

(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2012-117411

(P2012-117411A)

(43) 公開日 平成24年6月21日(2012.6.21)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
F03G 6/00 (2006.01)	F03G 6/00 501	
F22B 3/00 (2006.01)	F03G 6/00 511	
F24J 2/10 (2006.01)	F22B 3/00	
F24J 2/38 (2006.01)	F24J 2/10	
	F24J 2/38	

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2010-266272 (P2010-266272)
 (22) 出願日 平成22年11月30日(2010.11.30)

(71) 出願人 000004123
 J F Eエンジニアリング株式会社
 東京都千代田区大手町二丁目6番2号
 (74) 代理人 100083253
 弁理士 苜米地 正敏
 (72) 発明者 脇元 一政
 東京都千代田区大手町二丁目6番2号 J
 F Eエンジニアリング株式会社内
 (72) 発明者 冢本 勲
 東京都千代田区大手町二丁目6番2号 J
 F Eエンジニアリング株式会社内
 (72) 発明者 石川 洋史
 東京都千代田区大手町二丁目6番2号 J
 F Eエンジニアリング株式会社内

最終頁に続く

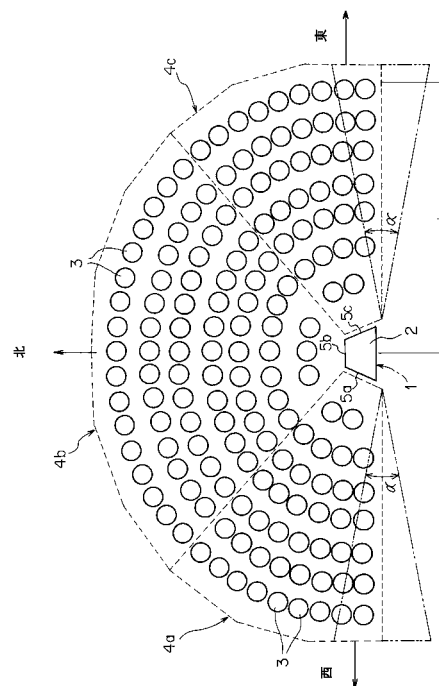
(54) 【発明の名称】 太陽熱発電装置およびその運転方法

(57) 【要約】

【課題】 レシーバーが効率よく受光でき、発電用流体への入熱量の変動とこれに伴う蒸気発生量の変動を適切に抑えることができる太陽熱発電装置を提供する。

【解決手段】 複数のヘリオスタット3を、集光タワー1を中心とした周方向で端から順に、ヘリオスタット群4a~4cに区分けするとともに、レシーバー2の受光部を3つの受光部5a~5cで構成し、ヘリオスタット群4a~4cにより受光部5a~5cにそれぞれ集光するようにし、受光部5aと受光部5cを、液体を加熱して飽和蒸気とするための伝熱管で構成し、受光部5bを、前記飽和蒸気をさらに加熱して過熱蒸気とするための伝熱管で構成した。ヘリオスタットのコサイン効果を反映して、レシーバーによる効率のよい安定した受光が可能となる。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

上部にレーザー(2)を備えた集光タワー(1)と、その周囲に設置される複数のヘリオスタット(3)を備え、太陽光線をヘリオスタット(3)で反射してレーザー(2)に集光し、レーザー(2)では集光された太陽光線の熱で液体を加熱して蒸気を生成させ、この蒸気で蒸気タービン(6)を駆動して発電機(7)により発電を行う太陽熱発電装置において、

複数のヘリオスタット(3)を、集光タワー(1)を中心とした周方向で端から順に、ヘリオスタット群(4a)、ヘリオスタット群(4b)及びヘリオスタット群(4c)に区分けするとともに、レーザー(2)の受光部を3つの受光部(5a)、(5b)及び(5c)で構成し、ヘリオスタット群(4a)により受光部(5a)に集光し、ヘリオスタット群(4b)により受光部(5b)に集光し、ヘリオスタット群(4c)により受光部(5c)に集光するようにし、

