

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2015-513057

(P2015-513057A)

(43) 公表日 平成27年4月30日(2015.4.30)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
F 24 J 2/14 (2006.01)	F 24 J 2/14	3 K 24 3
F 24 J 2/34 (2006.01)	F 24 J 2/34	Z 3 L 054
F 24 F 5/00 (2006.01)	F 24 F 5/00	1 O 1 A
F 21 S 11/00 (2006.01)	F 21 S 11/00	4 O O

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2014-554818 (P2014-554818)	(71) 出願人	511033830 エムビーシー・ベンチャーズ・インコーポ レイテッド M B C V e n t u r e s , I n c . アメリカ合衆国21229メリーランド州 ボルティモア、フレデリック・アベニュー 3221番
(86) (22) 出願日	平成25年1月24日 (2013.1.24)	(74) 代理人	100081422 弁理士 田中 光雄
(85) 翻訳文提出日	平成26年9月22日 (2014.9.22)	(74) 代理人	100084146 弁理士 山崎 宏
(86) 國際出願番号	PCT/US2013/022903	(74) 代理人	100118625 弁理士 大畠 康
(87) 國際公開番号	W02013/112693	(74) 代理人	100176463 弁理士 磯江 悅子
(87) 國際公開日	平成25年8月1日 (2013.8.1)		
(31) 優先権主張番号	61/589,933		
(32) 優先日	平成24年1月24日 (2012.1.24)		
(33) 優先権主張国	米国(US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】スカイライトエネルギー管理システム

(57) 【要約】

開示されているのは、太陽エネルギーを採取するためのシステムと方法、より詳しくは、種々の商業建物に統合的なエネルギー・ソルーションを提供し得る省エネルギーのスカイライトシステムである。複数のスカイライトモジュールが設けられる。各スカイライトモジュールは複数のルーバーを有しており、これらのルーバーは、入射光を隣接するルーバー上の熱レシーバエリアへと反射して、これらのルーバーと連通している作動流体を加熱する（すなわち、熱レシーバと作動流体との間で熱伝導が行われる）一方、スカイライトモジュールを通過する日光の量の制御を可能とする。これらのスカイライトモジュールは、採光用とならない太陽エネルギーの残部を熱の形で捕捉するように形成されており、その熱を建物システムの加熱及び冷却用に用いることができる。

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

前面を有する第1ルーバーと、
背面を有し、この背面が前記第1ルーバーの前面に対向するように前記第1ルーバーに隣接して設けられている第2ルーバーと、
熱コレクタを備えた外表面と内部流体チャネルとを有し、前記第2ルーバーの前記背面に取り付けられたレシーバチューブと、
前記第2ルーバーの前記背面に取り付けられた反射拡散板とを備え、

前記第1ルーバーの前記前面は、前記第1ルーバーの前記前面に入射する太陽光を前記第2ルーバーの前記背面の方へ反射するように構成されており、

前記熱コレクタは、反射された太陽光の少なくとも一部を熱に変換し、この熱を前記内部流体チャネル内の作動流体に伝えるように構成されており、

前記反射拡散板は、前記反射された太陽光の少なくとも一部を前記第1及び第2ルーバーの下方にある空間へと反射するように構成されていることを特徴とするエネルギー管理システム。

【請求項 2】

前記第2ルーバーは枢動可能に前記レシーバチューブに取り付けられていることを特徴とする請求項1に記載のエネルギー管理システム。

【請求項 3】

前記第2ルーバーは、前記第2ルーバーの前記背面に固定して取り付けられたピボットバーをさらに有することを特徴とする請求項2にエネルギー管理システム。

【請求項 4】

前記ピボットバーは、前記第2ルーバーを前記レシーバチューブに枢動可能に取り付けるべく、前記レシーバチューブのスロット内に位置するリニアバルブを備えていることを特徴とする請求項3にエネルギー管理システム。

【請求項 5】

前記反射拡散板は前記ピボットバーに固定して取り付けられたことを特徴とする請求項3にエネルギー管理システム。

【請求項 6】

前記ピボットバーは低伝熱性の接着剤で前記第2ルーバーに取り付けられていることを特徴とする請求項3にエネルギー管理システム。

【請求項 7】

前記低伝熱性の接着剤はシリコンフォームテープを含んでいることを特徴とする請求項6にエネルギー管理システム。.

【請求項 8】

前記第1ルーバーと前記第2ルーバーとを容れたスカイライトモジュールをさらに備え、前記レシーバチューブは前記スカイライトモジュールに固定して取り付けられていることを特徴とする請求項1にエネルギー管理システム。

【請求項 9】

前記スカイライトモジュールは、前記第1ルーバーと前記第2ルーバーとを一齊に枢動させるように構成された作動バーをさらに備えていることを特徴とする請求項8にエネルギー管理システム。

【請求項 10】

前記スカイライトモジュールは、前記第1ルーバーと前記第2ルーバーとを覆う不透明のハウジングをさらに備え、このハウジングの少なくとも一部は、前記スカイライトモジュールに入射する光の一部を拡散し、かつ、前記光の一部を下方に指向させて前記スカイライトモジュール下方の空間に入らせるように構成された光拡散アセンブリーを備えていることを特徴とする請求項8にエネルギー管理システム。

【請求項 11】

10

20

30

40

50

前記第1ルーバーは、湾曲していて、自身の横方向長さに沿って変化する曲率半径を有し、この変化する曲率半径は、前記熱コレクタ上への光の集束及び前記第2ルーバー上の前記反射拡散板上への光の集束を最適化するように構成されていることを特徴とする請求項1にエネルギー管理システム。

【請求項12】

前記熱コレクタは、この熱コレクタに入射した光の少なくとも一部を反射するように構成されている副ミラーをさらに備えていることを特徴とする請求項1にエネルギー管理システム。

【請求項13】

前記副ミラーは、前記熱コレクタの底面に隣接する水平方向の第1部分を備え、前記第1部分は下から前記副ミラーに接近する光を反射するように構成されており、また、第2部分を備え、この第2部分は前記第1部分に対して下向きの角度をもって形成され、かつ、前記第1ルーバーから来る光を反射するように構成されていることを特徴とする請求項12にエネルギー管理システム。

10

【請求項14】

前記熱コレクタの前記内部流体チャネルは非円形の輪郭を有することを特徴とする請求項1にエネルギー管理システム。

【請求項15】

前記非円形の輪郭は、前記内部流体チャネル内の伝熱表面積を増大するように、かつ、前記内部流体チャネル内の乱流を促進するように構成されていることを特徴とする請求項14にエネルギー管理システム。

20

【請求項16】

前記第1ルーバーと前記第2ルーバーと制御装置とを容れたスカイライトモジュールをさらに備え、

前記制御装置は、

加熱または冷却の建物温度制御の所望のモード、所望の室内照明レベル、および実際の室内照明レベルを入力として受け取り、

前記入力に応答して、前記第1ルーバー及び第2ルーバーを動かして、熱回収と前記スカイライトモジュールからの光の反射と前記スカイライトモジュール内の光の通過とを調整する

30

ように設定された、コンピュータが実行可能なコードを有していることを特徴とする請求項1にエネルギー管理システム。

【請求項17】

前記第1ルーバーと前記第2ルーバーとを容れたスカイライトモジュールと、

前記スカイライトモジュールと流体連通しており、前記内部流体チャネル内で加熱された作動流体を前記スカイライトモジュールから蓄熱タンクアセンブリーに運ぶように構成された流体分配システムと

をさらに備えていることを特徴とする請求項1にエネルギー管理システム。

【請求項18】

前記蓄熱タンクアセンブリーは、蓄熱タンクの内部に、前記内部を複数のチャンバーに分割するパーティションをさらに備え、前記パーティションは、最高温度のチャンバーから最低温度のチャンバーまで前記複数のチャンバーを流れる流体流れを引き起こすように構成されていることを特徴とする請求項17にエネルギー管理システム。

40

【請求項19】

スカイライトモジュールと、

前面を有し、前記スカイライトモジュール内に設けられた第1ルーバーと、

背面を有し、この背面が前記第1ルーバーの前面に対向するように前記第1ルーバーに近接して前記スカイライトモジュール内に設けられている第2ルーバーと、

熱コレクタを備えた外表面と内部流体チャネルとを有し、前記スカイライトモジュール内に固定して取り付けられたレシーバチューブと

50

を備え、

前記第2ルーバーは枢動可能に前記レシーバチューブに取り付けられており、

前記第1ルーバーの前記前面は、前記第1ルーバーの前記前面に入射する太陽光を前記第2ルーバーの前記背面の方へ反射するように構成されており、

前記熱コレクタは、反射された太陽光の少なくとも一部を熱に変換し、この熱を前記内部流体チャネル内の作動流体に伝えるように構成されていることを特徴とするエネルギー管理システム。

【請求項20】

前記第2ルーバーの背面に取り付けられた反射拡散板をさらに備え、前記反射拡散板は前記反射された太陽光の少なくとも一部を前記第1ルーバー及び前記第2ルーバーの下方にある空間へと反射するように構成されていることを特徴とする請求項19にエネルギー管理システム。

【請求項21】

前記第2ルーバーは、前記第2ルーバーの前記背面に固定して取り付けられたピボットバーをさらに有することを特徴とする請求項19にエネルギー管理システム。

【請求項22】

前記ピボットバーは、前記第2ルーバーを前記レシーバチューブに枢動可能に取り付けるべく、前記レシーバチューブのスロット内に位置するリニアバルブを備えていることを特徴とする請求項21にエネルギー管理システム。

【請求項23】

前記ピボットバーは低伝熱性の接着剤で前記第2ルーバーに取り付けられていることを特徴とする請求項21にエネルギー管理システム。

【請求項24】

前記低伝熱性の接着剤はシリコンフォームテープを含んでいることを特徴とする請求項23にエネルギー管理システム。

【請求項25】

前記スカイライトモジュールは、前記第1ルーバーと前記第2ルーバーとを一斉に枢動させるように構成された作動バーをさらに備えていることを特徴とする請求項19にエネルギー管理システム。

【請求項26】

前記スカイライトモジュールは、前記第1ルーバーと前記第2ルーバーとを覆う不透明のハウジングをさらに備え、このハウジングの少なくとも一部は、前記スカイライトモジュールに入射する光の一部を拡散し、かつ、前記光の一部を下方に指向させて前記スカイライトモジュール下方の空間に入らせるように構成された光拡散アセンブリーを備えていることを特徴とする請求項19にエネルギー管理システム。

