

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6045718号  
(P6045718)

(45) 発行日 平成28年12月14日 (2016. 12. 14)

(24) 登録日 平成28年11月25日 (2016. 11. 25)

(51) Int. Cl. F I  
H O 1 L 31/054 (2014. 01) H O 1 L 31/04 6 2 0

請求項の数 8 (全 20 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2015-552262 (P2015-552262)                  (86) (22) 出願日 平成25年12月12日 (2013. 12. 12)                  (86) 国際出願番号 PCT/JP2013/083394                  (87) 国際公開番号 W02015/087434                  (87) 国際公開日 平成27年6月18日 (2015. 6. 18)                  審査請求日 平成27年11月30日 (2015. 11. 30)</p>	<p>(73) 特許権者 000006013                  三菱電機株式会社                  東京都千代田区丸の内二丁目7番3号                  (74) 代理人 100089118                  弁理士 酒井 宏明                  (72) 発明者 西本 陽一郎                  東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三                  菱電機株式会社内                    審査官 井上 徹</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 太陽電池パネルおよびその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

太陽電池の受光面側に積層透光性基体が配置されて前記積層透光性基体側が光入射側とされ、

前記積層透光性基体は、大気屈折率よりも高く異なる屈折率を有する複数の透光性基体が前記光入射側から前記太陽電池側に向かって屈折率が高くなるように積層された積層構造体であり、前記光入射側および前記太陽電池側の面が前記太陽電池の受光面と平行な面であり、

前記透光性基体同士の合わせ面が、前記積層透光性基体の面方向における第1の方向に沿って設けられるとともに前記積層透光性基体の面方向において前記第1の方向に垂直な第2の方向に延在して前記透光性基体における前記光入射側の表面に対して同一方向に傾斜する複数の傾斜面を有し、

前記第1の方向において隣り合う前記傾斜面同士を接続する接続面と、前記傾斜面とのなす角度が、直角または鈍角であり、

前記透光性基体同士の合わせ面が、凹凸形状を有すること、  
 を特徴とする太陽電池パネル。

【請求項 2】

前記傾斜面は、前記第1の方向における特定の方向に向かうにつれて前記太陽電池側に向かって傾斜し、

前記特定の方向を認識するための方向認識用マーカを前記積層透光性基体の表面に有

すること、

を特徴とする請求項 1 に記載の太陽電池パネル。

【請求項 3】

前記太陽電池パネルを設置するための設置用フレームを備え、

前記傾斜面は、前記第 1 の方向における特定の方向に向かうにつれて前記太陽電池側に向かって傾斜し、

前記特定の方向を認識するための認識用マーカを前記設置用フレームの表面に有すること、

を特徴とする請求項 1 に記載の太陽電池パネル。

【請求項 4】

前記太陽電池と前記積層構造体とが封止材を介して接着され、

前記封止材は、前記積層構造体のうち最も前記太陽電池に近い前記透光性基体よりも高い屈折率を有すること、

を特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 つに記載の太陽電池パネル。

【請求項 5】

太陽電池を形成する第 1 工程と、

積層透光性基体を形成する第 2 工程と、

前記太陽電池の受光面側に封止材を介して前記積層透光性基体を接着する第 3 工程と、  
を含み、

前記第 2 工程では、大気の屈折率よりも高く異なる屈折率を有する複数の透光性基体を、屈折率が順に高くなるように積層して貼り合わせて、表裏面が平行な前記積層透光性基体を形成し、

前記第 3 工程では、前記積層透光性基体において屈折率の高い側の面を前記太陽電池の受光面に対向させて配置し、前記積層透光性基体の表裏面を前記太陽電池の受光面が平行になるように前記積層透光性基体と前記太陽電池を接着し、

前記透光性基体同士の合わせ面が、前記積層透光性基体の面方向における第 1 の方向に沿って設けられるとともに前記積層透光性基体の面方向において前記第 1 の方向に垂直な第 2 の方向に延在して前記透光性基体における光入射側の表面に対して同一方向に傾斜する複数の傾斜面を有し、

前記第 1 の方向において隣り合う前記傾斜面同士を接続する接続面と、前記傾斜面とのなす角度が、直角または鈍角であり、

前記透光性基体同士の合わせ面には、凹凸形状が形成されていること、

を特徴とする太陽電池パネルの製造方法。

【請求項 6】

前記傾斜面は、前記第 1 の方向における特定の方向に向かうにつれて前記太陽電池側に向かって傾斜し、

前記特定の方向を認識するための方向認識用マーカを前記積層透光性基体の表面に形成すること、

を特徴とする請求項 5 に記載の太陽電池パネルの製造方法。

【請求項 7】

前記太陽電池パネルを設置するための設置用フレームを前記太陽電池パネルに取り付ける第 4 工程を有し、

前記傾斜面は、前記第 1 の方向における特定の方向に向かうにつれて前記太陽電池側に向かって傾斜し、

前記第 4 工程では、前記設置用フレームを前記太陽電池パネルに取り付ける前または取り付けた後のいずれかのタイミングで、前記特定の方向を認識するための認識用マーカを前記設置用フレームの表面に形成すること、

を特徴とする請求項 5 に記載の太陽電池パネルの製造方法。

【請求項 8】

前記封止材は、前記積層透光性基体における最も前記太陽電池に近い前記透光性基体よ

10

20

30

40

50

りも高い屈折率を有すること、

を特徴とする請求項 5 から 7 のいずれか 1 つに記載の太陽電池パネルの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、太陽電池パネルおよびその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

日射条件は良好であり且つ気温の低さによる発電効率の向上効果という利点があるにも関わらず、北海道における住宅用太陽光発電の普及率は全国で一番低い。たとえば九州電力管内と北海道電力管内とを比べると、北海道電力管内における住宅用太陽光発電の設置率は、九州電力管内における住宅用太陽光発電の設置率の 1 / 100 である。北海道の住宅における太陽電池の普及率が低い要因として、積雪による発電量の低下の他に、設置費用が高いことが挙げられる。

10

【0003】

北海道の住宅では、屋根の下に発泡性の断熱ボードが配置されている。このため、この断熱ボードを除去しないと太陽電池パネルを設置することができない。また、積雪対策のために屋根の傾斜が急峻とされているため、太陽電池パネルを設置するためには足場を要する。

【0004】

20

無落雪スノーダクト屋根の場合にはこのような問題はないが、太陽電池パネルの重量に応じたオーダーメイドの架台が必要となる。また、太陽電池パネルが雪で埋まらないよう嵩上げする必要がある（たとえば、非特許文献 1 参照）。

【0005】

これらの問題の解決策の 1 つは、太陽電池パネルを壁面に設置することである。太陽電池パネルを壁面に設置することにより、太陽電池パネル上の積雪の心配がなくなり、現状よりも設置コストを安くすることができる。

【0006】

しかしながら、太陽電池パネルを水平方向（地面）に対して垂直に設置する場合と、水平方向（地面）に対して少しの傾きを設けて設置する場合とでは、太陽電池パネルにおける発電量に差が生じる。ここで、太陽電池パネルを水平方向（地面）に対して垂直に設置するとは、太陽電池パネル（太陽電池）の受光面が水平方向（地面）に対して垂直になるように設置することを意味する。たとえば非特許文献 2 では、札幌近郊の江別市の市役所の壁面に太陽電池パネルを水平方向（地面）に対して 90 度の角度（垂直）で設置した場合と、水平方向（地面）に対して 75 度の角度で設置した場合との年間発電量の比較を行っている。太陽電池パネルを水平方向（地面）に対して 75 度の角度で設置した場合は、水平方向（地面）に対して 90 度の角度で設置した場合よりも 16% ほど太陽電池パネルの発電量が高い。したがって、垂直設置しても発電量が低下しない太陽電池パネルが求められている。

