

(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2005-500701  
(P2005-500701A)

(43) 公表日 平成17年1月6日(2005.1.6)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>  
H01L 31/04

F I  
H01L 31/04

S  
テーマコード(参考)  
5FO51

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 66 頁)

(21) 出願番号 特願2003-523019(P2003-523019)  
(86) (22) 出願日 平成14年8月23日(2002.8.23)  
(85) 翻訳文提出日 平成16年2月20日(2004.2.20)  
(86) 国際出願番号 PCT/AU2002/001143  
(87) 国際公開番号 W02003/019674  
(87) 国際公開日 平成15年3月6日(2003.3.6)  
(31) 優先権主張番号 PR 7197  
(32) 優先日 平成13年8月23日(2001.8.23)  
(33) 優先権主張国 オーストラリア(AU)

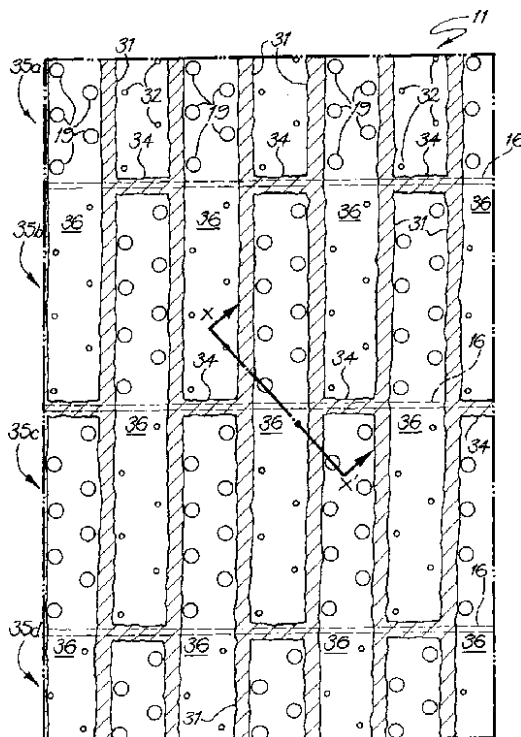
(71) 出願人 501081524  
パシフィック ソーラー ビー ティ ワ  
イ リミテッド  
オーストラリア ニュー サウス ウェー  
ルズ ボタニー ベイ ストリート 82  
- 86  
(74) 代理人 100064908  
弁理士 志賀 正武  
(74) 代理人 100089037  
弁理士 渡邊 隆  
(74) 代理人 100101465  
弁理士 青山 正和  
(74) 代理人 100108453  
弁理士 村山 靖彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 チェーンリンク金属相互接続構造

(57) 【要約】

モジュール(11)の表面全体に亘って導電層(通常一つ又は複数の金属層23, 28)を形成してモジュール内の全てのセルに全てのコンタクト(19, 32)を形成し、次いで一連の直線高速レーザスクライブを用いて導電層を一連のストリップに罫書きすることによって、相互接続構造が与えられる。次いでストリップは、各交互ストリップを切断するためにオン及びオフされるレーザを用いて第1罫書き方向に横切って罫書きすることによって、個々のリンクに分割される。電池のp型領域はホール(19)を介して接続され、n型領域はホール(32)を介して接続される。シリコン膜(12)は、絶縁溝(16)によってセル(35a, 35b, 35c, 35d)に分割される。第1実施例では、各第2横断罫書きは、一ストリップだけオフセットされており、その結果、各ストリップは、リンクの半分のピッチに等しい距離だけオフセットされた2つのリンクと両側で重なり合うリンクに切断される。リンクのピッチは、2つのセルの幅に等しく、横断罫書きは、モジュールの隣接する電池間の電池境界を表す下の電池配置における中断と同



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

直列に接続された複数の光起電力電池を備えた光起電力装置であって、  
電池の相互接続が、各電池の p 型領域におけるある点の、アレイ中の他の電池の n 型領域における各点への複数の分離平行接続を介して形成され、前記分離平行接続は全て、複数の細長ストリップを形成するよう罫書きされた単一の導電性材料層から形成され、各ストリップは、電池境界に対応する通常の間隔で中断している、光起電力装置において、前記中断は、N 番目の電池境界ごとに又は N 番目の電池境界ごとの付近に配置され、ここで N は 2 よりも大きいか又は 2 と等しく、  
いずれか一つのストリップが中断している前記電池境界は、直近のストリップが中断している電池境界からオフセットされており、その結果、N 番目のストリップごとの中断が整列され、かつ  
特定のストリップによって接続されるべき各電池対は、各ストリップに接続されていない N - 2 個の介在電池によって、各ストリップがこれら介在電池上を通過する箇所で分離される、  
ことを特徴とする光起電力装置。

## 【請求項 2】

請求項 1 記載の装置において、  
N は 2 に等しく、かつ接続された電池を分離する介在電池はないことを特徴とする装置。

## 【請求項 3】

直列に接続された複数の平行に延在する細長い光起電力電池を備えた光起電力装置であって、  
隣接する電池を有する各電池の直列接続が、各電池の p 型領域における点の、アレイ中の隣接する電池の n 型領域における各複数の点への複数の分離平行接続を介して形成され、前記分離平行接続は全て、平行延在電池を分割する電池境界に対応して横方向に延在する複数の細長ストリップを形成するよう罫書きされた単一の導電材料層から形成され、各ストリップは、第 2 電池境界ごとに又は第 2 電池境界ごとの近傍で中断され、隣接するストリップは、交互の電池境界で中断されている  
ことを特徴とする光起電力装置。

## 【請求項 4】

複数の平行に延在する細長い光起電力電池を備えた光起電力装置であって、  
複数の第 1 導電コンタクトが、各電池の p 型領域を、個々の電池の一側に隣接する電池の n 型領域へ接続し、  
複数の第 2 導電コンタクトが、各電池の n 型領域を、個々の電池の前記一側と反対側に隣接する電池の p 型領域へ接続し、  
前記第 1 及び第 2 導電コンタクトは全て、前記平行延在電池を分割する電池境界に対応して横方向に延在する複数の細長ストリップを形成するよう罫書きされた単一の導電材料層から形成され、  
各ストリップは、第 2 電池境界ごとに又は第 2 電池境界ごとの近傍で中断され、  
隣接するストリップは、交互の電池境界で中断されている  
ことを特徴とする光起電力装置。

## 【請求項 5】

請求項 1, 2, 3, 又は 4 記載の装置において、  
p 型半導体領域及び n 型半導体領域の一つは、他の半導体領域の下にあり、  
下にある半導体材料領域への導電経路は、接続点付近における他の領域の半導体材料の特性を変更することによって形成される  
ことを特徴とする装置。

## 【請求項 6】

請求項 1, 2, 3, 又は 4 記載の装置において、  
下にある半導体材料領域への導電経路は、導電材料層を形成する工程の結果として形成さ

れることを特徴とする装置。

【請求項 7】

請求項 1, 2, 3, 4, 又は 5 記載の装置において、  
下にある第 2 半導体材料層への導電経路は、導電材料層の形成に関連した連結点付近の外側領域の半導体材料の特性を変更する工程の結果として形成されることを特徴とする装置。

【請求項 8】

請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の装置において、  
前記光起電力装置は、非反射性コーティングが形成された加工ガラス基板と、フィルム表面に平行な平面に接合部を形成する少なくとも 2 つの反対にドーピングされた領域を有するシリコンフィルムと、を備えた多結晶薄膜シリコン太陽電池であることを特徴とする装置。

10

【請求項 9】

請求項 8 記載の装置において、  
絶縁層が、単一の絶縁材料層を含むシリコンフィルム上に配置されていることを特徴とする装置。

【請求項 10】

請求項 8 記載の装置において、  
絶縁層が、薄い不動態化層と異なる誘電体材料の厚い層とを含む複数の層を備えたシリコンフィルム上に配置されていることを特徴とする装置。

【請求項 11】

請求項 10 記載の装置において、  
前記不動態化層は、窒化ケイ素又は酸化ケイ素の層を含むことを特徴とする装置。

20

【請求項 12】

請求項 11 記載の装置において、  
前記不動態化層は、50 ~ 200 nm の範囲の厚さであることを特徴とする装置。

【請求項 13】

請求項 11 又は 12 記載の装置において、  
前記不動態化層は、90 ~ 110 nm の範囲の厚さであることを特徴とする装置。

【請求項 14】

請求項 11, 12, 又は 13 記載の装置において、  
厚い誘電体層は、有機樹脂層であることを特徴とする装置。

30

【請求項 15】

請求項 14 記載の装置において、  
厚い誘電体層は、ノボラック樹脂層であることを特徴とする装置。

【請求項 16】

請求項 14 又は 15 記載の装置において、  
厚い誘電体層は、2 ~ 5 μm の厚さを有することを特徴とする装置。

【請求項 17】

請求項 14 又は 15 記載の装置において、  
厚い誘電体層は、3 ~ 4 μm の厚さを有することを特徴とする装置。

40

【請求項 18】

請求項 1 から 17 のいずれか一項に記載の装置において、  
前記接続点は、コンタクトが形成される絶縁層内の開口部を介して形成されていることを特徴とする装置。

【請求項 19】

請求項 18 記載の装置において、  
p 型コンタクトが形成される絶縁層内の開口部は、50 ~ 500 μm の範囲の直径を有することを特徴とする装置。

【請求項 20】

請求項 18 記載の装置において、

50

p型コンタクトが形成される絶縁層内の開口部は、140～160 μmの範囲の直径を有することを特徴とする装置。

【請求項21】

請求項18, 19, 又は20記載の装置において、

n型コンタクトが形成される絶縁層内の開口部は、25～100 μmの範囲の直径を有することを特徴とする装置。

【請求項22】

請求項18, 19, 又は20記載の装置において、

n型コンタクトが形成される絶縁層内の開口部は、35～45 μmの範囲の直径を有することを特徴とする装置。

【請求項23】

請求項9から22のいずれか一項に記載の装置において、

開口部は、実質的に円形であることを特徴とする装置。

【請求項24】

請求項9から22のいずれか一項に記載の装置において、

前記開口部は、形状が細長いことを特徴とする装置。

【請求項25】

請求項23又は24記載の装置において、

n型ホールは、電池領域の一部の分離を防止するよう間隔を置いて配置されていることを特徴とする装置。

【請求項26】

請求項1から27のいずれか一項に記載の装置において、

前記導電層の罫書きは、100～200 μmの範囲の罫書き幅を有することを特徴とする装置。

【請求項27】

請求項26記載の装置において、

前記罫書き幅は、140～160 μmの範囲であることを特徴とする装置。

【請求項28】

請求項1から27のいずれか一項に記載の装置において、

コンタクトを形成する導電層は、単一の金属層を含むことを特徴とする装置。

【請求項29】

請求項28記載の装置において、

前記導電層は、アルミニウムを含むことを特徴とする装置。

【請求項30】

請求項1から27のいずれか一項に記載の装置において、

前記導電層は、複数の異なる金属層を含むことを特徴とする装置。

【請求項31】

請求項30記載の装置において、

前記導電層は、ニッケル、銀、又は銅の薄い金属層を含むことを特徴とする装置。

【請求項32】

請求項31記載の装置において、

前記薄い金属層は、5～20 nmの範囲の厚さを有することを特徴とする装置。

【請求項33】

請求項31記載の装置において、

前記薄い金属層は、9～11 nmの厚さを有することを特徴とする装置。

【請求項34】

請求項31, 32, 又は33記載の装置において、

前記導電層は、前記薄い金属層上に形成されたアルミニウム層を含むことを特徴とする装置。

【請求項35】

10

20

30

40

50

請求項 29 又は 34 記載の装置において、  
前記アルミニウム層は、50 ~ 150 nm の範囲の厚さを有することを特徴とする装置。

【請求項 36】

請求項 29 又は 34 記載の装置において、  
前記アルミニウム層は、90 ~ 110 nm の厚さを有することを特徴とする装置。

【請求項 37】

請求項 1 から 27 のいずれか一項に記載の装置において、  
前記導電層は、高濃度にドーパされた半導体材料層を含むことを特徴とする装置。

【請求項 38】

請求項 1 から 27 のいずれか一項に記載の装置において、  
前記導電層は、導電性高分子層を含むことを特徴とする装置。

10

【請求項 39】

光起電力装置の表面にコンタクト構造を形成する方法であって、  
前記光起電力装置は、電池境界を形成する半導体材料における中断によって複数の光起電力電池に分割された、接合部を形成する異なるドーパント極性の半導体材料の少なくとも 2 つの層領域を備え、前記コンタクトは直列接続アレイに電池を相互接続するよう配置される方法において、

半導体装置の背面に絶縁層を形成する段階と、

前記絶縁層に導電コンタクト層を形成する段階と、

前記導電層を形成すると同時に又は前記導電層を形成した後のどちらかに、前記導電層と  
前記半導体材料の p 型領域及び n 型領域との間に接続を形成する段階と、

20

電池の長手方向に対して横方向に延在する一連の分離導電ストリップを製造するために導電層を罫書きする段階であって、各導電ストリップは、接続すべき複数の電池対を通過するとともに、個々のストリップによって接続されるべき各電池対の各電池の一のコンタクト領域へ接続されており、各導電ストリップは、各個々の対の電池の第 1 及び第 2 コンタクト領域を選択的に通過し、これにより各ストリップが、導電ストリップによって相互接続されるべき各電池対における各電池の前記第 1 半導体材料層又は前記第 2 半導体材料層と交互に電気的接続を形成し、かつ各ストリップが、個々の電池対の各電池においてのみ一のドーパント極性の半導体材料との接続を形成する、段階と、

N が 2 よりも大きな整数であるか又は 2 と等しい、N 番目の電池境界ごとに又は N 番目の  
電池境界ごと付近で各ストリップを中断する段階であって、いずれか一つのストリップが中断している電池境界は、直近のストリップが中断される電池境界からオフセットされており、その結果、N 番目のストリップごとの中断物が整列され、接続されるべき各電池対は、N - 2 個の電池を通過するとき個々のストリップへ接続されていない N - 2 個の電池によって分離される、段階と、

30

を含むことを特徴とする方法。

【請求項 40】

請求項 39 記載の方法において、

N は 2 に等しく、かつ接続された電池を分離する介在電池はないことを特徴とする方法。

【請求項 41】

光起電力装置の表面にコンタクト構造を形成する方法であって、

前記光起電力装置は、半導体材料に電池境界を形成する平行な中断物によって複数の平行延在細長光起電力電池へ分割された、接合部を形成する異なるドーパント極性の半導体材料の少なくとも 2 つの層領域を備え、前記コンタクトは、直列接続アレイに電池を相互接続するよう配置される方法において、

半導体装置の背面に絶縁層を形成する段階と、

前記絶縁層に導電コンタクト層を形成する段階と、

前記導電層を形成すると同時に又は前記導電層を形成した後のどちらかに、前記導電層と  
前記半導体材料の p 型領域及び n 型領域との間に接続を形成する段階と、

一連の電池の各電池の一のコンタクト領域をそれぞれが通過する一連の分離導電ストリッ

40

50

ブを製造するために前記導電層を罫書きする段階であって、各導電ストリップは、個々の一連の電池の第1及び第2コンタクト領域を選択的に通過し、これにより個々のストリップが、各電池の第1半導体材料層又は第2半導体材料層と電氣的接続を形成し、かつ各ストリップが、個々の一連の電池の各電池においてのみ一のドーパント極性の半導体材料との接続を形成する、段階と、

交互の電池境界で中断された隣接ストリップを用いて第2電池境界ごとで又は第2電池境界ごと付近で各ストリップを中断する段階と、  
を備えることを特徴とする方法。

【請求項42】

請求項39, 40, 又は41記載の方法において、

開口部が前記絶縁層に形成され、前記導電層と個々のp型領域及びn型領域との間の接続は、前記絶縁層内の開口部を介して形成されることを特徴とする方法。

【請求項43】

光起電力装置の表面にコンタクト構造を形成する方法であって、

前記光起電力装置は、半導体材料に電池境界を形成する平行な中断物によって複数の平行延在細長光起電力電池へ分割された、接合部を形成する異なるドーパント極性の半導体材料の少なくとも2つの層領域を備え、前記コンタクトは、直列接続アレイに電池を相互接続するよう配置された方法において、

半導体装置の背面に絶縁層を形成する段階と、

各電池の第1コンタクト領域に、第1ドーパント極性の第1上積半導体材料層の活性面を露出するように、前記絶縁層を貫通する第1開口部を形成する段階と、

前記第1上積半導体材料層の背面との電氣的接続を形成するように第1開口部へ延在する第1導電コンタクト層を前記絶縁層上に形成する段階と、

前記第1導電コンタクト層及び前記絶縁層を貫通する第2開口部を形成する段階であって、各電池の第2コンタクト領域内の少なくとも一つの位置に、第2ドーパント極性の下積第2半導体材料層に対して接続が形成されるべきである、段階と、

各第2開口部の下に第2ドーパント極性の下積第2半導体材料層への導電経路を形成する段階であって、該導電経路は前記下積第2半導体材料層と個々の第2開口部における絶縁層の下の背面との間に延在している、段階と、

前記第1導電層上に第2導電コンタクト層を形成する段階であって、該第2導電層は、前記第2開口部へ延在し、かつ前記第2開口部を介して第2半導体材料層と電氣的な接続を形成する、段階と、

一連の電池の各電池の一のコンタクト領域をそれぞれが通過する一連の分離導電ストリップを製造するために導電層を罫書きする段階であって、各導電ストリップは、個々の一連の電池の第1及び第2コンタクト領域を選択的に通過し、これにより個々のストリップがブリッジ領域又は各電池の第2半導体材料層との電氣的な接続を形成し、かつ各ストリップが個々の一連の電池の各電池においてのみ一のドーパント極性の半導体材料との接続を形成する、段階と、

