

(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2016-500931

(P2016-500931A)

(43) 公表日 平成28年1月14日 (2016.1.14)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 31/042 (2014.01)	HO 1 L 31/04 5 0 0	5 F 1 5 1
HO 1 L 31/048 (2014.01)	HO 1 L 31/04 5 6 0	
HO 1 L 31/0443 (2014.01)	HO 1 L 31/04 5 2 2	
HO 1 L 31/0224 (2006.01)	HO 1 L 31/04 2 6 0	
HO 2 S 20/26 (2014.01)	HO 2 S 20/26	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 117 頁)

(21) 出願番号	特願2015-540876 (P2015-540876)	(71) 出願人	509101804 ソレクセル、インコーポレイテッド アメリカ合衆国 95035-7405 カリフォルニア、ミルピータス、マッカー シー ブールバード 1530
(86) (22) 出願日	平成25年11月5日 (2013.11.5)	(74) 代理人	100092093 弁理士 辻居 幸一
(85) 翻訳文提出日	平成27年6月30日 (2015.6.30)	(74) 代理人	100082005 弁理士 熊倉 禎男
(86) 国際出願番号	PCT/US2013/068599	(74) 代理人	100067013 弁理士 大塚 文昭
(87) 国際公開番号	W02014/071417	(74) 代理人	100086771 弁理士 西島 孝喜
(87) 国際公開日	平成26年5月8日 (2014.5.8)	(74) 代理人	100109070 弁理士 須田 洋之
(31) 優先権主張番号	61/722, 620		
(32) 優先日	平成24年11月5日 (2012.11.5)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

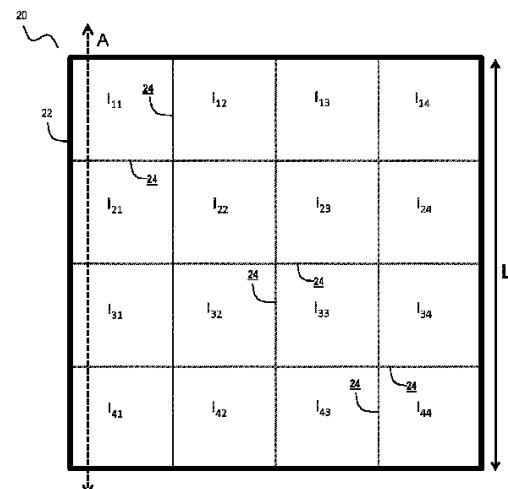
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 一体アイル型太陽光発電セル及びモジュールのためのシステム及び方法

(57) 【要約】

開示する主題の一態様により、一体アイル型ソーラーセルを提供する。ソーラーセルは、受光前面と、受光前面と反対側において電気絶縁バックプレーンに取り付けられた裏面とを有する半導体層を含む。トレンチ隔離パターンが、電気絶縁バックプレーン上で半導体層を電気絶縁されたアイルに仕切る。ベース及びエミッタ電極を有する第1金属層が、半導体層裏面上に位置決めされる。セル相互接続を与えてビアプラグによって第1金属層に接続されたパターン付き第2金属層が、バックプレーン上に位置決めされる。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセル構造であって、

a．日光受光前面と該日光受光前面と反対側の裏面とを含む背景ドーピングを有する半導体層と、

b．前記半導体層裏面上に配置されたパターン付き第 1 金属層（M 1）と、

c．前記半導体層裏面に取り付けられた電気絶縁連続バックプレーン支持層と、

d．前記電気絶縁連続バックプレーン支持層上で前記半導体層を複数のソーラーセル半導体領域に仕切るトレンチ隔離パターンと、

e．前記電気絶縁連続バックプレーン支持層上に配置されたパターン付き第 2 金属層（M 2）と、

f．前記電気絶縁連続バックプレーン支持シートを通して形成され、前記パターン付き第 2 レベル金属層の選択部分を前記パターン付き第 1 レベル金属層の選択部分に相互接続する複数の導電ビアプラグと、

を含み、

g．前記パターン付き第 1 レベル金属層、前記パターン付き第 2 レベル金属層、及び前記複数の導電ビアプラグは、一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセル構造の電気金属化及び相互接続を完成するように設計される、

ことを特徴とするソーラーセル構造。

10

20

【請求項 2】

前記半導体層は、完全正方形として成形されることを特徴とする請求項 1 に記載の一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセル構造。

【請求項 3】

前記半導体層は、擬似正方形として成形されることを特徴とする請求項 1 に記載の一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセル構造。

【請求項 4】

前記半導体層は、矩形として成形されることを特徴とする請求項 1 に記載の一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセル構造。

【請求項 5】

前記半導体層は、多角形として成形されることを特徴とする請求項 1 に記載の一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセル構造。

30

【請求項 6】

前記半導体層は、単結晶テンプレート上へのエピタキシャルシリコン堆積によって形成された単結晶シリコン層であることを特徴とする請求項 1 に記載の一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセル構造。

【請求項 7】

前記半導体層は、多結晶シリコンテンプレート上へのエピタキシャルシリコン堆積によって形成された多結晶シリコン層であることを特徴とする請求項 1 に記載の一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセル構造。

40

【請求項 8】

前記半導体層は、開始チョクラルスキー（CZ）単結晶ウェーハを使用することによって形成された単結晶シリコン層であることを特徴とする請求項 1 に記載の一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセル構造。

【請求項 9】

前記半導体層は、開始フロートゾーン（FZ）単結晶ウェーハを使用することによって形成された単結晶シリコン層であることを特徴とする請求項 1 に記載の一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセル構造。

【請求項 10】

前記半導体層は、開始多結晶ウェーハを使用することによって形成された多結晶シリコン層であることを特徴とする請求項 1 に記載の一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラ

50

ーセル構造。

【請求項 1 1】

前記背景ドーピングは、 n 型半導体吸収体とベース領域とを有するソーラーセルを生成するための n 型ドーピングであることを特徴とする請求項 1 に記載の一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセル構造。

【請求項 1 2】

前記ソーラーセルは、裏面接触ソーラーセルであることを特徴とする請求項 1 に記載の一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセル構造。

【請求項 1 3】

前記ソーラーセルは、相互嵌合型裏面接触（IBC）ソーラーセルであることを特徴とする請求項 1 に記載の一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセル構造。

10

【請求項 1 4】

前記電気絶縁連続バックプレーン支持層上の前記複数のソーラーセル半導体領域は、 N が 2 に等しいか又はそれよりも大きい整数である時に実質的に正方形形状のアイルの $N \times N = N^2$ アレイを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセル構造。

【請求項 1 5】

前記電気絶縁連続バックプレーン支持層上の前記複数のソーラーセル半導体領域は、 N 及び M が整数であり、かつ積 $N \times M$ が 2 に等しいか又はそれよりも大きい整数である時に、実質的に正方形形状及び矩形形状のアイルの一方又はその組合せとして成形されたアイルの $N \times M$ アレイを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセル構造。

20

【請求項 1 6】

前記電気絶縁連続バックプレーン支持層上の前記複数のソーラーセル半導体領域は、実質的に三角形形状のアイルのアレイを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセル構造。

【請求項 1 7】

前記電気絶縁連続バックプレーン支持層上の前記複数のソーラーセル半導体領域は、実質的に多角形状のアイルのアレイを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセル構造。

30

【請求項 1 8】

前記ソーラーセルは、 S が電気直列で接続された半導体領域の個数に対応する場合に S 倍だけ増大された電圧とその同じ S 倍だけ低減された電流とを生成することを特徴とする請求項 1 に記載の一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセル構造。

【請求項 1 9】

前記パターン付き第 1 レベル金属（ $M1$ ）は、ソーラーセルバスバーなしのベースフィンガとエミッタフィンガの相互嵌合型パターンの複数のアイランドを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセル構造。

【請求項 2 0】

前記パターン付き第 2 レベル金属（ $M2$ ）は、ソーラーセルバスバーを有するベースフィンガとエミッタフィンガの相互嵌合型パターンを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセル構造。

40

【請求項 2 1】

前記パターン付き第 2 レベル金属（ $M2$ ）は、前記パターン付き第 1 レベル金属（ $M1$ ）に対して実質的に直交又は垂直であることを特徴とする請求項 1 に記載の一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセル構造。

【請求項 2 2】

前記半導体層は、約 1 ミクロンから約 200 ミクロンまでの範囲の厚みを有することを特徴とする請求項 1 に記載の一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセル構造。

【請求項 2 3】

50

前記電気絶縁連続バックプレーン支持シートは、約50ミクロンから約250ミクロンまでの範囲の厚みを有することを特徴とする請求項1に記載の一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセル構造。

【請求項24】

前記電気絶縁連続バックプレーン支持シートは、前記半導体層のものと比較的互角の熱膨張率（CTE）を有する可撓性金属であることを特徴とする請求項1に記載の一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセル構造。

【請求項25】

可撓性であることを特徴とする請求項1に記載の一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセル構造。

【請求項26】

前記ソーラーセルは、可撓性軽量光起電性モジュール積層体にパッケージ化されることを特徴とする請求項1に記載の一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセル構造。

【請求項27】

前記日光受光前面は、不動態化及び反射防止コーティングを有することを特徴とする請求項1に記載の一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセル構造。

【請求項28】

前記ソーラーセルに対する前記トレンチ隔離パターンの開口部の面積比が、比較的小さい（＜2％）ことを特徴とする請求項1に記載の一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセル構造。

【請求項29】

前記ソーラーセル半導体領域に対する前記トレンチ隔離パターンの側壁面積の面積比が、比較的小さい（＜2％）ことを特徴とする請求項1に記載の一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセル構造。

【請求項30】

前記電気絶縁連続バックプレーン支持シートは、可撓性プリブレグシートであることを特徴とする請求項1に記載の一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセル構造。

【請求項31】

前記電気絶縁連続バックプレーン支持シートは、可撓性アラミド繊維及び樹脂プリブレグシートであることを特徴とする請求項1に記載の一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセル構造。

【請求項32】

前記半導体層は、シリコン、ゲルマニウム、ヒ化ガリウム、窒化ガリウム、リン化ガリウム、他のIII-V族半導体、又はその組合せの群からの少なくとも1つの結晶半導体材料を含むことを特徴とする請求項1に記載の一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセル構造。

【請求項33】

前記複数のソーラーセル半導体領域は、前記電気絶縁連続バックプレーン支持層を共有し、かつ前記パターン付き第1レベル金属（M1）、前記第2レベル金属（M2）、及び前記複数の導電ビアプラグを含む一体相互接続構造を共有することを特徴とする請求項1に記載の一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセル構造。

【請求項34】

前記トレンチ隔離パターンは、相互接続されたトレンチのパターンであり、該トレンチによって完全に仕切られ、かつ前記バックプレーン層によって支持された複数のアイルを生成することを特徴とする請求項1に記載の一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセル構造。

【請求項35】

前記複数のソーラーセル半導体領域は、前記パターン付き第1金属層（M1）と前記パターン付き第2層金属（M2）との組合せによって電気直列で相互接続されたアイルの4×4アレイを含み、前記ソーラーセルの電圧の増大及び電流の低減をもたらすことを特徴

10

20

30

40

50

とする請求項 1 に記載の一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセル構造。

【請求項 36】

前記複数のソーラーセル半導体領域は、前記パターン付き第 1 金属層（M1）と前記パターン付き第 2 層金属（M2）との組合せによって混成電気並列・直列で相互接続されたアイルの 4 × 4 アレイを含み、前記ソーラーセルの電圧の増大及び電流の低減をもたらすことを特徴とする請求項 1 に記載の一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセル構造。

【請求項 37】

前記複数のソーラーセル半導体領域は、前記パターン付き第 1 金属層（M1）と前記パターン付き第 2 層金属（M2）との組合せによって電気並列で相互接続されたアイルの 4 × 4 アレイを含み、前記ソーラーセルの改善された可撓性をもたらすことを特徴とする請求項 1 に記載の一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセル構造。

【請求項 38】

前記ソーラーセルの前記裏面に直接に取り付けられて該ソーラーセルに対して遮光管理機能を与えるバイパスダイオードを更に含むことを特徴とする請求項 1 に記載の一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセル構造。

【請求項 39】

前記ソーラーセルに対して遮光管理機能を与える一体統合バイパススイッチを更に含むことを特徴とする請求項 1 に記載の一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセル構造。

【請求項 40】

一体アイル型（又は一体タイル型）相互嵌合裏面接触ソーラーセル構造であって、
a．背景 n 型ドーピングを有し、日光受光前面と該日光受光前面と反対側の裏面とを含む結晶シリコン層と、
b．前記結晶シリコン層裏面上に配置されたパターン付き相互嵌合型第 1 レベル金属層（M1）と、
c．前記結晶シリコン層裏面に取り付けられた電気絶縁連続バックプレーン支持層と、
d．前記電気絶縁連続バックプレーン支持層上で前記結晶シリコン層を複数のソーラーセル結晶シリコン領域に仕切るトレンチ隔離パターンと、
e．前記電気絶縁連続バックプレーン支持層上に配置されたパターン付き相互嵌合型第 2 レベル金属層（M2）と、
f．前記電気絶縁連続バックプレーン支持シートを通して形成され、前記パターン付き第 2 レベル金属層の選択部分を前記パターン付き第 1 レベル金属層の選択部分に相互接続する複数の導電ビアプラグと、
を含み、
g．前記パターン付き第 1 レベル金属層、前記パターン付き第 2 レベル金属層、及び前記複数の導電ビアプラグは、一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセル構造の電気金属化及び相互接続を完成するように設計される、
ことを特徴とするソーラーセル構造。

【請求項 41】

一体統合半導体構造であって、
a．日光受光半導体層前面と半導体層裏面とを有するソーラーセルと、
b．半導体層前面と半導体層裏面とを有するバイパススイッチと、
c．前記ソーラーセル及び前記バイパススイッチによって共有され、かつ前記ソーラーセル半導体層裏面及び前記バイパススイッチ半導体層裏面に取り付けられた電気絶縁バックプレーン層と、
を含み、
d．前記ソーラーセル半導体層は、トレンチ隔離によって複数のアイルに仕切られ、該ソーラーセル半導体層及び前記バイパススイッチ半導体層は、トレンチ隔離によって互いから仕切られ、かつ前記電気絶縁バックプレーンシート上に支持され、

e . 前記ソーラーセルと前記バイパススイッチを相互接続して該ソーラーセルに対して遮光保護を与えるパターン付き電気金属化構造、
を更に含むことを特徴とする半導体構造。

【請求項 4 2】

一体統合半導体構造であって、

a . 日光受光半導体層前面と半導体層裏面とを有するソーラーセルと、
b . 半導体層前面及び半導体層裏面を有するバイパススイッチと、
c . 前記ソーラーセル及び前記バイパススイッチによって共有され、かつ前記ソーラーセル半導体層裏面及び前記バイパススイッチ半導体層裏面に取り付けられた電気絶縁バックプレーン層と、

10

を含み、

d . 前記ソーラーセル半導体層及び前記バイパススイッチ半導体層は、トレンチ隔離によって互いから仕切られ、かつ前記電気絶縁バックプレーンシート上に支持され、

e . 前記ソーラーセル及び前記バイパススイッチを相互接続して該ソーラーセルに対して遮光保護を与えるパターン付き電気金属化構造、
を更に含むことを特徴とする半導体構造。

【請求項 4 3】

半導体構造であって、

a . 前面及び裏面と複数の半導体アイルとを有するソーラーセルと、
b . 前面と裏面とを有するバイパススイッチと、
c . 前記ソーラーセル裏面及びバイパススイッチ裏面に取り付けられた電気絶縁連続バックプレーンと、

20

d . 前記ソーラーセル及び前記バイパススイッチを互いから仕切り、かつ該ソーラーセル内に前記複数の半導体アイルを形成するトレンチ隔離パターンと、

e . 前記ソーラーセル内の前記複数の半導体アイルを相互接続し、かつ同じく該ソーラーセル及び前記バイパススイッチを互いに相互接続する電気相互接続構造と、
を含むことを特徴とする半導体構造。

【請求項 4 4】

半導体構造であって、

a . 複数の半導体アイルを含むソーラーセルと、
b . 前記ソーラーセルに一体統合されたバイパススイッチと、
c . 前記ソーラーセルと前記バイパススイッチとに取り付けられた電気絶縁バックプレーンと、

30

d . 前記半導体アイルを形成し、かつ前記電気絶縁バックプレーン上で前記ソーラーセル及び前記バイパススイッチを互いから仕切る隔離パターンと、

を含むことを特徴とする半導体構造。

【請求項 4 5】

半導体構造であって、

a . 複数の半導体アイルを含むソーラーセルと、
b . 前記ソーラーセルに一体統合されたバイパススイッチと、
c . 前記ソーラーセルと前記バイパススイッチとに取り付けられたバックプレーンと、
d . 前記複数の半導体アイルを形成し、かつ前記バックプレーン上で前記ソーラーセル及び前記バイパススイッチを互いから仕切る隔離パターンと、
を含むことを特徴とする半導体構造。

40

【請求項 4 6】

前記バイパススイッチは、 $p-n$ 接合ダイオードであることを特徴とする請求項 4 5 に記載の半導体構造。

【請求項 4 7】

前記バイパススイッチは、ショットキー障壁ダイオードであることを特徴とする請求項 4 5 に記載の半導体構造。

50

【請求項 48】

前記ソーラーセルは、裏面接触ソーラーセルであることを特徴とする請求項 45 に記載の半導体構造。

【請求項 49】

前記ソーラーセルは、相互嵌合型裏面接触ソーラーセルであることを特徴とする請求項 45 に記載の半導体構造。

【請求項 50】

前記ソーラーセルは、前記複数の半導体アイルに対応する複数のミニセルを含むことを特徴とする請求項 45 に記載の半導体構造。

【請求項 51】

可撓性構造であることを特徴とする請求項 45 に記載の半導体構造。

【請求項 52】

剛性構造であることを特徴とする請求項 45 に記載の半導体構造。

【請求項 53】

前記バイパススイッチは、pn 接合ダイオードであることを特徴とする請求項 44 に記載の半導体構造。

【請求項 54】

前記バイパススイッチは、ショットキー障壁ダイオードであることを特徴とする請求項 44 に記載の半導体構造。

【請求項 55】

前記ソーラーセルは、裏面接触ソーラーセルであることを特徴とする請求項 44 に記載の半導体構造。

【請求項 56】

前記ソーラーセルは、相互嵌合型裏面接触ソーラーセルであることを特徴とする請求項 44 に記載の半導体構造。

【請求項 57】

前記ソーラーセルは、複数のミニセルを含むことを特徴とする請求項 44 に記載の半導体構造。

【請求項 58】

可撓性構造であることを特徴とする請求項 44 に記載の半導体構造。

【請求項 59】

剛性構造であることを特徴とする請求項 44 に記載の半導体構造。

【請求項 60】

結晶シリコン半導体構造であって、

- a. 複数のアイルを含む結晶シリコンソーラーセルと、
- b. 前記ソーラーセルに一体統合された結晶シリコンバイパススイッチと、
- c. 前記結晶シリコンソーラーセルと前記結晶シリコンバイパススイッチとに取り付けられた電気絶縁バックプレーンと、
- d. 前記複数のアイルを形成し、かつ前記電気絶縁バックプレーン上で前記結晶シリコンソーラーセル及び前記結晶シリコンバイパススイッチを互いから仕切る隔離パターンと

を含むことを特徴とする半導体構造。

【請求項 61】

結晶シリコン構造であって、

- a. 複数の半導体アイルを含む結晶半導体セルと、
- b. 前記ソーラーセルに一体統合された結晶半導体バイパススイッチと、
- c. 前記結晶半導体セルと前記結晶半導体バイパススイッチとに取り付けられたバックプレーンと、
- d. 前記複数の半導体アイルを形成し、かつ前記バックプレーン上で前記結晶半導体ソーラーセル及び前記結晶半導体バイパススイッチを互いから仕切る隔離パターンと、

を含むことを特徴とするシリコン構造。

【請求項 6 2】

結晶シリコン半導体構造であって、

- a . 複数の一体製造ミニセルを含む裏面接触結晶シリコンソーラーセルと、
 - b . 前記裏面接触結晶シリコンソーラーセルに一体統合された結晶シリコンバイパススイッチと、
 - c . 前記裏面接触結晶シリコンソーラーセルと前記結晶シリコンバイパススイッチとに取り付けられた電気絶縁バックプレーンと、
 - d . 前記複数の一体製造ミニセルを形成し、かつ前記電気絶縁バックプレーン上で前記裏面接触結晶シリコンソーラーセル及び前記結晶シリコンバイパススイッチを互いから仕切る隔離パターンと、
- を含むことを特徴とする半導体構造。

10

【請求項 6 3】

半導体構造であって、

- a . 複数の半導体アイルを含むソーラーセルと、
 - b . バイパススイッチと、
 - c . 前記ソーラーセルと前記バイパススイッチとに取り付けられたバックプレーンと、
 - d . 前記複数の半導体アイルを形成し、かつ前記ソーラーセル及び前記バイパススイッチを互いから仕切る隔離パターンと、
 - e . 前記ソーラーセル及び前記バイパススイッチを相互接続するためのかつ該ソーラーセルによって生成された電力を送出するための少なくとも 1 つのパターン付き金属層を含む相互接続構造と、
- を含むことを特徴とする半導体構造。

20

【請求項 6 4】

前記ソーラーセルは、裏面接触ソーラーセルであり、前記バイパススイッチは、pn 接合ダイオードであることを特徴とする請求項 6 3 に記載の半導体構造。

【請求項 6 5】

前記ソーラーセルは、裏面接触ソーラーセルであり、前記バイパススイッチは、ショットキー障壁ダイオードであることを特徴とする請求項 6 3 に記載の半導体構造。

30

【請求項 6 6】

シリコン、ゲルマニウム、ヒ化ガリウム、窒化ガリウム、リン化ガリウム、及び他の III - V 族半導体材料、又はその組合せの群からの少なくとも 1 つの半導体材料を含むことを特徴とする請求項 6 3 に記載の半導体構造。

【請求項 6 7】

一体型光起電性モジュール構造であって、

- a . i . 背景ドーピングを有し、日光受光前面と該日光受光前面と反対側の裏面とを含む半導体層、及び
 - i i . 前記半導体層裏面上に配置されたパターン付き第 1 金属層 (M 1) 、
- を各々が含む複数の一体アイル型 (又は一体タイル型) ソーラーセルと、
- b . 前記複数の一体アイル型 (又は一体タイル型) ソーラーセルの前記半導体層裏面に取り付けられた電気絶縁連続バックプレーン支持層であって、該ソーラーセルが、望ましい密接に離間したセルアレイパターンに従って該連続バックプレーン支持層上に位置決めされ、かつそこに取り付けられる前記電気絶縁連続バックプレーン支持層と、
 - c . 前記電気絶縁連続バックプレーン支持層上で前記複数の一体アイル型 (又は一体タイル型) ソーラーセルの各々における前記半導体層を複数のソーラーセル半導体領域に仕切るトレンチ隔離パターンと、
 - d . 前記複数の一体アイル型 (又は一体タイル型) ソーラーセルの前記半導体層裏面に取り付けられた前記電気絶縁連続バックプレーン支持層上に配置されたパターン付き第 2 金属層 (M 2) と、
 - e . 前記電気絶縁連続バックプレーン支持層を通して形成され、前記パターン付き第 2

40

50

レベル金属層の選択部分を前記複数の一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセルの各々における前記パターン付き第1レベル金属層の選択部分に相互接続する複数の導電ビアプラグと、

を含み、

f．前記パターン付き第1レベル金属層、前記パターン付き第2レベル金属層、及び前記複数の導電ビアプラグは、直列、並列、及び混成並列・直列相互接続のうちの1つ又はその組合せを含む望ましい電気相互接続配置に基づいて前記一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセルの各々内及び複数の該一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセル間の電氣的金属化及び相互接続を完成させるように設計され、

g．前記電気絶縁連続バックプレーン支持層に取り付けられて前記複数の一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセルの前記日光受光前面を覆う光透過性保護前面カバー及び前面カプセル化シートと、

h．前記日光受光前面と反対側の前記電気絶縁連続バックプレーン支持層に取り付けられた保護裏面カバー及び裏面カプセル化シートと、

i．少なくとも1対の電気コネクタリードと、

を更に含むことを特徴とするモジュール構造。

【請求項68】

前記一体型光起電性モジュールは、可撓性軽量モジュールであることを特徴とする請求項67に記載の一体型光起電性モジュール構造。

【請求項69】

前記一体型光起電性モジュールは、剛性ガラスカバー付きモジュールであることを特徴とする請求項67に記載の一体型光起電性モジュール構造。

【請求項70】

前記一体型光起電性モジュールは、建造物一体型光起電性（BIPV）屋上シングルモジュールであることを特徴とする請求項67に記載の一体型光起電性モジュール構造。

【請求項71】

前記一体型光起電性モジュールは、建造物一体型光起電性（BIPV）屋上タイルモジュールであることを特徴とする請求項67に記載の一体型光起電性モジュール構造。

【請求項72】

前記一体型光起電性モジュールは、自動車サンルーフモジュールであることを特徴とする請求項67に記載の一体型光起電性モジュール構造。

【請求項73】

分散遮光管理に向けて前記複数の一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセルに関連付けられた複数のバイパススイッチを更に含むことを特徴とする請求項67に記載の一体型光起電性モジュール構造。

【請求項74】

分散遮光管理に向けて前記複数の一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセルに関連付けられた複数のバイパスショットキーダイオードを更に含むことを特徴とする請求項67に記載の一体型光起電性モジュール構造。

【請求項75】

分散遮光管理に向けて前記複数の一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセルに関連付けられた複数のバイパスpn接合ダイオードを更に含むことを特徴とする請求項67に記載の一体型光起電性モジュール構造。

【請求項76】

強化された環境発電に向けて前記複数の一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセルに関連付けられた複数の最大電力点追跡（MPPT）電力オブティマイザーを更に含むことを特徴とする請求項67に記載の一体型光起電性モジュール構造。

【請求項77】

光起電性モジュール積層体であって、

a．複数の半導体アイルを含むソーラーセルと、

10

20

30

40

50

- b. 前記ソーラーセルに一体統合されたバイパススイッチと、
 - c. 前記ソーラーセルと前記バイパススイッチとに取り付けられた電気絶縁バックプレーンと、
 - d. 前記複数の半導体アイルを形成し、かつ前記電気絶縁バックプレーン上で前記ソーラーセル及び前記バイパススイッチを互いから仕切る隔離パターンと、
- を各々が含む複数の半導体構造、
を含むことを特徴とするモジュール積層体。

【請求項 78】

可撓性光起電性モジュールであることを特徴とする請求項 77 に記載の光起電性モジュール積層体。

10

【請求項 79】

剛性ガラスカバー付き光起電性モジュールであることを特徴とする請求項 77 に記載の光起電性モジュール積層体。

【請求項 80】

光起電性モジュール積層体であって、

- a. 複数の半導体アイルを含むソーラーセルと、
 - b. 前記ソーラーセルに一体統合されたバイパススイッチと、
 - c. 前記ソーラーセルと前記バイパススイッチとに取り付けられたバックプレーンと、
 - d. 前記複数の半導体アイルを形成し、かつ前記バックプレーン上で前記ソーラーセル及び前記バイパススイッチを互いから仕切る隔離パターンと、
- を各々が含む複数の半導体構造、
を含むことを特徴とするモジュール積層体。

20

【請求項 81】

可撓性光起電性モジュールであることを特徴とする請求項 80 に記載の光起電性モジュール積層体。

【請求項 82】

剛性ガラスカバー付き光起電性モジュールであることを特徴とする請求項 80 に記載の光起電性モジュール積層体。

【請求項 83】

複数の製作工程を用いて一体アイル型（又は一体タイル型）ソーラーセル構造を生成する方法であって、

30

- a. 前側面と裏側面とを含む半導体層に対して前記複数の製作工程の少なくとも一部分を実行する段階と、
 - b. 電気絶縁連続バックプレーンを前記半導体層の前記裏側面に取り付ける段階と、
 - c. 複数のアイルを形成し、かつ前記電気絶縁連続バックプレーン上でソーラーセル及びバイパススイッチを別々の半導体層領域に仕切るために前記半導体層を通して隔離パターンを生成する段階と、
 - d. 前記複数の製作工程の残りの部分を実行する段階と、
- を含むことを特徴とする方法。

