

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5944400号
(P5944400)

(45) 発行日 平成28年7月5日(2016.7.5)

(24) 登録日 平成28年6月3日(2016.6.3)

(51) Int.Cl.

F 1

G02B 19/00 (2006.01)
G02B 5/00 (2006.01)G02B 19/00
G02B 5/00

請求項の数 7 (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2013-537705 (P2013-537705)
 (86) (22) 出願日 平成23年10月27日 (2011.10.27)
 (65) 公表番号 特表2013-543150 (P2013-543150A)
 (43) 公表日 平成25年11月28日 (2013.11.28)
 (86) 國際出願番号 PCT/US2011/058144
 (87) 國際公開番号 WO2012/061204
 (87) 國際公開日 平成24年5月10日 (2012.5.10)
 審査請求日 平成26年9月30日 (2014.9.30)
 (31) 優先権主張番号 12/939,348
 (32) 優先日 平成22年11月4日 (2010.11.4)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 513104310
 バニヤン エナジー インコーポレイテッド
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94
 710 パークレー ギルマン ストリート 950 スイート 800
 (74) 代理人 100092093
 弁理士 辻居 幸一
 (74) 代理人 100082005
 弁理士 熊倉 賢男
 (74) 代理人 100088694
 弁理士 弟子丸 健
 (74) 代理人 100103609
 弁理士 井野 砂里

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】集熱及び照明システム用のコンパクトな光学部品

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光学集中装置であって、
 互いに隣接して配置された複数の光学素子を有し、前記複数の光学素子の各々は、
 a) 光を収集して再位置決めする集中素子と、
 b) 前記集中素子と関連すると共にこれとは別体であり、前記集中素子から光を受け取る変向素子とを含んでおり、

前記複数の光学素子の各々は、前記集中素子と 1 対 1 に関連すると共に、前記集中素子とは別体の、前記集中素子からの光を受け取る前記変向素子を含み、前記複数の光学素子の各々の前記集中素子は、前記光が再位置決めのための方向の変化を受けない層によって前記関連変向素子の少なくとも一部分から隔てられており、前記層は、前記関連変向素子の各々の少なくとも一部分相互間に隣接して位置し、

前記関連変向素子の前記少なくとも一部分から光を受け取る段付き導波路を有し、前記関連変向素子は、前記光を集積のために前記段付き導波路中に再位置決めするよう構成され、前記段付き導波路の平面は前記集中素子の平面と実質的に平行であり、更に、前記段付き導波路はその長さに沿って実質的に一様な断面厚さを有し、更に、

前記段付き導波路に結合されていて、前記導波路からの前記光を光レシーバに向かって変向する二次光学素子を有し、

前記段付き導波路から光を受け取る光レシーバを更に有する、光学集中装置。

【請求項 2】

10

20

前記段付き導波路は、平坦なファセット、湾曲面及び特注形状から成る群から選択された表面を有する、請求項1記載の光学集中装置。

【請求項3】

前記段付き導波路は、前記関連変向素子と関連した光入口素子を有し、前記光入口素子は、前記段付き導波路の本体から物理的に不連続に配置され、それにより別々の部品の状態の前記段付き導波路の組み立てを可能にする、請求項1記載の光学集中装置。

【請求項4】

前記集中素子は、前記導波路の頂面に光学的に結合されている、請求項1記載の光学集中装置。

【請求項5】

前記変向素子は、前記導波路の頂面に光学的に結合されている、請求項1記載の光学集中装置。

10

【請求項6】

前記光学素子は、前記段付き導波路中に光を挿入するよう構造的に位置決めされており、光は、前記段付き導波路内で2方向に伝搬するようになっている、請求項1記載の光学集中装置。

【請求項7】

前記集中素子は、光学素子をガラスシート中にパターニングすることにより作られている、請求項1記載の光学集中装置。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

本発明は、電気エネルギー、熱エネルギー及び放射エネルギーを生じさせる光学集中装置並びにこの構造を採用した光学照明器及び以下に説明する方法に関する。本発明は、特に、太陽光を収集すると共に集中させる光学素子の組み合わせを用いる太陽熱集中装置に関する。他の用途としては、コンパクトな光学部品又は光学系を用いた照明及びイルミネーションが挙げられる。

【0002】

【関連出願の説明】

本願は、2010年11月4日に出願された米国特許出願第12/939,348号の優先権主張出願であり、この米国特許出願第12/939,348号は、2010年2月12日に出願された米国特許第7,925,129号の一部継続出願であり、前記米国特許第7,925,129号は、2008年9月9日に出願された米国特許第7,664,350号の継続出願であり、この米国特許第7,664,350号は、2007年9月10日に出願された米国特許第7,672,549号の一部継続出願であり、これら全ての特許文献を参照により引用し、これらの記載内容全体を本明細書の一部とする。

30

【背景技術】

【0003】

太陽光収集装置は、太陽光の収集（集光）及び集中（集熱）のために長年にわたり開発されてきた。周囲太陽光のエネルギー密度を高めることにより、有用なエネルギー形態へのより効率的な変換が可能になる。お得の幾何学的形状及びシステムが開発されたが、かかるシステムの平凡な性能及び高いコストにより普及しなかった。適当な性能と製造性を達成するために太陽エネルギー集中装置が必要である。

40

【発明の概要】

【0004】

集熱装置システムは、集中素子、例えば屈折及び／又は反射コンポーネント、レシーバ（熱吸収器）ユニット（熱及び／又は光起電力）及び他の従来型エネルギー変換システム中への効率的な集光及び集中のための複数の段付き反射面を備えた光導波路中に太陽光を変向する（太陽光の向きを変える）反射及び／又は屈折素子の組み合わせを含む。光導波路のアスペクト比と共に反射面の幾何学的形状を制御することにより、好ましくは種々の

50

商業用途のための連続領域上への太陽光の容易な操作、収集及び集中が可能になり、かかる商業用途としては、太陽電池セル装置、ライトパイプ用途、熱交換器、燃料生産システム、スペクトルスプリッタ及び種々の光学用途向きの光の他の二次操作が挙げられる。

【0005】

本発明のこれらの及び他の目的、利点、及び応用例は、その動作の構成及び方法と共に添付の図面と関連して考慮すれば、以下の詳細な説明から明らかになろう。

【図面の簡単な説明】

【0006】

【図1】全体的に本発明の実施形態に基づいて作られた太陽エネルギー集中装置を例示する図である。

10

【図2】図1に概略的に示された光導波路の1つの実施形態の断面図である。

【図3】図1に概略的に示されている光導波路の直線形実施形態の別の断面図である。

【図4】図1に概略的に示されている光導波路の回転形の実施形態の別の断面図である。

【図5】図5Aは、導波路の第1のエッジ形状の反射素子を示す図、図5Bは、導波路の反射素子用の第2のエッジ形状を示す図、図5Cは、段付き導波路の一部として光を変向するための第1の別個の素子を示す図、図5Dは、段付き導波路の一部として光を変向するための第2の別個の素子を示す図、図5Eは、段付き導波路に結合された複数のライトパイプを有するシステムを示す図、図5Fは、埋め込まれた変向コンポーネントが埋め込まれた導波路を示す図である。

