

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2012 年 4 月 26 日(26.04.2012)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2012/053379 A1

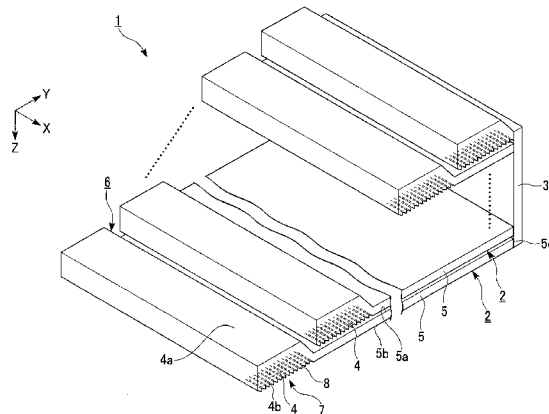
- (51) 国際特許分類:
H01L 31/052 (2006.01) *G02B 6/00* (2006.01)
F21V 8/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/073210
- (22) 国際出願日: 2011 年 10 月 7 日(07.10.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2010-233760 2010 年 10 月 18 日(18.10.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について):
シャープ株式会社 (Sharp Kabushiki Kaisha)
[JP/JP]; 〒5458522 大阪府大阪市阿倍野区長池町
2 2 番 2 2 号 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 内田 秀樹
(UCHIDA Hideki) [JP/—]. 吉田 秀史 (YOSHIDA
Hidefumi) [JP/—]. 東田 恭子 (AZUMADA Kyohko)
[JP/—].
- (74) 代理人: 船山 武, 外 (FUNAYAMA Takeshi et al.);
〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目 9 番 2
号 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO,
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS,
JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR,
LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW,
MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH,
PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,
MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラ
シア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨー
ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,
MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: SOLAR BATTERY MODULE AND SOLAR POWER GENERATOR

(54) 発明の名称: 太陽電池モジュールおよび太陽光発電装置

[図1]



(57) Abstract: Provided is a solar battery module comprising: a plurality of light collectors each having at least one first main surface where external light falls incident and a second main surface including a reflecting surface for reflecting the light incident from the first main surface; a light guide for propagating the light incident on each of the plurality of light collectors towards a first end surface while the front surface of the light guide totally reflects said light, the light guide emitting said light from the first end surface; and a first solar battery element which receives the light emitted from the first end surface of the light guide. The first main surfaces of each of the plurality of light collectors are arranged in mutually different positions when viewed from the direction perpendicular to the first main surfaces. The total reflection condition of the light is maintained in the propagation paths within the light guide along which light is propagated within the light guide from each of the plurality of light collectors to the first solar battery element.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2012/053379 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

太陽電池モジュールは、外部からの光を入射させる少なくとも一つの第 1 主面と前記第 1 主面から入射した光を反射させる反射面を含む第 2 主面とを各々が有する複数の集光部材と、前記複数の集光部材の各々に入射された光を表面で全反射させつつ第 1 端面に向けて伝播させ、前記第 1 端面から射出させる導光部材と、前記導光部材の前記第 1 端面から射出された光を受光する第 1 太陽電池素子と、を備え、前記複数の集光部材のそれぞれの前記第 1 主面は、第 1 主面と垂直な方向から見て互いに異なる位置に配置され、前記複数の集光部材の各々から前記第 1 太陽電池素子まで前記導光部材内を光が伝播する前記導光部材内の伝播路において、前記光の全反射条件が維持される。

明 細 書

発明の名称： 太陽電池モジュールおよび太陽光発電装置

技術分野

[0001] 本発明は、太陽電池モジュールおよび太陽光発電装置に関する。

本願は、2010年10月18日に、日本に出願された特願2010-233760号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 従来の太陽光発電装置は、複数の太陽電池パネルを太陽に向けて一面に敷き詰めた形態のものが一般的であった。通常、太陽電池は不透明な半導体で構成されており、積層した状態で設置することができない。そのため、ある程度の電力量を確保するためには大面積の太陽電池パネルが必要となる。ところが、大面積の太陽電池パネルは高価であり、太陽光発電装置のコストを高騰させる要因となっている。

[0003] そこで、入射した太陽光を太陽電池に導くための集光用部材を備えた太陽電池モジュールが提案されている（下記の特許文献1、特許文献2参照）。

特許文献1に記載の太陽電池モジュールは、集光部材として側面形状が略直角三角形状の透光部材を備えており、透光部材の光入射面と直交する端面に太陽電池が設置されている。透光部材の傾斜面は反射面となっており、透光部材の入射面から入射した太陽光は反射面で反射してその進行方向を変え、端面の太陽電池に集光される。

[0004] また、特許文献2に記載の太陽光発電装置は、導光体の端面に太陽電池セルが配置され、導光体の光入射側には導光体に接する凸部を有する入射光制御板が配置されている。入射光制御板の内部に入射した光は、凸部の内壁面で全反射して凸部の頂部から導光体の内部に入射し、導光体の内部を伝播して太陽電池セルに導入される。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2004-47752号公報

特許文献2：特開2005-19587号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 特許文献1には、透光部材の入射面に対する反射面の傾きを例えば 45° とし、入射面に対して垂直方向から入射した光を反射面で反射させてその進行方向を水平方向に変え、太陽電池に入射させると、太陽光を効率良く起電力に変換できる、と記載されている。この記載によれば、特許文献1の太陽電池の場合、光入射面の面積を十分に確保しようとすると、透光部材の厚みも厚くなってしまう。そのため、モジュール全体がかさばって使い勝手が悪くなる。また、透光部材の厚みが厚くなると、大型の太陽電池が必要になるため、製造コストが高騰する。

[0007] さらに、特許文献1には、上記の平坦な反射面を有する形態の他、傾斜面に複数のV字状の溝を設け、V字状溝の一方の壁面を反射面とした形態の太陽電池モジュールも開示されている。特許文献1には、この太陽電池モジュールにおいては、V字状溝の配置密度を高めることで太陽電池への入射光量を高め、電池出力を高めることができる、と記載されている。しかしながら、この構成の場合、一つのV字状溝の壁面で反射した光が、透光部材内を導光する間に他のV字状溝に入射し、その壁面で再度反射して進行方向を変え、透光部材内の全反射条件を破ってしまい、透光部材の外部に漏れる虞がある。その結果、傾斜面に複数のV字状溝を設ける構成では、平坦な反射面を有する構成に比べて透光部材の厚みが薄くできたとしても、今度は集光効率が低下する。

[0008] 特許文献2には、入射光制御板の形状によっては、導光体内に一旦入射した光が再度凸部に入射して外部に射出され、光の利用効率が低下することが記載されている。さらに、特許文献2には、上記の現象を改善するために、入射光制御板の凸部を放物面状とし、凸部の頂部の面積を小さくした上で放物面の焦点位置を凸部の頂部に設定することが記載されている。しかしなが

ら、実際に凸部を上記のような設計通りの形状に形成するのは難しく、凸部が上記の形状に形成できなかった場合は、やはり光の利用効率が低下することになる。

[0009] 本発明の態様は、上記の課題を解決するためになされたものであって、集光効率を確保することで高い発電効率を得られ、安価で薄型の構成を有する太陽電池モジュールとこれを用いた太陽光発電装置の実現を目的とする。

課題を解決するための手段

[0010] 上記の目的を達成するために、本発明の一態様における太陽電池モジュールは、外部からの光を入射させる少なくとも一つの第1主面と前記第1主面から入射した光を反射させる反射面を含む第2主面とを各々が有する複数の集光部材と、前記複数の集光部材の各々に入射された光を表面で全反射させつつ第1端面に向けて伝播させ、前記第1端面から射出させる導光部材と、前記導光部材の前記第1端面から射出された光を受光する第1太陽電池素子と、を備え、前記複数の集光部材のそれぞれの前記第1主面は、第1主面と垂直な方向から見て互いに異なる位置に配置され、前記複数の集光部材の各々から前記第1太陽電池素子まで前記導光部材内を光が伝播する前記導光部材内の伝播路において、前記光の全反射条件が維持される。

[0011] 本発明の一態様における太陽電池モジュールは、前記複数の集光部材のうちの一つの集光部材から前記第1太陽電池素子まで前記導光部材内を光が伝播し、前記光が他の集光部材と前記導光部材との界面に入射しないよう構成されていてもよい。

[0012] 本発明の一態様における太陽電池モジュールは、前記導光部材内を光が伝播する際に全反射を生じる前記導光部材の2つの主面が、ともに平坦であって互いに平行な面であってもよい。

[0013] 本発明の一態様における太陽電池モジュールは、前記導光部材が、前記複数の集光部材の各々に対応して設けられた、前記複数の集光部材と同数のサブ導光部材からなってもよい。

[0014] 本発明の一態様における太陽電池モジュールは、前記集光部材が前記サブ

導光部材の前記第 1 端面と対向する第 2 端面側に配置され、前記集光部材と前記サブ導光部材とが一体の部材で構成されていてもよい。

[0015] 本発明の一態様における太陽電池モジュールは、前記導光部材が、前記複数の集光部材に対して共通に設けられた 1 つの導光部材であってもよい。

[0016] 本発明の一態様における太陽電池モジュールは、前記複数の集光部材の各々が、前記導光部材の前記第 1 端面からの距離が異なる位置に接合されていてもよい。

[0017] 本発明の一態様における太陽電池モジュールは、前記導光部材の前記第 1 端面と対向する第 2 端面側が段差を有し、前記導光部材の前記第 1 端面からの距離が異なる位置に前記複数の集光部材と同数の前記第 2 端面が形成され、前記複数の集光部材の各々が前記導光部材の前記複数の第 2 端面の各々に接合されていてもよい。

[0018] 本発明の一態様における太陽電池モジュールは、前記複数の集光部材のうちの一つの集光部材と前記導光部材との接合部が、前記導光部材において光が全反射する面側に位置し、前記接合部は他の集光部材から射出された光が入射しない位置に配置されていてもよい。

[0019] 本発明の一態様における太陽電池モジュールは、前記導光部材の前記第 2 端面から射出された光を受光する第 2 太陽電池素子と、をさらに備え、前記複数の集光部材のうちの少なくとも一つの集光部材が異なる 2 方向に光を射出し、前記集光部材から射出される光を伝播させる前記導光部材が、前記光を前記第 1 端面側と前記第 1 端面に対向する第 2 端面側との 2 方向に伝播させてもよい。

[0020] 本発明の一態様における太陽電池モジュールは、前記導光部材から射出される光が入射される入射端面の面積よりも光が射出する射出端面の面積が小さく、側面がテーパ状の導光体を備え、前記導光体の射出端面に前記太陽電池素子が設けられていてもよい。

[0021] 本発明の一態様における太陽電池モジュールは、前記集光部材および前記導光部材を構成する材料が 400 nm 以下の波長の光に対して透過性を有し

てもよい。

[0022] 本発明の一態様における太陽光発電装置は、上記太陽電池モジュールを備えていてもよい。

発明の効果

[0023] 本発明の態様によれば、集光効率を確保することで高い発電効率を得られ、安価で薄型の構成を有する太陽電池モジュールとこれを用いた太陽光発電装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0024] [図1]本発明の第1の実施形態の太陽電池モジュールを示す斜視図である。

[図2A]本発明の第1の実施形態の太陽電池モジュールを示す側面図である。

[図2B]本発明の第1の実施形態の太陽電池モジュールの要部の拡大図である。

[図3A]太陽電池モジュールにおける各種の光進行方向変更部を説明するための図である。

[図3B]太陽電池モジュールにおける各種の光進行方向変更部を説明するための図である。

[図3C]太陽電池モジュールにおける各種の光進行方向変更部を説明するための図である。

[図4A]従来の導光板を示す側面図である。

[図4B]従来の導光板の光進行方向変更部の形状および寸法を説明するための図である。

[図5]導光板のサイズと導光板端面への光の到達率との関係を示すグラフである。

[図6]1つの集光導光ユニットを示す側面図である。

[図7A]集光導光ユニット材料の透過率特性を示すグラフである。

[図7B]集光導光ユニット材料の透過率特性を示すグラフである。

[図8]本発明の第2の実施形態の太陽電池モジュールを示す側面図である。

[図9]本発明の第3の実施形態の太陽電池モジュールを示す側面図である。

[図10]本発明の第3の実施形態の変形例の太陽電池モジュールを示す側面図である。

[図11]本発明の第3の変形例の比較例となる太陽電池モジュールの側面図である。

[図12]本発明の第4の実施形態の太陽電池モジュールの斜視図である。

[図13A]本発明の第4の実施形態の太陽電池モジュールの側面図である。

[図13B]本発明の第4の実施形態の太陽電池モジュールの要部の拡大図である。

[図13C]本発明の第4の実施形態の太陽電池モジュールの要部の拡大図である。

[図14]本発明の一実施形態の太陽光発電装置を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0025] [第1実施形態]

以下、本発明の第1実施形態について、図1～図7Bを用いて説明する。

図1は、本実施形態の太陽電池モジュール1を示す斜視図である。図2Aは太陽電池モジュール1の側面図、図2Bは図2Aの符号Aの円内の拡大図である。図3A～図3Cは、太陽電池モジュール1における各種の光進行方向変更部を説明するための図である。図4Aは従来の導光板を示す側面図、図4Bは導光板の光進行方向変更部の形状および寸法を説明するための図である。図5は、導光板のサイズと導光板端面への光の到達率との関係を示すグラフである。図6は、本実施形態の太陽電池モジュールの1つの集光導光ユニットを示す側面図である。図7Aおよび図7Bは、集光導光ユニット材料の透過率特性を示すグラフである。