受光部(5a)と受光部(5c)を、液体を加熱して飽和蒸気とするための伝熱管で構成し、受光部(5b)を、前記飽和蒸気をさらに加熱して過熱蒸気とするための伝熱管で構成したことを特徴とする太陽熱発電装置。

【請求項 2】

ヘリオスタット(3)が、集光タワー(1)を中心とした周方向で北側を含む東側～西側間の領域に設置され、受光部(5a)が東北東方向を中心とした方位角30～60°の範囲内の方向に向けられ、受光部(5b)が北方向を中心とした方位角30～60°の範囲内の方向に向けられ、受光部(5c)が西北西方向を中心とした方位角30～60°の範囲内の方向に向けられたことを特徴とする請求項1に記載の太陽熱発電装置。

【請求項 3】

系内を循環する発電用流体の流路(x)の途中に、受光部(5a)と受光部(5c)を直列または並列に設け、その下流側に受光部(5b)を設けたことを特徴とする請求項1または2に記載の太陽熱発電装置。

【請求項 4】

系内を循環する発電用流体の流路(x)の途中に、並列した2つの流路部(x1)、(x2)を設けるとともに、流路部(x1)に受光部(5a)を、流路部(x2)に受光部(5c)をそれぞれ設け、その下流側の流路(x)に受光部(5b)を設け、受光部(5a)と受光部(5c)の入側の流路部(x1)、(x2)には、それぞれ流量調整弁を設けたことを特徴とする請求項3に記載の太陽熱発電装置。

【請求項 5】

蒸気タービン(6)を出た蒸気を凝縮するための凝縮器(8)の下流側の流路(x)に流量調整弁を設けたことを特徴とする請求項4に記載の太陽熱発電装置。

【請求項 6】

請求項4に記載の太陽熱発電装置の運転方法であって、

受光部(5a)と受光部(5c)の出側の流路部(x1)、(x2)を流れる流体の温度をそれぞれ測定し、両流体温度がほぼ等しくなるように、受光部(5a)と受光部(5c)の入側の流路部(x1)、(x2)に設けられた流量調節弁で流量調整を行うことを特徴とする太陽熱発電装置の運転方法。

【請求項 7】

請求項5に記載の太陽熱発電装置の運転方法であって、

受光部(5b)の入側の流路(x)を流れる蒸気の温度および圧力と、受光部(5b)の出側の流路(x)を流れる蒸気の温度および圧力を測定し、これら測定された蒸気の温度および圧力に応じて、凝縮器(8)の下流側の流路(x)に設けられた流量調整弁で流量調整を行うことを特徴とする太陽熱発電装置の運転方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

10

20

30

40

50

本発明は、レシーバーの受光効率を高く維持できる太陽熱発電装置およびその運転方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、特許文献1に示すような太陽熱発電システムが知られている。この太陽熱発電システムでは、太陽光をヘリオスタット群で反射して、集光タワーの上部に設置されたレシーバーに集光し、このレシーバーに循環する流体を加熱気化して蒸気とする。この蒸気をタービンに送り、発電機を駆動して電力を得るものである。タービンを出た蒸気は、凝縮器で冷却されて凝縮し、凝縮した流体は循環ポンプによりレシーバーに送られる。レシーバーは、伝熱管で構成される受光部を有しており、ヘリオスタット群で反射した太陽光は、この受光部に集光される。レシーバーには、数千基のヘリオスタットからの光が集光されるため、高いエネルギー密度の光線が届く。そのため、レシーバーの受光部を構成する伝熱管の表面温度は高温となり、伝熱管内部を通過する流体を加熱する。

10

【0003】

ヘリオスタットは、駆動機構により角度調整が可能な反射鏡を備えており、駆動機構により太陽の位置変化に追従して角度を変えることで、太陽光をレシーバーの受光部に集光するように制御される。

