

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2011-515852

(P2011-515852A)

(43) 公表日 平成23年5月19日(2011.5.19)

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

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2011-500791 (P2011-500791)  
(86) (22) 出願日 平成21年3月13日 (2009. 3. 13)  
(85) 翻訳文提出日 平成22年9月29日 (2010. 9. 29)  
(86) 国際出願番号 PCT/US2009/001618  
(87) 国際公開番号 W02009/117072  
(87) 国際公開日 平成21年9月24日 (2009. 9. 24)  
(31) 優先権主張番号 61/070, 006  
(32) 優先日 平成20年3月18日 (2008. 3. 18)  
(33) 優先権主張国 米国 (US)  
(31) 優先権主張番号 61/069, 952  
(32) 優先日 平成20年3月18日 (2008. 3. 18)  
(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 508244337  
ソレクサント・コーポレイション  
SOLEXANT CORPORATION  
アメリカ合衆国 9 5 1 3 1 カリフォルニア  
州サンノゼ、ペーリング・ドライブ 2 3 8  
5 番  
(74) 代理人 100105131  
弁理士 井上 満  
(72) 発明者  
ホッツ, チャーリー  
アメリカ合衆国 9 4 0 4 3 カリフォル  
ニア州, マウンテンビュー, ベンジャミン  
ドライブ 2 4 2 4

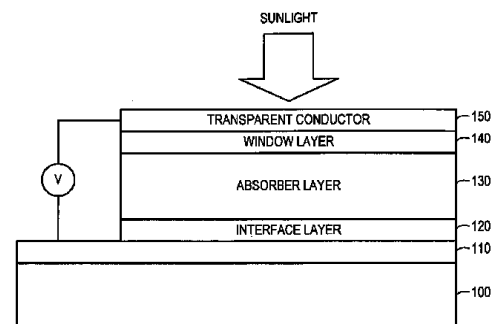
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 薄膜太陽電池の改善されたバックコンタクト

## (57) 【要約】

本発明は、素子におけるオーム接触を生じさせることができる裏面電極と吸収体層の間の界面層を有するサブストレータ構造のⅡⅠ-ⅤⅠ族半導体化合物を含む薄膜光起電力素子を開示する。本発明は、素子におけるオーム接触を生じさせることができる裏面電極と吸収体層の間のナノ粒子又は焼結ナノ粒子を含む界面層を有するスーパーストレータ構造のⅡⅠ-ⅤⅠ族半導体化合物を含む薄膜光起電力素子を開示する。

【選択図】 図 1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

サブストレート構造の光起電力素子であって、  
透明又は不透明な基板と、  
金属電極層と、  
透明導体層と、  
II - VI 族半導体化合物を含む吸収体層と、  
ウィンド層と、  
界面層とを含み、

前記界面層が、ナノ粒子及び／又は焼結ナノ粒子を含み、前記金属電極層と前記吸収体層の間にオーミック接触が形成されるように前記金属電極層と前記吸収体層の間に配置されていることを特徴とする光起電力素子。

10

## 【請求項 2】

前記吸収体層が CdTe を含むことを特徴とする請求項 1 の光起電力素子。

## 【請求項 3】

前記ウィンド層が CdS 半導体を含むことを特徴とする請求項 2 の光起電力素子。

## 【請求項 4】

前記界面層が複数の層を含み、前記複数の層が少なくとも薄膜を含む層を含み、前記薄膜が、II - VI 族化合物、IV - VI 族化合物、IV 族化合物、III - V 族化合物及び I - III - V 族化合物からなる群より選ばれる材料を含むことを特徴とする請求項 1 の光起電力素子。

20

## 【請求項 5】

前記ナノ粒子及び／又は焼結ナノ粒子がそれぞれ独立に、II - IV 族化合物、IV - VI 族化合物、IV 族化合物、III - V 族化合物及び I - III - V 族化合物からなる群より選ばれる材料を含むことを特徴とする請求項 1 の光起電力素子。

## 【請求項 6】

前記ナノ粒子及び／又は焼結ナノ粒子が独立に、 $1 \leq x \leq 2$  の  $Cu_xTe$ 、 $ZnTe$ 、 $p$ -ドープ  $ZnTe$ 、 $x \leq y$  の  $Cd_xTe_y$ 、 $Cu$ -ドープ  $CdTe$ 、 $CdZnTe$ 、 $Sb_2Te_3$ 、 $Bi_2Te_3$  及び  $Te$  金属からなる群より選ばれる材料を含むことを特徴とする請求項 5 の光起電力素子。

30

## 【請求項 7】

前記ナノ粒子及び／又は焼結ナノ粒子が独立に、 $y > x$  の  $Cd_xTe_y$  及び  $Cu$ -ドープ  $ZnTe$  からなる群より選ばれる材料を含むことを特徴とする請求項 6 の光起電力素子。

## 【請求項 8】

前記界面層が複数の層を含むことを特徴とする請求項 1 の光起電力素子。

## 【請求項 9】

前記界面層が複数の層を含み、前記複数の層が、 $p$ -ドープ  $ZnTe$  ナノ粒子を含む第 1 層と、 $ZnTe$  ナノ粒子を含む第 2 層とを含むことを特徴とする請求項 1 の光起電力素子。

## 【請求項 10】

前記界面層が、 $ZnTe$  ナノ粒子を含む前記第 2 層と前記吸収体層の間に配置された  $Te$  金属ナノ粒子を含む第 3 層を更に含むことを特徴とする請求項 9 の光起電力素子。

40

## 【請求項 11】

前記界面層が複数の層を含み、前記複数の層が、 $1 \leq x \leq 2$  の  $Cu_xTe$  ナノ粒子を含む第 1 層と、 $ZnTe$  ナノ粒子を含む第 2 層とを含むことを特徴とする請求項 1 の光起電力素子。

## 【請求項 12】

前記界面層が前記第 2 層と前記吸収体層の間に配置された第 3 層を更に含み、

前記第 3 層が、 $Te$  金属ナノ粒子、 $x \leq y$  の  $Cd_xTe_y$  ナノ粒子及び  $CdZnTe$  ナノ粒子からなる群より選ばれる材料を含むことを特徴とする請求項 11 の光起電力素子。

50

## 【請求項 13】

前記界面層が少なくとも3つの層を含み、

第1界面層が $x = 0$ の焼結された $Cd_{1-x}Zn_xTe$ ナノ粒子を含み、

第2界面層が $x = 0$ の焼結された $Cd_{1-x}Zn_xTe$ ナノ粒子を含み、

前記第1界面層と前記第2界面層の間の第3界面層が $0 < x < 1$ の焼結された $Cd_{1-x}Zn_xTe$ ナノ粒子を含むことを特徴とする請求項1の光起電力素子。

## 【請求項 14】

前記界面層が複数の層を含み、

前記複数の層が、焼結されたpドープ $ZnTe$ ナノ粒子を含む第1層と、焼結された $ZnTe$ ナノ粒子を含む第2層を含むことを特徴とする請求項1の光起電力素子。

10

## 【請求項 15】

前記界面層が焼結された $ZnTe$ ナノ粒子を含む前記第2層と前記吸収層の間に配置され、焼結された $Te$ 金属ナノ粒子を含む第3層を更に含むことを特徴とする請求項14の光起電力素子。

## 【請求項 16】

前記界面層が複数の層を含み、前記複数の層が、 $1 < x < 2$ の焼結された $Cu_xTe$ ナノ粒子を含む第1層と、焼結された $ZnTe$ ナノ粒子を含む第2層とを含むことを特徴とする請求項1の光起電力素子。

## 【請求項 17】

前記界面層が前記第2層と前記吸収体層の間に配置された第3層を更に含み、

前記第3層が、焼結された $Te$ 金属ナノ粒子、焼結された $x < y$ の $Cd_xTe_y$ ナノ粒子及び焼結された $CdZnTe$ ナノ粒子からなる群より選ばれる材料を含むことを特徴とする請求項16の光起電力素子。

20

## 【請求項 18】

前記界面層が少なくとも3つの層を含み、

第1界面層が $x = 0$ の焼結された $Cd_{1-x}Zn_xTe$ ナノ粒子を含み、

第2界面層が $x = 0$ の焼結された $Cd_{1-x}Zn_xTe$ ナノ粒子を含み、

前記第1界面層と前記第2界面層の間の第3界面層が $0 < x < 1$ の焼結された $Cd_{1-x}Zn_xTe$ ナノ粒子を含むことを特徴とする請求項1の光起電力素子。

## 【請求項 19】

前記薄膜が $1 < x < 2$ の $Cu_xTe$ 、 $ZnTe$ 、pドープ $ZnTe$ 、 $x < y$ の $Cd_xTe_y$ 、 $Cu$ ドープ $CdTe$ 、 $CdZnTe$ 、 $Sb_2Te_3$ 、 $Bi_2Te_3$ 及び $Te$ 金属からなる群より選ばれる材料を含むことを特徴とする請求項4の光起電力素子。