なお、以下の図面においては各構成要素を見やすくするため、構成要素によって寸法の縮尺を異ならせて示すことがある。

[0026] 本実施形態の太陽電池モジュール1は、図1に示すように、複数の集光導光ユニット2と、太陽電池素子3と、を備えている。この太陽電池モジュール1は、複数の集光導光ユニット2から採り入れた光を太陽電池素子3に導

き、太陽電池素子 3 において光電変換し、電気エネルギーとして取り出す機能を有している。本実施形態では、一例として 10 個の集光導光ユニットを用いているが、図 1 ではその一部のみを図示し、残りの図示は省略している。

[0027] 本実施形態の場合、集光導光ユニット 2 は、外部から太陽光を採り込むための集光部 4（集光部材）と、集光部 4 により取り込まれた光を太陽電池素子 3 に導くための導光部 5（導光部材）とを有している。集光部 4 と導光部 5 は、一体となった板状部材として構成されている。集光導光ユニット 2 を構成する板状部材は、その板厚方向（図 1 の z 軸方向）から見たときの平面形状が矩形状である。1 つの集光導光ユニット 2 を板厚方向から見たとき、集光導光ユニット 2 の輪郭をなす矩形の対向する 2 辺のうち、一方の辺に沿う帯状の領域が集光部 4 を構成し、その他の領域が導光部 5 を構成し、他方の辺に沿って太陽電池素子 3 が配置されている。なお、集光導光ユニット 2 のうち、後述する光進行方向変更部 7 が形成された部分までを集光部 4 と定義し、残りの平板部分を導光部 5 と定義する。

[0028] 以下、説明の便宜上、集光部 4 の外面のうち、光を入射させる面（図 1 における x y 平面に平行な面）を第 1 主面 4 a、第 1 主面 4 a と対向する面であって光進行方向変更部が設けられた面を第 2 主面 4 b、と称する。同様に、導光部 5 の外面のうち、光入射側に位置する面（集光部 4 の第 1 主面 4 a と連続する面）を第 1 主面 5 a、第 1 主面 5 a と対向する面（集光部 4 の第 2 主面 4 b と連続する面）を第 2 主面 5 b、と称する。また、太陽電池素子 3 が設けられた側の導光部 5 の端面を第 1 端面 5 c と称する。本実施形態では、集光部 4 と導光部 5 とが一体となっているため、導光部 5 において第 1 端面 5 c と対向する面は実在しないが、説明の都合によっては集光部 4 と導光部 5 との境界となる仮想的な平面のことを第 2 端面と称することもある。

[0029] 集光導光ユニット 2 を構成する板状部材の材料としては、例えばアクリル樹脂、ポリカーボネート樹脂、ガラスなどの透明性の高い有機材料や無機材料を用いることができるが、これらに限定されるものではない。より具体的

には、例えばアクリル樹脂の一種であるポリメチルメタクリレート（Poly-methyl methacrylate、以下、PMMAと略記する）を用いることができる。この場合、集光導光ユニット2の屈折率は約1.5となる。このような樹脂材料を用いる場合、例えば金型を用いた樹脂の熱間押し出し成型によって集光導光ユニット2を作製することができる。

[0030] 集光導光ユニット2を構成する板状部材の材料は、400nm以下の波長の光に対して透過性を有することが望ましい。

図7Aは、一般のアクリル樹脂の透過率特性を示したグラフであり、図7Bは、本実施形態で好ましい材料の透過率特性を示したグラフである。各グラフの横軸は波長[nm]、縦軸は透過率[%]である。

より具体的には、図7Bに示すように、集光導光ユニット2の透過率曲線において低波長側で透過率が低下し始める波長が360nm～370nm以下であることが望ましい。

具体的な材料としては、PMMA樹脂のうち、例えば、三菱レイヨン社製XY-0159、XY-0284（商品名）、シリコン樹脂（基本的に紫外光に吸収なし）、石英基板などが挙げられる。

[0031] 太陽光スペクトルにおいて紫外光（特に400nm以下）は全体の光量の10%程度を占める。集光導光ユニット2に用いる材料としては、PMMA（アクリル樹脂）やPC（ポリカーボネート）などの樹脂材料やガラスが用いられる。しかしながら、図7Aに示すように、樹脂やガラスの中には紫外線を吸収してしまうものも多い。また、最近では耐光性の向上のためにこれらの材料の中に紫外線吸収剤を混入させ、紫外光を吸収させているものもある。この種の材料を用いた場合、紫外線に当たる10%の太陽光は集光導光ユニット2内で吸収され、端面に到達させることはできない。このような部材のロスが太陽光を有効利用するに当たっては大きなロスになる。そこで、紫外領域に対して吸収の少ない材料を用いることが端面集光の高効率化に有用である。

[0032] 図2Aに示すように、複数の集光導光ユニット2は板厚方向に積層されて

配置されている。複数の集光導光ユニット2は、図2Aでは図面を見易くするため、所定の間隔を開けて描いてあるが、実際には密着させて配置することが望ましい。複数の集光導光ユニット2を密着させて配置すれば、太陽電池モジュール1をより薄型化できる。また、隣接する集光導光ユニット2間の隙間に塵埃等が入り込むことを防止できる。複数の集光導光ユニット2の導光部5の第1端面5cは同一平面上に揃うように配置されており、これらの第1端面5cに接するように太陽電池素子3が設置されている。各集光導光ユニット2と太陽電池素子3とは、図2Aでは図面を見易くするため、僅かな間隔を開けて描いてあるが、実際には密着させて配置することが望ましい。その場合、集光導光ユニット2と太陽電池素子3とは、光学接着剤等により直接固定されていても良い。また、集光導光ユニット2と太陽電池素子3とは、直接固定されておらず、双方をフレーム等に収容することで位置が固定される構成であっても良い。

[0033] 複数の集光導光ユニット2は、光入射側から見て奥側（図2Aの下側）から手前側（図2Aの上側）に向けて、光伝播方向（y軸方向）の寸法が順次小さくなっている。ただし、集光部4の形状および寸法は複数の集光導光ユニット2にわたって全て同一である。導光部5の光伝播方向（y軸方向）の寸法は、光入射側から見て奥側（図2Aの下側）から手前側（図2Aの上側）に向けて順次小さくなっている。また、集光部4の板厚（z軸方向の寸法）に対して導光部5の板厚（z軸方向の寸法）が薄く形成されており、集光部4のうち、導光部5寄りの部分は導光部5に向けて板厚が徐々に薄くなるテーパ部6となっている。

[0034] 各部の寸法の一例として、集光部4の光伝播方向の寸法 L_a が10cm、集光部4の板厚 t_a が10mm、導光部5の板厚 t_b が3mm、テーパ部6の光伝播方向（y軸方向）の寸法 L_t が1cm、である。また、光入射側から見て最も奥側（図2Aの最下段）の集光導光ユニット2における導光部5の光伝播方向の寸法 L_{b1} が90cm、光入射側から見て奥から2番目（図2Aの下から2段目）の集光導光ユニット2における導光部5の光伝播方向

の寸法 L_b が 80 cm、…というように、複数の集光導光ユニット 2 は、光入射側から見て奥側から手前側に向けて、導光部 5 の光伝播方向の寸法が 10 cm（集光部 4 の光伝播方向の寸法 L_a 分）ずつ短くなっている。そのため、光入射側から見て最も手前側（図 2 A の最上段）の集光導光ユニット 2 だけは導光部 5 を有しておらず、集光部 4 が太陽電池素子 3 に直接接合された構成となっている。以上の構成により、複数の集光導光ユニット 2 を光入射側から見たとき、複数の集光部 4 の第 1 主面 4 a が異なる位置に配置され、複数の集光部 4 の複数の第 1 主面 4 a によって太陽電池モジュール 1 の光照射面が構成されることになる。

[0035] 集光部 4 の第 2 主面 4 b には光進行方向変更部 7 が形成されている。集光部 4 の第 1 主面 4 a に入射した光は、第 2 主面 4 b に設けられた光進行方向変更部 7 で反射してその進行方向を変え、導光部 5 の方向に向けて進行する。光進行方向変更部 7 は、集光部 4 の第 2 主面 4 b に形成された断面形状が三角形の複数の溝 8 から構成されている。各溝 8 は光伝播方向と直交する方向（図 2 A の x 軸方向）に沿って集光部 4 の一端から他端まで延びている。光進行方向変更部 7 は、集光導光ユニット 2 を構成する板状部材の表面が加工され、集光部 4 と一体に形成されている。光進行方向変更部 7 は、例えば集光導光ユニット 2 を作製する際の金型に溝 8 の形状を反転させた凸形状を予め設けておくことにより、集光導光ユニット 2 を作製する際に同時に形成することができる。あるいは、集光導光ユニット 2 を作製した後、平坦な集光導光ユニット 2 の第 2 主面を切削加工して形成しても良い。

[0036] 本実施形態の場合、複数の溝 8 は、図 2 B に示すように、形状、寸法、ピッチ等が全て同一であり、連続して形成されている。すなわち、集光部 4 の第 2 主面 4 b には平坦面は存在しない。しかしながら、例えば集光導光ユニット 2 を介して観察者と反対側にあるものを見たいという要求があるような場合には、所定の間隔を空けて複数の溝 8 を形成し、溝 8 間に平坦面を設けた構成としても良い。その構成とすれば、平坦面では光が透過するため、集光導光ユニット 2 を介して観察者と反対側にあるものを見ることができる。

また、複数の溝 8 の形状、寸法、ピッチ等は意図的に異ならせても良い。

[0037] 各溝 8 の断面形状は三角形であると説明したが、より詳細には、図 2 B に示すように、集光導光ユニット 2 をその長手方向である $y-z$ 平面に沿って切断したときの各溝 8 の断面形状は直角三角形である。すなわち、光進行方向変更部 7 を構成する各溝 8 は、各溝 8 の開口端を通る仮想平面 X（第 1 主面 4 a に平行な平面）に対して垂直な垂直面 V と、仮想平面 X に対して傾斜した傾斜面 T と、からなっている。傾斜面 T は、仮想平面 X に対して所定の傾斜角 θ_2 をなしており、第 1 主面 4 a から入射した光を反射（全反射）させる反射面として機能する。したがって、光進行方向変更部 7 に入射した光は、複数の傾斜面 T で反射し、導光部 5 側に向けて伝播される。

[0038] 具体的には、一例として、溝 8 の幅（光伝播方向（ y 軸方向）の寸法（＝ピッチ）） l を $100\ \mu\text{m}$ 、溝 8 の深さ（板厚方向（ z 軸方向）の寸法） h を $90\ \mu\text{m}$ 、傾斜面 T の傾斜角 θ_2 を 42 度、とする。集光導光ユニット 2 の屈折率を 1.5 、空気の屈折率を 1.0 、とすると、Snell の法則より、集光導光ユニット 2 と空気との界面における臨界角は約 41 度となる。ここで、集光部 4 の第 1 主面 4 a に対して太陽光が垂直に入射したとすると、傾斜面 T への光の入射角は 42 度となるため、入射角が臨界角以上となり、光は傾斜面 T で全反射する。一方、垂直面 V には光は入射しない。したがって、光進行方向変更部 7 に垂直に入射した光の全てが傾斜面 T で全反射する。ここでは、集光部 4 の第 1 主面 4 a に対して太陽光が垂直に入射すると想定し、傾斜面 T の傾斜角 θ_2 を 42 度としたが、集光導光ユニット 2 に入射する太陽光の入射角範囲において、光が傾斜面 T で全反射する角度条件を満たすように傾斜面 T の傾斜角 θ_2 を設定すれば良い。

[0039] 上述した通り、集光部 4 の第 2 主面 4 b には複数の溝 8 からなる光進行方向変更部 7 が形成されているのに対し、導光部 5 の第 1 主面 5 a および第 2 主面 5 b には形状加工が施されていない。すなわち、導光部 5 の第 1 主面 5 a および第 2 主面 5 b は、ともに平坦であって互いに平行な面である。集光部 4 から導光部 5 に入ってきた光は、第 1 主面 5 a と第 2 主面 5 b との間で

全反射を繰り返しながら太陽電池素子 3 が設けられた第 1 端面 5 c に向けて進行する。このとき、導光部 5 の第 1 主面 5 a と第 2 主面 5 b とはともに平坦で互いに平行な面であるから、光が全反射を何回繰り返しても、導光部 5 の第 1 主面 5 a および第 2 主面 5 b に対する入射角は変わらない。すなわち、第 2 端面 5 d から第 1 端面 5 c まで導光部 5 内を光が伝播する間、導光部 5 の第 1 主面 5 a および第 2 主面 5 b における光の全反射条件が維持されている。

[0040] 太陽電池素子 3 としては、公知のものを使用することができ、例えばアモルファスシリコン太陽電池、多結晶シリコン太陽電池、単結晶シリコン太陽電池、化合物系太陽電池等を用いることができる。特に本実施形態の場合、化合物系太陽電池を用いることが望ましい。シリコン系太陽電池では 10～20% 程度の変換効率しか得られないのに対し、化合物系太陽電池を用いると例えば 40% の変換効率を得られる。太陽電池素子 3 の形状および寸法は、複数の集光導光ユニット 2 における複数の導光部 5 の第 1 端面 5 c からなる平面内に収まる形状および寸法であれば特に限定されることはない。本実施形態の場合、一例として、導光部 5 の板厚が 3 mm の集光導光ユニット 2 を 10 枚積層しているため、集光導光ユニット 2 の積層方向（図 2 A の z 軸方向）の太陽電池素子 3 の寸法は 3 cm 程度で良い。光伝播方向と直交する方向（図 2 A の x 軸方向）の太陽電池素子 3 の寸法は 1 m である。

