

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6616632号
(P6616632)

(45) 発行日 令和1年12月4日 (2019. 12. 4)

(24) 登録日 令和1年11月15日 (2019. 11. 15)

(51) Int. Cl. F I
H O 1 L 31/18 (2006.01)
H O 1 L 31/04 4 2 O
H O 1 L 31/04 4 6 O

請求項の数 5 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2015-174333 (P2015-174333)	(73) 特許権者	000005049
(22) 出願日	平成27年9月4日 (2015. 9. 4)		シャープ株式会社
(65) 公開番号	特開2017-50476 (P2017-50476A)		大阪府堺市堺区匠町 1 番地
(43) 公開日	平成29年3月9日 (2017. 3. 9)	(74) 代理人	100147304
審査請求日	平成30年3月23日 (2018. 3. 23)		弁理士 井上 知哉
前置審査		(72) 発明者	大木 和樹
			大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号
			シャープ株式会社内
		審査官	竹村 真一郎
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 薄膜化合物太陽電池、薄膜化合物太陽電池の製造方法、薄膜化合物太陽電池アレイおよび薄膜化合物太陽電池アレイの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上に、1 以上の p n 接合を有する太陽電池層を結晶成長させることにより受光面とは反対側に位置する層から順に形成するステップと、

前記太陽電池層の前記受光面側の表面上に表面電極層を形成するステップと、

前記太陽電池層および前記表面電極層を樹脂を含む透明材料で被覆するステップと、

前記基板を除去するステップと、

前記太陽電池層の一部を除去して表面電極層を前記受光面とは反対側に露出させるステップとをこの順で含む、薄膜化合物太陽電池の製造方法。

【請求項 2】

前記太陽電池層は p n 接合を有するサブセルを複数備え、

前記太陽電池層を形成するステップは、

前記基板上に第 1 のサブセルを形成するステップと、

前記第 1 のサブセル上に第 2 のサブセルを形成するステップを含み、

前記第 2 のサブセルのバンドギャップは、前記第 1 のサブセルのバンドギャップよりも大きい、請求項 1 に記載の薄膜化合物太陽電池の製造方法。

【請求項 3】

前記基板と前記太陽電池層との間に結晶成長させることにより犠牲層を形成するステップを更に含み、

前記基板を除去するステップにおいて、前記犠牲層をエッチングすることにより、前記

10

20

基板を分離する、請求項 1 または 2 に記載の薄膜化合物太陽電池の製造方法。

【請求項 4】

前記基板と前記太陽電池層との間にエッチングストップ層を結晶成長させることにより形成するステップを更に含み、

前記基板を除去するステップにおいて、前記基板をエッチング除去する、請求項 1 または 2 に記載の薄膜化合物太陽電池の製造方法。

【請求項 5】

請求項 1 ～ 4 のいずれかに記載の薄膜化合物太陽電池の製造工程と、前記薄膜化合物太陽電池の複数を、フィルムの一方向の面側に配線を有する配線シート上に配置するステップと、

前記薄膜化合物太陽電池の電極と前記配線とが電氣的に接続されるように前記配線シートと前記薄膜化合物太陽電池を接着するステップとを含む、薄膜化合物太陽電池アレイの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、薄膜化合物太陽電池、薄膜化合物太陽電池の製造方法、薄膜化合物太陽電池アレイおよび薄膜化合物太陽電池アレイの製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来の薄膜化合物太陽電池の製造方法は、基板をエッチングにより除去していたため、基板の厚みが厚いほど製造コストが高くなるという問題があった。このような問題を解決するための手法として、エピタキシャルリフトオフと呼ばれる技術がある。

【0003】

エピタキシャルリフトオフとは、基板と化合物半導体層との間に犠牲層を作製し、かかる犠牲層をエッチャントによって除去することにより、基板と化合物半導体層とを分離するというものである。たとえば特許文献 1 および特許文献 2 には、エピタキシャルリフトオフプロセスが開示されている。

【0004】

特許文献 1 には、第 1 の基板上に、1 つ以上の第 1 の保護層を成長させることと、A 1 A s 層を成長させることと、1 つ以上の第 2 の保護層を成長させることと、第 2 の保護層上に少なくとも 1 つの活性光起電性セル層を堆積することと、活性光起電性セル層の上部を金属でコートすることと、第 2 の基板を金属でコートすることと、2 つの金属表面を互いに押し付けて冷間圧接接合させることと、A 1 A s 層を選択的化学エッチングで除去すること、を含むエピタキシャルリフトオフ処理を実行する方法が記載されている。また、特許文献 2 には、活性層上に、かつ該活性層に直接的に接触させて、金属バッキング層を形成し、III-V 化合物薄膜太陽電池を該基板から分離するために、該活性層と該基板との間から該犠牲層を除去する工程を含む III-V 化合物薄膜太陽電池の加工方法が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特表 2 0 1 4 - 5 2 3 1 3 2 号

【特許文献 2】特許第 5 5 7 6 2 4 3 号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ここで、半導体基板上に、多接合型化合物半導体太陽電池の非受光側になる層から順に積層する製法を順積みと呼び、このように形成された構造を順積型と呼ぶ。順積型は、たとえば、図 1 1 (a) に示すように、基板上にバッファ層、犠牲層、エッチングストップ

10

20

30

40

50

層、コンタクト層、GaAs太陽電池層、トンネル層、InGaP太陽電池層、コンタクト層の順に積層される。一方、多接合型化合物半導体太陽電池の受光側になる層から順に積層する製法を逆積みと呼び、このように形成された構造を逆積型と呼ぶ。逆積型は、たとえば、図11(b)に示すように、基板上にバッファ層、犠牲層、エッチングストップ層、コンタクト層、InGaP太陽電池層、トンネル層、GaAs太陽電池層、コンタクト層の順に積層される。

