

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5383792号
(P5383792)

(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 31/06 (2012.01)

H O 1 L 31/04

A

請求項の数 20 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2011-507126 (P2011-507126)
 (86) (22) 出願日 平成22年3月25日 (2010.3.25)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2010/055195
 (87) 国際公開番号 W02010/113750
 (87) 国際公開日 平成22年10月7日 (2010.10.7)
 審査請求日 平成25年1月22日 (2013.1.22)
 (31) 優先権主張番号 特願2009-81023 (P2009-81023)
 (32) 優先日 平成21年3月30日 (2009.3.30)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000001889
 三洋電機株式会社
 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号
 (74) 代理人 100131071
 弁理士 ▲角▼谷 浩
 (72) 発明者 浅海 利夫
 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三
 洋電機株式会社内
 (72) 発明者 坂田 仁
 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三
 洋電機株式会社内

審査官 吉野 三寛

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 太陽電池

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

受光面および裏面を有する半導体基板（10）と、

前記半導体基板の裏面上の所定領域に形成された第1導電型の第1半導体層（12a）と、

前記半導体基板の裏面上から前記第1半導体層の表面上に跨って形成された第2導電型の第2半導体層（13a）と、

前記第1半導体層と前記第2半導体層との間に形成され、前記第1導電型の不純物を実質的に含まない半導体または絶縁体からなるキャップ層（30、31、32）とを備える、太陽電池（100、150、200、250）。

【請求項 2】

前記キャップ層は、前記第1半導体層の少なくとも上面と前記第2半導体層との間に形成されている、請求項1に記載の太陽電池。

【請求項 3】

前記キャップ層は、前記第 1 半導体層の上面および側面と前記第 2 半導体層との間に形成されている、請求項 2 に記載の太陽電池。

【請求項 4】

前記キャップ層は、半導体からなる、請求項 1 に記載の太陽電池。

【請求項 5】

前記キャップ層は、絶縁体からなる、請求項 1 に記載の太陽電池。

【請求項 6】

10

前記第 2 半導体層および前記キャップ層は、コンタクトホール（50）を含み、

前記コンタクトホールを介して第 1 半導体層に接触するように形成された電極層（20c）をさらに備える、請求項 5 に記載の太陽電池。

【請求項 7】

前記キャップ層の厚みは、前記第 1 半導体層および前記第 2 半導体層の厚みよりも小さい、請求項 1 に記載の太陽電池。

【請求項 8】

20

前記半導体基板と、前記第 1 半導体層および前記第 2 半導体層との間に形成された略真性の第 3 半導体層（11）をさらに備える、請求項 1 に記載の太陽電池。

【請求項 9】

前記第 3 半導体層は、前記半導体基板の裏面上の前記第 1 半導体層が形成される前記所定領域および前記所定領域に隣接する領域に形成されており、

前記第 2 半導体層は、前記第 3 半導体層の表面上から前記キャップ層の表面上に跨って形成されている、請求項 8 に記載の太陽電池。

【請求項 10】

30

前記第 3 半導体層は、前記半導体基板の裏面上の前記第 1 半導体層が形成される前記所定領域に形成される第 4 半導体層（12b）を含む、請求項 8 に記載の太陽電池。

【請求項 11】

前記第 3 半導体層は、前記半導体基板の裏面上の前記第 1 半導体層が形成される前記所定領域に隣接する領域から前記キャップ層の表面上に跨って形成される第 5 半導体層（13b）をさらに含む、請求項 10 に記載の太陽電池。

【請求項 12】

40

前記第 3 半導体層は、非晶質半導体層である、請求項 8 に記載の太陽電池。

【請求項 13】

前記キャップ層は、前記第 1 半導体層と同じ半導体材料からなる、請求項 1 に記載の太陽電池。

【請求項 14】

前記キャップ層は、前記第 1 導電型の不純物だけでなく、前記第 2 導電型の不純物も含まない、請求項 1 に記載の太陽電池。

【請求項 15】

50

前記キャップ層は、真性の非晶質半導体層である、請求項 1 4 に記載の太陽電池。

【請求項 1 6】

前記半導体基板は、結晶系半導体基板である、請求項 1 に記載の太陽電池。

【請求項 1 7】

前記半導体基板は、第 2 導電型の単結晶半導体基板である、請求項 1 6 に記載の太陽電池。

【請求項 1 8】

10

前記半導体基板の受光面上に形成された光入射側構造体 (1 5) をさらに備える、請求項 1 に記載の太陽電池。

【請求項 1 9】

前記光入射側構造体は、少なくとも光反射防止膜 (1 5 b) を含む、請求項 1 8 に記載の太陽電池。

【請求項 2 0】

前記光入射側構造体は、前記光反射防止膜に加えて、パッシベーション膜 (1 5 a) を含む、請求項 1 9 に記載の太陽電池。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、裏面接合型の太陽電池に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

従来、基板の裏面上に半導体層を備える、いわゆる裏面接合型の太陽電池が提案されている。

30

【0 0 0 3】

特開 2 0 0 5 - 1 0 1 1 5 1 号公報には、受光面および裏面を有する半導体基板と、半導体基板の裏面上に形成された i 型の半導体層と、i 型の半導体層の表面上の所定領域に形成された p 型の半導体層と、i 型の半導体層の表面上から p 型の半導体層の表面上に跨って形成された n 型の半導体層とを備えた光起電力素子が開示されている。特開 2 0 0 5 - 1 0 1 1 5 1 号公報に記載の光起電力素子は、半導体基板の裏面上に i 型の半導体層を形成する工程と、i 型の半導体層の表面上の所定領域に p 型の半導体層を形成する工程と、i 型の半導体層の表面上から p 型の第 1 半導体層の表面上に跨って n 型の第 2 半導体層を形成する工程とを経てプラズマ C V D 法により製造される。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 4】

