

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5307818号  
(P5307818)

(45) 発行日 平成25年10月2日(2013.10.2)

(24) 登録日 平成25年7月5日(2013.7.5)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 31/04 (2006.01)

H O 1 L 31/04

A

H O 1 L 31/04

B

請求項の数 73 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2010-523988 (P2010-523988)  
 (86) (22) 出願日 平成20年6月11日(2008.6.11)  
 (65) 公表番号 特表2010-538492 (P2010-538492A)  
 (43) 公表日 平成22年12月9日(2010.12.9)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2008/007356  
 (87) 国際公開番号 W02009/108162  
 (87) 国際公開日 平成21年9月3日(2009.9.3)  
 審査請求日 平成22年3月3日(2010.3.3)  
 (31) 優先権主張番号 12/036,766  
 (32) 優先日 平成20年2月25日(2008.2.25)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 510003313  
 サニーバ, インコーポレイテッド  
 アメリカ合衆国 ジョージア 30092  
 ノークロス ビルディング スリー ビ  
 ーチツリー インダストリアル プールバ  
 ード 5775  
 (74) 代理人 100113608  
 弁理士 平川 明  
 (74) 代理人 100123098  
 弁理士 今堀 克彦  
 (72) 発明者 メイヤー, ダニエル エル.  
 アメリカ合衆国 ジョージア 30345  
 アトランタ ユニット シー14 ノー  
 スイースト ノースイースト エクスプレ  
 スウェイ 2805

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 結晶シリコン p-n ホモ接合と表面安定化のためのアモルファスシリコンヘテロ接合とを有する太陽電池

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

エミッタ層に隣接するベース層を有する結晶シリコン基板であって、該ベース層の導電型は該エミッタ層の導電型の反対の型とされることで、該ベース層と該エミッタ層との界面でp-nホモ接合を形成する結晶シリコン基板と、

前記ベース層の表面を安定化させるために前記結晶シリコン基板の前記ベース層に結合される第1の真性アモルファスシリコン層であって、前記ベース層と前記第1の真性アモルファスシリコン層との界面で第1のヘテロ接合を形成する第1の真性アモルファスシリコン層と、

前記エミッタ層の表面を安定化させるために前記結晶シリコン基板の前記エミッタ層に結合される第2の真性アモルファスシリコン層であって、前記エミッタ層と前記第2の真性アモルファスシリコン層との界面で第2のヘテロ接合を形成する第2の真性アモルファスシリコン層と、

前記結晶シリコン基板の電場を強化するために前記第1の真性アモルファスシリコン層に結合される第1のドーパアモルファスシリコン層であって、前記第1のドーパアモルファスシリコン層の導電型は前記ベース層の導電型と同じとされる、第1のドーパアモルファスシリコン層と、

前記結晶シリコン基板の電場を強化するために前記第2の真性アモルファスシリコン層に結合される第2のドーパアモルファスシリコン層であって、前記第2のドーパアモルファスシリコン層の導電型は前記エミッタ層の導電型と同じとされる、第2のドーパアモル

10

20

ファスシリコン層と  
を備える装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の装置であって、さらに、  
電荷を伝導するためおよび反射防止膜を提供するために前記第 1 のドーパモルファスシリコン層に結合される第 1 の透明な導電性酸化物層と、  
電荷を伝導するためおよび反射防止膜を提供するために前記第 2 のドーパモルファスシリコン層に結合される第 2 の透明な導電性酸化物層と、  
を備える装置。

【請求項 3】

10

請求項 2 に記載の装置であって、  
前記第 1 の透明な導電性酸化物層および前記第 2 の透明な導電性酸化物層は、インジウムスズ酸化物を含む、装置。

【請求項 4】

請求項 2 に記載の装置であって、  
前記第 1 の透明な導電性酸化物層および前記第 2 の透明な導電性酸化物層は、亜鉛酸化物を含む、装置。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の装置であって、  
前記結晶シリコンは、およそ 50 ~ 500 マイクロメートルの厚さを有する、装置。 20

【請求項 6】

請求項 1 に記載の装置であって、  
前記第 1 の真性アモルファスシリコン層は、およそ 2 ~ 10 ナノメートルの厚さを有する、装置。

【請求項 7】

請求項 1 に記載の装置であって、  
前記第 1 の真性アモルファスシリコン層は、前記第 2 の真性アモルファスシリコン層に  
およそ等しい厚さを有する、装置。

【請求項 8】

請求項 1 に記載の装置であって、  
前記第 1 の真性アモルファスシリコン層は、前記第 2 の真性アモルファスシリコン層未  
満の厚さを有する、装置。 30

【請求項 9】

請求項 1 に記載の装置であって、  
前記結晶シリコンは、単結晶シリコンである、装置。

【請求項 10】

請求項 9 に記載の装置であって、  
前記単結晶シリコン表面は、結晶方位 (100) を有する、装置。

【請求項 11】

請求項 1 に記載の装置であって、  
前記結晶シリコンは、多結晶シリコンである、装置。 40

【請求項 12】

請求項 1 に記載の装置であって、  
前記第 1 のドーパモルファスシリコン層は、およそ 4 ~ 20 ナノメートルの厚さを  
有する、装置。

【請求項 13】

請求項 1 に記載の装置であって、  
前記第 2 のドーパモルファスシリコン層は、およそ 4 ~ 20 ナノメートルの厚さを  
有する、装置。

【請求項 14】

50

請求項 2 に記載の装置であって、さらに、  
電荷を伝導するために前記第 1 の透明な導電性酸化物層に結合される第 1 の複数の接触と、  
電荷を伝導するために前記第 2 の透明な導電性酸化物層に結合される第 2 の複数の接触と、  
を備える装置。

【請求項 15】

請求項 2 に記載の装置であって、  
前記第 1 の透明な導電性酸化物層は、おおよそ 75 ナノメートルの厚さを有する、装置。

10

【請求項 16】

請求項 2 に記載の装置であって、  
前記第 1 の透明な導電性酸化物層は、おおよそ 50 オーム / スクエアのシート抵抗を有する、装置。

【請求項 17】

請求項 2 に記載の装置であって、  
前記第 1 の透明な導電性酸化物層は、おおよそ 2.0 の屈折率を有する、装置。

【請求項 18】

請求項 1 に記載の装置であって、  
前記結晶シリコンは、シリコンウエハである、装置。

20

【請求項 19】

請求項 18 に記載の装置であって、  
前記シリコンウエハは、前記ベース層を形成する p 型であり、前記エミッタ層は、前記シリコンウエハ内の拡散層である、装置。

【請求項 20】

請求項 19 に記載の装置であって、  
前記 n 型領域は、おおよそ 10 ~ 1000 オーム / スクエアのシート抵抗を有する、装置。

【請求項 21】

請求項 1 に記載の装置であって、  
前記ベース層は p 型にドーピングされ、前記エミッタ層は n 型にドーピングされる、装置。

30

【請求項 22】

請求項 21 に記載の装置であって、  
前記エミッタ層は、おおよそ 10 ~ 1000 オーム / スクエアのシート抵抗を有する、装置。

【請求項 23】

ホモ接合と、上面と、底面とを含む第 1 の領域であって、前記ホモ接合は、光生成電子を該上面および該底面の一方に向かわせ光生成正孔を該上面および該底面の他方に向かわせる電場を画定する第 1 の領域と、

前記第 1 の領域の前記上面を安定化させるために前記第 1 の領域に結合される第 2 の領域であって、前記第 1 の領域と前記第 2 の領域との界面は、第 1 のヘテロ接合を含み、前記第 2 の領域は、第 1 の非ドーピングアモルファスシリコン層と第 1 のドーピングアモルファスシリコン層とを有し、前記第 1 のドーピングアモルファスシリコン層の導電型は前記第 1 の領域の前記上面の導電型と同じとされる、第 2 の領域と、

