

(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2012-513102  
(P2012-513102A)

(43) 公表日 平成24年6月7日(2012.6.7)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)  
HO 1 L 31/04 (2006.01) HO 1 L 31/04 R 5 F 1 5 1

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 51 頁)

(21) 出願番号 特願2011-539714 (P2011-539714)  
(86) (22) 出願日 平成21年12月3日 (2009.12.3)  
(85) 翻訳文提出日 平成23年7月12日 (2011.7.12)  
(86) 国際出願番号 PCT/US2009/066661  
(87) 国際公開番号 W02010/065794  
(87) 国際公開日 平成22年6月10日 (2010.6.10)  
(31) 優先権主張番号 61/200,835  
(32) 優先日 平成20年12月3日 (2008.12.3)  
(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 510321309  
ホフマン, ジェームズ  
アメリカ合衆国 94501 カリフォル  
ニア州, アラメダ, エンシナル アベニュー  
ナンバー2 3014  
(74) 代理人 100091096  
弁理士 平木 祐輔  
(74) 代理人 100105463  
弁理士 関谷 三男  
(74) 代理人 100102576  
弁理士 渡辺 敏章  
(74) 代理人 100101063  
弁理士 松丸 秀和  
(74) 代理人 100114546  
弁理士 頭師 教文

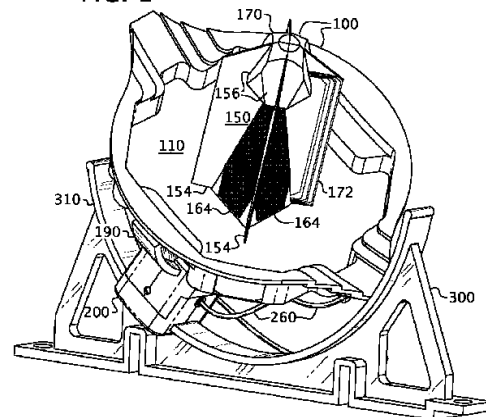
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ソーラーエネルギー収集システム

(57) 【要約】

据置型のベース構造内の平坦アレイに配列された複数のエネルギー吸収素子を用いて、ソーラーエネルギーを収集するためのシステムを提供する。複数のエネルギー吸収素子の各々は、その軸に対して平行な方向性のある太陽光を1つまたは複数の太陽光 - 電気変換器に集中させるそれ自体の中の光学的手段と、太陽方向からのその軸の逸脱を検出する検出手段とを有するエネルギー捕捉ユニット、ならびに2つの弓状軌道を、対向および直交する弓状スロット、エネルギー捕捉ユニット内の凸状軌道、および前記ベース構造内の凹状軌道であって、前記それぞれのスロットが、そのそれぞれの軌道と係合し、それに沿って位置決め器を動かす駆動装置を備える、スロット、軌道に摺動可能に装着することにより、前記捕捉ユニットを2つの入れ子状の軸を中心として指向させる角度位置決めユニットを備える。本発明は、近接する素子の衝突を回避しながら、開口効率を最大化するために、係る素子の形状及び配列を決定する方法を提供する。

FIG. 1



【選択図】 図 1

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

ベース構造において支持されるエネルギー収集素子の 2 次元アレイを備え、前記素子のそれぞれは、光集中型光学部品および光 - 電気変換手段を組み込むエネルギー捕捉ユニットと、前記捕捉ユニットが 2 つの実質的に直交する軸を中心として傾斜することを可能にする取付台と、前記軸のそれぞれを中心として傾斜を生じさせる手段とを備える、ソーラーエネルギー収集システムであって、

改善点は、前記素子のそれぞれの 2 軸系の装着機能および傾斜実行機能が、前記捕捉ユニットと一体である 1 つまたは複数の凸状弓形軌道に沿って、前記エネルギー捕捉ユニット自体を装着および移動させることにより、前記エネルギー捕捉ユニット自体に対して前記エネルギー捕捉ユニットを支持および位置決めし、かつ、前記ベース構造に対して固く取り付けられた凹状弓形軌道に沿って前記エネルギー捕捉ユニット自体を装着および移動させることにより、前記ベース構造に対して前記エネルギー捕捉ユニット自体を支持および位置決めする、コンパクトな角度位置決めユニットに組み合わされている点からなる、ソーラーエネルギー収集システム。

10

**【請求項 2】**

前記角度位置決めユニットは、前記捕捉ユニットの凸状軌道を摺動可能に装着する弓状スロットと、前記ベースユニットの凹状軌道を摺動可能に装着する、実質的に垂直な弓状スロットと、を含む、請求項 1 に記載のエネルギー収集素子。

**【請求項 3】**

20

前記角度位置決めユニットは、それぞれが前記軌道のうちの 1 つと係合し、前記位置決めユニットの前記軌道に沿った移動を制御する、1 組のモータ駆動ローラまたはピニオンギアを含む、請求項 1 に記載のエネルギー収集素子。

**【請求項 4】**

前記モータは、前記素子のエネルギー捕捉ユニット内の外向き P V セルにより生成された電気により動力が供給される、請求項 3 に記載のエネルギー収集素子。

**【請求項 5】**

前記モータは、前記素子のエネルギー捕捉ユニット内のいくつかの発電用 P V セルのそれぞれの応答レベルの多次元ベクトルの関数として、その特性が制御される電気により、動力が供給される、請求項 3 に記載のエネルギー収集素子。

30

**【請求項 6】**

前記角度位置決めユニットとベースに取り付けられた凹状弓形との間の相互関連により、簡単な手作業により、設置手順がまったく較正を含むこと無く、前記角度位置決めユニットを、前記凹状弓形から取り外すこと、および前記角度位置決めユニットを前記凹状弓形に再び装着することが可能である、請求項 1 に記載のエネルギー収集素子。

**【請求項 7】**

前記エネルギー捕捉ユニットにおける前記弓状軌道（単数または複数）の中心により画定される前記内側傾斜軸と、前記ベースにおける前記弓状軌道の中心により画定される前記外側傾斜軸とは、互いに対して垂直であり、互いに交差する、請求項 1 に記載のエネルギー収集素子。

40

**【請求項 8】**

前記ユニットの法線軸から見ると、前記ユニットの光学部品の開口に対応し、かつ小さいユニット間間隙を除いて、前記平面を c m m 対称群のパターンでタイル状に埋め尽くし、かつ前記ユニットの傾斜軸を中心として前記角度位置決めユニットの制御下で動くと、前記ベースに対して垂直なその投影が、前記プロファイル形状の中に正確に位置する体積を掃過するプロファイルを有するよう、形作られ設計された、請求項 7 に記載のエネルギー捕捉ユニット。

**【請求項 9】**

前記エネルギー収集素子は、個別にいかなる動きをしたとしても、衝突し得ない、請求項 1 に記載のソーラーエネルギー収集システム。

50

## 【請求項 10】

前記ベース構造は、前記ソーラー収集素子を保護する透明な上面を有するエンクロージャの 1 部分である、請求項 1 に記載のソーラーエネルギー収集システム。

## 【請求項 11】

2 軸系の取付台に支持された剛性のエネルギー捕捉ユニットにおいて、光起電セルと併せて、光集中型光学部品を使用するソーラーエネルギー収集素子であって、

改善点は、平行な光軸を有し、かつそれぞれが非対称な光学部品を有する、異なる捕捉部品へと前記捕捉ユニットを分化し、軸から外れた平行光に対する、前記捕捉部品のセルの応答のリアルタイムパターンに基づいて、指向動作を実行することにより、専用センサを用いることなく閉ループ太陽追尾を実装することからなる、ソーラーエネルギー収集素子。

10

## 【請求項 12】

テストベッド環境において、エネルギー収集素子の挙動を測定することから導き出したデータは、指向動作が与えられたリアルタイムセル応答データを算出するための基準として使用される、請求項 11 に記載の素子。

## 【請求項 13】

集中型光学ユニットを作製する方法であって、その法線軸に対して平行な面において、その開口形状がそのプロファイル形状と一致し、それぞれが異なる開口および焦点距離を有するが、共通の光軸および焦点を共有する、複数の光学部品を組み合わせ、前記部品の開口は前記形状またはその区域をタイル状に埋め尽くすことにより、2 軸系追尾式取付台により提供される傾斜の任意の組に対する、前記ユニットのベース面への投影もまたその形状内に位置する、方法。

20

## 【請求項 14】

前記光学部品は複数の放物面の断片を備え、前記断片は、グラフを、隣接する断片の端部を接続する前記光軸に対して平行なライザ面を有する前記ベース面上で形成し、前記グラフは、前記プロファイル曲線と、前記面から所定の最大距離内で接する、反射器の作製に使われる請求項 13 に記載の方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

米国特許法第 119 条に基づく優先権の主張

本発明は、本出願者により 2008 年 12 月 3 日に出願された米国仮特許出願整理番号第 61/200,835 号の利益を主張するものである。

30

## 【0002】

本発明は、太陽を追尾する可動モジュールを使用して集光することによりソーラーエネルギーを収集する方法に関し、具体的には、従来のソーラーパネルと同様の形状因子および設置特徴を有する集光型光起電システムの構築に好適である、係る方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0003】

光起電セルを用いて太陽光を電気に変換するアプローチには、固定された指向で装着された光起電セルのフラットパネルを使用するアプローチと、追尾型光学素子を使用して、より狭い面積の光起電セルに光を集中させるアプローチという、主に 2 つの種類がある。後者は、出力密度をより高める能力と、要求される光起電材料の量を低減させることにより設備コストをより低くする能力とを潜在的に有する。それにより、非集光型パネルによるとコストが膨大となるであろう高効率光起電セルを、経済的に使用することが可能になる。例えば、III-V 族半導体を使用する三重接合太陽電池は、近年では 40% を超す太陽光電気変換効率を示すようになった。しかし、係る太陽電池を高コスト効果で地上において適用するには、一般に、太陽 100 個分を超す集光度において太陽電池を使用する必要がある。

40

## 【0004】

50

現在のところ、集光型光起電セルの応用は、主に工業規模の操業に限られている。多数の最近開発された集光型システムは、比較的サイズが小さい光学素子が用いられ、薄型になっていると言われているが、太陽光を電気に変換する製品の市場における最大の1分野、すなわち屋上パネルの市場には、依然として適さぬものとなっている。

【0005】

屋上ソーラーパネル装置の大部分は、固定された指向でパネルが装着され、薄型で、目立たない外観を有する。設置および維持が容易である集光型高効率光起電セルのより優れた経済性に、従来のソーラーパネルの美観を組み合わせたソーラー収光器は、所有者および使用者に対して前例のない価値を提供するであろう。追尾型光学素子を使用する集光型ソーラー収光器が従来のパネルのような固定された薄型形状を有するためには、固定されたベース構造内に装着された多数の係る光学素子の使用が必要となる。

10

【0006】

光学素子のアレイを比較的薄型の固定された平板内に配列された状態で組み込む、提案システムは、係る光学素子を、複数の光学素子により共有される調節機構に機械的に接続する。係るアプローチは、光学素子間の機械的連結に欠陥が生じると複数の光学素子に追尾不良が生じること、機械的連結はその機構の非精密さのために追尾エラーの原因となること、および個々の光学素子の保守が機械的接続を操作しなければならないために複雑なものとなること、を含む、いくつかの欠点を有する。

【0007】

本発明の目的は、ソーラーエネルギー収集システムの製造方法を提供することであり、係るシステムは、

20

- \* 寸法的に十分に小さい集光素子の製造を経済的なものとし、係る素子のアレイをパネル状エンクロージャ内に構成し、
- \* 最大限の集光率を可能とする極めて高い太陽追尾精度を提供することにより、光起電材料の必要量を最小限にし、
- \* アレイ素子間の空間に対する光の損失を最小限にすることにより、集中型光学システムの開口効率を最大限にし、かつ
- \* 素子の取り外しおよび再設置を簡単で平易なものとするにより、極めて高い動作上の堅牢性を提供し、維持および保守を容易にする。

【発明の概要】

30

【0008】

本発明は、太陽光を数百倍または数千倍に集中し、かつ2軸系自動指向エネルギー収集素子の使用により太陽光を高効率の光起電(PV: photovoltaic)セルへと導く光学的手段を使用して、ソーラーエネルギー収集システムの作製を可能とする。なお、各エネルギー収集素子は、光線指向性を検出する機能、光線を集中する機能、および光線を電気に変換する機能を実施するエネルギー捕捉ユニットと、捕捉ユニットを支持しかつ2つの直交軸まわりに捕捉ユニットを傾斜させる角度位置決めユニットと、角度位置決めユニットを支持するベースユニットと、を備え、前記エネルギー収集素子は平板状のエンクロージャ内に配列され、このエンクロージャは従来のソーラーパネルと同様の形状因子を有する可能性があるものとなっている。

40

【0009】

各エネルギー収集素子は、光学的手段、光電的手段、電気的手段、および機械的手段の組合せにより、2つの直交する傾斜軸を中心とする捕捉ユニットの回転を制御する角度位置決めシステムを通じて、個別に太陽を追尾する。エネルギー捕捉ユニットは、その光学形状および光検出形状により、エネルギー捕捉ユニットの軸の、太陽方向からの逸脱に関する情報を電気的形で提供する。その情報は、角度位置決めユニット内のモータの動きを制御するために用いられる。このモータは、角度位置決めユニットを、2つの直交軸、すなわちベースに対する軸および捕捉器に対する軸、を中心として動かし、それにより、捕捉器が、前記逸脱を低減させる方向に回転する。

【0010】

50

各素子は、同じ素子のエネルギー捕捉器内の光学システムにより制御される専用の角度位置決め駆動モータを有するため、駆動システムはステートレスである。すなわち、素子は、素子の初期位置がどうであったかに関わらず、素子自体を指向させて平行光を集中させ、パネル内の他の素子の機能に影響されない。指向電子機器に情報を提供する光学システムと、光学システムの装着および位置決め制御を提供する角度位置決めユニットとの機械的關係が密接であるため、追尾エラーが発生する機会は最小限にとどめられる。

#### 【0011】

各素子のエネルギー捕捉器は、2つの入れ子状の直交軸を中心として回転するよう、各素子の角度位置決め器により装着されている。なお、外側軸はベース基盤に対して平行であり、内側軸は、外側軸に対して垂直であり、かつ捕捉器の法線軸に対して垂直である。本発明は、エネルギー捕捉光学部品のプロファイルを画定するために使用される形状の系列に関して説明する。なお、このエネルギー捕捉光学部品は、角度位置決め器により密接充填アレイ状に装着されており、捕捉器の個々の動きを制限することなく、広範囲の傾斜角にわたって、最適な開口効率を提供する。捕捉器の形状は、アレイの法線方向に面するときは面タイル状に埋め尽くすが、角度位置決め器により動かされたときは、それぞれの平面タイルの法線方向における延長により画定されるそれぞれの体積内に完全に留まる。

10

#### 【0012】

本発明は、エネルギー捕捉ユニットの光学部品を設計する方法をさらに提供する。なお、この方法によれば、光学部品のプロファイルは、前述の平面タイル形状に精密近似し、角度位置決め器の制御下における光学部品の運動体積は近接する光学部品の運動体積と交差せず、その結果、アレイ素子の個々の動きに関わらずアレイ素子同士の衝突が予め排除される。一方、エネルギー収集素子のいくつかの実施形態においては、捕捉ユニットの光学部品およびPVセルの形状を利用して、捕捉器指向運動を行う位置決めモータに動力を直接供給するための電力が生成される。他の実施形態においては、予め生成された後、各素子内のマイクロコントローラにインストールされるアルゴリズムおよびデータセットを利用して、捕捉器のPVセルの出力レベルパターンに基づいて、位置決めモータの捕捉器指向運動が決定される。係るアルゴリズムを使用することにより、後者の種類の実施形態は、完全にエネルギー収集PVセルのみに基づいて、指向情報を推測するためのデータを求めることが可能となり、その結果、専用の方向検出光センサの必要性が排除される。

20

#### 【図面の簡単な説明】

30

#### 【0013】

【図1】本発明の第1実施形態に係る、単一の自己指向性エネルギー収集素子の図である。

【図2】パネル内部に設置された、例えば図1に示す素子を示す図である。

【図3】図1に示す種類の同一素子を60個収容するパネル全体を示す図である。

【図4A】本発明の角度位置決め器により提供される運動の2つの軸を中心として定量ずつ平面タイル形状を傾斜させるときの、様々な平面タイル形状の輪郭の投影を示す図である。

【図4B】本発明の角度位置決め器により提供される運動の2つの軸を中心として定量ずつ平面タイル形状を傾斜させるときの、様々な平面タイル形状の輪郭の投影を示す図である。

40

【図5A】角度位置決め器により動かされたときに交差しない運動体積を有する、1パラメータ系列のタイル形状を生成する方法を示す図である。

【図5B】角度位置決め器により動かされたときに交差しない運動体積を有する、1パラメータ系列のタイル形状を生成する方法を示す図である。

【図5C】角度位置決め器により動かされたときに交差しない運動体積を有する、1パラメータ系列のタイル形状を生成する方法を示す図である。

【図6A】図5A～Cにおいて画定されたタイル形状が角度位置決め器の1つの傾斜軸および両方の傾斜軸まわりに動くときの、タイル形状により掃過される体積を示す図である。

50

【図 6 B】図 5 A ~ C において画定されたタイル形状が角度位置決め器の 1 つの傾斜軸および両方の傾斜軸まわりに動くときの、タイル形状により掃過される体積を示す図である。

【図 6 C】図 5 A ~ C において画定されたタイル形状が角度位置決め器の 1 つの傾斜軸および両方の傾斜軸まわりに動くときの、タイル形状により掃過される体積を示す図である。

【図 6 D】図 5 A ~ C において画定されたタイル形状が角度位置決め器の 1 つの傾斜軸および両方の傾斜軸まわりに動くときの、タイル形状により掃過される体積を示す図である。

【図 7 A】アレイの法線軸からの、入射光の様々な角度変位に対する、本発明の 1 つの例の、開口効率を示すシミュレーションの図である。

10

【図 7 B】アレイの法線軸からの、入射光の様々な角度変位に対する、本発明の 1 つの例の、開口効率を示すシミュレーションの図である。

【図 8 A】第 1 実施形態に係るエネルギー捕捉ユニットの反射器部分を設計する方法を示す図である。

【図 8 B】第 1 実施形態に係るエネルギー捕捉ユニットの反射器部分を設計する方法を示す図である。

【図 8 C】第 1 実施形態に係るエネルギー捕捉ユニットの反射器部分を設計する方法を示す図である。

【図 9】第 1 実施形態に係るエネルギー捕捉ユニットの分解図および詳細図である。

20

【図 10】エネルギー捕捉ユニットをその法線軸に沿って見下ろした図、および 3 つの長手方向断面図である。

【図 11 A】エネルギー捕捉ユニットに当たる代表的な光線がたどる経路を示す図である。

【図 11 B】エネルギー捕捉ユニットに当たる代表的な光線がたどる経路を示す図である。

【図 11 C】エネルギー捕捉ユニットに当たる代表的な光線がたどる経路を示す図である。

【図 11 D】エネルギー捕捉ユニットに当たる代表的な光線がたどる経路を示す図である。

30

【図 12 A】角度位置決めユニットの詳細図である。

【図 12 B】角度位置決めユニットの詳細図である。

【図 13】本発明の第 1 実施形態に係るエネルギー収集素子を備えるパネルの角部を示す詳細図である。

【図 14】パネルの電気回路図である。

【図 15】単一のアナログ回路のみを有する、第 1 実施形態に係るエネルギー収集素子の電気回路図である。

【図 16】マイクロコントローラを有するエネルギー収集素子の電気回路図である。

【図 17】本発明のいくつかの実施形態に対する、エネルギー捕捉部品の配列およびそれぞれの光軸を示す図である。

40

【図 18】エネルギー捕捉ユニットが 5 つの捕捉部品を有する（すなわち、4 つの捕捉部品が反射光学部品を使用し、1 つの捕捉部品が屈折光学部品を使用する）、第 2 実施形態に係るエネルギー収集素子を示す図である。

【図 19 A】第 2 実施形態に係るエネルギー捕捉ユニットの 1 部分を示す図である。

【図 19 B】第 2 実施形態に係るエネルギー捕捉ユニットの 1 部分を示す図である。

【図 20 A】エネルギー捕捉ユニットが、4 つの、屈折光学部品を使用する捕捉部品を有する、第 3 実施形態に係るエネルギー収集素子の組み立て図および分解図である。

【図 20 B】エネルギー捕捉ユニットが、4 つの、屈折光学部品を使用する捕捉部品を有する、第 3 実施形態に係るエネルギー収集素子の組み立て図および分解図である。

【図 21】第 3 実施形態に係るエネルギー捕捉ユニットを示す図および断面図である。

50

【図 2 2】エネルギー捕捉ユニットが、反射光学部品を使用する 4 つの捕捉部品を有する、第 4 実施形態に係るエネルギー収集素子を示す図である。

【図 2 3】第 4 実施形態に係るエネルギー捕捉ユニットを示す図および断面図である。

【図 2 4】アナログ回路に基づくエネルギー収集素子の電気回路図である。

【図 2 5】マイクロコントローラを有するエネルギー収集素子の電気回路図である。

【図 2 6 A】運動および光方向変位の空間を示す図である。

【図 2 6 B】運動および光方向変位の空間を示す図である。

【図 2 6 C】運動および光方向変位の空間を示す図である。

【図 2 6 D】運動および光方向変位の空間を示す図である。

【図 2 7 A】光変位空間上にわたる、仮想的な P V 応答関数の 1 例を示す図である。

10

【図 2 7 B】光変位空間上にわたる、仮想的な P V 応答関数の 1 例を示す図である。

【図 2 7 C】光変位空間上にわたる、仮想的な P V 応答関数の 1 例を示す図である。

【図 2 7 D】光変位空間上にわたる、仮想的な P V 応答関数の 1 例を示す図である。

【図 2 8】マイクロコントローラを備えるエネルギー収集素子により使用されるデータセットを生成するプロセスをまとめるフローチャートである。

【図 2 9】エネルギー収集素子のマイクロコントローラにより実行される指向アルゴリズムを示すフローチャートである。

【図 3 0】応答空間から変位空間への逆写像を示す図である。

【図 3 1】写像を表すために必要なデータを低減するために、応答空間から変位空間への写像を折り畳む方法を示す図である。

20

【図 3 2】変位写像の曖昧性除去のための、指向アルゴリズムにおける状態情報の使用を示す図である。

【図 3 3】変位写像における歪曲を修正するための、指向アルゴリズムにおける状態情報の使用を示す図である。

【図 3 4】単一の素子を収容するよう設計されたエンクロージャ内の、第 4 実施形態に係るエネルギー収集素子を示す図である。

【図 3 5】近接するエネルギー収集素子による遮光を説明するための、第 4 実施形態に係るエネルギー収集素子を含むパネルの角部を示す図である。

【図 3 6】変位および位置空間の積からなる、4 次元の条件空間を示す図である。

【図 3 7】光源を固定可能な基盤を用いて、条件空間を包含するサンプルデータを生成するためのテストベッドを示す図である。

30

【図 3 8 A】本発明の第 5 実施形態に係る組立体を示す図である。

【図 3 8 B】本発明の第 5 実施形態に係る組立体を示す図である。

【図 3 9】本発明の第 6 実施形態に係るエネルギー収集素子を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