【請求項27】

前記第1ルーバーは、湾曲していて、自身の横方向長さに沿って変化する曲率半径を有し、この変化する曲率半径は、前記熱コレクタ上への光の集束及び前記第2ルーバー上の前記反射拡散板上への光の集束を最適化するように構成されていることを特徴とする請求項19にエネルギー管理システム。

【請求項28】

前記熱コレクタは、この熱コレクタに入射した光の少なくとも一部を反射するように構成されている副ミラーをさらに備えていることを特徴とする請求項19にエネルギー管理システム。

【請求項29】

前記副ミラーは、前記熱コレクタの底面に隣接する水平方向の第1部分を備え、前記第1部分は下から前記副ミラーに接近する光を反射するように構成されており、また、第2部分を備え、この第2部分は前記第1部分に対して下向きの角度をもって形成され、かつ、前記第1ルーバーから来る光を反射するように構成されていることを特徴とする請求項28にエネルギー管理システム。

10

20

30

40

50

【請求項 3 0】

前記熱コレクタの前記内部流体チャネルは非円形の輪郭を有することを特徴とする請求項19にエネルギー管理システム。

【請求項 3 1】

前記非円形の輪郭は、前記内部流体チャネル内の伝熱表面積を増大するように、かつ、前記内部流体チャネル内の乱流を促進するように構成されていることを特徴とする請求項30にエネルギー管理システム。

【請求項 3 2】

制御装置をさらに備え、

前記制御装置は、

10

加熱または冷却の建物温度制御の所望のモード、所望の室内照明レベル、および実際の室内照明レベルを入力として受け取り、

前記入力に応答して、前記第1ルーバー及び第2ルーバーを動かして、熱回収と前記スカイライトモジュールからの光の反射と前記スカイライトモジュール内の光の通過とを調整する

ように設定された、コンピュータが実行可能なコードを有していることを特徴とする請求項19にエネルギー管理システム。

【請求項 3 3】

前記スカイライトモジュールと流体連通しており、前記内部流体チャネル内で加熱された作動流体を前記スカイライトモジュールから蓄熱タンクアセンブリーに運ぶように構成された流体分配システムと

20

をさらに備えていることを特徴とする請求項19にエネルギー管理システム。

【請求項 3 4】

前記蓄熱タンクアセンブリーは、蓄熱タンクの内部に、前記内部を複数のチャンバーに分割するパーティションをさらに備え、前記パーティションは、最高温度のチャンバーから最低温度のチャンバーまで前記複数のチャンバーを流れる流体流れを引き起こすように構成していることを特徴とする請求項33にエネルギー管理システム。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0 0 0 1】**

30

この発明は、放射エネルギーの管理に関し、特に、規定された空間内の照明と温度を管理するために太陽エネルギーを捕捉するシステムに関する。

【背景技術】**【0 0 0 2】**

太陽発電システムと太陽コジェネレーションシステムは、燃料費や環境問題が増加するにつれて、論理的に化石燃料エネルギー・システムに対して論理的代替物または論理的追加物を提供し得る。（例えば光電池として等）電気を用いて又は用いないで、収集システムで収集される太陽熱は、エネルギー・システムの価値を大きく高めるかもしれない。しかし、残念なことに、「太陽コジェネレーション」システムは、使用現場に設置される必要があるため、そのことが、殆どの現存するまたは以前の太陽光集光器メソッドに対して問題となっている。一般的に、回収された熱は、低温（通常、40～80）であるので、この熱エネルギーは、かなりの寄生損失なしには遠くに送ることができない。さらに、温水や他の熱輸送システムの資本コストは、直接の現場使用の方が有利となる。そして、このような低温の熱は、周囲温度に対して小さな温度差しかないから、一般的に、熱機関において、機械的、電気的動力に変換できない。したがって、光エネルギーを採取し、この採取したエネルギーを、使用現場における熱所要量に簡単に転換することができ、使用現場での当面の要求をその制御方法に織り込むことができるシステムが必要とされている。

40

【0 0 0 3】

太陽コジェネレーション技術は、建物への備え付け又は建物との一体化が可能な安価な光学システムを作る上での難題のために、部分的に進展が妨げられている。問題の1つは

50

、装置及びこの装置が備え付けられる建物について、風の強い条件下での力に耐えることができるため、デザインをどの高さにし得るかということに対する実用的限界である。コジェネレーション機器を建物の基礎または荷重支持構造に結合することは、特に屋根にかかるシステムストレスに対応するための高価な設備及び／または土台システムを生み出す。多くのコマーシャルサイトは、合理的な大きさのシステムに対する十分な土地空間を欠いているため、屋根への取り付けが、十分なコレクターエリアを得るために、唯一実行可能なオプションである。

【0004】

前記の難題を解決するための努力が行われている。例えば、エムビーシー・ベンチャーズ・インコーポレイテッド（本願の譲受人）は、「太陽エネルギー変換装置及びシステム（Solar Energy Conversion Devices and Systems）」（米国出願番号：12/349,728）と題する共願の米国特許公開公報番号US2009/0173375及び「太陽エネルギー変換（Solar Energy Conversion）」（米国出願番号：13/056,487）と題する共願の米国特許公開公報番号US2011/0214712に記載されているように、太陽光採取装置及び方法ならびにそれらを建物の構造の中へ組み入れる方法を開発した。なお、前記2つの特許出願の明細書の全内容は援用によりこの出願明細書に組み込まれている。このようなシステムは以前の太陽光採取システムに対して相当の改良をなすものであるが、信頼性の向上、コスト削減、システム性能の向上の機会は依然として残っている。

10

【発明の開示】

【0005】

20

ここに開示されているのは、太陽エネルギーを採取するためのシステムと方法、より詳しくは、種々の商業建物に統合的なエネルギーソルーションを提供し得る省エネルギーのスカイライトシステムつまり天窓システムである。複数のスカイライトモジュールが設けられる。各スカイライトモジュールは複数のルーバーを有しており、これらのルーバーは、入射光を、隣接するルーバー上の熱レシーバエリアへと反射して、これらのルーバーと連通している作動流体を加熱する（すなわち、熱レシーバと作動流体との間で熱伝達が行われる）一方、スカイライトモジュールを通過する日光の量の制御を可能とする。これらのスカイライトモジュールは、採光用とならない太陽エネルギーの残部を熱の形で捕捉するように形成されており、その熱を建物システムの加熱及び冷却用に用いることができる。

30

【0006】

本発明の特に好ましい実施形態の一側面によれば、

スカイライトモジュールと、

前面を有し、前記スカイライトモジュール内に設けられた第1ルーバーと、

背面を有し、この背面が前記第1ルーバーの前面に対向するように前記第1ルーバーに隣接して前記スカイライトモジュール内に設けられている第2ルーバーと、

熱コレクタを備えた外表面と内部流体チャネルとを有し、前記スカイライトモジュール内に固定して取り付けられたレシーバチューブと
を備え、

前記第2ルーバーは枢動可能に前記レシーバチューブに取り付けられており、

前記第1ルーバーの前記前面は、前記第1ルーバーの前記前面に入射する太陽光を前記第2ルーバーの前記背面の方へ反射するように構成されており、

40

前記熱コレクタは、反射された太陽光の少なくとも一部を熱に変換し、この熱を前記内部流体チャネル内の作動流体に伝えるように構成されていることを特徴とするエネルギー管理システムが提供される。

【0007】

本発明の特に好ましい実施形態の別の側面によれば、

前面を有する第1ルーバーと、

背面を有し、この背面が前記第1ルーバーの前面に対向するように前記第1ルーバーに隣接して設けられている第2ルーバーと、

50

熱コレクタを備えた外表面と内部流体チャネルとを有し、前記第2ルーバーの前記背面に取り付けられたレシーバチューブと、

前記第2ルーバーの前記背面に取り付けられた反射拡散板と
を備え、

前記第1ルーバーの前記前面は、前記第1ルーバーの前記前面に入射する太陽光を前記第2ルーバーの前記背面の方へ反射するように構成されており、

前記熱コレクタは、反射された太陽光の少なくとも一部を熱に変換し、この熱を前記内部流体チャネル内の作動流体に伝えるように構成されており、

前記反射拡散板は、前記反射された太陽光の少なくとも一部を前記第1及び第2ルーバーの下方にある空間へと反射するように構成されていることを特徴とするエネルギー管理システムが提供される。
10

【図面の簡単な説明】

【0008】

本発明の多くの利点は、添付の図面を参照することによって当業者によって理解することができる。添付の図面において、

【図1】図1は、本発明の特に好ましい実施の態様によるスカイライトモジュールの斜視図である。
20

【図2】図2は、図1のスカイライトモジュールの前方上方斜視図である。

【図3】図3は、図1のスカイライトモジュールと共に使用するためのルーバーアセンブリーの斜視図である。

【図3a】図3aは、図3のルーバーアセンブリーのさまざまな動作モードの概略側面図である。
20

【図4】図4は、図3のルーバーアセンブリーと共に使用するための2つのルーバーの側面斜視断面図である。

【図5】図5は、熱レシーバチューブの側面図である。

【図6】図6は、図4のルーバーのうちの一つの拡大図である。

【図7】図7は、図4のルーバーで使用されるミラーのための関連する設計パラメータを示すグラフである。

【図8a】図8aは、図3のルーバーアセンブリーの一動作モードの概略側面図である。
30

【図8b】図8bは、図3のルーバーアセンブリーの一動作モードの概略側面図である。

【図8c】図8cは、図3のルーバーアセンブリーの一動作モードの概略側面図である。

【図8d】図8dは、図3のルーバーアセンブリーの一動作モードの概略側面図である。

【図8e】図8eは、図3のルーバーアセンブリーの一動作モードの概略側面図である。

【図9】図9は、図1のスカイライトモジュールを通る流体の流路の斜視図および概略図である。

【図10】図10は、拡散材料部分の配置を示す、図1のスカイライトモジュールの上方前方斜視図である。

【図11】図11は、一年のさまざまな時間についての太陽の角度を示すグラフである。

【図12】図12は、図1のスカイライトモジュールと共に使用するためのスカイセンサの斜視図である。
40

【図13】図13は、従来技術の蓄熱システムの概略図である。

【図14】図14は、本発明の特に好ましい実施の態様による作動流体蓄熱システムの断面図である。

【図15】図15は、複数の貯蔵タンクを備えた図14の作動流体蓄熱システムの概略図である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

