

(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2010-140935

(P2010-140935A)

(43) 公開日 平成22年6月24日(2010.6.24)

(51) Int.Cl.

H01L 31/04 (2006.01)

F 1

H01L 31/04

W

テーマコード(参考)

5 F O 5 1

5 F 1 5 1

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号

特願2008-313001 (P2008-313001)

(22) 出願日

平成20年12月9日 (2008.12.9)

(71) 出願人 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 100075258

弁理士 吉田 研二

(74) 代理人 100096976

弁理士 石田 純

(72) 発明者 國井 稔枝

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 矢田 茂郎

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

最終頁に続く

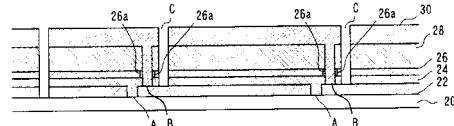
(54) 【発明の名称】光起電力装置及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】中間層と裏面電極との間の接触による特性の低下を抑制する。

【解決手段】表面電極22と裏面電極30との間に第1太陽電池ユニット24と第2太陽電池ユニット28とを導電性を有する中間層26を挟み込んで積層した光起電力装置において、表面電極22の表面まで第1太陽電池ユニット24、第2太陽電池ユニット28及び中間層26を貫いて形成された溝Bを介して表面電極22と裏面電極30とが電気的に接続され、裏面電極30と接する中間層26の端部26aにドーパントを添加することによってP N接合を形成する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1電極と、第2電極との間に、第1太陽電池ユニットと第2太陽電池ユニットとを導電性を有する中間層を挟み込んで積層した光起電力装置であって、

前記第1電極の表面まで前記第1太陽電池ユニット、前記第2太陽電池ユニット及び前記中間層を貫いて形成された溝を介して前記第1電極と前記第2電極とが電気的に接続され、

前記第2電極と接する前記中間層の端部にドーパントが添加されてPN接合が形成されていることを特徴とする光起電力装置。

【請求項 2】

第1電極、第1太陽電池ユニット、導電性を有する中間層、第2太陽電池ユニット及び第2電極の順に積層した光起電力装置であって、

前記第1電極の表面まで前記第1太陽電池ユニット、前記第2太陽電池ユニット及び前記中間層を貫いて形成された溝を介して前記第1電極と前記第2電極とが電気的に接続され、

前記第2太陽電池ユニットの前記第2電極側の表面近傍の窒素濃度が前記第2太陽電池ユニットの前記表面近傍以外の領域の窒素濃度よりも高いことを特徴とする光起電力装置。

【請求項 3】

請求項1又は2に記載の光起電力装置であって、

前記中間層は、ZnO, SiO₂, SnO₂, TiO₂, In₂O₃の少なくとも1つを含むことを特徴とする光起電力装置。

【請求項 4】

請求項1に記載の光起電力装置であって、

前記中間層はZnOであり、

前記ドーパントは、N, P, As, Sb, Bi, Li, Na, K, Rb, Cs, Fr, Cu, Ag, Auの少なくとも1つであることを特徴とする光起電力装置。

【請求項 5】

第1電極と、第2電極との間に、第1太陽電池ユニットと第2太陽電池ユニットとを導電性を有する中間層を挟み込んで積層した光起電力装置の製造方法であって、

前記第1電極の表面まで前記第1太陽電池ユニット、前記第2太陽電池ユニット及び前記中間層を貫く溝を形成する第1工程と、

前記溝に露出された前記中間層にドーパントを添加して、前記中間層の端部にPN接合を形成する第2工程と、

前記溝を介して前記第1電極と電気的に接続されるように前記第2電極を形成する第3工程と、

を含むことを特徴とする光起電力装置の製造方法。

【請求項 6】

請求項5に記載の光起電力装置の製造方法であって、

前記第2工程では、窒素又はアンモニア雰囲気中においてプラズマ処理を行うことによって、前記中間層に前記ドーパントとして窒素を添加することを特徴とする光起電力装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光起電力装置及びその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