30

【0007】

40

このような問題に対して、特許文献 1 および特許文献 2 では太陽電池パネルの反射率を抑えるという方法を用いている。また、特許文献 3 では、より垂直に近い角度でパネル内の太陽電池に光を到達させるという方法を用いている。特許文献 3 では、光電変換素子の光入射側に配置されたガラス基板の内部に他の部分とは屈折率が異なる帯状部分を設ける。これにより、太陽電池装置に入射した光は、屈折率の異なる帯状部分で屈折すると共に、帯状部分の界面で反射して、より垂直に近い角度で光電変換素子に入射する。このため、光電変換素子に入射させる光量が増大し、光電変換効率を向上させることができる。特許文献 3 では、このようなガラス基板を、ガラス基板に対してイオンビームを走査することにより作製している。

【先行技術文献】

50

## 【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2010-219518号公報

【特許文献2】特開2013-122949号公報

【特許文献3】特開平10-247738号公報

## 【非特許文献】

【0009】

【非特許文献1】「北海道住宅用太陽光発電導入ガイドブック」 経済産業省北海道経済産業局 資源エネルギー環境部エネルギー対策課編集・発行 平成24年3月

【非特許文献2】三輪修也著 「克雪型太陽光発電システムの実証試験結果」 財団法人北海道電気保安協会 札幌市講演 平成23年1月25日、31日

10

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかしながら、帯状部分の屈折率はイオンビームの走査速度に依存し、走査速度を遅くするにつれて、帯状部分の屈折率が高くなる。たとえば屈折率1.50のガラスを用いると、イオンビームの走査速度：1mm/sの場合の帯状部分の屈折率は1.51、イオンビームの走査速度：0.1mm/sの場合の帯状部分の屈折率は1.65となる。屈折率の差が大きいほど、ガラス基板-帯状部分界面で光を反射しやすくなると考えられる。このため、発電量を上げるためには、イオンビームの走査速度として0.1mm/sの走査速度を選択することが好ましい。

20

【0011】

しかし、この場合にはイオンビームの走査速度が1mm/sの場合と比べてガラス基板の量産性が劣る。また、ガラス厚5mmの太陽電池パネルを札幌(北緯43°)に垂直設置すると仮定した場合、イオンビームの走査間隔は5.3mmという短い値となり、処理時間を更に延長させることになる。仮に、このような構造を屈折率の異なる2種類のガラスを層状に積み重ねることにより得ようとしても、ガラスの重ね合わせが幾重にもなり、高い量産性は得られにくい。

【0012】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、太陽電池パネルの受光面に対して斜めに照射された太陽光を有効に太陽電池内部に取り込むことができ、発電量が高く、且つ量産性の高い太陽電池パネルおよびその製造方法を得ることを目的とする。

30

## 【課題を解決するための手段】

【0013】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明にかかる太陽電池パネルは、太陽電池の受光面側に積層透光性基体が配置されて前記積層透光性基体側が光入射側とされ、前記積層透光性基体は、大気屈折率よりも高く異なる屈折率を有する複数の透光性基体が前記光入射側から前記太陽電池側に向かって屈折率が高くなるように積層された積層構造体であり、前記光入射側および前記太陽電池側の面が前記太陽電池の受光面と平行な面であり、前記透光性基体同士の合わせ面が、前記積層透光性基体の面方向における第1の方向に沿って設けられるとともに前記積層透光性基体の面方向において前記第1の方向に垂直な第2の方向に延在して前記透光性基体における前記光入射側の表面に対して同一方向に傾斜する複数の傾斜面を有し、前記第1の方向において隣り合う前記傾斜面同士を接続する接続面と、前記傾斜面とのなす角度が、直角または鈍角であり、前記透光性基体同士の合わせ面が、凹凸形状を有すること、を特徴とする。

40

## 【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、太陽電池パネルの受光面に対して斜めに照射された太陽光を有効に太陽電池内部に取り込むことができ、発電量が高く、且つ量産性の高い太陽電池パネルが得られる、という効果を奏する。

50

## 【図面の簡単な説明】

## 【0015】

【図1】図1は、本発明の実施の形態1にかかる太陽電池パネルが水平方向（地面）に対して垂直に設置された状態を示す模式断面図である。

【図2】図2は、本発明の実施の形態1にかかる太陽電池パネルを受光面側（光入射側）から見た状態を示す平面図である。

【図3】図3は、受光面側から見た太陽電池セルの上面図である。

【図4】図4は、受光面と反対側から見た太陽電池セルの下面図である。

【図5】図5は、図3のA-A方向における太陽電池セルの要部断面図である。

【図6】図6は、一般的な太陽電池パネルが水平方向（地面）に対して垂直に設置された状態を示す模式断面図である。

10

【図7】図7は、本発明の実施の形態2にかかる太陽電池パネルが水平方向（地面）に対して垂直に設置された状態を示す模式断面図である。

【図8】図8は、角度が異なる実施の形態にかかる他の太陽電池パネルが水平方向（地面）に対して垂直に設置された状態を示す模式断面図である。

【図9】図9は、本発明の実施の形態3にかかる太陽電池パネルが水平方向（地面）に対して垂直に設置された状態を示す模式断面図である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0016】

以下に、本発明にかかる太陽電池パネルおよびその製造方法の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、本発明は以下の記述に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において適宜変更可能である。また、以下に示す図面においては、理解の容易のため、各部材の縮尺が実際とは異なる場合がある。各図面間においても同様である。

20

## 【0017】

実施の形態1

図1は、本発明の実施の形態1にかかる太陽電池パネル10が水平方向（地面）に対して垂直に設置された状態を示す模式断面図である。ここで、太陽電池パネル10を水平方向（地面）に対して垂直に設置するとは、太陽電池パネル10において太陽光を受光する太陽電池パネル10の受光面（太陽電池セル16の受光面）が水平方向（地面）に対して垂直になるように設置することを意味する。図2は、本発明の実施の形態1にかかる太陽電池パネル10を受光面側（光入射側）から見た状態を示す平面図である。

30

## 【0018】

太陽電池パネル10においては、平板状の積層透光性基体11が、封止材15を介して太陽電池セル16の受光面側に取り付けられている。太陽電池パネル10は、面方向における外形形状、すなわち受光面側から見た形状が四角形状とされている。本実施の形態では、太陽電池パネル10の面方向における外形形状を正形状としており、なお、この外形形状は、積層透光性基体11の外形形状に対応する。また、太陽電池パネル10の面方向における外形形状は四角形状に限定されず、所望の形状とされればよい。

## 【0019】

40

積層透光性基体11は、透光性を有する材料からなり、太陽電池パネル10の受光面側に配置されて太陽電池パネル10の受光面側を保護する機能を有する。積層透光性基体11は、面方向における外形形状、すなわち受光面側から見た形状が四角形状とされている。積層透光性基体11の材料としては、たとえばガラスまたは透光性プラスチックが用いられる。なお、積層透光性基体11を構成する材料は、ラミネート工程（加熱工程）で相変化しないものが用いられる。本明細書では、ラミネート工程（加熱工程）で相変化するものを封止材、相変化しないものを透光性基体とする。

## 【0020】

積層透光性基体11は、大気側から太陽電池セル16側に進むにつれて屈折率が順に高くなるように、2枚の平板状の透光性基体部が積層して配置された複層構造体とされてい

50

る。すなわち、積層透光性基体 1 1 は、太陽電池パネル 1 0 の受光面側から、相対的に屈折率が低い第 1 透光性基体 1 2 と相対的に屈折率が高い第 2 透光性基体 1 3 とが積層されている。ここで、第 1 透光性基体 1 2 の屈折率は、大気の屈折率 (= 1 ) よりも大きく、第 2 透光性基体 1 3 の屈折率よりも小さい。第 2 透光性基体 1 3 の屈折率は、第 1 透光性基体 1 2 の屈折率よりも大きい。第 1 透光性基体 1 2 は、たとえば屈折率が 1 . 5 のガラス基板である。第 2 透光性基体 1 3 は、たとえば屈折率が 1 . 8 のガラス基板である。

