(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2008-160165
(P2008-160165A)
(43)公開日　平成20年7月10日(2008.7.10)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
H01L 31/04	***(2006.01)***	H01L 31/04		Y	5F051
		H01L 31/04		W	

審査請求 有　請求項の数 8　ＯＬ　（全 17 頁）

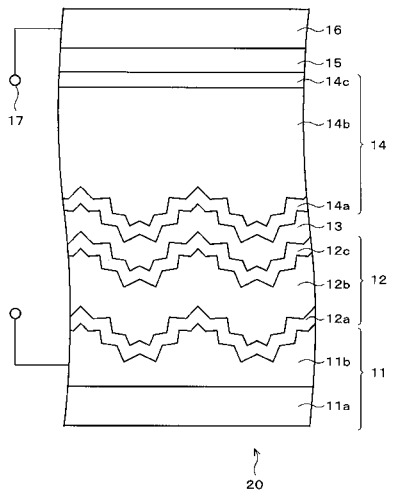
(21)出願番号　特願2008-76616(P2008-76616)
(22)出願日　平成20年3月24日(2008.3.24)
(62)分割の表示　特願2000-333713(P2000-333713)の分割
原出願日　平成12年10月31日(2000.10.31)

(71)出願人　301021533
独立行政法人産業技術総合研究所
東京都千代田区霞が関１－３－１
(71)出願人　000005049
シャープ株式会社
大阪府大阪市阿倍野区長池町２２番２２号
(71)出願人　500132638
松田　彰久
茨城県つくば市梅園１丁目１番１中央第２
独立行政法人産業技術総合研究所内
(71)出願人　500132649
近藤　道雄
茨城県つくば市梅園１丁目１番１中央第２
独立行政法人産業技術総合研究所内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】多接合型薄膜太陽電池

(57)【要約】
【課題】光閉込効果の高い、安定した光電変換効率を有する多接合型薄膜太陽電池を提供する。
【解決手段】多接合型薄膜太陽電池２０は、ガラス基板１１ａ、凹凸表面層１１ｂ、非晶質シリコン光電変換層１２、中間層１３、結晶質シリコン光電変換層１４、裏面反射層１５、裏面電極１６が、この順番で積層されて構成されている。中間層１３の表面の凹凸の高さを示す二乗平均値は、２５～６００ｎｍの範囲に設定されており、かつ中間層１３表面の凹凸の平均線に対する凹凸表面の傾斜角をΘとしたときのｔａｎΘが０．０７～０．２０の範囲に設定されている。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
基板において光が入射される方向とは反対側に、複数の光電変換素子が設けられ、隣り合う光電変換素子の間の少なくとも１つには、表面が凹凸化された中間層が設けられており、
上記中間層の凹凸の高さは、その二乗平均値が、２５～６００ｎｍの範囲に設定されており、かつ中間層表面の凹凸の平均線に対する凹凸表面の傾斜角をΘとしたときのｔａｎΘが０．０７～０．２０の範囲に設定されている多接合型薄膜太陽電池。
【請求項２】
上記基板において、光が入射される側とは反対側の面が凹凸化されていることを特徴とする請求項１記載の多接合型薄膜太陽電池。
【請求項３】
上記凹凸は、透明導電性の材料からなるものであることを特徴とする請求項１または２に記載の多接合型薄膜太陽電池。
【請求項４】
上記透明導電性の材料からなるものは、主として酸化亜鉛からなることを特徴とする請求項３記載の多接合型薄膜太陽電池。
【請求項５】
上記凹凸は、上記透明導電性の材料からなるものに対して、エッチングが行われることにより形成されることを特徴とする請求項３または４に記載の多接合型薄膜太陽電池。
【請求項６】
基板において光が入射される方向とは反対側に、複数の光電変換素子が設けられ、隣り合う光電変換素子の間の少なくとも１つには、表面が凹凸化された中間層が設けられており、
上記凹凸の一部である穴は、直径が２００～２０００ｎｍの範囲である略半球状あるいは円錐状の形状を有していることを特徴とする多接合型薄膜太陽電池。
【請求項７】
上記穴は、直径が４００～１２００ｎｍの範囲である略半球状あるいは円錐状の形状を有していることを特徴とする請求項６記載の多接合型薄膜太陽電池。
【請求項８】
上記中間層の表面に、少なくとも１つの光電変換素子における活性層は、結晶質シリコンまたはシリコン合金からなることを特徴とする請求項１～７のいずれか１項に記載の多接合型薄膜太陽電池。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、安定かつ高い光電変換効率を有する多接合型薄膜太陽電池に関するものである。
【背景技術】
【０００２】
石油等の化石燃料は、将来の需給が懸念され、かつ地球温暖化現象の原因となる二酸化炭素排出の問題を有している。近年、この石油等の化石燃料の代替エネルギー源として太陽電池が注目されている。
【０００３】
この太陽電池は光エネルギーを電力に変換する光電変換層にｐｎ接合を有する半導体を備えている。このｐｎ接合を構成する半導体として一般的にはシリコンが最もよく用いられている。光電変換効率の点からは、単結晶シリコンを用いることが好ましいが、原料供給や大面積化、低コスト化の問題を有している。
【０００４】
一方、大面積化および低コスト化を実現するのに有利な材料として、非晶質のアモルフ

ァスシリコンを光電変換層として用いた薄膜太陽電池が実用化されている。さらには、単結晶シリコン太陽電池レベルの高くて安定な光電変換効率と、アモルファスシリコン太陽電池レベルの大面積化、低コスト化を兼ね備えた太陽電池を実現するために、結晶質シリコンの光電変換層への使用が検討されている。特にアモルファスシリコンの場合と同様の化学的気相成長法（以下、ＣＶＤ法とする）による薄膜形成技術を用いて、結晶質シリコン薄膜を形成した薄膜太陽電池（以下、結晶質シリコン薄膜太陽電池とする）が注目されている。

【０００５】

特開平１１－２８９１７３号公報に、アモルファスシリコンを活性層とした光電変換素子と、アモルファスシリコンと比較してエネルギーギャップの小さな結晶質シリコンを活性層とした光電変換素子を積層して形成した多接合型薄膜太陽電池が、開示されている。この多接合型薄膜太陽電池は、アモルファスシリコンを活性層とした光電変換素子側から太陽光を入射する構成を取ることにより、太陽光エネルギーの利用を単接合型のものより効率的に行うことができるという利点がある。さらに、複数の光電変換素子を直列に接続するので高い開放電圧を得られることや、活性層としてのアモルファスシリコン層を薄くできるのでＳｔａｅｂｌｅｒ－Ｗｒｏｎｓｋｉ効果に起因する光電変換効率の経時劣化を抑制できる。さらに、アモルファスシリコン層と結晶質シリコン層を同一の装置で製造できるといった利点もあり、高効率化と低コスト化を両立する手段として、盛んに研究開発が行われている。