次に続く説明は本発明の具体的実施形態についてのものであるが、これは人が本発明を実施できるように開示するものであって、発明をこの好ましい実施形態に限定するつもりはなく、単に具体的な一例として役立たせようとするものである。本発明の目的と同じ目
50

的を実行するために、修正を行ったり他の方法や装置を設計するための基礎として、開示された発明の概念と具体的な実施形態とを容易に用いることができるることを、当業者は理解すべきである。当業者はまた、そのような等価なアセンブリーは、最も広い形での本発明の精神および範囲から逸脱するものでないことを認識すべきである。

【0010】

図1は本発明の一実施形態の所定の態様によるスカイライトモジュール（全体を100で示す。）の斜視図である。このスカイライトモジュール（以下、単にモジュールとも言う）は、例えば商業ビルの屋根などに組み込まれるように形成されている。このモジュールは、標準的な採光ソリューションよりも約50～70%多くの採光を提供すると共に、最大300Fまでの温度の熱を生成するように構成されている。これは、一般的なスカイライト設備よりもスカイライト対フロア比（SFR）を大きくすることで達成できる。曇天の午前及び午後の時間帯で完全な内部照明を提供するために、より大きな開口を用いる。以下に詳述されるように、照明に必要な量より過剰である太陽エネルギーは、スカイライトつまり天窓に埋め込まれた単軸のマイクロ集中コレクタによって捕捉され、そのエネルギーを、建物の熱負荷を補いつつ、大きな屋根開口部を通じて来ることになる太陽の熱負荷を建物の冷却システムから除去するために利用できるようになる。

10

【0011】

従来の構成では、モジュールは2つの動作モードがあるかもしれない。そのような実施形態では、モジュールに入射するダイレクトビーム（直達光線）である日射（太陽放射）のレベルが閾値を上回る場合、モジュールは、追跡モードに入るだろう。このモードでは、ルーバーアセンブリー上に入射する直達日射の全ては、隣接するルーバーの背面の熱レシーバ領域に集束する。この場合、採光は主として、ルーバーアセンブリーの周縁を囲む透過光拡散面とモニターの東壁、西壁、及び北壁にある透過光拡散面とで行われる（モジュールは、例えば北アメリカでは、ルーバーが太陽に対向すべく南向きとなるように、建物の壁に設置される）。補助的に、いくらかの散光も、特に低い太陽角度でルーバーの間を通過する。直達日射量が追跡モードのための閾値を下回ると、モジュールは、採光モードに入り、ルーバーが完全に開かれる。ルーバーが完全に閉じられると、熱損失や夜空への光の漏れを低減するために、夜間モードも提供することができる。したがって、この実施形態では、モジュールが追跡モードにあるときには、モジュールによって送達される昼光量を調節又は制御する手段が存在しない場合がある。この場合、設備のサイズ設定は、一般的に、下方にある空間が必要とする照明の量に基づいて行われる。これは、利用可能な熱エネルギーの過剰がある場合もあれば、このモジュールによって提供される熱を補うために従来の太陽熱モジュールが必要とされる場合もあることを意味している。また、この実施形態に関しては、空間の照明レベルをその空間における活動の必要に合わせて補正することも、採光用と熱の用途に分割する割合を変えることもできないだろう。この結果、その空間に誰もいないとき、あるいは、その空間の使用が完全照明を必要としないとき、その空間の過剰照明となるかもしれない。このような過剰照明は、建物の冷却システムが処理しなければならない熱負荷を大幅に増加し、また有用な目的のために熱を取り込むための機会を失うことになるかもしれない。

20

30

【0012】

改良された設計では、モジュールのルーバーは、その背面に平面状の熱レシーバ300（図4）を有する。熱レシーバ300は、ミラーシステムが焦点を合わせ度合いを高めることができるとなるよう、比較的小さいサイズである。小さな熱レシーバ（本明細書に記載したようなもの）は、同じ熱入力に対して比例的に減少する放熱率を有するため、熱回収効率を高め、結果的にピーク回収温度を約220Fまで増加させる。そのようなアセンブリーから回収した熱はさまざまな用途、例えば、給湯、暖房、いくつかのプロセス熱のアプリケーション、例えば空調用の一重効用吸収式冷凍機（single effect absorption chillers）の駆動などに供されてもよい。

40

【0013】

特に図1の実施形態について、改良されたデザインは、各スカイライトモジュール10

50

0によってリアルタイムで送達される光の量を連続して（継ぎ目なく）変更する手段を提供する。そして、採光用にされない太陽エネルギーの残りの部分は熱の形で捕獲される。これについては、後述する。さらに、特に図1及び図4に示した実施形態について、ルーバー200には熱レシーバ300が設けられていてもよい。この熱レシーバ300は回収温度を275°F～300°Fにまで高めるので、高い値での熱の用途をもっと多く提供することができる。例えば、熱入力単位当たりの冷却値が二倍までになる二重効用冷凍機(double effect chillers)、有機ランキンサイクル又はカリーナサイクルタービン/発電機システムなどである。または、回収効率を200°F～220°Fの範囲で向上させれば、一重効用冷凍機などの熱プロセス熱用途の経費を大きく改善する。以下に詳しく述べるように、図1の実施形態に示された設計は改良光学系を備えている。その改良光学系は、10から15までの集光比(concentration ratio)を提供し、その結果、熱レシーバ面積がより小さくなり、温度はこれらのより高い値の負荷を駆動するのに十分高いものとなり、また、より低い温度でより高い効率を示す。効率的な冷却と発電とを提供できる負荷を駆動することができることは、このシステムの用途の数を拡張する。なぜならば、より多くの建物が、特定用途向けプロセス熱の使用よりも冷却と動力（パワー）を必要としているからである。

10

【0014】

太陽資源を利用する上での柔軟性つまり自由度を最大にするために、ルーバー200にモジュール100の南向き壁110の大部分を覆わせることが望ましい。光が必要な場合には、より多く採光するためにルーバー200の位置を調整できるが、採光を望まない場合には、過剰の照明を下方の空間に向かわせるよりは、エネルギーを熱(thermal heat)として捕捉することができる。図2に示すように、スカイライトモジュール100の形状は、二つの実際上の要求によるものである。第一に、縁枠部(curb)112の形状は、既存の屋根構造との統合（一体化）を容易にするために、長方形であるべきである。第二に、スカイライトモジュールの台形形状は、出荷量を効率的なものとするために、それらを積み重ね可能とする。したがって、ルーバーアセンブリーがモジュールのより多くの部分をカバーするために、好ましくは、ルーバー200も、（図2のモジュール上の線114で示す輪郭を埋める）台形形状を有すべきである。ルーバーアセンブリーの周囲のクリアランスに対する他の制約は、フリーブロー成形された(free-blown)ドーム120の形状である。ドーム120の形状は、材料の温度分布と、真空引きサイクルのスピードと順序(sequencing)によって決まる。ドーム120のエッジ部の輪郭は、部分的成形ツールを用いることによってより正確に制御することが可能である。部分的成形ツールは、ルーバーを南面のエッジに近づけるのに必要な所望の縦クリアランスを実現できる。

20

【0015】

図1及び2は本発明の実施形態のある態様に係るスカイライトモジュール100のトップレベルアセンブリーを示している。4つのサブアセンブリーは、縁枠部112、モニター116、ルーバーアセンブリー220（複数のルーバー200からなり、エネルギー変換モジュール（ECM）ともいう。）及びドーム120である。各サブアセンブリーは、好ましくは、他の場所で製造され、建物現場へ運ばれる。各部分は、効率的な輸送、屋根への持ち上げ、および設置ができるよう設計されている。

30

【0016】

前述の通り、第1の構成部分は、縁枠部112であり、これは、既存の屋根に開けられた開口または新しい構造物に形成された開口の上に取り付けられる。この縁枠部112は好ましくは、4つの分離した部分で現場に送られ、現場で組み立てられる。

40

【0017】

次に、モニター116（スカイライト）は、（1）エネルギー変換モジュール／ルーバーアセンブリー220（ECM）に対する構造的支持、（2）内部空気と外部との間の断熱、そして（3）天空からの光を下方の空間へ向かわせて拡散させること、を行う。

【0018】

次に、モニター116の南面（この南面が太陽に向いていると仮定）に取り付けたEC

50

M 2 2 0 は、マイクロ集光熱回収及び光管理装置である。所望の光量を E C M 2 2 0 を介して送る一方、過剰光を高品位の熱に変換するために、制御盤 1 3 0 及び小型電気ステッパーモーター 1 3 2 がルーバー 2 0 0 の角度を制御する。流体ライン 1 3 4 は、直接各ルーバー 2 0 0 を介して屋根の上やスカイライトモジュール 1 0 0 下の天井空間に配置された配管に冷却液を循環させる。

【 0 0 1 9 】

ルーバー 2 0 0 は、ステッパーモーター 1 3 2 及び連結部 1 3 6 によって動かされる。連結部 1 3 6 は例えば E C M 2 2 0 の西端に位置している。制御盤 1 3 0 は好ましくは中央制御装置に接続されていて、連結部 1 3 6 の作動バー 1 3 7 に接続されたステッパーモーター 1 3 2 に指令を送る。作動バー 1 3 7 は連結アーム 1 3 8 によって各ルーバー 2 0 0 に結合している。連結アーム 1 3 8 は好ましくはルーバー 2 0 0 の西端の最後の 1 インチに接続している。前記連結部の動きを、4 つのルーバーの断面を表した図 3 a の概略図に示す。作動バー 1 3 7 が小さな垂直成分でもって左右に動き、連結アーム 1 3 8 が円を描くように揺動し、ルーバー 2 0 0 が各レシーバチューブの背面のスロットビボット 2 0 2 の回りを回転する。注目すべきことに、レシーバチューブには、接合部（継ぎ目、関節）がない (do not articulate)。これにより、熱レシーバに繋がる流体ライン 1 3 4 への安定した流体接続が可能となる。これは、レシーバチューブと固定流体チューブとの間に動圧流体シールを必要とした従来のデザインからの改良である。