#### 【 0 0 2 1 】

第 1 透光性基体 1 2 および第 2 透光性基体 1 3 は、面方向において同形状および同寸法で形成されている。第 1 透光性基体 1 2 と第 2 透光性基体 1 3 との合わせ面 1 4 には透光性を有する接着剤が塗布され、該接着剤により第 1 透光性基体 1 2 と第 2 透光性基体 1 3 とが接着されている。第 1 透光性基体 1 2 と第 2 透光性基体 1 3 との合わせ面 1 4 は、太陽電池パネル 1 0 の受光面 ( 第 1 透光性基体 1 2 の光入射側の面 ) と平行な面とされている。

10

#### 【 0 0 2 2 】

なお、この接着剤は光学的に無視できる程度の厚みで設けられ、図 1 においては図示を省略している。そして、積層透光性基体 1 1 の表裏面および合わせ面 1 4 は、太陽電池セル 1 6 の受光面の面内方向と平行な面とされている。すなわち第 1 透光性基体 1 2 と第 2 透光性基体 1 3 との表裏面は、太陽電池セル 1 6 の受光面の面内方向と平行な面とされている。

#### 【 0 0 2 3 】

なお、図 1 では積層透光性基体 1 1 が 2 層の透光性基体からなることを想定し、以下においても積層透光性基体 1 1 が 2 層の透光性基体からなる場合について説明するが、積層透光性基体 1 1 は 3 層以上の複層構造体であっても問題ない。また、積層透光性基体 1 1 の材質は、ガラスに限定されることはなく、たとえばポリカーボネイト、その他のプラスチックなどでも構わない。

20

#### 【 0 0 2 4 】

また、積層透光性基体 1 1 は、後述するように太陽電池パネル 1 0 へ入射した入射光を屈折させて、太陽電池セル 1 6 への光の入射角度をより垂直に近づける入射光角度調整機能を有する。この機能については後述する。

#### 【 0 0 2 5 】

封止材 1 5 は、透光性を有する材料からなり、積層透光性基体 1 1 と太陽電池セル 1 6 との間に配置される。封止材 1 5 は、太陽電池セル 1 6 の受光面側の全面を覆って配置され、太陽電池セル 1 6 を封止する。積層透光性基体 1 1 と太陽電池セル 1 6 とは、封止材 1 5 により接着されている。封止材 1 5 の材料としては、たとえば E V A、シリコン、ウレタンなどの透光性を有する樹脂が用いられる。

30

#### 【 0 0 2 6 】

つぎに、太陽電池セル 1 6 の構成について説明する。図 3 ~ 図 5 は、太陽電池セル 1 6 の一例の概略構成を示す図である。図 3 は受光面側から見た太陽電池セル 1 6 の上面図、図 4 は受光面と反対側から見た太陽電池セル 1 6 の下面図、図 5 は図 3 の A - A 方向における太陽電池セル 1 6 の要部断面図である。

40

#### 【 0 0 2 7 】

太陽電池セル 1 6 は、図 3 ~ 図 5 に示されるように、光電変換機能を有する太陽電池基板であって p n 接合を有する半導体基板 2 1 を備える。半導体基板 2 1 は、第 1 の導電型の p 型多結晶シリコン基板 2 2 と、該 p 型多結晶シリコン基板 2 2 の表面の導電型が反転した第 2 の導電型の n 型不純物拡散層 2 3 を有し、これらにより p n 接合が構成される。

#### 【 0 0 2 8 】

また、半導体基板 2 1 ( n 型不純物拡散層 2 3 ) の受光面側の表面には、テクスチャー構造としてピラミッド状の微小凹凸 ( テクスチャー ) 2 2 a からなるテクスチャー構造が形成されている。ピラミッド状の微小凹凸 ( テクスチャー ) 2 2 a は、受光面において外部からの光を吸収する面積を増加し、受光面における反射率を抑え、効率良く光を太陽電

50

池セル 16 に閉じ込める構造となっている。

【0029】

半導体基板 21 の受光面側の面（表面）には、受光面での入射光の反射を防止する反射防止膜 24 と、半導体基板 21 の受光面側の面（表面）において反射防止膜 24 に囲まれて形成された第 1 電極である受光面側電極 25 とを備える。受光面側電極 25 としては、表銀グリッド電極 27 および表銀バス電極 28 を含む。表銀グリッド電極 27 は、半導体基板 21 で発電された電気を集電するために受光面に局所的に設けられている。表銀バス電極 28 は、表銀グリッド電極 27 で集電された電気を取り出すために表銀グリッド電極 27 にほぼ直交して設けられている。

【0030】

一方、半導体基板 21 の裏面（受光面と反対側の面）には、外縁領域の一部を除いた全体にわたってアルミニウム材料からなる裏アルミニウム電極 29 が設けられ、また表銀バス電極 28 と略同一方向に延在して銀材料からなる裏銀電極 30 が設けられている。そして、裏アルミニウム電極 29 と裏銀電極 30 とにより第 2 電極である裏面側電極 26 が構成される。

【0031】

また、半導体基板 21 の裏面（受光面と反対側の面）側の表層部には、高濃度不純物を含んだ p+層（BSF（Back Surface Field））31 が形成されている。p+層（BSF）31 は、BSF 効果を得るために設けられ、p 型層（p 型多結晶シリコン基板 22）中の電子が消滅しないようにバンド構造の電界で p 型層（p 型多結晶シリコン基板 22）中の電子濃度を高めるようにする。

【0032】

つぎに、上記のように構成された実施の形態 1 にかかる太陽電池パネル 10 の製造方法の一例について説明する。まず、公知の方法により太陽電池セル 16 が作製される。

【0033】

つぎに、相対的に屈折率が低い平板状の第 1 透光性基体 12 と、相対的に屈折率が高い平板状の第 2 透光性基体 13 とにおいて、合わせ面 14 となるそれぞれの面に接着剤が塗布される。そして、第 1 透光性基体 12 と第 2 透光性基体 13 とのそれぞれの合わせ面 14 とを貼り合わせて接着する。これにより、積層透光性基体 11 として、表裏面が平行な平板状の積層透光性基体が形成される。なお、接着剤は、第 1 透光性基体 12 と第 2 透光性基体 13 との合わせ面 14 のうち一方に塗布されてもよい。なお、3 枚以上の透光性基体により積層透光性基体 11 が形成される場合には、屈折率が順に高くなるように各透光性基体を積層して貼り合わせる。

【0034】

つぎに、積層透光性基体 11 における相対的に屈折率が高い第 2 透光性基体 13 上に、封止材 15 と太陽電池セル 16 とをこの順で、積層透光性基体 11 の表裏面が太陽電池セル 16 の受光面と平行になるように配置する。太陽電池セル 16 は、受光面を封止材 15 に対向させて配置される。すなわち、積層透光性基体 11 は、屈折率の高い側の面が太陽電池セル 16 の受光面に対向した状態で配置される。

【0035】

そして、これらを例えば真空中で加熱プレスして、いわゆるラミネート加工を実施する。これにより、積層透光性基体 11 と太陽電池セル 16 とが封止材 15 により接着されて一体化する。これにより、上記のような太陽電池パネル 10 が得られる。

【0036】

つぎに、積層透光性基体 11 における入射光角度調整機能について説明する。まず、一般的な太陽電池パネルにおける入射光の屈折について説明する。図 6 は、一般的な太陽電池パネル 100 が水平方向（地面）に対して垂直に設置された状態を示す模式断面図である。太陽電池パネル 100 においては、単層の透光性基体 111 が、透光性を有する封止材 115 を介して太陽電池セル 116 の光入射側（受光面側）に取り付けられている。透光性基体 111 は、たとえばガラス基板からなり、屈折率はたとえば 1.4 ~ 1.5 であ