【図6】導波路に連結された湾曲集中素子及び曲面反射器を示す図である。

20

【図7】導波路に連結された湾曲集中素子及び2つのプレーナ形反射器を示す図である。

【図8】図8Aは、導波路に連結された閉鎖形光学素子を示す図、図8Bは、図8Aの光学素子と導波路の接合部の部分の拡大図である。

【図9】図9Aは、導波路に連結された別の閉鎖形光学素子を示す図、図9Bは、図9Aの光学素子と導波路の接合部の部分の拡大図である。

【図10】図10Aは、導波路に連結された別の閉鎖形光学素子を示す図、図10Bは、図10Aの光学素子と導波路の接合部の部分の拡大図である。

【図11】図11Aは、導波路に連結された更に別の閉鎖形素子を示す図、図11Bは、図11Aの光学素子と導波路の接合部の部分の拡大図である。

【図12】図2及び図6～11の光学系の光線トレーシング結果を示す図である。

30

【図13】太陽エネルギー集中装置又は発光体の実施形態の別の図である。

【図14】従来のシステムに対する屈折集中装置コンポーネントを例示する図である。

【図15】別の従来のシステムに対する反射集中装置コンポーネントを例示する図である。

【図16】一次及び二次反射光学部品を有するカセグレン式集中装置を例示する図である。

【図17】図13と同様なシステムの光透過率と受光角の関係を示すグラフ図である。

【図18】導波路が光をベース面に向けて変向するための反射器コンポーネントで終端している実施形態を例示する図である。

【図19】集中装置が対称軸に関して鏡映関係にある図18の変形例を例示する図である。

40

【図20】集中装置に対して傾斜した導波路及び変向素子を有する、図13の実施形態の形状を例示する図である。

【図21】集中装置及び/又は変向素子の大きさを変えた実施形態を例示する図である。

【図22】レシーバに代えて光源を用いて光を拡散するための実施形態を例示する図である。

【図23】2本の軸線を横切って光の集中を達成するための図4の実施形態の別の変形例を例示する図である。

【図24】2本の軸線を横切って光の集中を達成するための更に別の実施形態を例示する図である。

50

【図25】本発明の太陽熱集中装置の別の実施形態を例示する図である。

【図26】本発明の太陽熱集中装置の更に別の実施形態を例示する図である。

【図27】本発明の太陽熱集中装置の更に別の実施形態を例示する図である。

【図28】本発明の光学集中装置の別の実施形態を示す図である。

【図29】本発明の光学集中装置の別の実施形態を示す図である。

【図30】本発明の光学集中装置の別の実施形態を示す図である。

【図31】本発明の光学集中装置の別の実施形態を示す図である。

【図32】本発明の光学集中装置の別の実施形態を示す図である。

【図33】本発明の光学集中装置の別の実施形態を示す図である。

【図34】本発明の光学集中装置の別の実施形態を示す図である。

10

【図35】本発明の光学集中装置の別の実施形態を示す図である。

【図36】本発明の光学集中装置の別の実施形態を示す図である。

【図37】本発明の光学集中装置の別の実施形態を示す図である。

【図38】入口素子を備えた導波路を示す図である。

【図39】入口素子を備えた導波路の別の実施形態を示す図である。

【図40】本発明の太陽熱集中装置の別の実施形態を示す図である。

【図41】本発明の光学集中装置の別の実施形態を示す図である。

【図42】本発明の光学集中装置の別の実施形態を示す図である。

【図43】本発明の光学集中装置の別の実施形態を示す図である。

【図44】本発明の光学集中装置の別の実施形態を示す図である。

20

【図45】本発明の光学集中装置の別の実施形態を示す図である。

【図46】中心軸線に関して対称性を有する本発明の太陽熱集中装置の別の実施形態を示す図である。

【図47】位置決め素子を備えた図46の斜視図である。

【図48】横方向光学素子及び位置決め素子の例を示す図である。

【図49】横方向光学素子を備えた図46の斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0007】

本発明の好ましい実施形態に基づいて構成された太陽エネルギー集中装置システムは、
図1では概略的に番号10で示されている。この太陽エネルギー集中装置システム10は
、光学集中素子12を備えている。この光学集中素子12は、対物レンズ、フレネルレンズ、
及び／又は放物線又は複合形反射器のような反射表面素子などの任意の従来の光学集中装置と
することができる。この光学集中素子12は、光14を小さな焦点領域16に集中
させるように入射光14に対して動作する。好ましい実施形態では、この小さい焦点領域
16は、反射部品又は変向部品18、又は全反射を生じさせる他の従来の光変向素子の
中に配置される。この変向部品18は、集中光20を導波路22の中に変向する。導波路
22は、スネルの法則に基づいて導波路22に沿って伝搬する光20が全反射するよう
に構成される。ここで、全反射は、導波路22の表面24に入射する光20の角度が臨界角
cよりも大きい場合に発生する。

30

$$c = \sin(\text{waveguide} / \text{cladding})$$

40

上式において、c = 全反射に対する臨界角

waveguide = 導波路材料の屈折率

cladding = クラッド層の屈折率又は周囲／導波路インターフェースにおける指数

【0008】

レシーバ26が導波路22の端部に配置され、光20を受け入れて有用なエネルギー又
は他の光学用途のために処理する。

【0009】

図13は、この仕組みの詳細を備えたシステム10の好ましい形態を例示している。複
数のN個の集中素子12と変向素子18が示されている。集中素子12の各々は、領域A
から半分の角度（以下、本明細書では「半角度度」という）₁で入射光14を取り込み

50

、この光 1 4 を集中度 = A / B となるように半角度度 θ_2 でより小さい領域 B に集中させる。変向素子 1 8 のそれぞれは、集中素子 1 2 の関連する 1 つからの集中光を受け取り、それをある角度 θ で回転させ、かつそれを領域 B と半分の角度 θ_2 によって画定された集中レベルを維持しながら、導波路 2 2 の部分に挿入する。導波路 2 2 は、長さ A だけ互いに隔てられた高さ B のインクリメンタル段部 (incremental step) を有する複数の部分である。導波路 2 2 の各部分は変向素子 1 8 の関連する 1 つからの光を受け取り、導波路 2 2 が複数の集中素子 1 4 や変向素子 1 8 からの光を全体として集合して、その光 1 4 をレシーバ 2 3 が収集するように長さ方向に沿って伝搬させる。導波路 2 2 は与えられた集中レベルを変えないため、導波路 2 2 のアスペクト比は、

$$\begin{aligned} &= \text{導波路の高さ} / \text{導波路の長さ} \\ &= N \times B / N \times A \\ &= B / A \\ &= 1 / \text{各素子内の集中比} \end{aligned}$$

10

【 0 0 1 0 】

コンパクトであることは、太陽熱集中装置（及び他の装置、例えば照明器）に関して大きな実用的利点である。特に、使用される材料が少ないとこと、難しいシールが必要な光学部品とレシーバ 2 3 との間の大きな空隙がなくなること、安価な輸送や設置のために装置がかさばらないこと、高価で危険を伴う慣例の製造方法とは対照的に、従来の平坦なモジュール製造方法を利用できるという利点を有する。

【 0 0 1 1 】

20

導波路 2 2 に関するコンパクトさの限度は、レシーバ 2 3 によって決まる。かくして、導波路 2 2 は、導波路が光を送るレシーバ 2 3 と同程度のコンパクトさであるに過ぎない。たいていの集中装置の場合、集中装置 1 2 をコンパクト化することは、レシーバ 2 3 の幅よりも影響が遙かに大きい。しかしながら、この装置は導波路 2 2 をそれぞれが送られた集中光の領域で決まる高さを有する部分から構成するため、集合された導波路 2 2 の高さはレシーバ 2 3 の高さに等しい。換言すると、導波路 2 2 のコンパクトさには限度がある。

【 0 0 1 2 】

従って、本発明の構成に鑑みて、集中装置システム 1 0 によって実現される光の集中度は、アスペクト比 A / B の関数であり、極めてコンパクトな集中装置システム 1 0 をもたらすことになる。この装置は比較的広い領域からの光を集めて、それを連続した領域を有するが高いコンパクト性を維持している比較的小さいレシーバに集中させることができる。これにより、必要な材料の体積を減らすことによって製造が単純化され、1 つのモールドから複数のユニットを作ることが可能にされ、また組立ての複雑さが低減される。

30

【 0 0 1 3 】

図 1 2 は、図 2 及び図 6 ~ 1 1 に示された設計に対して実行された光線トレーシング結果を示している。各設計は、A / B の比率で示されるように、光を長さ寸法に集中させる能力について特定の性能を例示している。このデータは、 $\pm 1^\circ$ の入射した円錐状の半角 θ 、 $\pm 20^\circ$ の出射した円錐状の半分の角度、初期の屈折率が $n = 1$ 、そして最終的な屈折率が $n = 1.5$ の光に対するものである。これらの入力パラメータを有する理論的な最大許容集中度は長さ寸法では $30 \times$ であるが、例えば図 9 では、 $25 \times$ の集光係数が達成されている。長さ寸法の集光係数がアスペクト比に比例するため、図 9 に示されている設計は、長さ (A) が 250 ミリメートルで厚さ (B) がわずか 10 ミリメートルの集中装置、又は長さ (A) が 500 ミリメートルで厚さ (B) がわずか 20 ミリメートルの集中装置を与えることができる。これは比較的広い領域から集中光を効率的に集めて、それを 1 つのレシーバに与えることができる極めてコンパクトな集中装置システム 1 0 を示している。

40

【 0 0 1 4 】

集中素子 1 2 と変向素子 1 8 の寸法と数は、集中装置 1 2 の任意の入力開口に対して変えることができる。例えば、図 1 3 に示されているシステム 1 0 は、寸法が半分 (A / 2

50

及び $B/2$ の 2 倍の数 ($2 \times N$) の素子で実現することができる。集中素子 12 と変向素子 18 がより小さく且つ数が多くなるにつれて、集中装置 12 の全体のアスペクト比は、 $1/A$ 集中度で与えられる導波路 22 のアスペクト比に近付く。言い換えると、集中度が 10 の場合、集中装置 12 のアスペクト比を 0.1 にすることができる。

【0015】

集中装置 12 に対する代表的なアスペクト比は、1 のオーダーである。図 14 は屈折式集中装置 12 を示しており、これは、例えば、対物レンズ又はフレネルレンズとすることができる。対物レンズの焦点距離が高さ 25 を画定する。集中度が A/B で与えられるのに対して、アスペクト比は高さ/ A で与えられる。この値は、集中度よりも大きい。図 15 は、反射形式の集中装置 12 に対する同様の状況を示している。

10

【0016】

1 つの集中素子に対する小型化の限界に到達することを目指した試みがなされてきた。図 16 は、一次及び二次反射光学部品を有するカセグレン式集中装置を示している。高さ/ A によって与えられたアスペクト比は 0.25 である。ワインストン (Winston) は、「プランナー・コンセントレーターズ・ニア・ザ・エタングリット (Planar Concentrators Near the Etendue Limit)」、2005 年、の中で、「1/4 アスペクト比に関する基本的なコンパクトさの限界」について記載している。本発明との関連では、この小型化の限界は、集中素子 12 の個々の 1 つに適用される。複数の集中素子 12 から光を集め導波路 22 を使用することにより、1/4 よりも小さくするように、また $1/A$ 集中度に近付くようにシステム 10 を小型化することが可能にされる。

20

【0017】

本発明は、入力部からレシーバ 23 への送出しへの光エネルギーの透過効率にも利点がある。図 13 では、 θ_2 は集中素子 12 によって制御される。 θ_2 は導波路 22 の表面に当たる光によって作られる角度になり、また $90 - \theta_2$ は、導波路表面の法線に対して作られる角度である。上記のように、導波路 22 の内で全反射が生じるように θ_2 を設定して、表面吸収損失をゼロまで減少することができる。

【0018】

加うるに、下記の特定の実施形態に示されているように、全反射を用いて光 14 を操作するように、集中素子 12 と変向素子 18 を設計することができる。また、固体誘導性媒体の中に光 14 のための連続した経路を設けるように、集中素子 12、変向素子 18 及び導波路 22 を設計することができる。言い換えると、入力領域からレシーバ 23 に向かう光線は、反射膜や屈折率の変化のいずれにも遭遇しないことが必要である。反射膜は、約 8 % の吸収損失を引き起こす可能性がある。空気に対する屈折率 1.5 の光学材料（プラスチック又はガラス）の屈折率の変化は、約 4 % のフレネル反射による損失を発生する可能性がある。その結果、これらの損失の仕組みに対する透過効率は、100 % に達することができる。

30

【0019】

このことは、従来の集中装置用光学部品とは著しく違っている。反射光学部品は、反射当たり 8 % の損失がある。このため、透過効率は光学部品が 1 つの場合は約 92 % であり、二次反射光学部品が使用される場合は、約 85 % になる。屈折光学部品は、少なくとも 1 回の屈折率の変化が必要である。このため、透過効率は光学部品が 1 つの場合は約 96 % であり、二次屈折光学部品が使用される場合は、約 92 % になる。

