

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7127042号

(P7127042)

(45)発行日 令和4年8月29日(2022.8.29)

(24)登録日 令和4年8月19日(2022.8.19)

(51)国際特許分類

F I

H 0 1 L 31/0224(2006.01)

H 0 1 L 31/04 2 6 2

H 0 1 L 31/04 2 6 6

請求項の数 5 (全15頁)

(21)出願番号	特願2019-542010(P2019-542010)	(73)特許権者	000183646
(86)(22)出願日	平成30年9月4日(2018.9.4)		出光興産株式会社
(86)国際出願番号	PCT/JP2018/032774		東京都千代田区大手町一丁目2番1号
(87)国際公開番号	WO2019/054239	(74)代理人	100187218
(87)国際公開日	平成31年3月21日(2019.3.21)		弁理士 堀 宏光
審査請求日	令和3年8月31日(2021.8.31)	(72)発明者	米山 延孝
(31)優先権主張番号	特願2017-178367(P2017-178367)		東京都港区台場二丁目3番2号 ソーラ
(32)優先日	平成29年9月15日(2017.9.15)		ーフロンティア株式会社内
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)	(72)発明者	濱野 幹雄
(出願人による申告)平成29年度、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発/先端複合技術型シリコン太陽電池、高性能C I S太陽電池の技術開発/C I S太陽電池モジュール高性能化技術の研究開発	最終頁に続く	(72)発明者	東京都港区台場二丁目3番2号 ソーラ
			ーフロンティア株式会社内
		(72)発明者	宮川 善秀
			東京都港区台場二丁目3番2号 ソーラ
			ーフロンティア株式会社内
		(72)発明者	山浦 敏明
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光電変換モジュール及び光電変換モジュールを製造する方法

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

第1電極層と、第2電極層と、前記第1電極層と前記第2電極層との間の光電変換層と、を含む光電変換セルと、

前記光電変換セルにおいて第1方向に並んで設けられ、前記第1方向に交差する方向に延びる複数のグリッド電極と、を有し、

前記第1電極層と前記第2電極層の少なくとも一方は透明電極層であり、

前記透明電極層は、第1領域及び第2領域を含み、

前記第2領域は、前記第1領域におけるシート抵抗よりも小さいシート抵抗、前記第1領域における膜厚よりも大きい膜厚、又は前記第1領域における透過率よりも小さい透過率を有し、

前記第1領域において前記第1方向に互いに隣り合う前記グリッド電極どうしの間隔は、前記第2領域において前記第1方向に互いに隣り合う前記グリッド電極どうしの間隔よりも小さい、光電変換モジュール。

## 【請求項2】

前記第1領域と前記第2領域は、同一の前記光電変換セル内に配置される、請求項1に記載の光電変換モジュール。

## 【請求項3】

前記第1領域と前記第2領域は、互いに異なる前記光電変換セルに配置される、請求項1に記載の光電変換モジュール。

10

20

**【請求項 4】**

前記透明電極層は、シート抵抗、膜厚又は透過率に分布を有し、

前記第 1 方向に互いに隣り合う前記グリッド電極のどうしの間隔は、前記シート抵抗が大きいほど小さく、前記膜厚が小さいほど小さく、又は前記透過率が大きいほど小さい、請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の光電変換モジュール。

**【請求項 5】**

基板上に、第 1 電極層と、第 2 電極層と、前記第 1 電極層と前記第 2 電極層との間の光電変換層と、を含む帯状の光電変換セルを形成するセル形成工程であって、前記第 1 電極層と前記第 2 電極層の少なくとも一方は透明電極層であるセル形成工程と、

前記透明電極層のシート抵抗、膜厚又は透過率を測定する工程と、

前記光電変換セルにおいて第 1 方向に並んで設けられ、前記第 1 方向に交差する方向に延びる複数のグリッド電極を形成するグリッド形成工程と、を有し、

前記グリッド形成工程では、大きいシート抵抗を有する領域、小さい膜厚を有する領域、又は大きい透過率を有する領域ほどグリッド電極のどうしの間隔が小さくなるように、グリッド電極が形成される、光電変換モジュールを製造する方法。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、グリッド電極を有する光電変換モジュールと、光電変換モジュールを製造する方法に関する。

**【背景技術】****【0002】**

複数の光電変換セルを含む太陽電池モジュールのような光電変換モジュールが知られている（下記特許文献 1）。特許文献 1 に記載されたような集積型薄膜光電変換モジュールでは、光電変換セルは、受光面に位置する透明電極層と、受光面とは反対側の面に位置する裏面電極層と、透明電極層と裏面電極層との間の光電変換層と、を有する。

**【0003】**

透明電極層の電気抵抗値は、一般に、金属からなる不透明の電極層の電気抵抗値よりも高い。したがって、光電変換によって生じた電流が透明電極層を流れる場合に、透明電極層の電気抵抗値に起因する電力のロスが発生する。この透明電極層での電力のロスを低減するため、透明電極層の上に細線状の金属からなるグリッド電極（集電電極）が設けられることがある。

**【0004】**

特許文献 1 に記載された光電変換モジュールでは、透明電極層に流れる電流がグリッド電極に集電されることで、透明電極層を流れる電流経路が短くなる。そのため、透明電極層の電気抵抗値に起因する電力のロスを低減できる。しかしながら、グリッド電極は、一般に非透明であるため、光電変換層へ入射する光を遮ることになる。したがって、光電変換層に到達する光の減少により、光電変換セルで発生する短絡電流（ $I_{sc}$ ）が小さくなる。

**【0005】**

よって、透明電極層の電気抵抗値に起因する電力のロスという課題と、グリッド電極による光の遮蔽に起因する短絡電流の低減という課題の両方のバランスをとることが望まれる。

**【先行技術文献】****【特許文献】****【0006】**

【文献】特開 2011 - 103425 号

**【発明の概要】****【0007】**

一態様に係る光電変換モジュールは、第 1 電極層と、第 2 電極層と、前記第 1 電極層と

10

20

30

40

50

前記第 2 電極層との間の光電変換層と、を含む帯状の光電変換セルと、前記光電変換セルにおいて第 1 方向に並んで設けられ、前記第 1 方向に交差する方向に延びる複数のグリッド電極と、を有し、前記第 1 電極層と前記第 2 電極層の少なくとも一方は透明電極層であり、前記透明電極層は、第 1 領域及び第 2 領域を含み、前記第 2 領域は、前記第 1 領域におけるシート抵抗よりも小さいシート抵抗、前記第 1 領域における膜厚よりも大きい膜厚、又は前記第 1 領域における透過率よりも小さい透過率を有し、前記第 1 領域において前記第 1 方向に互いに隣り合う前記グリッド電極どうしの間隔は、前記第 2 領域において前記第 1 方向に互いに隣り合う前記グリッド電極どうしの間隔よりも小さい。

