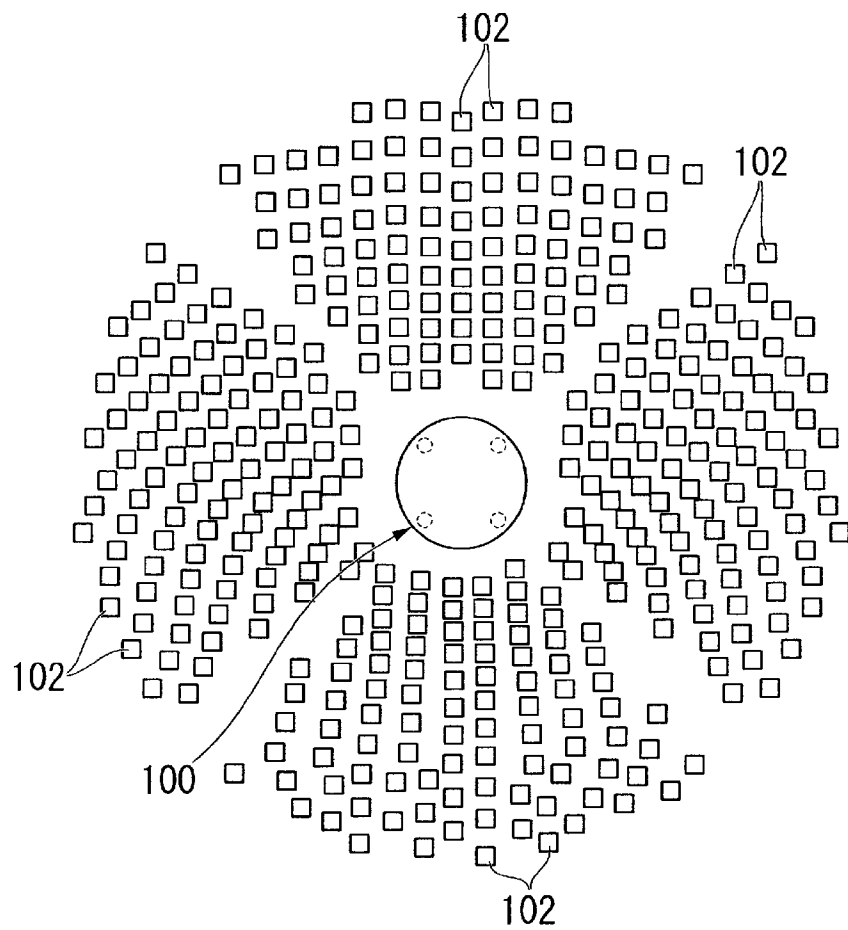
### 請求の範囲

- [請求項1]           太陽光が入射する開口部を有するケーシングと、  
                  該ケーシング内に該ケーシングの周方向に配列され、内部に熱媒体  
                  が流通する複数の受熱管と、を備え、  
                  前記受熱管は、前記開口部側で熱流束の高い部分が前記ケーシング  
                  の半径方向外側の位置に延在し、  
                  複数の前記受熱管からなるピッチ円直径が拡大した拡大部が形成さ  
                  れている太陽熱受熱器。
- [請求項2]           前記拡大部における前記受熱管の径は、該拡大部でない部分におけ  
                  る前記受熱管の径よりも大径となる請求項1に記載の太陽熱受熱器。
- [請求項3]           前記拡大部における前記受熱管の内部に、伝熱促進体が装入されて  
                  いる請求項1又は2に記載の太陽熱受熱器。