【 0 0 2 0 】

図 4 は、さらなる詳細を示すために 2 つのルーバー部分の断面を示している。ルーバー 2 0 0 のミラー 2 0 4 は、連続的に湾曲していても、または、多面的な形状つまりファセットを有するものであってもよい。ファセットは、単純なシート曲げ装置を用いて製造するのがはるかに容易である。一方、連続的に湾曲するデザインは、製造するのにカスタムツールおよび高力油圧プレスを必要とする。ミラー 2 0 4 の曲率半径は、熱レシーバ 3 0 0 及び二次反射面（以下でより詳細に説明する）への光の焦点合わせを最適化するために、ミラーの長さに沿って変化する。以下に説明する光路図に示されるように、ミラー 2 0 4 の上部付近の部分は、大抵、隣接するレシーバ/反射面から離れているので、曲率半径を大きく（湾曲を小さく）する必要がある。また、ミラー 2 0 4 の下部付近の部分は、大抵、隣接レシーバまでの距離が小さいので、集光のためには曲率半径を小さくする必要がある。ミラー 2 0 4 はミラー 2 0 4 の長さに亘って延びる（または熱伝導および熱損失を減らすために短い部分からなっていてもよい）ピボットバー 2 0 6 に取り付けられている。ピボットバー 2 0 6 はリニアバルブ（linear bulb つまり線形の球状部）を有する。このリニアバルブはレシーバチューブ 3 0 0 の背面のスロット 2 0 8 に嵌合して、回転のためのピボットポイント（転心）を提供する。ミラー 2 0 4 が冷却フインとならないようするために熱いレシーバチューブ 3 0 0 とミラー 2 0 4 との間の熱伝達を最小にすることが重要である。したがって、ピボットバー 2 0 6 は、好ましくは、低い熱伝導率を有するが熱レシーバ 3 0 0 の高温に耐えることができるシリコーンフォームテープで、ミラー 2 0 4 に取り付けられる。加えて、熱レシーバチューブ 3 0 0 からピボットバー 2 0 6 への熱伝達を最小限に抑えるために、前記リニアバルブの外表面をテフロンその他の高温遮断性プラスチックでコーティングしてもよい。

【 0 0 2 1 】

図 4 に最もはっきりと示されるように、ピボットバー 2 0 6 には反射拡散板 2 2 2 も取り付けられている。反射拡散板 2 2 2 はこれに入射する太陽光線を下方空間へと向かわせる。この反射拡散板 2 2 2（及び熱レシーバチューブ 3 0 0 上の二次ミラーつまり副ミラーも。後述する）は、一部が鏡面反射性で、一部が拡散性（乱反射性、散乱性）である特別な光反射シートからできている。このような特別な光反射シートは、商業的に容易入手可能であり、例えば、非制限的な例として、アラノッド社 (ALANOD GMBH & CO. KG) の ALANOD 610G3 やアルミニウムコイルアノダイジング社 (ALUMINUM COIL ANODIZING CORP.) の ACA 420AE/DG 等からなるものであってもよい。このような材料は、入射光線を反射して 20 度の光円錐とする。この光円錐は、光の指向性（方向性）を維持しつつ、下方空間

10

20

30

40

50

へより多くの拡散性（乱反射性、散乱性）投射を行う。白色塗装面などの純粋に拡散性（乱反射性、散乱性）の反射体は、下方空間に柔い光を与えるが、光の一部を反射して一次ミラーつまり主ミラーの方へと戻すことになるため光を無駄にすることになるだろう。一方、研磨反射体等、純粋に鏡面反射性（正反射性）の反射体は、光の全てを効率よく空間に向かわせるだろうが、強烈で不快なグレア（眩輝、まぶしさ）スポットを回避するため、二次的コンディショニングを必要とするだろう。反射拡散板222の形状は図4に示すように湾曲していてもよいし、後でより詳しく述べる光路図に示すように、真っ直ぐであってもよい。反射拡散板222を構成する上での主たる基準は、主ミラー204から来る光線が再反射して主ミラー204に戻って失われることのないように反射拡散板222が主ミラー204から来る光線の全てを途中で捕える（intercept）ことである。

10

【0022】

熱レシーバチューブ300の細部は図5及び図6の断面図に示されている。熱レシーバ300の本体は、好ましくは、押し出しアルミニウムで形成されている。ベース押出部には、高温エポキシ接着剤によって次の3つのものが取り付けられている。即ち、熱バッフル302、熱コレクタ304、そして、副ミラー306である。チューブの両端は、後述するように、円形の精密公差のためにリーマ加工されている。

【0023】

熱レシーバチューブ300の左側底部にある熱コレクタ304は、高吸収性で低放射性の熱的選択表面である。これらの表面は、光学的に処理されたアルミニウムシートの薄いストリップからなる。それらは、プレスブレーキ（bending brake）で形成され、高導電性エポキシ接着剤を用いて、押し出し品に付着される。このような光学的に処理されたアルミニウムシートは商業的に入手可能であり、比限定期的な例として、例えば、アラノッド社のALANOD MIROTHERMからなってもよい。これらの表面は入射するフルスペクトルの太陽光を熱に効率的に変換する。この熱は、熱レシーバチューブ300の壁を貫通して、チューブ中央の通路308内を流れる流体に伝達される。副ミラー306は、（図5及び図6で見て）熱コレクタ304の右側に位置しており、前記反射拡散板222と同様の光学特性を有する拡散反射面を備えている。そのような光学特性は拡散性（乱反射性、散乱性）反射塗料、例えば、（非限定期的な例として）ソレックソーラーエネルギー社（SOLEC SOLAR ENERGY CORPORATION）から入手可能なLO/MITコーティングを塗布することにより付与できる。この副ミラー306は多面状つまり複数のファセットを有する（faceted）ものであり、小さな水平部分が左側に、そして約30度の角度で傾斜する長い部分が下方にある。以下に説明する光路図に見られるように、副ミラー306の水平部分は下からこのミラーの方へ来る光を反射するように設計されている。一方、副ミラー306の傾斜した長い部分は、（図5及び図6で見て）左側から来る光線を反射する。熱レシーバチューブ300の他の構成部分には、背面を横切り、ピボットバー206を受けるリニアスロット208と、上面上にある任意の熱バッフル302である。熱バッフル302はレシーバ表面から逃げる熱の一部を捕獲して、レシーバ（回収、収集）表面の熱効率を向上させる。（ジオメトリによっては、熱バッフル302は入射日光を遮断することがあるので、このバッフルは含まれないかもしだれず、ここではすべての図に示されているわけではない。）熱バッフル302の水平面は、レシーバ表面からの熱をスカイライトモジュール100内部の空気中に失わせる原因となる空気の上方への自然対流の流れをゆるめる（遅くする）傾向がある。熱バッフル302は、直接レシーバ表面からドーム120へ行く輻射熱を遮断する働きもする。バッフル302の上面は、対流損失を低減する絶縁性塗料または輻射（放射）損失を低減する金属塗料のいずれかを塗布してあるのが好ましい。流体チューブ308の内側には、複数の内側に向かう表面310が設けられており、これらは、電熱表面積を増大させ、かつ、電熱効率を向上させる乱流を促進するように設計された非円形の輪郭を形成している。さらに、これらのチューブ308の両端は、約0.001インチの精密公差にまでリーマ加工されて（つまり、チューブの孔が拡径されて）いる。これにより、接続用の流体チューブ308は、焼き嵌めとして当該技術分野で知られている技術を用いて互いに取り付けることができる。この場合、挿入される側のチューブは外管の温度

20

30

40

50

よりも低い約100Fに冷却される。内管と外管とが均衡温度になると、内管が拡張して密封シールを形成するため、接着剤や機械的ファスナーは必要とされない。

【0024】

光学系の特徴（本質）は、このシステムの基本的な機能をスケールとは無関係にできることである。すなわち、このシステムは、写真的手段によって、広い範囲にわたって拡大又は縮小することができ、かつ、このシステムは光学的に同じ働きをするのである。所望の寸法は、システムのコスト及び流体システムの性能（配管寸法）のファクターである。全体の寸法は、実に多様に変更することができるが、光学部品の相対的なサイズは、許容値についてかなり小さな包絡線しか持たない。そうであるから、1つの主要な寸法が、全体スケールを決定する変数として選択された。すなわち、レシーバチューブ300の中心線間の距離である（これをピッチと称す）。他の寸法は、この全体的パラメータに対する比として表すことができる。

10

【0025】

臨界寸法に対する最適値と寸法範囲を以下に示す。

寸法	最小値	最適値	最大値	備考
ピッチ（絶対長、mm）	50mm	145mm	300mm	ピッチ値が小さいと、構成部品のサイズが小さくなり、製造コストが増大。ピッチが大きいと、ミラー弦が大きくなり、剛性と精度がなくなる。
ミラー幅 (ルーバーピッチに対する無次元幅)	1.469	1.469	1.476	ミラー幅が短いと、太陽高度が大きい条件下で、直射日光を直接に通過させることができるために、グレアが生成され、熱容量が減る。 ミラー幅が長いと、高い太陽角度では照明エネルギー束 (lighting energy flux)が減る。
熱レシーバ幅 無次元幅／ピッチ：水平及び垂直セグメントについての全長	0.095	0.1	0.12	熱レシーバが小さいと、光を捕捉できない。レシーバ幅が大きいと、熱効率が減り、コストと重量が増大する。レシーバ対アパチャ（ピッチ）の比が0.1であると、集光比 (concentration ratio)を約10に設定できる。
副ミラー幅 (無次元幅／ピッチ)	0.04	0.041	0.06	副ミラーをかなり小さくすることはできず、しかも光を意図通りに向け直すことができない。かなり長くすることはできるかもしれないが、ホットエリアの追加による熱効率損失を除いて効果は殆どない。
副ミラーの内角	165 度	155 度	145 度	これは、副ミラーの2つのファセットの内角である。内角が小さすぎると、光を主ミラーへ逆入射されることになる。内角が大きすぎると、光は反射拡散板へとこぼれることになる。
反射拡散板 長さ／ピッチ	0.73	0.75	1.25	反射拡散板が短すぎると、非拡散日光が主ミラーを離れて下方空間へ入ってグレアを生じるだろう。反射拡散板はかなり長くすることができるが、ミラーと同等の長さになるまでは効果は余り無い。

20

30

40

【0026】

50

ミラー 204 は、非結像の（画像形成しない）、ジオメトリ（幾何学的形状、幾何学的配置）が可変の光学素子である。その目的は、下方空間への制御された照明を提供すると共に、過剰の太陽光を熱として効率よく採取するために、入射太陽エネルギーを隣接するルーバー上の熱吸収光反射部材上に集めることである。米国本土の中緯度において動作するシステムについては、関節式(articulating)ミラーシステムは、好ましくは、100度の受光角、つまり、水平線上の太陽から天頂の北10度までで動作する。太陽の所定位置に対して、ミラーの角度は、加熱または光に与えられる太陽光の割合を変化させるために、太陽光のフォーカスエリアを移動させるように変更することができる。太陽の角度の広い範囲にわたって、光と熱の任意の配分を持つことは不可能である。設計目標は、エネルギーの50%までを照明(lighting)として、100%までを加熱(heating)として提供することにある。これらのレベルでは、典型的な期待レベルの二倍である200 フートキャンドルの照明を下方空間に提供することが可能となる。