40

前記第 1 の領域の前記底面を安定化させるために前記第 1 の領域に結合される第 3 の領域であって、前記第 1 の領域と前記第 3 の領域との界面は、第 2 のヘテロ接合を含み、前記第 3 の領域は、第 2 の非ドーピングアモルファスシリコン層と第 2 のドーピングアモルファスシリコン層とを有し、前記第 2 のドーピングアモルファスシリコン層の導電型は前記第 1 の領域の前記底面の導電型と同じとされる、第 3 の領域と、

を備える太陽電池。

50

## 【請求項 2 4】

請求項 2 3 に記載の太陽電池であって、

前記電場は、第 1 の電場であって、前記第 1 のヘテロ接合は、第 2 の電場を含み、前記第 2 のヘテロ接合は、第 3 の電場を含む、太陽電池。

## 【請求項 2 5】

請求項 2 4 に記載の太陽電池であって、

前記第 1 の電場、前記第 2 の電場、および前記第 3 の電場は、同じ方向である、太陽電池。

## 【請求項 2 6】

請求項 2 3 に記載の太陽電池であって、

前記第 1 の領域は、結晶シリコンを含む、太陽電池。

10

## 【請求項 2 7】

請求項 2 3 に記載の太陽電池であって、

前記第 1 のドーパモルファスシリコン層は n 型にドーパされた、太陽電池。

## 【請求項 2 8】

請求項 2 3 に記載の太陽電池であって、

前記第 2 のドーパモルファスシリコン層は p 型にドーパされた、太陽電池。

## 【請求項 2 9】

請求項 2 3 に記載の太陽電池であって、

前記第 1 の領域は、およそ 50 ~ 500 マイクロメートルの厚さを有する、太陽電池

20

## 【請求項 3 0】

請求項 2 3 に記載の太陽電池であって、

前記第 1 の領域は、シリコンウエハである、太陽電池。

## 【請求項 3 1】

請求項 3 0 に記載の太陽電池であって、

前記シリコンウエハは、p 型層を形成する p 型であり、n 型層は、前記シリコンウエハ内の拡散層であり、前記ホモ接合は、前記 p 型層と前記 n 型層との界面である、太陽電池

。

## 【請求項 3 2】

請求項 3 1 に記載の太陽電池であって、

前記 n 型層は、およそ 10 ~ 1000 オーム / スクエアのシート抵抗を有する、太陽電池。

30

## 【請求項 3 3】

請求項 3 0 に記載の太陽電池であって、

前記シリコンウエハは、n 型層を形成する n 型であり、p 型層は、前記シリコンウエハ内の拡散層であり、前記ホモ接合は、前記 n 型層と前記 p 型層との界面である、太陽電池

。

## 【請求項 3 4】

請求項 3 3 に記載の太陽電池であって、

前記 p 型領域は、およそ 10 ~ 1000 オーム / スクエアのシート抵抗を有する、太陽電池。

40

## 【請求項 3 5】

直列して結合された複数の太陽電池と、透明な封入材料および反射材料を備える太陽電池モジュールであって、

前記複数の太陽電池の各太陽電池は、

第 1 の導電型にドーパされたシリコンウエハと、

前記シリコンウエハ上に形成された拡散エミッタ層であって、前記第 1 の導電型とは反対の第 2 の導電型にドーパされ、前記拡散エミッタ層と前記シリコンウエハとの界面で p-n 接合を形成する拡散エミッタ層と、

50

前記拡散エミッタ層の前面に結合される第 1 のアモルファスシリコン層であって、前記前面を安定化し、前記 p-n ホモ接合の電場を強化するために、前記第 1 のアモルファスシリコン層と前記拡散エミッタ層の前面との界面に第 1 のヘテロ接合を形成し、前記第 1 のアモルファスシリコン層は、前記拡散エミッタ層の前面に結合された第 1 の真性アモルファスシリコン層と、前記第 1 の真性アモルファスシリコン層の前面に結合された第 1 のドーパアモルファスシリコン層とを有し、第 1 のドーパアモルファスシリコン層は、前記拡散エミッタ層と同じ導電型にドーパされる、第 1 のアモルファスシリコン層と、

前記シリコンウエハの背面に結合される第 2 のアモルファスシリコン層であって、前記背面を安定化し、前記 p-n ホモ接合の電場を強化するために、前記第 2 のアモルファスシリコン層と前記シリコンウエハの背面との界面に第 2 のヘテロ接合を形成し、前記第 2 のアモルファスシリコン層は、前記シリコンウエハの背面に結合された第 2 の真性アモルファスシリコン層と、前記第 2 の真性アモルファスシリコン層の背面に結合された第 2 のドーパアモルファスシリコン層とを有し、第 2 のドーパアモルファスシリコン層は、前記シリコンウエハと同じ導電型にドーパされる、第 2 のアモルファスシリコン層と、

反射防止膜を提供し、導電するために前記第 1 のアモルファスシリコン層に結合される第 1 の導電性酸化物層と、

導電するため前記第 2 のアモルファスシリコン層に結合される第 2 の導電性酸化物層とを含み、

前記透明な封入材料は前記複数の太陽電池を保護するため前記複数の太陽電池と結合される、

前記複数の太陽電池を通過した光を前記太陽電池に向けて反射し前記太陽電池の光の吸収を増大させるため、前記反射材料は前記透明な封入材料に結合され前記複数の太陽電池の背面に対向して配置される、

太陽電池モジュール。

【請求項 36】

請求項 35 に記載の太陽電池モジュールであって、

前記透明な封入材料はエチレンビニルアセテ-トである、太陽電池モジュール。

【請求項 37】

請求項 35 に記載の太陽電池モジュールであって、

前記反射材料はポリフッ化ビニルである、太陽電池モジュール。

【請求項 38】

請求項 35 に記載の太陽電池モジュールであって、

前記複数の太陽電池は 36 個の太陽電池からなる、太陽電池モジュール。

【請求項 39】

請求項 35 に記載の太陽電池モジュールであって、

前記複数の太陽電池は 72 個の太陽電池からなる、太陽電池モジュール。

【請求項 40】

請求項 35 に記載の太陽電池モジュールであって、

前記第 1 の導電性酸化物層と前記第 2 の導電性酸化物層は透明である、太陽電池モジュール。

【請求項 41】

請求項 35 に記載の太陽電池モジュールであって、

前記太陽電池モジュールに剛性を与え前記複数の太陽電池を保護するため前記透明な封入材料に結合され前記複数の太陽電池の前面に対向して配置されるガラスカバーをさらに含む、太陽電池モジュール。

