(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第4939058号
(P4939058)
(45)発行日　平成24年5月23日(2012.5.23)　(24)登録日　平成24年3月2日(2012.3.2)

(51)Int.Cl.　　F I
C23C 16/40 (2006.01)　C23C 16/40
H01L 31/04 (2006.01)　H01L 31/04 W
H01L 31/04 Y

請求項の数 7　(全 10 頁)

(21)出願番号　特願2005-517921 (P2005-517921)
(86)(22)出願日　平成17年1月27日 (2005.1.27)
(86)国際出願番号　PCT/JP2005/001119
(87)国際公開番号　WO2005/078154
(87)国際公開日　平成17年8月25日 (2005.8.25)
審査請求日　平成19年11月26日 (2007.11.26)
(31)優先権主張番号　特願2004-38841 (P2004-38841)
(32)優先日　平成16年2月16日 (2004.2.16)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

（出願人による申告）国等の委託研究の成果に係る特許出願（平成１５年度新エネルギー・産業技術総合開発機構「太陽光発電技術研究開発委託事業」、産業活力再生特別措置法第３０条の適用を受ける特許出願）

(73)特許権者　000000941
株式会社カネカ
大阪府大阪市北区中之島３丁目２番４号
(74)代理人　100152571
弁理士　新宅　将人
(74)代理人　100141852
弁理士　吉本　力
(72)発明者　目黒　智巳
滋賀県大津市木の岡町２４－７－１０１
(72)発明者　福田　丞
滋賀県大津市桜野町１－１８－６－１０１
(72)発明者　山本　憲治
兵庫県神戸市西区美賀多台１丁目２W１４０６

最終頁に続く

(54)【発明の名称】透明導電膜の製造方法、及びタンデム型薄膜光電変換装置の製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

製膜室中に有機亜鉛、希釈ガス、および酸化剤を導入し、酸化亜鉛を主成分とする透明導電膜を製膜室内に配置された基板上に形成する方法であって、該希釈ガスが水素であることを特徴とする透明導電膜の製造方法。

【請求項２】

前記有機亜鉛がジエチル亜鉛であることを特徴とする請求項１に記載の透明導電膜の製造方法。

【請求項３】

前記酸化剤が水であることを特徴とする請求項１に記載の透明導電膜の製造方法。

【請求項４】

前記製膜室に第三族元素を含む化合物を導入し、該第三族元素が微量添加された前記酸化亜鉛膜を主成分とする透明導電膜を前記基板上に形成することを特徴とする請求項１に記載の透明導電膜の製造方法。

【請求項５】

前記第三族元素を含む化合物が、ジボラン（B_2H_6）、及びトリメチルアルミニウム（$(CH_3)_3Al$）から選ばれる少なくとも一つであることを特徴とする請求項４に記載の透明導電膜の製造方法。

【請求項６】

前記基板として透明絶縁基板を用い該透明絶縁基板上に順次積層された透明電極層、少

なくとも１の非晶質シリコン系光電変換ユニット、少なくとも１の結晶質シリコン系光電変換ユニット、および裏面電極層を含むタンデム型薄膜光電変換装置の製造方法であって、該裏面電極層を形成する工程に請求項１～５の何れかに記載の透明導電膜の製造方法を含むことを特徴とするタンデム型薄膜光電変換装置の製造方法。

【請求項７】

前記基板として透明絶縁基板を用い該透明絶縁基板上に順次積層された透明電極層、少なくとも１の非晶質シリコン系光電変換ユニット、少なくとも１の結晶質シリコン系光電変換ユニット、および裏面電極層を含むタンデム型薄膜光電変換装置の製造方法であって、該透明電極層を形成する工程に請求項１～５の何れかに記載の透明導電膜の製造方法を含むことを特徴とするタンデム型薄膜光電変換装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は高透過、低抵抗、かつ優れた表面形状を有する酸化亜鉛膜を主成分とする透明導電膜の製造方法とその製造方法を含むタンデム型薄膜光電変換装置の製造方法に関する。

