

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-282997

(P2010-282997A)

(43) 公開日 平成22年12月16日(2010.12.16)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)  
 HO 1 L 31/04 (2006.01) HO 1 L 31/04 E 5 F 0 5 1  
 5 F 1 5 1

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2009-132839 (P2009-132839)	(71) 出願人	000002369 セイコーエプソン株式会社 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(22) 出願日	平成21年6月2日(2009.6.2)	(74) 代理人	100095728 弁理士 上柳 雅誉
		(74) 代理人	100107261 弁理士 須澤 修
		(74) 代理人	100127661 弁理士 宮坂 一彦
		(72) 発明者	傳田 敦 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
		(72) 発明者	▲斎▼藤 広美 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

最終頁に続く

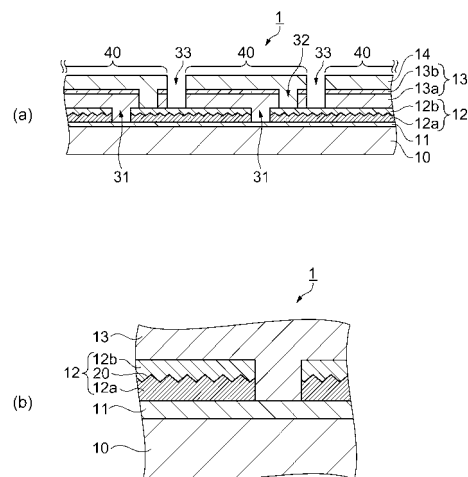
(54) 【発明の名称】 太陽電池、太陽電池の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 高効率の太陽電池を提供する。

【解決手段】 基板と、前記基板上に形成された下部電極層と、前記下部電極層上に形成された半導体層と、前記半導体層上に形成された上部電極層と、を備え、前記下部電極層は、前記基板上に形成された第1下部電極層と、前記第1下部電極層上に形成された第2下部電極層と、で構成され、前記第1下部電極層は、前記第2下部電極層に比べ、電気抵抗率が低い材料で構成されている。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

基板と、  
前記基板上に形成された下部電極層と、  
前記下部電極層上に形成された半導体層と、  
前記半導体層上に形成された上部電極層と、を備え、  
前記下部電極層は、第 1 下部電極層と、第 2 下部電極層と、で構成され、  
前記第 1 下部電極層は、前記第 2 下部電極層に比べ、電気抵抗率が低い材料で構成されたことを特徴とする太陽電池。

## 【請求項 2】

請求項 1 に記載の太陽電池において、  
前記第 1 下部電極層は、前記基板上に、銀、または、銀を主成分とする化合物によって形成され、  
前記第 2 下部電極層は、前記第 1 下部電極層上に、モリブデンによって形成されたことを特徴とする太陽電池。

## 【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載の太陽電池において、  
前記第 1 下部電極層は、凹凸部を有することを特徴とする太陽電池。

## 【請求項 4】

請求項 1 に記載の太陽電池において、  
前記第 1 下部電極層は、前記基板上に形成された、銀、または、カーボンを主成分とするナノワイヤー層であり、  
前記第 2 下部電極層は、前記第 1 下部電極層上に、モリブデンによって形成されたことを特徴とする太陽電池。

## 【請求項 5】

請求項 1 に記載の太陽電池において、  
前記基板は、透明性を有する基板であり、  
前記第 1 下部電極層は、前記基板上に、銀、または、銀を主成分とする化合物によって、格子状、または、ライン状に形成され、  
前記第 2 下部電極層は、前記第 1 下部電極層上および前記基板上に形成された透明性を有する導電体であることを特徴とする太陽電池。

## 【請求項 6】

請求項 1 に記載の太陽電池において、  
前記基板は、透明性を有する基板であり、  
前記第 1 下部電極層は、前記基板上に、銀、または、カーボンを主成分とするナノワイヤー層であり、  
前記第 2 下部電極層は、前記第 1 下部電極層上および前記基板上に形成された透明性を有する導電体であることを特徴とする太陽電池。

## 【請求項 7】

基板上に下部電極層を形成する下部電極層形成工程と、  
前記下部電極層上に半導体層を形成する半導体層形成工程と、  
前記半導体層上に上部電極層を形成する上部電極層形成工程と、を有し、  
前記下部電極層形成工程は、  
前記基板上に第 1 下部電極層を形成する第 1 下部電極層形成工程と、前記第 1 下部電極層上に第 2 下部電極層を形成する第 2 下部電極層形成工程と、を含み、  
前記第 1 下部電極層形成工程では、前記第 2 下部電極層に比べ、電気抵抗率が低い前記第 1 下部電極層を形成することを特徴とする太陽電池の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

10

20

30

40

50

本発明は、太陽電池、太陽電池の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

太陽電池は、光エネルギーを電気エネルギーに変換するものであり、使用される半導体によって様々な種類の構成が提案されている。近年では、製造工程が簡単で、高い変換効率が期待できるCIGS型の太陽電池が注目されている。CIGS型の太陽電池は、例えば、基板上に形成された第1電極膜と、第1電極膜上に形成された化合物半導体（銅-インジウム-ガリウム-セレン化合物）層を含む薄膜と、当該薄膜上に形成された第2電極膜と、で構成されている。そして、薄膜の一部が除去された溝内に第2電極膜が形成されており、第1電極膜と第2電極膜とが電氣的に接続されている。（例えば、特許文献1参照）。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2002-319686号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、上記した太陽電池では、単一セルで得られる開放電圧が小さいため、複数の小型セルを直列に接続することにより、モジュール化して起電力を高めている。ところが、このモジュール化に伴い、電流経路が増加（直列抵抗の増加）するため、導電経路を流れる電流が損失してしまう、という課題があった。