40

【0020】

図 17 は、図 13 に示されている本発明の実施形態を通して、入射半角度 θ_1 の関数としての透過効率を示している。この計算は、光線トレーシング用ソフトウェアに基づいている。この実施形態は、入射半角度が $\pm 3^\circ$ 内で機能するように設計された。この効率は、フレネル反射とハード反射 (hard reflection) による損失を考慮している。図示されているように、装置の効率は、 $\theta_1 = 0^\circ$ では 100 % に近付き、 $\pm 3^\circ$ 内ではほぼ 100 % に留まるが、その後急速に落ち込む。

【0021】

50

図2に示されている集中装置システム10の別の好ましい形態では、入射光14は、第1の段部では、前述された素子12を用いて集中し又は集束される。集中光20は、集中装置システム10の区分を反射器/導波路区分28に関連付けることによって更に処理される。それぞれの反射器/導波路区分28は反射区分28を備えている。この反射区分28は集中光20を受け取り、光30を関連する導波路区分28の中に変向する。ここで、光30は全導波路22の長さに沿って全反射(TIR)される。複数の反射器/導波路区分28は、階段状の構造の導波路22を有している。

【0022】

図18は、システム10の別の実施形態を示している。この実施形態では、導波路22はレシーバ23が配置されている、導波路22のベース表面の方へ光14を変向する反射器27で終端する。集中装置の光学部品を、レシーバ23を組み入れる従来のレシーバ素子の面上に平坦に配置することは、製造上の利点がある。10

【0023】

この構成では、図19に示されるように、集中装置12が対称軸に関して鏡映関係をなすようにして、いずれかの端からの2つのレシーバ23が1つの單一レシーバ23を配置できる連続領域を形成するようにするのが良い。この場合、開口領域が2倍になるが集中装置12の厚さは変わらないため、コンパクトさの限度は、 $1 / (2 \times \text{集中度})$ で与えられる。

【0024】

変向素子18は、光の経路を角度だけ回転させる。図13では、が 90° であるように示されている。図20は、 $< 90^\circ$ であるように示している。これにより、1つの利点として、集中素子12を同じ面上に配置し、また変向素子18を同様に自身の面上に配置することができるため、製造を容易にすることができます。20

【0025】

集中素子12、変向素子18、及び関連する導波路22は大きさを変えることができ、図21はこの実施例を示している。ここで、A1、A2、及びA3は、B1、B2、及びB3と同様に長さが異なっている。しかしながら、集中度は、 $A1/B1 = A2/B2$ などなどというように、各区分で同じ状態のままである。導波路22のアスペクト比は、このため、下記の式によって与えられる。

$$\begin{aligned} &= (B1 + B2 + B3) / (A1 + A2 + A3) \\ &= 1 / \text{集中度} \end{aligned}$$
30

【0026】

図22に示されている別の実施形態では、光31を逆に通過させることによって、システム10を光ディフューザとして使用することもできる。図22では、当初はレシーバ23であった光源33からの入射光は、導波路22を通って導かれ、変向素子18によって集中素子12に変向される。この集中素子12は、出射光をシステム10の上方に送る。応用例には、照明、バックライト、及び他の光拡散装置が含まれる。全体を通して、光を集中させるために例示された光学部品は、光源に置き換えられる「レシーバ23」を用いる照明用にも使用できることは理解されたい。

【0027】

種々の反射器/導波路区分28の断面図は、集中装置システム10の様々な構成に対して基本的な構成単位を提供する。1つの代表的な市販用の実施形態が図3に示されている。そのアスペクト比は $N \times B / N \times A$ 、 A / B であり、 A / B に比例する領域集光係数(area concentration factor)又はエネルギー密度を有している。ここで、 $N \times A$ は導波路22の長さであり、 $N \times B$ は最大厚さ(図2及び図3を参照のこと)である。最も好ましい実施形態では、厚さ $N \times B$ は複数のインクレメンタル部分高さBから構成されており、これはそれぞれの反射器/導波路区分32からのTIR光に対してクリアな光経路を提供する。40

【0028】

図4は、集中装置システム10を有する回転(又は軸方向)対称形状の集中装置シス50

テム 10 の別の実施例を例示している。この集中装置システム 10 は、導波路 22 の反射器 / 導波路区分 28 に関する集中素子 12 を有している。集中装置システム 10 (すなわち、システム 10) のこの回転対称形状は、円全体の任意の部分とすることができます、入射光 14 に対して三次元の径方向集中を可能にして、において (A / B) 2 に比例する集中度を生じるため、収集及び集中装置の効率が著しく高められる。図 4 の最も好ましい実施形態では、図 3 の実施形態に関する 1 軸追跡とは異なり 2 軸の太陽追跡が使用されている。

【 0029 】

図 4 は、2 本の軸線を横切る集中を達成する 1 つのやり方を示しており、図 23 は別のやり方を示している。ここで、線対称の一次集中装置又は素子 12 は、1 本の軸線に沿って集中した光を集中装置 12 の側部にあるレシーバ 23 に送る。そこでは、第 2 の線対称集中装置 37 が、垂直軸線に沿って配置されている。この二次集中装置又は素子 37 は、第 2 の軸線に沿って光を集中させてこの光を最終のレシーバ 23 に送る。

10

【 0030 】

図 24 は、2 本の軸線を横切る集中を達成する第 3 のやり方を示している。ここで、示されている集中装置 12 は、図 19 で説明されたようにミラー対称である。この場合も前と同様に、直線対称の一次集中装置 12 は 1 本の軸線に沿って集中した光 14 を、集中装置 12 のベースにあるレシーバ 23 に送る。そこでは、第 2 の直線対称集中装置 37 が、垂直軸に沿って配置されている。この二次集中装置 37 は、第 2 の軸線に沿って光 14 を集中させて、この光を最終のレシーバ 23 に送る。

20

【 0031 】

図 3 及び図 4 の直線形及び回転形の実施形態に加えて、集中装置システム 10 は、入射光 14 の方向に関連して導波路 22 の上及び / 又は下に配置可能である。かかる実施形態では、光 14 のうちの何割かは、導波路 22 を通過し、集中装置システム 10 によって導波路 22 の後方に変向される。これらのシステムの形態により、光の再循環が可能になるので最終的な効率が向上し、また本明細書で説明した集中用反射システムを使用することにより、従来の屈折形システムに対して光を集中させる効率が増加される。

【 0032 】

別の実施形態では、TIR を生じさせるために、反射素子 18 を導波路 22 に関して角度的に調整することができる。反射素子 18 は、種々の角度形状を有する導波路 22 の一体部分とすることができます (図 5A 及び図 5B を参照されたい) 。素子 18 は、別個の素子 38 及び 39 とすることもできる (図 5C 及び図 5D を参照されたい) 。さらに、反射素子 18 と関連する導波路 22 は、それぞれ図 5E と図 5F に示されているように、入り組んだ光コレクタ・パイプ 42 及び光変向部品 43 の形態を取ることもできる。

30

【 0033 】

前述された集中装置システム 10 及び 10 の形態は、節領域 (nodal area) ではなく連続領域に集中光 20 を提供するため、太陽電池、更に処理するためのライトパイプ、熱交換器、二次集中装置及び光スペクトルスプリッタなどの、様々な下流のレシーバ 26 に集中した太陽エネルギーを送ることが可能にされる。

【 0034 】

40

図 6 ~ 図 11B に示されている更に別の一連の実施形態では、集熱及び集光効率を更に著しく高めるために、種々の構成部品を組み合わせて使用することができる。図 6 は、最も好ましい実施形態の中で、光 52 を湾曲反射器 54 に向ける湾曲集中素子 50 を示している。この曲面反射器 54 は、光 52 を導波路 22 に送る。図 7 は、別の最も好ましい実施形態の中で、別の湾曲集中素子 56 を示している。この湾曲集中素子 56 は、光 52 を TIR によって導波路 22 の中に向ける 2 つのプレーナ面 59 及び 60 を有している。図 8A は、インターフェース 66 で光 52 を変向し、曲面反射器 68 で光 52 を反射し、光 52 を光学部品 64 の下側反射面 72 間のインターフェース 70 に集中させる、部分的に閉じた光学部品 64 を示している。図 8B の拡大図で最も良く分かるように、導波路 22 は、反射面 72 に対して実質的に相補する角度的合致を呈している。

50

【0035】

別の最も好ましい実施形態の中の図9Aは、図8Aと同様のシステムであるが、光学部品65が閉じており、(ライトパイプの形式で)拡張導波路74に接続されている。この拡張導波路74は、光52を集めて、それを導波路22の中に変向する(図9Bに最も良く示されている)。

【0036】

図10Aでは、光学部品76は閉じてあり、図10Bに最も良く示されているように、入射光52は個別の角断面を有する反射面77から全反射で反射される。この角断面は、全反射した光を収集し、面80、81及び82で反射させて導波路22に入射させることができる。

10

【0037】

図11Aでは、光学部品82は別の反射器84と協働して光52を2つの異なる光源82及び84から導波路22に差し向け、それにより光学部品82の面86に入射する全ての光を更に確実に収集できるようにする。この実施形態では、光学部品82及び84は、集中素子と反射素子の両方の役割を演じる。

【0038】

図25では、湾曲集中素子12は、光14を変向コンポーネント18に向け、この変向コンポーネント18は光14を導波路22に送る。集中素子12と変向コンポーネント18は同じ物理的部分の2つの異なる構造体として示されているが、導波路22は、第1の部分に結合された第2の物理的部分として示されている。図26では、湾曲集中素子12は、光14を次々に動作する2つの反射器(変向コンポーネント18)に向け、これらの反射器は光14を導波路22に送る。集中素子12、変向コンポーネント18、及び導波路22は、一緒に連結された別個の物理的部分として示されている。図27は、光14を図26と同様に導波路22に向ける。しかしながら、変向コンポーネント18と導波路22は1つの構成の中に組み合わされている。

20

【0039】

図28では、屈折集中素子12が光14を変向素子18上に差し向け、変向素子18は、光14を導波路22中に反射させる。変向素子18は、好ましくは、インクレメンタルステップ特徴部として導波路構造体中に一体化されている。図29では、集中素子12及び変向素子18は、図28に示されている素子とほぼ同じであるが、導波路22の頂面は、導波路22がその長さに沿って実質的に一様な断面厚さを有するよう傾けられている。

