

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2018-72826

(P2018-72826A)

(43) 公開日 平成30年5月10日(2018.5.10)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>GO2B 17/08 (2006.01)</b>	GO2B 17/08	Z 2H087
<b>GO2B 13/00 (2006.01)</b>	GO2B 13/00	5F151
<b>GO2B 17/00 (2006.01)</b>	GO2B 17/00	Z
<b>HO2S 40/22 (2014.01)</b>	HO2S 40/22	

審査請求 未請求 請求項の数 17 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2017-204269 (P2017-204269)  
 (22) 出願日 平成29年10月23日 (2017.10.23)  
 (31) 優先権主張番号 特願2016-208475 (P2016-208475)  
 (32) 優先日 平成28年10月25日 (2016.10.25)  
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 504180239  
 国立大学法人信州大学  
 長野県松本市旭三丁目1番1号  
 (72) 発明者 宇佐美 久尚  
 長野県上田市常田三丁目15番1号 国立  
 大学法人信州大学繊維学部内  
 (72) 発明者 伊藤 治郎  
 山梨県北杜市白州町白須2921番地  
 Fターム(参考) 2H087 KA27 LA01 LA27 RA03 RA26  
 RA44 TA01 TA03 TA06  
 5F151 JA22 JA23 JA24

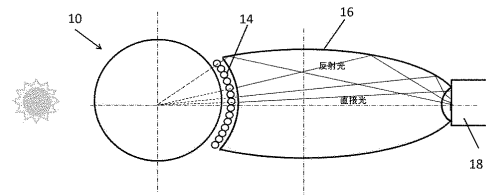
(54) 【発明の名称】 集光ユニット及び太陽光受光装置

(57) 【要約】

【課題】 直達太陽光と散乱光を全天から効率的に集光することを可能にする集光ユニット及びこれを用いた太陽光受光装置を提供する。

【解決手段】 入射光を受ける球形の第1レンズ12と、第1レンズ12の外面の近傍に配置され、第1レンズ12からの出射光を受光する複数の第2レンズ14と、第2レンズ14からの出射光を受光する受光装置18と、第2レンズ14からの出射光を受光装置18に導く、楕円体面の反射面を備える楕円体鏡16とを備え、楕円体鏡16の前記反射面の第一焦点が、第1レンズ12の中心と一致することを特徴とする。

【選択図】 図1



- 【特許請求の範囲】
- 【請求項 1】  
入射光を受ける球形の第 1 レンズと、  
前記第 1 レンズの外面の近傍に配置され、前記第 1 レンズからの出射光を受光する複数の第 2 レンズと、  
該第 2 レンズからの出射光を受光する受光装置と、  
前記第 2 レンズからの出射光を前記受光装置に導く、楕円体面の反射面を備える楕円体鏡とを備え、  
前記楕円体鏡の前記反射面の第一焦点が、前記第 1 レンズの中心と一致することを特徴とする集光ユニット。 10
- 【請求項 2】  
前記第 2 レンズの出射光が、擬似的に前記楕円体鏡の第一焦点から出射するように設計されていることを特徴とする請求項 1 記載の集光ユニット。
- 【請求項 3】  
前記受光装置が、前記楕円体鏡の第二焦点の位置に配置されていることを特徴とする請求項 2 記載の集光ユニット。
- 【請求項 4】  
前記楕円体鏡は、内面が鏡面となる中空の楕円体殻状に形成されていることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか一項記載の集光ユニット。
- 【請求項 5】 20  
前記楕円体鏡は、外面が鏡面となる透明材料からなる楕円体に形成されていることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか一項記載の集光ユニット。
- 【請求項 6】  
第 2 レンズは、球形のレンズとして形成されていることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか一項記載の集光ユニット。
- 【請求項 7】  
第 2 レンズは、凹面の屈折面を備えるレンズとして形成されていることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか一項記載の集光ユニット。
- 【請求項 8】 30  
前記凹面が、前記第 1 レンズの出射面に凹部を設けることにより形成されていることを特徴とする請求項 7 記載の集光ユニット。
- 【請求項 9】  
前記凹面が、前記第 1 レンズの出射面側に配置した透光性のアタッチメントの外面に凹部を設けることにより形成されていることを特徴とする請求項 7 記載の集光ユニット。
- 【請求項 10】  
前記第 1 レンズが、半球殻状に形成した一对の第 1 球殻レンズを組み合わせて形成されていることを特徴とする請求項 1 ~ 9 のいずれか一項記載の集光ユニット。
- 【請求項 11】 40  
前記受光装置は、導光装置、光発電装置あるいは光加熱装置であることを特徴とする請求項 1 ~ 10 のいずれか一項記載の集光ユニット。
- 【請求項 12】  
請求項 1 ~ 10 のいずれか一項記載の集光ユニットを複数個組み合わせて構成されていることを特徴とする太陽光受光装置。
- 【請求項 13】  
前記集光ユニットは、側面を隣接させた最密配置されていることを特徴とする請求項 12 記載の太陽光受光装置。
- 【請求項 14】  
前記集光ユニットは、前記第 1 レンズを集光ユニットの光軸方向から見て六角形に形成し、側面を密接させた八ニカム配置に設けられていることを特徴とする請求項 12 記載の太陽光受光装置。 50

## 【請求項 15】

前記集光ユニットは、前記第1レンズの中心から見て前記第2レンズを  $x - y$  方向に回転シフトさせたときの回転シフト量が異なる集光ユニットが混在して設置されていることを特徴する請求項 12 ~ 14 のいずれか一項記載の太陽光受光装置。

## 【請求項 16】

前記集光ユニットは、集光ユニットの光軸方向を異なる向きに設定して取り付けることにより、第2レンズ群のレンズ配置を異なる配置としたことを特徴とする請求項 12 ~ 15 のいずれか一項記載の太陽光受光装置。

## 【請求項 17】

前記集光ユニットは、前記第1レンズが、半球殻状に形成した一対の第1球殻レンズを組み合わせ形成され、

前記一方の第1球殻レンズと他方の第1球殻レンズが、それぞれ、複数の集光ユニット間にわたり一体に接続したユニットとして形成され、それぞれのユニットを組み合わせ装着することにより、それぞれの集光ユニットの第1レンズが構成されていることを特徴とする請求項 12 ~ 16 のいずれか一項記載の太陽光受光装置。