【背景技術】

【０００２】

近年、太陽電池に代表される光電変換装置などの各種受光素子や液晶、ＰＤＰ、ＥＬなどの表示素子用透明電極用材料として、透明導電膜の重要性がますます高くなっている。

【０００３】

中でも太陽電池用透明導電膜には、高い透明性と導電性、光を有効に活用するための表面凹凸形状を有することが必要である。このような透明導電膜としては、錫を微量添加（以下ドープと記す。また、以下微量添加された物質をドーパントと記す）した酸化インジウム(In_2O_3)や、アンチモンやフッ素をドープし導電性を持たせた酸化錫(SnO_2)、や酸化亜鉛(ＺｎＯ)膜などが知られている。

【０００４】

酸化インジウム膜（以下ＩＴＯと呼ぶ）は導電率が高く広く用いられているが、原料であるＩｎが希少金属であり生産量が少ないため透明導電膜の需要が増加した場合には安定供給に問題がある。また高価であるため低コスト化にも限界がある。SnO_2はＩＴＯより安価であり、また自由電子濃度が低いため高透過率の膜が得られるが、導電率が低く、耐プラズマ性が低いことが欠点である。

【０００５】

これに対し亜鉛は資源として豊富であり安価である。また酸化亜鉛膜は耐プラズマ性が高い、移動度が大きいため長波長光の透過率が高いなどの特徴があることから、太陽電池用透明導電膜としても適しておりＩＴＯやSnO_2の代替材料として酸化亜鉛を主成分とする透明導電膜の開発が進められている。

【０００６】

酸化亜鉛膜の形成方法としては、主にスパッタ法やＣＶＤ法が挙げられる。スパッタ法は抵抗率、透過率、および膜表面の形状の制御が比較的困難であり、また製造装置が高価であることから製造コストが高くなる。一方ＣＶＤ法は高透過な膜が得られやすく、膜表面の形状の制御も容易である。また、スパッタ法と比較して製造装置も安価である。

【０００７】

このようなＣＶＤ法を用いた酸化亜鉛膜の製造方法は、特許文献１に開示されており、有機亜鉛あるいは酸化剤を製膜室に導入する際に用いる希釈ガスとしてＡｒ、Ｈｅ、またはN_2を用いている。この場合、従来開示されている技術ではＡｒ、Ｈｅは高価であり製造コストが高くなるという問題がある。

【特許文献１】特公平６－８２６６５

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】
【０００８】
本発明は、従来技術が有していた希釈ガスが高価であるという上記の欠点を解決し、さらに高透過、低抵抗、かつ優れた表面形状を有する酸化亜鉛を主成分とする透明導電膜を均一性良く簡便に製造方法、及びその製造方法を含むタンデム型薄膜光電変換装置の製造方法を得ることを目的とする。
【課題を解決するための手段】
【０００９】
本発明の透明導電膜の製造方法は、製膜室中に有機亜鉛、希釈ガス、および酸化剤を導入し、酸化亜鉛を主成分とする透明導電膜を前記製膜室内に配置された基板上に形成する方法であって、前記希釈ガスが水素であることを特徴とする透明導電膜の製造方法であって、熱伝導率が大きく安価であるので特性が優れかつ低コストな透明導電膜を提供することが出来る。
【００１０】
前記有機亜鉛としてはジエチル亜鉛であることが好ましく、酸化剤との反応性が高いので製膜効率が良くなる。
【００１１】
前記酸化剤としては水であることが好ましく、拡散性および有機亜鉛との反応性が高いので製膜効率が良くなる。
【００１２】
前記製膜室に第三族元素を含む化合物を導入し、前記第三族元素が微量添加された前記酸化亜鉛膜を主成分とする透明導電膜を前記基板上に形成することが好ましく、低抵抗な透明導電膜を形成することが出来るので、薄膜光電変換装置の効率が向上する。
【００１３】
特に、前記第三族元素を含む化合物としては、ジボラン（B_2H_6）、及びトリメチルアルミニウム（$(CH_3)_3Al$）から選ばれる少なくとも一つであることが好ましい、分解効率が良いために、透明導電膜中にドープされやすいからである。
【００１４】
前記基板として透明絶縁基板を用い前記透明絶縁基板上に順次積層された透明電極層、少なくとも１の非晶質シリコン系光電変換ユニット、少なくとも１の結晶質シリコン系光電変換ユニット、および裏面電極層を含むタンデム型薄膜光電変換装置の製造方法であって、前記裏面電極層を形成する工程として上述した透明導電膜の製造方法を適用することが好ましく、光電変換ユニットへのダメージを与えることなく裏面電極層を形成することで、薄膜光電変換装置の効率が向上する。
【００１５】
また、前記基板として透明絶縁基板を用い該透明絶縁基板上に順次積層された透明電極層、少なくとも１の非晶質シリコン系光電変換ユニット、少なくとも１の結晶質シリコン系光電変換ユニット、および裏面電極層を含むタンデム型薄膜光電変換装置の製造方法であって、前記透明電極層を形成する工程として上述した透明導電膜の製造方法を適用することが好ましく、透明導電膜表面に微細な凹凸を形成することが容易なので、光の散乱による光閉じこめ効果により発電効率が向上するからである。
【発明の効果】
【００１６】
本発明の透明導電膜の製造方法は、製膜室中に有機亜鉛、希釈ガス、および酸化剤を導入し、酸化亜鉛を主成分とする透明導電膜を前記製膜室内に配置された基板上に形成する方法であって、前記希釈ガスに水素を用いると、熱伝導率が大きく安価なガスであることから特性が優れかつ低コストな透明導電膜を提供することが出来る。
【図面の簡単な説明】
【００１７】
【図１】タンデム型薄膜光電変換装置の一例の積層構造を示す模式的な断面図である。