【0007】

特許文献1および特許文献2に記載の方法は、逆積みである。特許文献1の冷間圧接合させた金属層は活性光起電性セル層の上部に、特許文献2の金属バックング層は活性層上に、それぞれ全面的に形成されることになり、これらの金属層側を受光面として太陽電池を構成することはできない。

10

【0008】

したがって、特許文献1および特許文献2に記載の方法を、たとえば図11(a)に示すような2以上のpn接合の順積型に適用することができないという問題がある。

【0009】

本発明は、上記のような現状に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、順積型での製造が可能な薄膜化合物太陽電池および薄膜化合物太陽電池アレイを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

20

上記課題を解決するため、本発明は、基板上に、1以上のpn接合を有する太陽電池層を形成するステップと、太陽電池層上に表面電極層を形成するステップと、太陽電池層および表面電極層を透明材料で被覆するステップと、基板を除去するステップと、太陽電池層の一部を除去して表面電極層を露出させるステップとを含む、薄膜化合物太陽電池の製造方法とする。

【0011】

好ましくは、太陽電池層はpn接合を有するサブセルを複数備え、太陽電池層を形成するステップは、基板上に第1のサブセルを形成するステップと、第1のサブセル上に第2のサブセルを形成するステップを含み、第2のサブセルのバンドギャップは、前記第1のサブセルのバンドギャップよりも大きい。

30

【0012】

好ましくは、基板と太陽電池層との間に犠牲層を形成するステップを更に含み、基板を除去するステップにおいて、犠牲層をエッチングすることにより、基板を分離することとしてもよい。

【0013】

好ましくは、基板と太陽電池層との間にエッチングストップ層を形成するステップを更に含み、基板を除去するステップにおいて、基板をエッチング除去することとしてもよい。

【0014】

また、化合物半導体からなる1以上のpn接合を有する太陽電池層と、太陽電池層の受光側に配置された表面電極層と、太陽電池層および表面電極層の受光側を被覆する透明材料とを備え、非受光側において、表面電極層の一部に太陽電池層と透明材料とが配置されない領域を有する、薄膜化合物太陽電池とする。

40

【0015】

また、化合物半導体からなる1以上のpn接合を有する太陽電池層と、太陽電池層の受光側に配置された表面電極層と、太陽電池層および表面電極層の受光側を被覆する透明材料とを備え、非受光側において、表面電極層の一部に太陽電池層と透明材料とが配置されない領域を有する薄膜化合物太陽電池の複数を、フィルムの方の面側に配線を有する配線シート上に配置するステップと、薄膜化合物太陽電池の電極と配線とが電氣的に接続されるように配線シートと薄膜化合物太陽電池を接着するステップとを含む、薄膜化合物太

50

陽電池アレイの製造方法とする。

【0016】

また、化合物半導体からなる1以上のpn接合を有する太陽電池層と、太陽電池層の受光側に配置された表面電極層と、太陽電池層および表面電極層の受光側を被覆する透明材料とを備え、非受光側において、表面電極層の一部に太陽電池層と透明材料とが配置されない領域を有する薄膜化合物太陽電池の複数と、フィルムの方の面側に薄膜化合物太陽電池の電極と電氣的に接続された配線を有する配線シートとを備える、薄膜化合物太陽電池アレイとする。

【発明の効果】

【0017】

本発明は、上記のような構成を有することにより、順積型での製造が可能な薄膜化合物太陽電池および薄膜太陽電池アレイを提供する。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】基板上に化合物半導体層を形成した後の状態を示す図であって、(a)は表面側から見た模式的な平面図であり、(b)は模式的な断面図である。

【図2】太陽電池層の側面の一部をエッチングで除去した後の状態を示す図であり、(a)は表面側から見た模式的な平面図であり、(b)は模式的な断面図である。

【図3】第2コンタクト層上に表面電極を形成した後の状態を示す図であって、(a)は表面側から見た模式的な平面図であり、(b)は模式的な断面図である。

【図4】太陽電池層および表面電極層を透明材料で被覆した後の状態を示す図であって、(a)は表面側から見た模式的な平面図であり、(b)は模式的な断面図である。

【図5】基板を除去した後の状態を示す図であって、(a)は表面側から見た模式的な平面図であり、(b)は模式的な断面図である。

【図6】太陽電池層の一部を除去して表面電極層を露出させた後の状態を示す図であって、(a)表面側から見た模式的な平面図であり、(b)模式的な断面図である。

【図7】実施の形態5および6の薄膜化合物太陽電池アレイを示す図であって、(a)は表面側から見た模式的な平面図と(b)は模式的な断面図である。

【図8】実施の形態1および実施の形態2の基板上に化合物半導体層を形成した後の状態を示す模式的な断面図である。

【図9】実施の形態3の基板上に化合物半導体層を形成した後の状態を示す模式的な断面図である。

【図10】実施の形態4の基板上に化合物半導体層を形成した後の状態を示す模式的な断面図である。

【図11】基板上に化合物半導体層を形成した後の状態を示す図であって、(a)は順積型の模式的な断面図であり、(b)は逆積型の模式的な断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下、本発明の実施の形態について図面を用いて説明する。なお、実施の形態の図面において、同一の参照符号は、同一部分または相当部分を表わすものである。また、長さ、幅、厚さ、深さなどの寸法関係は図面の明瞭化と簡略化のために適宜に変更されており、実際の寸法関係を表わすものではない。

【0020】

(実施の形態1)