10

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は集光ユニット及び太陽光受光装置に関し、より詳細には、全天から効率的に太陽光を集光する集光ユニット及びこれを用いた太陽光受光装置に関する。

20

## 【背景技術】

## 【0002】

太陽光を室内の照明に利用したり、植物工場のような植物の栽培に利用したりする装置として太陽光受光装置が利用されている。このような太陽光を利用する受光装置には、太陽の動きに受光装置を追尾させる追尾型の受光装置と、固定型の受光装置がある。固定型の受光装置は追尾型の受光装置と比較して簡易な構成とすることができ、メンテナンス等の維持が容易であるという利点がある。

固定型の太陽光受光装置には、導光手段としてフレネルレンズを使用したもの（特許文献1）、多数の半球状集光レンズ、光ファイバー及び散光レンズを組み合わせたもの（特許文献2）、集光型の太陽電池モジュールとして、集光手段としてボールレンズを使用し、ボールレンズから出射する光を所定範囲内に導く楕円体鏡を備えるもの（特許文献3）等がある。

30

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0003】

【特許文献1】特開平2 - 139802号公報

【特許文献2】特開昭60 - 227304号公報

【特許文献3】特開2014 - 45133号公報

40

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

追尾型の太陽光受光装置は、太陽光の直達光を効率的に受光することができる一方、全天からの散乱光の受光には適さず、曇天の際には室内の照明等にはほとんど役立たない。

これに対して、固定型の太陽光受光装置は、散乱光を取り入れることが可能であり、曇天でも外光を取り入れることで室内の照明等に利用することができる可能性がある。日本付近の緯度において、全天からの散乱光の日射量は、快晴の日で全日射量の10%程度、曇天の日ではほとんどが散乱光、年間平均では散乱光が全日射量の30~40%程度であることが知られている。

50

しかしながら、従来の固定型の太陽光受光装置は、太陽光（直達光と散乱光）の受光効率の点で必ずしも満足することできるものではない。

本発明は、固定型の太陽光受光装置であって、太陽の行路が変動しても、全天から効率的に太陽光の直達光と散乱光を受光することを可能にする集光ユニット及び太陽光受光装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明に係る太陽光受光装置は、入射光を受ける球形の第1レンズと、前記第1レンズの外側の近傍に配置され、前記第1レンズからの出射光を受光する複数の第2レンズと、該第2レンズからの出射光を受光する受光装置と、前記第2レンズからの出射光を前記受光装置に導く、楕円体面の反射面を備える楕円体鏡とを備え、前記楕円体鏡の前記反射面の第一焦点が、前記第1レンズの中心と一致することを特徴とする。

10

第1レンズに入射する光は太陽光の直達光と散乱光である。第1レンズに球形のレンズを使用することにより、太陽の移動位置に関わらず効率的に太陽光を受光することができ、全天から散乱光を受光することができる。第1レンズからの出射光を受光する第2レンズは、第1レンズに入射する太陽光の入射方向とは反対側の第1レンズの外側の近傍に、第1レンズから出射される太陽光の出射領域を覆うように互いに隣接させて配置する。第2レンズには小径のレンズを使用し、第2レンズは太陽光の出射領域を覆うように多数個配置する。第2レンズは球形レンズに限らず、第1レンズの外側に凹面を設けて凹レンズ状に形成することも可能であり、太陽光の受光効率を考慮して適宜設計したレンズを使用することができる。

20

【0006】

集光ユニットの光学系は、第2レンズの出射光が、擬似的（近似的）に楕円体鏡の第一焦点から出射するように設計する。これにより、第2レンズからの出射光を前記楕円体鏡の第二焦点に集束させ、前記受光装置に確実に受光させることができる。

第2レンズの出射光が擬似的に楕円体鏡の第一焦点から出射するとは、第2レンズからの出射光の光路を第1レンズ側に延長すると第1レンズの中心に集束し、第2レンズの出射光が楕円体鏡の第一焦点から出射したとみなされることを意味する。

楕円体鏡は、内面が鏡面となる中空の楕円体殻状に形成することもできるし、外面が鏡面となる透明材料からなる楕円体に形成することもできる。

30

また、第1レンズは球形に形成するかわりに、半球殻状に形成した一对の第1球殻レンズを組み合わせて形成することも可能である。

また、受光装置は、導光装置、光発電装置あるいは光加熱装置として構成することができる。

【0007】

また、本発明に係る太陽光受光装置は、集光ユニットを複数個組み合わせて構成される。

太陽光受光装置を構成する集光ユニットは、側面を隣接させた最密配置として設置すること、また、第1レンズを集光ユニットの光軸方向から見て六角形に形成し、側面を密接させた八ニカム配置に設けることにより、太陽光、散乱光を効率的に受光することができる。

40

また、太陽光受光装置に取り付けられている集光ユニットは、個々に、第2レンズ群のレンズ配置を異なる配置として設けることにより、日々あるいは季節によって太陽の動き（経路、高さ、向き）が変動した場合であっても、太陽光の受光強度のばらつきを抑え、受光強度を均等化することが可能になる。第2レンズ群のレンズ配置を異なる配置とする例としては、第1レンズの中心から見て第2レンズの配置を  $x - y$  方向に回転シフトさせる方法、集光ユニットの光軸方向を異なる向きに設定して取り付ける方法を利用することができる。

前記集光ユニットの第1レンズを半球殻状に形成した一对の第1球殻レンズを組み合わせて構成する場合には、一方の第1球殻レンズと他方の第1球殻レンズを、それぞれ、複

50

数の集光ユニット間にわたり一体に接続したユニットとして形成し、一対のユニットを組み合わせるにより、各々の集光ユニットの第1レンズを構成することができる。第1レンズを半球殻状のレンズを組み合わせて構成することにより、集光装置の製造コストを効果的に低減させることができ、集光装置の組み立てを容易にすることができる。

【発明の効果】

【0008】

本発明に係る集光ユニット及び太陽光受光装置によれば、太陽光の直達光と散乱光を効果的に受光することができ、室内の照明等に有効に利用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】集光ユニットの構成を示す説明図である。