20

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明は、上記課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の形態又は適用例として実現することが可能である。

【0006】

[適用例1]本適用例にかかる太陽電池は、基板と、前記基板上に形成された下部電極層と、前記下部電極層上に形成された半導体層と、前記半導体層上に形成された上部電極層と、を備え、前記下部電極層は、第1下部電極層と、第2下部電極層と、で構成され、前記第1下部電極層は、前記第2下部電極層に比べ、電気抵抗率が低い材料で構成されたことを特徴とする。

30

【0007】

この構成によれば、下部電極層は、第1下部電極層と第2下部電極層とで構成されており、第1下部電極層は、第2下部電極層よりも電気抵抗率が低い電極層である。このように、下部電極を2層構造として、例えば、下部電極層のうち、一方の第2下部電極層の電気抵抗率が比較的高い場合であっても、電気抵抗率の低い第1下部電極層を補助的に組み合わせることで形成することにより、下部電極層全体としての電氣的効率を下げることができる。すなわち、下部電極層のシート抵抗を下げるができる。これにより、太陽電池内を流れる電流の損失を低減することができる。

40

【0008】

[適用例2]上記適用例にかかる太陽電池の前記第1下部電極層は、前記基板上に、銀、または、銀を主成分とする化合物によって形成され、前記第2下部電極層は、前記第1下部電極層上に、モリブデンによって形成されたことを特徴とする。

【0009】

この構成によれば、基板には、銀、または、銀を主成分とする化合物からなる第1下部電極層が形成され、第1下部電極層上に、モリブデンからなる第2下部電極層が形成される。ところで、例えば、CIGS型の太陽電池では、下部電極層の材料としてモリブデンが使用されている。下部電極層にモリブデンが使用される理由は以下の通りである。CIGS型の太陽電池の半導体層（CIGS）は、その製造過程において、下部電極層のモ

50

リブデン上に、銅 - ガリウム ( C u - G a ) 合金層とインジウム ( I n ) 層からなる積層プリカーサーを形成し、当該積層プリカーサーをセレン化水素雰囲気中で加熱 ( セレン化 ) することにより、半導体層 ( C I G S ) を形成している。ところが、このセレン化処理において、下部電極層の材料が、例えば、セレンと容易に合金を形成するものであると、合金形成の結果、半導体層に膨張が生じ、この膨張により、半導体層にクラックや剥離等が生じる場合がある。そこで、耐セレン性に優れたモリブデンが下部電極層の材料として採用されている。しかし、下部電極層のシート抵抗は、モリブデンの電気的特性に依存することになる。そこで、本発明では、モリブデンよりも電気抵抗率の低い銀、または、銀を主成分とする化合物を用いた第 1 下部電極層を形成し、モリブデンを含む第 2 下部電極層とともに下部電極層を構成した。これにより、下部電極層のシート抵抗を下げるこ

10

**【 0 0 1 0 】**

[ 適用例 3 ] 上記適用例にかかる太陽電池において、前記第 1 下部電極層は、凹凸部を有することを特徴とする。

**【 0 0 1 1 】**

この構成によれば、第 1 下部電極層は、凹凸部を有するため、太陽電池に入射した光のうち、第 1 下部電極層まで達した光は、凹凸部で散乱し、半導体層に吸収される。すなわち、光の閉じ込め効果が向上する。このため、太陽電池の変換効率を向上させることができる。

**【 0 0 1 2 】**

[ 適用例 4 ] 上記適用例にかかる太陽電池の前記第 1 下部電極層は、前記基板上に形成された、銀、または、カーボンの主成分とするナノワイヤー層であり、前記第 2 下部電極層は、前記第 1 下部電極層上に、モリブデンによって形成されたことを特徴とする。

20

**【 0 0 1 3 】**

この構成によれば、モリブデンよりも電気抵抗率の低い、銀、または、カーボン主成分とするナノワイヤー層を第 1 下部電極層として、モリブデンを含む第 2 下部電極層とともに下部電極層を構成することにより、下部電極層全体のシート抵抗を下げるこ

**【 0 0 1 4 】**

[ 適用例 5 ] 上記適用例にかかる太陽電池において、前記基板は、透明性を有する基板であり、前記第 1 下部電極層は、前記基板上に、銀、または、銀を主成分とする化合物によって、格子状、または、ライン状に形成され、前記第 2 下部電極層は、前記第 1 下部電極層上および前記基板上に形成された透明性を有する導電体であることを特徴とする。

30

**【 0 0 1 5 】**

この構成によれば、例えば、透明性を有する基板と、透明性を有する導電体の下部電極を備えることにより、基板面側からの受光が可能となる。但し、下部電極を単一層とした場合、下部電極層のシート抵抗は、透明性の導電体の電気的特性に依存することになる。そこで、本発明では、透明性を有する導電体よりも電気抵抗率の低い、銀、または、銀を主成分とする化合物を用いて第 1 下部電極層を形成した。そして、透明性を有する導電体の第 2 下部電極層とともに下部電極層が構成される。これにより、下部電極層全体のシート抵抗を下げるこ

40

**【 0 0 1 6 】**

[ 適用例 6 ] 上記適用例にかかる太陽電池において、前記基板は、透明性を有する基板であり、前記第 1 下部電極層は、前記基板上に、銀、または、カーボン主成分とするナノワイヤー層であり、前記第 2 下部電極層は、前記第 1 下部電極層上および前記基板上に形成された透明性を有する導電体であることを特徴とする。

**【 0 0 1 7 】**

この構成によれば、透明性を有する導電体よりも電気抵抗率の低い、銀、または、カー

50

ボンを主成分とするナノワイヤー層の第1下部電極層が形成され、透明導電体を含む第2下部電極とともに下部電極層を形成することにより、下部電極層全体のシート抵抗を下げることができる。さらに、光が受光する開口率を確保するようにナノワイヤー層を形成することにより、光の入射を遮断させることなく、受光した光を半導体層に到達させることができる。

