

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2009-503848

(P2009-503848A)

(43) 公表日 平成21年1月29日(2009.1.29)

(51) Int. Cl. F I テーマコード (参考)
 HO 1 L 31/04 (2006.01) HO 1 L 31/04 L 5 F 0 5 1

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2008-523915 (P2008-523915)	(71) 出願人	390041542
(86) (22) 出願日	平成18年7月11日 (2006. 7. 11)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
(85) 翻訳文提出日	平成20年1月25日 (2008. 1. 25)		GENERAL ELECTRIC CO
(86) 国際出願番号	PCT/US2006/027065		MPANY
(87) 国際公開番号	W02007/018934		アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ
(87) 国際公開日	平成19年2月15日 (2007. 2. 15)		クタデイ、リバーロード、1番
(31) 優先権主張番号	60/704, 181	(74) 代理人	100093908
(32) 優先日	平成17年7月28日 (2005. 7. 28)		弁理士 松本 研一
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100105588
(31) 優先権主張番号	11/263, 159		弁理士 小倉 博
(32) 優先日	平成17年10月31日 (2005.10.31)	(74) 代理人	100129779
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 黒川 俊久

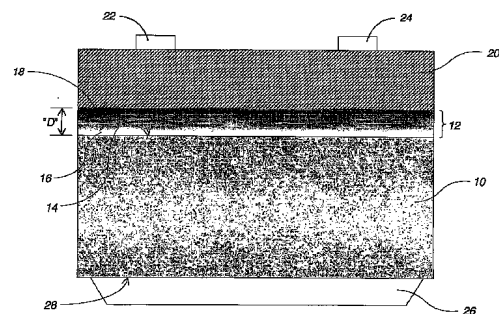
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 組成傾斜光起電力デバイス及び製造方法並びに関連製品

(57) 【要約】

ある伝導型の半導体基板とその1以上の表面に設けられた非晶質半導体層とを備える半導体構造について開示する。非晶質半導体層は、基板との接合界面での実質的真性から反対側での実質的導電性までその深さ全域で組成傾斜している。かかる構造を備える光起電力デバイス、並びに該デバイスの1以上から製造したソーラーモジュールについても開示する。関連方法についても開示する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

(a) ある伝導型の半導体基板、及び

(b) 半導体基板の 1 以上の表面に設けられた非晶質半導体層であって、基板との接合界面での実質的真性から反対側での実質的導電性までその深さ全域で組成傾斜している非晶質半導体層

を備える半導体構造。

【請求項 2】

基板が単結晶又は多結晶質であって n 型又は p 型である、請求項 1 記載の半導体構造。

【請求項 3】

構成要素 (b) の非晶質半導体層が約 250 未満の厚さを有する、請求項 2 記載の半導体構造。

10

【請求項 4】

構成要素 (b) の非晶質半導体層が約 30 ~ 約 180 の厚さを有する、請求項 3 記載の半導体構造。

【請求項 5】

非晶質半導体層が、所定の伝導型を与える n 型又は p 型不純物を含む、請求項 1 記載の半導体構造。

【請求項 6】

n 型不純物がリンを含み、p 型不純物がホウ素を含む、請求項 5 記載の半導体構造。

20

【請求項 7】

非晶質半導体層の所定の伝導型が基板の伝導型と逆である、請求項 5 記載の半導体構造。

【請求項 8】

非晶質半導体層の少なくとも一部が基板とヘテロ接合を形成している、請求項 7 記載の半導体構造。

【請求項 9】

基板との接合界面の不純物濃度が実質的にゼロであって、反対側での不純物濃度が約 $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ ~ 約 $1 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ である、請求項 1 記載の半導体構造。

【請求項 10】

請求項 1 記載の半導体構造を備える光起電力デバイスであって、

30

基板から離隔した非晶質半導体層の表面に設けられた透明電極層、及び

基板の反対側表面に設けられた電極

をさらに備える光起電力デバイス。

【請求項 11】

透明電極層上に設けられた 1 以上の収集電極をさらに備える、請求項 10 記載の光起電力デバイス。

【請求項 12】

(a) ある伝導型の半導体基板、

(b) 半導体基板の第 1 の表面に設けられた第 1 の非晶質半導体層であって、基板との接合界面での実質的真性から反対側での実質的導電性までその深さ全域で組成傾斜している非晶質半導体層、

40

(c) 第 1 の非晶質半導体層の表面に設けられた第 1 の透明電極層、

(d) 第 1 の透明電極層上に設けられた 1 以上の電気接点、

(e) 基板の第 1 の表面とは実質的に反対側の、半導体基板の第 2 の表面に設けられた第 2 の非晶質半導体層であって、第 2 の基板との接合界面での実質的真性から反対側での実質的導電性までその深さ全域で組成傾斜している第 2 の非晶質半導体層、

(f) 第 2 の非晶質半導体層の表面に設けられた第 2 の透明電極層、及び

(g) 第 2 の透明電極層上に設けられた 1 以上の電気接点

を備える、半導体構造。

【請求項 13】

50

1以上の太陽電池デバイスを備えるソーラーモジュールであって、
太陽電池デバイスの1以上が、

(i)ある伝導型の半導体基板、及び

(ii)半導体基板の1以上の表面に設けられた非晶質半導体層であって、基板との接合界面での実質的真性から反対側での実質的導電性までその深さ全域で組成傾斜している非晶質半導体層