【０００６】

なお、以下の記載においては、特に注意することがない限り、「結晶質」という用語の意味する状態として、「単結晶」および「多結晶」といった実質的に結晶のみからなる状態だけでなく、「微結晶」あるいは「マイクロクリスタル」と呼ばれる結晶成分と非晶質成分が混在した状態のものも含んでいる。

【０００７】

高い光電変換効率を有する薄膜太陽電池を実現する上で、重要な要素技術の１つに光閉込がある。光閉込とは、光電変換層に接する透明導電層あるいは金属層の表面を凹凸化して、その界面で光を散乱させることで光路長を延長させ、光電変換層での光吸収量を増大させるものである。

【０００８】

例えば、特許公報である特許第１６８１１８３号公報または特許第２８６２１７４号公報には、ガラス基板上に形成した透明導電層の粒径や凹凸大きさを規定した太陽電池用基板の例が開示されている。

【０００９】

この光閉込による光電変換効率の向上は、光電変換層の膜厚を低減する効果をもたらす。これにより、先述したように、アモルファスシリコン太陽電池の場合には光劣化を抑制することになる。

【００１０】

さらに、結晶質シリコン薄膜太陽電池は、光吸収特性のために非晶質のアモルファスシリコンと比較して、数倍から十数倍となる数μｍオーダーもの厚さが必要とされていた。しかし、光閉込効果を利用して光電変換効率を上げた場合には、結晶質シリコン薄膜太陽電池であっても、大幅な製膜時間の減少をもたらすことができる。

【００１１】

すなわち、光閉込は薄膜太陽電池の実用化への大きな課題である高効率化、安定化、低コスト化の全てを解決する手段として必須の技術である。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【００１２】

しかしながら、上述のような従来の結晶質シリコン薄膜太陽電池の光電変換効率は、現在までのところ、精力的な研究開発が行われているにも関わらず、アモルファスシリコン

太陽電池の光電変換効率と比較して同等レベルまでしか達していない。
【００１３】
Ｈ．Ｙａｍａｍｏｔｏ　ｅｔ　ａｌ，ＰＶＳＥＣ－１１，Ｓａｐｐｏｒｏ，Ｊａｐａｎ，１９９９において、以下のような報告がなされている。
【００１４】
ガラス表面上に微視的な表面凹凸を有する酸化錫を積層したＡｓａｈｉ－Ｕ基板上にプラズマＣＶＤ法により微結晶シリコンを形成した場合、酸化錫の表面に垂直な方向にシリコンの結晶粒が優先的に成長する。そして、異なる凹凸表面から成長した互いに結晶方位の異なる結晶粒同士がぶつかることで多量の欠陥が発生することが報告された。このような欠陥は、キャリアの再結合中心となるため光電変換効率を著しく劣化させるので、極力排除されなければならない。
【００１５】
Ｈ．Ｙａｍａｍｏｔｏらは、同時に以下のような報告も行っている。
【００１６】
表面に凹凸を有する酸化錫の上に、さらに酸化亜鉛を厚く積層することで凹凸の大きさを小さくした場合、酸化錫のみの場合と同様に酸化亜鉛の表面に垂直な方向にシリコン結晶粒が成長する。しかし、異なる凹凸表面から成長した結晶粒同士はぶつかるがそれらの方位差が小さいため、発生する欠陥が少なくなる。
【００１７】
しかるに、結晶質シリコン薄膜中の欠陥を低減するためには基板の表面凹凸をできるだけ小さくすればよいのは明らかである。しかしながら、上述したように、光閉込は薄膜太陽電池に必須の技術であり、実用化を考えた場合、表面凹凸をなくす、あるいは小さくすることは回避すべきである。
【００１８】
特開平１０－１１７００６号公報、特開平１０－２９４４８１号公報、特開平１１－２１４７２８号公報、特開平１１－２６６０２７号公報、特開２０００－５８８９２号公報には、多接合型太陽電池に関する公報が開示されている。
【００１９】
特に、多接合型太陽電池の場合は、表面を凹凸化した裏面電極上に結晶質シリコン層からなる光電変換層を有する下部光電変換素子を形成しており、該結晶質シリコン層が基板表面に平行な（１１０）の優先結晶配向面を有する薄膜太陽電池の構造が開示されている。
【００２０】
しかし、これらは全て光電変換素子側から光を入射するサブストレート型の素子構造となっており、透明基板を用いて基板側から光を入射するスーパーストレート型の素子構造では、結晶質シリコン薄膜中の欠陥密度低減と光閉込効果とを両立させる好適な凹凸構造は見出されていない。
【００２１】
本発明の目的は、上記問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、良好な光閉込効果を有しつつ、欠陥密度を低減させた結晶質シリコン（半導体）層を具備した光電変換効率の高い多接合型薄膜太陽電池を提供することにある。
【課題を解決するための手段】
【００２２】
本発明の多接合型薄膜太陽電池は、上記の課題を解決するために、基板において光が入射される方向とは反対側に、複数の光電変換素子が設けられ、隣り合う光電変換素子の間の少なくとも１つには、表面が凹凸化された中間層が設けられており、上記中間層の凹凸の高さは、その二乗平均値が、２５～６００ｎｍの範囲に設定されており、かつ中間層表面の凹凸の平均線に対する凹凸表面の傾斜角をΘとしたときのｔａｎΘが０．０７～０．２０の範囲に設定されていることを特徴としている。
【００２３】

上記の発明によれば、隣り合う光電変換素子間に中間層が設けられている。隣り合う光電変換素子を直接接合すると、互いに異なる導電型を有する層同士が接合されることになり、その結果、逆方向の接合形成で生じた不純物の混合による接合不良等の不具合を招来する。この不具合を克服するために設けられたものが、上記中間層である。

【００２４】

上記中間層においては、少なくとも基板と対向する側と反対側の表面が凹凸化されている。中間層の凹凸化された表面と光電変換層との接する界面では、光が散乱される。この光の散乱は、光路長を延長させ、その結果、光電変換層での光吸収量が増大する。このように、光が閉じこめられることによって、光電変換効率の向上が可能となる。光電変換効率の向上により、光電変換層の膜厚は薄くなる。これにより、光電変換層に要する製膜時間、および製造コストを大幅に減少させることが可能になる。

【００２５】

上記中間層は、上記表面とその裏面の双方が凹凸化されていることが好ましく、この場合、中間層を介して隣り合う２つの光電変換素子の光閉込が可能となる。その分、光電変換効率が向上する。

