

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5952033号  
(P5952033)

(45) 発行日 平成28年7月13日(2016.7.13)

(24) 登録日 平成28年6月17日(2016.6.17)

(51) Int.Cl.

F 1

G02B 3/00 (2006.01)

G02B 3/00

3/00

A

G02B 3/06 (2006.01)

G02B 3/06

3/06

H01L 31/054 (2014.01)

H01L 31/04

620

請求項の数 3 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2012-51213 (P2012-51213)  
 (22) 出願日 平成24年3月8日 (2012.3.8)  
 (65) 公開番号 特開2012-208482 (P2012-208482A)  
 (43) 公開日 平成24年10月25日 (2012.10.25)  
 審査請求日 平成27年2月11日 (2015.2.11)  
 (31) 優先権主張番号 特願2011-54598 (P2011-54598)  
 (32) 優先日 平成23年3月11日 (2011.3.11)  
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000153878  
 株式会社半導体エネルギー研究所  
 神奈川県厚木市長谷398番地  
 (72) 発明者 田中 幸一郎  
 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社  
 半導体エネルギー研究所内  
 (72) 発明者 肥塚 絵美  
 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社  
 半導体エネルギー研究所内

審査官 後藤 亮治

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】レンズシートおよび光電変換モジュール

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

表面に第1のレンズアレイを有し、裏面に第2のレンズアレイを有するレンズシートであって、

前記第1のレンズアレイは、第1のレンズ領域と第1の非レンズ領域とを交互に有し、  
 前記第2のレンズアレイは、第2のレンズ領域と第2の非レンズ領域とを交互に有し、

前記第1のレンズ領域の中央部は、前記第2の非レンズ領域と重畳し、

前記第1の非レンズ領域は、前記第2のレンズ領域の中央部と重畳し、

前記第1のレンズ領域の端部は、前記第2のレンズ領域の端部と重畳し、

前記第1のレンズ領域の幅をD、前記第2の非レンズ領域の幅をd、前記レンズシートの厚さをt、前記第1のレンズ領域の曲率半径をR、前記レンズシートの屈折率をn、前記第1のレンズ領域に入った光が集光されて前記第2の非レンズ領域から射出するとき、前記第2の非レンズ領域の光が射出する領域の幅を、定数Cを $4.4 < C < 4.6$ とするとき、下記式(1)の関係が成立し、

前記第1のレンズアレイに光が入射し、前記第2のレンズアレイから射出するとき、前記第2のレンズアレイの下部に光が照射されない領域を有するレンズシート。

## 【数1】

$$d \geq \alpha = D \frac{RC - tn}{RC} \quad (1)$$

## 【請求項2】

前記第1のレンズ領域および前記第2のレンズ領域の少なくとも一方が、シリンドリカルレンズである、請求項1に記載のレンズシート。

## 【請求項3】

請求項1または2に記載のレンズシートを有する光電変換モジュールであって、

前記第1のレンズアレイを上面、前記第2のレンズアレイを下面とした前記レンズシートの下面側に、グリッド電極が上面に設けられた光電変換素子を有し、

前記第2のレンズアレイの下部に生じた前記光が照射されない領域に前記グリッド電極が位置するよう、前記光電変換素子および前記グリッド電極を配置する、光電変換モジュール。

10

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

20

## 【0001】

本発明は、レンズシートおよび光電変換モジュールに関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

近年、太陽光発電システムは持続可能なエネルギー源として注目され、高効率化が期待されている。太陽光発電システムの高効率化の方法のひとつとして、光を有効に光電変換素子に照射することが挙げられる。

## 【0003】

太陽光発電システムに用いる光電変換モジュールは、光電変換素子の上面にグリッド電極を設ける構造とすることがある。この場合、光電変換素子で生成された電流はグリッド電極を通って取り出される。グリッド電極により電流を取り出す際の電気抵抗を低減することができるが、同時にグリッド電極の面積だけ光電変換素子の受光部が減り、変換効率が下がってしまう。

30

## 【0004】

そこで、例えば特許文献1ではレンズを用いて、グリッド電極上に照射された光を有効利用する方法が開示されている。特許文献1に開示されている光電変換モジュールは、光電変換素子およびグリッド電極上に、連続したプリズム状レンズまたはシリンドリカルレンズを有する。さらに、グリッド電極の上部がレンズ同士の境界となるように配置された構成となっている。これにより、グリッド電極上に照射された光を屈折させ受光部に集光し、照射された光を有効利用することができる。

40

## 【0005】

一方、光の有効利用については、液晶ディスプレイにおいて、バックライトの光を効率よく液晶に照射するためのレンズシートの開発が行われている。例えば特許文献2では、両面に連続したレンズアレイを有し、両面のレンズアレイのピッチのずれが0または半周期であるレンズシートが開示されている。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0006】

【特許文献1】特開昭63-102279号公報

【特許文献2】特開2009-162843号公報

50

**【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0007】**

しかしながら特許文献1および特許文献2に開示されているような、レンズが連続して形成されているレンズアレイは、加工精度に限界があるため、実際には理想的な形状にすることはできない。そのため、理想的にはレンズ面同士が隙間なく隣り合うように成形したい場合でも、実際にはわずかながらレンズ面同士の間に、レンズとして十分に機能しない、丸みを帯びた領域または平坦な領域が生じてしまう。丸みを帯びた領域または平坦な領域に入った光は、十分に屈折することなく直進してしまう。

**【0008】**

10

図15(A)および図15(B)に、特許文献1に記載のレンズシート300、301を適用した、光電変換モジュールの断面図を示す。光電変換モジュールは、レンズシート300または301と、光電変換素子200、およびグリッド電極201を有する。また図15において点線は光の進行方向を示す。図15(A)および(B)に示すように、レンズシート300、301のレンズ同士の境界は丸みを帯びた領域または平坦な領域となってしまうため、これらの領域に入射した光は十分に屈折することなく直進し、グリッド電極201に照射される。このためレンズシート300、301に入射した光の一部は、光電変換に利用することができない。

**【0009】**

20

また、特許文献2に記載のレンズシートを適用させた光電変換モジュールとした場合も同様である。図15(C)に特許文献2に記載のレンズシート302を適用した、光電変換モジュールの断面図を示す。ここで、レンズシート302の光が入射する側の面を第1の面、光電変換素子側の面を第2の面とする。レンズシート302も、レンズが連続して形成されているため、第1の面のレンズ領域同士の境界部分は、レンズとして十分に機能しない丸みを帯びた領域、または平坦な領域となってしまう。そのため第1の面のレンズ領域の境界部分に入射した光は、十分に屈折せずに直進する。またこの光は第2の面のレンズ領域に約0°で入射するため、第2の面のレンズ領域においても十分に屈折しない。そのため光はグリッド電極201に照射され、光電変換に利用することができない。