図3に示すように、中間層14を挟んで上部及び下部の2つの太陽電池ユニット10, 12を積層したタンデム型の光起電力装置が知られている。上部及び下部の太陽電池ユニ

10

20

30

40

50

ット 10, 12 に挟まれる中間層 14 には 1 種以上の透明導電膜が用いられる。また、裏面電極の一部には裏面反射層を兼ねる銀 (Ag) の裏面電極 18 が形成され、表面電極 16 まで貫いて形成された溝 D を介して裏面電極 18 が表面電極 16 に接続される。

【0003】

このような構造において、上部及び下部の太陽電池ユニット 10, 12 に挟まれた中間層 14 は、溝 D において裏面電極 18 と部分的に接している。中間層 14 と裏面電極 18 とが電気的に接続していると、その接觸点を介して電流のリークが生じ、光起電力装置の発電特性が低下する。

【0004】

そこで、溝 D を形成する際に酸化性雰囲気中でレーザ光線を用いて太陽電池ユニット 10, 12 を除去することにより、中間層 14 の端部付近の酸素含有量を高めて電流リークを抑制する技術が開示されている（特許文献 1 等）。

【0005】

【特許文献 1】特公平 7-114292 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、酸化性雰囲気中でレーザ加工を行う際に発電層である太陽電池ユニットが酸素に曝され、太陽電池ユニット自体の特性が低下してしまうという新たな問題を生じている。

【0007】

本発明は、上記課題を鑑み、太陽電池ユニットの特性を劣化させることなく、中間層と裏面電極との間の接觸による特性の低下を抑制した光起電力装置及びその製造方法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】

【0008】

本発明の 1 つの態様は、第 1 電極と、第 2 電極との間に、第 1 太陽電池ユニットと第 2 太陽電池ユニットとを導電性を有する中間層を挟み込んで積層した光起電力装置であって、前記第 1 電極の表面まで前記第 1 太陽電池ユニット、前記第 2 太陽電池ユニット及び前記中間層を貫いて形成された溝を介して前記第 1 電極と前記第 2 電極とが電気的に接続され、前記第 2 電極と接する前記中間層の端部にドーパントが添加されて PN 接合が形成されていることを特徴とする。

【0009】

また、本発明の別の態様は、第 1 電極、第 1 太陽電池ユニット、導電性を有する中間層、第 2 太陽電池ユニット及び第 2 電極の順に積層した光起電力装置であって、前記第 1 電極の表面まで前記第 1 太陽電池ユニット、前記第 2 太陽電池ユニット及び前記中間層を貫いて形成された溝を介して前記第 1 電極と前記第 2 電極とが電気的に接続され、前記第 2 太陽電池ユニットの前記第 2 電極側の表面近傍の窒素濃度が前記第 2 太陽電池ユニットの前記表面近傍以外の領域の窒素濃度よりも高いことを特徴とする。

【0010】

ここで、前記中間層は、ZnO, SiO₂, SnO₂, TiO₂, In₂O₃ の少なくとも 1 つを含むことが好適である。

【0011】

例えば、前記中間層は ZnO であり、前記ドーパントは、N, P, As, Sb, Bi, Li, Na, K, Rb, Cs, Fr, Cu, Ag, Au の少なくとも 1 つであることが好適である。

【0012】

また、本発明の別の態様は、第 1 電極と、第 2 電極との間に、第 1 太陽電池ユニットと第 2 太陽電池ユニットとを導電性を有する中間層を挟み込んで積層した光起電力装置の製造方法であって、前記第 1 電極の表面まで前記第 1 太陽電池ユニット、前記第 2 太陽電池

10

20

30

40

50

ユニット及び前記中間層を貫く溝を形成する第1工程と、前記溝に露出された前記中間層にドーパントを添加して、前記中間層の端部にP N接合を形成する第2工程と、前記溝を介して前記第1電極と電気的に接続されるように前記第2電極を形成する第3工程と、を含むことを特徴とする。