【0018】

[適用例7] 上記適用例にかかる太陽電池の製造方法は、基板上に下部電極層を形成する下部電極層形成工程と、前記下部電極層上に半導体層を形成する半導体層形成工程と、前記半導体層上に上部電極層を形成する上部電極層形成工程と、を有し、前記下部電極層形成工程は、前記基板上に第1下部電極層を形成する第1下部電極層形成工程と、前記第1下部電極層上に第2下部電極層を形成する第2下部電極層形成工程と、を含み、前記第1下部電極層形成工程では、前記第2下部電極層に比べ、電気抵抗率が低い前記第1下部電極層を形成することを特徴とする。

10

【0019】

この構成によれば、基板上に、下部電極層が形成される。当該下部電極層は、第1下部電極層と第2下部電極層とで構成され、第1下部電極層形成工程では、第2下部電極層よりも電気抵抗率が低い電極層を形成する。このように、下部電極を2層構造に形成することにより、例えば、下部電極層のうち、一方の第2下部電極層の電気抵抗率が比較的高い場合であっても、電気抵抗の低い第1下部電極層を補助的に組み合わせ形成することにより、下部電極層全体としてのシート抵抗を下げることができる。これにより、太陽電池内を流れる電流の損失を低減することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】第1実施形態にかかる太陽電池の構成を示し、(a)は断面図、(b)は一部拡大した断面図。

【図2】第1実施形態にかかる太陽電池の製造方法を示す工程図。

【図3】第1実施形態にかかる太陽電池の製造方法を示す工程図。

【図4】第2実施形態にかかる太陽電池の構成を示し、(a)は断面図、(b)、(c)は一部破断図。

30

【図5】第2実施形態にかかる太陽電池の製造方法を示す工程図。

【図6】第2実施形態にかかる太陽電池の製造方法を示す工程図。

【発明を実施するための形態】

【0021】

[第1実施形態]

以下、本発明を具体化した第1実施形態について図面に従って説明する。なお、各図面における各部材は、各図面上で認識可能な程度の大きさとするため、各部材ごとに縮小を異ならせて図示している。

【0022】

(太陽電池の構成)

まず、太陽電池の構成について説明する。なお、本実施形態では、CIGS型の太陽電池の構成について説明する。図1は、本実施形態にかかる太陽電池の構成を示し、同図(a)は断面図、(b)は一部拡大した断面図である。

40

【0023】

図1(a)に示すように、太陽電池1は、基板10と、基板10上に形成された下地層11と、下地層11上に形成された下部電極層12と、下部電極層12上に形成された半導体層13と、半導体層13上に形成された上部電極層14とからなるセル40の集合体で構成されている。

【0024】

隣接するセル40間は、第3分割溝33によって分割されている。また、下部電極層12は、第1分割溝31によってセル40単位で分割され、隣接するセル40間を跨ぐよう

50

に形成されている。そして、下部電極層 1 2 と上部電極層 1 4 とが、第 2 分割溝 3 2 を介して接続され、各セル 4 0 の上部電極層 1 4 が、隣接する他のセル 4 0 の下部電極層 1 2 と接続されることによって、各セル 4 0 が直列接続されている。このように、直列接続されたセル 4 0 の数を適宜設定することにより、太陽電池 1 における所望の電圧を任意に設計変更することが可能となる。

#### 【 0 0 2 5 】

基板 1 0 は、少なくとも下部電極層 1 2 側の表面が絶縁性を有した基板である。具体的には、例えば、ガラス（青板ガラス等）基板、ステンレス基板、ポリイミド基板、雲母基板等を用いることができる。

#### 【 0 0 2 6 】

下地層 1 1 は、基板 1 0 上に形成された絶縁性を有する層であり、例えば、 $\text{SiO}_2$ （酸化珪素）を主成分とする絶縁層やフッ化鉄層を設けることができる。当該下地層 1 1 は、絶縁性を有するとともに、基板 1 0 と基板 1 0 上に形成された下部電極層 1 2 との密着性を確保する機能、および、基板 1 0 が青板ガラスの場合は、ガラス基板から下部電極層 1 2 への Na 拡散を防止する機能を併せ持つ。なお、基板 1 0 自体に上記特性を有している場合には、下地層 1 1 を省略することができる。

#### 【 0 0 2 7 】

下部電極層 1 2 は、第 1 下部電極層 1 2 a と第 2 下部電極層 1 2 b とで構成されている。本実施形態では、第 1 下部電極層 1 2 a は、基板 1 0（下地層 1 1）上に形成され、第 1 下部電極層 1 2 a 上に第 2 下部電極層 1 2 b が形成されている。そして、第 1 下部電極層 1 2 a は、第 2 下部電極層 1 2 b に比べ、電気抵抗率が低い材料で形成されている。具体的には、第 2 下部電極層 1 2 b に、耐セレン化に優れたモリブデンが用いられた場合には、第 1 下部電極層 1 2 a は、モリブデンよりも電気抵抗率が低い材料、例えば、銀、または、銅、シリコン、ニッケル、マンガン等を含む銀を主成分とした化合物で形成されている。このように、第 1 下部電極層 1 2 a に、電気抵抗率の低い材料を用いることにより、電流流路における抵抗を下げるることができる。従って、第 1 下部電極層 1 2 a は、下部電極層 1 2 全体としてシート抵抗を低下させる補助的機能を備えた補助電極層ということもできる。