【図2】第1レンズと第2レンズの作用を示す説明図である。

【図3】楕円体鏡の設計例を示す図である。

【図4】楕円体鏡から光ファイバーに導光する構成例を示す説明図である。

【図5】集光ユニット相互に隣接させて最密配置とした太陽光受光装置の構成例を示す平面図(a)及びA-B面での断面図(b)である。

【図6】太陽光受光装置の使用状態を示す断面図である。

【図7】第1レンズをハニカム配置とした例を示す平面図(a)及びA-B面での断面図(b)である。

【図8】第2レンズの配置を第1レンズ中心から見た状態を示す図である。

【図9】集光ユニットの第2レンズ群の配置位置を  $x - y$  方向にシフトさせた配置とした例を示す図である。

【図10】集光ユニットの取り付け角度を変えて第2レンズの配置位置をシフトさせる方法を示す図である。

【図11】第2レンズ14をハニカム配置とした例を示す図である。

【図12】太陽が南中する近傍で効果的に太陽光を受光する構成例を示す説明図である。

【図13】第1レンズの外周面に凹レンズ状に形成した第2レンズを設けた集光ユニットの構成を示す説明図である。

【図14】内部を中空とした楕円体殻状に形成した楕円体鏡を備える集光ユニットの構成を示す説明図である。

【図15】第1レンズに凹面を形成して第2レンズを設けた場合で、第2レンズからの出射光が第1レンズの中心点から放射される様子を示す説明図である。

【図16】凹レンズ状の第2レンズを使用する場合の他の例を示す説明図である。

【図17】半球殻状のレンズを組み合わせて形成した第1レンズの例を示す説明図である。

【図18】半球殻状のレンズを組み合わせて構成した第1レンズをハニカム配置とする場合の構成を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

(集光ユニットの構成)

本発明に係る太陽光受光装置は、全天から太陽光の直達光と散乱光を受光することを可能にする受光装置であり、太陽光受光装置は、受光する単位となる集光ユニットを複数個組み合わせて構成される。

以下では、まず、直達太陽光と散乱光を受光する単位となる集光ユニットの構成について説明する。

【0011】

<集光ユニットの構成例1>

図1は集光ユニットの構成例を示す。

集光ユニット10は、入射光(直達光と散乱光)を受ける球形レンズとして形成された第1レンズ12と、第1レンズ12の外周面の近傍に複数個配置された第2レンズ14と

10

20

30

40

50

、第2レンズ14からの光を反射する楕円体鏡16と、楕円体鏡16によって反射された光を受光する受光装置18とからなる。

楕円体鏡16の第2レンズから出射された光を反射する反射面は楕円体面として形成され、楕円体鏡16の第一焦点が第1レンズ12の中心と一致し、第二焦点が受光装置18の受光位置に一致するように設けられている。

#### 【0012】

第2レンズ14は第1レンズ12によって集光された光を細径の光に絞る作用と、第2レンズ14から出射される光があたかも第1レンズ12の中心（楕円体鏡16の第一焦点：虚光源）から出射されたかのように作用させるためのものである。楕円体鏡16の作用により第2レンズ14から出射された光は楕円体鏡16の第二焦点に配置した受光装置18に集束する。

第2レンズ14を配置する位置（領域）は、太陽の動きに応じて第1レンズ12から出射する出射光が出射する領域（出射範囲）、言い換えれば、第1レンズ12によって直達太陽光、散乱光を取り込む立体角にしたがって決めればよい。

#### 【0013】

（第1レンズ）

本実施形態の集光ユニット10では、第1レンズ12として球形のレンズを使用する。第1レンズ12として球形のレンズを使用する理由は、太陽の動きにともなって第1レンズ12への直達太陽光の入射方向が変動しても、直達太陽光を第1レンズ12の外周面の近傍に集光させ、また、全天からの散乱光を集光することができるようにするためである。

#### 【0014】

なお、第1レンズ12が球形であるため、第1レンズ12に入射する平行光（直達光及び散乱光は平行光）は正確には、一点に集束しない。

図2に、第1レンズ12に平行光を入射させたときの光路を示す。図2では、入射角 $\theta_1$ の光路を示している。第1レンズ12の屈折率によっても異なるが、一般的に第1レンズ12からの出射光は第1レンズ12の外周面よりも外側で集束する。

この集束位置は入射角 $\theta_1$ が変化すると移動する。ボールレンズの場合は、ボールレンズの中心線に近い光路と中心線から離れた位置の光路では入射角 $\theta_1$ が異なるため、集束する位置が異なる。実際に計算すると、第1レンズ12の半径を $R_1$ 、焦点距離 $F_1$ とすると、第1レンズの屈折率が1.5の時、パラメータ $F_1/R_1$ の値は、 $\theta_1 = 5^\circ$ では0.50、 $\theta_1 = 60^\circ$ では0.14、 $\theta_1 = 75^\circ$ では0.03となり、平行光が集束する位置（焦点位置）が入射角 $\theta_1$ によって異なることがわかる。

#### 【0015】

（第2レンズ）

図2では、第1レンズ12に入射した光線と第2レンズ14の光路を示す。この例では第2レンズ14をボールレンズ（球形レンズ）としている。前述したように、第2レンズ14は第1レンズ12に入射した光を細径に絞る作用と、第2レンズ14から出射した光が、あたかも第1レンズ12の中心に虚光源があるかのように（第2レンズ14からの出射光を第1レンズ12に延長させると第1レンズ12の中心に一致する）作用させるものである。第2レンズ14からの出射光が擬似的に第1レンズ12の中心（楕円体鏡16の第一焦点）から出射したかのようにさせることにより、第2レンズ14からの出射光を楕円体鏡16の第二焦点に集束させることができる。

#### 【0016】

第2レンズ14からの出射光を擬似的に第1レンズ12の中心から放射されたようにするには、第2レンズの光軸上の位置を調整して、出射光が擬似的に第1レンズ12の中心から放射されるように第2レンズ14を設計すればよい。

なお、第2レンズ14からの出射光の光路は、第1レンズ12の出射光が一点に集束しないため若干変動し、出射光の角度が分布を持つ。このため実際の設計では、第2レンズ14からの出射光の方向が角度分布の中心に設定するといったように光学設計する方法が