図7は、ヘリオスタットが太陽光をレシーバー方向に反射する様子を模式的に示した図である。太陽の位置は時間とともに変化するため、反射鏡の角度も追従して変化する。このとき、反射鏡の垂線と太陽の位置とのなす角度も時間とともに変化する。図に示すように、反射鏡の幅 W と反射光の幅 S との関係は下式で表される。

20

$$S = W \times \cos(\theta)$$

【0004】

図7から明らかなように、 $\theta = 0$ では $S = W$ となり、 $\theta > 0$ では $S < W$ となる。このように、角度 θ に違いで S が W より小さくなる現象をコサイン効果という。ヘリオスタットの配置の設計に当たっては、角度 θ がなるべく小さくなるように設計する必要がある。一般的に、北半球において緯度が大きい場合、集光タワーの南側に配置したヘリオスタットでは角度 θ の値が一日中大きく、東西に配置したヘリオスタットでは角度 θ の値が午前・午後で大きく変化する。北側に配置したヘリオスタットでは角度 θ の値の変化が比較的小さい。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】国際公開第2009/105689号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

レシーバーは集光タワーの周囲に設置された多数のヘリオスタットからの光を受けるため、受光部が光を受けやすい形状である必要がある。しかし、従来のレシーバーでは、時間とともに位置が変化する太陽をヘリオスタットが追尾していても、例えば、上述したコサイン効果により個々のヘリオスタットからレシーバーに届く光量が変化するため、角度が固定された受光部（伝熱面）が受けるエネルギー量も変化する。そのため流体への入熱量が変化して、蒸気発生量に変動が生じるという問題がある。

40

【0007】

したがって本発明の目的は、レシーバーが効率よく受光でき、発電用流体への入熱量の変動とこれに伴う蒸気発生量の変動を適切に抑えることができる太陽熱発電装置およびその運転方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を解決するための本発明の要旨は以下のとおりである。

50

[1] 上部にレーザー(2)を備えた集光タワー(1)と、その周囲に設置される複数のヘリオスタット(3)を備え、太陽光線をヘリオスタット(3)で反射してレーザー(2)に集光し、レーザー(2)では集光された太陽光線の熱で液体を加熱して蒸気を生成させ、この蒸気で蒸気タービン(6)を駆動して発電機(7)により発電を行う太陽熱発電装置において、

複数のヘリオスタット(3)を、集光タワー(1)を中心とした周方向で端から順に、ヘリオスタット群(4a)、ヘリオスタット群(4b)及びヘリオスタット群(4c)に区分けするとともに、レーザー(2)の受光部を3つの受光部(5a)、(5b)及び(5c)で構成し、ヘリオスタット群(4a)により受光部(5a)に集光し、ヘリオスタット群(4b)により受光部(5b)に集光し、ヘリオスタット群(4c)により受光部(5c)に集光するようにし、

受光部(5a)と受光部(5c)を、液体を加熱して飽和蒸気とするための伝熱管で構成し、受光部(5b)を、前記飽和蒸気をさらに加熱して過熱蒸気とするための伝熱管で構成したことを特徴とする太陽熱発電装置。

【0009】

[2] 上記[1]の太陽熱発電装置において、ヘリオスタット(3)が、集光タワー(1)を中心とした周方向で北側を含む東側～西側間の領域に設置され、受光部(5a)が東北東方向を中心とした方位角30～60°の範囲内の方向に向けられ、受光部(5b)が北方向を中心とした方位角30～60°の範囲内の方向に向けられ、受光部(5c)が西北西方向を中心とした方位角30～60°の範囲内の方向に向けられたことを特徴とする太陽熱発電装置。

[3] 上記[1]または[2]の太陽熱発電装置において、系内を循環する発電用の流体の流路(x)の途中に、受光部(5a)と受光部(5c)を直列または並列に設け、その下流側に受光部(5b)を設けたことを特徴とする太陽熱発電装置。