#### 【 0 0 2 8 】

さらに、第 1 下部電極層 1 2 a は、凹凸部 2 0 を備えている。本実施形態では、図 1（b）に示すように、第 1 下部電極層 1 2 a の半導体層 1 3 方向の表面のほぼ全面に、多数の微細な凹凸部 2 0 が密に形成されている。凹凸部 2 0 は、表面粗さ  $0.5 \mu\text{m}$  以上の凹凸を有し、例えば、角錐形状、三角溝形状、矩形溝形状、ドット形状、メッシュ形状等、或いはこれらの形状を組み合わせて形成される。なお、各凹凸部 2 0 の寸法や配置等は均一に設けてもよいし、ランダムに設けてもよい。当該凹凸部 2 0 を設けることにより、太陽電池 1 に入射した光が凹凸部 2 0 で散乱し、散乱した光を半導体層 1 3 で吸収することができる。これにより、太陽電池 1 の変換効率を向上させることができる。

#### 【 0 0 2 9 】

半導体層 1 3 は、第 1 半導体層 1 3 a と第 2 半導体層 1 3 b とで構成される。第 1 半導体層 1 3 a は、下部電極層 1 2 上に形成され、銅（Cu）・インジウム（In）・ガリウム（Ga）・セレン（Se）を含む p 型半導体層（CIGS 半導体層）である。

#### 【 0 0 3 0 】

第 2 半導体層 1 3 b は、第 1 半導体層 1 3 a 上に形成され、硫化カドミウム（CdS）、酸化亜鉛（ZnO）、硫化インジウム（InS）等の n 型半導体層である。

#### 【 0 0 3 1 】

上部電極層 1 4 は、第 2 半導体層 1 3 b 上に形成された透明性を有する電極層であり、例えば、ZnOAl 等の透明電極体（TCO: Transparent Conducting Oxides）、AZO 等である。

#### 【 0 0 3 2 】

上記のように構成された CIGS 型の太陽電池 1 に、太陽光等の光が入射されると、半

10

20

30

40

50

導体層 1 3 内で電子 ( - ) と正孔 ( + ) の対が発生し、電子 ( - ) と正孔 ( + ) は、p 型半導体層 ( 第 1 半導体層 1 3 a ) と n 型半導体層 ( 第 2 半導体層 1 3 b ) との接合面で、電子 ( - ) が n 型半導体に集まり、正孔 ( + ) が p 型半導体に集まる。その結果、n 型半導体層と p 型半導体層との間に起電力が発生する。この状態で、下部電極層 1 2 と上部電極層 1 4 に外部導線を接続することにより、電流を外部に取り出すことができる。

#### 【 0 0 3 3 】

( 太陽電池の製造方法 )

次に、太陽電池の製造方法について説明する。なお、本実施形態では、C I G S 型の太陽電池の製造方法について説明する。図 2 及び図 3 は、本実施形態にかかる太陽電池の製造方法を示す工程図である。

10

#### 【 0 0 3 4 】

図 2 ( a ) の下地層形成工程では、青板ガラス等のガラス基板 1 0 の一方面に  $S i O_2$  からなる下地層 1 1 を形成する。 $S i O_2$  からなる下地層 1 1 は、ガラス基板 1 0 にスパッタ法、C V D 法等により形成することができる。本下地層 1 1 は、青板ガラス基板 1 0 から下部電極層 1 2 への N a 拡散を防止すると共に、青板ガラス基板 1 0 と下部電極層 1 2 の密着力を高める効果を併せ持つ。なお、ガラス基板 1 0 自体に上記下地層の機能を有している場合には、下地層形成工程を省略することができる。

#### 【 0 0 3 5 】

図 2 ( b ) , ( c ) の下部電極層形成工程では、下地層 1 1 が形成されたガラス基板 1 0 上に下部電極層 1 2 を形成する。下部電極層形成工程は、第 1 下部電極層形成工程と第 2 下部電極層形成工程を含み、図 2 ( b ) の第 1 下部電極層形成工程では、下地層 1 1 上に第 1 下部電極層 1 2 a を形成する。次いで、図 2 ( c ) の第 2 下部電極層形成工程では、第 1 下部電極層 1 2 a 上に第 2 下部電極層 1 2 b を形成する。

20

#### 【 0 0 3 6 】

図 2 ( b ) の第 1 下部電極層形成工程では、下地層 1 1 上に、第 1 下部電極層 1 2 a となる銀 ( A g ) をスパッタリング法、蒸着法、インクジェット法、ナノインクプリント法、印刷法等を用いて形成する。なお、第 1 下部電極層 1 2 a の材料としては、銀の他に、銅、シリコン、ニッケル、マンガン等を含む銀を主成分とした化合物を用いて形成してもよい。

#### 【 0 0 3 7 】

さらに、第 1 下部電極層形成工程では、凹凸部 2 0 を有するように第 1 下部電極層 1 2 a を形成する。凹凸部 2 0 は、表面粗さ  $0.5 \mu m$  以上の凹凸を有し、例えば、角錐形状、三角溝形状、矩形溝形状、ドット形状、メッシュ形状等、或いはこれらの組み合わせた形状に形成される。なお、各凹凸部 2 0 の寸法や配置等は均一に形成してもよいし、ランダムに形成してもよい。また、一旦、表面が平坦な第 1 下部電極層 1 2 a を形成した後に、化学処理やメカニカル処理により凹凸部 2 0 を形成してもよい。

30

#### 【 0 0 3 8 】

図 2 ( c ) の第 2 下部電極層形成工程では、第 1 下部電極層 1 2 a 上に、スパッタ法によって第 2 下部電極層 1 2 b となるモリブデン ( M o ) 層を形成する。これにより、第 1 下部電極層 1 2 a と第 2 下部電極層 1 2 b とで構成された下部電極層 1 2 が形成される。