10

20

30

40

50

り、ここでは1.5とする。

【0037】

図6に示すように太陽電池パネル100に入射角度が角度 $\theta$  ( $\theta > 0^\circ$ )で光Lが照射された場合、光Lの光量を $L_a$ とすると、この光の照射面(受光面)に垂直な成分は $L_a \times \cos \theta$ と表される。 $\theta > 0^\circ$ であるため、発電に寄与できる光は垂直入射( $\theta = 0^\circ$ )の場合に比べて少ない。

【0038】

大気中から透光性基体111に入射する光Lは、大気と透光性基体111との界面で屈折して角度 $\theta$ の屈折角度で透光性基体111を進行する。そして、透光性基体111を通過した光は、太陽電池セル116の受光面に対して角度 $\theta$ の入射角度で太陽電池セル116に到達する。このため、光Lの光量を $L_a$ とすると、透光性基体111に入射した光において太陽電池セル116の発電に寄与できる光の成分は $L_a \times \cos \theta$ となる。透光性基体111の表面反射、光吸収、封止材115での光の屈折、吸収を無視した場合、太陽電池セル116に到達する光の成分は $L_a \times \cos \theta \times \cos \theta$ と表される。したがって、角度 $\theta$ を $0^\circ$ に近づけることにより太陽電池セル116へ入射する光量が増え、太陽電池パネル100の出力を上げることができる。

【0039】

つぎに、実施の形態1にかかる太陽電池パネル10の積層透光性基体11における入射光の屈折について説明する。なお、以下においても透光性基体の表面反射、光吸収、封止材での光の屈折、吸収を無視する。積層透光性基体11において、屈折率は、大気<第1透光性基体12<第2透光性基体13となる。この場合、大気中から積層透光性基体11(第1透光性基体12)への光Lの入射角度を角度 $\theta_1$ 、第1透光性基体12から第2透光性基体13への光Lの入射角度を角度 $\theta_2$ 、第2透光性基体13から太陽電池セル116への光Lの入射角度を角度 $\theta_3$ とする。この場合、「 $\theta_1 > \theta_2 > \theta_3$ 」という関係が成り立つ。

【0040】

図6に示すように透光性基体111が単層の場合の太陽電池セル116への光Lの入射角度は角度 $\theta$ である。ここで、透光性基体111と太陽電池セル116との間に透光性基体111よりも屈折率の大きな他の透光性基体を挿入することにより、太陽電池セル116への光Lの入射角度をより垂直に近づけ、太陽電池パネル10の発電量を向上させることができる。

【0041】

たとえば、図6に示すように水平方向(地面)に対して垂直設置した太陽電池パネル100(透光性基体111は単層、屈折率は1.5と仮定する)に入射角度 $60^\circ$ で光Lが照射された場合を考える。この場合の太陽電池セル116への光Lの入射角度(屈折角度:角度 $\theta$ )については、スネルの法則により、

$$\sin 60^\circ / \sin \theta = 1.5 / 1$$

の式が成り立つ。この式より、

$$\sin \theta = 0.5773$$

となる。したがって、角度 $\theta$ は約 $35^\circ$ となる。

【0042】

一方、本実施の形態にかかる太陽電池パネル10を水平方向(地面)に対して垂直設置し、入射角度 $60^\circ$ で光Lが照射された場合を考える。太陽電池パネル10は、大気側から屈折率が1.5の第1透光性基体12と屈折率が1.8の第2透光性基体13とが積層されてなる積層透光性基体11を備える。上記のように大気中から積層透光性基体11(第1透光性基体12)への光Lの入射角度を角度 $\theta_1$ 、第1透光性基体12から第2透光性基体13への光Lの入射角度を角度 $\theta_2$ 、第2透光性基体13から太陽電池セル116への光Lの入射角度を角度 $\theta_3$ とする。

【0043】

この場合、角度 $\theta_1 = 60^\circ$ で光Lが照射されたとすると、図1に示すように太陽電池セル116への光Lの入射角度である角度 $\theta_3$ は以下のようにして求められる。すなわち、スネ

10

20

30

40

50

ルの法則により、

$$\sin \theta / \sin \theta' = 1.8 / 1.5$$

$$\sin 60^\circ / \sin \theta' = 1.5 / 1$$

の式が成り立つ。この式より、

$$\sin \theta' = (1.5 / 1.8) \times \sin 60^\circ = 0.481$$

となる。したがって、 $\theta'$  は約  $29.5^\circ$  となる。

#### 【0044】

このように図6に示す単層の透光性基体を備える太陽電池パネルの構成に対して、より屈折率の高い第2透光性基体13を太陽電池セル16側に配置することにより、単層の透光性基体を備える場合に比べて太陽電池セル16への光Lの入射角度を小さくすることができる。この結果、積層透光性基体11に入射した光Lにおいて太陽電池セル16の発電に寄与できる光の成分が増加し、太陽電池セル16に入射する光量が増大し、太陽電池セル16における光電変換効率を向上させることができ、太陽電池パネル10の出力を増加させることができる。

10

#### 【0045】

なお、上記においては、積層透光性基体11が2層の透光性基体から構成される場合について説明したが、屈折率の異なる3層以上の平板状の透光性基体を大気側から太陽電池セル16側に進むにつれて屈折率が順に高くなるように重ね合わせた透光性基体を構成してもよい。これにより、各透光性基体の屈折率にもよるが、太陽電池セル16への光の入射角度をより小さくすることが可能である。

20

#### 【0046】

特許文献3においても、より垂直に近い角度でパネル内の太陽電池に光を到達させる方法を用いている。しかし、本実施の形態にかかる太陽電池パネル10においては、相対的に屈折率が低い第1透光性基体12と相対的に屈折率が高い第2透光性基体13との屈折率の異なる2つの平板状の透光性基体を、大気側から太陽電池セル16側に進むにつれて屈折率が順に高くなるように重ね合わせた積層透光性基体11を用いて、太陽電池セル16への光の入射角度を小さくすることを実現している。

#### 【0047】

特許文献3では、内部に他の部分とは屈折率が異なる帯状部分を設けたガラス基板を、ガラス基板に対してイオンビームを走査することにより作製している。しかしながら、ガラスの屈折率はイオンビームの走査速度に依存し、走査速度を遅くするにつれて、屈折率が高くなる。屈折率の差が大きいほど、ガラス-ガラス界面で光を反射しやすくなると考えられるため、発電量を上げるためには遅い走査速度を選択することが好ましい。しかし、この場合にはガラス基板の量産性が低くなる。

30

#### 【0048】

これに対して、本実施の形態にかかる太陽電池パネル10においては、相対的に屈折率が低い第1透光性基体12と相対的に屈折率が高い第2透光性基体13とを接着剤により貼り合わせることにより、積層透光性基体11を作製することができる。これにより、本実施の形態にかかる太陽電池パネル10においては、容易に且つ生産性良く積層透光性基体11および太陽電池パネル10を作製することができる。

40

#### 【0049】

なお、太陽の高度は、季節、時間によって変わる。このため、太陽電池パネルの受光面に対して斜めに光が照射される状況は、水平方向(地面)に対して垂直設置された太陽電池パネルに限らず、屋根の上へ設置された太陽電池パネルのように、設置後に設置角度を変えることができない太陽電池パネルにも当てはまる。すなわち、水平方向(地面)に対して傾斜した状態で屋根の上等に設置された太陽電池パネルについても、朝、夕では太陽電池パネルの受光面に対して斜めに光が照射され、発電量が少なくなる。

#### 【0050】

これに対して、実施の形態1にかかる太陽電池パネル10は、太陽電池パネルの受光面に対して斜めに光が照射される場合において高い発電量が得られる。このため、実施の形

50

態 1 にかかる太陽電池パネル 10 は、壁面設置のように水平方向（地面）に対して垂直設置された場合に限らず、垂直方向に対してある程度の角度で太陽電池セル 16 側に傾斜した状態で設置された場合においても、朝、夕の発電量が増加し、1 日の発電量の向上に寄与できる。