【請求項 42】

請求項 35 に記載の太陽電池モジュールであって、

前記複数の太陽電池の各太陽電池は、

導電のため前記第 1 の導電性酸化物層に結合される第 1 の複数の接触と、導電のため前記第 2 の導電性酸化物層に結合される第 2 の複数の接触と、

をさらに含む、太陽電池モジュール。

【請求項 4 3】

請求項 3 5 に記載の太陽電池モジュールであって、

前記複数の太陽電池の各太陽電池は 5 0 ~ 5 0 0 マイクロメートルの厚さを有する、太陽電池モジュール。

【請求項 4 4】

請求項 3 5 に記載の太陽電池モジュールであって、

前記複数の太陽電池の各太陽電池は 1 5 0 マイクロメートル未満の厚さを有する、太陽電池モジュール。

【請求項 4 5】

請求項 3 5 に記載の太陽電池モジュールであって、

前記複数の太陽電池の各太陽電池は 1 0 0 マイクロメートル未満の厚さを有する、太陽電池モジュール。

【請求項 4 6】

熱サイクルにおいて薄い結晶シリコンウエハのドーブ基板上に拡散エミッタ層を形成し、

前記熱サイクルは炉内で行われ、そして、前記拡散エミッタ層の導電型は、少なくとも前記ドーブ基板の隣接部分の導電型と反対の型であることで、p-nホモ接合が形成され、

前記熱サイクルにおいて、前記拡散エミッタ層に隣接した前記結晶シリコンウエハの第 1 の表面上に第 1 の酸化物層を形成するため、および前記拡散エミッタ層の反対側の前記結晶シリコンウエハの第 2 の表面上に第 2 の酸化物層を形成するために前記炉内に酸素を注入し、

前記結晶シリコンウエハの前記第 1 の表面および前記第 2 の表面を露出させるため前記第 1 および第 2 の酸化物層を剥離し、

前記結晶シリコンウエハの前記第 1 の表面に第 1 の非ドーブアモルファスシリコン層を形成し、

前記結晶シリコンウエハの前記第 2 の表面に第 2 の非ドーブアモルファスシリコン層を形成し、

前記第 1 の非ドーブアモルファスシリコン層上に第 1 のドーブアモルファスシリコン層を形成し、前記第 1 のドーブアモルファスシリコン層の導電型は、前記拡散エミッタ層の導電型と同じ型とされ、

前記第 2 の非ドーブアモルファスシリコン層上に第 2 のドーブアモルファスシリコン層を形成し、前記第 2 のドーブアモルファスシリコン層の導電型は、前記拡散エミッタ層の導電型と反対の型とされる、

方法。

【請求項 4 7】

請求項 4 6 に記載の方法であって、

前記第 1 の非ドーブアモルファスシリコン層と前記第 2 の非ドーブアモルファスシリコン層は同時に形成される、方法。

【請求項 4 8】

請求項 4 6 に記載の方法であって、

前記結晶シリコンウエハは約 5 0 ~ 約 5 0 0 マイクロメートルの厚さを有する、方法。

【請求項 4 9】

請求項 4 6 に記載の方法であって、

前記第 1 の酸化物層は前記第 2 の酸化物層とほぼ等しい厚さを有する、方法。

【請求項 5 0】

請求項 4 6 に記載の方法であって、

前記拡散エミッタ層は約 7 0 0 °C ~ 約 1 0 0 0 °C の温度範囲で前記結晶シリコンウエハのドーブ基板上に形成される、方法。

【請求項 5 1】

請求項 4 6 に記載の方法であって、  
前記結晶シリコンウエハの一部は前記第 1 の酸化物層と前記第 2 の酸化物層形成中に消費される、方法。

【請求項 5 2】

請求項 4 6 に記載の方法であって、  
前記第 1 の酸化物層と前記第 2 の酸化物層は予備的な湿式化学洗浄プロセスなしで剥離される、方法。

【請求項 5 3】

請求項 4 6 に記載の方法であって、  
前記第 1 の酸化物層と前記第 2 の酸化物層はフッ化水素酸 (HF) 溶液を用いて剥離される、方法。 10

【請求項 5 4】

請求項 5 3 に記載の方法であって、  
前記フッ化水素酸溶液は容積配合比で 2 4 : 1 の水と 4 9 % のフッ化水素酸からなる、方法。

【請求項 5 5】

請求項 4 6 に記載の方法であって、  
前記第 1 の非ドーパモルファスシリコン層はホットワイヤ化学気相法堆積 (HWCVD) 法を用い約 1 0 ミリトールの圧力でシランを分解することにより形成され、前記結晶シリコンウエハは約 1 0 0 ° C である、方法。 20

【請求項 5 6】

請求項 5 5 に記載の方法であって、  
前記 HWCVD 法においてシラン分子は約 2 0 0 0 ° C に加熱されたホットワイヤによって分解される、方法。

【請求項 5 7】

請求項 4 6 に記載の方法であって、  
前記第 1 の非ドーパモルファスシリコン層はプラズマ化学気相法堆積法を用いシランを分解することにより形成され、約 1 3 メガヘルツ ~ 約 7 0 メガヘルツの周波数範囲のプラズマが印加される、方法。

【請求項 5 8】

請求項 4 6 に記載の方法であって、  
前記第 1 の非ドーパモルファスシリコン層は約 2 ナノメートル ~ 約 1 0 ナノメートルの厚さを有する、方法。 30

【請求項 5 9】

請求項 4 6 に記載の方法であって、  
前記結晶シリコンウエハの前記拡散エミッタ層は p 型であり、前記結晶シリコンウエハの前記ドーパ基板は n 型であり、前記第 1 のドーパモルファスシリコン層は p 型であり、前記第 2 のドーパモルファスシリコン層は n 型である、方法。

【請求項 6 0】

請求項 4 6 に記載の方法であって、  
前記結晶シリコンウエハの前記拡散エミッタ層は n 型であり、前記結晶シリコンウエハの前記ドーパ基板は p 型であり、前記第 1 のドーパモルファスシリコン層は n 型であり、前記第 2 のドーパモルファスシリコン層は p 型である、方法。 40

【請求項 6 1】

請求項 4 6 に記載の方法であって、  
前記第 1 のドーパモルファスシリコン層は HWCVD 法においてシランと水素中 5 % のホスフィンの組合わせを用いることによって形成され、シランと水素中 5 % のホスフィンの前記組合わせの比率は 1 : 1 . 2 であり、圧力は約 6 0 ミリトールであり、前記結晶シリコンウエハは約 2 0 0 ° C である、方法。

【請求項 6 2】

50

請求項 4 6 に記載の方法であって、

前記第 2 のドーパモルファスシリコン層は H W C V D 法においてシランと水素中 2 . 5 % のジボランの組合わせを用いることによって形成され、前記シランと水素中 2 . 5 % のジボランの組合わせの比率は 1 : 5 であり、圧力は約 7 0 ミリトールであり、前記結晶シリコンウエハは約 2 5 0 ° C である、方法。

【請求項 6 3】

請求項 4 6 に記載の方法であって、

前記第 1 のドーパモルファスシリコン層上に第 1 の導電性酸化物層を形成し、  
前記第 2 のドーパモルファスシリコン層上に第 2 の導電性酸化物層を形成する、  
ことをさらに含む、方法。

10

【請求項 6 4】

請求項 6 3 に記載の方法であって、

前記第 1 の導電性酸化物層は酸素存在下で 9 0 % のインジウムと 1 0 % のスズとの合金を蒸着させることにより形成され、前記結晶シリコンウエハは約 1 6 5 ° C である、方法。

【請求項 6 5】

請求項 6 3 に記載の方法であって、

前記第 1 の導電性酸化物層はスパッタリングにより形成される、方法。

【請求項 6 6】

請求項 6 3 に記載の方法であって、

前記第 1 の導電性酸化物層に第 1 の複数の接触を施し、  
前記第 2 の導電性酸化物層に第 2 の複数の接触を施す、  
ことをさらに含む、方法。

20

【請求項 6 7】

請求項 6 6 に記載の方法であって、

前記第 1 と第 2 の複数の接触は約 4 0 0 ° C 未満の温度で銀を蒸着させることにより施される、方法。

【請求項 6 8】

ベース・ドーパント材料を有する複数のシリコンウエハを約 7 0 0 ° C ~ 約 1 0 0 0 ° C の炉内のウエハポート上に設置し、

30

複数のドーパント源の 2 つのドーパント源はそれぞれ前記複数のシリコンウエハのうちの 2 枚を挟むようにウエハポート上に載置され、前記ドーパント源は前記複数のシリコンウエハのそれぞれの前側にドーパント層を拡散させることで、拡散エミッタ層と p-n ホモ接合を形成し、