【符号の説明】
【００１８】
１０　透明絶縁基板
１１　透明電極層
２０　非晶質シリコン光電変換ユニット
２１　ｐ層
２２　ｉ層
２３　ｎ層
３０　結晶質シリコン光電変換ユニット
３１　ｐ層
３２　ｉ層
３３　ｎ層
４０　裏面電極層
４１　酸化亜鉛層
４２　Ａｇ層
【発明を実施するための最良の形態】
【００１９】
本発明者らは、上述した先行技術のように希釈ガスとしてN_2等を用い、実際に透明導電膜の形成を試みた。その結果、これらのガスは熱伝導率が比較的小さいためか、基板表面温度が安定するまでの均熱時間が長くなり、従って、形成時の基板内の温度分布の均一性が悪く、結果的に、形成された透明導電膜の膜特性の面内均一性が悪いことを発見し、本発明を為すに到った。
【００２０】
本発明による酸化亜鉛膜を形成する方法においては、基板が配置された製膜室中に、有機亜鉛、希釈ガス、及び酸化剤が導入される。基板は５０℃～３００℃の範囲に、好ましくは１００℃～２００℃の範囲に加熱保持されていることが好ましい。
【００２１】
基板は、上記温度に変形かつ変性しなければ良く、材料としては金属、ガラス板、プラスチックなどがあるが、基板上に薄膜光電変換装置を形成する場合において光入射が基板側となる場合には透光性のガラス板やプラスチックが良い。
【００２２】
有機亜鉛とは、亜鉛と有機基が結合した２価の有機金属化合物を言う。有機亜鉛は一般に常温、常圧下では液体であるので、加熱し気化して導入する。または希釈ガスを有機亜鉛中に吹き込み蒸気圧相当分の有機亜鉛を希釈ガスと共に製膜室内に導入しても良い。
【００２３】
有機亜鉛化合物としてはR_2Zn(Ｒは有機基)で示される化合物を用いることが酸化剤との反応性が高く好ましい。ここで有機基としてはアルキル基、アルケニル基、アルキニル基などが含まれるが、中でもアルキル基が反応性が高く安価であるので好ましく、特にメチル基とエチル基が汎用性があり原料調達が容易な点で好ましい。
【００２４】
酸化剤とは酸素そのもの或いは分子内において酸素原子を有し、有機金属化合物と反応し金属酸化物を生成するものを言う。本発明で用いられる酸化剤は常温・常圧で液体であるものも含まれるが、この場合も同様に、加熱し気化して導入する。又は希釈ガスを酸化剤中に吹き込み蒸気圧相当分の酸化剤を希釈ガスと共に製膜室内に導入しても良い。酸化剤としては、水、酸素、オゾン、またはアルコール、アルデヒド、ケトンなどがあるが、有機亜鉛との反応性が高く気化した場合の拡散性が良好な水が好ましい。
【００２５】
希釈ガスとしては、有機亜鉛および酸化剤に対し不活性なものを用いる。希釈ガスの役割は有機亜鉛や酸化剤を希釈し反応性を制御すること、および製膜室中での原料ガスの拡散性を高めて製膜の均一性を向上する役割を果たす。本発明では、希釈ガスとしては、ア