【特許文献 1】特開 2 0 0 5 - 1 0 1 1 5 1 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 5】

50

しかしながら、特開 2005-101151 号公報に記載の光起電力素子をプラズマ CVD 法により製造する場合では、i 型の半導体層の表面上から p 型の第 1 半導体層の表面上に跨って n 型の半導体層を形成する工程において発生させるプラズマにより、p 型の半導体層中に含まれる p 型不純物が層中から脱離する。そして、脱離した p 型不純物は、p 型の半導体層の表面および i 型の半導体層の表面に付着する。その結果、半導体基板と n 型の半導体層との間に不所望の p 型不純物が混入するため、太陽電池の特性が低下する可能性があり、良好な太陽電池特性を有する太陽電池を高い歩留りで製造することが困難であるという問題点がある。

【0006】

10

本発明は、上記のような課題を解決するためになされたものであり、この発明の一つの目的は、不所望の不純物の混入を抑制し、良好な太陽電池特性を有する太陽電池を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の一の局面による太陽電池は、受光面および裏面を有する半導体基板と、半導体基板の裏面上の所定領域に形成された第 1 導電型の第 1 半導体層と、半導体基板の裏面上から第 1 半導体層の表面上に跨って形成された第 2 導電型の第 2 半導体層と、第 1 半導体層と第 2 半導体層との間に形成され、第 1 導電型の不純物を実質的に含まない半導体または絶縁体からなるキャップ層とを備える。

20

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、良好な太陽電池特性を有する裏面接合型の太陽電池を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図 1】本発明の第 1 実施形態による太陽電池の裏面の平面図である。

30

【図 2】図 1 の 300-300 線に沿った拡大断面図である。

【図 3】本発明の第 1 実施形態による太陽電池の製造工程を説明するための断面図である。

。

【図 4】本発明の第 1 実施形態による太陽電池の製造工程を説明するための断面図である。

。

【図 5】本発明の第 1 実施形態による太陽電池の製造工程を説明するための断面図である。

。

【図 6】本発明の第 2 実施形態による太陽電池の断面図である。

【図 7】本発明の第 3 実施形態による太陽電池の断面図である。

【図 8】本発明の第 3 実施形態による太陽電池の製造工程を説明するための断面図である。

40

。

【図 9】本発明の第 3 実施形態による太陽電池の製造工程を説明するための断面図である。

。

【図 10】本発明の第 3 実施形態による太陽電池の製造工程を説明するための断面図である。

【図 11】本発明の第 3 実施形態による太陽電池の製造工程を説明するための断面図である。

【図 12】本発明の第 4 実施形態による太陽電池の断面図である。

【図 13】本発明の第 4 実施形態による太陽電池の製造工程を説明するための断面図である。

50

【図 1 4】本発明の第 3 実施形態による太陽電池の出力とキャップ層の厚みとの関係を示す特性図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

次に、図面を用いて本発明の実施形態について説明する。以下の図面の記載において、同一または類似の部分には、同一または類似の符号を付している。ただし、図面は模式的なものであり、各寸法の比率などは現実のものとは異なることに留意すべきである。したがって、具体的な寸法などは以下の説明を参酌して判断すべきものである。また、図面相互間においても互いの寸法の関係や比率が異なる部分が含まれていることは勿論である。

10

【0011】

[第 1 実施形態]

(太陽電池の構成)

本発明の第 1 実施形態による太陽電池 100 の構成について、図 1 および図 2 を参照して説明する。

【0012】

20

図 1 および図 2 に示すように、太陽電池 100 には、半導体からなる基板 10 が設けられている。図 2 に示すように、基板 10 は、薄板状の半導体基板であり、p 型または n 型の導電性を有する。基板 10 は、単結晶シリコンや多結晶シリコンのような結晶シリコン、GaAs や InP のような化合物半導体、その他板状に形成することができる半導体により形成されている。なお、基板 10 は、本発明の「半導体基板」の一例である。

【0013】

基板 10 は、受光面 A と裏面 B とを有している。受光面 A は、光が入射する面である。裏面 B は、受光面 A とは反対側の面である。受光面 A および裏面 B は、共に基板 10 の主面である。また、裏面 B は、第 1 領域 B1 と第 2 領域 B2 とを有している。

30

【0014】

受光面 A に入射する光によって、基板 10 内でキャリアが生成される。キャリアとは、光が基板 10 に吸収されて生成される電子と正孔とをいう。

【0015】

太陽電池 100 の基板 10 の受光面 A 側には、光入射側構造体 15 が設けられている。また、太陽電池 100 の基板 10 の裏面 B 側には、i 型非晶質半導体層 11、p 型非晶質半導体層 12a、n 型非晶質半導体層 13a、p 側電極 20a および n 側電極 20b が設けられている。なお、i 型非晶質半導体層 11 は、本発明の「第 3 半導体層」の一例であり、p 型非晶質半導体層 12a は、本発明の「第 1 半導体層」の一例であり、n 型非晶質半導体層 13a は、本発明の「第 2 半導体層」の一例である。

40

【0016】

この構成の太陽電池では、基板 10 が n 型の導電性を有する場合には、基板 10 と p 型非晶質半導体層 12a との間でキャリア分離用の電界を形成するための接合が形成されるとともに、基板 10 と n 型非晶質半導体層 13a との間で少数キャリアの再結合を防止するための電界を形成するための接合が形成される。また、基板 10 が p 型の導電性を有する場合には、基板 10 と n 型非晶質半導体層 13a との間でキャリア分離用の電界を形成するための接合が形成されるとともに、基板 10 と p 型非晶質半導体層 12a との間で少