を備える、ソーラーモジュール。

【請求項14】

光起電力デバイスの製造方法であって、

半導体基板の少なくとも第1の表面上に非晶質半導体層を形成する段階であって、基板との接合界面での実質的真性から反対側での実質的導電性までその深さ全域で組成傾斜するように、ドーパント濃度を変化させながら基板上に半導体材料及びドーパントを連続的に堆積させることによって非晶質半導体層を形成する段階を含んでなる方法。

10

【請求項15】

非晶質半導体層の形成がプラズマ堆積法で実施される、請求項14記載の方法。

【請求項16】

プラズマ堆積法がプラズマ化学気相成長(PECVD)法である、請求項15記載の方法。

【請求項17】

半導体基板の2つの表面上に半導体材料を堆積させることによって、2つの組成傾斜非晶質半導体層を形成する、請求項14記載の方法。

20

【請求項18】

透明電極層上に1以上の金属接点を形成し、次いで非晶質半導体層の表面上に透明電極層を形成する段階をさらに含む、請求項14記載の方法。

【請求項19】

第1の表面とは反対側の半導体基板の第2の表面上に1以上の電極を設ける段階をさらに含む、請求項18記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は概して光起電力デバイスのようなヘテロ接合を含む半導体デバイスの分野に関する。

30

【背景技術】

【0002】

ヘテロ接合の存在に依拠するデバイスは当技術分野で周知である。(これに関して、ヘテロ接合は通例、例えば「p-n」接合のようにある伝導型の層又は領域と反対の伝導型の層又は領域との接触によって形成される。)こうしたデバイスの例としては、薄膜トランジスタ、双極トランジスタ及び光起電力デバイス(例えば、太陽電池)がある。

【0003】

光起電力デバイスは、太陽、白熱灯又は蛍光灯のような光を電気エネルギーに変換する。日光が大半のデバイスに対する典型的な光源である。電気エネルギーへの変換は、周知の光起電効果によって達成される。この現象によると、光起電力デバイスに当たる光がデバイスの活性領域で吸収され、1対の電子と正孔(これらを総称して電荷キャリアということもある。)を発生させる。電子と正孔は拡散して、デバイス内で形成された電場に収集される。

40

【0004】

クリーンで再生可能なエネルギーの信頼できる形態としての太陽電池への関心が高まるに伴って、電池の性能を向上させる多大な努力がなされてきた。そうした性能の主な指標の一つはデバイスの光電変換効率である。変換効率は通常、デバイスで発生する電流の量の、デバイスの活性表面と接触する光エネルギーに対する比率として測定される。文献に

50

みられるように、光電変換効率の例えば1%以下のごくわずかな増加であっても、光起電力技術の多大な進歩に相当する。

【0005】

光起電力デバイスの性能は、各半導体層の組成及びマイクロ構造に大きく依存する。例えば、構造的欠陥又は不純物原子に起因する欠陥が単結晶質半導体層の表面又はバルク内に存在する。さらに、多結晶質半導体材料は不規則に配向した結晶粒を含んでいることがあり、多数のバルク及び表面欠陥を誘起する粒界を有する。

【0006】

この種の様々な欠陥の存在は、光起電力デバイスでの有害な作用の原因となりかねない。例えば、電荷キャリアの多くは、1以上の収集電極への所期の経路を辿り続ける代わりに、ヘテロ接合付近の欠陥部位で再結合してしまう。こうして、これらは電流キャリアとしては失われる。電荷キャリアの再結合は、光電変換効率の低下の主な原因の一つである。

10

【0007】

表面欠陥の悪影響は、不動態化技術によってある程度低減できる。例えば、基板の表面に真性（つまり、何もドーピングしていない）非晶質半導体材料の層を形成すればよい。この真性層の存在は、基板表面での電荷キャリアの再結合を減少させて光起電力デバイスの性能を向上させる。

【0008】

この種の真性層を用いるという思想は、米国特許第5213628号（能口ら）に概説されている。能口の米国特許には、所定の伝導型の単結晶又は多結晶質半導体層を備える光起電力デバイスが記載されている。基板上に250nm以下の実質的に真性層を形成する。基板とは逆の伝導型を有する実質的に非晶質層を真性層上に形成して「半導体サンドイッチ構造」を完成させる。光起電力デバイスは、非晶質層上の光透過性電極及び基板の下面に形成された裏面電極を追加することによって完成される。

20

【0009】

能口らの米国特許に記載された光起電力デバイスは、状況によっては、電荷キャリア再結合の問題をかなり低減すると思われる。例えば、所定の厚さの真性層の存在はデバイスの光電変換効率を増加させると記載されている。さらに、半導体基板の表面をこのように不動態化するという思想は、能口らの米国特許の発行以来、多数の文献に記載されている。例として、米国特許第5648675号（寺田ら）、米国特許公開第2002/0069911号（中村ら）、同第2003/0168660号（寺川ら）及び同第2005/0062041号（寺川ら）が挙げられる。