30

## 【請求項 20】

前記界面層が $Te$ 金属薄膜を含むことを特徴とする請求項19の光起電力素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

## [ 関連出願の相互参照 ]

本出願は、その内容が参照により本願に組み込まれる2008年3月18日に出願された米国仮出願61/070,006及び2008年3月18日に出願された米国仮出願61/069,952の優先権を主張する。

40

## 【背景技術】

## 【0002】

石油価格の高騰により、費用効率的な再生可能エネルギーの開発の重要性が高まっている。世界中で太陽エネルギーを採取する費用効率的な太陽電池の開発に多大な努力が行われている。現在、太陽電池が伝統的なエネルギー源に対して費用効率的であるためには、太陽電池は\$1/ワットを十分下回るコストで製造される必要がある。

## 【0003】

現在の太陽エネルギー技術は広くは結晶シリコンと薄膜技術に分類される。太陽電池の

50

約 90% はシリコン - 単結晶シリコン又は多結晶シリコンから製造される。結晶シリコン (c - Si) は、比較的劣った光吸収体であり、材料の相当の厚み (数百ミクロン) を必要とするものの、殆どの太陽電池で光吸収半導体として使用されてきた。にもかかわらず、これは、良好な効率 (13 - 18%, 理論最大値の  $1/2 \sim 2/3$ ) の安定な太陽モジュールがもたらされ、マイクロエレクトロニクス産業の知識ベースから発展した生産技術を使用するために、幸便であるとされている。シリコン太陽電池は、\$ 3.5 / ワットの製造コストを伴い、非常に高価である。製造法は成熟し、コスト低減のための修正はできない。

#### 【0004】

第2世代の太陽電池技術は薄膜に基づく。主な薄膜技術は、アモルファスシリコン、セレン化銅インジウムガリウム (CIGS)、カドミウムテルリド (CdTe) である。

10

#### 【0005】

1980年代はアモルファスシリコン (a - Si) が唯一の薄膜PV材料と見られていた。しかし、80年代の終わり及び1990年代の初頭には、アモルファスシリコンは、その低効率性、不安定性から多くの観測者から見放された。しかし、アモルファスシリコン技術は、これらの問題への極めて洗練された解決 (多接合の構成) を発展させるように良好に進歩した。現在、7 - 9% 帯の効率の商品としての多接合 a - Si モジュールがいくつかの会社により製造されている。カネカ、シャープ、ショットソーラー、Ersol 等の多くの会社は、当初平面パネルディスプレイの製造に開発され、商業的に実証された a - Si を成長するための CVD プロセスを採用することでガラス基板上のアモルファスシリコンを製造している。アプライドマテリアルズなどの装置会社は、ガラス基板上の a - Si を製造する完成したシステムを提供している。a - Si 技術での主要な障害は、抵抗率、光起因効率劣化 (多接合などのより複雑な電池設計が必要となる) 及び工程コスト (製造方法が真空ベースであり、相当に遅い)。ユナイテッドソーラーは、可撓性ステンレス鋼基板上の3重接合 a - Si 太陽電池を開発した。しかし、a - Si 太陽電池の製造は高コスト (> 2.5 ドル / ワット) である。

20

#### 【0006】

二セレン化銅インジウムガリウム (CIGS) の光吸収体から作られる薄膜太陽電池は、10 - 12% の高い変換効率を達成する。CIGS 太陽電池の効率の最高記録 (19.9% NREL) は、他の薄膜技術で達成される効率と比較してかけ離れて高い。これらの記録破りの小面積素子は、資本集約的で極めて高コストの真空蒸着技術を用いて製造されてきた。多くの会社 (ホンダ、昭和シェル、ヴェルスソーラー、ナノソーラー、ミアソーレなど) はガラス基板及び可撓性基板上の CIGS 太陽電池を開発している。しかし、大面積の基板に均一な組成の CIGS 薄膜を作ることは極めて困難である。この制限は、工程歩留まりにも影響し、当該歩留まりは一般に非常に低い。これらの制限のために、蒸着技術の実施によっては、大型で低コストの CIGS 太陽電池の商業製品には成功していない。1ドル / ワット未満の製造コストで CIGS 太陽電池を製造できる見込みは極めて低い。

30

#### 【0007】

CdTe 薄膜太陽電池は製法が極めて単純で、他のすべての太陽電池技術と比較して最も低い製造コストを達成する可能性がある。16.5% の効率の CdTe 太陽電池は、米国立再生可能エネルギー研究所 (NREL) により実証された。アリゾナに基盤を置くファーストソーラーは、1.12 ドル / ワットの製造コストでガラス基板上の CdTe 太陽電池を製造している。ファーストソーラーは、その年間製造能力を 1 GW まで上昇させる 2009 年にコストを 1 ドル / ワット未満にできることを見込んでいる。比較的遅い 1 品毎の製造プロセスのために、CdTe 太陽電池の製造コストの更なる低減は容易には達成できない。

40

#### 【0008】

従来技術は、3 mm 厚のガラス基板に CdTe を成長し、第2の 3 mm のカバーガラスで被包することで CdTe 太陽電池を製造している。このように、遅い 1 品毎の製造プロ

50

セスにより製造される。比較的遅い1品毎の製造プロセスのために、CdTe太陽電池の製造コストの更なる低減は容易には達成できない。更に、これらのCdTe太陽電池は非常に重く、太陽電池産業の最も大きいマーケット部分である住居の屋根用途には使用できない。連続的なロールツーロールの工程で製造できて顕著に製造コストを低減する可撓性基板上のCdTe太陽電池の開発による革新の機会がある。可撓性太陽電池はまた軽く、このことが、重いガラス基板上のCdTeの適用ができない住居の屋根への適合性を高める。

#### 【0009】

従来から、CdTe太陽電池は、ガラス基板などの透明基板を用いたスーパーストレート構成で製造されている。サブストレート構成は、可撓性の金属箔などの不透明基板をCdTe素子の大量生産に使用した場合に必要となる。この装置構成の違いにより、従来のバックコンタクト(裏面接点)形成からの相当の変更が必要化する。

10

#### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0010】

CdTeとスーパーストレートCdTe太陽電池における電極材料の電気接触を改善するために、伝統的な物理蒸着手段を用いてCdTe上にZnTeの膜が成長される(その内容が参照により本明細書に組み込まれる1997年10月の第26回IEEE光起電力専門家会議9月Bで発表されたT. A. Gessert, P. Sheldon, X. Li, D. Dunlavy, D. Niles, R. Sasala, S. Albright, B. Zadler著「CdS/CdTe太陽電池へのZnTeバックコンタクトの研究」)。

20

#### 【0011】

CdTeとスーパーストレート素子の種々の電極材料の接触を改善する他の解決方法は、CdTe上への銅ドーブZnTeの成長である(その内容が参照により本明細書に組み込まれるT. A. Gessert, A. R. Mason, P. Sheldon, A. B. Swartzlander, D. Niles, T. J. Courts著、「薄膜CdS/CdTe太陽電池のバックコンタクト界面層としてのCuドーブZnTeの開発」、Journal of Vacuum Science & Technology A: Vacuum, Surfaces, and Films、1996年5月、Volume 14, Issue 3, pp. 806-812)。

#### 【0012】

II-V族半導体吸収体フィルムへのオーム接触の提供における困難は、その仕事関数によるものであり、CdTeよりも高い仕事関数を持つ利用可能な材料は存在しない。従来技術では、この問題は、II-V族半導体表面を種々の化学エッチャントで処理することを必要とする疑似オーム接触の形成により回避されていた。化学エッチング法は制御が困難で、制御されないと、吸収体半導体の粒界をエッチングする可能性があり、これは、太陽電池の効率を低下させる。サブストレート構造の太陽電池では、II-V族半導体化合物層表面の従来の処理では薄い層を形成することはできなかった。これは、II-V族半導体化合物層は金属成長の後に成長されるため、そのような処理のためのアクセスができなかったためである。従って、吸収体層と金属電極層の間のオーム接触の改善により増大した効率を有する改善された太陽電池に対する必要性が存在する。