ルゴン、ヘリウム、窒素などの不活性ガスではなく水素を用いることが良質な酸化亜鉛膜を形成するのに重要である。

【００２６】

本発明の製造方法で形成される酸化亜鉛を主成分とする透明導電膜の膜抵抗率の制御はその膜中に第三族元素からなるドーパントを加えることで行うことができる。第三族元素からなるドーパントとは、第三族元素の水素化合物や有機化合物を言う。例えばドーパントとしてボロンを用いる場合に、第三族元素からなる化合物としてジボランを用いる。又は有機ボラン化合物でも良く、特にトリメチルボランやトリエチルボランがドーピング効率が良いので好ましい。また、ドーパントとしてアルミニウムを用いる場合は、第三族元素からなる化合物として有機アルミニウム化合物が用いられるが、特にトリメチルアルミニウムやトリエチルアルミニウムがドーピング効率が良いので好ましい。またドーパントとしてはガリウムを用いても良い。

【００２７】

製膜室は、基板温調用のヒーター、ガス導入口、排気バルブ等を含んで構成されている。良好な特性を有する均一な膜を得るための製膜室内の圧力は、０．０１～３Ｔｏｒｒであり、好ましくは０．１～１Ｔｏｒｒに保つことが特に好ましい。製膜室の圧力の調節は製膜室に接続される排気バルブの調整により、或いは希釈ガスである水素の量によってなされる。

【００２８】

図１は本発明の透明導電膜の製造方法が適用されるタンデム型薄膜光電変換装置の一例である。この図１を用いて対応するタンデム型薄膜光電変換装置について説明する。図１のタンデム型薄膜光電変換装置は、非晶質シリコン光電変換ユニットと結晶質シリコン光電変換ユニットとを含むシリコン系ハイブリッド型薄膜太陽電池であり、以下の方法により製造され得る。

【００２９】

まず、透明絶縁基板１０上に透明導電膜からなる透明電極層１１を形成する。透明絶縁基板１０とは、薄膜光電変換装置の光入射側に位置するために透光性のガラス板やプラスチックが良い。透明電極層としては、酸化亜鉛、酸化錫などを用いることが出来るが、酸化亜鉛を主成分とする透明導電膜を用いることが望ましい。何故なら酸化亜鉛は２００℃以下の低温でも光閉じこめ効果を有する微細な凹凸が形成でき、かつ耐プラズマ性の高い材料であるからである。続いて透明電極層１１上に非晶質シリコン光電変換ユニット２０をプラズマＣＶＤ法で形成する。非晶質シリコン光電変換ユニット２０はｐ型層２１、ｉ型層２２、及びｎ型層２３からなる。非晶質シリコン光電変換ユニット２０は、約３６０～８００ｎｍの光に感度を有する非晶質シリコン系材料により構成される。

【００３０】

次に、非晶質シリコン光電変換ユニット２０上に、結晶質シリコン光電変換ユニット３０をプラズマＣＶＤ法で形成する。結晶質シリコン光電変換ユニット３０はｐ型層３１、ｉ型層３２、及びｎ型層３３からなる。結晶質シリコン光電変換ユニット３０は、約５００～１２００ｎｍの光に感度を有する結晶質シリコン系材料により構成され、これらの２つのユニットを積層することで広範囲な波長の光を有効利用することが可能となる。さらに、結晶質シリコン光電変換ユニット３０上に、裏面電極層４０を形成した。裏面電極層４０は酸化亜鉛層４１とＡｇ層４２からなる。酸化亜鉛層４１はスパッタ法やＣＶＤ法により作成されるが、シリコン層への電気的なダメージを低減できることから、ＣＶＤ法で作成することが良い。Ａｇ層４２については、スパッタリング法や蒸着法などで形成することが出来る。