#### 【0051】

上述したように実施の形態 1 にかかる太陽電池パネル 10 は、大気側から相対的に屈折率が低い第 1 透光性基体 12 と相対的に屈折率が高い第 2 透光性基体 13 とが積層されて大気側から太陽電池セル 16 側に向かって屈折率が順に高くなる構成を有する積層透光性基体 11 を太陽電池セル 16 の受光面側（光入射側）に備える。これにより太陽電池パネル 10 においては、太陽電池パネル 10 に入射して該太陽電池パネル 10 内を進む光を屈折させ、太陽電池セル 16 の受光面に対してより垂直に近い入射角度で太陽電池セル 16 に到達させることができる。これにより、積層透光性基体 11 に入射した光における太陽電池セル 16 の発電に寄与できる光の成分を増加させ、太陽電池セル 16 に入射する光量を増大させて該太陽電池セル 16 の光電変換効率を向上させることができ、太陽電池パネル 10 の出力（発電量）を増大させることができる。

10

#### 【0052】

このような実施の形態 1 は、太陽電池パネル 10 内の太陽電池セル 16 の受光面に対して、より垂直に近い入射角度で光を到達させることにより太陽電池パネル 10 の出力向上を図るものである。すなわち、太陽電池パネル 10 の受光面に対して斜めに光が照射される場合において高い発電量が得られる。したがって、特許文献 1 および特許文献 2 のように太陽電池パネルの反射率を抑えることによって出力向上を図るものではなく、対立するものでもない。したがって、実施の形態 1 と特許文献 1（または特許文献 2）の技術を併用することも可能である。

20

#### 【0053】

実施の形態 2 .

実施の形態 1 では、2 枚の平板状の透光性基体を重ね合わせて積層透光性基体 11 を構成したが、実施の形態 2 では、2 枚の透光性基体の合わせ面に角度を持たせる。これにより、積層透光性基体 11 に入射した入射光をより屈折させることができ、より垂直に近い角度で太陽電池セルに光を入射させることができる。

#### 【0054】

図 7 は、本発明の実施の形態 2 にかかる太陽電池パネル 40 が水平方向（地面）に対して垂直に設置された状態を示す模式断面図である。太陽電池パネル 40 においては、積層透光性基体 41 が、封止材 15 を介して太陽電池セル 16 の受光面側に取り付けられている。実施の形態 2 にかかる太陽電池パネル 40 は、積層透光性基体 41 の構造以外は実施の形態 1 にかかる太陽電池パネル 10 と同じ構成を有する。したがって、太陽電池パネル 10 と同じ部材については、実施の形態 1 の場合と同じ符号を付すことで詳細な説明を省略する。また、積層透光性基体 41 は、該積層透光性基体 41 を構成する 2 枚の透光性基体の合わせ面に角度を持たせたこと以外は、実施の形態 1 における積層透光性基体 11 と同じ構成を有する。

30

#### 【0055】

積層透光性基体 41 は、大気側から太陽電池セル 16 側に進むにつれて屈折率が順に高くなるように、2 枚の透光性基体が積層して配置された複層構造体とされている。すなわち、積層透光性基体 41 は、太陽電池パネル 40 の受光面側から、相対的に屈折率が低い第 1 透光性基体 42 と相対的に屈折率が高い第 2 透光性基体 43 とが積層されている。ここで、第 1 透光性基体 42 の屈折率は、大気の屈折率（= 1）よりも大きく、第 2 透光性基体 43 の屈折率よりも小さい。第 2 透光性基体 43 の屈折率は、第 1 透光性基体 42 の屈折率よりも大きい。第 1 透光性基体 42 は、たとえば屈折率が 1.5 のガラス基板である。第 2 透光性基体 43 は、たとえば屈折率が 1.8 のガラス基板である。

40

#### 【0056】

第 1 透光性基体 42 および第 2 透光性基体 43 は、面方向において同形状および同寸法

50

で形成されている。第1透光性基体42と第2透光性基体43との合わせ面44には透光性を有する接着剤が塗布され、該接着剤により第1透光性基体42と第2透光性基体43とが接着されている。なお、この接着剤は光学的に無視できる程度の厚みで設けられ、図7においては図示を省略している。

【0057】

積層透光性基体41の表裏面は、太陽電池セル16の受光面の面内方向と平行な面とされている。すなわち第1透光性基体42における大気側の面と第2透光性基体43における太陽電池セル16側の面は、太陽電池セル16の受光面の面内方向と平行な面とされている。

【0058】

一方、第1透光性基体42と第2透光性基体43との合わせ面44には、太陽電池パネル40の受光面に対して特定の傾斜角度を有した傾斜面44aが複数設けられている。傾斜面44aは、積層透光性基体41の面方向における特定の第1方向に沿って、一定の長さDおよび一定のピッチで設けられている。図7においては、特定の第1方向は、正方形を有する積層透光性基体41の面方向において対向する1対の辺方向（図7における上下方向、図2におけるY方向）である。

【0059】

また、傾斜面44aは、積層透光性基体41の面方向における特定の第2方向に沿って積層透光性基体41の全幅に連続して延在している。図7においては、特定の第2方向は、図7における紙面奥行き方向（積層透光性基体41の面方向における対向する他の1対の辺方向、図2におけるX方向）である。長さDは、1つの傾斜面44aの第1方向に沿った長さである。

【0060】

なお、複数の傾斜面44aにおいて、特定の傾斜角度は必ずしも全てが同一でなくてもよい。また、傾斜面44aは、図2におけるX方向に延在する場合に、全幅において必ずしも図2におけるX方向に沿っていなくてもよい。

【0061】

傾斜面44aの太陽電池パネル40の受光面に対する傾斜角度である角度 $\theta$ は、たとえば $15^\circ$ である。傾斜面44aは、太陽電池パネル40が水平方向（地面）に対して垂直または垂直方向に対してある程度の角度で太陽電池セル16側に傾斜して設置された場合に、積層透光性基体41の面方向において上部から下部に向かうにつれて太陽電池セル16側に向かって傾斜する面とされている。すなわち、傾斜面44aは、特定の第1方向に向かうにつれて太陽電池セル16側に向かって傾斜する面とされている。

【0062】

このような太陽電池パネル40は、第1透光性基体42と第2透光性基体43との合わせ面44に傾斜面44aが設けられていること以外は、太陽電池パネル10の場合と同様の工程で作製される。

【0063】

つぎに、実施の形態2にかかる太陽電池パネル40の積層透光性基体41における入射光の屈折について説明する。積層透光性基体41において、屈折率は、大気<第1透光性基体42<第2透光性基体43となる。この場合、大気中から積層透光性基体41（第1透光性基体42）への光Lの入射角度を角度 $\theta_0$ 、大気と第1透光性基体42との界面での光Lの屈折角度を角度 $\theta_1$ 、第1透光性基体42から第2透光性基体43への光Lの入射角度を角度 $\theta_2$ （ $\theta_1 + \theta_2$ ）、第1透光性基体42と第2透光性基体43との界面での光Lの屈折角度を角度 $\theta_3$ 、第2透光性基体43から太陽電池セル16への光Lの入射角度を角度 $\theta_4$ とする。

【0064】

この場合、角度 $\theta_0 = 60^\circ$ で光Lが照射されたとすると、図7に示すように太陽電池セル16への光の入射角度である角度 $\theta_4$ は以下のようにして求められる。すなわち、スネルの法則により、