#### 【 0 0 0 8 】

一態様に係る光電変換モジュールを製造する方法は、基板上に、第 1 電極層と、第 2 電極層と、前記第 1 電極層と前記第 2 電極層との間の光電変換層と、を含む帯状の光電変換セルを形成するセル形成工程であって、前記第 1 電極層と前記第 2 電極層の少なくとも一方は透明電極層であるセル形成工程と、前記透明電極層のシート抵抗、膜厚又は透過率を測定する工程と、前記光電変換セルにおいて第 1 方向に並んで設けられ、前記第 1 方向に交差する方向に延びる複数のグリッド電極を形成するグリッド形成工程と、を有し、前記グリッド形成工程では、大きいシート抵抗を有する領域、小さい膜厚を有する領域、又は大きい透過率を有する領域ほどグリッド電極のどうしの間隔が小さくなるように、グリッド電極が形成される。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【 0 0 0 9 】

【図 1】第 1 実施形態に係る光電変換モジュールの模式的上面図である。

【図 2】図 1 の領域 2 R における光電変換モジュールの模式的上面図である。

【図 3】図 2 の 3 A - 3 A 線に沿った光電変換モジュールの模式的断面図である。

【図 4】図 2 の領域 4 R における光電変換モジュールの模式的斜視図である。

【図 5】図 1 の 5 A - 5 A 線に沿った光電変換モジュールの模式的断面図である。

【図 6】図 1 の領域 6 R における光電変換モジュールの模式的上面図である。

【図 7】図 1 の領域 7 R における光電変換モジュールの模式的上面図である。

【図 8】第 1 変形例に係る第 1 グリッド電極と第 2 グリッド電極の連結部分の模式的上面図である。

【図 9】第 2 変形例に係る第 1 グリッド電極と第 2 グリッド電極の連結部分の模式的上面図である。

【図 10】第 3 変形例に係る第 1 グリッド電極と第 2 グリッド電極の連結部分の模式的上面図である。

【図 11】光電変換モジュールの製造方法におけるセル形成工程を示す模式的断面図である。

【図 12】第 1 グリッド電極を形成する第 1 グリッド形成工程を示す模式図である。

【図 13】第 2 グリッド電極を形成する第 2 グリッド形成工程を示す模式図である。

【図 14】配線を形成する工程の一ステップを示す模式図である。

【図 15】図 14 に続くステップを示す模式図である。

【図 16】光電変換モジュールの一部を切除する工程を示す模式図である。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【 0 0 1 0 】

以下、図面を参照して、実施形態について説明する。以下の図面において、同一又は類似の部分には、同一又は類似の符号を付している。ただし、図面は模式的なものであり、各寸法の比率等は現実のものとは異なることがあることに留意すべきである。

#### 【 0 0 1 1 】

#### (第 1 実施形態)

図 1 は、第 1 実施形態に係る光電変換モジュールの模式的上面図である。図 2 は、図 1 の領域 2 R における光電変換モジュールの模式的上面図である。図 3 は、図 2 の 3 A - 3 A 線に沿った光電変換モジュールの模式的断面図である。図 4 は、図 2 の領域 4 R にお

10

20

30

40

50

る光電変換モジュールの模式的斜視図である。図5は、図1の5A-5A線に沿った光電変換モジュールの模式的断面図である。図6は、図1の領域6Rにおける光電変換モジュールの模式的上面図である。図7は、図1の領域7Rにおける光電変換モジュールの模式的上面図である。

【0012】

本実施形態に係る光電変換モジュール10は、基板20上に集積された複数の光電変換セル12を含む集積型の薄膜光電変換モジュールであってよい。好ましくは、光電変換モジュール10は、光エネルギーを電氣的エネルギーに変換する太陽電池モジュールである。基板20は、例えばガラス、セラミックス、樹脂又は金属などによって構成されている。

10

【0013】

光電変換セル12は、基板20の主面に直交する方向から見て、実質的に帯状の形状を有している。各々の光電変換セル12は第1方向(図のY方向)に長く延びていてよい。また、複数の光電変換セル12は、第1方向に交差する第2方向(図のX方向)に並んでいる。互いに隣接する光電変換セル12は、第1方向に延びる分割部P1、P2、P3によって互いに分断されている。

【0014】

各々の光電変換セル12は、少なくとも、第1電極層22と、第2電極層24と、光電変換層26と、を含んでいる。光電変換層26は、第1電極層22と第2電極層24との間に設けられる。第1電極層22は、光電変換層26と基板20との間に設けられている。第2電極層24は、光電変換層26に関して基板20とは反対側に位置する。

20

【0015】

本実施形態では、第2電極層24は透明電極層によって構成されている。第2電極層24が透明電極層によって構成されている場合、光電変換層26へ入射、又は光電変換層26から出射する光は、第2電極層24を通過する。

【0016】

第2電極層24が透明電極層によって構成される場合、第1電極層22は、不透明電極層によって構成されている。透明電極層によって構成されている。CIS系の光電変換モジュールの一例では、VI族元素に対する耐腐食性の観点から、第1電極層22は、例えば、モリブデン、チタン又はクロムのような金属によって形成されることが好ましい。

30

【0017】

本実施形態では、好ましい一例として、第2電極層24は、n型半導体、より具体的には、n型の導電性を有し、禁制帯幅が広く、比較的低抵抗の材料によって形成される。第2電極層24は、例えば、III族元素を添加した酸化亜鉛(ZnO)や、酸化インジウムスズ(Indium Tin Oxide: ITO)によって構成されている。この場合、第2電極層24は、n型半導体と透明電極層の機能を兼ねることができる。

【0018】

光電変換層26は、例えば、p型の半導体を含んでいる。CIS系の光電変換モジュールの一例では、光電変換層26は、I族元素(Cu、Ag、Au等)、III族元素(Al、Ga、In等)及びVI族元素(O、S、Se、Te等)を含む化合物半導体で形成される。光電変換層26は、前述したものに限定されず、光電変換を起こす任意の材料によって構成されている。