[0041] 本実施形態の太陽電池モジュール 1 は、各集光導光ユニット 2 が集光部 4 と導光部 5 とを有しており、光伝播方向の寸法は、最も長い集光導光ユニット 2 で集光部 4 が 10 cm、導光部 5 が 90 cm というように、集光部 4 に対して導光部 5 が十分に長い。したがって、集光部 4 によって集光導光ユニット 2 の内部に採り込まれた光は、導光部 5 の内部を長い距離伝播される。また、集光部 4 には太陽光を内部に採り込むための光進行方向変更部 7 が設けられる。一方、導光部 5 においては集光部 4 から太陽電池素子 3 に到るまでの光の入射角が変化せず、全反射条件が維持されている。したがって、光が集光部 4 の内部に採り込まれた後、導光部 5 の内部を長い距離伝播された

としても、伝播中に集光導光ユニット 2 の外部に漏れ出る光の量を極力減らすことができる。

[0042] すなわち、本実施形態の場合、特許文献 1, 2 に記載された従来の太陽電池のように光が導光部内を伝播される間に進行方向が変わり、導光部内の全反射条件を破り、導光部の外部に漏れ出る確率を低くできる。これにより、集光効率が十分に確保され、発電効率に優れた太陽電池モジュールを実現することができる。

[0043] また、本実施形態によれば、導光部 5 の板厚を薄くできるとともに、各集光導光ユニット 2 の集光部 4 が平面的に異なる位置に配置されるため、集光導光ユニット 2 を複数枚積層した構造であっても、全体として薄型の太陽電池モジュール 1 を実現することができる。また、複数の集光導光ユニット 2 全体としての光照射面積は 1 m^2 を確保できるのに対し、太陽電池素子 3 の大きさは集光導光ユニット 2 の端面部分の面積、例えば $3 \text{ cm} \times 1 \text{ m}$ で済む。そのため、一面に太陽電池を敷き詰めた従来の太陽電池モジュールに比べて太陽電池素子 3 を十分に小型化でき、製造コストの削減を図ることができる。また、太陽電池素子 3 の大きさを変えことなく、集光導光ユニット 2 の大きさを適宜設計変更できるため、太陽電池モジュール 1 の大型化を実現し易い。逆に言えば、太陽電池素子 3 を従来に比べて小型化できるため、例えば化合物系太陽電池素子を太陽電池素子 3 として使用でき、発電効率をより向上させることができる。

[0044] ところで、光進行方向変更部 10 は、例えば以下のような形状のものが考えられる。一つの光進行方向変更部 10 は、図 3 A に示すように、断面形状が不等辺三角形形状の複数の溝 11 を有している。この場合、導光板 12 の第 2 主面 12 b 側の仮想平面 X に対して大きい傾斜角 $\theta 2$ を有する第 1 傾斜面 T1 が、入射した光 L1 を反射させて太陽電池素子 3 側に導く反射面として機能する。第 1 傾斜面 T1 よりも傾斜角 $\theta 1$ が小さい第 2 傾斜面 T2 は全反射条件を満たしておらず、第 2 傾斜面 T2 に入射した光 L2 は透過する。図 3 B に示す他の光進行方向変更部 14 は、本実施形態と同様、断面形状が直

角三角形形状の複数の溝 15 が連続して形成されている。この場合、導光板 16 の第 1 主面 16 a から入射した光 L 1 の略全てを導光に寄与させることができる。図 3 C に示すさらに他の光進行方向変更部 18 は、断面形状が直角三角形形状の複数の溝 15 が導光板 19 の第 2 主面 19 b に所定の間隔をおいて形成され、隣接する溝間は平坦面 F となっている。この場合、平坦面 F に入射した光 L 2 はそのまま透過する。図 3 A、図 3 C に示した光進行方向変更部 10, 18 を本実施形態に適用しても良い。

[0045] 太陽電池モジュールにおいて、建物の屋根への設置、平地への設置等、設置形態に係わらず、実用的な電力量を得るためには概略 1 m^2 以上の光入射面積が必要となるのが実情である。図 3 A～図 3 C に示すように、導光板 12, 16, 19 の端面に設けた太陽電池素子 3 に集光するタイプの太陽電池モジュールでは、高効率の発電を実現するために、変換効率の高い化合物系太陽電池素子を用いることが考えられる。ところが、化合物系太陽電池素子の価格はシリコン系太陽電池素子の価格の 100 倍以上であるため、コスト低減のためには、採り込んだ光を効率良く太陽電池素子に集めること、太陽電池素子の設置面積を小さくすることが求められる。以上のことから、入射光を 1 m 程度導光させることを想定した導光板が必要になる。

[0046] しかしながら、図 3 A～図 3 C に示す導光板 12, 16, 19 の場合、導光板内で光が全反射を繰り返すうちに、後段の溝部に再度入射して導光の角度が変化する場合がある。すると、導光板の第 1 主面および第 2 主面への入射角が臨界角よりも小さくなって光の全反射条件を満たさなくなり、図 3 B に示すように、光 L o が導光板 16 の外部に漏れ出てしまう。その光 L o はもはや端面の太陽電池素子 3 には到達しない。例えば図 3 B の導光板 16 と図 3 C の導光板 19 とを比べると、図 3 C の導光板 19 では、溝 15 と溝 15 との間隔が空いている分だけ光が後段の溝 15 に再入射する割合が減り、全反射条件が破れるまでの導光可能距離が図 3 B の導光板 16 よりも多少長くなる。それでも、光が導光板内を数十 cm 程度進むと、略全ての光が端面まで到達できない。

[0047] ここで、本発明者らは、平面形状が正方形の導光板を想定し、導光板の1辺のサイズを変えたときの導光板端面への光の到達率を求めるシミュレーションを行った。シミュレーションの条件として、図4Bに示すように、導光板21の板厚 t を3mm、溝22の幅 l を $119\mu\text{m}$ 、溝22間の間隔 s を $0\mu\text{m}$ 、溝22の深さ h を $111\mu\text{m}$ 、溝22の垂直面 V と第2主面側の仮想平面 X とのなす角度 θ_1 を90度、溝22の傾斜面 T と仮想平面 X とのなす角度 θ_2 を43度、とした。すなわち、シミュレーションの対象とした導光板21は、図4Aに示すように、溝22と溝22との間隔が0、すなわち全面に溝22が形成されたものであり、第2主面21bに平坦面が存在しない。また、光は導光板21の第1主面21aに対して垂直に入射するものとした。

[0048] 図5は、図4Aに示す導光板21の1辺のサイズ L と導光板端面への光の到達率との関係を示すグラフである。図5の横軸は導光板の1辺のサイズ(mm)であり、縦軸は導光板端面への光の到達率(%)である。なお、「導光板端面への光の到達率(以下、端面到達率と略記する)」とは、導光板の第1主面に照射した光の全量に対する導光板端面に到達した光の量の割合である。図5から判るように、導光板のサイズを10cm(100mm)とすると、入射光のうちの略15%の光が導光板端面に到達するが、導光板のサイズを1m(1000mm)とすると、入射光のうちの僅か2%程度の光しか導光板端面に到達しない。これでは効率の良い集光、発電を実現することができない。

[0049] 光進行方向変更部10を構成する溝の形状に応じて上記の端面到達率の値は変化する。上記実施形態の具体例に合わせて、溝の幅 l を $100\mu\text{m}$ 、溝間の間隔 s を $0\mu\text{m}$ 、溝の深さ h を $90\mu\text{m}$ 、傾斜面 T と仮想平面 X とのなす角度 θ_2 を42度に代えてシミュレーションを行うと、導光板のサイズが1mのときの端面到達率は約4%となる。このように、到達率の絶対値は条件によって変わるものの、導光距離が長くなるにつれて到達率が急激に低下するという傾向は変わらない。

- [0050] これに対して、図6に示すような本実施形態の1つの集光導光ユニット2を取り出して同様のシミュレーションを行った結果、集光部4の第1主面4aに照射した光のうちの略35%の光が、集光部4を経て導光部5の第1端面5cに到達することが判った。本実施形態の場合、光が一旦導光部5に入射すると、導光部5内では全反射条件を乱す要因がないため、外部に漏れ出る光はなく、導光部5の第2端面5dに到達した略35%の光がそのまま導光部5の第1端面5cに到達することが判った。
- [0051] 上述したように、本実施形態の場合、1つの集光導光ユニット2において集光部4に入射させた光のうちの略35%の光が導光部5の第1端面5cに到達する。ここで、太陽電池モジュール1全体では10枚の集光導光ユニット2を備えており、各集光導光ユニット2が略35%の光を導光部5の第1端面5cまで到達させることができる。したがって、10枚の集光導光ユニット2全体としても、1m²の照射面積を有する太陽電池モジュール1に照射された光のうちの略35%の光が太陽電池素子3まで到達する。これに対し、光進行方向変更部を構成する溝22を全面に形成した比較例の導光板21（図4A参照）においては端面到達率が4%であるから、本実施形態の構成を採用することで比較例の略9倍の集光効率を実現することができる。
- [0052] さらに本実施形態の場合、太陽電池素子3の大きさが10枚の集光導光ユニット2の端面の面積分で済み、例えば3cm×1mの大きさで良い。したがって、1m²の照射領域に太陽電池素子を敷き詰める場合に比べて、太陽電池素子3の大きさを約1/33に低減できる。汎用品として用いられる変換効率13%の結晶シリコン太陽電池を1m²の照射領域の全面に敷き詰めた比較例の場合、1m²の設置面積で130Wの発電が可能である。これに対して、本実施形態の場合、変換効率40%の化合物系太陽電池を3cm×1mの領域に設置したとすると、設置面積が比較例の1/33と小さいながらも135Wの発電が可能である。このように、本実施形態の構成では、小型の太陽電池素子を用いても比較例と比べて同等以上の発電量を得ることができる。

[0053] 一方、 1 m^2 の照射領域の全面に化合物系太陽電池を敷き詰めたとすると、 4000 W の発電量が得られるが、化合物系太陽電池は高価であるため、 1 m^2 の照射領域の全面に化合物系太陽電池を敷き詰めることは製造コストを考慮すると困難である。したがって、本実施形態によれば、高価である反面、高い変換効率を誇る化合物系太陽電池素子を少量使用することによって、製造コストと発電量とを両立させた太陽電池モジュールを実現することができる。

[0054] [第2実施形態]

以下、本発明の第2実施形態について、図8を用いて説明する。

本実施形態の太陽電池モジュールの基本構成は第1実施形態と同様であり、ホモジナイザー26を付加した点が第1の実施形態と異なる。

図8は本実施形態の太陽電池モジュール25を示す側面図である。

なお、図8において、第1の実施形態で用いた図2Aと共通の構成要素には同一の符号を付し、その説明は省略する。

[0055] 本実施形態の太陽電池モジュール25においては、図8に示すように、複数の集光導光ユニット2と太陽電池素子3との間にホモジナイザー26（導光体）が装入されている。

ホモジナイザー26は、光を入射させる入射端面26aの面積よりも光を射出させる射出端面26bの面積が小さい。ホモジナイザー26は、入射端面26aおよび射出端面26bに対して傾斜した側面26cを有するテーパ状の導光体である。ホモジナイザー26は、入射端面26aが複数の集光導光ユニット2の導光部5の第1端面5cと対向し、射出端面26bが太陽電池素子3の受光面と対向する。ホモジナイザー26は、複数の集光導光ユニット2と太陽電池素子3との間に配置されている。この構成により、各集光導光ユニット2に入射した光は、導光部5の第1端面5cからホモジナイザー26に入射され、ホモジナイザー26の内部を通過して太陽電池素子3に到達する。ホモジナイザー26は、入射端面26aから入射した光を側面26cで全反射させつつ伝播させることで光をさらに集束させて太陽電池素子3

に導くとともに、太陽電池素子 3 の受光面における光の強度を均一化する機能を有している。

[0056] ホモジナイザー 26 の寸法の一例としては、入射端面 26 a 側の複数の集光導光ユニット 2 の積層方向（図 8 の z 軸方向）の寸法が 3 cm、射出端面 26 b 側の複数の集光導光ユニット 2 の積層方向の寸法が 5 mm、である。したがって、本実施形態の太陽電池素子 3 として、5 mm×1 m の大きさの太陽電池を用いれば良く、第 1 の実施形態よりも更に小型化できる。ホモジナイザー 26 は例えば PMMA 等の樹脂材料から構成されている。

また、ホモジナイザー 26 の側面 26 c は樹脂材料が外面に露出した状態でも良いし、反射板が設けられていても良い。

[0057] 本実施形態においても、集光効率を確保することで高い発電効率を得られ、安価で薄型の構成を有する太陽電池モジュールを実現できるといった第 1 の実施形態と同様の効果が得られる。

[0058] また、本実施形態の場合、ホモジナイザー 26 によって各集光導光ユニット 2 から射出された光が集光されるため、太陽電池素子 3 の大きさを第 1 実施形態よりもさらに小さくでき、製造コストの更なる低減が図れる。また、集光導光ユニット 2 から射出された光がホモジナイザー 26 の内部を伝播する間に強度が均一化されるため、太陽電池素子 3 の受光面内のいずれの位置にも強度が均一な光が入射される。これにより、太陽電池素子 3 の発電量を安定化させることができる。仮に太陽電池素子 3 の受光面に光が不均一に入射すると、発電量の分布が生じ、所望の発電量が得られない虞がある。そこで、所望の発電量を安定して得るためにホモジナイザー 26 が有効である。

[0059] [第 3 実施形態]

以下、本発明の第 3 実施形態について、図 9 を用いて説明する。

本実施形態の太陽電池モジュール 30 の基本構成は第 1 の実施形態と同様であるが、集光部と導光部とが別体に構成されている点と導光部の形態とが第 1 の実施形態と異なっている。