30

【0010】

上記で引用した文献は再結合の問題にある程度対処しているが、幾つかの大きな難点が残っている。例えば、真性層の存在は有益ではあるが、別の接合界面、つまり真性層とその上の非晶質層との接合界面を生じる。この新たな接合界面も不純物及び疑似夾雑物が閉じこめられ蓄積される部位となり、電荷キャリアの再結合を生じるおそれがある。例えば、多層構造の製造時の堆積段階間の中断は、夾雑物が混入する機会を生じかねない。さらに、伝導型の変更による接合界面での急激なバンド曲がり及び/又はバンドギャップのばらつきが界面準位密度を高めることがあり、これも再結合の原因となりかねない。

40

【特許文献1】米国特許第5213628号明細書

【特許文献2】米国特許第5648675号明細書

【特許文献3】米国特許公開2002/0069911号明細書

【特許文献4】米国特許公開2003/0168660号明細書

【特許文献5】米国特許公開2005/0062041号明細書

【特許文献6】米国特許第6667434号明細書

【特許文献7】米国特許公開第2004/0046497号明細書

【特許文献8】米国特許第5252142号明細書

【特許文献9】米国特許第5256887号明細書

50

【特許文献 10】米国特許第 4 0 0 1 8 6 4 号明細書

【特許文献 11】米国特許第 4 4 3 4 3 1 8 号明細書

【特許文献 12】欧州特許出願公開第 0 1 9 8 1 9 6 号明細書

【特許文献 13】欧州特許出願公開第 0 3 6 4 7 8 0 号明細書

【特許文献 14】欧州特許出願公開第 0 4 9 4 0 8 8 号明細書

【非特許文献 1】K. S. Lim et al., "A novel structure, high conversion efficiency p-SiC/graded p-SiC/i-Si/n-Si/metal substrate-type amorphous silicon solar cell," Journal of Applied Physics, 56(2), July 15, 1984, pp. 538-542.

【非特許文献 2】P. Chatterjee, "A computer analysis of the effect of a wide-band-gap emitter layer on the performance of a-Si:H-based heterojunction solar cells," Journal of Applied Physics, 79 (9), May 1, 1996, pp. 7339-7347.

【非特許文献 3】HIROYUKI FUJIWARA & MICHIO KONDO, Real-time monitoring and process control in amorphous/crystalline silicon heterojunction solar cells by spectroscopic ellipsometry and infrared spectroscopy, Applied Physics Letters 86,032112 (2005), Research Center for Photovoltaics, national Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST) Central 2, Umezono 1-1-1, Tsukuba, Ibaraki 305-8564, Japan, pp. 032112-1 - 032112-3.

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

これらの懸念事項を考慮すれば、光起電力デバイスの改良は当技術分野で歓迎されるであろう。かかるデバイスは、半導体層間の様々な接合領域での電荷キャリアの再結合の問題を最低限に抑制すべきである。さらに、デバイスは、良好な光起電力性能（例えば光電変換効率）を担保する電気的特性を示すべきである。さらに、デバイスは、効率的及び経済的に製造できるものであるべきである。デバイスの製造に際しては、過度の不純物その他の欠陥が混入しかねない堆積段階を減らすべきである。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明の一実施形態は、

(a) ある伝導型の半導体基板、及び

(b) 半導体基板の 1 以上の表面に設けられた非晶質半導体層であって、基板との接合界面での実質的真性から反対側での実質的導電性までその深さ全域で組成傾斜している非晶質半導体層

を備える半導体構造に関する。

【0013】

光起電力デバイスは、本発明の別の実施形態をなす。本デバイスは、以下でさらに詳細に説明する上記の半導体構造を備えているとともに、基板から離隔した非晶質半導体層の表面に設けられた透明電極層と、基板の反対側表面に設けられた電極とをさらに備えている。

【0014】

別の実施形態では、基板の第 1 の表面とは実質的に反対側の半導体基板の第 2 の表面に第 2 の非晶質半導体層が設けられており、第 2 の非晶質半導体層も基板との接合界面での実質的真性から反対側での実質的に導電性までその深さ全域で組成傾斜している。デバイスの他の要素についても、以下で説明する。

【0015】

本発明の追加の実施形態はソーラーモジュールに関する。本モジュールは 1 以上の太陽電池デバイスを備える。

【0016】

別の実施形態は、半導体基板の少なくとも第 1 の表面に非晶質半導体層を形成する段階を含んでなる光起電力デバイスの製造方法に関する。非晶質半導体層は、基板との接合界

面での実質的真性から反対側での実質的導電性までその深さ全域で組成傾斜するようにドーパントの濃度を変化させながら、基板上に半導体材料及びドーパントを連続的に堆積させることによって形成される。

【0017】

以下、様々な実施形態に関してさらに詳しく説明する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

本発明の多くの実施形態では様々な基板を使用できる。例えば、図1を参照にすると、基板10は単結晶でも、多結晶でもよい。さらに、基板材料は、光起電力デバイスの電氣的要件にある程度依存して、n型又はp型とし得る。この種のシリコン基板全般に関する詳細は当業者が熟知している事項である。

