

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5381912号
(P5381912)

(45) 発行日 平成26年1月8日(2014.1.8)

(24) 登録日 平成25年10月11日(2013.10.11)

(51) Int. Cl. F I
H O 1 L 31/04 (2014.01) H O 1 L 31/04 M

請求項の数 10 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2010-146335 (P2010-146335)	(73) 特許権者	000183303
(22) 出願日	平成22年6月28日 (2010. 6. 28)		住友金属鉱山株式会社
(65) 公開番号	特開2012-9755 (P2012-9755A)		東京都港区新橋5丁目11番3号
(43) 公開日	平成24年1月12日 (2012. 1. 12)	(74) 代理人	100067736
審査請求日	平成24年7月10日 (2012. 7. 10)		弁理士 小池 晃
		(74) 代理人	100096677
			弁理士 伊賀 誠司
		(74) 代理人	100106781
			弁理士 藤井 稔也
		(74) 代理人	100113424
			弁理士 野口 信博
		(74) 代理人	100150898
			弁理士 祐成 篤哉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 表面電極付透明導電基板及びその製造方法、並びに薄膜太陽電池及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

透光性基板上に、酸化インジウム系のアモルファス質透明導電膜と、酸化亜鉛系の結晶質透明導電膜とが順に積層され、表面電極の凹凸が形成されていることを特徴とする表面電極付透明導電基板。

【請求項 2】

前記アモルファス質透明導電膜が、Ti、Sn、Gaから選ばれる少なくとも1種をドープした酸化インジウムからなることを特徴とする請求項1記載の表面電極付透明導電基板。

【請求項 3】

前記結晶質透明導電膜が、Al、Ga、B、In、F、Si、Ge、Ti、Zr、Hfから選ばれる少なくとも1種をドープした酸化亜鉛からなることを特徴とする請求項1又は2記載の表面電極付透明導電基板。

【請求項 4】

前記アモルファス質透明導電膜の膜厚が、200～500nmであることを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の表面電極付透明導電基板。

【請求項 5】

前記結晶質透明導電膜の膜厚が、600～2000nmであることを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の表面電極付透明導電基板。

【請求項 6】

10

20

透光性基板上に、酸化インジウム系のアモルファス質透明導電膜と、酸化亜鉛系の結晶質透明導電膜とを順に積層し、表面電極の凹凸を形成することを特徴とする表面電極付透明導電基板の製造方法。

【請求項 7】

前記透光性基板の温度を室温～50 の範囲に保持し、スパッタリング法により前記アモルファス質透明導電膜を形成することを特徴とする請求項 6 に記載の表面電極付透明導電基板の製造方法。

【請求項 8】

前記透光性基板の温度を 250 ～ 300 に保持し、スパッタリング法により前記結晶質透明導電膜を形成することを特徴とする請求項 6 又は 7 記載の表面電極付透明導電基板の製造方法。

10

【請求項 9】

透光性基板上に、表面電極と、光電変換半導体層と、裏面電極とが順に形成されている薄膜太陽電池において、

前記表面電極は、前記透光性基板上に、酸化インジウム系のアモルファス質透明導電膜と、酸化亜鉛系の結晶質透明導電膜とが順に積層され、凹凸が形成されていることを特徴とする薄膜太陽電池。

【請求項 10】

透光性基板上に、表面電極と、光電変換半導体層と、裏面電極とを順に形成する薄膜太陽電池の製造方法において、

20

前記透光性基板上に、酸化インジウム系のアモルファス質透明導電膜と、酸化亜鉛系の結晶質透明導電膜とを順に積層し、前記表面電極の凹凸を形成することを特徴とする薄膜太陽電池の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、透光性基板上に透明導電膜からなる表面電極膜を形成した表面電極付透明導電基板及びその製造方法、並びに、この表面電極付透明導電基板を用いた薄膜太陽電池及びその製造方法に関するものである。

【背景技術】

30

【0002】

ガラス基板等の透光性基板側から光を入射させて発電を行う薄膜太陽電池では、透光性基板上に、光入射側電極（以下、「表面電極」と称する。）が形成された透明導電ガラス基板が利用される。表面電極は、酸化錫、酸化亜鉛、酸化インジウムなどの透明導電性膜が単独に、又は積層して形成される。また、薄膜太陽電池では、多結晶シリコン、微結晶シリコンのような結晶質シリコン薄膜やアモルファスシリコン薄膜が利用されている。この薄膜太陽電池の開発は、精力的に行なわれており、主に、安価な基板上に低温プロセスで良質のシリコン薄膜を形成することによる低コスト化と高性能化との両立の実現が目的とされている。

【0003】

40

上述した薄膜太陽電池の一つとして、透光性基板上に、透明導電膜からなる表面電極と、p型半導体層、i型半導体層、n型半導体層が順に積層された光電変換半導体層と、光反射性金属電極を含む裏面電極とを順次形成した構造を有するものが知られている。この薄膜太陽電池では、光電変換作用が主としてこのi型半導体層内で生じるため、i型半導体層が薄いと光吸収係数が小さい長波長領域の光が十分に吸収されない。つまり、光電変換量は、本質的にi型半導体層の膜厚によって制約を受ける。そこで、i型半導体層を含む光電変換半導体層に入射した光をより有効に利用するために、光入射側の表面電極に表面凹凸構造を設けて光を光電変換半導体層内へ散乱させ、さらに裏面電極で反射した光を乱反射させる工夫がなされている。

【0004】

50

このような薄膜太陽電池では、一般に、その光入射側の表面電極として、ガラス基板にフッ素ドープした酸化錫薄膜を熱CVD法に基づく原料ガスの熱分解により成膜する方法（例えば、特許文献1参照。）により表面凹凸構造が形成されている。

【0005】

しかし、表面凹凸構造を有する酸化錫膜は、500以上の高温プロセスを要するなどの理由によりコストが高い。また、膜の比抵抗が高いため、膜厚を厚くすると、透過率が下がり、光電変換効率が下がってしまう。

【0006】

そこで、酸化錫膜又はSnをドープした酸化インジウム（ITO）膜からなる下地電極上に、Alをドープした酸化亜鉛（AZO）膜、又はGaをドープした酸化亜鉛（GZO）膜をスパッタリングにより形成し、エッチングされ易い酸化亜鉛膜をエッチングすることで、表面凹凸構造を有する表面電極を形成する方法が提案されている（例えば、特許文献2参照。）。また、近赤外域の光透過性に優れたTiをドープした酸化インジウム（ITiO）膜からなる下地電極上に、成膜時にアーキングやパーティクルの発生が少ないAlとGaをドープした酸化亜鉛（GAZO）膜をスパッタリングにより形成し、特許文献2の技術と同様に酸化亜鉛膜をエッチングすることで表面凹凸構造を有する表面電極を形成する方法も提案されている（例えば、特許文献3参照。）。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