図 9 は本実施形態の太陽電池モジュール 30 を示す側面図である。

なお、図9において、第1の実施形態で用いた図面と共通の構成要素には同一の符号を付し、その説明は省略する。

[0060] 第1実施形態の太陽電池モジュール1においては、集光導光ユニットを構成する集光部と導光部とが一体の板状部材で構成されている。これに対して、本実施形態の太陽電池モジュール30においては、集光導光ユニットを構成する集光部材と導光部材とが別体の板状部材で構成されている。すなわち、本実施形態の太陽電池モジュール30は、図9に示すように、複数の集光部材31と1つの導光部材32とからなる集光導光ユニット33と、太陽電池素子3と、を備えている。集光部材31は第1実施形態の集光部4が導光部5から切り離された点が第1実施形態と異なり、光進行方向変更部7を含む構成自体は第1実施形態の集光部4と変わらない。本実施形態では、一例として10個の集光部材31を用いているが、図9ではその一部のみを図示し、残りの図示は省略している。

[0061] より詳細には、集光部材31の光進行方向変更部7を構成する複数の溝8は、集光部材31の第2主面31bの一端から他端まで形成されているのではなく、第2主面31bのうち、導光部材32に接合される側の端部には形成されていない。複数の溝8が形成されていない部分（以下、首部34と称する）の第1主面34aと第2主面34bはともに平坦で互いに平行な面である。言い換えると、本実施形態の集光部材31を、第1実施形態の集光部4を導光部5から切り離したものと考えると、本実施形態の集光部材31は、第1実施形態の集光部4の一端に僅かな導光部5を残して切り離したものであることができる。この場合、集光部材31の第1主面31aから採り込まれた光は首部34の端面34cから射出されるため、首部34の端面34cは光の射出端面であり、導光部材32との接合面でもある。集光部材31の一端にこのような首部34を設けたことにより、集光導光ユニット33の作製時に集光部材31と導光部材32との接合作業が行い易くなる。しかしながら、必ずしも首部34を設けなくても良い。

[0062] 一方、導光部材32は、複数の集光部材31に対して共通に設けられた1

つの板状部材から構成されている。導光部材 3 2 は、太陽電池素子 3 が設けられる第 1 端面 3 2 c は平坦面であり、第 2 端面側には段差が形成されている。第 2 端面側には、第 1 端面 3 2 c からの距離が異なる位置に複数の集光部材 3 1 と同数の第 2 端面 3 2 d が形成されている。そして、複数の集光部材 3 1 の各々が導光部材 3 2 の複数の第 2 端面 3 2 d の各々に接合材 3 5 を介して接合されている。集光部材 3 1 や導光部材 3 2 の構成材料は第 1 実施形態と同様のものが使用可能である。集光部材 3 1 と導光部材 3 2 の構成材料は異なっても良いが、同じであることが望ましく、例えば PMMA を用いることができる。また、接合材 3 5 としては例えば紫外線硬化樹脂等を用いることができる。集光部材 3 1、導光部材 3 2、接合材 3 5 の屈折率は揃えることが望ましい。

なお、本実施形態では、導光部材 3 2 は、複数の集光部材 3 1 に対して共通に設けられた 1 つの板状部材から構成されているが、導光部材 3 2 の構成はこれに限定されない。例えば、複数の集光部材 3 1 をいくつかのグループに分け、そのグループ毎に共通に設けられた導光部材 3 2 が設けられていてもよい。具体的には、集光部材 3 1 が 9 個の場合、3 個の集光部材 3 1 に対して共通に設けられた導光部材 3 2 が 3 個設けられていてもよい。

[0063] 本実施形態の場合、導光部材 3 2 が複数の集光部材 3 1 で共有されているため、全ての集光部材 3 1 から採り込まれた光が同じ導光部材 3 2 の内部を伝播することになる。導光部材 3 2 の形状は、第 1 実施形態と異なり、第 2 端面 3 2 d 側に段差を有しているが、導光部材 3 2 の第 2 主面 3 2 b と各段の第 1 主面 3 2 a は全て平坦な面であって互いに平行な面である。また、導光部材 3 2 の各集光部材 3 1 との接合面は第 1 主面 3 2 a および第 2 主面 3 2 b に垂直な第 2 端面 3 2 d である。したがって、1 つの集光部材 3 1 から太陽電池素子 3 まで導光部材 3 2 の内部を光が伝播する間、当該光が他の集光部材 3 1 と導光部材 3 2 との接合面に入射することはない。以上により、第 1 実施形態と同様、各第 2 端面 3 2 d から第 1 端面 3 2 c まで導光部材 3 2 の内部を光が伝播する間、第 1 主面 3 2 a および第 2 主面 3 2 b に対する

光の入射角は変化せず、導光部材 3 2 の第 1 主面 3 2 a および第 2 主面 3 2 b における光の全反射条件が維持されている。

[0064] 本実施形態においても、集光効率を確保することで高い発電効率を得られ、安価で薄型の構成を有する太陽電池モジュールを実現できるといった第 1、第 2 の実施形態と同様の効果が得られる。

[0065] 本発明者らがシミュレーションを行った結果、本実施形態の構成においても、集光部材 3 1 の第 1 主面 3 1 a に入射させた光のうちの略 3 5 % の光が導光部材 3 2 の第 1 端面 3 2 c に到達することが判った。本実施形態の場合も、光が一旦導光部材 3 2 に入射すると、導光部材 3 2 の内部に全反射条件を破る要因を有していないため、外部に漏れ出る光はなく、導光部材 3 2 の各第 2 端面 3 2 d に到達した略 3 5 % の光がそのまま第 1 端面 3 2 c に到達し、太陽電池素子 3 に導かれることが判った。これに対し、光進行方向変更部を構成する溝 2 2 を全面に形成した比較例の導光板 2 1（図 4 A 参照）においては端面到達率が 4 % であるから、本実施形態の構成を採用することで比較例の略 9 倍の集光効率を実現することができた。

[0066] [第 3 実施形態の変形例]

第 3 実施形態の場合、集光部材 3 1 に入射した光が、第 1 主面 3 1 a および第 2 主面 3 1 b に直交する首部 3 4 の端面 3 4 c から射出される構成となっていた。これに対して、図 10 に示す本変形例の太陽電池モジュール 4 0 のように、集光部材 4 1 の第 2 主面 4 1 b の一端に光進行方向変更部 7 を構成する複数の溝 8 を形成しない領域 4 1 z を設け、この領域 4 1 z から光が射出される構成としてもよい。この場合、集光部材 4 1 の第 2 主面 4 1 b 側の領域 4 1 z が光の射出端面となり、導光部材 4 2 との接合面となる。導光部材 4 2 には段差が設けられているが、第 3 実施形態と異なり、第 1 主面 4 2 a および第 2 主面 4 2 b に直交する第 2 端面 4 2 d に集光部材 4 1 が接合されているのではなく、段差部 4 2 x の第 1 主面 4 2 a 側に接合材 3 5 を介して集光部材 4 1 が接合されている。

[0067] また、集光導光ユニット 4 3 を光入射側から見たとき、太陽電池素子 3 か

ら最も遠い位置にある集光部材 4 1 と導光部材 4 2 との接合部を除いて、太陽電池素子 3 寄りの他の集光部材 4 1 と導光部材 4 2 との接合部と重なる位置では導光部材 4 2 に切り込み 4 2 f が形成されている。このような切り込み 4 2 f が形成されたことにより、集光部材 4 1 と導光部材 4 2 との接合部と重なる位置にはその下段の第 1 主面 4 2 a が存在しており、全反射が生じる導光路に接合部が面していない。したがって、太陽電池素子 3 寄りの集光部材 4 1 と導光部材 4 2 との接合部の近傍は、その集光部材 4 1 よりも太陽電池素子 3 から遠い位置にある集光部材 4 1 から採り込まれた光が入射せず、当該光の伝播には寄与しない領域となっている。

[0068] このように、集光部材 4 1 の第 2 主面 4 1 b の一部を導光部材 4 2 との接合面とした場合、例えば図 1 1 に示すように、導光部材 4 5 を単なる平板とし、導光部材 4 5 の一面に集光部材 4 1 を接合する構成も考えられる。しかしながら、この構成では、太陽電池素子 3 から遠い位置にある集光部材 4 1 から採り込まれた光が導光部材 4 5 の内部で伝播される際、太陽電池素子 3 寄りの他の集光部材 4 1 と導光部材 4 5 との接合部に光が入射することが十分考えられる。すると、この接合部に入射した光 L は全反射することなく、集光導光ユニット 4 6 の外部に漏れ出てしまい、導光部材 4 5 の端面まで到達できない。

[0069] これに対して、本変形例の構成によれば、太陽電池素子 3 から遠い位置にある集光部材 4 1 から採り込まれた光が導光部材 4 2 の内部で伝播される際、太陽電池素子 3 寄りの集光部材 4 1 と導光部材 4 2 との接合部に光が入射することがない。よって、集光効率の高い太陽電池モジュールを実現することができる。

[0070] [第 4 実施形態]

以下、本発明の第 4 の実施形態について、図 1 2、図 1 3 A～図 1 3 C を用いて説明する。

本実施形態の太陽電池モジュール 5 0 の基本構成は第 1 の実施形態と同様であるが、集光導光ユニットの両端に光を伝播させ、その両端に太陽電池素

子 3 を設けた点が第 1 の実施形態と異なっている。

図 1 2 は本実施形態の太陽電池モジュールを示す斜視図である。図 1 3 A は太陽電池モジュールの側面図であり、図 1 3 B は図 1 3 A の符号 A 1、A 2 の円内の拡大図である。

なお、図 1 2、図 1 3 A、図 1 3 B において、第 1 の実施形態で用いた図面と共通の構成要素には同一の符号を付し、その説明は省略する。

[0071] 本実施形態の太陽電池モジュール 5 0 は、図 1 2、図 1 3 A に示すように、複数（本実施形態では 9 個）の集光導光ユニット 2、5 1 と、2 個の太陽電池素子 3 と、を備えている。集光部と導光部が一体化した集光導光ユニットが用いられている点は第 1 の実施形態と同様である。複数の集光導光ユニット 2、5 1 のうち、光入射側から最も奥側（図 1 2、図 1 3 A の下側）に位置する集光導光ユニット 5 1 の構成が第 1 の実施形態と異なっている。

[0072] 図 1 2、図 1 3 A における最下段の集光導光ユニット 5 1 は、中央に集光部 5 2 が設けられるとともに、集光部 5 2 の両側に導光部 5 が設けられ、集光部 5 2 に入射した光を双方の導光部 5 に伝播させる構成となっている。集光部 5 2 のうち、図 1 3 A における右側半分の領域に入射した光は右側の導光部 5 に伝播され、図 1 3 A における左側半分の領域に入射した光は左側の導光部 5 に伝播される。

[0073] 最下段の集光導光ユニット 5 1 は光伝播方向（図 1 3 A の y 軸方向）の中心に対して左右対称な形状を有している。したがって、光進行方向変更部 5 3 を構成する複数の溝 5 4 a、5 4 b も集光部 5 2 の中心に対して対称な形状を有している。図 1 3 B に示すように、集光部 5 2 のうち、図 1 3 A の左側半分の領域に形成された溝 5 4 a は、各溝 5 4 a の開口端を通る仮想平面 X（第 1 主面 5 2 a に平行な平面）に対して垂直な垂直面 V と、仮想平面 X に対して左下がりに傾斜した傾斜面 T 1 と、からなっている。一方、図 1 3 C に示すように、図 1 3 A の右側半分の領域に形成された溝 5 4 b は、各溝 5 4 b の開口端を通る仮想平面 X（第 1 主面 5 2 a に平行な平面）に対して垂直な垂直面 V と、仮想平面 X に対して右下がり傾斜した傾斜面 T 2 と、

からなっている。この構成により、集光部 5 2 のうち、図 1 3 A の左側半分の領域に入射した光は左下がりの傾斜面 T 1 で反射して左側に進み、図 1 3 A の右側半分の領域に入射した光は右下がりの傾斜面 T 2 で反射して右側に進む。

[0074] 最下段の集光導光ユニット 5 1 以外の集光導光ユニット 2 の構成は第 1 実施形態と同様である。すなわち、集光部 4 の一端側のみに導光部 5 が設けられた集光導光ユニット 2 が最下段の集光導光ユニット 5 1 の上方に左右 3 枚ずつ、さらに最上段に集光部 4 のみからなる集光導光ユニット 2 が左右 1 枚ずつ積層されている。複数の集光導光ユニット 2 は、光入射側から見て奥側（図 1 3 A の下側）から手前側（図 1 3 A の上側）に向けて、光伝播方向（ y 軸方向）の寸法が順次小さくなっている。集光部 4 の形状および寸法は複数の集光導光ユニット 2 にわたって同一であり、導光部 5 の光伝播方向（ y 軸方向）の寸法が順次小さくなっている。また、集光部 4 の板厚（ z 軸方向の寸法）に対して導光部 5 の板厚（ z 軸方向の寸法）が薄く形成され、集光部 4 の導光部 5 寄りの部分にはテーパ部 6 が形成されている。

[0075] 各部の寸法の一例として、図 1 3 A の最下段の集光導光ユニット 5 1 における集光部 5 2 の光伝播方向の寸法 L_a が片側で 10 cm ずつ、合計 20 cm である。また、最下段の集光導光ユニット 5 1 における導光部 5 の光伝播方向の寸法 L_{b1} が 40 cm、光入射側から見て奥側から 2 番目（図 1 3 A の下から 2 段目）の集光導光ユニット 2 における導光部 5 の光伝播方向の寸法 L_{b2} が 30 cm、…というように、複数の集光導光ユニット 2, 5 1 は、光入射側から見て奥側から手前側に向けて、光伝播方向の寸法が 10 cm（集光部 4 の光伝播方向の寸法 L_a 分）ずつ短くなっている。そのため、光入射側から見て最も手前側（図 1 3 A の最上段）の集光導光ユニット 2 は導光部 5 を有しておらず、集光部 4 が太陽電池素子 3 に直接接合された構成となっている。その他の寸法は第 1 実施形態と同一である。以上の構成により、複数の集光導光ユニット 2, 5 1 を光入射側から見たとき、複数の集光部 4, 5 2 の第 1 主面 4 a, 5 2 a が光入射側から見て異なる位置に配置され