10

【0019】

基板は通常、残りの半導体層の堆積前に、慣用の処理段階に付される。例えば、基板を清浄化し、真空チャンバ（例えば、後述のプラズマ反応チャンバ）内に配置してもよい。チャンバを次いで基板表面又は内部の水分の除去に十分な温度に加熱すればよい。通常、約120～240の温度で十分である。場合によって、水素ガスをチャンバ内へ導入し、追加の表面洗浄のため基板をプラズマ放電に曝露することもある。ただし、清浄化及び前処理段階については多くの変更が可能である。通常、これらの段階はデバイスの製造に用いられるチャンバ内で実施される。

【0020】

基板上に形成される各種半導体層は、（常にではないが）通常は、プラズマ堆積法で堆積される。様々なタイプのプラズマ堆積が可能である。非限定的な例としては、化学気相成長（CVD）、真空プラズマ溶射（VPS）、減圧プラズマ溶射（LPSS）、プラズマ化学気相成長（PECVD）、高周波プラズマ化学気相成長（RFPECVD）、膨張熱プラズマ化学気相成長（ETPCVD）、電子サイクロトロン共鳴プラズマ化学気相成長（ECRPECVD）、誘導結合プラズマ化学気相成長（ICPECVD）及び大気プラズマ溶射（APS）が挙げられる。スパッタリング法（例えば反応性スパッタリング）も使用できる。また、これらの技術の組合せも使用できる。これらの堆積技術全般の全体的作業の詳細は当業者が熟知している事項である。ある好ましい実施形態では、各種半導体層はPECVD法で形成される。

20

【0021】

上述の通り、半導体基板10の上面14に非晶質半導体層12が形成される。半導体層12はドーパント濃度に関して組成傾斜している。一般に、ドーパント濃度は基板との接合界面つまり図1の部分16で実質的にゼロである。層12の反対側つまり部分18でのドーパント濃度は半導体導電性の目的に関して最大である。

【0022】

本明細書で用いる「組成傾斜」という用語は、半導体層12の深さ（「D」）の関数としてのドーパント濃度の漸次変化（つまり「グラデーション」）を表す。ある実施形態では、グラデーションは実質的に連続的であるが、常にそうでなければならぬわけではない。例えば、濃度の変化率自体は深さを通して変化してもよく、ある領域でわずかに増加し、他の領域でわずかに減少してもよい。（ただし、全体としてのグラデーションは常に基板10に向かう方向でのドーパント濃度の減少として特徴付けられる。）。さらに、場合によっては、ドーパント濃度は深さのある部分（おそらくはごくわずかな部分であろうが）で一定であってもよい。グラデーションのこうした変化はいずれも「傾斜」という用語に包含される。ある半導体層の具体的なドーパント濃度プロファイルは、例えばドーパントの種類、半導体デバイスの電氣的要件、非晶質層の堆積法並びにそのマイクロ構造及び厚さなどの様々な因子に依存する。

30

40

【0023】

ドーパント濃度は、個々のドーパントプロファイルとは無関係に、基板との接合界面では実質的にゼロである。そこで、真性領域が接合界面に存在して、電荷-キャリアの再結

50

合を防ぐ機能をもつ。反対側の非晶質層12の上面の領域18は実質的に導電性である。この領域での具体的なドーパント濃度は、半導体デバイスの具体的要件に依存する。多結晶又は単結晶質シリコン基板の場合の非限定的な例として、領域18は約 $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ ~ 約 $1 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ のドーパント濃度を有することが多い。

【0024】

傾斜非晶質層12の厚さも、使用するドーパントの種類、基板の伝導型、傾斜プロファイル、領域18でのドーパント濃度及び層12の光バンドギャップのような様々な因子に依存する。通常、層12の厚さは約250以下である。ある実施形態では、傾斜層12は約30 ~ 約180の厚さを有する。ある状況での最適な厚さは、デバイスの光電変換効率並びにその開回路電圧(Voc)及び短絡回路電流(Isc)に関する測定を行うことによって、過度の負担を伴わずに決定することができる。

10

【0025】

半導体層12の組成傾斜は様々な技術で実施できる。通常、傾斜は、プラズマ堆積時のドーパントレベルを調節することによって達成される。典型的な実施形態では、基板が配置された真空チャンバに、シラン(SiH₄)のようなシリコン前駆体ガスを導入する。水素のような希釈ガスを、シリコン前駆体ガスに導入してもよい。前駆体ガスの流速は広く変更し得るが、通例約10 sccm ~ 約60 sccmの範囲内である。堆積の初期段階では、ドーパント前駆体は一切存在しない。したがって、領域16は上述の通り実質的に真性(「ドーパされていない」)であり、基板10の表面を不動態化する働きをする。

20

【0026】

堆積プロセスの進行に伴って、ドーパント前駆体をプラズマ混合物に添加する。前駆体の選択が、ドーパントの選択、例えばリン(P)、ヒ素(As)及びアンチモン(Sb)のようなn型ドーパント或いはホウ素(B)のようなp型ドーパントに依存することはいうまでもない。ドーパント化合物の非限定的な例を幾つか挙げると、p型ドーパント用のジボランガス(B₂H₆)、n型ドーパント用のホスフィン(PH₃)がある。ドーパントガスは純粋な形態であってもよいし、或いはアルゴン、水素又はヘリウムのようなキャリアガスで希釈してもよい。