10

【0027】

基準ミラー形状は、製造を容易にするために、ファセットを有するものであってもよい。この場合には、鏡面加工されたアルミニウムシートの長い長方形のブランクが、精密制御されたプレスブレーキによって行われる一連の小さな曲げで、所望のミラー状に形成される。反射体の集光度は、ファセットの幅の関数であるため、それらのファセットのファセット幅は、できるだけ小さく、この場合、好ましくは0.25インチに保たれる。ミラー形状の各頂点における曲げ角度は、ミラー 204 の長さに沿った所望の曲率半径から算出した。

20

【0028】

ミラー 204 の最上部は、熱レシーバチューブ 300 から遠いので、より大きな曲率半径を有する。曲率半径は、ミラーの幅に沿って直線的に減少する。ミラー 204 が底部に近づくにつれて、曲線には不連続性があるが、これは分析によって最適な形状であると判定された。図 7 は、ミラーのための関連する設計パラメータを示すグラフである。

【0029】

スカイライトモジュール 100 を通過する光の経路は、太陽の位置、ルーバーのジオメトリ（幾何学的形状、幾何学的配置）、そしてその時点での所望の照明の度合いに応じて変化する。図 8 の各図は、通常発生する 5 つの条件に対する光路を説明している。なお、図 8 の各図に関しては、それらの図は、光学系を介した直射光(direct solar radiation)の光路を示しているに過ぎない。図 8 では別途示されていないが、拡散光(散乱光)もルーバーを通過し、全体としてスカイライトモジュール 100 によって送達される照明のかなりの部分に寄与する。スカイライトモジュール 100 が 100% の集熱用に構成される条件が存在する一方で、100% の光透過(光伝達)のための条件はない。なぜならば、これは、300 フートキャンドル以上を提供するであろうし、過度の熱を生成することになるからである。このシステムは、照明としてソーラーパワーの 50% までを提供するように設計されている。

30

【0030】

図 8 a は低い太陽角度の光路図を示す。この条件は、特に冬の、早朝または夕方に起こり、このとき太陽は水平線に対して低い。採熱のための光は、主として熱コレクタ 304 の垂直部(縦部)に集まり、一方、採光用のエネルギーは熱レシーバの下方にこぼれて副ミラー 306 に落ちる。副ミラー 306 からの反射光は下方へ進む。これは幅広の矢印で表されており、副ミラー 306 の一部鏡面反射性/一部乱反射性の反射板から 20 度の円錐状反射光であることを意味している。

40

【0031】

図 8 b は中間の太陽角度の光路図を示す。これは、最もよく起こるものであり、入手可能な最大太陽エネルギーに対応している。主ミラー 204 から来る光は、低い太陽角度に比べて、高い角度である。したがって、採光用の太陽光は熱コレクタ 304 の底部からこぼれ落ちるが、その角度のせいで、その太陽光は副ミラー 306 には入らず、直接反射拡散板 222 に入射する。反射拡散板 222 はその光を円錐状にして下方空間に向かわす。

50

なお、採光用のこぼれた光線は、最も高い下向き角度から反射拡散板 222 へと来るものである。ミラー 204 の曲率半径はこのことをなすように設計されて、下方空間への光の供給が最も効率のよいものとなるようにしてある。

【0032】

図 8c は、これも中間の太陽角度ではあるが、追加採光を提供するための光路図を示す。この図面では、ミラー 204 の角度は、より多くの光とより少ない熱を供給することを意図していた図 8b とは異なる。ミラー 204 は、より多くの光を副ミラー 306 及び反射拡散板 222 に入射させるために、十分の数度の角度だけ時計廻りに回転している。

【0033】

図 8d は、これも中間の太陽角度ではあるが、採光を全く提供しないための光路図を示す。ミラー 204 のこの向きでは、光はより上方へ向かうため、入射する直射日光エネルギーの 100% を熱として供給することができる。

【0034】

図 8e は、高い太陽角度の光路図を示す。この場合の構成配置（ジオメトリー）は中間の太陽角度の場合と同様である。採光用の光線は高角度の主ミラー 204 の頂部から反射拡散板 222 へと入り、下方へと行く。

【0035】

上述の通り、スカイライトモジュール 100 は、流体チャネル中を運ばれる流体にルーバー 200 からの熱を伝える流体伝熱システムを提供する。内側に向かう表面 310 は、熱レシーバチューブの中央通路 308（特に図 4 に示す）の内側で伝熱溝を形成しており、熱伝達のために利用可能な表面積を増やして、乱流を促進し、その結果、チューブ壁から流体までの温度勾配を低減する。同様に、本明細書に記載したような固定の熱レシーバチューブ 300 を使用すること（したがってミラー要素だけを関節連結すること）は、回転継ぎ手に対応可能なシールの必要性を回避し、その代わりに、モーター 132 及び駆動機構への負荷を、従来の構成よりも 75% 減らす（流体シールされた回転継ぎ手の場合には生じ得る高い摩擦力を克服する必要性を回避する）ことを可能とする。したがって、作動速度及び長期信頼性を向上させると共に、モーター 132、連結部 136、駆動電子機器及び屋上配線のコストを低減できる。スカイライトモジュール 100 を流れる流体の代表的流路を図 9 に示す。流れパターンの最も重要な特徴は、流れが蛇行して、各熱レシーバチューブ 300 を順次通過することである。流れが平行な場合には、熱レシーバチューブ内の速さは非常に小さく、伝熱係数は効率的伝熱にとって低すぎる。図示した流れは下から始まって上へと流れているが、逆にしてもよく、その影響はない。全てのスカイライトモジュール 100 は、好ましくは、熱を貯蔵タンクに導く屋上配管系に対して平行に接続される。

【0036】

幾つかの構成において、スカイライトモジュール 100 は、ルーバーアセンブリーが追跡モードのときに下方空間に昼光を提供するために、ルーバーアセンブリーの周囲の領域を使用する場合がある。この実施形態では、2 つのタイプのアクリル製の拡散板が積層され、ドーム 120 下のスカイライトモニター 100 の南面に取り付けられている。上の拡散板はプリズムディフューザで、光を 2 次元に分解して約 15 度の半角の光錐を形成する。下の拡散板は、深い鋸歯溝を持ったリニアディフューザで、入射光を分岐させて、それぞれ入射光の角度から約 45 度である 2 つの光束とする。鋸歯溝は、北 / 南の方向に向かっていて、各モジュールから来る光を東 / 西の方向に強く広げる。そのようなアクリル製のディフューザ材料のシートは容易に商業的に入手可能であり、例えば、非限定的例として、プラスコライト社 (PLASKOLITE, INC) の KSH-25 アクリル製照明パネルからなっていてもよい。これは 2 つの所望の目的を達成する。第 1 に、スカイライトモジュール 100 の直下のエリアに入ってきた光の強度を減らし、これによって、一般的な拡散式スカイライト直下で通常経験される不快なグレアを除去できる。第 2 に、光を東 / 西に広げることにより、スカイライトの列間の空間に存在する光の谷部を埋めるので、下方空間の作業面 (work plane) にずっと多くの照明光を提供できる。しかし、この 2 方向レンズを用いる

10

20

30

40

50

欠点は、光がスカイライトの他の内側面に入射するときその光の一部が失われることである。例えば、スカイライトモジュール100の東側の拡散板は45度で東と西に向かう2つの光束(lobe)を形成する。西に向かう光束は下方空間の床に対して良好な視野角を有し、この光は効率よく指向させられる。しかし、東に向かう光束の大部分はスカイライトモジュール100の東の壁に衝突して、外部に出ていくか、または再反射で失われるかのいずれかである。さらに、光の制御性を高めるために、ルーバーアセンブリーがスカイライトモジュール100の南壁の大部分を覆うことが望まれる。これは、拡散部材にとって利用可能な面積が小さくなるため、拡散部材は、同じ光量を供給するのに、より効率的でなければならない。

【0037】

10

あるいは、一面側に单一方向の屈折レンズを有し、他面側にランダムまたはプリズム状の拡散パターンを有する誘導/拡散アクリルフレネルレンズを使用することができる。このカスタム光学材料用の金型費を低く抑えるために、レンズを1フィート四方程度の複数の小さな部分に製造することができる。そして、最も有利な方向に入射光を導くように、それらの部分をモニターの南壁に付着させることで、損失とグレアを最小限に抑えることができる。このような光学材料として使用するのに適した材料は容易に商業的に入手可能であり、非限定的な例として、マイクロシャープ社(MICROSHARP・CORPORATION LIMITED)から入手可能な36/55非対称プリズムフィルムを含んでもよい。図10を特に参照すると、拡散材400が、同様に、スカイライトモジュール100の東側及び西側の外表面に配置されている。繰り返すが、これらの場所における無指向性の拡散板は全方向に光を拡散して、光のかなりの部分をスカイライトの他の内側面に向かわせて入射させることとなるため、その光は外に戻されて、失われることとなる。したがって、光伝送効率を向上させるには指向性の拡散要素(部材)を有することが重要であり、それが有効性を改善し最終的に費用を低減する。東西面に到達し、有意な水平成分を有する太陽光は拡散され、下方に向けられて、下方空間に入る。特定方向のリニアフラネルレンズは、光が上方に拡散(散乱)して、スカイライトモジュール100の南面の内側表面(光はそこでそのモジュール100から空中へと戻されることになる)の方へ行くのを防止する。加えて、拡散材400は、好ましくは、モニターの南面の矢印410で示す領域に配置される。スカイライトモジュール100の東側の拡散板の向きは、光が西側に向かわせられるように、定められている。その逆も同様である。これは、良好に光を広がらせて空間内に導き、そして最も重要なことには、光がスカイライトモジュール100の東西面を通過して再び外へと出て行くのを回避させることになる。