交互の電池境界で中断された隣接ストリップを用いて第2電池境界ごとで又は第2電池境界ごと付近で各ストリップを中断する段階と、  
を備えることを特徴とする方法。

【請求項44】

請求項43記載の方法において、

前記第2開口部は、前記下積第2半導体材料層に延在していることを特徴とする方法。

【請求項45】

請求項44記載の方法において、

前記下積第2半導体材料層への導電経路は、前記第2開口部の周囲かつ下の材料の特性を変更することによって形成されることを特徴とする方法。

【請求項46】

請求項43記載の方法において、

10

20

30

40

50

前記下積第2半導体材料層への導電経路は、前記第2開口部へ延在する導電コンタクト層を形成する工程の結果として形成されることを特徴とする方法。

【請求項47】

請求項43記載の方法において、

前記下積第2半導体材料層への導電経路は、前記第2開口部へ延在する導電コンタクト層を形成する工程の結果として形成され、かつ前記第2開口部の周囲かつ下の材料の特性を変更することによって形成されることを特徴とする方法。

【請求項48】

請求項39から47のいずれか一項に記載の方法において、

前記光起電力装置は、非反射性コーティングが形成された加工ガラス基板に形成された多結晶薄膜シリコン太陽電池であり、かつシリコンフィルムが、該フィルムの表面に平行な平面内に接合部を形成する少なくとも2つの反対にドーブされた領域を有することを特徴とする方法。 10

【請求項49】

請求項39から47のいずれか一項に記載の方法において、

前記シリコンフィルムに形成された絶縁層は、単一の絶縁材料層であることを特徴とする方法。

【請求項50】

請求項39から47のいずれか一項に記載の方法において、

前記シリコンフィルムに形成された絶縁層は、薄い不動態化層と異なる誘電体材料の厚い層とを含む複数の層を含むことを特徴とする方法。 20

【請求項51】

請求項50記載の方法において、

前記不動態化層は、窒化ケイ素又は酸化ケイ素の層を含むことを特徴とする方法。

【請求項52】

請求項51記載の方法において、

前記不動態化層は、50～200nmの範囲の厚さに形成されていることを特徴とする方法。

【請求項53】

請求項51記載の方法において、

前記不動態化層は、90～110nmの厚さの範囲であることを特徴とする方法。 30

【請求項54】

請求項50, 51, 52, 又は54記載の方法において、

厚い誘電体層は、有機樹脂層であることを特徴とする方法。

【請求項55】

請求項54記載の方法において、

厚い誘電体層は、ノボラック樹脂層であることを特徴とする方法。

【請求項56】

請求項54又は55記載の方法において、

厚い誘電体層は、2～5μmの範囲の厚さを有することを特徴とする方法。 40

【請求項57】

請求項54又は55記載の方法において、

厚い誘電体層は、3～4μmの範囲の厚さを有することを特徴とする方法。

【請求項58】

請求項39から57のいずれか一項に記載の方法において、

p型コンタクトが形成された絶縁層に形成された開口部は、50～500μmの範囲の直径を有することを特徴とする方法。

【請求項59】

請求項58記載の方法において、

p型コンタクトが形成された絶縁材料に形成された開口部は、140～160μmの範囲 50

の直径を有することを特徴とする方法。

【請求項 60】

請求項 58 又は 59 に記載の方法において、

n 型コンタクトが形成された絶縁材料の開口部は、25 ~ 100  $\mu\text{m}$  の範囲の直径を有することを特徴とする方法。

【請求項 61】

請求項 60 記載の方法において、

n 型コンタクトが形成された絶縁材料の開口部は、35 ~ 45  $\mu\text{m}$  の範囲の直径を有することを特徴とする方法。

【請求項 62】

請求項 49 から 61 のいずれか一項に記載の方法において、

前記絶縁材料の開口部は、実質的に円形に形成されていることを特徴とする方法。

【請求項 63】

請求項 49 から 61 のいずれか一項に記載の方法において、

前記絶縁材料の開口部は、細長形状に形成されていることを特徴とする方法。

【請求項 64】

請求項 62 又は 63 記載の方法において、

n 型コンタクトのための開口部は、前記電池領域の一部の分離を妨げるために間隔を置いて形成されていることを特徴とする方法。

【請求項 65】

請求項 49 から 64 のいずれか一項に記載の方法において、

前記開口部は、レーザーを用いて形成されることを特徴とする方法。

【請求項 66】

請求項 65 記載の方法において、

前記開口部の形状は、該開口部を形成するために用いられたレーザービームの形状によって決定されることを特徴とする方法。

【請求項 67】

請求項 39 から 66 のいずれか一項に記載の方法において、

前記導電層を罫書きする段階は、レーザーを用いて行われることを特徴とする方法。

【請求項 68】

請求項 67 記載の方法において、

前記導電層を罫書きする段階は、重複レーザーパルスが下積絶縁材料を著しく除去することなく前記導電材料層を完全に除去することを可能にする速度で行われることを特徴とする方法。

【請求項 69】

請求項 67 又は 68 記載の方法において、

高出力レーザーが、前記導電層を罫書きするために用いられ、該レーザーは、下積絶縁材料の除去を防止するためにデフォーカスされることを特徴とする方法。

【請求項 70】

請求項 67, 68, 又は 69 記載の方法において、

前記導電層を罫書きする段階は、100 ~ 200  $\mu\text{m}$  の範囲の罫書き幅を達成するよう実施されることを特徴とする方法。

【請求項 71】

請求項 70 記載の方法において、

前記罫書き幅は、140 ~ 160  $\mu\text{m}$  の範囲であることを特徴とする方法。

【請求項 72】

請求項 39 から 71 のいずれか一項に記載の方法において、

コンタクトを形成する前記導電層は、単一の金属層として形成されることを特徴とする方法。

【請求項 73】

10

20

30

40

50

請求項 7 2 記載の方法において、

前記導電層は、アルミニウム層を含むことを特徴とする方法。

【請求項 7 4】

請求項 3 9 から 7 3 のいずれか一項に記載の方法において、

前記導電層は、複数の異なる材料層として形成されることを特徴とする方法。

【請求項 7 5】

請求項 7 4 記載の方法において、

前記導電層を形成する段階は、ニッケル、銀、又は銅の薄い層を形成する段階を含むことを特徴とする方法。

【請求項 7 6】

10

請求項 7 5 記載の方法において、

前記薄い金属層は、5 ~ 20 nm の範囲の厚さに形成されることを特徴とする方法。

【請求項 7 7】

請求項 7 6 記載の方法において、

前記薄い金属層は、9 ~ 11 nm の厚さに形成されることを特徴とする方法。

【請求項 7 8】

請求項 7 5 , 7 6 , 又は 7 7 記載の方法において、

アルミニウム層が、前記薄い金属層上に形成されることを特徴とする方法。

【請求項 7 9】

請求項 7 3 又は 7 8 記載の方法において、

20

前記アルミニウム層は、50 ~ 150 nm の範囲の厚さに形成されることを特徴とする方法。

【請求項 8 0】

請求項 7 9 記載の方法において、

前記アルミニウム層は、90 ~ 110 nm の厚さに形成されることを特徴とする方法。

【請求項 8 1】

請求項 3 9 から 7 1 のいずれか一項に記載の方法において、

前記導電層は、高濃度にドーピングされた半導体材料から形成されていることを特徴とする方法。

【請求項 8 2】

30

請求項 3 9 から 7 1 のいずれか一項に記載の方法において、

前記導電層は、導電性高分子材料から形成されていることを特徴とする方法。

【請求項 8 3】

直列に接続された複数の平行に延在する細長い光起電力電池を備えた光起電力装置であって、

電池の相互接続が、アレイ中の他の電池の n 型領域における個々の点への各電池の p 型領域における点の複数の分離接続を介して形成され、

前記分離接続は全て、電池境界に対して横方向に延在する複数の細長ストリップを形成するように野書きされた単一の導電材料層から形成され、

前記野書きは、平行に延在するストリップを分割する中断物を形成し、

40

各ストリップはまた、電池領域に対応して又は電池領域付近において一定の間隔で中断され、

導電コンタクトは、前記分離接続を形成するために、前記平行に延在するストリップを分割する中断物を横断して延在することを特徴とする光起電力装置。

【請求項 8 4】

請求項 8 3 記載の装置において、

前記ストリップは、類似したコンタクトを形成する列に整列され、

前記列は、p 型コンタクト及び n 型コンタクトを交互に形成することを特徴とする装置。

【請求項 8 5】

50

請求項 8 4 記載の装置において、  
p 型コンタクトを形成する前記ストリップは、n 型コンタクトを形成するこれらストリップに対して前記電池境界の方向で測定されるように異なる幅を有することを特徴とする装置。

【請求項 8 6】

請求項 8 3 から 8 5 のいずれか一項に記載の装置において、  
前記光起電力装置は、非反射性コーティングが形成された加工ガラス基板と、フィルムの表面に平行な平面に接合部を形成する少なくとも 2 つの反対側にドーブされた領域を有するシリコンフィルムと、を備えた多結晶薄膜シリコン太陽電池であることを特徴とする装置。

10

【請求項 8 7】

請求項 8 6 記載の装置において、  
絶縁層が、単一の絶縁材料層を備えたシリコンフィルム上に配置されていることを特徴とする装置。

【請求項 8 8】

請求項 8 6 記載の装置において、  
絶縁層が、薄い不動態化層と厚い異なる誘電体材料層とを含む複数の層を備えたシリコンフィルム上に配置されていることを特徴とする装置。

【請求項 8 9】

請求項 8 8 記載の装置において、  
前記不動態化層は、窒化ケイ素又は酸化ケイ素の層を含むことを特徴とする装置。

20

【請求項 9 0】

請求項 8 9 記載の装置において、  
前記不動態化層は、50 ~ 200 nm の厚さの範囲であることを特徴とする装置。

【請求項 9 1】

請求項 8 9 又は 9 0 記載の装置において、  
前記不動態化層は、90 ~ 110 nm の厚さの範囲であることを特徴とする装置。

【請求項 9 2】

請求項 8 9 , 9 0 , 又は 9 1 記載の装置において、  
前記厚い誘電体層は、有機樹脂層であることを特徴とする装置。

30

【請求項 9 3】

請求項 9 2 記載の装置において、  
前記厚い誘電体層は、ノボラック樹脂層であることを特徴とする装置。

【請求項 9 4】

請求項 9 2 又は 9 3 記載の装置において、  
前記厚い誘電体層は、2 ~ 5 μm の厚さを有することを特徴とする装置。

【請求項 9 5】

請求項 9 4 記載の装置において、  
前記厚い誘電体層は、3 ~ 4 μm の厚さを有することを特徴とする装置。

【請求項 9 6】

請求項 8 3 から 9 5 のいずれか一項に記載の装置において、  
前記接続点は、コンタクトが形成された絶縁層内の開口部を介して形成されていることを特徴とする装置。

40

【請求項 9 7】

請求項 9 6 記載の装置において、  
p 型コンタクトが形成された絶縁層内の開口部は、100 ~ 500 μm の範囲の直径を有することを特徴とする装置。

【請求項 9 8】

請求項 9 6 記載の装置において、  
p 型コンタクトが形成された絶縁層内の開口部は、140 ~ 160 μm の範囲の直径を有

50

することを特徴とする装置。

【請求項 99】

請求項 98 記載の装置において、

n 型コンタクトが形成された絶縁層内の開口部は、25 ~ 100  $\mu\text{m}$  の範囲の直径を有することを特徴とする装置。

【請求項 100】

請求項 99 記載の装置において、

n 型コンタクトが形成された絶縁層内の開口部は、35 ~ 45  $\mu\text{m}$  の範囲の直径を有することを特徴とする装置。

【請求項 101】

請求項 96 から 100 のいずれか一項に記載の装置において、

前記開口部は、実質的に円形であることを特徴とする装置。

【請求項 102】

請求項 85 から 101 のいずれか一項に記載の装置において、

前記罫書きは、単一の導電材料層のレーザーアブレーション領域によって形成されていることを特徴とする装置。

【請求項 103】

請求項 102 記載の装置において、

前記分離接続は、水平罫書きの間にレーザを定期的にスイッチオフすることによって形成されていることを特徴とする。

【請求項 104】

請求項 102 記載の装置において、

前記分離接続は、水平罫書きが形成されるべきである線を横切って延在する絶縁層内の細長貫通孔を形成することによって形成され、前記細長貫通孔は、前記装置を形成する工程の間に導電材料層を用いて続けてコーティングされるか又は部分的に満たされ、前記導電材料は、レーザによって生成された熱が下積シリコンへ伝導されるために貫通孔上を罫書きレーザが通過している間にアブレーションされないままであることを特徴とする装置。

【請求項 105】

請求項 104 記載の装置において、

細長ホールは、一連の重複する大部分が円形のホールを含むことを特徴とする装置。

【請求項 106】

光起電力装置の表面にコンタクト構造を形成する方法であって、

前記光起電力装置は、電池境界を形成する半導体材料における中断物によって複数の光起電力電池に分割された、接合部を形成する異なるドーパント極性の半導体材料の少なくとも 2 つの層領域を備え、前記コンタクトが直列接続アレイで電池を相互接続するよう配置された方法において、

半導体装置の背面に絶縁層を形成する段階と、

前記絶縁層に導電コンタクト層を形成する段階と、

前記導電層を形成すると同時に又は前記導電層を形成した後に、前記導電層と前記半導体材料の p 型領域及び n 型領域との間に接続を形成する段階と、

前記電池の長手方向に対して横方向に延在する一連の導電ストリップを生成するために前記導電層を罫書きする段階と、を備え、

前記罫書きする段階は、一の電池の p 型領域における点を他の電池の n 型領域における点へ接続する横方向罫書きを横切って延在する導電ブリッジを残すよう構成されることを特徴とする方法。

【請求項 107】

請求項 106 記載の方法において、

前記導電層を罫書きする段階は、前記単一の導電材料層のレーザーアブレーション領域によって実施されることを特徴とする方法。

【請求項 108】

10

20

30

40

50

請求項 107 記載の方法において、

前記分離接続は、アブレーションされていない導電領域を残すための罫書きの間レーザを定期的にスイッチオフすることによって形成されることを特徴とする方法。

【請求項 109】

光起電力装置の表面にコンタクト構造を形成する方法であって、

前記光起電力装置は、半導体材料に電池境界を形成する平行中断物によって複数の平行延在細長光起電力電池へ分割された、接合部を形成する異なるドーパント極性の半導体材料の少なくとも 2 つの層領域を備え、前記コンタクトは、直列接続アレイに電池を相互接続するよう配置された方法において、

半導体装置の背面に絶縁層を形成する段階と、

前記絶縁層に導電コンタクト層を形成する段階と、

前記導電層を形成すると同時に又は前記導電層を形成した後に、前記導電層と前記半導体材料の p 型領域及び n 型領域との間に接続を形成する段階と、

一連の電池の各電池の一のコンタクト領域をそれぞれが通過する一連の導電ストリップを生成するために前記導電層を罫書きする段階であって、各導電ストリップは、中断物を横切って延在するブリッジによって接続され、これにより各ストリップは、個々の一連の電池の各電池においてのみ一つのドーパント極性の半導体材料との接続を形成する、段階と

、を含むことを特徴とする方法。

【請求項 110】

請求項 109 記載の方法において、

前記導電層を罫書きする段階は、単一の導電材料層のレーザーアブレーション領域を用いて実施されることを特徴とする方法。

【請求項 111】

請求項 110 記載の方法において、

前記ブリッジは、水平罫書きの間レーザを定期的にスイッチオフすることによって形成されることを特徴とする方法。

【請求項 112】

請求項 109 記載の方法において、

前記分離接続は、水平罫書きが形成されるべきである線を横切って延在しかつ導電材料層を用いて続けてコーティングされるか又は部分的に満たされる前記絶縁層内の細長貫通孔を形成することによって形成され、

前記導電材料は、レーザによって生成された熱の下積シリコンへの伝導のために前記貫通孔上に罫書きレーザを通過させている間アブレーションされないままであることを特徴とする方法。

【請求項 113】

請求項 112 記載の方法において、

前記細長ホールを形成する段階は、一連の重複する大部分が円形のホールを形成する段階を含むことを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、光起電力装置の製造に関し、特に本発明は、マルチセルアレイ (multi-cell array) 内の直列接続された電池のための新しい相互接続配置を提供する。

【背景技術】

【0002】

一般に、電力生成に使用される光起電力装置は、直並列接続されたアレイ (series parallel connected array) を生成するために、伝導バンド又は伝導層 (例えば金属又は透明導電性酸化物など) によって相互接続された個々の電池のアレイとして構成されている。

【0003】

10

20

30

40

50

電池の並列接続が出力電流を上げる一方で、単一の電池によって達成され得るよりも高い出力電圧を与えるために、個々の電池の直列接続が使用される。平行な経路の間に比較的高いレベルの相互接続が形成されている場合には、装置内に電池の直列接続及び並列接続両方を準備すると、個々の電池又は一団の電池において性能が一時的又は永久的に劣化するために、装置の性能の劣化が最小化されるという付加的な効果が得られる。例えば、汚物又は鳥の糞は、装置の小さな領域において、電池によって生成された電流を減少させることがあり、これら電池と直列に接続された全ての電池において電流の流れを制限する。しかしながら、他の直列接続電池との並列接続は、冒された電池の周囲に電流が流れることを可能にし、かつ装置全体に与える影響を最小化する。

**【0004】**

コンタクト材料と比較したとき電池本体の半導体材料の導電性が比較的低いために、半導体材料のキャリアがコンタクトに到達する前に強制的に横方向に流される距離を減少させることによって、装置における直列抵抗が減少するよう個々の電池の表面に複数のコンタクトを与えることもまた、一般的な慣例である。