40

#### 【 0 0 3 9 】

図 2 ( d ) の第 1 分割工程では、下部電極層 1 2 の一部をレーザー照射等によって除去し、下部電極層 1 2 を厚み方向に分割する。レーザー照射等によって下部電極層 1 2 が除去された部分には、第 1 分割溝 3 1 が形成される。

#### 【 0 0 4 0 】

図 2 ( e ) の第 1 半導体層形成工程では、まず、下部電極層 1 2 上および第 1 分割溝 3 1 内に、銅 ( C u ) 、インジウム ( I n ) およびガリウム ( G a ) をスパッタ法等で付着させ、プリカーサーを形成する。そして、当該プリカーサーをセレン化水素雰囲気中で加熱 ( セレン化 ) して、第 1 半導体層 1 3 a となる p 型の半導体層 ( C I G S ) を形成する。

#### 【 0 0 4 1 】

50

図3(f)の第2半導体層形成工程では、第1半導体層13a上にCdS、ZnOやInS等により第2半導体層13bとなるn型の半導体層を形成する。第2半導体層13bは、スパッタ法等によって形成することができる。

【0042】

図3(g)の第2分割工程では、レーザー照射や金属針等により、半導体層13の一部を除去し、半導体層13を厚み方向に分割する。レーザー照射等によって半導体層13が除去された部分には、第2分割溝32が形成される。

【0043】

図3(h)の上部電極層形成工程では、半導体層13上に上部電極層14を形成する。例えば、上部電極層となるAZO(A1ドープ酸化亜鉛)等の透明電極(TCO)をスパッタ法等で形成する。

10

【0044】

図3(i)の第3分割工程では、レーザー照射や金属針等により、上部電極層14及び半導体層13の一部を除去し、上部電極層14及び半導体層13を厚み方向に分割する。レーザー照射等によって上部電極層14及び半導体層13が除去された部分には、第3分割溝33が形成され、一のセル40が形成される。

【0045】

上記の工程を経ることより、複数のセル40が同一のガラス基板10上で直列接続されたCIGS型の太陽電池1が形成される。

【0046】

20

従って、上記の第1実施形態によれば、以下に示す効果がある。

【0047】

(1)基板10(下地層11)上に、第1下部電極層12aと第2下部電極層12bとからなる下部電極層12を形成した。第2下部電極層12bは、モリブデン(Mo)を含む電極層であり、第1下部電極層12aは、モリブデンよりも電気抵抗率が低い材料(Ag等)を用いて電極層を形成した。これにより、第1下部電極層12aが補助的に電気抵抗率を下げるので、下部電極層12全体としてのシート抵抗を下げることができる。これにより、複数のセル40を流れる電流の損失が低減され、高効率の太陽電池1を提供することができる。

【0048】

30

(2)第1下部電極層12aの第1半導体層13a方向の表面に、凹凸部20を形成した。これにより、太陽電池1に入射した光が、凹凸部20において散乱し、散乱した光が半導体層13に吸収されるので、太陽電池1の変換効率を向上させることができる。

【0049】

[第2実施形態]

次に、第2実施形態について図面に従って説明する。具体的には、両面から受光可能なCIGS型の太陽電池について説明する。なお、各図面における各部材は、各図面上で認識可能な程度の大きさとするため、各部材ごとに縮小を異ならせて図示し、また、各部材には同様の符号を付している。

【0050】

40

(太陽電池の構成)

まず、太陽電池の構成について説明する。図4は、本実施形態にかかる太陽電池の構成を示し、同図(a)は断面図、(b)、(c)は一部破断図である。

【0051】

図4(a)に示すように、太陽電池1aは、基板10と、基板10上に形成された下地層11と、下地層11上に形成された下部電極層12と、下部電極層12上に形成された半導体層13と、半導体層13上に形成された上部電極層14とからなるセル40の集合体で構成されている。なお、隣接するセル40間の構成および太陽電池1aの動作方法については、第1実施形態と同様なので説明を省略する。

【0052】

50

基板10は、透明性を有する基板であり、例えば、ガラス基板、PET、有機系透明基板等である。透明性を有する基板を用いることにより、基板10面からの受光が可能となる。本実施形態では、基板としての青板ガラス基板10を備えている。

#### 【0053】

下地層11は、青板ガラス基板10上に形成された絶縁性を有する層であり、例えば、 $\text{SiO}_2$ （酸化珪素）を主成分とする絶縁層である。 $\text{SiO}_2$ からなる下地層11は、ガラス基板10にスパッタ法、CVD法等により形成することができる。本下地層11は青板ガラス基板10から下部電極層12へのNa拡散を防止すると共に、青板ガラス基板10と下部電極層12の密着力を高める効果を併せ持つ。なお、青板ガラス基板10自体に上記特性を有している場合には、下地層11を省略することができる。

10

#### 【0054】

下部電極層12は、第1下部電極層12aと第2下部電極層12bとで構成されている。本実施形態では、第1下部電極層12aは、青板ガラス基板10（下地層11）上に形成され、第1下部電極層12a上に第2下部電極層12bが形成されている。第2下部電極層12bは、透明性を有する電極層であり、例えば、AZO（Alドープ酸化亜鉛）等の透明電極（TCO：Transparent Conducting Oxides）層である。透明性を有する電極層を形成することにより、青板ガラス基板10側からの入射した光を透過させることができる。

#### 【0055】

また、第1下部電極層12aは、第2下部電極層12bに比べ、電気抵抗率が低い材料で形成される。具体的には、第2下部電極層12bの透明電極体（TCO）よりも電気抵抗率が低い材料、例えば、銀を用いることができる。他の例としては、銅、シリコン、ニッケル、マンガン等を含む銀を主成分とした化合物を用いることもできる。このように、電気抵抗率が低い材料を用いることにより、第1下部電極層12aは、電氣的抵抗を下げるることができる。その結果として、下部電極層12としてのシート抵抗を低下させることができる。従って、第1下部電極層12aは、下部電極層12のシート抵抗を補助的に低下させる機能を備えた補助電極層と言うこともできる。