【００２６】

ところで、上記中間層の凹凸は、結晶方位が異なると、その高さによっては結晶同士がぶつかり、これにより欠陥が発生する。このような欠陥は、キャリアの再結合の中心となり、光電変換効率を著しく低下させる。また、従来の多接合型薄膜太陽電池は、光電変換素子が設けられた側から光が入射される素子構造を開示するのみであり、基板側から光が入射される素子構造のものに対して、上記欠陥の低減と光閉込の双方を両立させ得る素子構造を開示するものではない。

【００２７】

そこで、本発明によれば、上記凹凸の高さは、その二乗平均値が２５～６００ｎｍの範囲になるように設定されているとともに、上記凹凸の平均線に対する該凹凸表面の傾斜角をΘとしたときのｔａｎΘが０．０７～０．２０の範囲に設定されているので、結晶同士がぶつかることを確実に回避できる。それゆえ、欠陥により光電変換効率が劣化することを確実に防止できる。

【００２８】

また、上記基板において、光が入射される側とは反対側の面が凹凸化されていることがより好ましい。これにより、異なる凹凸が２層存在することで、さらに効果的に光閉込効果を高めることができ、光電変換効率の高い多接合型薄膜太陽電池を得ることができる。

【００２９】

また、上記凹凸は、透明導電性の材料からなるものであることがより好ましい。この場合、光電変換層との界面において、入射光が散乱するため、光路長が長くなり、光閉込効果を高めることが可能になる。

【００３０】

上記透明導電性の材料からなるものは、主として酸化亜鉛からなることがより好ましい。これにより、透明導電膜に広く用いられている酸化錫、酸化インジウムあるいはＩＴＯ（Indium Tin Oxide）といった材料を用いるよりも、安価で、耐プラズマ性が高く変質しにくいといった利点を有する多接合型薄膜太陽電池を得ることができる。

【００３１】

上記凹凸は、上記透明導電性の材料からなるものに対して、エッチングが行われることにより形成されていることがより好ましい。これにより、エッチャントの種類、濃度あるいはエッチング時間等を適宜変更することにより、透明導電性の材料の表面形状を容易に制御できるので、所望の凹凸が容易に得られる。

【００３２】

本発明の他の多接合型薄膜太陽電池は、上記の課題を解決するために、基板において光が入射される方向とは反対側に、複数の光電変換素子が設けられ、隣り合う光電変換素子の間の少なくとも１つには、表面が凹凸化された中間層が設けられており、上記凹凸の一

部である穴は、直径が２００～２０００ｎｍの範囲である略半球状あるいは円錐状の形状を有していることを特徴としている。また、上記穴の直径は、４００～１２００ｎｍの範囲であることがより好ましい。

【００３３】

この場合、上記凹凸の高さは、その二乗平均値が２５～６００ｎｍの範囲になると共に、上記凹凸の平均線に対する該凹凸表面の傾斜角をΘとしたときのｔａｎΘが０．０７～０．２０の範囲になり、結晶同士がぶつかることを確実に回避できる。それゆえ、上記欠陥の低減と光閉込の双方を両立させ得る安定で高光電変換効率の多接合型薄膜太陽電池（基板側から光が入射されるタイプの多接合型薄膜太陽電池）を確実に提供できる。

【００３４】

上記中間層の表面に、少なくとも１つの光電変換素子における活性層は、結晶質シリコンまたはシリコン合金からなることがより好ましい。

【００３５】

これにより、アモルファスシリコンでは光電変換に利用できない波長７００ｎｍ以上の長波長光も光電変換に利用できるので、高い光電変換効率が得られるとともに、光劣化が抑制された安定な太陽電池を得ることができる。

【発明の効果】

【００３６】

本発明の多接合型薄膜太陽電池は、上記のように、基板において光が入射される方向とは反対側に、複数の光電変換素子が設けられ、隣り合う光電変換素子の間の少なくとも１つには、表面が凹凸化された中間層が設けられており、上記中間層の凹凸の高さを示す二乗平均値は、２５～６００ｎｍの範囲に設定されており、かつ中間層表面の凹凸の平均線に対する凹凸表面の傾斜角をΘとしたときのｔａｎΘが０．０７～０．２０の範囲に設定されている構成である。

【００３７】

上記の構成により、隣り合う光電変換素子間で起きる逆方向の接合形成で生じた不純物の混合による接合不良等の不具合を防止できるとともに、中間層の凹凸化された表面と光電変換層との接する界面では光が散乱されて光路長を延長させ、光電変換効率の向上が可能となるという効果を奏する。光電変換効率の向上により、光電変換層の膜厚は薄くなる。これにより、光電変換層に要する製膜時間、および製造コストを大幅に減少させることが可能になる。

【００３８】

さらに、本発明によれば、上記凹凸の高さは、その二乗平均値が２５～６００ｎｍの範囲になるように設定されているとともに、上記凹凸の平均線に対する該凹凸表面の傾斜角をΘとしたときのｔａｎΘが０．０７～０．２０の範囲に設定されているので、結晶同士がぶつかることを確実に回避できる。それゆえ、欠陥により光電変換効率が劣化することを確実に防止できる。

【００３９】

また、上記基板において、光が入射される側とは反対側の面が凹凸化されていることがより好ましい。これにより、異なる凹凸が２層存在することで、さらに効果的に光閉込効果を高めることができ、光電変換効率の高い多接合型薄膜太陽電池を得ることができるという効果を奏する。

【００４０】

また、上記凹凸は、透明導電性の材料からなるものであることがより好ましく、光電変換層との界面において、入射光が散乱するため、光路長が長くなり、光閉込効果を高めることが可能になるという効果を奏する。

【００４１】

上記透明導電性の材料からなるものは、主として酸化亜鉛からなることがより好ましく、安価で、耐プラズマ性が高く変質しにくいといった利点を有する多接合型薄膜太陽電池を得ることができるという効果を奏する。