**【0010】**

このように、従来のレンズアレイにはレンズ同士の境界に光を有効に利用できない領域が存在していた。

30

**【0011】**

そこで本発明の一態様は、レンズシートの上から光が入射したとき、下部に光が照射されない領域を生じさせ、レンズシートに入射した光をもれなく有効に利用できるレンズシートを提供することを目的の一とする。また、光をより効率よく光電変換素子に照射できるレンズシートを提供することを目的の一とする。また、高効率の光電変換モジュールを提供することを目的の一とする。

**【課題を解決するための手段】****【0012】**

40

上記目的を達成するために、本発明の一態様では、レンズシートにおいて、シリンドリカルレンズまたはプリズム状レンズであるレンズ領域と、非レンズ領域と、を交互(縞状ともいう)に配置することとした。

**【0013】**

本発明の一態様は、表面に第1のレンズアレイを有し、裏面に第2のレンズアレイを有するレンズシートであって、第1のレンズアレイは、第1のレンズ領域と第1の非レンズ領域を交互に有し、第2のレンズアレイは、第2のレンズ領域と第2の非レンズ領域を交互に有し、第1のレンズ領域の中央部と、第2の非レンズ領域が重畳し、第1の非レンズ領域と、第2のレンズ領域の中央部が重畳し、第1のレンズ領域の端部と、第2のレンズ領域の端部が重畳するレンズシートである。

**【0014】**

50

また、上記において、第1のレンズ領域の幅をD、第2の非レンズ領域の幅をd、レンズシートの厚さをt、第1のレンズの曲率半径をR、レンズシートの屈折率をn、第1のレンズ領域に入った光が集光されて第2の非レンズ領域から出射するとき、第2の非レンズ領域の光が出射する領域の幅を、定数Cを、 $4.4 < C < 4.6$ とするとき、下記式(1)の関係が成立し、第1のレンズアレイに光が入射し、第2のレンズアレイから出射するとき、第2のレンズアレイの下部に、光が照射されない領域を有することができる。

【0015】

【数1】

$$d \geq \alpha = D \frac{RC - tn}{RC} \quad (1)$$

10

【0016】

また、上記において、第1のレンズ領域および第2のレンズ領域の少なくとも一方を、シリンドリカルレンズとすることができます。

【0017】

また、上記において、第1のレンズ領域および第2のレンズ領域の少なくとも一方を、ブリズム状レンズとすることができます。

【0018】

また、上記のレンズシートを有する光電変換モジュールであって、第1のレンズアレイを上面、第2のレンズアレイを下面としたレンズシートの下面側に、グリッド電極が上面に設けられた光電変換素子を有し、第2のレンズアレイの下部に生じた光が照射されない領域にグリッド電極が位置するよう、光電変換素子およびグリッド電極を配置する、光電変換モジュールである。

20

【0019】

なお、シリンドリカルレンズとは、断面において円弧または橍円の弧を有する形状のレンズである。

【発明の効果】

【0020】

本発明の一態様により、レンズシートの上から光が入射したとき、下部に光が照射されない領域を生じさせ、レンズシートに入射した光をもれなく有効に利用できるレンズシートを提供することができる。また、光をより効率よく光電変換素子に照射できるレンズシートを提供することができる。また、高効率の光電変換モジュールを提供することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】レンズシートと光電変換モジュールの一例を示す斜視図および断面図。

【図2】レンズシートの一例を説明するための断面図。

【図3】レンズシートと光電変換モジュールの一例を示す斜視図および断面図。

【図4】レンズシートと光電変換モジュールの一例を示す断面図。

【図5】レンズシートと光電変換モジュールの一例を示す斜視図および断面図。

40

【図6】レンズシートと光電変換モジュールの一例を示す斜視図および断面図。

【図7】レンズシートと光電変換モジュールの一例を示す断面図。

【図8】光電変換素子およびグリッド電極の一例を示す断面図

【図9】太陽光発電システムを説明する図。

【図10】レンズシートの一例についての計算結果を示す図。

【図11】レンズシートの一例についての計算結果を示す図。

【図12】レンズシートの一例についての計算結果を示す図。

【図13】レンズシートの一例についての計算結果を示す図。

【図14】レンズシートの比較例についての計算結果を示す図。

【図15】レンズシートの従来例を示す断面図。

50

## 【発明を実施するための形態】

## 【0022】

本発明の実施の形態の一例について、図面を用いて以下に説明する。但し、本発明は以下の説明に限定されず、本発明の趣旨およびその範囲から逸脱することなくその形態および詳細を様々に変更し得ることは当業者であれば容易に理解される。従って、本発明は以下に示す実施の形態の記載内容に限定して解釈されるものではない。

## 【0023】

なお、図面等において示す各構成の、位置、大きさ、範囲などは、理解の簡単のため、実際の位置、大きさ、範囲などを表していない場合がある。このため、開示する発明は、必ずしも、図面等に開示された位置、大きさ、範囲などに限定されない。

10

## 【0024】

なお、本明細書等における「第1」、「第2」などの序数は、構成要素の混同を避けるために付すものであり、数的に限定するものではないことを付記する。

## 【0025】

## (実施の形態1)

本実施の形態では、レンズシートの一例、およびレンズシートと光電変換モジュールの配置の一例について、図1および図2を参照して説明する。

## 【0026】

## &lt;レンズシート&gt;

図1に、本発明の一態様に係るレンズシート100を有する光電変換モジュール202を示す。図1(A)は斜視図、図1(B)は断面図である。図1(A)に示すようにレンズシート100は、第1の面S1にシリンドリカルレンズである第1のレンズ領域と、レンズ領域以外の部分である第1の非レンズ領域を有している。また第1の面の裏面である第2の面S2にも、シリンドリカルレンズである第2のレンズ領域と、第2の非レンズ領域を有している。レンズシート100において、第1のレンズ領域の中央部と第2の非レンズ領域は重畳しており、第1の非レンズ領域と第2のレンズ領域の中央部は重畳している。また、第1のレンズ領域の端部と、第2のレンズ領域の端部は重畳している。

20

## 【0027】

なお、本明細書においてシリンドリカルレンズとは、断面において円弧または橍円の弧を有する形状のレンズをいう。なお、互いに重なる第1のレンズ領域の端部及び第2のレンズ領域の端部の幅はそれぞれ、端から20%以内の長さ、好ましくは5%以内の長さである。中央部とは、端部以外の部分を言う。