20

#### 【0056】

さらに、図4（b）に示すように、第1下部電極層12aは、格子状に形成される。青板ガラス基板10方向から入射した光を効果的に透過させるためである。そのため、光が透過するための開口率が90%以上となるように、格子状の第1下部電極層12aを形成することが好ましい。なお、図4（c）に示すように、ライン状の第1下部電極層12aを形成してもよい。このようにしても、青板ガラス基板10方向から入射した光を透過させることができる。この場合にも、上記同様に、光が透過するための開口率が90%以上となるように、ライン状の第1下部電極層12aを形成する。

30

#### 【0057】

半導体層13は、第1半導体層13aと第2半導体層13bとで構成され、第1半導体層13aは、下部電極層12上に形成され、銅（Cu）・インジウム（In）・ガリウム（Ga）・セレン（Se）を含むp型半導体層（CIGS半導体層）である。

#### 【0058】

第2半導体層13bは、第1半導体層13a上に形成され、硫化カドミウム（CdS）、酸化亜鉛（ZnO）、硫化インジウム（InS）等のn型半導体層である。

40

#### 【0059】

上部電極層14は、透明性を有する電極層であり、例えば、AZO（Alドープ酸化亜鉛）等の透明電極体（TCO：Transparent Conducting Oxides）である。

#### 【0060】

上記のように構成されたCIGS型の太陽電池1aでは、上部電極層14および青板ガラス基板10側の両面からの光の受光が可能となる。

#### 【0061】

（太陽電池の製造方法）

50

次に、太陽電池の製造方法について説明する。なお、本実施形態では、両面から受光可能なCIGS型の太陽電池の製造方法について説明する。図5及び図6は、本実施形態にかかる太陽電池の製造方法を示す工程図である。

【0062】

図5(a)の下地層形成工程では、青板ガラス基板10の一方面にSiO<sub>2</sub>からなる下地層11を形成する。SiO<sub>2</sub>からなる下地層11は、ガラス基板10にスパッタ法、CVD法等により形成することができる。本下地層11は青板ガラス10から下部電極層12へのNa拡散を防止すると共に、青板ガラス基板10と下部電極層12の密着力を高める効果を併せ持つ。なお、青板ガラス基板10自体に上記下地層効果を有している場合には、下地層形成工程を省略することができる。

10

【0063】

図5(b), (c)の下部電極層形成工程では、下地層11が形成された青板ガラス基板10上に下部電極層12を形成する。下部電極層形成工程は、第1下部電極層形成工程と第2下部電極層形成工程を含み、図5(b)の第1下部電極層形成工程では、下地層11上に第1下部電極層12aを形成する。次いで、図5(c)の第2下部電極層形成工程では、第1下部電極層12a上に第2下部電極層12bを形成する。

【0064】

図5(b)の第1下部電極層形成工程では、下地層11上に、第1下部電極層12aとなる銀(Ag)をスパッタリング法、蒸着法、インクジェット法、ナノインクプリント法、印刷法等を用いて形成する。なお、他の第1下部電極層12aの材料としては、銅、シリコン、ニッケル、マンガン等を含む銀を主成分とした化合物を用いて形成してもよい。

20

【0065】

さらに、第1下部電極層形成工程では、図4(b)または(c)に示すように、格子状、または、ライン状となるように第1下部電極層12aを形成する。また、青板ガラス基板10側からの受光率を確保するため、光が透過するための開口率が90%以上となるように、第1下部電極層12aを形成する。

【0066】

図5(c)の第2下部電極層形成工程では、第1下部電極層12a上に、透明性を有する第2下部電極層12bを形成する。例えば、AZO(Alドープ酸化亜鉛)等の透明電極体(TCO)をスパッタ法等で形成する。これにより、第1下部電極層12aと第2下部電極層12bとで構成された下部電極層12が形成される。

30

【0067】

図5(d)の第1分割工程では、下部電極層12の一部をレーザー照射等によって除去し、下部電極層12を厚み方向に分割する。レーザー照射等によって下部電極層12が除去された部分には、第1分割溝31が形成される。

【0068】

図5(e)の第1半導体層形成工程では、まず、下部電極層12上および第1分割溝31内に、銅(Cu)、インジウム(In)およびガリウム(Ga)をスパッタ法等で付着させ、プリカーサーを形成する。そして、当該プリカーサーをセレン化水素雰囲気中で加熱(セレン化)して、第1半導体層13aとなるp型の半導体層(CIGS)を形成する。

40

【0069】

図6(f)の第2半導体層形成工程では、第1半導体層13a上にCdS、ZnOやInS等により、第2半導体層13bとなるn型の半導体層を形成する。第2半導体層13bは、スパッタ法等によって形成することができる。

【0070】

図6(g)の第2分割工程では、レーザー照射や金属針等により、半導体層13の一部を除去し、半導体層13を厚み方向に分割する。レーザー照射等によって半導体層13が除去された部分には、第2分割溝32が形成される。

【0071】

図6(h)の上部電極層形成工程では、半導体層13上に上部電極層14を形成する。

50

例えば、上部電極層となるAZO(A1ドープ酸化亜鉛)等の透明電極体(TCO)をスパッタ法等で形成する。

【0072】

図6(i)の第3分割工程では、レーザー照射や金属針等により、上部電極層14及び半導体層13の一部を除去し、上部電極層14及び半導体層13を厚み方向に分割する。レーザー照射等によって上部電極層14及び半導体層13が除去された部分には、第3分割溝33が形成され、一のセル40が形成される。