【００４２】
上記凹凸は、上記透明導電性の材料からなるものに対して、エッチングが行われることにより形成されていることがより好ましく、エッチャントの種類、濃度あるいはエッチング時間等を適宜変更することにより、透明導電性の材料の表面形状を容易に制御できるので、所望の凹凸が容易に得られるという効果を奏する。
【００４３】
本発明の多接合型薄膜太陽電池は、上記のように、凹凸の一部である穴は、直径が２００～２０００ｎｍの範囲である略半球状あるいは円錐状の形状を有している構成である。また、上記穴の直径は、４００～１２００ｎｍの範囲であることがより好ましい。
【００４４】
上記の構成により、上記凹凸の高さは、その二乗平均値が２５～６００ｎｍの範囲になると共に、上記凹凸の平均線に対する該凹凸表面の傾斜角をΘとしたときのｔａｎΘが０．０７～０．２０の範囲になり、結晶同士がぶつかることを確実に回避できる。それゆえ、上記欠陥の低減と光閉込の双方を両立させ得る安定で高光電変換効率の多接合型薄膜太陽電池（基板側から光が入射されるタイプの多接合型薄膜太陽電池）を確実に提供できるという効果を奏する。
【００４５】
上記中間層の表面に、少なくとも１つの光電変換素子における活性層は、結晶質シリコンまたはシリコン合金からなることがより好ましく、アモルファスシリコンでは光電変換に利用できない波長７００ｎｍ以上の長波長光も光電変換に利用できるので、高い光電変換効率が得られるとともに、光劣化が抑制された安定な太陽電池を得ることができるという効果を奏する。
【発明を実施するための最良の形態】
【００４６】
［実施の形態］
本発明の多接合型薄膜太陽電池に関する実施の一形態について図１に基づいて説明すれば以下の通りである。
【００４７】
本発明の多接合型薄膜太陽電池２０は、図１に示すように、ガラス基板１１ａ、凹凸表面層１１ｂ、非晶質シリコン光電変換層１２、中間層１３、結晶質シリコン光電変換層１４、裏面反射層１５、裏面電極１６が、この順番で積層されて構成されている。
【００４８】
また、多接合型薄膜太陽電池２０は、非晶質シリコン光電変換層１２、結晶質シリコン光電変換層１４というタイプの異なる複数の光電変換層を有しており、ガラス基板１１ａ側から光が入射するスーパーストレート型の多接合型薄膜太陽電池である。
【００４９】
太陽電池用基板１１は、ガラス基板１１ａと凹凸表面層１１ｂとから構成されている。
【００５０】
ガラス基板１１ａは、太陽電池用基板１１を構成する透明基板である。基板の厚さは、特に限定されるものではないが、構造を支持できる適当な強度や重量を有するように、例えば、０．１～３０ｍｍ程度であればよい。
【００５１】
本実施形態では、この透明基板の材料としてガラスを用いたが、あるいはポリイミドやポリビニルといった２００℃程度の耐熱性を有する樹脂、さらにはそれらが積層されたもの等、種々のものが使用できる。さらには、それらの表面に金属膜、透明導電膜、あるいは絶縁膜等を被覆したものであってもよい。
【００５２】
凹凸表面層１１ｂは、透明導電性の材料からなり、透明導電性の材料である酸化亜鉛をエッチングすることで形成される。酸化錫、酸化インジウム、ＩＴＯ、酸化亜鉛等の透明導電性の材料を用いることで、非晶質シリコン光電変換層１２と凹凸表面層１１ｂとの界

面において、入射光が散乱して光路長が長くなり、後述する中間層の凹凸での効果と併せて、光閉込効果を高めることが可能になる。また、材料として酸化亜鉛を用いることで、安価で、耐プラズマ性が高く変質しにくいといった利点を有する太陽電池用基板１１を得ることができる。

【００５３】

さらに、多接合型薄膜太陽電池２０に入射してきた光を電気に変換する非晶質シリコン光電変換層（光電変換素子）１２は、ｐ型非晶質シリコン層１２ａ、ｉ型非晶質シリコン層１２ｂ、ｎ型シリコン層１２ｃにより構成されている。

【００５４】

同じく、結晶質シリコン光電変換層（光電変換素子）１４は、ｐ型結晶質シリコン層１４ａ、ｉ型結晶質シリコン層１４ｂ、ｎ型シリコン層１４ｃにより構成されている。

【００５５】

中間層１３は、隣り合う光電変換素子の互いに異なる導電型を有する層（非晶質シリコン光電変換層１２および結晶質シリコン光電変換層１４）の間に設けられる層である。この中間層１３は、互いに異なる導電型を有する層が直接接合する場合の、逆方向の接合形成で生じる不純物の混合による接合不良等を防止するために設けられている。

【００５６】

また、中間層１３は、酸化亜鉛からなる透明導電性の材料によって形成されている。

【００５７】

透明導電性の材料としては、他に、酸化錫、酸化インジウム、ＩＴＯ等を用いることができるが、酸化亜鉛を透明導電膜の材料として用いることで、他の材料を用いるよりも、安価で、耐プラズマ性の高い安定した多接合型薄膜太陽電池２０を得ることができる。

【００５８】

また、中間層１３は、これら単一の材料からなるものであっても、またはこれらの材料を含む層を、複数回積層したものであっても構わない。しかし、中間層１３の両表面、特にガラス基板１１ａに対向しない側の表面は透明導電膜からなることが、より好ましい。これらの透明導電膜は、例えばスパッタリング法、常圧ＣＶＤ法、減圧ＣＶＤ法、電子ビーム蒸着法、ゾルゲル法、電析法等の公知の方法により作製できる。その中でも特に、スパッタリング法により作製することは、透明導電膜の透過率や抵抗率を多接合型薄膜太陽電池２０に適したものに制御することが容易であるので望ましい。

【００５９】

なお、中間層１３を形成する透明導電膜中に微量の不純物が添加されていてもよい。例えば、酸化亜鉛を添加した場合では、5×10^{20}～5×10^{21} cm^{-3}程度のガリウムやアルミニウムといった第ＩＩＩＢ族元素あるいは銅のような第ＩＢ族が含有されることにより抵抗率が低減するので、中間層１３として使用するのに適している。

【００６０】

また、これらの透明導電膜の厚さは薄すぎると特性の均一性に問題が生じ、厚すぎると透過率の減少および直列抵抗の増加による光電変換効率の低下やコストの増大を引き起こすため、１～５０ｎｍ程度の厚さであることが好ましい。

【００６１】

本実施形態では、中間層１３の表面の凹凸を設ける手段として、エッチングによる化学的処理を用いた。これにより、中間層１３の表面が透明導電膜からなる場合、エッチャントの種類、濃度あるいはエッチング時間等を適宜変更することにより、透明導電膜の表面形状を容易に制御できる。

【００６２】

エッチャントとして酸またはアルカリ溶液を用いることは、より安価に製造することができる。この際、使用できる酸溶液としては塩酸、硫酸、硝酸、フッ酸、酢酸、蟻酸、過塩素酸等の１種または２種以上の混合物が挙げられる。この中でも、塩酸、酢酸を用いるのが特に好ましい。これらの酸溶液は、例えば０．０５～５重量％程度の濃度で使用できるが、特に酢酸のような比較的弱い酸の場合には、０．１～５重量％程度の濃度で使用す

るのがよい。また、アルカリ溶液としては水酸化ナトリウム、アンモニア、水酸化カリウム、水酸化カルシウム、水酸化アルミニウム等の１種または２種以上の混合物が挙げられるが、この中でも、水酸化ナトリウムを用いるのが特に好ましい。これらのアルカリ溶液は、１～１０重量％程度の濃度で使用するのがよい。