【0027】

ドーパントガスの添加は、所望のドーピングプロファイルが得られるように慎重に制御する。この作業の実施に用いることのできるガス流量計(マスフローコントローラーなど)については当業者が熟知している事項である。ドーパントガスの供給速度は、上述のグラデーションスキームに実質的に一致するように選択される。概括的には、ドーパントガスの供給速度は堆積プロセス中に徐々に増加する。ただし、供給速度の特定の変化を堆積スキームにプログラミングできる。プロセスのこの段階の最後の最大流速によって、実質的に導電性の領域18が形成される。上述の通り、領域18は、基板の伝導型とは逆の伝導型を有する。そこで、非晶質半導体層の少なくとも一部は基板とヘテロ接合を形成する。

30

【0028】

多くの実施形態では、非晶質層12上、つまり光起電力デバイスの受光側に透明導電膜20が設けられる。膜20はデバイスの前面電極として機能する。透明導電膜は、金属酸化物のような様々な材料から形成できる。非限定的な例として、酸化亜鉛(ZnO)及び酸化インジウムスズ(ITO)が挙げられる。膜20は、スパッタリング又は蒸着のような様々な慣用技術で形成できる。その厚さは、材料の反射防止(AR)特性のような様々な因子に依存する。通常、透明導電膜20は約200 ~ 約1000の厚さを有する。

40

【0029】

導電膜20上には金属接点22及び24が配設される。接点は、導電電極として機能し、光起電力デバイスで発生した電流を所望の位置へ送る。接点は、銀(Ag)、アルミニウム(Al)、銅(Cu)、モリブデン(Mo)、タングステン(W)及びこれらの組合せのような様々な導電性材料で形成できる。さらに、それらの形状、寸法及び数は、デバイスの層構造及び電氣的構成に応じて変更できる。金属接点は、例えばプラズマ堆積、ス

50

クリーン印刷、真空蒸着（マスクが用いられることもある）、空気圧吐出、或いはインクジェット印刷のような直接書込み技術などの様々な技術で形成できる。

【0030】

本発明の一実施形態では、基板10の反対面28に裏面電極26が形成される。裏面電極は、光起電力デバイスで発生した電流を送るという点で、接点22及び24と同様の機能を果たす。裏面電極は、アルミニウム、銀、モリブデン、チタニウム、タンゲステン及びこれらの組合せのような多種多様な材料から形成できる。さらに、真空蒸着、プラズマ溶射、スパッタリングのような慣用技術で形成できる。他の層と同様に、裏面電極の厚さは様々な因子に依存する。通例、その厚さは約500～約3000である。場合によっては、例えばアルミニウムとシリコンのような材料間に拡散障壁層が望まれる場合など、基板10の裏面電極26と裏面28の間に緩衝層を形成してもよい。

10

【0031】

本発明の半導体構造の別の実施形態を図2に示す。この図では、図1の構成要素と同一又は類似のものには、符号を付していないか、或いは同一の符号を付した。半導体基板10上に組成傾斜層12が設けられている。この場合も、層12上に透明導電膜20が設けられ、次いで電気接点22及び24が形成されている。ただし、この実施形態では、基板10の裏面52に組成傾斜非晶質層50が設けられている。層12と同様に、層50は実質的に真性の部分54と実質的に導電性の部分56を与えるように傾斜している。こうして、別個の不連続な真性層と導電層の使用に付随する短所を伴わずに、基板と層50との接合界面での不動態化達成できる。

20

【0032】

非晶質層50の具体的な勾配（傾斜パターン）は、デバイスの電氣的要件に応じて、層12の勾配と異なってもよい。傾斜は、前面に使用したものと同一装置で形成できる。非晶質層50の厚さは、層12の厚さと同じである必要はないが、好ましくは約250以下である。ある特定の実施形態では、傾斜層50は約30～約180の厚さを有する。また、半導体構造の最適な厚さを決定することは当業者が容易になし得る事項である。

【0033】

光起電力デバイスの前面と同様に、裏面つまり非晶質層50上に透明導電膜58が配設される。膜58は透明導電膜20と同じ材料で形成できるが、異なる組成であってもよい。膜は通常ZnO又はITOのような金属酸化物であり、通例プラズマ堆積法で施工される。膜は通常約100～約2000の厚さを有する。その堆積の後に、接点/電極22及び24について説明した通り、金属接点60及び62を形成すればよい。接点は、デバイスの要件に応じて、前面接点と同じ寸法、形状又は組成である必要はない。さらに、それらの具体的な位置及び数は種々変更し得る。

30

【0034】

本明細書に記載した各実施形態では、傾斜層は、不連続多層間の1以上の接合界面、つまり上述の通り電荷キャリア再結合を起こす可能性のある接合界面をなくす。単層でのドーパント濃度の傾斜は、個々のデバイスのエネルギーバンドギャップの局在化状態の連続的变化を与え、急激なバンド曲がりがなくなると思料される。さらに、傾斜層は、上述の通り、デバイス製造時の加工処理に利点を生じる。例えば、堆積段階間の中断が最小限となり、夾雑物の混入の機会が減る。