30

#### 【課題を解決するための手段】

40

#### 【0013】

1実施形態では、本発明は、サブストレート構造の光起電力素子であって、透明又は不透明な基板と、金属電極層と、透明導体層と、II-V族半導体化合物を含む吸収体層と、ウィンド層と、界面層とを含み、前記界面層が、前記金属電極層と前記吸収体層の間にオーム接触が形成されるように前記金属電極層と前記吸収体層の間に配置されていることを特徴とする光起電力素子を開示する。好ましい実施形態では、前記吸収体層がCdTeを含み、前記ウィンド層がCdSを含む。前記界面層は、ナノ粒子、焼結ナノ粒子及び薄膜からなる群より選ばれる材料を含む。1実施形態では、前記ナノ粒子、焼結ナノ粒子及び薄膜は、II-IV族化合物、IV-V族化合物、IV族化合物、III-V族化合物及びI-III-V族化合物からなる群より選ばれる材料を含む。更に好ましい実

50

施形態では、前記ナノ粒子、焼結ナノ粒子及び薄膜は、それぞれ、 $1 \leq x \leq 2$ の $Cu_xTe$ 、 $ZnTe$ 、 $p$ -ドープ $ZnTe$ 、 $x \leq y$ の $Cd_xTe_y$ 、 $Cu$ -ドープ $CdTe$ 、 $CdZnTe$ 、 $Sb_2Te_3$ 、 $Bi_2Te_3$ 及び $Te$ 金属からなる群より選ばれる材料を含む。  
 1実施形態では、前記界面層が複数の層を含み、前記複数の層が、 $p$ -ドープ $ZnTe$ ナノ粒子を含む第1層と、 $ZnTe$ ナノ粒子を含む第2層とを含む。

#### 【0014】

他の実施形態では、前記界面層が、 $ZnTe$ ナノ粒子を含む前記第2層と前記吸収体層の間に配置された $Te$ 金属ナノ粒子を含む第3層を更に含む。

#### 【0015】

他の実施形態では、前記複数の層が、 $1 \leq x \leq 2$ の $Cu_xTe$ ナノ粒子を含む第1層と、 $ZnTe$ ナノ粒子を含む第2層とを含む。この実施形態では、前記第2層と前記吸収体層の間に配置された第3層を含む界面層を有する場合があります。前記第3層は、 $Te$ 金属ナノ粒子、 $x \leq y$ の $Cd_xTe_y$ ナノ粒子及び $CdZnTe$ ナノ粒子からなる群より選ばれる材料を含む。

10

#### 【0016】

他の実施形態では、前記界面層が少なくとも3つの層を有し、第1界面層が $x = 0$ の焼結された $Cd_{1-x}Zn_xTe$ ナノ粒子を含み、第2界面層が $x = 1$ の焼結された $Cd_{1-x}Zn_xTe$ ナノ粒子を含み、前記第1界面層と前記第2界面層の間の第3界面層が $1 \leq x \leq 2$ の焼結された $Cd_{1-x}Zn_xTe$ ナノ粒子を含む。

20

#### 【0017】

他の実施形態では、前記界面層が複数の層を有し、前記複数の層が、焼結された $p$ -ドープ $ZnTe$ ナノ粒子を含む第1層と、焼結された $ZnTe$ ナノ粒子を含む第2層を含む。他の実施形態では、前記界面層が、焼結された $ZnTe$ ナノ粒子を含む前記第2層と前記吸収層の間に配置され、焼結された $Te$ 金属ナノ粒子を含む第3層を更に含む。他の実施形態では、前記界面層が複数の層を有し、前記複数の層が、 $1 \leq x \leq 2$ の焼結された $Cu_xTe$ ナノ粒子を含む第1層と、焼結された $ZnTe$ ナノ粒子を含む第2層とを含む。更に、前記界面層は前記第2層と前記吸収体層の間に配置された第3層を更に有することができ、前記第3層が、焼結された $Te$ 金属ナノ粒子、焼結された $x \leq y$ の $Cd_xTe_y$ ナノ粒子及び焼結された $CdZnTe$ ナノ粒子からなる群より選ばれる材料を含む。

30

#### 【0018】

他の実施形態では、前記界面層が少なくとも3つの層を有し、第1界面層が $x = 0$ の焼結された $Cd_{1-x}Zn_xTe$ ナノ粒子を含み、第2界面層が $x = 1$ の焼結された $Cd_{1-x}Zn_xTe$ ナノ粒子を含み、前記第1界面層と前記第2界面層の間の第3界面層が $0 \leq x \leq 1$ の焼結された $Cd_{1-x}Zn_xTe$ ナノ粒子を含む。

#### 【0019】

他の実施形態では、前記界面層は複数の層を含み、前記複数の層は、 $p$ -ドープ $ZnTe$ 薄膜を含む第1層と、 $ZnTe$ 薄膜を含む第2層を含む。他の実施形態では、前記界面層は、 $ZnTe$ 薄膜を含む前記第2層と前記吸収体層の間に配置された $Te$ 金属薄膜を含む第3層を更に含む。他の実施形態では、 $1 \leq x \leq 2$ の $Cu_xTe$ 薄膜を含む第1層と、 $ZnTe$ 薄膜を含む第2層を含む複数の層が存在する。他の実施形態では、前記界面層は、前記第2層と前記吸収層の間に配置された第3層を更に含み、前記第3層は、 $Te$ 金属薄膜、 $x \leq y$ の $Cd_xTe_y$ 薄膜、 $CdZnTe$ 薄膜からなる群より選ばれる材料を含む。

40

#### 【0020】

他の実施形態では、前記界面層は少なくとも3つの層を含み、第1界面層が $x = 0$ の $Cd_{1-x}Zn_xTe$ 薄膜を含み、第2界面層が $x = 1$ の $Cd_{1-x}Zn_xTe$ 薄膜を含み、前記第1界面層と前記第2界面層の間の第3界面層が $0 \leq x \leq 1$ の $Cd_{1-x}Zn_xTe$ 薄膜を含む。

#### 【0021】

他の実施形態では、透明基板、 $TCO$ 層、ウィンド層、吸収層、ナノ粒子又は焼結ナノ粒子を含む界面層及び電極を含むスーパーストレート構造の光起電力素子が開示される。

50

1実施形態では、前記ナノ粒子又は焼結ナノ粒子は、それぞれ、 $1 \times 2$ の $Cu_xTe$ 、 $ZnTe$ 、pドープ $ZnTe$ 、 $x \times y$ の $Cd_xTe_y$ 、Cuドープ $CdTe$ 、 $CdZnTe$ 、 $Sb_2Te_3$ 、 $Bi_2Te_3$ 及びTe金属からなる群より選ばれる材料を含む。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】図1は、オーム接触界面層を有するサブストレート構造の太陽電池を示す本発明の1実施形態の側面図の概略図を示す。

【0023】

【図2】図2は、 $ZnTe$ 及びpドープ $ZnTe$ 界面層を有するサブストレート構造のI-III族半導体太陽電池を示す本発明の1実施形態の側面図の概略図を示す。

10

【0024】

【図3】図3は、pドープ $ZnTe$ 、 $ZnTe$ 及び $y > x$ の $Cd_xTe_y$ 界面層を有するサブストレート $CdTe$ 太陽電池を示す本発明の1実施形態の側面図の概略図を示す。

【0025】

【図4】図4は、pドープ $ZnTe$ 、 $ZnTe$ 及びTe界面層を有するサブストレート $CdTe$ 態様電池を示す本発明の1実施形態の側面図の概略図を示す。

【0026】

【図5】図5は、( $1 \times 2$ の $Cu_xTe$ である) $CuTe$ 、 $ZnTe$ 及びTe界面層を有するサブストレート $CdTe$ 太陽電池を示す本発明の1実施形態の側面図の概略図を示す。

20

【0027】

【図6】図6は、( $1 \times 2$ の $Cu_xTe$ である) $CuTe$ 、 $ZnTe$ 及び $x \times y$ の $Cd_xTe_y$ 界面層を有するサブストレート $CdTe$ 太陽電池を示す本発明の1実施形態の側面図の概略図を示す。

【0028】

【図7】図7は、( $1 \times 2$ の $Cu_xTe$ である) $CuTe$ 、 $ZnTe$ 及び $CdZnTe$ 界面層を有するサブストレート太陽電池を示す本発明の1実施形態の側面図の概略図を示す。

【0029】

【図8】図8は、界面層を有するスーパーストレート太陽電池を示す本発明の1実施形態の側面図の概略図を示す。

30

【0030】

【図9】図9は、 $ZnTe$ 界面層を有するスーパーストレート太陽電池を示す本発明の1実施形態の側面図の概略図を示す。

【0031】

【図10】図10は、 $ZnTe$ 及びTe界面層を有するスーパーストレート太陽電池を示す本発明の1実施形態の側面図の概略図を示す。

【0032】

【図11】図11は、 $ZnTe$ 及び $x \times y$ の $Cd_xTe_y$ 界面層を有するスーパーストレート太陽電池を示す本発明の1実施形態の側面図の概略図を示す。