10

20

30

40

50

$$\sin(\theta + \alpha) / \sin \theta = 1.8 / 1.5$$

$$\sin \theta / \sin \alpha = 1.5$$

の式が成り立つ。角度  $\theta = 60^\circ$  なので、実施の形態 1 での計算同様に計算すると、 $35^\circ$  となる。透光性基体の合わせ面における傾斜面 44a の傾斜角度  $\alpha$  は  $15^\circ$  なので、

$$\sin(35^\circ + 15^\circ) / \sin \theta = 1.8 / 1.5$$

$$\sin \theta = 0.6383$$

となり、角度  $\theta = 39.5^\circ$  となる。この角度  $\theta$  は、積層透光性基体 41 の合わせ面 44 における傾斜面 44a に対しての角度である。したがって、太陽電池セル 16 の受光面への光 L の入射角度は  $\theta - \alpha$  :  $(39.5^\circ - 15^\circ)$  で約  $24.5^\circ$  となる。これにより、実施の形態 2 にかかる太陽電池パネル 40 では、実施の形態 1 での入射角度の解析例と比較して、より垂直に近い角度で太陽電池セル 16 に光 L が入射することがわかる。

#### 【0065】

すなわち、太陽電池パネル 40 は、合わせ面 44 が積層透光性基体 41 の表裏面と平行な場合よりも、太陽電池パネル 40 に入射して該太陽電池パネル 40 内を進む光 L をより大きく屈折させ、太陽電池セル 16 の受光面に対してより垂直に近い入射角度で太陽電池セル 16 に到達させることができる。したがって、太陽電池パネル 40 では、積層透光性基体 41 に入射した光 L において太陽電池セル 16 の発電に寄与できる光の成分をより増加させ、太陽電池セル 16 に入射する光量を増大させて該太陽電池セル 16 の光電変換効率を向上させることができ、太陽電池パネル 40 の出力（発電量）を増大させることができる。

#### 【0066】

積層透光性基体 41 の合わせ面 44 に角度を設ける場合、合わせ面 44 を一つの傾斜面 44a 面で構成しようとした場合には、積層透光性基体 41 が厚くなる。すなわち、長さ D が長くなるに従って、積層透光性基体 41 の厚さも増加する。このため、合わせ面 44 を一つの傾斜面 44a 面で構成することは実用的ではなく、合わせ面 44 は図 7 に示すよう複数の傾斜面 44a 面を有して構成されることが好ましい。

#### 【0067】

また、図 7 に示すように積層透光性基体 41 の面方向に垂直な面（図 7 の紙面に平行な面）において隣接する傾斜面 44a 面同士を接続する面を接続面 44b とし、傾斜面 44a と接続面 44b とのなす角度を角度  $\beta$  とする。ここで、 $\beta = 45^\circ$  と仮定した場合、 $\beta$  は約  $10^\circ$  となり、より垂直に近い角度で太陽電池セル 16 に光 L が入射する。しかし、この場合の傾斜面 44a の長さは、角度  $\beta$  が直角の場合でも最大で接続面 44b の長さと同じにしかならず、光 L のうち半分の光は接続面 44b に入射することになり、却って太陽電池パネル 40 の出力を落としてしまう可能性が高い。さらに、角度  $\beta$  が鈍角の場合は、傾斜面 44a の長さは接続面 44b よりも短くなる。太陽電池セル 16 における発電量を上げるためには、できるだけ多くの入射光を傾斜面 44a に入射させることが必要である。角度  $\beta$  が直角の場合、傾斜面 44a の長さは  $L \cos \beta$ 、接続面 44b の長さは  $L \sin \beta$  と表すことができ、 $\beta$  は最大で  $26.5^\circ$  程度が妥当であると考えられる。 $\beta = 26.5^\circ$  であれば、少なくとも傾斜面 44a > (2 × 接続面 44b) の関係が成り立ち、接続面 44b に入射する光の 2 倍の光を傾斜面 44a に入射させることができる。

#### 【0068】

また、図 8 に示すように、傾斜面 44a と接続面 44b とのなす角度である角度  $\beta$  は鋭角、直角、鈍角の 3 つの仕様が考えられる。角度  $\beta$  が鋭角の場合は、積層透光性基体 41 が欠け易くなる。したがって、角度  $\beta$  は、直角または鈍角であることが好ましい。図 8 は、角度  $\beta$  が異なる実施の形態 2 にかかる他の太陽電池パネルが水平方向（地面）に対して垂直に設置された状態を示す模式断面図である。図 8 (a) は角度  $\beta$  が鋭角の場合の太陽電池パネル 40 a、図 8 (b) は角度  $\beta$  が直角の場合の太陽電池パネル 40 b、図 8 (c) は角度  $\beta$  が鈍角の場合の太陽電池パネル 40 c を示している。

## 【0069】

なお、太陽電池パネル40では、上述した効果を得るためには、図7に示すように斜め上方向から光Lが照射されることが必要である。すなわち、斜め下方向から光Lが照射される場合には、上述した効果は得られない。そこで、傾斜面44aを特定の第1方向に向かうにつれて太陽電池セル16側に向かって傾斜する面とするために、太陽電池パネル40の受光面側の表面、または太陽電池パネル40を設置する際に該太陽電池パネル40に取り付けられる設置用フレームに、特定の第1方向を認識するための方向認識用マーカをつけることが好ましい。認識用マーカは、任意の規則に従って配置されていけばよい。このような方向認識用マーカを備えることにより、太陽電池パネル40を設置する際に、配置方向の間違いを防止して、傾斜面44aを特定の第1方向に向かうにつれて太陽電池セル16側に向かって傾斜する面として設置することができる。設置用フレームに方向認識用マーカを備える場合には、予め方向認識用マーカが形成された設置用フレームを太陽電池パネル40に取り付けてもよく、設置用フレームを太陽電池パネル40に取り付けた後に方向認識用マーカを該設置用フレームの表面に形成してもよい。

10

## 【0070】

上述したように実施の形態2においては、太陽電池パネル40は、大気側から相対的に屈折率が低い第1透光性基体42と相対的に屈折率が高い第2透光性基体43とが積層されて、大気側から太陽電池セル16側に向かって屈折率が順に高くなる構成を有する積層透光性基体41を太陽電池セル16の受光面側（光入射側）に備える。これにより実施の形態2においては、実施の形態1と同様に太陽電池パネル40に入射して該太陽電池パネル40内を進む光を屈折させ、太陽電池セル16の受光面に対してより垂直に近い入射角度で太陽電池セル16に到達させることができる。これにより、実施の形態2にかかる太陽電池パネル40では、積層透光性基体41に入射した光における太陽電池セル16の発電に寄与できる光の成分を増加させ、太陽電池セル16に入射する光量を増大させて該太陽電池セル16の光電変換効率を向上させることができ、太陽電池パネル40の出力（発電量）を増大させることができる。

20

## 【0071】

また、実施の形態2では、積層透光性基体41における第1透光性基体42と第2透光性基体43との合わせ面44が、太陽電池パネル40の受光面に対して特定の傾斜角度を有している。このような太陽電池パネル40では、合わせ面44が積層透光性基体41の表裏面と平行な場合よりも、積層透光性基体41に入射した光がより屈折され、太陽電池セル16の受光面に対してより垂直に近い入射角度で太陽電池セル16に到達させることができる。これにより、実施の形態2にかかる太陽電池パネル40では、積層透光性基体41に入射した光において太陽電池セル16の発電に寄与できる光の成分をより増加させ、太陽電池セル16に入射する光量をより増大させて該太陽電池セル16の光電変換効率をより向上させることができ、太陽電池パネル40の出力（発電量）をより増大させることができる。

30

## 【0072】

また、合わせ面が積層透光性基体41の表裏面と平行な構成と、合わせ面が積層透光性基体41の表裏面に対して特定の傾斜角度を有している構成とを組み合わせた3層以上の構成の透光性基体を用いてもよい。

40

## 【0073】

なお、実施の形態2にかかる太陽電池パネル40は、実施の形態1にかかる太陽電池パネル10と同様に太陽電池パネルの受光面に対して斜めに光が照射される場合において高い発電量が得られる。このため、実施の形態2にかかる太陽電池パネル40も、壁面設置のように水平方向（地面）に対して垂直設置された場合に限らず、水平方向（地面）に対してある程度の角度で太陽電池セル16側に傾斜した状態で設置された場合においても、朝、夕の発電量が増加し、1日の発電量の向上に寄与できる。

## 【0074】

実施の形態3 .