【請求項 84】

40

前記ソーラーセルは、裏面接触ソーラーセルであることを特徴とする請求項 83 に記載の方法。

【請求項 85】

前記半導体層は、シリコン、ゲルマニウム、ヒ化ガリウム、窒化ガリウム、リン化ガリウム、及び他の III-V 族半導体材料、又はその組合せの群からの少なくとも 1 つの半導体材料を含むことを特徴とする請求項 83 に記載の方法。

【請求項 86】

前記隔離パターンは、パルスレーザカッティング、機械的カッティング、超音波カッティング、ウォータージェットカッティング、プラズマカッティングの群からの工程の 1 つ又はその組合せによって生成されたトレンチ隔離パターンであることを特徴とする請求項

50

8 3 に記載の方法。

【請求項 8 7】

前記バイパススイッチは、 $p-n$ 接合ダイオードであることを特徴とする請求項 8 3 に記載の方法。

【請求項 8 8】

前記バイパススイッチは、ショットキー障壁ダイオードであることを特徴とする請求項 8 3 に記載の方法。

【請求項 8 9】

電気絶縁連続バックプレーンを前記半導体層の前記裏側面に取り付ける前記工程は、該半導体層の該裏側面上にプリレグシートを積層させることによって実行されることを特徴とする請求項 8 3 に記載の方法。

10

【請求項 9 0】

半導体層に対して前記複数の製作工程の少なくとも一部分を実行する前記工程は、パターン付き金属の第 1 層 (M 1) の形成を通した製作工程の完了を含むことを特徴とする請求項 8 3 に記載の方法。

【請求項 9 1】

前記複数の製作工程の前記残りの部分を実行する前記工程は、パターン付き金属の第 2 層 (M 2) の形成を通した製作工程の完了を含むことを特徴とする請求項 8 3 に記載の方法。

【請求項 9 2】

複数の工程を用いて統合ソーラーセル及びバイパススイッチ構造を生成する方法であって、

20

a . 半導体層に対して前記複数の工程の少なくとも一部分を実行する段階と、

b . 連続バックプレーンを前記半導体層に取り付ける段階と、

c . 複数のアイルを形成し、かつ前記連続バックプレーン上で前記半導体層を通して前記ソーラーセル及び前記バイパススイッチを仕切るために隔離パターンを生成する段階と、

d . 前記複数の工程の残りの部分を実行する段階と、

を含むことを特徴とする方法。

【請求項 9 3】

前記ソーラーセルは、裏面接触ソーラーセルであることを特徴とする請求項 9 2 に記載の方法。

30

【請求項 9 4】

前記半導体層は、シリコン、ゲルマニウム、ヒ化ガリウム、窒化ガリウム、リン化ガリウム、及び他の III - V 族半導体材料、又はその組合せの群からの少なくとも 1 つの半導体材料を含むことを特徴とする請求項 9 2 に記載の方法。

【請求項 9 5】

前記隔離パターンは、パルスレーザカッティング、機械的カッティング、超音波カッティング、ウォータージェットカッティング、プラズマカッティングの群からの工程の 1 つ又はその組合せによって生成されたトレンチ隔離パターンであることを特徴とする請求項 9 2 に記載の方法。

40

【請求項 9 6】

前記バイパススイッチは、 $p-n$ 接合ダイオードであることを特徴とする請求項 9 2 に記載の方法。

【請求項 9 7】

前記バイパススイッチは、ショットキー障壁ダイオードであることを特徴とする請求項 9 2 に記載の方法。

【請求項 9 8】

連続バックプレーンを前記半導体層に取り付ける前記工程は、該半導体層の前記裏側面上にプリレグシートを積層させることによって実行されることを特徴とする請求項 9 2

50

に記載の方法。

【請求項 9 9】

半導体層に対して前記複数の工程の少なくとも一部分を実行する前記工程は、パターン付き金属の第 1 層 (M 1) の形成を通した製作工程の完了を含むことを特徴とする請求項 9 2 に記載の方法。

【請求項 1 0 0】

前記複数の工程の前記残りの部分を実行する前記工程は、パターン付き金属の第 2 層 (M 2) の形成を通した製作工程の完了を含むことを特徴とする請求項 9 2 に記載の方法。

【請求項 1 0 1】

複数の一体統合ソーラーセル及びバイパススイッチ半導体構造を含む光起電性モジュール積層体を生成する方法であって、

a . i . 前側面と裏側面とを含む半導体層に対して複数の製作工程の少なくとも一部分を実行する段階と、

i i . 電気絶縁連続バックプレーンを前記半導体層の前記裏側面に取り付ける段階と、

i i i . 複数のアイルを形成し、かつ前記電気絶縁連続バックプレーン上で前記ソーラーセル及び前記バイパススイッチを別々の半導体層領域に仕切るために前記半導体層を通して隔離パターンを生成する段階と、

i v . 前記複数の製作工程の残りの部分を実行する段階と、

を含む複数の製作工程を用いて前記一体統合ソーラーセル及びバイパススイッチ半導体構造の各々を生成する段階と、

b . 前記光起電性モジュール積層体を生成するために前記複数の一体統合ソーラーセル及びバイパススイッチ半導体構造を電気相互接続かつ積層させる段階と、

を含むことを特徴とする方法。

【請求項 1 0 2】

可撓性光起電性モジュールであることを特徴とする請求項 1 0 1 に記載の光起電性モジュール積層体。

【請求項 1 0 3】

剛性ガラスカバー付き光起電性モジュールであることを特徴とする請求項 1 0 1 に記載の光起電性モジュール積層体。

【請求項 1 0 4】

複数の統合ソーラーセル及びバイパススイッチ構造を含む光起電性モジュール積層体を生成する方法であって、

a . i . 半導体層に対して複数の工程の少なくとも一部分を実行する段階と、

i i . 連続バックプレーンを前記半導体層の面に取り付ける段階と、

i i i . 複数のアイルを形成し、かつ前記連続バックプレーン上で前記ソーラーセル及び前記バイパススイッチを仕切るために前記半導体層を通して隔離パターンを生成する段階と、

i v . 前記複数の工程の残りの部分を実行する段階と、

を含む複数の工程を用いて前記統合ソーラーセル及びバイパススイッチ構造の各々を生成する段階と、

b . 前記光起電性モジュール積層体を生成するために前記複数の統合ソーラーセル及びバイパススイッチ構造を電気相互接続かつ積層させる段階と、

を含むことを特徴とする方法。

【請求項 1 0 5】

可撓性光起電性モジュールであることを特徴とする請求項 1 0 4 に記載の光起電性モジュール積層体。

【請求項 1 0 6】

剛性ガラスカバー付き光起電性モジュールであることを特徴とする請求項 1 0 4 に記載の光起電性モジュール積層体。

【請求項 1 0 7】

10

20

30

40

50

一体アイル型半導体ソーラーセルであって、

裏面バックプレーンに取り付けられたマスターセル半導体基板であって、該マスターセルが、複数の電気絶縁アイルを含み、該アイルの各々が、該マスターセル半導体基板を通して該裏面バックプレーンまで形成された隔離トレンチによって電気絶縁され、該アイルの各々が、光捕捉前側面とエミッタ及びベース接点を形成するための裏側面とを含む前記マスターセル半導体基板と、

前記アイルの前記裏側面上に位置決めされたエミッタ領域及びベース領域と、
を含み、

前記裏面バックプレーンは、前記エミッタ領域及び前記ベース領域に対応するエミッタ電極及びベース電極のパターンを有する導電金属化層を含む、

ことを特徴とするソーラーセル。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

〔関連出願への相互参照〕

本出願は、2012年11月5日出願のその全体がこれにより引用によって組み込まれる米国特許仮出願第61/722,620号の利益を主張するものである。

【0002】

本発明の開示は、一般的に太陽光発電(PV)セル及びモジュールの分野に関し、より具体的には、多くの利益をもたらす一体アイル型又はタイル型光起電性(PV)ソーラーセル及び関連モジュールに関する。

【背景技術】

【0003】

2012年現在において、結晶シリコン光起電性(PV)モジュールは、全体世界規模PV年間需要市場及び累計世界規模設置PV容量の少なくとも約85%を占めている。結晶シリコンPVのための製造工程は、チョクラルスキー(CZ)シリコンインゴット又は鑄造シリコン煉瓦で製造された単結晶又は多結晶シリコンウェーハで始まる結晶シリコンソーラーセルの使用に基づいている。非結晶シリコンベースの薄膜PVモジュール(例えば、CdTeシリコン、CIGSシリコン、有機シリコン、及びアモルファスシリコンのPVモジュール)は、低コスト製造工程の可能性をもたらすことができるが、主流の結晶シリコンPVモジュール(約14%から約20%までの範囲、殆どは約14%から17%までの範囲のモジュール効率を与えることができる)と比較して一般的に市販の薄膜PVモジュールに対してかなり低い変換効率(STCモジュール効率において約14%までの範囲)しか与えることができず、定番の結晶シリコンソーラーPVモジュールと比較すると、未実証の長期使用現場信頼性実績しか提供することができない。最先端の結晶シリコンPVモジュールは、様々な他のPV技術と比較して実質的に優れた全体エネルギー変換性能、長期使用現場信頼性、無毒性、及びライフサイクル持続性能をもたらす。更に、最近の発展及び進歩は、結晶シリコンPVモジュールの全体製造コストを\$0.80/Wpよりも押し下げた。再使用可能結晶シリコンテンプレート、薄肉の(例えば、約10µmから約100µmまで、一般的に70µmの結晶シリコン吸収体厚みの)エピタキシャルシリコン、バックプレーン取付/積層を用いた薄肉シリコン支持体、及び多孔質シリコンリフトオフ技術を用いて製作された高効率薄肉単結晶シリコンソーラーセルのような単結晶シリコン破壊技術は、強化された効率(標準試験条件又はSTCの下で少なくとも20%のソーラーセル効率及び/又はソーラーモジュール効率)、及び量産製造規模での\$0.50/Wpを十分に下回るPVモジュール製造コストの前途を与える。

【0004】

現在の結晶シリコン(又は他の半導体吸収体材料)ソーラーセルの構造及び加工方法は、多くの場合に、セル加工中及び/又はその後の並びに使用現場に設けられた結晶シリコンPVモジュールの作動中のセルの撓み及びセルの亀裂/破損に関するいくつかの欠点に悩まされる。ソーラーセル加工は、多くの場合に、半導体基板に対する有意な応力(例え

10

20

30

40

50

ば、熱応力及び／又は機械応力）を誘発し、これらの応力は、熱誘発の歪曲及び／又は亀裂の発生及び増殖（熱循環又は機械応力によるもの）をもたらす可能性がある。撓んだ又は非平面のソーラーセル基板は、ソーラーセルの加工中（結晶シリコンソーラーセルの加工中等）に有意な困難及び起こり得る製造収量の低下を有し、製造工程中にセル基板を平坦化するためにソーラーセル基板及び／又は基板エッジを支持基板担体上に挟着するという要件を呈する場合がある。平面化解決法は、ソーラーセル製造工程を複雑にする場合があり、その結果、製造コストの増大及び／又は製造スループット及び収量の何らかの妥協をもたらされる。更に、撓んだ又は非平面のソーラーセル基板は、モジュールの積層中にかつその後の使用現場でのPVモジュール作動中にセルの微小亀裂及び／又は破損の問題をもたらす場合がある（その結果、PVモジュールの電力低下又は電力損失をもたらされる）。これらの問題は、一般的に使用される156mm×156mm形式（正方形又は擬似正方形）ソーラーセルのような大面積ソーラーセルでは更に悪化すると考えられる。

10

【0005】

更に、特に相互嵌合型裏面接触又はIBC設計に基づく従来のソーラーセルは、比較的高いセル電流に起因して、多くの場合に比較的厚肉の金属化パターンを必要とし、それによってセル加工に複雑度が追加され、材料コストが増大し、セル半導体材料に有意な物理的応力が追加される場合がある。ソーラーセルの前面及び／又は裏面上で比較的厚肉の（例えば、IBCセル金属化では数十ミクロンの厚み範囲の）金属化パターンによって誘発される熱応力及び機械応力は、導電性金属（例えば、IBCソーラーセルに使用されるメッキ銅、又は従来の前面接触ソーラーセルに使用されるアルミニウム含有及び／又は銀含有のスクリーン印刷金属化ペースト）と半導体材料（例えば、薄肉結晶シリコン吸収体層）との間の熱膨張率又はCTEの不整合と合わさって、セル加工中（すなわち、セル金属化中及びその後）及びモジュール加工中（セル間相互接続及びモジュール積層組み立て中及びこれらの後）、並びに設置されたPVモジュールの使用現場での作動中に微小亀裂、セル破損、及びセル撓みをもたらす危険性を実質的に高める場合がある（すなわち、気象条件、温度変化、風誘発及び／又は積雪誘発、及び／又は設置関連のモジュール屈曲応力に起因して）。

20

【0006】

これに加えて、結晶シリコンモジュールは、多くの場合に、ソーラーセルの部分又は完全遮蔽によって引き起こされるホットスポット効果を排除し、かつこの効果をもたらす潜在的なソーラーセル及びモジュールの信頼性不足を防ぐために、約数アンペアから約10アンペアまでの範囲の比較的高い順方向バイアス電流と、約10ボルトから20ボルトまでの範囲の比較的高い逆方向バイアス電圧とを処理することができなければならない比較的高価な外部バイパスダイオードを利用する。PVモジュール内の1つ又は複数の遮蔽セルの逆方向バイアス印加によって引き起こされるそのような遮光誘発のホットスポット現象は、影響を受けるPVセル並びにPVモジュールのカプセル化材料とセル間相互接続とを永久に損傷し、更に、例えば、1つ又は複数のソーラーセルの完全遮蔽に起因して、又は部分遮蔽であったとしてもそれに起因して、PVモジュール内のPVセルの面に到達する日光が部分的に遮蔽されるか又はPVモジュール内で十分に均一ではない場合に火災害さえも引き起こす場合がある。バイパスダイオードは、多くの場合に、PVモジュールのサブ-ストリング上に配置され、一般的には、3つの20セルサブ-ストリングを有する標準の60セル結晶シリコンソーラーモジュール内で20個のソーラーセルのサブ-ストリング毎に1つの外部バイパスダイオード、又は24セルサブ-ストリングを有する72セル結晶シリコンソーラーモジュール内で24個のソーラーセルのサブ-ストリング毎に1つの外部バイパスダイオードが配置されるが、異なる個数の埋め込みソーラーセルを有する多くの他のモジュール形式及びモジュール構成が、いずれかの個数のセルを有するモジュールに対して可能である。直列接続セルストリングを通して外部バイパスダイオードを有するこの接続構成は、あらゆる遮蔽セルに起因する逆方向バイアスホットスポットを防止し、PVモジュールが様々な現実の遮蔽又は部分遮蔽及び汚損条件の下でそのモジュールの寿命を通して比較的高い信頼度で作動することを可能にする。ソーラーセルの遮蔽

30

40

50

又は汚損がない場合に、ストリング内の各セルは、基本的に、直列接続セルストリング内の他のセルと比較的適合する電流値を有する電流源として作用し、サブ・ストリング内の外部バイパスダイオードには、モジュール内のサブ・ストリングの合計電圧を有する逆方向バイアスが印加される（例えば、直列接続ストリング内の20個のセルは、結晶シリコンPVシステム内のバイパスダイオードの両端でおおまかに約10Vから12Vまでの逆方向バイアスを発生させる）。ストリング内のセルの遮蔽があると、遮蔽セルに逆方向バイアスが印加され、遮蔽セルを含むサブ・ストリングに対するバイパスダイオードが起動され、それによって非遮蔽サブ・ストリング内の良好／非遮蔽セルからの電流が外部バイパス回路内に流れることが可能になる。外部バイパスダイオード（一般的に、標準の主流60セル結晶シリコンPVモジュール接合ボックス内には、3つの外部バイパスダイオードが含まれる）は、セルの遮蔽の場合にPVモジュール及びセルを保護するが、それらはまた、実際には、設置されたPVシステムに対して環境発電及びエネルギー収量の有意な損失をもたらす可能性がある。

10

20

30

40

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

従って、高効率ソーラーセル製作方法及び設計に対する必要性が生じている。開示する主題により、一体アイル型ソーラーセル及びモジュールのための方法及び構造を提供する。これらの革新は、以前に開発されたソーラーセルに関連付けられた欠点及び問題を有意に低減又は排除する。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の開示の主題の一態様により、一体アイル型ソーラーセルを提供する。ソーラーセルは、受光前面と、受光前面と反対側にあり、電気絶縁バックプレーンに取り付けられた裏面とを有する半導体層を含む。トレンチ隔離パターンが、電気絶縁バックプレーン上で半導体層を絶縁されたアイルに仕切る。ベース及びエミッタ電極を有する第1金属層が、半導体層裏面上に位置決めされる。セル相互接続を与え、かつピアプラグによって第1金属層に接続されたパターン付き第2金属層が、バックプレーン上に位置決めされる。

【0009】

本明細書に開示する革新的な態様の利点は、以下に限定されるものではないが、高い可撓性及び亀裂の軽減、低いセル撓み及び改善された平面性、電圧増大及びセル電流低下、得られる低いオーミック損失、及びセル金属化厚要件の低減を含む。

【0010】

開示する主題のこれら及び他の利点、並びに追加の新しい特徴は、本明細書に提供する説明から明らかであろう。この要約の目的は、主題の網羅的な説明ではなく、主題の機能のうちの一部の短い概要を提供することである。本明細書に提供する他のシステム、方法、特徴、及び利点は、以下に続く図及び詳細説明の吟味によって当業者には明らかになるであろう。本明細書に含まれる全てのそのような追加のシステム、方法、特徴、及び利点は、特許請求の範囲内であるように意図している。

【0011】

開示する主題の特徴、性質、及び利点は、類似の参照番号が類似の特徴を示す図面と共に以下に示す詳細説明からより明らかになると考えられる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】正方形形状単一アイルマスターセルの上面図である。

【図2】正方形形状4×4アイル型正方形マスターセル（又はアイル型セル「icell」）の上面図である。

【図3A】ソーラーセル加工段階の後のバックプレーン取付ソーラーセルを示す断面図である。

【図3B】隔離トレンチ形成を含むソーラーセル加工段階の後のバックプレーン取付ソー

ラーセルを示す断面図である。

【図 4】エピタキシャルシリコンリフトオフ加工を使用するバックプレーン取付ソーラーセルの製作に関する代表的な工程流れ図である。

【図 5 A】裏面接触裏面接合ソーラーセルの形成のための製造工程流れ図であり、エピタキシャルシリコン及び多孔質シリコンのリフトオフ加工に基づく工程流れ図である。

【図 5 B】裏面接触裏面接合ソーラーセルの形成のための製造工程流れ図であり、開始結晶シリコンウェーハに基づく工程流れ図である。

【図 5 C】裏面接触裏面接合ソーラーセルの形成のための製造工程流れ図であり、エピタキシャルシリコン及びリフトオフ加工に基づく工程流れ図である。

【図 5 D】バックプレーン取付ソーラーセルを示す断面図である。

【図 5 E】バックプレーン取付ソーラーセルを示す断面図である。

【図 6 A】3 × 3 正方形形状アイル型正方形 i c e l l の上面図である。

【図 6 B】5 × 5 正方形形状アイル型正方形 i c e l l の上面図である。

【図 7 A】三角形形状 8 アイル型正方形 i c e l l 実施形態の上面図である。

【図 7 B】三角形形状 8 アイル型正方形 i c e l l 実施形態の上面図である。

【図 7 C】三角形形状 16 アイル型正方形 i c e l l 実施形態の上面図である。

【図 7 D】三角形形状 36 アイル型正方形 i c e l l 実施形態の上面図である。

【図 7 E】三角形形状 32 アイル型正方形 i c e l l 実施形態の上面図である。

【図 8】エッジ効果を有する典型的なソーラーセルの等価回路モデルを示す概略図である。

【図 9 A】正方形形状 4 × 4 アイル型 i c e l l 上に形成されたバスバーなし第 1 金属化層パターン (M 1) を示す裏面図である。

【図 9 B】図 9 の一部分の拡大図である。

【図 10 A】正方形形状 3 × 3 アイル型 i c e l l 上に形成されたバスバーなし第 1 金属化層パターン (M 1) を示す裏面図である。

【図 10 B】正方形形状 5 × 5 アイル型 i c e l l 上に形成されたバスバーなし第 1 金属化層パターン (M 1) を示す裏面図である。

【図 11 A】36 個の三角形形状アイル型 i c e l l 上に形成されたバスバーなし第 1 金属化層パターン (M 1) を示す裏面図である。

【図 11 B】図 11 A の一部分の拡大図である。

【図 12 A】正方形形状 5 × 5 アイル型 i c e l l 上に形成された第 2 金属化層パターン (M 2) を示す裏面図である。

【図 12 B】図 12 A の一部分の拡大図である。

【図 13】相互嵌合先細ベース及びエミッタフィンガを有する第 2 金属化層パターン (M 2) 単位セルを示す裏面図である。

【図 14 A】正方形形状 4 × 4 アイル型 i c e l l 上に形成された第 2 金属化層パターン (M 2) を示す裏面図である。

【図 14 B】図 14 A の一部分の拡大図である。

【図 15 A】正方形形状 3 × 3 アイル型 i c e l l 上に形成された第 2 金属化層パターン (M 2) を示す裏面図である。

【図 15 B】正方形形状 5 × 5 アイル型 i c e l l 上に形成された第 2 金属化層パターン (M 2) を示す裏面図である。

【図 16 A】各アイルが一体統合バイパススイッチ (M I B S) を有するアイル型マスターセル (i c e l l) の上面図である。

【図 16 B】裏面接触 / 裏面接合ソーラーセルの M I B S リム又は全周囲ダイオードソーラーセル実施形態を 1 つのアイル (又は図 16 A の I_{11} のような単位セル) に対して詳描する断面図である。

【図 16 C】裏面接触 / 裏面接合ソーラーセルの M I B S リム又は全周囲ダイオードソーラーセル実施形態を 1 つのアイル (又は図 16 A の I_{11} のような単位セル) に対して詳描する断面図である。

10

20

30

40

50

【図 17】全直列電気接続 i c e l l を示す概略図である。

【図 18 A】全直列電気接続 4 × 4 アイルアレイを有する i c e l l を示す概略図である。

【図 18 B】混成並列 - 直列電気接続 4 × 4 アイルアレイを有する i c e l l を示す概略図である (図 18 B の設計を 2 × 8 H P S 設計と呼ぶ)。

【図 18 C】混成並列 - 直列電気接続 8 × 8 アイルアレイを有する i c e l l を示す概略図である (8 × 8 H P S 設計と呼ぶ)。

【図 19 A】図 18 A の i c e l l 上の遮光管理スイッチの位置を示す図である。

【図 19 B】図 18 B の i c e l l 上の遮光管理スイッチの位置を示す図である。

【図 19 C】図 18 C の i c e l l 上の遮光管理スイッチの位置を示す図である。

10

【図 20】擬似正方形形状マスターセル基板の上面図である。

【図 21】混成並列 - 直列電気接続を有する擬似正方形形状 i c e l l を示す概略図である。

【図 22】全直列電気接続を有する擬似正方形形状 i c e l l を示す概略図である。

【図 23 A】マスターセル概観とアイルの個数及び M 2 相互接続設計に依存するエミッタ及びベースバスバーの相対位置とを示す概略図である。

【図 23 B】マスターセル概観とアイルの個数及び M 2 相互接続設計に依存するエミッタ及びベースバスバーの相対位置とを示す概略図である。

【図 24】60セルモジュール接続設計を示す概略図である。

【図 25】60セルモジュール接続設計を示す概略図である。

20

【図 26】60セルモジュール接続設計を示す概略図である。

【図 27】60セルモジュール接続設計を示す概略図である。

【図 28 A】混成並列 - 直列 i c e l l と比較して全直列 i c e l l を含む 60セル P V モジュールを用いた 600 V D C P V システムに対するモジュール接続を示す概略図である。

【図 28 B】混成並列 - 直列 i c e l l と比較して全直列 i c e l l を含む 60セル P V モジュールを用いた 600 V D C P V システムに対するモジュール接続を示す概略図である。

【図 29 A】混成並列 - 直列 i c e l l と比較して全直列 i c e l l を含む 60セル P V モジュールを用いた 1000 V D C P V システムに対するモジュール接続を示す概略図である。

30

【図 29 B】混成並列 - 直列 i c e l l と比較して全直列 i c e l l を含む 60セル P V モジュールを用いた 1000 V D C P V システムに対するモジュール接続を示す概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下に続く説明は、限定的な意味で捉えるべきものではなく、本発明の開示の基本原則を説明するために行うものである。本発明の開示の範囲は、特許請求の範囲を参照して決定しなければならない。本発明の開示の例示的实施形態を図面内に例示し、様々な図面の類似で対応する部分を指す上で類似の番号を使用する。

40

【0014】

重要な点として、実施形態に対して開示する例示的な寸法及び計算は、特定の実施形態に関する詳細説明として提供するものであり、開示する主題に従ってソーラーセルを形成及び設計するときの基本指針として使用すべきものである。

【0015】

また、本発明の開示を単結晶シリコン基板及び説明する他の製作材料を用いた相互嵌合型裏面接触 (I B C) ソーラーセルのようなバックプレーン取付 / 裏面接触ソーラーセルのような特定の実施形態を参照して説明するが、当業者は、本明細書に説明する原理を以下に限定されるものではないが非 I B C 裏面接触ソーラーセル (例えば、金属化ラップスルーソーラーセル又は M W T 裏面接触ソーラーセル、従来の前面接触セル、別の半導体材

50

料（例えば、シリコン、ヒ化ガリウム、ゲルマニウム、窒化ガリウム、他の二元半導体及び三元半導体のよううちの１つ又はその組合せ）を含む他の製作材料等を含む他のソーラーセル）、及び当業技術及び／又は過度な実験を要さない実施形態に適用することができるであろう。

【 0 0 1 6 】

更に、アイル型（タイル型とも呼ぶ）マスターセルアーキテクチャ（本明細書では *Island Cell*（アイル型セル）に対する略語である *icell* とも呼ぶ）及び代表的な製造工程流れ図の説明を再使用可能な単結晶テンプレート及び可撓性バックプレーン上での多孔質シリコンのリフトオフ加工を用いて形成された薄肉エピタキシャルシリコン裏面接触／裏面接合 *IBC* ソーラーセルを参照して行うが、本明細書に開示する新しい概念及び実施形態は、以下に限定されるものではないが、

- 再使用可能多結晶テンプレート及び可撓性又は剛性のいずれかのバックプレーン上での多孔質シリコンリフトオフ加工を用いて形成された薄肉エピタキシャルシリコン裏面接触／裏面接合 *IBC* ソーラーセル、

- 再使用可能単結晶テンプレート及び比較的剛性のバックプレーン上での多孔質シリコンリフトオフ加工を用いて形成された薄肉エピタキシャルシリコン裏面接触／裏面接合 *IBC* ソーラーセル、

- 再使用可能多結晶テンプレート及び可撓性又は剛性のいずれかのバックプレーン上での多孔質シリコンリフトオフ加工を用いて形成された薄肉エピタキシャルシリコンヘテロ接合（*SHJ*）ソーラーセル、

- 線鋸式チョクラルスキー（*CZ*）単結晶ウェーハ又はフロートゾーン（*FZ*）単結晶ウェーハ及び可撓性バックプレーンを用いて形成された裏面接合／裏面接触 *IBC* ソーラーセル、