40

【0033】

【図12】図12は、 $ZnTe$ 及び $CdZnTe$ 界面層を有するスーパーストレート太陽電池を示す本発明の1実施形態の側面図の概略図を示す。

【発明を実施するための形態】

【0034】

本発明者により考案された本発明を実施する最良の形態を含む本発明の幾つかの特定の実施形態について詳細に説明する。これらの特定の実施形態の例は添付図面に示されている。これらの特定の実施形態との関連で発明を説明するが、本発明を記載された実施形態に限定することが意図されないことが理解される。反対に、添付請求の範囲に規定される発明の精神及び範囲に含まれ得る代替、改変及び均等のものを包含することが意図されて

50

いる。後述の記述には、本発明の完全な理解を与えるために多くの特定の詳細が説明される。本発明は、これらの特定の詳細の一部又は全部無しで実施し得る。本明細書及び添付請求の範囲において、「1つ」(「a」、「an」、「the」)などの単一形は、文脈がそうでないことを明示していない限り、複数物への参照を含む。異なるように定義されない限り、本明細書で使用する技術及び科学用語は本発明が属する技術分野の当業者に通常に理解されるものと同じ意味を有する。

#### 【0035】

本明細書で使用する「オーム接触層」及び「界面層」は、金属電極と吸収体層の間に位置する1又は複数の層を含む意味を有する。従って、定義から「界面層」は、単一層及び1, 2, 3, 4, 5又はそれ以上の層であり得る一組の複数層を含む。「界面層」は、素子の電流電圧(I-V)曲線が実質的に直線的で対称となるように準備される。I-V特性が実質的に非直線的で非対称の場合は、その層は代わりにブロッキング又はショットキー接触と呼ばれる。1又は複数の層のそれぞれは独立に、薄膜、ナノ粒子、焼結ナノ粒子又はこれら3つの1以上の組合せを含み得る。また、本発明では、異なる化学組成のナノ粒子を含む複数のオーム接触層を連続的に成長させることが考えられる。

10

#### 【0036】

本明細書では、金属電極は「バックコンタクト」又は「電極」とも称される。

#### 【0037】

本明細書における「光起電力素子」により、動作環境において適切なリード及び接続を有して、光を電気に変換できる最小数の層を有する多層構造を意味する。1実施形態では、当該素子は、少なくとも次の層をこの順に有し、この構造は「サブストレート構造」として知られている：基板/電極層/界面層/吸収体層/ウィンド層/TCO層。他の実施形態では、光起電力素子は「スーパーストレート構造」を有し、当該素子は少なくとも次の層をこの順に有する：基板/TCO/ウィンド層/吸収体層/界面層/電極層。

20

#### 【0038】

サブストレート構造では、基板は透明又は不透明であり得る。好ましい実施形態では、基板は金属を含み、不透明である。上記素子は、素子を実用するためのリードや接続などの任意の更なる構造を有し得る。本発明の上記好ましい実施形態は、光起電力素子の層又は成長の順序を制限しない。

#### 【0039】

本発明に有用なナノ粒子又は焼結ナノ粒子は、I-VI、II-VI、III-V及びIV-V族化合物及びIV族半導体を含む化合物半導体を含む。これは、CIGSなどのI-III-V化合物も含む。CIGSは、 $0 < x < 1$ としたときの $\text{CuIn}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Se}$ であり、CIS、CISe、CIGSe、CIGSSeを含むCIGSと一般に呼ばれる類縁材料が含まれる。本明細書で言うところの球状ナノ粒子は、約1-100nm、好ましくは約2-20nmのサイズを有する。本発明では、本明細書での「ナノ粒子」は球状又は実質的に球状の粒子に限られず、テトラポッド(4本足)、ペントロッド(屈曲棒)、ナノワイヤー、ナノロッド、粒子、中空粒子、単一材料、合金材料、均質材料、混成材料などの種々の形状のナノ構造を含む。ナノ粒子のサイズは可変であるが、粒子がナノロッド状(微小棒状)などの細長い構造の場合は、約100nmの最大長さを有し、約1-20nm、好ましくは5nmの最大径を有することが好ましい。

30

40

#### 【0040】

本発明に従うナノ粒子又は焼結ナノ粒子は、コア(core)/殻(shell)又はコア/殻/殻又はコア/殻/殻/殻構造を有し得る。コア及び/又は殻は、これには限られないが、II-VI族(ZnS、ZnSe、ZnTe、CdTe、HgS、HgSe、HgTe、MgTeなど)、III-V族(GaN、GaP、GaAs、GaSb、InN、InP、InAs、AlP、AlSb、AlSなど)、IV-V族化合物及びIV(Ge、Si)物質、及びその合金又はその混合物を含む半導体材料であり得る。II型均質構造(その内容が本明細書に組み込まれるS. Kim, B. Fisher, H.J. Eisler, M. Bawendi著、「II型量子ドット：CdTe/CdSe(コア/殻)及びCdSe/ZnTe(コア/殻

50



均質構造」、J. Am. Chem. Soc. 125 (2003) 11466-11467を参照)、及び、合金化された量子ドット(その内容が共に本明細書に組み込まれるX.H. Zhong, Y.Y. Feng, W. Knoll, M.Y. Han著、「極めて狭い蛍光スペクトル幅を有する合金化された $Zn_xCd_{1-x}$ Sナノ結晶」、J. Am. Chem. Soc. 125 (2003) 13559-13563、及び、R.E. Bailey, S.M. Nie著、「合金化された半導体量子ドット: 粒子サイズを変化させずに光学特性を同調する」、J. Am. Chem. Soc. 125 (2003) 7100-7106)が好適と考えられる。ナノ粒子及び焼結ナノ粒子は、コーティング又はこれに結合したリガンドを有し得る。上に列記した物質の多くは量子閉じ込めされている。しかし、本発明はナノ粒子が量子閉じ込めされていることを必要としない。

#### 【0041】

10

本発明では、本明細書のナノ粒子が焼結されていても、されていなくても良い。本発明の1実施形態では、ナノ粒子は、製造過程で焼結され、又は、部分的に焼結されており、したがって、素子は、「焼結ナノ粒子」乃至「焼結されたナノ粒子」を含む。ナノ粒子、焼結されたナノ粒子、部分的に焼結されたナノ粒子のサイズを測定する技術及び装置は当業界で公知である。当業者は、焼結工程によりナノ粒子のモルフォロジー、サイズ、形状が変化することを理解する。本発明に従うナノ粒子界面層は、その電気特性を改善するために温度処理(大気中、不活性又は還元雰囲気下、又は、真空中)され得る。他の焼結工程は、レーザー、高速温度処理、フラッシュアニーリング又は類似の技術を含む。

#### 【0042】

20

本発明は、サブストレート構造の光起電力素子における1又は複数のII-VI族半導体吸収体層と裏面金属電極の間のオーム接触を達成するために、薄膜、ナノ粒子及び/又は焼結されたナノ粒子を含む界面層の使用を開示する。本発明は、スーパーストレート構造の光起電力素子における1又は複数のII-VI族半導体吸収体層と裏面金属電極の間のオーム接触を達成するために、ナノ粒子及び/又は焼結されたナノ粒子を含む界面層の使用も開示する。1実施形態では、 $1 \times 2$ としたときの $Cu_xTe$ 、 $ZnTe$ 、pドープ $ZnTe$ 、 $x \times y$ としたときの $Cd_xTe_y$ 、Cuドープ $CdTe$ 、 $CdZnTe$ 、 $Sb_2Te_3$ 、 $Bi_2Te_3$ 及びTe金属がII-VI族半導体吸収体層と裏面金属電極の間のオーム接触を達成するために使用し得る。 $x \times y$ としたときの $Cd_xTe_y$ が $y > x$ の化合物、したがって、テルルリッチの $CdTe$ 化合物であることが好ましい。本明細書における $Cd_{(n)}Te_{(>n)}$ の表記は、テルルリッチの $CdTe$ 化合物を意味する。本明細書において「pドープ $ZnTe$ :Cu」と記載したときは、ドーバントがCuであることを意味する。

30

#### 【0043】

本発明に従う吸収体層は、II-VI族半導体化合物、好ましくは、Te含有II-VI族半導体化合物、より好ましくは $CdTe$ を含む。吸収体層は、単一層又は複数層を含み得る。吸収体層は、薄膜又はナノ粒子又はその双方を含み得る。

#### 【0044】

本発明の1実施形態では、テルルリッチのカドミウムテルリドは、当業界で公知のコロイド状ナノ粒子合成法で準備することができ、本発明の1実施形態に従う界面層として成長し得る。サブストレート構造では、 $y > x$ のテルルリッチ $Cd_xTe_y$ は、 $CdTe$ と裏面金属電極の間のオーム接触を達成するために、 $CdTe$ 層の成長の前に成長し得る。従来技術は、電極とII-VI族半導体層の間の電気接触を改善する吸収体層の電極側にテルルリッチの薄膜が形成されたスーパーストレート構造を教示する。これは、吸収体層を酸(硝酸及びリン酸の混合物又は臭素のメタノール溶液のいずれか)又はアニリンにより吸収体層の表面をエッチングすることにより達成される。これは、吸収体層からII族化合物を選択的に除去することが接触層との相互拡散を促進するTeリッチの表面を生成するものと考えられている。