50

数キャリアの再結合を防止するための電界を形成するための接合が形成される。

【0017】

光入射側構造体15は、入射光の一部を半導体基板10側に透過させるように構成されている。したがって、入射光の一部は、光入射側構造体15を透過して半導体基板10の受光面Aに入射する。また、光入射側構造体15の光透過率は、半導体基板10に入射する光の量を増大させるために大きいことが好ましい。したがって、光入射側構造体15は、たとえば金属層などの光透過率の小さい層を含まないことが好ましい。

【0018】

10

また、光入射側構造体15は、パッシベーション膜15aと光反射防止膜15bとから構成されている。光入射側構造体15は、非晶質半導体層、シリコン酸化物層、シリコン窒化物層の単層またはこれらの積層構造から構成される。なお、光入射側構造体15の構成は、これに限られるものではなく、種々の構成をとることができる。

【0019】

i型非晶質半導体層11は、基板10の裏面Bの略全面上に形成されている。具体的には、i型非晶質半導体層11は、基板10の裏面Bのp型非晶質半導体層12aが形成される第1領域B1上および第1領域B1に隣接する第2領域B2上に形成されている。また、i型非晶質半導体層11は、半導体基板10と、p型非晶質半導体層12aおよびn型非晶質半導体層13aとの間に形成されている。また、i型非晶質半導体層11は、p型およびn型の不純物を積極的に導入しない雰囲気中において形成される。すなわち、i型非晶質半導体層11は、略真性の導電型を有している。なお、i型非晶質半導体層11は、p型およびn型の不純物を実質的に含まないが、微量の不純物を含んでいてもよい。たとえば、原料ガス中に不純物を含まない場合であっても、基板トレイやチャンバー壁に付着した膜から脱離した不純物の混入が生じる場合があり、この場合、i型非晶質半導体層11には微量の不純物が含まれる。i型非晶質半導体層11の厚みは、実質的に発電に寄与しない程度であり、たとえば数nm~25nm程度である。

20

【0020】

30

p型非晶質半導体層12aは、基板10の裏面Bにおける第1領域B1上に形成されている。第1実施形態では、p型非晶質半導体層12aは、基板10の裏面Bにおける第1領域B1上において、i型非晶質半導体層11の表面上に形成されている。p型非晶質半導体層12aの厚みは、たとえば10nm程度である。

【0021】

n型非晶質半導体層13aは、i型非晶質半導体層11の表面の略全面上に形成されている。具体的には、n型非晶質半導体層13aは、i型非晶質半導体層11の表面上から後述するキャップ層30の表面上に跨って形成されている。

【0022】

40

i型非晶質半導体層11、p型非晶質半導体層12aおよびn型非晶質半導体層13aは、それぞれシリコンを含む水素化非晶質半導体により構成されていることが好ましい。このような非晶質半導体としては、非晶質シリコン、非晶質シリコンカーバイド、または非晶質シリコンゲルマニウムなどがある。なお、i型非晶質半導体層11、p型非晶質半導体層12aおよびn型非晶質半導体層13aは、これらの材料に限らず、他の非晶質半導体により構成されていてもよいし、非晶質半導体に限らず、他の薄膜半導体により構成されていてもよい。

【0023】

50

また、i 型非晶質半導体層 1 1、p 型非晶質半導体層 1 2 a および n 型非晶質半導体層 1 3 a は、層全体が完全な非晶質状態のものに限らず、一部に結晶領域を有していてもよい。たとえば、層中に多数の微小な結晶領域を含む、いわゆる微結晶状態のものであってもよい。また、i 型非晶質半導体層 1 1、p 型非晶質半導体層 1 2 a および n 型非晶質半導体層 1 3 a は、単層であってもよく、多層であってもよい。

【0024】

p 側電極 2 0 a は、キャリアを収集する電極である。p 側電極 2 0 a は、n 型非晶質半導体層 1 3 a を間に挟んで p 型非晶質半導体層 1 2 a 上に形成されている。したがって、p 側電極 2 0 a は、基板 1 0 の裏面 B の第 1 領域 B 1 上に形成されている。

10

【0025】

n 側電極 2 0 b は、キャリアを収集する電極である。n 側電極 2 0 b は、n 型非晶質半導体層 1 3 a を間に挟んで、基板 1 0 の裏面 B の第 2 領域 B 2 上に形成されている。また、n 側電極 2 0 b は、基板 1 0 の裏面 B の第 2 領域 B 2 上において、n 型非晶質半導体層 1 3 a の表面上に形成されている。

【0026】

p 側電極 2 0 a および n 側電極 2 0 b は、金属材料や導電性ペースト材料により形成されている。また、p 側電極 2 0 a および n 側電極 2 0 b は、スパッタ法、蒸着法、メッキ法、または印刷法などの種々の方法により形成されている。

20

【0027】

ここで、第 1 実施形態においては、p 型非晶質半導体層 1 2 a と n 型非晶質半導体層 1 3 a との間にキャップ層 3 0 が形成されている。具体的には、キャップ層 3 0 は、p 型非晶質半導体層 1 2 a の上面と n 型非晶質半導体層 1 3 a との間に形成されている。キャップ層 3 0 の厚みは、p 型非晶質半導体層 1 2 a および n 型非晶質半導体層 1 3 a の厚みよりも小さくなるように構成されている。また、キャップ層 3 0 は、下地となる p 型非晶質半導体層 1 2 a から p 型不純物が脱離することを抑制するように構成されている。