**【0005】**

いかなる大面積光起電力モジュールでも、モジュールに対して散乱される分路又は短絡がある。これら短絡によって汲み上げられた電流は、負荷に加えられ得る電流から直接取り去られる。薄膜モジュールでは、短絡は通常、(例えば金属コンタクト層内に分割が形成されるのを局所的に防止する汚染物質のために)、又は下積半導体から金属コンタクト層を分離するよう意図された絶縁層内のピンホールのために、金属コンタクト間のとても小さなブリッジで起こる。短絡と装置性能の局所的な低下とによって引き起こされる問題は、モジュール内の電池の直列接続及び並列接続のレベルが上昇するにつれ減少するが、しかしながら、金属被覆パターンの複雑性が増すことをも意味する。

**【0006】**

複雑なコンタクトパターンを有する装置を製造するコストは、装置製造のコスト全体において重要な要因であり、正確な整列工程を必要とするためにパターンの複雑性が増すことで増加し、かつレーザパターンニングの場合には、複雑性がそれ程でなくとも速度が著しく減少する。

**【発明の開示】****【課題を解決するための手段】****【0007】**

第1の態様によれば、この発明は、直列に接続された複数の光起電力電池を備えた光起電力装置であって、電池の相互接続が、各電池のp型領域におけるある点の、アレイ中の他の電池のn型領域における各点への複数の分離平行接続を介して形成され、前記分離平行接続は全て、複数の細長ストリップを形成するよう罫書きされた単一の導電性材料層から形成され、各ストリップは、電池境界に対応する一定の間隔で中断されている、光起電力装置において、前記中断は、N番目の電池境界ごとに又はN番目の電池境界ごとの付近に配置され、ここでNは2よりも大きいか又は2と等しく、いずれか一つのストリップが中断される前記電池境界は、直近のストリップが中断される電池境界からオフセットされており、その結果、N番目のストリップごとの中断が整列され、かつ特定のストリップによって接続されるべき各電池対は、各ストリップに接続されていないN-2個の電池によって、各ストリップがこれら介在電池上を通過するとき分離されることを特徴とする光起電力装置にある。

**【0008】**

第2の態様によれば、この発明は、光起電力装置の表面にコンタクト構造を形成する方法であって、前記光起電力装置は、電池境界を形成する半導体材料における中断によって複数の光起電力電池に分割された、接合部を形成する異なるドーパント極性の半導体材料の少なくとも2つの層領域を備え、前記コンタクトは直列接続アレイに電池を相互接続するよう配置される方法において、半導体装置の背面に絶縁層を形成する段階と、

10

20

30

40

50

前記絶縁層に導電コンタクト層を形成する段階と、  
 前記導電層を形成すると同時に又は前記導電層を形成した後のどちらかに、前記導電層と前記半導体材料のp型領域及びn型領域との間に接続を形成する段階と、  
 電池の長手方向に対して横方向に延在する一連の分離導電ストリップを製造するために導電層を罫書きする段階であって、各導電ストリップは、接続すべき複数の電池対を通過するとともに、個々のストリップによって接続されるべき各電池対の各電池の一のコンタクト領域へ接続されており、各導電ストリップは、各個々の対の電池の第1及び第2コンタクト領域を選択的に通過し、これにより各ストリップが、導電ストリップによって相互接続されるべき各電池対における各電池の前記第1半導体材料層又は前記第2半導体材料層と交互に電氣的接続を形成し、かつ各ストリップが、個々の電池対の各電池においてのみ一のドーパント極性の半導体材料との接続を形成する、段階と、  
 Nが2よりも大きな整数であるか又は2と等しい、N番目の電池境界ごとに又はN番目の電池境界ごと付近で各ストリップを中断する段階であって、いずれか一つのストリップが中断される電池境界は、直近のストリップが中断される電池境界からオフセットされており、その結果、N番目のストリップごとの中断物が整列され、接続されるべき各電池対は、N-2個の電池を通過するとき個々のストリップへ接続されていないN-2個の電池によって分離される、段階と、  
 を含むことを特徴とする方法にある。

10

20

30

40

50

## 【0009】

好ましい実施例によれば、Nは2に等しく、かつ接続された電池を分離する介在電池はない。

## 【0010】

第3の態様によれば、この発明は、直列に接続された複数の平行に延在する細長い光起電力電池を備えた光起電力装置であって、隣接する電池を有する各電池の直列接続が、各電池のp型領域における点の、アレイ中の隣接する電池のn型領域における各複数の点への複数の分離平行接続を介して形成され、前記分離平行接続は全て、平行延在電池を分割する電池境界に対応して横方向に延在する複数の細長ストリップを形成するよう罫書きされた単一の導電材料層から形成され、各ストリップは、第2電池境界ごとに又は第2電池境界ごとの近傍で中断され、隣接するストリップは、交互の電池境界で中断されていることを特徴とする光起電力装置にある。

## 【0011】

第4の態様によれば、この発明は、複数の平行に延在する細長い光起電力電池を備えた光起電力装置であって、複数の第1導電コンタクトが、各電池のp型領域を、個々の電池の一側に隣接する電池のn型領域へ接続し、複数の第2導電コンタクトが、各電池のn型領域を、個々の電池の前記一側と反対側に隣接する電池のp型領域へ接続し、前記第1及び第2導電コンタクトは全て、前記平行延在電池を分割する電池境界に対応して横方向に延在する複数の細長ストリップを形成するよう罫書きされた単一の導電材料層から形成され、各ストリップは、第2電池境界ごとに又は第2電池境界ごとの近傍で中断され、隣接するストリップは、交互の電池境界で中断されていることを特徴とする光起電力装置にある。

## 【0012】

第5の態様によれば、この発明は、光起電力装置の表面にコンタクト構造を形成する方法であって、前記光起電力装置は、半導体材料に電池境界を形成する平行な中断物によって複数の平行延在細長光起電力電池へ分割された、接合部を形成する異なるドーパント極性の半導体材料の少なくとも2つの層領域を備え、前記コンタクトは、直列接続アレイに電池を相互接続するよう配置される方法において、  
 半導体装置の背面に絶縁層を形成する段階と、  
 前記絶縁層に導電コンタクト層を形成する段階と、  
 前記導電層を形成すると同時に又は前記導電層を形成した後のどちらかに、前記導電層と前記半導体材料のp型領域及びn型領域との間に接続を形成する段階と、

一連の電池の各電池の一のコンタクト領域をそれぞれが通過する一連の分離導電ストリップを製造するために前記導電層を罫書きする段階であって、各導電ストリップは、個々の一連の電池の第1及び第2コンタクト領域を選択的に通過し、これにより個々のストリップが、各電池の第1半導体材料層又は第2半導体材料層と電氣的接続を形成し、かつ各ストリップが、個々の一連の電池の各電池においてのみ一のドーパント極性の半導体材料との接続を形成する、段階と、

交互の電池境界で中断された隣接ストリップを用いて第2電池境界ごとで又は第2電池境界ごと付近で各ストリップを中断する段階と、  
を備えることを特徴とする方法にある。

【0013】

第6の態様によれば、この発明は、光起電力装置の表面にコンタクト構造を形成する方法であって、前記光起電力装置は、半導体材料に電池境界を形成する平行な中断物によって複数の平行延在細長光起電力電池へ分割された、接合部を形成する異なるドーパント極性の半導体材料の少なくとも2つの層領域を備え、前記コンタクトは、直列接続アレイに電池を相互接続するよう配置された方法において、

半導体装置の背面に絶縁層を形成する段階と、

各電池の第1コンタクト領域に、第1ドーパント極性の第1上積半導体材料層 (first overlying layer of semiconductor material) の活性面を露出するように、前記絶縁層を貫通する第1開口部を形成する段階と、

前記第1上積半導体材料層の背面との電氣的接続を形成するように第1開口部へ延在する第1導電コンタクト層を前記絶縁層上に形成する段階と、

前記第1導電コンタクト層及び前記絶縁層を貫通する第2開口部を形成する段階であって、各電池の第2コンタクト領域内の少なくとも一つの位置に、第2ドーパント極性の下積第2半導体材料層 (overlying second layer of semiconductor material) に対して接続が形成されるべきである、段階と、

各第2開口部の下に第2ドーパント極性の下積第2半導体材料層への導電経路を形成する段階であって、該導電経路は前記下積第2半導体材料層と個々の第2開口部における絶縁層の下の背面との間に延在している、段階と、

前記第1導電層上に第2導電コンタクト層を形成する段階であって、該第2導電層は、前記第2開口部へ延在し、かつ前記第2開口部を介して第2半導体材料層と電氣的な接続を形成する、段階と、

一連の電池の各電池の一のコンタクト領域をそれぞれが通過する一連の分離導電ストリップを製造するために導電層を罫書きする段階であって、各導電ストリップは、個々の一連の電池の第1及び第2コンタクト領域を選択的に通過し、これにより個々のストリップがブリッジ領域又は各電池の第2半導体材料層との電氣的な接続を形成し、かつ各ストリップが個々の一連の電池の各電池においてのみ一のドーパント極性の半導体材料との接続を形成する、段階と、

交互の電池境界で中断された隣接ストリップを用いて第2電池境界ごとで又は第2電池境界ごと付近で各ストリップを中断する段階と、

を備えることを特徴とする方法にある。

【0014】

好ましくは前記第2開口部は、前記下積第2半導体材料層に延在している。前記下積第2半導体材料層への導電経路は、前記第2開口部の周囲及び下の材料の特性を変更することによって、又は第2開口部へ延在する導電コンタクト層を形成する工程の結果として、又はこれら2つの組み合わせとして、形成され得る。

【0015】

好ましい実施例では、前記光起電力装置は、非反射性コーティングが形成された加工ガラス基板と、フィルム表面に平行な平面に接合部を形成する少なくとも2つの反対にドーパされた領域を有するシリコンフィルムと、を備えた多結晶薄膜シリコン太陽電池である。

【0016】

10

20

30

40

50

シリコンフィルムに形成された絶縁層は単一の層とすることができるが、好ましくは、薄い不動態化層と異なる誘電材料の厚い層とを含む複数の層である。好ましくは、不動態化層は、50～200 nm、好ましくは約100 nmの窒化ケイ素又は酸化ケイ素の層である。厚い誘電層は好ましくは、2～5 μm、好ましくは約3～4 μmの厚さのノボラックのような有機樹脂層である。

**【0017】**

コンタクトを形成する導電層は、アルミニウムのような単一の金属層とすることができるが、又は5～20 nmの範囲、好ましくは約10 nmの厚さを有するニッケル、銀、又は銅の薄い層と、50～150 nmの範囲、好ましくは約90～110 nmの厚さを有する銅、銀、又はニッケル上のアルミニウム層と、を含む複数の層として形成することができる。他の可能なコンタクト材料は、高濃度にドーピングされた半導体材料及び導電性ポリマーを含む。

10

**【0018】**

上述の寸法を有する薄膜の実施例に対して、p型コンタクトが形成された絶縁層に形成されたホールは、50～500 μm、好ましくは約140～160 μmの範囲の直径を有する。n型コンタクトのためのホールは、25～100 μmの範囲、好ましくは約35～45 μmの範囲の直径を有する。コンタクトホールは好ましくは円形であり、n型ホールの場合には電池領域の一部が分離するのを防止するために間隔を置かれて配置されている。しかしながら、細長ホールもまた、ある実施例では用いることができる。ホールはレーザーによって形成することができ、この場合形状は、ホールを形成するために用いられるレーザービームの形状に依存する。

20

**【0019】**

金属の罫書きは好ましくはレーザーによって実施され、重複しているレーザーパルスが下積絶縁材料をさほど除去することなく金属層を完全に除去することができる速度で実施される。高出力レーザーに対して、このことはレーザーのデフォーカスを余儀なくし、その結果、罫書きがより広がる。この発明の実施例は、100～200 μm、好ましくは約140～160 μmの罫書き幅で有効であることが解った。

**【0020】**

与えられた寸法は、好ましい実施例で記述された種類の電池に適しているということを認められたい。他の電池型、すなわち著しく異なる膜厚を有する薄膜電池に対しては、絶縁層及び金属層の寸法と、コンタクトホール及びレーザー罫書きの幅とは、特定環境の状況に適合するよう変化する。

30

**【0021】**

第7の態様によれば、本発明は、直列に接続された複数の平行に延在する細長い光起電力電池を備えた光起電力装置であって、電池の相互接続が、アレイ中の他の電池のn型領域における個々の点への各電池のp型領域における点の複数の分離接続を介して形成され、前記分離接続は全て、電池境界に対して横方向に延在する複数の細長ストリップを形成するように罫書きされた単一の導電材料層から形成され、前記罫書きは、平行に延在するストリップを分割する中断物を形成し、各ストリップはまた、電池領域に対応して又は電池領域付近において一定の間隔で中断され、導電コンタクトは、前記分離接続を形成するために、前記平行に延在するストリップを分割する中断物を横断して延在することを特徴とする光起電力装置にある。

40

**【0022】**

前記ストリップは、類似したコンタクトを形成する列に整列され、前記列は、p型コンタクト及びn型コンタクトを交互に形成することができる。

**【0023】**

p型コンタクトを形成する前記ストリップは、n型コンタクトを形成するこれらストリップに対して前記電池境界の方向で測定されるように異なる幅を有することができる。

**【0024】**

一つの変形例では、前記分離接続は、水平罫書きの間にレーザーを定期的にスイッチオフす

50

ることによって形成される。

【0025】

あるいは、前記分離接続は、水平罫書きが形成されるべきである線を横切って延在する絶縁層内の細長貫通孔を形成することによって形成され、前記細長貫通孔は、前記装置を形成する工程の間に導電材料層を用いて続けてコーティングされるか又は部分的に満たされ、前記導電材料は、レーザによって生成された熱の下積シリコンへの伝導のために貫通孔上を罫書きレーザが通過している間にアブレーションされないままである。

【0026】

細長ホールは、一連の重複する大部分が円形のホールを含んでもよい。

【0027】

第8の態様によれば、本発明は、光起電力装置の表面にコンタクト構造を形成する方法であって、前記光起電力装置は、電池境界を形成する半導体材料における中断物によって複数の光起電力電池に分割された、接合部を形成する異なるドーパント極性の半導体材料の少なくとも2つの層領域を備え、前記コンタクトが直列接続アレイで電池を相互接続するよう配置された方法において、

半導体装置の背面に絶縁層を形成する段階と、

前記絶縁層に導電コンタクト層を形成する段階と、

前記導電層を形成すると同時に又は前記導電層を形成した後に、前記導電層と前記半導体材料のp型領域及びn型領域との間に接続を形成する段階と、

前記電池の長手方向に対して横方向に延在する一連の導電ストリップを生成するために前記導電層を罫書きする段階と、を備え、

前記罫書きする段階は、一の電池のp型領域における点を他の電池のn型領域における点へ接続する横方向罫書きを横切って延在する導電ブリッジを残すよう構成されることを特徴とする方法にある。

【0028】

前記導電層を罫書きする段階は、前記単一の導電材料層のレーザアブレーション領域によって実施され得る。

【0029】

前記分離接続は、アブレーションされていない導電領域を残すための罫書きの間レーザを定期的にスイッチオフすることによって形成され得る。

【0030】

第9の態様によれば、本発明は、光起電力装置の表面にコンタクト構造を形成する方法であって、前記光起電力装置は、半導体材料に電池境界を形成する平行中断物によって複数の平行延在細長光起電力電池へ分割された、接合部を形成する異なるドーパント極性の半導体材料の少なくとも2つの層領域を備え、前記コンタクトは、直列接続アレイに電池を相互接続するよう配置された方法において、

半導体装置の背面に絶縁層を形成する段階と、

前記絶縁層に導電コンタクト層を形成する段階と、

前記導電層を形成すると同時に又は前記導電層を形成した後に、前記導電層と前記半導体材料のp型領域及びn型領域との間に接続を形成する段階と、

一連の電池の各電池の一のコンタクト領域をそれぞれが通過する一連の導電ストリップを生成するために前記導電層を罫書きする段階であって、各導電ストリップは、中断物を横切って延在するブリッジによって接続され、これにより各ストリップは、個々の一連の電池の各電池においてのみ一つのドーパント極性の半導体材料との接続を形成する、段階と、

を含むことを特徴とする方法にある。

【0031】

通常、前記導電層を罫書きする段階は、単一の導電材料層のレーザアブレーション領域を用いて実施される。

【0032】

10

20

30

40

50

一つの変形例では、前記ブリッジは、水平罫書きの間レーザを定期的にスイッチオフすることによって形成される。

【0033】

あるいは、前記分離接続は、水平罫書きが形成されるべきである線を横切って延在しかつ導電材料層を用いて続けてコーティングされるか又は部分的に満たされる前記絶縁層内の細長貫通孔を形成することによって形成され、前記導電材料は、レーザによって生成された熱の下積シリコンへの伝導のために前記貫通孔上に罫書きレーザを通過させている間アブレーションされないままである。

【0034】

前記細長ホールを形成する段階は、一連の重複する大部分が円形のホールを形成する段階を含むことができる。 10

【0035】

この明細書に含まれてきた文書、作用、材料、装置、文献、又は同様のもののあらゆる議論は単に、この発明の背景を提供する目的のためにある。これらの事柄のいくつか又は全ては従来技術の基礎の一部を形成すると、あるいは、この出願の各請求項の優先日の前にオーストラリアに存在したのでこの発明に関係のある分野において共通した通常の知識であったと、みなされるべきではない。

【0036】

この明細書全体を通して、「～を含む」との語、あるいは「～を含んでいる」のような変形は、一定の構成要素、完全体又は段階、又は構成要素、完全体又は段階の群を含むことを意味するが、他の構成要素、完全体又は段階、又は構成要素、完全体又は段階の群を排除することは意味しないことに留意されたい。 20

【0037】

本発明の実施例は、添付の図面を参照して例として以下に記述される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0038】