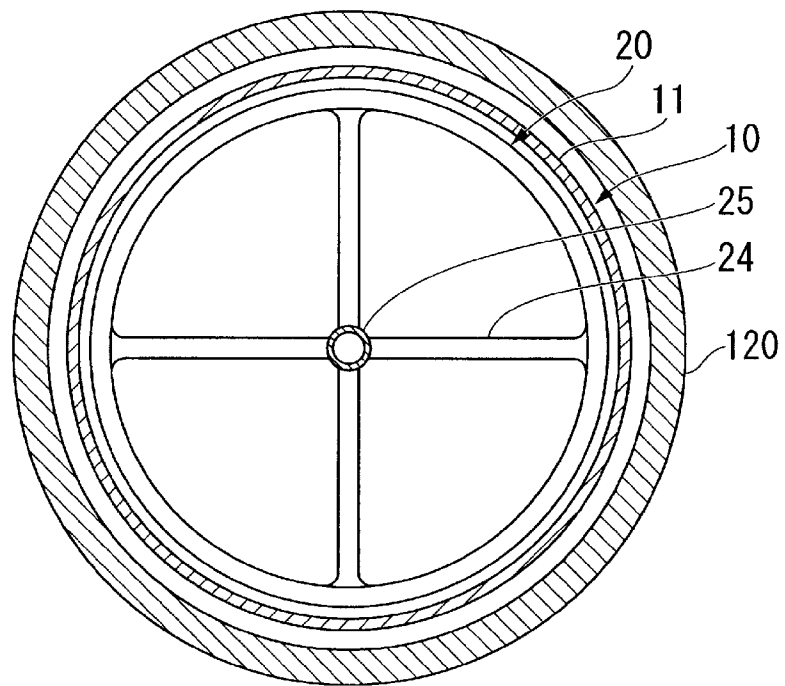
[図1]



[図2]