[4] 上記[3]の太陽熱発電装置において、系内を循環する発電用の流体の流路(x)の途中に、並列した2つの流路部(x1)、(x2)を設けるとともに、流路部(x1)に受光部(5a)を、流路部(x2)に受光部(5c)をそれぞれ設け、その下流側の流路(x)に受光部(5b)を設け、受光部(5a)と受光部(5c)の入側の流路部(x1)、(x2)には、それぞれ流量調整弁を設けたことを特徴とする太陽熱発電装置。

【0010】

[5] 上記[4]の太陽熱発電装置において、蒸気タービン(6)を出た蒸気を凝縮するための凝縮器(8)の下流側の流路(x)に流量調整弁を設けたことを特徴とする太陽熱発電装置。

[6] 上記[4]の太陽熱発電装置の運転方法であって、

受光部(5a)と受光部(5c)の出側の流路部(x1)、(x2)を流れる流体の温度をそれぞれ測定し、両流体温度がほぼ等しくなるように、受光部(5a)と受光部(5c)の入側の流路部(x1)、(x2)に設けられた流量調整弁で流量調整を行うことを特徴とする太陽熱発電装置の運転方法。

[7] 上記[5]の太陽熱発電装置の運転方法であって、

受光部(5b)の入側の流路(x)を流れる蒸気の温度および圧力と、受光部(5b)の出側の流路(x)を流れる蒸気の温度および圧力を測定し、これら測定された蒸気の温度および圧力に応じて、凝縮器(8)の下流側の流路(x)に設けられた流量調整弁で流量調整を行うことを特徴とする太陽熱発電装置の運転方法。

【発明の効果】

【0011】

本発明の太陽熱発電装置は、ヘリオスタットのコサイン効果を反映して、レーザーによる効率のよい安定した受光が可能であり、発電用流体への入熱量の変動とこれに伴う蒸気発生量の変動を適切に抑えることができる。

また、本発明の太陽熱発電装置の運転方法によれば、より効率的で且つ安定した発電を行うことができる。

10

20

30

40

50

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明の太陽熱発電装置の一実施形態を示す全体構成図

【図2】図1の実施形態において、ヘリオスタットと集光タワーおよびレシーバーの配置を平面的に示す説明図

【図3】図1の実施形態におけるレシーバーの斜視図

【図4】図3のレシーバーを構成する1つの受光部の水平断面図

【図5】本発明の他の実施形態における発電用流体のフロー図

【図6】図2のヘリオスタットの配置におけるコサイン効果の計算結果を示すグラフ

【図7】コサイン効果に関する説明図

10

【発明を実施するための形態】

【0013】

図1～図4は本発明の太陽熱発電装置の一実施形態を示すもので、図1は全体構成図、図2はヘリオスタットと集光タワーおよびレシーバーの配置を平面的に示す説明図、図3はレシーバーの斜視図、図4はレシーバーを構成する1つの受光部の水平断面図である。

この太陽熱発電装置の基本的な構成は公知の装置と同様であり、上部にレシーバー2を備えた集光タワー1と、その周囲に設置される複数(多数)のヘリオスタット3を備え、太陽光線をヘリオスタット3で反射してレシーバー2に集光し、このレシーバー2では集光された太陽光線の熱で液体(通常、水)を加熱して蒸気を生成させ、この蒸気で蒸気タービン6を駆動して発電機7により発電を行うものである。すなわち、レシーバー2では系内を循環する流体を加熱して蒸気とし、この蒸気を蒸気タービン6に送ってタービンを駆動させ、発電機7で発電がなされる。蒸気タービン6を出た蒸気は、凝縮器9で冷却されて凝縮して液体になり、図示しない循環ポンプによりレシーバー2に循環する。

20

【0014】

前記集光タワー1の高さは、通常、50～150m程度であり、レシーバー2はその最上部に設置される。

前記レシーバー2は、内部に流体が通される伝熱管20(通常、複数の並列した伝熱管)で構成される3つの受光部5a、5bおよび5cを有し、ヘリオスタット3で反射した太陽光線は、これら受光部5a～5cに集光され、伝熱管20内を流れる流体を加熱する。伝熱管20で構成される受光部5a～5cは、その前面側(受光面側)が凹形に窪んだ形状をしている。