本発明の一実施例の詳細な説明は、特に大面積薄膜シリコン光起電力装置の文脈で以下に与えられるが、しかしながら本発明は一般に、比較的低コストでかつ様々な電池及びコンタクト技術に適用できる電池間の（統合されたものとは対照的に）分配された接続を与える。 30

【0039】

前述したように、大面積光起電力モジュールの範囲に亘って、モジュールについて分散された複数の分路又は短絡が一般に存在し、このことが、場合によっては負荷となり得る電流を引き出す。短絡の影響と全体的なモジュール性能における装置性能の局所的な低下とは一般に、モジュール内での電池の直列接続及び並列接続のレベルが増加するにつれて減少するが、このことはまた、金属化パターニングの複雑さが増加することを意味する。

【0040】

通常、複雑な相互接続構造は製造するのに費用がかかる。しかしながら、以下に記述される相互接続構造は、少ない数の段階を用い、かつ比較的高速度で製造することができ、これにより他の構成及び技術と比べて出費が抑えられた状態が保たれるという付加的な利点を有する。 40

【0041】

相互接続構造は、モジュール内の全ての電池に対して全てのコンタクトを形成するためにモジュールの表面全体に亘って導電層（通常一つ又は複数の金属層）を与え、次いで一連の直線高速度レーザ罫書き（straight high speed laser scribe）を用いて導電層を一連のストリップに罫書きすることによって製造される。ストリップは次いで、各交互ストリップを切断するためにスイッチオン及びオフされるレーザを用いて第1罫書き方向へ横方向に罫書きすることによって個々のリンクに分割される。このとき、第2横断罫書きごとに一つのストリップによってオフセットされており、その結果各ストリップは、リンクの半分のピッチだけオフセットされ両側で2つのリンクが重なるリンクに切断される。これ 50

らリンクのピッチは、2つの電池の幅に等しく、横断罫書きは、モジュールの隣接する電池間の電池境界を表す下層電池配置における中断物と同じ場所を占めるか又は中断物の近くにある。このコンタクト構造と、該コンタクト構造の製造方法とは、以下で特に大面積薄膜シリコン光起電力装置を背景として述べられるが、本方法は、例えば使用するオフセットの数、及び各電池が接続される他の電池の数を変更することによって、修正することができる。記述された実施例の場合のように電池に対してモジュールの幅を伸ばすことは本質的ではなく、それゆえに本発明は様々なモジュール、電池構造、及び電池配置に適用できる。

#### 【0042】

以下で記述される電池構造の場合には、複数の並列接続電池に近づくように、長い電池を組み立てることによって並列接続が与えられるが、並列接続は金属ではなく半導体を介するので、直列抵抗は局所的な短絡が電池全体をバイパスすることを防止する。したがって、隣接する電池の各対の間に複数の直列接続を与えることによって、長い電池の利点を利用することができ、その結果、局所的な欠点は自己分離しかつ自己バイパスすることである。

#### 【0043】

図面を参照すると、図1は、この発明の方法が統合される装置製造方法に先立つ半導体装置構造11の一部を示す。図1では、製造方法の第1段階が適用されている。半導体装置は、薄い非反射性コーティングで覆われかつ上部p型領域13、下部n<sup>+</sup>型領域15、及びp型領域とn型領域とを分離する真性又は僅かにドーブされた領域14、を有するガラス基板22に形成された薄い多結晶シリコン膜12を含む光起電力モジュールである。シリコン膜12は、罫書き分離溝(scribed isolation groove)16によって複数の電池(セル(cell))に分離されている。ガラス表面は好ましくは、遮光を促進するために織り目を出されているが、この様子は明確性のために図面には示されていない。通常、ガラスの表面質感は、0.2~0.7µmまでの寸法を示し、非反射性コーティングは70nmのオーダーの窒化ケイ素コーティングである。シリコン膜は通常、0.5~10µmの範囲、好ましくは1~3µmの間の厚さであり、それぞれが約0.1µmの深さに延在している高濃度にドーブされた領域を有するp型ドーブ領域及びn型ドーブ領域を有する。ガラス表面の質感は、質感材料をコーティングすることによって、又は例えばエッチングによってガラスに直接質感を与えることによって達成することができる。

#### 【0044】

装置製造方法の第1段階は、薄いシリコン膜12上に絶縁層17を形成することである。好ましくは、絶縁層は、2~5µm、通常3~4µmのオーダーの厚さに形成された、ノボラックとして知られている有機樹脂に加えて窒化ケイ素又は酸化ケイ素の薄い層(50~200nm及び好ましくは約100nm)から構成された2層膜である。

#### 【0045】

次いで第1組のホール19(図2参照)が、レーザ18を用いて開けるべき領域を加熱することによって絶縁層17に形成される。レーザは下にあるシリコンを局所的に加熱し、これにより下のシリコンを露出させるホール19を残したままノボラックが噴出する。必要ならばホールを取り囲む絶縁層の端縁部を滑らかにするために、熱処理を続けて用いることができる。ノボラックの熱処理の後、ノボラックの除去によって露出された窒化ケイ素又は酸化ケイ素は、化学エッチングによって除去されて、下の半導体材料の表面が露出する。この組のホールは、半導体材料12の背面に対するコンタクトを可能にし、これにより接続が装置のp型領域13に形成されることを可能にするために与えられ、したがってホールは、ホール近傍におけるp型半導体材料及びn型半導体材料の分裂量を最小化するために、半導体材料を最小限に加熱することによって開けられる。このことは、レーザビームをデフォーカス(defocus)することによって達成され、その結果、しっかりとフォーカスされたレーザを用いて生じるよりも大きな開口部が絶縁層に形成される。ホールの形状及び寸法は、レーザビームの断面形状によって決定されるが、通常、およそ円形で重なり合わず、50~500µmの範囲、好ましくは約150µmの直径を有する。

## 【0046】

図3に向けると、薄い金属層23は次いで絶縁層17上に堆積され、p型領域13と接触するためにホール19に延在する。薄い金属層23は好ましくは、p型領域13に対するコンタクト及び後方反射体の両方として役に立つ、通常10nmのオーダーのニッケル又は銅である。銅は、ニッケルよりも優れた光学反射体であり、各金属はp型シリコンと信頼性の高い接触を形成する。しかしながら、ニッケルは銅ほどには強くノボラックに付着せず、この事実は金属分離溝を続けて形成することを助ける。

## 【0047】

ニッケルが用いられた場合には、層が光に対してほとんど透明になるように、厚さは10nmよりも薄く減少させることができる。この場合、続く層からの光学的反射を妨げない。

## 【0048】

第2の薄い銀の層を、光学的反射を増加させるために追加することができる。しかしながら、シリコンに対する電気的な接触に乏しいので、銀は単独では用いることができない。

## 【0049】

層24(図3参照)は、薄い金属層23、絶縁層17、及び半導体層13, 14, 15を貫通するホールを開け、図4に示すように、シリコン膜12を貫通してガラス基板22へ延在する開口部32を形成するために使用される。

## 【0050】

開口部32が形成されるとき、開口部近傍の非常に薄い金属層23は、開口部32を取り囲む領域から蒸発させられ、残った熔融金属は後ずさりして厚くされた部分27を形成し、その結果、金属層23内の開口部はシリコン内の開口部の直径の2~3倍となる。

## 【0051】

開口部32は再び細長溝又は間隔を空けられたホールのどちらかとなり、その結果、側面の連続性が半導体層内で維持される。第1組のホール19に関して、ホール32の形状及び寸法は、レーザービームの断面形状によって決定される。第2組のホール32の場合は第1組のホール19の場合よりもしっかりとフォーカスされ、通常、ほぼ円形で重なり合わず、25~100µmの範囲、好ましくは約40µmの直径を有する。

## 【0052】

図4にも示すように、開口部32によって露出されたシリコン表面25は、n型ドーパントでドーブされており、p型領域13から開口部32を分離し、かつ表面にn型コンタクトを形成する。

## 【0053】

図5を参照すると、n型コンタクトが、第1の薄い金属層23上に形成された第2の薄い金属層28によって形成され、第2の金属層28は、開口部32へ延在するとともに、開口部32の表面25と接触する。好ましくは導電層28は、アルミニウムのような金属層であるが、導電層はまた、同族の合金、高濃度にドーブされた半導体材料層、導電性プラスチック材料層、又は他の適切な導体を含んでもよい。コンタクトが、予め形成されたニッケルの第1金属層上のアルミニウムから形成されている場合には、ニッケル層及びアルミニウム層のそれぞれは好ましくは、10nm及び100nmのオーダーである。金属層は好ましくは、スパッタリングによって形成される。

## 【0054】

本方法の第1段階はn型コンタクトとp型コンタクトとの分離であり、これは金属層23及び28を熔融及び/又は蒸着し、これにより図6に見られるような分離溝(isolation groove)31を形成するために、レーザー29を用いることによって達成される。

## 【0055】

完成した構造の一部は、電池の直列接続を与えるために一のセルのn型コンタクトを隣接するセルのp型コンタクトへ接続する様子を示す図6に示されている。図6に示された断面は、図7に示すX-X線視断面に良く似ている。

## 【0056】

レーザがパルス・オンされたとき、僅かな量の金属がビーム直下でアブレート (ablate) され、アブレートされた領域を取り囲む熔融金属の表面の表面張力は、ホールから金属を引き戻してホール周辺に金属の僅かに厚くなった部分を生じさせ、開口部 31 (図 6 参照) を形成する。開口部 31 は、図 6 の正面図に見られるように、図 7 の平面図に示された罫書きにおける一点を表し、元のアブレートされた領域よりも著しく大きな直径を有する。下方に位置する誘電体 (この場合ノボラックとして知られている有機樹脂) に対するニッケル層 23 の接合は、アルミニウムの場合ほど優れていないので、アルミニウム層とニッケル層とが組み合わされた層 23, 28 は、アルミニウムが単独で用いられた場合よりも容易に再剥離する。ビーム直径よりも小さな通常のピッチで間隔を置かれた中心部にレーザをパルスすることによって、一对の金属マウンド (mound) によって取り囲まれた一連の接合されたホールが形成され、互いに電氣的に隔離されるべき 2 つの領域の金属膜を分離する連続ギャップが提供される (図 7 参照)。通常、分離罫書きは 100 ~ 200  $\mu$ m の幅、好ましくは約 150  $\mu$ m の幅である。罫書きは通常、約 0.2 ~ 1.9 mm、好ましくは約 0.85 mm の幅の導電ストリップを形成するために、中心が 0.2 ~ 2.0 mm、好ましくは約 1 mm の間隔で空けられている。

10

**【0057】**

図 7 を参照すると、分離罫書きは、セル 35 を横断しかつ上述のような寸法を有する第 1 組の長い罫書き 31 と、電池境界 16 上の長い罫書き 31 間の第 2 組の短い罫書き 34 と、を備え、長い罫書き 33 によって形成されたストリップをより短いリンク 36 に分離する。短い罫書き 34 は、長い罫書き 33 と同様の幅を有するが、電池の相互接続を可能とするために 2 つの電池幅によって分離されている。

20

**【0058】**

図 7 は、本発明の実施例に係るコンタクト構造を含む装置の一部を示す背面図である。図 7 から、装置 11 の電池のそれぞれが、電池の p 型領域及び n 型領域へのコンタクトを与える交互のホール 19 及びホール 32 の組を分離する複数の横断罫書き 33 によって、長い軸線を横切って分割された細長光起電力要素 35a, 35b, 35c, 35d を備えることが分かる。横断罫書き 31 は、各罫書きが各細長電池を横断するように、装置の長さ方向に延在する長い実質的に直線の罫書きとして形成されている。長い連続的な罫書きをこのように用いることによって、罫書きは、(レーザが 1 ショットでビーム下の金属を完全に除去することができるとすれば) レーザショットが重なることを可能にするレーザテーブル (laser table) の最大並進速度 (maximum translation rate) で形成することができる。このレーザの操作方法は、レーザが正確な位置で停止されかつ開始されなければならない角でパターンを罫書きしようと試みる場合よりもずっと速い。

30

**【0059】**

第 1 組の罫書き 31 の形成に続けて、第 2 電池対ごとを分離するために、さらなる組の電池分離罫書き 34 が、隣接する電池 11 間の電池分離罫書き 16 上に形成される。細長横断罫書き 31 のいずれか一つの両側 (either side) に延在するセル分離罫書き 34 は、同一の横断罫書き 31 の他の側の細長横断罫書きに対して一つ分のセルだけオフセットされている。その結果、電池セルは、図 7 に示すように、オフセットを交互にし、一のセル 35 の 1 組の p 型コンタクト 19 を隣接するセル 35 の 1 組の n 型コンタクト 32 へ接続することによって、接続リンク 36 のマトリックスによって直列に接続されるようになる。

40

**【0060】**

図 7 の装置の一部に対する等価回路は、図 8 に示されている。図 8 から、リンク 36 が、(複数の並列接続ダイオードとして表された) 一の細長電池 35 のアノードと隣接する電池のカソードとの間の複数の接続を与えていることが分かる。電池の横方向の抵抗は、直列リンク 36 間の電池における横方向の電流を制限し、かつ分路の影響を分路を密着して取り囲む領域に抑制する、複数の抵抗器 37 によって示されている。この構成は、電流が装置の不完全な又は影になった領域の周辺に流れることを可能にする一方で、直列接続によって高電圧を達成することを可能にする。

50

## 【0061】

図9は、本発明の第2実施例に係るコンタクト構造を含む装置の一部を示す背面図である。該コンタクト構造は、第1実施例のコンタクト構造の変形例であり、上述の方法とは異なる方法によって形成される。図から解るように、この第2実施例では、隣接する電池に同様の種類のコンタクトが、横方向に整列されている。このように図9に示されたように、p型コンタクトを形成する一般的に矩形の金属パッド62の横断ストリップ60があり、横断ストリップ60上には、n型コンタクト32を形成する金属パッド66のさらなるストリップ64があり、ストリップ64上には、p型コンタクトを形成する金属パッド62のさらなるストリップがあり、などなどである。

## 【0062】

第2実施例では、製造方法は、上述のように装置に電池のコンタクトを配置することを除いて第1実施例の製造方法と、及び電池間の接続を形成する方法と大部分同様である。

## 【0063】

第1実施例のように、分離罫書きは、100～200 $\mu\text{m}$ の幅、好ましくは約150 $\mu\text{m}$ の幅の電池を横断する第1組の長い罫書き31を備える。

## 【0064】

第2組の短い(分離)罫書き44は、電池境界16の近くの長い罫書き間に延在する。第1実施例とは対照的に、水平ストリップ60, 64ごとは、電池境界16ごとに又は電池境界16ごと付近で垂直罫書き44によって機械的に中断されている。罫書きされた領域はクロスハッチを用いて示されている。

## 【0065】

図9を再び参照すると、罫書き44は、電池境界16を用いて整列された第2電池分離罫書き44aごとを用いてジグザグにされており、他の電池分離罫書き44bは、100～500 $\mu\text{m}$ 、好ましくは約250 $\mu\text{m}$ の距離だけ電池境界の片側に対して間隔を空けられている。

## 【0066】

金属ブリッジ46は、一の電池のp型金属コンタクトパッド19を隣接する電池のn型金属コンタクトパッド32へ接続している。ブリッジ46は、図2を参照して述べられたように、p型コンタクト19を形成するために用いられたのと同様の方法によって形成される。特に、下のシリコンを局所的に加熱してこれによりノボラックが噴出して下のシリコンを露出させるホール19が残るように、一列に並んだ重なり合うホールがレーザ18を用いて絶縁層に形成される。ホールの列は、横断罫書き31の列上にアーチを作るように意図的に配置されている。この列は続いて、p型コンタクトがコーティングされたのと同様の製造方法の後の段階の間、金属層23及び28を用いてコーティング/部分的に充填・される。水平罫書き31を形成するレーザがホールの列上を通過するとき、ホールから金属を除去することができない。何故なら、金属がシリコンと比べれば相対的に熱絶縁体となるノボラックとは対照的に比較的優れたヒートシンクとして作用するシリコン13と直接接触し、レーザの熱を外側に逃がしてブリッジがアブレートされるのを防止するからである。

## 【0067】

完成された構造の一部は図10に示されており、図10は、直列接続の電池を与えるために、一の電池のn型コンタクトを隣接する電池のp型コンタクトへ接続するようすを示す。図10に示された断面は、図9に示されたXX-XX線視断面に良く似ている。

## 【0068】

上述のようにある電池のp型金属コンタクトパッドを隣接する電池のn型コンタクトパッドへ接続する金属ブリッジを提供する代わりに、ブリッジ46は単に、水平罫書きがブリッジを形成する金属層23及び28の残部を残している間にレーザを定期的にオフすることによって与えられる。

## 【0069】

n型金属パッド及びp型金属パッドは整列されているので、この実施例を用いて、互いに

10

20

30

40

50

異なる幅の n 型金属パッド及び p 型金属パッドを形成することが可能であることを理解されたい。直列抵抗は、幅を別々に最適化することによって減少させることができる。

【0070】

大まかに述べられた本発明の精神及び範囲から逸脱することなく、特定の実施例で示されたように、本発明に対して数多くの変形及び/又は修正が可能であることは、当業者に理解されるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0071】