30

## 【0028】

レンズシート100は透光性を有する材料で形成されている。透光性を有する材料としては、レンズシートに入った光の85%以上を透過するものを用いることが好ましい。例えば、アクリル樹脂(ポリメチルメタクリレート樹脂)、環状オレフィンポリマー樹脂、ポリエステル樹脂、ポリアクリルニトリル樹脂、ポリイミド樹脂、ポリカーボネート樹脂、ポリエーテルスルホン樹脂、ポリアミド樹脂、ポリスチレン樹脂、ポリアミドイミド樹脂、ポリ塩化ビニル樹脂、P E T樹脂(ポリエチレンテレフタレート樹脂)、シリコーン樹脂、エポキシ樹脂、ポリスルホン樹脂、ビニルエステル樹脂、マレイミド樹脂、ガラス、石英、萤石などの結晶、およびこれらを組み合わせたものなどを用いることができる。

40

## 【0029】

また、レンズシート100の第1の面を上面、第2の面を下面としたとき、レンズシート100の下面側に光電変換素子200およびグリッド電極201を配置する。

## 【0030】

レンズシート100を透過し光電変換素子200に照射された光は、電流に変換されグリッド電極201を通って取り出される。光電変換モジュール202では、グリッド電極201を有することにより、電流を取り出す際の電気抵抗を低減することができる。

## 【0031】

図2と数式1を用いて、レンズシート100の形状について説明する。ここで、レンズシ

50

ート 100 について図 2 に示すように、第 1 のレンズ領域の幅 : D、第 2 の非レンズ領域の幅 : d、厚さ : t とする。また、レンズの曲率半径 : R、レンズシート 100 の屈折率 : n とする。また、図 2 における矢印の方向から入射する光が、第 1 のレンズ領域で集光されて第 2 の面から出射するとき、第 2 の面の光が射出する領域の幅を、スポット :  $\alpha$  とする。なお  $\alpha$  は、第 2 の面から射出する光強度の最大値を 1 としたとき、1 から  $1/e^2$  までの光が射出する領域の幅を指す。ここで、e は自然対数の底である。また、レンズシート 100 の周囲は大気（屈折率  $n = 1$ ）とする。

## 【0032】

レンズシート 100 について、以下の式（1）の関係が成立する。ここで、定数 : C は、  
4.4 < C < 4.6 である。

10

## 【0033】

## 【数 1】

$$d \geq \alpha = D \frac{RC - tn}{RC} \quad (1)$$

## 【0034】

式（1）に示される通り、第 1 のレンズ領域に入射した光が第 2 の非レンズ領域から射出する領域であるスポット  $\alpha$  は、第 2 の非レンズ領域の幅 d 以下である。

## 【0035】

第 1 の非レンズ領域に入射し、第 2 のレンズ領域から射出する光は、第 2 のレンズ領域により集光する。

20

## 【0036】

このような関係を満たすことにより、レンズシート 100 の上から光が入射したとき、下部に光が照射されない領域が生じる。また、このような関係を満たすレンズシート 100 を有する光電変換モジュール 202 とすることで、光をより効率よく光電変換素子に照射させることができる。レンズシート 100 を有する光電変換モジュールとする際の、レンズシート 100、光電変換素子 200 およびグリッド電極 201 の配置について、詳細を以下に説明する。

## 【0037】

## &lt;レンズシートと光電変換モジュールの配置&gt;

30

レンズシート 100 と光電変換モジュール 202 の配置の一例について、図 1 (B) を参照して説明する。なお、図 1 において、光はレンズアレイに対して  $0^\circ$  で入射するものとする。ここで  $0^\circ$  とは、 $-5^\circ$  から  $5^\circ$  の範囲をいうこととする。また、図 1 (B) および図 2 において、点線は光の進行方向を示す。

## 【0038】

図 1 (B) に示すように、レンズシート 100 の下面側に光電変換素子 200 およびグリッド電極 201 が配置された光電変換モジュール 202 において、レンズシート 100 の第 1 の面から入射した光が第 2 の面から射出するとき、第 1 のレンズ領域の端部と第 2 のレンズ領域の端部が重畳した部分の下部に、光が当たらない領域が生じる。該光が当たらない領域にグリッド電極 201 が位置するように、光電変換素子 200 およびグリッド電極 201 を配置する。上から光が入射したとき、下部に光が照射されない領域が生じるレンズシート 100 を用い、かつ上記のようなレンズシート 100、光電変換素子 200 およびグリッド電極 201 の配置にすることにより、光をもれなく光電変換素子 200 に照射することができる。そのため、高効率な光電変換モジュール 202 とすることができます。

40

## 【0039】

なお、第 1 のレンズ領域の曲率半径および第 2 のレンズ領域の曲率半径は、グリッド電極 201 を光が当たらない領域に配置できる範囲で、大きい方が好ましい。光電変換素子 200 の受光部のうち、グリッド電極 201 に近い領域ほど、生じた電流を取り出すときの抵抗が少ない。そのため光電変換素子 200 のグリッド電極 201 に近い領域にも光が照

50

射されるように、第1のレンズ領域および第2のレンズ領域の曲率半径を設計すると、光電変換効率が向上する。

【0040】

また、第1のレンズ領域と第2のレンズ領域の重畠幅は、加工精度、屈折率、曲率半径等から適宜設計することができる。例えば、レンズ領域と非レンズ領域の境界の、加工精度の限界により設計通りの曲率半径にならない領域がレンズ領域の5%ならば、重畠幅はレンズ領域の5%を超えるよう設計することが好ましい。

【0041】

(実施の形態2)

本実施の形態では、レンズシートの変形例と、レンズシート、光電変換素子およびグリッド電極の配置の変形例について、図3乃至図7を参照して説明する。なお、図3乃至図6において、光はレンズアレイに対して略0°で入射するものとする。また、図3(B)、図4、図5(B)および図6(B)において、点線は光の進行方向を示す。

10

【0042】

本発明の一態様である、図3(A)の斜視図および図3(B)の断面図に示すレンズシート101は、レンズ領域がプリズム状である点において、図1と異なっている。レンズシート101の第1の面のレンズ領域と第2の面のレンズ領域のプリズムの高さと角度は、同じでもよいし、異なっていてもよい。第1の面および第2の面のレンズ領域をプリズム状にすることで、光電変換素子200に照射される光が第1面のレンズ領域に入射する光と略同じ強さになる領域を、広くすることができる。光電変換素子200に光が均一に照射される領域が広いと、光電変換効率を向上させることができる。そのため高効率な光電変換モジュール202とすることができます。レンズ領域の形状の他は図1についての記載を参照できる。

20

【0043】

本発明の一態様である、図4(A)に断面図に示すレンズシート102は、第1の面のレンズ領域の曲率半径と第2の面のレンズ領域の曲率半径が異なる点において、図1と異なっている。第1の面のレンズ領域の曲率半径を、第2の面のレンズ領域の曲率半径よりも大きくすることで、光電変換素子200により均等に光を照射することができる。光電変換素子200に均等に光を照射することで、光電変換効率を向上させることができる。そのためより高効率な光電変換モジュール202とすることができます。レンズ領域の形状の他は図1についての記載を参照できる。