本発明を実施するための形態は、本発明の第 1 実施形態の概観から始める。次いで、第 1 実施形態および他の実施形態に係るエネルギー捕捉ユニットの形状決定方法について説明する。同時に、この形状決定方法は、エネルギー捕捉ユニット同士が衝突する可能性を排除するとともに、エネルギー捕捉ユニットを密接充填することにより最適な開口効率を提供するものである。係る背景を持って、本説明は第 1 実施形態に戻り、その機能について詳細に説明する。次いで、本明細書は、本発明のさらなる 3 つの実施形態について検討する。なお、これら実施形態に係るエネルギー捕捉ユニットは、いくつかの捕捉部品と、係る実施形態に係る個々の素子のマイクロコントローラが、捕捉部品からのデータを用いて自身の捕捉ユニットを指向させるアルゴリズムとに分化される。最後に、本明細書は、最初の 4 つの実施形態とは特徴が大きく異なる、本発明の 2 つの実施形態について説明する。

40

【0015】

放射エネルギー収集素子

図 1 は、単一のエネルギー収集素子を示し、図 2 は、パネルに設置された、いくつかの

50

係る素子を示し、図3は、60個の素子の完全な適合を含むパネルを示す。

【0016】

収集素子は、相互に対して運動する3つの剛性の組立体、すなわち、放射エネルギー捕捉ユニット100、角度位置決めユニット200、およびベースユニット300を備える。略して、エネルギー捕捉ユニットは、エネルギー捕捉器または単に捕捉器とも称され、角度位置決めユニットは角度位置決め器または単に位置決め器とも称される。角度位置決め器は、同時にエネルギー捕捉器およびベースユニットの弓状軌道を装着し、それにより、直交し、かつ交差する2つの軸、すなわちベースに対して位置決め器が部分的に回転する外側軸および位置決め器に対して捕捉器が部分的に回転する内側軸を中心とした部分的回転が提供される。捕捉器の弓状軌道は、約170度の円弧にわたって延長する凸形Tレール状の弓形190である。ベースの弓状軌道は、約170度の円弧にわたって延長する凹形Tレール310である。位置決め器の、円弧に係合する2つスロットのそれぞれは、約25度の角度距離で広がるため、各弓形により提供される運動の角度範囲は、約145度である。

10

【0017】

角度位置決め器は、ケーブル260を通して角度位置決め器に伝達される電気の形の動力および情報を使用して、位置決め器の内部に装着された1対のマイクロギヤモータの動作により装着弓形に沿った摺動を行う。ベースおよび捕捉器に対する位置決め器の移動範囲は、装着弓形内の小さいライザにより制限され、これらライザは、最大角度変位において位置決め器の壁部と衝突する緩衝器として働く。

20

【0018】

エネルギー収集素子は、小さい高効率光起電セル、すなわち発電用PVセル160に対して放射エネルギーを光学的に集中することにより放射エネルギーを捕捉し、発電用PVセル160は、その電磁エネルギーを電気エネルギーに変換する。

【0019】

エネルギー捕捉器は、3つの主要部分、すなわちタワー150、反射器ディッシュ110、および凸状装着弓形190からなる。これらの部品の重複機能については後の項で説明することとし、この項では、これら部品の顕著な特徴のいくつかを詳説する。

【0020】

タワーは、主に、放物面ファセット156、フィン154、および内側ファセット158(図9において見られる)を含む、研磨面を有するアルミ合金の固体片からなる。この固体片は、それぞれが低角度の入射光を遮断するために横方向の格子を有する薄く広いセンサ用PVセル164の角錐を支持する。

30

【0021】

タワーの頂部を形成するブロック170の凹状下面内に装着された発電用PVセル160(図9において見られる)は、捕捉器の光軸に沿って下方に面し、反射器ディッシュ110を含む放物表面の共通焦点に位置する。電力は、前記PVセルからタワーのベースへと、タワーフィンの1つに貼り合わされたフラットケーブル172により伝えられる。

【0022】

反射器ディッシュは、反射度が高く、反射鏡的で、耐食性のある精密な形状の鏡面加工された上面を有する。反射ディッシュは、正方形のソケットによりタワーと嵌合し、反射ディッシュおよびタワーの特徴部分が確実に正しい関係位置を占めるよう、タワーとともに設計されている。凸状装着弓形は、タワーのベースにおいてタワーに取り付けられた別個の部品である。

40

【0023】

光学的には、反射器は、共通の焦点を有し、かつ焦点距離がそれぞれ異なる5つの放物面鏡からなる。その光軸にそって見ると、反射器は、ライザが、継ぎ合わせ断片の間に位置し、光軸に対して平行で、継ぎ合わせ断片間の細線に見えるように完全に短縮化された、異なる放物面を対称的に継ぎ合わせたものである。

【0024】

50



## パネル組立体

エネルギー収集素子は、エネルギー収集素子を受容するよう設計されたパネル状のエンクロージャ内に設置されるよう設計されている。図2は、最初に素子のベースユニットを設置し、次いで素子の位置決めユニットおよび捕捉ユニットを設置するという2段階プロセスにより、複数の素子が設置されるエンクロージャのベース部分を示す。

### 【0025】

ベースユニットのレールスロット318を、切り欠きが付いているベースレール424に対して滑り込ませ、近接する部品の端部を、前記ベースプレートの孔414と係合する締結具416を用いてエンクロージャベースプレート412に固定することにより、少なくとも6つのベースユニットが設置されている。

10

### 【0026】

4つの完全な素子が、エネルギー捕捉ユニットおよび角度位置決めユニットを組み合わせた組立済みのモジュールを、設置済みのベースユニットの凹状弓形上に装着することにより、設置されている。この装着動作は、角度位置決め器の外側スロットをベースモジュールの軌道と整列させて、軌道に滑り込ませるように位置決め器の反対側の面に力を印加する必要がある。軌道312の端部にある小さい隆起は、位置決め器が、一度設置された後、軌道から滑り落ちることを防ぐ。素子の設置を完了するために、モジュールの電気ケーブルの端部にあるプラグが、ベースのソケットに嵌合される。

### 【0027】

図3は、60個の素子を備える完成後のパネルを示し、全ての素子のエネルギー捕捉器は、それらの光軸が太陽光の方向に対して平行となる状態で、整列している。各素子は、透明カバー430により、天候から保護される。

20

### 【0028】

#### 最適充填形状

本発明は、同一のエネルギー収集素子の密接充填アレイを備えるエネルギー捕捉システムについて説明する。なお、このシステムにおいては、(複数の)素子は、各素子が個別に動いても相互に衝突する可能性が無く、各素子の光軸がアレイの法線軸と一致する場合、面を本質的にタイル状に埋め尽くす。したがって、本発明は、同時に以下の2つの重要な目的を達成する。すなわち、本発明は、エネルギー収集素子間に入る光線の部分が入射光全体のうちのごくわずかな割合となるように最小化することにより、2軸系追尾素子アレイの開口効率を最大限にし、各素子の動きを同期する必要なしに、および各素子の運動範囲を制限する必要なしに、素子の衝突回避を確実なものとする。本発明は、1つには、平面タイル形状の生成方法を提供することにより、以上の目的を達成する。なお、この平面タイル形状は、例えば本発明に係る角度位置決め器により提供されるような、2つの直交回転軸を中心として運動する際に掃過する体積の面上への各投影が、その形状と一致するような平面タイル形状である。

30

### 【0029】

本発明に係る形状生成方法の以下の説明においては、一般の平面タイル形状は、衝突回避運動体積を提供できないことから検討を始める。

### 【0030】

図4は、本発明に係る角度位置決め器により動かされる1組のタイル形状のクリアランスプロファイルの研究結果を示すものである。図4Aは、5つの面タイル多角形の輪郭が描かれたプレート10を装着する角度位置決め器20の1つの実施形態を示す。位置決め器は、位置決め器が内側弓形19により装着するプレートの内側回転軸18を中心として120度、および位置決め器が外側弓形31により装着するベースの外側回転軸32を中心として120度の角度運動をするよう設計されている。本実施形態は、垂直角度からの角度変位が両方ともゼロであり、プレートがタイル面に位置する姿勢において示されている。

40

### 【0031】

図4Bはシミュレーション結果を示す。なお、このシミュレーションにおいては、4つ

50

のタイル多角形のそれぞれに対して、そのクリアランスプロファイルを見積もるための軌跡が、 $-60$ 度から $60$ 度の範囲において $10$ 度刻みで、それぞれの垂直角度から離れていく内側軸回転および外側軸回転の各組合せに対する、タイル平面上への多角形の外形の垂直投影を蓄積することにより生成された。

【0032】

このシミュレーションは、4つの多角形のうちいずれもが、面をタイル状に埋め尽くすと同時に、隣接する素子と衝突しないことを保証するアレイの製造を可能にするエネルギー捕捉ユニットのプロファイルとして好適でないことを示す。タイル面における多角形のプロファイルの外側にある投影された多角形の部分の外形は、タイル配列においては隣接する多角形のセルと重なり合い、隣接する素子同士の衝突が生じる可能性を表す。一方、右側の14辺多角形は、隣接するセルとの重なり合いが最小であり、図5に示す、クリアランスプロファイルが重なり合わないタイルプロファイルの1パラメータ系列のプロファイルのおおよその近似となっている。

10

【0033】

図5は、平面形状の生成方法を示す。ただし、これらの平面形状は、それぞれが平面をタイル状に埋め尽くし、本発明に係る角度位置決め器により動かされると、一定の体積を掃過し、タイル面上への投影はその形状と同一であるという特徴を有する。本方法は、

- ・  $X_d$  : 各列内における形状と形状との間の変位
  - ・  $Y_d$  : 列と列との間の変位
  - ・  $R_m$ 、 $X_m$  : 形状の境界となる端部の距離
- という4つの独立変数を定義することから始まる。

20

【0034】

隣接する形状同士の間の緩衝を提供する比較的小さい値である、 $R_m$ および $X_m$ を無視すると、細長比と称される $Y_d$ および $X_d$ の比が、1パラメータ系列の形状を画定する。なお、細長比は少なくとも $\sin(\pi/3)$  (約 $0.866$ )となる。

【0035】

$X_d$ および $Y_d$ の値が与えられると、2つの隣接する形状の中心点 $P_1$ および $P_2$ の座標が、 $P_1$ を原点として、決まる。これら2つの形状は連続する列に位置し、第2の列は第1の列から $X$ 軸に沿って、同一の列内において隣り合う形状同士の間の距離の $1/2$ だけ変位する。境界半径 $R$ は、 $P_1$ と $P_2$ との間の距離の $1/2$ である。凸状弓形半径 $R_p$ は、 $R$ から $R_m$ を引いた値であり、凹状弓形半径 $R_m$ は、 $R$ に $R_m$ を加えた値である。半形状幅 $X_r$ は、 $X_d$ の $1/2$ から $X_m$ を引いた値であり、半形状高さ $Y_r$ は $R$ より大きく、 $Y_d$ より小さい値である。

30

【0036】

形状が2つの対称面を有するため、形状の $1/4$ のみを記述し、 $X$ 軸および $Y$ 軸を軸として反転させるだけで、全体形状が作られる。形状の端部プロファイルは、境界曲線90に対して実質的に平行である。形状の端部は、 $P_2$ を中心とする凹状弓形91、および $P_1$ を中心とする凸状弓形92からなり、細長比が $0.866$ を超える場合、距離 $X_r$ において $Y$ 軸に平行な線分93、および所望により、原点から距離 $Y_r$ にある曲線94からなる。

40

【0037】

本発明に対する有用な形状を生じさせる細長比 ( $Y_d$ を $X_d$ で除算した値) は、最小値 $0.866$ からおそらく $1.5$ までの範囲にある。

【0038】

図5Bおよび図5Cは、それぞれ、素子が $0.866$ および $1.0$ の細長比を用いて画定された2つのアレイを示す。これら2つのアレイに対する形状パラメータの値は、以下の通りである。

【0039】

	$X_d$	$Y_d$	$R_m$	$X_m$	$R$
図5A	100	86.6	0.5	-	100

50

図 5 B 1 0 0 8 6 . 6 0 . 5 0 . 5 1 1 1 . 8

2つの図面における素子の上向きプレートは、様々な設計のうちの任意のものとなる可能性があるエネルギー捕捉ユニットを表すが、その平坦面は、ユニットの対称軸および光軸（単数または複数）に対して垂直で、かつ素子の内側回転軸を含む平面である、その開口平面に位置するユニットの部分を表す。

【 0 0 4 0 】

本説明において列挙した実施形態のうち、第 1、第 3、第 4、および第 5 の実施形態は、最小の細長比 0 . 8 6 6 に基づく幾何学的形状であるが、第 2 および第 6 の実施形態は、細長比 1 に基づく幾何学的形状である。しかし、いずれの実施形態も、異なる細長比に基づくプロファイル形状を用いるように適合される可能性がある。0 . 8 6 6 および 1 . 0 の細長比は、それぞれ望ましいと思われる特徴を有する。細長比が 0 . 8 6 6 である場合、通常の六角形状を有する密接充填アレイが生成され、このアレイにおいては、各素子の 6 つの近接する素子が同一の距離にある。細長比が 1 . 0 である場合、列内における素子と素子との間の距離が列と列との間の距離と等しい密接充填アレイが生成される。

10

【 0 0 4 1 】

本発明により説明される 1 パラメータ系列の形状は、2つの鏡映対称の面を有し、c m m 対称群で面をタイル状に埋め尽くす。この系列は、c m m 対称群の面タイル形状という、より大きい系列のうちの一部であり、この大きい系列のコンパクトなアレイは、角度位置決め器により装着されたときに、交差しない運動体積を有する。しかし、この 1 パラメータ系列は、このより大きい系列のうち、所定の面積に対して最短のプロファイル端部を有し、したがって、コンパクトなアレイにおけるソーラーエネルギー収集器のプロファイルとしては最も有用である 1 つの部分について説明する。

20

【 0 0 4 2 】

図 6 は、タイル形状 1 2 により掃過される、エネルギー捕捉ユニットに好適な体積を示す。なお、この形状は、0 . 8 6 6 の細長比を用いて前述の方法により生成されたものである。図 6 A は、内側装着軸および外側装着軸の両方のまわりに法線角度からわずかに傾斜した形状を示す。図 6 B は、ユニットのエネルギー捕捉器が、その内側装着軸 1 8 を中心として、その運動角度範囲にわたって回転するときの、エネルギー捕捉器により掃過される体積を示す。図 6 C は、ユニットが、その内側装着軸 1 8 および外側装着軸 3 2 の両方を中心として、その運動角度範囲にわたって回転するときの、ユニットの可動部分、すなわちユニットのタイル形状 1 2 およびユニットの角度位置決め器 2 0 により掃過される体積を示す。図 6 D は、密接充填アレイに配列された、図 6 C の 4 つの体積の図であり、各体積が交差しないことを示す。

30

【 0 0 4 3 】

図 7 は、内側装着軸および外側装着軸を中心とする傾斜角の一定範囲にわたる、例えば図 6 A に示すようなユニットのアレイの開口効率を測定するシミュレーションを示す。図 7 A は、図 7 B の表に示す投影を生成する方法を示す。様々なモジュールの捕捉器の投影面 5 0 および開口面は、内側軸回転 5 8 および外側軸回転 5 2 によってアレイの法線方向 4 0 から変位した太陽方向 6 0 に対して垂直に指向されている。3 0 度以下の軸回転に対して図 7 B に示される投影のいくつかに見られる狭く黒い領域は開口損失を表し、いずれの場合においても、開口損失は 5 % より小さくなっている。

40

【 0 0 4 4 】

反射器の設計

図 8 は、第 1 実施形態に係る反射器を設計するために用いた方法を示す。反射器が 2 つの鏡面对称面を有するため、本方法においては、反射器の単一の四分分割部の生成について説明するものとする。なお、この単一の四分分割部をこれらの対称面に関して鏡映すると、反射器全体が作られる。図 8 A は、共通焦点 1 1 2 を共有する 1 組の放物面区域、すなわち 5 つの放物面区域 1 1 5、1 1 6、1 1 7、1 1 8、および 1 1 9 を示す。これらの放物面区域が、図 6 B に示す捕捉器クリアランス体積の表面の 1 / 4 を表すシェル 1 0 2 により切り抜かれる。反射器は、放物面区域のうちの、クリアランス体積の内側に位置する

50

部分のみを含むことができる。

【 0 0 4 5 】

図 8 B は、図 8 A に示す 5 つの切り抜かれた放物面区域の断片を、それら断片の端部と端部を連結するライザとを組み合わせることにより生成された、反射器の 1 つの四分割部の上面を示す。反射器の光軸および法線軸 7 0 に対して垂直な面内の写像 1 2 0 は、1 組の、6 つの領域を確定する。なお、ここでは、各領域が、5 つの放物面区域のうちの 1 つの上に投影されると、図 8 B および図 8 C においてその親となる放物面区域の番号により示される放物面断片が画定される。これら断片同士が、垂直ライザ面 1 2 8 により、その端部にそって連結される。ライザ面は、反射器の光軸に対して平行な平面および円筒面からなり、かつすべての場所でその方向からその光軸への角度が 9 0 度以下で分けられる法線方向を有する。この設計により、反射器の光軸が入射光の方向に対して平行である場合、ライザが光を遮断しその結果ユニットの効果的開口が低下することは決してない。またライザは、入射光が放物表面に達することを遮ることがなく、また放物表面により反射された光が、光軸に沿って配置された受容器 1 6 0 に達することを遮ることもない。

10

【 0 0 4 6 】

放物面断片を画定する領域の形状選択は、以下のいくつかの基準により導かれる。

【 0 0 4 7 】

1 . 反射器の外側端部をクリアランスプロファイル曲線 1 2 2 から小さい距離内に保つこと。

【 0 0 4 8 】

2 . 反射器の平均焦点距離を可能な限り長くすること。

20

【 0 0 4 9 】

3 . 内側装着弓形および他の装備のための空間を提供するために、反射器の後方側面にくぼみを設けること。

【 0 0 5 0 】

図 8 C の詳細図は、第 1 基準がいかに満足されるかを示す。各放物面は、任意の所与の点において、放物面の焦点距離および光軸 7 0 からのその点の距離により画定される高さにおいて、切り抜きシェル 1 0 2 と交差する。放物面 1 1 5 は、最短の焦点距離を有し、最も高い曲線上でシェルと交差し、後続の各放物面はより低い曲線に沿ってシェルと交差する。光軸との距離は、図 8 C に示す反射器のテーパ部分へと向かうにしたがって増加するため、焦点距離が連続的に大きくなる放物面は、プロファイル曲線 1 2 2 を含む中間面の高さ等の、所定の高さにおいてシェルと交差するよう選択されなければならない。写像 1 2 0 は、各放物面断片が切り抜きシェルと、中間面からの垂直変位が狭い範囲内で、交差するよう、設計される。

30

【 0 0 5 1 】

反射器の設計の指針となる第 2 基準は、反射器を備える放物表面の平均焦点距離を最大化することである。反射器の端部に延長する放物面断片の選択は、断片が中間面の近傍において切り抜きシェルと交差するという要件により制限されるのに対し、より長い焦点距離の放物面の断片を、反射器の内部に対して選択することができる。より焦点距離がより短い放物面のかわりに、放物面 1 1 9 の大きい断片を反射器の内部に使用することは、受容器に達する光の大部分が、より焦点距離が短い放物面を使用した場合よりも、より小さい入射角を有することを意味する。

40

【 0 0 5 2 】

より長い焦点距離の放物面を反射器の内部に対して選択することにより提供されるさらなる利点は、断片同士の間をライザをより長くすることが可能となり、その結果、陥凹ミラー 1 2 4 等の装備のための空間が提供されることである。

【 0 0 5 3 】

まとめると、本方法は、放物面の光軸に対して垂直な面において隣接する領域の写像を使用することにより、異なる放物面から断片を切り取り、それら断片をその端部に沿って、その光軸に対して垂直なライザ面によって結合することにより、光軸および焦点が同一

50

であるが焦点距離が異なる複数の放物面を組み合わせることにより、本発明に係る平面タイルプロファイル形状内に収まる反射光学部品を設計するために使用される。この方法は、図18および図19に示す第2実施形態に係る反射器、または図22に示す第4実施形態に係る反射器等の、それぞれが開口および光軸により画定される複数の光学セクタを有する反射器の設計に適用できるよう、容易に一般化することができる。

【0054】

同様の方法が、本発明の平面タイルプロファイル形状および対応する衝突回避運動体積内に収まる屈折光学部品を設計するために使用される。その方法は、光軸および焦点は同一であるが焦点距離が異なる複数のレンズ区域を組み合わせることを含む。なお、レンズ区域の範囲は、捕捉ユニットの運動体積により決定される。係る方法の使用が、図21に示す第3実施形態の場合において、4つの光学セクタを有するレンズに対して示される。

10

【0055】

図9は、第1実施形態に係るエネルギー捕捉ユニットの分解図および詳細図を示す。捕捉ユニットは、3つの主要部品、すなわちタワー150、反射器110、および凸状装着弓形190に分けられている。Aと印された円形領域は、指向性PV断片を包囲する屈折格子166を示すために、詳細Aとして拡大される。

【0056】

詳細Bと印された下方右側コーナーの拡大図は、発電用PVセル160、鏡面加工された内向きファセット158、および鏡面加工された外向きファセット156を備えるタワーブロックにおける凹部分を示す。

20

【0057】

図10は、捕捉ユニットの法線軸に沿って見下ろした捕捉ユニットの図および3つの示された長手方向断面図を示す。断面Bは、2つのフィン154がプロファイルにおいて見られるよう、光軸のちょうど前方で切断される。

【0058】

図11は、素子のエネルギー捕捉ユニットに入る代表的な光線の経路を示す。図11Aおよび図11Bは、図10においてBにより示される対角断面図を示し、図11Cおよび図11Dは、図10においてCにより示される断面を示す。これら4つの図面すべてにおいて、入射光はページの垂直軸に対して平行であるが、ユニットの光軸は、その方向から、ページに対して垂直な軸を中心として、4つの異なる角度、すなわち図11Aにおいては0度、図11Bにおいては0.5度、図11Cにおいては2度、図11Dにおいては20度だけ傾けられる。