前記複数のシリコンウエハの各ウエハの前側に第 1 の酸化物層を成長させ前記複数のシリコンウエハの各ウエハの後側に第 2 の酸化物層を成長させるため前記炉内へ酸素を注入し、

前記炉から前記複数のシリコンウエハを取り出し、

前記第 1 の酸化物層および前記第 2 の酸化物層をフッ化水素酸を用いて剥離し、

前記複数のシリコンウエハの各ウエハの前側に第 1 の真性のアモルファスシリコン層を成長させ、

40

前記複数のシリコンウエハの各ウエハの後側に第 2 の真性のアモルファスシリコン層を成長させ、

前記複数のシリコンウエハの各ウエハの前記第 1 の真性のアモルファスシリコン層上に第 1 のドーパモルファスシリコン層を成長させ、前記第 1 のドーパモルファスシリコン層の導電型は、前記拡散エミッタ層の導電型と同じ型であり、

前記複数のシリコンウエハの各ウエハの前記第 2 の真性のアモルファスシリコン層上に第 2 のドーパモルファスシリコン層を成長させ、前記第 2 のドーパモルファスシリコン層の導電型は、前記拡散エミッタ層の導電型と反対の型である、

ことを含む方法。

50



**【請求項 69】**

請求項 68 に記載の方法であって、

前記複数のシリコンウエハの各ウエハは隣接するドーパント源から約 32 分の 3 インチ隔てられる、方法。

**【請求項 70】**

請求項 68 に記載の方法であって、

前記複数のシリコンウエハの各ウエハは隣接するシリコンウエハから約 16 分の 3 インチ隔てられる、方法。

**【請求項 71】**

請求項 68 に記載の方法であって、

前記複数のシリコンウエハの各ウエハは 200 マイクロメートル未満の厚さを有する、方法。

10

**【請求項 72】**

請求項 68 に記載の方法であって、

前記複数のシリコンウエハは n 型であり、前記複数のドーパント源は p 型であり、前記複数のシリコンウエハの各ウエハの前記第 1 のドーパモルファスシリコン層は p 型であり、前記複数のシリコンウエハの各ウエハの前記第 2 のドーパモルファスシリコン層は n 型である、方法。

**【請求項 73】**

請求項 68 に記載の方法であって、前記複数のシリコンウエハは p 型であり、前記複数のドーパント源は n 型であり、前記複数のシリコンウエハの各ウエハの前記第 1 のドーパモルファスシリコン層は n 型であり、前記複数のシリコンウエハの各ウエハの前記第 2 のドーパモルファスシリコン層は p 型である、方法。

20

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、概して、シリコン太陽電池に関するものである。より具体的には、本発明は、表面における正孔と電子との再結合を低減させるウエハ構造と、薄いシリコンウエハに導入される応力を小さくしてそれらの構造的完全性を高めるためのプロセスとに関する。

**【0002】**

太陽電池は、光エネルギーを電気エネルギーに変換する装置である。これらの装置は、多くは光起電性 (PV) 電池とも称される。太陽電池は、種々様々な半導体から製造される。一般的な半導体材料の 1 つが、結晶シリコンである。

30

**【0003】**

太陽電池は、3つの主要要素である (1) 半導体と、(2) 半導体接合と、(3) 導電性接触とを有する。シリコンなどの半導体は、n 型または p 型にドーピングすることができる。n 型シリコンと p 型シリコンとをくっつける場合は、太陽電池内においてそれらが合わさる領域が半導体接合である。半導体は、光を吸収する。光からのエネルギーは、シリコン層内の原子の価電子に伝わることができ、これは、その価電子が束縛状態を脱して正孔を後に残すことを可能にする。これらの光生成電子と正孔とは、p - n 接合にともなう電場によって分離される。導電性接触は、電流が太陽電池から外部回路へ流れることを可能にする。

40

**【0004】**

図 1 は、先行技術太陽電池の基本要素を示している。太陽電池は、シリコンウエハ上に作成される。太陽電池 5 は、p 型シリコンベース 10 と、n 型シリコンエミッタ 20 と、底部導電性接触 40 と、上部導電性接触 50 とを含む。n 型シリコン 20 は、上部導電性接触 50 に結合される。p 型シリコン 10 は、底部導電性接触 40 に結合される。上部導電性接触 50 および底部導電性接触 40 は、負荷 75 に結合される。

**【0005】**

銀を含む上部導電性接触 50 は、電流が太陽電池 5 に流れ込むことを可能にする。しか

50

しながら、銀が光を通さないゆえに、上部導電性接触 50 は、電池 5 の表面の全部は覆わない。したがって、上部導電性接触 50 は、光が太陽電池 5 に入ることを可能にする格子パターンを有する。電子は、底部導電性接触 40 を通じて正孔と合体する前に、上部導電性接触 50 から負荷 75 を通って流れる。

#### 【0006】

底部導電性接触 40 は、アルミニウム - シリコン共晶を含むのが普通である。この底部導電性接触 40 は、導通を最大限にするために、p 型シリコン 10 の底面の全部を覆うのが通常である。アルミニウムは、アルミニウム - シリコン共晶温度である摂氏 577 度を大きく上回る摂氏およそ 750 度の高温でシリコンとの合金を形成する。この合金反応は、高濃度にドーパされた p 型領域をベースの底部に形成し、そこに強い電場を発生させる。この電場は、p - n 接合にともなう電場が電子を正孔から分離するのを助けるので、上部接触には電子が集められ、底部接触には正孔が集められる。

#### 【0007】

##### < 発明の概要 >

表面における再結合による電子および正孔の喪失を低減させるため、そして p - n ホモ接合の内部電場を強化するために、p - n ホモ接合とヘテロ接合表面安定化とを含む太陽電池構造が提供される。薄い結晶シリコンウエハ上にこの太陽電池を製造するのに適合可能である作成プロセスが提供される。一実施形態では、p - n ホモ接合とヘテロ接合表面安定化とを有する複数の太陽電池が直列につながれ、透明な封入材料および反射性材料に結合される。

#### 【0008】

以上は要約であり、したがって、必然的に、詳細の簡略化、一般化、および省略を含む。その結果、当業者に明らかなように、要約は、例示を目的としたものに過ぎず、限定的であることを決して意図していない。特許請求の範囲によってのみ定められる本開示のその他の態様、発明的特徴、および利点は、以下に述べられる非限定的な詳細な説明から明らかになる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0009】

【図 1】先行技術太陽電池の断面図である。

【図 2】太陽電池作成プロセスの 1 つの実施形態についてのフローチャートである。

【図 3 A】作成プロセスの各段階におけるシリコンウエハの 1 つの実施形態についての断面図である。

【図 3 B】作成プロセスの各段階におけるシリコンウエハの 1 つの実施形態についての断面図である。

【図 3 C】作成プロセスの各段階におけるシリコンウエハの 1 つの実施形態についての断面図である。

【図 3 D】作成プロセスの各段階におけるシリコンウエハの 1 つの実施形態についての断面図である。

【図 3 E】作成プロセスの各段階におけるシリコンウエハの 1 つの実施形態についての断面図である。

【図 3 F】作成プロセスの各段階におけるシリコンウエハの 1 つの実施形態についての断面図である。

【図 4】シリコンウエハに対する拡散層を薄い二酸化シリコン層とともにウエハ表面全体に形成するための炉の一実施形態である。

【図 5】複数の太陽電池を有する太陽電池モジュールである。

#### 【0010】

##### < 詳細な説明 >

以下の説明では、本発明の完全な理解を可能にするために、多くの詳細が設定されている。しかしながら、当業者ならば明らかなように、本発明は、これらの一部または全部の詳細を設定しなくても実施することができる。また、本発明を不明瞭にするのを避けるた