20

【特許文献1】特表平2-503615号公報

【特許文献2】特開2000-294812号公報

【特許文献3】特開2010-34232号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、エッチングにより表面凹凸構造を形成する手法では、凹凸膜に鋭利な突起ができやすく、良好な光電変換半導体層が得難く、光電変換効率が上がらない。加えて、エッチング後の洗浄が不十分であると半導体層に欠陥が発生し易く、これを防止するには複雑な洗浄工程を経る必要があり、量産性に乏しい。

30

【0009】

本発明は、このような従来の実情に鑑みて提案されたものであり、光電変換効率の高い表面電極付透明導電基板及びその製造方法、並びに薄膜太陽電池及びその製造方法を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本件発明者らは、鋭意検討を行った結果、透光基板上に直接酸化亜鉛膜を成膜したときよりも、下地膜として酸化インジウム系のアモルファス質透明導電膜を形成し、その上に酸化亜鉛膜を成膜したときの方が、酸化亜鉛結晶の成長が助長される傾向が強いことを見出した。

40

【0011】

すなわち、本発明に係る表面電極付透明導電基板は、透光性基板上に、酸化インジウム系のアモルファス質透明導電膜と、酸化亜鉛系の結晶質透明導電膜とが順に積層され、表面電極の凹凸が形成されていることを特徴とする。

【0012】

また、本発明に係る表面電極付透明導電基板の製造方法は、透光性基板上に、酸化インジウム系のアモルファス質透明導電膜と、酸化亜鉛系の結晶質透明導電膜とを順に積層し、表面電極の凹凸を形成することを特徴とする。

【0013】

また、本発明に係る薄膜太陽電池は、透光性基板上に、表面電極と、光電変換半導体層

50

と、裏面電極とが順に形成されている薄膜太陽電池において、前記表面電極は、前記透光性基板上に、酸化インジウム系のアモルファス質透明導電膜と、酸化亜鉛系の結晶質透明導電膜とが順に積層され、凹凸が形成されていることを特徴とする。

【0014】

また、本発明に係る薄膜太陽電池の製造方法は、透光性基板上に、表面電極と、光電変換半導体層と、裏面電極とを順に形成する薄膜太陽電池の製造方法において、前記透光性基板上に、酸化インジウム系のアモルファス質透明導電膜と、酸化亜鉛系の結晶質透明導電膜とを順に積層し、前記表面電極の凹凸を形成することを特徴とする。

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、下地膜として酸化インジウム系のアモルファス質透明導電膜を形成し、その上に酸化亜鉛系の結晶質透明導電膜を形成することにより、エッチング手法を用いなくても良好な凹凸からなる表面電極を形成することができる。結果として、より光閉じ込め効果の高い表面電極を提供することが可能となり、より光電変換効率の高い薄膜太陽電池を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明の一実施の形態に係る薄膜太陽電池の構成例を示す断面図である。

【図2】基板温度に対する下地膜の結晶性を示すグラフである。

【図3】下地膜成膜時の基板温度に対する凹凸膜の結晶配向を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら下記順序にて詳細に説明する。

1. 薄膜太陽電池の構成
2. 薄膜太陽電池の製造方法

【0018】

< 1. 薄膜太陽電池の構成 >

図1は、本発明の一実施の形態に係る薄膜太陽電池の構成例を示す断面図である。この薄膜太陽電池10は、透光性ガラス基板1上に、表面電極2と、光電変換半導体層3と、裏面電極4とが順に積層された構造を有する。この薄膜太陽電池10に対して、光電変換されるべき光は、矢印に示すように透光性ガラス基板1側から入射される。

【0019】

透光性ガラス基板1は、太陽光のスペクトルが透過可能なように、350～1200nmの波長域にて高い透過率を有することが望ましい。また、屋外環境下での使用を考慮して、電氣的、化学的、物理的に安定であることが望ましい。このような透光性ガラス基板1としては、ソーダライムシリケートガラス、ポレートガラス、低アルカリ含有ガラス、石英ガラス、その他の各種ガラスなどを例示することができる。

【0020】

なお、ガラスからその上面に成膜される透明導電膜からなる表面電極へのイオンの拡散を防止し、ガラス基板の種類や表面状態による膜の電気特性への影響を最小限度に抑えるために、酸化シリコン膜などのアルカリバリア膜をガラス基板上に施しても構わない。

【0021】

表面電極2は、透光性ガラス基板1上に、酸化インジウム系のアモルファス質透明導電膜からなる下地膜21と、酸化亜鉛系の結晶質透明導電膜からなる凹凸膜22とが順に積層されている。この表面電極2は、透光性ガラス基板1と同様に350～1200nmの波長の光に対して80%以上の高い透過率を有することが望ましい。また、表面電極2は、シート抵抗が10 / 以下であることが望ましい。なお、本明細書において、アモルファス質とは、X線解析における回折ピーク強度が結晶質の回折ピーク強度の10%以下のものを云う。

10

20

30

40

50

【0022】

下地膜21は、Ti、Sn、Gaから選ばれる少なくとも1種をドーブした酸化インジウム系のアモルファス質透明導電膜である。このような酸化インジウム系のアモルファス質透明導電膜として、例えば、Tiをドーブした酸化インジウム(ITiO)膜を用いることができる。ITiO膜は、近赤外域の光の透過率が高く、アモルファス質の膜を容易に形成することができ、また、その上に形成される酸化亜鉛系結晶の成長を助長させることができる。

【0023】

また、酸化インジウム系のアモルファス質透明導電膜として、Sn、Gaをドーブした酸化インジウム(ITGO)膜を用いてもよい。ITGO膜も、アモルファス質の膜を容易に形成することができ、また、その上に形成される酸化亜鉛系結晶の成長を助長させることができる。

10

【0024】

さらに、酸化インジウム系のアモルファス質透明導電膜として、Ti、Snをドーブした酸化インジウム(ITiT O)膜を用いてもよい。ITiT O膜は、ITiO膜に比べて、酸化亜鉛系結晶の成長をより一層助長させることができる。

【0025】

下地膜21の膜厚は、200~500nmであることが好ましく、より好ましくは300~400nmである。膜厚が200nmを下回ると、下地膜21によるヘイズ率増加の効果が著しく小さくなり、500nmを上回ると、透過率が減少し、ヘイズ率増加による光閉じ込め効果を相殺してしまう。

20

【0026】

下地膜21上に形成される凹凸膜22は、Al、Ga、B、In、F、Si、Ge、Ti、Zr、Hfから選ばれる少なくとも1種をドーブした酸化亜鉛系の結晶質透明導電膜である。これらの酸化亜鉛膜の中でも、AlとGaとを共にドーブした酸化亜鉛(GAZO)膜が、スパッタリングによる成膜の際にアーキングが発生し難いため、より好ましい。

【0027】

結晶質透明導電膜の膜厚は、600~2000nmであることが好ましく、より好ましくは800~1600nmである。膜厚が600nmよりも小さいと、凹凸が大きくなり、膜のヘイズ率が10%を下回ることがある。また、膜厚が2000nmを超えると、透過率が著しく低下する。