【0073】

上記の工程を経ることより、複数のセル40が直列接続され、青板ガラス基板10側および上部電極層14側の両面から受光可能なCIGS型の太陽電池1aが形成される。

10

【0074】

従って、上記の第2実施形態によれば、第1実施形態の効果に加え、以下に示す効果がある。

【0075】

(1)青板ガラス基板10(下地層11)上に、第1下部電極層12aと第2下部電極層12bとからなる下部電極層12を形成した。第2下部電極層12bは、透明電極体(TCO)からなり、第1下部電極層12aは、透明電極体(TCO)よりも電気抵抗率が低い材料(Ag等)を用いた電極層を形成した。これにより、第1下部電極層12aが補助的に電気抵抗率を下げるので、下部電極層12全体としてのシート抵抗を下げることができる。さらに、格子状、または、ライン状の第1下部電極層12aを形成した。これにより、青板ガラス基板10側から入射した光は、効率良く半導体層13に到達される。従って、両面から受光可能な高効率の太陽電池1aを提供することができる。

20

【0076】

なお、上記の実施形態に限定されるものではなく、以下のような変形例が挙げられる。

【0077】

(変形例1)上記実施形態では、銀、または、銀を主成分とする化合物を用いて第1下部電極層12aを形成したが、これに限定されない。例えば、第1下部電極層12aは、銀、または、カーボンの主成分とするナノワイヤー層であってもよい。なお、青板ガラス基板10側からも受光する場合には、光透過率を確保するため、光が透過するための開口率が90%以上となるように上記ナノワイヤー層を形成する。このようにしても、上記同様の効果を得ることができる。

30

【0078】

(変形例2)上記第1実施形態では、下部電極層12に凹凸部20を設けたが、例えば、第2実施形態の図4(b),(c)に示したように、格子状、または、ライン状の第1下部電極層12aを形成することによって凹凸部20を形成してもよい。このようにしても、上記同様の効果を得ることができる。

【0079】

(変形例3)上記実施形態では、第1下部電極層12aをCIGS型の太陽電池に適用して説明したが、これに限定されない。例えば、CIS(銅-インジウム-セレン化合物)型太陽電池や薄膜シリコン型の太陽電池における電極層の構造に適用してもよい。このようにしても、容易に電極層のシート抵抗を下げるすることができる。

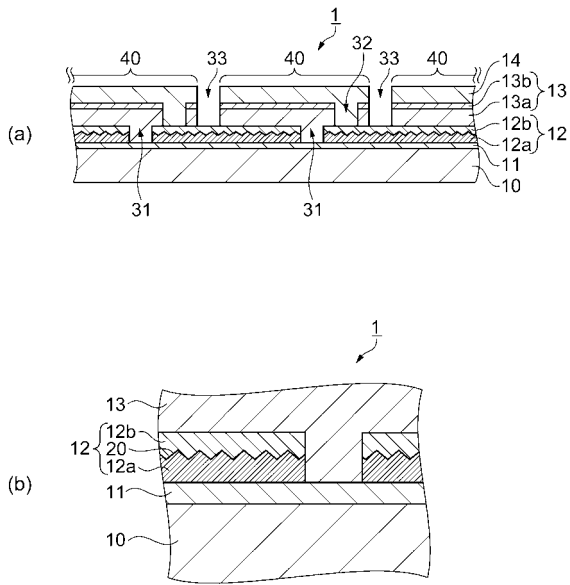
40

【符号の説明】

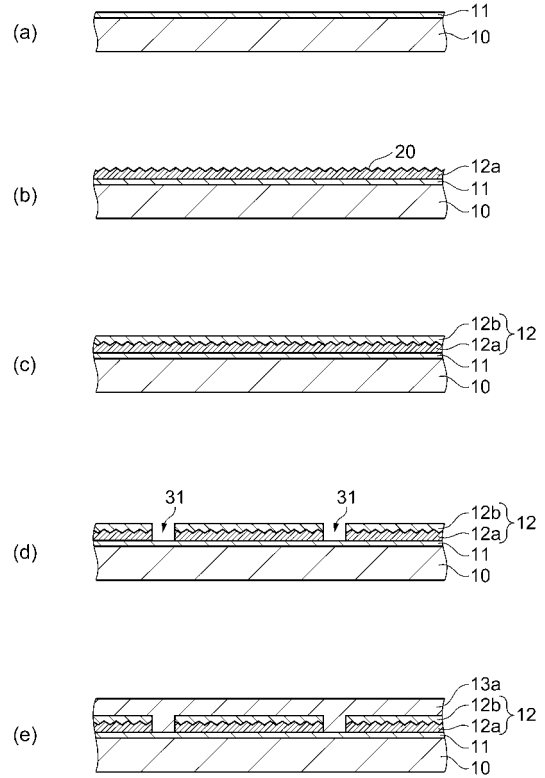
【0080】

1, 1a...太陽電池、10...基板、11...下地層、12...下部電極層、12a...第1下部電極層、12b...第2下部電極層、13...半導体層、13a...第1半導体層、13b...第2半導体層、14...上部電極層、20...凹凸部、31...第1分割溝、32...第2分割溝、33...第3分割溝、40...セル。