- 線鋸式チョクラルスキー（*CZ*）単結晶ウェーハ又はフロートゾーン（*FZ*）単結晶ウェーハ及び剛性バックプレーンを用いて形成された裏面接合／裏面接触 *IBC* ソーラーセル、

- 線鋸式キャスト多結晶ウェーハ又はリボン多結晶ウェーハ及び可撓性バックプレーンを用いて形成された裏面接合／裏面接触 *IBC* ソーラーセル、

- 線鋸式キャスト多結晶ウェーハ又はリボン多結晶ウェーハ及び剛性バックプレーンを用いて形成された裏面接合／裏面接触 *IBC* ソーラーセル、

- 線鋸式キャスト多結晶ウェーハ及び可撓性バックプレーンを用いて形成された裏面接触非 *IBC*（例えば、金属化ラップスルー又は *MWT*）ソーラーセル、

- 線鋸式キャスト多結晶ウェーハ及び剛性バックプレーンを用いて形成された裏面接触非 *IBC*（例えば、金属化ラップスルー又は *MWT*）ソーラーセル、

- 線鋸式チョクラルスキー（*CZ*）単結晶ウェーハ又はフロートゾーン（*FZ*）単結晶ウェーハ及び可撓性バックプレーンを用いて形成された裏面接触非 *IBC*（例えば、金属化ラップスルー又は *MWT*）ソーラーセル、

- 線鋸式チョクラルスキー（*CZ*）単結晶ウェーハ又はフロートゾーン（*FZ*）単結晶ウェーハ及び剛性バックプレーンを用いて形成された裏面接触非 *IBC*（例えば、金属化ラップスルー又は *MWT*）ソーラーセル、

- 線鋸式チョクラルスキー（*CZ*）単結晶ウェーハ又はフロートゾーン（*FZ*）単結晶ウェーハ及び可撓性バックプレーンを用いて形成された半導体ヘテロ接合（*SHJ*）ソーラーセル、

- 線鋸式チョクラルスキー（*CZ*）単結晶ウェーハ又はフロートゾーン（*FZ*）単結晶ウェーハ及び剛性バックプレーンを用いて形成された半導体ヘテロ接合（*SHJ*）ソーラーセル、

- 線鋸式チョクラルスキー（*CZ*）単結晶ウェーハ又はフロートゾーン（*FZ*）単結晶ウェーハ及び可撓性バックプレーンを用いて形成された前面接触ソーラーセル、

- 線鋸式チョクラルスキー（*CZ*）単結晶ウェーハ又はフロートゾーン（*FZ*）単結晶ウェーハ及び剛性バックプレーンを用いて形成された前面接触ソーラーセル、

10

20

30

40

50

- 線鋸式キャスト単結晶ウェーハ及び可撓性バックプレーンを用いて形成された前面接触ソーラーセル、
- 線鋸式キャスト単結晶ウェーハ及び剛性バックプレーンを用いて形成された前面接触ソーラーセル、及び
- 結晶シリコン以外の異なる半導体材料を用いた上述のソーラーセルのうちのいずれかのもの、
を含む多くの他のタイプのソーラーセル（及びその得られるソーラーPVモジュール）に適用かつ実質的に利用することができる。

【0017】

本明細書では、共通又は連続するバックプレーンの層又はシートに取り付けられたマスターセル基板（すなわち、最初の連続半導体基板）から一体的に形成された電氣的及び物理的に隔離された個々の半導体領域を説明するのにアイル、アイランド、タイル、ペーパー、サブセル、及び／又はミニセルという表現を交換可能に使用する。アイル型マスターセル、ice11、又は修正メインセルという表現は、同じ元の半導体基板及びその後の修正アイル型ソーラーセルから形成された複数のアイル又はサブセルを意味する。ミニセルが形成される元の半導体の層又は基板をマスターセルと呼ぶ場合がある。

【0018】

更に、本明細書では、マスターセル（及びその複数のアイル又はミニセル）に対して機械的及び構造的な支持を与えて高度なソーラーセル相互接続設計を可能にするセル裏面上の材料の組合せ、例えば、ソーラーセル裏面に取り付けられた金属化層と電気絶縁層との組合せを説明するのにバックプレーンという表現を使用する場合がある。これに代えてかつ一部の事例では、ソーラーセル裏面上に形成かつ位置決めされた電気絶縁可撓性プリプレグ層のような材料層、従って、セル裏面上に少なくとも2つの金属化層を含むソーラーセル金属化構造を可能にする材料層を説明するのにバックプレーンという表現を使用する場合がある。バックプレーン層は、剛性又は可撓性のいずれかの材料の薄肉シート（例えば、最大で約250ミクロンの範囲にバックプレーンシート厚を有する）で製造することができる。裏面接触ソーラーセルを含む（相互嵌合型裏面接触IBC又は金属化ラップスルーMWTのいずれかを含む）用途では、バックプレーン層は、電気絶縁材料（可撓性又は剛性のいずれかの材料）で製造することができる。前面接触ソーラーセルを含む用途では、バックプレーン層は、電氣的又は電氣的伝導性のいずれかのものとする事ができる。殆どの事例では、バックプレーンという表現は、可撓性又は剛性のいずれかのものとする事ができるプリプレグ材料の薄肉シートを含むがこれに限定されない支持材料の連続薄肉シートを意味する。開示する主題に関する可撓性バックプレーンシートの使用は、ソーラーセルを可撓性の軽量PVモジュール内にパッケージ化することを可能にする（前面又は前面と裏面の両方に対するかなり重いガラスカバーシートを必要とせずに）。

【0019】

本出願は、一体アイル型ソーラーセル及びモジュールのための様々な構造及び方法を提供する。半導体基板としても公知の一枚の半導体材料層上に製作された複数の半導体素子及び対応する電気相互接続を説明するのに一体集積回路という表現を使用する。従って、一体集積回路は、一般的に、結晶シリコンのような半導体材料の薄肉連続薄板又は層上に製造される。本明細書に説明する一体ice11構造は、統合されるサブセルが全て一枚の半導体基板層の上に形成又は製造されるので（開始半導体ウェーハ又はエピタキシャル堆積のような気相成長法又は液相成長法によって形成された成長された半導体層のいずれかから）一体半導体集積回路である。更に、半導体基板層の裏面に取り付けられた連続バックプレーンの組合せは、開示する主題による一体統合ice11実施形態を可能にする。

【0020】

物理的又は領域的に隔離されたアイル（すなわち、最初の半導体基板が、共有の連続バックプレーン上に支持された複数の基板アイルに仕切られる）は、最初は連続している1つの半導体の層又は基板から形成され、従って、その得られるアイル（例えば、トレンチ

10

20

30

40

50

隔離領域又は半導体基板を貫通する切れ目を用いて互いから隔離されたトレンチ)は、連続バックプレーン(例えば、電気絶縁プリプレグ層のような可撓性バックプレーン)に取り付けられて支持された一体のものである。完成したソーラーセルは、一部の事例では、可撓性バックプレーン(例えば、プリプレグ材料、例えば、半導体基板材料のものに適合する比較的良好な熱膨張率又はCTEを有する材料で製造されたもの)に取り付けられた複数の一体統合アイル又はミニセルを含み、高いソーラーセルの柔軟性及び可撓性を与え、一方、半導体基板層内での微小亀裂発生及び亀裂増殖を抑制するか又は排除さえもする。更に、可撓性一体アイル型(又は一体統合アイルグループ)セル(i c e l lとも呼ぶ)は、いずれかの任意的な半導体層薄肉化エッチング処理、テクスチャエッチング処理、テクスチャ後の洗浄処理、PECVD不動態化処理、及び反射防止コーティング(ARC)処理のようなソーラーセル加工段階、並びに最終ソーラーセル金属化のようなソーラーセル加工段階を通して改善されたセル平面性を与え、比較的小さいか又は無視することができるセル撓みしか与えない(更に一部の処理実施形態において、熱誘導セル歪曲の軽減又は排除に起因して、基板の太陽光面PECVD処理も可能にする)。本明細書に開示するソーラーセルは、剛性ガラスカバー付きPVモジュールを製造するのに使用することができるが、本明細書に開示する構造及び方法は、モジュール積層中、更に、使用現場でのPVモジュール作動中のソーラーセル微小亀裂を有意に低減するか又は排除する一体アイル型マスターセル(すなわち、i c e l l)から可撓性の軽量PVモジュールを形成することも可能にする。これらの可撓性軽量PVモジュールは、住宅の屋上(住宅建造物一体型光起電性又はBIPVの屋上シングル/タイルを含む)用途、商業施設の屋上用途、地上設置の公共電力事業規模の発電施設用途、携帯可能及び搬送可能なPV発電用途、自動車(ソーラーPVサンルーフ等)用途、並びに他の用途を含むがこれらに限定されない様々な市場及び用途に対して使用することができる。

10

20

30

40

50

【0021】

本明細書に開示する技術革新の態様は、個々の又は組合せのいずれかで取りわけ以下に続く利点をもたらすことができる。

- アイル型ソーラーセル(i c e l l)は、低い金属化シート導電率又は厚みの要件(従って、低い金属化材料及び工程のコスト)を含む多くの利点の中でも取りわけ埋め込み遮光管理ダイオード(例えば、より低い定格電流のショットキーダイオード又はpn接合ダイオード)又は埋め込み最大電力点追跡(MPPT)電力オブティマイザー(埋め込みのMPPT DCからDCへのマイクロコンバータ又はMPPT DCからACへのマイクロインバータ等)のような関連の埋め込み電力電子機器構成要素に対する最大定格電流要件を低くするセルのアイル/タイル(又はサブセル)の個数(例えば、 $N \times N$ アレイ)に基づくソーラーセルの電圧及び電流の強度調整、特にソーラーセル電圧の強度を強め(言い換えれば、マスターセル出力電圧を増大させ)、ソーラーセル電流の強度を弱める(言い換えれば、マスターセル出力電流を低下させる)ことを可能にする。この強度調整により、バイパススイッチのような埋め込み電力電子機器構成要素のサイズ(例えば、フットプリント及び/又はパッケージ厚)及びコストを低減し(より高い定格電流を有するバイパススイッチは、より低い定格電流を有するバイパススイッチと比較して一般的により高いコストを有する)、低い電流(例えば、遮光にあるソーラーセルを保護するためにバイパススイッチが作動されて順方向バイアスが印加された時にバイパススイッチを通して流れる)に起因して埋め込み電力電子機器デバイス(分散遮光管理に使用されるバイパススイッチ、又はPVモジュールからの分散高電力/エネルギー収穫に使用されるMPPT電力オブティマイザー等)の性能を改善することができる。より低い定格電流(例えば、約1 Aから2 A)のショットキー障壁ダイオードは、10 Aから20 Aのショットキー障壁ダイオードよりも一般的にかなり廉価であり、かなり小さいパッケージを有することができる、かなり低い電力しか消費しない。より高いセル電圧を与え($N \times N$ までの増大率で)、かつより低いセル電流を与える($N \times N$ までの低下率で)ように構成されたi c e l l電気相互接続を有する本明細書に開示する実施形態(例えば、マスターセル又はi c e l lに対して $N \times N$ 個のアイルを使用する)は、より低コストでより小さく、電力消費がより

少ないバイパスダイオードの使用を可能にするために、同じソーラーセル電力に対してソーラーセル電圧を増大させると同時に、得られるソーラーセル電流を低下させることができる。例えば、 $V_{mp} = 0.60 \text{ V}$ の最大電力点電圧と $I_{mp} = 9.3 \text{ A}$ の最大電力点電流とを有する結晶シリコンのマスターセル又は $icell$ （ソーラーセルは、 $P_{mp} = 5.6 \text{ W}$ の最大電力点電力を生成する）を考えられたい。例えば、本明細書で更に詳しく説明するように、ソーラーセル裏面上の第1レベル金属（M1）と、電気絶縁バックプレーン層上の第2レベル金属（M2）との組合せを用いて全てのアイル又はサブセルが電気直列で接続されたミニセル（ $N = 5$ ）の 5×5 アレイ（ $S = 25$ ）を有するマスターセル又は $icell$ は、 $V_{mp} = 1.5 \text{ V}$ と $I_{mp} = 0.372 \text{ A}$ とを有する修正セルをもたらすことになり、言い換えれば、マスターセル又は $icell$ の電圧の強度が2.5倍だけ強められ、マスターセル又は $icell$ の電流の強度が同じ2.5倍だけ弱められる（同じマスターセルサイズのものであるが、本明細書に開示する $icell$ 構造を持たないソーラーセルと比較して）。

- 複数のアイル又はミニセルのより高い電圧及びより低い電流のマスターセル（ $icell$ ）に起因して、ダイナミックレンジ応答のような優れた性能を有するより高い変換効率、より低いコスト、より小さいフットプリントの埋め込み/分散最大電力点追跡（MPPT）電力最適化（DCからDCへ又はDCからACへの）チップをソーラーセル裏面上（例えば、本明細書に開示するバックプレーン取付 $icell$ のバックプレーン上）に積層された及び/又は直接統合されたモジュール内に埋め込むことができる。一実施形態において、 $icell$ は、廉価な単一チップのMPPT電力最適化（DCからDCへのマイクロコンバータ又はDCからACへのマイクロインバータ）を使用することができる。

- 埋め込みバイパススイッチが各 $icell$ に接続され、使用現場に設けられたPVモジュールに対してより高い有効エネルギー収率を与える分散セルレベル統合遮光管理の廉価な実施が可能になる。一実施形態において、この実施は、部分遮蔽中に影響を受ける/遮蔽されるタイル又はミニセルしか短絡されず、一方、残りのものが電力を生成して供給するように、各アイルの周囲の周りに形成された一体統合バイパススイッチ（MIBS）を含むことができる。

- 例えば、 $N \times N$ のアイル個数倍だけ低下したアイル型ソーラーセル（ $icell$ ）の低下電流は、低いオーミック損失に起因して、パターン付き金属化シートの要求導電率と要求厚みとを低減する。言い換えれば、金属化シートの導電率と厚みの要件は、有意に低減されたオーミック損失に起因して緩和される。より薄肉のソーラーセル金属化構造は、ソーラーセル加工に関するいくつかの利点を有し、有意な製造コスト低減（例えば、セル毎にかなり少ない金属化材料しか要求されない）に加えて、比較的厚肉の（例えば、相互嵌合型の裏面接触又はソーラーセルでは数十ミクロンの）金属化構造に関する熱応力及び機械応力、及び導電性金属と半導体材料の間のCTE不整合を低減することを可能にすることができる。通常、銅又はアルミニウムのような金属化材料は、半導体材料と比較してかなり高いCTEを有する。例えば、アルミニウム、銅、及び銀（高導電性金属）の線形CTEは、それぞれ約 $23.1 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ 、 $17 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ 、及び $18 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ である。しかし、シリコンの線形CTEは、 $3 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ 前後である。従って、これらの高導電性金属化材料とシリコンの間には比較的大きいCTE不整合が存在する。金属化材料とシリコンの間のこれらの比較的大きいCTE不整合は、特にソーラーセルに対して比較的厚肉の金属化構造（IBCソーラーセルに使用される厚板状の銅のような）を使用する場合に深刻なセル製造収率問題及びPVモジュール信頼性問題をもたらす可能性がある。

- 相互嵌合型裏面接触（IBC）ソーラーセルに関して本明細書に説明する二重層金属化パターンのような多層金属化パターンでは、 $icell$ アーキテクチャの電流及び電圧の強度調整に起因して、例えば、アルミニウム又は銅を含む第2レベル金属（M2）は、かなり薄肉にすることができ、従って、湿式メッキ法を用いずに、セルに対して実質的に弱い機械応力しか与えず、セルに対して弱い化学侵食性のみを有する工程（例えば、金属蒸着及び/又はプラズマスパッタリングのような物理蒸着（PVD）、金属ペーストスクリ

10

20

30

40

50

ーン印刷、又はインクジェット印刷による金属インク印刷のような乾式加工方法)を用いて堆積させることができる。一部の事例では、複数の可撓性アイルを使用する i c e l l アーキテクチャがプリプレグの C T E 要件を低減/緩和するので(例えば、バックプレーン層と半導体基板の間の相対的 C T E 整合要件を緩和することにより)、バックプレーンを形成する材料(プリプレグのような)コストが低減される。バックプレーンシートと半導体基板の間の相対的 C T E 整合要件は、バックプレーンに取り付けられたより小さい連続セル区域しか存在しない(連続バックプレーンシート上で半導体基板を複数のアイル又はサブセルに仕切るトレンチ隔離領域に起因して)ことで低減され、連続バックプレーンに取り付けられた連続ミニセル区域は、トレンチ隔離によって囲まれたアイルの区域又は領域によって定められる。

10

- トレンチで分離され、電氣的に仕切られたアイルに対する基板領域は、相対的可撓性を与え、セル撓みを更に軽減し、セル加工中にマスターセル(全 i c e l l 区域)にわたって相対的平面性を維持し(一部の事例では太陽光面セル P E C V D 堆積のようなセル不動態化処理も可能にし)、セル製作、モジュール積層の後、及び使用現場における様々な気象条件下における P V モジュールの作動中の長期材料応力を低減する。

【0022】

開示する技術革新の重要な用途は、以下に限定されるものではないが、住宅の屋上のための可撓性ソーラーセル及び可撓性軽量 P V モジュール用途、住宅建造物及び商業建造物における建造物一体型光起電性(B I P V)用途、商業施設の屋上用途、地上設置の公共電力事業規模の発電施設用途、自動車用途、携帯可能電子機器用途、携帯可能及び搬送可能な発電用途、及び他の特殊用途を含む。本明細書に開示する実施形態は、上述の住宅の屋上用途、商業施設の屋上用途、B I P V、地上設置の公共電力事業用途、自動車用途、携帯可能及び搬送可能な発電用途、及び他の特殊用途を含む広範囲の用途のためのガラスカバー付き剛性ソーラー P V モジュールにパッケージ化するか又は積層させることができる剛性又は可撓性のいかなるソーラーセルも含む。

20

【0023】

図1は、i c e l l を生成するための複数のアイルのない従来技術の標準ソーラーセル幾何学形状であるセルパターンのための正方形形状の単一アイルの代表的な概略図である。この図では完全な正方形形状のセルとして示すが、ソーラーセルは、擬似正方形、矩形、他の多角形状、又はあらゆる他の関心形状として成形することができる。図1は、セル周囲境界又はエッジ領域12によって定められ、辺長Lを有する単一アイルIの(又は非アイル型又は非タイル型の)標準正方形形状ソーラーセル10の上面図又は平面図を示す概略図である。現在の又は主流の結晶シリコンソーラーセルは、多くの場合に、X x X (Xは、一般的に約100mmから210mmまでの範囲にあり、又は更に大きい値である)程度のセル正方形区域を有する矩形/正方形形状のもの(大部分が完全正方形又は擬似正方形のいずれかの形状のウェーハ)、例えば、125mm x 125mm、156mm x 156mm、又は210mm x 210mmのソーラーセルである。更に、本明細書では正方形形状のソーラーセルを例示的マスターセル(マスターセルは、元の連続半導体基板から製造された単一ソーラーセルとして定められる)形状として使用するが、マスターセルは、様々な形状を取ることができ(例えば、擬似正方形)、様々な幾何学寸法を有することができる。

30

40

【0024】

セル周囲境界又はエッジ領域12は、4Lの全長を有し、従って、ソーラーセル10は、4Lの合計周囲寸法を有する。ソーラーセル半導体(例えば、シリコン基板層)吸収体厚みをWとすると(図3Aの断面図を参照されたい)、セル作用面積の数分の1であるセルエッジ面積は、 $R = (4LW) / (L^2) = 4W / L$ である比Rとして定められる。L = 156mm及びW = 40µm(ミクロン)厚のシリコン基板(例えば、エピとしても公知のエピタキシャル成長シリコンの層、又はこれに代えて元の線鋸式CZ、FZ、又は多結晶シリコンウェーハから形成されたsシリコン層)を有する薄肉シリコンソーラーセルでは、 $R = 4 \times 40 \times 10^{-3} / 156$ 、従って、 $R = 0.0010$ (又は0.10%)で

50

ある。更に、 $W = 200 \mu\text{m}$ 厚のシリコン基板（例えば、CZ単結晶ウェーハ又はキャスト多結晶ウェーハからのもの）を有する従来の標準ソーラーセルでは、 $R = 0.0050$ （又は 0.50% ）である。一般的に、低い無負荷電圧及び/又は低い短絡電流、従って、低いソーラーセル変換効率をもたらす可能性があるエッジに関するソーラーセル再結合損失を最小にするために、ソーラーセルソーラーセル構造は、比較的小さく、例えば、約 5% よりも小さく、一部の事例では約 1% よりも小さく、作用セル面積と比較したエッジ面積（エッジ対セル比とも呼ぶ）を有すべきである。エッジ誘導損失は、ソーラーセルエッジ領域の適正な不動態化により、更にエッジ領域からのエミッタ接合領域の隔離/分離によって（従って、ソーラーセル効率の損失なしにより大きいエッジ面積分量に対する公差を与えることで）有意に軽減することができる。

10

【0025】

図2は、*icell*パターン（正方形形状アイル及び正方形形状*icell*に対して示す）、並びに $N \times N = 4 \times 4 = 16$ 個のアイル（又はサブセル、ミニセル、タイル）に対する均一サイズ（同一のサイズ）の正方形形状アイルの代表的な略平面（前面又は上面）図である。この概略図は、トレンチ隔離領域によって仕切られた複数のアイルを示す（ $4 \times 4 = 16$ 個のアイルとして示す）。図2は、辺長 L を有し、セル周囲境界又はエッジ領域22によって定められ、同じ元の連続基板から形成され、 I_{11} から I_{44} として示したマスターセル裏面上の連続バックプレーン（バックプレーン及びソーラーセル裏面は示していない）に取り付けられた16個の均一な正方形形状アイルを含む 4×4 均一アイル型（タイル型）マスターソーラーセル又は*icell*20の略上面図又は略平面図である。各々のアイル、サブセル、ミニセル、又はタイルは、トレンチ隔離又はアイル仕切境界24として示す内部アイル周囲境界（例えば、マスターセル半導体基板厚を通して切断され、アイル辺寸法よりも有意に小さいトレンチ幅を有し、トレンチ幅が数百ミクロンを超えず、一部の事例では約 $100 \mu\text{m}$ よりも小さく、又はそれと等しく、例えば、数 μm から約 $100 \mu\text{m}$ までの範囲にある隔離トレンチ）によって定められる。メインセル（又は*icell*）周囲境界又はエッジ領域22は、 $4L$ という合計周囲長を有するが、全てのアイルの周囲寸法を含む全*icell*エッジ境界長は、セル周囲境界22（セル外側周囲とも呼ぶ）とトレンチ隔離境界24とを含む。従って、正方形形状アイル実施形態において $N \times N$ 個のアイル又はミニセルを含む*icell*では、全*icell*エッジ長は $N \times$ セル外側周囲である。従って、 $N = 4$ である $4 \times 4 = 16$ 個のアイルを有する*icell*を示す図2の代表例では、全セルエッジ長は、 $4 \times$ セル外側周囲 $4L = 16L$ である（従って、この*icell*は、図1に示す標準の従来技術セルのものよりも4倍大きい周囲寸法を有する）。寸法 $156 \text{ mm} \times 156 \text{ mm}$ を有する正方形形状のマスターセル又は*icell*では、正方形アイル辺寸法は約 $39 \text{ mm} \times 39 \text{ mm}$ であり、各々のアイル又はサブセルは、 15.21 cm^2 の面積毎アイルを有する。

20

30

【0026】

図3A及び図3Bは、ソーラーセル加工の異なる段階中のバックプレーン取付ソーラーセルの代表的な略断面図である。図3Aは、工程段階の後かつ仕切トレンチ領域の形成の前のバックプレーン取付ソーラーセルの概略断面図を示している。図3Bは、いくつかの工程段階の後かつトレンチ仕切アイルを定めるための仕切トレンチ領域の形成の後のバックプレーン取付ソーラーセルの概略断面図を示している。図3Bは、 $N \times N = 4 \times 4 = 16$ 個のアイル（又はサブセル、ミニセル、タイル）に対して均一サイズ（同一のサイズ）の正方形形状アイルを示す*icell*パターン（正方形形状アイル及び正方形形状*icell*に対して示す）に関する図2の視軸Aに沿った図2の*icell*の概略断面図を示している。

40

【0027】

図3A及び図3Bは、それぞれ、トレンチ隔離又は仕切領域の形成の前のバックプレーン上の一体マスターセル半導体基板の概略断面図、及びトレンチ隔離又は仕切領域の形成の後のマスターセルから形成されたバックプレーン上の一体アイル型又はタイル型ソーラーセルの概略断面図である。図3Aは、幅（半導体層厚） W を有し、バックプレーン32

50

(例えば、電気絶縁連続バックプレーン層、例えば、薄肉の可撓性プリプレグシート)に取り付けられた図1に示すものと類似の半導体基板30を含む。図3Bは、図2のセルのA軸に沿う断面図として示したアイル型ソーラーセル(i c e l l)の断面図である。図示のように、図3Bは、各々がトレンチで仕切られた半導体層幅(厚)Wを有し、バックプレーン32に取り付けられたアイル又はミニセル I_{11} 、 I_{21} 、 I_{31} 、及び I_{41} を含む。ミニセルの半導体基板領域は、内部周囲仕切境界、トレンチ仕切境界24によって物理的かつ電氣的に隔離される。アイル又はミニセル I_{11} 、 I_{21} 、 I_{31} 、及び I_{41} は、図3Aに示す同じ連続半導体基板から一体的に形成される。図3Bのi c e l lは、図3Aの半導体/バックプレーン構造から取り付けられたバックプレーンに至るまで半導体層を貫通してトレンチングすることによって望ましいミニセル形状(例えば、正方形形状のミニセル又はアイル)の内部周囲仕切境界を形成することによって形成することができる(トレンチで仕切られたアイル又はミニセルは連続バックプレーンによって支持される)。アイルを形成するための半導体基板のトレンチ仕切は、連続バックプレーンシートを分割せず、従って、得られるアイルは、連続バックプレーンの層又はシートによって支持され、そこに取り付けられたままに留まる。最初は連続している半導体基板の厚みを貫通するトレンチ仕切の形成工程は、例えば、パルスレーザによるアブレーション又はダイスカット、機械ソーダダイスカット、超音波ダイスカット、プラズマダイスカット、ウォータージェットダイスカット、又は別の適切な工程によって実施することができる(連続バックプレーン上に複数のアイル、ミニセル、又はタイルを形成するためのトレンチ隔離工程を指す上でダイスカット、カッティング、スクライビング、及びトレンチングを交換可能に使用することができる)。ここでもまた、バックプレーン構造は、バックプレーン支持シートをパターン付き金属化構造と併せた組合せを含むことができ、バックプレーン支持シートは、半導体層に機械的支持を与え、得られるi c e l l(可撓性バックプレーンシートを使用する可撓性バックプレーン、剛性バックプレーンシートを使用する剛性ソーラーセル、又は半可撓性バックプレーンシートを使用する半可撓性ソーラーセルのいずれか)に対して構造的な一体性を与える。ここでもまた、連続バックプレーン支持シートとパターン付き金属化構造との組合せに対してバックプレーンという表現を使用する場合があるが、より一般的には、半導体基板の裏面に取り付けられ、i c e l l半導体基板領域と全体のパターン付きソーラーセル金属化構造の両方を支持するバックプレーン支持シート(例えば、電気絶縁薄肉プリプレグシート)を指す上でバックプレーンという表現を使用する。