30

【0028】

このように下地膜21として酸化インジウム系のアモルファス質透明導電膜を形成し、その上に酸化亜鉛系の結晶質透明導電膜を形成することにより、良好な凹凸からなる表面電極2を形成することができる。最終的に実現される表面電極2における凹凸の程度は、表面凹凸を示す指標であるヘイズ率が10%以上であることが好ましく、また、算術平均粗さ(Ra)が30~100nmであることが好ましい。このようなヘイズ率及び算術平均粗さ(Ra)の凹凸構造を有する表面電極によれば、光閉じ込め効果が高くなり、薄膜太陽電池10の光電変換効率を向上させることができる。

40

【0029】

光電変換半導体層3は、p型半導体層31と、i型半導体層32と、n型半導体層33とが積層されている。なお、p型半導体層31とn型半導体層33とは、その順番が逆でも良いが、通常、太陽電池では光の入射側にp型半導体層が配置される。

【0030】

p型半導体層31は、例えば不純物原子としてB(ボロン)をドーブした微結晶シリコンの薄膜からなる。また、微結晶シリコンの代わりに、多結晶シリコン、非晶質シリコン、シリコンカーバイド、シリコンゲルマニウムなどの材料を用いてもよい。また、不純物原子は、Bに限られず、アルミニウムなどを用いてもよい。

【0031】

50

i 型半導体層 3 2 は、例えば、ドーピングされていない微結晶シリコンの薄膜からなる。また、微結晶シリコンの代わりに、多結晶シリコン、非晶質シリコン、シリコンカーバイド、シリコンゲルマニウムなどの材料を用いてもよい。また、微量の不純物を含む弱 p 型半導体、又は弱 n 型半導体で光電変換機能を十分に備えたシリコン系の薄膜材料を用いてもよい。

【 0 0 3 2 】

n 型半導体層 3 3 は、例えば、不純物原子として P (リン) がドーピングされた n 型微結晶シリコンからなる。また、微結晶シリコンの代わりに、多結晶シリコン、非晶質シリコン、シリコンカーバイド、シリコンゲルマニウムなどの材料を用いてもよい。また、不純物原子は、P に限られず、N (窒素) などを用いてもよい。

10

【 0 0 3 3 】

裏面電極 4 は、n 型半導体層 3 3 上に透明導電性酸化膜 4 1 と光反射性金属電極 4 2 とが順に形成されている。

【 0 0 3 4 】

透明導電性酸化膜 4 1 は、必ずしも必要とされないが、n 型半導体層 3 3 と光反射性金属電極 4 2 との付着性を高めることで、光反射性金属電極 4 2 の反射効率を高め、且つ n 型半導体層 3 3 を化学変化から保護する機能を有している。

【 0 0 3 5 】

透明導電性酸化膜 4 1 は、酸化亜鉛膜、酸化インジウム膜、酸化錫膜などから選択される少なくとも 1 種で形成される。特に酸化亜鉛膜においては Al、Ga のうち、少なくとも 1 種類を、酸化インジウム膜においては Sn、Ti、W、Ce、Ga、Mo のうち、少なくとも 1 種類をドーピングすることで導電性を高めることが好ましい。また、n 型半導体層 3 3 に隣接する透明導電性酸化膜 4 1 の比抵抗は、 $1.5 \times 10^{-3} \text{ cm}$ 以下であることが好ましい。

20

【 0 0 3 6 】

このような構成の薄膜太陽電池 1 0 によれば、良好な凹凸からなる表面電極 2 が形成された結果として、光閉じ込め効果が向上するため、高い光電変換効率を得ることができる。

【 0 0 3 7 】

なお、上述した薄膜太陽電池の構成に限られず、表面電極を 2 層以上としてもよい。例えば、酸化インジウム系のアモルファス質透明導電膜である下地膜 2 1 の上に、酸化亜鉛系の結晶質透明導電膜である凹凸膜 2 2 を形成した後、再度、酸化インジウム系のアモルファス質透明導電膜、酸化亜鉛系の結晶質透明導電膜の順に積層し、表面電極を 4 層構造としてもよい。この 4 層構造の表面電極では、1 層目と 3 層目の酸化インジウム膜のアモルファス性の程度を変えることにより、2 層目と 4 層目の酸化亜鉛膜の結晶粒径を変えることが可能となる。これにより、2 つの異なる周期の凹凸膜を実現することが可能となり、広い波長帯域にわたって高いヘイズ率を有する表面電極とすることができる。

30

【 0 0 3 8 】

< 2 . 薄膜太陽電池の製造方法 >

次に、上述した薄膜太陽電池 1 0 の製造方法について説明する。本実施の形態における製造方法は、透光性ガラス基板 1 上に、表面電極 2 と、光電変換半導体層 3 と、裏面電極 4 とを順に形成する。

40

【 0 0 3 9 】

先ず、表面電極 2 の形成において、透光性ガラス基板 1 上に、酸化インジウム系のアモルファス質透明導電膜からなる下地膜 2 1 を形成する。具体的には、透光性ガラス基板 1 の温度を室温 ~ 5 0 の範囲に保持し、スパッタリング法によりアモルファス質透明導電膜を形成する。透光性ガラス基板 1 の温度を室温より低くしても、酸化インジウム系のアモルファス質透明導電膜を得ることができるが、スパッタリング装置内に透光性ガラス基板を冷却する機構を設ける必要があり、コスト増となり好ましくない。また、透光性ガラス基板 1 の温度が 5 0 を超えると、酸化インジウム系のアモルファス質透明導電膜を得

50

ることが困難となる。

【0040】

図2は、基板温度に対する下地膜の結晶性を示すグラフである。透光性ガラス基板1として、ソーダライムシリケートガラス基板を用い、下地膜21として、酸化チタンを1質量%ドープしたITiO膜を形成させた。アルゴンと酸素との混合ガス(アルゴン:酸素=99:1)を導入し、ITiO膜をスパッタリング法により膜厚が200nmとなるように成膜させた。そして、ソーダライムシリケートガラス基板の温度を25~300の範囲で変えて、ITiO膜の結晶性を評価した。ソーダライムシリケートガラス基板を300に加熱して成膜したITiO膜のX線回折(XRD法)による(222)面の回折ピーク強度を100%として、所定の基板温度で成膜したITiO膜の(222)面の回折ピーク強度との比により結晶性を評価した。

10

【0041】

この図2に示すグラフにおいて、回折ピークの強度比が10%以下の膜がアモルファス質のITiO膜である。よって、基板温度は、100以下とすることが好ましく、より好ましくは室温~50である。ITiO膜に代えてITiT膜を用いた場合も同様であり、アモルファス質の酸化インジウム系の膜を得るには、基板温度を室温から50の範囲に保持する必要がある。なお、基板温度は、室温より低温でも得られる酸化インジウム系の膜は、アモルファス質となるが、スパッタリング装置内に透光性ガラス基板1を冷却する機構を設ける必要があり、コスト増となり好ましくない。