30

前記ヘリオスタット3は、一般に、反射鏡30と、この反射鏡30の支持体31(支柱など)と、反射鏡30の角度を太陽の位置変化に追従して調整する駆動装置(図示せず)などで構成される。

【0015】

前記ヘリオスタット3は、集光タワー1の周囲の広い領域(例えば、図2のL=50～1000m程度)に多数設置されるが、集光タワー1を中心とした周方向で「北側を含む東側～西側間」の領域に設置されることが好ましい。さきに述べたように、一般的に、北半球において緯度が大きい場合、集光タワーの南側に配置したヘリオスタットでは角度の値が一日中大きいのに対して、北側に配置したヘリオスタットでは角度の値の変化が比較的小さく、また角度そのものも南側よりは相対的に小さいからである。また、東西に配置したヘリオスタットでは角度の値が午前・午後で大きく変化するが、後述するように角度の値は午前・午後でほぼ正反対の関係になり、本発明によれば、これをうまく利用して受光効率を安定化させることができる。

40

【0016】

ここで、集光タワー1を中心とした周方向で「北側を含む東側～西側間」の領域とは、厳密に真東～真西間の領域でなくてもよく、例えば、「東側」については真東を中心として方位角30～60°程度の範囲(図2に示した方位角範囲)内の方位を、また、「西側」についても真西を中心として方位角30～60°程度の範囲(図2に示した方位角範囲)内の方位を、それぞれ設置領域端とすればよい。したがって、本発明において

50

「北側を含む東側～西側間」とは、そのような意味を有するものとする。

【0017】

上記のように設置された多数のヘリオスタット3は、集光タワー1を中心とした周方向で端から順に、ヘリオスタット群4a、ヘリオスタット群4bおよびヘリオスタット群4cに区分けされ(図2において破線で区分けしてあるのがヘリオスタット群4a～4c)、各群のヘリオスタットにより、レシーバー2の異なる受光部に集光させられるようにしてある。本実施形態では、略東～北東部の領域にあるものをヘリオスタット群4a、略北東～北～北西の領域にあるものをヘリオスタット群4b、略北西～西の領域にあるものをヘリオスタット群4cとしている。これらヘリオスタット群4a～4cの区分けは、発生させる蒸気の過熱度により配分が変わり、過熱度が大きいほどヘリオスタット群4cの比率を大きくする。

10

【0018】

前記レシーバー2の3つの受光部5a～5cのうち、受光部5aが略東北東方向に向けられ、受光部5bが略北方向に向けられ、受光部5cが略西北西方向に向けられており、ヘリオスタット群4aにより受光部5aに集光し、ヘリオスタット群4bにより受光部5bに集光し、ヘリオスタット群4cにより受光部5cに集光するようにしてある。

ここで、受光部5aが向けられる方向は、東北東方向を中心として方位角30～60°程度の範囲内の方位であることが、また、受光部5bが向けられる方向は、真北方向を中心として方位角30～60°程度の範囲内の方位であることが、また、受光部5cが向けられる方向は、西北西方向を中心として方位角30～60°程度の範囲内の方位であることが、それぞれ好ましい。

20

【0019】

本実施形態のようなヘリオスタットの配置(図2)を前提に、神奈川県横浜市鶴見区の緯度における夏至の $\cos(\quad)$ の値を計算したものを図6に示す。これによれば、ヘリオスタット群4bの領域では $\cos(\quad)$ の値の変化が比較的小さい。一方、ヘリオスタット群4aとヘリオスタット群4cの領域では、 $\cos(\quad)$ の値が午前・午後で大きく変化するが、 $\cos(\quad)$ の値は午前・午後でほぼ正反対の関係になる。