30

【0040】

図30は、変向素子18及び導波路22を回転させて導波路が集中素子12の平面に実質的に平行になるようになっていることを除き図29とほぼ同じである。図31は、変向素子18上への光の入射角が図30の比較できる対象の入射角よりも大きいように集中素子からの光を屈折させる追加の組をなす変向素子87を備えている点を除き図30とほぼ同じである。これにより、例えば、変向素子18のための変向の仕組みとしての全反射が容易になる。図32は、導波路22の頂面が特注形状88である点を除き図31とほぼ同じである。特注形状88は、例えば、導波路を通って伝搬している光を導波路22の端のところの規定されたスポット又は場所Lに送る際に有用である。

40

【0041】

図33では、変向素子18は、集中素子12及び導波路22を備えた部分とは別体である単一の部分中に組み込まれている。変向素子18は、本願において上述した任意形式のものであって良く、この変向素子は、図6の素子と同様湾曲した反射素子として示されている。導波路22は、変向素子18から光を受け取るよう位置決めされたインクレメンタルステップ特徴部89で構成されている。図34は、導波路がその長さに沿って実質的に一様な断面厚さを有するよう導波路22の底面90が傾けられている点を除き図33とほぼ同じである。図35及び図36は、それぞれ平坦なファセット88及び湾曲素子88として示された特注形状88の導波路22の底面を示している。図32の場合と同様、特注形状88は、例えば、導波路を通って伝搬している光を導波路22の端のところの規定さ

50

れたスポット又は場所 L に送る際に有用である。

【0042】

図 37 は、集中素子 12 がフレネルレンズである点を除き図 30 とほぼ同じである。フレネルレンズは、ポリマー材料の射出成形、ホットエンボス加工若しくは微小複製又はこれらのプロセスに適した他の材料で作られるのが良い。

【0043】

図 38 は、図 33 ~ 図 36 の素子とほぼ同じ入口素子 91 が頂面に設けられた導波路 22 を示している。図 39 は、入口素子 91 が別個の部分として組み込まれ、この別個の部分がバルク導波路素子 22 の平坦な頂面に光学結合層 92 を介して光学的に取り付けられている点を除き、ほぼ同じ導波路 22 を示している。したがって、光入口素子は、導波路の本体から物理的に不連続に配置されている。これにより、入口素子特徴部を製作するよう薄膜基材を利用する製造プロセスの使用が可能である。図 40 は、完全光設計の一例内で動作する図 39 に示されている導波路 22 を示している。集中素子 12 が光 14 を変向素子 18 上に集中させ、変向素子 18 は、この光 14 を入口素子 91 を介して導波路 22 中に挿入可能に変向する。

10

【0044】

図 41 は、集中素子 12 を含む部分が低屈折率接着剤 93 を用いて導波路 22 に光学的に結合されている点を除き、図 30 とほぼ同じである。この構成により、集中素子 12 と導波路 22 との間の空隙がなくなり、従って、光が集中素子 12 から導波路 22 に進んでいるときのフレネル反射効果に起因する光学的損失が減少する。低屈折率接着剤 93 は、全反射を用いた導波路 22 内の光の伝搬を可能にするために、適当な屈折率のものである必要があり、即ち、導波路 22 の屈折率よりも小さいことが必要である。低屈折率接着剤 93 は、例えば、シリコーンエラストマであるのが良く、例えば、Dow Corning Sylgard 184 である。図 42 は、集中素子 12 が非対称バルクレンズではなくフレネルレンズである点を除き図 41 とほぼ同じである。

20

【0045】

図 43 では、集中素子 12 は、光 14 を第 1 の変向素子 87 に差し向け、第 1 の変向素子 87 は、光 14 を屈折させて光 14 を第 2 の変向素子 18 に当たるよう差し向け、第 2 の変向素子 18 は、この光を伝搬のために導波路 22 中に変向する。図 43 では、第 1 の変向素子 87 は、平坦なファセットである。図 44 は、第 1 の変向素子 87 が集中素子 12 に先立って光 14 と相互作用する点を除き、図 43 とほぼ同じである。図 45 では、導波路 22 は、光 14 をその長さを横切って 2 方向に又は多数の方向に伝搬させる。集中素子 12 は、光を変向素子 18, 94 上に集中させ、2 つの変向素子 18, 94 は、光を互いに逆の方向から導波路 22 中に変向する。この構成により、光を導波路 22 の両端のところに集中させると共に収集させることができる。

30

【0046】

図 46 では、集中素子 12 は、光 14 を変向素子 18 上に集中させる。変向素子 18 は、2 つの部分、即ち、光をバルク光学部品中に屈折させる平坦なファセット 95 及び光を導波路 22 中に反射させる別の平坦なファセット 96 を有する。変向ファセット 95, 96 及び導波路 22 は、單一部品中に組み込まれる。導波路の端は、段落 [0010] で上述したように光をレシーバ 23 に向かって下方に変向するファセット 99 を有する。この実施形態では、導波路 22 は、軸線 98 に関してその鏡像として導波路 97 を有している。導波路 22 の端のところの二次光学部品の配置及び導波路 22 の対称レイアウトは、本明細書に示されている全ての実施形態に関して達成でき、段落 [0049] で上述されている。

40

【0047】

図 1 ~ 図 46 に示されている変向素子 18 は、対応の集中素子 12 と関連しており、反射、全反射及び屈折の光学的仕組みのうちの少なくとも 1 つを利用して光を導波路 22 中に移送する。変向素子は、集中素子に光学的に結合されるのが良いが、集中素子に光学的に結合される必要はなく、物理的に別体であって良い。

50

【0048】

本明細書において上述した種々の実施形態では、集中素子12は、層によって関連の変向素子18の少なくとも一部分から隔てられている。光14は、この層内では再位置決めのための方向の変化をなんら受けない。層それ自体は、関連の変向素子18の各々の少なくとも一部分相互間に隣接している。この分離層により、集中素子12及び変向素子18を物理的に別々のコンポーネントの垂直スタック内に配置することができる。これにより、全体的太陽熱集中装置を形成するための別々の部品の直接的組み立てが可能である。

【0049】

コストを最小限に抑えると共に設計を単純化するため、1つの実用的な課題は、頑丈な材料でできるだけ少ない部品で上述の全ての機能を達成することである。一般的に言って、これには、多数の機能をほんの数個の部品中に組み込むことが必要である。例えば、光学的特徴部をカバーガラス中にパターニングすることにより、ガラスは、モジュールを保護すると共に集中素子12として働くことができ、他方種々の光学的被膜のための基材として働くその能力を保つことが達成可能である。機械加工された同心特徴部を備える円筒形金属ロールを軟化ガラスに利用することによって、大規模なガラス製造施設がマイルドレンズ特徴部をシートの一方の面上に日常的に形成することができる。光学的特徴部を型押しするのに適切なロール設計が与えられると、直線レンズをカバーガラス上にパターニングして一次光学(集中)素子12を形成することができる。集中素子12は、機能を保ちながら外向きの方向と内向きの方向の両方向に差し向けられるのが良い。外向き特徴部は、ソイリング(soiling)とも呼ばれる粒子の集積の恐れがあり、これは、光透過にとって有害である。操作カバーガラス方式に加えて、これ又集中機能を提供するプロセス、例えばシリコーン被着を用いて平べったいカバーガラスに特徴部を追加するのが良い。

10

【0050】

さらに、カバーガラス層からの集中光14のための変向素子18として役立つ相補二次光学部品を構成し、変向光14をレシーバ23(図46)に送るための導波路22として働くようになることが可能である。注目されるように、この実施形態では、一次光学部品は、保護カバーガラスと集中層の両方として役立つ一方で、変向及び導波路機能を二次光学部品に組み合わせることができる。同様に、点焦点設計の場合、ホットエンボス加工又はモールド型プロセスを用いて軸対称レンズパターンをガラスに施すのが良い。

20

【0051】

光学的機能をカバーガラスに組み込むと共に変向及び導波路 集束領域機能を一部品に組み合わせることにより、光路全体を2つの部品だけで管理し又は達成することができる。ATIR光学部品のこの2部品クラスの重要な観点は、導波路又は二次光学部品の垂直位置と水平位置の両方が一次光学部品層(カバーガラス)に対して良好に維持されなければならないということである。他の点に関し、分離層の幾何学的形状を維持することは、堅牢な機能を保証する上で重要である。これを達成するための一手法は、更に別の機能を一次又は二次/導波路光学部品のいずれか内に組み込むことである。例えば、図47に示されているように、位置決め素子又はリブ特徴部100を二次光学部品中に組み込むことによって、一次光学部品と二次光学部品を機械的にインターロックすることが可能であり、それによりこれら光学部品を垂直寸法と水平寸法の両寸法に関して制約し、それにより安定性のある分離を保証することができる。したがって、位置決め素子100は、複数の光学素子と導波路との間の幾何学的関係を水平平面、垂直平面及び回転平面において維持する。

30

【0052】

別の製造のオプションでは、別個の支持位置決め素子又はリブ特徴部100を作ることである。このオプションには、別の別個の部品を製作しなければならないという欠点がある。しかしながら、リブ特徴部は、非常に簡単なのでこの部品を成形する工具費が少なくて済み、組立体は、よりモジュール方式になり、それによりリブと二次光学部品を組み立てる仕方に設計上の融通性を与えることができる。図48は、相補光学二次及び支持リブ特徴部100を示す構成を示している。これら部品をモジュール方式で組み立てて設計上

40

50

の融通性を提供することができる。したがって、位置決め素子 100 は、導波路の一体部分であっても良く導波路とは別個の素子であっても良い。

【0053】

有効なレシーバは、多数の別々の太陽電池セルから成るのが良さそうである。太陽電池セルを互いに一続きにしたとき、はんだ継手周りの応力集中を管理し、セルの破損を最小限に抑えるためにセル相互間に隙間を残すことが推奨される。これら隙間の作用効果は、光エネルギーを集めることができる領域を減少させることにある。隙間は、非光学的活性支持特徴部、例えば位置決め素子又はリブ 100 を位置決めするための有用な場所である。また、光学部品は、上述のように構成されなければ隙間に当たる光の大部分を能動レシーバ(図 49)の方へ差し向けるよう光学変向素子又は切り欠き特徴部 101 を備えるよう構成されるのが良い。切り欠き特徴部 101 は、変向素子に類似しているが、光を隙間から全反射させて能動レシーバに当てるよう導波路 22 の別の平面内に差し向けられる。切り欠き又は横方向光学素子 101 は、導波路 22 に結合され、光を導波路 22 内の光の伝搬方向に対して横方向に変向する。上述したように、導波路に結合され、光を導波路から光レシーバに変向する二次光学素子 27 を説明した。上述の横方向光学素子 101 を利用する場合、二次光学素子 27 は、光を導波路及び横方向光学素子から光レシーバに変向する。