40

【0019】

光電変換セル12の構成は、上記態様に限定されず、様々な態様をとり得ることに留意されたい。例えば、光電変換セル12は、n型半導体とp型半導体の両方が第1電極層と第2電極層との間に挟まれた構成を有している。この場合、第2電極層はn型半導体によって構成されていなくてよい。また、光電変換セル12は、p-n結合型の構造に限らず、n型半導体とp型半導体との間に真性半導体層(i型半導体)を含むp-i-n結合型の構成を有している。

50

## 【 0 0 2 0 】

光電変換セル 1 2 は、光電変換層 2 6 と第 2 電極層 2 4 との間に不図示のバッファ層を有していてもよい。この場合、バッファ層は、第 2 電極層 2 4 と同じ導電性を有する半導体材料であってもよく、異なる導電性を有する半導体材料であってもよい。バッファ層は、第 2 電極層 2 4 よりも電気抵抗の高い材料によって構成されていればよい。C I S 系の光電変換モジュールの一例では、バッファ層は、Zn 系バッファ層、Cd 系バッファ層又は I n 系バッファ層であってよい。Zn 系バッファ層は、例えば ZnS、ZnO、Zn(OH) 若しくは ZnMgO や、これらの混晶又は積層体であってよい。Cd 系バッファ層は、例えば CdS、CdO 若しくは Cd(OH) や、これらの混晶又は積層体であってよい。I n 系バッファ層は、例えば I nS、I nO 若しくは I n(OH) や、これらの混晶又は積層体であってよい。

10

## 【 0 0 2 1 】

互いに隣接する光電変換セル 1 2 の第 1 電極層 2 2 は、分割部 P 1 によって互いに電氣的に分断されている。同様に、互いに隣接する光電変換セル 1 2 の第 2 電極層 2 4 は、分割部 P 3 によって互いに電氣的に分断されている。互いに隣接する光電変換セル 1 2 の光電変換層 2 6 は、分割部 P 2 , P 3 によって互いに分断されている。

## 【 0 0 2 2 】

光電変換モジュール 1 0 は、互いに隣接する光電変換セル 1 2 どうしの間に電気接続部 3 4 を有していてもよい。電気接続部 3 4 は、互いに隣接する光電変換セル 1 2 どうしを電氣的に直列に接続する。本実施形態では、電気接続部 3 4 は、第 2 電極層 2 4 から連続する部分によって形成されている。この場合、電気接続部 3 4 は、第 2 電極層 2 4 と同じ材料から構成されていてもよい。この代わりに、電気接続部 3 4 は、第 2 電極層 2 4 と異なる導電材料から構成されていてもよい。例えば、電気接続部 3 4 は、後述する第 1 グリッド電極 3 1 又は第 2 グリッド電極 3 2 を構成する材料と同じ材料から構成されていてもよい。

20

## 【 0 0 2 3 】

電気接続部 3 4 は、第 2 分割部 P 2 のところで光電変換モジュール 1 0 の厚み方向に延びることで、一方の光電変換セル 1 2 の第 1 電極層 2 2 と他方の光電変換セル 1 2 の第 2 電極層 2 4 とを互いに電氣的に接続する。

## 【 0 0 2 4 】

光電変換モジュール 1 0 は、各々の光電変換セル 1 2 において第 1 方向（図の Y 方向）に並んで設けられた複数の第 1 グリッド電極 3 1 を有する。各々の第 1 グリッド電極 3 1 は、第 1 方向に交差する第 2 方向（図の X 方向）に延びている。第 1 グリッド電極 3 1 は、各々の光電変換セル 1 2 の第 2 電極層 2 4 上に設けられていてよい。第 1 グリッド電極 3 1 は、第 2 電極層 2 4 を構成する透明電極層よりも導電性の高い材料によって構成されていてもよい。第 1 グリッド電極 3 1 は、この透明電極層に直接接していてもよい。第 1 方向（図の Y 方向）における第 1 グリッド電極 3 1 の幅は、例えば 5 ~ 1 0 0  $\mu\text{m}$  であってよい。第 1 グリッド電極 3 1 の厚みは、例えば 0 . 1 ~ 2 0  $\mu\text{m}$  であってよい。

30

## 【 0 0 2 5 】

必要に応じて、第 1 方向（図の Y 方向）に延びる第 2 グリッド電極 3 2 が、第 2 方向（図の X 方向）における第 1 グリッド電極 3 1 の端部に設けられていてもよい。第 2 グリッド電極 3 2 は、第 1 グリッド電極 3 1 の一方の端部にて、第 1 グリッド電極 3 1 と連結されている。第 2 方向（図の X 方向）における第 2 グリッド電極 3 2 の幅は、例えば 5 ~ 2 0 0  $\mu\text{m}$  であってよい。第 2 グリッド電極 3 2 の厚みは、例えば 0 . 1 ~ 2 0  $\mu\text{m}$  であってよい。

40

## 【 0 0 2 6 】

第 1 グリッド電極 3 1 と第 2 グリッド電極 3 2（又は電気接続部 3 4）との交点における第 1 グリッド電極 3 1 と第 2 グリッド電極 3 2（又は電気接続部 3 4）の少なくとも一方、好ましくは両方の厚みは、当該交点から離れた位置における第 1 グリッド電極 3 1 と第 2 グリッド電極 3 2（又は電気接続部 3 4）の厚みより厚いことが好ましい。例えば、第 1 グリッド電極 3 1 の厚みが、第 1 グリッド電極 3 1 と第 2 グリッド電極 3 2（又は電気接続部 3 4）との交点に向かうにつれて徐々に厚くなっていてよい。また、第 2 グリッ

50

ド電極 3 2 (又は電気接続部 3 4) の厚みが、第 1 グリッド電極 3 1 と第 2 グリッド電極 3 2 (又は電気接続部 3 4) との交点に向かうにつれて徐々に厚くなっていてもよい。

【0027】

各々の光電変換セル 1 2 の光電変換層 2 6 に光が照射されると起電力が生じ、第 1 電極層 2 2 及び第 2 電極層 2 4 がそれぞれ正極及び負極となる。したがって、ある光電変換セル 1 2 で生じた自由電子の一部は、第 2 電極層 2 4 から直接電気接続部 3 4 を通って、隣接する光電変換セル 1 2 の第 1 電極層 2 2 に移動する。また、ある光電変換セル 1 2 で生じた自由電子の別の一部は、第 2 電極層 2 4 から第 1 グリッド電極 3 1 及び第 2 グリッド電極 3 2 を介して電気接続部 3 4 を通り、隣接する光電変換セル 1 2 の第 1 電極層 2 2 に移動する。このように、光電変換セル 1 2 で生じた自由電子は、第 2 方向 (図の X 方向) に複数の光電変換セル 1 2 を通って流れることになる。