30

【0059】

ユニットの光軸が図11Aに示すように入射光の方向に対して平行である場合、反射器の様々な放物表面は、入射光を発電用PVセル160へと反射させる。光線510は、放物表面119により、発電用PVセル160へと反射される。光線512は、まずタワーブロックファセット156により反射され、次に、陥凹ミラー124の下方部分により、発電用PVセルへと反射される。センサ用PV164は、正確にタワーブロックの陰影部分の中に位置する。

【0060】

40

ユニットの光軸が図11Bに示すように入射光の方向からわずかだけ逸れた場合、反射器の表面により反射された光の大部分は、依然として発電用PVセルに到達するが、他の光は、1つまたは2つのセンサ用PV164に当たり始める。光線514は放物表面119により発電用PVセルに向かって反射されるが、内部タワーブロックファセット158により反射されて発電用PVセルに達しない可能性もある。光線516はまずタワーブロックファセット156により反射され、次に中央陥凹ミラー124によりセンサ用PV164へと反射される。陥凹ミラーがカップ状表面の湾曲を有するため、反射点がわずかも高くなると、反射光の角度が大きく変化する。

【0061】

ユニットの光軸が、図11Cに示すように、入射光の方向からさらに逸れると、光は2

50

つの経路を通してセンサ用 P V へと達する。光線 5 2 0 は、タワーブロック 1 7 0 のわずかに側方を通過し、センサ用 P V 1 6 4 に直接当たる。光線 5 2 2 は放物表面 1 1 9 によりセンサ用 P V 1 6 4 の上方部分へと反射される。これら光線の両方は極めて大きい入射角によりセンサ用 P V に到達するが、センサ用 P V を覆う横方向格子表面により、光の大部分が確実に捕捉され、P V により確実に吸収される。

#### 【 0 0 6 2 】

ユニットの光軸が図 1 1 D に示すように入射光の方向からさらに逸れると、光は 2 種類の経路を通してセンサ用 P V に到達し続けるが、センサ用 P V に入射する光の量は増加する。光線 5 2 4 はセンサ用 P V 1 6 4 に直接達する。光線 5 2 6 は放物表面 1 1 9 によりセンサ用 P V の下方部分へと反射される。

10

#### 【 0 0 6 3 】

##### 角度位置決め器

2 軸系角度位置決め器 2 0 0 は、2 つの弓状スロット、すなわち凸状軌道 1 9 0 を摺動可能に装着する上方の弓状スロット 2 0 4 と、凹状軌道 3 1 0 を摺動可能に装着する下方の弓状スロット 2 0 6 とを備える。

#### 【 0 0 6 4 】

前述の位置決め器の各弓状スロットは、軌道のフランジ端部の周囲に沿ってスロットのそれぞれの軌道と係合するモータ駆動ローラを備える。スロット 2 0 4 は、マイクロギヤモータ 2 2 2 に駆動されるローラ 2 2 4 を有し、スロット 2 0 6 は、マイクロギヤモータ 2 2 6 に駆動されるローラ 2 2 8 を有する。

20

#### 【 0 0 6 5 】

ワイヤハーネス 2 3 0 に束ねられたワイヤは、様々な通信キャビティを通して、位置決め器内部の電子部品と接続する。図 1 2 B は、例えば図 1 6 に説明される実施形態の説明に見られるようなマイクロコントローラ 2 3 2 を示す。

#### 【 0 0 6 6 】

位置決め器本体は、4 つの成形品、すなわち 2 つの同一の上側半体 2 1 4 および 2 つの同一の下側半体 2 1 6 からなる。位置決め器の組立は、駆動モータおよびワイヤ等の部品を上側半体および下側半体の空洞へと挿入し、それぞれの半体を嵌合させ、そのようにして形成された上部組立体および下部組立体をスライドして合体させ、最後に組立体の横方向の穴に固定用ニップル 2 1 8 を挿入することにより完成した組立体をロックすることにより行われる。図 1 および図 2 に示す外部ケーブル 2 6 0 および外部ケーブル 2 6 2 は、固定用ニップルを通して位置決め器に入る。

30

#### 【 0 0 6 7 】

角度位置決め器は、ソーラーエネルギー捕捉ユニットを支持し、ベースユニットに対する捕捉ユニットの角度位置決めを提供すると同時に、ギヤモータおよび電子機器に対して保護エンクロージャを提供する。ベースおよび位置決め器の関節動作は、位置決め器が、ベースに固定された凹状軌道の端部からスライドして取り外すことができるようになっている。

#### 【 0 0 6 8 】

角度位置決め器の他の実施形態においては、駆動装置が軌道と係合する方法が変更され得る。駆動装置は、素子のマイクロコントローラが、移動した角度距離を記録し、それにより角度位置を推測することができるよう、ピニオンギアと、通信用歯 ( c o m m u n i c a t i n g t e e t h ) を有する軌道と、サーボモータとを備えてもよい。または、駆動装置は、軌道表面上でより優れた牽引力を発揮するよう、長手方向の隆起を有するローラを有してもよい。

40

#### 【 0 0 6 9 】

図 1 3 は、全エネルギー捕捉器が垂直姿勢に指向された、第 1 実施形態に係るパネル部分を詳細に示す。この図は、パネルエンクロージャ 4 3 0 の透明カバーの広い上部表面のすぐ下側の断面図である。この断面は、前記カバーの薄い側壁を通してスライスする。なお、この側壁は、パネルの周囲のまわりの前記表面から、不透明なベース側壁 4 2 0 に達

50

するまで下方に延長する。

【0070】

吸気ポート436がパネルの底面端部に沿って配置される。フィルタ438が装備されている吸気ポート436は、吸気ポート436がないと外気から密閉されるパネルの圧力を均衡にするために使用することも可能であり、または、吸気ポート436からパネルを通して空気を吸い込み排気ポートから排気する排気ファン（図示せず）と組み合わせて使用することも可能である。排気ポートは、建物の暖房等の用途のために、暖気を送達するためにダクトと接続されてもよい。

【0071】

列ワイヤ448は、列内の各素子の出力を並列に接続し、バックボーンワイヤ446は、パネルマイクロコントローラ450に対して前述の列ワイヤを並列にまたは直列に接続する。メイン出力ワイヤ444は、全素子の累加された電力を伝導し、かつ前述のマイクロコントローラをパネル外部に装着された電気コネクタ442に接続する。前述の電気コネクタと嵌合する電気コネクタを有するコード（図示せず）を用いて、パネルにより生成された電流を外部負荷に供給する。

10

【0072】

第1実施形態の電子機器

図14は、16個の素子のみを示すよう簡略化された、図13に示すパネルの電気回路図である。図14において簡略化され点線四角形で示された素子の電気回路図が図15および図16に示される。

20

【0073】

図15および図16は、第1実施形態に係る素子の2つの変形の該略電気図であり、図15は、素子の自己指向挙動を実現する簡単な1対のアナログ回路を有する素子を示し、図16は、機能がマイクロコントローラ236により拡張された素子を示す。

【0074】

この説明においては、最初に2つの回路の共通の特徴について検討し、次いで、個々の特徴について検討する。素子回路は、コネクタ280により、それぞれの列ワイヤ448に接続される。導線282および導線284は、発電用光起電セル160により生成された電流を搬送し、図16に示す回路の場合、電力を素子マイクロコントローラ236に提供する。駆動モータ222および駆動モータ226は、それぞれ導線対286および導線対288により電力が供給される。

30

【0075】

ここで図15に示す回路図の特定点に戻ると、図15の回路図は、発電用PVセル160からコネクタ280へ電力を搬送する回路、1対の対向した向きのセンサ用PVセル164を駆動モータ222へ接続する回路、および他の対の対向した向きのセンサ用PVセル164を駆動モータ226へ接続する別の回路、の3つの回路を有する。

【0076】

ここで図16に示す回路図の特定点に戻ると、図16の概略図は、マイクロコントローラ236に接続された、いくつかの電子回路を有する。発電用PVセル160が電流を生成しない場合、導線282と導線284との間の電圧バイアスは、パネルマイクロコントローラ450の動作により、素子マイクロコントローラ236および素子マイクロコントローラ236により制御される駆動モータに十分に電力を供給するよう維持される。

40

【0077】

駆動モータ222および駆動モータ226は、それぞれロータリースイッチ292および284を備えた軸棒を有し、これらの軸棒は、それぞれ導線296および導線298により素子マイクロコントローラ236に接続される。ロータリースイッチからの信号と併せて駆動モータの導線対286および288の電圧を監視することにより、素子マイクロコントローラは、前述の駆動モータ軸棒に装着された各ローラの移動方向および移動距離を記録することができる。

【0078】

50

図16に示すマイクロコントローラにより拡張されたシステムにおける放射エネルギー収集ユニットは、光線指向センサが一日のうちの早い時間または遅い時間において、近接する素子により遮光されたとき、および太陽が雲により妨げられたときでさえも、太陽を追尾する能力を有する。したがって、一日あたりの稼働時間が延長され、直接太陽光が短時間妨げられた後の追尾回復の遅延が低減または排除される。

【0079】

本説明の目的のために、1次追尾は、光線指向センサにより生成される電位または電流に直接応答して行われる追尾として定義され、2次追尾は、他の全ての形態の追尾として定義される。2次追尾は、必ず要素マイクロコントローラおよび/またはパネルマイクロコントローラの制御下であるが、1次追尾は、前記マイクロコントローラが介在してもしなくてもよい。

10

【0080】

1次追尾が行われる間、収集素子のマイクロコントローラは、前述のように駆動モータの回転を記録し、それにより経時的に収集素子の2つの装着軸の角度変位を推測する。マイクロコントローラは、太陽の位置を1日のうちの時刻および1年のうちの時期の関数として、また素子の対称軸を太陽に向け続ける装着軸の角度変位を時間の関数として予測するモデルを、このデータを用いて較正する。次いで、2次追尾が行われる間、前記マイクロコントローラは駆動モータに電流を供給し、素子のエネルギー捕捉ユニットの指向が保たれるように、モータの回転として測定される前記装着軸の変位をもたらす。

20

【0081】

1次追尾から2次追尾への切り替えは、導線282および導線284の間の電位により決定される。すなわち、集光された太陽光が発電用PVセル160にあたることにより、前記電位が一定の閾値を超える場合、素子は1次モードで追尾を行い、前記電位が前述の閾値より低い場合、素子は2次モードで追尾を行う。

【0082】

マイクロコントローラは、光指向センサからの電流が駆動モータに電力を直接供給することを可能にするパススルースイッチを備えてもよい。マイクロコントローラは、機能不全を検知した場合、デフォルトに係る動作を行うよう設定されてもよい。パススルー動作の間、導線対182および184上の電流は、逆パリティと組み合わせられ、導線対288上に電流が生成され、導線対186および188上の電流は逆パリティと組み合わせられて、導線対286上に電流が生成される。

30

【0083】

センサ用PV164の第1機能は、捕捉ユニットの光軸に対する入射光の方向に関する情報を、捕捉ユニットの光軸と入射光の方向との間の整列を復活させるための電気回路による使用のために、提供することである。これが、電気回路が図15に示された素子の実施形態におけるセンサ用PVの唯一の機能である。しかし、図16に示す必要な電子機器を有する収集素子の実施形態において、太陽が遮られ、発電用PVセル上に集中することが要求される平行光が存在しないとき、センサ用PVは電力を生成するためにも使用される場合がある。センサ用PVにより生成される電力の最大量は、捕捉ユニットが平行光を集中させている場合に発電用PVにより生成される電力の最大量と比較すると小さい値となるが、センサ用PVが発する電気は、太陽が遮られているときに、素子マイクロコントローラおよびモータ、ならびにパネルマイクロコントローラに電力を供給する等の機能に使用可能である。

40

【0084】

複数のエネルギー捕捉部品を有する実施形態

本項では、本発明に係る、さらなる3つの実施形態について説明する。これらの実施形態は、図1から図3および図8から図12に示す第1実施形態と、以下に記す本発明の基本的な特徴を共有する。

【0085】

・それぞれが太陽に対する指向を独立的に検出しそれにしたがってその指向性を調節する

50



手段を有する実質的に同一な素子のアレイが、パネル状のエンクロージャの内部に配列される。

【0086】

・素子のエネルギー捕捉ユニットは、図5に示す方法にしたがって設計され、それにより、エネルギー捕捉ユニットは、最適密接充填アレイに配列される。なお、この最適密接充填配列においては、素子の捕捉ユニットは、垂直姿勢に指向されたときには平面をタイル状に埋め尽くすが、しかしながら捕捉ユニットが個々にどのように動いたとしても、相互に衝突することがない。

【0087】

・エネルギー捕捉ユニットの光学部品は、各ユニットの開口は、開口面においてそのプロファイル形状の端部まで延長するよう、設計される。

10

【0088】

・エネルギー捕捉ユニットの指向は、角度位置決めユニットにより行われ、この角度位置決めユニットは、捕捉ユニットおよびベースの垂直弓形と係合する。

【0089】

・捕捉ユニットの光起電セルからの情報は、平行入射光に対して捕捉ユニットを整列させるために必要な角度運動の方向を判定するために使われる。

【0090】

これらのさらなる実施形態は、主にエネルギー捕捉ユニット内の光学部品および光起電素子の構成において、第1実施形態と異なり、角度位置決めユニットの形状および装着弓形の構成においても、いくつかの変化が見られる。

20

【0091】

残りの実施形態のすべては、第1実施形態とは異なり、専用のセンサ用PVセルに依存するのではなく、複数の発電用PVセルを捕捉ユニットに組み込み、それら発電用PVセルからの出力に基づいて指向情報を導き出す。図1に示す第1実施形態に係るエネルギー捕捉ユニットは、捕捉ユニットの単一の光軸に沿って位置する単一の発電用PVセルと、前述の光軸の周囲に配置された4つのセンサ用PVセルとを有する。それに対して、残りの4つの実施形態のそれぞれのエネルギー捕捉ユニットは、それぞれが独自の光軸を有する複数の発電用PVセルを有する。これらの実施形態のうち1つに係る捕捉ユニットが平行光に対して整列すると、捕捉ユニットの開口内の光はいくつかのエネルギー捕捉部品のいずれかにより捕捉される。なお、各エネルギー捕捉部品は、ユニットの開口の一部をなす開口セグメントと、ユニットの法線に対して平行な光軸と、その光軸に沿って配置された発電用PVセルとを有するものである。ほとんどの場合、各エネルギー捕捉部品の集光機能は、例えば複合反射器または複合レンズ等の共通部品の異なる部分によって行われる。

30

【0092】

図17は、第1から第4の実施形態に係るエネルギー捕捉ユニットの図であり、4つの図のそれぞれにはAからDが付され、エネルギー捕捉ユニットの捕捉部品の光軸および対応する開口セグメントが示されている。第2から第4の実施形態に係る収集素子の全てが、図18から図23に示されている。

40

【0093】

図17Aは、開口セグメント540および光軸541を有する単一のエネルギー捕捉部品を備える第1実施形態に係るエネルギー捕捉ユニットを示す。

【0094】

図17Bは、図18および図19に詳細が示される第2実施形態に係るエネルギー捕捉ユニットを示し、このエネルギー捕捉ユニットは、5つのエネルギー捕捉部品、すなわちレンズを用いて上向きPVセル上に光を集中させる中央部品と、反射器の各部分を用いて外向きPVセル上に光を集中させる4つの包囲部品とを有する。中央部品は開口セグメント550および光軸551を有し、4つの包囲部品は、それぞれ開口セグメント552および光軸553と、開口セグメント554および光軸555と、開口セグメント556お

50

よび光軸 5 5 7 と、開口セグメント 5 5 8 および光軸 5 5 9 とを有する。

【 0 0 9 5 】

図 1 7 C は、図 2 0 および図 2 1 に詳細が示される、4 つのエネルギー捕捉部品を有する第 3 実施形態に係るエネルギー捕捉ユニットを示し、これらエネルギー捕捉部品は、それぞれが複合レンズの異なる部分を用いて、P V セル上に光を集中させる。4 つのエネルギー捕捉部品は、それぞれ開口セグメント 5 6 2 および光軸 5 6 3 と、開口セグメント 5 6 4 および光軸 5 6 5 と、開口セグメント 5 6 6 および光軸 5 6 7 と、開口セグメント 5 6 8 および光軸 5 6 9 とを有する。

【 0 0 9 6 】

図 1 7 D は、図 2 2 および図 2 3 に詳細が示される、4 つのエネルギー捕捉部品を有する第 4 実施形態に係るエネルギー捕捉ユニットを示し、これらエネルギー捕捉部品は、それぞれが複合反射器の異なる部分を用いて、同じ反射器のライザ上に装着された P V セルのうちの 1 つに光を集中させる。4 つのエネルギー捕捉部品は、それぞれ開口セグメント 5 7 2 および光軸 5 7 3 と、開口セグメント 5 7 4 および光軸 5 7 5 と、開口セグメント 5 7 6 および光軸 5 7 7 と、開口セグメント 5 7 8 および光軸 5 7 9 とを有する。

【 0 0 9 7 】

5 つの捕捉部品を有する収集素子

図 1 8 は、本発明の第 2 実施形態に係るエネルギー収集素子を示す。このエネルギー収集素子のエネルギー捕捉ユニットは、それぞれがそれぞれの開口セグメント、光軸、および発電用 P V セルを有する 5 つのエネルギー捕捉部品を有する。図 1 9 は、第 2 実施形態に係るエネルギー捕捉ユニットの詳細を示す。

【 0 0 9 8 】

P V セルは、中央ブロック 6 3 2 の凹部分に装着される。中央捕捉部品は、穴あきタワー 6 4 4 に支持されたレンズ 6 4 0 を使用して、平行光を上向きセル 6 5 0 上に集中させる。

【 0 0 9 9 】

残りの 4 つの捕捉部品のそれぞれは、反射ディッシュ 6 1 0 の 1 つの四分割部を用いて、平行光を 4 つの外向き発電用 P V セル 6 5 2 のうちの 1 つに集中させる。前記四分割部のそれぞれは、標的 P V セル 6 5 2 を貫通する光軸と、標的 P V セル 6 5 2 により夾叉される焦点とを共有する 1 連の放物表面を備える。四分割部の放物表面と、これら放物表面の角度範囲とを画定する異なる放物面の高さは、放物表面と捕捉素子の内側軸クリアランスプロファイルとが交差するところの放物表面の高さが、素子の開口面から特定の距離内に保たれるよう、選択される。図 1 9 B において、4 つの四分割部のうちの 1 つの放物表面は、焦点距離が増加する順に、面 6 1 2、面 6 1 3、面 6 1 4、面 6 1 5、面 6 1 6、面 6 1 7、および面 6 1 8 と、参照番号が付される。

【 0 1 0 0 】

捕捉ユニットが平行光と整列している場合は、5 つの発電用 P V セルの全部が、平行光の電気への変換に参加するが、これら 2 つの軸が整列していない場合は、外向き発電用 P V セル 6 5 2 は、入射光の方向からのエネルギー捕捉ユニットの逸脱の方向を判定するために使われる。太陽の動きを追尾するために、係る情報を用いて素子の角度位置決め器を駆動する方法を、以下に説明する。

【 0 1 0 1 】

第 1 実施形態と比較すると、第 2 実施形態が、指向および追尾挙動を実装するためにより高度な電子機器を要求する一方で、第 2 実施形態は、はるかに大きいヒートシンクを提供し、いくつかの P V セル位置の中の高温点を分散させ、P V ワイヤのための空間、および反射器を貫通する熱伝導性の構造物のための空間をヒートシンク内に提供しつつ、第 1 実施形態のタワーの小さい開口損失を排除するという利点を有する。

【 0 1 0 2 】

屈折光学部品を使用する 4 つの捕捉部品を有する素子

図 2 0 は、第 3 実施形態に係るエネルギー収集素子を示す。なお、このエネルギー収集

10

20

30

40

50

素子のエネルギー捕捉ユニットは、複合レンズ 710 を用いて 4 つの発電用 P V セル 750 に光を集中させる。図 20A は、組み立て状態にある収集素子を示し、図 20B は、分解された状態の同一素子を示す。

【0103】

図 21 は、第 3 実施形態に係るエネルギー捕捉ユニットの図および標識が付された 2 つの断面図である。この図は、法線軸から見た捕捉ユニットと、複合レンズの 2 つの対称面に沿った、A および B の標識が付された断面図を示す。

【0104】

P V セル 750 はヒートシンク 752 に固定され、次いでヒートシンク 752 は基盤 730 に埋め込まれる。P V セルは、基盤内に埋め込まれた導線 754 により電気コネクタ 756 に電氣的に接続される。

10

【0105】

基盤 730 は、二重の装着弓形 720 により、レンズに固く接続され、装着弓形 720 は、角度位置決めユニット 760 の内側弓状スロット 764 により、摺動可能に装着される。

【0106】

レンズ 710、二重装着弓形 720、基盤 730、および捕捉ユニット内に装着された電子機器を備える捕捉ユニットは、角度位置決めユニット 760 により支持され、位置決めされる。この角度位置決めユニット 760 は、二重内側弓状スロット 764 と、外側弓形スロット 766 と、内側軸ギヤモータ 772 および外側軸ギヤモータ 776 を受容するボアとを有する成型された材料ブロック 762 からなる。位置決め器は、ベースユニット 790 と一体であるベース弓形 792 を摺動可能に装着する。

20

【0107】

コネクタおよび埋め込まれた電子部品を装備する可撓ケーブルの形の電子モジュール 780 は、コネクタ 782 を介して P V 電子機器プラグ 756 に、コネクタ 784 を介して駆動モータに、コネクタ 786 を通してベースに電氣的に接続され、ベースは、素子のマイクロコントローラを収容する。電子モジュールおよび駆動ギヤモータの両方は、素子の主要機械部品を分解することなく、交換可能である。

【0108】

本明細書に記載の実施形態のうち、第 3 実施形態のみが全面的に屈折光学部品を使用する。また、第 3 実施形態は、捕捉ユニットの弓形および基盤、ならびにベースユニット等の、他の大きな部品の大部分に対して、透明材料を使用する。本実施形態に係る素子のアレイは、透明な背面を有するパネル内に密閉されてもよい。