10

20

30

【0028】

上述したように、現在、結晶(単結晶と多結晶の両方)シリコンの光起電性(PV)モジュールは、全世界のソーラーPV市場の約85%超を占め、これらの結晶シリコンPVモジュールの開始結晶シリコンウェーハのコストは、現在、全PVモジュール製造コストの約30%から50%を構成する(正確な比は、技術のタイプ及び様々な経済的ファクタに依存する)。更に、本明細書に提供する主要実施形態を裏面接触/裏面接合(相互嵌合型裏面接触又はIBC)ソーラーセルとして説明するが、本明細書に開示する一体アイル型ソーラーセル(又はi c e l l)による技術革新の全ては、結晶シリコン(例えば、数ミクロンから約200ミクロンまでの範囲に最終セルシリコン層厚を有する単結晶シリコン又は多結晶シリコンのいずれか)又は別の結晶(単結晶又は多結晶)半導体吸収体材料(ゲルマニウム、ヒ化ガリウム、窒化ガリウム、又は他の半導体材料、又はその組合せを含むがこれらに限定されない)を使用するセル設計である金属化ラップスルー(MWT)裏面接触ソーラーセル、半導体ヘテロ接合(SHJ)ソーラーセル、前面接触/裏面接合ソーラーセル、前面接触/前面接合ソーラーセル、不動態化エミッタ及び背面接触(PERC)ソーラーセル、並びに他の前面接触/前面接合ソーラーセルのような様々な他のソーラーセルアーキテクチャに拡張可能かつ適用可能である。本明細書に開示する一体アイル型ソーラーセル(又はi c e l l)による技術革新は、化合物半導体多重接合ソーラーセルに拡張可能かつ適用可能である。

40

【0029】

開示する一体アイル型ソーラーセル又はi c e l lの重要な利点は、セル加工中にこれ

50

らのセルを一体的に製作することができ、更に既存のソーラーセル製作工程流れ図内に容易に統合することができる点である。本明細書に開示するアイル型マスターセル実施形態は、図4に示すエピタキシャルシリコンリフトオフ工程流れ図を用いて製作されたバックプレーン取付裏面接触ソーラーセルを含む多くのバックプレーン取付ソーラーセル設計、加工方法、及び半導体基板材料と併せて使用することができる。図4は、1つのそのようなセル製作工程である低コストで高効率の裏面接合/裏面接触結晶シリコンソーラーセル及びモジュールを生成するために、シリコン材料の使用を有意に低減し、従来の結晶シリコンソーラーセル製造段階内のいくつかの工程段階を排除する比較的薄肉(数ミクロンから約100ミクロンまでの範囲の厚み)のエピタキシャルシリコンリフトオフ加工を使用する結晶シリコンソーラーセル製造工程の重要な工程段階に着目した一般的な裏面接触ソーラーセル製造工程流れ図の概略図を示している。特に、図4の工程流れ図は、再使用可能な結晶(単結晶又は多結晶のいずれかの)シリコンテンプレートと、多孔質シリコンのシード及び剥離層上へのエピタキシャルシリコン堆積とを用いて形成されたスマートセル及びスマートモジュール設計(すなわち、ソーラーセル及びモジュールからの強化された環境発電のための埋め込み分散電子機器構成要素を可能にする)に対する任意的な公差を有するソーラーセル及びモジュールに向けて、本明細書に開示する一体アイル型セル(ice11)の構造及び方法を利用して統合することができる製作を示すソーラーセル裏面に取り付けられたバックプレーン(例えば、ソーラーセル裏面に積層されたプリプレグバックプレーンシート)を有するバックプレーン取付結晶シリコンソーラーセルの製作である。

10

20

【0030】

図4のソーラーセル工程流れ図は、一体アイル型ソーラーセル又はice11を形成するのに使用することができる。図4に示す工程は、制御された孔隙率を有する多孔質シリコンの薄肉の(数分の1ミクロンから数ミクロンまでの)犠牲層が上に形成された(例えば、電流の存在下におけるHF/IPA又はHF/酢酸の湿式化学作用中でのテンプレート面の修飾のための電気化学エッチング工程により)再使用可能(少なくとも数回、一部の事例では約10回から約100回の間で再使用されることになる)結晶シリコンテンプレート、例えば、p型の単結晶又は多結晶のシリコンウェーハを用いて始まる。多孔質シリコン層は、低孔隙率表層と高孔隙率埋め込み層とを有する少なくとも2つの層を有することができる。開始材料又は再使用可能結晶シリコンテンプレートは、例えば、フロートゾーン(FZ)、チョクラルスキー(CZ)、磁気安定化CZ(MCZ)のような結晶成長法を用いて形成された単一結晶(単結晶としても公知)のシリコンウェーハとすることができ、かつそのようなシリコンウェーハを覆って成長させたエピタキシャル層を任意的に含むことができる。これに代えて、開始材料又は再使用可能結晶シリコンテンプレートは、例えば、キャスト法又はリボンのいずれかを用いて形成された多結晶シリコンウェーハとすることができ、かつそのようなシリコンウェーハを覆って成長させたエピタキシャル層を任意的に含むことができる。テンプレート半導体ドーピング型は、p又はnのいずれでもよく(多くの場合に、多孔質シリコン形成を容易にするために比較的重度のp型ドーピング)、ウェーハ形状は、最も一般的に正方形形状であるが、準正方形(擬似正方形)、六角形、丸形などのようないずれかの幾何学又は非幾何学形状とすることができ。

30

40

【0031】

高品質エピタキシャルシード層と得られるエピタキシャルシリコン層に向けたその後の分離/リフトオフ層との両方として機能する犠牲多孔質シリコン層の形成時に、原位置ドーピング(例えば、n型エピタキシャルシリコン層を形成するためにリンでドーブされた)結晶(単結晶又は多結晶のいずれか)シリコンの薄層(例えば、数ミクロンから約100ミクロンまでの範囲の層厚、一部の事例では約50ミクロンよりも小さいエピタキシャルシリコン厚)が、犠牲多孔質シリコン層上に形成され、この形成をエピタキシャル成長とも呼ぶ。原位置ドーピング結晶(単結晶テンプレート上の単結晶層又は多結晶テンプレート上の多結晶層のいずれか)シリコン層は、例えば、トリクロロシラン又はTCSのようなシリコンガスと水素と(更にn型リンドーピングのための PH_3 のような望ましいド

50

ーパントと)を含む雰囲気中の化学気相蒸着又はCVD工程を用いた大気圧エピタキシによって形成することができる。

【0032】

ソーラーセル加工段階の一部(一部の事例では裏面ドーピングによるエミッタ形成、裏面の不動態化、その後のベース及びエミッタの領域への金属化接触に向けてドーブされるベース及びエミッタの接触領域、及びソーラーセルの金属化を含む)の完了の後に、永続的なセルの支持及び補強に向けて、更にソーラーセルの高導電性セル金属化構造の形成を助けるために(例えば、バックプレーン取付の前のソーラーセル裏面上のパターン付き第1金属化層又はM1と、バックプレーン取付の後、更に再使用可能テンプレートからのバックプレーン取付ソーラーセルのリフトオフ剥離の後のバックプレーン取付ソーラーセルの裏面上のパターン付き第2金属化層又はM2とを使用する二層金属化構造を用いて)、比較的廉価なバックプレーン層を薄肉エピ層に取り付けることができる。連続バックプレーン材料は、セル工程の自己完了性及び信頼性の要件を満たすプリント回路基板において一般的に使用される廉価なプリプレグ材料のような薄肉(例えば、約50ミクロン厚から約250ミクロン厚の範囲の厚みを有する)かつ可撓性の電気絶縁ポリマー材料シートで製造することができる。次いで、部分的に処理された裏面接触裏面接合(IBC)バックプレーン取付ソーラーセル(例えば、約100mm×100mm、125mm×125mm、156mm×156mm、210mm×210mm、又はそれよりも大きいソーラーセル面積、又は約100cm²から数百cm²の範囲、又は更にそれ以上のソーラーセル面積を有する)は、機械的に弱い犠牲多孔質シリコン層に沿って再使用可能テンプレートから分離されてリフトオフ(剥離)され(例えば、リフトオフ剥離を可能にするために高孔隙率の多孔質シリコン界面を分裂させる機械的剥離又はMRリフトオフ工程により)、全体のソーラーセル製造コストを低減するために、テンプレートは調整(例えば、洗浄)して複数回(例えば、約10回と100回の間)再使用することができる。次いで、残りのリフトオフ後ソーラーセル加工をバックプレーン取付ソーラーセル上、例えば、最初に、リフトオフにされてテンプレートから剥離された後に露出されるソーラーセル上面(又は前面)上に実施することができる。ソーラーセルの前面又は上面の処理は、例えば、前面テクスチャ化(例えば、アルカリ性又は酸性のテクスチャ化を用いた)、テクスチャ後の面調製(洗浄)、並びに堆積工程を用いた前面不動態及び反射防止コーティング(ARC)の形成を完了する段階を含むことができる。前面不動態及びARC層は、プラズマ強化化学気相蒸着(PECVD)工程及び/又は別の適切な加工方法を用いて堆積させることができる。

【0033】

本明細書に開示する一体アイル型セル(icell)の構造及び方法は、例示的に開示するソーラーセル製作工程流れ図のようなデバイス製作中に製造の工程段階又はツールを実質的に変更又は追加することなく、従って、ソーラーセルを製造するコストを実質的に増加させることなく、更に主ソーラーセル製作工程流れ図を有意に変更することなく統合することができる。実際に、本明細書に開示する一体アイル型セル(icell)の構造及び方法は、ソーラーセルを製造するコストを例えば金属化コストを低減すること(少ない金属化材料及び廉価な金属化工程を用いて)、及び/又はソーラーセル及びモジュールの製造収量を改善すること(ソーラーセルの微小亀裂又は破損の実質的な軽減により)によって低減することができる。

【0034】

一実施形態において、内部アイル仕切りトレンチ境界を形成してトレンチで仕切られた複数のアイル、ミニセル、サブセル、又はタイルを生成するためのマスターセル半導体基板のスクライビング(トレンチング、カッティング、又はダイスカットとしても公知)をマスターセルシリコン基板層厚(例えば、エピタキシャルシリコン層厚は、約数ミクロンから約100μmまでの範囲にあるとすることができる)を貫通するパルスレーザ融除(例えば、ナノ秒パルスレーザスクライビング)、機械的スクライビング方法、又はプラズマスクライビング方法のような適切な方法を用いて、前面又は上面から実施することがで

きる（バックプレーン取付エピタキシャルシリコン基板層のリフトオフ剥離の後に）。パルスレーザ融除スクライピング（又は上述の別の適切なトレンチスクライピング方法）は、半導体基板層の厚みを貫通するスクライピングが、薄肉シリコン層の全厚を完全に貫通する比較的幅狭の（例えば、100ミクロンよりも小さい幅の）トレンチ隔離領域を形成して実質的にバックプレーンにおいてノの上で停止するように実施することができ（連続バックプレーン材料層の除去及びスクライピングは比較的小さいか又は無視することができる）、従って、連続バックプレーン層上で支持される完全に仕切られた一体アイル（又はサブセル、ミニセル、又はタイル）が一体的に生成される。約数ミクロンから約200ミクロン程度の大きさまでの範囲の厚み（図2にWとして示すマスターセル基板の厚み又は幅）を有するマスターセル基板内に複数のアイル及びそれに関するトレンチ仕切境界を形成するための仕切トレンチング法は、例えば、ナノ秒パルスレーザ融除（UV、緑色、IRのような適切なレーザ波長を用いた）等によるパルスレーザスクライピング（又はダイスカット又はトレンチング）、超音波によるスクライピング又はダイスカット、機械的なソー又はブレードなどを使用することによる機械的トレンチング、パターン付き化学エッチング（湿式とプラズマの両方のエッチング）、エッチングペーストのスクリーン印刷に続くエッチング活性化及びエッチングペースト残留物の濯ぎ洗浄、又は公知又は上述のトレンチング法のいずれかの組合せを含む。トレンチングのためのパルスレーザ融除処理は、比較的高い工程スループットでのアイル又はミニセルの境界の直接パターン化を可能にし、比較的幅狭の（例えば、約100ミクロンよりも小さいトレンチ幅の）トレンチの形成を可能にし、いかなる工程消耗もない（従って、非常に低い工程コスト）といういくつかの利点を与えることができる。しかし、複数のアイル又はサブセルを仕切るのに使用されるトレンチング法とは無関係に、トレンチ幅を縮小又は最小にするように特別な注意を払わなければならない、例えば、icell仕切トレンチに起因するソーラーセル面積損失を全icell面積のうちの比較的小さいか又は無視することができる分量（例えば、全icell面積のうちの約1%よりも小さい）とすることが望ましい場合がある。それによって仕切トレンチに起因するicellの全面積効率の損失を比較的無視することができる（例えば、1%相対値よりも小さい）ことを確実にする。ナノ秒パルスレーザ融除処理は、100ミクロンを有意に下回る（例えば、約10ミクロンから60ミクロンの）トレンチ幅を有するトレンチの高収量形成機能を有する。例えば、パルスレーザ融除トレンチングによって形成された例えば156mm×156mmのマスターセル面積を有する正方形形状icell、 $4 \times 4 = 16$ 個のアイル（又はミニセル）、及び50ミクロン（0.05mm）のトレンチ幅を有する仕切トレンチでは、全マスターセル面積（又はicell面積 A_{icell} ）に対する全トレンチ平面積 A_{trench} の面積分率Rは、 $R = A_{trench} / A_{icell} = 6 \times 156 \text{ mm} \times 0.05 \text{ mm} / (156 \text{ mm} \times 156 \text{ mm})$ 又は $R = 0.00192$ として計算することができる。従って、これは、0.00192又は約0.2%の面積分率Rを表している。この面積分率Rは極めて小さい面積分率であり、仕切トレンチ面積の得られる無視することができる全面積icell効率損失を確実にする。現実には、トレンチ隔離区域又はトレンチ仕切区域上に入射する直接的及びノ又は拡散した太陽光をアイル半導体エッジ領域上で少なくとも部分的に、時に大部分を吸収することができ、これらの光が光発電工程に寄与することができるので、全面積icell効率損失は、これらの条件下では相対比で0.2%よりも小さくなる。

【0035】

本明細書に説明する一体アイル型（タイル型）ソーラーセルの製作方法及び構造は、エピタキシャルシリコンリフトオフ加工（上述）を用いて形成されたもの又は単結晶（CZ、MCZ、又はFZ）ウェーハ又は多結晶ウェーハ（キャストウェーハ又はリボン成長ウェーハ）のような結晶シリコンウェーハを用いて形成されたものを含む様々な半導体（例えば、薄肉エピタキシャルシリコン又は薄肉結晶シリコンウェーハのような結晶シリコンを含むがこれに限定されない）ソーラーセル（例えば、セル半導体吸収体が、数ミクロンから約200ミクロンまでの範囲の厚みを有する様々な設計の前面接触又は裏面接触のソーラーセル）に適用可能である。

10

20

30

40

50

【0036】

裏面接触／裏面接合正方形形状セル（例えば、エピタキシャルシリコンリフトオフ加工又はバックプレーン補強を有する結晶シリコンウェーハセルのいずれかを用いて形成された高効率裏面接触／裏面接合IBCセル）では、マスターセルアイル（タイル、ペーパー、サブセル、又はミニセルとも呼ぶ）を $N \times N$ 個の正方形形状アイル、 $N \times M$ 個の矩形形状アイル、 K 個の三角形形状アイル、又はいずれかの形状のアイル、又は共有マスターセル（ice11）連続バックプレーン上でのこれらのアイルの組合せとして形成することができる（例えば、結晶シリコン基板のナノ秒パルスレーザスクライビングを用いて）。エピタキシャルリフトオフ加工を用いて製作されるソーラーセルの場合に、アイル仕切りトレンチング工程は、部分的に処理されたバックプレーン取付マスターセルのリフトオフ剥離の直後で、前側面のテクスチャ化及びテクスチャ後面洗浄のような残りの工程段階の前、又は前面テクスチャ化及びテクスチャ後面洗浄の直後で、前側面不動態化及び反射防止コーティング（ARC）層を形成するための工程の前に行うことができる。湿式エッチングテクスチャ工程（低い光反射損失に向けてソーラーセル前面テクスチャを形成するための）の前に、パルスレーザスクライビング又は別の適切な方法（機械的ダイスカットを含むがこれに限定されない上述の他の方法）によって仕切トレンチ又は隔離トレンチを形成するための工程（すなわち、トレンチング工程）を実施することは、湿式エッチングによるいずれかのトレンチング工程誘導シリコンエッジ損傷を除去すること、及び湿式テクスチャエッチング工程（テクスチャエッチング工程中に、仕切トレンチの側壁内のいずれかの損傷シリコンを含む数ミクロンのシリコンもエッチングする）中の損傷シリコンの除去という追加の利点を有する。

10

20

【0037】

本明細書で詳細に説明する代表的な工程流れ図を含む一部のソーラーセル加工実施形態において、一体アイル型マスターセル（ice11）の形成に、追加の別個の製作工程機器を必要としない場合がある。言い換えれば、各ice11内においてトレンチで仕切られたミニセル又はアイルの形成をソーラーセル製作方法の中になんかなり容易に途切れなく統合することができる。更に、一部の場合に、一体アイル型ソーラーセル（ice11）製作方法は、例えば、ソーラーセル金属化のコストを低減すること、例えば、銅メッキ工程及びそれに関する製造機器に対する需要及び銅メッキに対する機器要件を排除することなどによるソーラーセル製造コストの低減を通してソーラーセル製作工程流れ図を改善することができる。

30

【0038】

図5Aは、エピタキシャルシリコン及び多孔質シリコンのリフトオフ加工に基づく代表的なバックプレーン取付ice11製造工程である。この工程流れ図は、2つのパターン付きソーラーセル金属化層（M1及びM2）を用いたバックプレーン取付裏面接触／裏面接合ソーラーセル（ice11）の製作に関する。この例は、選択的エミッタ、すなわち、軽度ホウ素ドーピングケイ酸塩ガラスを用いて形成された軽度エミッタドーピング部（ツール3によって堆積した小さいホウ素ドーピング部を有する第1のBSG層）と、重度ホウ素ドーピングケイ酸塩ガラスを用いた重度ホウ素ドーピングエミッタ接触領域（ツール5によって堆積させた大きいホウ素ドーピング部を有する第2のBSG層）とを有するメインパターン付き電界エミッタを有するソーラーセルに対して示したものである。この例は、二重BSG選択的エミッタ工程を用いたIBCソーラーセルに対して示したものであるが、ice11設計は、選択的エミッタを持たない（すなわち、電界エミッタ内とエミッタ接触領域内とで同じエミッタホウ素ドーピングの）IBCソーラーセルを含むがこれに限定されない様々な他のソーラーセルの構造及び工程流れ図に適用可能である。この例は、 n 型ベースと p 型エミッタとを有するIBCice11に対して示したものである。しかし、上記とは逆にソーラーセルが p 型ベースと n 型エミッタとを有するように極性を変更することができる。

40

【0039】

図5Aは、裏面接触裏面接合結晶一体アイル型シリコンソーラーセル（ice11）の

50

製作のための代表的な製造工程流れ図実施形態である。特に、図5Aは、任意的に一体統合されたバイパススイッチ(MIBS)pn接合ダイオードを有し、更に二重ホウケイ酸塩ガラス(BSG)選択的エミッタを有するエピタキシャル(エピ)ソーラーセルの形成に対して提供している。この流れ図に示すように、ミニセルトレンチ隔離領域は、セル剥離領域スクライビング及びセルリフトオフ剥離の後で、露出した剥離面(得られるicellの前面又は上面としても公知)のテクスチャ化の前のツール13において形成される。これに代えてミニセルトレンチ隔離領域は、ツール14におけるテクスチャ及びテクスチャ後洗浄の後で、前面不動態化(PECVDとして示す)の前に形成することができる。湿式エッチングテクスチャ(ツール14を用いたテクスチャ及びテクスチャ後洗浄)の前にパルスレーザスクライビングを実施することは、いずれかのレーザ誘導スクライビングによるシリコンエッジ損傷を湿式エッチングによって除去すること、及び損傷シリコンの除去という追加の利点を有することができる。

10

【0040】

エピタキシャルシリコンリフトオフ加工を用いて一体アイル型(タイル型)裏面接触/裏面接合(IBC)ソーラーセルを形成するための代表的な工程流れ図は、以下に続く製作段階を含むことができる。1)再使用可能結晶(単結晶又は多結晶)シリコンテンプレートを用いて開始する。2)テンプレート上に多孔質シリコンを形成する(例えば、HF/IPA又はHF/酢酸中でアノードエッチングを用いて低孔隙率表層と高孔隙率埋め込み層とを有する二重層多孔質シリコンを形成する)。3)原位置ドーピングによってエピタキシャルシリコン(例えば、n型リンドーピングエピタキシャルシリコン)を堆積させる。4)エピタキシャルシリコン基板がそのテンプレート上に存在する間に、パターン付き電界エミッタ接合の形成と、裏面不動態化と、その後の金属化ソーラーセルオーミック接触に向けてドーブされるベース及びエミッタの接触領域と、第1金属化層(M1としても公知)の形成とを含む裏面接触/裏面接合セル加工を実施する(選択的エミッタ形成のための二重BSG(BSGは、例えば、大気圧化学気相蒸着又はAPCVD工程によって形成されるホウ素ドーピングケイ酸塩ガラス又はホウ素ドーピング酸化シリコンの層である)工程流れ図を使用する(二重BSG工程の代わりに、例えば、スクリーン印刷されたドーパントペーストを使用する他の選択的エミッタ形成方法を使用することができる)選択的エミッタ工程(軽度ドーピング電界エミッタと重度ドーピングエミッタ接触領域とを使用する)を含む裏面接触/裏面接合(IBC)ソーラーセル製作工程流れ図の例に関する図5Aを参照されたい)。5)裏面接触セルの裏面上にバックプレーンの層又はシートを取付又は積層させる。6)バックプレーン境界の周りで少なくとも部分的にエピタキシャルシリコン層厚の中に剥離領域(リフトオフ剥離境界)をレーザスクライビングし、次いで、リフトオフ工程(例えば、機械的に弱い高孔隙率多孔質シリコン層を分裂させることによってバックプレーン取付エピタキシャルシリコン基板を再使用可能テンプレートから分離するための機械的剥離リフトオフ)によって剥離させる。7)シリコン基板を複数のミニセル又はアイル、例えば、 $4 \times 4 = 16$ 個のミニセルを含むアイルアレイに一体的に仕切る(更に任意的に、明確に定められた滑らかなセル境界エッジを有する精密なマスターセル又はicellの寸法を確立するために、例えば、パルスレーザカッティングを用いてマスターセル周囲境界を整える)ために、ナノ秒パルスレーザ融除(又は上述の他の適切なトレンチ隔離形成方法のうちの1つ)を用いてソーラーセル上面(バックプレーン面と反対の)からトレンチング(スクライビング、カッティング、又はダイスカットとも呼ぶ)を実施する。8)残りのバックエンド製作工程、例えば、アルカリ性及び/又は酸性の化学作用中での湿式のシリコンエッチング/テクスチャ(この工程は、化学耐性を有するバックプレーンがソーラーセル裏面をテクスチャ化の化学作用から保護する間に前面上でテクスチャ化を実施する)、湿式洗浄を含むテクスチャ後面調製(この工程は、化学耐性を有するバックプレーンがソーラーセル裏面を湿式洗浄の化学作用から保護する間に前側面の洗浄を実施する)、例えば、プラズマ強化化学気相蒸着(PECVD)又はARC堆積(例えば、水素化窒化珪素)のためのPECVDと不動態層堆積のための原子層堆積(ALD)のような別の工程との組合せによる前側面の不動態化及び反射防止コーテ

20

30

40

50

ィング (A R C) 層の堆積 (洗浄されてテクスチャ化されたシリコン面の直ぐ上、更に上述の不動態層のうちの1つが窒化珪素 A R C 層によって覆われる二層構造のような多層前面不動態化 / A R C 構造を使用する場合は窒化珪素 A R C 層の直ぐ下にある酸化アルミニウム、アモルファスシリコン、又はアモルファス酸化シリコンの薄肉のサブ 30 nm 層など、積層体全体を真空集積工程を使用する P E C V D を用いて堆積させることができる) を実行する段階を進める。前面不動態化及び A R C 層の堆積は、ミニセル又はアイルの前側面を覆うことになるだけでなく、トレンチで仕切られたアイル又はミニセルの側壁も覆うことになり、従って、トレンチ側壁、並びにアイル上面面の不動態化及び光捕捉の特性が改善されることによって i c e l l の不動態化及び A R C が有意に改善される。前面のテクスチャ / 洗浄 / 不動態化、及び A R C 堆積の工程の完了後の残りのソーラーセル製作工程段階は、バックプレーン取付ソーラーセルの裏面上の第 2 金属化層 (M 2) の完成を含む。この作業を提供するために、複数のビアホールが、薄肉の (例えば、25 ミクロンから 250 ミクロンまでのバックプレーン厚の) 電気絶縁連続バックプレーン層 (例えば、25 ミクロン厚から 100 ミクロン厚までの積層プリプレグシート) 内に事前設計されたビアホールパターンに従って例えばレーザ穿孔を用いて穿孔される。ソーラーセル (例えば、156 mm x 156 mm の i c e l l) バックプレーン上のビアホールの個数は、数百から数千程度のものでとすることができる。ビアホールは、数十ミクロンから数百ミクロンまで (例えば、約 100 ミクロンから 300 ミクロンまで) の範囲に平均対角孔寸法 (例えば、各ビアホールの平均直径) を有することができる。電気絶縁バックプレーン層を貫通してレーザ穿孔されたビアホールは、ベースとエミッタとの相互嵌合型金属化フィンガ (金属ペーストのスクリーン印刷により、又はアルミニウム又はアルミニウム - シリコン合金を含む金属のような金属層の物理蒸着及びパターン化による第 1 のパターン付き金属化レベルによって形成されたもの) 上に収まるように配置される。これらのビアホールは、バックプレーンの取付 / 積層の前にソーラーセル裏面上に直接に形成された第 1 のパターン付き金属化層又は M 1 と、レーザ穿孔によるビアホールの形成の直後に形成されることになる第 2 のパターン付き金属層又は M 2 との間の相互接続のチャネル又はプラグとして機能することになる。本明細書に開示する i c e l l に関する一部の事例では、第 2 のパターン付き金属化レベル M 2 は、(1) 例えば、アルミニウム及び / 又は銅を含む (他の金属を使用することができる) 廉価な高導電性金属の物理蒸着又は P V D (熱蒸着、電子線蒸着、及び / 又はプラズマスパッタリング) に続くパルスレーザ融除パターン化、(2) 例えば、アルミニウム及び / 又は銅を含む (他の金属を使用することができる) 廉価な高導電性金属の物理蒸着又は P V D (熱蒸着、電子線蒸着、及び / 又はプラズマスパッタリング) に続く金属エッチングパターン化 (例えば、エッチングペーストのスクリーン印刷又はレジストのスクリーン印刷に続く金属湿式エッチング工程及びその後のレジスト除去)、(3) 適切な金属ペースト (銅及び / 又はアルミニウムを含むペースト等) のスクリーン印刷又はステンシル印刷、(4) 適切な金属ペースト (銅及び / 又はアルミニウムを含むペースト等) のインクジェット印刷又は噴霧印刷、(5) 適切な金属のパターン付メッキ、例えば、銅メッキのうちの 1 つ又はその組合せを含むがこれに限定されないいくつかの方法のうちの 1 つによって形成することができる。パターン付き第 2 金属化層 (M 2) は、メインパターン付き M 2 (例えば、アルミニウム及び / 又は銅を含む高導電性金属) を保護し、必要に応じて半田付け又は導電性接着剤に適する面を与えるための薄肉キャップ層 (例えば、プラズマスパッタリング、スクリーン印刷、又はメッキによって形成された N i V 又は N i の < 1 ミクロンの薄肉キャップ層) を含むことができる。本明細書に説明する裏面接触 / 裏面接合 (I B C) ソーラーセルは、第 1 のパターン付き金属化層 M 1 が、各ミニセル又はアイル上にベースとエミッタとの相互嵌合型金属化フィンガを微小ピッチパターン (例えば、約 200 ミクロンから 2 mm までの範囲、一部の場合は約 500 ミクロンから約 1 mm までの範囲のベース - エミッタ M 1 フィンガピッチ) に従って形成し、第 2 のパターン付き金属化層 M 2 が、最終 i c e l l 金属化を形成し、アイル又はミニセルを事前指定された電流及び電圧の強度調整倍率に従って相互接続する 2 つのパターン付き金属化層 (M 1 及び M 2) を利用することができる。パターン付き M 2