【0013】

ここで、前記第2工程では、窒素又はアンモニア雰囲気中においてプラズマ処理を行うことによって、前記中間層に前記ドーパントとして窒素を添加することが好適である。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、太陽電池ユニットの特性を劣化させることなく、光起電力装置における中間層と裏面電極との間の接触による特性の低下を抑制することができる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

本発明の実施の形態における光起電力装置100は、図1の断面図に示すように、基板20、表面電極22、第1太陽電池ユニット24、中間層26、第2太陽電池ユニット28及び裏面電極30を含んで構成される。

20

【0016】

以下、図2の製造工程図を参照して、光起電力装置100の製造方法及びその構造について説明する。なお、図1及び図2では光起電力装置100の構造を明確に示すために、光起電力装置100の一部を拡大して示し、各部の比率を変えて示している。

20

【0017】

ステップS10では、基板20上に表面電極22を形成する。基板20は、透光性を有する材料で構成する。基板20は、例えば、ガラス基板、プラスチック基板等とすることができます。表面電極22は、透光性を有する透明導電膜とする。表面電極22は、例えば、 SnO_2 、 ZnO 、 TiO_2 、 SiO_2 、 In_2O_3 等とすることができます。これらの金属酸化物にF、Sn、Al、Fe、Ga、Nb等がドープされていてもよい。表面電極22は、例えば、スパッタリング法、MOCVD法(熱CVD)により形成する。基板20と表面電極22の一方又は両方の表面に凹凸(テクスチャ構造)を設けることも好適である。

30

【0018】

ステップS12では、表面電極22に第1の分離溝Aを形成する。分離溝Aは、例えば、レーザ加工により形成する。例えば、波長約1064nm、エネルギー密度 $1 \times 10^5 \text{ W/cm}^2$ のNd:YAGレーザを使用して形成する。分離溝Aの線幅は10μm以上200μm以下とすることが好適である。

【0019】

ステップS14では、表面電極22上に第1太陽電池ユニット24を形成する。本実施の形態では、第1太陽電池ユニット24は非晶質(アモルファス)シリコン太陽電池とする。第1太陽電池ユニット24は、基板20側からp型、i型、n型の順に非晶質シリコン膜を積層して形成する。第1太陽電池ユニット24のi層の膜厚は100nm以上500nm以下とすることが好適である。第1太陽電池ユニット24は、例えば、プラズマ化学気相成長法(CVD)により形成する。第1太陽電池ユニット24の成膜条件の例を表1に示す。

40

【0020】

ステップS16では、第1太陽電池ユニット24上に中間層26を形成する。中間層26は、透光性を有する材料で構成する。中間層26は、例えば、 ZnO 、 SiO_2 、 SnO_2 、 TiO_2 、 In_2O_3 等とすることができます。これらの金属酸化物にF、Sn、Al、Fe、Ga、Nb等がドープされていてもよい。中間層26の膜厚は10nm以上200nm以下とすることが好適である。中間層26は、DCスパッタリング法により形成することができる。中間層26の成膜条件の例を表1に示す。

【0021】

50

ステップS18では、中間層26上に第2太陽電池ユニット28を形成する。本実施の形態では、第2太陽電池ユニット28は微結晶シリコン太陽電池とする。第2太陽電池ユニット28は、基板20側からp型、i型、n型の順に微結晶シリコン膜を積層して形成する。第2太陽電池ユニット28のi層の膜厚は1000nm以上5000nm以下とすることが好適である。第2太陽電池ユニット28は、例えば、VHFプラズマ化学気相成長法(CVD)により形成する。第2太陽電池ユニット28の成膜条件の例を表1に示す。