【００６３】

エッチングの他に、中間層１３の表面に凹凸を設ける手段としては、例えば、堆積すると同時に表面に凹凸が形成されるような条件により、中間層１３を形成してもよい。この際、中間層１３表面の凹凸形状は、下地となる非晶質シリコン光電変換層１２の凹凸形状の影響を受けることを考慮して、中間層１３の形成条件を決定すればよい。また、中間層１３表面に対してサンドブラストのような機械加工を行っても、凹凸形状の形成は可能である。

【００６４】

本実施形態において、エッチング後の中間層１３の表面は、凹凸が形成されている。ここで、中間層１３の凹凸高さを示す二乗平均値は、２５～６００ｎｍの範囲に設定されており、かつ中間層１３表面の凹凸部の平均線に対する凹凸部表面の傾斜角をΘとしたときのｔａｎΘが０．０７～０．２０の範囲に設定されている。

【００６５】

これにより、中間層１３表面の凹凸は、結晶質シリコン光電変換層１４（ｐ型結晶質シリコン層１４ａ）と接するように設けられているので、その界面で光が散乱される。この光の散乱は、光路長を延長させ、その結果、結晶質シリコン光電変換層１４での光吸収量が増大する。この光閉込効果により光電変換効率が向上し、結晶質シリコン光電変換層１４の膜厚を薄くでき、結晶質シリコン光電変換層１４の形成に要する製膜時間、および製造コストを大幅に減少させることができる。

【００６６】

また、本発明によれば、上記凹凸の高さは、その二乗平均値が２５～６００ｎｍの範囲になるように設定されているとともに、上記凹凸の平均線に対する該凹凸表面の傾斜角をΘとしたときのｔａｎΘが０．０７～０．２０の範囲に設定されているので、結晶同士がぶつかることを確実に回避できる。それゆえ、欠陥により光電変換効率が劣化することを確実に防止できることから、安定かつ高い光電変換効率を有する多接合型薄膜太陽電池２０を得ることができる。

【００６７】

なお、本発明の効果をさらに効果的に得るために、二乗平均値は、２５～４００ｎｍの範囲であり、かつ、ｔａｎΘは０．０７～０．１５の範囲であれば、より確実に、光閉込効果が大きく、かつ、欠陥数の少ない中間層１３を得ることができる。

【００６８】

さらに、エッチングによって中間層１３の表面は、略半球状あるいは円錐状の穴を有している。該穴の径は２００～２０００ｎｍの範囲になるようにエッチングによって制御されている。

【００６９】

これにより、高さの二乗平均値、および傾斜角をΘとしたときのｔａｎΘについて、上述した光閉込効果の高い好適な範囲（二乗平均値＝２５～６００ｎｍ、かつｔａｎΘ＝０．０７～０．２０）の中間層を再現性よく形成することができる。さらに、上記穴の直径は、４００～１２００ｎｍの範囲にあれば、なお確実に好適な範囲の凹凸を有する中間層を再現性よく形成することができる。

【００７０】

裏面反射層１５は、マグネトロンスパッタリング法により形成された、厚さ５０ｎｍの酸化亜鉛からなる薄膜である。

【００７１】

裏面電極１６は、銀を電子ビーム蒸着法により、５００ｎｍの厚さに形成したものである。この裏面電極１６と凹凸表面層１１ｂとから、電極１７をそれぞれ引き出し、ガラス

基板１１ａ側から光を入射するスーパーストレート型の多接合型薄膜太陽電池２０が構成されている。

【００７２】

以上の構成により、光電変換率が高く、光電変換率を高めるために設けられた中間層１３の凹凸表面上に欠陥の少ない結晶質シリコン光電変換層１４が形成されてなる多接合型薄膜太陽電池２０を得ることができる。

【００７３】

なお、本実施形態では、結晶質シリコン光電変換層１４は、１つの光電変換素子からなる例について説明した。しかし、結晶質シリコン光電変換層１４は、複数の光電変換素子から形成されていてもよく、そのうち少なくとも１つの光電変換素子における活性層（Ｉ型層）が、結晶質シリコンまたはシリコン合金で形成されていればよい。そうすれば、アモルファスシリコンでは光電変換に利用できない波長７００ｎｍ以上の長波長光を十分に利用することができるため、高い光電変換効率および光劣化が抑制された安定な多接合型薄膜太陽電池２０を得ることができる。

【００７４】

特に、中間層１３のガラス基板１１ａに対向しない側の表面に、活性層が結晶質シリコンまたはシリコン合金からなる光電変換素子が形成されている場合には、十分な光閉込効果とともに、欠陥の増大が抑制された、安定かつ高い光電変換効率を有する多接合型薄膜太陽電池２０を得ることができるので、好ましい。なお、上記シリコン合金とは、例えば、シリコンに錫が添加されたSi_xSn_{1-x}、およびゲルマニウムが添加されたSi_xGe_{1-x}等の材料である。

【００７５】

また、本実施形態では、表面が平滑で凹凸層を有する透明導電膜が形成されたガラス基板１１ａを用い、非晶質シリコン光電変換層１２と結晶質シリコン光電変換層１４との間に酸化亜鉛からなる中間層１３を形成した、ガラス基板１１ａ側より光を入射するスーパーストレート型の多接合型薄膜太陽電池２０について説明した。

【００７６】

しかし、本発明は、本実施形態に限定されるものではなく、例えば、下記のような構成にすれば、サブストレート型と呼ばれる多接合型薄膜太陽電池にも適用できる。このサブストレート型の多接合型薄膜太陽電池は、基板上に裏面反射層、凹凸表面層を積層し、光電変換層を上下反対にした構成であり、裏面電極側から光を入射する多接合型薄膜太陽電池である。

【００７７】

さらに、本発明の効果を具体的にするために、実施例１～３、比較例を以下に記す。

【００７８】

（実施例１）

本発明の実施例を、図１を用いて多接合型薄膜太陽電池２０の作製手順を説明すれば、以下の通りである。なお、説明の便宜上、上記実施の形態にて説明した図面と同じ機能を有する部材については、同じ符号を付記し、その説明を省略する。

【００７９】

図１に示す、表面が平滑なガラス基板１１ａの１主面上に、マグネトロンスパッタリング法により基板温度１５０℃で酸化亜鉛を厚さ５００ｎｍとなるように形成した。この酸化亜鉛には$1\times10^{21}cm^{-3}$程度のガリウムが添加されている。この結果、得られた酸化亜鉛のシート抵抗は１０Ω／□であり、波長８００ｎｍの光に対する透過率は８０％であった。