【0028】

30

キャップ層 3 0 は、下地となる半導体層中に含まれるドーピング用不純物を実質的に含まない半導体または絶縁体によって構成されている。なお、キャップ層 3 0 は、不純物を実質的に含まないが、微量の不純物を含んでいてもよい。たとえば、原料ガス中に不純物を含まない場合にも、基板トレイやチャンバー壁に付着した膜から脱離した不純物の混入が生じる場合があり、この場合、キャップ層 3 0 には微量の不純物が含まれる。第 1 実施形態においては、キャップ層 3 0 は、p 型不純物を含まない材料によって構成されているので、n 型非晶質半導体層 1 3 a を形成するためのプラズマによって、キャップ層 3 0 から p 型不純物が脱離することがない。したがって、キャップ層 3 0 は、n 型非晶質半導体層 1 3 a を形成するためのプラズマによって、p 型非晶質半導体層 1 2 a から p 型不純物が脱離することを抑制することができる。これにより、基板 1 0 と n 型非晶質半導体層 1 3 a との間に、意図しない p 型不純物が混入することを抑制することができるので、太陽電池特性を向上させることができる。

40

【0029】

また、キャップ層 3 0 は、n 型不純物を含まない材料によって構成されていることが好ましい。すなわち、キャップ層 3 0 は、p 型不純物だけでなく n 型不純物も含まない材料によって構成されていることが好ましい。この場合、n 型非晶質半導体層 1 3 a を形成するためのプラズマによって、キャップ層 3 0 から p 型不純物および n 側不純物が脱離することを抑制することができる。また、キャップ層 3 0 は、n 型非晶質半導体層 1 3 a を形

50

成するためのプラズマによって、p型非晶質半導体層12aからp型不純物が脱離することを抑制することができる。したがって、キャップ層30は、基板10とn型非晶質半導体層13aとの間に、不所望なp型不純物およびn型不純物が含まれることを抑制することができる。これにより、基板10とn型非晶質半導体層13aとの間の接合を設計通り形成することができるので、より一層太陽電池特性を向上させることができる。

【0030】

また、キャップ層30は、下地となる半導体層に大きな悪影響を与える不純物を含まないことが好ましい。たとえば、キャップ層30は、有機物やアルカリ成分を含まないことが好ましい。この場合、n型非晶質半導体層13aを形成するためのプラズマによって、キャップ層30から構成元素の一部が脱離したとしても、脱離した元素が下地となる半導体層に悪影響を及ぼすことを抑制することができる。これにより、基板10とn型非晶質半導体層13aとの間の接合特性の低下を抑制することができるので、太陽電池特性を良好に維持することができる。

10

【0031】

また、キャップ層30は、下地となる半導体層と同じ半導体材料により構成されていることが好ましい。たとえば、第1実施形態では下地がp型非晶質半導体層12aなので、キャップ層30は非晶質半導体材料により構成されていることが好ましい。非晶質半導体により構成されるキャップ層30は、p型非晶質半導体層12aと類似の条件で形成することができる。これにより、キャップ層30を形成する際の雰囲気によって、p型非晶質半導体層12aが過剰な影響を受けることを抑制することができる。また、p型非晶質半導体層12aの特性の低下を抑制することができるので、太陽電池特性のより一層の向上を図ることができる。

20

【0032】

また、キャップ層30は、酸化シリコンなどの金属酸化物や窒化シリコンなどの金属窒化物などの無機絶縁物により構成されていることが好ましい。キャップ層30を、無機絶縁物から構成すると、n型非晶質半導体層13aを形成するためのプラズマによって、キャップ層30からp型不純物やn型不純物が脱離することを抑制することができる。また、無機絶縁物は、半導体材料に比べて高いプラズマ耐性を有するので、キャップ層30の構成元素の脱離も抑制することができる。したがって、キャップ層30は、基板10とn型非晶質半導体層13aとの間に、p型不純物やn型不純物などの不所望の不純物が含まれることを抑制することができる。これにより、基板10とn型非晶質半導体層13aとの間の接合を設計通り形成することができるので、より一層太陽電池特性を向上させることができる。

30

【0033】

(太陽電池の製造方法)

40

次に、第1実施形態による太陽電池100の製造方法について、図3～図5を参照しながら説明する。

【0034】

まず、基板10として予め受光面Aにテクスチャ構造が形成されたn型単結晶シリコン基板を用意する。

【0035】

そして、図3に示すように、基板10の受光面Aの略全面上に、CVD法により3nm～5nmの厚みを有するi型非晶質シリコン層からなるパッシベーション膜15aを形成

50

し、さらにCVD法により50nm～150nmの厚みを有するシリコン窒化物の層からなる光反射防止膜15bを順次積層する。パッシベーション膜15aおよび光反射防止膜15bによって、光入射側構造体15を構成する。パッシベーション膜15aは、水素を含むので、基板10をパッシベートする機能を有する。また、光反射防止膜15bは、反射防止機能を有する。なお、i型非晶質シリコン層およびシリコン窒化物層の積層構造は、光入射側構造体15の一例である。

【0036】

そして、基板10の裏面Bの略全面上に、CVD法により3nm～50nmの厚みを有するi型非晶質シリコンからなるi型非晶質半導体層11を形成する。i型非晶質半導体層11は、水素を含むので、基板10をパッシベートする機能を有する。

10

【0037】

そして、図4に示すように、i型非晶質半導体層11の表面上に、マスクを用いたCVD法によって、2nm～50nmの厚みを有するp型非晶質シリコンからなるp型非晶質半導体層12aおよび0.5nm～5nmの厚みを有するi型非晶質シリコンからなるキャップ層30を所定のパターンで順次形成する。所定のパターンとは、基板10の裏面Bの第1領域B1に対応するパターンである。

【0038】

20

さらに、図5に示すように、i型非晶質半導体層11の表面上からキャップ層30の表面上に跨るように、CVD法により2nm～50nmの厚みを有するn型非晶質シリコンからなるn型非晶質半導体層13aを形成する。