20

30

40

【0038】

上述の多層シート(multiwall sheets)は、入射光を部分的に、一方向に散乱させる能力を有するため、均等に光を分配し、グレアを解消するために、拡散および方向変換(directing)フィルムの追加のシートが必要とされる。パネルに拡散シートを追加するための最も簡単な方法は、多層シートの内面又は外面に追加のシートを固定することであろうが、このアプローチにはいくつかの欠点がある。紫外線に耐えることができるプラスチックで作られている商業的に入手可能な拡散フィルムが余りないことである。さらに、シートを保持している接着剤は、通過する光を減衰させないよう、光学的に透明(clear)である必要がある。そして、もし接着剤が外面に取り付けられる場合には、天候に耐える必要もある。最後に、ラミネート接着剤は、活性化させるのに一般的に平方インチ当たり数百ポンドが必要で、これはパネルを変形させることができる。

【0039】

50

別のアプローチは、拡散シートをカットして薄いストリップとし、ポリカーボネートのセルにそれらを挿入することである。ポリカーボネートパネルの外面には、ポリカーボネートを紫外線による損傷から保護するために、UV遮断化合物が注入されている。さらに、ポリカーボネート自体が紫外線に対して不透明である。したがって、複数の壁のリブ間の空間は、UV放射から保護され、PETなどのような低コストのプラスチックを拡散材料のために採用することができる。さらに、セルの幅が狭いことにより、接着剤を必要とせずに

ストリップがセル内で立つことを可能にし、それにより接着剤のコストと接着剤による光の減衰をなくすことができる。

【0040】

多層シートの内側に配置された拡散ストリップは、多層シートの特徴的な光の1次元の散乱をほぼ完全に減衰させる能力を持っている。前に、多層ポリカーボネートマトリックス内部における複数の内部反射の一次元の散乱のことが記載された。これは多くの場合、直交軸において光を散乱させるものがある場合は、直射日光を散乱させることは望ましい特徴である。しかし、多層のこの自然散乱は時には望ましくない。例えば、スカイライトモジュール100の北の壁は、春と夏には早朝と夕方に直射日光を受ける。これらの期間中、この光の一次元散乱はグレアスポットを生成する。なぜならば、直射日光のすべてがパネルから放射される円形ビームとなるからである。パネルの外面に配置された拡散シートはこれらの内部反射からの光を幾分拡散するが、グレアの原因である内部反射光そのものを減衰させるためには役に立たない。その理由は、光は、拡散シートを一度しか（つまり、入ってくる途中、または出て行く途中で）通過しないからである。多層シート中の複数の内部反射により、光はプラスチック製のセルのマトリックスの内部に配置された拡散ストリップを複数回通過するため、その有効性を大幅に増大でき、内表面または外表面に配置された拡散シートと比べて、一次元の散乱光をかなり多く減衰することができる。

10

【0041】

強度や断熱性を高めるために、多層パネルは、好ましくは、3個から5個のキャビティを有する。これは、異なる所望の拡散効果のために複数のタイプのディフューザつまり拡散板を連続して（順次）用いる機会を提供する。例えば、スカイライトモジュール100の東と西の壁は、入ってくる水平または低角度の光を、拡散し、かつ、下方空間内へと指向させなければならない。このアプリケーションでは、拡散ストリップは、（光源に向かって）最も外側のセル内に配置することができ、指向プリズムシートのストリップは、（内部空間に向かって）最も内側のセル内に配置することができる。良好な二次元散乱のために、プリズムレンズの2枚のストリップを、直交角度で切断して、連続して（in series）配置してもよく、1枚が水平方向に、そして1枚が垂直方向に拡散する。あるいは、これらの直交的に（直角に）カットしたストリップを交互にしたり、混ぜ合わせたりして、非対称拡散パターンを達成してもよい。例えば、これらのストリップの3分の2を、水平に散乱するようにカットし、3分の1を、垂直方向に散乱するようにカットすれば、円錐形状の拡散パターンを達成し得る。

20

【0042】

スカイライトモジュール100の中核となるのは低コストのスマート制御盤130である。この制御盤は、ルーバーの角度を管理する各モジュールに収納されている。キー制御入力は以下の通りである。

- 建物の加熱/冷却システムのモード
- 所望の室内照明レベル
- 実際の室内照明レベル

所望の室内照明レベルは、時間／曜日時計と、手動の光スイッチまたは占有センサ（occupancy sensor）のリアルタイム入力とを組み合わせて決定される。第一の制御目的は、所望の照明レベルを達成することである。一日のうちの早い時間帯や遅い時間帯または曇りの期間中、ルーバーは完全に開いて、全ての拡散性天空光が建物内に入ることを可能にする。太陽光が増加し、照明レベルが設定点を上回ると、ルーバー200は（図8において）回転反時計回りに回転して、採光を少なくし、採熱を多くする。この制御方式は、天空状態の詳細または天空中の太陽の位置を知る必要を無くす。供給された実際の光のみが必要とされる。

40

【0043】

スカイライトモジュール100の下方空間が占有されていない場合には、照明設定点レベルがゼロになる可能性がある。つまり、モジュールは100%採熱モードとなろう。この場合には、ルーバー200を位置決めするために、空の太陽の位置及び直射太陽光対拡

50

散太陽光の量を知ることが必要である。モジュール制御システムは階層的であり、中央制御装置が、好ましくは、各スカイライトモジュール110上の個々の制御盤130の活動を監督している。中央の制御装置つまり制御装置と分散している制御装置との間の通信と相互作用の複雑さを軽減するために、各スカイライトモジュール100を、そのデータと制御活動に関してできる限り自給自足することは、大きな利点がある。これは、制御装置を非常に低コストにする必要性によって、困難であるが挑戦しがいがあるものとなる。制御装置を非常に低コストにすることは、限られたメモリやコンピューティングリソースを意味するからである。

【0044】

ソフトウェアプログラムは、10分の1度以内までの太陽の位置の知識を持つ制御装置を提供し、4k未満のメモリとごくわずかな量のコンピューティングサイクルを使用する。アルゴリズムは、モジュールが単一軸の追跡のみを必要とするという事実を利用するので、ルーバーポイントティングのための関心のある唯一のパラメータは、垂直な北/南の平面に投影されたスカイライトモジュール100上に入射する太陽の角度である。さらに、図11に示すように、特定の場所（及びモジュールの東/西の向き）については、この関心ある角度は、一年の時期に応じて、かなり行儀のよい（well-behaved）一組の曲線に追随する。春分及び秋分には、角度は一定のままで、変化しない。冬至、夏至では、それは滑らかなU字型の曲線に従う。曲線のそれぞれは、太陽分点（春分、秋分）とは異なる日のための一組の係数を用いて、5次多項式近似に変換される。制御装置は、一年の時期に応じて、約5日間から20日間、同じ組の係数を使用することができる。モジュール上の太陽の角度の計算は、1~2分毎の一つの5次多項式の評価のみを必要とする。この計算負荷は、コストが4ドルに満たない簡単なマイクロプロセッサの能力の範囲内である。

10

20

30

40

50

【0045】

モジュールを通って来る日光を制御するためのもう一つの重要なパラメータは、入射太陽光（incident solar radiation）及び直射光対拡散光の相対量である。市販されているセンサは、被遮蔽センサ（shadowed sensor）とソーラーディスク（the solar disk）の間にとどまるよう関節結合されている遮蔽用ディスク（shadowing disk）を採用している。これらのセンサは、非常に正確ではあるが、再生可能エネルギープロジェクトに配備されるには余りにも高価である。この問題を解決するために、各モジュールの制御装置に必要な情報を提供する低成本のセンサが、各モジュールにインストールされている。

【0046】

センサ500の図面を図12に示す。スカイセンサ500は、モジュールの傾斜角度に等しい仰角でスカイライトモジュール100に取り付けられている。4つの低成本の光センサが、回路基板上に配置される。一番上のセンサ510は、天空全体を眺めることができるので、全太陽光レベル（直射光及び拡散光）を読む。その下の3つのセンサ520は、任意の一時点で、それらの少なくとも一つが完全に直射日光から陰になるように、つまり遮蔽されるように配置されるので、そのセンサは、拡散放射つまり拡散光の推定値である測定値を有する。全天空センサ510と他の3つのセンサ520からの最小測定値（読み取り値）との差をとると、直射太陽光線の推定値が提供される。このような低成本の光センサからの読み取り値すなわち測定値の変動性は比較的高い（±25%）。これは、各センサアセンブリー500のために選択された複数のセンサヘッドの一回のキャリブレーションによって説明がつく。これらのセンサは十分低成本なので、（各システムに對向して）各スカイライトモジュール100に1つのセンサアセンブリー500を搭載することが可能であり、それ故、各モジュールについて、局所的なシャドーイングつまり遮蔽（shadowing）の説明ができる。一つのスカイライトモジュール100上のセンサが故障した場合、または二つ以上のスカイライトモジュール100が同一のシェーディング環境を見ることが予想される場合、ある1つの太陽センサ500からのデータは、他のセンサと共有されてもよい。すべてのスカイライトモジュール100の制御盤130は、単一のデータバスに接続されており、各スカイライトモジュール100上の制御装置ボード130は、定期的に中央制御装置にデータを送信する。これらはすべて同じデータバス上に接

続されているので、各制御装置は、他のすべての制御装置によって送信されたデータへアクセスできる。あるスカイライトモジュール 100 が別のモジュールのセンサデータを使用する必要がある場合、そのスカイライトモジュール 100 は単に、センサデータを求めて順番に見ていく制御装置のリストからのセンサデータの放送を聴くだけでいい。制御装置のうちの一つが別のモジュールのセンサからのデータを使うのに、追加のデータ送信は必要とされない。

【0047】

なお、上述したモジュールによって生成された熱のための貯蔵場所を設けることが望ましい。そして、この目的のために蓄熱タンクが設けられてもよい。また、太陽生成熱の蓄熱のために仕切り（パーティション）及び層化することが好ましい。これは、吸収冷却装置を駆動するソーラーシステムについて特にそうである。なぜならば、太陽熱は 160 F 以上のもので有効であり、ソーラーコレクターから戻ってくる熱い流体を貯蔵タンク内の冷たい水と混合すると、エントロピーを生成して、熱の有用性を低下させるからである。理想的な貯蔵タンクは、高温端 (hot end) と低温端 (cold end) とを有する線形貯蔵ボリュームでの完全なスラグ流に近づくであろう。低温端は最も冷たい水をコレクタに提供し、それにより、太陽光収集の最高効率を達成し、高温端に戻るだろう。高温端は、熱負荷を供給し、これにより資源の最大利用を達成し、そして低温端に戻る。