【0020】

そこで、本発明の装置では、ヘリオスタット群4aとヘリオスタット群4cが集光を行う受光部5aと受光部5cを、液体を加熱して飽和蒸気とするための伝熱管で構成し、ヘリオスタット群4bが集光を行う受光部5bを、前記飽和蒸気をさらに加熱して過熱蒸気とするための伝熱管で構成するものである。このようにすることにより、液体を加熱して飽和蒸気にする段階では、 $\cos(\quad)$ の値が午前・午後で正反対の関係になるヘリオスタット群4a・受光部5aとヘリオスタット群4c・受光部5cが補完関係になるため、全体として高効率で安定した受光が可能となり、一方、飽和蒸気をさらに加熱して過熱蒸気とする段階では、 $\cos(\quad)$ の値の変化が比較的小さいヘリオスタット群4bと受光部5bで、高効率で安定した受光が可能となる。なお、上記とは逆に、受光部5bを飽和蒸気を得るための伝熱管で構成し、受光部5a、5cを過熱蒸気を得るための伝熱管で構成するような構造としないのは、受光部5a、5cでは、過熱蒸気を安定的に生成できないおそれがあるからである。

30

40

【0021】

したがって、本発明の装置では、系内を循環する発電用流体(例えば、水・水蒸気)の流路xの途中に、レシーバー2の受光部5aと受光部5cを直列または並列に設け、その下流側にレシーバー2の受光部5bを設けるものであり、これにより、液体が受光部5aと受光部5cで加熱されることで飽和蒸気となり、次いで、この飽和蒸気は、受光部5bで加熱されることで過熱蒸気となり、この過熱蒸気が蒸気タービン6に送られる。

この場合、流路xの途中に、並列した2つの流路部x1、x2を設けるとともに、流路部x1に受光部5aを、流路部x2に受光部5cをそれぞれ設け、その下流側の流路xに受光部5bを設け、さらに、受光部5aと受光部5cの流体入側の流路部x1、x2にはそれぞれ流量調整弁を設け、この流量調整弁により、受光部5aと受光部5cでの受熱量に応じてそれぞ

50

れの伝熱管に供給する流体量を調整できるようにすることが好ましい。また、蒸気タービン6を出た蒸気を凝縮するための凝縮器8の下流側の流路xにも流量調整弁を設けることが好ましい。

【0022】

図5は、そのような構成を有する本発明装置の一実施形態を示すもので、系内を循環する発電用流体のフロー図である。発電用流体（例えば、水・水蒸気）は、図中矢印方向に流れる。

系内を循環する発電用流体の流路xの途中には、並列した2つの流路部x1, x2が設けられるとともに、この2つの流路部x1, x2に受光部5aと受光部5cが設けられ、その下流側の流路xに受光部5bが設けられている。そして、受光部5aと受光部5cの流体入側の流路部x1, x2には、流量調整弁9, 10が設けられている。また、受光部5aと受光部5cの流体出側の流路部x1, x2には温度計11, 12が、受光部5bの流体入側の流路xには温度計13と圧力計14が、同じく流体出側の流路xには温度計15と圧力計16がそれぞれ設置されている。また、凝縮器8の流体出側の流路xには流量調整弁17が設けられている。

【0023】

このような装置では、レシーバー2が稼動中は、流路部x1, x2の温度計11, 12で測定された流体の温度、つまり受光部5aの流体出側の流路部x1を流れる流体の温度と受光部5cの流体出側の流路部x2を流れる流体の温度がほぼ等しくなるように、受光部5aと受光部5cの流体入側に設けられた流量調整弁9, 10の開度を制御して流量調整を行う。すなわち、図6に示すように、受光部5aと受光部5cはコサイン効果の時間変化が大きく異なるので、それぞれの受光部での受熱量の差を補正するため、このような制御を行う。受光部5a、受光部5cを出て合流した流体は受光部5bに導かれるが、その途中で、飽和蒸気条件にあることを確認するために、温度計13と圧力計14により温度と圧力が計測される。また、受光部5bの流体出側では、蒸気の過熱度を確認するため、温度計15と圧力計16より流体の圧力と温度が計測される。上記のように測定・計算される蒸気の温度、圧力、過熱度が目標値と異なる場合には、凝縮器8の下流側の流路xに設けられた流量調整弁17で流量を増減し、蒸気の温度、圧力、過熱度が目標値と一致するように制御する。受光部5bを出た過熱蒸気は、蒸気タービン6を駆動し、発電機7による発電が行われる。蒸気タービン6を出た蒸気は凝縮器8で冷却され凝縮して液体となる。流体は、流量調整弁17で流量調整されながらポンプ18にて流路xを循環する。