【0042】

また、図3は、下地膜成膜時の基板温度に対する凹凸膜の結晶配向を示すグラフである。上述した結晶性評価と同様に、透光性ガラス基板1として、ソーダライムシリケートガラス基板を用い、下地膜21として、酸化チタンを1質量%ドープしたITiO膜を形成させた。アルゴンと酸素との混合ガス(アルゴン:酸素=99:1)を導入し、ソーダライムシリケートガラス基板の温度を25~300の範囲で変え、ITiO膜をスパッタリング法により膜厚が200nmとなるように成膜させた。そして、このITiO膜からなる下地膜21上に、基板温度を300に保持し、スパッタリング法によりスパッタパワーDC400W、導入ガスはアルゴンガス100%の条件で、膜厚600nmのGAZO膜を成膜した。このGAZO膜をX線回折により解析し、完全c軸配向に対する配向角(度)を測定した。

20

30

【0043】

この図3に示すグラフにおいて、基板温度を50以下に保持して形成されたITiO膜上に成膜したGAZO膜は、C軸に対して15度~30度程度傾いた結晶配向を示すことが分かる。すなわち、基板温度を室温~50の範囲として下地膜21を成膜することにより、この下地膜21上に形成された凹凸膜22は、良好な凹凸構造となることが分かる。

【0044】

また、成膜する下地膜21の膜厚は、200~500nmであることが好ましく、さらに好ましくは300~400nmである。膜厚が200nmを下回ると、下地膜によるヘイズ率増加の効果が著しく小さくなり、500nmを上回ると、透過率が減少しヘイズ率増加による光閉じ込め効果を相殺してしまう。

40

【0045】

次に、下地膜21上に、凹凸膜22として酸化亜鉛系の結晶質透明導電膜を形成する。酸化亜鉛系の結晶質透明導電膜は、基板温度を250~300に保持し、スパッタリング法により成膜する。250を下回ると酸化亜鉛膜の成膜中に酸化亜鉛の結晶化が進まず、ヘイズ率が10%以上となるような凹凸膜を得ることは困難となる。一方、300を上回ると、酸化亜鉛膜の結晶化にとっては有利であるが、下地膜21のアモルファス性が悪化するため、酸化亜鉛膜のC軸配向性が強くなり平坦な表面となり、ヘイズ率が10%以上となるような凹凸膜を得ることは困難となる。

【0046】

50

また、凹凸形状の形成は、図 2、3 を参照して説明したように、下地膜 2 1 であるアモルファス質透明導電膜のアモルファス性の程度により制御することができる。例えば、結晶粒径を大きくするには完全なアモルファス質の膜が適しており、結晶粒径を小さくするには微結晶膜に近いようなアモルファス質の膜が適している。すなわち、室温から 5 0 の基板温度範囲において、結晶粒径を大きくするには基板温度を低く設定し、結晶粒径を小さくするには基板温度を高く設定して下地膜 2 1 の結晶性を制御する。これにより、その上に積層される酸化亜鉛系の透明導電膜の結晶粒径を制御し、凹凸形状を制御することが可能となる。

【 0 0 4 7 】

最終的に実現される表面電極 2 における凹凸の程度は、表面凹凸を示す指標であるヘイズ率が 1 0 % 以上であることが好ましく、また、算術平均粗さ (R a) が 3 0 ~ 1 0 0 n m であることが好ましい。このようなヘイズ率及び算術平均粗さ (R a) の凹凸構造を有する表面電極によれば、光閉じ込め効果が高くなり、薄膜太陽電池 1 0 の光電変換効率を向上させることができる。

【 0 0 4 8 】

凹凸膜 2 2 の膜厚は、6 0 0 ~ 2 0 0 0 n m であることが好ましく、より好ましくは 8 0 0 ~ 1 6 0 0 n m である。膜厚が 6 0 0 n m よりも小さいと、凹凸が大きくなり、膜のヘイズ率が 1 0 % を下回ることがある。また、膜厚が 2 0 0 0 n m を超えると、透過率が著しく低下する。

【 0 0 4 9 】

次に、上述した表面電極 2 上に光電変換半導体層 3 を、下地温度を 4 0 0 以下に設定したプラズマ C V D (Chemical Vapor Deposition) 法を用いて形成する。このプラズマ C V D 法は、一般によく知られている平行平板型の R F プラズマ C V D を用いてもよいし、周波数 1 5 0 M H z 以下の R F 帯から V H F 帯までの高周波電源を利用するプラズマ C V D 法でもよい。

【 0 0 5 0 】

光電変換半導体層 3 は、p 型半導体層 3 1 と、i 型半導体層 3 2 と、n 型半導体層 3 3 とを順に積層して形成される。なお、必要に応じて、各半導体層に、パルスレーザ光を照射 (レーザーアニール) し、結晶化分率やキャリア濃度の制御を行なってもよい。

【 0 0 5 1 】

次に、光電変換半導体層 3 上に裏面電極 4 を形成する。裏面電極 4 は、透明導電性酸化膜 4 1 と、光反射性金属電極 4 2 とを順に積層して形成される。

【 0 0 5 2 】

透明導電性酸化膜 4 1 は、必ずしも必要としないが、n 型半導体層 3 3 と光反射性金属電極 4 2 との付着性を高めることで、光反射性金属電極 4 2 の反射効率を高め、且つ n 型半導体層 3 3 を化学変化から防止する機能を有している。

【 0 0 5 3 】

光反射性金属電極 4 2 は、真空蒸着、スパッタなどの方法によって形成され、A g、A u、A l、C u 及び P t の中から選択される 1 種、又は、これらを含む合金で形成することが好ましい。例えば、光反射性の高い A g を 1 0 0 ~ 3 3 0 、より好ましくは 2 0 0 ~ 3 0 0 の温度で真空蒸着によって形成することが好ましい。

【 0 0 5 4 】

以上のような製造方法によれば、エッチング手法を用いなくても良好な凹凸からなる表面電極を形成することができる。したがって、結果としてより光閉じ込め効果の高い表面電極を提供することができ、より光電変換効率の高い薄膜太陽電池を得ることができる。

【 0 0 5 5 】

また、物理蒸着 (P V D) や化学蒸着 (C V D) のみで、薄膜太陽電池を製造することができるため、コストの低減を図ることができる。

【 0 0 5 6 】

なお、表面電極を 4 層構造とする場合、酸化インジウム系のアモルファス質透明導電膜

10

20

30

40

50

である下地膜 2 1 の上に、酸化亜鉛系の結晶質透明導電膜である凹凸膜 2 2 を形成した後、再度、酸化インジウム系のアモルファス質透明導電膜、酸化亜鉛系の結晶質透明導電膜の順に積層する。この 4 層構造の表面電極では、1 層目と 3 層目の酸化インジウム膜のアモルファス性の程度を変えることにより、2 層目と 4 層目の酸化亜鉛膜の結晶粒径を変えることが可能となる。これにより、2 つの異なる周期の凹凸膜を実現することが可能となり、広い波長帯域にわたって高いヘイズ率を有する表面電極とすることができる。