考えられる。

第1レンズ12に入射する太陽光が正確に一点に集束しないことに起因する問題は、第1レンズ12と第2レンズ14との間に集束位置のずれを補正する補正光学系を設けたり、第2レンズ14をレンズ設計する際に補正を考慮して設計するといった方法により解消することが可能である。

【0017】

第2レンズ14により太陽光を細径に絞るためには、できるだけ小径のレンズを使用すればよい。第1レンズ12から出射される光は太陽の動きとともに移動するから、第2レンズ14の径を大きくすると、隣り合った第2レンズとの間の空隙部分や、第2レンズ14の中心から偏位した位置に直達太陽光が入射することになり、受光効率が阻害される。したがって、直達太陽光、散乱光を効率的に受光するためには、ある程度小径の第2レンズ14を隣接させて配置するのがよい。

10

【0018】

図2では、第1レンズ12と第2レンズ14の光学的な原理を説明するため第2レンズ14を大きく描いたものである。第2レンズ14として十分に小径のレンズを使用すれば、第2レンズ14からの出射光は細径のビームとなり、図1に示すように、第2レンズ14からの出射光は第1レンズ12の中心から擬似的に放射された光と同等となり、楕円体鏡16の第二焦点に集束させることができる。

【0019】

また、楕円体鏡16の第二焦点に配置する受光装置18は、実際には一点で受光するのではなく、焦点近傍に集束する光であれば受光することができる。更に小径の第2レンズ14により細径に絞られた出射光であればより確実に捉えることができる。第2レンズ14の光学設計には、前述したような、いくつか考慮すべき点があるが、第2レンズ14に小径のレンズを使用すれば、第2レンズ14による作用を出射光を平行光とする、すなわち第1レンズ12と第2レンズ14の焦点を共有するといった設定としても十分に効率的に受光することが可能である。

20

【0020】

第1レンズ12の外周面近傍に第2レンズ14を配置する領域については、第1レンズ12によって受光する範囲の設定にしたがって決めればよい。

太陽光の直接光を利用する場合、日中の8～10時間程度にわたって直達太陽光を受光することができれば、一日のうちの大半の太陽光を利用したことになる。これを第1レンズ12で受光する立体角に置き換えると $120^\circ \sim 150^\circ$ の範囲に相当する。第2レンズ14は、第1レンズ12で受光されるこの立体角の範囲で受光される太陽光、散乱光が出射される領域に配置すればよい。実際には小径の第2レンズ14をこの配置領域に多数個隣接させるようにして配置する。

30

【0021】

(楕円体鏡)

図1に示したように、楕円体鏡16は第2レンズ14から出射した光を楕円体鏡16の第二焦点に集光させるために用いている。前述したように、楕円体鏡16は、第一焦点が第1レンズ12の中心位置に一致するように設計されているから、第2レンズ14からの出射光を楕円体鏡16の第一焦点から出射した光と同等の出射光とすることで、第2レンズ14からの出射光は楕円体鏡16の第二焦点に集束する。

40

図1では、楕円体鏡16の第二焦点の位置に受光装置18を設置し、第2レンズ14からの出射光が受光装置18で受光することを示している。

【0022】

図3は、第1レンズ12によって受光する立体角を $120^\circ$ として、楕円体鏡16を設計した例である。第1レンズ12による受光領域については任意に設定することができ、第2レンズ14の配置領域も任意に設定できるから、これらの条件設定にしたがって、楕円体鏡16の形状を設計することができる。

【0023】

50

図4は、楕円体鏡16によって受光した光を光ファイバー20に導光する例である。楕円体鏡16からの反射光あるいは直接光を受光レンズ21を利用して光ファイバー20に集光する。この例では、受光レンズ21と光ファイバー20が受光装置18に相当する。このように、受光装置18に設ける光学系も任意に設計することができる。

【0024】

なお、楕円体鏡16を構成する方法としては、内面を鏡面とした中空の楕円体殻を利用して楕円体鏡とする方法、透明な材料を用いて中実な楕円体を形成し、楕円体の外表面を鏡面として楕円体鏡とする方法がある。いずれの方法で作製したのも楕円体鏡16として使用することができ、使用に際しては、受光効率や、耐久性、製作コスト等を考慮して選択すればよい。透明材料で楕円体を形成して楕円体鏡16とした場合は、図4に示すように楕円体鏡16の透明体の端面を凹球面とし、受光装置18と合わせてレンズ作用が奏するように利用することができる。

【0025】

(太陽光受光装置)

太陽光受光装置は上述した集光ユニット10を複数個(多数個)組み合わせて構成される。

図5は集光ユニット10を面的に、相互に隣接させて最密配置とした例である。図5(a)は太陽光受光装置を平面方向から見た状態、図5(b)は図5(a)のA-B面での断面を見た状態を示す。

図示例の集光ユニット10は、楕円体鏡16の短径が第1レンズ12の半径よりも大きくなるように設計した例である。この場合は、楕円体鏡16の外周面が相互に隣接することで最密配置されている。

【0026】

図6は、図5に示す太陽光受光装置の使用状態を示す断面図である。この太陽光受光装置は楕円体鏡16の短径(図3のb)よりも第1レンズ12の径(図3のr)を小さくしていることから、図6に示すように、太陽光の仰角が小さくなった場合(太陽が傾いた場合)に、隣り合った集光ユニット10の第1レンズ12により、直達太陽光が遮られる(影になる)影響が抑えられるという利点があり、受光できる立体角を大きくできる効果がある。

【0027】

図7は第1レンズ12の径を楕円体鏡16の短径よりも大きくした例で、各々の集光ユニット10の第1レンズ12の外側面をカットして、平面視が六角形状(ハニカム形状)となるようにし、集光ユニット10の第1レンズ12を相互に隣接させ、第1レンズ12によって平面を全面的に覆う構成としたものである。この太陽光受光装置によれば、図6の例と比較して、第1レンズ12による受光面積を大きくすることができ、より効率的に直達太陽光、散乱光を受光することが可能である。

【0028】

(第2レンズの配置)