10

【0054】

本発明の実施形態の上記説明は、例示及び開示の目的で提供されている。上記説明は、網羅的ではなく、或いは、本発明を開示した形態そのものに限定するものではなく、改造及び変形が上記教示に照らして可能であり又は本発明の実施から得ることができる。実施形態は、当業者が本発明を種々の実施形態で又、計画する特定の用途に合うよう種々の改造を施した状態で利用することができるよう本発明の原理及びその実用的用途を説明するために選択されると共に説明されている。

20

なお、好ましい構成様として、本願発明を次のように実施することもできる。

1. 光学集中装置であって、

互いに隣接して配置された複数の光学素子を有し、前記複数の光学素子の各々は、

a) 光を収集して再位置決めする集中素子と、

b) 前記集中素子と関連すると共にこれとは別体であり、前記集中素子から光を受け取る関連の変向素子とを含み、前記複数の光学素子の各々の前記集中素子は、前記光が再位置決めのための方向の変化を受けない層によって前記関連変向素子の少なくとも一部分から隔てられており、前記層は、前記関連変向素子の各々の少なくとも一部分相互間に隣接して位置し、

30

前記関連変向素子の前記少なくとも一部分から光を受け取る段付き導波路を有し、前記関連変向素子は、前記光を集積のために前記段付き導波路中に再位置決めするよう構成され、

前記段付き導波路に結合されていて、前記導波路からの前記光を光レシーバに向かって変向する二次光学素子を有し、

前記段付き導波路から光を受け取る光レシーバを更に有する、光学集中装置。

2 . 前記段付き導波路は、実質的に互いに平行な上面及び下面を有する、請求項 1 記載の光学集中装置。

40

3 . 前記段付き導波路は、その長さに沿って実質的に一様な厚さを有する、請求項 1 記載の光学集中装置。

4 . 前記段付き導波路は、平坦なファセット、湾曲面及び特注形状から成る群から選択された表面を有する、請求項 1 記載の光学集中装置。

5 . 前記段付き導波路は、前記関連変向素子と関連した光入口素子を有し、前記光入口素子は、前記段付き導波路の本体から物理的に不連続に配置され、それにより別々の部品の状態の前記段付き導波路の組み立てを可能にする、請求項 1 記載の光学集中装置。

6 . 前記集中素子は、前記導波路の頂面に光学的に結合されている、請求項 1 記載の光学集中装置。

50

7 . 前記変向素子は、前記導波路の頂面に光学的に結合されている、請求項 1 記載の光学集中装置。

8 . 前記光学素子は、前記段付き導波路中に光を挿入するよう構造的に位置決めされており、光は、前記段付き導波路内で 2 方向に伝搬するようになっている、請求項 1 記載の光学集中装置。

9 . 前記集中素子は、光学素子をガラスシート中にパターニングすることにより作られている、請求項 1 記載の光学集中装置。

10 . 前記関連変向素子は、前記集中素子に光学的に結合されると共にこれとは物理的に別体である、請求項 1 記載の光学集中装置。

11 . 光学集中装置であって、

10

互いに隣接して配置された複数の光学素子を有し、前記複数の光学素子の各々は、

a) 光を収集して再位置決めする集中素子と、

b) 1) 前記集中素子からの前記再位置決め光を受け取って該光を第 2 の変向素子上に屈折させる第 1 の変向素子及び、2) 前記第 1 の変向素子から光を受け取り、該光を反射により再位置決めする第 2 の変向素子で構成された変向素子とを有し、

前記複数の光学素子の各々の前記集中素子は、前記光が再位置決めのための方向の変化を受けない層によって前記関連変向素子の少なくとも一部分から隔てられており、前記層は、前記関連変向素子の各々の少なくとも一部分相互間に隣接して位置し、

前記関連変向素子の前記少なくとも一部分から光を受け取る段付き導波路を有し、前記関連変向素子は、前記光を集積のために前記段付き導波路中に再位置決めするよう構成されている、光学集中装置。

20

12 . 光学集中装置であって、

互いに隣接して配置された複数の光学素子を有し、前記複数の光学素子の各々は、

a) 光を収集して再位置決めする集中素子と、

b) 前記集中素子と関連すると共にこれとは別体であり、前記集中素子から光を受け取る関連の変向素子とを含み、前記複数の光学素子の各々の前記集中素子は、前記光が再位置決めのための方向の変化を受けない層によって前記関連変向素子の少なくとも一部分から隔てられており、前記層は、前記関連変向素子の各々の少なくとも一部分相互間に隣接して位置し、

前記関連変向素子の前記少なくとも一部分から光を受け取る導波路を有し、前記関連変向素子は、前記光を集積のために前記導波路中に再位置決めするよう構成され、前記変向素子は、前記導波路の一体部分であり、前記導波路は、実質的に互いに平行な頂面及び底面を有し、前記導波路は、その長さに沿って実質的に一様な厚さを有し、前記光学素子は、前記光を前記導波路中に挿入するよう構造的に位置決めされていて、前記光は、前記導波路内で多方向に伝搬するようになっている、光学集中装置。

30

13 . 光学集中装置であって、

互いに隣接して配置された複数の光学素子を有し、前記複数の光学素子の各々は、

a) 光を収集して再位置決めする集中素子と、

b) 前記集中素子と関連すると共にこれとは別体であり、前記集中素子から光を受け取る関連の変向素子とを含み、前記複数の光学素子の各々の前記集中素子は、前記光が再位置決めのための方向の変化を受けない層によって前記関連変向素子の少なくとも一部分から隔てられており、前記層は、前記関連変向素子の各々の少なくとも一部分相互間に隣接して位置し、

40

前記関連変向素子の前記少なくとも一部分から光を受け取る段付き導波路を有し、前記関連変向素子は、前記光を集積のために前記段付き導波路中に再位置決めするよう構成され、前記素子は、前記光学集中装置を形成するよう押し出された断面の状態に構成されている、光学集中装置。

14 . 光学集中装置であって、

互いに隣接して配置された複数の光学素子を有し、前記複数の光学素子の各々は、

a) 光を収集して再位置決めする集中素子と、

50

b) 前記集中素子と関連すると共にこれとは別体であり、前記集中素子から光を受ける関連の変向素子とを含み、前記複数の光学素子の各々の前記集中素子は、前記光が再位置決めのための方向の変化を受けない層によって前記関連変向素子の少なくとも一部分から隔てられており、前記層は、前記関連変向素子の各々の少なくとも一部分相互間に隣接して位置し、

前記関連変向素子の前記少なくとも一部分から光を受け取る段付き導波路を有し、前記関連変向素子は、前記光を集積のために前記段付き導波路中に再位置決めするよう構成されている、光学集中装置。

15. 光学集中装置であって、

互いに隣接して配置された複数の光学素子を有し、前記複数の光学素子の各々は、

10

a) 光を収集して再位置決めする集中素子と、

b) 前記集中素子と関連すると共にこれとは別体であり、前記集中素子から光を受ける関連の変向素子とを含み、前記複数の光学素子の各々の前記集中素子は、前記光が再位置決めのための方向の変化を受けない層によって前記関連変向素子の少なくとも一部分から隔てられており、前記層は、前記関連変向素子の各々の少なくとも一部分相互間に隣接して位置し、

前記関連変向素子の前記少なくとも一部分から光を受け取る導波路を有し、前記関連変向素子は、前記光を集積のために前記導波路中に再位置決めするよう構成され、

前記複数の光学素子と前記導波路との間の幾何学的関係を水平平面、垂直平面及び回転平面内で維持する位置決め素子を更に有する、光学集中装置。

20

16. 前記位置決め素子は、前記導波路の一体部分である、請求項15記載の光学集中装置。

17. 前記位置決め素子は、前記導波路とは別体の素子である、請求項15記載の光学集中装置。

18. 光学集中装置であって、

互いに隣接して配置された複数の光学素子を有し、前記複数の光学素子の各々は、

a) 光を収集して再位置決めする集中素子と、

b) 前記集中素子と関連すると共にこれとは別体であり、前記集中素子から光を受ける関連の変向素子とを含み、前記複数の光学素子の各々の前記集中素子は、前記光が再位置決めのための方向の変化を受けない層によって前記関連変向素子の少なくとも一部分から隔てられており、前記層は、前記関連変向素子の各々の少なくとも一部分相互間に隣接して位置し、

30

前記関連変向素子の前記少なくとも一部分から光を受け取る段付き導波路を有し、前記関連変向素子は、前記光を集積のために前記段付き導波路中に再位置決めするよう構成され、前記段付き導波路は、前記複数の光学素子からの光を集め、該光を前記光レシーバに向かって伝搬させ、

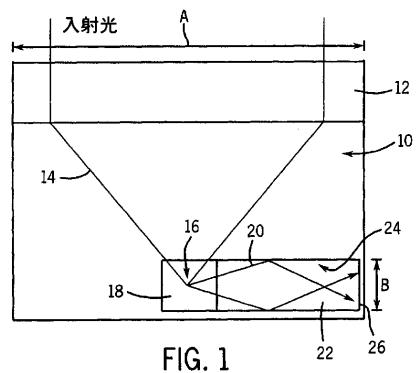
前記段付き導波路に結合されていて、前記光を前記導波路内の光の伝搬方向に対して横方向に変向する横方向光学素子を更に有し、