【実施例】

【0057】

以下に実施例を用いて本発明を説明するが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

【0058】

(実施例 1)

以下の製造条件により、図 1 に示すような構造のシリコン系薄膜太陽電池を作製した。

【0059】

[表面電極の評価]

まず、透光性ガラス基板 1 としてソーダライムシリケートガラス基板を用い、このガラス基板上に、表面電極 2 として、下地膜 2 1 と凹凸膜 2 2 とを順に形成した。下地膜 2 1 としては、酸化インジウムに酸化チタンを 1 質量% ドープした ITiO 膜を用い、凹凸膜 2 2 としては、酸化亜鉛に酸化ガリウム 0.58 質量%、酸化アルミニウム 0.32 質量% をドープした GAZO 膜を用いた。

【0060】

ソーダライムシリケートガラス基板の温度を 250 に設定し、導入ガスとしてアルゴンと酸素の混合ガス(アルゴン:酸素 = 99:1)を用い、スパッタリング法により、膜厚が 200 nm となるように ITiO 膜を成膜した。次に、ソーダライムシリケートガラス基板の温度を 300 に設定し、スパッタパワー DC 400 W、導入ガスをアルゴンガス 100% とし、膜厚が 600 nm となるように GAZO 膜を形成した。表 1 に表面電極の製造条件を示す。

【0061】

また、表面抵抗計ロレスタ AP (三菱化学(株)製、MCP-T400)を用い、表面電極のシート抵抗を測定した。また、ヘイズメーター(村上色彩技術研究所製、HR-200)を用い、表面電極のヘイズ値を測定した。また、表面粗さ計((株)東京精密製、サーフコム 1400A)を用い、表面電極の算術平均粗さ(Ra)を測定した。

【0062】

その結果、シート抵抗値が 9.1 Ω/□、ヘイズ率が 15%、算術平均粗さ(Ra)が 63 nm であった。表 2 に表面電極の特性の測定結果を示す。

【0063】

[太陽電池の評価]

プラズマ CVD 法により、上記表面電極上に、p 型半導体層 3 1 として厚み 10 nm のボロンドープの p 型微結晶シリコン層、i 型半導体層 3 2 として厚み 3 μm の i 型微結晶シリコン層、及び p 型半導体層 3 3 として厚み 15 nm のリンドープの n 型微結晶シリコン層を、順次成膜して pin 接合の光電変換半導体層を形成した。

【0064】

この光電変換半導体層上に、裏面電極 4 として、透明導電性酸化膜 4 1 と光反射性金属電極 4 2 とを順に形成した。透明導電性酸化膜 4 1 としては、厚み 70 nm の酸化亜鉛に酸化ガリウム 2.3 重量%、酸化アルミニウム 1.2 重量% をドープした GAZO 膜を用い、光反射性金属電極 4 2 としては、厚み 300 nm の Ag 膜を用いた。

【0065】

具体的には、スパッタリングにより、上記光電変換半導体層上に膜厚が 70 nm となるように GAZO 膜を成膜し、その上に膜厚が 300 nm となるように Ag 膜を成膜し、裏面電極を形成した。

10

20

30

40

50

【0066】

このようにして得られた薄膜太陽電池に、AM（エアマス）1.5の光を100mW/cm²の光量で照射して、セル特性（25℃）を測定した。その結果、光電変換効率が8.4%であった。表2にセルの特性の測定結果を示す。

【0067】

（実施例2）

ITO膜を形成する際のソーダライムシリケートガラス基板の温度を50℃とした以外は、実施例1と同様にして表面電極を形成し、特性を評価した。その結果、シート抵抗値が8.5Ω/□、ヘイズ率が14%、算術平均粗さ（Ra）が60nmであった。また、この表面電極上に実施例1と同様に薄膜太陽電池を形成し、特性を評価したところ、光電変換効率は8.2%であった。

10

【0068】

（実施例3）

GAZO膜を形成する際のソーダライムシリケートガラス基板の温度を250℃とした以外は、実施例1と同様にして表面電極を形成し、特性を評価した。その結果、シート抵抗値が8.3Ω/□、ヘイズ率が13%、算術平均粗さ（Ra）が61nmであった。また、この表面電極上に実施例1と同様に薄膜太陽電池を形成し、特性を評価したところ、光電変換効率は8.3%であった。

【0069】

（実施例4）

ITO膜の膜厚を300nmとした以外は、実施例1と同様にして表面電極を形成し、特性を評価した。その結果、シート抵抗値が8.1Ω/□、ヘイズ率が16%、算術平均粗さ（Ra）が64nmであった。また、この表面電極上に実施例1と同様に薄膜太陽電池を形成し、特性を評価したところ、光電変換効率は8.5%であった。

20

【0070】

（実施例5）

ITO膜の膜厚を400nmとした以外は、実施例1と同様にして表面電極を形成し、特性を評価した。その結果、シート抵抗値が7.9Ω/□、ヘイズ率が15%、算術平均粗さ（Ra）が64nmであった。また、この表面電極上に実施例1と同様に薄膜太陽電池を形成し、特性を評価したところ、光電変換効率は8.4%であった。

30

【0071】

（実施例6）

ITO膜の膜厚を500nmとした以外は、実施例1と同様にして表面電極を形成し、特性を評価した。その結果、シート抵抗値が7.8Ω/□、ヘイズ率が16%、算術平均粗さ（Ra）が65nmであった。また、この表面電極上に実施例1と同様に薄膜太陽電池を形成し、特性を評価したところ、光電変換効率は8.4%であった。

【0072】

（実施例7）

GAZO膜の膜厚を800nmとした以外は、実施例1と同様にして表面電極を形成し、特性を評価した。その結果、シート抵抗値が8.9Ω/□、ヘイズ率が16%、算術平均粗さ（Ra）が65nmであった。また、この表面電極上に実施例1と同様に薄膜太陽電池を形成し、特性を評価したところ、光電変換効率は8.5%であった。

40

【0073】

（実施例8）

GAZO膜の膜厚を1600nmとした以外は、実施例1と同様にして表面電極を形成し、特性を評価した。その結果、シート抵抗値が8.8Ω/□、ヘイズ率が22%、算術平均粗さ（Ra）が66nmであった。また、この表面電極上に実施例1と同様に薄膜太陽電池を形成し、特性を評価したところ、光電変換効率は8.5%であった。