、複数の集光部4，52の複数の第1主面4a，52aによって太陽電池モジュール50の光照射面が構成されることになる。

[0076] 本実施形態においても、集光効率を確保することで高い発電効率を得られ、安価で薄型の構成を有する太陽電池モジュールを実現できるといった第1～第3実施形態と同様の効果が得られる。

[0077] 1 m²の照射面積を有する太陽電池モジュールを構成する場合、第1実施形態では10枚の集光導光ユニット2を積層していたのに対し、本実施形態の場合、集光部に入射する光を左右に振り分ける構成としたため、使用する集光導光ユニット2，51は9枚必要であるが、積層する集光導光ユニット2，51の数としては5枚で済む。したがって、複数の集光導光ユニット2，51全体の端面の板厚方向の寸法は、第1の実施形態が3 cmであったのに対し、本実施形態では1.5 cmで済む。したがって、太陽電池モジュール50の全体の厚みが第1の実施形態に比べて薄くなるので、太陽電池モジュールの設置場所の選択の自由度が広がる。

[0078] また、本実施形態の場合、集光部4，52に入射する光を左右に振り分ける構成としたため、各集光導光ユニット2，51における導光部5の光伝播方向の寸法（導光距離）が第1～第3実施形態に比べて短くできる。今まで述べたように、第1～第3の実施形態の太陽電池モジュールにおいても導光部の構成としては全反射条件を破る要因を有していないが、導光部が長くなるとそれだけ導光部に傷や汚れが付く確率が高くなり、このような傷や汚れが全反射条件を破る要因となる虞がある。その観点から、光の漏れを抑えるためには導光部が短い方が好ましく、本実施形態の構成は好適である。

[0079] [第5実施形態]

以下、本発明の一実施形態である太陽光発電装置100について、図14を用いて説明する。

図14は本実施形態の太陽光発電装置100を示すブロック図である。

[0080] 本実施形態の太陽光発電装置100は、図14に示すように、上記第1～第4実施形態の集光導光ユニット101と太陽電池素子102とからなる太

陽電池モジュール１０３と、インバータ１０４と、蓄電池１０５と、を有している。太陽電池モジュール１０３によって得られた電力はインバータ１０４によって直流－交流変換され、外部の負荷１０６に出力される。また、他の電力源１０７が外部の負荷１０６に接続されている。太陽電池モジュール１０３によって得られた電力は蓄電池１０５に充電され、必要に応じて蓄電池１０５から放電される構成となっている。

[0081] 本実施形態によれば、上記第１～第４実施形態の太陽電池モジュール１０３を備えているので、高い発電効率が得られ、安価で薄型の構成を有する太陽光発電装置１００を実現することができる。

[0082] なお、本発明の技術範囲は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更を加えることが可能である。

例えば第１の実施形態では、個々の集光部に対して個々の導光部を対応させ、これらを一体の板状部材で構成したものであったが、この構成に代えて、集光部と導光部とを別体の部材としても良い。また、上記実施形態では、光進行方向変更部を構成する溝は集光部の構成部材の表面を直接形状加工したものとして説明したが、例えば溝形状を形成したフィルムを別途用意し、このフィルムをＰＭＭＡ等からなる板状部材に貼り合わせたものを集光部としても良い。その他、上記実施形態における各種構成要素の形状、寸法、数、配置、構成材料、製造方法等の具体的な記載は一例であって、上記実施形態で例示したものに限らず、適宜変更が可能である。

産業上の利用可能性

[0083] 本発明は、太陽電池モジュール、もしくは太陽光発電装置に利用可能である。

符号の説明

[0084] １，２５，３０，４０，５０，１０３…太陽電池モジュール、２，３３，４３，５１，１０１…集光導光ユニット、３，１０２…太陽電池素子、４，５２…集光部（集光部材）、５…導光部（導光部材）、２６…ホモジナイザー（導光体）、３１，４１…集光部材、３２，４２…導光部材、１００…太

陽光発電装置。

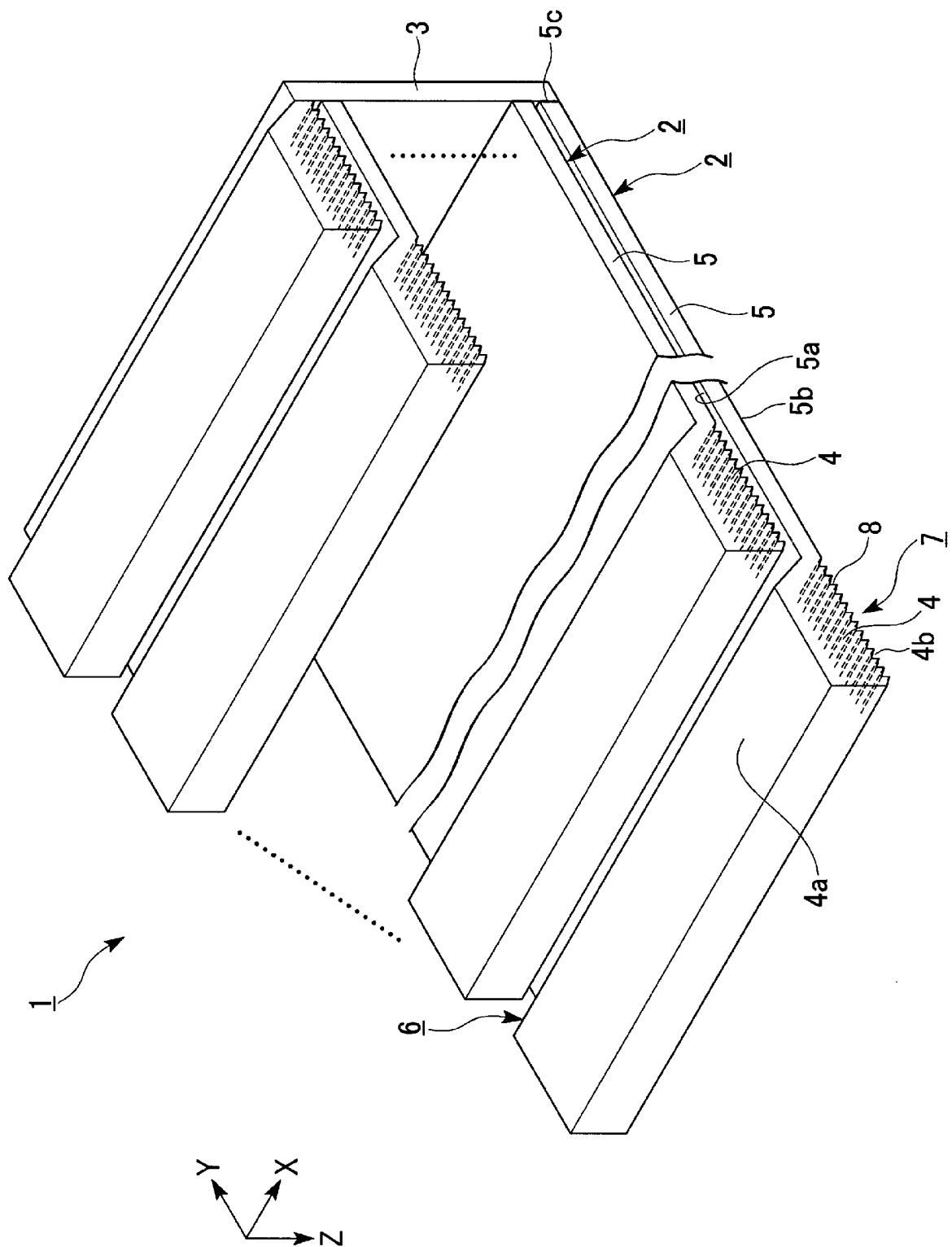
請求の範囲

- [請求項1] 外部からの光を入射させる少なくとも一つの第1主面と前記第1主面から入射した光を反射させる反射面を含む第2主面とを各々が有する複数の集光部材と、
- 前記複数の集光部材の各々に入射された光を表面で全反射させつつ第1端面に向けて伝播させ、前記第1端面から射出させる少なくとも一つの導光部材と、
- 前記導光部材の前記第1端面から射出された光を受光する第1太陽電池素子と、を備え、
- 前記複数の集光部材のそれぞれの前記第1主面は、第1主面と垂直な方向から見て互いに異なる位置に配置され、
- 前記複数の集光部材の各々から前記第1太陽電池素子まで前記導光部材内を光が伝播する前記複数の導光部材内の伝播路において、前記光の全反射条件が維持される太陽電池モジュール。
- [請求項2] 前記複数の集光部材のうちの一つの集光部材から前記第1太陽電池素子まで前記導光部材内を光が伝播し、前記光は、他の集光部材と前記導光部材との界面に入射しないよう構成されている請求項1に記載の太陽電池モジュール。
- [請求項3] 前記導光部材内を光が伝播する際に全反射を生じる前記導光部材の2つの主面が、ともに平坦であって互いに平行な面である請求項1に記載の太陽電池モジュール。
- [請求項4] 前記導光部材は、前記複数の集光部材の各々に対応して設けられた、前記複数の集光部材と同数のサブ導光部材からなる請求項1に記載の太陽電池モジュール。
- [請求項5] 前記集光部材が前記サブ導光部材の前記第1端面と対向する第2端面側に配置され、
- 前記集光部材と前記サブ導光部材とが一体の部材で構成されている請求項4に記載の太陽電池モジュール。

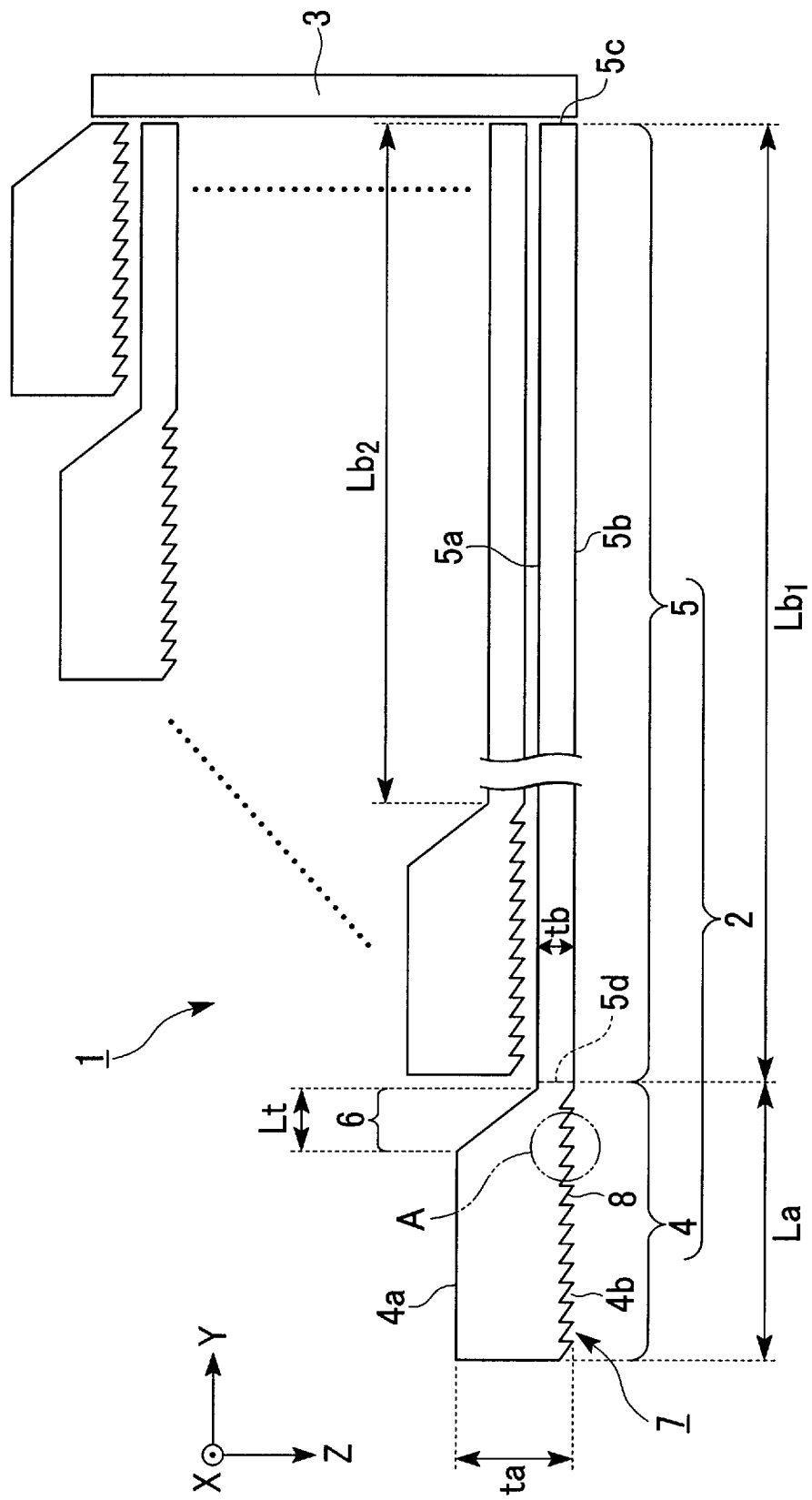
- [請求項6] 前記導光部材が、前記複数の集光部材に対して共通に設けられた 1 つの導光部材である請求項 1 に記載の太陽電池モジュール。
- [請求項7] 前記複数の集光部材の各々が、前記導光部材の前記第 1 端面からの距離が異なる位置に接合されている請求項 6 に記載の太陽電池モジュール。
- [請求項8] 前記導光部材の前記第 1 端面と対向する第 2 端面側が段差を有し、前記導光部材の前記第 1 端面からの距離が異なる位置に前記複数の集光部材と同数の前記第 2 端面が形成され、
前記複数の集光部材の各々が前記導光部材の前記複数の第 2 端面の各々に接合されている請求項 7 に記載の太陽電池モジュール。
- [請求項9] 前記複数の集光部材のうちの一つの集光部材と前記導光部材との接合部が、前記導光部材において光が全反射する面側に位置し、前記接合部は他の集光部材から射出された光が入射しない位置に配置されている請求項 7 に記載の太陽電池モジュール。
- [請求項10] 前記導光部材の前記第 2 端面から射出された光を受光する第 2 太陽電池素子と、をさらに備え、
前記複数の集光部材のうちの少なくとも一つの集光部材が異なる 2 方向に光を射出し、前記集光部材から射出される光を伝播させる前記導光部材が、前記光を前記第 1 端面側と前記第 1 端面に対向する第 2 端面側との 2 方向に伝播させる請求項 1 に記載の太陽電池モジュール。
- [請求項11] 前記導光部材から射出される光が入射される入射端面の面積よりも光が射出する射出端面の面積が小さく、側面がテーパ状の導光体を備え、前記導光体の射出端面に前記第 1 太陽電池素子が設けられている請求項 1 に記載の太陽電池モジュール。
- [請求項12] 前記集光部材および前記導光部材を構成する材料が 400 nm 以下の波長の光に対して透過性を有する請求項 1 に記載の太陽電池モジュール。