図5の実施形態の装置において、以上のような運転を行うことにより、より効率的で且つ安定した発電を行うことができる。

【符号の説明】

【0024】

- 1 集光タワー
- 2 レシーバー
- 3 ヘリオスタット
- 4a, 4b, 4c ヘリオスタット群
- 5a, 5b, 5c 受光部
- 6 蒸気タービン
- 7 発電機
- 8 凝縮器
- 9, 10 流量調整弁
- 11, 12, 13, 15 温度計
- 14, 16 圧力計
- 17 流量調整弁
- 20 伝熱管
- 30 反射鏡
- 31 支持体

10

20

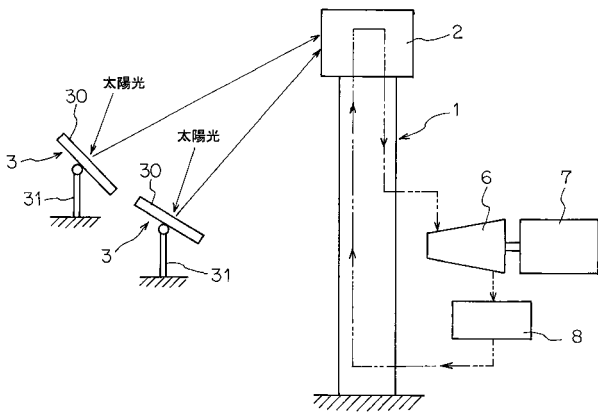
30

40

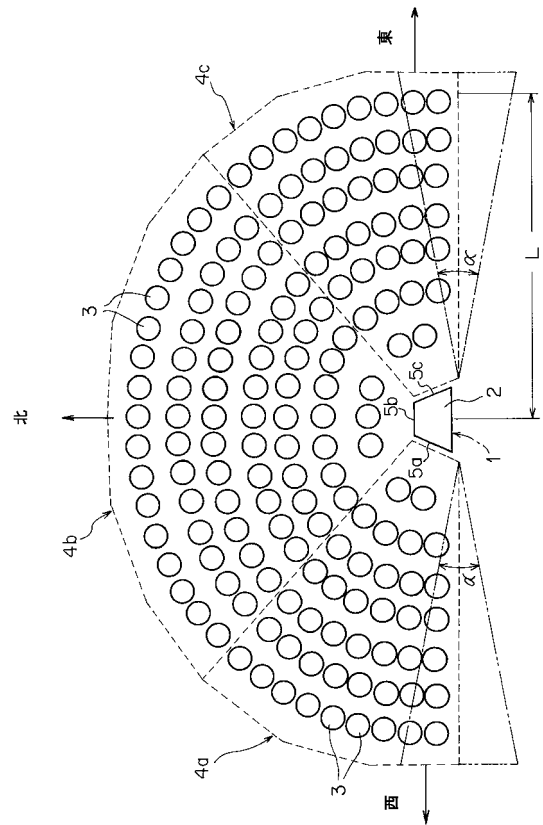
50

× 流路
× 1, × 2 流路部

【图 1】



【图 2】



フロントページの続き

- (72)発明者 鈴川 豊
東京都千代田区大手町二丁目6番2号 J F Eエンジニアリング株式会社内
- (72)発明者 塩満 徹
東京都千代田区大手町二丁目6番2号 J F Eエンジニアリング株式会社内