【図1】この発明の方法が適用された第1実施例の第1段階の後の半導体装置を示す断面図である。

10

【図2】第1実施例に従って本発明の第1開口段階が適用された後の半導体装置を示す断面図である。

【図3】第1実施例に従って本発明の第1金属化段階が適用された後の半導体装置を示す断面図である。

【図4】第1実施例に従って本発明の第2開口段階が適用された後の半導体装置を示す断面図である。

【図5】第1実施例に従って本発明の第2金属化段階が適用された後の半導体装置を示す断面図である。

【図6】コンタクトを p 型領域と n 型領域とに分割するために第1実施例に従って形成された金属被覆が中断された後の半導体装置を示す断面図である。

20

【図7】金属化及び金属層のパターニングの後の図1～4の装置の一部を示す背面図である。

【図8】この発明の実施例に従って形成された装置の一部の等価回路を示す概略図である。

【図9】半導体装置の第2実施例を示す背面図である。

【図10】罫書き段階によって金属被膜が中断された後の図9に示された半導体装置の第2実施例を示す断面図である。

【符号の説明】

【0072】

12 半導体材料

30

13 p 型領域

15 n + + 型領域

16 電池境界

17 絶縁層

18 レーザ

19 ホール

22 ガラス基板

23 金属層

25 シリコン表面

28 金属層

40

31 開口部

32 開口部

33 長い罫書き

34 短い罫書き

35 セル

35 a , 35 b , 35 c , 35 d 細長光起電力要素

【国際公開パンフレット】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization  
International Bureau



(43) International Publication Date  
6 March 2003 (06.03.2003)

PCT

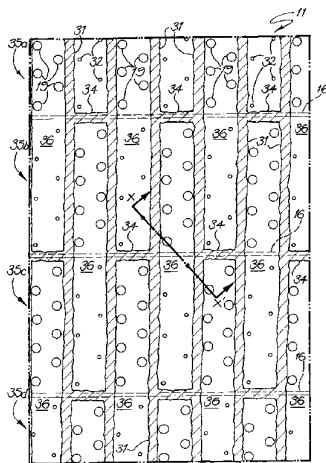
(10) International Publication Number  
WO 03/019674 A1

- (51) International Patent Classification: **H01L 31/05, 31/18** Alan [AU/AU]; 127 Tinnon Road, Caringbah, NSW 2229 (AU); YOUNG, Trevor, Lindsay [AU/AU]; 56 Bay Street, Botany, NSW 2019 (AU).
- (21) International Application Number: PCT/AU02/011143 (74) Agent: **F B RICE & CO**; 605 Darling Street, Balmain, NSW 2041 (AU).
- (22) International Filing Date: 23 August 2002 (23.08.2002)
- (25) Filing Language: English (81) Designated States (national): AI, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GI, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (26) Publication Language: English (84) Designated States (regional): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SI, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM),
- (30) Priority Data: PR 7197 23 August 2001 (23.08.2001) AU [Continued on next page]
- (71) Applicant (for all designated States except US): **PACIFIC SOLAR PTY LIMITED** [AU/AU]; 82-86 Bay Street, Botany, NSW 2019 (AU).
- (72) Inventors; and
- (75) Inventors/Applicants (for US only): **BASORE, Paul,**



WO 03/019674 A1

(54) Title: CHAIN LINK METAL INTERCONNECT STRUCTURE



(57) Abstract: An interconnect structure is provided by applying a conductive layer (typically one or more metal layers 23,28) over the entire surface of the module (11) to form all of the contacts (19,32) to all of the cells in the module and then scribing the conductive layer into a series of strips using a series of straight high speed laser scribes. The strips are then divided into individual links by scribing transversely to the first scribe direction with the laser turned on and off to cut each alternate strips. The p-type regions of the cells are contacted through holes (19), n-type regions are contacted through holes (32). A silicon film (12) is separated into cells (35a,b,c,d) by isolation grooves (16). In a first embodiment, every second transverse scribe is offset by one strip such that each strip is cut into links which overlap two links on either side that are offset by a distance equal to half the pitch of the links. The pitch of the links is equal to two cell widths and the transverse scribes are coincident with or close to interruptions in the underlying cell layout representing cell boundaries between adjacent cells of the module. In a second embodiment, conductive bridges extend across longitudinal interruptions separating the parallel extending strips. In this embodiment, the like type contact pads for the cells are aligned in rows extending transverse to the cell boundary with alternating rows of p type and n type contact pads.

---

**WO 03/019674 A1** 

European patent (AT, BL, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Published:**  
*with international search report*

*For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.*

WO 03/019674

PCT/AU02/01143

**Chain link metal interconnect structure****Introduction**

The present invention relates to the manufacture of photovoltaic devices and in particular, the invention provides new interconnection arrangement for series connected cells in a multi-cell array.

**Background of the Invention**

Generally, photovoltaic devices employed in electrical power generation are arranged as arrays of individual cells interconnected by conductive bands or layers (e.g. metal or Transparent Conductive Oxides etc) to produce a series parallel connected array.

Series connection of individual cells is employed to provide higher output voltages than can be achieved from a single cell, while parallel connection of cells boosts output current. The provision of both series and parallel connection of cells within a device, with relatively high levels of inter-connection between parallel paths, has the added effect of minimising degradation of the device performance due to temporary or permanent degradation of performance in an individual cell or group of cells. For example, dirt or bird droppings may reduce the current produced by cells in a small region of a device and will restrict the current flowing in all cells connected in series with those cells. However, parallel connections to other series connected cells will enable current to flow around the affected cells and minimise the effect on the total device.

It is also common practice, due to the relatively lower conductivity of semiconductor material in the body of a cell when compared to the contact material, to provide multiple contacts over a surface of individual cells to reduce series resistance in the device by reducing the distance that carriers in the semiconductor material are forced to flow laterally before reaching a contact.

Over any large area photovoltaic module, there will be shunts or short-circuits scattered about the module. Current drawn by these shunts is directly subtracted from current that could be delivered to the load. In thin film modules, the shunts typically occur at tiny bridges between metal contacts (for example due to a contaminant locally preventing the formation of a break in a metal contact layer), or due to pinholes in the insulating layers that are intended to separate the metal contact layers from the underlying semiconductor. The problem caused by shunts and localised reductions in device performance is

reduced with increased levels of serial and parallel connection of cells within the module, however this also implies an increase in complexity of the metallisation patterning.

The cost of manufacturing devices with complex contact patterns is a significant factor in the overall cost of device manufacture, and is increased with increased pattern complexity, due to the need for accurate alignment steps and in the case of laser patterning a significant reduction in speed over that possible with less complex patterns.

10 **Summary of the Invention**

According to a first aspect, the present invention consists in a photovoltaic device comprising a plurality of photovoltaic cells connected in series, the interconnection of cells being made via a plurality of isolated parallel connections of a point in a p-type region of each cell to a respective point in an n-type region of another cell of the array, the isolated parallel connections all being formed from a single layer of conductive material scribed to form a plurality of elongate strips, each strip being interrupted at regular intervals corresponding to cell boundaries, where the interruptions are located at or near every Nth cell boundary where N is greater than or, equal to 2 and the cell boundaries at which any one strip is interrupted are offset from the cell boundaries at which immediately adjacent strips are interrupted, such that the interruptions of every Nth strip are aligned, and each pair of cells to be connected by a particular strip are separated by N-2 cells that are not connected to the respective strip as it passes over them.

25 According to a second aspect, the present invention consists in a method of forming a structure of contacts over a surface of a photovoltaic device, wherein the photovoltaic device comprises at least two layered regions of semiconductor material of different dopant polarity forming a junction, and divided into a plurality of photovoltaic cells by interruptions in the semiconductor material which form cell boundaries, the contacts being located to interconnect the cells in a series connected array, the method comprising the steps of:

forming an insulating layer over a back surface of a semiconductor device;

35 forming a conductive contact layer over the insulating layer;

forming connections between the conductive layer and the p type and n type regions of the semiconductor material, either simultaneously with, or after the formation of the conductive layer;

5 scribing the conductive layer to produce a series of isolated conductive strips extending transversely with respect to the longitudinal direction of the cells and each conductive strip passing over pairs of cells to be connected and being connected to one contact region of each cell of each pair of cells to be connected by the respective strip, each conductive strip alternatively passing over first and second contact regions of the cells of each respective pair  
10 whereby each strip alternately makes electrical connection with the first semiconductor material layer or the second semiconductor material layer of each cell in each pair of cells which are to be interconnected by the conductive strip and each strip makes connection with semiconductor material of one dopant polarity only in each cell of the respective pair of cells; and

15 interrupting each strip at or adjacent to every Nth cell boundary, where N is an integer greater than or equal to 2, the cell boundaries at which any one strip is interrupted being offset from the cell boundaries at which immediately adjacent strips are interrupted, such that the interruptions of every Nth strip are aligned, and each pair of cells to be connected are separated by N-2 cells that  
20 are not connected to the respective strip as it passes over them.

In the preferred embodiment N equals 2 and there are no intervening cells separating the connected cells.

According to a third aspect, the present invention consists in a photovoltaic device comprising a plurality of parallel-extending, elongate,  
25 photovoltaic cells connected in series, the series connection of each cell with its adjacent cells being made via a plurality of isolated parallel connections of points in a p-type region of each cell to a respective plurality of points in an n-type region of an adjacent cell of the array, the isolated parallel connections all being formed from a single layer of conductive material scribed to form a  
30 plurality of elongate strips extending transversely relative to cell boundaries which separate the parallel extending cells, each strip being interrupted at or adjacent every second cell boundary and adjacent strips being interrupted at alternate cell boundaries.

According to a fourth aspect, the present invention consists in a  
35 photovoltaic device comprising a plurality of parallel extending elongate photovoltaic cells, wherein a plurality of first conductive contacts connect a p-

WO 03/019674

PCT/AU02/01143

4

type region of each cell to an n-type region of a cell adjacent one side of the respective cell and a plurality of second conductive contacts connect an n-type region of each cell to a p-type region of a cell adjacent a side opposite said one side of the respective cell, the first and second conductive contacts all being  
5 formed from a single layer of conductive material scribed to form a plurality of elongate strips extending transversely relative to cell boundaries which separate the parallel extending cells, each strip being interrupted at or adjacent every second cell boundary and adjacent strips being interrupted at alternate cell boundaries.

10 According to a fifth aspect, the present invention consists in a method of forming a structure of contacts over a surface of a photovoltaic device, wherein the photovoltaic device comprises at least two layered regions of semiconductor material of different dopant polarity forming a junction, and divided into a plurality of parallel-extending, elongate, photovoltaic cells by  
15 parallel interruptions which form cell boundaries in the semiconductor material, the contacts being located to interconnect the cells in a series connected array, the method comprising the steps of:

forming an insulating layer over a back surface of a semiconductor device;

20 forming a conductive contact layer over the insulating layer;

forming connections between the conductive layer and the p type and n type regions of the semiconductor material, either simultaneously with, or after the formation of the conductive layer;

scribing the conducting layer to produce a series of isolated conductive  
25 strips each passing over one contact region of each cell of a series of cells, each conductive strip alternatively passing over first and second contact regions of the cells of the respective series whereby the respective strips alternately make electrical connection with the first semiconductor material layer or the second semiconductor material layer of each cell and each strip  
30 makes connection with semiconductor material of one dopant polarity only in each cell of the respective series of cells; and

interrupting each strip at or adjacent to every second cell boundary with adjacent strips interrupted at alternate cell boundaries.

According to a sixth aspect, the present invention consists in a method of  
35 forming a structure of contacts over a surface of a photovoltaic device, wherein the photovoltaic device comprises at least two layered regions of

WO 03/019674

PCT/AU02/01143

5

semiconductor material of different dopant polarity forming a junction, and divided into a plurality of parallel-extending, elongate, photovoltaic cells by parallel interruptions which form cell boundaries in the semiconductor material, the contacts being located to interconnect the cells in a series connected array,

5 the method comprising the steps of:

- forming an insulating layer over a back surface of a semiconductor device;
- forming first openings through the insulating layer to expose an active surface of a first overlying layer of semiconductor material of a first dopant polarity, in a first contact region of each cell;
- 10 forming a first conducting contact layer over the insulating layer and extending into the first openings to form electrical connections with the back surface of the first overlying layer of semiconductor material;
- forming second openings through the first conductive contact layer and the insulating layer where connections are to be made to an underlying second layer of semiconductor material of a second dopant polarity in at least one location in a second contact region of each cell;
- 15 creating a conduction path to the underlying second layer of semiconductor material of a second dopant polarity under each of the second openings, the conduction path extending between the underlying second layer of semiconductor material and the back surface under the insulating layer at the respective second opening;
- forming a second conductive contact layer over the first conductive layer, the second conductive layer extending into the second openings and forming
- 25 electrical connection with the second layer of semiconductor material through the second openings;
- scribing the conducting layer to produce a series of isolated conductive strips each passing over one contact region of each cell of a series of cells, each conductive strip alternatively passing over first and second contact
- 30 regions of the cells of the respective series whereby the respective strips alternately make electrical connection with the bridging region or the second semiconductor material layer of each cell and each strip makes connection with semiconductor material of one dopant polarity only in each cell of the respective series of cells; and
- 35 interrupting each strip at or adjacent to every second cell boundary with adjacent strips interrupted at alternate cell boundaries.

Preferably the second openings extend to the underlying second layer of semiconductor material. The conduction path to the underlying second layer of semiconductor material may be formed by altering the characteristics of the material around and beneath the second openings or as a result of the process of forming a conductive contact layer extending into the second opening, or a combination of the two.

In the preferred embodiment, the photovoltaic device is a polycrystalline thin film silicon solar cell comprising a textured glass substrate over which is formed an anti-reflection coating and a film of silicon having at least two oppositely doped regions forming a junction in a plane parallel to the surface of the film.

The insulating layer formed over the silicon film may be a single layer but is preferably a plurality of layers including a thin passivation layer and a thicker layer of a different dielectric material. Preferably, the passivation layer will be a layer of silicon nitride or silicon oxide of between 50 and 200nm and preferably about 100nm. The thicker dielectric layer is preferably a layer of organic resin such as novolac with a thickness of between 2-5 $\mu$ m and preferably about 3-4 $\mu$ m.

The conductive layer which forms the contacts, may be a single layer of metal such as aluminium or may be formed as a plurality of layers including a thin layer of nickel, silver or copper with a thickness in the range of 5-20nm and preferably about 10nm and an aluminium layer over the copper, silver or nickel with a thickness in the range of 50-150nm and preferably about 90-110nm. Other possible contact materials include heavily doped semiconductor material and conducting polymers.

For thin film embodiments having dimensions as set out above, the holes formed in the insulating layer through which the p type contacts are made, will have diameters in the range of 50-500 $\mu$ m and preferably about 140-160 $\mu$ m. The holes for the n type contacts will have diameters in the range of 25-100 $\mu$ m and preferably about 35-45 $\mu$ m. The contact holes will preferably be circular and in the case of the n type holes, will be spaced apart to prevent isolation of parts of the cell area. However, elongate holes may also be used in some embodiments. The holes may be formed by laser, in which case the shape is dependent on the shape of the laser beam used to form the holes.

Scribing of the metal is preferably performed by laser and is performed at a rate that allows overlapping laser pulses to completely remove the metal

layer while not significantly removing underlying insulating material. For high powered lasers this may require defocusing of the laser and will result in wider scribes. Embodiments of the present invention have been found to be effective with scribe widths of 100-200µm and preferably about 140-160µm.

5 It will be recognised that the dimensions given are suitable for cells of the type described in the preferred embodiment. For other cell types, or thin film cells having significantly different film thickness, the dimensions of the insulating and metal layers and the widths of the contact holes and laser scribes will change to suit the circumstances of the particular environment.

10 In a seventh aspect, the invention consists in a photovoltaic device comprising a plurality of parallel extending, elongate photovoltaic cells connected in series, the interconnection of cells being made via a plurality of isolated connections of a point in a p-type region of each cell to a respective point in an n-type region of another cell of the array, the isolated connections all  
15 being formed from a single layer of conductive material scribed to form a plurality of elongate strips extending transversely relative to cell boundaries, the scribes defining interruptions which separate the parallel extending strips, each strip also being interrupted at regular intervals corresponding to or adjacent to cell boundaries wherein conductive contacts extend across the interruptions  
20 separating the parallel extending strips, to define the isolated connections.

The strips may be aligned in rows defining like contacts wherein the rows alternately define p type and n type contacts.

The strips defining p type contacts may be of a different width as measured in the direction of the cell boundaries to those strips defining n type  
25 contacts.

In one variant, the isolated connections are formed by periodically switching off the laser during a horizontal scribe.

Alternatively, the isolated connections are formed by defining an elongate through opening in the insulating layer which extends across a line  
30 where a horizontal scribe is to be defined which is subsequently coated or part-filled with the layer of conductive material during a process of making the device which conductive material remains un-ablated during the passage of the scribing laser over the through opening due to conduction of the heat generated by the laser to the underlying silicon.

35 The elongate hole may comprise a series of overlapping, generally circular, holes.

WO 03/019674

PCT/AU02/01143

8

In an eighth aspect, the invention consists in a method of forming a structure of contacts over a surface of a photovoltaic device, wherein the photovoltaic device comprises at least two layered regions of semiconductor material of different dopant polarity forming a junction, and divided into a plurality of photovoltaic cells by interruptions in the semiconductor material which form cell boundaries, the contacts being located to interconnect the cells in a series connected array, the method comprising the steps of:

- forming an insulating layer over a back surface of a semiconductor device;
- 10 forming a conductive contact layer over the insulating layer;
- forming connections between the conductive layer and the p type and n type regions of the semiconductor material, either simultaneously with, or after the formation of the conductive layer;
- scribing the conductive layer to produce a series of conductive strips
- 15 extending transversely with respect to the longitudinal direction of the cells;
- wherein the scribing process is arranged to leave a conductive bridge extending across the transverse scribe connecting a point in a p type region of one cell to a point in an n type region of another cell.

The step of scribing the conductive layer may be carried out by a laser

- 20 ablating areas of the single layer of conductive material.

The isolated connections may be formed by periodically switching off the laser during a scribe to leave an un-ablated conductive area.