図8は、球形のレンズを最密配置とした第2レンズ14の配置を第1レンズの中心から見た状態を示す。図8に示したA、B、C線は、太陽が動く(日動)ことにより、第1レンズ12から出射した光が第2レンズ群上を動く様子を例示したものである。A線及びB線は、日毎に第2レンズ群上を出射光が移動する例、C線は季節が変わったようなときに出射光が移動する例を説明的に示している。

このように太陽の動きにともなって、第1レンズ12からの出射光は第2レンズ群上を移動する位置が少しずつ異なり、ある日は出射光が第2レンズ14の中心(A線)を通過しても、別の日には第2レンズ14の中心を外れた位置(B線)を通過するといったことになる。

【0029】

図9は、第1レンズ12からの出射光が第2レンズ群上を通過する位置が、太陽の動きにともなって変動することを考慮し、太陽光受光装置を構成する個々の集光ユニット10

10

20

30

40

50



の第2レンズ14を異なる配置として構成する例を示す。すなわち、図9は、集光ユニット10として、第2レンズ14の配置位置を第1レンズを中心に  $x - y$  方向に回転シフトさせて配置した集光ユニット10を使用する例を示す。

#### 【0030】

第2レンズ14が  $x - y$  方向に回転シフトさせて配置した集光ユニット10を複数個用意し、太陽光受光装置を組み立てる際に、第2レンズ14の配置が異なる集光ユニット10を混在させて組み立てることにより、日々、あるいは季節によって太陽の動きが異なっても概ね均等な受光効率を得ることができるようになることができる。

第2レンズ14を  $x - y$  方向に回転シフトさせるシフト量をさまざまに異なるように設定し、多数個の集光ユニット10を用いることで、太陽光の受光強度をさらに均等化させることができる。

10

#### 【0031】

図10は、太陽の動きによって受光強度がばらつくことを抑える方法として、集光ユニット10の取り付け角度を変えることでばらつきを抑える方法を示す。集光ユニット10を取り付ける際に、集光ユニット10の光軸をすべて一致させず、光軸を傾斜させ、チルト角を設けて取り付け集光ユニット10を混在させることで、第2レンズ14の配置をシフトさせたと同様の効果を得ることができる。チルト角をさまざまに設定することで、第2レンズ14の配置をさまざまに変化させることができる。

また、チルト角を設けるかわりに、集光ユニット10を取り付ける際に光軸のまわりの取り付け角度を変えることで、第2レンズ14の配置をシフトさせることもできる。

20

また、上記の第2レンズ14の配置をシフトさせる方法は、これらの操作を併用して利用することももちろん可能である。

#### 【0032】

図11は、第2レンズ14をハニカム配置とした例である。すなわち、第2レンズ14を光軸方向から見て外形が六角形となるように側面をカットし、第2レンズ14を互いに隣接させて配置した例を示す。

図11(a)はハニカム形状とした第2レンズ14を光軸方向(正面方向)から見た状態を示す。図中の番号1、2、3は、太陽の動きにより第1レンズ12からの出射光が第2レンズ群上を動く様子を示す。

図11(b)は第2レンズ14をボールレンズとしたときの第2レンズ14へ入射する光束、図11(c)は、第2レンズ14をハニカム形状としたときの第2レンズ14へ入射する光束を示す。

30

図11に示すように、第2レンズ14をハニカム形状とすることで、隣接する第2レンズ14との間の空隙が解消され、第1レンズ12からの出射光をより効率的に第2レンズ14によって受光することが可能になる。

また、第2レンズ14をハニカム形状とすることで、第2レンズ群を一体化して形成することができるから、プラスチック成形等を利用して第2レンズ群を製作することが容易に可能となり、製作コストを低減させることができる。

#### 【0033】

図12は第2レンズ14のさらに他の構成例を示す。太陽光受光装置は第1レンズ12の出射光を第2レンズ14で細径に絞り、楕円体鏡16により受光装置18に受光させるが、太陽光が最も強くなるのは太陽が南中したときである。したがって、太陽が南中するとき、あるいは南中する前後において太陽光を効率的に受光できるようにすることは、太陽光の受光効率を向上させる上で有効である。上述した各実施形態では、第2レンズ14には同一径のレンズを使用する例を示したが、図12に示す実施形態は、太陽が南中するとき、すなわち集光ユニット10の中心線上に配置する第2レンズ14を他の第2レンズよりも大径に形成し、第1レンズ12から出射される光のうち、中心線近傍の出射光をより効率的に受光できるようにした例である。また図に示すように中心より離れた第2レンズの径を小さくすれば受光できる立体角を大きくすることができる。

40

#### 【0034】

50

### < 集光ユニットの構成例 2 >

上述した集光ユニットでは、第 2 レンズとしてボールレンズを使用した。第 2 レンズは、第 2 レンズから出射した光が、あたかも第 1 レンズの中心に虚光源があるかのように屈折させる作用をするものであればよく、ボールレンズに限るものではない。

図 1 3 は、第 1 レンズ 1 2 a の出射光側の外周面に、前述した球形状の第 2 レンズ 1 4 にかえて、凹レンズ状に形成した第 2 レンズ 1 4 a を設けた例である。第 2 レンズ 1 4 は第 1 レンズ 1 2 a の外面に、凹面 1 4 1 を形成することにより第 1 レンズ 1 2 a と一体に第 2 レンズ 1 4 a を形成したものである。

#### 【 0 0 3 5 】

太陽光を受光装置に導く集光ユニットとして、第 1 レンズ 1 2 a の後方に、第 2 レンズ 1 4 a から出射される光を受光装置 1 8 に導く反射面が楕円体面となる楕円体鏡 1 8 a を配置する、楕円体面である反射面の第一焦点の位置と第 1 レンズ 1 2 a の中心の位置とを一致させる、反射面の第二焦点の位置に一致させて受光装置 1 8 を配置するという構成は、前述した集光ユニットと共通である。

#### 【 0 0 3 6 】

図 1 3 に示す実施形態の楕円体鏡 1 6 a は、透明材料からなる中実な楕円体として形成し、楕円体の外面を反射面としたものである。楕円体の外面で光が全反射するように楕円体を構成する透明材質を選択することもできるし、楕円体の外面を光反射材で被覆して構成することもできる。