10

20

30

40

50

は、パターン付きM1に対して実質的に直交又は垂直にパターン化することができ、パターン付きM1フィンガよりもかなり大きいフィンガ間ピッチを有することができる。それによって低コスト高収量の製造工程によるパターン付きM2の製作が実質的に促進されることになる。パターン付きM2は、最終icellパターン付き金属化を形成するだけでなく、望ましいicell金属化構造に基づくM2からM1への相互接続を完成させるためにレーザ穿孔ビアホールを貫通する導電ビアプラグも形成する。

【0041】

第2のパターン付き金属化層M2を個々のマスターセル(又はicell)の電気相互接続を完成させるだけでなく、同じ連続バックプレーン層を共有する複数のicellを一体的に相互接続するのに使用することもできるようにicell概念を拡張することができ、従って、icell実施形態によって容易かつ可能になり、多くの追加の利点を有する一体モジュール構造がもたらされる。エピタキシャルシリコンリフトオフicellの代表的な実施形態に関する図5Aは、各icellが、その独自の個々の事前切断された連続バックプレーン層に取り付けられ、かつ各個々のバックプレーン取付icellが、そのバックプレーンの積層後にバックエンド工程を通して処理される一体icellを製作するための工程流れ図を示している。次いで、この手法を用いて処理されたicellは、工程の終了時に検査及び仕分けされることになり、セルのタブ接続及び/又はストリング接続(複数のソーラセルをPVモジュールアセンブリの一部として互いに対して相互接続するための半田付け及び/又は導電性接着剤も含む)を用いたicellの互いに対する相互接続、例えば、電気直列相互接続によってPVモジュールに組み立てることができ、その後、モジュール積層、並びに最終的なモジュールの組み立て及び検査が完了する。エピタキシャルシリコンリフトオフicellの代表的な実施形態に関する図5Aを参照すると、新しい一体モジュール構造をもたらすicell実施の別の実施形態は、ツール12によって実施されるバックプレーンの積層(又は取付段階)において、複数の比較的隣接して離間した(例えば、50ミクロンから約2mmまでの範囲、多くの場合に、約100ミクロンから1mmまでの範囲に隣接するicellからicellの間隔を有する)icellの裏面上におけるより大きい連続バックプレーンシートへのこれらのicellの取付又は積層を含む。ツール12の後の残りの工程段階は、裏面上で共通の連続バックプレーン層を共有する複数のicellに対して同時に実施される(各々が独自の個々のバックプレーンを有する個々のicellに対して実施される代わりに)。最終的な金属化(パターン付き第2金属層M2)の完成後に、一体パターン付きM2は、より大きい連続バックプレーン層を共有する複数のicellの中からの各icellに対する金属化パターンを完成させるだけではなく、例えば、icellを互いに対して全て直列配置で又は並列/直列混成配置で相互接続するいずれかの望ましい配置に従う複数のicellの互いに対する電気相互接続も完成させる。この実施形態は、共有連続バックプレーン層上でのicellと複数のicell間の一体電気相互接続との製作を可能にし、従って、最終モジュール組み立て中のicellの互いに対するその後の半田付け/タブ接続/ストリング接続の需要を排除する。例えば、 $6 \times 10 = 60$ 個のセルモジュールを製造するために、図5Aのツール11の工程の後のパターン付き第1金属層(M1)の完成直後に、 $6 \times 10 = 60$ 個のicellのアレイが、これらのicell裏面上で適正サイズの連続バックプレーンシート(例えば、プリプレグシート)に取付/積層され、残りの工程段階(ツール12として示すバックプレーン積層/取付工程で始まって第2のパターン付き金属層M2の完成に至るまで)の全ては、複数の(例えば、 $6 \times 10 = 60$ 個の)icellを含む大きいバックプレーン取付シート上で実施される。 $6 \times 10 = 60$ 個のicellを含むこの一体モジュール例では、各icellが、約156mm \times 156mmの寸法を有し、かつ隣接するicellの間隔が約1mmである場合に、 6×10 icellアレイの裏面への取付/積層に使用されることになる連続バックプレーンの層又はシート(例えば、約50ミクロンから100ミクロンまでの範囲の厚みを有するアラミド繊維/樹脂のプリプレグシート)は、約942mm \times 1570mmの最小寸法を有すべきである(例えば、シートは、一体モジュールの辺端におけるバックプレーン

10

20

30

40

50

の拡張を可能にするために、ある程度より大きいサイズ、例えば、この $6 \times 10 = 60$ 個の *icell* の一体モジュール例では約 $1\text{ m} \times 1.6\text{ m}$ のバックプレーンシート寸法で製造することができる)。別の例として、 $6 \times 17 = 72$ 個のセルモジュールを製造するために、図 5 A のツール 11 の工程の後のパターン付き第 1 金属層 (M1) の完成の直後に、 $6 \times 12 = 72$ 個の *icell* のアレイが、これらの *icell* 裏面上で適正サイズの連続バックプレーンシート (例えば、プリプレグシート) に取付 / 積層され、残りの工程段階 (ツール 12 として示すバックプレーン積層 / 取付工程で始まって第 2 のパターン付き金属層 M2 の完成に至るまで) の全ては、複数の (例えば、 $6 \times 12 = 72$ 個の) *icell* を含む大きいバックプレーン取付シート上で実施される。 $6 \times 12 = 72$ 個の *icell* を含むこの一体モジュール例では、各 *icell* が、約 $156\text{ mm} \times 156\text{ mm}$ の寸法を有し、かつ隣接する *icell* 間の間隔が約 1 mm である場合に、 6×12 *icell* アレイの裏面への取付 / 積層に使用されることになる連続バックプレーンの層又はシート (例えば、約 50 ミクロンから 100 ミクロンまでの範囲の厚みを有するアラミド繊維 / 樹脂のプリプレグシート) は、約 $942\text{ mm} \times 1884\text{ mm}$ の最小寸法を有すべきである (例えば、シートは、一体モジュールの辺端におけるバックプレーンの拡張を可能にするために、ある程度より大きいサイズ、例えば、この $6 \times 12 = 72$ 個の *icell* の一体モジュール例では約 $1\text{ m} \times 1.9\text{ m}$ のバックプレーンシート寸法で製造することができる)。第 2 のパターン付き金属層 M2 を用いた共有連続バックプレーン層上での複数の *icell* の一体相互接続は、ソーラーセル及び PV モジュールの全体の製造コストの更に別の低減に加えて、使用現場での作動中の PV モジュールの改善された予想信頼性をもたらす (半田付けされたタブ、配線の排除に起因して)。

10

20

30

40

50

【0042】

本発明の実施形態は、図 5 A の代表的な工程流れ図に略示するこの種の工程流れ図を用いたソーラーセルに加えて、開始単結晶ウェーハ (例えば、チョクラルスキー又は CZ、フロートゾーン又は FZ) 又は開始多結晶ウェーハ (キャスト結晶煉瓦からのもの又はリボン引き上げ工程によって形成されたもの) から製作されたソーラーセル、エピタキシャル成長、又は他の基板製作方法を含むがこれらに限定されない多くの他のソーラーセル設計 (上述) 及びソーラーセル製作工程流れ図に適用することができる。更に、*icell* 実施形態は、上述のシリコンに加えて、ヒ化ガリウム、ゲルマニウム、窒化ガリウム、他の化合物半導体、又はその組合せを含むがこれらに限定されない他の半導体材料に適用することができる。

【0043】

図 5 B は、開始結晶 (単結晶又は多結晶) シリコンウェーハを使用する高レベルソーラーセル及びモジュールの製作工程流れ図である。図 5 B は、M1 及び M2 という 2 つの金属化層を用いたバックプレーン取付裏面接触 / 裏面接合 (IBC) *icell* の製作のための高レベル *icell* 工程流れ図を示している。パターン付きセル金属化の第 1 の層又はレベル M1 は、部分的に処理された *icell* (又は上述したように一体モジュールを製作する場合は部分的に処理された複数の *icell* に取り付けられたより大きい連続バックプレーン) へのバックプレーン積層の前に、複数のフロントエンドセル製作工程の中で実質的に最後の工程段階として形成される。図 5 の上段の 4 つの四角取り囲み内に略示するフロントエンドセル製作工程は、パターン付き M1 層を貫通する裏面接触 / 裏面接合ソーラーセル裏面構造を実質的に完成させる。パターン付き M1 は、*icell* のアイル (ミニセル) に共形であるように設計され、図 5 A に略示するエピタキシャルシリコン *icell* 工程流れ図に対して記述された微小ピッチ相互嵌合型金属化パターンを含む。図 5 B では、最上段から 5 番目の四角取り囲みは、部分的に処理された *icell* の裏面 (又は一体モジュールを製造する場合に、部分的に処理された複数の *icell* の裏面) へのバックプレーンの層又はシートの取付又は積層を含み、この工程段階は、エピタキシャルシリコンリフトオフ工程の場合に図 5 A のツール 12 によって実施されるものに実質的に等しい。図 5 B の最上段から 6 番目及び 7 番目の四角取り囲みは、残りの前面を完成させるためのバックエンド又はバックプレーン取付後の (積層後とも呼ぶ) セル製作工程 (

望ましい場合により薄肉のシリコン吸収体層を形成するための任意的なシリコンウェーハ薄肉化、仕切トレンチング、テクスチャ化、テクスチャ化後洗浄、不動態化、及びA R C)、並びにビアホール及びパターン付き金属化第2レベル又は層M2を完成させるための工程を略示している。図5Bの6番目及び7番目の四角取り囲み内に略示する「積層後」工程(又はバックプレーン取付後に実施されるバックエンドセル製作工程)は、図5Aに示すエピタキシャルシリコンリフトオフ工程におけるツール13から18までによって実施される工程に対応する。図5Bの最下段の四角取り囲みは、得られるi c e l lの可撓性軽量P Vモジュール又は剛性ガラスカバー付きP Vモジュールのいずれかへの最終組立てを記載している。この工程流れ図が、パターン付きM2によって互いに一体かつ相互接続された複数のi c e l lを含む一体モジュールをもたらす場合に(エピタキシャルシリコンリフトオフ工程流れ図に対して上述したように)、より大きい連続バックプレーンを共有して相互接続される複数のi c e l lと、セル間の相互接続のためのパターン付きM2の金属化とは、既に電氣的に相互接続されており、ソーラーセルの互いに対するタブ接続、ストリング接続、及び/又は半田付けの必要がないので、図5Bの最下段の四角取り囲み内に略示する残りのP Vモジュール製作工程が簡素化されることになる。得られる一体モジュールは、可撓性軽量P Vモジュール(例えば、前面上で剛性/重量ガラスカバーシートの代わりにE T F E又はP E Tのような薄肉可撓性フルオロポリマーカバーシートを用いた)又は剛性ガラスカバー付きP Vモジュールのいずれかに積層することができる。

10

20

30

40

50

【0044】

図5Cは、図5Aの工程流れ図と比較したエピタキシャルシリコン及び多孔質シリコンのリフトオフ加工を使用する別の高レベルソーラーセル(i c e l l)及びモジュール製作工程流れ図実施形態を示している。更に、図5Cは、2つの金属化層M1及びM2を使用するバックプレーン取付裏面接触/裏面接合(I B C) i c e l lの製作に関する高レベルi c e l l工程流れ図を示している。パターン付きセル金属化の第1の層又はレベルM1は、エピタキシャルシリコンをソーラーセル吸収体として使用する部分的に処理されたi c e l l(又は上述したように一体モジュールを製作する場合に、部分的に処理された個々のi c e l lのリフトオフ剥離の後の部分的に処理された複数のエピタキシャルi c e l lに取り付けられたより大きい連続バックプレーン)へのバックプレーン積層の前に、複数のフロントエンドセル製作工程の中で実質的に最後の工程段階として形成される。図5Cの上段の4つの四角取り囲み内に略示するフロントエンドセル製作工程は、パターン付きM1層を貫通する裏面接触/裏面接合ソーラーセル裏面構造を実質的に完成させる。パターン付きM1は、i c e l lのアイル(ミニセル)に共形であるように設計され、図5Aに略示するエピタキシャルシリコンi c e l l工程流れ図に対して記述された微小ピッチ相互嵌合型金属化パターンを含む。図5Cでは、最上段から5番目の四角取り囲みは、部分的に処理されたi c e l lの裏面への(又は一体モジュールを製造する場合に、部分的に処理及び剥離された複数のi c e l lの裏面に取り付けられることになるより大きい連続バックプレーンシートを用いた)バックプレーンの層又はシートの取付又は積層を含み、この工程段階は、先のエピタキシャルシリコンリフトオフ工程流れ図の場合に図5Aのツール12によって実施されるものに実質的に等しい。図5Cの最上段から6番目及び7番目の四角取り囲みは、残りの前面を完成させるためのバックエンド又はバックプレーン取付後の(積層後とも呼ぶ)セル製作工程(i c e l l仕切トレンチング、テクスチャ化、テクスチャ化後洗浄、不動態化、及びA R C)、並びにビアホール及びパターン付き金属化第2レベル又は層M2を完成させるための工程を概説している。図5Cの6番目及び7番目の四角取り囲み内に略示する「積層後」工程(又はバックプレーン取付後に実施されるバックエンドセル製作工程)は、図5Aに示すエピタキシャルシリコンリフトオフ工程におけるツール13から18までによって実施される工程に対応する。図5Cの最下段の四角取り囲みは、得られるi c e l lの可撓性軽量P Vモジュール又は剛性ガラスカバー付きP Vモジュールのいずれかへの最終組立てを記載している。この工程流れ図が、パターン付きM2によって互に一体的に相互接続された複数のi c e l lを含む

一体モジュールをもたらす場合に（エピタキシャルシリコンリフトオフ工程流れ図に対して上述したように）、より大きい連続バックプレーンを共有して相互接続される複数の *icell* と、セル間の相互接続のためのパターン付き M2 の金属化とは、既に電氣的に相互接続されており、ソーラーセルの互いに対するタブ接続、ストリング接続、及び / 又は半田付けの必要がないので、図 5 C の最下段の四角取り囲み内に略示する残りの P V モジュール製作工程が簡素化されることになる。得られる一体モジュールは、可撓性軽量 P V モジュール（例えば、前面上で剛性 / 重量ガラスカバーシートの代わりに E T F E 又は P E T のような薄肉可撓性フルオロポリマーカバーシートを用いた）又は剛性ガラスカバー付き P V モジュールのいずれかに積層することができる。

【 0 0 4 5 】

図 5 D は、相互嵌合型裏面接触（I B C）ソーラーセル実施形態のソーラーセル製作段階の後の *icell* 内の複数のアイルの中からのミニセル又はアイルの略拡大抜粋図を示す高レベルの断面デバイス図である。ドーブされたエミッタ及びベース領域、任意的な前面電界（F S F）領域及び / 又は任意的な裏面電界（B S F）領域、M1 金属化に対する接触、及びパターン付き M1 を電気絶縁連続バックプレーン層を貫通してパターン付き M2 に接続する導電ビアプラグの詳細は示していない。

【 0 0 4 6 】

図 5 E は、相互嵌合型裏面接触（I B C）ソーラーセル実施形態のソーラーセル製作段階の後の *icell* 内の複数のアイルの中からのミニセル又はアイルの拡大図を示すより詳細な断面図である。これらの断面図は、開示する主題に従って使用することができるセルアーキテクチャを更に詳描するための説明的な実施形態として提供したものである。

【 0 0 4 7 】

実際には、最初は連続している主半導体基板を基板層厚を貫通して連続支持バックプレーン層上の複数のミニセル（又はアイル、サブセル、又はタイル）に仕切る（開始結晶半導体ウェーハ又はエピタキシャル成長させた結晶層のいずれかから）隔離トレンチは、約数十ミクロン程度のもの（又は約 10 ミクロンから約 100 ミクロンまでの範囲にあるもの）とすることができる平均トレンチ幅を有する。上述したように、バックプレーン取付半導体層を複数のミニセル（又はアイル、サブセル、又はタイル）に仕切るトレンチ隔離領域は、パルスレーザ融除 / スクライピングか、又は機械的ダイスカット / スクライピング、超音波ダイスカット / スクライピング、ウォータージェットダイスカット / スクライピングのような別の技術かのいずれかを使用することにより、又は別の方法を使用することによって形成することができる（本明細書では、*icell* の仕切トレンチ又は隔離トレンチの形成工程を説明する場合に、スクライピング、ダイスカット、カッティング、及びアブレーションという表現を交換可能に用い、更に本明細書では、仕切トレンチング工程の前に部分的に処理された半導体基板に取り付けられる連続バックプレーンの層又はシートによって全てが支持され、そこに取り付けられる複数のアイル又はミニセルを形成するために半導体層厚を通して形成されるトレンチパターンを指す場合に、仕切トレンチ又は隔離トレンチという表現を交換可能に使用する）。パルスレーザによるスクライピング工程又はカッティング工程のような適切なトレンチ仕切又はトレンチ隔離の形成工程は、選択的に半導体層を通して切断し、バックプレーン材料の実質的な除去なしに（従って、連続バックプレーンシートの一体性を維持するために無視することができるか又は比較的小さいバックプレーン層のトレンチングしか行わずに）半導体層の全厚を実質的に貫通して切断した後に、バックプレーンの層又はシート上で実質的に停止する。例えば、望ましいトレンチパターンに基づいて半導体層厚を通して切断することによって望ましい仕切トレンチパターンを形成し、一方、バックプレーンシート材料の除去をゼロとバックプレーン層厚の数分の 1 未満との間の比較的小さい範囲に制限する（例えば、バックプレーン材料のトレンチング深さが、ゼロとバックプレーン層厚の約 20 % 未満の間に制限される）ように、ナノ秒パルスアブレーションスクライピング工程のような仕切トレンチ形成工程を実施することができる。それによって一体 *icell*（又は共有バックプレーンシートに取り付けられた複数の *icell*）を用いて一体モジュールを製作する場合は一体モジュ

10

20

30

40

50

ール)の機械的、物理的、及び電氣的な全体一体性を確実にする。

【0048】

本明細書に説明する方法及び構造は、トレンチで仕切られた又はトレンチで隔離されたアイル(タイル、ペーパー、サブセル、又はミニセルとも呼ぶ)を含むマスターセル(icell)を可能にする。更に、共通のマスターセル(icell)の形状は正方形であるが、マスターセル(icell)は、いずれかの望ましい形状及び寸法、例えば、完全正方形、擬似正方形、矩形、擬似矩形、平行四辺形、六角形、三角形、いずれかの多角形、円、楕円、又はその組合せを有するように選択することができる。結晶シリコンソーラーセル及びモジュールに対して使用される最も一般的な形状は、完全正方形及び擬似正方形のソーラーセルである。更に、トレンチで仕切られたアイルは、様々な個々に異なる形状及び/又はサイズ(面積及び辺寸法/対角寸法)で形成することができ、又は均一なサイズ及び形状のもの(言い換えれば、互いに同じ形状及び面積を有する均一のサイズ及び形状のアイル)とすることができる。ソーラーセルを構成するアイルの形状及びサイズを決定する1つの要件は、得られる半導体吸収体層を含むソーラーセル内及びソーラーセル金属化構造内での亀裂発生又は亀裂増殖を最小化又は排除しながらのバックプレーン取付ソーラーセルの可撓性又は曲げ性及び可撓性の望ましい程度である(プリプレグシートのような可撓性バックプレーンシートを使用する場合)。一部の事例では、ソーラーセルエッジは、セル加工の最中及びその後、モジュール積層中、更に得られるPVモジュールの使用現場での作動中に亀裂の形成及び増殖をより受け易い可能性があるので、比較的小さいアイル(例えば、より小さい三角形形状又は正方形形状のアイル)をマスターセル(icell)のエッジ領域の近くに配置し、比較的大きいアイル(例えば、正方形形状の)をマスターセル(icell)の中心領域(又はicellエッジから離れた領域)の近くに配置することが望ましい場合がある。他の事例では、アイルの電気接続設計に基づいて、アイル(又は電気並列配置で接続されたアイルのサブグループ)は、均一な照明の下で均一な電流を生成するように均一な形状を有することができる。重要な点として、マスターセル(icell)の可撓性/曲げ性、及びicellの電圧及び電流の望ましい強度調整倍率を生成するアイル間電気相互接続設計のような他の要件に基づいて、いずれかの個数のアイル形状及び/又はサイズを使用することができる。

【0049】

共有連続バックプレーンに取り付けられた正方形形状又は矩形形状のアイルのアレイを有する正方形形状又は矩形形状のマスターセル(icell)に対して、アイルは、 N が $N-2$ の整数である場合に、 $N \times N$ アレイとすることができる(例えば、 $N \times N$ は4よりも大きいか又はそれに等しいか、又は言い換えれば、icell内に少なくとも4つのアイルが存在する)。一般的に、icellは、最少で2つのアイル又はサブセルを有することができる(例えば、2つのサブセル又はアイルを有する正方形形状icellが、2つの三角形アイルを有することができる)。 $N \times N$ 個のアイルを有するicell構成は、icell加工及び相互接続設計に関する単純性、並びに完全正方形及び擬似正方形のソーラーセルとの良好な適合性という利点を与える。これに代えてアイルは、 N と M とが両方共に整数である場合に、 $N \times M$ アレイにあるとすることができる(例えば、 $N \times M$ は、2よりも大きいか又はそれに等しい、言い換えれば、少なくとも2つのアイルが存在する)。可撓性連続(又は連続)バックプレーンを使用すると、 $N \times N$ 又は $N \times M$ の大きい値において、及び/又はセルエッジ領域の近くで比較的小さいサイズのアイルを使用することにより(エッジ領域から離れたアイルと比較して)、icellの可撓性、曲げ性、又は柔軟性の度合を高めることができる。 $156\text{ mm} \times 156\text{ mm}$ の正方形形状又は擬似正方形形状のicellでは、 $4 \times 4 = 16$ 個のアイル(例えば、均一面積のアイル)を有するicellは、 $3 \times 3 = 9$ 個のアイル(例えば、均一面積のアイル)を有するicellよりも高い可撓性又は曲げ性を有することになる。icellの改善された可撓性/曲げ性は、可撓性軽量PVモジュールに対して望ましい属性である。更に、マスターセルの望ましい可撓性、曲げ性、又は柔軟性に基づいて、いずれかの形状にあるアイルの個数を増大又は低減することができるが、仕切トレンチを形成するための半導体材料の除去

と対応する増大したセルエッジ面積（アイル又はミニセルの合計トレンチ側壁面積）とは、例えばマスターセル（i c e l l）面積の約 2 %（本明細書で先に解説した比 R）よりも大きくないように一部の場合は i c e l l 面積の 1 % よりも小さいように制限しなければならない。

【 0 0 5 0 】

一部の事例では、アイル（タイル、ミニセル）を例えば三角形形状アイル（ミニセル）のようなある一定の形状のミニセルに成形することによってセル可撓性を高めることが望ましい場合がある。例えば、正方形形状又は矩形形状のマスターセル（i c e l l）に関する様々な屈曲方向の（例えば、X 軸、Y 軸、及び対角軸に沿った）セルの可撓性又は可撓性を高めるために、アイルを三角形のアレイ、又は正方形（及びノ又は矩形）と三角形との（一部の実施形態において、マスターセル中心領域の近くにある正方形形状アイルとセルエッジ領域の近くにある三角形アイルとの）組合せとすることができる。重要な点として、マスターセル（i c e l l）内でのアイル形状及び配置の様々な組合せは、開示する主題に従って形成することができる。

【 0 0 5 1 】

図 6 A 及び図 6 B は、均一な正方形形状ミニセルの（すなわち、アイル又はミニセルが全て実質的に同じ区域を有する）アレイを示すバックプレーン取付ソーラーセル（i c e l l）実施形態の図である。図 6 A は、i c e l l パターン（正方形形状アイル及び正方形形状 i c e l l に対して示す）、並びに $N \times N = 3 \times 3 = 9$ 個のアイル（又はサブセル、ミニセル、タイル）に対する均一サイズ（同一のサイズ）の正方形形状アイルの代表的な略平面（前面又は上面）図である。この概略図は、トレンチ隔離領域によって仕切られた複数のアイルを示す（ $3 \times 3 = 9$ 個のアイルとして示す）。図 6 B は、i c e l l パターン（正方形形状アイル及び正方形形状 i c e l l に対して示す）、並びに $N \times N = 5 \times 5 = 25$ 個のアイル（又はサブセル、ミニセル、タイル）に対する均一サイズ（同一のサイズ）の正方形形状アイルの代表的な略平面（前面又は上面）図である。この概略図は、トレンチ隔離領域によって仕切られた複数のアイルを示す（ $5 \times 5 = 25$ 個のアイルとして示す）。

【 0 0 5 2 】

図 6 A は、セル周囲境界又はエッジ領域 3 2 によって定められ、辺長 L を有し、同じ元の連続基板から形成され、連続（連続）バックプレーンにマスターセル裏面（バックプレーン及びソーラーセル裏面は示していない）上に取り付けられた I_{11} から I_{33} として識別される 9 個の均一正方形形状アイルを含む 3×3 均一アイル型（タイル型）マスターソーラーセル又は i c e l l 3 0 の略上面図又は略平面図である。各々のアイル、サブセル、ミニセル、又はタイルは、トレンチ隔離又はアイル仕切境界 3 4 として示す内部アイル周囲境界（例えば、マスターセル半導体基板厚を通して切断され、アイルの辺寸法よりも有意に小さく、数百ミクロンよりも大きくなく、多くの場合に、約 $100 \mu m$ よりも小さいか又はそれに等しい、例えば、数 μm から約 $100 \mu m$ までのトレンチ幅を有する隔離トレンチ）によって定められる。メインセル（又は i c e l l）の周囲境界又はエッジ領域 3 2 は、 $4L$ という全周囲長を有するが、全てのアイルの周囲寸法を含む全 i c e l l エッジ境界長は、セル周囲境界 3 2（セル外側周囲とも呼ぶ）とトレンチ隔離境界 3 4 とを含む。従って、正方形形状アイル実施形態において $N \times N$ 個のアイル又はミニセルを含む i c e l l では、全 i c e l l エッジ長は $N \times$ セル外側周囲である。 $3 \times 3 = 9$ 個のアイルを有する i c e l l を示す図 6 A の代表例では $N = 3$ であり、従って、全セルエッジ長は、 $3 \times$ セル外側周囲 $4L = 12L$ である（従って、この i c e l l は、図 1 に示す標準の従来技術セルのものよりも 3 倍大きい周囲寸法を有する）。 $156 mm \times 156 mm$ の寸法を有する正方形形状マスターセル又は i c e l l では、正方形アイルの辺寸法は約 $52 mm \times 52 mm$ であり、各々のアイル又はサブセルは、 $27.04 cm^2$ 毎アイルの面積を有する。