50

図9は、本発明の実施の形態3にかかる太陽電池パネル50が水平方向（地面）に対して垂直に設置された状態を示す模式断面図である。太陽電池パネル50においては、積層透光性基体51が、封止材54を介して太陽電池セル16の受光面側に取り付けられている。太陽電池パネル50において太陽電池パネル10と同じ部材については、実施の形態1の場合と同じ符号を付すことで詳細な説明を省略する。

#### 【0075】

上述した実施の形態1および実施の形態2では、2つの透光性基体を重ね合わせて積層透光性基体を構成している。積層透光性基体を構成する透光性基体のうち太陽電池セル16に最も近い透光性基体（最も屈折率の高い透光性基体）の太陽電池セル16側に、さらに高屈折率且つ光透過性を有する封止材を入射光の光屈折を目的として用いた場合においても、太陽電池セル16の受光面に対してより垂直に近い入射角度で太陽電池セル16に到達させる効果が得られる。このような封止材としては、たとえばEVA、シリコン、ウレタンなどの透光性を有する樹脂が挙げられる。また、積層透光性基体を構成する透光性基体の合わせ面は、積層透光性基体の表裏面（太陽電池パネルの受光面）と平行な面とされてもよく、積層透光性基体の表裏面（太陽電池パネルの受光面）に対して特定の傾斜角度を有した傾斜面を有していてもよい。

#### 【0076】

このような封止材も透光性を有する物質であるが、ここではラミネート工程で相変化するものを封止材、相変化するものを透光性基体とする。ラミネート工程では、たとえば150程度の加熱が行われる。たとえば、代表的な封止材であるEVAはシート状の固体であるが、熱を加えると溶け、冷却すると固まる。シリコン樹脂も封止材に成り得るが、これも液体から固体へと変化する。

#### 【0077】

しかしながら、封止材と透光性基体とを比べると、長期信頼性は封止材の方が劣る。このため、太陽電池セル16に最も近い透光性基体（最も屈折率の高い透光性基体）の太陽電池セル16側に、さらに高屈折率且つ光透過性を有する封止材を入射光の光屈折を目的として用いた場合には、入射光角度調整機能の信頼性が実施の形態1および実施の形態2の場合より劣る可能性が考えられる。また、さらに太陽電池セル16に最も近い透光性基体とこの封止材との合わせ面に角度を設けた場合は、透光性基体における太陽電池セル16側の表面の凹凸が大きくなり太陽電池パネル50内に気泡が残りやすくなるので、作製には注意を要する。

#### 【0078】

積層透光性基体51は、大気側から太陽電池セル16側に進むにつれて屈折率が順に高くなるように、2枚の透光性基体が積層して配置された複層構造体とされている。すなわち、積層透光性基体51は、太陽電池パネル50の受光面側から、相対的に屈折率が低い第1透光性基体52と相対的に屈折率が高い第2透光性基体53とが積層されている。ここで、第1透光性基体52の屈折率は、大気の屈折率（=1）よりも大きく、第2透光性基体53の屈折率よりも小さい。第2透光性基体53の屈折率は、第1透光性基体52の屈折率よりも大きい。第1透光性基体52は、たとえば屈折率が1.5のガラス基板である。第2透光性基体53は、たとえば屈折率が1.8のガラス基板である。

#### 【0079】

第1透光性基体52および第2透光性基体53は、面方向において同形状および同寸法で形成されている。第1透光性基体52と第2透光性基体53との合わせ面55には透光性を有する接着剤が塗布され、該接着剤により第1透光性基体52と第2透光性基体53とが接着されている。第1透光性基体52と第2透光性基体53との合わせ面55は、積層透光性基体の表裏面（太陽電池パネル50の受光面）と平行な面とされている。なお、この接着剤は光学的に無視できる程度の厚みで設けられ、図9においては図示を省略している。そして、積層透光性基体51の表面、すなわち積層透光性基体51の受光面は、太陽電池セル16の受光面の面内方向と平行な面とされている。

#### 【0080】

一方、第2透光性基体53の太陽電池セル16側の面には、封止材54が配置されている。封止材54は、面方向において第2透光性基体53と同寸法で形成されている。封止材54は、面方向において太陽電池セル16を包含する寸法で形成されることが好ましい。そして、封止材54の裏面、すなわち積層透光性基体51の太陽電池セル16側の面は、太陽電池セル16の受光面の面内方向と平行な面とされ、太陽電池セル16を封止している。

【0081】

第2透光性基体53における封止材54との合わせ面56には、太陽電池パネル50の受光面に対して特定の傾斜角度を有した傾斜面56aが複数設けられている。傾斜面56aは、積層透光性基体51の面方向における特定の第1方向に沿って、一定の長さおよび一定のピッチで設けられている。図9においては、特定の第1方向は、面内方向において正形状を有する積層透光性基体51の面方向における対向する1対の辺方向（図9における上下方向）である。また、傾斜面56aは、積層透光性基体51の面方向における特定の第2方向に沿って積層透光性基体51の全幅に連続して延在している。図9においては、特定の第2方向は、図9における紙面奥行き方向（積層透光性基体51の面方向における対向する他の1対の辺方向）である。

10

【0082】

また、図9に示すように積層透光性基体51の面方向に垂直な面において隣接する傾斜面56a面同士を接続する接続面56bと傾斜面56aとのなす角度は、直角もしくは鈍角とされている。

20

【0083】

このような太陽電池パネル50は、第2透光性基体53の傾斜面56aに封止材54を介して太陽電池セル16を接着すること以外は、基本的に太陽電池パネル10の場合と同様の工程で作製される。

【0084】

このような太陽電池パネル50は、大気側から相対的に屈折率が低い第1透光性基体52と相対的に屈折率が高い第2透光性基体53とが積層されて、大気側から太陽電池セル16側に向かって屈折率が順に高くなる構成を有する積層透光性基体51を太陽電池セル16の受光面側（光入射側）に備える。これにより太陽電池パネル50に入射して該太陽電池パネル50内を進む光を屈折させ、太陽電池セル16の受光面に対してより垂直に近い入射角度で太陽電池セル16に到達させることができる。

30

【0085】

したがって、太陽電池パネル50では、積層透光性基体51に入射した光における太陽電池セル16の発電に寄与できる光の成分を増加させ、太陽電池セル16に入射する光量を増大させて該太陽電池セル16の光電変換効率を向上させることができ、太陽電池パネル50の出力（発電量）を増大させることができる。

【0086】

また、太陽電池パネル50では、積層透光性基体51における第2透光性基体53と封止材54との合わせ面56が、太陽電池パネル50の受光面に対して特定の傾斜角度を有している傾斜面56aを有する。このような太陽電池パネル50では、積層透光性基体51に入射した光を傾斜面56aでさらに屈折させ、太陽電池セル16の受光面に対してより垂直に近い入射角度で太陽電池セル16に到達させることができる。なお、積層透光性基体51と封止材54との全体を透光性基体として見た場合、この透光性基体は、平板状とされている。

40

【0087】

これにより、太陽電池パネル50では、積層透光性基体51に入射した光における太陽電池セル16の発電に寄与できる光の成分をより増加させ、太陽電池セル16に入射する光量をより増大させて該太陽電池セル16の光電変換効率をより向上させることができ、太陽電池パネル50の出力（発電量）をより増大させることができる。

【0088】

50

また、封止材 5 4 は、太陽電池セル 1 6 を封止して太陽電池セル 1 6 と透光性基体とを接着するとともに、透光性基体の一部としての機能を有する。したがって、3 枚の透光性基体を接着して透光性基体を構成する場合に比べて、透光性基体一枚分の接着工程を省略でき、作業を簡略化できる。

【 0 0 8 9 】

実施の形態 4 .