[請求項13] 請求項 1 に記載の太陽電池モジュールを備える太陽光発電装置。

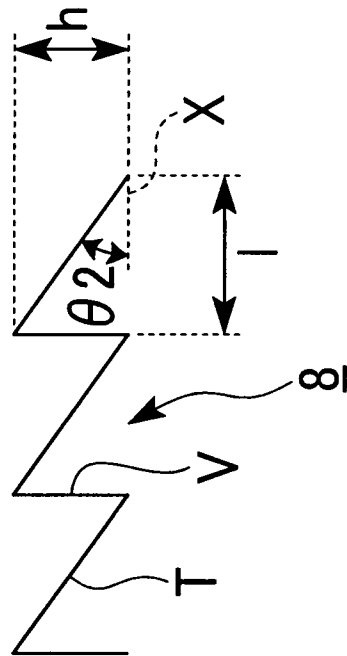
[図1]



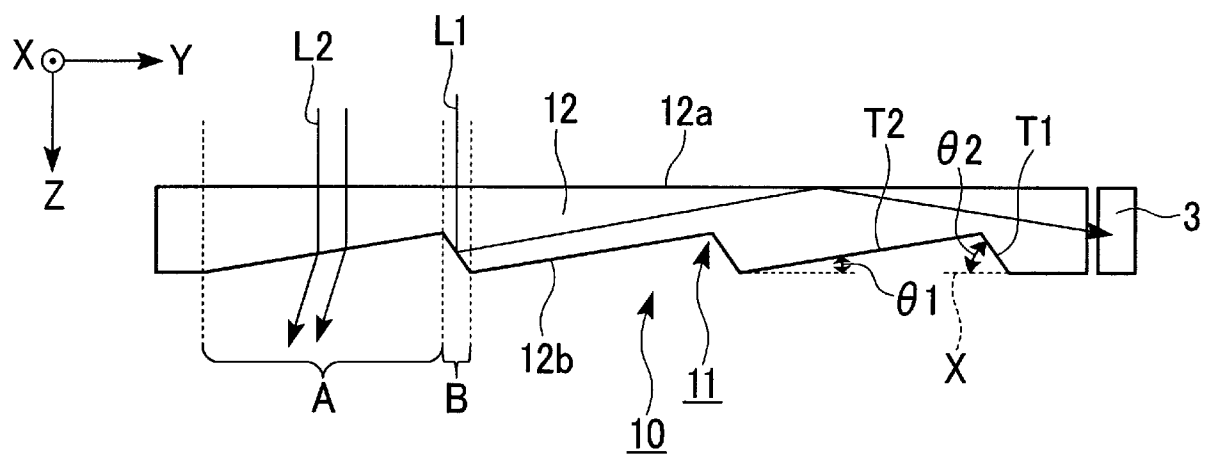
[図2A]



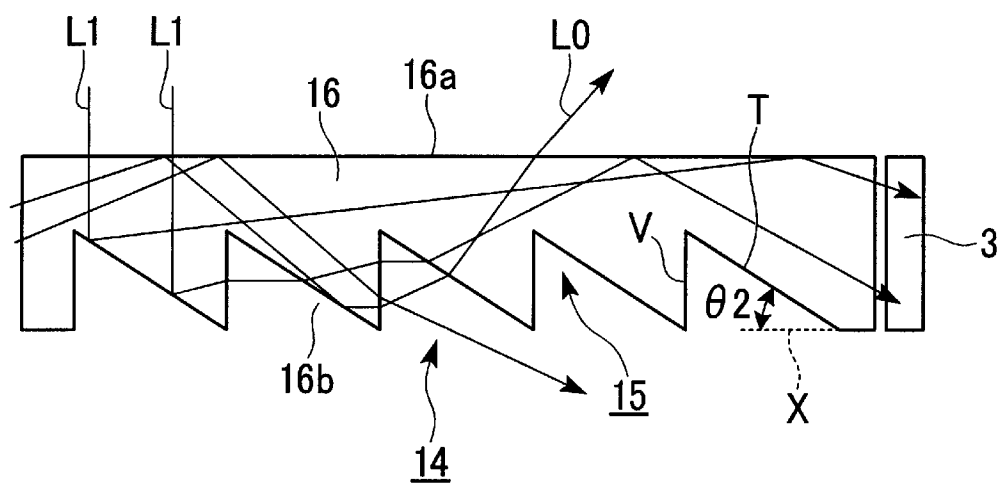
[図2B]



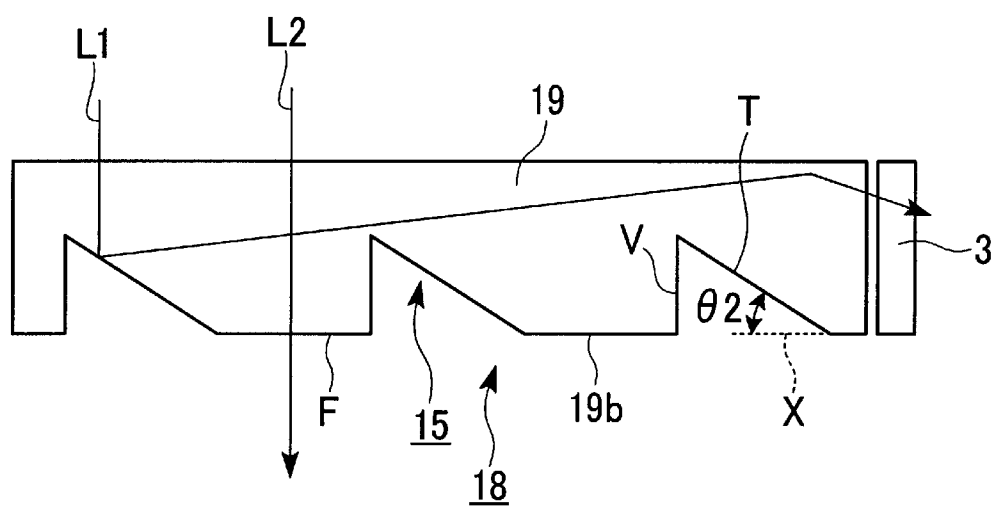
[図3A]



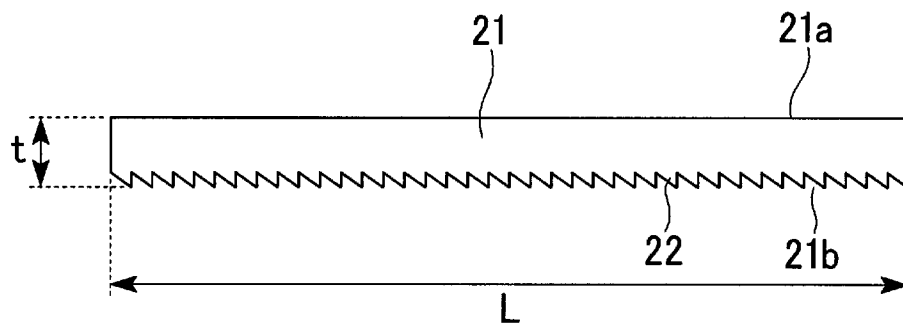
[図3B]



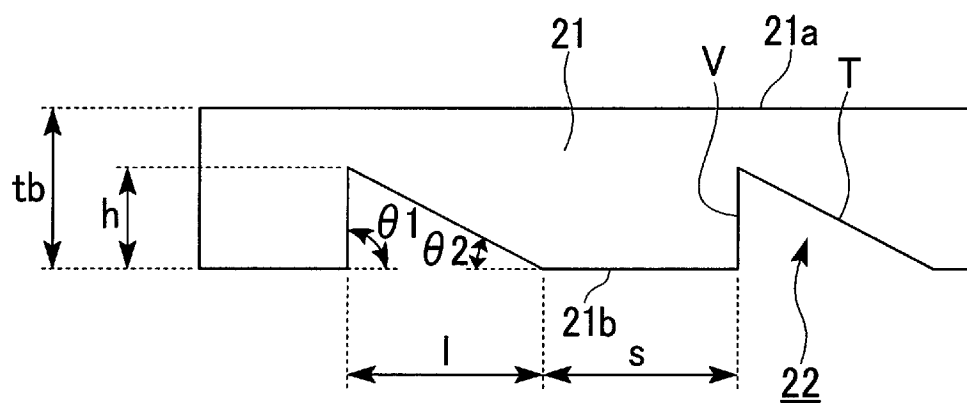
[図3C]



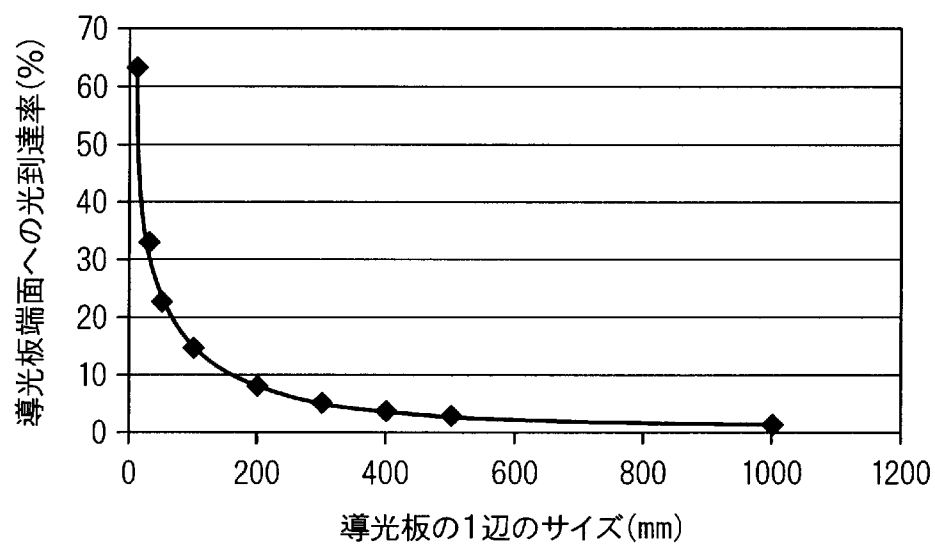
[図4A]



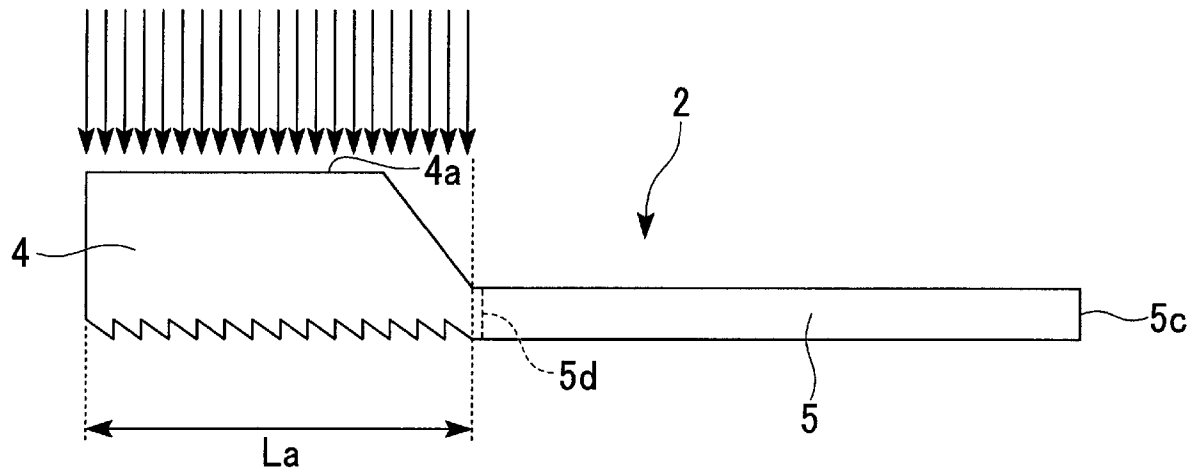
[図4B]