<薄膜化合物太陽電池の製造方法>

実施の形態1の薄膜化合物太陽電池の製造方法は、基板10上に、犠牲層20および1以上のpn接合を有する太陽電池層30を形成するステップ(図1)と、該太陽電池層30の側面をエッチングにより除去するステップ(図2)と、該太陽電池層30上に部分的に表面電極層40を形成するステップと(図3)と、該太陽電池層30および該表面電極層40を透明材料50で被覆するステップ(図4)と、犠牲層20をエッチングにより除

去することにより、基板 10 を除去するステップ（図 5）と、該太陽電池層 30 の一部を除去して表面電極層を露出させるステップ（図 6）とを含む。

【0021】

上記のような各ステップを用いて薄膜化合物太陽電池を作製することにより、太陽電池層 30 の基板 10 と反対側の面を受光面とすることができる。すなわち、2 以上の p n 接合を有する太陽電池層を順積型の構造とすることができる。

【0022】

本実施の形態の製造方法は、基板上に、1 以上の p n 接合を有する太陽電池層を形成するステップと、太陽電池層上に表面電極層を形成するステップと、太陽電池層および表面電極層を透明材料で被覆するステップと、基板を除去するステップと、太陽電池層の一部を除去して表面電極層を露出させるステップとを含む。そのため、太陽電池層 30 の基板 10 と反対側に部分的に表面電極層 40 が形成され、また、透明材料 50 が配置されるので、太陽電池層 30 の基板 10 と反対側の面を受光面とすることができる。さらに、本実施の形態の製造方法により得られた太陽電池は、太陽電池の非受光側から、表面電極層 40 に接続できるので、配線付きフィルムを用いた実装が可能となる。また、太陽電池層 30 上に配置した透明材料 50 を太陽電池の表面保護層として利用できるので、複数の太陽電池を電氣的に接続して形成するアレイの製造工程における工程数の削減および低コスト化に繋がる。以下においては、図面を参照しつつ本実施の形態の薄膜化合物太陽電池の製造方法を構成する各ステップを説明する。

【0023】

（化合物半導体層を形成するステップ）

図 1 は、基板上に化合物半導体層を形成した後の状態を示す図であって、（a）は表面側から見た模式的な平面図であり、（b）は模式的な断面図である。図 1 に示されるように、基板 10 上に、有機金属気相成長法（MOCVD：Metal Organic Chemical Vapor Deposition）を用いて、犠牲層を含む層 20、太陽電池層 30 を結晶成長させる。実施の形態 1 では、図 8 に示されるように、基板 10 上に、バッファ層 21、犠牲層 22、エッチングストップ層 23、第 1 コンタクト層 41、ベース層 31、エミッタ層 32、および第 2 コンタクト層 42 の順に、化合物半導体層を結晶成長させる。以下において、ベース層 31 およびエミッタ層 32 のことを総称して「太陽電池層 30」と記す。また、第 1 コンタクト層 41 および第 2 コンタクト層 42 のことを総称して「コンタクト層」と記す。なお、バッファ層 21、犠牲層 22、エッチングストップ層 23、第 1 コンタクト層 41、ベース層 31、エミッタ層 32、および第 2 コンタクト層 42 のことを総称して「化合物半導体層 80」と記す。また、受光側のことを表面側と記す。

【0024】

ここで、本実施の形態における基板 10 は、その上に形成するバッファ層 21 の下地となるものである。このため、基板 10 は、バッファ層 21 と格子定数が近いことが好ましい。このような基板の材料としては、たとえばゲルマニウム（Ge）や、ガリウム砒素（GaAs）等を挙げることができる。

【0025】

また、本実施の形態における犠牲層 22 は、エッチングされやすい半導体であればいかなるものをも用いることができる。ここで、本実施の形態の「犠牲層」は、基板と化合物半導体層との間に設けられるものであって、その層をエッチングなどで除去することにより、基板と化合物半導体層とを分離するために設けられるものである。このような犠牲層 22 に用いる半導体としては、たとえば AlAs を挙げることができる。AlAs からなる犠牲層 22 を用いる場合、犠牲層 22 をエッチングするためのエッチャントとしては、たとえばフッ酸と水とを 1 対 10 の比率で混合したフッ酸水溶液または塩酸を用いることが好ましい。後述するステップで、犠牲層 22 をエッチングして除去することにより、基板 10 と化合物半導体層 80 とを分離する。

【0026】

本実施の形態におけるエッチングストップ層 23 は、犠牲層 22 がエッチングされると

きに太陽電池層30およびコンタクト層がエッチャントに曝されないようにするために保護するものである。このようなエッチングストップ層23を構成する材料としては、たとえばInGaPを挙げることができる。

【0027】

本実施の形態におけるベース層31およびエミッタ層32は、太陽電池層100の構成のうちのpn接合の構造をなすものである。この部分に太陽光が照射されることにより、キャリアが生じて電流が発生する。太陽電池層30はさらに、ベース層31の非受光面側にBSF層(バックサーフェスフィールド層)を備えていてもよく、エミッタ層32の受光面側に窓層を備えていてもよい。

【0028】

(太陽電池層の側面をエッチングにより除去するステップ)

図2は、太陽電池層の側面の一部をエッチングで除去した後の状態を示すであり、(a)は表面側から見た模式的な平面図であり、(b)は模式的な断面図である。太陽電池層30の側面をエッチング液でエッチングすることにより、図2に示されるように、犠牲層20の表面の一部を露出させる。このように太陽電池層30の側面をエッチングにより除去することにより、各太陽電池セルが電氣的に分離されて、太陽電池セルの領域が確定する。ここでは、2つの太陽電池セル領域(R1、R2)に分離している。また、犠牲層20が露出することにより、エッチング液が犠牲層20に伝わりやすくなり、犠牲層20をエッチングしやすくなる。