30

【0109】

第 3 実施形態により可能となった、ほとんど透明な集光パネルは、特定の用途に対して特に有用な特性を有する。天井の明り取り、窓の開口部、または日覆いに用いられる場合、かかるパネルは、太陽が輝いているときは常に、入射光の大部分を P V セルへと集中し、パネルの捕捉ユニットは太陽に向かうよう指向され、その結果、下方の空間は遮光される。しかし、太陽が遮られているとき、またはパネルの捕捉ユニットが太陽に向かうよう指向されていない場合、ほとんどの光が透過し、その同一の空間には光が注がれる。不透明な表面を覆うように用いられるとき、係るパネルは、色彩および他の視覚的屬性が表面の色彩および視覚的屬性に類似する外観を有するであろう。太陽が輝き、捕捉ユニットが太陽を追尾しているとき、パネルは光の大部分を吸収し、表面よりもはるかに暗く見えるであろう。しかし、太陽が遮られた場合または捕捉ユニットが太陽に向かうよう指向されていない場合は、パネルは覆われた表面へと入射光の大部分を透過させ、次に覆われた表面から透過させる。その結果、パネルは表面の色彩および外観を呈するようになる。

40

【0110】

反射器に埋め込まれた P V セルを有する素子

図 22 は、第 4 実施形態に係るエネルギー収集素子を示す。なお、このエネルギー収集素子のエネルギー捕捉ユニットは複合反射器を使用し、その 4 つの四分割部は、それぞれ

50

が、反射器の反対側の四半分のライザに埋め込まれた P V セルに平行光を集中させる。図 23 は、本実施形態に係るエネルギー捕捉器を法線軸から見た図、および捕捉器の 3 つの断面図を示す。

【0111】

この反射器の作製方法は、本発明者による国際出願 P C T / U S 2 0 0 9 / 0 4 6 6 0 6 号の主題となっている。本出願において、本実施形態は、角度位置決めユニットにより提供される 2 軸系の装着、および発電用 P V セルの電位の差異に基づく、関連する指向方法を説明するために使用される。

【0112】

反射器 810 は、その背面が凸状装着弓形 820 に固く取り付けられており、2 つの鏡映対称面を有する単一部品である。この鏡映対称面は、反射器を 4 つの四分割部に分割する。各四分割部の上面は、共通焦点および光軸を共有する 1 組の放物面と、捕捉ユニットの法線軸に対して平行な 1 組の平坦および円筒形のライザ面 818 とから構成される。1 つの四分割部の放物面の焦点は、反対側の四分割部のライザ面の中央に位置し、そのライザ面に装着された光起電セル 850 により夾叉される。

10

【0113】

反射器の対称軸が入射光の方向と整列すると、4 つの四分割部の光軸も入射光の方向と整列し、放物表面のそれぞれは反対側の四分割部の P V セル上に光を集中させる。

【0114】

第 4 実施形態は、エネルギー捕捉ユニットの製作にとって有利な特徴をいくつか提供する。具体的には、反射器自体のライザに P V セルを埋め込むことは、反射器上方の構造物と、それに付随する、係る構造物の剛性を確保することにおける設計上の問題とを排除し、係る構造物による開口損失を最小限にする。反射器部分は、エネルギー捕捉ユニットの大きな部分を構成するものであり、簡素化のためおよび寸法上の正確さのために、単一の部分として作製される可能性がある。

20

【0115】

さらに、P V セルが反射器の周囲付近、およびその半径に沿って均等分布された点に反射器に装着されているため、反射器は、特に、アルミニウム等の高い熱伝導性を有する物質で大部分が構成されている場合、特に効率的なヒートシンクを提供することができる。反射器部分が低い熱伝導性を有する物質で構成され、そのためにヒートシンクとして好適ではないとしても、P V セルの背面に取り付けられた別のヒートシンクが、ヒートシンクが反射器を遮光しない反射器の背後の空間へと延長するよう、設計できる可能性がある。

30

【0116】

第 4 実施形態の別の利点は、反射器により P V セル上に集中された光は平均入射角が小さく、大きい入射角により生じる P V セル表面上における反射損失を回避することができる点にある。

【0117】

複数の捕捉部品を有する実施形態のための電子機器

第 2 から第 4 の実施形態は、第 1 実施形態とは異なり、それぞれがエネルギー捕捉ユニットの対称軸から異なった方向に向かって変位している複数のエネルギー捕捉部品を有するという共通の特徴を有する。捕捉部品は捕捉ユニットの対称軸を中心として対称的に配列されているが、個々は非対称形であるため、およびその光学形状は、捕捉ユニットの軸が入射光の方向から逸脱していたとしても P V セルが何らかの照度を受けるように構成されているため、P V セルは、入射光軸から捕捉ユニット軸までの変位の関数であるレベルの、少なくとも少量の電気を生成するであろう。発電用 P V セルに加えて 4 つの方向検出 P V セルを有する第 1 実施形態に係るエネルギー収集ユニットとは異なり、第 2 から第 4 の実施形態に係るエネルギー収集素子は、複数の発電用 P V セルが発する出力に基づいて、入射光に対するエネルギー捕捉ユニットの指向に関する情報を取得し、専用の方向検出 P V セルを省略する。

40

【0118】

50

捕捉ユニット毎に複数の発電用PVセルを有する実施形態に対して、本発明は、ユニットが、捕捉ユニットを平行入射光と整列させるために角度位置決め器により要求される動きを判定するための、いくつかの方法を意図する。これらの方法は、図15に示す回路よりもわずかに複雑度を増したのみの簡単なアナログ回路から、マイクロコントローラにより実行される、記憶されたプログラムを使用する方法にまで及ぶ。

【0119】

図24および図25は、第4実施形態に係る、2つの変形の電気回路図を示す。第4実施形態は、特定の回路設計を例示するための代表的な例として選ばれたものであり、その変形は、第2、第3、および第5の実施形態に対して好適であろう。

【0120】

図24は、第4実施形態に係るモジュールの電気回路図であり、その太陽追尾機能は、全面的にアナログ電子機器を用いて実装される。

【0121】

図24に示す回路において、4つのダイオード870は4つのPVセル850の出力をモジュール電源線880に接続し、8つのダイオード872は、各PVセルの出力を、2つの内側軸方向検出電線876のうちの1つ、および2つの外側軸方向検出電線878のうちの1つに接続する。

【0122】

内側軸制御回路882および外側軸制御回路884は、それぞれ前述の方向検出電線対876および878からの相対的電位の入力に基づいて、それぞれモータ電線対886および888を介して、駆動モータ822および826に電力を供給する。制御回路に伝達された2つの方向電位が比較的同様である場合、制御回路はモータワイヤ上の電位を均衡させる。1つの方向検出ワイヤの電位と他方の電位との間に、少なくとも何らかの閾値を超える差異があるとき、制御回路は、1つのモータワイヤをモジュールアースに、かつもう一方のモータワイヤをモジュール電源線880へと効果的に切り替える。なお、方向検出ワイヤの電位差が逆である場合は、上記の組合せも逆になる。したがって、方向電位の差異の絶対値が、何らかの閾値を超え、かつその差異の符号により決定される方向にあるとき、モータは作動する。

【0123】

図25は、マイクロコントローラ860を有する第4実施形態に係るモジュールの電気回路図である。4つのダイオード870は、マイクロコントローラが個々のPVセル上の電位を読むことを許可する一方で、PVセル850から出力へおよびモジュール電源線880へ電流が流れることを許可する。このように収集した係る電位に関する情報を用いて、マイクロコントローラは、ギヤモータ882およびギヤモータ884を動かしてエネルギー捕捉ユニットを平行入射光と整列させるために、次項で説明するようなアルゴリズムを実行する。

【0124】

図24および図25にその回路図が示される収集素子は、図15および図16に示すコネクタ280と互換性のある差し込み可能なコネクタ890を介して、パネル回路と電気的に接続する。アレイにおいて使用される素子の電子機器および装着システムの両方は、互換性を有するよう設計することができる。提供された素子が、互換性のある動作クリアランスプロファイル、装着システム、および電子機器インターフェースを用いて設計されているかぎり、特にエネルギー捕捉ユニットにおいて著しく異なる設計を有する素子を同一のアレイにおいて使用することも可能である。

【0125】

複数の捕捉部品を有する素子のための指向アルゴリズム

図15に示す電子機器を有する第1実施形態は、エネルギー捕捉ユニットの表面形状および極めて簡単な電気回路を用いて、平行光に対して整列するようエネルギー捕捉ユニットを動かす方法を実現する。この指向挙動が可能となるのは、対向するセンサ用PVセルの照度の差異の符号が、その対のPVセルにより制御される傾斜軸の回転面における、入

10

20

30

40

50

射光の方向に対する捕捉器の光軸の角度の符号と一致するためである。

【0126】

図24に示す電子機器を有する第4実施形態もまた、反射器の形状および第1実施形態よりもわずかに複雑な電気回路を用いて、平行光に対して整列するようエネルギー捕捉ユニットを動かす方法を実現する。

【0127】

他の実施形態のいくつかにおいては、PV照度レベルと、光方向からの光軸の変位との関係がより複雑であるため、光学部品およびアナログ電子機器の設計による指向挙動の実装は、より困難である。本項においては、収集素子が複数のエネルギー捕捉部品を有し、かつマイクロコントローラを備える実施形態に係るエネルギー捕捉ユニットを指向するためのアルゴリズムについて説明する。

10

【0128】

第2から第5の実施形態は、それぞれの捕捉部品の焦点を夾叉する小さい光起電セルのみを有し、最高でも数千倍の集光率で作動するため、捕捉ユニットの光軸が入射光の方向からわずかに数度だけ逸れたとしても、これらのPVセルに達する光のレベルは、そのピーク値のわずかな割合にまで低下してしまう。ユニットの法線軸から任意の方向に90度までの、捕捉ユニット軸から入射光方向までの角度変位の2次元空間の大部分にわたり、平行光は依然として、意図される実施形態に係るPVセルに達し続ける。なぜなら、光がPVセルに達するためにたどり得る代替の経路の多くの系列が存在し、これらの系列は角度変位の空間の異なる領域および重複する領域を含むためである。反射光学部品を使用する捕捉部品に対しては、この空間の大部分は、光がPVセルに直接到達する領域によって占められる。この空間の他の部分は、光が捕捉ユニットの反射器により1回、2回、または3回反射された後にPVセルに到達する領域に占められる。

20

【0129】

本発明の係る実施形態においては、エネルギー捕捉ユニットの様々なPVセル上の照度レベルの組合せは、入射光方向から捕捉ユニットの光軸までの角度変位の関数として、変化するであろう。本発明は、PV応答データから角度位置決め制御への逆写像を効果的に実現する予めプログラムされたアルゴリズムおよびデータセットと併せて、PVセルの照度に関するリアルタイムデータを用いることにより、平行光と整列するように、エネルギー収集素子が捕捉ユニットを指向することを可能にする1組の方法を提供する。

30

【0130】

この1組の方法にしたがって、エネルギー収集素子は、2段階のプロセスによって予め生成されたコンパクトなデータセットを用いて、PV応答データを位置決め制御へと直接変換する。そのプロセスは、まず、テストシステムを使用して、PV応答レベルを捕捉ユニットの位置および運動の関数として記述する高分解能データを作成し、次いで、そのデータを処理して、指向位置決め制御の逆写像を、PV応答データの関数として生成し、これらの写像をコンパクトな生産データセットに符号化する。

【0131】

指向アルゴリズムにより使用される空間および写像

生産データセットの生成に伴うプロセスについて、以下の5つの空間に関連して説明する。なお、これら5つの空間は、図26および図27を参照して説明する。

40

【0132】

・位置決めユニット角度運動空間、すなわち運動空間は、位置空間内における、角度位置決めユニットの2方向性駆動モータの2次元運動と、捕捉ユニットの、結合した運動とを記述する。図26Aは、デカルト座標系を有する長方形領域の面900として、角度運動空間の表現を示す。なお、このデカルト座標系のud軸は捕捉ユニットの内側傾斜軸を中心とする運動を表し、vd軸は捕捉ユニットの外側傾斜軸を中心とする運動を表す。この空間は、静止状態の捕捉ユニットを原点902として、両方の方向に、正の運動から負の運動までを含む。

【0133】

50

・捕捉ユニット角度位置空間、すなわち位置空間は、角度位置決めユニットにより提供される、素子のベースに対するエネルギー捕捉ユニットの可能な指向の2次元空間である。図26Bは、内側軸および外側軸に沿って、素子の法線軸904から+60度から-60度だけ回転し得る捕捉ユニットの、位置空間の2つの表現を示す。図の上の部分は、捕捉ユニットのクリアランスプロファイル908のまわりの球状断片906として、捕捉ユニットに関連する空間を示す。図の下の部分は、デカルト座標系を有する平面の長方形領域に写像された同一の空間を示す。この断片および領域は、10度刻みの、両方の軸に沿った角度運動の輪郭を示す方眼線が引かれている。角度位置空間912の原点は、その法線軸がアレイの法線軸に対して平行となるよう指向された、捕捉ユニットに相当する。アレイ水平線914は、素子の外側傾斜軸を含む、アレイの法線軸に対して垂直な面であって、図示された素子を包囲する円環として示されている。

10

## 【0134】

・光線方向変位空間、すなわち変位空間は、捕捉ユニットの法線軸から入射光方向までの角度変位の2次元空間である。図26Cは、捕捉ユニットの法線方向924から全方向に90度広がる、変位空間の2つの表現を示す。上の図は、捕捉ユニットに関連する空間を、2組の曲線により形成された方眼線が引かれた半球920として示す。なお、各組の曲線は、捕捉ユニットの2つの対称面の1つに対して平行である。下の図は、軸gおよび軸hを有するデカルト座標系を有する平面のダイヤモンド形状の領域に写像された、同一の空間およびその方眼線を示す。この表現において点(g, h)が与えられると、半球920上のその点の3次元デカルト座標は、

20

$$\begin{aligned}x &= \sin(|g|) \times \cos(h) \times (1 - |h| / ) \\y &= \sin(|h|) \times \cos(g) \times (1 - |g| / ) \\z &= \sqrt{1 - \sqrt{x^2 + y^2}}\end{aligned}$$

という式により上のように表現される。極座標系によって支配されるもの、および半球を平面に投影する他の投影法を使用するもの等、変位空間の他の可能な表現は多数存在する。図26Cの表現が選択された理由は、方眼線が半球を覆う密度がわずかにしか変化しないこと、および方眼線が、各点にデカルト座標が割り当てられる平面のコンパクトな領域に写像されることである。

## 【0135】

・PV応答空間、すなわち応答空間は、捕捉ユニットのPVセルの出力値の可能な組合せを含む、多次元空間である。この空間の次元数は、捕捉ユニットが有する係るPVセルの個数と同じである。

30

## 【0136】

・デルタPV応答空間、すなわちデルタ応答空間は、角度運動空間の2つの直交軸のそれぞれに沿って、捕捉ユニットが少量ずつ動かされたときの、捕捉ユニットのPVセルの出力値の可能な変化率を含む空間である。PV応答空間の各次元に対して、デルタPV応答空間において、2つ(角度位置決めユニットにより提供される運動の2つの方向のそれぞれに対して1つずつの次元が存在する)の対応する次元が存在する。

## 【0137】

本明細書に記載の実施形態の大部分に対して、エネルギー収集素子およびその捕捉ユニットは、PV応答空間およびデルタPV応答空間においてのみ、PVセルの出力レベルを読み取ることにより、座標を直接検出する能力を有し、角度運動空間においてのみ、角度位置決め器の駆動モータに供給される電気を制御することにより、エネルギー収集素子およびその捕捉ユニットの位置を直接制御する能力を有する。以下に記載するアルゴリズムは、捕捉ユニットが平行光に対して迅速かつ効果的に整列するよう、素子が捕捉ユニットを、角度位置空間を通して、それによって光線変位空間を通して、動かすことを可能にする。各アルゴリズムは、実際に、そのドメインがPV応答空間のいずれかまたは両方であり、かつその範囲が角度運動空間である関数を実装する。アルゴリズムの設計は、ここで説明した様々な空間の間の関係に基づいて行われる。

40

## 【0138】

50

最初の2つの空間の関係は、単純明快である。すなわち、角度位置の  $u$  成分および  $v$  成分は、経時的な角度運動の  $u d$  成分および  $v d$  成分の積分である。

【0139】

位置空間および変位空間の関係は、可変であり、位置空間における1つの点を選択することにより、その関係が決定される。なお、その選択により、捕捉ユニットの指向が決まり、それによって、位置空間内における変位空間の原点の位置も決まる。図26Dは、位置空間の球状表現上に重ね合わされた、変位空間の軸および原点が位置空間の原点から外側傾斜軸に沿って40度だけ、および内側傾斜軸に沿って30度だけ変位された変位空間の球状表現である。この組み立てには、変位空間の原点922において、両方の空間の肉眼線を、変位空間の  $g$  軸および  $h$  軸に対応する大円が位置空間の  $u$  方向および  $v$  方向に沿った輪郭に接するよう、整列させることが要求される。

10

【0140】

位置空間における1つの点を変位空間の原点として選択することにより、2つの空間を重ね合わせる方法が一意的に決定されるため、係る点のそれぞれに対して、2つの空間の間に、明確な1対1写像が存在する。その写像は、位置空間では変数  $u$  および変数  $v$  とにより定義され、変位空間では変数  $g$  および変数  $h$  とにより定義されるそれら空間内の基準方向は、変位空間の原点において整列することを提供する。しかし、2つの空間は異なるパラメータ化がなされているため、これらの基準方向は、変位空間の原点から離れるにしたがって逸脱していく。しかし、その逸脱は、位置空間内における変位空間の原点の任意の選択に対して、写像の任意の部分において、45度を大きく超えることはない。

20

【0141】

変位空間に対する応答空間の関係は、2つの独立変数の多値関数の関係である。方向検出に参与する4つのPVセルを有するエネルギー捕捉ユニットが与えられると、変位空間 ( $g, h$ ) における各点に対して、4つのタプルからなるPV応答値が存在する。

【0142】

図27は、4つのPVセルを有する仮想的な捕捉ユニットに対する、変位空間を応答空間に写像する関数の図を示す。図27Aから図27Cは、変数  $g$  および変数  $h$  によりパラメータ化された変位空間上の表面グラフとして、応答関数を示す。図27Aは、単一の捕捉部品に対するグラフを示す。このグラフは、変位空間の原点上にピーク930を有し、このピーク930において、平行光が捕捉部品のPVセル上に集中される。このグラフの垂直方向の次元は対数目盛を有し、したがって、垂直方向の次元が線形目盛を有する場合と比較すると、グラフの周辺部分に対して、ピークは遙かに低く見える。図27Bは、重ね合わされた、4つの捕捉部品のグラフを示し、このグラフにおいては、4つの部品を通る断面を見ることができるよう、くさび状の部分がグラフから取り除かれている。変位空間の点940から上昇する線は、4つの部品のグラフと、それぞれレベル941、レベル942、レベル943、およびレベル944において交差する。

30

【0143】

図27Dは、4次元超立方体の投影として、応答空間の表現を示すものである。なお、ここで、応答空間の点946は、応答空間の原点948から、4つの捕捉部品を表す4つの次元に距離941、距離942、距離943、および距離944だけ変位された変位空間の点940に対応する。

40

【0144】

図27Cは、変位空間の1/4のみの範囲における、図27Bの合成グラフである。4つの捕捉部品の応答グラフは、互いに、 $g$  軸および  $h$  軸を対称軸とする法を1または2とする線対称に対して同一であるため、変位空間上の4つの応答関数の写像は、1つの四分割部における重ね合わされた4つのグラフに折り畳むことが可能であり、それによって写像を表現するにあたって要求されるメモリを減らすことができる。関数の係る表現を用いると、変位空間における任意の点に対する応答値は、データを含む四分割部におけるその点の画像を特定し、それに応じて応答空間の軸を入れかえることにより、再構築することができる。応答関数の表現の係る折り畳みの実現方法について、図31を参照し

50



ながら、以下で提供する。

【0145】

近似として、デルタ応答空間も、各PVセルに対して2つの値、すなわち運動空間における2つの方向 $u_d$ および $v_d$ のそれぞれに対して1つずつの値を有する2つの独立変数 $g$ および $h$ の多値関数として、変位空間と関連している。しかし、前述の位置空間と変位空間との間の写像の基準方向の逸脱のために、この説明が正確に適用されるのは、位置空間および変位空間の原点が一致する場合のみである。4つのPVセルを有するエネルギー捕捉ユニットの角度位置についてのPV応答レベルの導関数を正確に記述する関数は、4次元の領域および8次元の値域を有する。すなわち $(g, h)$ 、 $(u, v)$ の各点に対して4つのタプルからなる2つのデルタ応答値が存在する。

10

【0146】

データセットの生成

運動空間、位置空間、および変位空間の間関係は解析的あり、数学的厳密さをもって特性を表すことができる一方で、これらの空間を応答空間およびデルタ応答空間に写像する関数は、所与の実施形態に対しては、その実施形態に係る様々な例の光学部品およびPVセルの性能特性に支配されるであろう。本発明は、変位空間から応答空間への写像を表現するデータ構造を実験により生成し、そのデータに基づいて、応答空間から変位空間への逆写像を生成する、1組の方法を提供する。これらの方法は、広範囲の光学的設計を有するが個々のユニットはPV感度の光学的形状の変化が十分に小さいために同一のデータセットが1つ1つのユニットに対して堅牢な指向挙動を提供するような、実施形態に対して効果を現す。

20

【0147】

図28は、テストベッドシステムを使用して、変位空間から応答空間への写像を表す中間データセットを生成した後に、そのデータを処理して応答空間から変位空間への逆写像を表すコンパクトなデータセットを生成するアプローチをまとめたものである。そのアプローチの詳細について、ここで説明する。

【0148】

エネルギー収集素子のマイクロコントローラにより実行される指向アルゴリズムは、応答空間から変位空間および/または運動空間への写像を表す生産データセットを用いる。所与の実施形態に対して、生産データセットは、テストアレイを用いて生成される。なお、このテストアレイの素子は、生産アレイの素子の光学部品およびPVセルと本質的に同じ光学部品およびPVセルを有する。テストアレイは、該素子が外的に制御される角度位置決めユニットを備え、それらのエネルギー捕捉ユニットの角度位置および他のテスト条件を計測するよう構成されているという点において、生産アレイと異なる。テストシステムは、太陽または人工光源の、アレイに対する角度位置を計測するよう構成されてもよく、または、固定された光源とともに使用されてもよい(この場合、光源の角度位置は、テストアレイを移動させることにより生成される)。テストアレイの特定の実施形態について、図37を参照しながら、以下で説明する。

30

【0149】

生産データセットの生成においては、応答サンプルデータと呼ばれる中間データセットが生成されるデータ取得手順が実行され、次いで、中間データセットを調査して変位参照データと呼ばれる生産データセットが作成されデータ処理手順が行われる。