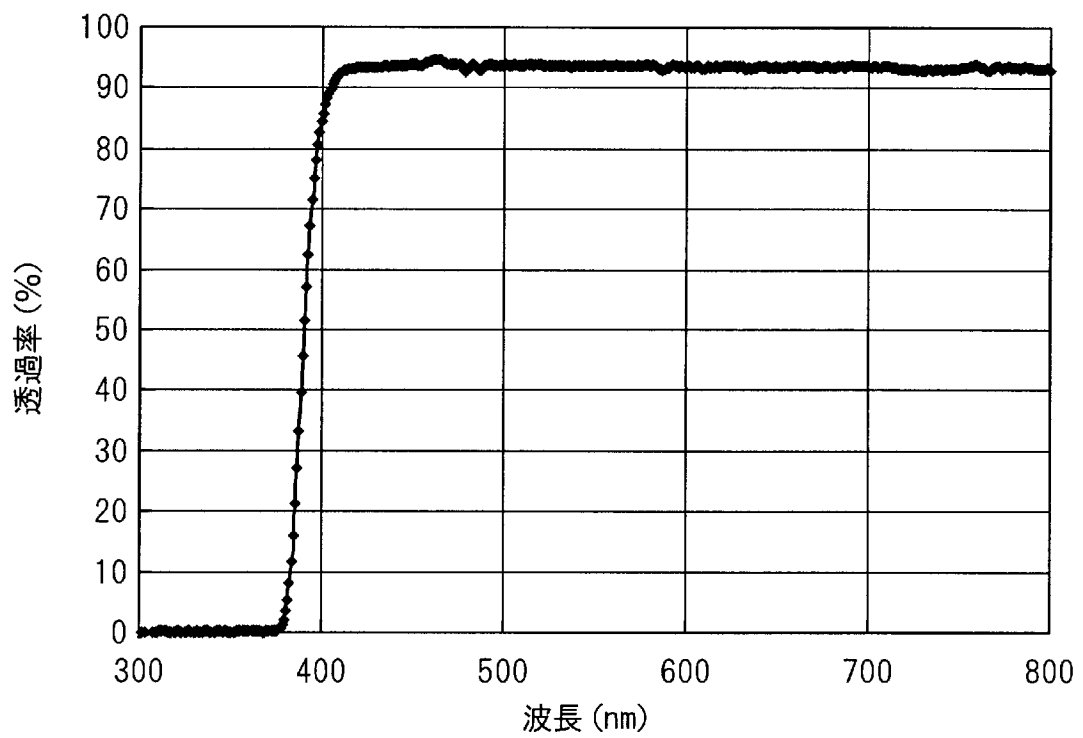
[図5]



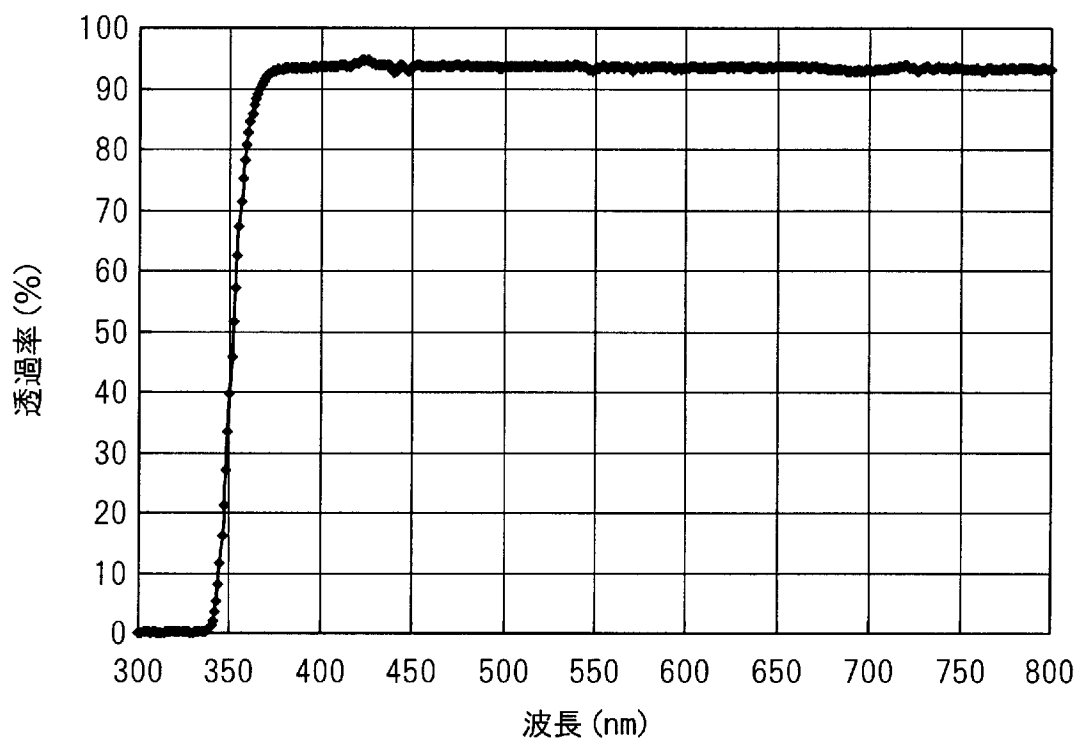
[図6]



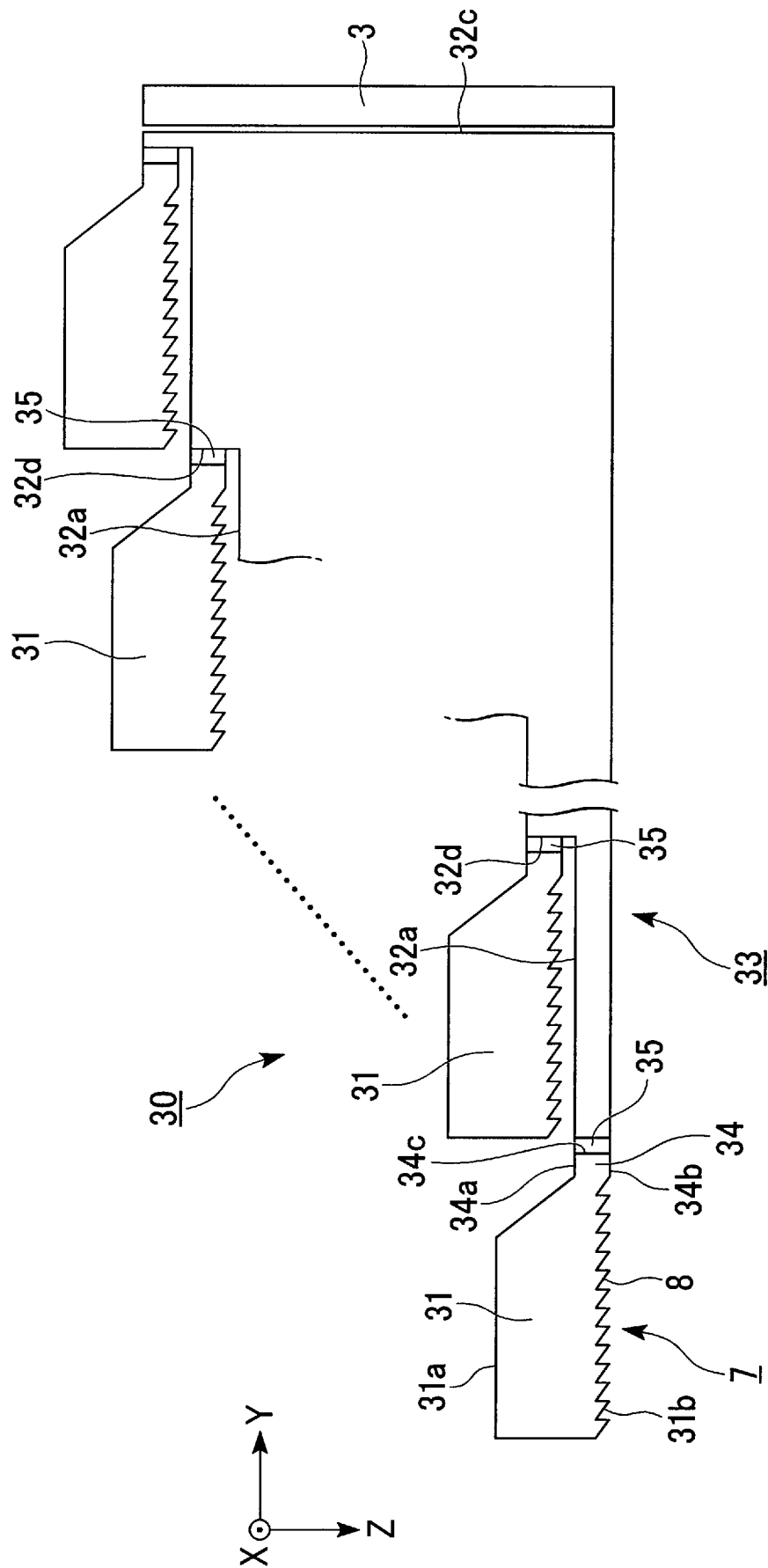
[図7A]



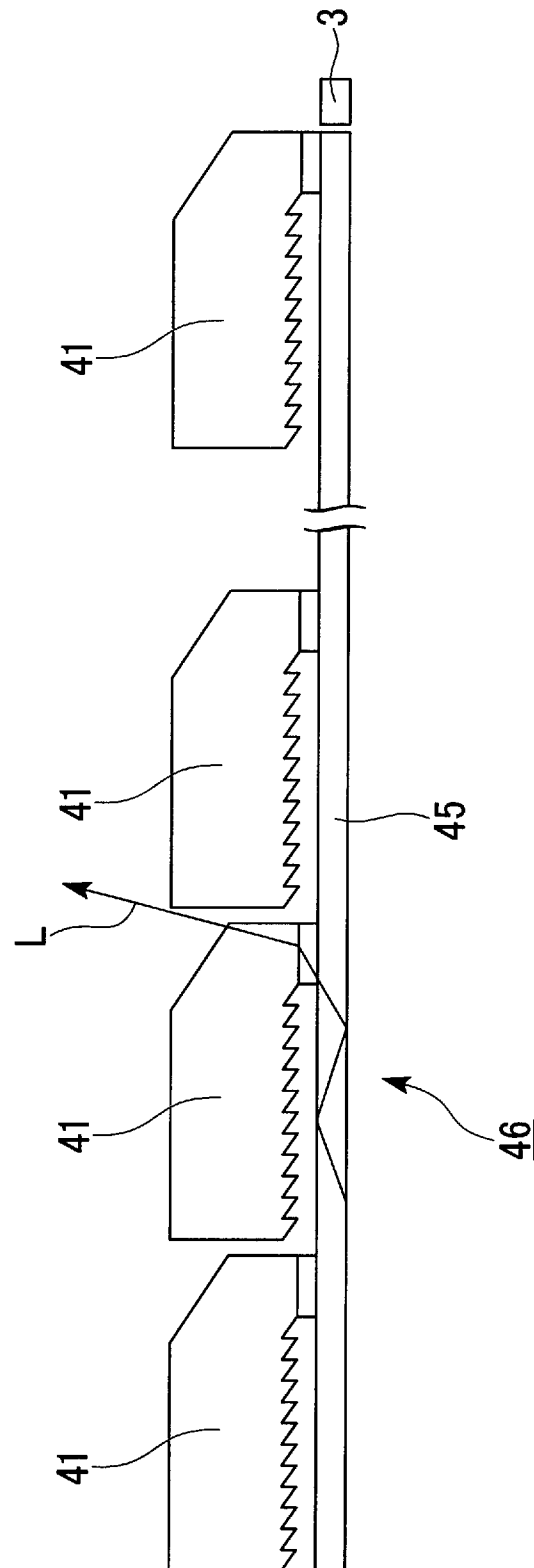
[図7B]