10

20

30

40

50

めに、周知の方法、手順、構成要素、および回路の詳細な説明は省かれている。

【 0 0 1 1 】

太陽エネルギーは、クリーンで安定しているゆえに、理想的な資源である。しかしながら、さらに多くの太陽エネルギーの活用にとまなうこれまでの障害の1つに、太陽光収集システムのコストがある。シリコン太陽電池を製造するコストのおおよそ75%は、シリコンウエハ自体のコストにある。このため、理論上は、インゴットから薄く切り取ることができるウエハの枚数が多いほど、より多くのコスト削減を実現することができる。しかしながら、通常は、ウエハが薄いほど収率が下がる。さらに、薄いウエハは、製造プロセス中に非一様な高温に曝される場合やシリコンウエハ上のとりわけアルミニウム-シリコン共晶層などのその他の層から応力を受ける場合に変形しやすい。

10

【 0 0 1 2 】

図2は、本発明の1つの実施形態にしたがって薄いシリコンウエハから太陽電池を製造するための作成プロセスのフローチャートを示している。例えば、プロセスは、今日の基準では薄いほうである100マイクロメートルから150マイクロメートルに及ぶ厚さのシリコンウエハから電池を作成するために使用することができる。発明の範囲は、しかしながら、薄い太陽電池に限定されず、例えばフォトダイオードまたは光検出器などのその他の装置に適用することもできる。操作100では、おおよそ50~500マイクロメートルの厚さを有する結晶シリコンウエハ上に、p-nホモ接合が形成される。ウエハは、単結晶または多結晶であってよい。ウエハ表面は、ざらつきがあってもよい。例えば、結晶方位(111)の面を有する小四角錐の配列を作成するために、異方性エッチングを使用して、結晶方位(100)の表面を有する結晶シリコンウエハにざらつきを付与することができる。このようなざらついた表面は、反射率を低減させるのに、そして太陽電池の内部に光を閉じ込めるのに役立つ。

20

【 0 0 1 3 】

本発明の1つの実施形態として、p型ドーブを有するシリコンウエハの片側にn型拡散層が形成される。該拡散層は、拡散炉の中で形成することができる。図4は、複数のシリコンウエハ410をドーブするための拡散炉400の一実施形態を示している。拡散炉は、ウエハポート405と、複数のシリコンウエハ410と、複数のドーパント源420とを含む。ドーパント源420は、両表面に施されるリン、アンチモン、またはヒ素などのn型ドーパントの源を有する。

30

【 0 0 1 4 】

複数のシリコンウエハ410および複数のドーパント源420は、第1のドーパント源420と第2のドーパント源420との間に2枚のシリコンウエハ410が配置されるようなパターンで、ウエハポート405に載置することができる。例えば、図4は、ウエハポート405の左端のスロットに載置されるドーパント源420を示している。このドーパント源420の隣りは第1のシリコンウエハ410であり、その次は第2のシリコンウエハ410であり、その次は第2のドーパント源420である。もしこのパターンが、ウエハポート405がドーパント源420とシリコンウエハ410とで満杯になるまで続けられた場合は、2枚のシリコンウエハ410からなる各セットは、各側に1つずつのドーパント源420によって挟まれるはずである。図4のウエハは、中心間をおおよそ32分の3インチ(約0.24センチ)隔てられてよい。シリコンウエハ410とドーパント源420の位置決めおよび間隔は、各シリコンウエハ410のそれぞれの表面層がドーパント源420からの不純物でドーブされることを可能にする。

40

【 0 0 1 5 】

複数のシリコンウエハ410および複数のドーパント源420がウエハポート上に位置決めされると、炉は、ドーパント分子を各ドーパント源420から隣りのシリコンウエハ410の表面へ拡散させるために、摂氏おおよそ700~1000度の温度に設定されてよい。なお、薄いシリコンウエハを摂氏700度を超える高温に加熱することは、応力によってシリコンウエハ内に湾曲が誘起されるリスクゆえに、概して不都合である。しかしながら、この場合は、ウエハの一部または表面のみが熱に曝されるのではなく、ウエハ

50

全体が加熱される。ウエハにおける温度勾配が最小にされるので、拡散中における変形のリスクも最小限に抑えられ、したがって、プロセスのこの段階で、より高温に加熱することが許される。

【 0 0 1 6 】

この拡散プロセスは、*n*型ドーブを有するシリコンウエハにも使用することができる。本発明の別の一実施形態として、複数の*n*型シリコンウエハの片側に*p*型拡散層を形成することができる。この実施形態では、シリコンウエハ 4 1 0 は、*n*型にドーブされる。ドーパント源 4 2 0 は、ホウ素、ガリウム、インジウム、またはアルミニウムなどの*p*型ドーパントを塗布される。*n*型シリコンウエハは、次いで、拡散炉 4 0 0 の中で拡散を施される。

10

【 0 0 1 7 】

同じ熱サイクルの中で、ただし拡散プロセスの完了後に、操作 1 1 0 において、炉は、各シリコンウエハの両側に酸化物層を成長させるために、おおよそ 3 0 0 0 立方センチメートル毎分の流量で酸素を注入されてよい。摂氏おおよそ 9 0 0 度の温度でおおよそ 1 0 ~ 3 0 分の後に、ウエハの両側に、厚さ 5 ~ 2 0 ナノメートルの熱酸化物が形成される。酸化物層を形成する際は、潜在的に汚染されたあらゆる表面部分を含むシリコンウエハの一部が消費される。厚さおおよそ 1 0 ナノメートルの酸化物層は、その形成中に、その当初の表面からおおよそ 4 . 5 ナノメートルのシリコンを消費する。これは、酸化物層の真下のシリコンを純粋な品質に保証する。

【 0 0 1 8 】

20

次に、操作 1 2 0 において、酸化物層は、各シリコンウエハから除去される。従来の方法とは対照的に、最終エッチングとして、ウエハの表面から有機汚染および金属汚染を除去するための湿式化学洗浄プロセスは不要である。代表的な湿式化学洗浄プロセスの例として、水酸化アンモニウムまたは塩酸をとまなう過酸化水素溶液 ( R C A 洗浄 ) や、硫酸をとまなう過酸化水素溶液が挙げられる。このような溶液は、室温を超える温度で使用されるのが普通であり、通常は、摂氏約 8 0 度である。酸化物層は、あらゆる潜在的汚染を既に消費しつつしているので、酸化物層の除去は、汚染されていないシリコン表面を露出させる。クリーンな表面は、高品質のヘテロ接合の形成に非常に重要である。

【 0 0 1 9 】

本発明の 1 つの実施形態として、熱酸化物層は、希釈フッ化水素酸 ( H F ) 溶液を使用してウエハの両表面から剥離される。H F 溶液は、容積配合比 2 4 : 1 の水と 4 9 % H F とを含んでよい。この溶液による熱酸化物のエッチング速度は、おおよそ 8 ナノメートル毎分である。このため、2 0 ナノメートルの酸化物層をエッチングするための時間は、おおよそ 2 ~ 3 分である。