40

【0035】

上述の半導体構造は「太陽電池デバイス」と呼ばれることもある。これらのデバイスを1以上を組み込んでソーラーモジュールの形態とすることができる。例えば、多数の太陽電池を直列又は並列に接続してモジュールを形成することができる。（電氣的接続などに関する詳細は当業者が熟知している事項である。）かかるモジュールは、個々の太陽電池デバイスよりも格段に大きいエネルギー出力が可能である。

【0036】

ソーラーモジュールの非限定的な例は、様々な文献例えば米国特許第6667434号

50

(森実ら)に記載されており、その開示内容は援用によって本明細書の内容の一部をなす。モジュールは様々な技術で製造できる。例えば、多数の太陽電池デバイスを、ガラス層間或いはガラス層と透明樹脂シート(例えばEVA(エチレン酢酸ビニル共重合体)製のもの)の間にサンドイッチすればよい。そこで、本発明のある実施形態では、ソーラーモジュールは1以上の太陽電池デバイスを含んでおり、太陽電池デバイス自体は、上述の通り、半導体基板に隣接して組成傾斜非晶質層を備える。傾斜層の使用は、光電変換効率などのデバイス特性を向上させ、ソーラーモジュール全体の性能を向上させることができる。

【0037】

森実らの米国特許には、ソーラーモジュールの他の様々な特徴が記載されている。例えば、この米国特許には、光がモジュールの前面及び後面と接触できる「両面入射」型のソーラーモジュールが記載されている。さらに、この米国特許には、高い防水性が必要とされるソーラーモジュール(例えば屋外用のもの)も記載されている。この種のモジュールでは、各太陽電池部品の側面を封止するために封止樹脂を使用できる。さらに、モジュールは、ガラス層近傍からのナトリウムの不都合な拡散を防ぐための様々な樹脂層を含んでいてもよい。これらのソーラーモジュールはすべて、本明細書に記載の組成傾斜非晶質層を1層以上備えるデバイスを組み込むことができる。

10

【0038】

一般に、ソーラーモジュールの主要部品、例えば、各種の基板材料、裏当て材及びモジュール枠などに関する詳細は当業者が熟知している事項である。モジュールの内部及び外部の配線接続(例えばインバータへの接続など)、並びに各種モジュール封止技術のような他の詳細及び考慮事項についても周知である。

20

【実施例】

【0039】

以下の実施例は例示にすぎず、特許請求の範囲に記載された本発明の技術的範囲を限定するものではない。

【0040】

実施例1

本例では、本発明のある実施形態に係る光起電力デバイスの製造例について例示する。ある伝導型の単結晶又は多結晶質半導体基板を、プラズマ反応チャンバ(例えば、プラズマ化学気相成長システム)内に配置する。真空ポンプでチャンバから雰囲気ガスを除去する。処理すべき基板を約120~約240に予熱する。組成傾斜層の堆積の前に、水素プラズマ表面処理段階を実施する。水素(H_2)を約50~約500sccm(立法センチメートル毎秒)の流速でチャンバに導入する。絞り弁を用いて約200mTorr~約800mTorrの一定の処理圧力に維持する。約6mW/cm²~約50mW/cm²の電力密の交番周波数入力電力を用いてプラズマを点火・維持する。印加入力電力は約100kHz~約2.45GHzとし得る。水素プラズマ表面処理時間は約1~約60秒である。

30

【0041】

水素プラズマ処理段階の最後に、シラン(SiH_4)を約10sccm~約60sccmの流速でプロセスチャンバに導入する。これによって、単一の組成傾斜非晶質半導体層の堆積が始まる。プラズマにはドーパント前駆体が含まれていないので、非晶質層の組成は最初は真性(ドーパされてい)であり、半導体基板の表面の不動態化に役立つ。堆積プロセスの進行に伴って、ドーパント前駆体をプラズマ混合物に添加する。ドーパント前駆体の例は、 B_2H_6 、 $B(CH_3)_3$ 、 PH_3 である。これらは純粋な形態であっても、アルゴン、水素又はヘリムのようなキャリアガスで希釈してもよい。前駆体の流速は組成傾斜層堆積の過程で増加させる。これによって、単層でのドーピング濃度の勾配が形成される。傾斜層堆積プロセスの最後におけるプラズマ中のドーパント前駆体の濃度は、実質的にドーパされた非晶質半導体の特性が達成されるようになる。

40

【0042】

50

一実施形態では、n型単結晶シリコンウェハを基板として用いる。水素プラズマ表面処理（任意段階である）の後、組成傾斜非晶質層の堆積を開始する。基板表面を不動態化する働きをもつ真性（ドーパされていない）材料特性を形成するため、純水素とシランの混合物を最初に使用してもよい。次いで、ホウ素含有前駆体を漸増的にプラズマに導入する。ホウ素はp型ドーパントとして作用するので、非晶質材料はp型の電気特性を取り始める。実質的に導電性の材料特性が達成されるまでホウ素含有前駆体の流速を増しながら、このプロセスを進行させる。この結果、膜厚全域でホウ素濃度が連続的に変化する組成傾斜層が得られる。傾斜層の厚さは最適には約250以下である。この層は組成傾斜デバイスの前面構造の一部をなす。