【0039】

最後に、スパッタ法や印刷法などの方法により、n型非晶質半導体層13aの表面上に、所定パターンでp側電極20aおよびn側電極20bを形成する。これにより、第1実施形態による太陽電池100が製造される。

【0040】

30

(作用および効果)

第1実施形態による太陽電池100には、p型非晶質半導体層12aの上面とn型非晶質半導体層13aとの間にキャップ層30が形成されている。キャップ層30は、下地となるp型非晶質半導体層12aに含まれるドーピング用不純物の脱離を抑制するように構成されている。これにより、基板10とn型非晶質半導体層13aとの間に、不所望なドーピング用不純物が混入することを抑制することができる。具体的には、基板10の裏面Bの第2領域B2上において、i型非晶質半導体層11の表面とn型非晶質半導体層13aの表面との間に不所望なp型不純物が混入することを抑制することができる。すなわち、基板10とn型非晶質半導体層13aとの間の接合特性を良好に維持できるので、良好な太陽電池特性を有する太陽電池を提供することができる。

40

【0041】

[第2実施形態]

次に、本発明の第2実施形態による太陽電池150について、図6を参照して説明する。

【0042】

(太陽電池の構成)

50

図6に示すように、第2実施形態による太陽電池150では、キャップ層31は、p型非晶質半導体層12aの上面および側面とn型非晶質半導体層13aとの間に形成されている。なお、第2実施形態のその他の構成は、上記第1実施形態と同様である。

【0043】

(太陽電池の製造方法)

次に、第2実施形態による太陽電池150の製造方法について説明する。

【0044】

10

まず、第1実施形態と同様に、基板10の受光面Aの略全面上に光入射側構造体15を形成する。また、基板10の裏面Bの略全面上に、CVD法によりi型非晶質半導体層11を形成する。そして、i型非晶質半導体層11の表面上に、p型非晶質半導体層12aを所定のパターンで形成する。

【0045】

ここで、第2実施形態では、p型非晶質半導体層12aの上面および側面にi型非晶質シリコンからなるキャップ層31を形成する。そして、i型非晶質半導体層11の表面上からキャップ層31の表面上に跨ってn型非晶質半導体層13aを形成する。

20

【0046】

最後に、第1実施形態と同様にして、n型非晶質半導体層13aの表面上に、所定のパターンでp側電極20aおよびn側電極20bを形成する。これにより、第2実施形態による太陽電池150が製造される。

【0047】

(作用および効果)

第2実施形態では、第1実施形態と異なり、p型非晶質半導体層12aの上面とn型非晶質半導体層13aとの間だけでなく、p型非晶質半導体層12aの側面とn型非晶質半導体層13aとの間にも、p型不純物を含まないキャップ層31を形成しているので、基板10とn型非晶質半導体層13aとの間に不所望なp型不純物が混入することをより抑制することができる。

30

【0048】

[第3実施形態]

次に、本発明の第3実施形態による太陽電池200について、図7～図11を参照しながら説明する。以下においては、第1実施形態との相違点についておもに説明する。

40

【0049】

(太陽電池の構成)

図7は、本発明の第3実施形態による太陽電池200の断面図である。図7に示すように、基板10の裏面Bの第1領域B1の表面上には、i型非晶質半導体層12bおよびp型非晶質半導体層12aが順次積層されている。すなわち、i型非晶質半導体層12bは、半導体基板10とp型非晶質半導体層12aとの間に形成されている。また、p型非晶質半導体層12aの表面上には、キャップ層30が形成されている。また、i型非晶質半導体層13bおよびn型非晶質半導体層13aは、基板10の裏面B上(p型非晶質半導

50

体層 1 2 a が形成される第 1 領域 B 1 と隣接する第 2 領域 B 2 上) からキャップ層 3 0 の表面上に跨るように積層されている。なお、i 型非晶質半導体層 1 2 b は、本発明の「第 4 半導体層」の一例であり、i 型非晶質半導体層 1 3 b は、本発明の「第 5 半導体層」の一例である。第 3 実施形態では、i 型非晶質半導体層 1 2 b と i 型非晶質半導体層 1 3 b とにより、本発明の「第 3 半導体層」が構成されている。

【0050】

(太陽電池の製造方法)

次に、図 8 ～ 図 1 1 を参照して第 3 実施形態による太陽電池 2 0 0 の製造方法を説明する。

10

【0051】

まず、第 1 実施形態と同様に、予め受光面 A にテクスチャ構造が形成された n 型単結晶シリコンからなる基板 1 0 を準備する。そして、図 8 に示すように、基板 1 0 の受光面 A の略全面上に光入射側構造体 1 5 を形成する。

【0052】

そして、基板 1 0 の裏面 B の略全面に、CVD 法により 3 nm ～ 5 0 nm の厚みを有する i 型非晶質シリコンからなる i 型非晶質半導体層 1 2 b、2 nm ～ 5 0 nm の厚みを有する p 型非晶質半導体層 1 2 a および 0.5 nm ～ 5 nm の厚みを有するキャップ層 3 0 を順次形成する。なお、キャップ層 3 0 は、p 型および n 型のドーピング用不純物を積極的に導入せずに形成する。

20

【0053】

そして、図 9 に示すように、キャップ層 3 0 の表面上に、所定のパターンでレジスト膜 4 0 を形成する。所定のパターンとは、基板 1 0 の裏面 B の第 1 領域 B 1 のパターンに対応するパターンである。