30

【0044】

本発明の一態様である、図4(B)に示す光電変換モジュールは、グリッド電極204の配置において図1と異なっている。図4(B)では、グリッド電極204の周期L2は、レンズシート100の第1の面および第2の面のレンズ領域の頂点の周期L1の2倍となっている。なお、本発明の一態様は、L2はL1の2倍に限られず、整数倍であればよい。このような配置でも、レンズシート100に入射した光をもれなく光電変換素子203に照射することができる。グリッド電極の配置の他は図1についての記載を参照できる。

【0045】

本発明の一態様である、図5(A)の斜視図および図5(B)の断面図に示すレンズシート104は、レンズ領域を第1の面S1にのみ有する点と、レンズ領域の幅において、図1と異なっている。図5(B)に示す、レンズシート104のレンズ領域の幅L3は、該レンズ領域の下部の受光部と、該受光部を挟む2つのグリッド電極201の幅の和L4以上となるようにする。また、非レンズ領域の幅は、該非レンズ領域の下部の受光部の幅より小さくなるようにする。また、レンズシート104の上から光が入射するとき、レンズシート104の下部に生じる光が照射されない領域に、グリッド電極201が位置するよう、光電変換素子200およびグリッド電極201を配置する。

40

【0046】

レンズシート104のように片面にのみレンズ領域を有することで、レンズシートの加工を容易にすることができます。また上述のレンズシート104、光電変換素子200および

50

グリッド電極 201 の配置でも、レンズシート 104 に入射した光をもれなく光電変換素子 200 に照射することができる。そのため、高効率な光電変換モジュール 202 とすることができる。レンズ領域を有する面とレンズ領域の幅の他は図 1 についての記載を参照できる。

#### 【0047】

本発明の一態様である、図 6 (A) の斜視図および図 6 (B) の断面図に示すレンズシート 105 は、レンズ領域を第 2 の面 S2 にのみ有する点において、図 5 と異なっている。レンズ領域を有する面の他は図 5 についての記載を参照できる。

#### 【0048】

本発明の一態様である、図 7 (A) に断面図を示す光電変換モジュールは、レンズシート 100、光電変換素子 200 およびグリッド電極 201 の配置について図 1 と異なっている。

10

#### 【0049】

図 7 において、矢印は光が入射する方向を示す。図 3 乃至図 6 において光はレンズシートに略 0° で入射していた。しかし図 7 のように、レンズシート 100 に斜めに光が入射した場合、レンズシート 100 の下部に生じた光が当たらない領域が移動し、光がグリッド電極 201 に照射される可能性がある。

#### 【0050】

そこで、図 7 (A) に示す光電変換モジュール 202 では、入射する光の入射角に応じて、レンズシート 100 または光電変換素子 200 およびグリッド電極 201 の少なくとも一方を移動させる。移動させることで、レンズシート 100 下部に生じる光が当たらない領域とグリッド電極 201 の位置関係を制御することができる。そのため、レンズシート 100 から出射する光を、グリッド電極 201 を避けて光電変換素子 200 に効率よく照射することができる。そのため、光が斜めから入射する場合でも、高効率な光電変換モジュール 202 とすることができます。

20

#### 【0051】

なお、レンズシート 100 と光電変換素子 200 およびグリッド電極 201 間の距離、移動量等は適宜設計することができる。

#### 【0052】

また、図 7 (B) に示すように、レンズシートを 2 層構造とし、レンズシート 103a およびレンズシート 103b を有するレンズシート 103 としてもよい。2 層構造として、第 1 のレンズ領域を有するレンズシート 103a と、第 2 のレンズ領域を有するレンズシート 103b を異なる距離を移動させることができる。

30

#### 【0053】

レンズシート 103a、レンズシート 103b ならびに光電変換素子 200 およびグリッド電極 201 の少なくとも 1 つを移動することで、レンズシート 103 下部に生じる光が当たらない領域とグリッド電極 201 の位置関係を制御することができる。そのため、レンズシート 103 から出射する光を、グリッド電極 201 を避けて光電変換素子 200 に効率よく照射することができる。

#### 【0054】

40

さらに、レンズシート 103 を 2 層構造とし、レンズシート 103a およびレンズシート 103b を異なる距離移動させることで、より均等に光電変換素子 200 に光を照射することができる。光電変換素子 200 に均等に光を照射することで、光電変換効率を向上させることができる。そのためより高効率な光電変換モジュール 202 とすることができます。

#### 【0055】

なお、レンズシート 103a およびレンズシート 103b の間には、レンズシートと同程度の屈折率を有する潤滑剤を充填させることが好ましい。これにより、レンズシート 103a とレンズシート 103b の界面における反射を低減することができる。

#### 【0056】

50

なお、図3乃至図7では、第1のレンズ領域または第2のレンズ領域の焦点の手前に光電変換素子200を配置したが、本発明の一態様はこれに限られない。第1のレンズ領域および第2のレンズ領域の少なくとも一方の焦点より遠くに光電変換素子200を配置し、一度集光してから拡散した光が光電変換素子200に照射するように配置してもよい。

【0057】

また、実施の形態1および実施の形態2に示した特徴を組み合わせて有するレンズシートとしてもよい。

【0058】

(実施の形態3)

本実施の形態では、実施の形態1および実施の形態2に適用することのできる光電変換素子およびグリッド電極の構造の例について、図8を参照して説明する。

10

【0059】

図8(A)に、本発明の一態様に適用することのできる、光電変換素子360およびグリッド電極201を示す。グリッド電極201は光電変換素子360上に設けられ、光電変換素子360は、グリッド電極側から順に第1の半導体層351、第2の半導体層352、導電層353を有する。また、第1の半導体層の上に反射防止膜350を有していてよい。

【0060】

グリッド電極201および導電層353の材料には、金属を用いることができる。グリッド電極201には、電気伝導性が高く半導体層に拡散しにくい、銀を用いることが好ましい。また導電層353にはニッケル、ステンレス、チタン、タンタル、タングステン、モリブデンなどを使用でき、これらの金属で上下を挟み込む様にすればアルミニウムを用いることもできる。

20

【0061】

半導体層には、単結晶半導体、多結晶半導体、微結晶半導体および非晶質半導体を用いることができる。また低抵抗の半導体を用いてもよい。図8(A)では図の上方向から光を照射するため、第1の半導体層351をp型、第2の半導体層352をn型とすることが好ましい。