【0043】

デバイスの反対側の基板表面との接合界面を不動態化して裏面領域（BSF）を形成するため、同様の手順を行う。相違点は、ホウ素含有前駆体材料に代えて、リン含有前駆体を使用することである。リンはn型ドーパントであるので、非晶質材料は、堆積の進行に伴ってn型の電気特性を取り始める。組成傾斜層の堆積の最後に、実質的に導電性の材料特性が得られる。この場合、膜厚全域でリン濃度が連続的に変化する組成傾斜層が得られる。この場合も、組成傾斜層の厚さは最適には約250以下である。この層は組成傾斜デバイスの背面構造の一部をなす。

【0044】

電極を形成するため、前面及び背面の組成傾斜層上に透明導電性酸化物（TCO）皮膜を堆積する。これらの皮膜は、例えば酸化インジウムスズ（ITO）又は酸化亜鉛（ZnO）でよい。厚さを始めとするTCO特性は、これらの層が反射防止（AR）膜として作用するように選択してもよい。デバイスで発生した電流を送るために、電極の前面及び背面に金属接点（例えば、Al、Agなど）を形成する。

【0045】

以上、例示を目的として好ましい実施形態について説明してきたが、以上の説明は本発明の技術的範囲を限定するものではない。したがって、特許請求の範囲に記載された技術的思想及び技術的範囲内での様々な修正、適応及び代替は当業者には自明であろう。上記で引用した特許、特許出願（仮出願を含む）、論文及び刊行物の開示内容はすべて援用によって本明細書の内容の一部をなす。