【００８０】

続いて酸化亜鉛表面のエッチングを行った。上記酸化亜鉛が被覆されたガラス基板を液温２５℃の０．５重量％塩酸水溶液に１５秒浸した後、表面を純水で十分に洗浄し、凹凸表面層１１ｂを有する太陽電池用基板１１を得た。

【００８１】

こうして得た太陽電池用基板１１上に、１３．５６ＭＨｚのｐ型非晶質シリコン層１２ａ、ｉ型非晶質シリコン層１２ｂ、ｎ型シリコン層１２ｃを順に積層し、非晶質シリコン光電変換層１２を形成した。ｐ型非晶質シリコン層１２ａは、SiH_4 ガス１２ＳＣＣＭ、H_2 ガス３０ＳＣＣＭ、H_2 ガスにより５０００ｐｐｍに調整されたB_2H_6ガス１ＳＣＣＭ、製膜室圧力２０Ｐａ、放電電力２５Ｗ、基板温度１８０℃の条件で製膜し、１５ｎｍの厚さとした。ｉ型非晶質シリコン層１２ｂは、SiH_4 ガス３０ＳＣＣＭ、H_2 ガス７０ＳＣＣＭ、製膜室圧力３０Ｐａ、放電電力３０Ｗ、基板温度１８０℃の条件で製膜し、３５０ｎｍの厚さとした。ｎ型シリコン層１２ｃは、SiH_4 ガス１０ＳＣＣＭ、H_2 ガスにより１０００ｐｐｍに調整されたPH_3 ガス１００ＳＣＣＭ、製膜室圧力２７Ｐａ、放電電力３０Ｗ、基板温度１８０℃の条件で製膜し、３０ｎｍの厚さとした。

【００８２】

プラズマＣＶＤ装置（図示せず）から一旦取り出し、再度マグネトロンスパッタリング法により中間層１３として酸化亜鉛を基板作製時と同じ条件で作製した。ただしエッチングによる膜厚の減少を考慮して、中間層１３の厚さは２５０ｎｍとした。中間層１３の表面形状を走査型電子顕微鏡で観察したところ、表面での直径が５０～２００ｎｍ程度の略半球状の穴が形成されていることが分かった。

【００８３】

この中間層１３の表面形状を詳細に調べるため、原子間力顕微鏡により表面形状を測定した。上記穴の深さ方向形状から、上記穴の形状は略半球状あるいは円錐状であることが分かった。そして、表面形状の特徴を数値で表現するために、凹凸高さの二乗平均値を凹凸高さを示す指標とした。さらに、表面形状を表す曲線をフーリエ変換した際に得られる正弦型曲線の最頻出波長Ｗを凹凸ピッチの指標とし、表面凹凸の平均線に対する凹凸表面の傾きをΘとすると、ｔａｎΘ＝２ＲＭＳ／（Ｗ／２）＝４ＲＭＳ／Ｗであり、ＲＭＳおよびｔａｎΘの値を凹凸形状の指標とした。この時の凹凸高さＲＭＳは１２ｎｍであり、ｔａｎΘは０．０５であった。

【００８４】

その後、液温２５℃の０．５重量％塩酸水溶液に１５秒浸して中間層１３表面をエッチングした。表面を純水で十分に洗浄した後、中間層１３表面形状を走査型電子顕微鏡で観察したところ、表面での直径が４００～１２００ｎｍ程度の略半球状の穴が多数形成されていた。

【００８５】

この中間層１３の表面形状を詳細に調べるため、原子間力顕微鏡により表面形状を測定した。本実施例の凹凸表面層表面に形成された穴の形状は、エッチング前と同様に略半球状あるいは円錐状であったが、本実施例での凹凸高さＲＭＳは３２ｎｍであり、ｔａｎΘは０．１０であった。

【００８６】

再び高周波プラズマＣＶＤ法により、中間層１３上に１３．５６ＭＨｚの高周波を用いたプラズマＣＶＤ法によりｐ型結晶質シリコン層１４ａ、ｉ型結晶質シリコン層１４ｂ、ｎ型シリコン層１４ｃを順に積層し、結晶質シリコン光電変換層１４を形成した。ｐ型結晶質シリコン層１４ａは、SiH_4 ガス３ＳＣＣＭ、H_2 ガス６００ＳＣＣＭ、H_2 ガスにより５０００ｐｐｍに調整されたB_2H_6ガス１ＳＣＣＭ、製膜室圧力２００Ｐａ、放電電力２５Ｗ、基板温度１４０℃の条件で製膜し、３０ｎｍの厚さとした。ｉ型結晶質シリコン層１４ｂは、SiH_4 ガス１１ＳＣＣＭ、H_2 ガス３５０ＳＣＣＭ、製膜室圧力２００Ｐａ、放電電力２０Ｗ、基板温度１４０℃の条件で製膜し、２５００ｎｍの厚さとした。ｎ型シリコン層１４ｃは、SiH_4 ガス１０ＳＣＣＭ、H_2 ガスにより１０００ｐｐｍに調整されたPH_3 ガス１００ＳＣＣＭ、製膜室圧力２７Ｐａ、放電電力３０Ｗ、基板温度１８０℃の条件で製膜し、３０ｎｍの厚さとした。

【００８７】

プラズマＣＶＤ装置（図示せず）から取り出した後、得られた光電変換層に対してＸ線

回折法を行ったところ、（２２０）Ｘ線回折ピークの積分強度I_{220}と（１１１）Ｘ線回折ピークの積分強度I_{111}の比I_{220}/I_{111}は２．９であった。ここで、実際に得られたＸ線回折ピークは結晶質シリコン光電変換層中のｉ型層単体の情報ではないが、ｉ型層に比べてｐ型層およびｎ型層の膜厚は非常に薄いので、ｉ型層の結晶配向性を反映しているものとして差し支えない。

【００８８】

その後、マグネトロンスパッタリング法により裏面反射層１５として酸化亜鉛を厚さ５０ｎｍ、電子ビーム蒸着法により裏面電極１６として銀を厚さ５００ｎｍで形成し、ガラス基板１１ａ側から光を入射するスーパーストレート型の多接合型薄膜太陽電池２０とした。なお、セル面積は１ｃｍ^{2}であった。

【００８９】

この多接合型薄膜太陽電池２０の、ＡＭ１．５（１００ｍＷ／ｃｍ^2）照射条件下における電流－電圧特性を測定したところ、短絡電流は１２．８ｍＡ／ｃｍ^2、開放電圧は１．２０５Ｖ、形状因子は０．６９５、光電変換効率は１０．７２％であった。

【００９０】

以上の結果から、中間層１３の二乗平均値＝３２ｎｍ、かつｔａｎΘ＝０．１０という中間層１３の表面形状は、良好な光電変換率を得るための条件に合致していることが分かった。また、上記と同様に、本実施例のように、中間層１３の穴の直径が４００～１２００ｎｍであれば、良好な光電変換率を得るための条件に合致していることが分かった。