【0022】

【表1】

10

	基板温度 (°C)	ガス流量 (sccm)	反応圧力 (Pa)	RFパワー (W)	膜厚 (nm)
P層	180	SiH4:300 CH4:300 H2:2000 B2H6:3	106	10	15
I層	200	SiH4:300 H2:2000	106	20	200
N層	180	SiH4:300 H2:2000 PH3:5	133	20	30
中間層(ZnO)	170	Ar:10	0.4	400	30
P層	180	SiH4:10 H2:2000 B2H6:3	106	10	30
I層	200	SiH4:100 H2:2000	133	20	2000
N層	200	SiH4:10 H2:2000 PH3:5	133	20	20

20

【0023】

ステップS20では、第2の分離溝Bを形成する。分離溝Bは、第2太陽電池ユニット28、中間層26、第1太陽電池ユニット24を貫いて表面電極22に到達するように形成する。分離溝Bの線幅は、10μm以上200μm以下とすることが好適である。

30

【0024】

分離溝Bは、例えば、レーザ加工により形成する。レーザ加工は、これに限定されるものではないが、波長約532nm(YAGレーザの第2高調波)を用いて行なうことが好適である。レーザ加工のエネルギー密度は例えば $1 \times 10^5 \text{ W/cm}^2$ とすればよい。

40

【0025】

ステップS22では、窒素(N)を含有する気体雰囲気中でプラズマ処理を行う。例えば、窒素(N₂)又はアンモニア(NH₃)雰囲気中においてプラズマ処理を行うことが好適である。プラズマ処理は、RFプラズマ処理とすることが好適である。プラズマ処理の際の窒素含有ガスの圧力は50Pa以上1000Pa以下とすることが好適である。プラズマ処理の際の導入エネルギーは0.5W/cm²以上100W/cm²とすることが好適である。

40

【0026】

このプラズマ処理によって、分離溝Bに露出している中間層26の端部26aにおける窒素含有量を高くすることができる。

【0027】

また、このプラズマ処理によって第2太陽電池ユニット28のn層の表面の窒素含有量が第2太陽電池ユニット28の他の領域、少なくともi層及びp層における窒素含有量よりも高くなる。例えば、第2太陽電池ユニット28のn層の表面から1000nmの深さまでの領域の窒素含有濃度が1000nmより深い領域の窒素含有濃度より高くなる。こ

50

の窒素含有濃度の分布によりステップ S 2 0 の処理が施されているか否かを判定することができる。なお、窒素は酸素に比べて太陽電池の特性を劣化させる原因となり難く、さらに、n型のシリコン層に与える影響は小さい。

【 0 0 2 8 】

ステップ S 2 4 では、第 2 太陽電池ユニット 2 8 上に裏面電極 3 0 を形成する。裏面電極 3 0 は、透明導電膜と金属膜との積層構造とすることが好ましい。透明導電膜は、例えば、ZnO, SiO₂, SnO₂, TiO₂ 等とすることができます、ZnO を用いることがより好ましい。金属膜は、例えば、銀 (Ag), アルミニウム (Al), 金 (Au) 等を用いることができ、利用する光の反射率を考慮すると銀 (Ag) を用いることがより好ましい。裏面電極 3 0 は、例えば、スパッタリング法を用いることにより形成する。

10

【 0 0 2 9 】

裏面電極 3 0 は、分離溝 B に埋め込まれ、分離溝 B 内で裏面電極 3 0 と表面電極 2 2 とが電気的に接続される。すなわち、裏面電極 3 0 は、分離溝 B において中間層 2 6 の端部 2 6 a と接触する。

【 0 0 3 0 】

ステップ S 2 6 では、第 3 の分離溝 C を形成する。分離溝 C は、裏面電極 3 0, 第 2 太陽電池ユニット 2 8, 中間層 2 6, 第 1 太陽電池ユニット 2 4 を貫いて表面電極 2 2 に到達するように形成する。分離溝 C は、分離溝 A との間に分離溝 B を挟む位置に形成する。分離溝 C の線幅は、10 μm 以上 200 μm 以下とすることが好適である。分離溝 C は、レーザ加工により形成することができる。例えば、波長約 532 nm (YAG レーザの第 2 高調波)、エネルギー密度 $1 \times 10^5 \text{ W/cm}^2$ の Nd : YAG レーザを使用して分離溝 C を形成することができる。