10

【0028】

光電変換モジュール 1 0 は、電力を光電変換モジュール 1 0 へ供給又は光電変換モジュール 1 0 から取り出すための配線 5 0 を有する。配線 5 0 は、第 2 方向 (図の X 方向) における光電変換モジュール 1 0 の端に位置する光電変換セル 1 2 に隣接して設けられていてよい。

【0029】

本実施形態において、第 2 電極層 2 4 を構成する透明電極層は、図 2 に示すような領域 2 R と、図 6 に示すような領域 6 R と、を含んでいてよい。領域 2 R と領域 6 R は、同一の光電変換セル 1 2 内に配置されている。領域 2 R において第 1 方向 (Y 方向) に互いに隣り合う第 1 グリッド電極 3 1 どうしの間隔は、領域 6 R において第 1 方向 (Y 方向) に互いに隣り合う第 1 グリッド電極 3 1 どうしの間隔よりも小さい。ここで、第 2 電極層 2 4 の領域 6 R は、領域 2 R におけるシート抵抗よりも小さいシート抵抗、領域 2 R における膜厚よりも大きい膜厚、又は領域 2 R における透過率よりも小さい透過率を有する。なお、上述した第 1 グリッド電極 3 1 の間隔とは、任意の第 1 グリッド電極 3 1 の中心線と隣り合う第 1 グリッド電極 3 1 の中心線との間隔である。

20

【0030】

また、本実施形態において、第 2 電極層 2 4 は、図 7 に示すような領域 7 R をさらに含んでいてもよい。領域 6 R と領域 7 R とは、互いに異なる光電変換セル 1 2 内に配置されている。

30

【0031】

領域 7 R において第 1 方向 (Y 方向) に互いに隣り合う第 1 グリッド電極 3 1 どうしの間隔は、領域 6 R において第 1 方向 (Y 方向) に互いに隣り合う第 1 グリッド電極 3 1 どうしの間隔よりも小さい。ここで、第 2 電極層 2 4 の領域 6 R は、領域 7 R におけるシート抵抗よりも小さいシート抵抗、領域 7 R における膜厚よりも大きい膜厚、又は領域 7 R における透過率よりも小さい透過率を有する。

【0032】

より好ましくは、光電変換モジュール 1 0 の第 2 電極層 2 4 は、シート抵抗、膜厚又は透過率に分布を有し、第 1 方向 (Y 方向) に互いに隣り合う第 1 グリッド電極 3 1 のどうしの間隔は、シート抵抗が大きいほど小さく、膜厚が小さいほど小さく、又は透過率が大きいほど小さい。

40

【0033】

透明電極層のシート抵抗が大きい領域ほど、第 1 グリッド電極 3 1 どうしの間隔を狭くすると、透明電極層と第 1 グリッド電極 3 1 の両方を合わせた電気抵抗値の分布が均一に近づく。このように全体のシート抵抗を均一に近づけるとともに、不必要な領域において第 1 グリッド電極 3 1 の密度 (光電変換モジュールを平面視した場合の、単位面積あたりグリッド電極の面積密度) を低くすることによって、透明電極層の電気抵抗値に起因する電力のロスという課題と、第 1 グリッド電極による光の遮蔽に起因する短絡電流の低減という課題の両方のバランスをとることができる。

【0034】

50

また、一般には、透明電極層の膜厚が小さいほど、透明電極層のシート抵抗は高くなると考えられる。さらに、透明電極層の透過率が大きいほど、透明電極層のシート抵抗は高くなると考えられる。これは、透明電極層の透過率が大きい場合、一般には透明電極層の膜厚が小さい、又は透明電極層のキャリア濃度が低いためと考えられる。

【 0 0 3 5 】

したがって、透明電極層の膜厚が小さいほど、又は透明電極層の透過率が大きいほど第 1 グリッド電極 3 1 とうしの間隔を狭くすることで、透明電極層と第 1 グリッド電極 3 1 の両方を合わせた電気抵抗値の分布が均一に近づくと考えられる。この場合であっても、全体のシート抵抗を均一に近づけるとともに、不必要な領域において第 1 グリッド電極 3 1 の密度を低くすることによって、透明電極層の電気抵抗値に起因する電力のロスという課題と、第 1 グリッド電極による光の遮蔽に起因する短絡電流の低減という課題の両方のバランスをとることができる。

10

【 0 0 3 6 】

ここで、透明電極層の膜厚又は透過率は、製造ライン中において透明電極層のシート抵抗よりも容易に測定することができる。したがって、透明電極層の膜厚又は透過率に応じて第 1 グリッド電極 3 1 の間隔を設定する場合、光電変換モジュール 1 0 の製造上のメリットが高い。

【 0 0 3 7 】

図 8 は、第 1 変形例に係る第 1 グリッド電極 3 1 と第 2 グリッド電極 3 2 の連結部分の模式的上面図である。第 1 変形例において、第 1 方向（Y 方向）における第 1 グリッド電極 3 1 の幅は、第 2 グリッド電極 3 2 に近づくとともに広がっている。具体的には、第 1 方向（Y 方向）における第 1 グリッド電極 3 1 の幅は、第 2 グリッド電極 3 2 に近づくとともに徐々に拡大している。

20

【 0 0 3 8 】

これとは逆に、第 2 方向（X 方向）における第 2 グリッド電極 3 2 の幅が、第 1 グリッド電極 3 1 に近づくとともに徐々に拡大していてもよい。

【 0 0 3 9 】

図 9 は、第 2 変形例に係る第 1 グリッド電極 3 1 と第 2 グリッド電極 3 2 の連結部分の模式的上面図である。第 2 変形例において、第 1 方向（Y 方向）における第 1 グリッド電極 3 1 の幅は、第 2 グリッド電極 3 2 に近づくとともに広がっている。具体的には、第 1 方向（Y 方向）における第 1 グリッド電極 3 1 の幅は、第 2 グリッド電極 3 2 に近づくとともに段階的に拡大している。