10

【0048】

大規模な商業太陽熱温水システムを実用的かつ費用効率的なものとするために、蓄熱タンクのコストは、実用的限界内に保たなければならない。加圧され、溶接されたスチールタンクは、システム配管に直接組み込むことができるという利点があり、小型システムについては費用効率が高い。しかし、大規模な商業太陽熱システムは、数千ガロンから1万ガロンまでのタンクの大きさが必要である。これらのサイズでの加圧タンクは費用効率はよくない。さらに、このような大規模なタンクは、輸送し、既存の建物の中に設置することが困難である。代替の貯蔵タンクの技術は、タンク内の水の静水圧に起因するフープ応力（円周応力）を処理するためにリベット留めされたシートメタルスキンを有する円筒形の発泡絶縁体を使用する非加圧タンクを利用する。これらのタンクは、単位貯蔵ボリュームあたりのコストが加圧タンクの約2分の1～3分の1であり、また、約6フィートという実用的な高さの限界を有している。非加圧タンクは、平坦な容器に入れて出荷され、現場で組み立てられるという利点があり、これにより、大規模なタンクを、ドアや通路を通って既存の機械室に設置することを可能にする。

20

30

【0049】

タンクの熱分割は、天然のサーモクライン（変温層 thermocline）を用いて行うことができる。その中では、熱い水の浮揚性が熱い水を柱 (column) の一番上に保持する一方、冷たい水は底部に留まる。このアプローチは、単純ではあるが、いくつかの欠点がある。第一に、タンクに流入する流体の速度が、導入管の近傍での混合を引き起こす。この混合は、流体がタンクに入る速度を落とし、かつ、等温線を横切って水を注入しないよう流れ方向を水平方向にすることで、低減することができる。しかしながら、より高い流量では、大きな拡散ノズルは、混合を減らすために、十分に出口速度を減少させることが必要とされ、いずれの場合にも幾らかの混合は避けられない。第二に、良好な熱的分離を達成するためには、タンクは、セパレータとして重力を最大限に利用するために高さが高くなければならない。これは2つの欠点を有している。第一に、追加の高さは、タンク壁の下部への静水圧を増加させる。これは加圧金属タンクについては問題ではない。なぜならば、追加の静圧はタンクの設計圧力に比べて小さいからである。しかしながら、上述したように、低コストの非加圧タンクは、高さの制限があり、大型タンクの層化つまり層形成 (stratification) には問題がある。例えば、最大高さが 6 フィートである 1500 ガロンのタンクは、約 10 フィートの直径を有する。この 6 : 10 という高さ/直径比は、良好な層化を生じさせるであろう高さ/直径比の逆である。これに対する1つの従来技術の解決策は、図 13 に示すように、複数のタンクを直列に上から下へと配管接続することである。これは、良好な層化を可能にするが、タンクコストははるかに大きい。3 つのタンクは、

40

50

総体積（容積）及びアスペクト比が同じである単一タンクの2倍の表面積を有する。結論として、大形の非加圧貯蔵タンクを仕切るための低コストで実用的な方法が必要である。

【0050】

図14に示すように、タンクインサー（全体を600で示す）は、円筒形のタンクを非常に低コストのデザインの12の別個のチャンバー610に分割することにより、所望のスラグ流の近似を達成することができる。パーティションは、多層ポリカーボネートでできており、多層ポリカーボネートは、軽量、低コスト、中性浮力、良好な絶縁特性、及び水貯蔵媒体の沸点よりも少なくとも100高い融点、という利点を有する。高温流体は、タンクの頂部から4つの上層チャンバー610の一つに入る。垂直パーティション内の小穴620により、水は時計回りに4つの上チャンバー610を順次流れることができ、続いて、4番目のチャンバーの底にあいた穴が流れを中間層へと向かわせる。

10

【0051】

水は、中間層の4つのチャンバー610を流れていき、続いて下方に流れ降りて下層の4つのチャンバーを流れる。流体の流れ方向は、熱負荷へ／からの流れとは逆であり、流体は上部から引き出され下部のチャンバーへと戻る。流体容量は障壁によって積極的に分離されるので、流体の流入速度には制約がない。なぜならば、1つのチャンバー内の混合はエントロピー損失がわずかしかないからである。流れがないときは、流体が混合せず、セル間の伝導または対流は僅かしかないことが有益である。混合を減らすために開口620は小さくしておく。そして、ホットセルが一番上にあるため、開口を通じての上向きの混合はない。順次（つまり直列に）並んだ12のチャンバー610は古典的なスラグ流に極めて近似したものを見出し、チャンバーの数を増やしても僅かな効果しか得られないことを、動的シミュレーションが示した。しかしながら、より大形のタンクのためにより多くのチャンバーが望まれる場合には、1層当たりのパーティションの数を6個または8個増やすことができる。

20

【0052】

非加圧貯蔵タンクの最大実用サイズは、約3000ガロンである。システムがこれよりも大量に貯蔵する必要がある場合、図15に示すように、複数のタンクを直列に配管接続することができる。

30

【0053】

以上、好ましい実施形態及び本発明の根底にある概念の幾つかの変形について説明したが、当業者が本発明の根底にある概念に精通するようになると、当業者は、種々の他の実施形態や、本願で説明した実施形態の変更や修正を容易に思いつくだろう。したがって、本発明は本明細書に具体的に記載されたもの以外の方法でも実施され得ることは、理解されねばならない。

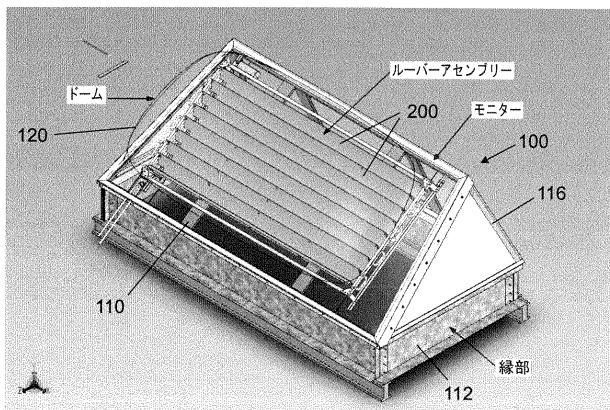
【産業上の利用可能性】

【0054】

本発明は、放射エネルギー管理システムに適用可能である。本発明は、規定された空間内の照明及び温度を管理するために太陽エネルギーを捕捉するためのシステムを開示する。この装置は産業で製造でき、建築及びエネルギー管理の分野で実施できる。