【0074】

（実施例9）

50

G A Z O 膜の膜厚を 2 0 0 0 n m とした以外は、実施例 1 と同様にして表面電極を形成し、特性を評価した。その結果、シート抵抗値が 8 . 6 / 、ヘイズ率が 3 2 % 、算術平均粗さ (R a) が 6 8 n m であった。また、この表面電極上に実施例 1 と同様に薄膜太陽電池を形成し、特性を評価したところ、光電変換効率は 8 . 4 % であった。

【 0 0 7 5 】

(実施例 1 0)

下地膜 2 1 として I T i T O 膜を用いた以外は、実施例 1 と同様にして表面電極を形成し、特性を評価した。この I T i T O 膜は、酸化インジウムに酸化チタンを 1 質量 % 、酸化スズを 0 . 0 1 質量 % ドープさせた。その結果、シート抵抗値が 8 . 9 / 、ヘイズ率が 1 7 % 、算術平均粗さ (R a) が 6 6 n m であった。また、この表面電極上に実施例 1 と同様に薄膜太陽電池を形成し、特性を評価したところ、光電変換効率は 8 . 5 % であった。

【 0 0 7 6 】

(実施例 1 1)

下地膜 2 1 として実施例 1 0 の I T i T O 膜を用い、I T i T O 膜の膜厚を 3 0 0 n m とした以外は、実施例 1 と同様にして表面電極を形成し、特性を評価した。その結果、シート抵抗値が 8 . 7 / 、ヘイズ率が 1 9 % 、算術平均粗さ (R a) が 6 7 n m であった。また、この表面電極上に実施例 1 と同様に薄膜太陽電池を形成し、特性を評価したところ、光電変換効率は 8 . 5 % であった。

【 0 0 7 7 】

(実施例 1 2)

下地膜 2 1 として実施例 1 0 の I T i T O 膜を用い、I T i T O 膜の膜厚を 4 0 0 n m とした以外は、実施例 1 と同様にして表面電極を形成し、特性を評価した。その結果、シート抵抗値が 8 . 5 / 、ヘイズ率が 1 9 % 、算術平均粗さ (R a) が 6 7 n m であった。また、この表面電極上に実施例 1 と同様に薄膜太陽電池を形成し、特性を評価したところ、光電変換効率は 8 . 4 % であった。

【 0 0 7 8 】

(実施例 1 3)

下地膜 2 1 として実施例 1 0 の I T i T O 膜を用い、I T i T O 膜の膜厚を 4 0 0 n m とし、G A Z O 膜の膜厚を 8 0 0 n m とした以外は、実施例 1 と同様にして表面電極を形成し、特性を評価した。その結果、シート抵抗値が 8 . 3 / 、ヘイズ率が 2 0 % 、算術平均粗さ (R a) が 7 0 n m であった。また、この表面電極上に実施例 1 と同様に薄膜太陽電池を形成し、特性を評価したところ、光電変換効率は 8 . 5 % であった。

【 0 0 7 9 】

(実施例 1 4)

下地膜 2 1 として実施例 1 0 の I T i T O 膜を用い、I T i T O 膜の膜厚を 4 0 0 n m とし、G A Z O 膜の膜厚を 1 6 0 0 n m とした以外は、実施例 1 と同様にして表面電極を形成し、特性を評価した。その結果、シート抵抗値が 8 . 2 / 、ヘイズ率が 3 1 % 、算術平均粗さ (R a) が 7 2 n m であった。また、この表面電極上に実施例 1 と同様に薄膜太陽電池を形成し、特性を評価したところ、光電変換効率は 8 . 6 % であった。

【 0 0 8 0 】

(実施例 1 5)

下地膜 2 1 として実施例 1 0 の I T i T O 膜を用い、I T i T O 膜の膜厚を 4 0 0 n m とし、G A Z O 膜の膜厚を 2 0 0 0 n m とした以外は、実施例 1 と同様にして表面電極を形成し、特性を評価した。その結果、シート抵抗値が 8 . 0 / 、ヘイズ率が 3 4 % 、算術平均粗さ (R a) が 7 2 n m であった。また、この表面電極上に実施例 1 と同様に薄膜太陽電池を形成し、特性を評価したところ、光電変換効率は 8 . 3 % であった。

【 0 0 8 1 】

(実施例 1 6)

下地膜 2 1 として I T G O 膜を用いた以外は、実施例 1 と同様にして表面電極を形成し

10

20

30

40

50

、特性を評価した。このITGO膜は、酸化インジウムに酸化スズを10質量%、酸化ガリウムを3.4質量%ドープさせた。その結果、シート抵抗値が8.8 / 、ヘイズ率が18%、算術平均粗さ(Ra)が67nmであった。また、この表面電極上に実施例1と同様に薄膜太陽電池を形成し、特性を評価したところ、光電変換効率は8.6%であった。

【0082】

(実施例17)

下地膜21として実施例16のITGO膜を用い、ITGO膜の膜厚を300nmとした以外は、実施例1と同様にして表面電極を形成し、特性を評価した。その結果、シート抵抗値が8.2 / 、ヘイズ率が18%、算術平均粗さ(Ra)が67nmであった。また、この表面電極上に実施例1と同様に薄膜太陽電池を形成し、特性を評価したところ、光電変換効率は8.7%であった。

10

【0083】

(実施例18)

下地膜21として実施例16のITGO膜を用い、ITGO膜の膜厚を400nmとした以外は、実施例1と同様にして表面電極を形成し、特性を評価した。その結果、シート抵抗値が7.8 / 、ヘイズ率が19%、算術平均粗さ(Ra)が68nmであった。また、この表面電極上に実施例1と同様に薄膜太陽電池を形成し、特性を評価したところ、光電変換効率は8.8%であった。

20

【0084】

(実施例19)

下地膜21として実施例16のITGO膜を用い、GAZO膜を形成する際のソーダライムシリケートガラス基板の温度を250とした以外は、実施例1と同様にして表面電極を形成し、特性を評価した。その結果、シート抵抗値が9.0 / 、ヘイズ率が14%、算術平均粗さ(Ra)が62nmであった。また、この表面電極上に実施例1と同様に薄膜太陽電池を形成し、特性を評価したところ、光電変換効率は8.2%であった。

【0085】

(実施例20)

下地膜21として実施例16のITGO膜を用い、GAZO膜の膜厚を2000nmとした以外は、実施例1と同様にして表面電極を形成し、特性を評価した。その結果、シート抵抗値が7.7 / 、ヘイズ率が42%、算術平均粗さ(Ra)が73nmであった。また、この表面電極上に実施例1と同様に薄膜太陽電池を形成し、特性を評価したところ、光電変換効率は8.8%であった。

30

【0086】

(比較例1)

ITiO膜を形成する際のソーダライムシリケートガラス基板の温度を70とした以外は、実施例1と同様にして表面電極を形成し、特性を評価した。その結果、シート抵抗値が8.3 / 、ヘイズ率が9%、算術平均粗さ(Ra)が52nmであった。また、この表面電極上に実施例1と同様に薄膜太陽電池を形成し、特性を評価したところ、光電変換効率は7.8%であった。