30

【 0 0 4 0 】

これとは逆に、第 2 方向（X 方向）における第 2 グリッド電極 3 2 の幅が、第 1 グリッド電極 3 1 に近づくとともに段階的に拡大していてもよい。

【 0 0 4 1 】

第 1 変形例及び第 2 変形例では、第 1 グリッド電極 3 1 と第 2 グリッド電極 3 2 の連結部分の領域を大きくすることによって、第 1 グリッド電極 3 1 と第 2 グリッド電極 3 2 との連結部分における電氣的な接続不良又は電気抵抗の増大を抑制することができる。

【 0 0 4 2 】

40

図 1 0 は、第 3 変形例に係る第 1 グリッド電極 3 1 と第 2 グリッド電極 3 2 の連結部分の模式的上面図である。第 3 変形例において、第 1 グリッド電極 3 1 は、第 2 グリッド電極 3 2 に近づくとともに第 1 方向（Y 方向）に曲がっている。このように第 1 グリッド電極 3 1 と第 2 グリッド電極 3 2 との連結箇所が曲がっていることにより、第 1 グリッド電極 3 1 に流れる電流が連結箇所で反射することを低減できる。

【 0 0 4 3 】

また、他の変形例として、第 1 グリッド電極 3 1 は、第 2 グリッド電極 3 2 に近づくとともに厚みが大きくなっていてもよい。

【 0 0 4 4 】

次に、図 1 1 ~ 図 1 6 を参照し、一実施形態に係る光電変換モジュールを製造する方法

50

について説明する。なお、以下の各ステップにおいて、各層は、スパッタ法や蒸着法などの成膜手段によって適宜形成することができる。

【 0 0 4 5 】

まず、基板 2 0 上に、第 1 電極層 2 2 と、第 2 電極層 2 4 と、第 1 電極層 2 2 と第 2 電極層 2 4 との間の光電変換層 2 6 と、を含む帯状の光電変換セル 1 2 を形成する（セル形成工程）。具体的には、まず、基板 2 0 上に第 1 電極層 2 2 を構成する材料を形成する。第 1 電極層 2 2 を構成する材料は、複数の光電変換セル 1 2 にわたる領域に形成される。基板 2 0 及び第 1 電極層 2 2 の材料は、前述したとおりである。次に、第 1 電極層 2 2 を構成する材料の一部を細線状に除去することによって、第 1 電極層 2 2 を複数の帯状に成形するための第 1 分割部 P 1 を形成する。第 1 電極層 2 2 を構成する材料の一部の除去は、レーザ又はニードルのような手段によって実施することができる。

10

【 0 0 4 6 】

次に、第 1 電極層 2 2 上に光電変換層 2 6 を構成する材料を形成する。光電変換層 2 6 の材料は、前述したとおりである。この際、光電変換層 2 6 を構成する材料は、第 1 分割部 P 1 内にも充填されてもよい。この代わりに、第 1 分割部 P 1 内には、光電変換層 2 6 を構成する材料とは異なる、別の絶縁部材で充填されてもよい。次に、光電変換層 2 6 を構成する材料の一部を細線状に除去することによって、光電変換層 2 6 を複数の帯状に成形するための第 2 分割部 P 2 を形成する。

【 0 0 4 7 】

次に、光電変換層 2 6 上に第 2 電極層 2 4 を構成する材料を形成する。第 2 電極層 2 4 の材料は、前述したとおりである。本実施形態では、第 2 電極層 2 4 は透明電極層であることが好ましい。第 2 電極層 2 4 を構成する材料は、第 2 分割部 P 2 内にも充填されてもよい。第 2 分割部 P 2 内にも充填された第 2 電極層 2 4 は、前述した電気接続部 3 4 を構成する。この代わりに、第 2 分割部 P 2 内には、第 2 電極層 2 4 を構成する材料とは異なる、別の導電性材料で充填されてもよい。次に、第 2 電極層 2 4 及び光電変換層 2 6 を構成する材料の一部を細線状に除去することによって、第 2 電極層 2 4 及び光電変換層 2 6 を複数の帯状に成形するための第 3 分割部 P 3 を形成する。

20

【 0 0 4 8 】

光電変換モジュールを製造する方法は、第 2 電極層 2 4 を構成する透明電極層のシート抵抗、膜厚又は透過率を測定する工程を有してよい。透明電極層のシート抵抗は、例えば 4 端子法による抵抗測定器、又はホール効果を利用した抵抗測定器によって測定することができる。透明電極層の膜厚は、例えば、分光光度計、光干渉式膜厚計、SEM（走査型電子顕微鏡）、段差計又はレーザ顕微鏡によって測定することができる。透明電極層の透過率は、例えば分光光度計によって測定することができる。

30

【 0 0 4 9 】

ここで、透明電極層のシート抵抗、膜厚又は透過率の測定は、完成品として使用される光電変換モジュールに対して行われてもよく、完成品として使用されないダミーの光電変換モジュール、又はダミーのガラス基板に対して行われてもよい。光電変換モジュール 1 0 が大量生産される場合、同一の製造ライン（ロット）では、透明電極層のシート抵抗、膜厚又は透過率の分布は、製品間でほぼ同じになる。したがって、完成品として使用されない物、例えば基板 2 0 上に光電変換層 2 6 まで製膜された半製品、又は透明電極層が製膜されたダミーのガラス基板を取り出し、取り出された半製品、又はダミーのガラス基板に対して透明電極層のシート抵抗、膜厚又は透過率の測定を行ってもよい。これにより、同一の製造ライン（ロット）において製品として使用される光電変換モジュール 1 0 の透明電極層のシート抵抗、膜厚又は透過率を推定することができる。

40

【 0 0 5 0 】

光電変換モジュールを製造する方法は、セル形成工程の後に、グリッド電極 3 1 , 3 2 を形成するグリッド形成工程を有してよい。グリッド形成工程は、第 1 グリッド形成工程と、第 2 グリッド形成工程と、を含んでよい。第 1 グリッド形成工程は、第 2 グリッド形成工程よりも前又は後のいずれのタイミングで実施されてもよい。また、第 3 分

50



割部 P 3 が形成される前に、グリッド形成工程を実施してもよい。

【 0 0 5 1 】

第 1 グリッド形成工程では、光電変換セル 1 2 において第 1 方向（図の Y 方向）に並んで設けられ、第 1 方向に交差する第 2 方向（図の X 方向）に延びる複数の第 1 グリッド電極 3 1 を形成する。第 2 グリッド形成工程では、前述したような第 1 方向（図の Y 方向）に延びる第 2 グリッド電極 3 2 を形成する。