#### 【 0 0 3 7 】

図 1 4 は、内部を中空とした楕円体殻状に形成した楕円体鏡 1 6 b を使用する例である。楕円体鏡 1 6 b の内面が楕円体面である反射面となり、反射面の第一焦点の位置に第 1 レンズ 1 2 a の中心を一致させ、反射面の第二焦点に位置合わせして受光装置 1 8 を配置する。

図 1 3 に示すように楕円体鏡 1 6 a を中実な楕円体として形成した場合は、楕円体鏡 1 6 a の出射側の端部を凹面等の適宜形状に設定することが容易であり、楕円体鏡 1 6 a からの出射光を集光して受光装置 1 8 へ入射させ、受光効率を向上させるといったことが可能である。

#### 【 0 0 3 8 】

図 1 5 は、第 1 レンズ 1 2 a の外面に凹面 1 4 1 を形成して第 2 レンズ 1 4 a を設けた場合で、第 1 レンズ 1 2 a に入射した太陽光が第 2 レンズ 1 4 a の作用によって屈折し、第 2 レンズ 1 4 a からの出射光が第 1 レンズ 1 2 a の中心点（第 1 レンズ 1 2 a の虚光源）から放射される様子を示す。このように第 2 レンズ 1 4 a が作用するように光学設計するには、第 1 レンズ 1 2 a のレンズ材料やレンズ径を適宜設定したり、第 2 レンズ 1 4 a の曲面や曲率形状、径等を適宜設定する必要がある。

#### 【 0 0 3 9 】

第 2 レンズ 1 4 a は、集光ユニットの構成例 1 と同様に、第 1 レンズ 1 2 a の出射面側に相互に凹面 1 4 1 を隣接させアレイ状に多数個配置する。第 2 レンズ 1 4 a を配置する領域は、第 1 レンズ 1 2 a によって集光される太陽光が到達する範囲に基づいて設定する。太陽光を集光する範囲（立体角）は任意に設定できるから、太陽光を集光する範囲にしたがって第 2 レンズ 1 4 a を配置する領域を決めればよい。第 2 レンズ 1 4 a を構成する凹面 1 4 1 の径寸法を小さくすることで太陽光は細径に絞られる。第 2 レンズ 1 4 a の径寸法を小さくすれば、より多くの第 2 レンズ 1 4 a が配置されることになる。

第 1 レンズ 1 2 a に凹面を形成して第 1 レンズ 1 2 a によって集光された太陽光を受光装置 1 8 に導く方法は、前述した集光ユニットの構成例 1 のように第 1 レンズ 1 2 とは別個にボール状の第 2 レンズ 1 4 を配置する方法と比べて、第 1 レンズ 1 2 a と第 2 レンズ 1 4 a とを相互に高精度に位置決めすることができるという利点がある。また、光学素子と空気の界面の数が減少し、界面反射ロスを軽減できる。さらに、第一レンズの出射側に焦点を結ばない光学系となるため、熱集中を回避し、安全性も高める等の利点がある。

#### 【 0 0 4 0 】

10

20

30

40

50

(第2レンズの他の構成例)

図16(a)は凹レンズ状の第2レンズを使用する他の構成例を示す。

図16(a)はボール状に形成した第1レンズ12の出射面側の外表面に、光学的なアタッチメント15aを利用して第2レンズ14bを設けた例である。

アタッチメント15aの本体は球面殻状に形成され、第1レンズ12に接触するアタッチメント15aの一方の面は第1レンズ12の外面の曲率に一致する球面として形成され、他方の面に多数個の凹面142が形成されて第2レンズ14bが多数個設けられている。このようにアタッチメント15aを利用して、第1レンズ12とアタッチメント15aとを組み合わせることで、図13に示したと同様に第1レンズ12によって集光された太陽光を受光装置18に導く構成とすることも可能である。

10

【0041】

図16(b)は、第1レンズ12と第2レンズ14cを備えるアタッチメント15bとを、第1レンズ12の外面とアタッチメント15bの一方の面とを離間させて配置した例である。光学設計によっては、このように第2レンズ14cを備えるアタッチメント15bを第1レンズ12の外面から離間させた配置とする設計とすることもできる。

図16(c)は、図16(b)の構成例において、第1レンズ12と第2レンズ14cの中間に補正光学系151を介在させた例である。光学設計によっては、このように、光学系に補正光学系151を介在させることによって所望の受光効率が得られるようにすることも可能である。この場合も、第1レンズ12に対して第2レンズ14cを高精度に位置決めできるという利点がある。

20

【0042】

図16(d)は、第1レンズ12bに凹面144を設け、アタッチメント15cに凹面145を設けて、第2レンズ14dを構成した例である。この例では、第2レンズ14dは、凹面144による光学作用とアタッチメント15cによる光学作用をあわせた光学作用を総合したものを意味するものとする。

このように、第1レンズ12bに凹面144を設けることに加えて、レンズ作用を有するアタッチメント15cを組み合わせることで所望の受光効率を得るように設計することも可能である。

【0043】

(第1レンズの他の構成例)

図13~16に示した集光ユニットの構成例では、第1レンズとして球形のレンズを使用している。球形レンズを第1レンズとして使用する理由は、第1レンズを固定したままで、全天から太陽の直達光と散乱光を集めることができるようにするためである。

30

図17は、第1レンズを球形レンズとする方法に替えて、球形レンズの球体の内部を中空とした球殻状のレンズとして形成した例である。第1レンズ13を球形とするかわりに球殻状とする方法によっても、第1レンズ13を固定したまま、全天から太陽光を集めることができる。

【0044】

図17に示す構成例は、半球殻状に形成した一対の第1球殻レンズ13a、13bを組み合わせ、全体として外形が球形となる第1レンズ13を形成した例である。

40

この構成例では、太陽光が入射する側の一方の第1球殻レンズ13aに対向して配置する他方の第1球殻レンズ13bの光が出射する側の外面に凹面146を形成することで第2レンズ14dを形成している。

第2レンズを形成する方法としては、図16に示した方法と同様に、出射側に位置する第1球殻レンズ13bの出射面を球面とし、第1球殻レンズ13bの出射面の外側に、第2レンズの作用をなすアタッチメントを配置したり、補助光学系を配置する方法を利用することも可能である。