40

#### 【0045】

本発明の他の実施形態では、テルル金属、Te金属ナノ粒子又は焼結ナノ粒子を含む薄膜を界面層として使用しうる。金属ナノ流思想は、コロイド合成法により準備できる。I

50

I - V I 族半導体吸収体層と裏面金属電極の間のテルルリッチ界面層を形成するために、吸収体層の成長の前に金属ナノ粒子層が準備され得る。代替的には、1又は複数のTe元素金属の薄層(1から100nm)を成長し得る。ナノ粒子界面層は、その電気特性を改善するために(例えばリガンド交換により)化学的に処理され得る。

#### 【0046】

本発明の他の実施形態では、例えば、物理蒸着手段により成長された基板電極材料の直接上のZnTe薄膜を含む界面層が考えられる。この実施形態では、ZnTeは、素子における裏面金属電極と吸収層の間でCuが使用された場合の熱処理中の銅の拡散に対するバリアとしても作用する。他の実施形態では、ZnTeナノ粒子溶液が基板電極の直上に堆積される。ZnTeは、ZnTeナノ粒子のコロイド溶液として堆積し得る。吸収体層の前に基板電極上に直接ZnTeの1又は複数の薄層(10 - 1500nm)を成長することで、その電極への電気接触を改善することができる。テルル化亜鉛ナノ粒子の溶液(本実施形態のZnTeナノ粒子は、性質がコロイド性であり、種々の溶媒中で分散を形成する：幾つかの形態では、量子閉じ込めされたときに、量子ドットとしても知られる)が上記の任意の厚みのZnTe層を堆積するために使用される。その合成は、その全体が本明細書に組み込まれる文献、すなわち、Yadong Li, Yi Ding, Zhaoyu Wang著、「ZnTe半導体ナノロッドへの新規な化学的ルート」、Advanced Materials 11(10), Pages 847 - 850 (1999)に報告されている。これらの材料は溶液の形態であるため、印刷技術(インクジェット印刷、スクリーン印刷)、スピンコーティング、スプレーコーティング、ウェット又はドライコーティングなどにより基板上に堆積させることができる。溶媒は、蒸発(室温又は加熱)処理、溶液抽出等を含む多くの方法で除去できる。本発明の1実施形態では、CdTe成長の間の高温工程に対して安定なZnTe薄膜を調整するために、400又は500又はそれ以上でアンドープZnTeが堆積される。

10

20

#### 【0047】

他の実施形態では、CuドープZnTeがオーム接触界面層として使用される。典型的にはZnTe中の銅含有量は、1%未満から10アトミックパーセントの範囲である。銅は、CdTeに拡散して吸収体層の膜厚を減少させ、それにより、これらの材料間の電気接触を改善することが知られている：過剰のCu拡散は素子性能に有害であるが。サブストレート又はスーパーストレート構造のどちらのCdTe太陽電池でも、CuドープZnTeは、CuドープZnTeナノ粒子(又は $1 \times 2$ としたときの $Cu_xTe$ のみ)を用いて成長することができる。この組成のナノ粒子は、報告されているイオン交換法を用いてZnTeナノ粒子中に制限された量の銅イオンを交換することで生成できる。その内容が本明細書に組み込まれるDong Hee Son, Steven M. Hughes, Yadong Yin, A. Paul Alivisatos著「イオン性ナノ粒子でのカチオン交換反応」、Science 5 November 2004, Vol. 306, No. 5698, pp.1009-1012参照。

30

#### 【0048】

CuドープZnTe薄膜は、当業界で公知の物理蒸着法を用いてCuドープZnTeターゲットから容易に調整することができる。本発明の1実施形態では、アンドープZnTe薄膜の前に裏面金属電極上に成長されたCuドープZnTe薄膜が考えられる。従来技術で報告されたスーパーストレート構造の太陽電池では、ZnTe及びCuドープZnTe膜はCdTeの成長後に成長され、300以上の高温工程を経ない。本発明に従えば、400又は500以上又はそれ以上の温度で通常成長させるCdTeの成長の前にZnTe及び銅ドープCdTeを成長させる。サブストレート構造では、ZnTe及び銅ドープZnTeは、400又は500以上又はそれ以上の工程温度に耐える必要がある。従来技術の問題は高温での銅拡散である。本発明では、ZnTeの銅含有量及びアンドープZnTeの膜厚が、CdTeへの銅拡散に丁度十分であるが、素子性能に有害な過剰銅拡散が防がれるように調整される。

40

#### 【0049】

本発明の他の実施形態では、事前形成された $1 \times 2$ としたときの $Cu_xTe$ ナノ粒子中のCuと交換するためにZnを使用し得る。理想的には、ZnTe中に交換されるC

50

u の量は、1 パーセント未満から 10 アトミックパーセントの範囲で制御される。代替的には、純粋なテルル化銅ナノ粒子を溶液中で所望の比率（1 パーセント未満から 10 アトミックパーセント）で純粋なテルル化亜鉛ナノ粒子に混合し、上記した液体堆積法の 1 つを用いて堆積し得る。選択的に、乾燥銅ドーブ ZnTe 層又はテルル化銅 / テルル化亜鉛混合物は、密度及び結晶粒子サイズを上昇させるために熱処理され得る。他の選択肢は、吸収体成長の前の後続の熱アニールにおいて、接触表面を  $Cu_xSe$ 、 $CuCl_2$ 、 $CuO$ 、 $Cu_xS$ 、 $Cu_xOH$  などの Cu 含有材料で処理することで接触表面を改質することである。

#### 【0050】

本発明の他の実施形態では、CdTe 層中の最終的な銅の量を制御するために、裏面金属と ZnTe 薄膜層の間に  $1 \times 2$  としたときの  $Cu_xTe$  薄層が成長される。

#### 【0051】

本発明の他の実施形態では、サブストレータ構造におけるオーム接触を改善するために、金属電極層と  $y > x$  のテルルリッチ  $Cd_xTe_y$ （又はテルル金属層）の間に p ドープ ZnTe の界面層が成長される。p ドープ ZnTe ナノ粒子層と  $y > x$  のテルルリッチ  $Cd_xTe_y$  の間にアンドープ ZnTe の薄膜、ナノ粒子、焼結ナノ粒子を使用し得る。ナノ粒子界面層は、その電気特性を改善するために（例えばリガンド交換により）化学的に処理され得る。ナノ粒子界面層は、その電気特性を改善するために（空气中、不活性又は反応性雰囲気中で、又は、真空下で）焼結され得る。

#### 【0052】

種々の Cu : Zn 比率の CdZnTe はコロイド合成工程を用いて調整することができる。これらは CdZnTe 合金として調整でき、又は、コア / 殻ナノ粒子（ZnTe 殻を有する CdTe コア又は CdTe 殻を有する ZnTe コア）として調整できる。コア / 殻粒子に対しては、これを三元 CdZnTe に変化させるために熱処理ステップを用い得る。サブストレータ構造では、II - VI 族半導体化合物層を含む吸収体層の成長前に CdZnTe を成長し得る。p ドープ ZnTe の層は、サブストレータと構造におけるオーム接触を改善するために、金属層と CdZnTe 層の間に使用し得る。アンドープ ZnTe の薄膜、ナノ粒子又は焼結ナノ粒子は、p ドープ ZnTe ナノ粒子層と CdZnTe ナノ粒子層の間に使用し得る。

#### 【0053】

CdZnTe の化学組成は、純粋な又は実質的に純粋な ZnTe から始まって、吸収体層に隣接する純粋な又は実質的に純粋な CdTe で終わるような傾斜が形成されるように Cd : Zn 比を調整することで変化させることができる。他の実施形態では、界面層は少なくとも 3 層を含み、第 1 界面層は、 $x = 0$  の焼結された  $Cd_{1-x}Zn_xTe$  ナノ粒子を含み、第 2 界面層は、 $x = 1$  の焼結された  $Cd_{1-x}Zn_xTe$  ナノ粒子を含み、第 3 界面層は、 $0 < x < 1$  の  $Cd_{1-x}Zn_xTe$  ナノ粒子を含む。第 3 層において  $x = 1$  であることが好ましい。