【００３１】

なお以下に記載する実施例で作成した酸化亜鉛を主成分とする膜の抵抗率、膜厚、透過率、及びヘイズ率は、それぞれ抵抗測定器、エリプソメーター、分光光度計、ヘイズメーターで測定した。ヘイズ率とは（拡散光透過率）／（全光線透過率）×１００で表される値であり、ＪＩＳ　Ｋ７１３６に準拠する方法で測定を行った。

【００３２】
上述のような実施の形態の具体的な例として、以下において、いくつかの実施例が比較例と共に説明される。
【実施例】
【００３３】
（比較例１）
比較例１として、透明絶縁基板上に透明導電膜として酸化亜鉛膜を形成して評価を行った。まず透明絶縁基板であるガラス基板を製膜室内に搬入し基板温度を１５０℃まで昇温し、さらにその温度で保持した。その後、希釈ガスであるアルゴン６００ｓｃｃｍと、気化した水１００ｓｃｃｍとの混合気体を製膜室内に導入し、続いて気化したジエチル亜鉛５０ｓｃｃｍの導入も開始した。さらに、バルブ調整によりこの時の製膜室内の圧力を１Ｔｏｒｒとした。この条件で酸化亜鉛膜をその膜厚が６０ｎｍとなるように堆積した。なお膜厚はエリプソメーターで測定した。形成された酸化亜鉛膜についてガラス基板とともに、分光光度計を用いて透過率を測定した。その結果、波長１０００ｎｍでの透過率は８９％であった。
【００３４】
（実施例１）
実施例１においてもガラス基板上に透明導電膜として酸化亜鉛膜を形成した。ただし、希釈ガスとしてアルゴンにかえて水素が用いられていることにおいて比較例１と異なっていた。
【００３５】
その際、まず水素１５００ｓｃｃｍと気化した水１００ｓｃｃｍの混合気体を製膜室内に導入後、気化したジエチル亜鉛５０ｓｃｃｍを導入し、バルブ調整により製膜室内の圧力を１Ｔｏｒｒとした。この条件で酸化亜鉛膜をその膜厚が６０ｎｍとなるように堆積し、比較例１と同様に、分光光度計を用いて透過率を測定した。その結果、波長１０００ｎｍでの透過率は９１％であった。比較例１と実施例１との比較により、実施例１の方が、透過率が改善している。
【００３６】
（比較例２）
比較例２として、ガラス基板上に透明導電膜として酸化亜鉛膜を形成し評価を行った。まずガラス基板を製膜室内に搬入し基板温度を１５０℃まで昇温し、さらにその温度で保持した。その後、アルゴンで５０００ｐｐｍに希釈されたジボラン含有アルゴンガス７００ｓｃｃｍと気化した水１００ｓｃｃｍとの混合気体を製膜室内に導入後、気化したジエチル亜鉛５０ｓｃｃｍの導入も開始した。さらに、バルブ調整によりこの時の製膜室内の圧力を１Ｔｏｒｒとした。この条件で酸化亜鉛膜をその膜厚が１．５μｍとなるように堆積した。なお膜厚はエリプソメーターで測定した。形成された酸化亜鉛膜について、抵抗率、ヘイズ率、透過率を、それぞれ抵抗測定器、ヘイズメーター、分光光度計を用いて測定した。その結果、抵抗率が3×10^{-3}Ω・ｃｍ、ヘイズ率が１９％、波長１０００ｎｍでの透過率は７６％であった。
【００３７】
（実施例２）
実施例２においてもガラス基板上に透明導電膜として酸化亜鉛膜を形成し評価した。ただし、アルゴンにかえて水素が用いられていることにおいて比較例２と異なっていた。
【００３８】
その際、アルゴンで５０００ｐｐｍに希釈されたジボラン含有アルゴンガス１５００ｓｃｃｍと気化した水１００ｓｃｃｍとの混合気体を製膜室内に導入後、気化したジエチル亜鉛５０ｓｃｃｍの導入も開始した。さらに、バルブ調整により製膜室内の圧力を１Ｔｏｒｒとした。この条件で酸化亜鉛膜をその膜厚が１．５μｍとなるように堆積した。比較例２と同様に、形成された酸化亜鉛膜について、抵抗率、ヘイズ率、透過率を、それぞれ抵抗測定器、ヘイズメーター、分光光度計を用いて測定した。その結果、抵抗率が９×１