40

【0150】

本説明においては、位置空間および変位空間における基準方向の逸脱すなわち歪曲(skew)を無視する、手順の簡単な変形について、まず検討する。2つの空間の間この歪曲は、一般に、絶対値で45度の回転より小さい値に留まるため、係る変形は、最も直接的な経路によらない場合であったとしても、その法線軸と入射光方向との整列に収束するエネルギー捕捉ユニットの運動を提供するはずである。この変形もまた、より簡単な応答データのみを見ることを優先してデルタ応答を無視し、4つのエネルギー捕捉部品が存在する場合を説明する。

50

## 【 0 1 5 1 】

データ取得手順は、変位空間の1部分を占める多数の位置のそれぞれに対して、それらのPVセルの出力および対応する位置データを記録しながら、系統的かつ可能な段階的な方法で、シミュレーションレイの素子を運動範囲にわたって移動させることを伴う。この手順は、変位空間から応答空間への写像を表すデータセットを、サンプルの高解像度配列として生成する。このサンプルデータは、応答空間における点を表す4つのタプルからなる2次元配列であり、この配列において、配列の行および列は変位空間における位置を表す。他の表現は、サンプルが変位空間の方眼線（ $g$ および $h$ の値が等しい輪郭線）上にあるという要件を排除し、2次元配列構造を削除する。その場合、変位データは、配列中のサンプルの位置により推測される代わりに、各サンプルとともに記憶される座標の対（ $g, h$ ）により提供される。

10

## 【 0 1 5 2 】

## 指向アルゴリズムおよびデータ

データ処理手順は、中間データセットを検討して、生産データセットを生成する。なお、この生産データセットとは、応答空間の点を運動空間の点に写像する変位写像と呼ばれるデータ構造およびアクセス方法である。このデータ構造の好適な形態は、応答空間の、1組のセルへの分割であり、このセルは、それぞれが、変位空間における捕捉ユニットの実際の座標に近いまたはその座標を含む可能性が高い光線変位空間における、ゼロまたは複数の点の座標または領域を含む。応答空間における点を与えられると、参照方法は、セルの位置を、与えられた点が含まれるその空間の分割において特定し、そのセルに記憶された変位空間の、ゼロまたは複数の点または領域を返す。

20

## 【 0 1 5 3 】

該ユニットのマイクロコントローラは、参照アルゴリズムの実行を繰り返し、PVセルからの応答データを参照アルゴリズムに供給し、参照アルゴリズムから変位データを獲得する。係るステップのそれぞれにおいて、参照アルゴリズムは、捕捉ユニットを変位空間の原点に近づけると予想される運動座標に対して変位データを写像し、捕捉ユニットはその運動座標を用いて、位置決め器の駆動モータを制御するレベルを調整する。

## 【 0 1 5 4 】

図29は、指向アルゴリズムの好適な形態をまとめたフローチャートである。変位参照データおよびアルゴリズムの検討の後に、指向アルゴリズムの詳細について、以下で説明する。

30

## 【 0 1 5 5 】

応答空間の変位空間への写像は、位置によっては多値であり得、また光線変位の関数としての、光学部品およびPVセルの応答挙動は、ある程度、誤差の影響を受けるため、変位参照写像の目的は、可能な限り良好に、収集素子が、変位空間における位置、および捕捉ユニットを変位空間の原点に近づけるために要求される運動を類推できるようにすることである。分割方法は、変位空間および応答空間の両方におけるサンプルデータの同時分布に関する情報を用いて、応答データに基づいて捕捉ユニットの変位を予測するにあたり有用な、コンパクトなデータ構造を生成する。

## 【 0 1 5 6 】

図30は、応答空間における座標に対する応答空間分割セルの関係を示す。ブロック950は4次元応答空間を表し、空間952の中の2次元区域を示すために、この4次元応答空間を薄板状に切り取る。なお、その2次元区域において、3つの分割セルが示されている。曲線958は、前述のセルの、変位空間926の点および領域への写像を示す。分割アルゴリズムの主要基準は、分割アルゴリズムが、変位空間のコンパクトな領域に写像されるセルを生成することである。角度範囲および半径範囲が限られている領域内の点は、運動空間における類似した点に変換されるため、1組のサンプルのコンパクトさの有用な測定は、その角度範囲およびそれほどではないにしても半径範囲である。分割セルに記憶された変位空間の値は、領域の重心を表す点から構成されてもよく、また、図30に示す変位空間領域の放射形状により示されるような、領域の範囲に関するデータを含んでも

40

50

よい。

【 0 1 5 7 】

図 3 0 に示す 3 つのセルのうち、セル 9 5 4 は単一の領域に写像され、セル 9 5 5 は 2 つの領域に写像され、セル 9 5 6 は、どの領域にも写像されず、X と示される。図 2 7 に示す応答関数が与えられると、応答空間の大部分は、NULL 値写像を有するセル 9 5 6 のようなセルに占められるであろう。応答空間セルから変位空間への単一値、多値、NULL 値の写像の指向アルゴリズムにおける役割について、以下で説明する。

【 0 1 5 8 】

変位写像折り畳み

上述の実施形態に対する P V 応答関数は、g 軸および h 軸を対称軸とする鏡映対称を有するため、変位空間全体を含む写像を提供するアクセス方法と併せて、1 つの象限のみを含むデータを用いることにより、関数を表すために要求されるデータを 4 重に減少させることが可能である。以下は、対称性を利用するデータ縮小方法を適用して、サンプルデータ配列の生成、および変位参照写像の生成と使用の両方を実行する応答関数折り畳みと呼ばれる方法の説明である。この方法について、第 3 実施形態および第 4 実施形態を参照して説明する。なお、第 3 実施形態および第 4 実施形態の両方は 4 つの捕捉部品を有するが、異なる対称性を有する。

【 0 1 5 9 】

応答関数折り畳み方法は、サンプルデータ配列の生成を変更して、変位空間の第 1 象限 ( g および h の両方が正である ) のみ含むデータを生成する。品質管理手段として、他の象限に対するデータを収集し、第 1 象限に対して記憶されたデータと比較してもよい。次いで、第 1 象限に対するサンプルデータは、変位参照写像を実装する生産データセットを生成するために使用される。

【 0 1 6 0 】

この折り畳まれた表現における変位参照データは、第 1 象限のみの変位座標を含む。しかし、この変位参照データは、4 つの応答空間の次元の順列を 2 つの変位空間の次元の反映に写像するアクセス方法を用いることにより、変位空間の任意の象限における位置を見つけるために使用される。したがって、順列を変えられていない応答空間の 4 つのタプルからなる値は、第 1 象限における変位を参照するが、該タプルの 3 つの順列は、他の 3 つの象限における変位を参照する。

【 0 1 6 1 】

図 3 1 は、捕捉ユニットと順列写像とが左の図に示される第 3 実施形態、および捕捉ユニットと順列写像とが右の図に示される第 4 実施形態という 2 つの場合の各々に対して、選択された象限から、変位空間の残りの 3 つの象限を生成する応答空間の次元の順列を示す。符号  $r_1$ 、 $r_2$ 、 $r_3$ 、および  $r_4$  は、4 つの応答空間の次元を示し、これらの符号のそれぞれは、捕捉ユニット内の標識において示される捕捉部品に対応する。4 つのタプル ( $r_1$ 、 $r_2$ 、 $r_3$ 、 $r_4$ ) は、応答空間における 4 つの点を表す。

【 0 1 6 2 】

サンプルデータ配列は、g および h が正である、第 1 象限に対してのみ生成される。変位参照データはそのデータから生成され、したがって、応答空間分割のセルにより参照されるすべての変位点も第 1 象限に存在する。

【 0 1 6 3 】

折り畳まれた変位参照データから変位写像を生成するアクセス方法は、以下の定義の利益とともに、より詳細に説明される。 $D(r_1, r_2, \dots, r_n)$  を、n 個の応答空間の次元すなわち  $r_1$  から  $r_n$  が与えられると ( g , h ) の形の 1 組のゼロまたは複数の変位空間座標を返す、変位写像とする。 $Df(r_1, r_2, \dots, r_n)$  を、n 個の応答空間の次元すなわち  $r_1$  から  $r_n$  が与えられると ( g , h ) の形の 1 組のゼロまたは複数の変位空間座標を返す、折り畳まれた変位写像であるとする。なお、ここで g および h の両方が正である。 $Df(r_1, r_2, \dots, r_n) \times (s_g, s_h)$  も同様とする。なお、ここでは、返された座標のそれぞれは、(  $g \times s_g, h \times s_h$  ) のように倍

10

20

30

40

50

率 ( s g , s h ) を乗算する。折り畳まれた変位写像 D f は、第 1 象限を包含する変位参照データに対応する。ここで、図 3 1 に示す 2 つの例に対する変位写像は、それぞれ、  

$$D ( r 1 , r 2 , r 3 , r 4 ) = D f ( r 1 , r 2 , r 3 , r 4 ) \quad D f ( r 3 , r 2 , r 1 , r 4 ) \times ( 1 , - 1 ) \quad D f ( r 3 , r 4 , r 1 , r 2 ) \times ( - 1 , - 1 ) \quad D f ( r 1 , r 4 , r 3 , r 2 ) \times ( - 1 , 1 )$$

$$D ( r 1 , r 2 , r 3 , r 4 ) = D f ( r 1 , r 2 , r 3 , r 4 ) \quad D f ( r 3 , r 4 , r 1 , r 2 ) \times ( 1 , - 1 ) \quad D f ( r 4 , r 3 , r 2 , r 1 ) \times ( - 1 , - 1 ) \quad D f ( r 2 , r 1 , r 4 , r 3 ) \times ( - 1 , 1 )$$

と定義される。

10

#### 【 0 1 6 4 】

本発明の第 3 実施形態および第 4 実施形態に係るエネルギー捕捉ユニットを参照して説明しているが、これら 2 つの、変位参照データについての変位写像の定義の各々が、捕捉部品が対称性を共有する他の実施形態に対しても適用可能である。第 2 の定義は第 2 実施形態にも適用され、第 1 の定義は、以下に説明する、第 5 実施形態にも適用可能である。より多くの捕捉部品を有し、したがって、より多くの次元の応答空間を有する実施形態は、この例が示すのと同じ方法に基づき、異なる順列写像を要求するであろう。

#### 【 0 1 6 5 】

指向モード

図 2 9 にまとめられた指向アルゴリズムは、変位写像を用いて、変位空間における捕捉ユニットの位置を、ステートレスおよびステートフルという 2 つの異なる参照手順で推測する。なお、ステートレス手順においては、指向アルゴリズムは、全面的に捕捉ユニットの現在の応答値のみに依存し、ステートフル手順においては、指向アルゴリズムは、現在の応答値と、捕捉ユニットの最近の変位履歴に関する情報とを組み合わせる。各手順は、変位点の発見に成功するか、または、応答値が応答空間分割における N U L L 値セルのみを参照する場合のように失敗するか、のいずれかである。

20

#### 【 0 1 6 6 】

指向アルゴリズムは、サーチモードおよび追尾モードの 2 つの主要制御ループまたはモードを有するように、まとめることができる。なお、フローチャートの左側を占めるサーチモードは、位置空間においてかなりの距離にわたってランダムな方向に捕捉ユニットを繰り返し動かし、ステートレスな参照手順を、この参照手順が成功するまで実行し続ける。参照手順が成功すると、制御は追尾ループに移される。フローチャートの右側を占める追尾モードは、わずかな増分刻みで変位空間の原点に向かって捕捉ユニットを繰り返し動かし、ステートフルな参照手順を、その参照手順が連続して複数回失敗するまで、行う。連続して複数回失敗すると、制御はサーチループに戻される。

30

#### 【 0 1 6 7 】

追尾ループは以前の繰り返しの変位座標等の状態情報を記録し、その情報を用いて、いくつかの可能な方法を通して、指向性能を改善させる。なお、係る方法のうちここに説明される 2 つは、変位写像結果の曖昧性除去、および変位空間と位置空間との間の歪曲性の補償である。

40

#### 【 0 1 6 8 】

図 3 2 は、状態情報を使用しての変位写像結果の曖昧性除去を示す。図 3 0 を参照して上述したように、応答空間分割におけるセルは、変位空間における複数の点または領域を参照してもよく、その結果、変位写像における曖昧性が生じる場合がある。しかし、捕捉ユニットは追尾モードで増加的に動かされるため、以前の繰り返しに対して記録された変位座標は、現在の繰り返しに対する正確な変位座標に近接したものである可能性が高い。変位写像が複数の候補点を返した場合、指向アルゴリズムは、係る点のそれぞれを、1 つまたは複数の最近記録された点と比較し、連続する点の間のベクトルの大きさおよび方向等の基準に基づいて、最近の点の動向と合致する候補点を、それらが存在する場合、選択する。

50

## 【0169】

図32は、変位空間における捕捉ユニットの動きの軌跡960を示し、軌跡960の頂点は、各ステップにおける変位座標を表す。これらのステップの間に、指向アルゴリズムは、PV応答値を読み取り、変位写像を調べてその変位空間の座標を推測し、駆動モータの速度を設定することによりその軌跡を調節する。放射セクタは、2つの連続するステップにおける参照により返されるセクタ962と、次のステップにおける参照により返されるセクタ963とを有する変位写像参照の結果を示す。図示された最後の軌跡点968により示されるステップにおいて、参照は、2つのセクタ964およびセクタ965を返す。セクタ964は、前ステップにおける参照により返されたセクタの傾向に位置するため、指向アルゴリズムは、セクタ964を正確な変位位置を示しているものとして受け入れ、セクタ965を拒否する。

10

## 【0170】

図33は、状態情報を用いての、歪曲の補償を示す。図26を参照して上述したように、変位空間と位置空間との間の歪曲は一般に、捕捉ユニットの現在の角度位置、光線変位の大きさ、変位空間のパラメータ化等の要因により、変位空間の原点から離れるにしたがって、50度にまで増加する。推測される変位空間の座標が、成分について(g, h)から(u, d, v, d)に写像することにより、運動座標に直接変換される場合、指向アルゴリズムは、多くの場合、大部分の直接的経路から著しく逸脱した光線方向に、捕捉ユニットを整列させる運動を生成するであろう。

20

## 【0171】

歪曲によるこの非最適指向挙動は、(g, h)から(u, d, v, d)への写像に、歪曲抑制回転を導入し、その回転を調節して歪曲の効果を無効化することにより、容易に訂正可能である。追尾ループの各繰り返しにおいて、変位空間における現在のおよび以前の1つまたは複数の位置を検討して、最適方向からの、追尾方向の角度分離を測定し、その角度の逆数だけ、歪曲抑制角度が増加される。

## 【0172】

図33は、ステートフル追尾ループを実行する3つの連続したステップにおいて、変位写像参照によりPV応答データから推測された変位空間内の3つの点を示す。第1のステップにおいて、指向アルゴリズムは、ステートフルモードにまさに入ったところである。ここで、指向アルゴリズムは、点970という変位座標を予測し、歪曲に関する情報はまだ有していない。その点において、位置空間座標系975は、変位座標系に対して、約50度回転される。変位空間における推測された位置に基づいて、指向アルゴリズムは、変位空間の原点に向かう方向976を導き出す。この方向976は、変位空間のg軸から時計方向に約20度回転した方向である。指向アルゴリズムは、位置決め器の駆動速度を、g, h座標系における原点方向ベクトルの、u, d, v, d座標系への、成分についての写像に基づいて設定する。歪曲977のために、運動は、最適な方向976から時計方向に約50度の方向で生成される。次のステップにおいて、指向アルゴリズムは、以前の点970と現在の点972とを結ぶ線分の角度を測定し、原点方向に向かう現在の角度から、その角度を減算し、約-50度の歪曲抑制角度978を得る。このステップにおいて、指向アルゴリズムは、歪曲抑制角度による回転と、g, h座標系における原点方向ベクトルの、u, c, v, d座標系への写像とに基づいて、位置決め器の駆動速度を設定する。その結果、次の推測される点974への運動が生成され、その角度は、原点方向ベクトルに精密に近似する。

30

40

## 【0173】

指向アルゴリズムは、現在説明しつつある歪曲の測定値を用いて、捕捉ユニットの角度位置に関して推測し、その情報を用いて、前述したように捕捉ユニットの遮光を考慮して、応答空間分割の検索等の様々なタスクの性能を改善してもよい。

## 【0174】

指向アルゴリズムの一般化

上述した指向アルゴリズムは、応答空間から変位空間への写像を生成するので、変位空

50

間指向アルゴリズムとよばれる。捕捉ユニットの角度位置は、変位およびデルタ応答値から推測され得るが、上述した歪曲履歴、変位参照写像等の状態情報は、変位データをP V 応答データに写像する実験に基づく関数から逆写像を生成することに基づく。

【0175】

変位空間指向アルゴリズムは、少なくとも近似として、捕捉ユニットの開口が任意の所与の光線変位に対して均一に照らされることを仮定する。しかし、図7での開口の検討から見られるように、密接充填アレイ内の捕捉ユニットは、アレイの法線方向からの、わずかな光線変位および角度位置のずれによっても、遮光され始める。上述したような、変位空間指向方法は、エネルギー収集素子がさほど近接性でないために大部分の運動範囲および入射光条件を通してエネルギー収集素子が互いに遮光し合う構成において用いられるエネルギー収集素子に対しては、堅牢な指向挙動が提供されることが期待されるが、収集素子の密接充填アレイにおいて堅牢な指向挙動が提供されることは、変更を加えない限り、必ずしも期待できない。

10

【0176】

図34は、第4実施形態に係るエネルギー収集素子からなるスタンドアロンモジュールを示し、このモジュールは、このモジュールを受容するよう設計されたエンクロージャ内にある。エンクロージャ980の透明な頂部分は、該素子の傾斜軸の枢動点の十分下方まで延長し、捕捉ユニットの開口が、運動の動作範囲の全域にわたって十分に照らされることを可能にする。係るモジュールは、個々のモジュールが相互に著しく遮光し合うことがないように、散在する配列法で設置される可能性がある。あるいは、素子は、遮光を回避するために、複数の素子を含むエンクロージャ内で構文解析配列法で設置される可能性がある。しかし、本発明のいくつかの有用な特徴は、素子を最適なコンパクトな配列で充填することを可能にし、係る最適コンパクトな配列の充填に関する。なお、この最適コンパクトアレイにおいては、エネルギー捕捉ユニットは、ほとんど常に、近接する捕捉ユニットからある程度の遮光を経験する。

20

【0177】

素子の密接充填アレイとともに用いられると、遮光された捕捉ユニットからの応答データを用いる変位参照は、遮光されないユニットのみからのサンプルデータから生成された応答空間分割が、遮光された状態に対応する応答空間の部分を含まないため、失敗する傾向にある。以下では、第1に、前述の問題に対処する変位空間指向アルゴリズムの変更について説明し、第2に、変位空間のみではなく、変位空間と運動空間の積に関連して、サンプルデータおよび逆参照写像を生成する変位空間指向アルゴリズムの一般化について説明する。

30

【0178】

応答空間のサーチ

上述したように、変位写像は、応答空間における特定の点を与えられたとき、変位空間における位置を推測するために用いられる。しかし、1つの実施形態に係る捕捉ユニットの形状は、捕捉ユニットの部分を覆う影が十分に予想可能な方法で応答値に影響するために、所与の光線変位に対する応答空間の点および遮光条件を与えられると、同一の近似的な変位に対する応答空間の遮光のない点が、応答空間分割の条件付きサーチにより特定されるというものである場合がある。

40

【0179】

例えば、捕捉ユニットの位置および光線変位により、4つの捕捉部品のうち1つだけが遮光された場合、その応答空間の点は、その応答空間座標において、遮光された捕捉成分が小さくなることのみ、遮光されていない状態における同じ変位に対して記録された応答空間の点と異なるであろう。したがって、応答空間における点を与えられると、該アルゴリズムは、そのような制限により、1つ、2つ、または3つの捕捉部品が確実に遮光されるかどうかに応じて、そのサーチを、応答空間分割の、1次元、2次元、または3次元の部分空間または区域に制限する。すべての場合において、サーチが調査する必要があるのは、その座標が与えられた点の座標に等しいかまたはそれよりも小さい、係る区域のみで

50

ある。

【0180】

したがって、4つの捕捉部品のうちすべてが遮光されたとしても、応答空間分割のサーチは、依然として、与えられた応答値により決定される部分空間に制限される。サーチすべき部分空間の次元数の増加に応じてサーチ回数が増加するため、該アルゴリズムは、部分空間の次元数が増加する順番でサーチを実行し、該アルゴリズムが、サーチ基準を満足するセルを特定した時点でサーチを終了してもよい。該アルゴリズムは、例えば、追尾ループの以前の繰り返しにおいて一致が見つかった部分空間を最初にサーチする等によって、サーチの順序の指針とするために状態情報を用いてもよい。

【0181】

図35は、第4実施形態に係るエネルギー収集素子を収容するパネルの1部分を示し、この部分においては、捕捉ユニットの法線軸の大部分は相互に整列している。角にある素子の反射器の各四分割部は、図17を参照して上述したように、対応する捕捉部品の開口に応じて参照番号が付されている。太陽がビューアの真後ろにある場合、ビューア574から最も離れた捕捉部品を有するすべての捕捉ユニットがほとんど全く遮光されず、ビューア578に最も近接する捕捉部品を有する捕捉ユニットの大部分が完全に遮光される状態で、可視の捕捉ユニットのすべてはある程度遮光される。アレイに対する光線変位が小さくなるに応じて、量の観点および影響される捕捉部品の個数の観点の両方において、捕捉ユニットの遮光は低減される。

【0182】

太陽の方向がアレイの法線方向に近いにもかかわらず、これらの軸の角度変位が増加するにしたがって、太陽方向の効率および信頼性が低下するとき、アレイの法線軸に対する光線変位と遮光との関係により、変位空間指向アルゴリズムは、密接充填アレイに対して堅牢な追尾挙動を提供することが期待できる。該アルゴリズムは、遮光が低い状況の間に追尾運動を記録し、そのデータを用いて、他の時に実行される運動のプログラムされたコースを較正することにより、この事実を利用してよい。係るプログラムされた動きの実装は、図16に関して上記で説明したように、角度位置決め器がそれぞれの弓形に対する移動距離を検出するよう構成されることを要求する場合がある。

【0183】

条件空間写像

一般化された指向アルゴリズムは、エネルギー吸収素子の条件空間を、角度位置と光線変位空間の積として定義する。位置空間および変位空間は、それぞれが2つの次元を有するのに対して、条件空間は4つの次元、すなわち位置空間からuおよびvと、変位空間からgおよびhとを有する。条件空間は、gおよびhの符号に基づいて、4つの象限に分割される。

【0184】

図36は、条件空間を、ページ上への4次元体積の投影として示す。座標対(u, v)により与えられる位置空間内の任意の点に対して、条件空間は、変位空間を範囲とする薄片(slice)を含み、座標対(g, h)により与えられる変位空間の任意の点に対して、条件空間は、位置空間を範囲とする薄片を含む。条件空間982の原点は、変位空間の原点912と位置空間の原点902とが交差する点である。