【0029】

ここで、太陽電池層30の側面をエッチングする方法としては、実施の形態1では、まず、太陽電池層30上に形成された第2コンタクト層42上に保護膜(図示せず)を塗布し、太陽電池層30を残す領域の保護膜をフォトリソグラフィにより残し、それ以外の保護膜を取り除くという方法がある。そして、保護膜でマスキングした領域以外の太陽電池層30をエッチング液でエッチングすることにより、太陽電池層30の側面をエッチングすることができる。その後、保護膜を除去する。

【0030】

(表面電極層を形成するステップ)

表面電極層40は、太陽電池層30上に部分的に形成される。表面電極層40は、第2コンタクト層と金属からなる表面電極を含む。図3は、第2コンタクト層上に表面電極を形成した後の状態を示す図であって、(a)は表面側から見た模式的な平面図であり、(b)は模式的な断面図である。パターンニングされた第2コンタクト層42上に、金属を蒸着することにより表面電極を形成する。表面電極に用いられる材料としては、Ti/Pd/Ag等を挙げることができる。ここで、上記「Ti/Pd/Ag」とは、第2コンタクト層42側から順に、Ti層とPd層とAg層とをこの順に形成することを意味する。また、太陽電池層30上に蒸着等によりARコートを施してもよい。

【0031】

(太陽電池層および表面電極層を透明材料で被覆するステップ)

図4は、太陽電池層および表面電極層を透明材料で被覆した後の状態を示す図であって、(a)は表面側から見た模式的な平面図であり、(b)は模式的な断面図である。図4に示されるように、太陽電池層30および表面電極層40を透明材料50で被覆する。このとき、透明材料50は、2つの太陽電池セルS1およびS2を一体的に被覆する。

【0032】

ここで、透明材料50としては、透明樹脂や粘着材付きフィルムなどを用いることができる。透明材料50は、光透過率が高いことが好ましい。透明材料50として透明樹脂を用いる場合は、透明樹脂を塗布・硬化させることで形成する。このとき、透明材料の形成が不要な部分にはマスクなどを施す。透明樹脂としては、モメンティブ・パフォーマンス・マテリアルズ・ジャパン合同会社製IVS4622などがある。また、透明材料50として、粘着材付きフィルムを用いる場合は、予め抜き加工などでフィルムの形を整え、粘着材を介してフィルムを貼り付ける。粘着材としては、光学粘着材を用いることができる。光学

10

20

30

40

50

粘着材としては、日東電工株式会社製LUCIACS(R)CS986などがある。フィルムとしては、高透過率フィルムを用いることができ、たとえばPENフィルムである。高透過率フィルムとしては、帝人デュポンフィルム株式会社製Q65Hなどがある。

【0033】

さらに、透明材料50の上面に支持部材を設けてもよい(図示せず)。支持部材を設けることにより、後述の基板を剥離するステップやエッチングストップ層を除去するステップなどのエッチングの作業性を向上させることができる。ここで、支持部材としては、たとえばガラスを好適に用いることができる。

【0034】

(基板を除去するステップ)

図5は、基板を除去した後の状態を示す図であって、(a)は表面側から見た模式的な平面図であり、(b)は模式的な断面図である。図4に示す積層体をエッチャントに浸漬させることにより、犠牲層22は外側から内側に向かってエッチングされる。このとき、太陽電池層30は透明材料50およびエッチングストップ層23によりエッチャントから保護される。そして、犠牲層22のエッチングが進行して、化合物半導体層80が基板10から離れる。なお、エッチャントとしては上述したように、フッ酸と水とを1対10の比率で混合したフッ酸水溶液または塩酸を用いることが好ましい。犠牲層22のエッチングが完了したときに、基板10と化合物半導体層80とが分離され、化合物半導体層80から基板は除去される。

【0035】

(エッチングストップ層を除去するステップ)

基板10を除去後、エッチングストップ層23をエッチングにより除去する。これにより第1コンタクト層41を露出させる。

【0036】

(太陽電池層の一部を除去して表面電極層を露出させるステップ)

図6は、太陽電池層の一部を除去して表面電極層を露出させた後の状態を示す図であって、(a)表面側から見た模式的な平面図であり、(b)模式的な断面図である。図6に示されるように、太陽電池層30の一部を除去し、表面電極層が露出する開口部60を形成する。開口部60において、表面電極層の第2コンタクト層42および表面電極の少なくとも一方が露出している。開口部60は、第1コンタクト層41および太陽電池層30の一部を除去することで形成される。また、開口部60は、第1コンタクト層41、太陽電池層30および第2コンタクト層42の一部を除去することで形成してもよい。

【0037】

ここで、太陽電池層30の一部をエッチングにより除去することができる。エッチング方法としては、まず第1コンタクト層41上に保護膜を塗布し、太陽電池層30を残す領域の保護膜をフォトリソグラフィにより残し、それ以外の保護膜を取り除くという方法がある。そして、保護膜でマスキングした領域以外の太陽電池層30をエッチング液でエッチングすることにより、太陽電池層30の一部をエッチングすることができる。その後、保護膜を除去する。

【0038】

このようにして、図6に示す薄膜化合物太陽電池Aが得られる。図6に示す薄膜化合物太陽電池Sは、2つの太陽電池セル(S1、S2)を含む。薄膜化合物太陽電池Sは、複数の太陽電池セルを含むことにより、薄膜化合物太陽電池アレイの製造工程における工程数の削減に繋がる。また、薄膜化合物太陽電池Sに含まれる複数の太陽電池セルを分離してもかまわない。

【0039】

(裏面電極を形成するステップ)