【 0 0 5 3 】

図 6 B は、セル周囲境界又はエッジ領域 4 2 によって定められ、辺長 L を有し、同じ元

の連続基板から形成され、連続（連続）バックプレーンにマスターセル裏面（バックプレーン及びソーラーセル裏面は示していない）上で取り付けられた I_{11} から I_{55} として識別される 25 個の均一正方形形状アイルを含む 5×5 均一アイル型（タイル型）マスターソーラーセル又は $icell40$ の略上面図又は略平面図である。各々のアイル、サブセル、ミニセル、又はタイルは、トレンチ隔離又はアイル仕切境界 44 として示す内部アイル周囲境界（例えば、マスターセル半導体基板厚を通して切断され、アイルの辺寸法よりも有意に小さく、数百ミクロンよりも大きくなく、多くの場合に、約 $100 \mu m$ よりも小さいか又はそれに等しい、例えば、数 μm から約 $100 \mu m$ までのトレンチ幅を有する隔離トレンチ）によって定められる。メインセル（又は $icell$ ）の周囲境界又はエッジ領域 42 は $4L$ という全周囲長を有するが、全てのアイルの周囲寸法を含む全 $icell$ エッジ境界長は、セル周囲境界 42（セル外側周囲とも呼ぶ）とトレンチ隔離境界 44 とを含む。従って、正方形形状アイル実施形態において $N \times N$ 個のアイル又はミニセルを含む $icell$ では、全 $icell$ エッジ長は $N \times$ セル外側周囲である。 $5 \times 5 = 25$ 個のアイルを有する $icell$ を示す図 6 B の代表例では $N = 5$ であり、従って、全セルエッジ長は、 $5 \times$ セル外側周囲 $4L = 20L$ である（従って、この $icell$ は、図 1 に示す標準の従来技術セルのものよりも 5 倍大きい周囲寸法を有する）。 $156 mm \times 156 mm$ の寸法を有する正方形形状マスターセル又は $icell$ では、正方形アイルの辺寸法は約 $31.2 mm \times 31.2 mm$ であり、各々のアイル又はサブセルは、 $9.73 cm^2$ 毎アイルの面積を有する。一部の事例では、他の要件との均衡を取る時に、全 $icell$ エッジ長及び側壁面積を制限するために、全セルエッジ長（ $icell$ 内の全てのアイルの側壁エッジの累積長さ）を $24L$ （例えば、 6×6 アレイにおいて）に保つことが望ましい場合がある。

10

20

30

40

50

【0054】

図 7 A 及び図 7 E は、三角形形状のアイル又はミニセルを有するソーラーセル実施形態の代表的な平面図である。図 7 A は、 $icell$ パターン（三角形形状アイル及び正方形形状 $icell$ に対して示す）、並びに $K = 2 \times 4 = 8$ 個の三角形アイルを $icell$ の正方形象限毎に 1 対の三角形アイルで有する均一サイズ（同一のサイズ）の三角形形状アイル（又はサブセル、ミニセル、タイル）の代表的な略平面（前面又は上面）図である。この概略図は、トレンチ隔離領域によって仕切られた複数のアイルを示す（ $K = 2 \times 4 = 8$ 個のアイルとして示す）。図 7 B は、 $icell$ パターン（三角形形状アイル及び正方形形状 $icell$ に対して示す）、並びに $K = 2 \times 4 = 8$ 個の三角形アイルを $icell$ の正方形象限毎に 1 対の三角形アイルで有する均一サイズ（同一のサイズ）の三角形形状アイル（又はサブセル、ミニセル、タイル）の代表的な略平面（前面又は上面）図である。この概略図は、トレンチ隔離領域によって仕切られた複数のアイルを示す（ $K = 2 \times 4 = 8$ 個のアイルとして示す）。図 7 B の $icell$ に対するトレンチ隔離パターンは、図 7 A のものとは若干異なる。図 7 C は、 $icell$ パターン（三角形形状アイル及び正方形形状 $icell$ に対して示す）、並びに $K = 4 \times 4 = 16$ 個の三角形アイルを $icell$ の正方形象限毎に 4 つの三角形アイルで有する均一サイズ（同一のサイズ）の三角形形状アイル（又はサブセル、ミニセル、タイル）の代表的な略平面（前面又は上面）図である。この概略図は、トレンチ隔離領域によって仕切られた複数のアイルを示す（ $K = 4 \times 4 = 16$ 個のアイルとして示す）。この実施形態における三角形アイル（ミニセル）の個数は、図 7 A 及び図 7 B の $icell$ 実施形態における三角形 $icell$ （ミニセル）の個数の 2 倍である。図 7 D は、 $icell$ パターン（三角形形状アイル及び正方形形状 $icell$ に対して示す）、並びに $K = 4 \times 3 \times 3 = 36$ 個の三角形アイルを $icell$ の正方形象限毎に 4 つの三角形アイルで有する均一サイズ（同一のサイズ）の三角形形状アイル（又はサブセル、ミニセル、タイル）の代表的な略平面（前面又は上面）図である。この概略図は、トレンチ隔離領域によって仕切られた複数のアイルを示す（ $K = 4 \times 3 \times 3 = 36$ 個のアイルとして示す）。この実施形態における三角形アイル（ミニセル）の個数は、図 7 A 及び図 7 B の $icell$ 実施形態における三角形 $icell$ （ミニセル）の個数の 4.5 倍である。

【0055】

図7Eは、ice11パターン（三角形形状アイル及び正方形形状ice11に対して示す）、並びに $K = 2 \times 4 \times 4 = 32$ 個の三角形アイルをice11の正方形象限毎に8つの三角形アイルで有する均一サイズ（同一のサイズ）の三角形形状アイル（又はサブセル、ミニセル、タイル）の代表的な略平面（前面又は上面）図である。この概略図は、トレンチ隔離領域によって仕切られた複数のアイルを示す（ $K = 2 \times 4 \times 4 = 32$ 個のアイルとして示す）。この実施形態における三角形アイル（ミニセル）の個数は、図7A及び図7Bのice11実施形態における三角形ice11（ミニセル）の個数の4倍である。

【0056】

図7Aは、セル周囲境界52によって定められ、辺長Lを有し、8つの均一な（同一の面積の）三角形形状アイル I_1 から I_8 を含むアイル型マスターソーラーセル又はice1150内の均一三角形形状アイルの上面図である。各々のアイル、サブセル、ミニセル、又はタイルは、トレンチ隔離又はアイル仕切領域54として示す内部アイル周囲境界（例えば、マスターセル半導体基板厚を通して切断され、アイルの辺寸法よりも有意に小さく、数百ミクロンよりも小さくなく、多くの場合に、約100 μm よりも小さいか又はそれに等しい、例えば、数 μm から約100 μm までのトレンチ幅を有する隔離トレンチ）によって定められる。メインセル（又はice11）の周囲境界又はエッジ領域52は4Lという全周囲長を有するが、全てのアイルの周囲寸法を含む全ice11エッジ境界長は、セル周囲境界52（セル外側周囲とも呼ぶ）とトレンチ隔離領域54とを含む。 $K = 2 \times 4 = 8$ 個の三角形アイルを有するice11を示す図7Aの代表例では $K = 8$ であり、従って、全セルエッジ長は、 $3.4142 \times \text{セル外側周囲} 4L = 13.567L$ である（従って、このice11は、図1に示す標準の従来技術セルのものよりも3.4142倍大きい周囲寸法を有する）。156mm \times 156mmの寸法を有する正方形形状マスターセル又はice11では、三角形アイルの辺寸法は約78mm \times 78mmであり（三角形の2つの同一の直角辺に対して）、各々のアイル又はサブセルは、30.42 cm^2 毎アイルの面積を有する。

【0057】

図7Bは、セル周囲境界62によって定められ、辺長Lを有し、図7Aの三角形のアイル又はミニセルと比較して8つの均一な（同一の面積の）三角形形状アイル I_1 から I_8 の別の配置を含むアイル型マスターソーラーセル又はice1160内の均一三角形形状アイルの上面図である。各々のアイル、サブセル、ミニセル、又はタイルは、トレンチ隔離又はアイル仕切領域64として示す内部アイル周囲境界（例えば、マスターセル半導体基板厚を通して切断され、アイルの辺寸法よりも有意に小さく、数百ミクロンよりも小さくなく、一部の場合は約100 μm よりも小さいか又はそれに等しい、例えば、数 μm から約100 μm までのトレンチ幅を有する隔離トレンチ）によって定められる。メインセル（又はice11）の周囲境界又はエッジ領域62は4Lという全周囲長を有するが、全てのアイルの周囲寸法を含む全ice11エッジ境界長は、セル周囲境界62（セル外側周囲とも呼ぶ）とトレンチ隔離領域64とを含む。 $K = 2 \times 4 = 8$ 個の三角形アイルを有するice11を示す図7Bの代表例では $K = 8$ であり、従って、全セルエッジ長は、 $3.4142 \times \text{セル外側周囲} 4L = 13.567L$ である（従って、このice11は、図1に示す標準の従来技術セルのものよりも3.4142倍大きい周囲寸法を有する）。156mm \times 156mmの寸法を有する正方形形状マスターセル又はice11では、三角形アイルの辺寸法は約78mm \times 78mmであり（三角形の2つの同一の直角辺に対して）、各々のアイル又はサブセルは、30.42 cm^2 毎アイルの面積を有する。

【0058】

図7Cは、セル周囲境界72によって定められ、辺長Lを有し、16個の均一な（同一の面積の）三角形形状アイル I_1 から I_{16} の配置を含むアイル型マスターソーラーセル又はice1170内の均一三角形形状アイルの上面図である。各々のアイル、サブセル、ミニセル、又はタイルは、トレンチ隔離又はアイル仕切領域74として示す内部アイル周

10

20

30

40

50

囲境界（例えば、マスターセル半導体基板厚を通して切断され、アイルの辺寸法よりも有意に小さく、数百ミクロンよりも大きくなり、一部の場合は約 $100\ \mu\text{m}$ よりも小さいか又はそれに等しい、例えば、数 μm から約 $100\ \mu\text{m}$ までのトレンチ幅を有する隔離トレンチ）によって定められる。メインセル（又は *icell*）の周囲境界又はエッジ領域 72 は $4L$ という全周囲長を有するが、全てのアイルの周囲寸法を含む全 *icell* エッジ境界長は、セル周囲境界 72（セル外側周囲とも呼ぶ）とトレンチ隔離境界 74 とを含む。 $K = 4 \times 2 \times 2 = 16$ 個の三角形アイルを有する *icell* を示す図 7C の代表例では $K = 16$ であり、従って、全セルエッジ長は、 $4.8284 \times \text{セル外側周囲 } 4L = 19.313L$ である（従って、この *icell* は、図 1 に示す標準の従来技術セルのものよりも 4.8284 倍大きい周囲寸法を有する）。 $156\text{ mm} \times 156\text{ mm}$ の寸法を有する正

10

【0059】

図 7D は、セル周囲境界 82 によって定められ、辺長 L を有し、16 個の均一な（同一の面積の）三角形形状アイル I_1 から I_{36} の配置を含むアイル型マスターソーラーセル又は *icell* 80 内の均一三角形形状アイルの上面図である。各々の三角形のアイル、サブセル、ミニセル、又はタイルは、トレンチ隔離又はアイル仕切境界 84 として示す内部アイル周囲境界（例えば、マスターセル半導体基板厚を通して切断され、アイルの辺寸法よりも有意に小さく、数百ミクロンよりも大きくなり、多くの場合に、約 $100\ \mu\text{m}$ よりも小さいか又はそれに等しい、例えば、数 μm から約 $100\ \mu\text{m}$ までのトレンチ幅を有する隔離トレンチ）によって定められる。メインセル（又は *icell*）の周囲境界又はエッジ領域 82 は $4L$ という全周囲長を有するが、全てのアイルの周囲寸法を含む全 *icell* エッジ境界長は、セル周囲境界 82（セル外側周囲とも呼ぶ）とトレンチ隔離境界 84 とを含む。 $K = 4 \times 3 \times 3 = 36$ 個の三角形アイルを有する *icell* を示す図 7D の代表例では $K = 36$ であり、従って、全セルエッジ長は、 $7.2426 \times \text{セル外側周囲 } 4L = 28.970L$ である（従って、この *icell* は、図 1 に示す標準の従来技術セルのものよりも 7.2426 倍大きい周囲寸法を有する）。 $156\text{ mm} \times 156\text{ mm}$ の寸法を有する正方形形状マスターセル又は *icell* では、この実施形態における各々の三角形のアイル又はサブセルは、 6.76 cm^2 毎アイルの面積を有する。

20

【0060】

図 7E は、セル周囲境界 92 によって定められ、辺長 L を有し、32 個の均一な（同一の面積の）三角形形状アイル I_1 から I_{32} の配置を含むアイル型マスターソーラーセル又は *icell* 90 内の均一三角形形状アイルの上面図である。各々の三角形のアイル、サブセル、ミニセル、又はタイルは、トレンチ隔離又はアイル仕切境界 94 として示す内部アイル周囲境界（例えば、マスターセル半導体基板厚を通して切断され、アイルの辺寸法よりも有意に小さく、数百ミクロンよりも大きくなり、多くの場合に、約 $100\ \mu\text{m}$ よりも小さいか又はそれに等しい、例えば、数 μm から約 $100\ \mu\text{m}$ までのトレンチ幅を有する隔離トレンチ）によって定められる。メインセル（又は *icell*）の周囲境界又はエッジ領域 92 は $4L$ という全周囲長を有するが、全てのアイルの周囲寸法を含む全 *icell* エッジ境界長は、セル周囲境界 92（セル外側周囲とも呼ぶ）とトレンチ隔離境界 94 とを含む。 $K = 2 \times 4 \times 4 = 32$ 個の三角形アイルを有する *icell* を示す図 7E の代表例では $K = 32$ であり、従って、全セルエッジ長は、 $6.8284 \times \text{セル外側周囲 } 4L = 27.313L$ である（従って、この *icell* は、図 1 に示す標準の従来技術セルのものよりも 6.8284 倍大きい周囲寸法を有する）。 $156\text{ mm} \times 156\text{ mm}$ の寸法を有する正方形形状マスターセル又は *icell* では、三角形アイルの辺寸法は約 $39\text{ mm} \times 39\text{ mm}$ であり（三角形の 2 つの同一の直角辺に対して）、この実施形態における各々の三角形のアイル又はサブセルは、 7.605 cm^2 毎アイルの面積を有する。

30

40

【0061】

すなわち、アイル又はミニセルの設計は、正方形、三角形、矩形、台形、多角形、八ニカム六角形のアイルのような様々な形状、又は多くの他の可能な形状及びサイズを含むこ

50

とができる。アイルの形状及びサイズ、並びに $icell$ 内のアイルの個数は、(i) マスターセル ($icell$) 内での全体的な亀裂の排除又は軽減、(ii) 亀裂の発生及び / 又は増殖がなく、ソーラーセル又はモジュールの性能 (電力変換効率) の低下のないマスターセル ($icell$) の高い可撓性及び可撓性 / 曲げ性、(iii) マスターセル ($icell$) 電流を低下させ、 $icell$ 電圧を増大させる (電圧の強度を強め、電流の強度を弱めるという結果をもたらす一体 $icell$ 内のアイルの直列接続又は混成並列 - 直列接続により) ことによる低い金属化厚要件及び導電性要件 (従って、低い金属化材料消費及び処理コスト)、及び (iv) $icell$ 毎に少なくとも 1 つのバイパススイッチ (例えば、整流 pn 接合ダイオード又はショットキー障壁ダイオード)、最大電力点追跡 ($MPPT$) 電力オブティマイザー (各々が、直列接続及び / 又は並列接続された少なくとも 1 つの $icell$ から複数の $icell$ までに対して特化されて各モジュール内に埋め込まれた少なくとも複数の $MPPT$ 電力オブティマイザー)、 PV モジュール電力切り換え (PV モジュールを必要に応じて起動又は停止させるための設けられた PV アレイ内の電力線に対する分離制御を有する)、使用現場での PV モジュールの作動中のモジュールステータス (例えば、電力供給及び温度) などを含むがこれらに限定されず、 $icell$ 上及び / 又は $icell$ を含む積層 PV モジュール内の廉価な分散埋め込み電子機器構成要素の実施を容易かつ可能にするために、得られる $icell$ 内に電圧範囲と電流範囲との比較的最適な組合せ与えるという要件のうちの 1 つ又は組合せに対して最適な属性を与えるように選択することができる。例えば、上述したように、一部の用途及び事例では、他の要件と考え合わせた場合に、亀裂の増殖を低減し、及び / 又は得られる $icell$ 及び可撓性軽量 PV モジュールの可撓性 / 曲げ性を改善するために、マスターセル ($icell$) の周りの近くにより小さい (例えば、三角形形状の) アイルを有することが望ましい場合がある。

【 0 0 6 2 】

直列接続されたアイル又はそのサブグループ間の光発生電流に適合するように、均等又は均一なサイズの $N \times N$ 個の正方形形状アイル又は複数の同一のサイズの三角形形状アイルのアレイを有する完全正方形マスターセル ($icell$) を形成することができる。従って、正方形形状マスターセル ($icell$) は、 $N \times N$ 個の均一な (アイル面積に関して同一のサイズの) 正方形形状又はほぼ正方形形状のアイル (N は整数 : 2、3、4、である) 又は K 個の均一な三角形形状アイル (K は整数、例えば、4 に等しいか又はそれよりも多い偶数である) を含むことができる。

【 0 0 6 3 】

図 8 は、エッジ再結合効果 (更に有限の直列抵抗値及び並列抵抗値、並びに有限の暗電流) を有する典型的なソーラーセルの略等価回路モデルを示す略回路図である。実際のソーラーセルは、全てがソーラーセル性能に対して悪影響を有する寄生直列抵抗及び寄生並列抵抗、並びにエッジ再結合効果及び暗電流を含む。理想的なソーラーセルは、ゼロ直列抵抗、無限並列抵抗、ゼロ暗電流、及び無視することができるか又はゼロのエッジ再結合効果を有する。公知の従来の結晶シリコンソーラーセルでは、セルの作用 (上面) 面積に対する結晶シリコンウェーハソーラーセルのエッジ面積の典型的な比は、少なくとも 0 . 5 0 % 程度である。

【 0 0 6 4 】

本明細書に説明する一体アイル型ソーラーセル ($icell$) の長いエッジ長は、ソーラーセルのエッジ再結合効果を高める可能性があるが (必ずしもそうではないが)、ミニセル (アイル) 境界トレンチのエッジ効果を実質的に低下させるための非常に有効な軽減対策を使用することができる。ソーラーセルエッジ再結合電流は、正常な飽和挙動の代わりに、非線形の短絡及び線形又は超線形の逆方向電流をもたらす可能性がある。従って、エッジ再結合効果を有意に軽減又は最小にすることにより、 I_{loss2} を排除又は最小にすることが望ましい場合がある。エッジ再結合電流は、設計において、更にソーラーセルの加工中に実際的かつ有効な対策を取ることによって有意に低減及び / 又は排除することができる。

【0065】

エッジ再結合電流は、強い外乱を受ける及び／又は相対的に不動態化されていないエッジ領域、及びpn接合部（すなわち、ソーラーセルpn接合部及びエッジ領域と接触するその空乏領域）と直接接触状態にある可能性があるエッジ領域によって引き起こされる。エッジ損失は、セル損傷（例えば、上述のicellトレンチの形成後のテクスチャ化湿式エッチング中などで有効な工程によって適切に除去されなかった場合の残留エッジ側壁損傷）及びソーラーセルエッジ側壁区域（メインセル周囲側壁区域、並びにicellの場合の仕切トレンチ側壁区域）の貧弱又は不十分な不動態化に起因して発生し、ソーラーセルのpn接合部がソーラーセルエッジ区域に接触する（主ソーラーセル周囲側壁及び／又はicell内の仕切トレンチ側壁区域のいずれかの周囲で）場合に更に悪化する可能性がある。この問題を軽減するために、結晶半導体層側壁内のいずれかの残留トレンチング損傷も除去する湿式テクスチャ（シリコンエッチング）が続くアイル隔離トレンチ形成、全てのアイルの上面／前側面とエッジ領域の側壁の両方を不動態化するための包み込み不動態化（前面不動態化工程中に形成される）、及び／又はアイルのエッジとのpn接合部の接触を排除することにより、ソーラーセル（icell）からのエッジ再結合効果が有意に低減されるか又は排除される。個々の又は組合せに使用することができる一体アイル型（タイル型）ソーラーセル（icell）内のトレンチ隔離エッジの再結合電流を最小化又は排除するための対策は、1）分離幅をマスターセル（icell）サイズ及びアイルサイズ（及びソーラーセル加工中のパターン化の分解能）に依存して1ミクロン程度まで小さく、数百ミクロン程度まで大きくとすることができるように、各アイル（又はミニセル、サブセル、又はタイル）のエミッタ接合部（例えば、n型ベースを使用する場合はp+nエミッタ接合部）をトレンチ隔離エッジから（更に主icell境界エッジから）幅狭のベース（例えば、n型ベース及びp+nエミッタ接合部を使用する場合はn型ベース）リムによって分離する／陥没させること、2）湿式エッチングテクスチャ工程（湿式テクスチャエッチングの化学作用が、アイル又はミニセルの側壁、並びにicellの主境界側壁内のいずれかのトレンチング誘発の残留損傷をエッチングで解離させるか又は除去することを可能にするための）の前に、レーザスクライビングを用いてセル上面からのトレンチ隔離領域を形成すること、3）結晶シリコンの一部（例えば、数ミクロンから約15ミクロンのシリコン）も除去する湿式エッチングテクスチャを実行して、トレンチで仕切られたエッジからいずれかの工程誘発（例えば、パルスレーザ融除誘発又は機械的ダイスカット誘発）の損傷シリコンを除去すること（アルカリ性テクスチャエッチング及び／又は酸性テクスチャエッチングのいずれかを用いて湿式テクスチャ処理と同時に実施することができる）、4）icellトレンチ仕切及び湿式エッチングテクスチャ化／面洗浄の後に、主icell周囲境界側壁、並びに全てのアイルのトレンチ側壁を含む全ての側壁エッジ領域を実質的に覆い、不動態化することにもなる例えばプラズマ強化化学気相蒸着（PECVD）、及び／又は原子層堆積（ALD）のような別の適切な工程によってソーラーセル（icell）上面上で不動態化／ARC工程を実行してエッジ再結合損失効果を有意に低減するか又は排除することを含む。これらの対策は、icell実施形態の価値のある利点を更に改善することになる。

【0066】

以下に続く例示的なソーラーセル設計及び製造工程は、多層金属化構造、特に、電気絶縁バックプレーン層（ソーラーセルの裏面に取り付けられたバックプレーン層）によって物理的に分離されたソーラーセル金属化の2つのレベル（又は2つの層）（すなわち、二重層金属化）を利用する。例えば、バックプレーン取付（例えば、薄肉プリプレグシートの積層）の前に、ソーラーセルのベース及びエミッタの接触金属化パターン（第1のパターン付き金属化層又はM1）が、比較的薄肉のスクリーン印刷ペースト（例えば、アルミニウム又はアルミニウム-シリコン合金を含むペースト）層、又はプラズマスパッタリング又はプラズマ蒸着（PVD）されたアルミニウム（又はアルミニウムシリコン合金）材料層を用いて、ソーラーセル裏面上に直接に形成される（PVD形成される金属層の場合はレーザ融除又はエッチング剤パターン化が続く）。この第1のパターン付き金属化層（

本明細書ではM 1とも呼ぶ)は、I B Cセルのベース及びエミッタの金属化領域を定める微小ピッチの相互嵌合型裏面接触(I B C)導体フィンガのようなソーラーセル接触金属化パターンを定める。M 1層は、ソーラーセル電力(ソーラーセルの電流及び電圧)を取り出し、M 1の後に形成される第2のパターン付き高導電性ソーラーセル金属化レベル/層(本明細書ではM 2と呼ぶ)にソーラーセル電力を伝達する。パターン付き金属化の第2の層又はレベル(M 2)は、アルミニウム及び/又は銅のような比較的廉価で高導電性の金属層を含むことができる(N i V又はN i又は別の適切なキャップ金属の適切な薄肉のキャップ層と共に)。

【0067】

図4に略示する流れ図を参照して上述したように、部分的に処理されたソーラーセル裏面へのバックプレーンの取付又は積層(パターン付きM 1層の周り及び裏面不動態層の露出区域の上部及び内部におけるソーラーセル裏面への完全な取付又は積層)、続くテンプレートからのバックプレーン支持ソーラーセルの剥離(エピタキシャルシリコンリフトオフ加工を用いて製造されるソーラーセルの場合)又は続く任意的なシリコン基板薄肉化エッチング(開始結晶シリコンウェーハを用いて製造されるソーラーセルの場合)、前面テクスチャ(例えば、湿式アルカリ性エッチング又は酸性湿式エッチングによるテクスチャ化工程を用いた)工程、前面不動態化工程、及びA R C堆積工程の完了、並びにバックプレーン層を貫通するピアホールの穿孔の後に、パターン付き高シート導電性M 2層がバックプレーン上に形成される(この形成は、パターン付きM 2と、パターン付きM 2金属化層とパターン付きM 1金属化層の間の電気相互接続のための導電ピアプラグとの両方を形成する)。ピアホール(例えば、バックプレーン上で各ソーラーセルに対して数百個から数千個の範囲のピアホール)が、バックプレーン内に穿孔される(例えば、レーザ穿孔により)。これらの穿孔ピアホールは、その中に形成される導電ピアプラグを通じたパターン付きM 2とパターン付きM 1の間のその後の電気相互接続に向けてパターン付きM 1の事前指定領域上に収まる(プラグは、パターン付きM 2の形成工程と同時に、その一部として又は別個に形成することができる)。次いで、パターン付き高導電性金属化層M 2を形成することができる(例えば、アルミニウム及び/又は銅を含む比較的廉価な高導電性M 2材料を用いたスクリーン印刷、熱蒸着又は電子線蒸着、プラズマスパッタリング、メッキ、又はその組合せにより)。M 1微小ピッチI B Cフィンガ(例えば、i c e l l毎に数百個の相互嵌合型M 1フィンガ)を有する相互嵌合型裏面接触(I B C)ソーラーセル(i c e l l)では、パターン付きM 2層をパターン付きM 1フィンガに対して実質的に直交又は垂直であるように設計することができる、言い換えれば、パターン付きM 2の矩形又は先細(例えば、三角形又は台形)のフィンガは、M 1フィンガに対して実質的に直角である。M 1フィンガに対するM 2フィンガのこの直角転移に起因して、パターン付きM 2層は、M 1層よりも遥かに少ないI B Cフィンガ(例えば、一部の事例ではミニセル又は単位セル毎に約10倍から50倍少ないM 2フィンガ)のみを有することができる。従って、M 2層は、相互嵌合型M 1層よりもかなり幅広のI B Cフィンガ(及びかなり大きいベースエミッタ金属フィンガピッチ)を有するかなり大まかなパターンで形成することができる。セル上バスバーに関連付けられた遮蔽電気損失を排除するために、M 1層上ではなくM 2層上にソーラーセルのバスバーを配置することができる(言い換えれば、バスバーなしパターン付きM 1層)。ベース及びエミッタの相互接続とバスバーの両方をソーラーセル裏面バックプレーン上のパターン付きM 2層上に配置することができるので、バックプレーン上のソーラーセルのベース端子とエミッタ端子の両方へのソーラーセルの裏面からの電气的アクセスが与えられる。

【0068】

薄肉シリコン層に対して過度の熱誘発応力をもたらすことを回避するために、パターン付きM 1層とパターン付きM 2層の間に形成される連続バックプレーン材料は、半導体層(例えば、結晶シリコンソーラーセルのための結晶シリコン)のC T Eに対して十分に適合する熱膨張率(C T E)を有する電気絶縁材料、例えば、アラミド繊維プリプレグ材料のような適切なポリマー材料の薄肉シートとすることができる。更に、バックプレーン層

10

20

30

40

50

は、バックエンドセル製作工程に対するソーラーセル工程統合要件、特に、任意的な湿式シリコン薄肉化エッチング中及びセル前面の湿式テクスチャ化中の比較的良好な耐化学性、並びにその後の前面不動態及びARC層の堆積中、更に、その後のM2製作工程中（当て嵌まる場合）の比較的良好な熱安定性（例えば、約400 までの熱安定性）を満たさなければならない。電気絶縁連続バックプレーン層は、モジュールレベル積層処理要件及び長期PVモジュール信頼性要件も満たさなければならない。様々な適切なポリマー材料（プラスチック、フルオロポリマー、プリプレグのような）及び適切な非ポリマー材料（ガラス、セラミックのような）を電気絶縁バックプレーン材料として使用することができるが、望ましいバックプレーン材料の選択は、コスト、工程統合の容易性、シリコンに対する相対CTE整合、熱安定性、耐化学性、信頼性、可撓性／柔軟性などを含むがこれらに限定されない多くの要件に依存する。