【0062】

図8(B)に、光電変換素子361およびグリッド電極201を示す。光電変換素子361は、グリッド電極側から順に第1の半導体層351、第2の半導体層352、第3の半導体層354、導電層353を有する。光電変換素子の半導体層については、第1の半導体層をp型、第2の半導体層および第3の半導体層をn型としてもよい。また、第1の半導体層をp型、第2の半導体層をi型、第3の半導体層をn型としてもよい。また、半導体層以外の部分は、図8(A)についての記載を参照できる。

30

【0063】

また、本発明の一態様に、複数のp i n結合を持つ多接合光電変換素子を適用してもよい。たとえば、図8(C)に示すような、グリッド電極201を両面に有し、その間に光電変換素子362を有する構成としてもよい。光電変換素子362は、透光性を有する導電層355a、355b、p型またはn型の半導体層356a、356b、i型の半導体層357a、357b、n型またはp型の半導体層358を有する。

40

【0064】

透光性を有する導電層355a、355bには、酸化インジウム-酸化錫(ITO)、酸化亜鉛(ZnO)または酸化錫(SnO<sub>2</sub>)などを用いることができる。

【0065】

光電変換素子362は両面で光電変換が可能なため、光電変換モジュールの上下にレンズアレイを配置してもよい。

【0066】

なお、図8(A)乃至(C)に記載の光電変換素子360、361、362における半導体層351、352、354、356a、356b、357a、357b、358について

50

て、少なくとも1つに凹凸構造を設けてよい。凹凸構造により光閉じ込め効果を付与することができ、光電変換効率を向上させることができる。

【0067】

また、本発明の一態様は、微結晶シリコンおよび非晶質シリコン等の薄膜シリコンを用いた光電変換モジュールに適用してもよい。

【0068】

(実施の形態4)

本実施の形態では、本発明の一態様に係るレンズシートおよび光電変換モジュールを用いた太陽光発電システムについて、図9を参照して説明する。

【0069】

図9は照明装置を備えた電柱であり、光電変換モジュール400、光電変換モジュール設置機構401、送電線402、照明装置403、電柱404を含む。光電変換モジュール400で発電した電力で照明装置403を点灯させることができる。光電変換モジュール400には本発明の一態様を適用するため、入射光を効率的に光電変換でき、高い発電量が得られる。

【0070】

また、光電変換モジュール設置機構401を可動型とすることにより、追尾型の太陽光発電システムとしてもよい。また、さらに集光用レンズを有する光電変換モジュール400とすることにより、集光追尾型太陽発電システムとしてもよい。追尾型または集光型とすることで、太陽から照射される光をより効率よく光電変換モジュール400に照射することができる。また、追尾型とすることで、太陽から光電変換モジュール400に照射される光の入射角を小さくすることができる。光電変換モジュール設置機構401により光の入射角を小さくできる場合、本発明の一態様に係るレンズシートおよび光電変換モジュールの設計の自由度が向上するため好ましい。

【実施例1】

【0071】

本実施例では、垂直にレンズシートに光が入射する場合の、本発明の一態様に係るレンズシートと光電変換モジュールの配置の計算結果について、図10および図11を参照して説明する。

【0072】

まず、本発明の一態様であるレンズシート102と、光電変換素子200およびグリッド電極201の配置について、以下の条件で計算を行った。レンズシート102は第1の面および第2の面にシリンドリカルレンズであるレンズ領域を有し、第1の面のレンズ領域の曲率半径と第2の面のレンズ領域の曲率半径が異なっている。図10にその結果を示す。なお、以下の実施例の計算にはすべてSynopsys, Inc.の照明設計解析ソフトウェア「Light tools」を用いた。

<図10の計算条件>

第1のレンズ領域の幅D1:2mm

第2のレンズ領域の幅D2:2.01mm

第1のレンズ領域と第2のレンズ領域の重畠幅:0.01mm

レンズシートの厚さt0:2mm

第1のレンズ領域の曲率半径R1:7.3mm

第2のレンズ領域の曲率半径R2:2mm

レンズシートの屈折率n:1.5

第2のレンズ領域から光電変換素子200までの距離:0.5mm

グリッド電極の幅:0.2mm

グリッド電極の高さ:0.1mm

【0073】

計算の結果、スポットおよびレンズシート102に入射した光が光電変換素子200に照射したときの光の幅は以下のようになった。

10

20

30

40

50

<図10の計算結果>

スポット : 1.82mm

第1のレンズ領域に入射した光が光電変換素子に照射したときの光の幅 : 1.75mm

第1の非レンズ領域に入射した光が光電変換素子に照射したときの光の幅 : 1.75mm

【0074】

上記の結果および図10から、レンズシート102に入射した光がグリッド電極201にあたることなく光電変換素子200に照射されることが示された。

【0075】

次に、上記の条件から、第1のレンズ領域と第2のレンズ領域の重畠幅を変えて計算を行った。図11(A)にその結果を示す。

10

<図11(A)の計算条件>

第1のレンズ領域の幅D1 : 2.1mm

第2のレンズ領域の幅D2 : 2.1mm

第1のレンズ領域と第2のレンズ領域の重畠幅 : 0.1mm

レンズシートの厚さt0 : 2mm

第1のレンズ領域の曲率半径R1 : 6mm

第2のレンズ領域の曲率半径R2 : 2mm

レンズシートの屈折率n : 1.5

第2のレンズ領域から光電変換素子200までの距離 : 0.5mm

グリッド電極の幅 : 0.2mm

20

グリッド電極の高さ : 0.1mm

【0076】

計算の結果、スポットおよびレンズシート102に入射した光が光電変換素子200に照射したときの光の幅は以下のようになった。

<図11(A)の計算結果>

スポット : 1.87mm

第1のレンズ領域に入射した光が光電変換素子に照射したときの光の幅 : 1.78mm

第1の非レンズ領域に入射した光が光電変換素子に照射したときの光の幅 : 1.66mm

【0077】

上記の結果および図11(A)から、レンズシート102に入射した光がグリッド電極201にあたることなく光電変換素子200に照射されることが示された。

30

【0078】

次に、上記の条件から、第1のレンズ領域と第2のレンズ領域の重畠幅を変えて計算を行った。図11(B)にその結果を示す。

<図11(B)の計算条件>

第1のレンズ領域の幅D1 : 2.2mm

第2のレンズ領域の幅D2 : 2.2mm

第1のレンズ領域と第2のレンズ領域の重畠幅 : 0.2mm

レンズシートの厚さt0 : 2mm

第1のレンズ領域の曲率半径R1 : 3mm

40

第2のレンズ領域の曲率半径R2 : 1.8mm

レンズシートの屈折率n : 1.5

第2のレンズ領域から光電変換素子200までの距離 : 0.5mm

グリッド電極の幅 : 0.2mm

グリッド電極の高さ : 0.1mm

【0079】

計算の結果、スポットおよびレンズシート102に入射した光が光電変換素子200に照射したときの光の幅は以下のようになった。

<図11(B)の計算結果>

スポット : 1.71mm

50

第1のレンズ領域に入射した光が光電変換素子に照射したときの光の幅：1.53mm  
 第1の非レンズ領域に入射した光が光電変換素子に照射したときの光の幅：1.55mm  
 【0080】