0^{-4}Ω・ｃｍ、ヘイズ率が２０％、波長１０００ｎｍでの透過率は８１％であった。

【００３９】

以上の比較例２と実施例２との比較により、実施例２の方が、抵抗率が低くなり透過率も向上していることがわかる。この理由は定かでないが、水素雰囲気下で製膜することでアルゴン雰囲気下で製膜した時と比較してドーパントとしてのボロンが活性化されること、結晶粒界に過剰に存在している酸素量が低減されることなどにより、低抵抗、高透過な酸化亜鉛膜が得られたと考えられる。

【００４０】

（比較例３）

比較例３として、図１に対応するタンデム型薄膜光電変換装置を作成した。

【００４１】

まず、透明絶縁基板１０上に酸化錫の透明導電膜からなる透明電極層１１を形成した。続いて透明電極層１１上に厚さ約３００ｎｍの非晶質シリコン光電変換ユニット２０をプラズマＣＶＤ法で形成した。非晶質シリコン光電変換ユニット２０はｐ型層２１、ｉ型層２２、及びｎ型層２３からなり、ｐ型層２１、ｎ型層２３はそれぞれ１０ｎｍの厚さに形成した。

【００４２】

次に、非晶質シリコン光電変換ユニット２０上に、厚さ約１．４μｍの結晶質シリコン光電変換ユニット３０をプラズマＣＶＤ法で形成した。結晶質シリコン光電変換ユニット３０はｐ型層３１、ｉ型層３２、及びｎ型層３３からなり、ｐ型層３１、ｎ型層３３はいずれも１０ｎｍの厚さに形成した。

【００４３】

さらに、結晶質シリコン光電変換ユニット３０上に、裏面電極層４０を形成した。裏面電極層４０は酸化亜鉛層４１とＡｇ層４２からなり、厚さ６０ｎｍの酸化亜鉛層４１は、比較例１に示す条件で形成した。また酸化亜鉛層４１上には厚さ２００ｎｍのＡｇ層４２をスパッタリング法で形成した。

【００４４】

このようにして得られたタンデム型薄膜光電変換装置にＡＭ１．５の光を１００ｍＷ／ｃｍ^{2}の光量で照射して２５℃での出力特性を測定したところ開放端電圧が１．３３Ｖ、短絡電流密度が１１．９ｍＡ／ｃｍ^2、曲線因子が７２．０％、そして変換効率が１１．４％であった。

【００４５】

（実施例３）

実施例３においても、図１に示されているタンデム型薄膜太陽電池を作製した。ただし、実施例３においては、酸化亜鉛層４１の製膜条件においてのみ比較例３と異なっていた。その際、酸化亜鉛層４１の製膜条件において、実施例１に示す条件で製膜を行った。以上のようにして形成した実施例３のタンデム型薄膜太陽電池を比較例３と同一の条件下で出力特性を測定したところ、開放端電圧が１．３５Ｖ、短絡電流密度が１２．４ｍＡ／ｃｍ^2、曲線因子が７１％、そして変換効率が１１．９％となり、比較例３と比較して性能改善がみられた。

【００４６】

この理由については定かではないが、酸化亜鉛層自身の電気的、光学的特性が向上していることに加え、結晶質シリコン光電変換ユニットのｎ型層３３の表面が水素雰囲気に晒されるため、ｎ型層３３と酸化亜鉛層４１の界面が清浄化され特性が向上したものと考えられる。