【 0 0 5 2 】

第 1 グリッド電極 3 1 及び / 又は第 2 グリッド電極 3 2 は、例えば、インクジェット印刷、スクリーン印刷、グラビアオフセット印刷又はフレキソ印刷によって形成することができる。以下では、第 1 グリッド電極 3 1 及び第 2 グリッド電極 3 2 が導電性インクの塗布、例えばインクジェット印刷により形成される場合における一例を図 1 2 及び図 1 3 を用いて説明する。

【 0 0 5 3 】

導電性インク 1 0 2 は、銀や銅のような導電性粒子、有機溶剤、分散剤を含む導電性ペーストによって構成されていてよい。また、導電性インク 1 0 2 は、必要に応じてバインダを含んでいてもよい。導電性インク 1 0 2 は、ノズル 1 0 0 から吐出されることによって第 2 電極層 2 4 上に形成される。導電性インク 1 0 2 は、塗布された後に焼成されることが好ましい。導電性インク 1 0 2 の焼成により、有機溶剤や分散剤が気化し、導電性粒子が所定の塗布パターンで残存する。これにより、第 1 グリッド電極 3 1 及び第 2 グリッド電極 3 2 が形成される。

【 0 0 5 4 】

一例では、導電性インク 1 0 2 の焼成温度は、1 0 0 ～ 2 0 0 の範囲であってよい。前述した C I S 系の光電変換モジュールの場合、C I S 系の光電変換モジュールを構成する光電変換セルの変質や破壊を抑制するため、導電性インク 1 0 2 の焼成温度は 1 5 0 以下であることが好ましい。導電性インク 1 0 2 の焼成は、大気（より好ましくは、ドライエア）又は窒素雰囲気下で行われることがより好ましい。焼成時間は、例えば 5 ～ 6 0 分の範囲であってよい。

【 0 0 5 5 】

好ましくは、第 1 グリッド形成工程において、1 つの光電変換モジュール内で導電性インク 1 0 2 の塗布が開始される開始点 S 1 は、光電変換モジュールの起電力に寄与しない非有効領域 N E R に位置する（図 1 2 参照）。具体的には、図 1 2 に示すように、インクジェットヘッドのノズル 1 0 0 を開始点 S 1 から第 2 方向（X 方向）に走査しつつ、ノズル 1 0 0 から導電性インク 1 0 2 を吐出することによって、第 2 方向に沿って導電性インク 1 0 2 が形成される。

【 0 0 5 6 】

また、第 2 グリッド形成工程において、1 つの光電変換モジュール内で導電性インク 1 0 2 の塗布が開始される開始点 S 2 は、光電変換モジュールの起電力に寄与しない非有効領域 N E R に位置することが好ましい（図 1 3 参照）。具体的には、図 1 3 に示すように、インクジェットヘッドのノズル 1 0 0 を開始点 S 2 から第 1 方向（Y 方向）に走査しつつ、ノズル 1 0 0 から導電性インク 1 0 2 を吐出することによって、第 2 方向に沿って導電性インク 1 0 2 が形成される。

【 0 0 5 7 】

ここで、前述した非有効領域 N E R は、製造の途中の段階、又は製品の完成後において、光電変換に寄与しない領域によって規定される。非有効領域 N E R は、例えば、少なくとも第 2 電極層 2 4 が切除された領域、光電変換に寄与する光電変換セル 1 2 から第 1 電極層 2 2、光電変換層 2 6 及び第 2 電極層 2 4 の切除によって分離された光電変換に寄与しない領域、又は製造中の光電変換モジュール 1 0 から切除された領域であってよい。

【 0 0 5 8 】

ここで、光電変換モジュールを大量生産する場合、開始点 S 1、S 2 にインクの塗布を開始する前に、導電性インク 1 0 2 の塗布をしない期間（リードタイム）が存在し得る。

10

20

30

40

50

この期間に、導電性インク 102 が乾燥すると、開始点 S1、S2 に導電性インク 102 を正確に塗布できないことがある。本態様では、開始点 S1、S2 が非有効領域 NER に位置するため、開始点 S1、S2 に導電性インク 102 が正確に塗布されなくても、光電変換モジュールの性能に影響を与えない。

【0059】

具体的一例では、光電変換モジュールを製造する方法は、図 14 に示すように、少なくとも第 2 電極層 24、好ましくは第 2 電極層 24 及び光電変換層 26 の一部を除去する工程を有してよい。少なくとも第 2 電極層 24 が除去された領域は、非有効領域 NER を構成する。導電性インク 102 の塗布が開始される開始点 S1 は、この非有効領域 NER に位置してよい。

10

【0060】

また、図 15 に示すように、少なくとも第 2 電極層 24 が除去された領域に、前述した配線 50 を形成してもよい。この場合、少なくとも第 2 電極層 24 が除去された領域は、光電変換モジュール 10 の第 2 方向 (X 方向) の端部領域であってよい。

【0061】

具体的一例では、光電変換モジュールを製造する方法は、図 16 に示すように、導電性インク 102 の塗布が開始される開始点 S2 を含む領域を切除する工程をさらに有してよい。

【0062】

以上のようにして第 1 実施形態で説明した光電変換モジュール 10 が得られる。上記実施形態の図 14、15 では、非有効領域 NER に相当する箇所の少なくとも第 2 電極層 24 を除去した。本発明はこれに限らず、第 2 電極層 24 を除去せず、第 2 電極層 24 上に配線 50 を形成してもよい。この場合、配線 50 と、配線 50 に隣接する光電変換セル 12 との間に、非有効領域 NER と光電変換に寄与する有効領域 ER とを分割するための分割溝を形成すればよい。この分割溝は、例えば、第 1 電極層 22、光電変換層 26 及び第 2 電極層 24 を除去することによって形成できる。

20

【0063】

上述したように、実施形態を通じて本発明の内容を開示したが、この開示の一部をなす論述及び図面は、本発明を限定するものであると理解すべきではない。この開示から当業者には様々な代替の実施形態、実施例及び運用技術が明らかとなる。したがって、本発明の技術的範囲は、上述の説明から妥当な特許請求の範囲に係る発明特定事項によってのみ定められるものである。