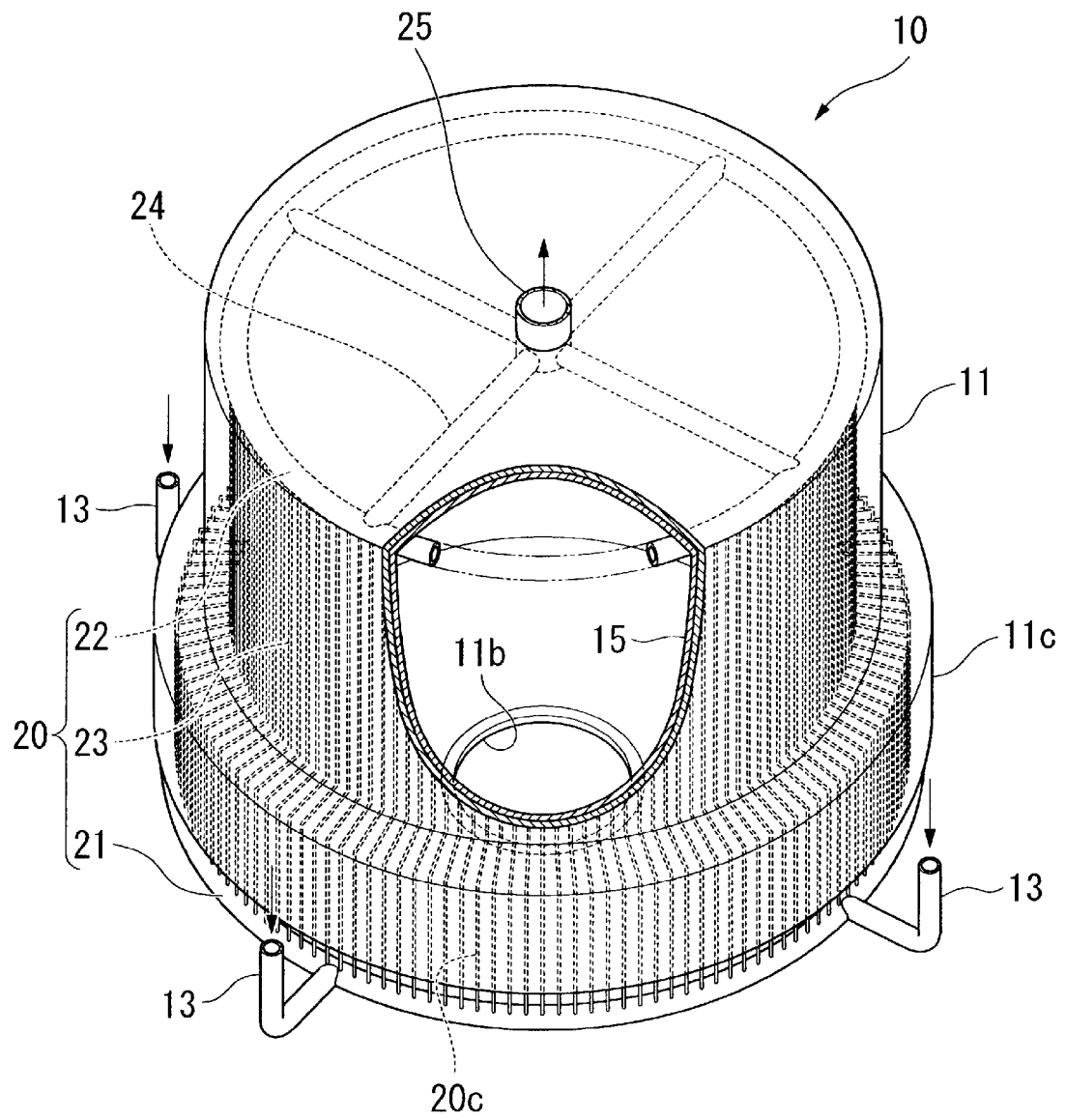


[図3A]