【0185】

図36に示される条件空間は、図31を参照して上記で説明したように、変位空間が折り畳まれるのと同じ方法で、折り畳まれる。サンプルデータは条件空間の第1象限に対してのみ生成され、応答空間分割を生成するために用いられる。応答値が与えられると、条件写像は、4つの可能な組合せのうち1つにおいて、それぞれが、分割座標の一意的な順序を使用し、それぞれが、その結果のg座標とu座標と、および/またはそのh座標とv座標とを反転させ、またはどれも反転させない4つの応答空間分割参照の和集合を返すことにより、条件空間の4つの象限のうち任意の象限における位置を返す。

【0186】

10

20

30

40

50

テストベッドシステムは、図 28 を参照して上記で説明したように、変位空間を範囲に含むサンプルデータ配列を生成するために、係るシステムが用いられたのと略同じ方法で、条件空間を範囲に含むサンプルデータ配列を生成するために用いられる。しかし、変位空間と比較される条件空間の自由度に、さらに 2 つの自由度をさらに加えると、テストベッドシステムにはさらなる要件が加えられる。テストベッドシステムの例は、図 37 を参照して、以下で説明する。

#### 【0187】

上述の手順において、エネルギー捕捉ユニットは、光線変位空間の少なくとも 1 つの象限を占める、光源に対する角度運動の 2 つのパラメータ範囲にわたって動かされる。変位空間は、捕捉ユニットを遮光することなく写像されるため、テストベッドは、データを収集するために、単一のエネルギー収集素子のみを使用してもよい。この手順において、アレイのベースに対する捕捉ユニットの動き、および光源に対する捕捉ユニットの動きは、それぞれ、条件空間の直角角度運動部分空間内の動き、および光線変位部分空間内の動きに相当する。捕捉ユニットが、光源に対するその指向を一定に保ちながらベースに対して動かされるとき、PV 応答レベルは、捕捉ユニットを横切る影の動きの関数としてのみ変化する。角度運動に対する PV 応答のこの関数を得るため、テストユニットは、中央素子と調和して動くモックアップ素子に包囲され、かつ中央素子を遮光する、装備されたエネルギー収集素子のアレイを使用するか、または、単一の装備された素子を使用することにより、影を生成する必要がある。

10

#### 【0188】

図 37 は、条件空間の範囲のためのサンプルデータの収集を可能にするテストベッドシステムの 1 部分を示す。このシステムは、テストベッド位置決め装置を使用する。なお、このテストベッド位置決め装置においては、基盤 1010 は、エネルギー収集ユニット 1012 の小さいアレイを運動範囲の全域にわたって動かすよう設計された、これ自体が本発明の角度位置決め器の変形である 2 軸系角度位置決め器 1020 を有し、前述の運動範囲は、アレイの法線軸に対する太陽の可能性のある変位の範囲をシミュレートする。図面において、その法線軸が 1006 である基盤は、その内側傾斜軸を中心として、その法線軸が 1004 であるそのベースに対して 10 度だけ回転され、中央ユニットの法線軸が 1008 であるエネルギー捕捉ユニットは、ベースおよび基盤に対して外側傾斜軸を中心として 40 度だけ回転される。基盤は、テストベッド位置決め装置の回転中心が、中間エネルギー捕捉ユニットの回転中心に対応するよう、その内側傾斜軸の下方で移動される。

20

30

#### 【0189】

テストベッド位置決め装置は、太陽の相対的角度変位をシミュレートする固定された光源に対して、テストアレイの 2 軸角度運動範囲を提供するため、アレイのエネルギー収集素子の角度位置決め器は、アレイに対して、エネルギー捕捉ユニットの独立的な 2 軸角度運動範囲を提供して、アレイ内で陰影状況を作ると同時に、テストベッドシステムは、固定光源を使用して、4 次元条件空間を含むためのデータを作成することを可能にする。

#### 【0190】

図 37 に示す同一の装置は、太陽光と人口光の相違に起因して起こりうる問題を回避しながら、しかし太陽の動きによる変位空間における一定変化を導入することにより、太陽とともに用いることができる可能性がある。コンピュータ制御による 4 軸テストベッドシステムを用いて係る動的変化するデータを収集する多くの方法を用いることができる。1 組の方法は、それぞれが、PV 応答データを絶対時間の関数として記録する各捕捉部品に対する一連の軌跡を記録し、テストベッドの位置履歴および太陽の経路に関する情報を用いて、条件空間を範囲に含むために、軌跡を用いる。太陽の位置、テストベッド捕捉の傾斜角、およびテストベッドベースの傾斜角は、比較的高い正確度で判定することができるため、軌跡に沿った任意の点の条件空間における位置も、比較的高い正確度で判定することができる。図 36 に示すように、条件空間を 4 次元配列のサンプルとして範囲に含むための方法は、各サンプル点に対して、条件空間に最も近い軌跡点の応答値を割り当てることである。

40

50



## 【0191】

## 個々のPV応答の整合

上述した方法は、PVセルの照度に関する情報を電気出力の形で提供する捕捉ユニットのPVセルに依存する。ここで、セルの出力の大きさは、セル上に当たる太陽光の量に比例する。捕捉ユニット内のPVセルの応答写像から、変位および条件逆参照写像を導き出すための上述の手順は、これらPVセルが、相互に対して本質的に同等な応答特性、およびテストベッドシステム内のPVセルに対して本質的に同等な応答特性を有することを仮定する。しかし、同等の仕様を有するように作製されたPVセルは、応答特性において著しい相違を有する場合がある。本発明は係る差異を補償するための手段を提供する。これらの手段は、各エネルギー収集素子のマイクロコントローラに、素子のPVセルのそれぞれに対する校正データを記録することからなり、係るデータは、変位写像または条件写像により用いられる前に、各PV出力データを正規化するために用いられる。

10

## 【0192】

本発明では、2種類のPV出力の正規化について考える。正規化の第1の種類においては、単一の係数が各PVセルに記憶され、各アクセスごとに、PVの出力値に前述の係数を乗算して、正規化された値が得られる。正規化の第2の種類においては、関数を表現するデータ構造が各PVセルに記憶され、各アクセス毎に、PV出力値が前述の関数に渡され、正規化された値が得られる。

## 【0193】

## サンプルデータ生成の他の方法

上述の記述は、エネルギー捕捉手段を平行光と整列するよう動かす一定の特性を有する、マイクロコントローラを装備する集中型ソーラーエネルギー収集装置をプログラムする方法を説明する。なお、これらの方法は、PV応答レベルを位置状態の関数として記述する実験生成サンプルデータを用いて、PV応答レベルからそれらの状態への逆写像を記述するデータを生成する。サンプルデータを生成するために使用される上述のテストベッドシステムは、生産システムにおけるエネルギー収集素子と同様のエネルギー収集素子を使用する、物理的装置である。しかし、PV応答データから変位情報および位置情報を推測するために、逆写像を生成および使用する同一の方法が使用される可能性がある。なお、この方法においては、サンプルデータは、シミュレーションが十分に現実的であって、有用なサンプルデータを生成するように実施形態の特性が与えられるならば、物理的テストベッドシステムの代わりに、コンピュータシミュレーションの手段により生成される。

20

30

## 【0194】

## 他の実施形態

上述の実施形態は、数平方マイクロメートルの面積の形状因子において40%に達しつつある太陽光 - 電気効率と、鉛筆の半分ほどの直径の高比率マイクロギヤモータと、メガバイト単位のデータを記憶できるマイクロコントローラと、手持ち式物体のサイズの精密光学部品のための大量製造方法とを有する、三重接合太陽電池等の既存の開発が完了した技術にかんがみ、本発明の好適な形態を示す。本発明に関連する、角度位置決め方法、互換性を有する密接充填ゼロ衝突光学形状生成方法、および素子ごとの追尾方法は上述の実施形態とは極めて異なって見える方法で適用されてもよい。

40

## 【0195】

最後の2つの実施形態は、現在のところまだ存在しないが予見可能である作製方法の開発により可能となる本発明の形態について説明する。例えば、第5実施形態は、かなり小さくてもよいビーズ状エネルギー捕捉ユニットを用いる。係る小さい寸法のモータ、電子機器、および光学部品の係る大規模な作製は、現在のところ経済的ではないかも知れないが、自動微細加工技術が発展するにつれて、徐々に、より経済的となる可能性がある。同様に、第6実施形態は、小さい光起電受容器が何千ものアレイ状に配置され、配線されることを要求する。係るタスクを実行するようプログラムされ構成された機械は今日存在するかもしれない。しかし、係る機械を使用して、ソーラーパネルのサイズの部品を作製することは、非経済的であり得る。

50

## 【 0 1 9 6 】

トレイ型ベース構造に装着された素子

図 3 8 は、本発明の第 5 実施形態を示し、この第 5 実施形態は、反射光学部品および屈折光学部品を組み合わせるエネルギー捕捉ユニットを使用し、第 5 実施形態においては、エネルギー捕捉器および角度位置決めユニットはモジュールを形成し、その組み合わせられた形状は、それらを受容するよう設計されたトレイ状基盤内のキャビティに入れ込まれる。

## 【 0 1 9 7 】

図 3 8 A は、18 個の完全なキャビティを有するトレイ 1 1 4 0 の 1 部分を示し、18 個のキャビティのうち 5 つは、モジュール 1 1 0 6 により占められ、1 つのモジュールがベーストレイ 1 1 0 8 の上方に懸下されている。

10

## 【 0 1 9 8 】

図 3 8 B は、単一モジュールの角度位置決めユニットを示し、隠れた端部が点線で示されている。この実施形態に係る位置決めユニットは、位置決めユニットが、捕捉ユニットの反対側端部まで延長する弓形の形状を有し、位置決めユニットが軸方向ペグ 1 1 2 2 を介して捕捉ユニットを、周方向ではなく、軸方向に装着するという点において、他の実施形態における変形と対比をなす。他の実施形態と同様に、位置決めユニットは、弓形の中央点付近に装着された駆動モータを介して、内側傾斜軸および外側傾斜軸の両方に対して周方向にトルクを印加する。位置決め器本体の上面におけるキャビティから突き出される内側駆動モータ 1 1 3 4 は、エネルギー捕捉ユニットの略球状表面 1 1 1 0 の下面と係合する。位置決め器本体の下面におけるキャビティから突き出される外側駆動ローラ 1 1 3 8 は、モジュールが設置されたベースキャビティにおける円筒形軌道 1 1 4 2 と係合する。駆動ローラは小さいギヤモータにより動力が供給され、ギヤモータ本体は大部分がローラ内部に位置し、位置決め器本体に固定される。

20

## 【 0 1 9 9 】

エネルギー捕捉ユニットの光学部品は、屈折と反射の両方を使用する。捕捉ユニットにおいて、入射光は、まず捕捉ユニットの固体透明本体に入ると屈折し、次に本体背面の鏡面加工された面で反射し、最後に、本体に埋め込まれた P V セルに集まる。各捕捉ユニットは、第 3 実施形態に係る捕捉部品に見られるのと同様のパターンで配列された 4 つのエネルギー捕捉部品を有する。

30

## 【 0 2 0 0 】

図 3 8 は、様々な電気部品を接続する導線の詳細については示さない。1 つの設計においては、導線は、軸方向ペグ 1 1 2 2 のうちの近傍で、またはその中を通して、捕捉ユニットと角度位置決めユニットの間を通る。また、導線は、捕捉ユニットからベーストレイへと、捕捉ユニットの表面の 1 つから現れ軌道 1 1 4 2 をちょうど超えたところに配置されたソケットにおいてベースへと入っていく小さいケーブルの中を通る。ケーブルは、大きな弓形状に湾曲し、ベースとモジュールの間でもつれることが決してないよう、十分な剛性を持つ。

## 【 0 2 0 1 】

マイクロ光学部品を有する収集素子

図 3 9 は、本発明の第 6 実施形態に係るエネルギー収集素子を示し、そのエネルギー捕捉ユニットは、千個を超す集中型マイクロ素子のマイクロアレイを備えるプレート状表面を有する。図面の下方は、1 . 0 の細長比に基づく単一のエネルギー収集素子を示し、図面の右側部分における拡大されたブロックは、5 6 個の光起電セルを有するマイクロアレイの 1 部分の拡大図を示す。

40

## 【 0 2 0 2 】

集光手段について、拡大図を参照しながら説明する。透明材料 1 2 2 0 は複合レンズを形成し、各光起電セルに対する光軸は、マイクロアレイを支持する面 1 2 1 0 に対して垂直となっている。複合レンズ 1 2 2 2 の各素子は、それぞれの P V セル 1 2 3 0 上に集まる焦点を有する。P V セルはストリップ状導線 1 2 3 2 により接続され、ストリップ状導

50

線 1 2 3 2 は P V セルにより生成された電力を収集し、第 1 ケーブル 1 2 5 0 を通して位置決めユニット 1 2 4 0 へと伝達し、次に第 2 ケーブル 1 2 5 2 を通してユニットのベースへと伝達する。

【 0 2 0 3 】

互いに垂直であり、それぞれが面 1 2 1 0 に対して垂直である、1 対の薄板プレート 1 2 1 4 は、エネルギー捕捉ユニットの対称面に沿って、マイクロ素子の列および行を分割する。マイクロ素子の光軸に対して平行であるため、これら薄板は、ユニットが平行入射光に対して整列する場合、マイクロ素子のいずれも遮光しないが、ユニットの軸が入射光の方向から逸脱するに依りて、より多くのマイクロ素子を遮光するようになる。どのマイクロ素子が遮光されるかは、入射光の方向からの、ユニットの軸の逸脱に依存する。エネルギー捕捉ユニットの電子機器は、どのマイクロ素子が遮光されるかの情報を用いて、捕捉ユニットの軸と入射光の方向との間の整列を回復するために、捕捉ユニットが動く必要がある角度方向、捕捉ユニットがそれにしたがって角度位置決めユニットにそれに依りて動くよう命令する必要がある角度方向を決定する。

10

【 0 2 0 4 】

用語解説

角度位置決めユニット（または、角度位置決め器、位置決め器）：ベースおよび捕捉ユニットにおける直交弓形に対して自らを摺動させることにより、エネルギー捕捉ユニットを指向させる部品。

20

【 0 2 0 5 】

角度位置空間（または位置空間）：角度位置決め器により提供される、ベースに対するエネルギー捕捉ユニットの可能な角度位置の集合を包含する 2 次元空間。

【 0 2 0 6 】

開口：主に平行光の方向に対して垂直な面における領域であって、装置に当たる係る光の列を画成する領域。

【 0 2 0 7 】

開口面：エネルギー捕捉ユニットの法線に対して垂直な面であって、該ユニットの内側傾斜軸を含む面。

【 0 2 0 8 】

開口効率：素子のアレイ上に当たる光の部分であって、これらの素子により捕捉される部分。

30

【 0 2 0 9 】

開口セグメント：エネルギー捕捉部品の 1 つにより覆われる素子の開口の部分。

【 0 2 1 0 】

アレイ法線軸（パネル法線軸も参照のこと）：エネルギー収集素子のアレイの面に対して垂直な方向。

【 0 2 1 1 】

ベースユニット：エネルギー収集素子の部分であって、装着弓形を介して角度位置決めユニットを支持し、素子をアレイベースまたは他の基盤に固定する部分。

【 0 2 1 2 】

捕捉ユニット法線軸：エネルギー捕捉ユニットの中心軸であって、捕捉ユニットの光軸（単数または複数）が該ユニットの鏡面对称面が交差する線と平行であり、かつ、通常、この線と一致する。

40

【 0 2 1 3 】

回転中心：内側傾斜軸および外側傾斜軸が交差する点。

【 0 2 1 4 】

凹状装着弓形：ベースユニットに固く取り付けられた装着弓形。

【 0 2 1 5 】

条件写像：応答空間における座標が与えられると、条件空間におけるゼロまたは複数の点を返す、データ構造およびアクセス方法。

50

## 【0216】

条件空間：エネルギー捕捉ユニットの法線軸からの、入射平行光の方向の可能な角度変位と、角度位置決めユニットにより提供される、ベースに対するエネルギー捕捉ユニットの可能な角度位置との集合を包含する4次元空間。

## 【0217】

凸状装着弓形：エネルギー捕捉ユニットに固く取り付けられた装着弓形。

## 【0218】

デルタPV応答空間（またはデルタ応答空間）：その次元が、角度位置空間の2つの方向に沿ったわずかな運動に応答した、エネルギー捕捉ユニットのPVセルの出力レベルの変化率である、空間。

10

## 【0219】

変位写像：応答空間における座標が与えられると、光線変位空間におけるゼロまたは複数の点を返す、データ構造およびアクセス方法。

## 【0220】

変位参照データ：変位空間における点および/または領域を参照するセルへの応答空間の分割からなる、変位写像により使用されるデータ構造。

## 【0221】

細長比：エネルギー収集素子のアレイにおける、列内の素子間の距離に対する列間の距離の比。

## 【0222】

エネルギー捕捉部品（または捕捉部品）：開口セグメントを有するエネルギー捕捉ユニットの機能部分。

20

## 【0223】

エネルギー捕捉ユニット（またはエネルギー捕捉器）：光集中光学部品および光-電気変換手段を備える、エネルギー収集素子の1部分。

## 【0224】

エネルギー収集素子：そのアレイが、パネル状のエンクロージャ内に設置される組立体で、エネルギー捕捉ユニット、角度位置決めユニット、およびベースユニットを備える組立体。

## 【0225】

内側傾斜軸：エネルギー捕捉ユニット等の搭載物に対する、角度位置決め器の部分的回転の軸。

30

## 【0226】

光線変位空間：エネルギー捕捉ユニットの法線軸からの角度が90度を超えない、エネルギー捕捉ユニットの法線軸からの、入射平行光の方向の可能な角度変位の集合を包含する、2次元空間。

## 【0227】

装着軸：角度位置決め器を使用する傾斜軸。

## 【0228】

装着弓形：エネルギー捕捉ユニットの角度運動を支持し、エネルギー捕捉ユニットの角度運動を提供するために、角度位置決めユニットにより係合される、凸状装着弓形または凹状装着弓形のいずれか。

40

## 【0229】

法線軸：（捕捉ユニット法線軸またはアレイ法線軸を参照のこと）

動作クリアランスプロファイル：角度位置決めユニットの動作により、エネルギー収集素子の捕捉ユニットおよび位置決めユニットの運動範囲にわたって、捕捉ユニットおよび位置決めユニットが動くときに、捕捉ユニットおよび位置決めユニットにより掃過される体積。

## 【0230】

外側傾斜軸：ベースに対して、角度位置決め器が部分的に回転する軸。

50

【 0 2 3 1 】

P V 応答関数：エネルギー捕捉ユニットの所与の設計に対して、光線変位空間における点を P V 応答空間に写像する関数。

【 0 2 3 2 】

P V 応答空間（または応答空間）：その次元が、エネルギー捕捉ユニットの P V セルの出力レベルである、空間。

【 0 2 3 3 】

応答空間分割：変位参照データに符号化される、変位空間および応答空間におけるサンプルの分布に基づく、セルへの、応答空間の区分。

【 0 2 3 4 】

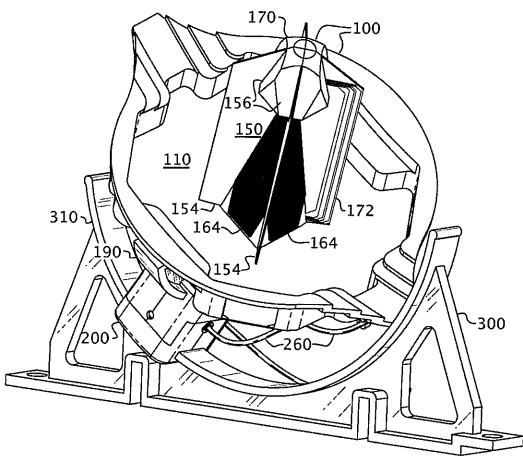
サンプルデータ配列：シミュレーションアレイを用いて生成したデータセットであって、変位空間における高密度格子の点のそれぞれに対する応答空間の点を与えるサンプル、または変位空間および位置空間の積からなるデータセット。

【 0 2 3 5 】

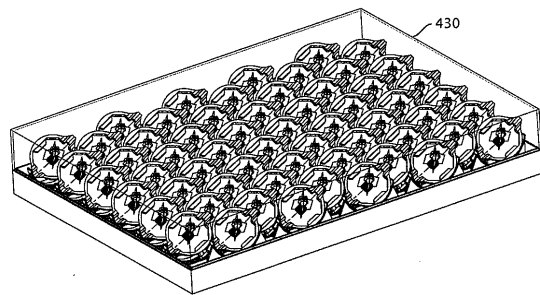
傾斜軸：エネルギー捕捉ユニットに対する運動の内側軸、およびベースに対する運動の外側軸の 2 つの軸のいずれか。この軸を中心として角度運動を、角度位置決めユニットが生成する。