20

【 0 0 3 1 】

さらに、レーザ加工により光起電力装置 100 の周辺に周辺領域と発電領域とを分離する溝を形成する。

【 0 0 3 2 】

以上のように、本実施の形態における光起電力装置 100 では、裏面電極 3 0 は、分離溝 B において窒素含有量を高くした中間層 2 6 の端部 2 6 a と接触する。窒素を導入することにより中間層 2 6 の端部 2 6 a は高抵抗化、または、p型化されていると考えられ、裏面電極 3 0 をその端部 2 6 a と接触させることによってキャリア (電子又は正孔) に対する障壁とし、裏面電極 3 0 と中間層 2 6 との間の電流のリークを抑制することができる。

30

【 0 0 3 3 】

(実施例)

ガラスの基板 2 0 に凹凸構造を有する SnO₂ 膜である表面電極 2 2 を形成し、40 μm の線幅の分離溝 A を形成した。その後、i 層の膜厚が 250 nm のアモルファスシリコンの第 1 太陽電池ユニット 2 4 を形成した。

【 0 0 3 4 】

第 1 太陽電池ユニット 2 4 を形成した後、アルミニウムをドーパントとして含む膜厚 50 nm の ZnO 膜を中間層 2 6 として形成した。続いて、i 層の膜厚が 2000 nm の微結晶シリコンの第 2 太陽電池ユニット 2 8 を形成した。

40

【 0 0 3 5 】

第 2 太陽電池ユニット 2 8 を形成後、波長 532 nm の Nd : YAG レーザの第 2 高調波を用いて、線幅 50 μm の分離溝 B を形成した。その後、窒素 (N₂) 又はアンモニア (NH₃) ガス雰囲気中で RF プラズマ処理を行い、中間層 2 6 の端部 2 6 a に窒素を他の領域より高濃度に含有させた。窒化処理後、DC スパッタリング法により、裏面電極 3 0 として膜厚 100 nm のアルミニウムドープされた ZnO 膜と膜厚 300 nm の銀 (Ag) 膜を順次形成した。

【 0 0 3 6 】

裏面電極 3 0 を形成後、波長 532 nm の Nd : YAG レーザの第 2 高調波を用いて、

50

線幅 50 μm の分離溝 C を形成した。また、波長 1064 nm 及び 532 nm の Nd : YAG レーザの基本波及び第 2 高調波を用いて、光起電力装置 100 の周辺領域と発電領域とを分離する溝を形成した。

【0037】

(比較例)

窒素 (N₂) ガス雰囲気中での RF プラズマ処理のより窒化を行わないこと以外は上記実施例と同様に光起電力装置を製造した。

【0038】

上記実施例で製造された光起電力装置 100 及び上記比較例で製造された光起電力装置について AM 1.5、100 mW/cm²、25 の条件下で電流 - 電圧特性 (I - V 特性) を測定した。測定結果を表 2 に示す。なお、表 2 では比較例で製造された光起電力装置の特性を 1 として、実施例で製造された光起電力装置 100 の特性を規格化して示している。

10

【0039】

【表 2】

		開放電圧 V _{oc}	短絡電流 I _{sc}	曲線因子 FF	変換効率 η
実施例	N ₂ 処理	1.011	1.011	1.049	1.128
	NH ₃ 処理	1.130	0.995	1.071	1.144
比較例		1	1	1	1

20

【0040】

測定の結果から、本実施の形態における光起電力装置 100 は従来に比べて変換効率が向上した。特に、開放電圧 V_{oc}、曲線因子 FF については窒素 (N₂) 及びアンモニア (NH₃) のいずれの雰囲気中でのプラズマ処理でも特性が向上した。

【0041】

なお、本実施の形態では中間層 26 に対するドーパントとして窒素を用いたが、他の p 型ドーパントでも同様の効果が得られると考えられる。また、中間層 26 として SiO₂ や TiO₂ 等の金属酸化膜、他の透明導電膜を用いても同様の効果が得られる。