#### 【0054】

実施例 1 : オーム接触界面層を有するサブストレータ太陽電池

図 1 に示される本発明の 1 実施形態では、基板 100 は金属電極 110 により、その後オーム接触界面層 120 により被覆される。II - VI 族吸収体層 130 が、その後ウィンド層 140 及び透明導電体 150 がオーム接触界面層 120 上に堆積される。基板 100 は、不透明金属箔（ステンレス鋼、アルミ又は銅）、可撓性透明高分子膜（ポリイミドなど）又は剛性の透明ガラス（ホウケイ酸塩又はソーダ石灰）であり得る。基板の厚みは、可撓性金属箔の場合は 25 - 250 ミクロン、可撓性高分子膜の場合は 10 - 100 ミクロン、ガラスの場合は 1 - 5 mm であり得る。金属電極 110 は、比限定的な例として、Mo、Ti、Ni、Al、Nb、W、Cr、Cu であり得る。好ましいのは Mo、Ti 又は Ni である。金属電極層の厚みは、50 nm から 1000 nm の範囲であり得る。金属層は当業界で公知の物理蒸着技術で成長できる。オーム接触界面層 120 は、 $1 \times 2$  の  $Cu_xTe$ 、ZnTe、p ドープ ZnTe、 $x < y$  の  $Cd_xTe_y$ 、Cu ドープ Cd

10

20

30

40

50

Te、CdZnTe、 $Sb_2Te_3$ 、 $Bi_2Te_3$  及びTe金属を含む薄膜又は（焼結された、又は、焼結されていない）ナノ粒子から作られ得る。ナノ粒子は、スピンコーティング、スロットダイコーティング、ロールコーティング、スプレーコーティング、インクジェット印刷などの周知のウェットコーティング法により金属層110上に堆積させることができる。界面層120としてナノ粒子又は焼結ナノ粒子を使用した場合の膜厚は1 - 1000 nm、好ましくは10 - 100 nmの間である。吸収層130における非限定的なII - VI族材料の例としては、CdTe、ZnTe及び/又はHgTeがある。この層は約1 - 10ミクロン厚であり、近接空間昇華法（close space sublimation）、気相輸送蒸着法（vapor transport deposition）等の当業界の公知の方法により成長させることができる。II - VI族半導体化合物を含む吸収体層130は、粒子サイズを増大させるために当業界で周知のCdCl<sub>2</sub>処理を施すことができる。吸収体層130は、当業界で周知の方法で化学的にエッチングすることができる。50 - 200 nmのウィンド層140は、化学浴析出法（chemical bath deposition）、近接空間昇華法、気相輸送蒸着法などの当業界で周知の方法により吸収体層の上に成長することができる。本発明には、ウィンド材料としてCdSが好ましい。ウィンド層140は、粒子サイズを改善し、吸収体130とウィンド層140の良好な接合を得るために熱処理（200 - 500、10 - 30分）することができる。透明導電層150がウィンド層140上に成長されて太陽電池が完成する。透明導電層は、50 - 1000 nmであり得、ITO又はZnO又は他の当業界で公知のTCO材料を含み得る。TCOは、当業界で周知の物理蒸着法により成長させることができる。ZnO層は、抵抗性の真正ZnO（resistive intrinsic ZnO）及び導電金属（例えば、アルミ）がドーブされたZnO層を含み得る。

#### 【0055】

実施例2：ZnTe及びpドーブZnTe界面層を有するサブストレートII - VI族半導体太陽電池

図2に示される本発明の実施形態では、基板200は、金属電極210により、続いて、pドーブZnTe界面層220及びZnTe層230により被覆される。II - VI族吸収体層240、及び、その後のウィンド層250及び透明導体260はZnTe界面層230上に成長される。基板200は不透明な金属箔（例えば、ステンレス鋼、アルミ又は銅）、可撓性透明高分子膜（ポリイミドなど）又は剛性の透明ガラス（ホウケイ酸塩又はソーダ石灰）であり得る。pドーブZnTe層220は、銅ドーブZnTeナノ粒子又は焼結ナノ粒子、又は、薄膜を含み得る。pドーブZnTe層は、ZnTeと1 x 2のCu<sub>x</sub>Teの混合によって得ることも出来る。pドーブZnTe層220の銅含有量は、銅の1 - 10アトミックパーセントの範囲である。真正アンドーブZnTe界面層230は、pドーブZnTe層220上に堆積される。II - VI族材料吸収体層240は、近接空間昇華法、気相輸送蒸着法などの当業界で周知の方法で成長させ得る1 - 10ミクロンのCdTeであり得る。5 - 200 nmのウィンド層250は、CdTe層上に化学浴析出法、近接空間昇華法、気相輸送蒸着法などの当業界で周知の方法で成長させることができる。透明導体層260がウィンド層250上に成長されて太陽電池が完成する。

#### 【0056】

実施例3：pドーブZnTe、ZnTe及び $y > x$ のCd<sub>x</sub>Te<sub>y</sub>界面層を有するサブストレート太陽電池

図3に示される本発明の実施形態では、基板300は、金属電極310により、その後、pドーブZnTe界面層320、ZnTe層330及び $y > x$ のテルルリッチCd<sub>x</sub>Te<sub>y</sub>ナノ粒子層340により被覆される。テルル含有II - VI族半導体吸収体層350が、続いて、ウィンド層360及び透明導体370がZnTe界面層330上に成長される。基板300は、不透明金属箔（ステンレス鋼、アルミ又は銅）、可撓性透明高分子膜（ポリイミドなど）又は剛性の透明ガラス（ホウケイ酸塩又はソーダ石灰）であり得る。基板の厚みは、可撓性金属箔の場合は25 - 250ミクロン、可撓性高分子膜の場合は10 - 100ミクロン、ガラスの場合は1 - 5 mmであり得る。金属電極310は、本明細書に開示した金属であり得る。金属電極の厚みは50 nm - 1000 nmの範囲であり

得る。pドーブZnTe層320は、銅ドーブZnTeナノ粒子又は焼結ナノ粒子又は薄膜であり得る。pドーブZnTeナノ粒子層320は、ZnTeと $1-x$ の $Cu_xTe$ ナノ粒子の混合によっても得ることができる。pドーブZnTe層320中の銅含有量は、銅の約1-10アトミックパーセントの範囲である。 $y > x$ のテルルリッチ $Cd_xTe_y$ ナノ粒子又は焼結ナノ粒子は、従来のスーパーストレートCdTe太陽電池に使用されるCdTeの化学ウェットエッチングがテルルリッチの界面を形成することでバックコンタクトを改善するのと同様にしてCdTeへのバックコンタクトを改善すると考えられる。サブストレート構造では、CdTe裏面金属界面は埋め込まれてアクセス不能であるため、このような化学エッチング法は使用できない。本発明で提案される $y > x$ のテルルリッチ $Cd_xTe_y$ ナノ粒子層は新規であり、埋め込まれたCdTeバックコンタクトにおけるテルルリッチ界面を可能にする。II-VI族吸収体層350は、近接空間昇華法、気相輸送蒸着法などの当業界で公知の方法により成長される1-10ミクロン厚のCdTeであり得る。50-200nmのウィンド層360は、化学浴析出法、近接空間昇華法、気相輸送蒸着法などの当業界で公知の方法によりCdTe層上に成長される。

#### 【0057】

実施例4：pドーブZnTe、ZnTe及びTe界面層を有するサブストレートCdTe態様電池

図4に示す本発明の実施形態では、基板400は、金属電極410により、続いて、pドーブZnTe界面層420、ZnTe層430及びテルル層440により被覆される。これらの界面層は、薄膜又は粒子を含み得る。II-VI族半導体吸収体層450、その後には、ウィンド層460及び透明導体470は、ZnTeナノ粒子界面層430上に成長される。基板400は、不透明金属箔（ステンレス鋼、アルミ又は銅）、可撓性透明高分子膜（ポリイミドなど）又は剛性の透明ガラス（ホウケイ酸塩又はソーダ石灰）であり得る。pドーブZnTe層420は、銅ドーブZnTeナノ粒子又は焼結ナノ粒子であり得る。pドーブZnTe層は、ZnTe及び $1-x$ の $Cu_xTe$ ナノ粒子又は焼結ナノ粒子の混合によっても得ることができる。pドーブZnTe層420の銅含有量は、銅の1-10アトミックパーセントの範囲である。ナノ粒子又は焼結ナノ粒子を含む層420, 430, 440は、1-1000nm、好ましくは、10-100nmの厚みを有する。

#### 【0058】

実施例5： $1-x$ の $Cu_xTe$ 、ZnTe及びTe界面層を有するサブストレートCdTe太陽電池

図5に示す本発明の実施形態では、基板500は、金属電極510により、続いて、 $1-x$ の $Cu_xTe$ 界面層520、ZnTe層530及びTeナノ粒子層540により被覆される。II-VI族吸収体層550及びそれに続くウィンド層、透明導体570は、Te界面層540上に成長される。p型層520は、 $1-x$ の $Cu_xTe$ ナノ粒子又は焼結ナノ粒子又は薄膜であり得る。