10

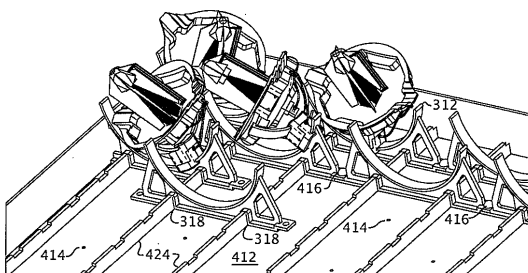
【 図 1 】



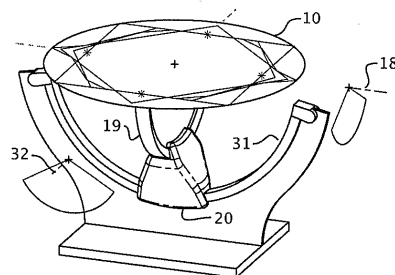
【 図 3 】



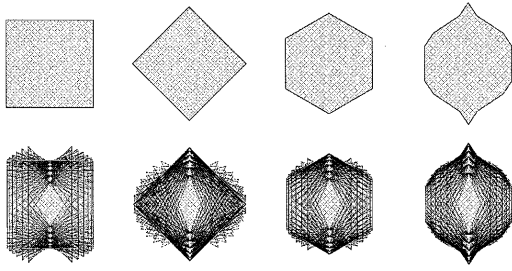
【 図 2 】



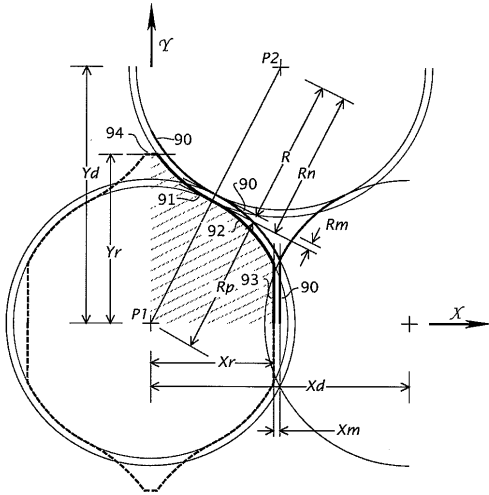
【 図 4 A 】



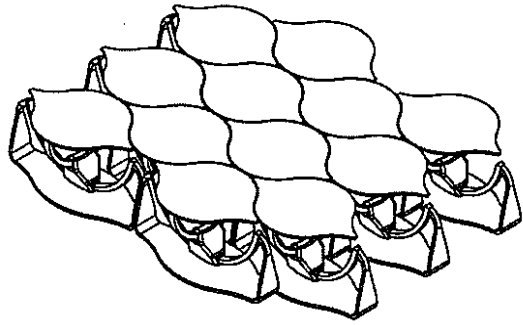
【図 4 B】



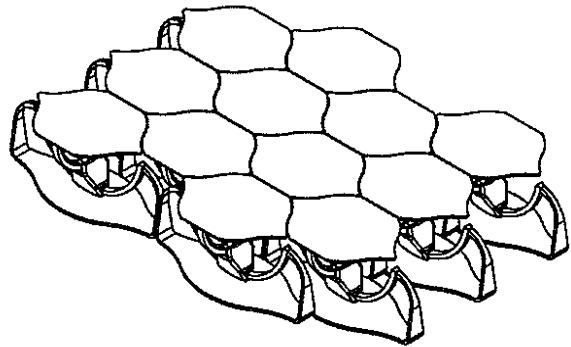
【図 5 A】



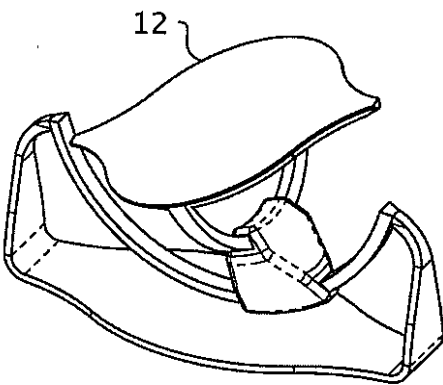
【図 5 B】



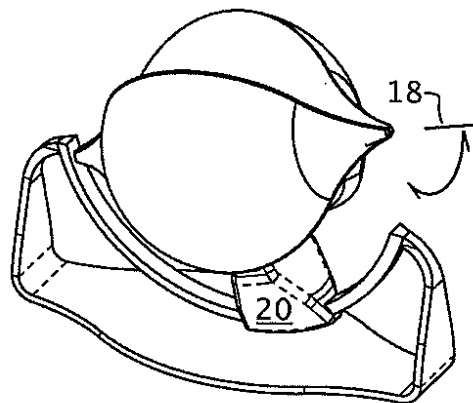
【図 5 C】



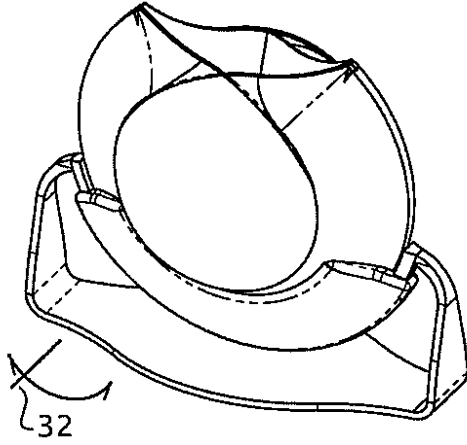
【図 6 A】



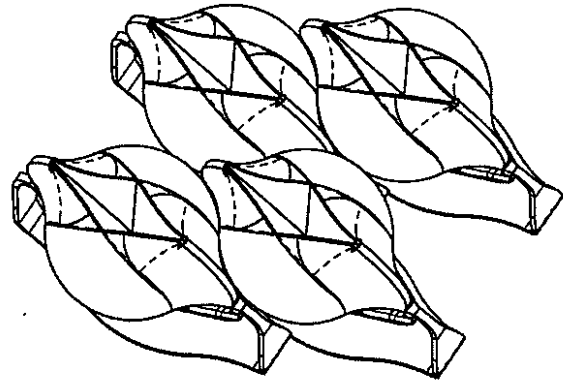
【図 6 B】



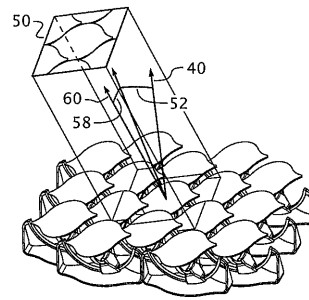
【 図 6 C 】



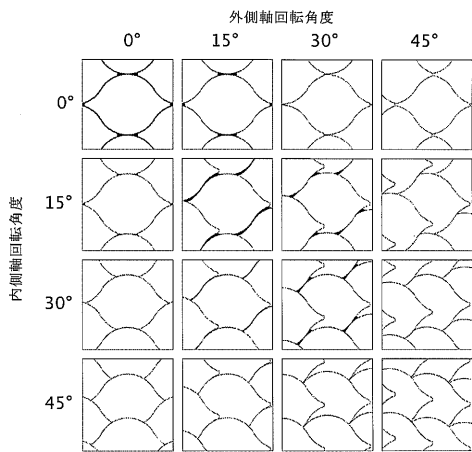
【 図 6 D 】



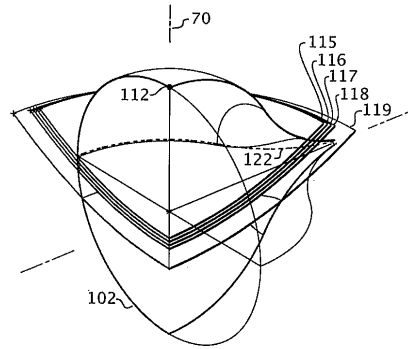
【 図 7 A 】



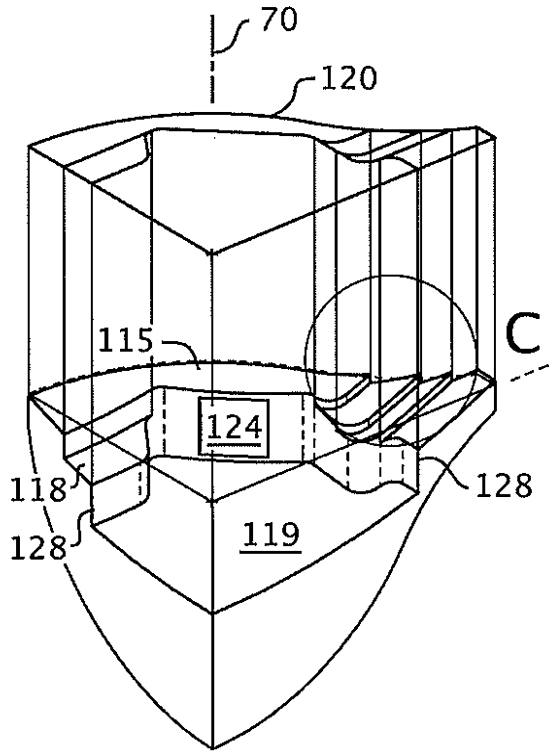
【 図 7 B 】



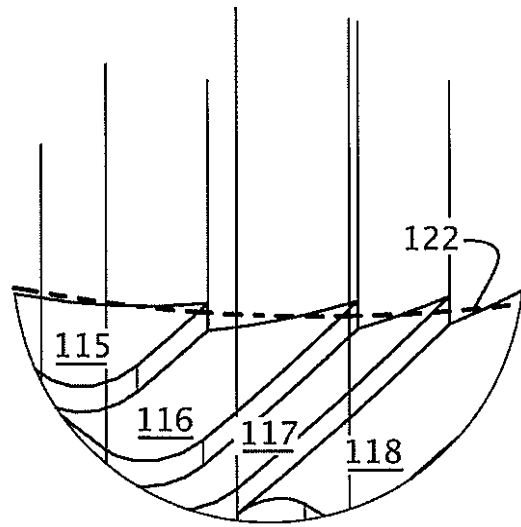
【 図 8 A 】



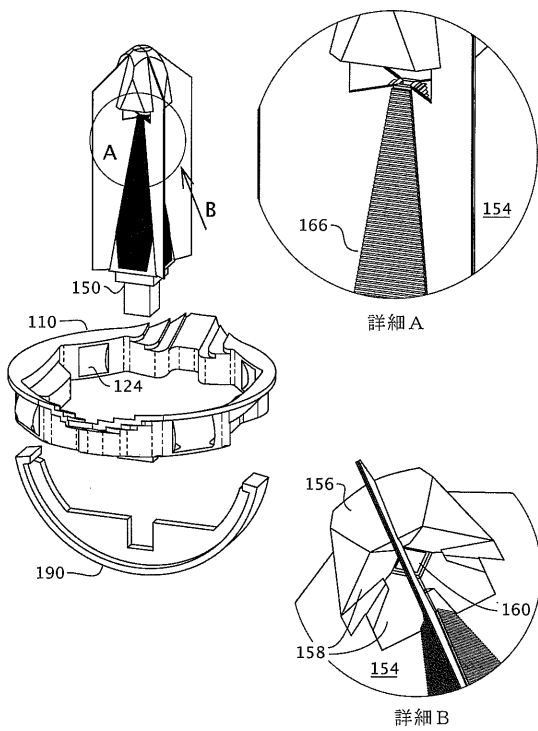
【 図 8 B 】



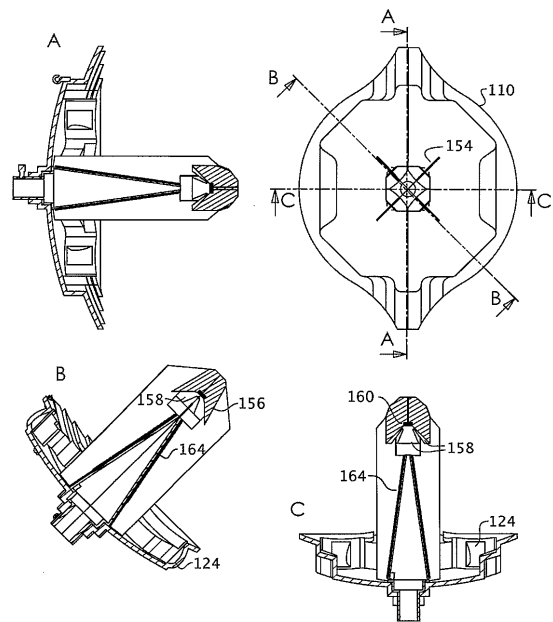
【 図 8 C 】



【 図 9 】

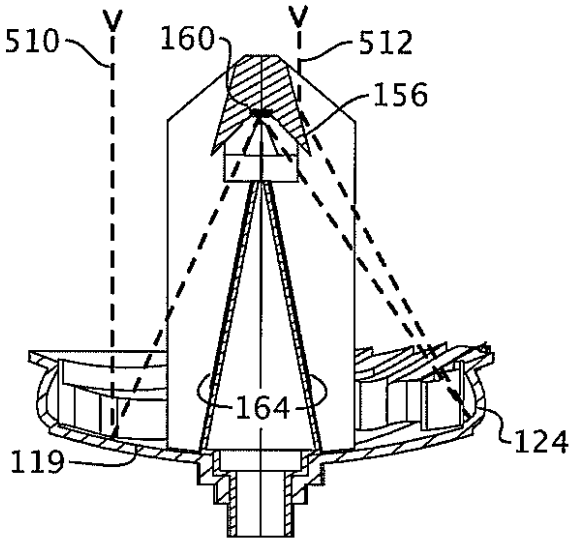


【 図 10 】

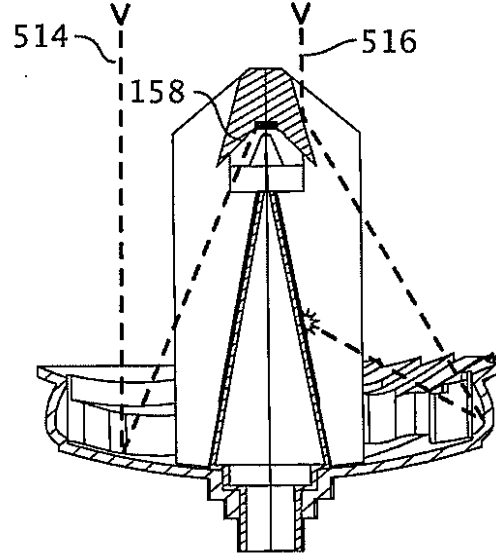




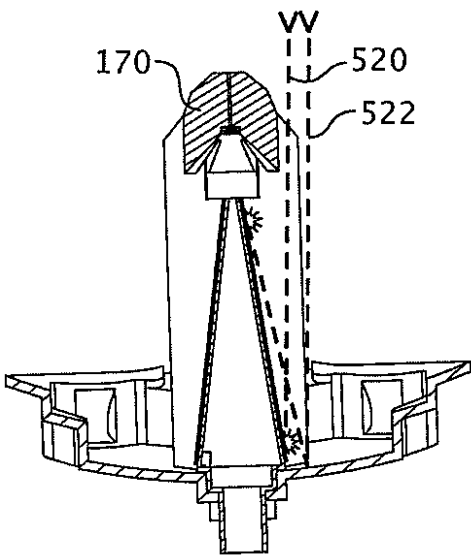
【図11A】



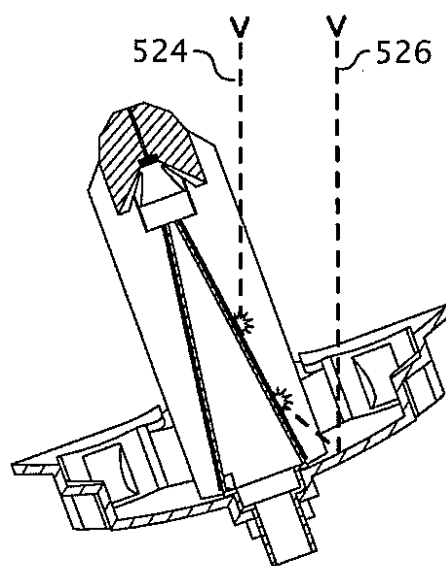
【図11B】



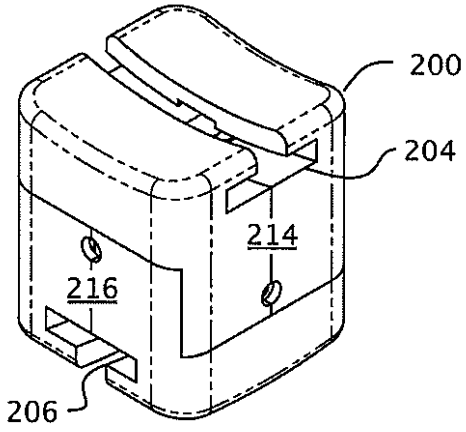
【図11C】



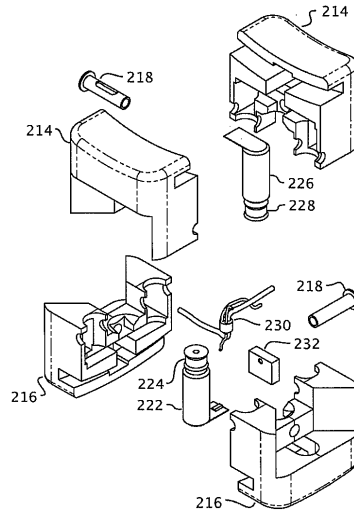
【図11D】



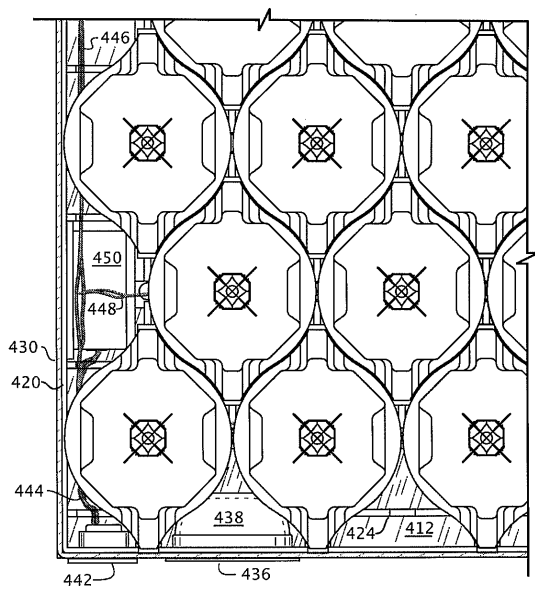
【図 1 2 A】



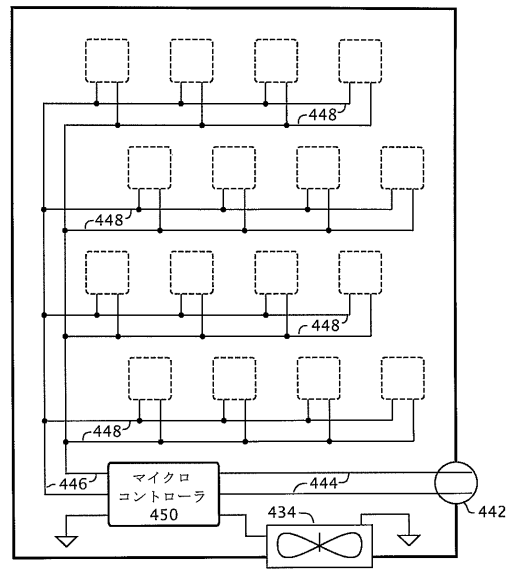
【図 1 2 B】



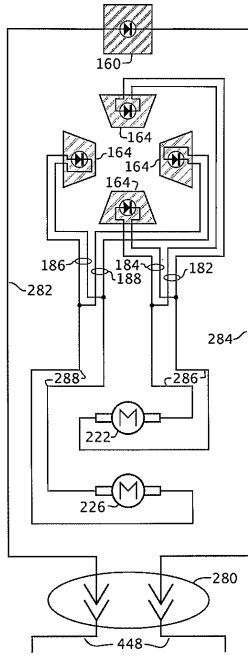
【図 1 3】



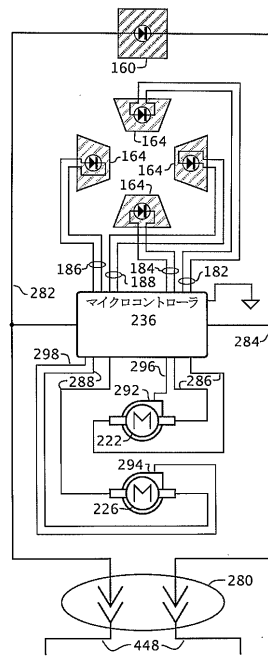
【図 1 4】



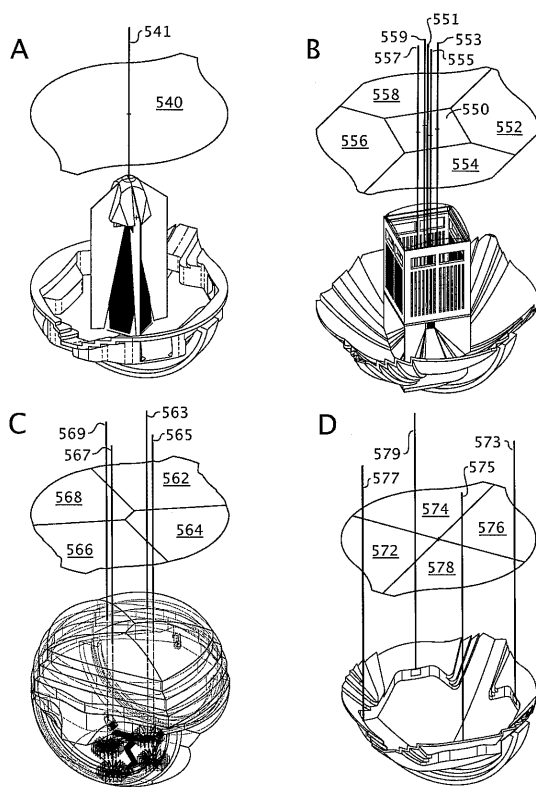
【図 15】



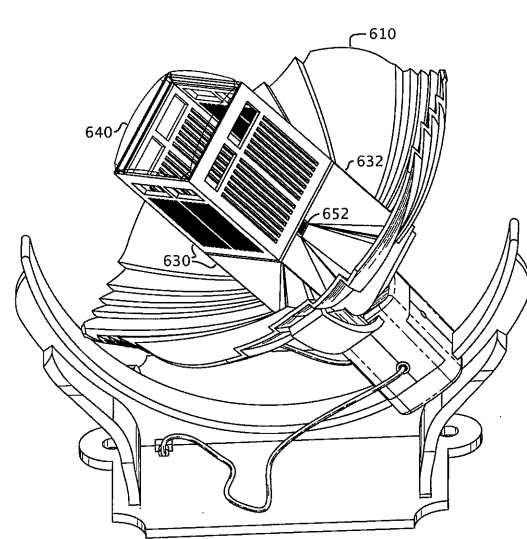
【図 16】



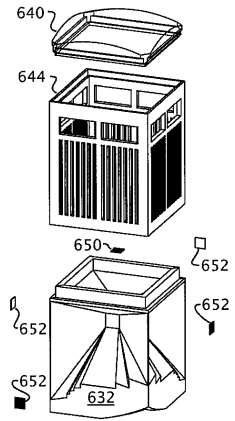
【図 17】



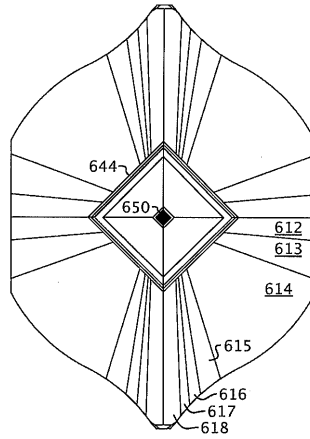
【図 18】



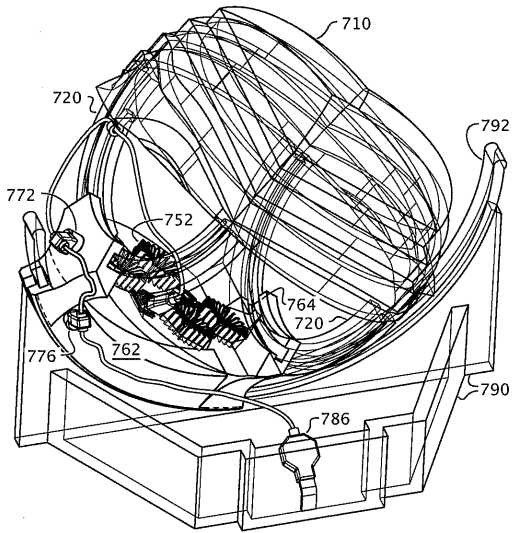
【図 19 A】



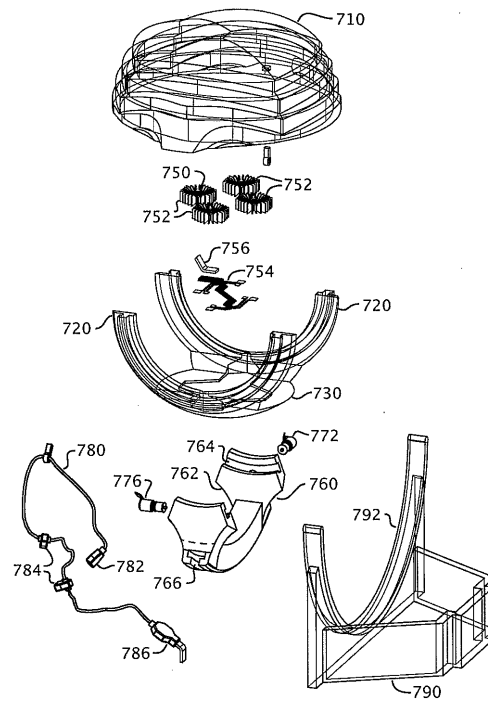
【図 19 B】