30

【 0 0 2 0 】

表面のエッチングは、表面が親水性の状態から疎水性の状態に変化すると完了する。言い換えると、もしシリコン表面上にまだ熱酸化物がある場合は、その表面は水で覆われている。シリコン表面から酸化物層が剥離されると、水は表面上で丸まる。この時点で、ウエハ表面におけるダングリングシリコンボンドは水素によって終端され、シリコンにアモルファスシリコンを堆積させる用意が整う。水素終端表面の条件を保つために、エッチング後に水によるすすぎは使用されない。水によるすすぎが必要でないのは、ウエハ表面の疎水性状態のおかげでその表面からエッチング溶液がきれいにはけるからである。

40

【 0 0 2 1 】

酸化物層が除去され、ダングリングボンドが終端されると、操作 1 3 0 において、ウエハの両側に非ドーブアモルファスシリコン層が堆積される。本発明の 1 つの実施形態として、ホットワイヤ化学気相堆積 ( H W C V D ) プロセスによって、非ドーブのすなわち真性のアモルファスシリコンを堆積させることができる。このプロセスでは、ワイヤが基板の上方で摂氏約 2 0 0 0 度の温度に加熱され、堆積室内に、おおよそ 1 0 ミリトールの圧力が維持されてよい。ワイヤは、タンタルまたはタングステンからなってよい。

【 0 0 2 2 】

50

ホットワイヤは、シラン分子を分解する。分子の断片は、シリコンウエハの比較的冷たい表面に接触すると、凝結して表面上に留まり、気相から固相へ移行する。理想としては、シリコンウエハは、アモルファスシリコン材料を形成するための移動性をシリコン原子に付与するために、摂氏およそ50～200度に加熱される。しかしながら、アモルファスシリコンが結晶化によって安定化特性を失わないようにするには、温度を摂氏およそ400度未満に維持することが重要である。

#### 【0023】

本発明の別の一実施形態としては、非ドーブアモルファスシリコン層は、プラズマ化学気相堆積（PECVD）プロセスを使用して堆積される。このプロセスもやはり、供給ガスとしてシランを使用する。シランガスは、高周波プラズマ的作用によって分解される。プラズマを励起させるために、およそ13～70メガヘルツの周波数範囲が印加されてよい。

10

#### 【0024】

本発明のさらに別の一実施形態として、非ドーブアモルファスシリコン層は、膨張熱プラズマ（ETP）技術によって堆積される。

#### 【0025】

非ドーブアモルファスシリコン層は、シリコンの前面および背面の両方に施される。アモルファスシリコンと結晶シリコンとの間の階段界面は、結晶シリコンの表面における正孔と電子との再結合を低減させるのに役立つ。前面および背面の非ドーブアモルファスシリコン層は、順次または同時に施すことができる。各非ドーブアモルファスシリコン層は、およそ2～10ナノメートルの厚さを有する。シリコンウエハの前面の非ドーブアモルファスシリコン層の厚さは、背面の非ドーブアモルファスシリコン層の厚さにおおよそ等しくてよい。あるいは、光生成キャリアの寿命が非常に短いアモルファスシリコン層内における光の過剰な吸収を避けるために、シリコンウエハの前面の非ドーブアモルファスシリコン層の厚さは、背面の非ドーブアモルファスシリコン層の厚さ未満であってよい。背面の非ドーブアモルファスシリコン層は、その中に吸収される光が非常に少ないので、より分厚くして表面安定化を向上させることができる。

20

#### 【0026】

真性アモルファスシリコン層の堆積に続き、操作140において、ウエハの前側に第1のドーブアモルファスシリコン層が追加される。もしシリコンウエハの基板がp型である場合は、ウエハの前側すなわちエミッタ側に、ドーブn型アモルファスシリコン層が堆積される。その他、もしシリコンウエハの基板がn型である場合は、ウエハの前側に、ドーブp型アモルファスシリコン層が堆積される。堆積は、HWCVD、PECVD、またはETPによってなされてよい。

30

#### 【0027】

HWCVDプロセスでは、およそ60ミリの圧力で、シランと水素中5%のホスフィンとが1：1.2の比で供給される。さらに、ウエハは、摂氏およそ100～300度の範囲の温度に維持される。ドーブアモルファスシリコン層の厚さは、およそ4～20ナノメートルであってよい。非ドーブアモルファスシリコンの堆積に使用される堆積室の汚染を避けるためには、第1のドーブアモルファスシリコン層を別の室内で形成することが好ましい。

40

#### 【0028】

操作150において、ウエハの背面側に、第2のドーブアモルファスシリコン層が追加される。このドーブアモルファスシリコン層は、第1のドーブアモルファスシリコン層と反対のドーブ型を有する。したがって、もし第1のドーブアモルファスシリコン層がp型にドーブされる場合は、第2のドーブアモルファスシリコン層はn型にドーブされ、逆もまた同様である。第2のドーブアモルファスシリコン層の堆積は、HWCVD、PECVD、またはETPによってなされてよい。

#### 【0029】

HWCVDでは、ウエハを摂氏およそ150～350度の温度に維持した状態で、お

50

およそ70ミリの圧力で、シランと水素中2.5%のジボランとが1:5の比で供給される。この操作で成長されるドーパモルファスシリコン層の厚さは、およそ4~20ナノメートルであってよい。

#### 【0030】

操作160において、ウエハの両側に、およそ75ナノメートルの厚さを有する透明な導電性酸化物が形成される。透明な導電性酸化物層は、シリコンウエハの前側および背面側の全体を覆う。透明な導電性酸化物層は、実質的に透明であり、およそ2.0の屈折率を有する。この屈折率は、空気の屈折率(1.0)とシリコンの屈折率(およそ4)との間の適切な中間値を提供するために、透明な導電性酸化物層のために選択される。透明な導電性酸化物は、太陽電池のための有効な反射防止膜として機能する。

10

#### 【0031】

透明な導電性酸化物は、インジウムスズ酸化物を含んでよい。摂氏250度未満の温度に維持されたウエハ上にインジウムスズ酸化物層を形成するために、酸素の存在下で、90%のインジウムと10%のスズとの合金が蒸着されてよい。例えば、ウエハ温度は、摂氏150~250度であってよい。このような堆積は、真空条件下で、酸素の分圧によって実施される。

#### 【0032】

本発明の別の一実施形態として、透明な導電性酸化物は、アルミニウムをともなう亜鉛酸化物を含んでよい。亜鉛酸化物やインジウムスズ酸化物などの透明な導電性酸化物層は、蒸着以外に、スパッタリングによって施すことができる。透明な導電性酸化物層は、順次または同時に施すことができる。

20

#### 【0033】

最後に、操作170において、透明な導電性酸化物層に接触が施される。接触は、銀を含む格子線である。格子線は、スクリーン印刷、インクジェット印刷、またはシャドーマスクを通した蒸着によって施すことができる。印刷された材料を分解するために、または透明な導電性酸化物層に対する銀線の付着を促進するために、摂氏450度未満の熱処理を施すこともできる。

#### 【0034】

銀の格子線は、結晶シリコン表面と直接接触することはない。透明な導電性酸化物層に接触が施されると、金属が結晶シリコン表面と直接接触する従来のホモ接合電池上における再結合多発領域が回避される。

30

#### 【0035】

図3A~3Fは、作成プロセスの各段階におけるシリコンウエハの1つの実施形態についての断面図を示している。図3Aは、ドーパ基板200と、拡散層210と、第1の熱酸化物層220と、第2の熱酸化物層225とを含む。シリコンウエハは、単結晶シリコンまたは多結晶シリコンであってよい。図3Aは、上述された操作100, 110を受けた後のシリコンウエハを示している。