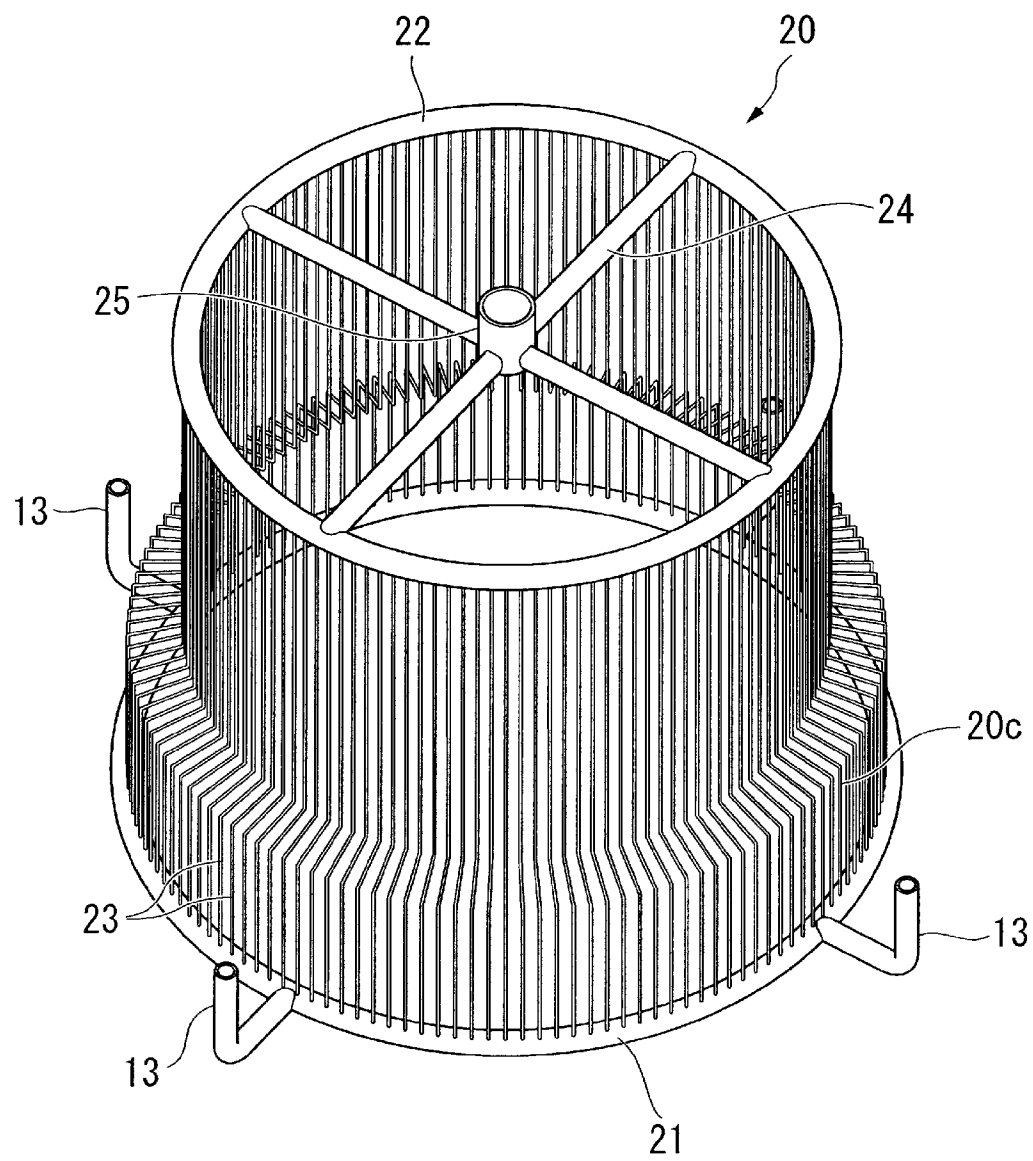




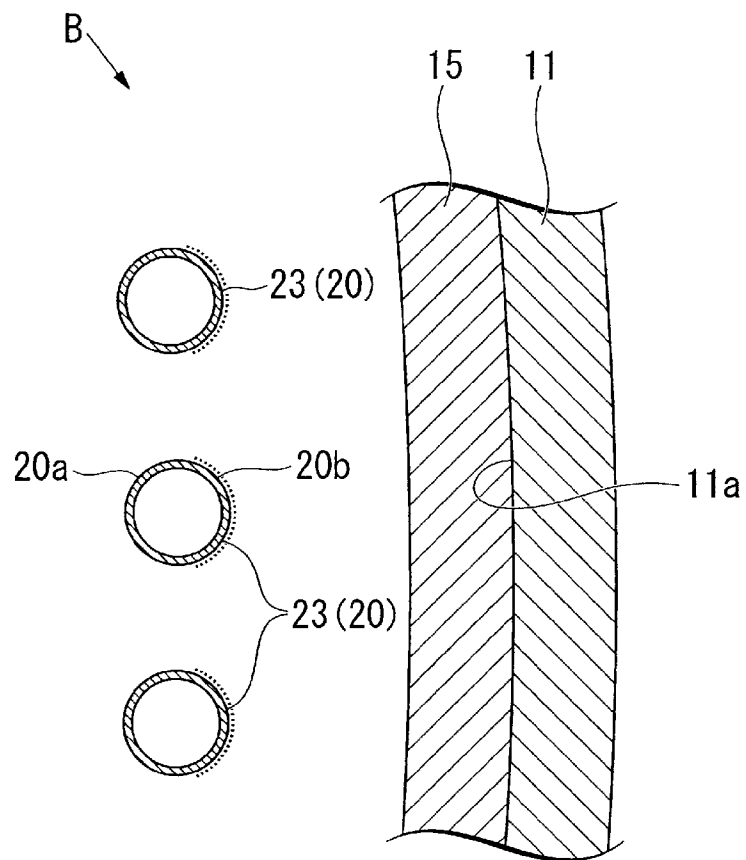
[図4]



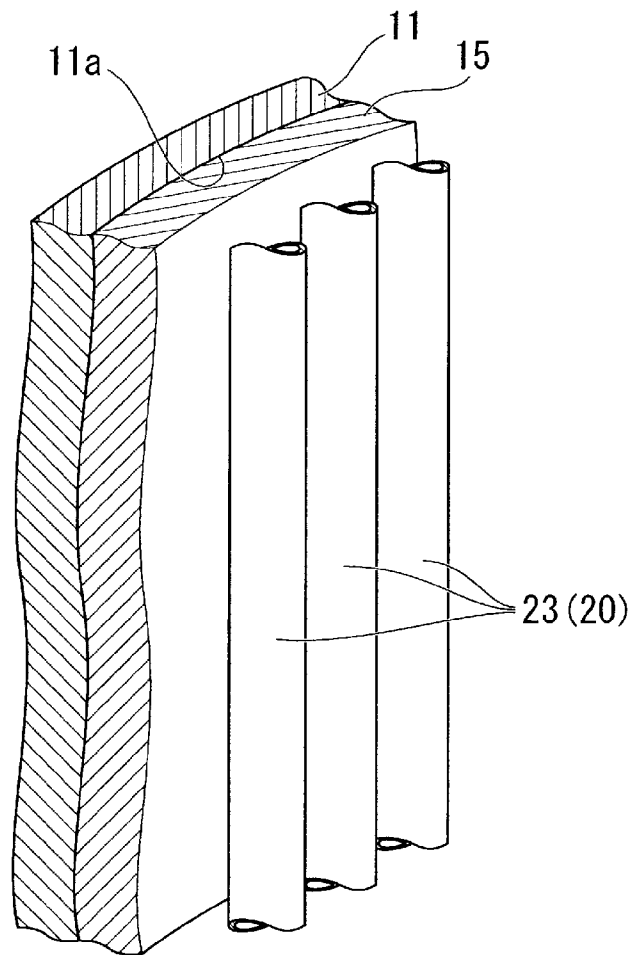
[図5]