【0045】

太陽光が入射する側の一方の第1球殻レンズ13aは、太陽光を受光する範囲として設定した立体角の範囲を確保することができるように受光範囲を設定すればよい。対になる

50

他方の第1球殻レンズ13bも同様に、第1球殻レンズ13aから出射される光の出射範囲に対応できるように受光範囲を設定すればよい。

図17に示すように、第1レンズを中実な球形に形成しない場合であっても、第1球殻レンズ13a、13bの厚さや、素材の屈折率、第1球殻レンズ13bの出射面に形成する凹面146の形状等を適宜設計することにより、第2レンズ14dから出射される光が第1球殻レンズ13aと第1球殻レンズ13bによって構成される球の中心から放射されるようにすることができる。

#### 【0046】

第1レンズ13を半球殻状のレンズを組み合わせた形態とした場合は、太陽光が入射する側の第1球殻レンズ13aと出射する側の第1球殻レンズ13bをそれぞれ別の構成部品として製造して組み合わせる形態とすればよいから、球形のレンズを製作する方法とくらべて製造が容易で、製造コストを下げることができ、軽量化が可能で集光ユニットを設置するといった操作が容易になるという利点がある。

10

#### 【0047】

前述した図7では、集光ユニットの配置例として、第1レンズ12の外側面をカットして平面視の六角形とし、第1レンズ12の外側面を相互に隣接させ、太陽光の入射側から見てハニカム配置となるように集光ユニットを配置した例である。

図18は、半球殻状のレンズを組み合わせて構成した第1レンズ13を使用して、図7に示したと同様に第1レンズ13を太陽光の入射側から見てハニカム配置とした例を示す。この場合も第1球殻レンズ13a、13bの側面をカットした形態とすることにより、第1レンズ13をハニカム配置とすることができる。

20

#### 【0048】

半球殻状のレンズを組み合わせて第1レンズ13とした場合は、図13(b)に示すように、太陽光の入射側の第1球殻レンズ13aと出射側の第1球殻レンズ13bを、それぞれ一括して複数個接続した形態のユニットとして形成し、一方の第1球殻レンズ13aを接続したユニットと、他方の第1球殻レンズ13bを接続したユニットを組み合わせることにより、第1レンズ13を組み合わせた構成とすること、言い換えれば多数個の集光ユニットを組み合わせた構成を構築することができる。

この方法であれば、一方の第1球殻レンズ13aからなるユニット131も、他方の第1球殻レンズ13bからなるユニット132も一体物として構成されるから、樹脂成型方法等を利用して、多数個の集光ユニットを一括して製作することが可能になる。この結果、集光装置を製作する製造コストを効果的に低減させることができ、集光装置の軽量化に加えて、第1レンズ13と第2レンズ14a~14dの位置合わせが容易にかつ高精度にできるという利点がある。

30

#### 【0049】

(集光装置の配置)

図18は半球殻状のレンズを組み合わせて第1レンズ13とした場合について第1レンズ13をハニカム状に配置した例であるが、球体の出射面側に凹面レンズを形成して第2レンズ14aとした例や他の凹レンズを用いた例についても、前述した球形レンズからなる第2レンズ14を用いた場合とまったく同様に集光装置を構成することができる。すなわち、集光ユニットを相互に隣接させて最密配置とすること、楕円体鏡の短径よりも第1レンズを小さくして、太陽光の仰角が小さくなった場合に、隣り合った集光ユニットの第1レンズにより、直達太陽光が遮られることを抑えるようにすること、個々の集光ユニットの取り付け角度を変えることにより、太陽の動きにより受光強度がばらつくことを抑えるといった方法を採用することができる。

40

#### 【0050】

また、第2レンズの配置方法として、第1レンズからの出射光が第2レンズ群上を通過する位置が、太陽の動きにともなって変動することを考慮し、太陽光受光装置を構成する個々の集光ユニットの第2レンズの配置位置を第1レンズを中心にx-y方向に回転シフトさせ、異なる回転シフト量を設定した集光ユニットを混在させて集光装置を組み立

50

てることにより、日々、あるいは季節によって太陽の動きが異なっても概ね均等な受光効率を得ることができるようにすることができる。

また、第2レンズを光軸方向から見て外形が六角形となるように側面をカットし、第2レンズを互いに隣接させて配置することにより、隣接する第2レンズの間の空隙が解消され、第1レンズからの出射光を効率的に第2レンズによって受光することが可能となり集光装置の集光効率を向上させることができる。

【0051】

本発明に係る太陽光受光装置は、受光装置18から太陽光を光ファイバー等で室内に導光し、散乱板等を利用して、室内あるいは植物工場等の照明に利用することができる。ただし、太陽光受光装置の用途は室内等の照明に利用する他に、受光した光を利用して発電したり、熱に変換したりして利用することができる。すなわち、本発明に係る太陽光受光装置は、受光装置18を導光装置、光発電装置あるいは光加熱装置等として構成して利用することが可能である。

10

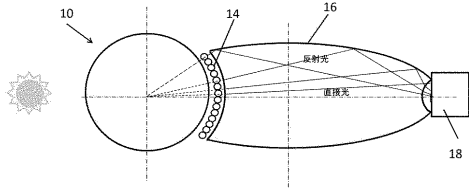
【符号の説明】

【0052】

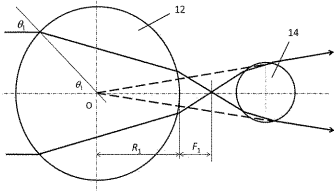
- 10 集光ユニット
- 12、12a 第1レンズ
- 13 第1レンズ
- 13a、13b 第1球殻レンズ
- 14、14a、14b、14c、14d 第2レンズ
- 16 楕円体鏡
- 18 受光装置
- 20 光ファイバー
- 21 受光レンズ
- 131、132 ユニット
- 141、142、143、144、145、146 凹面