実施の形態 1 において示したように、半導体基板 2 1 ( n 型不純物拡散層 2 3 ) の受光面側の表面には、テクスチャー構造としてピラミッド状の微小凹凸 ( テクスチャー ) 2 2 a からなるテクスチャー構造が形成されている。すなわち、太陽電池セル 1 6 の表面での反射率を低減させるために、太陽電池セルの表面にはマイクロオーダー、小さいものの場合にはサブマイクロオーダーの微小凹凸 ( テクスチャー ) が形成されている。

10

【 0 0 9 0 】

実施の形態 1 ~ 3 では、透光性基体の合わせ面について言及していないが、この合わせ面に微小凹凸を形成して合わせ面を微小凹凸形状とすることにより、合わせ面での光の反射を低減することができる。たとえば、図 7 において  $\theta = 15^\circ$ 、積層透光性基体 4 1 の最大厚さを 2 mm とした場合、長さ D は約 7 . 5 mm となり、マイクロオーダーの微小凹凸を形成するのに十分なスペースがある。微小凹凸の大きさは、凸型である場合には底面部のサイズと凸部の高さ、凹型である場合には底面部のサイズと凹部の深さで定義すると、透光性基体の作製の観点から、数  $\mu\text{m}$  ~ 数百  $\mu\text{m}$  程度の高さおよび底面サイズが好ましい。

20

【 0 0 9 1 】

そして、透光性基体の合わせ面での光の反射を低減するとともに、太陽電池セル 1 6 の表面での反射率を低減させることにより、太陽電池セル 1 6 に入射する光量をより増大させて該太陽電池セル 1 6 の光電変換効率をより向上させることができる。これにより、太陽電池パネルの出力 ( 発電量 ) をより増大させることができる。

【 0 0 9 2 】

また、太陽電池セル 1 6 の表面に形成された微小凹凸 2 2 a の表面には、光が太陽電池に対して垂直に入射した時に反射を最小とするような膜厚で反射防止膜 2 4 が形成されている。反射防止膜 2 4 は、光が太陽電池に対して垂直に入射した時に反射を最小とするような膜厚で形成されているので、太陽電池セル 1 6 への光の入射角度を垂直に近づけることにより、太陽電池セル 1 6 の表面での反射を小さくするという効果も得られる。

30

【 0 0 9 3 】

なお、上述した実施の形態においては、1 つの太陽電池セルを備える太陽電池パネルを例に説明したが、太陽電池パネルにおいては複数の太陽電池セルが電氣的に直列または並列に接続されて用いられるのが一般的である。このような場合においても、上述した効果が得られることは言うまでもない。

【 0 0 9 4 】

なお、上述した実施の形態においては、バルク型の太陽電池セルを例に説明したが、上述した太陽電池パネルに用いられる太陽電池はバルク型に限定されない。すなわち、種々の形態の太陽電池を適用することができる。また、上述した技術は、任意に組み合わせて用いることができる。

40

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 9 5 】

以上のように、本発明にかかる太陽電池パネルは、太陽電池パネルの受光面に対して斜めに照射された太陽光を有効に太陽電池パネル内部に取り込んで、発電量が高く且つ量産性の高い太陽電池パネルの実現に有用である。

【 符号の説明 】

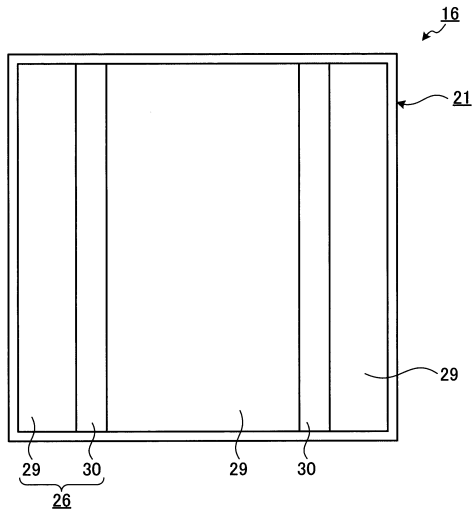
【 0 0 9 6 】

1 0 太陽電池パネル、1 1 積層透光性基体、1 2 第 1 透光性基体、1 3 第 2 透光性基体、1 4 合わせ面、1 5 封止材、1 6 太陽電池セル、2 1 半導体基板、2

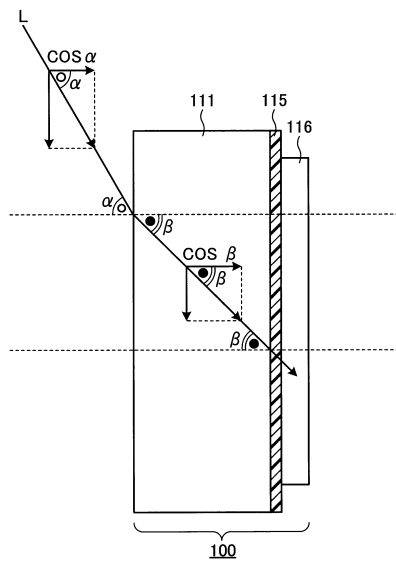
50



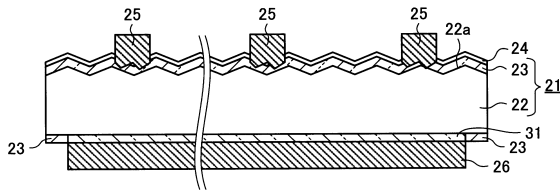
【 図 4 】



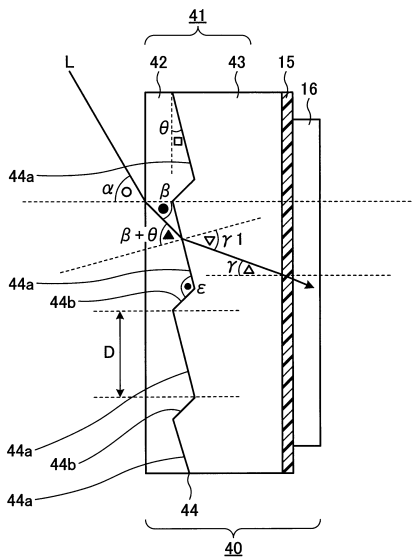
【 図 6 】



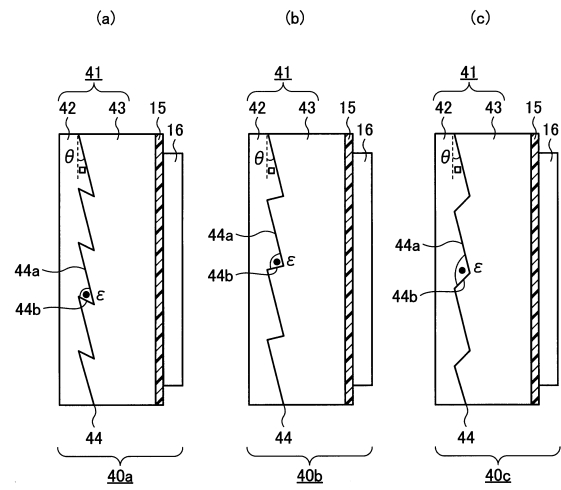
【 図 5 】



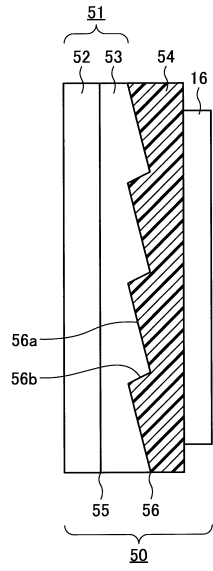
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2000-261022(JP,A)  
特開2011-094471(JP,A)  
特開2012-048081(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 31/02 - 31/078、31/18 - 31/20、  
51/42 - 51/48  
H02S 10/00 - 50/15