#### 【0059】

実施例6： $1-x$ の $Cu_xTe$ 、ZnTe及び $x-y$ の $Cd_xTe_y$ 界面層を有するサブストレートCdTe太陽電池

図6に示す本発明の実施形態では、基板600は、金属電極610により、続いて、 $1-x$ の $Cu_xTe$ 界面層620、ZnTe層630及び $x-y$ のテルルリッチ $Cd_xTe_y$ 層640により被覆される。テルル含有II-VI族吸収体層650及びそれに続くウィンド層660、透明導体670は、 $x-y$ のテルルリッチ $Cd_xTe_y$ 層640上に成長される。

#### 【0060】

実施例7： $1-x$ の $Cu_xTe$ 、ZnTe及びCdZnTe界面層を有するサブストレートCdTe太陽電池

図7に示す本発明の実施形態では、基板700は、金属電極710により、続いて、 $1-x$ の $Cu_xTe$ 界面層720、ZnTe層730及びCdZnTe層740により

10

20

30

40

50

被覆される。II - VI族吸収体層750及びそれに続くウィンド層760、透明導体770は、CdZnTe層740上に成長される。

【0061】

実施例8：界面層を有するスーパーストレート太陽電池

図8に示す本発明の実施形態では、基板800は、透明導電電極810により、続いて、ウィンド層820により被覆される。II - VI族吸収体層830は、ウィンド層820上に成長される。ナノ粒子又は焼結ナノ粒子を含む界面層840及びこれに続く金属電極層850が吸収体層830上に成長されて太陽電池が完成する。

【0062】

実施例9：ZnTe界面層を有するスーパーストレート太陽電池

図9に示す本発明の実施形態では、透明基板900は、透明導電電極910により、続いて、ウィンド層920により被覆される。好ましくは、ウィンド層はCdSを含む。II - VI族吸収体層930は、ウィンド層920上に成長される。ナノ粒子又は焼結ナノ粒子を含むZnTe界面層940及びこれに続くZnTe：Cuナノ粒子層950及びさらにこれに続く金属電極960が吸収体層930上に成長されて太陽電池が完成する。

【0063】

実施例10：ZnTe及びTe界面層を有するスーパーストレート太陽電池

図10に示す本発明の実施形態では、基板1000は、透明導電電極1010により、続いて、ウィンド層1020により被覆される。II - VI族吸収体層1030は、ウィンド層1020上に成長される。ナノ粒子界面層1040及びこれに続くアンドープZnTeナノ粒子層1050及びさらにこれに続くpドープZnTe：Cuナノ粒子層1060及び金属電極1070が吸収体層1030上に成長されて太陽電池が完成する。

【0064】

実施例11：ZnTe及び $x$  yの $Cd_xTe_y$ 界面層を有するスーパーストレート太陽電池

図11に示す本発明の実施形態では、基板1100は、透明導電電極1110により、続いて、ウィンド層1120により被覆される。II - VI族吸収体層1130は、ウィンド層1120上に成長される。 $y > x$ のテルルリッチ $Cd_xTe_y$ 界面層1140及びこれに続くアンドープZnTe層1150及びpドープZnTe：Cu層1160及び金属電極1170が吸収体層1130上に成長されて太陽電池が完成する。本実施形態の界面層（複数）はナノ粒子又は焼結ナノ粒子を含む。

【0065】

実施例12：ZnTe及びCdZnTe界面層を有するスーパーストレート太陽電池

図12に示す本発明の実施形態では、基板1200は、透明導電電極1210により、続いて、ウィンド層1220により被覆される。II - VI族吸収体層1230は、CdSウィンド層1220上に成長される。CdZnTe界面層1240及びこれに続くアンドープZnTeナノ粒子層1250及びpドープZnTe：Cu層1260及び金属電極1270がCdTe層上に成長されて太陽電池が完成する。本実施形態の界面層（複数）はナノ粒子又は焼結ナノ粒子を含む。

【0066】

本明細書に記載した実施形態は、例示的で非網羅的な本発明において可能な層構造の例を示したものであることが理解される。本明細書で開示したものの中間的及び/又は追加的な層も考えられ、本発明の範囲に含まれる。太陽電池の最終用途がそのような構成を保証する場合は、被覆、封止及び他の構造層も考えることができる。

【0067】

本明細書に開示したすべての特許、公開及び文献は、すべての目的で、参照により本明細書に組み込まれる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0068】