上記の結果および図11(B)から、レンズシート102に入射した光がグリッド電極201にあたることなく光電変換素子200に照射されることが示された。

【実施例2】

【0081】

本実施例では、レンズアレイに対して斜めから光が入射した場合の、本発明の一態様に係るレンズシートと光電変換モジュールの配置の計算結果について、図12および図13を参照して説明する。

10

【0082】

まず、本発明の一態様である、第1の面および第2の面にシリンドリカルレンズであるレンズ領域を有するレンズシート102と、光電変換素子200およびグリッド電極201の配置について、以下の条件で計算を行った。図12(A)にその結果を示す。なお、本実施例において、光電変換素子200およびグリッド電極201の移動距離は図の右方向への移動距離とする。(光電変換素子200およびグリッド電極201の図の右方向への移動距離は、レンズシート102の図の左方向への移動距離としてもよい。)

<図12(A)の計算条件>

第1のレンズ領域の幅D1：2.3mm

第2のレンズ領域の幅D2：1.9mm

20

第1のレンズ領域と第2のレンズ領域の重畠幅：0.1mm

レンズシートの厚さt0：2mm

第1のレンズ領域の曲率半径R1：4mm

第2のレンズ領域の曲率半径R2：3mm

レンズシートの屈折率n：1.5

第2のレンズ領域から光電変換素子200までの距離：1mm

グリッド電極の幅：0.2mm

グリッド電極の高さ：0.1mm

入射角：10°

光電変換素子200およびグリッド電極201の移動距離：0.45mm

30

【0083】

図12(A)から、レンズシート102に入射した光がグリッド電極201にあたることなく光電変換素子200に照射されることが示された。

【0084】

次に、上記の条件から、以下のように入射角と光電変換素子200およびグリッド電極201の移動距離を変えて計算を行った。図12(B)にその結果を示す。

<図12(B)の計算条件>

入射角：20°

光電変換素子200およびグリッド電極201の移動距離：0.8mm

【0085】

40

図12(B)から、レンズシート102に入射した光がグリッド電極201にあたることなく光電変換素子200に照射されることが示された。

【0086】

次に、上記の条件から、以下のように入射角と光電変換素子200およびグリッド電極201の移動距離を変えて計算を行った。図13(A)にその結果を示す。

<図13(A)の計算条件>

入射角：23.4°

光電変換素子200およびグリッド電極201の移動距離：0.95mm

【0087】

図13(A)から、レンズシート102に入射した光がグリッド電極201にあたること

50

なく光電変換素子 200 に照射されることが示された。

【0088】

図 12 (A)、図 12 (B) および図 13 (A) に示す計算結果から、レンズシート 102 に入射した光の入射角に応じて、光電変換素子 200 およびグリッド電極 201 またはレンズシート 102 を適宜移動させることで、グリッド電極 201 を回避し光電変換素子 200 に効率よく光を照射できることが示された。

【0089】

次に、本発明の一態様である、レンズシート 103a およびレンズシート 103b を有する 2 層構造のレンズシート 103 と、光電変換素子 200 およびグリッド電極 201 の配置について、以下の条件で計算を行った。図 13 (B) にその結果を示す。

10

<図 13 (B) の計算条件>

入射角 : 23.4°

レンズシート 103b の移動距離 : 0.5 mm

光電変換素子 200 およびグリッド電極 201 の移動距離 : 0.95 mm

【0090】

図 13 (B) に示す計算結果から、レンズシート 103 に入射する光の入射角に応じて、レンズシート 103b、光電変換素子 200 およびグリッド電極 201 を適宜移動させることで、グリッド電極 201 を回避し光電変換素子 200 に効率よく光を照射できることが示された。また、光電変換素子 200 により均等に光を照射できることが示された。

20

【比較例 1】

【0091】

本比較例では、両面にレンズ領域を連続して有し両面のレンズアレイのピッチのずれが半周期であるレンズシートと、光電変換モジュールの配置の計算結果について、図 14 を参照して説明する。なお、レンズシートに垂直に光が入射した場合とする。

【0092】

両面にレンズ領域を連続して有し両面のレンズアレイのピッチのずれが半周期であるレンズシート 302 と光電変換素子 200 およびグリッド電極 201 の配置について、以下の条件で計算を行った。図 14 にその結果を示す。連続してレンズ領域を有するレンズシート 302 では、加工精度に限界があるため、実際にはレンズ領域同士の境界を厳密に理想的な形状することはできない。そのためレンズ領域同士の境界部分は、レンズとして十分に機能しない丸みを帯びた領域、または平坦な領域となってしまう。そのためレンズシート 302 のレンズ領域同士の境界部分には、加工限界による 0.1 mm 幅の平面が生じていることとした。

30

<図 14 の計算条件>

第 1 のレンズ領域の幅  $D_1$  : 1.9 mm

第 2 のレンズ領域の幅  $D_2$  : 1.9 mm

レンズ領域同士の境界の平面 : 0.1 mm

レンズ領域を除くレンズシートの厚さ  $t_0$  : 2 mm

第 1 のレンズ領域の曲率半径  $R_1$  : 3 mm

第 2 のレンズ領域の曲率半径  $R_2$  : 3 mm

40

レンズシートの屈折率  $n$  : 1.5

第 2 のレンズ領域から光電変換素子 200 までの距離 : 1 mm

グリッド電極の幅 : 0.2 mm

グリッド電極の高さ : 0.1 mm

【0093】

図 14 のように、境界部分に入射した光は十分に屈折せずに直進する。またこの光は第 2 の面のレンズ領域に対して垂直であるため、第 2 の面のレンズ領域においても屈折せずに直進し、グリッド電極 201 に照射されてしまうことが示された。