30

【0064】

例えば、光電変換モジュール 10 は、不図示の透明の封止材によって封止されていてもよい。

【0065】

図示した態様では、第 1 グリッド電極 31 及び第 2 グリッド電極 32 は、第 2 電極層 24 上に設けられている。この代わりに、第 1 グリッド電極 31 及び第 2 グリッド電極 32 は、光電変換層 26 と第 2 電極層 24 の間に設けられていてもよい。この場合、第 1 グリッド電極 31 及び第 2 グリッド電極 32 は、光電変換層 26 と直接接することなく、光電変換層 26 から離れて位置することが好ましい。第 1 グリッド電極 31 及び第 2 グリッド電極 32 が第 2 電極層 24 に覆われることにより、第 2 電極層 24 (透明電極層) とグリッド電極 31、32 との間の接続不良を抑制することができる。その結果、グリッド電極 31、32 の接触抵抗の増大を抑制し、光電変換の変換効率の低下を抑止することができる。

40

【0066】

また、前述した実施形態では、第 2 電極層 24 が透明電極層によって構成されている。この代わりに、第 1 電極層 22 が透明電極層によって構成されていてもよい。この場合、第 2 電極層 24 は、透明電極層によって構成されていてもよく、不透明電極層によって構成されていてもよい。さらにこの場合、第 1 グリッド電極 31 及び第 2 グリッド電極 32

50

は、第 1 電極層 2 2 に隣接して設けられることが好ましい。この場合、基板 2 0 は透明基板によって構成されていてよい。

【 0 0 6 7 】

また、図示した態様では、すべての第 1 グリッド電極 3 1 が第 2 方向（X 方向）に同じ長さを有している。この代わりに、第 2 方向（X 方向）における第 1 グリッド電極 3 1 の長さは、同一の光電変換セル 1 2 内、又は異なる光電変換セル 1 2 間で互いに異なってもよい。例えば、第 2 方向（X 方向）において長い第 1 グリッド電極と、第 2 方向（X 方向）において短い第 1 グリッド電極とが、第 1 方向（Y 方向）に所定のパターンで並んでいてよい。

【 0 0 6 8 】

また、本実施形態では、集積構造を有する（分割部 P 1 ~ P 3 を有する）薄膜光電変換モジュールを例にとって説明したが、本発明はこれに限らず、集積構造を有さない、言い換えれば、分割部 P 1 ~ P 3 を有さない光電変換モジュールにも適用可能である。具体的には、集積構造を有さない光電変換モジュールにおいて、当該光電変換モジュールが備える透明電極層のシート抵抗、膜厚、透過率に応じて、グリッド電極を形成する間隔を決定してもよい。

【 0 0 6 9 】

また、本明細書における「第 1 」、「第 2 」、「第 3 」という用語は、本明細書内で各用語を区別するために使用されるものであり、明細書における「第 1 」、「第 2 」、「第 3 」という用語は、特許請求の範囲における「第 1 」、「第 2 」、「第 3 」という用語と必ずしも一致するわけではないことに留意されたい。

【 0 0 7 0 】

2 0 1 7 年 9 月 1 5 日に出願された日本国特許出願第 2 0 1 7 - 1 7 8 3 6 7 号の全内容が、参照により、本願明細書に組み込まれる。

【産業上の利用可能性】

【 0 0 7 1 】

上記態様によれば、透明電極層の電気抵抗値に起因する電力のロスを抑制しつつ、グリッド電極による光の遮蔽に起因する短絡電流の低減を抑制することができる。

【符号の説明】

【 0 0 7 2 】

- 1 0 光電変換モジュール
- 1 2 光電変換セル
- 2 0 基板
- 2 2 第 1 電極層
- 2 4 第 2 電極層（n 型半導体）
- 2 6 光電変換層（p 型半導体）
- 3 1 第 1 グリッド電極
- 3 2 第 2 グリッド電極
- 5 0 配線