【図面の簡単な説明】

【0046】

【図1】本発明の一実施形態に係る光起電力デバイスの構造を示す概略断面図。

【図2】本発明の別の実施形態に係る光起電力デバイスの構造を示す概略断面図。

10

20

30

【 図 1 】

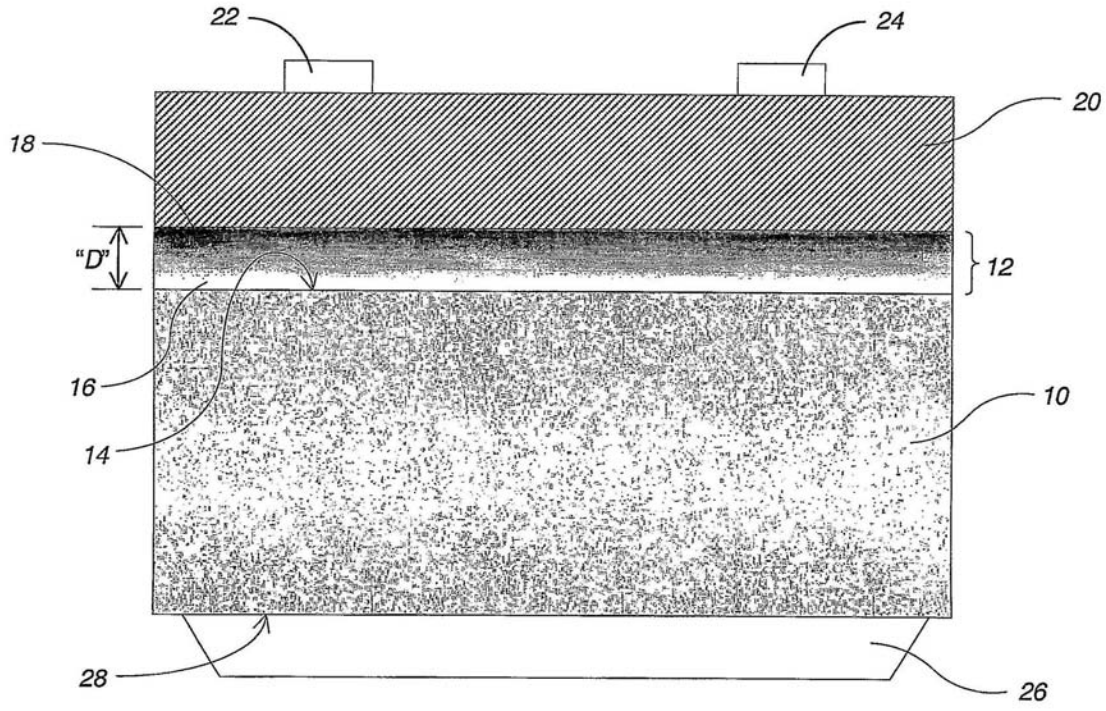


FIG. 1

【 図 2 】

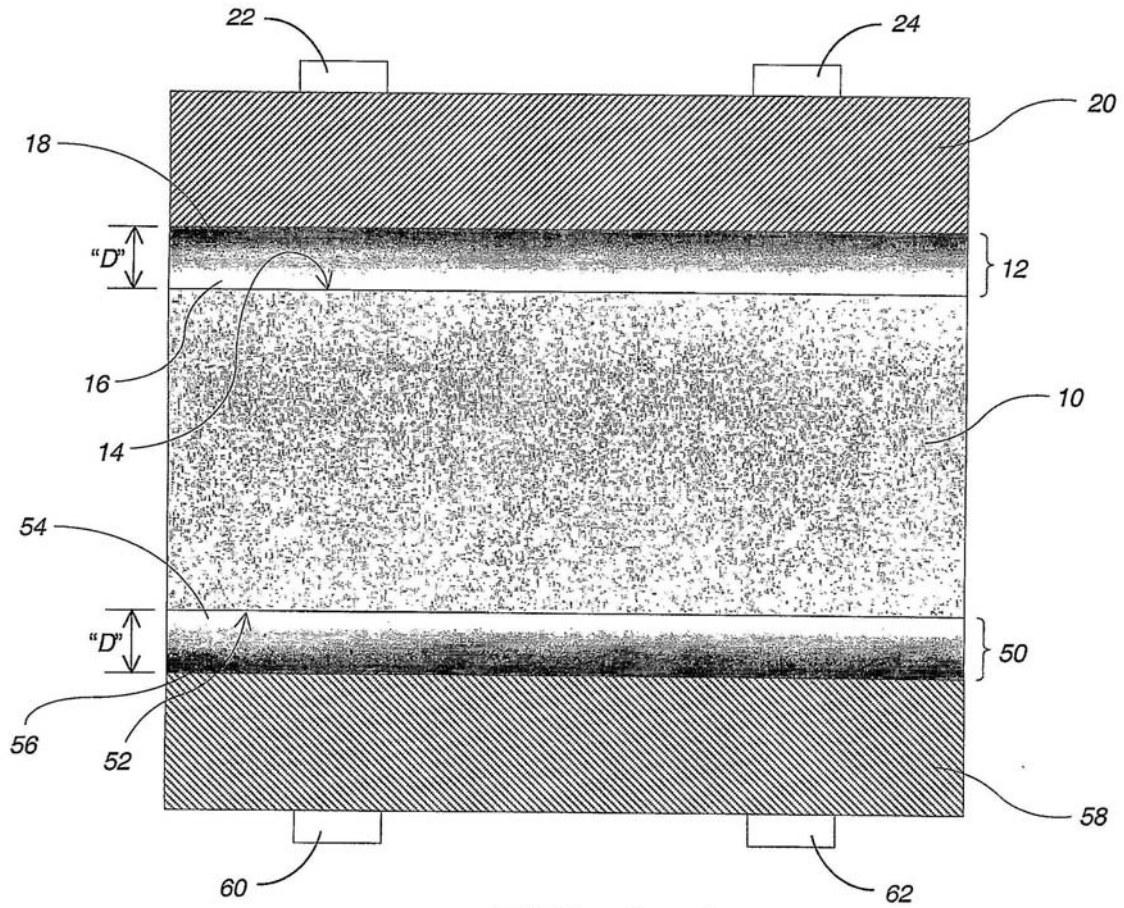


FIG. 2

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No PCT/US2006/027065
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. H01L31/072 H01L31/075		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01L		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 434 318 A (GIBBONS JAMES F [US]) 28 February 1984 (1984-02-28)	1, 2, 5, 7, 8, 13
Y	column 1, line 38 - column 6, line 10 column 3, line 57 - line 63 figure 1	10-12, 14-19
X	EP 0 198 196 A2 (SIEMENS AG [DE]) 22 October 1986 (1986-10-22)	1, 2, 5-8, 10, 13, 14, 18, 19
Y	column 1, line 49 - column 3, line 12 column 2, line 5 - line 10 claims 1-4 figure 1	10, 11, 14-16, 18, 19
	----- -/-	
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. *&* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 11 April 2007		Date of mailing of the international search report 04/05/2007
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer BERNABE PRIETO, A

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/US2006/027065

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 0 364 780 A2 (KANEFUCHI CHEMICAL IND [JP]) 25 April 1990 (1990-04-25) page 2, line 31 - page 3, line 40 figure 1	12,17
X	EP 0 494 088 A1 (KANEFUCHI CHEMICAL IND [JP]) 8 July 1992 (1992-07-08) page 5, line 27 - line 42 figures 1,5	1,2,5,7, 8,10,13
A	US 4 001 864 A (GIBBONS JAMES F) 4 January 1977 (1977-01-04) column 7, line 23 - column 12, line 43; figures 5,6	1
A	US 5 213 628 A (NOGUCHI SHIGERU [JP] ET AL) 25 May 1993 (1993-05-25) cited in the application figures 1,3	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/US2006/027065

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4434318	A	28-02-1984	NONE	
EP 0198196	A2	22-10-1986	JP 61236172 A US 4681984 A	21-10-1986 21-07-1987
EP 0364780	A2	25-04-1990	DE 68927845 D1 DE 68927845 T2 US 5091764 A	17-04-1997 07-08-1997 25-02-1992
EP 0494088	A1	08-07-1992	NONE	
US 4001864	A	04-01-1977	DE 2703430 A1 JP 52100989 A	04-08-1977 24-08-1977
US 5213628	A	25-05-1993	NONE	

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 ジョンソン, ジェイムズ・ニール
アメリカ合衆国、ニューヨーク州・12309、スケネクタディ、パインウッド・アベニュー、8
18番

(72)発明者 マニヴァナン, ヴェンカテサン
アメリカ合衆国、ニューヨーク州・12148、レックスフォード、ブルー・ジェイ・ウェイ、7
3番

Fターム(参考) 5F051 AA02 AA03 AA05 BA14 CA07 CA08 CA15 CA37 DA07 DA12
FA04 FA06 GA03 GA04 JA04