#### 【0036】

ドーパ基板200は、拡散層210に結合される。ドーパ基板200は、p型またはn型であってよい。もし基板200がp型である場合は、拡散層210はn型である。その他、もし基板200がn型である場合は、拡散層はp型である。ドーパ基板200と拡散層210との間の界面は、ホモ接合である。ホモ接合のn側の正の固定電荷と、ホモ接合のp側の負の固定電荷とが、電場を形成する。電場は、光生成電子をn側に、光生成正孔をp側に向かわせる。ホモ接合は、光生成キャリアの大半を分離する働きをし、そうして、それらを接触に集めることを可能にする。

40

#### 【0037】

拡散層210に、1枚の熱酸化物層220が成長され、ドーパ基板200に、第2の熱酸化物層225が成長される。熱酸化物層220, 225は、高価な湿式化学洗浄によるコスト高でなかつ時間を要するシリコン表面調整を排除するために形成される。上で説明されたように、熱酸化プロセスは、汚染されたあらゆる表面部分を含むシリコンウエハ

50

の部分消費する。

【0038】

このため、操作120における熱酸化物層220、225の除去に際して、図3Bに示されるようなドーパ基板200および拡散層210の露出表面には、汚染物質がほとんどない。また、酸化物層220、225を剥離させるために使用される希釈HF溶液は、ウエハの表面におけるダングリングボンドを一時的に終端させるための水素原子を供給することによって、そうでなければ形成されるであろう再結合中心を排除し、表面の安定化を助ける。再結合中心が不都合であるのは、それらが光の吸収によって生成される電荷キャリアを破壊し、したがって、太陽電池の効率を低下させるからである。この一時的な安定化は、大量の原子水素を含有する非ドーパアモルファスシリコン層が堆積されると永続的

10

【0039】

図3Cは、操作130においてウエハの両側に非ドーパアモルファスシリコン層を堆積された後のシリコンウエハを示している。ウエハは、ドーパ基板220と、拡散層210と、第1の非ドーパアモルファスシリコン層230と、第2の非ドーパアモルファスシリコン層235とを含む。第1のアモルファスシリコン層230および第2の非ドーパアモルファスシリコン層235は、結晶シリコンウエハの表面の安定化を助ける。

【0040】

図3Dは、操作140においてウエハの前側に第1のドーパアモルファス層を堆積された後のシリコンウエハを示している。第1のドーパアモルファスシリコン層240は、第1の非ドーパアモルファスシリコン層230に結合される。第1の非ドーパアモルファスシリコン層230は、拡散層210に結合される。拡散層は、ドーパ基板200に結合される。ドーパ基板200は、非ドーパアモルファスシリコン235に結合される。

20

【0041】

同様に、図3Eは、操作150においてウエハの第2の側に第2のドーパアモルファスシリコン層245を堆積された後のシリコンウエハを示している。より具体的には、図3Dの構成要素に加えて、図3Eは、第2の非ドーパアモルファスシリコン層235に結合された第2のドーパアモルファスシリコン層245を含む。第1のドーパアモルファスシリコン層240および第2のドーパアモルファスシリコン層245は、非ドーパアモルファスシリコン層230、235による結晶シリコンウエハの上面および底面の安定化を補う。第1のドーパアモルファスシリコン層240と拡散層210とが同じ型を有し、第2のドーパアモルファスシリコン層245とドーパ基板200とが同じ型を有する。第1のドーパアモルファスシリコン層240および拡散層210は、第2のドーパアモルファスシリコン層245およびドーパ基板200と反対の型を有する。本発明の1つの実施形態として、第1のドーパアモルファスシリコン層240および拡散層210がp型である一方で、第2のドーパアモルファスシリコン層245およびドーパ基板200はn型である。本発明の別の実施形態として、第1のドーパアモルファスシリコン層240および拡散層210がn型である一方で、第2のドーパアモルファスシリコン層245およびドーパ基板200はp型である。

30

【0042】

アモルファスシリコン層240、230は、これらの層間に電荷が流れることを可能にするために結晶シリコン層210に結合され、これは、有効なヘテロ接合を形成する。さらに、このヘテロ接合は、結晶シリコンのホモ接合内の電場と同じ方向の電場を有する。これらの電場の方向が同じであるのは、ドーパアモルファスシリコン層240と拡散層210とが同じ電荷タイプを有するからである。

40

【0043】

アモルファスシリコン層245、235が結晶シリコン層200に結合されるゆえに、その界面にもヘテロ接合がある。このヘテロ接合は、やはり結晶シリコンのホモ接合内の電場と同じ方向の電場を有する。これらの電場の方向が同じであるのは、ドーパアモルファスシリコン層245と基板200とが同じタイプを有するからである。このため、有効

50

なヘテロ接合は、ホモ接合の作用を補足および強化する働きをする。

【 0 0 4 4 】

2つのヘテロ接合によって形成される電場は、ホモ接合の電場を補足または強化する働きをする。強化された電場は、電子がより自由に太陽電池を通り、その太陽電池に結合された外部負荷流れ込むことを可能にする。

【 0 0 4 5 】

図3Fは、操作160、170を受けた後のシリコンウエハを示している。第1のドーパモルファスシリコン層240に第1の透明な導電性酸化物層250が結合され、第2のドーパモルファスシリコン層245に第2の透明な導電性酸化物層255が結合される。透明な導電性酸化物層250は、複数の接触260に結合され、透明な導電性酸化物層255は、複数の接触265に結合される。太陽電池300は、シリコンウエハと、アモルファスシリコン層と、透明な導電性酸化物層と、接触とを含む。金属は、透明な導電性酸化物には接触するが結晶シリコン表面には直接触れないので、従来の太陽電池における、金属/シリコン界面にともなう高い表面再結合による喪失は解消される。透明な導電性酸化物層250は、太陽電池300のための反射防止膜として機能する。透明な導電性酸化物層250は、太陽電池300の前面の全部を覆ってよい。さらに、透明な導電性酸化物層250、255は、電流を接触260、265に到達させるための側方伝導経路を提供するために、十分に低いシート抵抗を有する。透明な導電性酸化物層250、255のシート抵抗は、30~100オーム/スクエアの範囲であってよい。

【 0 0 4 6 】

シリコンウエハから製作された太陽電池は、次いで、太陽電池モジュールに組み込むことができる。図5に示された太陽電池モジュールは、複数の太陽電池300と、第1の封入材料510と、ガラスシート515と、第2の封入材料520と、バックングシート530と、プラス端子540と、マイナス端子550とを含む。

【 0 0 4 7 】

太陽電池モジュールの太陽電池は、電圧を上げるために直列につながれる。具体的には、太陽電池は、第1の太陽電池300のマイナス接触子が第2の太陽電池300のプラス接触子に結合されるように、互いにはんだ付けされる。第2の太陽電池300のマイナス接触子は、第3の太陽電池300のプラス接触子につながれる。パターンは、モジュールの全ての太陽電池300がはんだ付けされるまで続く。太陽電池を直列につなぐことによって、各太陽電池300によって生成される電圧が次の電圧と合わさる。本発明の1つの実施形態として、36の太陽電池が直列につながれて1つのモジュールを形成する。本発明の別の実施形態として、72の太陽電池が直列につながれて1つのモジュールを形成する。太陽電池モジュールのプラス端子は、第1の太陽電池300のプラス接触子に結合される。太陽電池モジュールのマイナス端子は、直列につながれた複数の太陽電池300の最後の太陽電池のマイナス接触子に結合される。