20

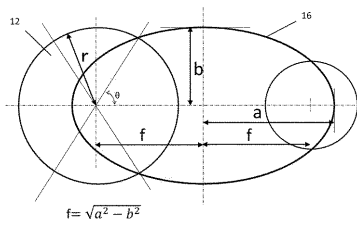
【図 1】



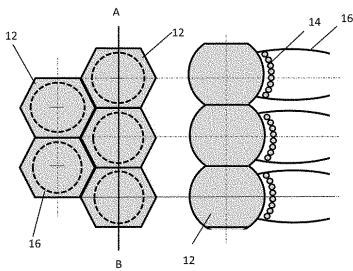
【図 2】



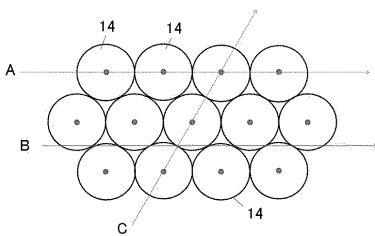
【図 3】



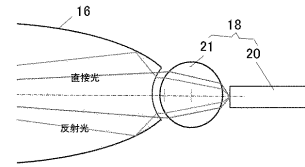
【図 7】



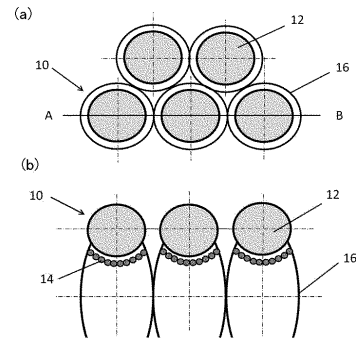
【図 8】



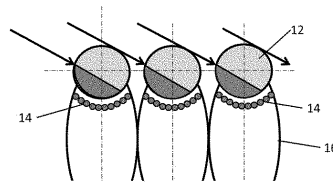
【図 4】



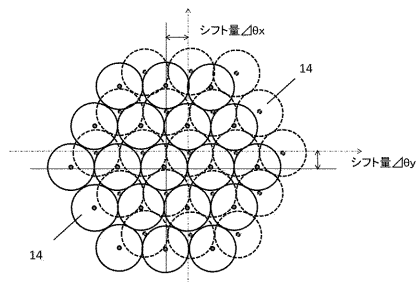
【図 5】



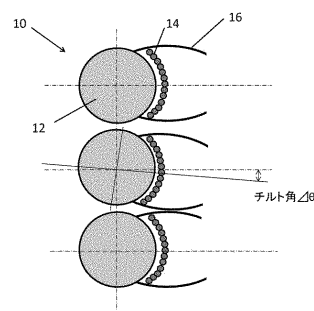
【図 6】



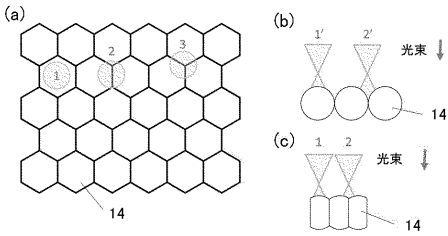
【図 9】



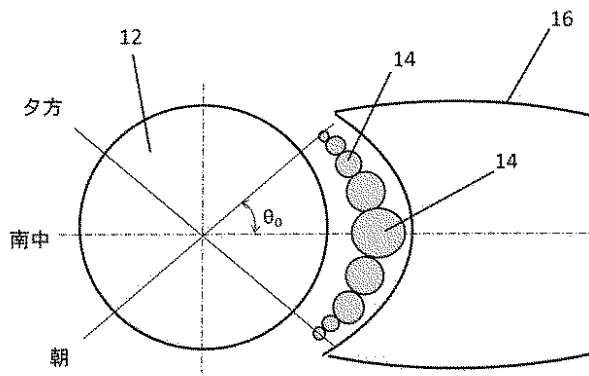
【図 10】



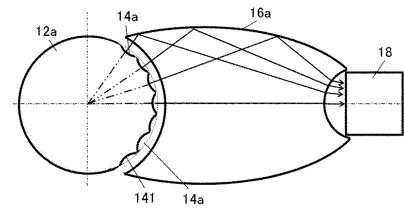
【図 1 1】



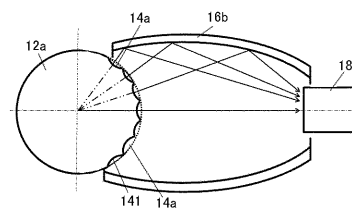
【図 1 2】



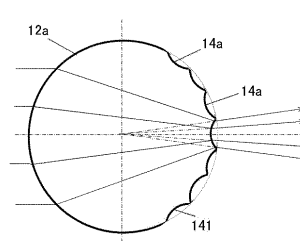
【図 1 3】



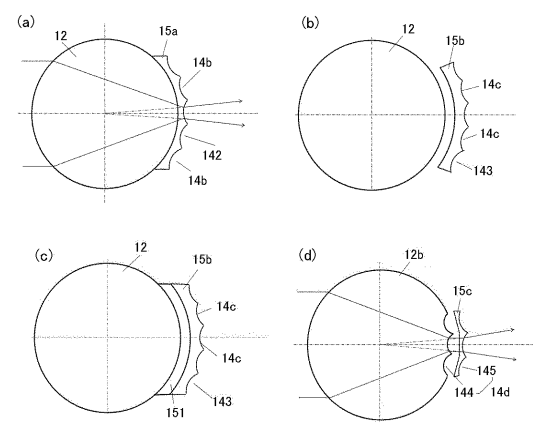
【図 1 4】



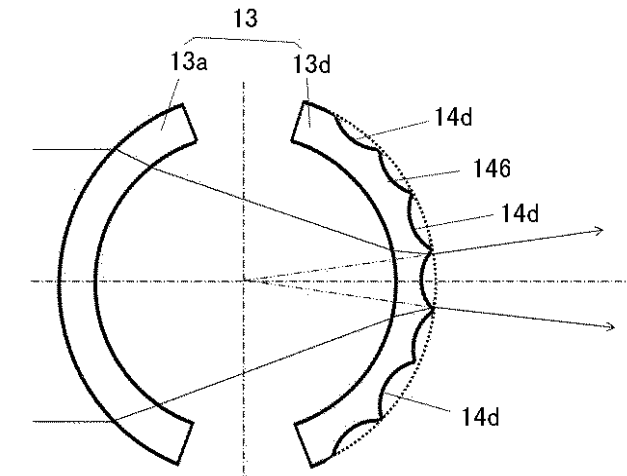
【図 1 5】



【図 1 6】



【図 1 7】



【図 1 8】