【0054】

30

そして、図 1 0 に示すように、レジスト膜 4 0 から露出する i 型非晶質半導体層 1 2 b、p 型非晶質半導体層 1 2 a およびキャップ層 3 0 をエッチング除去し、その後、レジスト膜 4 0 を除去する。この工程により、基板 1 0 の裏面 B の第 1 領域 B 1 の表面上に、i 型非晶質半導体層 1 2 b、p 型非晶質半導体層 1 2 a およびキャップ層 3 0 の積層膜を形成する。

【0055】

なお、図 1 0 は、i 型非晶質半導体層 1 2 b、p 型非晶質半導体層 1 2 a およびキャップ層 3 0 の積層膜を、基板 1 0 の裏面 B が露出するまでエッチング除去した例を示しているが、i 型非晶質半導体層 1 2 b を露出させるようにエッチング除去してもよい。この工程においては、少なくとも p 型非晶質半導体層 1 2 を除去すればよく、i 型非晶質半導体層 1 2 b の一部が基板 1 0 の裏面 B 上に残存していてもよい。

40

【0056】

そして、図 1 1 に示すように、基板 1 0 の裏面 B の表面上からキャップ層 3 0 の表面上に跨るように、CVD 法により 3 nm ～ 5 0 nm の厚みを有する i 型非晶質シリコンからなる i 型非晶質半導体層 1 3 b および 2 nm ～ 5 0 nm の厚みを有する n 型非晶質半導体層 1 3 a を順次形成する。具体的には、i 型非晶質半導体層 1 3 b および n 型非晶質半導体層 1 3 a を、基板 1 0 の裏面 B の略全面上に形成する。

【0057】

50

最後に、スパッタ法や印刷法などの方法により、n型非晶質半導体層13aの表面上に、所定のパターンでp側電極20aおよびn側電極20bを形成する。これにより、第3実施形態による太陽電池200が製造される。

【0058】

(作用および効果)

第3実施形態による太陽電池200は、第1実施形態と同様に、キャップ層30により、基板10とn型非晶質半導体層13aとの間に、不所望なドーピング不純物が含まれることを抑制できるので、太陽電池特性を向上させることができる。

10

【0059】

[第4実施形態]

次に、本発明の第4実施形態による太陽電池250について、図12および図13を参照しながら説明する。

【0060】

(太陽電池の構成)

20

図12に示すように、第4実施形態による太陽電池250では、キャップ層32が絶縁体により形成されている。具体的には、キャップ層32は、金属酸化物や金属窒化物などの絶縁材料により構成されている。また、n型非晶質半導体層13a、i型非晶質半導体層13bおよびキャップ層32にコンタクトホール50が形成されている。p側電極層20cは、コンタクトホール50を介してp型非晶質半導体層12aに接触するように形成されている。具体的には、p側電極層20cは、コンタクトホール50内を充填するように形成されている。なお、第4実施形態のその他の構成は、上記第3実施形態と同様である。

【0061】

30

(太陽電池の製造方法)

次に、図13を参照して、第4実施形態による太陽電池250の製造方法について説明する。

【0062】

まず、第3実施形態と同様に、基板10の受光面Aの略全面上に光入射側構造体15を形成する。そして、基板10の裏面B上に、i型非晶質半導体層12bと、p型非晶質半導体層12aと、キャップ層32と、i型非晶質半導体層13bと、n型非晶質半導体層13aとを順次形成する。なお、第4実施形態では、第3実施形態と異なり、キャップ層32を金属酸化物や金属窒化物などの絶縁材料により形成している。

40

【0063】

ここで、第4実施形態では、図13に示すように、n型非晶質半導体層13a、i型非晶質半導体層13bおよびキャップ層32にコンタクトホール50をエッチングにより形成する。そして、コンタクトホール50を介してp型非晶質半導体層12aに接触するようにp側電極層20cを形成する。具体的には、コンタクトホール50内を充填するようにp側電極層20cを形成する。

【0064】

50

そして、第3実施形態と同様にして、n型非晶質半導体層13aの表面上に、所定のパターンでn側電極20bを形成する。これにより、第4実施形態による太陽電池250が製造される。

【0065】

(作用および効果)

第4実施形態による太陽電池250では、キャップ層32を金属酸化物や金属窒化物などの絶縁材料により形成している。また、太陽電池250では、n型非晶質半導体層13a、i型非晶質半導体層13bおよびキャップ層32にコンタクトホール50を形成し、コンタクトホール50内を充填するようにp側電極層20cを形成している。これにより、p側電極層20cをp型非晶質半導体層12aに直接接触させることができるので、キャリアの収集効率を向上させることができる。

【0066】

[その他の実施の形態]

なお、今回開示された実施形態は、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、上記した実施形態の説明ではなく特許請求の範囲によって示され、さらに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。

【0067】

たとえば、第1実施形態～第3実施形態では、基板10の裏面Bの第1領域B1上にp型非晶質半導体層12aおよびキャップ層30を形成し、基板10の裏面Bの第2領域B2上からキャップ層30の表面上に跨るようにn型非晶質半導体層13aを形成するようにしたが、p型非晶質半導体層12aおよびn型非晶質半導体層13aの配置関係はこの逆でもよい。すなわち、基板10の裏面Bの第1領域B1上にn型非晶質半導体層13aおよびキャップ層30を形成し、基板10の裏面Bの第2領域B2上からキャップ層30の表面上に跨るようにp型非晶質半導体層12aを形成するようにしてもよい。このような構成においても、キャップ層30により、基板10の表面とp型非晶質半導体層12aとの間に、不所望なn型不純物が混入することを抑制できるので、優れた太陽電池特性を有する太陽電池を提供することができる。

【実施例】

【0068】

(実施例サンプル)