40

【0087】

(比較例2)

ITiO膜を形成する際のソーダライムシリケートガラス基板の温度を100とした以外は、実施例1と同様にして表面電極を形成し、特性を評価した。その結果、シート抵抗値が8.2 / 、ヘイズ率が7%、算術平均粗さ(Ra)が50nmであった。また、この表面電極上に実施例1と同様に薄膜太陽電池を形成し、特性を評価したところ、光電変換効率は7.7%であった。

【0088】

(比較例3)

ITiO膜を形成する際のソーダライムシリケートガラス基板の温度を120とした

50

以外は、実施例 1 と同様にして表面電極を形成し、特性を評価した。その結果、シート抵抗値が $8.3 \ \Omega / \square$ 、ヘイズ率が 7%、算術平均粗さ (Ra) が 43 nm であった。また、この表面電極上に実施例 1 と同様に薄膜太陽電池を形成し、特性を評価したところ、光電変換効率は 7.9% であった。

【0089】

(比較例 4)

ITiO 膜を形成する際のソーダライムシリケートガラス基板の温度を 150 °C とした以外は、実施例 1 と同様にして表面電極を形成し、特性を評価した。その結果、シート抵抗値が $8.1 \ \Omega / \square$ 、ヘイズ率が 3%、算術平均粗さ (Ra) が 42 nm であった。また、この表面電極上に実施例 1 と同様に薄膜太陽電池を形成し、特性を評価したところ、光電変換効率は 7.8% であった。

10

【0090】

(比較例 5)

ITiO 膜を形成する際のソーダライムシリケートガラス基板の温度を 200 °C とした以外は、実施例 1 と同様にして表面電極を形成し、特性を評価した。その結果、シート抵抗値が $8.1 \ \Omega / \square$ 、ヘイズ率が 3%、算術平均粗さ (Ra) が 36 nm であった。また、この表面電極上に実施例 1 と同様に薄膜太陽電池を形成し、特性を評価したところ、光電変換効率は 7.5% であった。

【0091】

(比較例 6)

ITiO 膜を形成する際のソーダライムシリケートガラス基板の温度を 300 °C とした以外は、実施例 1 と同様にして表面電極を形成し、特性を評価した。得られた表面電極の特性を表 2 に示すが、シート抵抗値が $8.2 \ \Omega / \square$ 、ヘイズ率が 2%、算術平均粗さ (Ra) が 37 nm であった。また、この表面電極上に実施例 1 と同様に薄膜太陽電池を形成し、特性を評価したところ、光電変換効率は 7.1% であった。

20

【0092】

(比較例 7)

GAZO 膜を形成する際のソーダライムシリケートガラス基板の温度を 240 °C とした以外は、実施例 1 と同様にして表面電極を形成し、特性を評価した。その結果、シート抵抗値が $8.4 \ \Omega / \square$ 、ヘイズ率が 7%、算術平均粗さ (Ra) が 55 nm であった。また、この表面電極上に実施例 1 と同様に薄膜太陽電池を形成し、特性を評価したところ、光電変換効率は 7.2% であった。

30

【0093】

(比較例 8)

GAZO 膜を形成する際のソーダライムシリケートガラス基板の温度を 350 °C とした以外は、実施例 1 と同様にして表面電極を形成し、特性を評価した。その結果、シート抵抗値が $7.9 \ \Omega / \square$ 、ヘイズ率が 8%、算術平均粗さ (Ra) が 53 nm であった。また、この表面電極上に実施例 1 と同様に薄膜太陽電池を形成し、特性を評価したところ、光電変換効率は 7.7% であった。

【0094】

(比較例 9)

GAZO 膜を形成する際のソーダライムシリケートガラス基板の温度を 330 °C とした以外は、実施例 1 と同様にして表面電極を形成し、特性を評価した。その結果、シート抵抗値が $9.2 \ \Omega / \square$ 、ヘイズ率が 9%、算術平均粗さ (Ra) が 54 nm であった。また、この表面電極上に実施例 1 と同様に薄膜太陽電池を形成し、特性を評価したところ、光電変換効率は 7.8% であった。

40

【0095】

(比較例 10)

下地膜 21 として実施例 10 の ITiTIO 膜を用い、GAZO 膜を形成する際のソーダライムシリケートガラス基板の温度を 330 °C とした以外は、実施例 1 と同様にして表面

50

電極を形成し、特性を評価した。その結果、シート抵抗値が $9.0 \ \Omega/\square$ 、ヘイズ率が 10% 、算術平均粗さ (Ra) が 56 nm であった。また、この表面電極上に実施例 1 と同様に薄膜太陽電池を形成し、特性を評価したところ、光電変換効率は 7.9% であった。

【0096】

(比較例 11)

下地膜 21 として実施例 16 の ITGO 膜を用い、GAZO 膜を形成する際のソーダライムシリケートガラス基板の温度を 330°C とした以外は、実施例 1 と同様にして表面電極を形成し、特性を評価した。その結果、シート抵抗値が $8.9 \ \Omega/\square$ 、ヘイズ率が 9% 、算術平均粗さ (Ra) が 54 nm であった。また、この表面電極上に実施例 1 と同様に薄膜太陽電池を形成し、特性を評価したところ、光電変換効率は 7.9% であった。

【0097】

【表 1】

	下地膜の成膜条件			凹凸膜の成膜条件		
	材質	基板温度 (°C)	膜厚 (nm)	材質	基板温度 (°C)	膜厚 (nm)
実施例 1	ITiO	25	200	GAZO	300	600
実施例 2	ITiO	50	200	GAZO	300	600
実施例 3	ITiO	25	200	GAZO	250	600
実施例 4	ITiO	25	300	GAZO	300	600
実施例 5	ITiO	25	400	GAZO	300	600
実施例 6	ITiO	25	500	GAZO	300	600
実施例 7	ITiO	25	200	GAZO	300	800
実施例 8	ITiO	25	200	GAZO	300	1600
実施例 9	ITiO	25	200	GAZO	300	2000
実施例 10	ITiTO	25	200	GAZO	300	600
実施例 11	ITiTO	25	300	GAZO	300	600
実施例 12	ITiTO	25	400	GAZO	300	600
実施例 13	ITiTO	25	400	GAZO	300	800
実施例 14	ITiTO	25	400	GAZO	300	1600
実施例 15	ITiTO	25	400	GAZO	300	2000
実施例 16	ITGO	25	200	GAZO	300	600
実施例 17	ITGO	25	300	GAZO	300	600
実施例 18	ITGO	25	400	GAZO	300	600
実施例 19	ITGO	25	200	GAZO	250	600
実施例 20	ITGO	25	200	GAZO	300	2000
比較例 1	ITiO	70	200	GAZO	300	600
比較例 2	ITiO	100	200	GAZO	300	600
比較例 3	ITiO	120	200	GAZO	300	600
比較例 4	ITiO	150	200	GAZO	300	600
比較例 5	ITiO	200	200	GAZO	300	600
比較例 6	ITiO	300	200	GAZO	300	600
比較例 7	ITiO	25	200	GAZO	240	600
比較例 8	ITiO	25	200	GAZO	350	600
比較例 9	ITiO	25	200	GAZO	330	600
比較例 10	ITiTO	25	200	GAZO	330	600
比較例 11	ITGO	25	200	GAZO	330	600