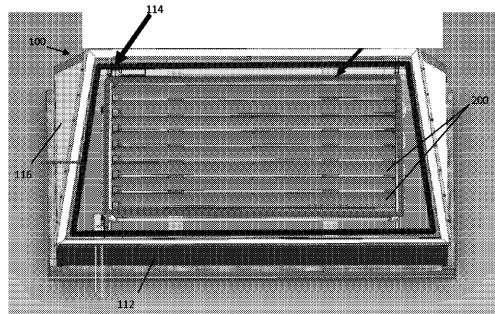
40

【図1】

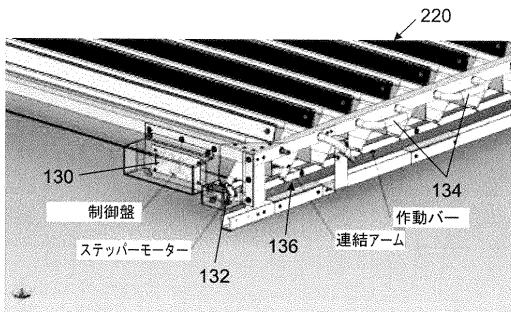


【図2】

FIGURE 2

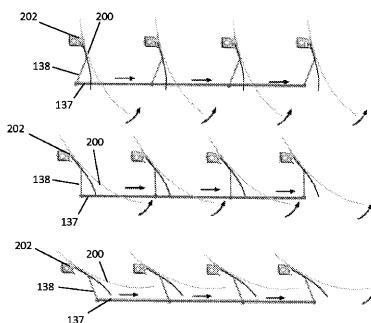


【図3】

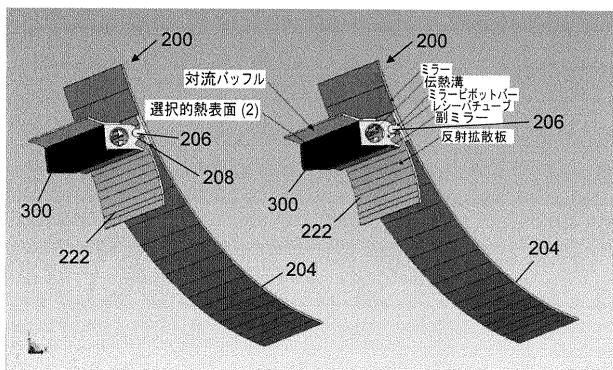


【図3a】

FIGURE 3a

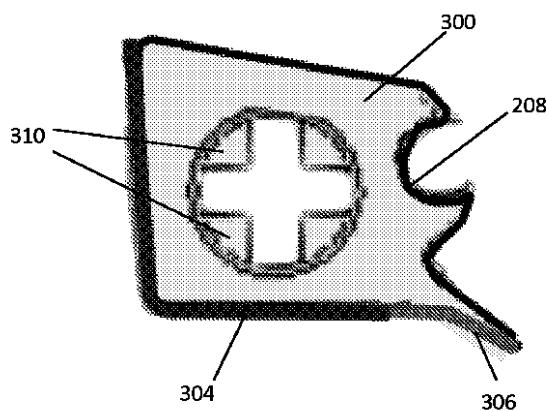


【図4】



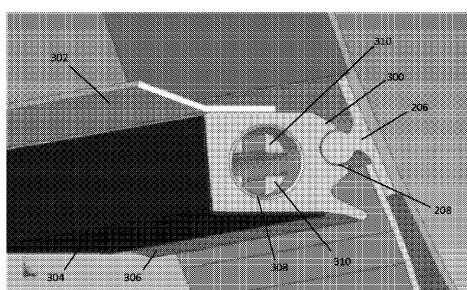
【図5】

FIGURE 5

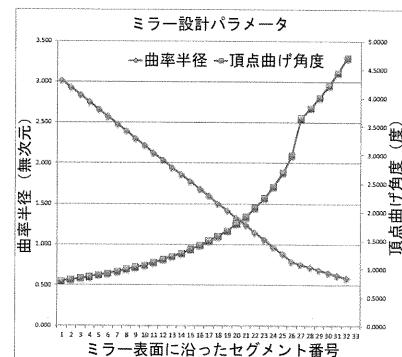


【図 6】

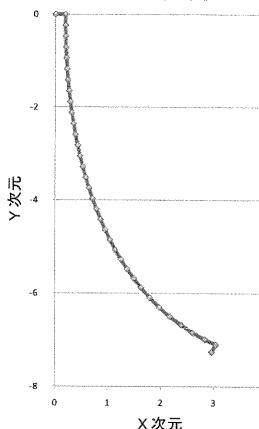
FIGURE 6



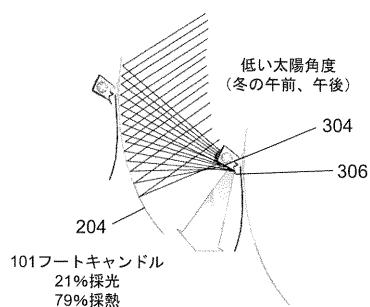
【図 7】



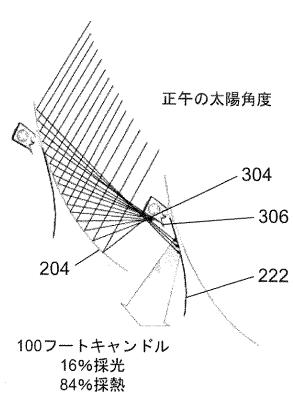
ミラー断面形状



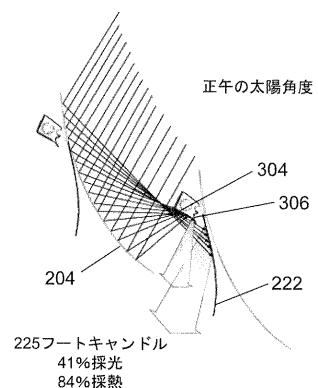
【図 8 a】



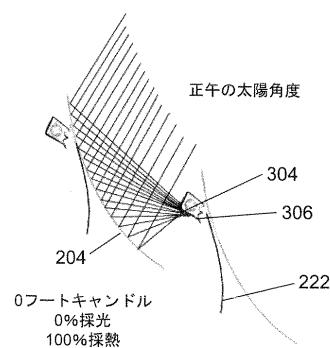
【図 8 b】



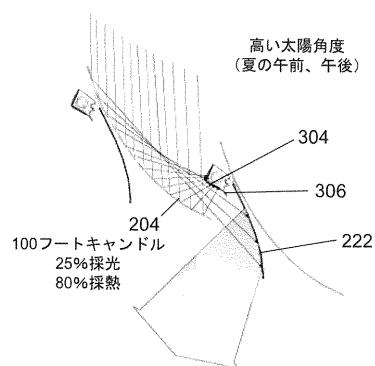
【図 8 c】



【図 8 d】

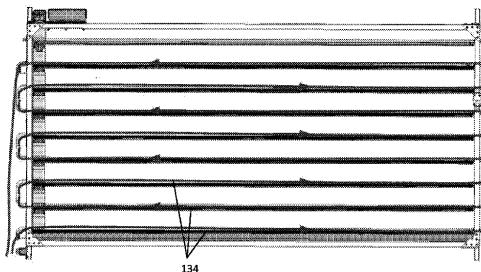
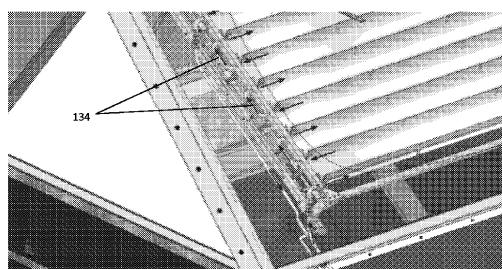


【図 8 e】



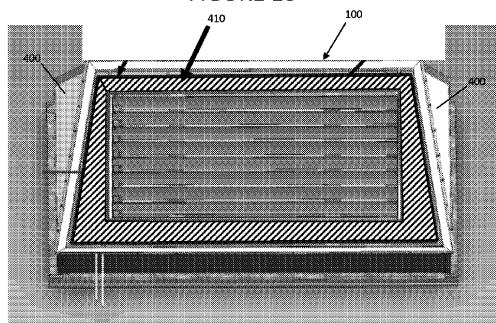
【図 9】

FIGURE 9

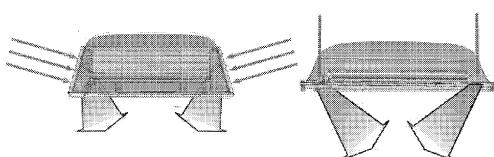
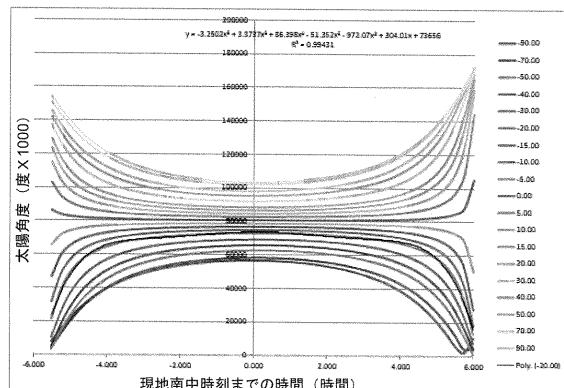


【図 10】

FIGURE 10

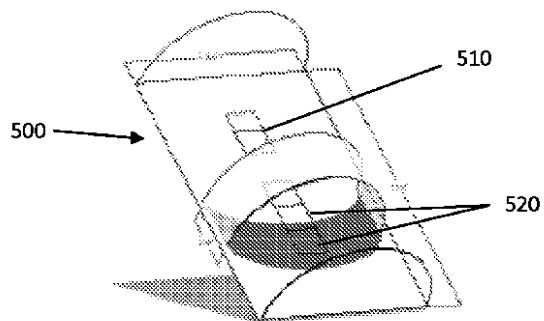


【図 11】



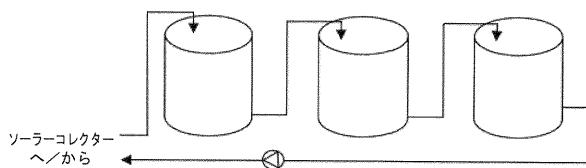
【図 1 2】

FIGURE 12

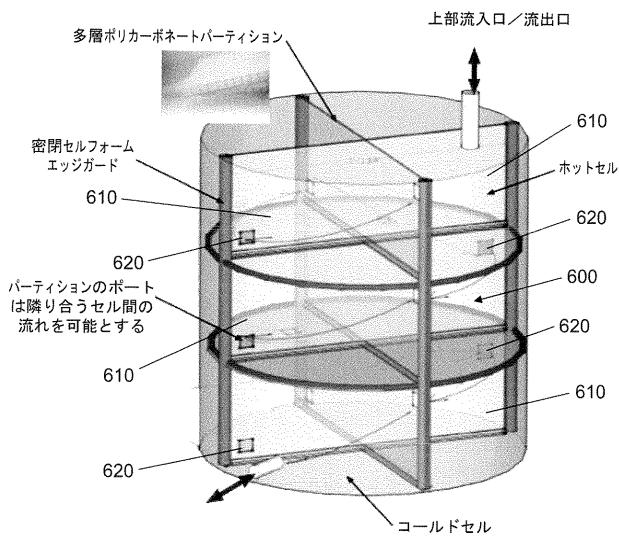


【図 1 3】

(先行技術)

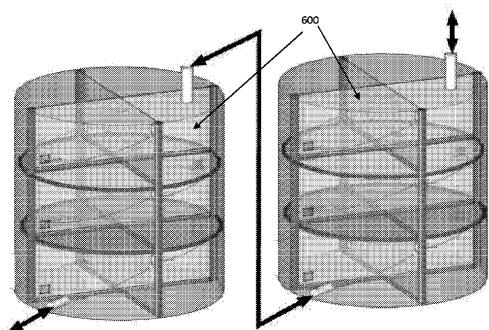


【図 1 4】



【図 1 5】

FIGURE 15



【国際調査報告】

61500020013



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 International application No.
 PCT/US2013/022903

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC(8) - F24J 2/04 (2013.01)

USPC - 126/685

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)

IPC(8) - C02F 1/14; F24J 2/00, 2/04, 2/06, 2/08, 2/10, 2/14, 2/40, 2/42; H01L 31/04, 31/042, 31/052 (2013.01)

USPC - 49/73.1, 74.1, 77.1, 92.1; 126/561, 684, 685, 714; 136/243, 244, 246

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

CPC - F24J 2/00, 2/04, 2/0433, 2/045, 2/0488 (2013.01)

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

PatBase, Google Patents, Google

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4,143,640 A (PIERCE) 13 March 1979 (13.03.1979) entire document	19, 25, 27, 30, 33
Y		1, 2, 8-12, 14-18, 20, 26, 28, 31, 32, 34
Y	EP 0 371 000 A1 (BAUMANN) 30 May 1990 (30.05.1990) entire document	1, 2, 8-12, 14-18, 20
Y	US 4,279,240 A (ARTUSY) 21 July 1981 (21.07.1981) entire document	10, 26
Y	US 4,401,103 A (THOMPSON) 30 August 1983 (30.08.1983) entire document	12, 28
Y	US 2010/0206300 A1 (SHABTAY et al) 19 August 2010 (19.08.2010) entire document	15, 31
Y	US 2008/0210293 A1 (REID et al) 04 September 2008 (04.09.2008) entire document	16, 32
Y	US 4,598,694 A (CROMER) 08 July 1986 (08.07.1986) entire document	18, 34
A	EP 1 939 388 A2 (ZHANG et al) 02 July 2008 (02.07.2008) entire document	1-34
A	US 5,344,496 A (STERN et al) 06 September 1994 (06.09.1994) entire document	1-34
A	US 2011/0120524 A1 (WARES et al) 26 May 2011 (26.05.2011) entire document	1-34

 Further documents are listed in the continuation of Box C.

* 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	Date of mailing of the international search report
16 April 2013	06 MAY 2013
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. 571-273-3201	Authorized officer: Blaine R. Copenheaver PCT Helpdesk: 571-272-4300 PCT OSP: 571-272-7774 08.1.2015

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(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,R,S,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,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,JP,KE,KG,KM,KN,KP,KR,KZ,LA,LK,LR,LS,LT,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC

(特許庁注：以下のものは登録商標)

1. テフロン

(72)発明者 ジョン・ジョセフ・タンドラー

アメリカ合衆国 8 0 0 0 7 コロラド州アーバダ、オーチャード・ストリート 7 0 8 9 番

F ターム(参考) 3K243 MB01

3L054 BF09