得られた薄膜化合物太陽電池に、さらに裏面電極を形成してもよい。裏面電極(図示せず)は、太陽電池層30の非受光側に形成する。裏面電極は、第1コンタクト層41上に金属を蒸着することにより形成することができる。裏面電極に用いられる材料としては、

10

20

30

40

50

Au / Ag、Ti / Pd / Ag等を挙げることができる。ここで、上記「Au / Ag」とは、第1コンタクト層8側から順に、Au層とAg層とをこの順に形成することを意味する。また、後述のように、配線付きフィルムに接続することで裏面電極を形成することもできる。

【0040】

(実施の形態2)

実施の形態2では、具体例を挙げて実施の形態1をより詳細に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

【0041】

実施の形態2の薄膜化合物太陽電池の製造方法は、実施の形態1と同様、基板上に、10
以上のpn接合を有する太陽電池層を形成するステップと、太陽電池層上に表面電極層を形成するステップと、太陽電池層および表面電極層を透明材料で被覆するステップと、基板を除去するステップと、太陽電池層の一部を除去して表面電極層を露出させるステップとを含む。

【0042】

(化合物半導体層を形成するステップ)

実施の形態2では、図1に示されるように、厚みが400 μmのGaAsからなる基板10上に、MOCVD法を用いて10 nmの厚みのAlAsを含む犠牲層20、太陽電池層30を形成した。実施の形態2において、基板10上に形成した化合物半導体層80は、図8に示されるように、GaAsからなるバッファ層21、AlAsからなる犠牲層22、InGaPからなるエッチングストップ層23、GaAsからなる第1コンタクト層41、InGaPからなるベース層31およびエミッタ層32、GaAsからなる第2コンタクト層42をこの順に形成したものである。また、太陽電池層30は、第1コンタクト層41、ベース層31、エミッタ層32および第2コンタクト層42をこの順に形成したものであり、ベース層31とエミッタ層32との接合面がpn接合となる。

【0043】

(太陽電池層の側面をエッチングにより除去するステップ)

次に、図2に示されるように、太陽電池層30の第2コンタクト層42の表面に、レジスト材料である保護膜(図示せず)を塗布し、フォトリソグラフィを用いて第2コンタクト層42よりも若干広い領域だけ保護膜を残し、それ以外の領域の保護膜を取り除く。そして、保護膜でマスキングした領域以外の太陽電池層30の側面をエッチング液でエッチングすることにより、犠牲層20を露出させる。

【0044】

(表面電極層を形成するステップ)

次に、図3に示されるように、第2コンタクト層42の表面電極を蒸着させる領域以外の領域をエッチング等で除去した上で、Ti、Pd、Agをこの順で蒸着することにより、第2コンタクト層42上に厚み3 μmのTi / Pd / Agからなる表面電極を形成し、表面電極層40を形成した。

【0045】

(太陽電池層および表面電極層を透明材料で被覆するステップ)

次いで、図4に示されるように、太陽電池層30および表面電極層40上を透明材料50で被覆した。ここで、透明材料50として、透明樹脂(モメンティブ・パフォーマンス・マテリアルズ・ジャパン合同会社製; IVS4622)を用いた。

【0046】

(基板を剥離するステップ)

次に、図4に示される積層体をエッチャントに浸漬させ、犠牲層22を除去した。エッチャントとしては、フッ酸と水とを1対10の比率で混合したフッ酸水溶液を用い、エッチャントの液温を40 °Cとした。犠牲層3のエッチングが完了したときに、基板10と化合物半導体層80とが分離され、図5に示されるように、透明材料50で被覆された化合物半導体層80が得られた。

【 0 0 4 7 】

(エッチングストップ層を除去するステップ)

次に、化合物半導体層 8 0 のエッチングストップ層 2 3 をエッチングを用いて除去した。これにより、透明材料 5 0 で被覆された太陽電池層 3 0 が得られた。

【 0 0 4 8 】

(太陽電池層の一部を除去して表面電極層を露出させるステップ)

図 6 に示されるように、太陽電池層 3 0 の一部を除去することにより、表面電極層が露出するように開口部を形成した。開口部は、第 1 コンタクト層 4 1、太陽電池層 3 0 および第 2 コンタクト層 4 2 までをエッチングにより除去することで形成した。開口部は、第 1 コンタクト層 4 1 および太陽電池層 3 0 までをエッチングにより除去することで形成してもよい。また、表面電極層の第 2 コンタクト層および表面電極の少なくとも一方を露出させればよい。

10

【 0 0 4 9 】

(裏面電極を形成するステップ)

パターンニングされた第 1 コンタクト層 4 1 上に、Au / Ag からなる裏面電極を形成した。

【 0 0 5 0 】

(実施の形態 3)

実施の形態 3 の薄膜化合物太陽電池の製造方法は、基板上に、エッチングストップ層および 1 以上の p n 接合を有する太陽電池層を形成するステップと、該太陽電池層の側面をエッチングにより除去するステップと、該太陽電池層上に部分的に表面電極層を形成するステップと、該太陽電池層および該表面電極層を透明材料で被覆するステップと、基板 1 をエッチングにより除去するステップと、エッチングストップ層をエッチングにより除去するステップと、該太陽電池層の一部を除去して表面電極層を露出させるステップを含む。

20

【 0 0 5 1 】

実施の形態 3 の太陽電池の製造方法は、基板上に、1 以上の p n 接合を有する太陽電池層を形成するステップと、太陽電池層上に表面電極層を形成するステップと、太陽電池層および表面電極層を透明材料で被覆するステップと、基板を除去するステップと、太陽電池層の一部を除去して表面電極層を露出させるステップとを含み、実施の形態 1 と化合物半導体層を形成するステップと基板を剥離するステップとが異なる以外は、実施の形態 1 と同様である。