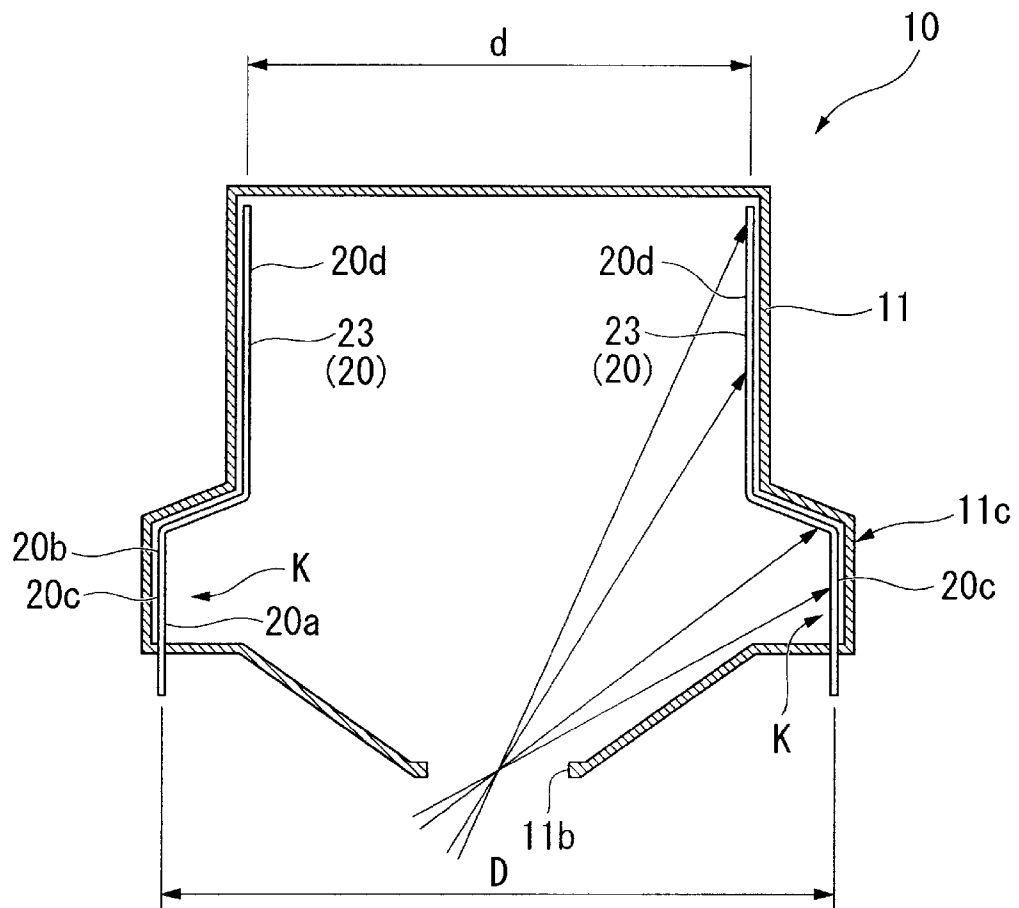
[図6]



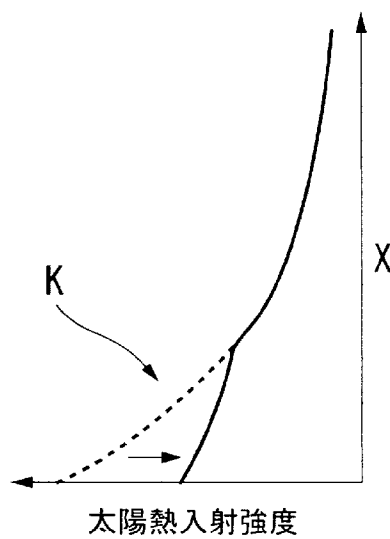
[図7]