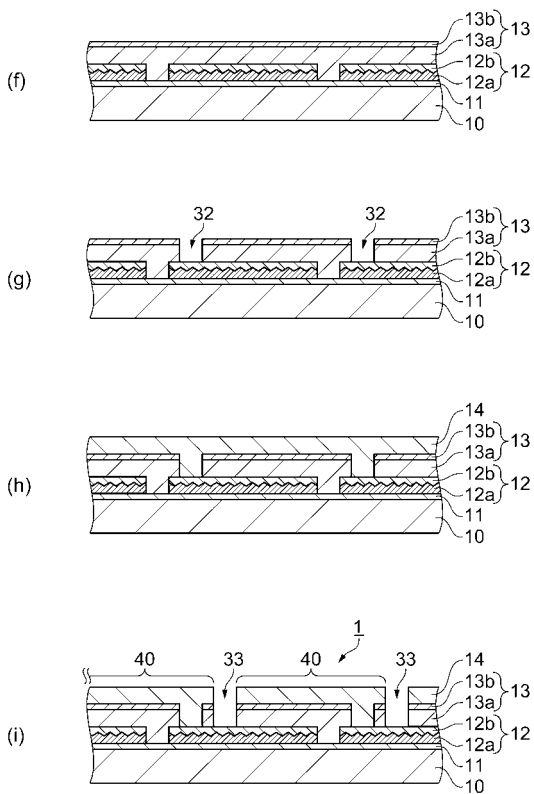
【 図 1 】



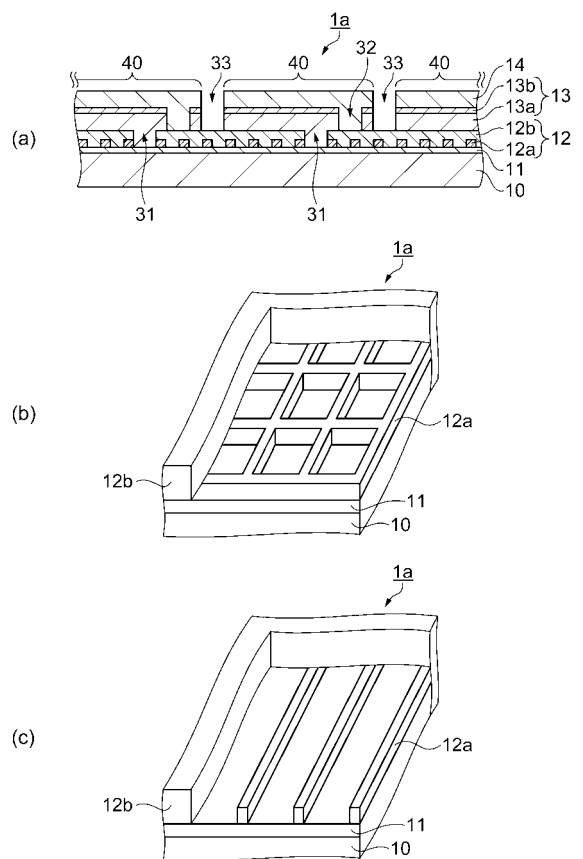
【 図 2 】



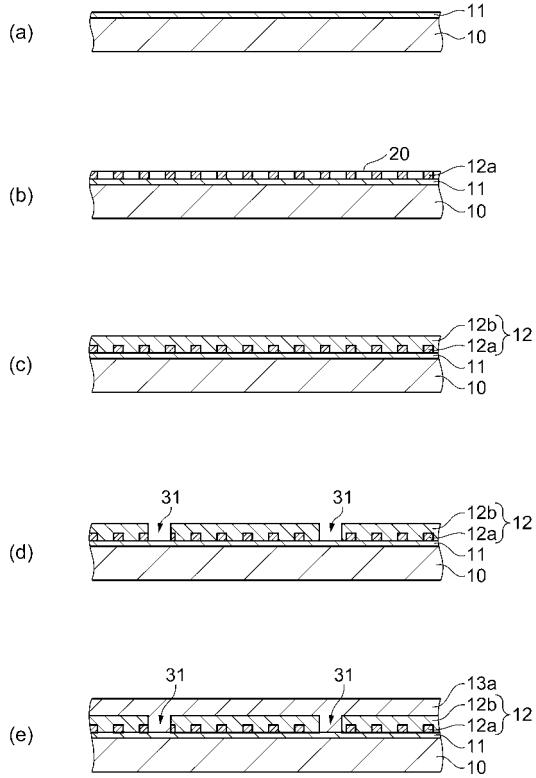
【 図 3 】



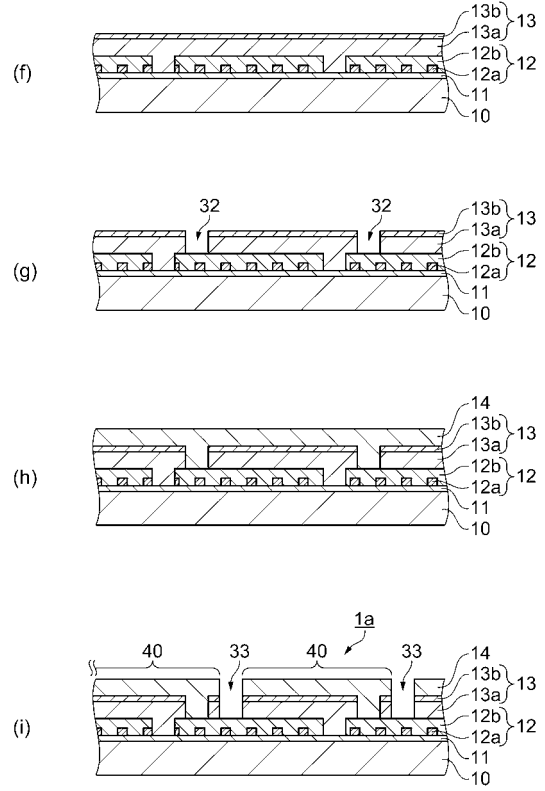
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5F051 AA10 CB15 CB27 FA02 FA06 FA15 FA19 GA02 GA03  
5F151 AA10 CB15 CB27 FA02 FA06 FA15 FA19 GA02 GA03