30

【 0 0 5 2 】

(化合物半導体層を形成するステップ)

図 9 は、実施の形態 3 の基板上に化合物半導体層を形成した後の状態を示す模式的な断面図である。図 9 に示されるように、基板 9 1 上に、有機金属気相成長法 (MOCVD : Metal Organic Chemical Vapor Deposition) を用いて、エッチングストップ層 9 2、太陽電池層 9 0 0 の順に、化合物半導体層 9 0 を結晶成長させる。実施の形態 3 の基板 9 1 の構成は、実施の形態 1 と同様である。また、実施の形態 3 の太陽電池層 9 0 0 の構成は、第 1 コンタクト層 9 3、ベース層 9 4、エミッタ層 9 5、および第 2 コンタクト層 9 6 であり、実施の形態 1 と同様である。

40

【 0 0 5 3 】

実施の形態 3 におけるエッチングストップ層 9 2 は、基板がエッチングされるときに太陽電池層 9 0 0 やコンタクト層がエッチャントに曝されないようにするために保護するものである。このようなエッチングストップ層 9 2 を構成する材料としては、たとえば InGaP を挙げることができる。

【 0 0 5 4 】

(基板を除去するステップ)

実施の形態 3 では、基板 9 1 はエッチングにより除去される。このとき、太陽電池層 9 0 0 およびコンタクト層 9 3、9 6 は透明材料 5 0 およびエッチングストップ層 9 2 によ

50

リエッチャントから保護される。

【0055】

(実施の形態4)

実施の形態4の太陽電池の製造方法は、基板上に、1以上のpn接合を有する太陽電池層を形成するステップと、太陽電池層上に表面電極層を形成するステップと、太陽電池層および表面電極層を透明材料で被覆するステップと、基板を除去するステップと、太陽電池層の一部を除去して表面電極層を露出させるステップとを含み、実施の形態1と太陽電池層が異なる以外は、実施の形態1と同様である。実施の形態4の太陽電池層は、2つのpn接合を有する順積型の構造である。なお、実施の形態4の太陽電池層は、実施の形態2および実施の形態3にも適用可能である。

10

【0056】

図10に、実施の形態4の基板上に化合物半導体層を形成した後の状態を示す模式的な断面図を示す。基板101上に、有機金属気相成長法(MOCVD: Metal Organic Chemical Vapor Deposition)を用いて、基板101上に、バッファ層102、犠牲層103、エッチングストップ層104、第1コンタクト層105、BSF層106、ベース層107、エミッタ層108、窓層109、トンネル層110、BSF層111、ベース層112、エミッタ層113、窓層114、第2コンタクト層115の順に、化合物半導体層を結晶成長させる。以下において、BSF層106、ベース層107、エミッタ層108、窓層109、トンネル層110、BSF層111、ベース層112、エミッタ層113、窓層114のことを総称して「太陽電池層1000」と記す。なお、バッファ層102、犠牲層103、エッチングストップ層104、第1コンタクト層105、BSF層106、ベース層107、エミッタ層108、窓層109、トンネル層110、BSF層111、ベース層112、エミッタ層113、窓層114のことを総称して「化合物半導体層100」と記す。実施の形態4の太陽電池層1000はpn接合を有するサブセルを2つ備える。図10に示されるように、第1のサブセル1100は、BSF層106、GaAsからなるベース層107とエミッタ層108、窓層109を有し、第2のサブセル1200は、BSF層111、InGaPからなるベース層112とエミッタ層113、窓層114を有する。第2のサブセルのバンドギャップは第1のサブセルのバンドギャップよりも大きく、太陽電池層は順積型の構造である。太陽電池層1000の基板と反対側が受光側となる。なお、実施の形態4の各サブセルは、BSF層と窓層を備えているが、これらはなくてもよい。

20

30

【0057】

(実施の形態5)

<薄膜化合物太陽電池アレイの製造方法>

実施の形態5の薄膜化合物太陽電池アレイの製造方法は、受光側が透明材料で被覆され、非受光側の一部に太陽電池層が除去された開口部を有し、開口部から表面電極層の一部が露出する薄膜化合物太陽電池の複数を、フィルムの一方の面側に配線を有する配線シート上に配置するステップと、薄膜化合物太陽電池の電極と配線が電氣的に接続されるように配線シートと薄膜化合物太陽電池を接着するステップとを含む。

【0058】

本実施の形態の製造方法は、受光側が透明材料で被覆され、表面電極層に非受光側から配線接続可能な薄膜化合物太陽電池の複数を、配線シートを用いて実装する。薄膜化合物太陽電池を被覆する透明材料は薄膜化合物太陽電池の表面保護層として利用できるので、複数の薄膜化合物太陽電池を電氣的に接続して形成するアレイの製造工程における工程数の削減および低コスト化が可能となる。

40

【0059】

実施の形態5では、実施の形態1の薄膜化合物太陽電池に適用可能な薄膜化合物太陽電池アレイの製造方法について説明する。なお、実施の形態5の製造方法は、実施の形態2、実施の形態3および実施の形態4の薄膜化合物太陽電池にも適用可能である。

【0060】

50

< 薄膜化合物太陽電池 >

実施の形態 5 の薄膜化合物太陽電池としては、実施の形態 1 の図 6 に示されるセルを用いることができる。図 6 に示されるように、実施の形態 5 に用いる薄膜太陽電池 S は、受光側となる太陽電池層 30 の上面および表面電極層の上面が透明材料 50 で被覆されている。一方、非受光側では太陽電池層 30 の第 1 コンタクト層 41 と表面電極層 40 の一部が露出している。表面電極層の露出部は、太陽電池層 30 の一部が除去された開口部 60 により形成されている。第 1 コンタクト層 41 および表面電極層 40 の一部は、後述の配線シートとの接続部となる。