以下に、本発明の実施例について説明する。本実施例では、図7に示す太陽電池200を以下のようにして製造した。

【0069】

まず、200μm程度の厚みを有するn型単結晶シリコンからなる基板10に異方性エッチング処理を施し、基板10の受光面Aおよび裏面Bにテクスチャ構造を形成した。

【0070】

そして、原料ガスとしてSiH₄およびH₂の混合ガスを用い、プラズマCVDによって基板10の受光面A上に、10nmの厚みを有するi型非晶質シリコンからなるi型非晶質半導体層15aを形成した。

【0071】

そして、原料ガスとして SiH_4 、 H_2 および B_2H_6 を用い、プラズマCVD法によって基板10の裏面Bの第1領域B1上に、20nmの厚みを有するi型非晶質シリコン層12b、10nmの厚みを有するp型非晶質シリコンからなるp型非晶質半導体層12aおよびi型非晶質シリコンからなるキャップ層30を順次形成した。なお、本実施例ではマスクを用いてi型非晶質半導体層12b、p型非晶質半導体層12aおよびキャップ層30を所定のパターンに形成した。また、キャップ層30を形成する際において、キャップ層30の厚みを0.5nm、1nm、1.5nm、2nm、2.5nm、3nm、3.5nm、4nm、4.5nm、5nm、6nm、7nmおよび8nmに変化させ、キャップ層30の厚みが異なる13個のサンプルを製造した。

10

【0072】

そして、原料ガスとして SiH_4 、 H_2 および PH_3 を用いて、プラズマCVD法によって基板10の裏面Bの第2領域B2の表面上からキャップ層30の表面上に跨るように、3nmの厚みを有するi型非晶質シリコンからなるi型非晶質半導体層13bおよび20nmの厚みを有するn型非晶質シリコンからなるn型非晶質半導体層13aを順次形成した。なお、i型非晶質半導体層13bの形成は、 PH_3 の導入量を0にして行った。

【0073】

20

最後に、印刷法によりp側電極20aおよびn側電極20bをパターン形成した。

【0074】

以上のようにして、実施例サンプルを製造した。

【0075】

(比較例サンプル)

比較例サンプルとして、キャップ層30を設けないこと以外は、上記実施例と同様にして比較例サンプルを製造した。

30

【0076】

(結果)

以下に、実施例サンプルおよび比較例サンプルについて、太陽電池特性を測定した結果について説明する。

【0077】

図14は、実施例サンプルおよび比較例サンプルについて太陽電池特性を測定した結果を示す特性図である。同図の縦軸は太陽電池の出力の相対値であり、キャップ層30の厚みが0nmの比較例サンプルの出力を1として規格化した値である。また、横軸はキャップ層30の厚み(nm)である。

40

【0078】

図14に示すように、キャップ層30を設けることにより、太陽電池特性が向上することがわかる。これは、キャップ層30を設けたことにより、基板10とn型非晶質半導体層13aとの間に、不所望なドーピング不純物が含まれることを抑制できたことによるものと考えられる。

【0079】

50

また、キャップ層 30 の厚みはわずかでもあれば、比較例サンプルに比べ出力が向上することがわかる。したがって、キャップ層 30 の厚みは数 nm 以上あればよい。

【 0 0 8 0 】

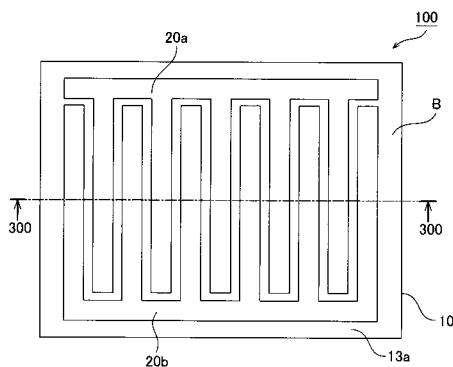
また、キャップ層 30 の厚みを 5 nm 以下とすることにより、比較例サンプルに比べ出力が向上することがわかった。なお、キャップ層 30 の厚みが 5 nm より大きくなると、比較例サンプルに比べ出力が低下している。このように出力が低下する理由は、キャップ層 30 の厚みを大きくすることにより、p 側電極 20 a と p 型非晶質シリコン層 12 との間の抵抗が増加したためと考えられる。

【 0 0 8 1 】

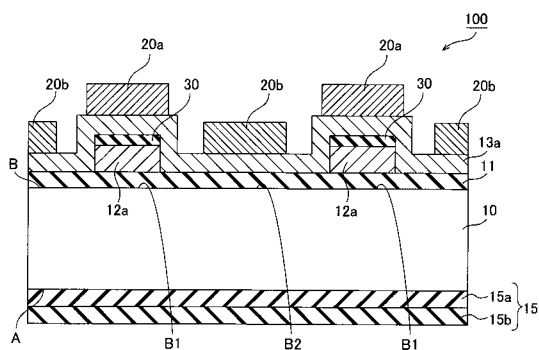
10

したがって、キャップ層の厚みは数 nm 以上 5 nm 以下の範囲が好ましく、より好ましくは 0.5 nm 以上 4 nm 以下の範囲であり、さらに好ましくは 1.5 nm 以上 3.5 nm 以下の範囲である。