10

【0069】

連続バックプレーン層に対する1つの適切な材料選択は、プリプレグシート（繊維と樹脂の組合せを含む）である。プリプレグシートは、プリント回路基板の構成ブロックとして使用され、樹脂とCTEを低減する繊維又は粒子との組合せから製造することができる。バックプレーン材料は、任意的なシリコン薄肉化エッチングの化学作用（例えば、アルカリ性又は酸性のシリコンエッチング化学作用）及びテクスチャ化の化学物質（例えば、アルカリ性又は酸性のシリコンテクスチャ化化学作用）に対して比較的高い耐化学性を有し、少なくとも180 の温度まで（更に一部の事例では、バックエンドソーラーセル加工中に約400 の高温まで）熱的に比較的安定している比較的廉価で低CTEの（一般的に $CTE < 10 \text{ ppm/}$ 、又は一部の事例では $< 5 \text{ ppm/}$ である）薄肉（通常は50ミクロンから250ミクロンまで、一部の事例では約50ミクロンから150ミクロンまでの範囲）プリプレグシートとすることができる。エピタキシャルシリコンリフトオフ加工を用いて製作されるソーラーセルの場合に、プリプレグシートは、パターン付きM1層の形成を通じたソーラーセル裏面処理の完了後、依然として再使用可能テンプレート上にある間に（当て嵌まる場合はセルリフトオフ剥離工程の前に）、熱真空積層器を用いてソーラーセル裏面に取り付けることができる。これに代えて、結晶シリコンウェーハを用いて製作されるソーラーセルの場合には（エピタキシャルリフトオフ加工がない）、プリプレグシートは、パターン付きM1層の形成を通じたソーラーセル裏面処理の完了後に、ここでもまた、熱真空積層器を用いてソーラーセルウェーハ裏面に取り付けることができる。熱及び圧力の組合せを印加すると、薄肉連続プリプレグシート（例えば、50ミクロン厚から250ミクロン厚のアラミド繊維プリプレグシート層）が、1つの処理されたソーラーセル（又は一体モジュール実施形態の場合は複数のソーラーセル）の裏面に永続的に積層又は取り付けられる。次いで、エピタキシャルシリコンリフトオフ加工を用いて製作されるソーラーセルの場合に当て嵌めることができるように、リフトオフ剥離境界が、ソーラーセルの周りの周りに（再使用可能テンプレートエッジの近くで）、例えば、パルスレーザスクライビングツールを使用することによって定められ、次いで、バックプレーンが積層されたソーラーセルが、再使用可能テンプレートから機械的解離工程又はリフトオフ工程を用いてリフトオフにされて分離される（開始結晶シリコンウェーハ上に製造されるソーラーセルはリフトオフ剥離工程を用いず、バックプレーン取付／積層工程の後に直ちにバックエンドソーラーセル加工に進む）。その後のバックエンド工程段階は、（i）開始結晶シリコンウェーハ上に製造されるソーラーセルの場合の任意的なシリコン薄肉化エッチング、テクスチャ及び不動態の完成、並びにソーラーセル上面上でのARC堆積工程、（ii）ソーラーセルバックプレーンピアホールの形成、及びバックプレーン取付ソーラーセル裏面上での高導電性の第2層金属化（M2）（ソーラーセルバックプレーン面上に形成される）の形成の完了を含むことができる。エミッタ極性とベース極性の両方に対する相互嵌合型M2金属フィンガを含むパターン付きM2に対する高導電性金属化（例えば、ソーラーセルの全体の製造コスト及び材料コストを低減するために、銀とは対照的にアルミニウム及び／又は銅を含む）が、レーザ穿孔ピアホールを含む積層されたソーラーセルバックプレーン上に形成される。

20

30

40

50

【0070】

先に上述したように、バックプレーン材料は、プリント回路基板（PCB）及び他の工業用途で一般的に使用される、全体的な工程統合及び信頼性の要件を満たす比較的廉価なプリプレグ材料のような薄肉の（例えば、約50ミクロンから250ミクロンの厚みの）可撓性電気絶縁ポリマー材料シートで製造することができる。一般的にプリプレグは、樹脂が事前含浸した補強材料であり、複合部品を生成するのに容易に使用することができる（プリプレグは、湿式積層システムよりも迅速かつ容易に複合材を生成するために使用することができる）。プリプレグは、補強繊維又は補強繊維織物を特別に配合されて事前に触媒化された樹脂と整合性を確実にするように設計された機器を用いて組み合わせることによって製造することができる。可撓性の裏紙によって覆うことで、プリプレグを容易に処理することができ、室温である期間にわたって可撓性／柔軟性を有する状態に留めることができる（長寿命）。更に、プリプレグの進歩は、保存に向けた冷凍を必要としない材料、より長い保存寿命を有するプリプレグ、及び低温で硬化する製品を発生させている。プリプレグ積層体は、圧力下で加熱することによって硬化させることができる（熱圧縮積層）。従来のプリプレグは、オートクレーブ硬化に向けて配合され、それに対して低温プリプレグは、かなり低い温度で真空バグの圧力だけを使用することによって完全に硬化させることができる。

10

【0071】

先に開示して解説したように、本明細書に開示する一体アイル型セル（icell）の設計及び製作方法は、製造工程の段階又はツールを有意に変更せず、従って、ソーラーセルを製造するコストを有意に増加させることなく、裏面接触ソーラーセルに関するものを含む公知のソーラーセルの設計及び製作工程流れ図と統合することができる。一般的に、ソーラーセル及びモジュールの製造コストは、icellの技術革新（並びにicellを含む一体モジュール実施形態の技術革新）の結果として低減することができる。一実施形態において、セル設計を連続バックプレーン及び金属化構造（特に2つのパターン付き金属化の層又はレベルM1及びM2）と併せた組合せは、裏面接合／裏面接触ソーラーセルアーキテクチャを与える。その一方、バックプレーンと金属化層との様々な組合せは、永続的な可撓性、半可撓性、又は剛性の構造支持体／補強体として機能することができ、ソーラーセル電力を実質的に損ねることなく、又はソーラーセル製造コストを増加させることなく、高効率結晶シリコンソーラーセルに対して高導電性（例えば、アルミニウム及び／又は銅の金属化材料を含む）相互接続を与えることができる。

20

30

【0072】

図9Aは、4×4個の正方形形状アイルを有するマスターセル又はicell上に形成されたバスバーなし第1金属化層パターン（M1）の裏面平面図を示す概略図である（このicell M1パターンの背面図は、同じ4×4個の正方形形状アイルの配置を有するicellに関する図2に示す正面図に対応する）。図9Bは、図9Aのアイルのうちの1つ（例えば、I₁₄で表記しているアイル）の拡大裏面平面図を示し、バスバーなし第1金属化層パターン（M1）のベースとエミッタとの相互嵌合型金属フィンガのアイランドが、icell内の他のアイルのベースとエミッタとの相互嵌合型M1フィンガから絶縁されることを示す図9Aの概略図の一区画の拡大図である。

40

【0073】

図9Aは、エピタキシャル成長させた（例えば、テンプレート上の多孔質シリコン上で）半導体基板又は結晶ウェーハベースの半導体基板へのバックプレーンの取付又は積層の前にマスターセル又はicell 100上に形成されたパターン化されたベースとエミッタとの微小ピッチ相互嵌合型金属化フィンガの複数のアイランド（この代表例では4×4アレイであるicell内の複数のアイルに対応する）を含むバスバーなし第1金属化層パターン（M1）の裏面平面図を示す概略図である。この設計は、図2に示す正方形形状アイルの4×4アレイを有するicellに対応する。図9Bは、バスバーなしのベースとエミッタとの微小ピッチ相互嵌合型金属化フィンガを形成するパターン付きM1金属化層を有する図9Aに記載のソーラーセルの拡大裏面図である（例えば、裏面接合／裏面接

50

触又はIBCのicell又はマスターセルに関するもの)。図2を参照して上述したicell実施形態に従って部分的に処理されたマスターセル又はicell100(パターン付き金属の第1の層又はレベルM1を通して処理されたもの)がセル周囲境界106によって定められ、この代表的な実施形態において、仕切トレンチが形成されることになるソーラーセルの前面からこの裏面図に向けて投影された境界104として示す仕切トレンチ隔離境界の形成によって後に定められることになる(ソーラーセル裏面へのバックプレーンの取付又は積層の後に) $4 \times 4 = 16$ 個の均一な(同一のアイル面積の)正方形形状アイル I_{11} から I_{44} までを含む。仕切トレンチは、バックプレーンの反対側の半導体基板の太陽光面から形成されることになることに注意しなければならない。図9A及び図9Bでは、アイル仕切境界104は、icell(この実施形態では 4×4 個のアイルのアレイ)を形成するアイルに対するM1金属化アイランド(パターン付きM1によって形成されたベースとエミッタとの相互嵌合型金属化フィンガの複数のアイランド)も定める。相互嵌合型M1フィンガの 4×4 個のアイランドは、互いから物理的に分離して(すなわち、相互嵌合型フィンガは、仕切境界104と交差しないか又はそれを破らない)絶縁することができる。複数のパターン付きM1アイランドの全体(この実施形態において、n型とp型の両方のシリコンへの良好なオーミック接触を生成することができるアルミニウムのような比較的高い導電性の廉価な金属を含むM1アイランドの 4×4 アレイ)が、適切なペースト(アルミニウム又はアルミニウム-シリコン合金のペースト)のスクリーン印刷、又はPVD及びPVD後パターン化(パルスレーザ融除パターン化又はパターン作動エッチングによるもの)のような適切な工程によってソーラーセルの裏面上に同時に形成される。アイル、サブセル、又はミニセルは、共有連続バックプレーン又は連続バックプレーンの層/シート(この図にはバックプレーンを示しておらず、バックプレーンは、裏面不動態とパターン付きセル上M1層とを含むソーラーセル裏面に取付又は積層されることになる)上で一体的に形成され(最初は連続している同じ半導体層から)、トレンチで仕切られて隔離された半導体層(例えば、エピタキシャル成長させたシリコン層又は開始結晶シリコンウェーハからのシリコン層)のアイランドである。パターン付きM1相互嵌合型金属化フィンガ102の複数の(この実施形態では $4 \times 4 = 16$ 個の)アイランドは、ソーラーセル裏面上で、ソーラーセル前面上のトレンチで仕切られた半導体アイルのicellパターンに対応し、それに従って形成され、ベースとエミッタとの相互嵌合型金属フィンガの各アイランドは、各アイルに対するM1金属化に対応する。各M1アイランド上のベースとエミッタとの相互嵌合型金属フィンガをM1パターン(バックプレーン取付の前にソーラーセル基板裏面108上に形成された交替するエミッタM1金属フィンガ110とベースM1金属フィンガ112として示す)上のセルバスバーなしに示しており、従って、セル上バスバーは存在しない。図9A及び図9Bに示すように、各M1アイランド(得られるicellにおいてトレンチで仕切られた各アイルに対応する)に対するパターン付き相互嵌合型M1金属化フィンガは、他の隣接するアイランドのパターン付き相互嵌合型M1金属化フィンガから物理的かつ電氣的に隔離される。必ずではないが殆どの場合に、icellのトレンチで仕切られた様々なアイルの間の電気相互接続は、部分的に処理されたソーラーセル裏面へのバックプレーン取付の完了後に、ソーラーセルのバックエンド処理に向けて、第2のパターン付き金属化層M2を通して製造される。一部の実施形態は、トレンチで仕切られた隣接又は隣接するアイルを例えば電気並列接続及び/又は電気直列接続で同じく相互接続するためにパターン付きM1層を利用することができる。一部の事例では、ソーラーセルがエピタキシャル成長させたシリコン基板から製造される場合のような適用可能で望ましい場合に、部分的に処理されたエピタキシャルソーラーセルが支持結晶シリコンテンプレート構造にセル上面上に依然として取り付けられている間に、M1金属化層をソーラーセル基板裏面108上に形成することができる。この形成に対しては、エピタキシャルシリコンソーラーセル製作工程流れ図に関して上述している。

【0074】

図10Aは、 3×3 個の正方形形状アイルを有するマスターセル又はicell上に形

10

20

30

40

50

成されたバスバーなし第1金属化層パターン(M1)の裏面平面図を示す概略図である(このicell M1パターンの背面図は、同じ3×3個の正方形形状アイルの配置を有するicellに関する図6Aに示す正面図に対応する)。図10Aは、5×5個の正方形形状アイルを有するマスターセル又はicell上に形成されたバスバーなし第1金属化層パターン(M1)の裏面平面図を示す概略図である(このicell M1パターンの背面図は、同じ5×5個の正方形形状アイルの配置を有するicellに関する図6Bに示す正面図に対応する)。

【0075】

図10A及び図10Bは、エピタキシャル成長させた(テンプレート上で)半導体基板又は結晶ウェーハベースの半導体基板へのバックプレーンの取付又は積層の前に図10Aのマスターセル又はicell 120及び図10Bの130上に形成されたパターン化されたベースとエミッタとの微小ピッチ相互嵌合型金属化フィンガの複数のM1金属パターンアイランド(これらの代表例では、図10Aでicell内の3×3=9個のアイルのアレイ、及び図10Bで5×5=25個のアイルのアレイに対応する)を含むバスバーなし第1金属化層パターン(M1)の裏面平面図を示す概略図である。これらの設計は、図6Aに示す3×3アイルアレイを有するicell及び図6Bに示す5×5アイルアレイを有するicellに対応する。図10Aでは、図6Aを参照して上述したicell実施形態に従って部分的に処理されたマスターセル又はicell 120(パターン付き金属の第1の層又はレベルM1を通して処理されたもの)がセル周囲境界126によって定められ、この代表的な実施形態において、仕切トレンチが半導体層を通して形成されることになるソーラーセルの前面からこの裏面図に向けて投影された領界124として示す仕切トレンチ隔離領界の形成によって後に定められることになる(ソーラーセル裏面へのバックプレーンの取付又は積層の後に)3×3=9個の均一な(同一のアイル面積の)正方形形状アイルI₁₁からI₃₃までを含む。仕切トレンチは、バックプレーンの反対側の半導体基板の太陽光面から形成されることになることに注意しなければならない。図10Aでは、仕切領界124は、icellを形成するアイル(この実施形態では3×3個のアイル)に対するM1金属化アイランド(ベースとエミッタとの相互嵌合型金属化フィンガの複数のアイランド)も定める。相互嵌合型M1フィンガの3×3個のアイランドは、互いから物理的に分離して(すなわち、相互嵌合型フィンガは、仕切領界124と交差しないか又はそれを破らない)絶縁することができる。複数のパターン付きM1アイランドの全体(この実施形態において、n型とp型の両方のシリコンへの良好なオーミック接触を生成することができるアルミニウムのような比較的高い導電性の廉価な金属を含むM1アイランドの3×3アレイ)が、適切なペースト(アルミニウム又はアルミニウム-シリコン合金を含むペースト等)のスクリーン印刷、又はPVD及びPVD後パターン化(パルスレーザ融除パターン化又はパターン作動エッチングによるもの)のような適切な工程によってソーラーセルの裏面上に同時に形成される。アイル、サブセル、又はミニセルは、共有連続バックプレーン又は連続バックプレーンの層/シート(この図にはバックプレーンを示しておらず、バックプレーンは、裏面不動態とパターン付きセル上M1層とを含むソーラーセル裏面に取付又は積層されることになる)上で一体的に形成され(最初は連続している同じ半導体層から)、トレンチで仕切られて隔離された半導体層(例えば、エピタキシャル成長させたシリコン層又は開始結晶シリコンウェーハからのシリコン層)のアイランドである。パターン付きM1相互嵌合型金属化フィンガ122の複数の(この実施形態では3×3=9個の)アイランドは、ソーラーセル裏面上で、ソーラーセル前面上のトレンチで仕切られた半導体アイルのicellパターンに対応し、それに従って形成され、ベースとエミッタとの相互嵌合型金属フィンガの各アイランドは、各アイルに対する金属化領域に対応する。各M1アイランド上のベースとエミッタとの相互嵌合型金属フィンガをM1パターン(バックプレーン取付の前にソーラーセル基板裏面上に形成された交替するエミッタとベースとのM1金属線122として示す)上のセルバスバーなしに示しており、従って、セル上バスバーは存在しない。図10Aに示すように、各M1アイランド(得られるicellにおいてトレンチで仕切られた各アイルに対応する)に対するパタ

10

20

30

40

50

ーン付き相互嵌合型 M 1 金属化フィンガは、他の隣接するアイランドのパターン付き相互嵌合型 M 1 金属化フィンガから物理的かつ電氣的に隔離される。一部の事例では、i c e l l のトレンチで仕切られた様々なアイルの間の電気相互接続は、ソーラーセル裏面へのバックプレーン取付の完了後に、ソーラーセルのバックエンド処理に向けて、第 2 のパターン付き金属化層 M 2 を通して製造される。一部の実施形態は、トレンチで仕切られたいくつかの隣接又は隣接するアイルを例えば電気並列接続及び / 又は電気接続で同じく相互接続するためにパターン付き M 1 層を利用することができる。一部の事例では、ソーラーセルがエピタキシャル成長させたシリコン基板から製造される場合のような適用可能で望ましい場合に、部分的に処理されたエピタキシャルソーラーセルが支持結晶シリコンテンプレート構造にセル表面上に依然として取り付けられている間に、M 1 金属化層をソーラーセル基板裏面上に形成することができる。この形成に対しては、エピタキシャルシリコンソーラーセル製作工程流れ図に関して上述している。

【 0 0 7 6 】

図 1 0 B では、図 6 B を参照して上述した i c e l l 実施形態に従って部分的に処理されたマスターセル又は i c e l l 1 3 0 (パターン付き金属の第 1 の層又はレベル M 1 を通して処理されたもの) がセル周囲境界 1 3 6 によって定められ、この代表的な実施形態において、仕切トレンチが形成されることになるソーラーセルの前面からこの裏面図に向けて投影された領域 1 3 4 として示す仕切トレンチ隔離領域の形成によって後に定められることになる (ソーラーセル裏面へのバックプレーンの取付又は積層の後に) $5 \times 5 = 25$ 個の均一な (同一のアイル面積の) 正方形形状アイル I_{11} から I_{55} までを含む。仕切トレンチは、バックプレーンの反対側の半導体基板の太陽光面から形成されることになることに注意しなければならない。図 1 0 B では、仕切領域 1 3 4 は、i c e l l を形成するアイル (この実施形態では $5 \times 5 = 25$ 個のアイル) に対する M 1 金属化アイランド (ベースとエミッタとの相互嵌合型金属化フィンガの複数のアイランド) も定める。相互嵌合型 M 1 フィンガの $5 \times 5 = 25$ 個のアイランドは、互いから物理的に分離して (すなわち、相互嵌合型フィンガは、仕切領域 1 3 4 と交差しないか又はそれを破らない) 絶縁することができる。複数のパターン付き M 1 アイランドの全体 (この実施形態において、n 型と p 型の両方のシリコンへの良好なオーミック接触を生成することができるアルミニウムのような比較的高い導電性の廉価な金属を含む $5 \times 5 = 25$ 個の M 1 アイランドのアレイ) が、適切なペースト (アルミニウム又はアルミニウム - シリコン合金などを含む) のスクリーン印刷、又は P V D 及び P V D 後パターン化 (パルスレーザ融除パターン化又はパターン作動エッチングによるもの) のような適切な工程によってソーラーセルの裏面上に同時に形成される。アイル、サブセル、又はミニセルは、共有連続バックプレーン又は連続バックプレーンの層 / シート (この図にはバックプレーンを示しておらず、バックプレーンは、裏面不動態とパターン付きセル上 M 1 層とを含むソーラーセル裏面に取付又は積層されることになる) 上で一体的に形成され (最初は連続している同じ半導体層から) 、トレンチで仕切られて隔離された半導体層 (例えば、エピタキシャル成長させたシリコン層又は開始結晶シリコンウェーハからのシリコン層) のアイランドである。パターン付き M 1 相互嵌合型金属化フィンガ 1 3 2 の複数の (この実施形態では $5 \times 5 = 25$ 個の) アイランドは、ソーラーセル裏面上で、ソーラーセル前面上のトレンチで仕切られた半導体アイルの i c e l l パターンに対応し、それによって形成され、ベースとエミッタとの相互嵌合型金属フィンガの各アイランドは、各アイルに対する M 1 金属化領域に対応する。各 M 1 アイランド上のベースとエミッタとの相互嵌合型金属フィンガを M 1 パターン (バックプレーン取付の前にソーラーセル基板裏面上に形成された交替するエミッタとベースとの M 1 金属線 1 3 2 として示す) 上のセルバスバーなしに示しており、従って、セル上バスバーは存在しない (遮蔽電気損失を防止又は最小にするために) 。図 1 0 B に示すように、各 M 1 アイランド (得られる i c e l l においてトレンチで仕切られた各アイルに対応する) に対するパターン付き相互嵌合型 M 1 金属化フィンガは、他の隣接するアイランドのパターン付き相互嵌合型 M 1 金属化フィンガから物理的かつ電氣的に隔離される。i c e l l のトレンチで仕切られた様々なアイルの間の電気相互接続は、ソーラーセル裏

10

20

30

40

50

面へのバックプレーン取付の完了後に、ソーラーセルのバックエンド処理に向けて、第2のパターン付き金属化層M2を通して製造することができる。一部の実施形態は、トレンチで仕切られた隣接又は隣接するアイルを例えば電気並列接続で同じく相互接続するためにパターン付きM1層を利用することができる。一部の事例では、ソーラーセルがエピタキシャル成長させたシリコン基板から製造される場合のような適用可能で望ましい場合に、部分的に処理されたエピタキシャルソーラーセルが支持結晶シリコンテンプレート構造にセル上面上に依然として取り付けられている間に、M1金属化層をソーラーセル基板裏面上に形成することができる。この形成に対しては、エピタキシャルシリコンソーラーセル製作工程流れ図に関して上述している。

【0077】

図11Aは、 $4 \times 3 \times 3 = 36$ 個の三角形形状アイルを有するマスターセル又はicell上に形成されたバスバーなし第1金属化層パターン(M1)の裏面平面図を示す概略図である(このicell M1パターンの背面図は、同じ $4 \times 3 \times 3 = 36$ 個の三角形形状アイルの配置を有するicellに関する図7Dに示す正面図に対応する)。図11Bは、図11Aの三角形アイルのグループ(例えば、 I_1 、 I_2 、 I_3 、 I_4 で表記しているアイル)の拡大裏面平面図を示し、バスバーなし第1金属化層パターン(M1)のベースとエミッタとの相互嵌合型金属フィンガの三角形形状アイランドが、互いから、更にicell内の他のアイルのベースとエミッタとの相互嵌合型M1フィンガから絶縁されることを示す図11Aの概略図の一区画の拡大図である。

【0078】

図11Aは、エピタキシャル成長させた(テンプレート上で)半導体基板又は結晶ウェーハベースの半導体基板へのバックプレーンの取付又は積層の前にマスターセル又はicell 140上に形成されたパターン化されたベースとエミッタとの微小ピッチ相互嵌合型金属化フィンガの複数のアイランド(この代表例ではicell内の $4 \times 3 \times 3 = 36$ 個である複数の三角形アイルのアレイに対応する)を含むバスバーなし第1金属化層パターン(M1)の裏面平面図を示す概略図である。この設計は、図7Dに示す $4 \times 3 \times 3$ アイルアレイを有するicellに対応する。図11Bは、微小ピッチバスバーなしのベースとエミッタとの相互嵌合型金属化フィンガを形成するパターン付きM1金属化層を有する図11Aに記載のソーラーセルアイルの拡大裏面図である(裏面接合/裏面接触又はIBCソーラーセルに関するもの)。図7Dを参照して上述したicell実施形態に従って部分的に処理されたマスターセル又はicell 140(パターン付き金属の第1の層又はレベルM1を通して処理されたもの)が、マスターセル又はicellの周囲境界146によって定められ、この代表的な実施形態において、仕切トレンチが形成されることになるソーラーセル半導体基板の前面からこの裏面図に向けて投影された様々な領界線144及び154として示す(濃い色の水平及び垂直の軸線、及び相互嵌合型M1金属フィンガの三角形アイランドを分離する白色の対角領界線として示す)半導体層を通した仕切トレンチ隔離領界の形成によって後に定められることになる(ソーラーセル裏面へのバックプレーンの取付又は積層の後に) $4 \times 3 \times 3 = 36$ 個の均一な(同一のアイル面積の)三角形形状アイル I_1 から I_{36} までを含む。仕切トレンチは、バックプレーンの反対側の半導体基板の太陽光面から形成されることになることに注意しなければならない。図11A及び図11Bでは、水平及び垂直(本明細書では軸線方向とも呼ぶ)の仕切領界144と、三角形パターンを仕切っている対角又は傾斜した領界154(水平及び垂直又は軸線方向の濃い色の線、並びに白色の対角線として示しており、濃い色の線と白色の線とは、単純に、軸線方向であるX方向及びY方向のアイル仕切領界と対角方向のアイル仕切領界との間で区別を付けている)は、icellを形成する三角形アイル(この実施形態では $4 \times 3 \times 3 = 36$ 個のアイル)に対するM1金属化アイランド(ベースとエミッタとの相互嵌合型金属化フィンガの複数の三角形形状アイランド)も定める。相互嵌合型M1フィンガの $4 \times 3 \times 3 = 36$ 個のアイランドは、互いから物理的に分離して(すなわち、相互嵌合型フィンガは、仕切領界144及び154と交差しない)絶縁することができる。複数のパターン付きM1アイランドの全体(この実施形態において、n型とp型の両方のシ