【００９１】

（実施例２）

本発明の多接合型薄膜太陽電池の他の実施例について、説明すれば、以下のとおりである。なお、説明の便宜上、上記実施の形態１にて説明した図面と同じ機能を有する部材については、同じ符号を付記し、その説明を省略する。

【００９２】

本実施例は、中間層１３の表面の凹凸形状を、下地となる凹凸表面層１１ｂの凹凸の高さを制御することで、中間層１３の表面にエッチングを行わずに制御した一例を示している。凹凸表面層１１ｂを形成する酸化亜鉛表面のエッチング時間を４５秒とした以外は、実施例１と同様にして作製した。これにより、凹凸表面層１１ｂの凹凸高さは大きくなり、中間層１３表面の凹凸の高さは、下地となる凹凸表面層１１ｂの凹凸の増大化の影響を受けることが予想される。

【００９３】

太陽電池用基板１１の上に、実施例１と同様にして非晶質シリコン光電変換層１２、中間層１３を形成した。この時、中間層１３の表面形状を走査型電子顕微鏡で観察したところ、表面での直径が２００～１４００ｎｍ程度の略半球状の穴が多数形成されていることが分かった。

【００９４】

この中間層１３の表面形状を詳細に調べるため、原子間力顕微鏡により表面形状を測定した。本実施例の中間層１３の表面に形成された凹凸の穴の形状は、実施例１の場合と同様に略半球状あるいは円錐状であったが、本実施例での凹凸高さＲＭＳは２８ｎｍであり、ｔａｎΘは０．０８であった。

【００９５】

この中間層１３表面のエッチングを行うことなく、結晶質シリコン光電変換層１４を形成した後にＸ線回折法を行ったところ、（２２０）Ｘ線回折ピークの積分強度I_{220}と（１１１）Ｘ線回折ピークの積分強度I_{111}の比I_{220}/I_{111}は３．０であり、実施例１の場合とほぼ同値であった。

【００９６】

この結果から、中間層１３にエッチングを行わなくても、実施例１で得られた凹凸形状とほぼ同等の光閉込効果を得られる凹凸を中間層１３表面に得ることができることがわかる。

【００９７】
この多接合型薄膜太陽電池２０のＡＭ１．５（１００ｍＷ／ｃｍ^2）照射条件下における電流－電圧特性を測定したところ、短絡電流は１３．６ｍＡ／ｃｍ^2、開放電圧は１．２０４Ｖ、形状因子は０．６９４、光電変換効率は１１．３６％であった。
【００９８】
実施例１の場合と比較すると、開放電圧および形状因子の値はほとんど変化していないが、短絡電流の値が増加していることが分かる。このことは、太陽電池用基板１１側に設けられた凹凸表面層１１ｂによる光閉込効果と併せて、中間層１３表面の構造が好適に設定されていることにより、結晶質シリコン光電変換層１４の形成中に多量の欠陥が導入されていない効果が得られたものと考えられる。
【００９９】
この結果から、二乗平均値＝２８ｎｍ、かつｔａｎΘ＝０．０８という中間層１３の形状は、実施例１の凹凸形状よりも高い光電変換率が得られることが分かった。また、上記と同様に、本実施例のように、中間層１３の穴の直径が２００～１４００ｎｍであれば、良好な光電変換率を得るための条件に合致していることが分かった。
【０１００】
（実施例３）
本発明の多接合型薄膜太陽電池のさらに他の実施例について、説明すれば、以下のとおりである。なお、説明の便宜上、上記実施の形態にて説明した図面と同じ機能を有する部材については、同じ符号を付記し、その説明を省略する。
【０１０１】
本実施例は、中間層１３の表面の凹凸形状を、中間層１３の表面にエッチングを行うことで制御した以外は、実施例２と同様に実施した別の一例である。これにより、実施例１よりも中間層１３の表面の凹凸が大きくなることが予想される。
【０１０２】
実施例２と同様にして作製した太陽電池用基板１１の上に、実施例２と同様にして非晶質シリコン光電変換層１２、さらに中間層１３を形成した。ただし、エッチングによる膜厚の減少を考慮して、中間層１３の厚さは５０ｎｍとした。その後、液温２５℃の０．５重量％塩酸水溶液に１５秒浸して中間層１３表面をエッチングした。表面を純水で十分に洗浄した後、中間層１３表面形状を走査型電子顕微鏡で観察したところ、表面での直径が４００～１２００ｎｍ程度の略半球状の穴が多数形成されていた。
【０１０３】
この中間層１３の表面形状を詳細に調べるため、原子間力顕微鏡により表面形状を測定した。本実施例の凹凸表面層表面に形成された穴の形状は、実施例２の場合と同様に略半球状あるいは円錐状であったが、本実施例での凹凸高さＲＭＳは４０ｎｍであり、ｔａｎΘは０．１３であった。
【０１０４】
さらに、結晶質シリコン光電変換層１４を形成した後にＸ線回折法を行ったところ、（２２０）Ｘ線回折ピークの積分強度I_{220}と（１１１）Ｘ線回折ピークの積分強度I_{111}の比I_{220}/I_{111}は２．８であり、実施例１の場合とほぼ同値であった。
【０１０５】
この多接合型薄膜太陽電池２０のＡＭ１．５（１００ｍＷ／ｃｍ^2）照射条件下における電流－電圧特性を測定したところ、短絡電流は１４．４ｍＡ／ｃｍ^2、開放電圧は１．２０７Ｖ、形状因子は０．６９３、光電変換効率は１２．０５％であった。
【０１０６】
実施例２の場合と比較すると、開放電圧および形状因子の値はほとんど変化していないが、短絡電流の値が増加していることが分かる。中間層１３表面にエッチングを行うことで、より好適な凹凸形状が得られたものと考えられる。
【０１０７】
この結果から、二乗平均値＝４０ｎｍ、かつｔａｎΘ＝０．１３という中間層１３の形

状により、実施例２よりもさらに高い光電変換効率が得られることが分かった。また、上記と同様に、本実施例のように、中間層１３の穴の直径が４００～１２００ｎｍであれば、実施例２よりもさらに高い光電変換率が得られることが分かった。

【０１０８】

（比較例）

本発明の薄膜太陽電池の比較例について説明すれば、以下のとおりである。

【０１０９】

本比較例では、中間層の膜厚を５ｎｍとしてエッチングを行わないこと以外は実施例１と同様にして多接合型薄膜太陽電池を作製した。これにより、上記実施例１～３と比較して、中間層表面の凹凸高さが小さくなることが予想される。