30

【0042】

また、本実施の形態ではアモルファスシリコン / 微結晶シリコンのタンデム構造薄膜太陽電池について説明したが、本発明の適用範囲はこれに限定されるものではない。すなわち、透明導電膜が中間層として用いられた光起電力装置であれば同様の効果が得られると考えられる。特に、主材料をシリコンとし、シリコンと隣接する領域に透明導電膜からなる中間層が設けられたシリコン太陽電池であれば同様の効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【0043】

【図 1】本発明の実施の形態における光起電力装置の構成を示す断面模式図である。

40

【図 2】本発明の実施の形態における光起電力装置の製造工程を示す図である。

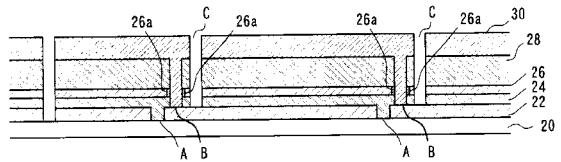
【図 3】従来の光起電力装置の構成を示す断面模式図である。

【符号の説明】

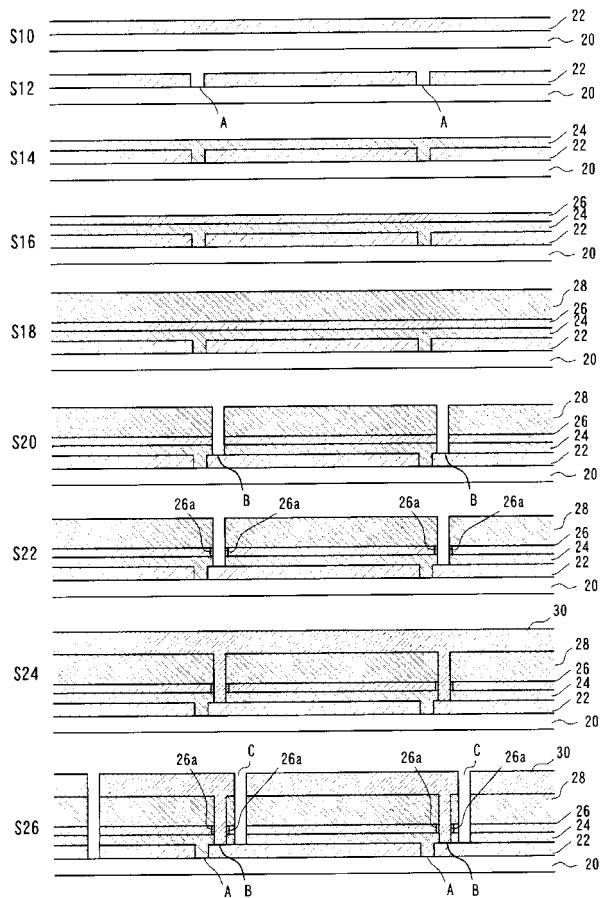
【0044】

10, 12 太陽電池ユニット、14 中間層、16 表面電極、18 裏面電極、20 基板、22 表面電極、24 第 1 太陽電池ユニット、26a 端部、26 中間層、28 第 2 太陽電池ユニット、30 裏面電極、100 光起電力装置。

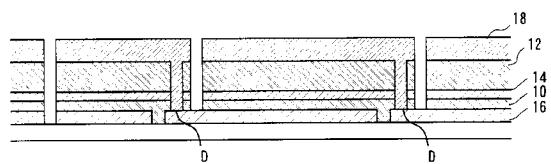
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

F ターム(参考) 5F051 AA04 AA05 BA17 CA02 CA03 CA04 CA15 CB27 DA04 DA16
DA18 EA16 FA03 FA19 GA03
5F151 AA04 AA05 BA17 CA02 CA03 CA04 CA15 CB27 DA04 DA16
DA18 EA16 FA03 FA19 GA03