In a ninth aspect, the invention consists in a method of forming a structure of contacts over a surface of a photovoltaic device, wherein the photovoltaic device comprises at least two layered regions of semiconductor material of different dopant polarity forming a junction, and divided into a plurality of parallel-extending, elongate, photovoltaic cells by parallel interruptions which form cell boundaries in the semiconductor material, the contacts being located to interconnect the cells in a series connected array, the

- 30 method comprising the steps of:
- forming an insulating layer over a back surface of a semiconductor device;
- forming a conductive contact layer over the insulating layer;
- forming connections between the conductive layer and the p type and n
- 35 type regions of the semiconductor material, either simultaneously with, or after the formation of the conductive layer;

WO 03/019674

PCT/AU02/01143

9

scribing the conducting layer to produce a series of conductive strips each passing over one contact region of each cell of a series of cells each conductive strip being connected by a bridge extending across an interruption whereby each strip makes connection with semiconductor material of one  
5 dopant polarity only in each cell of the respective series of cells; and interrupting each strip at or adjacent to every cell boundary.

Typically, the step of scribing the conducting layers is carried out using a laser ablating areas of the single layer of conductive material.

In one version, the bridges are formed by periodically switching off the  
10 laser during a horizontal scribe.

Alternatively, the isolated connections are formed by defining an elongate through opening in the insulating layer which extends across a line where a horizontal scribe is to be defined and which is subsequently coated or part-filled with the layer of conductive material, which conductive material  
15 remains un-ablated during the passage of the scribing laser over the through opening due to conduction of the heat generated by the laser to the underlying silicon.

The step of forming the elongate hole may include forming a series of overlapping generally circular holes.

20 Any discussion of documents, acts, materials, devices, articles or the like which has been included in the present specification is solely for the purpose of providing a context for the present invention. It is not to be taken as an admission that any or all of these matters form part of the prior art base or were common general knowledge in the field relevant to the present invention as it  
25 existed in Australia before the priority date of each claim of this application.

Throughout this specification the word "comprise", or variations such as "comprises" or "comprising", will be understood to imply the inclusion of a stated element, integer or step, or group of elements, integers or steps, but not the exclusion of any other element, integer or step, or group of elements,  
30 integers or steps.

#### **Brief Description of the Drawings**

Embodiments of the invention will now be described by way of example with reference to the accompanying drawings in which:

WO 03/019674

PCT/AU02/01143

10

Figure 1 is a sectional view through a semiconductor device after a first step of a first embodiment, the method of the present invention has been applied;

5 Figure 2 is a sectional view through a semiconductor device after a first opening step of the invention has been applied according to the first embodiment;

Figure 3 is a sectional view through a semiconductor device after a first metallisation step of the invention has been applied according to the first embodiment;

10 Figure 4 is a sectional view through a semiconductor device after a second opening step of the invention has been applied according to the first embodiment;

Figure 5 is a sectional view through a semiconductor device after a second metallisation step of the invention has been applied according to the first embodiment;

15 Figure 6 is a sectional view through a semiconductor device after the metallisation formed in accordance with the first embodiment has been interrupted to separate the contacts to the p & n type regions;

20 Figure 7 is a back view of part of the device of figures 1 to 4 after metallisation and patterning of the metal layer;

Figure 8 is a schematic diagram of an equivalent circuit of a part of a device made in accordance with an embodiment of the present invention;

Figure 9 is a back view of a second embodiment of a semiconductor device; and

25 Figure 10 is a sectional view through the second embodiment of the semiconductor device as shown in Figure 9 after the metallisation has been interrupted by the scribing process.

#### **Detailed Description of Embodiments of the Invention**

30 A detailed description of one embodiment of the invention will now be provided in the context of a particular large area thin film silicon photovoltaic device, however the invention generally provides a distributed (as opposed to consolidated) connection between cells which is relatively low-cost and is applicable to a variety of cell and contact technologies.

35 As previously stated, over the extent of a large area photovoltaic module, there will generally be a number of shunts or short-circuits scattered about the

module, which draw current that could otherwise be delivered to the load. The effects of shunts and localised reductions in device performance on overall module performance are generally reduced with increased levels of serial and parallel connection of cells within the module, however this also implies an increase in complexity of the metallisation patterning.

Typically an intricate interconnect structure is expensive to create. However the interconnect structure described below has the added advantage that it can be created using a small number of steps and at relatively high speed thereby keeping the expense down compared to other designs and technologies.

The interconnect structure is produced by applying a conductive layer (typically one or more metal layers), over the entire surface of the module to form all of the contacts to all of the cells in the module and then scribing the conductive layer into a series of strips using a series of straight high speed laser scribes. The strips are then divided into individual links by scribing transversely to the first scribe direction with the laser turned on and off to cut each alternate strip, with every second transverse scribe offset by one strip such that each strip is cut into links which overlap two links on either side that are offset by half the pitch of the links. The pitch of the links is equal to two cell widths and the transverse scribes are coincident with or close to interruptions in the underlying cell layout representing cell boundaries between adjacent cells of the module. This contact structure and the method of its manufacturing will now be described in the context of a particular large area thin film silicon photovoltaic device however the process can be modified, for example by changing the number of offsets employed and the number of other cells to which each cell is connected. It is also not essential for the cells to extend the width of a module as is the case in the described example and so the invention may be applicable to a variety of module and cell structures and layouts.

In the case of the cell structure described below, parallel connection is provided by constructing long cells such that they approximate a plurality of parallel connected cells, however because the parallel connection is through the semiconductor rather than through metal, series resistance will prevent localised short circuits from bypassing the whole cell. Therefore by providing a plurality of series connections between each pair of adjacent cells this advantage of the long cell may be exploited, such that localised faults are self isolating and self bypassing.

Referring to the drawings, Figure 1 illustrates a part of a semiconductor device structure 11, which is a precursor to a device fabrication process into which the method of the present invention has been integrated. In Figure 1 a first step of the fabrication process has been applied. The semiconductor device is a photovoltaic module comprising a thin polycrystalline silicon film 12 formed on a glass substrate 22 covered with a thin anti-reflection coating and having an upper p-type region 13, a lower n<sup>++</sup> type region 15 and an intrinsic or lightly doped region 14 separating the p and n-type regions. The silicon film 12 is separated into cells by scribed isolation grooves 16. The glass surface is preferably textured to promote light trapping, but this is not shown in the figures for sake of clarity. Typically, the surface texturing of the glass will have dimensions up to 0.2 to 0.7µm and the anti-reflection coating will be a silicon nitride coating of in the order of 70nm. The silicon film will typically be in the range of 0.5 to 10µm thick and preferably between 1 and 3µm, with the p and n type doped regions each having a heavily doped region extending for a depth of about 0.1µm. Texturing of the glass surface may be achieved by applying a coating of texturing material or by directly texturing the glass e.g. by etching.

The first step of the device fabrication method is the formation of an insulating layer 17 over the thin silicon film 12. Preferably, the insulating layer is a two layer film composed of a thin (50-200nm and preferably about 100nm) layer of silicon nitride or silicon oxide plus an organic resin known as novolac, which is formed to a thickness in the order of 2 - 5µm and typically 3 - 4µm.

A first set of holes 19 (ref Figure 2) is then formed in the insulating layer 17 by heating the regions to be opened with a laser 18. The laser locally heats the underlying silicon which causes the novolac to erupt leaving a hole 19 exposing the silicon beneath. Heat treatment can be used subsequently to smooth the edge of the insulating layer surrounding the hole if necessary. After heat treatment of the novolac, the silicon nitride or silicon oxide exposed by the removal of the novolac is removed by a chemical etch to expose the surface of the semiconductor material beneath. This set of holes is provided to allow contact to the back surface of the semiconductor material 12 to thereby enable a connection to be made to the p type region 13 of the device and therefore the holes are opened with minimal heating of the semiconductor material in order to minimise the amount of disruption of the p and n type semiconductor material in the vicinity of the holes. This is achieved by defocusing the laser beam and results in larger openings in the insulating layer *than would occur*

*with a more tightly focussed laser.* The shape and dimension of the holes are determined by the cross sectional shape of the laser beam, but will typically be approximately circular non-overlapping and having a diameter in the range of 50-500 $\mu\text{m}$  and preferably about 150 $\mu\text{m}$ .

5 Turning to Figure 3, a thin metal layer 23 is then deposited over the insulating layer 17 and extends into the holes 19 to contact with the p-type region 13. The thin metal layer 23 is preferably of nickel or copper and is typically in the order of 10nm, serving both as the contact to the p-type region 13 and as a back reflector. Copper is a superior optical reflector to nickel and each of the metals make reliable contacts with p-type silicon. However, nickel  
10 does not adhere to novolac as strongly as does copper, a fact which assists in subsequent formation of metal isolation grooves.

When nickel is used, the thickness can be decreased to less than 10nm so that the layer becomes nearly transparent to light, in which case it does not  
15 interfere with optical reflection from subsequent layers.

A second thin layer of silver can be added to increase the optical reflectance; however, silver cannot be used alone as it makes poor electrical contact to silicon.

A laser 24 (ref. Figure 3) is employed to open holes through the thin  
20 metal layer 23, insulating layer 17, and semiconductor layers 13, 14, 15 to form an opening 32, as is illustrated in Figure 4, extending through the silicon film 12 to the glass substrate 22.

When the opening 32 is formed, the very thin metal layer 23 in the vicinity of the opening is caused to evaporate from the area surrounding the  
25 opening 32 and the remaining molten metal shrinks back to form a thickened portion 27 such that the opening in the metal layer 23 is 2-3 times the diameter of the openings in the silicon.

The openings 32 are again either elongate grooves or spaced holes so that lateral continuity is maintained in the semiconductor layer. As for the first  
30 set of holes 19, the shape and dimension of the holes 32 are determined by the cross sectional shape of the laser beam, which in the case of the second set of holes 32 is more tightly focussed than in the case of the first set of holes 19, and will typically be approximately circular non-overlapping and having a diameter in the range of 25-100 $\mu\text{m}$  and preferably about 40  $\mu\text{m}$ .

As also illustrated in Figure 4, the silicon surfaces 25 exposed by the opening 32, are doped with n-type dopant, which isolates the opening 32 from the p-type region 13 and provides a surface for formation of the n-type contact.

Referring to Figure 5, the n-type contact is formed by a second thin metal layer 28 formed over the first thin metal layer 23, the second metal layer 28 extending into the opening 32 and contacting the surfaces 25 of the opening 32. Preferably the conductive layer 28 will be a layer of metal such as aluminium, however the conductive layer might also include related alloys, a layer of heavily doped semiconductor material, a layer of conductive plastics material or other suitable conductor. When contacts are formed of aluminium over a previously formed first metal layer of nickel, the nickel and aluminium layers are preferably in the order of 10nm and 100nm respectively. The metal layers are preferably applied by sputtering.

The final step in the process is the isolation of the n-type and p-type contacts which is achieved by using a laser 29 to melt and/or evaporate the metal layers 23 and 28 to thereby form an isolation groove 31 as seen in Figure 6.

A portion of the completed structure is illustrated in Figure 6 which shows the connection of an n-type contact of one cell to the p-type contact of an adjacent cell to provide a series connections of cells. The section shown in Figure 6 approximates the section that would be seen through section line X-X' shown in Figure 7.

When the laser is pulsed on, a small amount of metal is ablated directly under the beam and surface tension in the surface of molten metal surrounding the ablated region pulls the metal back from the hole causing a slight thickening of the metal around the hole, and creates an opening 31 (ref figure 6). The opening 31, as seen in elevation in Figure 6, represents one point in a scribe illustrated in plan view in Figure 7, which is significantly larger in diameter than the original ablated region. Because the adhesion of the nickel layer 23 to the underlying dielectric which is in this case, an organic resin known as novolac, is not as great as is the case for aluminium, the combined aluminium and nickel layer 23, 28 peels back more readily than would be the case if aluminium alone were used. By pulsing the laser on centres spaced at a regular pitch less than the beam diameter, a series of joined holes, surrounded by a pair of metal mounds, are formed to provide a continuous gap separating two regions of the metal film that are to be electrically isolated from one another (see Figure 7).

Typically, the isolation scribes will be from 100-200 $\mu$ m wide and preferably about 150 $\mu$ m wide. The scribes are typically spaced on centres of 0.2-2.0mm and preferably about 1mm to form conducting strips about 0.2-1.9mm and preferably about 0.85mm wide.

5 Referring to Figure 7, the isolation scribe comprises a first set of long scribes 31 transverse to the cells 35 and having dimensions as described above, and a second set of short scribes 34 between the long scribes 31 over cell boundaries 16 to separate the strips formed by the long scribes 33 into shorter links 36. The shorter scribes 34 have a similar width to the long scribes 10 33 but are separated by two cell widths to allow cell interconnection.

Figure 7 illustrates a rear view of a part of a device incorporating a contact structure according to an embodiment of the invention, from which it will be seen that each of the cells of the device 11 comprises an elongate photovoltaic element 35a, 35b, 35c, 35d divided across its long axis by a plurality of transverse scribes 33 which isolate alternate sets of holes 19 and holes 32 respectively providing contacts to the p-type and n-type regions of the cell. The transverse scribes 31 are made as long substantially straight scribes extending over the length of the device such that each scribe crosses each elongate cell. By using long continuous scribes in this manner, the scribes may 20 be made at the maximum translation rate of the laser table that will allow overlapping laser shots (assuming that the laser can fully remove the metal under the beam in one shot). This method of operation of the laser is much faster than when trying to scribe patterns with corners where the laser has to be stopped and started at precise locations.

25 Following the formation of the first set of scribes 31, a further set of cell isolation scribes 34 are formed over the cell separation scribes 16 between adjacent cells 11, to isolate every second pair of cells. The cell isolation scribes 34 extending to either side of any one of the elongate transverse scribes 31 are offset by one cell with respect to those on the other side of the same transverse scribe 31 such that the cells become series connected by a 30 matrix of connection links 36 with alternating offsets, connecting one set of p-type contacts 19 of one cell 35 to a set of n-type contacts 32 of an adjacent cell 35, as shown in Figure 7.

An equivalent circuit for a part of the device of Figure 7 is illustrated in 35 Figure 8, from which it will be seen that the links 36 provide a plurality of connections between the anode of one elongate cell 35 (represented as a

plurality of parallel connected diodes) and the cathode of an adjacent cell. The lateral resistance of the cells is indicated by a plurality of resistors 37 which limit lateral current in the cell between the series links 36 and cause the effect of a shunt to be contained to the region immediately surrounding the shunt. This configuration allows higher voltages to be achieved by way of series connection while allowing current to flow around bad or shaded areas of the device.

Figure 9 illustrates a rear view of a part of a device incorporating a contact structure according to a second embodiment of the invention which is a variation on the contact structure of the first embodiment and made by a process which is a variant of that described above. In this second embodiment as can be seen in the figure, the like type contacts in adjacent cells are aligned in the transverse direction. Thus as shown in Figure 9, there is a transverse strip 60 of generally rectangular metal pads 62 defining p type contacts, above which is a further strip 64 of metal pads 66 defining n type contacts 32 above which is a further strip of metal pads 62 defining p type contacts, and so on.

In the second embodiment, the manufacturing process is largely similar to that of the first embodiment except for the arrangement of contacts for the cells on the device as discussed above, and the method of formation of connections between cells.

As with the first embodiment, the isolation scribe comprises a first set of long scribes 31 transverse to the cells 35 from 100-200 $\mu$ m wide, preferably about 150 $\mu$ m wide.

A second set of short (isolation) scribes 44 extend between the long scribes near the cell boundaries 16. In contrast with the first embodiment, every horizontal strip 60, 64 is mechanically interrupted by a vertical scribe 44 at or adjacent every cell boundary 16. The scribed areas are illustrated with cross-hatching.

Referring again to Figure 9, it can be seen that the scribes 44 are staggered with every second cell isolation scribe 44a aligned with a cell boundary 16 and the other cell isolation scribes 44b spaced to one side of the cell boundary by a distance of 100-500 $\mu$ m and preferably about 250 $\mu$ m.

Metal bridges 46 connect the p type metal contact pads 19 of one cell to the n type metal contact pads 32 of an adjacent cell. The bridges 46 are formed by a similar process that is used to make the p type contacts 19 as described with reference to Figure 2. In particular a line of overlapping holes is

WO 03/019674

PCT/AU02/01143

17

formed in the insulating layer using the laser 18 to locally heat the underlying silicon which causes the novolac to erupt leaving a hole 19 exposing the silicon beneath. The line of holes is intentionally positioned to span the line of the transverse scribes 31. The line is subsequently coated/part-filled with the metal layers 23 and 28 during the later stages of the manufacturing process in the same way that the p type contacts are coated. When the laser which forms the horizontal scribe 31 passes over the line of holes, it is unable to remove the metal therefrom since the metal is in direct contact with silicon 13, which acts as a relatively good heat sink and, in contrast with the novolac which is a relative thermal insulator, compared to the silicon, conducts the heat of the laser away preventing the bridge from ablating.

A portion of the completed structure is illustrated in Figure 10 which shows the connection of an n-type contact of one cell to the p-type contact of an adjacent cell to provide a series connections of cells. The section shown in Figure 10 approximates the section that would be seen through section line 'XX-XX' shown in Figure 9

Instead of providing a metal bridge connecting the p type metal contact pad of one cell to the n type contact pad of the adjacent cell as described above, the bridges 46 could simply be provided by periodically turning the laser off during the horizontal scribe leaving a residual part of the metal layers 23 and 28 defining the bridge.

It will be appreciated that using this embodiment since the n type metal pads and the p type metal pads are aligned, it is possible to make the n type metal pads and the p type metal pads of different widths to one another. The series resistance can be reduced by optimising the width separately.

It will be appreciated by persons skilled in the art that numerous variations and/or modifications may be made to the invention as shown in the specific embodiments without departing from the spirit or scope of the invention as broadly described. The present embodiments are, therefore, to be considered in all respects as illustrative and not restrictive.