【 0 0 6 1 】

なお、実施の形態 5 では、第 1 コンタクト層 41 が露出しているが、第 1 コンタクト層 41 上に裏面電極を設けていてもよい。

【 0 0 6 2 】

また、図 6 の薄膜太陽電池 S は、複数のセル (S 1 , S 2) を有するが、セルは 1 つでもよい。

【 0 0 6 3 】

(配線シートに薄膜化合物太陽電池を配置するステップ)

図 7 は、実施の形態 5 の薄膜化合物太陽電池アレイを示す図であって、(a) は表面側から見た模式的な平面図と (b) は模式的な断面図である。実施の形態 5 では、配線シート上に複数の薄膜太陽電池を配置する。図 7 に示すように、配線シート 70 上に複数の薄膜太陽電池 S を位置決めして配置する。ここでは、各薄膜太陽電池 S が複数の太陽電池セル (S 1 , S 2) を含むため、効率よく配置することができる。配線シート 70 は、絶縁性フィルム 71 と配線 72 を備える。配線 72 上に、さらに電極材料 73 を塗布してもよい。電極材料 73 としては、銀ペースト等を用いることができ、ディスペンサーやスクリーン印刷等で塗布することができる。配線 72 は、太陽電池セルの表面電極層と隣接する太陽電池セルの裏面電極とを電氣的に接続する。また、薄膜太陽電池の位置決めがしやすいように、配線シートにアライメントマークを入れてもよい。

【 0 0 6 4 】

(配線シートと薄膜化合物太陽電池を接着するステップ)

次に、薄膜太陽電池と配線シート 70 とを圧着または焼成して、接着させる。銀ペーストは焼成することで硬化し、薄膜太陽電池 S と配線シート 70 は接着され、電氣的にも接続される。

【 0 0 6 5 】

このように、実施の形態 5 の薄膜化合物太陽電池アレイの製造方法は、化合物半導体からなる 1 以上の p n 接合を有する太陽電池層と、太陽電池層の受光側に配置された表面電極層と、太陽電池層および表面電極層の受光側を被覆する透明材料とを備え、非受光側において、表面電極層の一部に太陽電池層と透明材料とが配置されない領域を有する薄膜化合物太陽電池の複数を、フィルムの方の面側に配線を有する配線シート上に配置するステップと、薄膜化合物太陽電池の電極と配線とが電氣的に接続されるように配線シートと薄膜化合物太陽電池を接着するステップとを含む。

【 0 0 6 6 】

(実施の形態 6)

< 薄膜化合物太陽電池アレイ >

実施の形態 6 の薄膜化合物太陽電池アレイは、複数の薄膜化合物太陽電池と、絶縁性フィルムの方の面側に薄膜化合物太陽電池の電極と電氣的に接続された配線を有する配線シートとを備え、薄膜化合物太陽電池は、受光側が透明材料で被覆され、表面電極層の一部に非受光側が太陽電池層および透明樹脂材料で覆われていない開口部を有し、非受光側において、開口部に位置する表面電極層と配線が電氣的に接続される。

【 0 0 6 7 】

実施の形態 6 では、実施の形態 1 の薄膜化合物太陽電池に適用可能な薄膜化合物太陽電池アレイについて説明する。なお、実施の形態 6 の薄膜化合物太陽電池アレイは、実施の

10

20

30

40

50

形態 2、実施の形態 3 および実施の形態 4 の薄膜化合物太陽電池にも適用可能である。

【0068】

図 7 は、実施の形態 6 の薄膜化合物太陽電池アレイを示す図であって、(a) は表面側から見た模式的な平面図と (b) は模式的な断面図である。実施の形態 6 では、図 7 に示すように、薄膜化合物太陽電池アレイ A は複数の薄膜化合物太陽電池 S と、絶縁性フィルム 70 の一方の面側に薄膜化合物太陽電池の電極と電氣的に接続された配線を有する配線シート 70 とを備える。

【0069】

実施の形態 6 の薄膜化合物太陽電池 S は、図 6 に示されるように、受光側となる太陽電池層 30 の上面および表面電極層の上面が透明材料 50 で被覆されている。一方、非受光側では太陽電池層 30 の第 1 コンタクト層 41 と表面電極層 40 の一部が露出しており、薄膜化合物太陽電池 S の非受光面側のみでの配線が可能な構成となっている。配線シート 70 は、絶縁性フィルム 71 と配線 72 を備える。配線 72 上に、さらに電極材料 73 備えていてもよい。配線 72 は、薄膜化合物太陽電池の電極と電氣的に接続される。

【0070】

このように、実施の形態 6 の薄膜化合物太陽電池アレイは、化合物半導体からなる 1 以上の p n 接合を有する太陽電池層と、太陽電池層の受光側に配置された表面電極層と、太陽電池層および表面電極層の受光側を被覆する透明材料とを備え、非受光側において、表面電極層の一部に太陽電池層と透明材料とが配置されない領域を有する薄膜化合物太陽電池の複数と、フィルム 70 の一方の面側に薄膜化合物太陽電池の電極と電氣的に接続された配線を有する配線シートとを備える。

【0071】

以上のように本発明の実施の形態および実施例について説明を行なったが、上述の各実施の形態および実施例の構成を適宜組み合わせることも当初から予定している。

【0072】

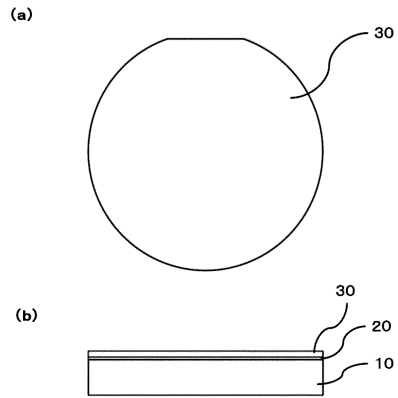
今回開示された実施の形態および実施例はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【符号の説明】