10

20

30

40

【 0 0 9 8 】

【表 2】

	表面電極の特性			セル特性
	シート抵抗 (Ω/\square)	ヘイズ率 (%)	算術平均粗さ (nm)	光電変換効率 (%)
実施例 1	9.1	15	63	8.4
実施例 2	8.5	14	60	8.2
実施例 3	8.3	13	61	8.3
実施例 4	8.1	16	64	8.5
実施例 5	7.9	15	64	8.4
実施例 6	7.8	16	65	8.4
実施例 7	8.9	16	65	8.5
実施例 8	8.8	22	66	8.5
実施例 9	8.6	32	68	8.4
実施例 10	8.9	17	66	8.5
実施例 11	8.7	19	67	8.5
実施例 12	8.5	19	67	8.4
実施例 13	8.3	20	70	8.5
実施例 14	8.2	31	72	8.6
実施例 15	8.0	34	72	8.3
実施例 16	8.8	18	67	8.6
実施例 17	8.2	18	67	8.7
実施例 18	7.8	19	68	8.8
実施例 19	9.0	14	62	8.2
実施例 20	7.7	42	73	8.8
比較例 1	8.3	9	52	7.8
比較例 2	8.2	7	50	7.7
比較例 3	8.3	7	43	7.9
比較例 4	8.1	3	42	7.8
比較例 5	8.1	3	36	7.5
比較例 6	8.2	2	37	7.1
比較例 7	8.4	7	55	7.2
比較例 8	7.9	8	53	7.7
比較例 9	9.2	9	54	7.8
比較例 10	9.0	10	56	7.9
比較例 11	8.9	9	54	7.9

【0099】

表 1、2 に示す結果から分かるように、下地膜 21 を成膜する際の基板温度が 50 を超える比較例 1 ~ 6 は、下地膜 21 のアモルファス質性が悪化するため、ヘイズ率が 10 % 未満となり、光電変換率も 8.0 % 未満であった。また、凹凸膜 22 を成膜する際の基板温度が 250 未満の比較例 7 は、GAZO 膜の結晶成長が進まないため、ヘイズ率が悪化し、光電変換率も 8.0 % 未満であった。また、凹凸膜 22 を成膜する際の基板温度が 300 を超える比較例 8 ~ 11 は、下地膜 21 のアモルファス性が悪化するため、酸

10

20

30

40

50

化亜鉛膜のC軸配向性が強くなり平坦な表面となり、ヘイズ率が悪化し、光電変換率も8.0%未満であった。

【0100】

一方、下地膜21を成膜する際の基板温度を室温~50、凹凸膜22を成膜する際の基板温度を250~300とした実施例1~20では、ヘイズ率が10%を超え、光電変換率も8.0以上であり、良好な凹凸構造を得ることができた。

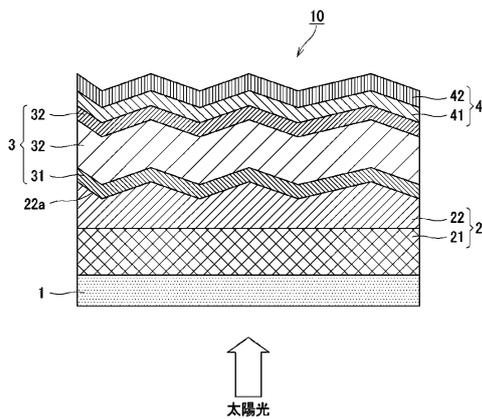
【符号の説明】

【0101】

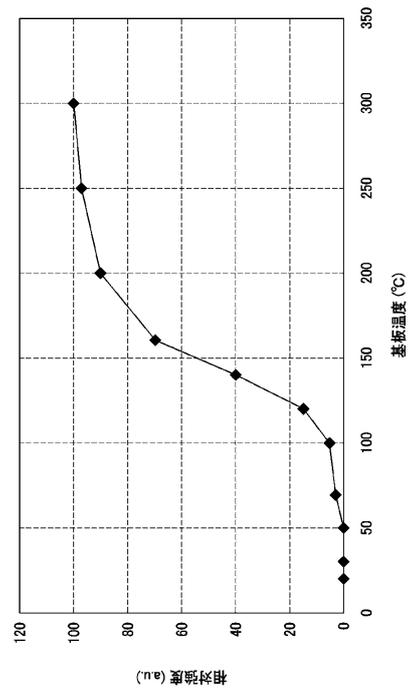
1 透光性ガラス基板、 2 表面電極、 21 下地膜、 22 凹凸膜、 22a 表面凹凸構造、 3 光電変換半導体層、 31 p型半導体層、 32 i型半導体層、 33 n型半導体層、 4 裏面電極、 41 透明導電性酸化物、 42 光反射性金属電極

10

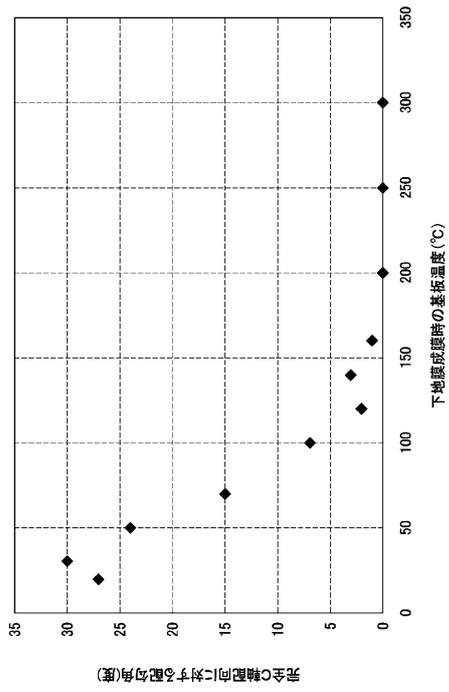
【図1】



【図2】



【 図 3 】



フロントページの続き

- (72)発明者 山野辺 康德
東京都青梅市末広町1 - 6 - 1 住友金属鉱山株式会社 青梅事業所内
- (72)発明者 松村 文彦
東京都青梅市末広町1 - 6 - 1 住友金属鉱山株式会社 青梅事業所内

審査官 佐藤 俊彦

- (56)参考文献 特開平07 - 131044 (JP, A)
特開2010 - 111896 (JP, A)
特開2004 - 064028 (JP, A)
特開2010 - 034232 (JP, A)
特開昭63 - 089657 (JP, A)
特開2009 - 033206 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 31/04 - 31/078