## CLAIMS:

1. A photovoltaic device comprising a plurality of photovoltaic cells connected in series, the interconnection of cells being made via a plurality of isolated parallel connections of a point in a p-type region of each cell to a  
5 respective point in an n-type region of another cell of the array, the isolated parallel connections all being formed from a single layer of conductive material scribed to form a plurality of elongate strips, each strip being interrupted at regular intervals corresponding to cell boundaries, where the interruptions are  
10 located at or near every Nth cell boundary where N is greater than or, equal to 2 and the cell boundaries at which any one strip is interrupted are offset from the cell boundaries at which immediately adjacent strips are interrupted, such that the interruptions of every Nth strip are aligned, and each pair of cells to be  
15 connected by a particular strip are separated by N-2 intervening cells that are not connected to the respective strip where it passes over them.
2. The device of claim 1, wherein N equals 2 and there are no intervening cells separating the connected cells.
3. A photovoltaic device comprising a plurality of parallel-extending, elongate, photovoltaic cells connected in series, the series connection of each  
20 cell with its adjacent cells being made via a plurality of isolated parallel connections of points in a p-type region of each cell to a respective plurality of points in an n-type region of an adjacent cell of the array, the isolated parallel connections all being formed from a single layer of conductive material scribed to form a plurality of elongate strips extending transversely relative to cell  
25 boundaries which separate the parallel extending cells, each strip being interrupted at or adjacent every second cell boundary and adjacent strips being interrupted at alternate cell boundaries.
4. A photovoltaic device comprising a plurality of parallel extending elongate photovoltaic cells, wherein a plurality of first conductive contacts connect a p-type region of each cell to an n-type region of a cell adjacent one  
30 side of the respective cell and a plurality of second conductive contacts connect an n-type region of each cell to a p-type region of a cell adjacent a side opposite said one side of the respective cell, the first and second conductive contacts all being formed from a single layer of conductive material scribed to form a plurality of elongate strips extending transversely relative to cell  
35 boundaries which separate the parallel extending cells, each strip being

WO 03/019674

PCT/AU02/01143

19

interrupted at or adjacent every second cell boundary and adjacent strips being interrupted at alternate cell boundaries.

- 5 5. The device of claim 1, 2, 3 or 4, wherein one of the p-type and n-type semiconductor regions underlies the other and the conduction path to the underlying semiconductor material region is formed by altering the characteristics of the semiconductor material of the other region in the vicinity of the connection point.
- 10 6. The device of claim 1, 2, 3 or 4, wherein the conduction path to the underlying semiconductor material region is formed as a result of the process of forming the layer of conductive material.
- 15 7. The device of claim 1, 2, 3, 4 or 5, wherein the conduction path to the underlying second layer of semiconductor material is formed as a result of a process of altering the characteristics of the semiconductor material of the outer region in the vicinity of the connection point in conjunction with the formation of the layer of conductive material.
- 20 8. The device as claimed in any one of claims 1 to 7, wherein the photovoltaic device is a polycrystalline thin film silicon solar cell comprising a textured glass substrate over which is formed an anti-reflection coating and a film of silicon having at least two oppositely doped regions forming a junction in a plane parallel to the surface of the film.
- 25 9. The device of claim 8, wherein an insulating layer is located over the silicon film comprising a single layer of insulating material.
10. The device of claim 8, wherein an insulating layer is located over the silicon film comprising a plurality of layers including a thin passivation layer and a thicker layer of a different dielectric material.
- 30 11. The device of claim 10, wherein the passivation layer comprises a layer of silicon nitride or silicon oxide.
12. The device of claim 11, wherein the passivation layer is in the range of 50 to 200nm thick.
- 35 13. The device of claim 11 or 12, wherein the passivation layer is in the range of 90-110nm thick.
14. The device of claim 11, 12 or 13, wherein the thicker dielectric layer is a layer of organic resin.
15. The device of claim 14, wherein the thicker dielectric layer is a layer of novolac resin.

WO 03/019674

PCT/AU02/01143

20

16. The device of claim 14 or 15, wherein the thicker dielectric layer has a thickness of 2-5 $\mu$ m.
17. The device of claim 14 or 15, wherein the thicker dielectric layer has a thickness of 3-4 $\mu$ m.
- 5 18. The device as claimed in any one of claims 1 to 17, wherein the connection points are formed through openings in the insulating layer through which the contacts are made.
19. The device of claim 18, wherein the openings in the insulating layer through which the p type contacts are made, have diameters in the range of 50-500 $\mu$ m.
- 10 20. The device of claim 18, wherein the openings in the insulating layer through which the p-type contacts are made, have diameters in the range of 140-160 $\mu$ m.
21. The device of claim 18, 19 or 20, wherein the openings in the insulating layer through which the n-type contacts are made, have diameters in the range of 25-100 $\mu$ m.
- 15 22. The device of claim 18, 19 or 20, wherein the openings in the insulating layer through which the n-type contacts are made have diameters in the range of 35-45 $\mu$ m.
- 20 23. The device as claimed in any one of claims 9 to 22, wherein openings are substantially circular.
24. The device as claimed in any one of claims 9 to 22, wherein, the openings are elongate in shape.
25. The device of claim 23 or 24, wherein the n-type holes are spaced apart to prevent isolation of parts of the cell area.
- 25 26. The device as claimed in any one of claims 1 to 27, wherein scribing of the conducting layer has a scribe width in the range of 100-200 $\mu$ m.
27. The device of claim 26, wherein the scribe width is in the range of 140-160 $\mu$ m.
- 30 28. The device as claimed in any one of claims 1 to 27, wherein the conductive layer which forms the contacts comprises a single layer of metal.
29. The device of claim 28, wherein the conductive layer comprises aluminium.
- 35 30. The device as claimed in any one of claims 1 to 27, wherein the conductive layer comprises a plurality of layers of different metals.

WO 03/019674

PCT/AU02/01143

21

31. The device of claim 30, wherein the conductive layer comprises a thin metal layer of nickel, silver or copper.
32. The device of claim 31, wherein the thin metal layer has a thickness in the range of 5-20nm.
- 5 33. The device of claim 31, wherein the thin metal layer has a thickness of 9-11nm.
34. The device of claim 31, 32 or 33, wherein the conductive layer comprises an aluminium layer formed over the thin metal layer.
35. The device of claim 29 or 34, wherein the aluminium layer has a
- 10 thickness in the range of 50-150nm
36. The device of claim 29 or 34, wherein the aluminium layer has a thickness of 90-110nm.
37. The device as claimed in any one of claims 1 to 27, wherein the conductive layer comprises a layer of heavily doped semiconductor material.
- 15 38. The device as claimed in any one of claims 1 to 27, wherein the conductive layer comprises a layer of conducting polymer.
39. A method of forming a structure of contacts over a surface of a photovoltaic device, wherein the photovoltaic device comprises at least two layered regions of semiconductor material of different dopant polarity forming a
- 20 junction, and divided into a plurality of photovoltaic cells by interruptions in the semiconductor material which form cell boundaries, the contacts being located to interconnect the cells in a series connected array, the method comprising the steps of:
- forming an insulating layer over a back surface of a semiconductor
- 25 device;
- forming a conductive contact layer over the insulating layer;
- forming connections between the conductive layer and the p type and n type regions of the semiconductor material, either simultaneously with, or after the formation of the conductive layer;
- 30 scribing the conductive layer to produce a series of isolated conductive strips extending transversely with respect to the longitudinal direction of the cells and each conductive strip passing over pairs of cells to be connected and being connected to one contact region of each cell of each pair of cells to be
- 35 connected by the respective strip, each conductive strip alternatively passing over first and second contact regions of the cells of each respective pair whereby each strip alternately makes electrical connection with the first

WO 03/019674

PCT/AU02/01143

22

semiconductor material layer or the second semiconductor material layer of each cell in each pair of cells which are to be interconnected by the conductive strip and each strip makes connection with semiconductor material of one dopant polarity only in each cell of the respective pair of cells; and

5 interrupting each strip at or adjacent to every Nth cell boundary, where N is an integer greater than or equal to 2, the cell boundaries at which any one strip is interrupted being offset from the cell boundaries at which immediately adjacent strips are interrupted, such that the interruptions of every Nth strip are aligned, and each pair of cells to be connected are separated by N-2 cells that  
10 are not connected to the respective strip as it passes over them.

40. The method of claim 39, wherein N equals 2 and there are no intervening cells separating the connected cells.

41. A method of forming a structure of contacts over a surface of a photovoltaic device, wherein the photovoltaic device comprises at least two  
15 layered regions of semiconductor material of different dopant polarity forming a junction, and divided into a plurality of parallel-extending, elongate, photovoltaic cells by parallel interruptions which form cell boundaries in the semiconductor material, the contacts being located to interconnect the cells in a series connected array, the method comprising the steps of:

20 forming an insulating layer over a back surface of a semiconductor device;

forming a conductive contact layer over the insulating layer;

forming connections between the conductive layer and the p type and n type regions of the semiconductor material, either simultaneously with, or after  
25 the formation of the conductive layer;

30 scribing the conducting layer to produce a series of isolated conductive strips each passing over one contact region of each cell of a series of cells, each conductive strip alternatively passing over first and second contact regions of the cells of the respective series whereby the respective strips alternately make electrical connection with the first semiconductor material layer or the second semiconductor material layer of each cell and each strip makes connection with semiconductor material of one dopant polarity only in  
each cell of the respective series of cells; and

interrupting each strip at or adjacent to every second cell boundary with  
35 adjacent strips interrupted at alternate cell boundaries.

42. The method of claim 39, 40 or 41, wherein openings are formed in the insulating layer and the connections between the conductive layer and the respective p-type and n-type regions are formed through the openings in the insulating layer.

5 43. A method of forming a structure of contacts over a surface of a photovoltaic device, wherein the photovoltaic device comprises at least two layered regions of semiconductor material of different dopant polarity forming a junction, and divided into a plurality of parallel-extending, elongate, photovoltaic cells by parallel interruptions which form cell boundaries in the semiconductor material, the contacts being located to interconnect the cells in a series  
10 connected array, the method comprising the steps of:

forming an insulating layer over a back surface of a semiconductor device;

forming first openings through the insulating layer to expose an active  
15 surface of a first overlying layer of semiconductor material of a first dopant polarity, in a first contact region of each cell;

forming a first conducting contact layer over the insulating layer and extending into the first openings to form electrical connections with the back surface of the first overlying layer of semiconductor material;

20 forming second openings through the first conductive contact layer and the insulating layer where connections are to be made to an underlying second layer of semiconductor material of a second dopant polarity in at least one location in a second contact region of each cell;

creating a conduction path to the underlying second layer of  
25 semiconductor material of a second dopant polarity under each of the second openings, the conduction path extending between the underlying second layer of semiconductor material and the back surface under the insulating layer at the respective second opening;

forming a second conductive contact layer over the first conductive layer,  
30 the second conductive layer extending into the second openings and forming electrical connection with the second layer of semiconductor material through the second openings;

35 scribing the conducting layer to produce a series of isolated conductive strips each passing over one contact region of each cell of a series of cells, each conductive strip alternatively passing over first and second contact regions of the cells of the respective series whereby the respective strips

alternately make electrical connection with the bridging region or the second semiconductor material layer of each cell and each strip makes connection with semiconductor material of one dopant polarity only in each cell of the respective series of cells; and

- 5 Interrupting each strip at or adjacent to every second cell boundary with adjacent strips interrupted at alternate cell boundaries.
44. The method of claim 43, wherein the second openings extend to the underlying second layer of semiconductor material.
45. The method of claim 44, wherein the conduction path to the underlying  
10 second layer of semiconductor material is formed by altering the characteristics of the material around and beneath the second openings.
46. The method of claim 43, wherein the conduction path to the underlying second layer of semiconductor material is formed as a result of the process of forming a conductive contact layer extending into the second opening.
- 15 47. The method of claim 43, wherein the conduction path to the underlying second layer of semiconductor material is formed as a result of the process of forming a conductive contact layer extending into the second opening and by altering the characteristics of the material around and beneath the second openings.
- 20 48. The method as claimed in any one of claims 39 to 47, wherein the photovoltaic device is a polycrystalline thin film silicon solar cell formed on a textured glass substrate over which is formed an anti-reflection coating and a film of silicon having at least two oppositely doped regions forming the junction in a plane parallel to the surface of the film.
- 25 49. The method as claimed in any one of claims 39 to 47, wherein the insulating layer formed over the silicon film comprises a single layer of insulator material.
50. The method as claimed in any one of claims 39 to 47, wherein the  
30 insulating layer formed over the silicon film comprises a plurality of layers including a thin passivation layer and a thicker layer of a different dielectric material.
51. The method of claim 50, wherein the passivation layer comprises a layer of silicon nitride or silicon oxide.
52. The method of claim 51, wherein the passivation layer is formed to a  
35 thickness in the range of 50 to 200nm.

WO 03/019674

PCT/AU02/01143

25

53. The method of claim 51, wherein the passivation layer is in the range of 90-110nm thick.
54. The method of claims 50, 51, 52 or 54, wherein the thicker dielectric layer is a layer of organic resin.
- 5 55. The method of claim 54, wherein the thicker dielectric layer is a layer of novolac resin.
56. The method of claim 54 or 55, wherein the thicker dielectric layer has a thickness in the range of 2-5 $\mu$ m.
57. The method of claim 54 or 55, wherein the thicker dielectric layer has a  
10 thickness in the range of 3-4 $\mu$ m.
58. The method as claimed in any one of claims 39 to 57, wherein the openings formed in the insulating layer through which the p type contacts are made, have diameters in the range of 50-500 $\mu$ m.
59. The method of claim 58, wherein the openings formed in the insulating  
15 material through which the p-type contacts are made, have diameters in the range of 140-160 $\mu$ m.
60. The method of claim 58 to 59, wherein the openings in the insulating material through the n type contacts are made, have diameters in the range of 25-100 $\mu$ m.
- 20 61. The method of claim 60 wherein the openings in the insulating material through which the n-type contacts are made, have diameters in the range of 35-45 $\mu$ m.
62. The method as claimed in any one of claims 49 to 61, wherein openings in the insulating material are formed with a substantially circular shape.
- 25 63. The method as claimed in any one of claims 49 to 61, wherein the openings in the insulating material are formed with an elongate shape
64. The method of claim 62 or 63, wherein the openings for the n type contacts are formed spaced apart to prevent isolation of parts of the cell area.
65. The method as claimed in any one of claims 49 to 64, wherein the  
30 openings formed using a laser.
66. The method of claim 65, wherein the shape of the opening is determined by the shape of a laser beam used to form the openings.
67. The method as claimed in any one of claims 39 to 66, wherein scribing of the conducting layer is performed using a laser.
- 35 68. The method of claim 67 wherein the scribing of the conducting layer is performed at a rate permitting overlapping laser pulses to completely remove

WO 03/019674

PCT/AU02/01143

26

- the conducting material layer while not significantly removing underlying insulating material.
69. The method of claim 67 or 68, wherein a high powered laser is used to scribe the conducting layer and the laser is defocused to prevent removal of the underlying insulating material.
70. The method of claim 67, 68 or 69, wherein the scribing of the conducting layer is performed to achieve a scribe width in the range of 100-200 $\mu$ m.
71. The method of claim 70, wherein the scribe width is in the range of 140-160 $\mu$ m.
72. The method as claimed in any one of claims 39 to 71, wherein the conductive layer which forms the contacts, is formed as a single layer of metal.
73. The method of claim 72, wherein the conductive layer comprises a layer of aluminium.
74. The method as claimed in any one of claims 39 to 73, wherein the conductive layer is formed as a plurality of layers of different materials.
75. The method of claim 74, wherein the step of formation of the conductive layer comprises forming a thin layer of nickel, silver or copper.
76. The method of claim 75, wherein the thin layer of metal is formed with a thickness in the range of 5-20nm.
77. The method of claim 76, wherein the thin layer of metal is formed with a thickness of 9-11nm.
78. The method of claim 75, 76 or 77, wherein a layer of aluminium is formed over the thin layer of metal.
79. The method of claim 73 or 78, wherein the aluminium layer is formed with a thickness in the range of 50-150nm.
80. The method of claim 79, wherein the aluminium layer is formed with a thickness of 90-110nm.
81. The method as claimed in any one of claims 39 to 71, wherein the conducting layer is formed of heavily doped semiconductor material.
82. The method as claimed in any one of claims 39 to 71, wherein the conducting layer is formed of a conducting polymer material.
83. A photovoltaic device comprising a plurality of parallel extending, elongate photovoltaic cells connected in series, the interconnection of cells being made via a plurality of isolated connections of a point in a p-type region of each cell to a respective point in an n-type region of another cell of the array, the isolated connections all being formed from a single layer of conductive

WO 03/019674

PCT/AU02/01143

27

material scribed to form a plurality of elongate strips extending transversely relative to cell boundaries, the scribes defining interruptions which separate the parallel extending strips, each strip also being interrupted at regular intervals corresponding to or adjacent to cell boundaries wherein conductive contacts  
5 extend across the interruptions separating the parallel extending strips, to define the isolated connections.

84. The device as claimed in claim 83, wherein the strips are aligned in rows defining like contacts and wherein the rows alternately define p type and n type contacts.

10 85. The device as claimed in claim 84, wherein the strips defining p type contacts are of a different width as measured in the direction of the cell boundaries to those strips defining n type contacts.

86. The device as claimed in any one of claims 83 to 85, wherein the photovoltaic device is a polycrystalline thin film silicon solar cell comprising a textured glass substrate over which is formed an anti-reflection coating and a  
15 film of silicon having at least two oppositely doped regions forming a junction in a plane parallel to the surface of the film.

87. The device of claim 86, wherein an insulating layer is located over the silicon film comprising a single layer of insulating material.

20 88. The device of claim 86, wherein an insulating layer is located over the silicon film comprising a plurality of layers including a thin passivation layer and a thicker layer of a different dielectric material.