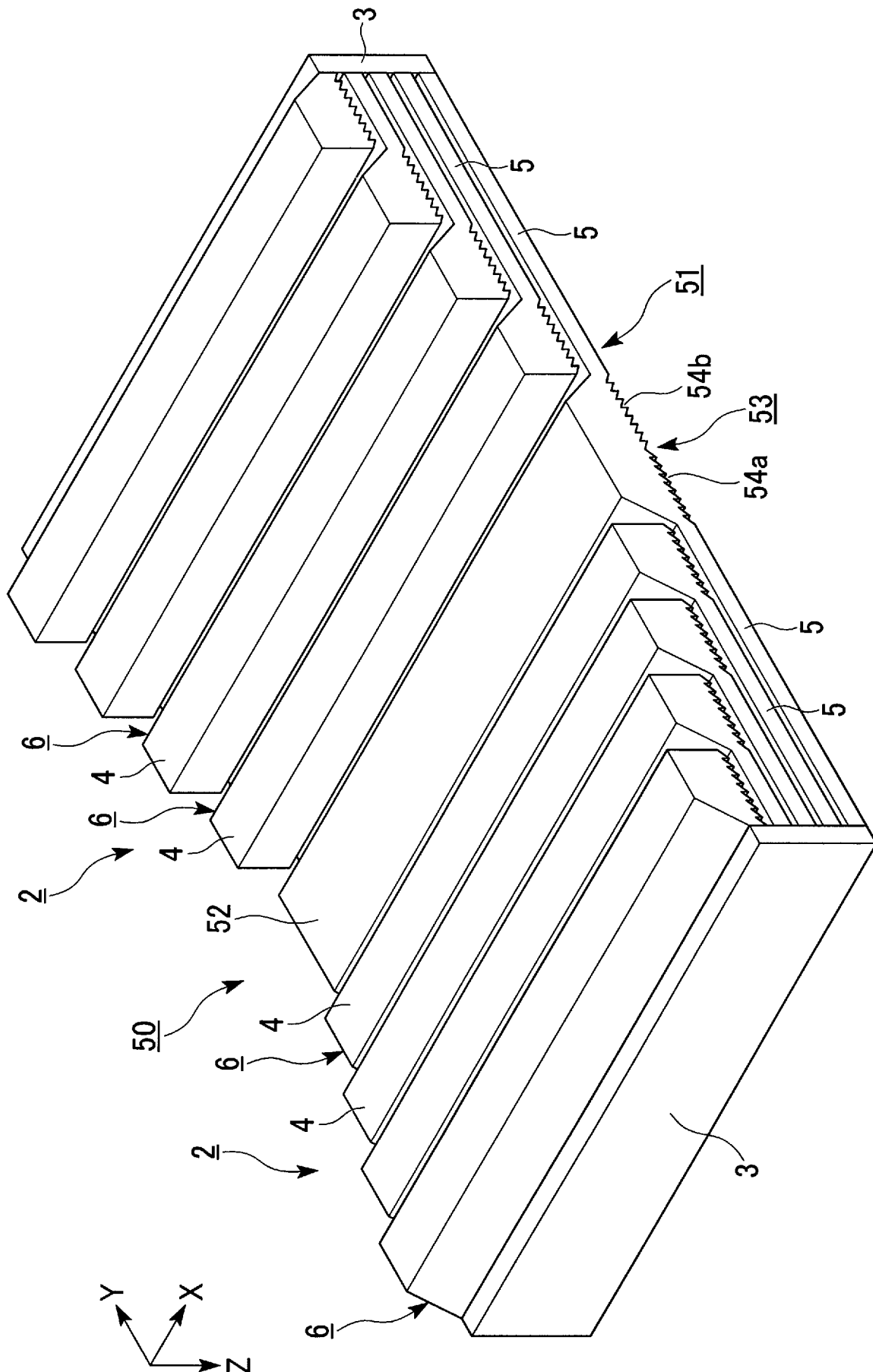
[図9]



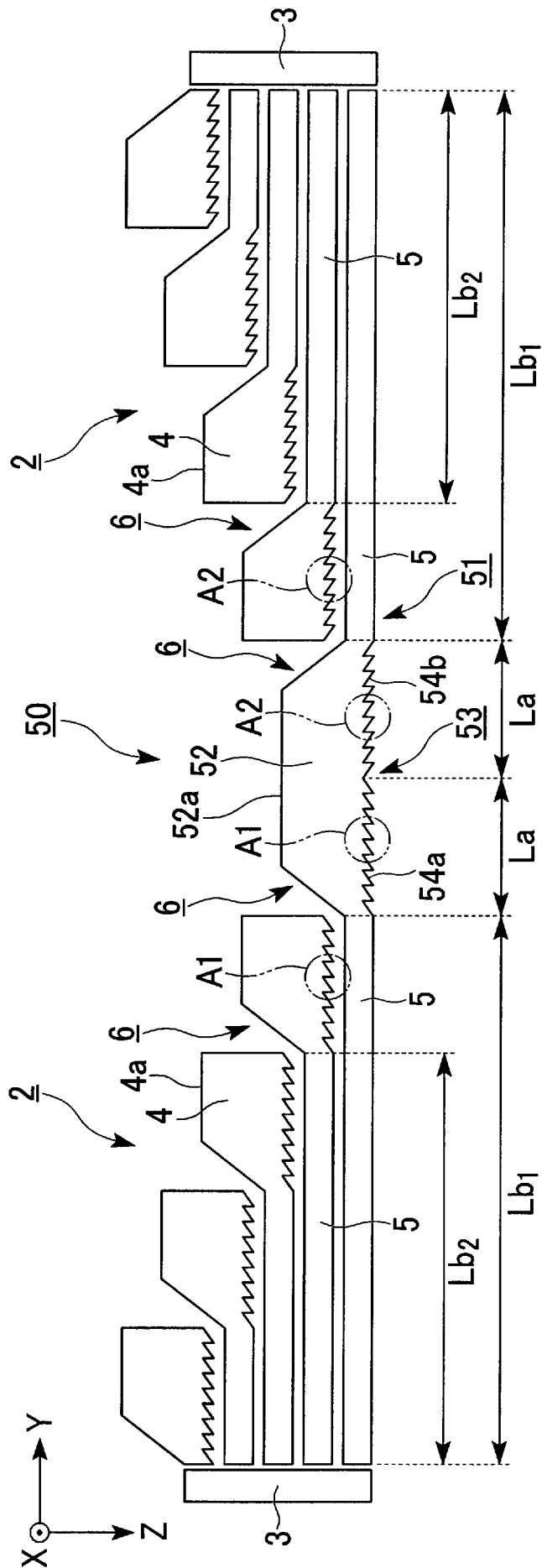
[図11]



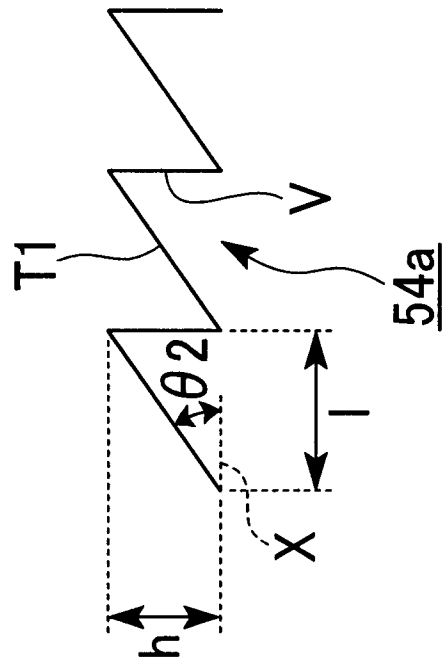
[図12]



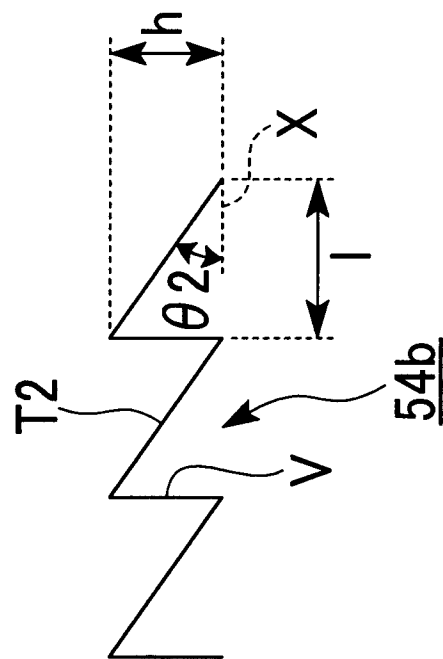
[図13A]



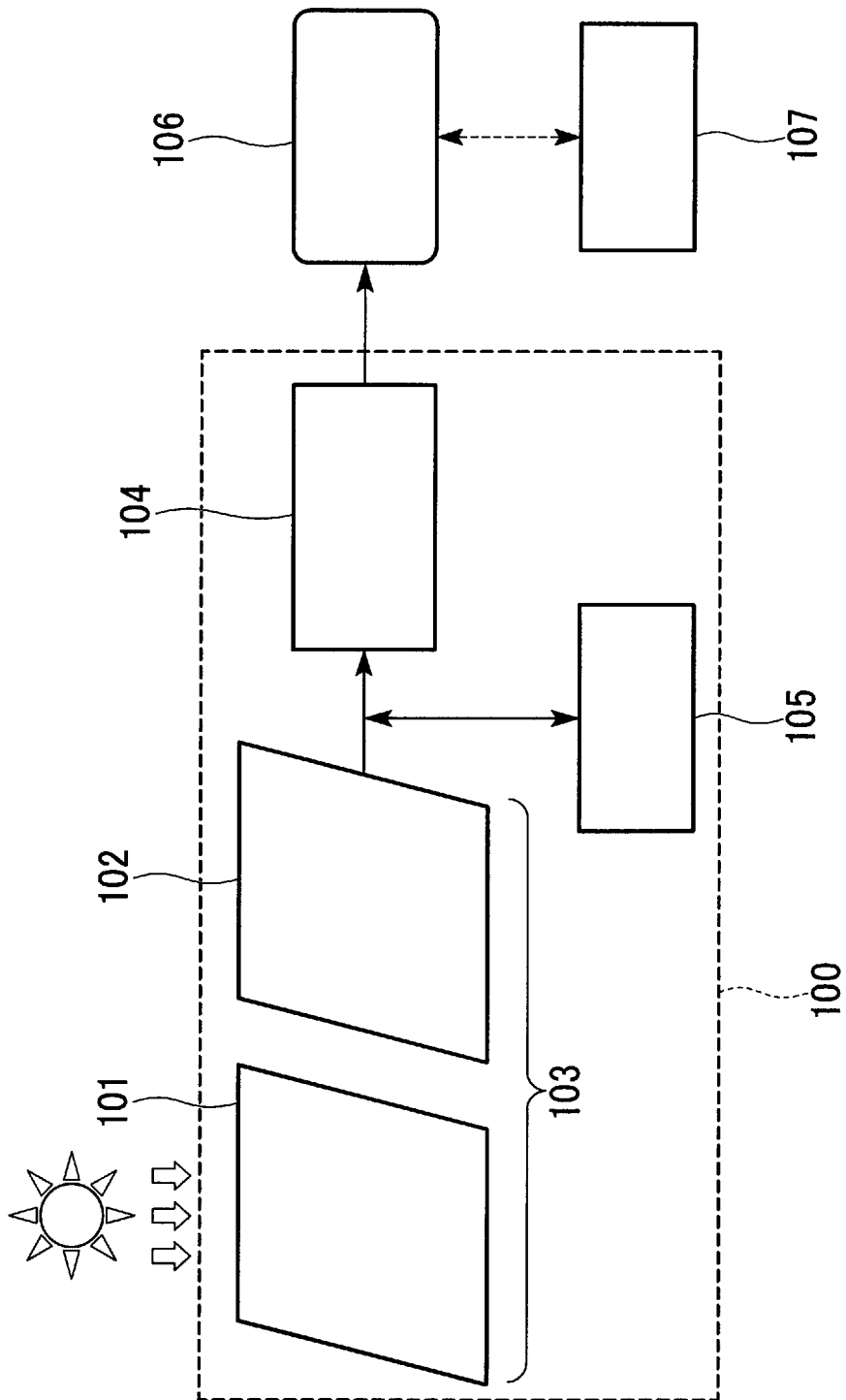
[図13B]



[図13C]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/073210

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L31/052(2006.01)i, F21V8/00(2006.01)i, G02B6/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L31/052, F21V8/00, G02B6/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2011

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2011 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2011

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	WO 2009/064701 A1 (QUALCOMM MEMS TECHNOLOGIES, INC.), 22 May 2009 (22.05.2009), paragraphs [0046] to [0055], [0074]; fig. 1 to 2, 13B & JP 2011-503902 A & US 2009/0126792 A1 & EP 2061092 A1 & KR 10-2010-0094511 A & CN 101861658 A	1-5, 10-13 6-9
Y A	WO 2004/114418 A1 (Hitachi Chemical Co., Ltd.), 29 December 2004 (29.12.2004), page 11, line 21 to page 12, line 25; fig. 6 & JP 2007-27150 A	1-5, 10-13 6-9

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
19 December, 2011 (19.12.11)Date of mailing of the international search report
27 December, 2011 (27.12.11)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/073210

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	WO 2007/034397 A2 (KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS N.V.), 29 March 2007 (29.03.2007), page 5, line 18 to page 6, line 30; fig. 1 & JP 2009-509189 A & US 2008/0205081 A1 & EP 1961072 A & KR 10-2008-0063338 A & CN 101268393 A	1-5, 10-13 6-9
Y A	JP 2010-230933 A (Leiz Advanced Technology Corp.), 14 October 2010 (14.10.2010), paragraphs [0002] to [0005] (Family: none)	1-5, 10-13 6-9
A	WO 2010/095305 A1 (SHARP KABUSHIKI KAISHA), 26 August 2010 (26.08.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1-13

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H01L31/052 (2006.01)i, F21V8/00 (2006.01)i, G02B6/00 (2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H01L31/052, F21V8/00, G02B6/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	WO 2009/064701 A1 (QUALCOMM MEMS TECHNOLOGIES, INC.), 2009.05.22, [0046] - [0055] [0074], FIG. 1- FIG. 2 FIG. 13B & JP 2011-503902 A & US 2009/0126792 A1 & EP 2061092 A1 & KR 10-2010-0094511 A & CN 101861658 A	1-5, 10-13 6-9
Y A	WO 2004/114418 A1 (日立化成工業株式会社), 2004.12.29, 第 11 頁第 21 行 - 第 12 頁第 25 行, FIG. 6 & JP 2007-27150 A	1-5, 10-13 6-9

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 9 . 1 2 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

2 7 . 1 2 . 2 0 1 1

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官 (権限のある職員)

吉野 三寛

2 K

9 0 1 0

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 5

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	WO 2007/034397 A2 (KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS N.V.), 2007.03.29, page 5, line 18 - page 6, line 30, FIG. 1 & JP 2009-509189 A & US 2008/0205081 A1 & EP 1961072 A & KR 10-2008-0063338 A & CN 101268393 A	1-5, 10-13 6-9
Y A	JP 2010-230933 A (ライツ・アドバンスト・テクノロジー株式会社), 2010.10.14, [0002]-[0005] (ファミリーなし)	1-5, 10-13 6-9
A	WO 2010/095305 A1 (SHARP KABUSHIKI KAISHA), 2010.08.26, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-13