前記段付き導波路に結合されていて、前記導波路及び前記横方向光学素子からの前記光を光レシーバに向かって変向する二次光学素子を有し、

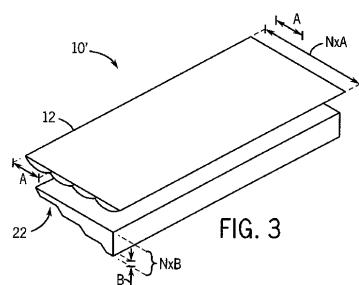
40

前記段付き導波路から光を受け取る光レシーバを更に有する、光学集中装置。

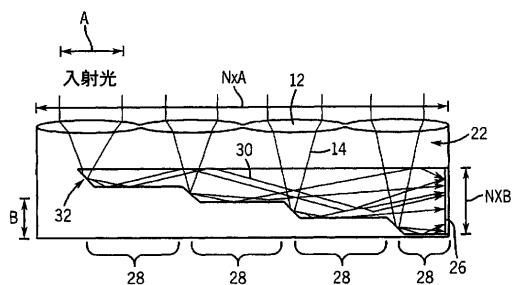
【図1】



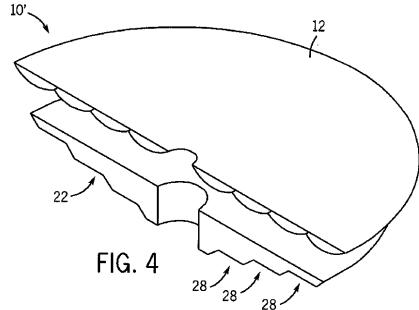
【図3】



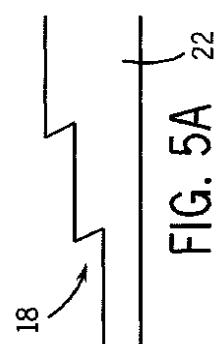
【図2】



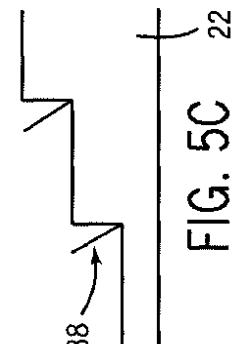
【図4】



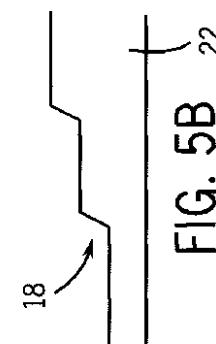
【図5 A】



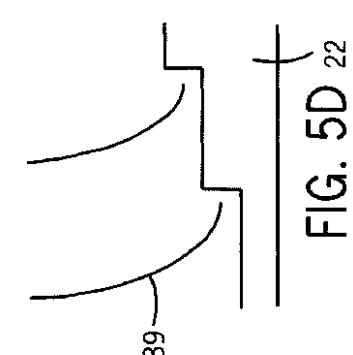
【図5 C】



【図5 B】

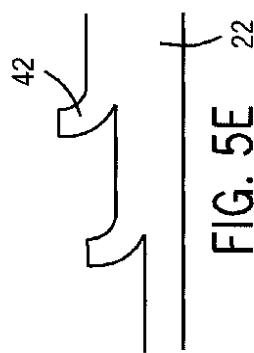


【図5 D】

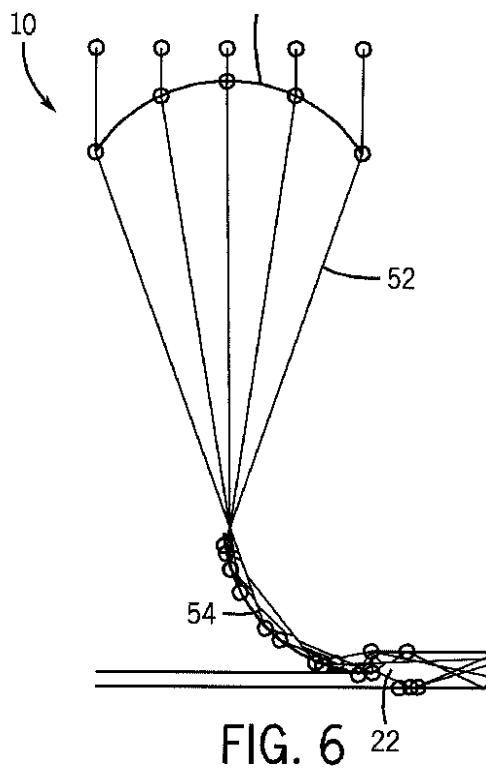


39

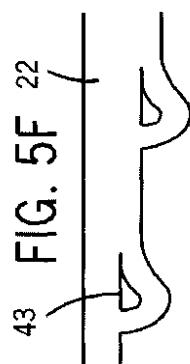
【図 5 E】



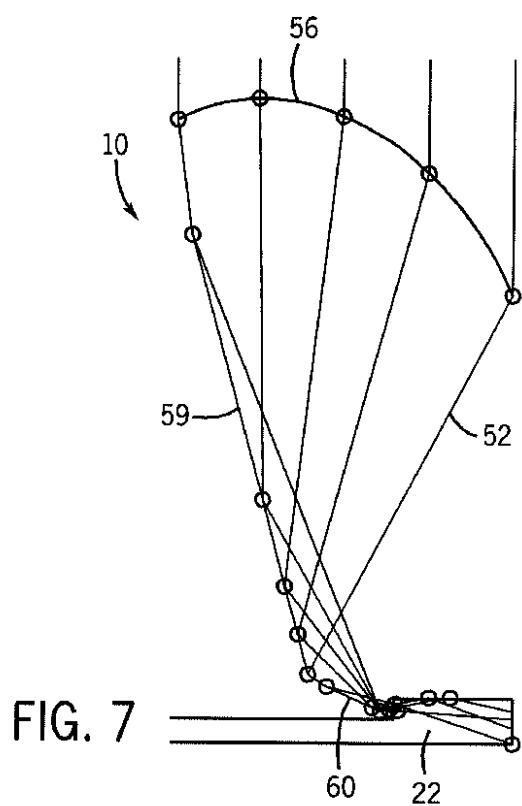
【図 6】



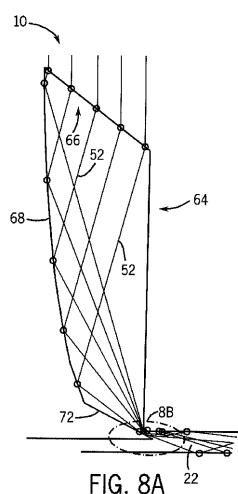
【図 5 F】



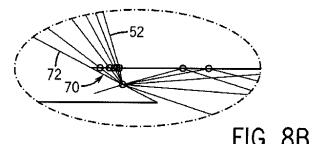
【図 7】



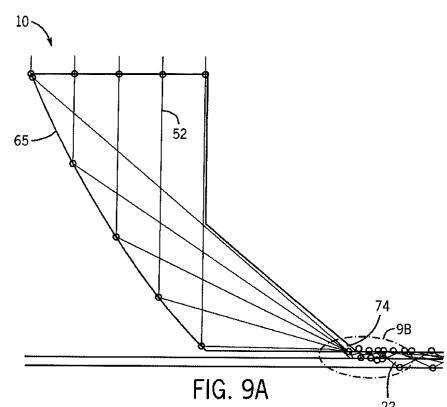
【図 8 A】



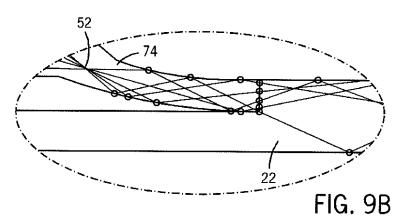
【図 8 B】



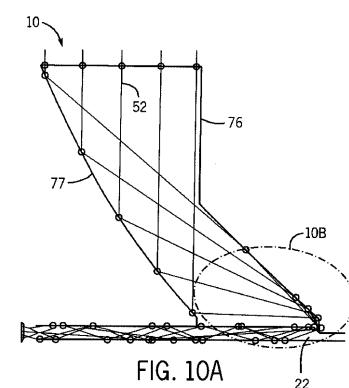
【図 9 A】



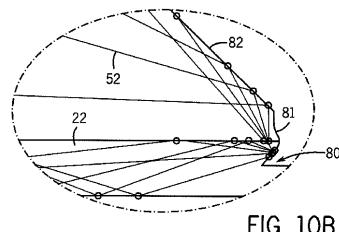
【図 9 B】



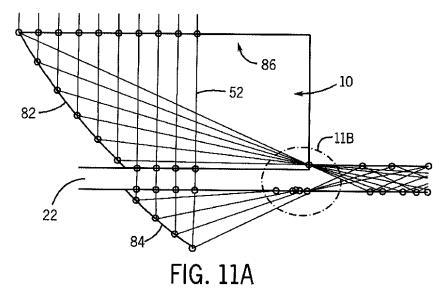
【図 10 A】



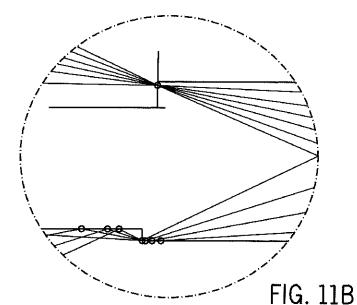
【図 10 B】



【図 11 A】



【図 11 B】



【図 12】

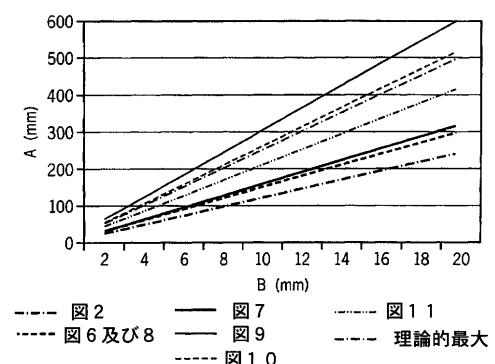
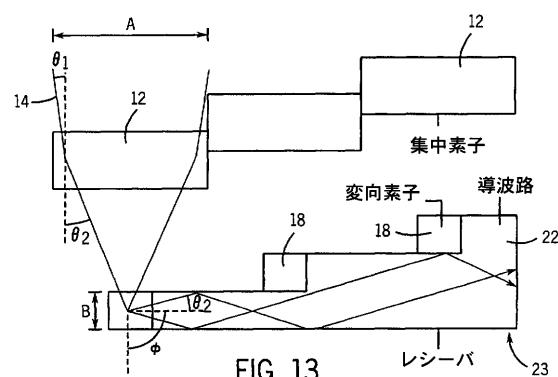
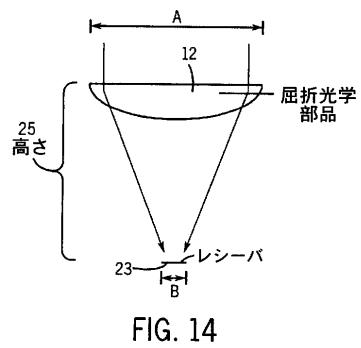