【０１１０】

中間層の表面形状を走査型電子顕微鏡で観察したところ、表面での直径が５０～２００ｎｍ程度の略半球状の穴が多数形成されていることが分かった。

【０１１１】

この中間層の表面形状を詳細に調べるため、原子間力顕微鏡により表面形状を測定した。本比較例の中間層表面に形成された穴の形状は、実施例１の場合と同様に略半球状あるいは円錐状であったが、本比較例での凹凸高さＲＭＳは１４ｎｍであり、ｔａｎΘは０．０５であり、上記実施例１～３の結果よりも、凹凸高さが小さくなっていた。

【０１１２】

さらに、結晶質シリコン光電変換層を形成した後にＸ線回折法を行ったところ、（２２０）Ｘ線回折ピークの積分強度I_{220}と（１１１）Ｘ線回折ピークの積分強度I_{111}の比I_{220}/I_{111}は３．０であり、実施例２の場合とほぼ同値である。

【０１１３】

この多接合型薄膜太陽電池のＡＭ１．５（１００ｍＷ／ｃｍ^2）照射条件下における電流－電圧特性を測定したところ、短絡電流は１０．７ｍＡ／ｃｍ^2、開放電圧は１．２０５Ｖ、形状因子は０．６９８、光電変換効率は９．００％であった。実施例１の場合と比較すると、開放電圧および形状因子の値はほとんど変化していないが、短絡電流の値が減少していることが分かる。すなわち、エッチング時間が不十分であるために、中間層表面の凹凸の構造が光閉込効果を発するには不十分なものとなっていると考えられる。

【０１１４】

この結果から、中間層の二乗平均値が１４ｎｍ、かつｔａｎΘが０．０５では、良好な光閉込効果を有する凹凸表面層を得られないことがわかった。また、凹凸表面層の凹凸の穴の直径が５０～２００ｎｍでは、上記と同様に、良好な光閉込効果の得られる中間層を得られないことがわかった。

【０１１５】

以上の実施例１～３、比較例の各結果から、良好な光閉込効果を利用するためには、凹凸高さの二乗平均値が２５～６００ｎｍの範囲であり、かつｔａｎΘが、０．０７～０．２０の範囲であればよいことが分かった。

【０１１６】

よって、本発明の中間層表面の凹凸層構造により、結晶質シリコン層の形成中に多量の欠陥が導入されることなく、高い光電変換効率を有する多接合型薄膜太陽電池を製造できることが明らかとなった。

【０１１７】

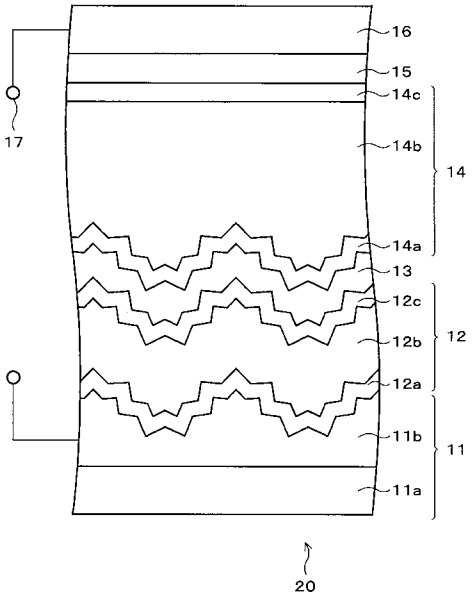
なお、基板上に、複数の光電変換素子を積層してなる光電変換層を有しており、さらに隣り合う光電変換素子間の少なくとも一つには、中間層が設けられており、該中間層の少なくとも上記基板に対向しない側の表面は、高さの二乗平均値は、２５～６００ｎｍの範囲にあり、かつ傾斜角をΘとしたときのｔａｎΘが、０．０７～０．２０の範囲にある凹凸を有している多接合型薄膜太陽電池であってもよい。

【０１１８】

また、上記中間層の少なくとも上記基板に対向しない側の表面は、透明導電膜からなる

面であることを特徴とする多接合型薄膜太陽電池であってもよい。
【０１１９】
また、上記中間層の少なくとも上記基板に対向しない側の表面凹凸は、透明導電膜が被覆されてなる面をエッチングすることで作製されていることを特徴とする多接合型薄膜太陽電池であってもよい。
【０１２０】
また、上記凹凸は、略半球状あるいは円錐状の穴であり、該穴の直径は、２００～２００ｎｍの範囲にあることを特徴とする多接合型薄膜太陽電池であってもよい。
【０１２１】
また、上記透明導電膜は、主として酸化亜鉛からなることを特徴とする多接合型薄膜太陽電池であってもよい。
【０１２２】
上記中間層の少なくとも前記基板に対向しない側の表面に、活性層が結晶質シリコンまたはシリコン合金からなる光電変換素子が形成されていることを特徴とする多接合型薄膜太陽電池であってもよい。
【０１２３】
中間層表面を、高さの二乗平均値は２５～６００ｎｍの範囲にあり、かつ傾斜角をΘとしたときのｔａｎΘが０．０７～０．２０の範囲にある凹凸構造とすることにより、光電変換層中の欠陥を増大させることなく、光閉込効果による光吸収量を増大させることが可能になり、安定かつ高い光電変換効率を有する多接合型薄膜太陽電池を安価に製造できる。
【図面の簡単な説明】
【０１２４】
【図１】本発明の多接合型薄膜太陽電池構造を示す模式図である。
【符号の説明】
【０１２５】
１１　太陽電池用基板
１１ａ　ガラス基板
１１ｂ　凹凸表面層
１２　非晶質シリコン光電変換層（光電変換素子）
１２ａ　ｐ型非晶質シリコン層
１２ｂ　ｉ型非晶質シリコン層
１２ｃ　ｎ型シリコン層
１３　中間層
１４　結晶質シリコン光電変換層（光電変換素子）
１４ａ　ｐ型結晶質シリコン層
１４ｂ　ｉ型結晶質シリコン層
１４ｃ　ｎ型シリコン層
１５　裏面反射層
１６　裏面電極
１７　電極
２０　多接合型薄膜太陽電池

【図１】



フロントページの続き

(74)代理人　100080034
弁理士　原　謙三
(72)発明者　和田　健司
大阪府大阪市阿倍野区長池町２２番２２号　シャープ株式会社内
(72)発明者　奈須野　善之
大阪府大阪市阿倍野区長池町２２番２２号　シャープ株式会社内
(72)発明者　近藤　道雄
茨城県つくば市東１－１－１　独立行政法人産業技術総合研究所　つくばセンター内
(72)発明者　松田　彰久
茨城県つくば市東１－１－１　独立行政法人産業技術総合研究所　つくばセンター内
Ｆターム(参考) 5F051 AA03　AA04　AA05　DA16　DA18　FA02　FA19　GA03　GA14