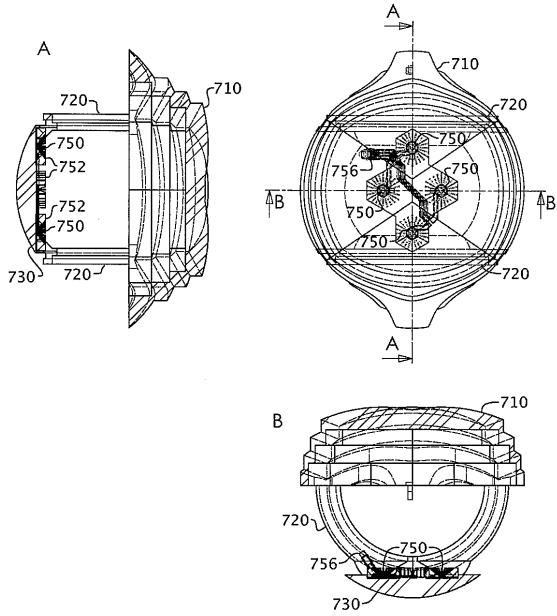
【図 20 A】



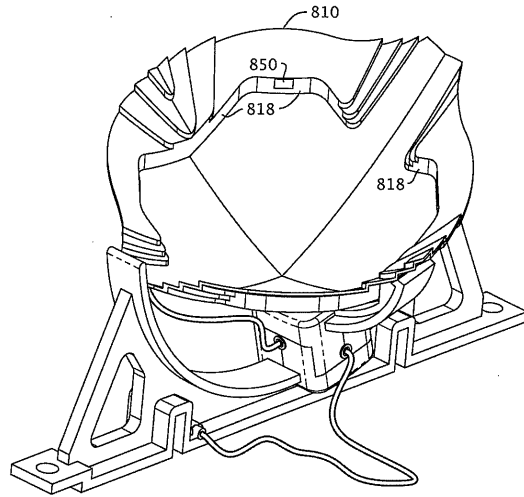
【図 20 B】



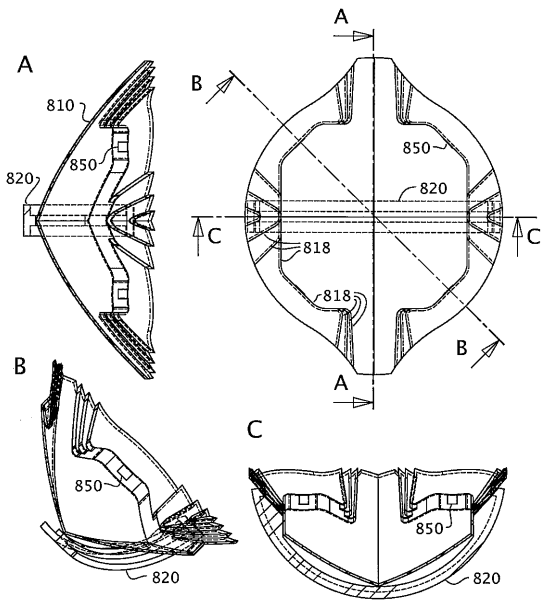
【 図 2 1 】



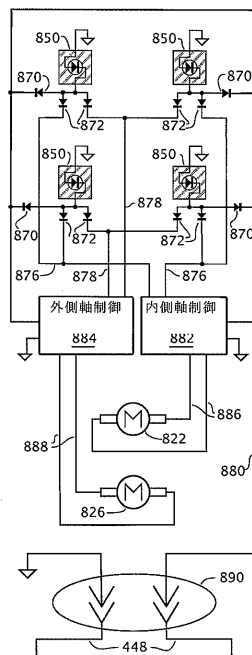
【 図 2 2 】



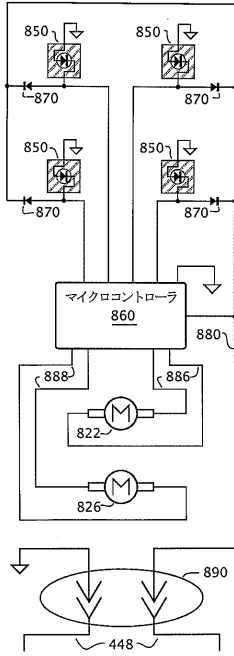
【 図 2 3 】



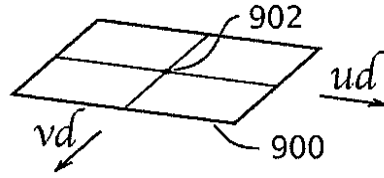
【 図 2 4 】



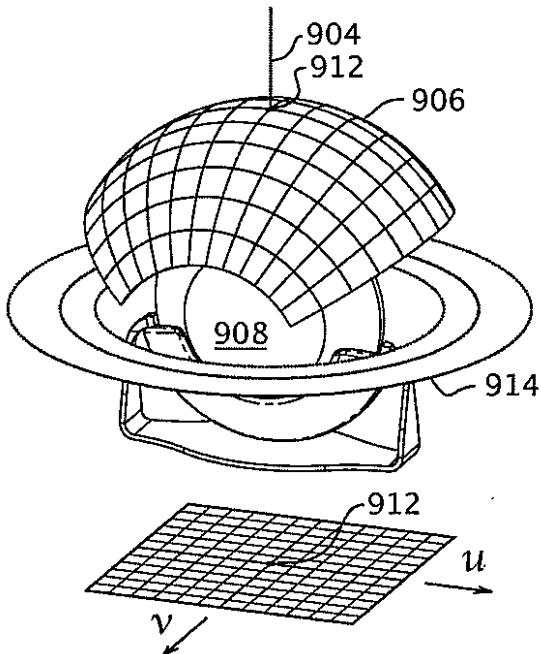
【図 25】



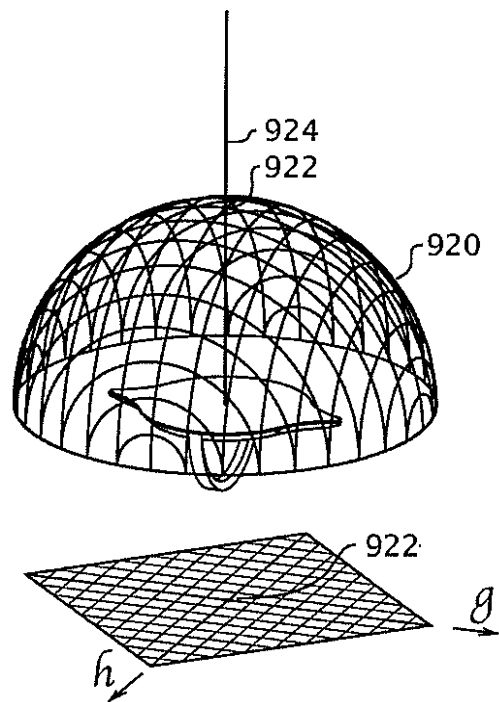
【図 26 A】



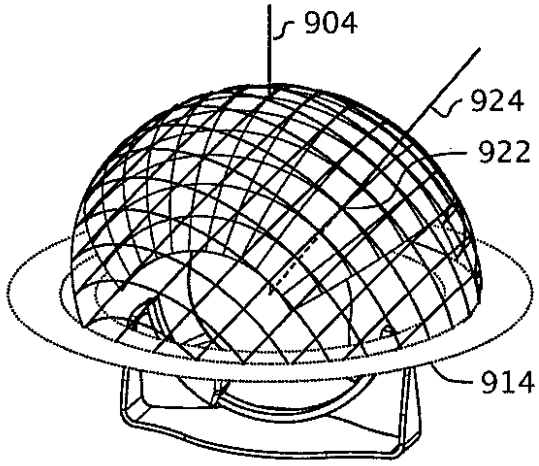
【図 26 B】



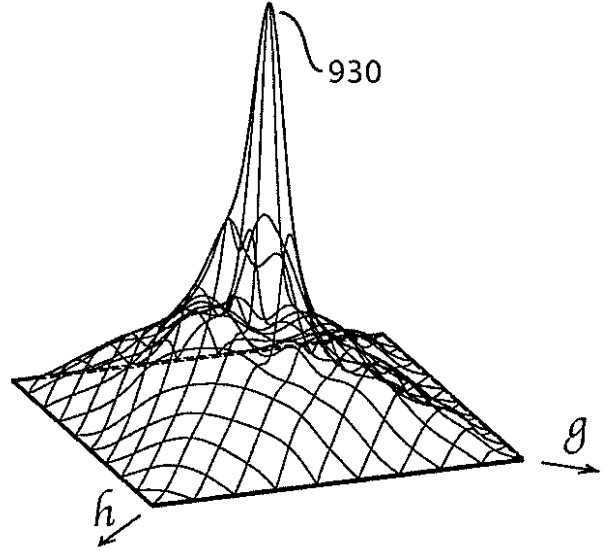
【図 26 C】



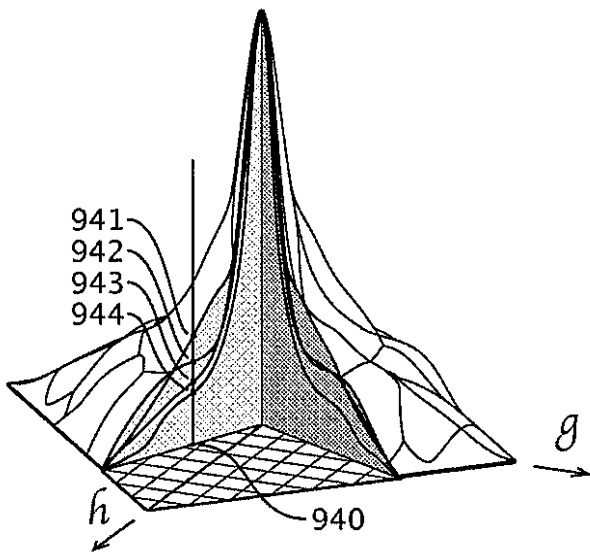
【図 26D】



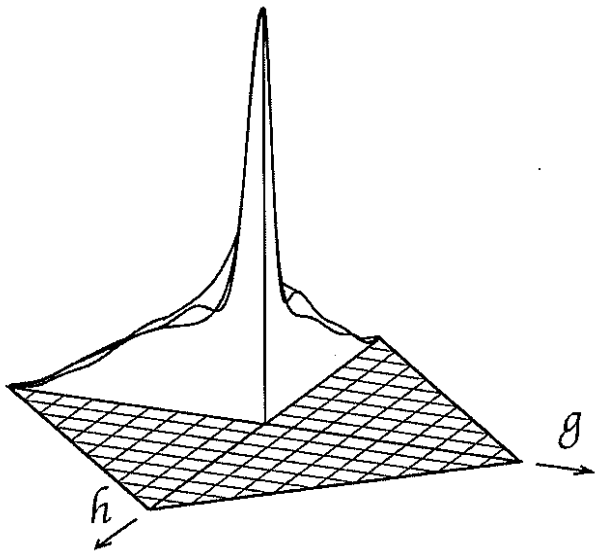
【図 27A】



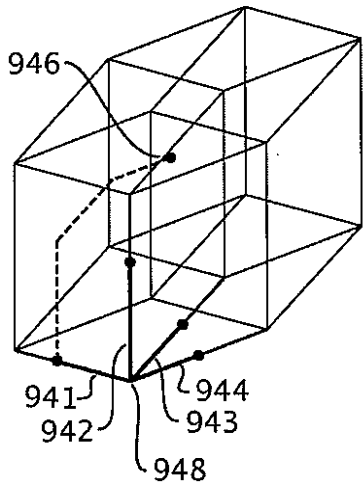
【図 27B】



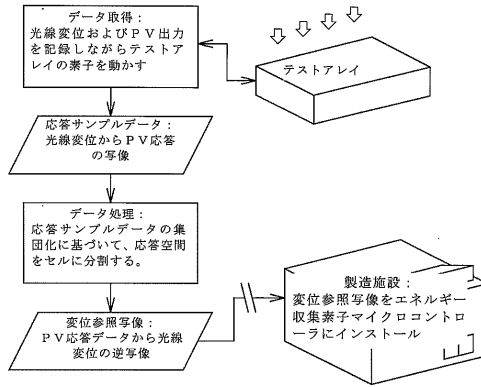
【図 27C】



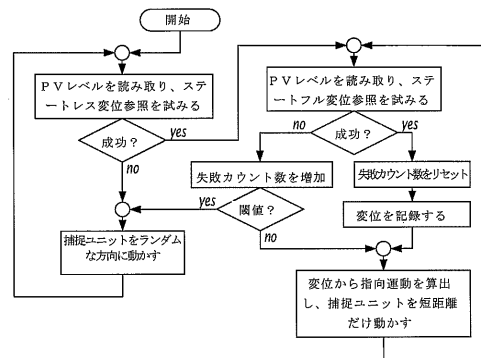
【図 27D】



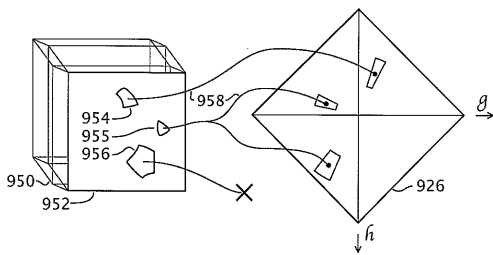
【図 28】



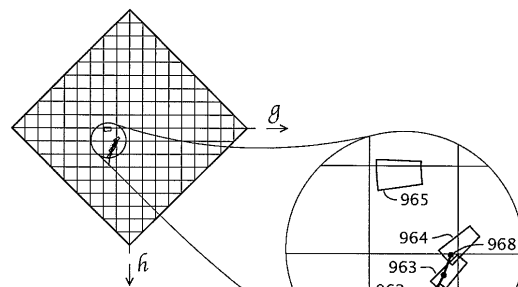
【図 29】



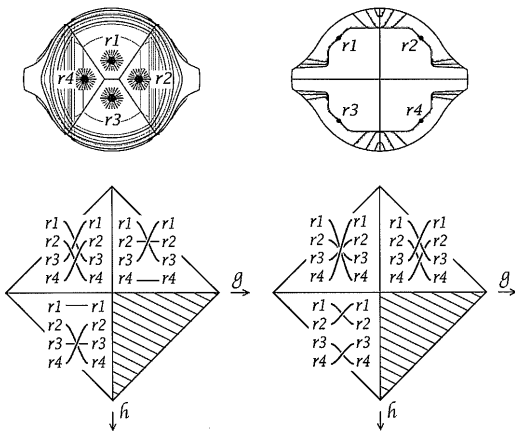
【図 30】



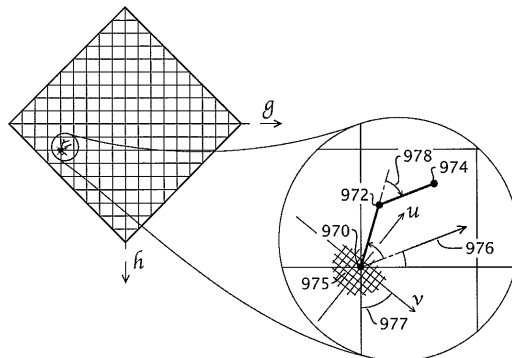
【図 32】



【図 31】

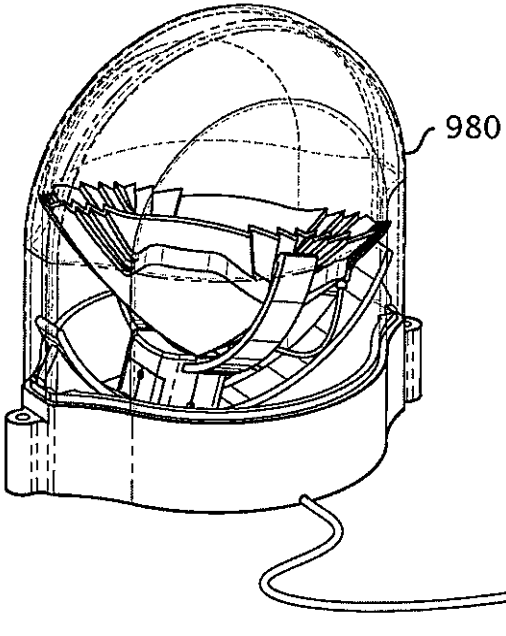


【図 33】

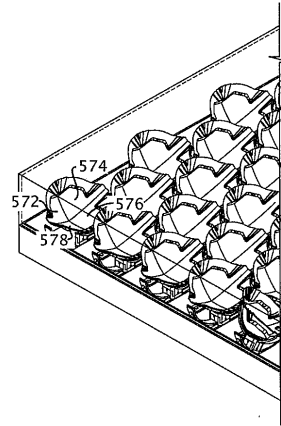




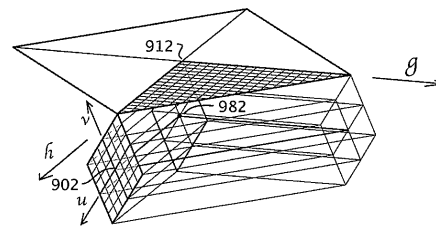
【 図 3 4 】



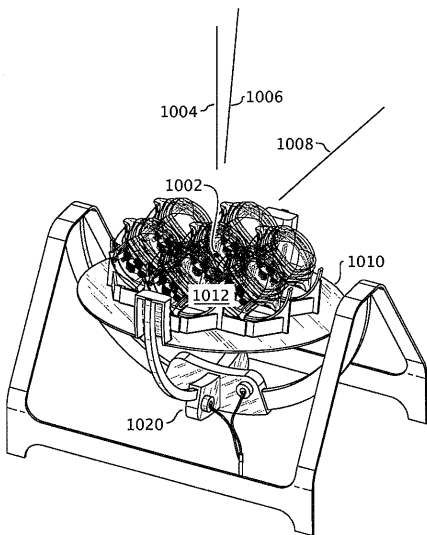
【 図 3 5 】



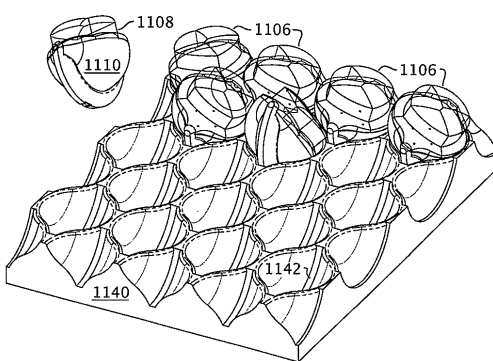
【 図 3 6 】



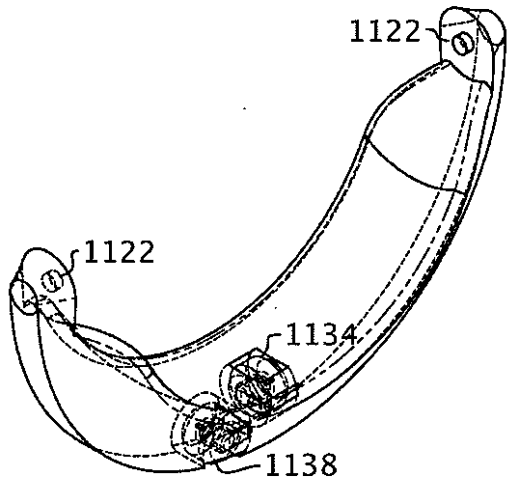
【 図 3 7 】



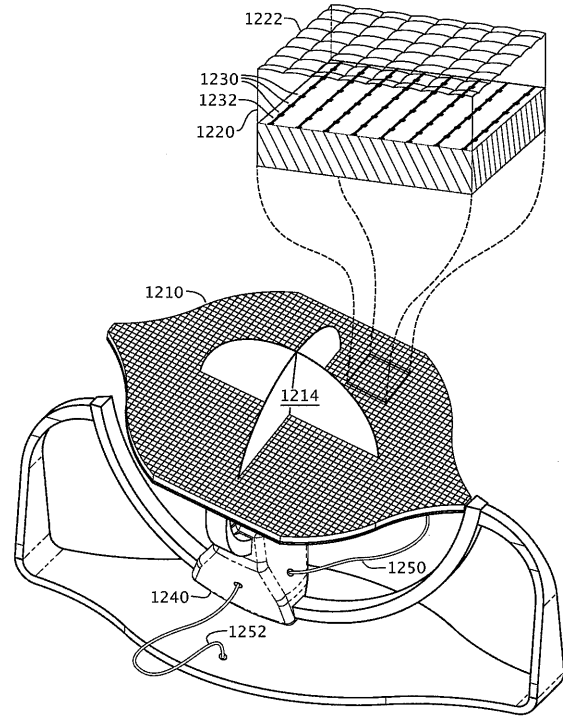
【 図 3 8 A 】



【図 38 B】



【図 39】



## フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(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, 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, 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, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 ホフマン, ジェームズ

アメリカ合衆国 9 4 5 0 1 カリフォルニア州, アラメダ, エンシナル アベニュー ナンバー  
2 3 0 1 4

Fターム(参考) 5F151 JA14 JA23