89. The device of claim 88, wherein the passivation layer comprises a layer of silicon nitride or silicon oxide.

25 90. The device of claim 89, wherein the passivation layer is in the range of 50 to 200nm thick.

91. The device of claim 89 or 90, wherein the passivation layer is in the range of 90-110nm thick.

30 92. The device of claim 89, 90 or 91, wherein the thicker dielectric layer is a layer of organic resin.

93. The device of claim 92, wherein the thicker dielectric layer is a layer of novolac resin.

94. The device of claim 92 or 93, wherein the thicker dielectric layer has a thickness of 2-5 $\mu$ m.

35 95. The device of claim 94, wherein the thicker dielectric layer has a thickness of 3-4 $\mu$ m.

WO 03/019674

PCT/AU02/01143

28

96. The device as claimed in any one of claims 83 to 95, wherein the connection points are formed through openings in the insulating layer through which the contacts are made.
97. The device of claim 96, wherein the openings in the insulating layer through which the p type contacts are made, have diameters in the range of 100-500 $\mu$ m.
98. The device of claim 96, wherein the openings in the insulating layer through which the p-type contacts are made, have diameters in the range of 140-160 $\mu$ m.
99. The device of claim 98, wherein the openings in the insulating layer through which the n-type contacts are made, have diameters in the range of 25-100 $\mu$ m.
100. The device of claim 99, wherein the openings in the insulating layer through which the n-type contacts are made have diameters in the range of 35-45 $\mu$ m.
101. The device as claimed in any one of claims 96 to 100, wherein the openings are substantially circular.
102. The device as claimed in any one of claims 85 to 101, wherein the scribes are formed by a laser ablating areas of the single layer of conductive material.
103. The device as claimed in claim 102, wherein the isolated connections are formed by periodically switching off the laser during a horizontal scribe.
104. The device as claimed in claim 102, wherein the isolated connections are formed by defining an elongate through opening in the insulating layer which extends across a line where a horizontal scribe is to be defined which is subsequently coated or part-filled with the layer of conductive material during a process of making the device which conductive material remains un-ablated during the passage of the scribing laser over the through opening due to conduction of the heat generated by the laser to the underlying silicon.
105. The device as claimed in claim 104, wherein the elongate hole comprises a series of overlapping generally circular holes.
106. A method of forming a structure of contacts over a surface of a photovoltaic device, wherein the photovoltaic device comprises at least two layered regions of semiconductor material of different dopant polarity forming a junction, and divided into a plurality of photovoltaic cells by interruptions in the semiconductor material which form cell boundaries, the contacts being located

WO 03/019674

PCT/AU02/01143

29

to interconnect the cells in a series connected array, the method comprising the steps of:

forming an insulating layer over a back surface of a semiconductor device;

5 forming a conductive contact layer over the insulating layer;  
forming connections between the conductive layer and the p type and n type regions of the semiconductor material, either simultaneously with, or after the formation of the conductive layer;

10 scribing the conductive layer to produce a series of conductive strips extending transversely with respect to the longitudinal direction of the cells;

wherein the scribing process is arranged to leave a conductive bridge extending across the transverse scribe connecting a point in a p type region of one cell to a point in an n type region of another cell.

107. The method of claim 106, wherein the step of scribing the conductive layer is carried out by a laser ablating areas of the single layer of conductive material.

108. The method of claim 107, wherein the isolated connections are formed by periodically switching off the laser during a scribe to leave an un-ablated conductive area.

20 109. A method of forming a structure of contacts over a surface of a photovoltaic device, wherein the photovoltaic device comprises at least two layered regions of semiconductor material of different dopant polarity forming a junction, and divided into a plurality of parallel-extending, elongate, photovoltaic cells by parallel interruptions which form cell boundaries in the semiconductor  
25 material, the contacts being located to interconnect the cells in a series connected array, the method comprising the steps of:

forming an insulating layer over a back surface of a semiconductor device;

forming a conductive contact layer over the insulating layer;  
30 forming connections between the conductive layer and the p type and n type regions of the semiconductor material, either simultaneously with, or after the formation of the conductive layer;

35 scribing the conducting layer to produce a series of conductive strips each passing over one contact region of each cell of a series of cells each conductive strip being connected by a bridge extending across an interruption

WO 03/019674

PCT/AU02/01143

30

whereby each strip makes connection with semiconductor material of one dopant polarity only in each cell of the respective series of cells; and

interrupting each strip at or adjacent to every cell boundary.

110. The method as claimed in claim 109, wherein the step of scribing the  
5 conducting layers is carried out using a laser ablating areas of the single layer of conductive material.

111. The method as claimed in claim 110, wherein the bridges are formed by periodically switching off the laser during a horizontal scribe.

112. The method as claimed in claim 109, wherein the isolated connections  
10 are formed by defining an elongate through opening in the insulating layer which extends across a line where a horizontal scribe is to be defined and which is subsequently coated or part-filled with the layer of conductive material which conductive material remains un-ablated during the passage of the scribing laser over the through opening due to conduction of the heat  
15 generated by the laser to the underlying silicon.

113. The method as claimed in claim 112, wherein the step of forming the elongate hole includes forming a series of overlapping generally circular holes.

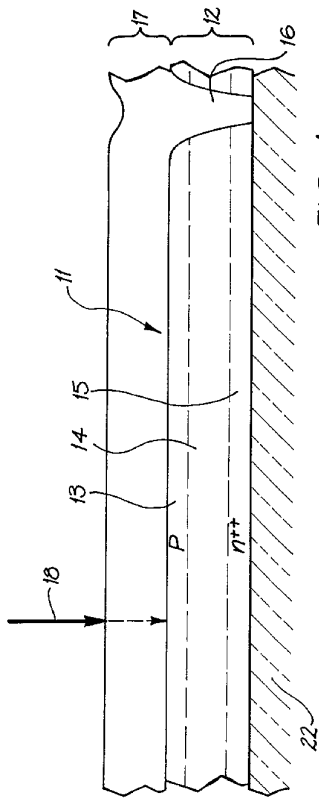


FIG. 1

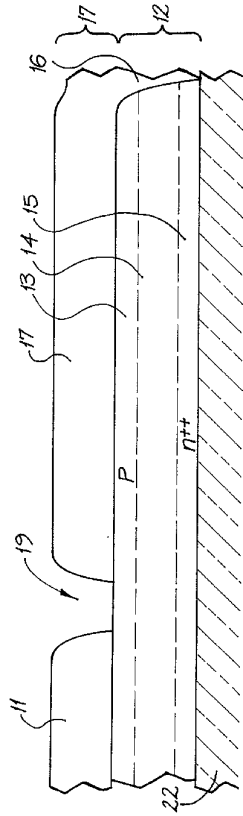


FIG. 2

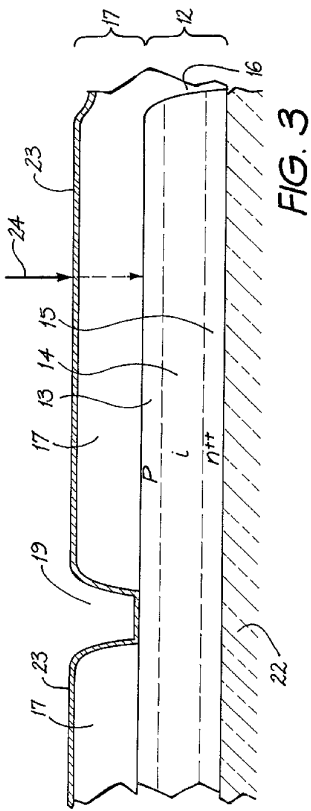


FIG. 3

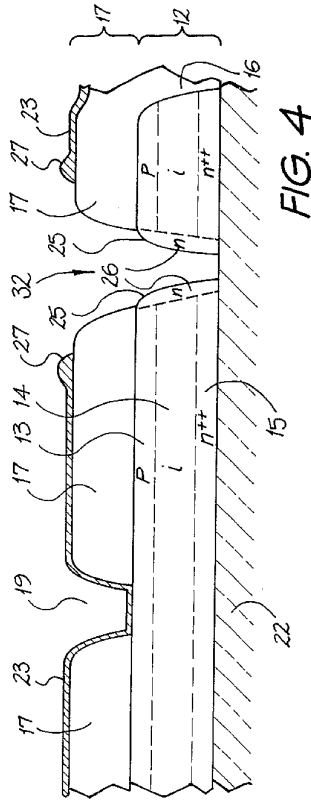


FIG. 4



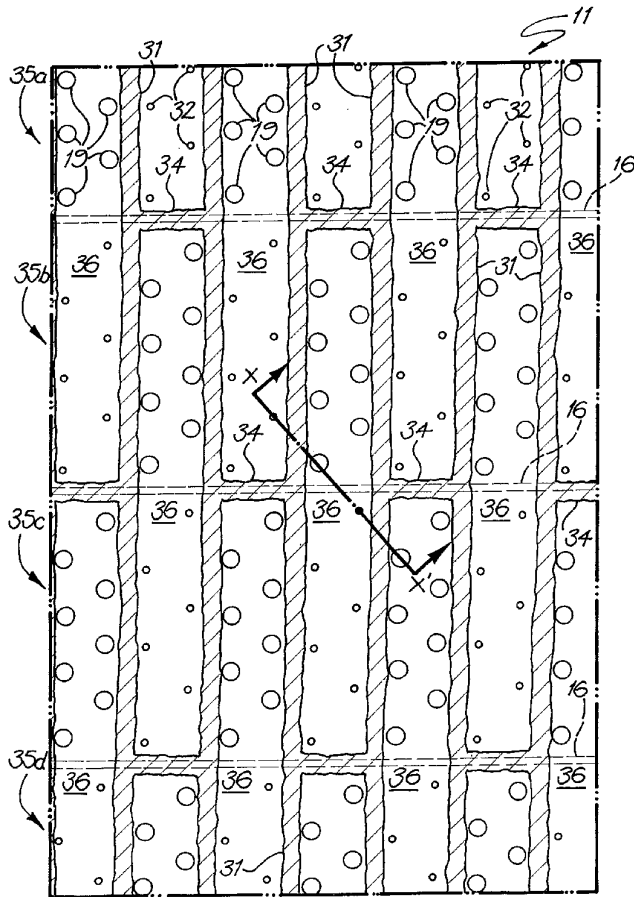


FIG. 7

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26) RO/AU

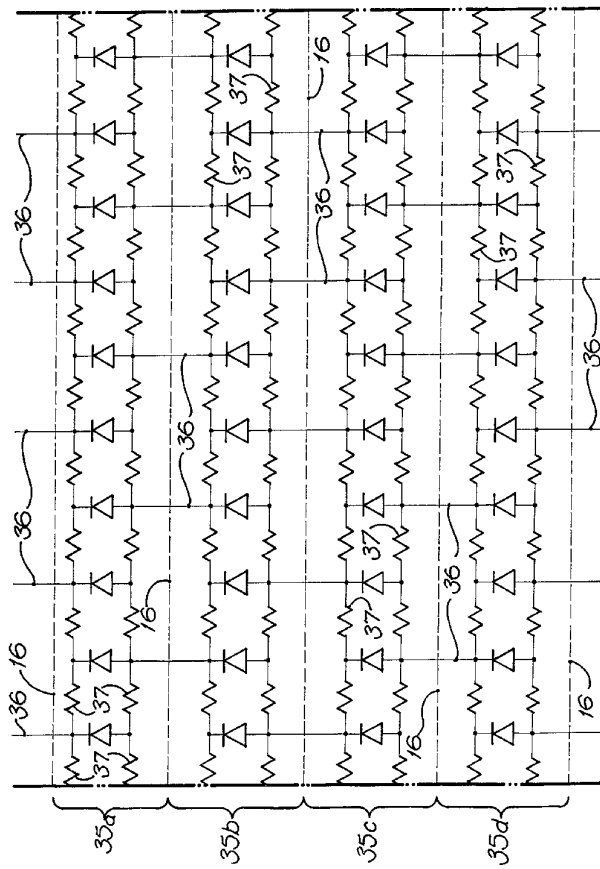


FIG. 8

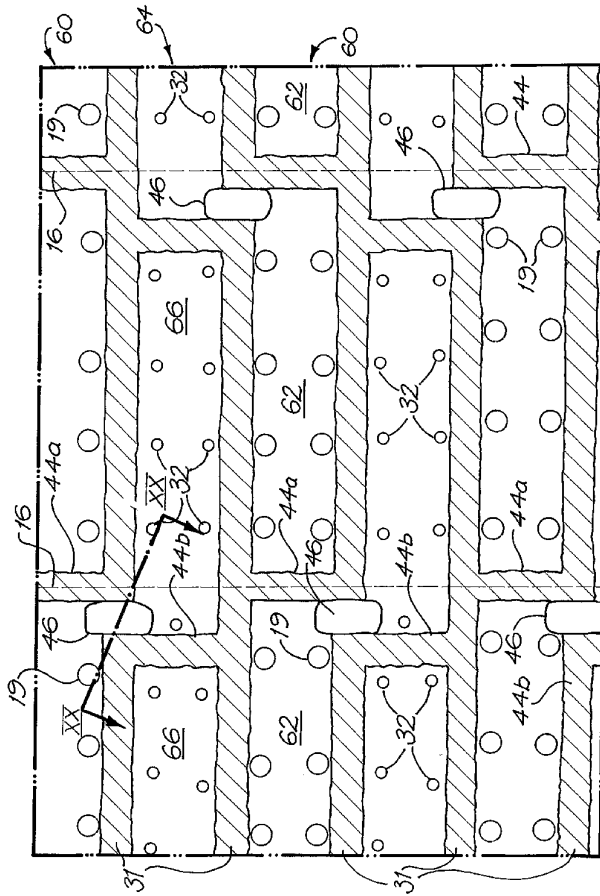


FIG. 9

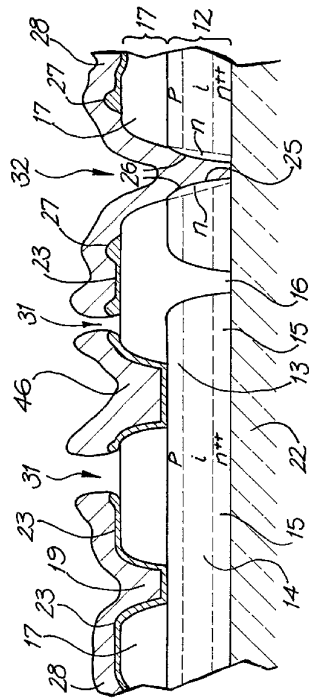
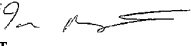


FIG. 10

## 【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/AU02/01143
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
Int. Cl. <sup>7</sup> : H01L 31/05, 31/18		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
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 practicable, search terms used) DWPI, JAP10; H01L 31/-, (series, array etc), (connect, interconnect), (metal, conduct)(s)(layer), (scrib+, cut+, ablat+, separat+ etc)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,X	WO 02/05352 A2 (BP CORPORATION NORTH AMERICA INC.) 17 JANUARY 2002 See the abstract, figs 3,5, page 15 lines 16-28	83,86-96,102-104
X	WO 97/21253 A1 (UNISEARCH LIMITED) 12 JUNE 1997 See the abstract, fig 20, page 6 line 16 to page 7 line 7	1-113
A	WO 01/33639 A1 (PACIFIC SOLAR PTY LIMITED) 10 MAY 2001 See the abstract	
<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	"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	
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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	
"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)	"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	
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"Z" document member of the same patent family	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search 25 October 2002	Date of mailing of the international search report 01 NOV 2002	
Name and mailing address of the ISA/AU AUSTRALIAN PATENT OFFICE PO BOX 200, WODEN ACT 2606, AUSTRALIA E-mail address: pat@ipaustralia.gov.au Facsimile No. (02) 6285 3929	Authorized officer  I.A. BARRETT Telephone No. : (02) 6283 2189	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/AU02/01143
C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 83/03925 A1 (THE AUSTRALIAN NATIONAL UNIVERSITY) 10 NOVEMBER 1983 See the abstract	
A	CA 2024662 A (SOLAREX CORPORATION) 9 MARCH 1991 See the abstract	

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/AU02/01143

This Annex lists the known "A" publication level patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The Australian Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

Patent Document Cited in Search Report		Patent Family Member					
WO	200205352	AU	200176840	US	2002011641	US	2002119592
WO	9721253	AU	10258/97				
WO	200133639	AU	200110114	EP	1234340		
WO	8303925	AU	14705/83	EP	106854	US	4512167
CA	2024662	CN	1050793	EP	427934	JP	3171675
		US	5593901				
END OF ANNEX							

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,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,IE,IT,LU,MC,NL,PT,SE,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,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,ES, FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,N O,NZ,OM,PH,PL,PT,RO,RU,SD,SE,SG,SI,SK,SL,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,YU,ZA,ZM,ZW

(74)代理人 100110364

弁理士 実広 信哉

(72)発明者 ポール・アラン・バソア

オーストラリア・ニュー・サウス・ウェールズ・2229・カリンバー・タレン・ロード・127

(72)発明者 トレヴァー・リンゼイ・ヤング

オーストラリア・ニュー・サウス・ウェールズ・2019・ボタニー・ベイ・ストリート・56

Fターム(参考) 5F051 AA03 BA14 CB15 DA04 EA02 EA03 EA10 EA16 EA20 FA06

FA13 FA16 FA18 FA23 GA03 GA11 HA05

## 【要約の続き】

時に行われるか又は該中断の近くで行われる。第2実施例では、平行に延在するストリップを分離する長手方向中断を横切って導電ブリッジが延在する。この実施例では、セルのための同様の種類のコンタクトパッドが、p型コンタクトパッド及びn型コンタクトパッドの交互列を用いてセル境界に横切って延在する列になって整列される。