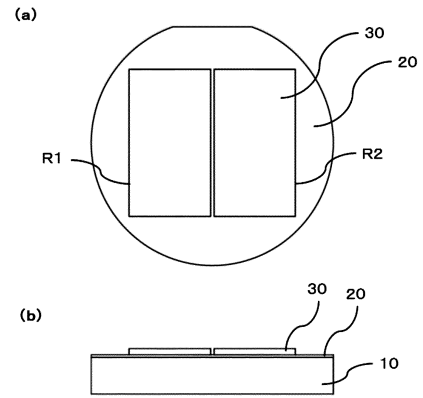
【0073】

10, 91, 101 基板、20 犠牲層、30, 900, 1000 太陽電池層、40 表面電極層、50 透明部材、60 開口部、70 配線シート、80, 90, 100 化合物半導体層、21, 102 バッファ層、22, 103 犠牲層、23, 104 エッチングストップ層、31, 93, 105 第 1 コンタクト層、32, 94, 107 ベース層、33, 95, 108 エミッタ層、88, 96, 115 第 2 コンタクト層、71 フィルム、72 配線、73 電極材料、1100 第 1 のサブセル、1200 第 2 のサブセル、R1, R2 太陽電池セル領域、S1, S2, S3, S4 太陽電池セル、S 薄膜化合物太陽電池、A 薄膜化合物太陽電池アレイ。

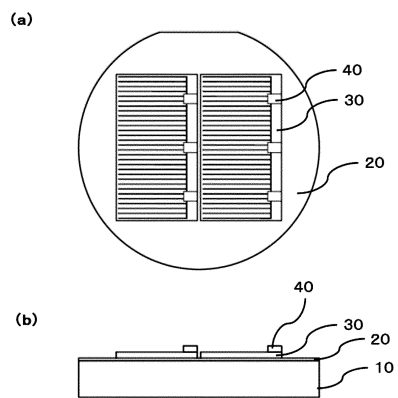
【図 1】



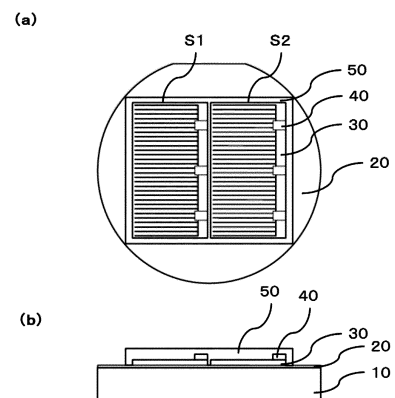
【図 2】



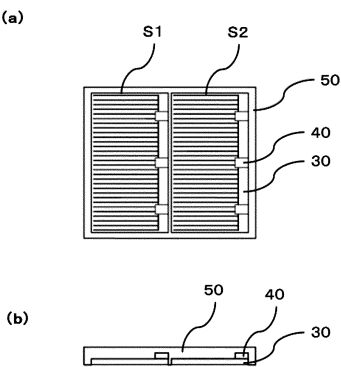
【図 3】



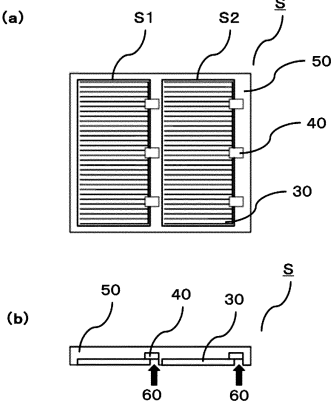
【図 4】



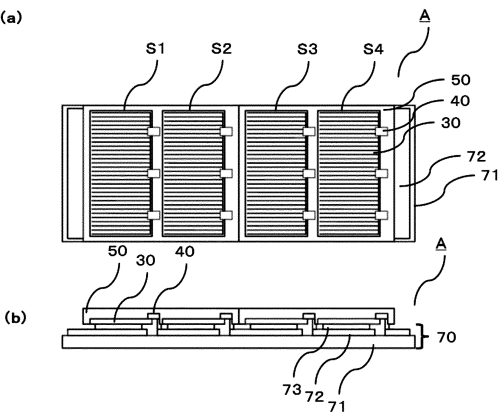
【図5】



【図6】



【図7】



【図8】



【 図 1 0 】

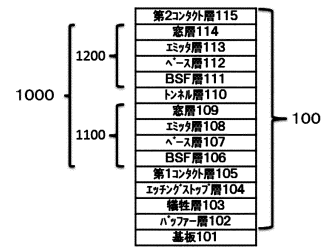


Figure 1 consists of two schematic diagrams, (a) and (b), showing the layer structure of solar cells. Diagram (a) shows a structure with layers: Contact layer, Window layer, InGaP solar cell layer, Back layer, Back surface field layer, Window layer, InGaP solar cell layer, Back layer, Back surface field layer, Contact layer. Diagram (b) shows a structure with layers: Contact layer, Back surface field layer, Back layer, InGaP solar cell layer, Window layer, Back layer, InGaP solar cell layer, Window layer, Back layer, Contact layer.

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2008-283176(JP,A)
国際公開第2013/088621(WO,A1)
米国特許第5244817(US,A)
特開2011-077130(JP,A)
特開2013-251288(JP,A)
国際公開第2015/114498(WO,A1)
特表2017-509145(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 31/02-31/18