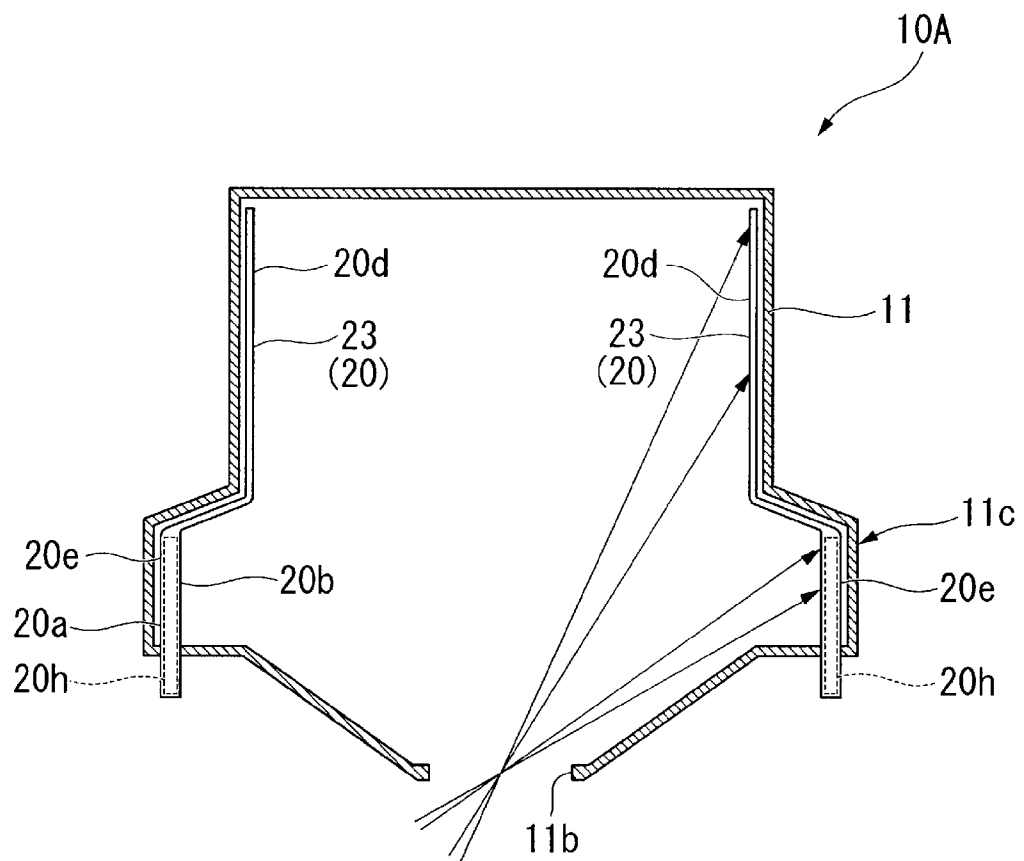
[図8]



[図9]



[図10]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/051790

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F24J2/24(2006.01) i, F24J2/07(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F24J2/24, F24J2/06-2/18, F24J2/38

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

|                           |           |                            |           |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho       | 1922-1996 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2011 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2011 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2011 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                      | Relevant to claim No. |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X<br>A    | US 2008/0011290 A1 (BRIGHTSOURCE ENERGY, INC.),<br>17 January 2008 (17.01.2008),<br>fig. 21; paragraph [0065]<br>& IL 183154 D                          | 1, 3<br>2             |
| A         | DE 102005035080 A1 (DEUTSCHES ZENTRUM FUR<br>LUFT-UND RAUMFAHRT E.V.),<br>25 January 2007 (25.01.2007),<br>fig. 14; paragraph [0145]<br>& EP 1746363 A2 | 1-3                   |

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
23 February, 2011 (23.02.11)

Date of mailing of the international search report  
08 March, 2011 (08.03.11)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. F24J2/24(2006.01)i, F24J2/07(2006.01)i

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. F24J2/24, F24J2/06-2/18, F24J2/38

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

|             |            |
|-------------|------------|
| 日本国実用新案公報   | 1922-1996年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1971-2011年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2011年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2011年 |

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                                                             | 関連する<br>請求項の番号 |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| X<br>A          | US 2008/0011290 A1 (BRIGHTSOURCE ENERGY, INC.) 2008.01.17, 第21図, 段落【0065】 & IL 183154 D                       | 1, 3<br>2      |
| A               | DE 102005035080 A1 (DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT-UND RAUMFAHRT E.V.) 2007.01.25, 第14図, 段落【0145】 & EP 1746363 A2 | 1-3            |

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献  
「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

23.02.2011

国際調査報告の発送日

08.03.2011

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

一ノ瀬 寛

3 L

9137

電話番号 03-3581-1101 内線 3337