FIG. 12

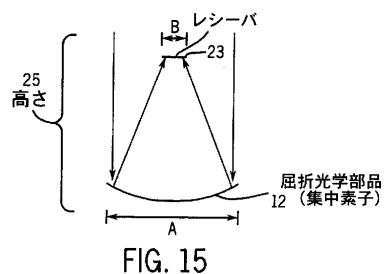
【図 13】



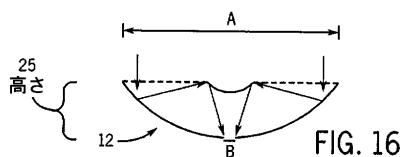
【図14】



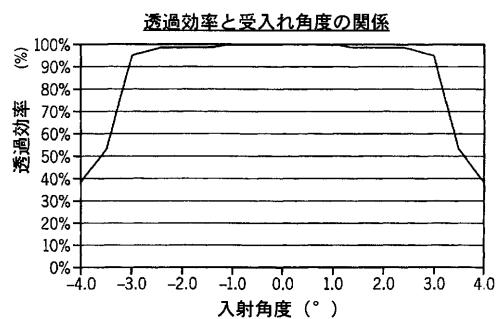
【図15】



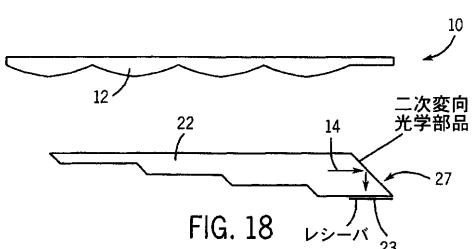
【図16】



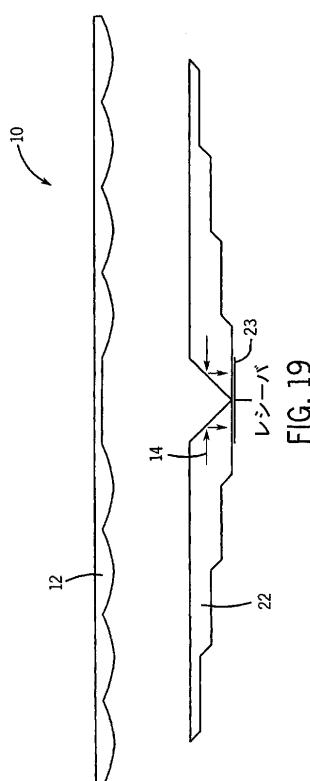
【図17】



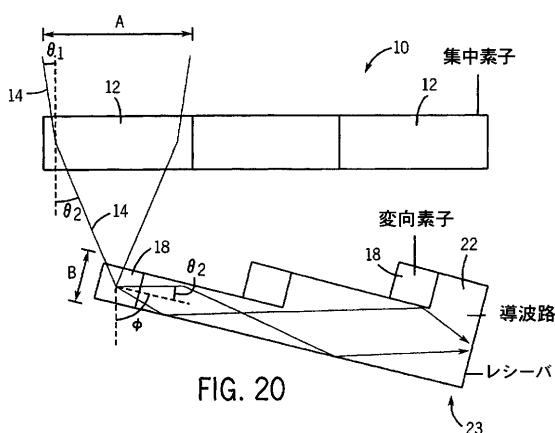
【図18】



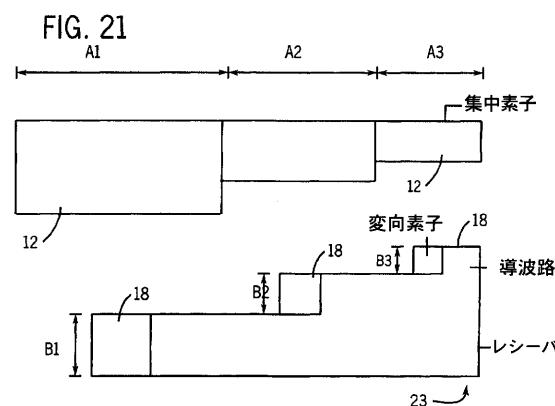
【図19】



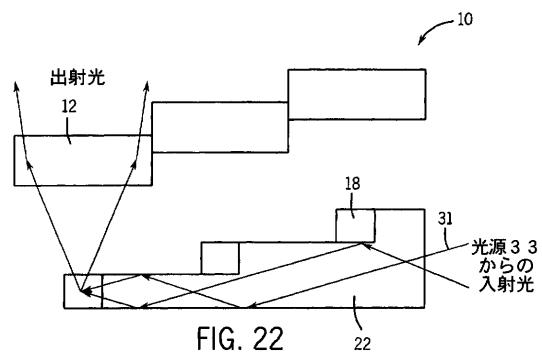
【図20】



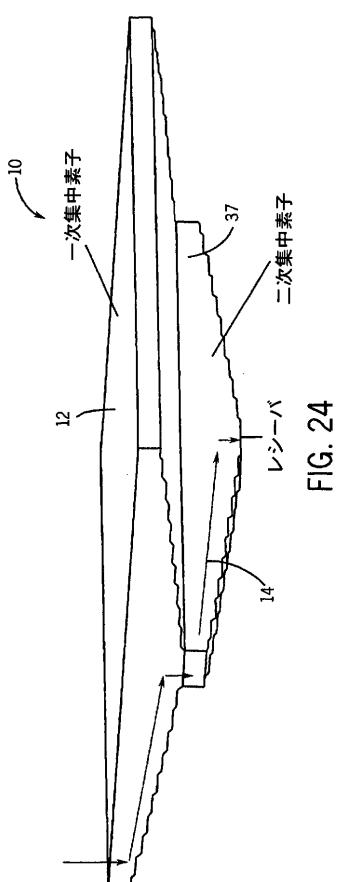
【図21】



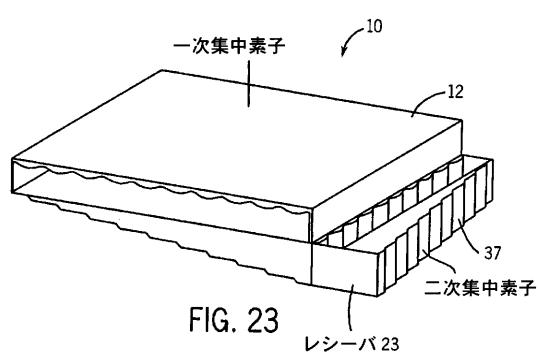
【図 2 2】



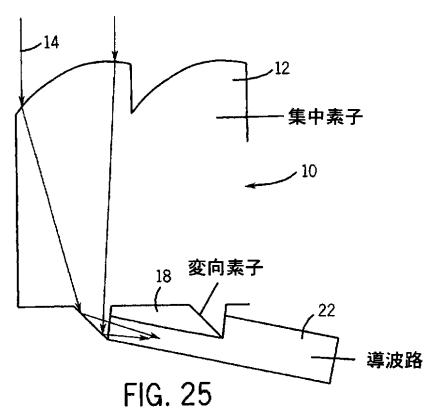
【図 2 4】



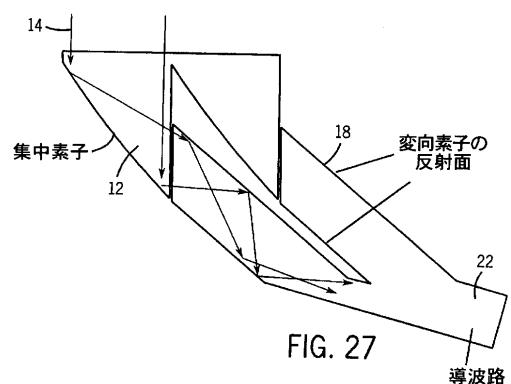
【図 2 3】



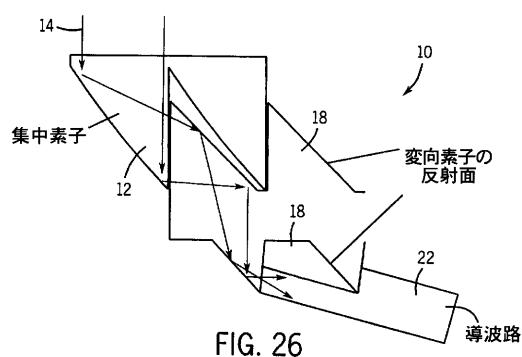
【図 2 5】



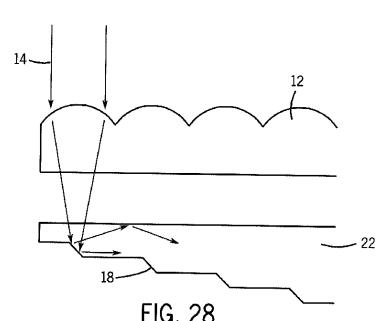
【図 2 7】



【図 2 6】



【図 2 8】



【図29】

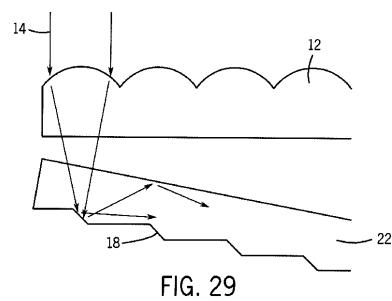


FIG. 29

【図30】

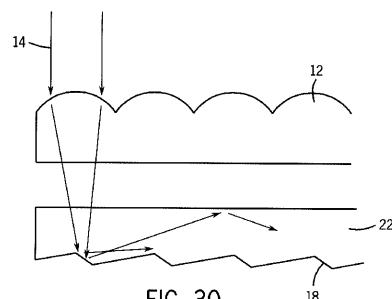


FIG. 30

【図31】

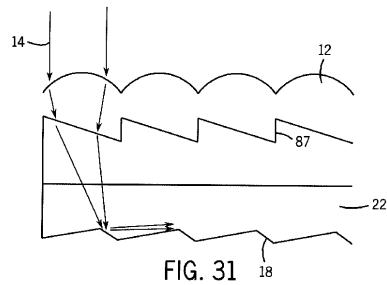


FIG. 31

【図32】

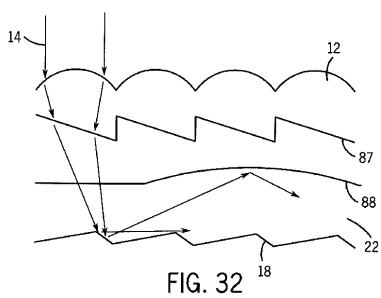


FIG. 32

【図33】

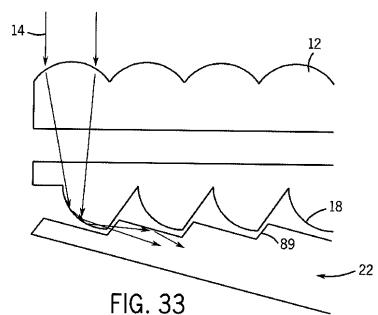


FIG. 33

【図35】

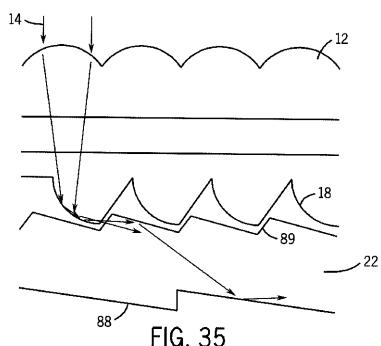


FIG. 35

【図34】

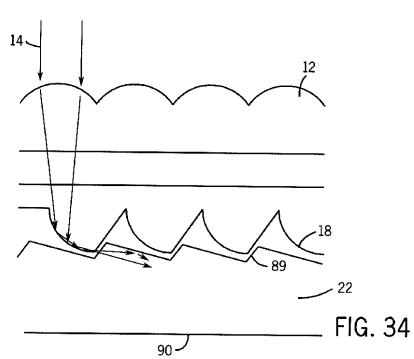


FIG. 34

【図36】

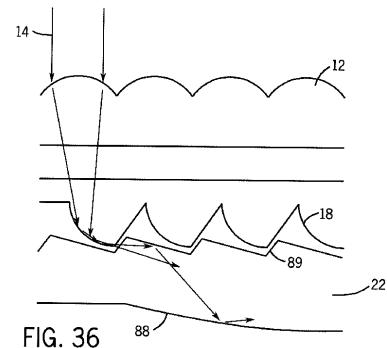


FIG. 36

【図37】

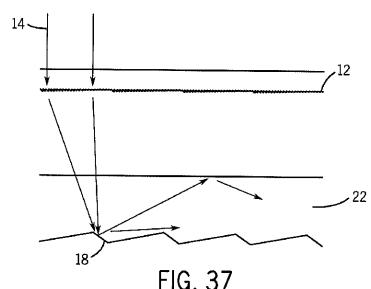


FIG. 37

【図38】

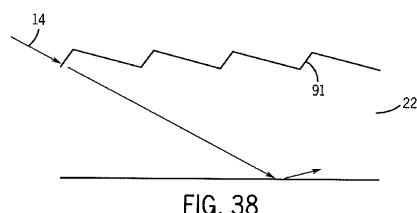


FIG. 38

【図39】

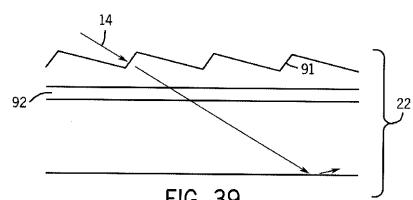


FIG. 39

【図42】

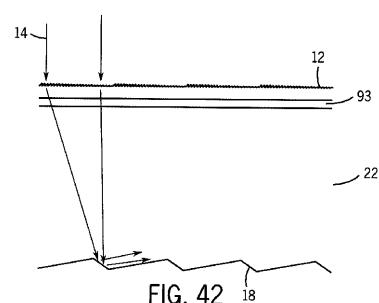


FIG. 42

【図43】

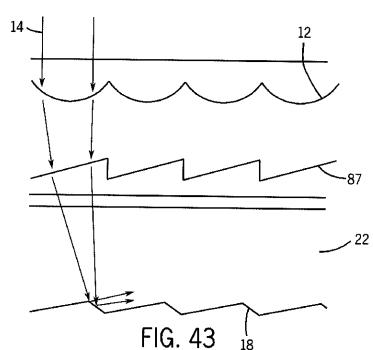


FIG. 43

【図40】

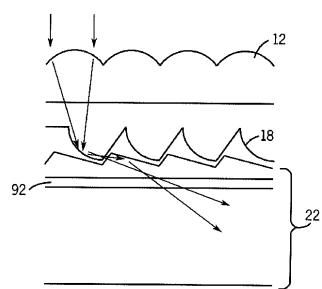


FIG. 40

【図41】

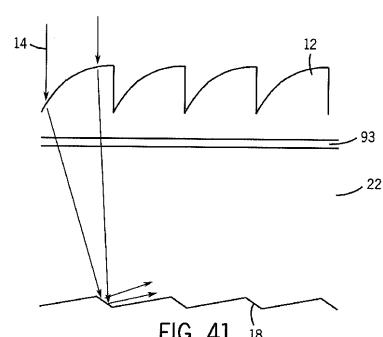


FIG. 41

【図44】

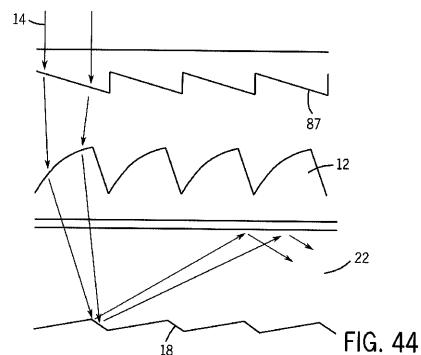


FIG. 44

【図45】

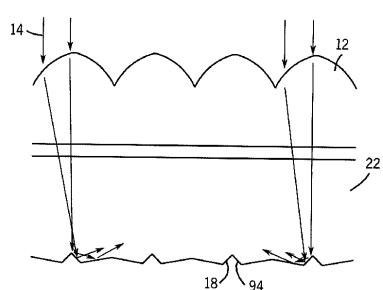