10

20

30

40

50

【特許文献 1】米国特許第 6 5 3 7 8 4 5 号公報

【図 1】

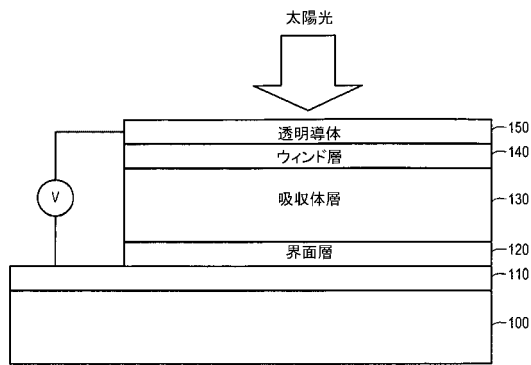


FIG. 1

【図 2】

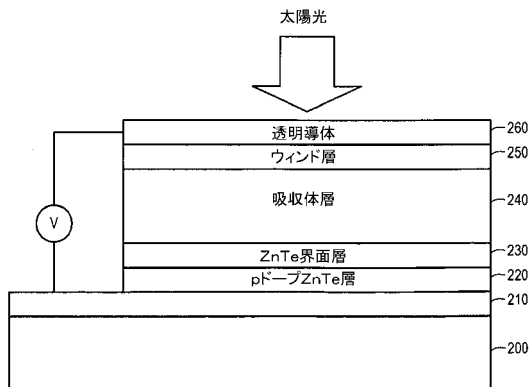


FIG. 2

【図 3】

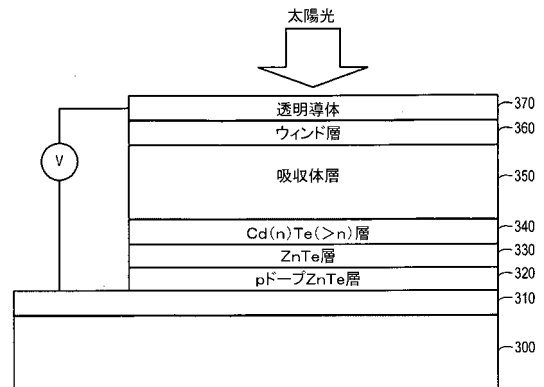


FIG. 3

【図 4】

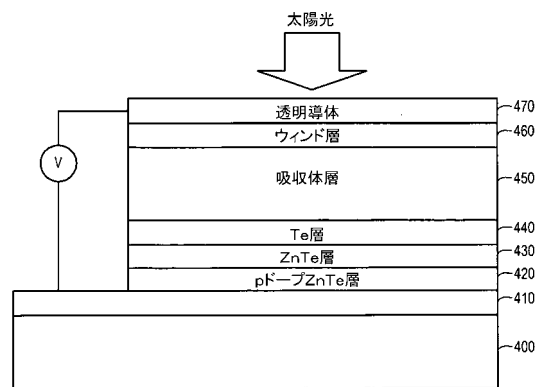


FIG. 4

【図 5】

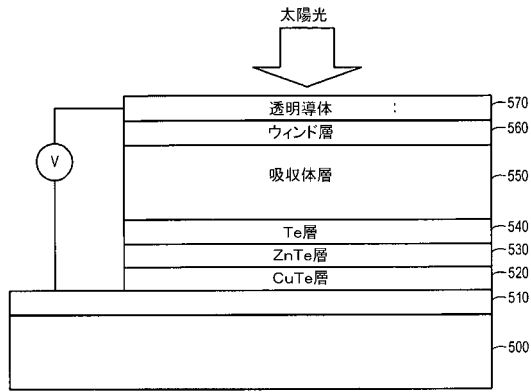


FIG. 5

【図 7】

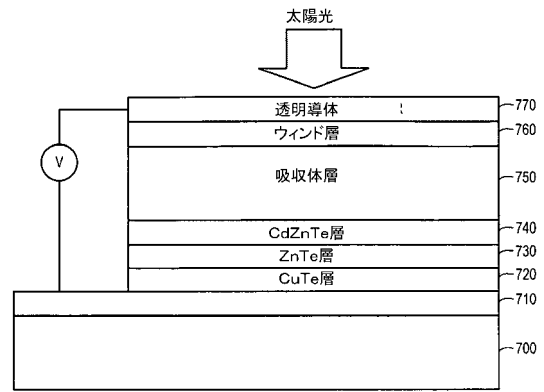


FIG. 7

【図 6】

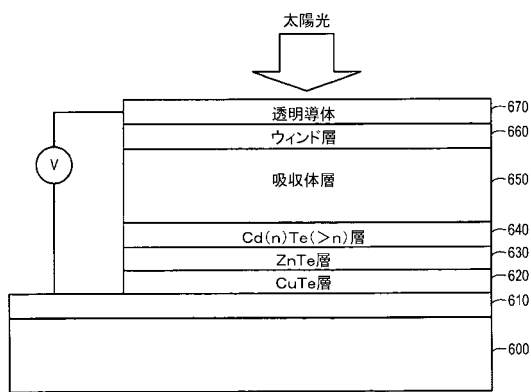


FIG. 6

【図 8】

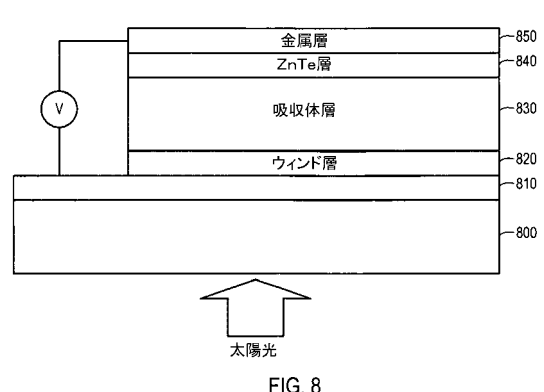


FIG. 8

【図 9】

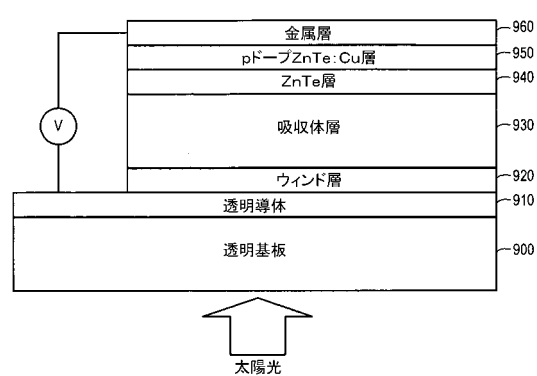


FIG. 9

【図 11】

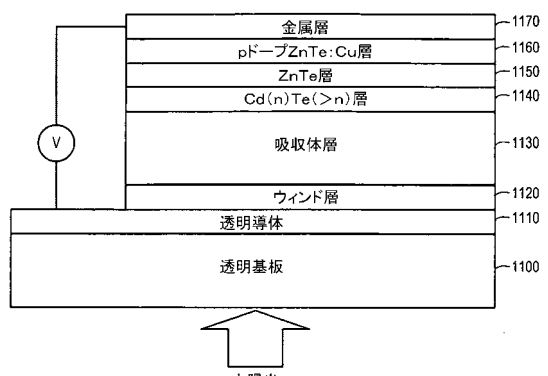


FIG. 11

【図 10】

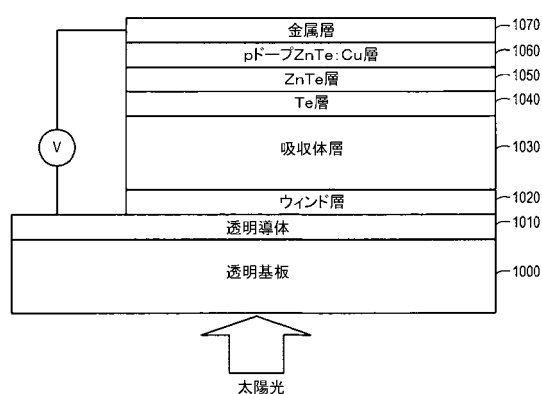


FIG. 10

【図 12】

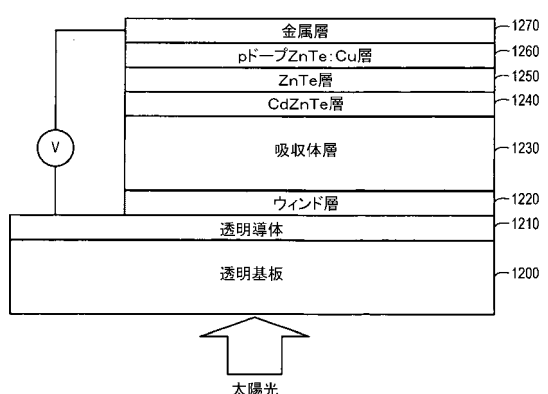


FIG. 12



## 【 国際調査報告 】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/US 09/01618

| <b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b><br>IPC(8) - C25D 7/12; H01L 31/00 (2009.01)<br>USPC - 136/256; 205/157<br>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC   |   |  |
|--|---|--|
| <b>B. FIELDS SEARCHED</b><br>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)<br>IPC(8) - C25D 7/12; H01L 31/00 (2009.01)<br>USPC - 136/256; 205/157<br>Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched<br>USPC - 136/256; 205/157; 257/E21.068, E21.002; 438/73, 95, 96<br>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)<br>PubWEST, WIPO, Web: Google, Google Scholar<br>Search Terms Used: photovoltaic, substrate configuration, transparent conductor, metal electrode, absorber, II-VI, CdTe, window, CdS, interface, nanoparticle, CuxTe, ZnTe, p doped ZnTe, CdTe, Cu doped CdTe, CdZnTe, Sb2Te3, Bi2Te3, Te metal, sintered, ohmic contact, superstrate   |   |  |
| <b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>  |   |  |
| Category*  | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No.  |
| Y  | US 6,537,845 B1 (McCandless et al.) 25 March 2003 (25.03.2003)<br>Entire document, especially: col 4, ln 27-45; col 6, ln 10-21; col 8, ln 5-15, 40-45          | 1-25   |
| Y  | US 5,909,632 A (Gessert) 01 June 1999 (01.06.1999)<br>Entire document, especially: abstract, Fig 3, 4b, 6, 7; col 1, ln 30-40; col 4, ln 30-35; col 6, ln 25-60 | 1-23   |
| Y  | US 2007/0194694 A1 (Reddy) 23 August 2007 (23.08.2007)<br>Entire document, especially: Fig 6-11; para [0009], [0021], [0029]                                    | 9, 10, 14, 15, 24, 25  |
| Y  | US 2007/0169811 A1 (Van Duren et al.) 26 July 2007 (26.07.2007)<br>Entire document, especially: Table 1, para [0046], [0057]                                    | 11, 12, 16, 17   |
| Y  | US 2004/0178426 A1 (Melekhov et al.) 16 September 2004 (16.09.2004)<br>Entire document, especially: abstract, para [0005], [0009], [0010], [0042], [0061]       | 13, 18   |
| Y  | US 7,220,321 B2 (Barth et al.) 22 May 2007 (22.05.2007)<br>Entire document, especially: Fig 10b; col 14, ln 40-45   | 10, 12, 15, 17, 20-22  |
| <input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/>  |   |  |
| * Special categories of cited documents:<br>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance<br>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date<br>"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)<br>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means<br>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed<br>"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<br>"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<br>"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<br>"&" document member of the same patent family |   |  |
| Date of the actual completion of the international search<br>20 April 2009 (20.04.2009)  |   | Date of mailing of the international search report<br><b>05 MAY 2009</b>                   |
| Name and mailing address of the ISA/US<br>Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents<br>P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450<br>Facsimile No. 571-273-3201  |   | Authorized officer:<br>Lee W. Young<br>PCT Helpdesk: 571-272-4300<br>PCT OSP: 571-272-7774 |

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2007)

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/US 09/01618

| C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT |   |                       |
|---|---|-----------------------|
| Category*   | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                      | Relevant to claim No. |
| Y   | US 2004/0185672 A1 (Polichar et al.) 23 September 2004 (23.09.2004)<br>Entire document, especially: para [0033], [0034] | 23                    |

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(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, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, 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, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 ボールソン, ブサー

アメリカ合衆国 9 5 1 3 5 カリフォルニア州, サンノゼ, ボルテールストリート 4 2 0 6

(72)発明者 レイドホルム, クレイグ

アメリカ合衆国 9 5 1 3 5 カリフォルニア州, サンノゼ, メドウランズレーン 3 4 1 4

(72)発明者 レディー, ダモダー

アメリカ合衆国 9 5 0 3 2 カリフォルニア州, ロスガトス, ウェストモザートアベニュー 1  
6 4 5 7

Fターム(参考) 5F151 AA10 FA04 FA06 FA17 GA02 GA03 GA05