10

20

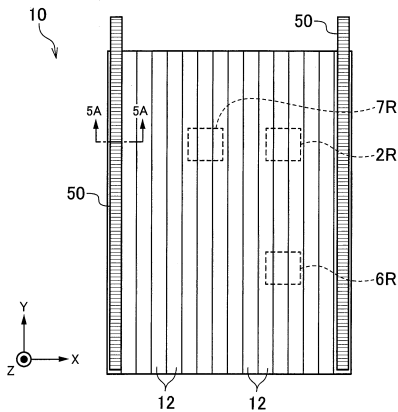
30

40

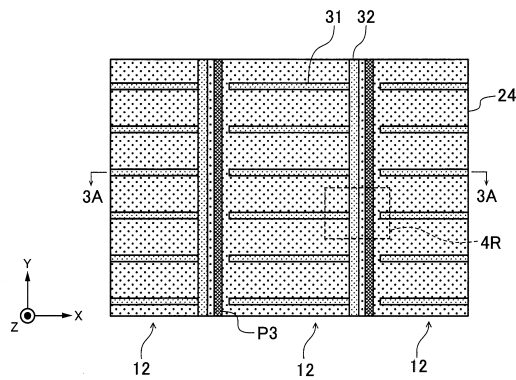
50

【図面】

【図 1】

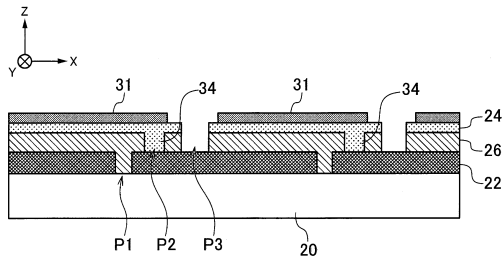


【図 2】

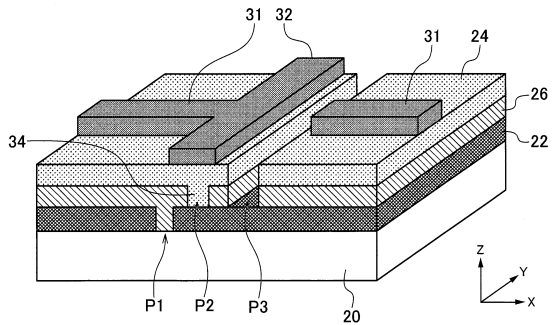


10

【図 3】



【図 4】



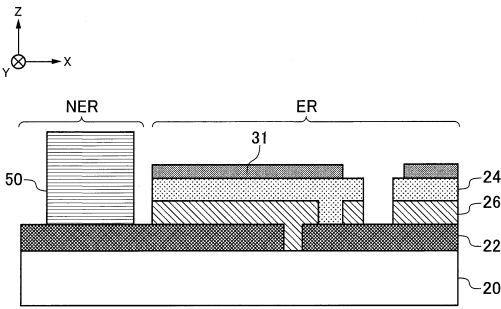
20

30

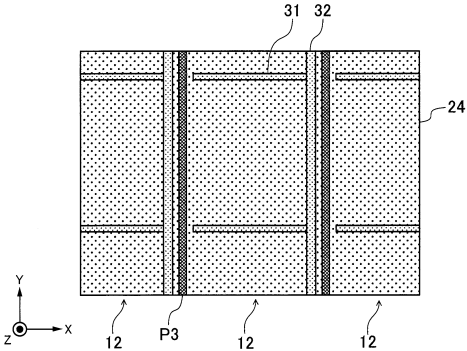
40

50

【図 5】

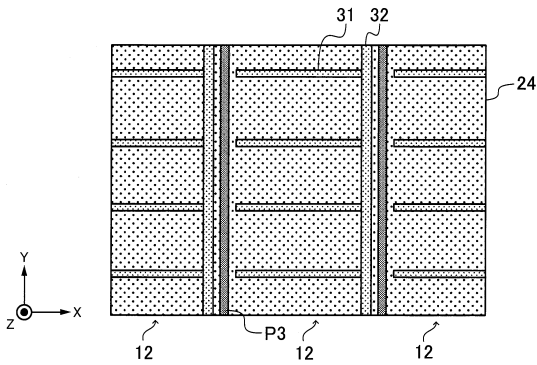


【図 6】

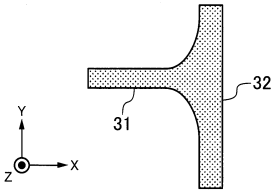


10

【図 7】

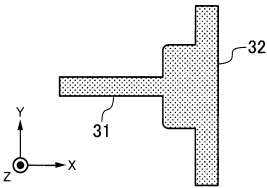


【図 8】

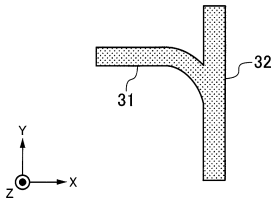


20

【図 9】



【図 10】

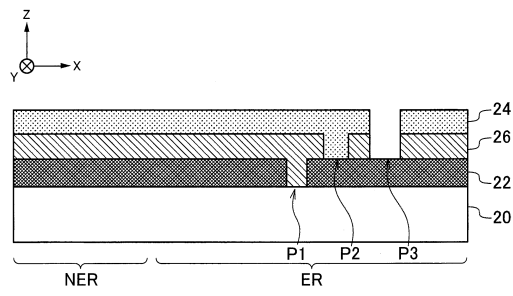


30

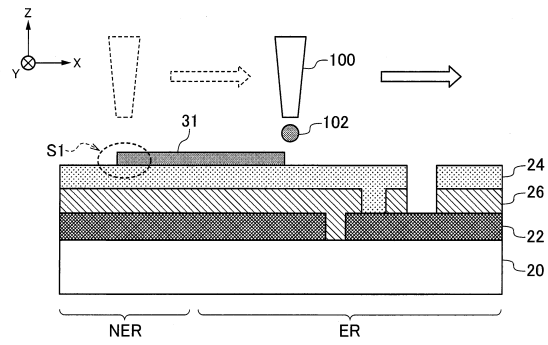
40

50

【 図 1 1 】

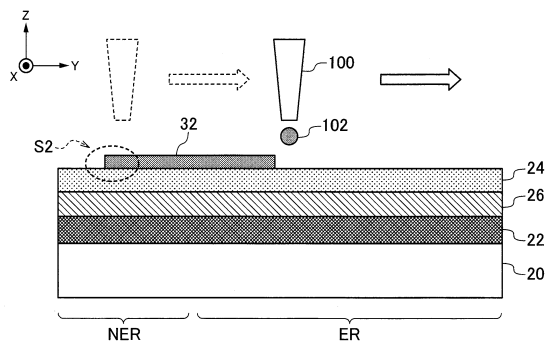


【圖 1 2】

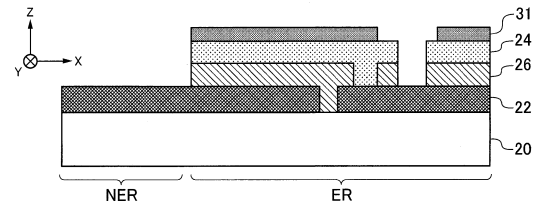


10

【 図 1 3 】

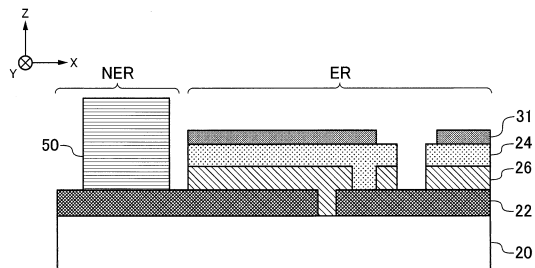


【 図 1 4 】

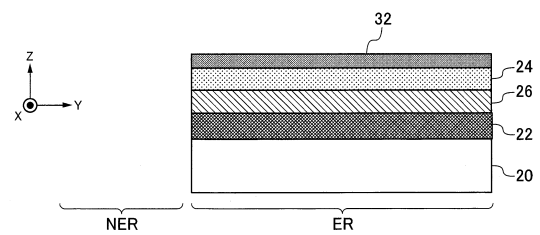


20

【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



30

40

50

## フロントページの続き

- 」共同研究、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願  
東京都港区台場二丁目3番2号 ソーラーフロンティア株式会社内
- (72)発明者 田中 学  
東京都港区台場二丁目3番2号 ソーラーフロンティア株式会社内
- (72)発明者 浅野 明彦  
東京都港区台場二丁目3番2号 ソーラーフロンティア株式会社内
- 審査官 吉岡 一也
- (56)参考文献 国際公開第2013/094233(WO, A1)  
特開2012-124328(JP, A)  
特開2000-058888(JP, A)  
特開平03-234066(JP, A)  
特開2017-126750(JP, A)  
米国特許出願公開第2016/0284882(US, A1)  
国際公開第2009/142187(WO, A1)  
特開昭63-143878(JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
H01L 31/02-31/20