【 0 0 4 8 】

複数の太陽電池300の一方の側に、封入材料510が結合される。複数の太陽電池300の第2の側には、封入材料520が結合される。光が太陽電池300へ通過することを可能にするため、そして太陽電池300を潜在的に危険な要素および物体から保護するために、封入材料510、520は、ガラスと同様の屈折率を有するエチレン酢酸ビニルなどの透明な材料を含んでよい。

【 0 0 4 9 】

モジュールの製作中、第1の封入材料510および第2の封入材料520は、押し合わされ加熱される。エチレン酢酸ビニルは、溶解して複数の太陽電池300の周囲を流れる。次いで、太陽電池300をさらに保護するために、第1の封入材料510にガラスシート515が結合される。封入材料510とガラスシート515とは、実質的に同じ屈折率を有するので、これらの2枚の層は、1枚の層の光学特性を有する。

【 0 0 5 0 】

第2の封入材料520に、バックングシート530が結合される。このバックングシー

10

20

30

40

50



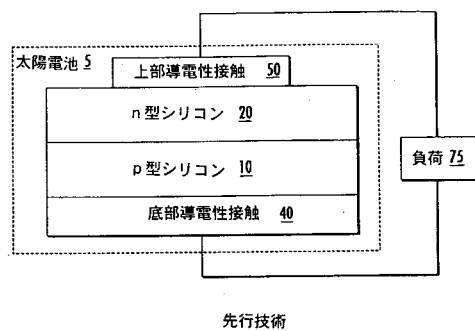
ト 5 3 0 は、ポリフッ化ビニルなどの反射性材料を含んでよい。ガラスシート 5 1 5 および封入材料 5 1 0 を通り抜け、太陽電池 3 0 0 によって吸収されなかったあらゆる光は、封入材料 5 2 0 から出ていく。光は、次いで、バックングシート 5 3 0 で反射され、太陽電池 3 0 0 を二度目に通り返けてよく、これは、光を吸収する二度目の機会を太陽電池 3 0 0 に与える。

# 【 0 0 5 1 】

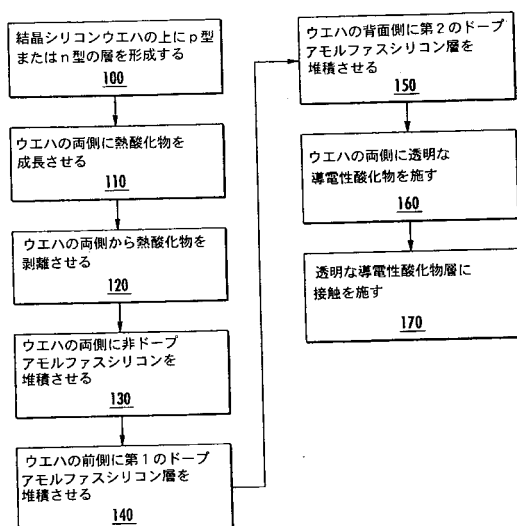
上述の明細では、本発明は、その具体的な代表的実施形態に関連して説明されてきた。しかしながら、添付の特許請求の範囲に示された、より広範囲の発明の趣旨および範囲から逸脱することなく、様々な変更および修正がなされえることは明らかである。したがって、明細および図面は、限定的な意味ではなく例示的であると見なされる。

10

## 【 図 1 】



## 【 図 2 】



## 【 図 3 A 】

熱酸化物	220
拡散層	210
ドーパ基板	220
熱酸化物	225

## 【 図 3 B 】

拡散層	210
ドーパ基板	200

## 【 図 3 C 】

非ドーパモルファスシリコン	230
拡散層	210
ドーパ基板	200
非ドーパモルファスシリコン	235

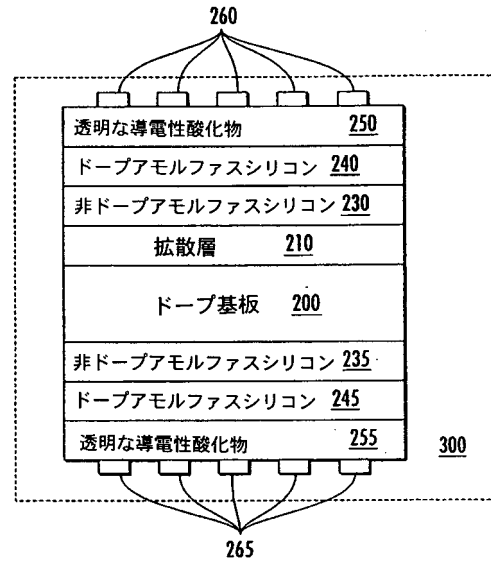
【図 3 D】

ドーパモルファスシリコン <u>240</u>
非ドーパモルファスシリコン <u>230</u>
拡散層 <u>210</u>
ドーパ基板 <u>200</u>
非ドーパモルファスシリコン <u>235</u>

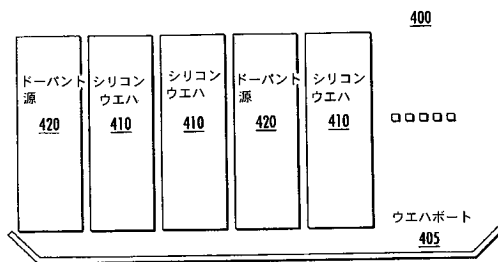
【図 3 E】

ドーパモルファスシリコン <u>240</u>
非ドーパモルファスシリコン <u>230</u>
拡散層 <u>210</u>
ドーパ基板 <u>200</u>
非ドーパモルファスシリコン <u>235</u>
ドーパモルファスシリコン <u>245</u>

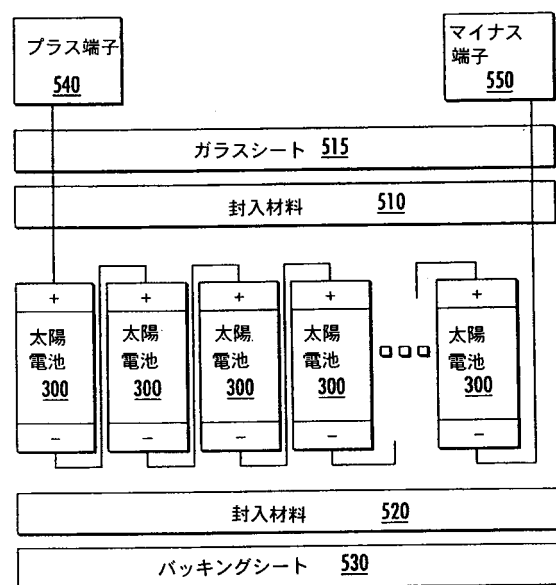
【図 3 F】



【図 4】



【図 5】



---

フロントページの続き

(72)発明者 ロハトギ, アジート

アメリカ合衆国 ジョージア 3 0 0 6 2 マリエッタ ビリングスレイ ドライブ 3 5 1 5

審査官 眞壁 隆一

(56)参考文献 特開平 0 6 - 1 8 8 4 4 1 ( J P , A )

特開平 1 0 - 1 3 5 4 9 7 ( J P , A )

特開 2 0 0 5 - 1 2 9 7 1 4 ( J P , A )

特開 2 0 0 2 - 2 2 2 9 7 3 ( J P , A )

特開 2 0 0 1 - 0 7 7 3 8 6 ( J P , A )

特開 2 0 0 3 - 2 9 8 0 7 8 ( J P , A )

特開 2 0 0 3 - 1 5 2 2 0 7 ( J P , A )

特開 2 0 0 0 - 3 5 3 7 0 6 ( J P , A )

特開 2 0 0 5 - 0 7 2 1 9 2 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

H 0 1 L 3 1 / 0 4 - 3 1 / 0 7 8