【0094】

以上の実施例 1 および実施例 2 並びに比較例 1 より、本発明の一態様であるレンズシート

50

を用いることで、レンズシートに入射した光は、グリッド電極 201 にあたることなく光電変換素子 200 に照射されることが示された。

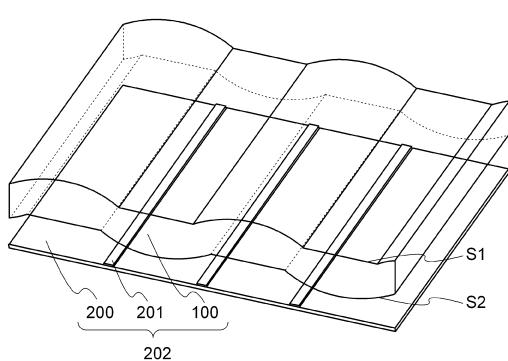
【符号の説明】

【0095】

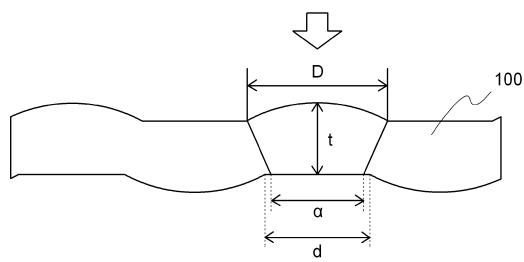
100	レンズシート	
101	レンズシート	
102	レンズシート	
103	レンズシート	
103 a	レンズシート	10
103 b	レンズシート	
104	レンズシート	
105	レンズシート	
200	光電変換素子	
201	グリッド電極	
202	光電変換モジュール	
203	光電変換素子	
204	グリッド電極	
300	レンズシート	
301	レンズシート	
302	レンズシート	20
350	反射防止膜	
351	半導体層	
352	半導体層	
353	導電層	
354	半導体層	
355 a	導電層	
355 b	導電層	
356 a	半導体層	
356 b	半導体層	
357 a	半導体層	30
357 b	半導体層	
358	半導体層	
360	光電変換素子	
361	光電変換素子	
362	光電変換素子	
400	光電変換モジュール	
401	光電変換モジュール設置機構	
402	送電線	
403	照明装置	
404	電柱	40

【図1】

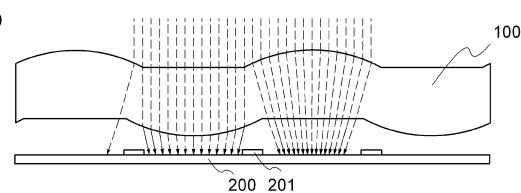
(A)



【図2】

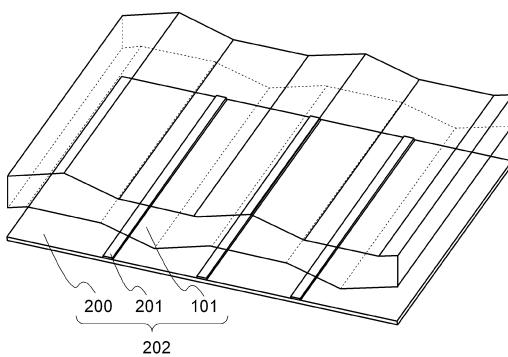


(B)



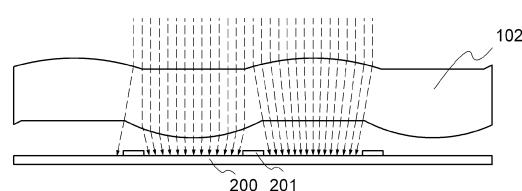
【図3】

(A)

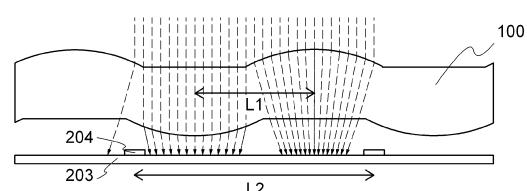


【図4】

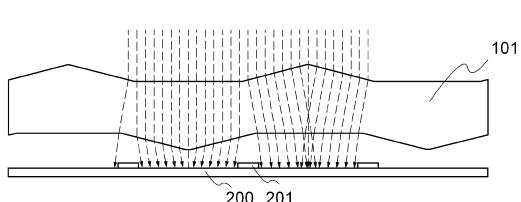
(A)



(B)

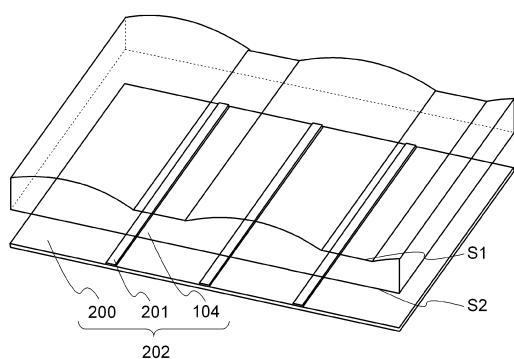


(B)



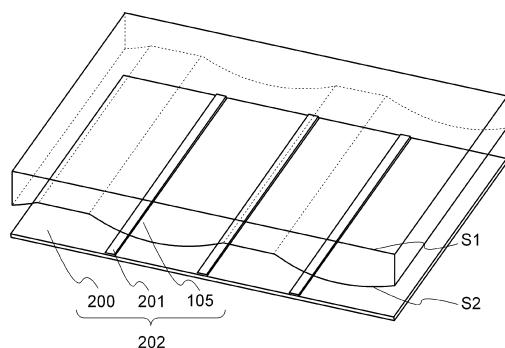
【図5】

(A)

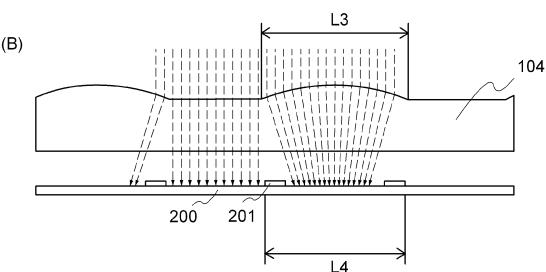


【図6】

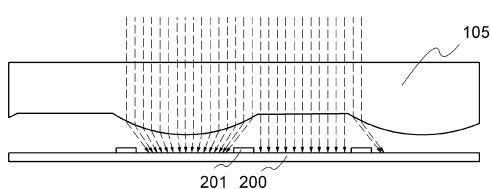
(A)



(B)

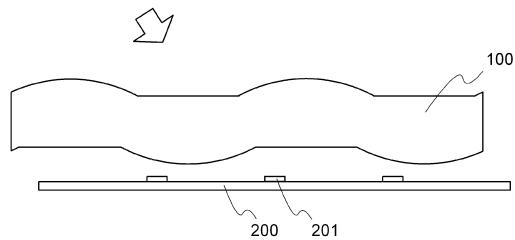


(B)

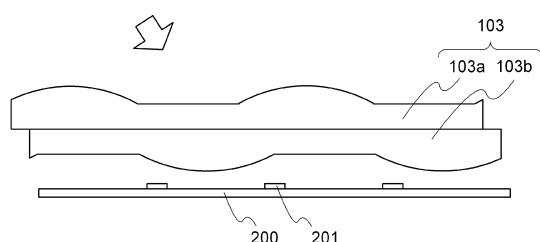


【図7】

(A)