【００４７】

（比較例４）

比較例４として、図１に対応するタンデム型薄膜光電変換装置を作成した。

【００４８】

まず、透明絶縁基板１０上に酸化亜鉛膜からなる透明電極層１１を形成した。透明電極

層１１の製膜条件としては、比較例２に示した条件で製膜を行った。

【００４９】

次に、透明電極層１１上には厚さ約３３０ｎｍの非晶質シリコン光電変換ユニット２０をプラズマＣＶＤ法で形成した。非晶質シリコン光電変換ユニット２２はｐ型層２２、ｉ型層２２、ｎ型層２３からなり、ｐ型層２１、ｎ型層２２はそれぞれ１０ｎｍの厚さとした。

【００５０】

さらに、非晶質シリコン光電変換ユニット２０上には、厚さ約１．６５μｍの結晶質シリコン光電変換ユニット３０をプラズマＣＶＤ法で作製した。結晶質シリコン光電変換ユニット３０はｐ型層３１、ｉ型層３２、ｎ型層３３からなり、ｐ型層３１、ｎ型層３３はいずれも１０ｎｍの厚さとした。

【００５１】

続いて、結晶質シリコン光電変換ユニット３０上には、裏面電極層４０を形成した。裏面電極層４０は酸化亜鉛層４１とＡｇ層４２からなり、厚さ６０ｎｍの酸化亜鉛層４４１を、スパッタリング法で形成した。また酸化亜鉛層４１上には厚さ２００ｎｍのＡｇ層４２をスパッタリング法で形成した。

【００５２】

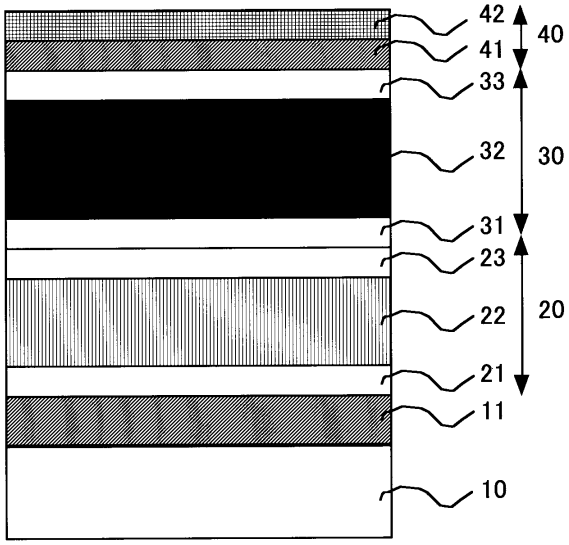
このようにして得られたタンデム型薄膜光電変換装置にＡＭ１．５の光を１００ｍＷ／ｃｍ^{2}の光量で照射して出力特性を測定したところ開放端電圧１．３０Ｖ、短絡電流密度が１２．４ｍＡ／ｃｍ^2、曲線因子が７０．０％、そして変換効率が１１．３％であった。

【００５３】

（実施例４）

実施例４においても、図１に示されているタンデム型薄膜太陽電池を作製した。ただし、実施例４においては、酸化亜鉛層１１の製膜条件においてのみ比較例４と異なっていた。その際、酸化亜鉛層１１の製膜条件において、実施例２に示す条件で製膜をおこなった。以上のようにして形成した実施例４のタンデム型薄膜太陽電池を比較例３と同一の条件下で出力特性を測定したところ、開放端電圧が１．３０Ｖ、短絡電流密度が１２．６ｍＡ／ｃｍ^2、曲線因子が７１％、そして変換効率が１１．６％となり、比較例４と比較して性能が改善した。

【図１】



フロントページの続き

審査官　末松　佳記

(56)参考文献　特開昭６２－００７１２３（ＪＰ，Ａ）
特開平０３－２３７０９７（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－２３５５０５（ＪＰ，Ａ）
特開２００３－３４７５７２（ＪＰ，Ａ）
特公平０６－０８２６６５（ＪＰ，Ｂ２）
特開平１１－０８７７５１（ＪＰ，Ａ）
特開平０１－０３６７６７（ＪＰ，Ａ）
特開昭６２－１３９８７４（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－１５０７２３（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－００７０２６（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－０５６１３１（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
C23C 14/00-14/58
C23C 16/00-16/56