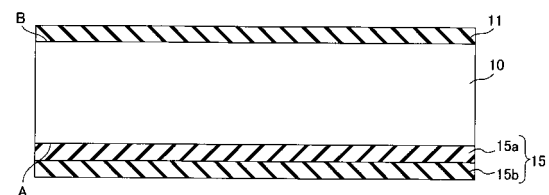
【図 1】



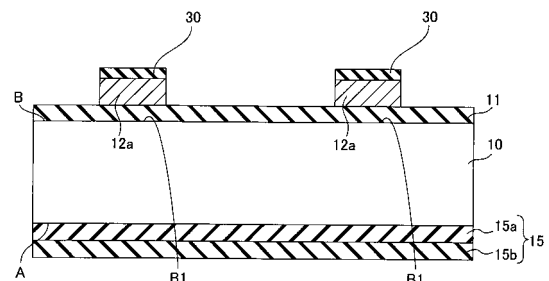
【図 2】



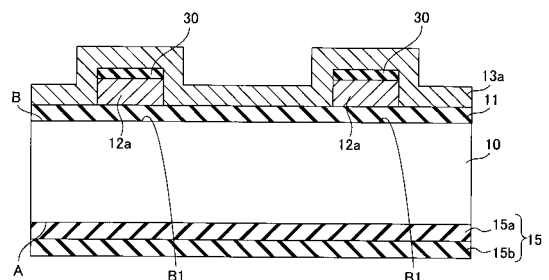
【図 3】



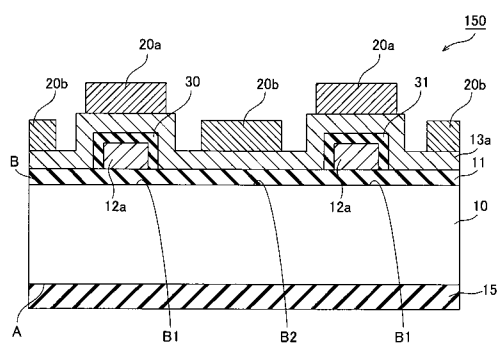
【図 4】



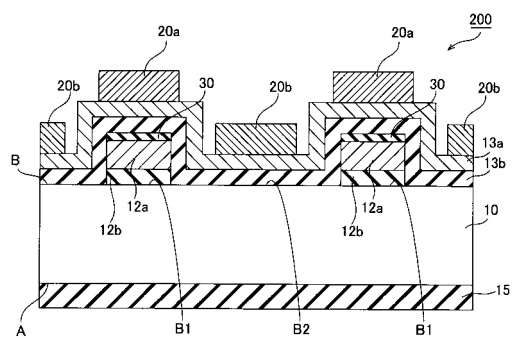
【図 5】



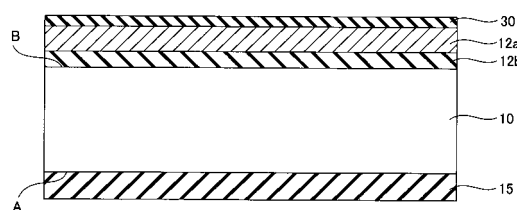
【图 6】



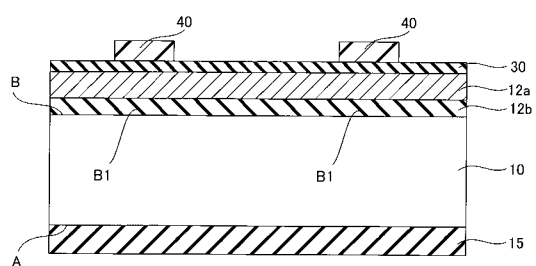
【图 7】



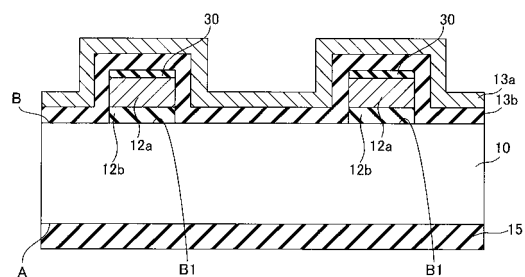
【图 8】



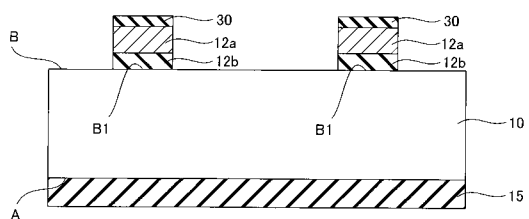
【图 9】



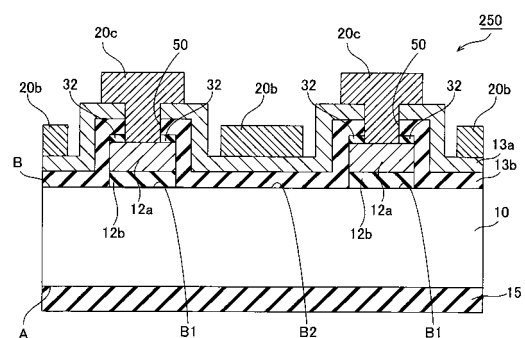
【図 1 1】



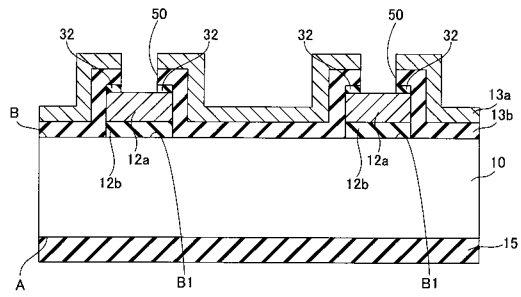
【図 10】



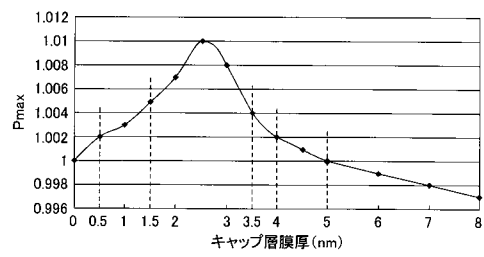
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2005-101151 (JP, A)
特開2006-324590 (JP, A)
特開2005-101240 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 31/04-31/06