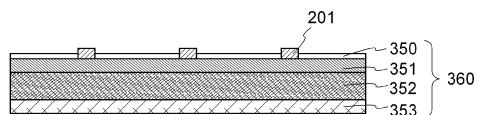


(B)

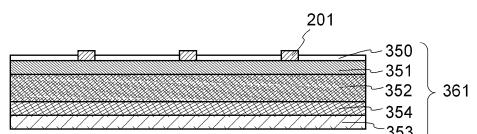


【図8】

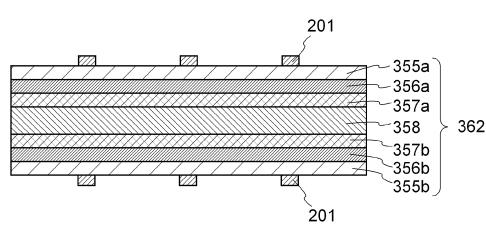
(A)



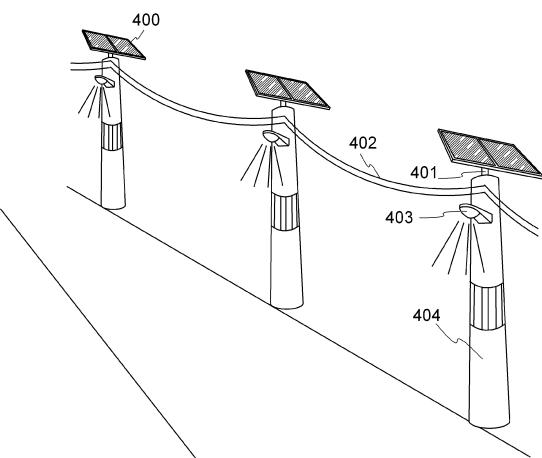
(B)



(C)

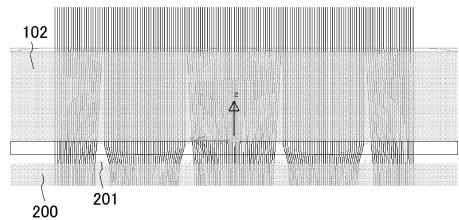


【図9】



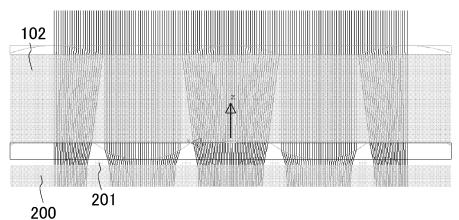
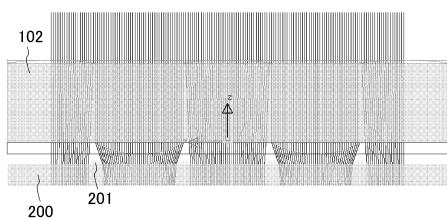
【図11】

(A)



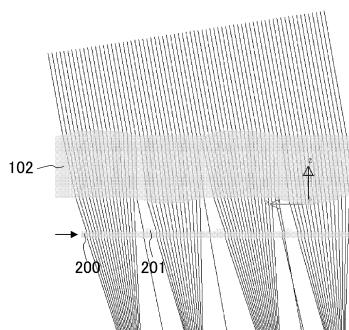
(B)

【図10】

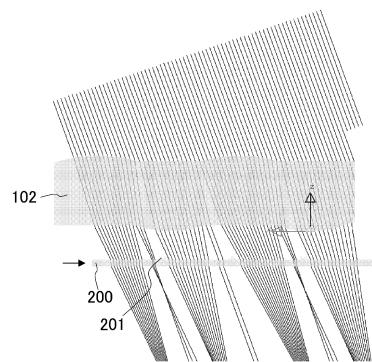


【図12】

(A)

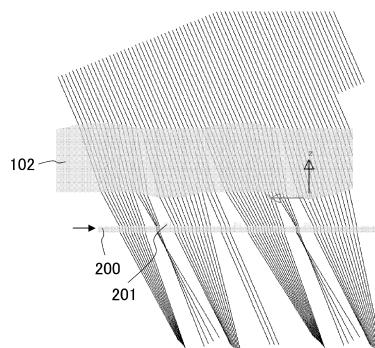


(B)

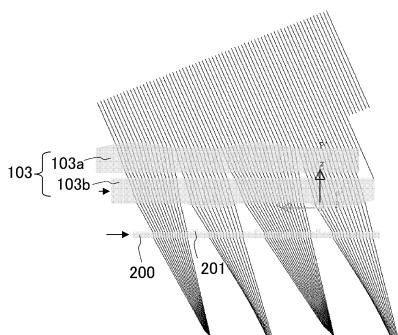


【図13】

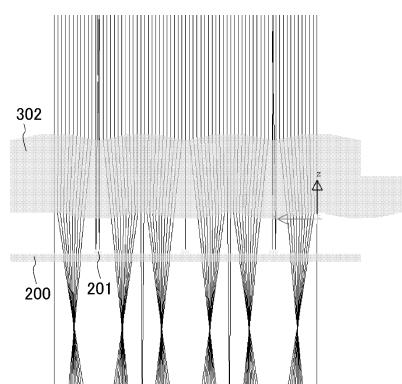
(A)



(B)

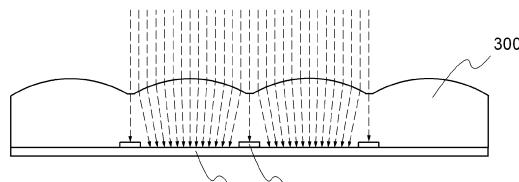


【図14】

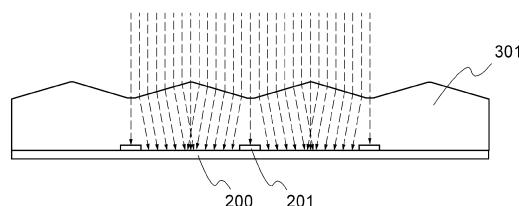


【図15】

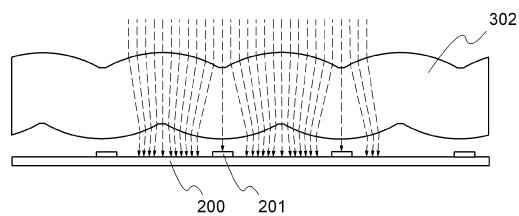
(A)



(B)



(C)



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2007-047569(JP,A)  
特表2003-510648(JP,A)  
特開2006-202907(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 2 B	3 / 0 0	-	3 / 1 4
G 0 2 B	5 / 0 0	-	5 / 1 3 6
H 0 1 L	3 1 / 0 4	-	3 1 / 0 6
H 0 2 S	1 0 / 0 0	-	9 9 / 0 0