FIG. 45

【図46】

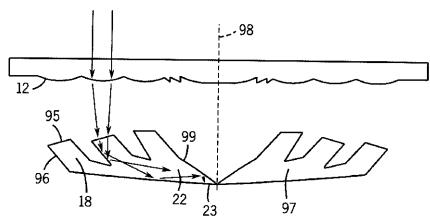


FIG. 46

【図48】

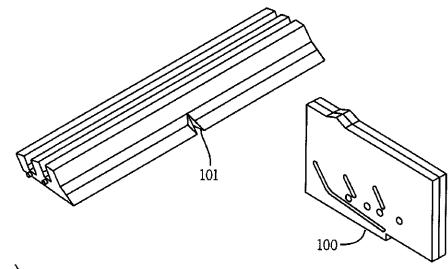


FIG. 48

【図47】

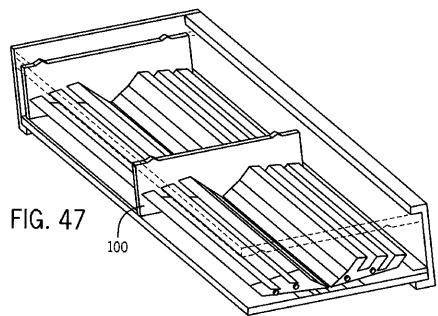


FIG. 47

【図49】

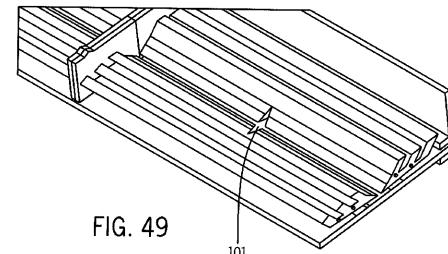


FIG. 49

フロントページの続き

(74)代理人 100095898
弁理士 松下 満

(74)代理人 100098475
弁理士 倉澤 伊知郎

(74)代理人 100123630
弁理士 渡邊 誠

(72)発明者 ゴーシュ シヨンディップ
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94709 バークレー アーチ ストリート 1850
アパートメント 2

(72)発明者 シュルツ ディヴィッド シエルドン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94708 バークレー クイーンズ ロード 1326

(72)発明者 マック ジョン ハンター
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94618 オークランド リージェント ストリート 6
406

(72)発明者 グリマー クリストファー スティーヴン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94610 オークランド グランド アヴェニュー 40
2 アパートメント 8

(72)発明者 ファイン ケヴィン リチャード
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94062 レッドウッド シティ セント フランシス
ストリート 505

審査官 越河 勉

(56)参考文献 特表2010-525582 (JP, A)
国際公開第2009/035986 (WO, A1)
国際公開第2009/063416 (WO, A1)
米国特許出願公開第2010/0116319 (US, A1)
米国特許出願公開第2010/0212717 (US, A1)
特表2010-539428 (JP, A)
米国特許出願公開第2009/0064993 (US, A1)
特表2011-503902 (JP, A)
米国特許出願公開第2009/0126792 (US, A1)
特開2007-027150 (JP, A)
特開2000-147262 (JP, A)
特開2004-047753 (JP, A)
特表2012-531622 (JP, A)
米国特許出願公開第2010/0329619 (US, A1)
特開2001-289515 (JP, A)
特開2003-215705 (JP, A)
米国特許出願公開第2008/0271776 (US, A1)
特表2012-503221 (JP, A)
米国特許出願公開第2010/0180946 (US, A1)
特開昭53-016936 (JP, A)
米国特許第04074704 (US, A)
特開2008-203851 (JP, A)
米国特許出願公開第2008/0197107 (US, A1)
特開昭61-114214 (JP, A)
特開昭62-195601 (JP, A)

米国特許第04813765(US, A)
特開平04-032102(JP, A)
国際公開第2010/124028(WO, A1)
米国特許出願公開第2010/0116336(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 02 B 19 / 00
G 02 B 5 / 00