10

20

30

40

50

リコンへの良好なオーミック接触を生成することができるアルミニウムのような比較的高い導電性の廉価な金属を含む $4 \times 3 \times 3 = 36$ 個の M1 アイランドのレイ) が、適切なペースト (アルミニウム又はアルミニウム - シリコン合金を含むペースト等) のスクリーン印刷、又は PVD 及び PVD 後パターン化 (パルスレーザ融除パターン化又はパターン作動エッチングによるもの) のような適切な工程によってソーラーセルの裏面上に同時に形成される。アイル、サブセル、又はミニセルは、共有連続バックプレーン又は連続バックプレーンの層 / シート (この図にはバックプレーンを示しておらず、バックプレーンは、裏面不動態とパターン付きセル上 M1 層とを含むソーラーセル裏面に取付又は積層されることになる) 上で一体的に形成され (最初は連続している同じ半導体層から)、トレンチで仕切られて隔離された半導体層 (例えば、テンプレート上の多孔質シリコン上でエピタキシャル成長させたシリコン層又は開始結晶シリコンウェーハからのシリコン層) のアイランドである。パターン付き M1 相互嵌合型金属化フィンガ 142 の複数の (この実施形態では $4 \times 3 \times 3 = 36$ 個の) アイランドは、ソーラーセル前面上のトレンチで仕切られた半導体アイルの icell パターンに対応し、かつ整合してソーラーセル裏面上に形成され、ベースとエミッタとの相互嵌合型金属フィンガの各アイランドは、各アイルに対する M1 金属化に対応する。各 M1 アイランド上のベースとエミッタとの相互嵌合型金属フィンガを M1 パターン (バックプレーン取付の前にソーラーセル基板裏面 148 上に形成された相互嵌合型のエミッタ M1 金属フィンガ 150 及びベース M1 金属フィンガ 152 として示す) 上のセルバスバーなしに示しており、従って、セル上バスバーは存在しない (遮蔽電気損失を回避又は排除するために)。図 11A 及び図 11B に示すように、各三角形形状 M1 アイランド (得られる icell においてトレンチで仕切られた各三角形形状アイルに対応する) に対するパターン付き相互嵌合型 M1 金属化フィンガは、他の隣接するアイランドのパターン付き相互嵌合型 M1 金属化フィンガから物理的かつ電氣的に隔離される。icell のトレンチで仕切られた様々なアイルの間の電気相互接続は、ソーラーセル裏面へのバックプレーン取付の完了後に、ソーラーセルのバックエンド処理に向けて、第 2 のパターン付き金属化層 M2 を通して製造される。一部の実施形態は、トレンチで仕切られた隣接又は隣接するアイルを例えば電気並列接続及び / 又は電気直列接続で同じく相互接続するためにパターン付き M1 層を利用することができる。一部の事例では、ソーラーセルがエピタキシャル成長させたシリコン基板から製造される場合のような適用可能で望ましい場合に、部分的に処理されたエピタキシャルソーラーセルが支持結晶シリコンテンプレート構造にセル上面上に依然として取り付けられている間に M1 金属化層をソーラーセル基板裏面上に形成することができる。この形成に対しては、エピタキシャルシリコンソーラーセル製作工程流れ図に関して上述している。図 11A 及び図 11B に示すもののような複数の三角形アイルを有する icell 実施形態において、正方形を形成する 4 つの三角形アイルのセット (例えば、正方形を形成するアイルグループ I_1 から I_4 まで、及び別の正方形を形成するアイルグループ I_{30} から I_{36} まで) を第 2 のパターン付き金属化層 M2 (これらの図には示していない) を用いて並列に電気接続することができ、更に全体の正方形領域セット (この実施形態では各々が 4 つの三角形アイルを含む 3×3 個の正方形領域) を直列に電気接続することができ (例えば、 $3 \times 3 = 9$ 個の正方形領域が電気直列で接続されることになる)、又は必要に応じて混成並列 - 直列配置で電気接続することができる。従って、三角形アイルの個数は $4 \times 3 \times 3 = 36$ 個であるが、直列に接続されたサブグループ (4 つの三角形アイルのグループの直列接続配置における) の個数 (S) は $3 \times 3 = 9$ 個あり、言い換えれば、 I_1 、 I_2 、 I_3 、及び I_4 のような 4 つの三角形の 9 つの正方形形状サブグループが正方形を形成する (正方形内に封入された $P = 4$ 又は 4 つの三角形アイルが M2 によって電気並列で接続され、各々が 4 つの並列接続三角形アイルを含む 9 つの正方形領域が、全て電気直列で接続される)。

【0079】

代表的 M2 金属化実施形態

【0080】

図 12A は、 5×5 個の正方形形状アイルのレイを有する icell に対して、マス

ターセル又は *icell* の裏面上に形成された第 2 の最終金属化層パターン (M2) の裏面平面図を示す概略図である (この M2 パターンは、図 10B に示すように M1 が形成された図 6B に示すソーラーセル設計に適用される)。この図では、M2 パターンは、*icell* 内で $5 \times 5 = 25$ 個のアイルのアレイを電気直列で相互接続する配置を与える。パターン付き M2 層を実質的に矩形のフィンガを有するように示す (M2 フィンガの個数 M1 フィンガの個数である)。図 12B は、図 11A の 1 つの象限領域内の直列接続アイルのうちの一部のものにおける M2 パターンの拡大裏面平面図を示す図 12A の概略図内の M2 構造の一区画の拡大図である (例えば、 I_{14} 、 I_{15} 、 I_{24} 、 I_{25} で表記しているアイルに対して、ベースとエミッタとの相互嵌合型 M2 金属フィンガを示す M2 パターンを示す)。

10

【0081】

図 12A は、マスターセル又は *icell* 160 (図 10B に示すようにその上にパターン付き M1 が存在する $5 \times 5 = 25$ 個の正方形形状アイルのアレイを含む図 6B に示すソーラーセルと類似のもの) 上に形成された第 2 金属化層パターン (M2) の裏面平面図を示す概略図である。図 12B は、図 12A のソーラーセルの象限内のアイルのうちの一部のものにおける M2 金属化層パターンの拡大図である。図 12A 及び図 12B では、図 6B 及び図 10B を参照して上述したように、マスターセル又は *icell* 160 は、ソーラーセル周囲境界 164 によって定められ、半導体層仕切トレンチ隔離領域によって定められた $5 \times 5 = 25$ 個の均一な正方形形状アイル I_1 から I_{55} までを含む。パターン付き M2 金属化層 162 は、パターン付き M1 層の形成後にソーラーセルの裏面に取付又は積層された連続バックプレーン層 177 上に形成される。上述したように、パターン付きの M1 層と M2 層とは、バックプレーン層 177 によって互いから分離され、導電ビアプラグを通して互いに相互接続される。図 12A 及び図 12B に示すパターン付き M2 金属化層 162 は、複数の導電ビアプラグ (バックプレーン層を貫通するレーザ穿孔ビアホールを通じた M2 金属化工程によって形成されたもの) を通して下層のパターン付き M1 層に接続するエミッタとベースとの相互嵌合型された実質的に矩形の金属フィンガを含む。図示のように、パターン付き M2 相互嵌合型矩形フィンガ (M2 エミッタフィンガ 176 及び M2 ベースフィンガ 174) は、下層のパターン付き M1 のベースとエミッタとの相互嵌合型フィンガに対して実質的に垂直又は直角であり、それによって M1 のベース及びエミッタのフィンガの個数と比較して実質的に少ない個数の M2 のベース及びエミッタのフィンガを可能にするようにパターン化することができる。この実施形態 (マスターセル又は *icell* がミニセル又はアイルの 5×5 アレイを含む) では、5 つのアイルのグループを含む各列内のアイルは、M2 直列接続部 170 によって電気直列で接続され (同じ列内で各アイルのベース M2 金属がその隣接アイルのエミッタ M2 金属に接続され、各アイルのエミッタ M2 金属が、その隣接アイルのベース M2 金属に接続される)、1 つの列の終端からその隣接列の始端に移行する場合に、1 つのコーナのアイルのベース M2 バスバーと、別の筋向かいに反対のアイルコーナのアイルのエミッタ M2 バスバーとは、一体モジュール実施形態では M2 の延長部を通して、又は一体モジュール実施形態を用いない場合はソーラーセルの互いのタブ接続 / スtring 接続 / 及び / 又は半田付けによってのいずれかで *icell* 間相互接続のための *icell* のベースとエミッタとのバスバーとして機能する。5 つの列で配置された 5×5 個のアイルのアレイのパターン付き M2 電気直列相互接続を完成させるために、アイル列は、パターン付き M2 層を用いて、特にアイル列の上部及び下部に交互に配置された横 M2 層ジャンパ又は横コネクタ 172 によって電氣的に相互接続され、それによってこの *icell* 内の $5 \times 5 = 25$ 個のアイルは、パターン付き M2 層を用いて電気直列で相互接続され、この場合に、直列接続は、図 12A の *icell* 160 内の左上コーナのアイルで始まって、第 1 のアイル列を下に続き、次いで、下部の M2 ジャンパ又は横コネクタ 172 を用いて第 1 の最も左にある列を第 2 の列に直列に接続され、直列接続は、第 2 のアイル列を上続き、次いで、上部の M2 ジャンパ又は横コネクタ 172 を用いて第 2 の列を第 3 の列に直列に接続され、直列接続は、第 3 のアイル列を下続き、次いで、下部の M2 ジャンパ又は横コネクタ 172 を用いて

20

30

40

50

第3の列を第4の列に直列に接続され、直列接続は、第4のアイル列を上につき、次いで、上部のM2ジャンパ又は横コネクタ172を用いて第4の列を第5の列に直列に接続され、最後に直列接続は、第5のアイル列を下につく。5×5個の直列接続アイル（全てのアイルの相互接続及び最終的なicellの金属化がパターン付きM2層によるもの）のアレイを有するこのicellでは、アイル I_{11} （左上コーナのアイル）に対するエミッタのリード又はバスバー166（エミッタ端子）と、アイル I_{55} （右下コーナのアイル）に対するベースのリード又はバスバー168（ベース端子）とは、icell160の主バスバーとして機能する。図示のように、隣接アイル列（この実施形態では列毎に5つのアイル）に対応する隣接パターン付きM2層列は、バックプレーン層177を露出させるM2列絶縁間隙領域178によって分離される（すなわち、これらの隔離領域内にはM2金属が存在しない）。M2列絶縁間隙領域178は、全てのM2レベルのパターン付きのベース及びエミッタのフィンガ、並びにエミッタのリード又はバスバー166（エミッタ端子）及びベースのリード又はバスバー168（ベース端子）の形成と共に、一体的製作によるパターン付きM2金属化層の一部として同時に形成される。列内の隣接アイルの間のM2直列接続部170は、アイル I_{11} からのM2ベースフィンガ174をアイル I_{21} のM2エミッタフィンガ176に電気接続する。アイル I_{21} のM2ベースフィンガ174は、アイル I_{31} のM2エミッタフィンガ176に電気接続され、以降同じくアイル I_{51} に至るまで縦に続き、それによって第1の列内のアイルの電気直列接続が完了する。M2直列接続横ジャンパ172は、アイル I_{51} （列1内の）のM2ベースフィンガ174をアイル I_{52} （列2内の）M2エミッタフィンガ176に電気接続する。

10

20

【0082】

各々のミニセル又はアイルは、アレイ内の他のアイルのうちの少なくとも1つに直列に接続することができ、この場合に、5×5個のアイルのアレイ内の全てのアイルは、図12Aに示すものように電気直列で接続され、本明細書ではこの接続を全直列接続と呼ぶ。しかし、用途及び要件に基づいて、並列及び混成並列・直列のミニセル接続パターンを使用することができる。

【0083】

図12Aに示すように、各アイル（又はM1並列接続アイルの各サブグループ）は、当該アイルに対する下層の相互嵌合型M1フィンガ単位セル（図12Aの I_{11} に対応する図10Bの I_{11} に対応する図6Bの I_{11} ）上に、それに対して直角に形成された相互嵌合型矩形フィンガの対応するM2単位セル設計を有する。一部の事例では、M2フィンガを下層相互嵌合型M2フィンガと平行にパターン化することが望ましい場合がある。

30

【0084】

これに加えて及びこれに代えて、icellのためのM2単位セル設計を含む金属フィンガは、図13に示すように先細にされ、例えば、三角形形状又は台形形状とすることができる。図13は、ベースとエミッタとの複数の相互嵌合型先細／直角三角形フィンガを有する第2金属化層パターン（M2）単位セルの裏面平面図を示す概略図である。各直列接続正方形形状アイル又はM1並列接続アイルサブグループを覆って設けられるM2単位セル設計のこの例は、アイル又はM1並列接続アイルサブグループ毎にベースM2金属フィンガとエミッタM2金属フィンガとから構成されるF=6個の対を示している。

40

【0085】

図13は、例えば、M2パターン化中に形成された絶縁間隙186によって分離されたM2先細ベースフィンガ184（全てがM2ベースバスバーに取り付けられた）とM2先細エミッタフィンガ182（全てがM2エミッタバスバーに取り付けられた）とである先細／直角三角形フィンガの6つの対を有する第2金属化層パターン（M2）単位セル180の裏面平面図を示す概略図である。本明細書では、アイルバスバー接続部において幅広であり、フィンガがバスバーからアイルの他端に向けて延びる時に幅狭になるM2フィンガを説明するのに先細という言葉を使用する。一部の事例では、先細M2フィンガ設計は、矩形M2フィンガと比較して約30%だけオーミック損失を低減し、M2層厚要件を低減することができ、それによって与えられた許容可能金属化オーミック損失に対して薄肉

50

のM2層を可能にする。テーパのついたベース及びエミッタのM2フィンガ（対応するアイルのM2バスバーから離れるように先細になっている）は、ほぼ三角形（直角、等辺、又は他の望ましい三角形の形状）又はほぼ台形として成形することができる。Lという辺寸法（約 $L \times L$ の正方形形状icell面積に対応する）、 $N \times N = S$ 個のアイル（パターン付きM2金属化層によって電気直列で接続されたS個のアイル）、及びアイル毎（又はM1並列接続アイルサブグループ毎）にF個のM2フィンガ対を有するマスターセル又はicellに向けて先細フィンガを有する正方形形状M2単位セルを設計するための寸法要件例は、Hが、直列接続アイル（又はアイルサブグループ）毎のM2パターンの辺寸法であり、hが、三角形M2フィンガの底辺幅であり、Fが、アイル（又はアイルサブグループ）毎のベースM2フィンガとエミッタM2フィンガとから構成される対の個数である時に、 $L = H \times N$ 、 $H = F \times h$ 、アイル面積 $= H^2$ 、 $F = M2$ のベースフィンガとエミッタフィンガとの対の個数（図13では $F = 6$ ）である。各直列接続アイル（又はアイルサブグループ）の面積は H^2 である。

【0086】

図13は、隔離金属化絶縁間隙186（パターン付きM2の形成の一部として形成されたもの）によって定められ、絶縁された相互嵌合型の三角形テーパのついたベースフィンガ184とエミッタフィンガ182とを有するマスターセルアイル180上に形成された（icell内の全ての他のアイルに対するパターン付きM2と共に同時に一体的に）第2金属化単位セル層パターン（M2）の裏面図である。図13に示すM2金属化パターンは、例えば、各個々のアイル（icell内で他のアイルと直列に接続された各アイル等）上又はM1並列接続アイルのサブグループ上でパターン付きM1フィンガに対して直交又は垂直に配置することができる。先細フィンガは、M2厚要件を更に低減することができる（一般的に矩形フィンガに対して約30%だけ）、より薄肉のM2金属化層を可能にする（低減されたシート導電率要件に起因して）。

【0087】

図14Aは、icell（図9Aに示すようにその上にパターン付きM1が形成された図2に示すセルと類似のもの）の裏面上に形成された第2金属化層パターン（M2）の裏面平面図を示す概略図である。この図は、 $4 \times 4 = 16$ 個の正方形形状アイルのアレイ正方形形状アイルの電気直列接続を生成するためのicellM2パターンを示している。パターン付きM2フィンガは、ベース及びエミッタの三角形金属フィンガを使用する（アイル毎に、M2フィンガの個数は、M1フィンガの個数よりも少ない）。一部の事例では、M2フィンガは、M1フィンガに対して直交又は垂直とすることができる。M2フィンガは、M1フィンガよりもかなり幅広で大まかなピッチのものとすることができる。

【0088】

図14Bは、パターン付きM2金属化層を有する図14Aに記載のソーラーセルの一部分の拡大裏面平面図を示し、特にアイル I_{14} の完全図をアイル I_{13} 、 I_{23} 、及び I_{24} の部分図と共に示す概略図である。

【0089】

図14Aは、マスターセル又はicell190（図9Aに示すようにその上にパターン付きM1が形成された図2に示すセルと類似のもの）上に形成された第2金属化層パターン（M2）の裏面平面図である。図14Bは、特にアイル I_{14} の完全図をアイル I_{13} 、 I_{23} 、及び I_{24} の部分図と共に示すパターン付きM2金属化層を有する図14Aに記載のソーラーセルの一部分の拡大略平面図である。図14A及び図14Bでは、図2及び図9Aを参照して上述したように、マスターセル又はicell190は、セル周囲境界208によって定められ、仕切トレンチ隔離領域によって定められた $4 \times 4 = 16$ 個の均一な（同一の面積の）正方形形状アイル I_{11} から I_{44} までを含む。パターン付きM2単位セル金属化層192は、パターン付きM1層を含むソーラーセル裏面に取り付けられたバックプレーン層上でicell内の各アイル上に、複数の導電ビアプラグを通して下層のM1層に電氣的に相互接続されたエミッタとベースとの相互嵌合型先細（例えば、図示のように三角形形状）金属フィンガとして形成される。図示のように、パターン付きM2相互嵌

合型三角形フィンガ（パターン付きM2層内で隔離間隙210によって絶縁されたM2エミッタフィンガ206及びM2ベースフィンガ204）は、下層のM1相互嵌合型フィンガに対して実質的に直交又は垂直にパターン化され、各アイルにおいてM1フィンガの個数と比較して有意に少ないM2フィンガを可能にする。列内の各アイル（このマスターセルは、図14Aに示すように、 $4 \times 4 = 16$ 個のミニセルのアレイを含む）は、M2直列接続部200によって直列に接続され、アイル列とアイル列とは、アイル列の上部と下部とに交互に配置された横ジャンパ202によって相互接続され、すなわち、 $4 \times 4 = 16$ 個のアイルのアレイは、エミッタリード194（ice11に対するエミッタの端子又はバスバー）からベースリード196（ice11に対するベースの端子又はバスバー）に電気直列で接続される。図示のように、各アイル列は、パターン付きM2の形成工程の一部として同じく形成されたM2列隔離領域198によって分離される。M2直列接続部200は、アイル I_{11} からのM2ベースフィンガ204をアイル I_{21} のM2エミッタフィンガ206に電気接続する。アイル I_{21} のM2ベースフィンガ204は、アイル I_{31} のM2エミッタフィンガ206に電気接続され、以降同じくアイル I_{41} に至るまで縦に続く。M2直列接続横ジャンパ202は、アイル I_{41} （列1内の）のM2ベースフィンガ204をアイル I_{42} （列2内の）のM2エミッタフィンガ206に電気接続する。

【0090】

図15Aは、 $3 \times 3 = 9$ 個の直列接続アイル又はM1並列接続アイルのサブグループを有するマスターセル（図10Aに示すようにその上にパターン付きM1が形成された図6Aに示すセルと類似のもの）上に形成された第2金属化層パターン（M2）の裏面平面図を示す概略図である。パターン付きM2フィンガは、ベース及びエミッタの三角形金属フィンガを使用する（アイル毎に、M2フィンガの個数は、M1フィンガの個数よりも少ない）。一部の事例では、M2フィンガは、M1フィンガに対して直交又は垂直とすることができる。M2フィンガは、M1フィンガよりもかなり幅広で大まかなピッチのものとすることができる。

【0091】

図15Aは、マスターセル又はice11220（図10Aに示すようにその上にパターン付きM1が形成された図6Aに示すセルと類似のもの）上に形成された第2金属化層パターン（M2）の裏面平面図である。図示のM2パターンは、マスターセル上の $3 \times 3 = 9$ 個の直列接続アイル（又はM1並列接続アイルのサブグループ）に対して形成することができ、従来技術の単一アイルのマスターセル（図1に示すもののよう）と比較して高い電圧及び低い電流を与える。言い換えれば、M2金属化パターンは、従来技術の単一アイルのマスターセルと比較して、ソーラーセル電圧の強度（ V_{mp} 及び V_{oc} ）を9倍だけ強め、ソーラーセル電流の強度（ I_{mp} 及び I_{sc} ）を9倍だけ弱めることができる。図15Aでは、図6A及び図10Aを参照して上述したように、ice11又はマスターセル220は、セル周囲境界238によって定められ、仕切トレンチ隔離境界によって定められた $3 \times 3 = 9$ 個の均一な（同一の面積の）正方形形状アイル I_{11} から I_{33} までを含む。パターン付きM2単位セル金属化層222は、パターン付きM1層の形成後にソーラーセル裏面に取り付けられた連続電気絶縁バックプレーン上で、各アイルの裏面上に、バックプレーンを通して形成された複数の導電ビアプラグを通して下層のパターン付きM1層に電気接続されたエミッタとベースとの相互嵌合型先細（例えば、三角形形状）M2金属フィンガとして形成される。図示のように、パターン付きM2相互嵌合型三角形フィンガ（パターン付きM2の形成工程中に形成された隔離間隙によって絶縁されたM2エミッタフィンガ232及びM2ベースフィンガ234）は、下層のパターン付きM1相互嵌合型フィンガに対して実質的に直交又は垂直にパターン化され、各アイルにおいてM1フィンガの個数と比較して有意に少ないM2フィンガを可能にする。列内の各アイル（この実施形態において、マスターセルは $3 \times 3 = 9$ 個のミニセル又はアイルのアレイを含む）は、M2直列接続部230によって直列に接続され、アイル列とアイル列とは、アイル列の上部と下部に交互に配置された横ジャンパ228によって接続され、従って、各アイルは、エミッタのリード又はバスバー224（エミッタ端子）からベースのリード又はバスバー

10

20

30

40

50

2 2 6 (ベース端子) に直列に接続される。図示のように、各アイル列は、パターン付き M 2 の形成工程中に形成された M 2 列隔離領域 2 2 8 によって分離される。M 2 直列接続部 2 3 0 は、アイル I_{11} からの M 2 ベースフィンガ 2 3 4 をアイル I_{21} の M 2 エミッタフィンガ 2 3 2 に電気接続する。アイル I_{21} の M 2 ベースフィンガ 2 3 4 は、アイル I_{31} の M 2 エミッタフィンガ 2 3 2 に電気接続される。M 2 直列接続横ジャンパ 2 2 8 は、アイル I_{31} (列 1 内の) の M 2 ベースフィンガ 2 3 4 をアイル I_{32} (列 2 内の) の M 2 エミッタフィンガ 2 3 2 に電気接続する。

【 0 0 9 2 】

図 1 5 B は、 $5 \times 5 = 25$ 個の直列接続アイル又は M 1 並列接続アイルのサブグループを有するマスターセル (図 1 0 B に示すようにその上にパターン付き M 1 が形成された図 6 B に示すセルと類似のもの) 上に形成された第 2 金属化層パターン (M 2) の裏面平面図を示す概略図である。パターン付き M 2 フィンガは、ベース及びエミッタの三角形金属フィンガを使用する (アイル毎に、M 2 フィンガの個数は、M 1 フィンガの個数よりも少ない) 。一部の事例では、M 2 フィンガは、M 1 フィンガに対して直交又は垂直とすることができる。M 2 フィンガは、M 1 フィンガよりもかなり幅広で大まかなピッチのものとすることができる。

【 0 0 9 3 】

図 1 5 B は、i c e l l 又はマスターセル 2 4 0 (図 1 0 B に示すようにその上に M 1 を堆積させた図 6 B に示すセルと類似のもの) 上に堆積した第 2 金属化層パターン (M 2) の裏面平面図である。図示の M 2 パターンは、マスターセル上の $5 \times 5 = 25$ 個の直列接続アイルに対して形成することができ、従来技術のアイルのマスターセルと比較して高いソーラーセル電圧及び低いソーラーセル電流を与える。言い換えれば、M 2 金属化パターンは、従来技術の単一アイルのマスターセルと比較して、電圧の強度 (V_{mp} 及び V_{oc}) を 2.5 倍だけ強め、電流の強度 (I_{mp} 及び I_{sc}) を 2.5 倍だけ弱めることができる。図 1 5 B では、図 6 B 及び図 1 0 B を参照して上述したように、i c e l l 又はマスターセル 2 4 0 は、セル周囲境界 2 5 8 によって定められ、仕切トレンチ隔離領域によって定められた 25 個の均一な正方形形状アイル I_{11} から I_{55} までを含む。パターン付き M 2 単位セル金属化層 2 4 2 は、パターン付き M 1 層の形成後にソーラーセル裏面に取り付けられた電気絶縁連続バックプレーン上で、各アイルの裏面上に、バックプレーン層を貫通する複数の導電ビアプラグを通して下層のパターン付き M 1 層に電氣的に相互接続されたエミッタとベースとの相互嵌合型先細 (三角形形状) 金属フィンガとして形成される。図示のように、M 2 相互嵌合型三角形フィンガ (隔離間隙によって絶縁された M 2 エミッタフィンガ 2 5 2 及び M 2 ベースフィンガ 2 5 4) は、下層のパターン付き M 1 相互嵌合型フィンガに対して実質的に直交又は垂直にパターン化され、M 1 フィンガの個数と比較して有意に少ない M 2 フィンガを可能にする。列内の各アイル (この実施形態において、マスターセルは $5 \times 5 = 25$ 個のミニセルのアレイを含む) は、M 2 直列接続部 2 5 0 によって直列に接続され、アイル列とアイル列とは、アイル列の上部と下部とに交互に配置された横ジャンパ 2 4 8 によって接続され、従って、各アイルは、エミッタのリード又はバスバー 2 4 4 (エミッタ端子) からベースのリード又はバスバー 2 4 6 (ベース端子) に直列に接続される。図示のように、各アイル列は、M 2 列隔離領域 2 5 6 によって分離される。M 2 直列接続部 2 5 0 は、アイル I_{11} からの M 2 ベースフィンガ 2 5 4 をアイル I_{21} の M 2 エミッタフィンガ 2 5 2 に電気接続する。アイル I_{21} の M 2 ベースフィンガ 2 5 4 は、アイル I_{31} の M 2 エミッタフィンガ 2 5 2 に電気接続され、以降同じくアイル I_{51} に至るまで縦に続く。M 2 直列接続横ジャンパ 2 4 8 は、アイル I_{51} (列 1 内の) の M 2 ベースフィンガ 2 5 4 をアイル I_{52} (列 2 内の) の M 2 エミッタフィンガ 2 5 2 に電気接続する。

【 0 0 9 4 】

本明細書に開示する M 1 及び M 2 の単位セルパターンは、正方形又は擬似正方形の形状のアイル、三角形アイル、又は様々な他の形状のアイル、及びこれらのいずれかの組合せに向けて設計することができる。言い換えれば、アイル設計と相互接続パターンは、パタ

10

20

30

40

50

ーン付きのM 1及びM 2の設計を決定付けることができる。

【0095】

電気直列（又は混成並列 - 直列）で接続されたS個のアイル（又はS個のアイルサブグループ）を有するマスターセルでは、Sという電流及び電圧の強度調整倍率で低下するセル電流及び増大するセル電圧に起因して、単一アイルを含むマスターセルと比較してM 2に必要とされる導電性（又はA 1又はCuのような与えられたM 2材料に対するパターン付きM 2金属の全厚）が小さい。一般的に、Sの値、言い換えれば、直列接続されたサブセル又はアイルの個数が大きい程、S（i c e l l内で直列接続されたアイル又はアイルサブグループの個数）倍でセル電流が低下し、かつセル電圧が増大するので、M 2厚み要件は低い。例えば、直列接続アイルを有する（従って、i c e l lにおける電圧強度をS倍だけ強め、電流強度をS倍だけ弱める）タイル型マスターセルでは、IBCソーラーセルにおける銅M 2層厚を図1に示すもののような非タイル型ソーラーセル（例えば、156mm×156mmのIBCソーラーセル）における約20ミクロンから80ミクロン超までの厚み範囲から約1ミクロンから5ミクロン程度まで低減することができる。

10

【0096】

本明細書に開示する一体タイル型によるソーラーセル又はi c e l lの構造及び製作方法は、実質的に低い金属化シートの導電率要件及び厚み要件を可能にし、更にそれによって金属消費量、工程コスト、製作工程機器コスト、及び対応する資金支出を低減することができる。低く緩和された金属化シートの導電率要件及び厚み要件（従って、厚肉金属メッキを蒸着、プラズマスパッタリング、及び/又はスクリーン印刷のような遥かに簡単に廉価な金属化工程で置換することによって厚肉金属メッキへの依存性を排除することができること）に起因して、金属メッキ（例えば、銅メッキ）中に生成されるもののような特定のセル製作工程からの非常に危険な廃棄副成物を低減又は排除することができる。より薄肉で簡単なM 2金属化パターンは、例えば、薄肉のパターン付きM 2金属化の実質的に低い引張応力/機械応力と、金属メッキ処理（銅メッキのような）への依存性、並びにそれに関する取り扱い要件、エッジ密封要件、及びメッキ電気接触要件の排除とに起因して、ソーラーセル半導体層の微小亀裂を低減し、全体的なソーラーセル及びモジュールの製造収量を改善することができる。可撓性又は曲げ性のあるソーラーセル及びPVモジュールを必要とする用途では、i c e l lの革新的な態様によって可能になるより薄肉のM 2金属化層は、ソーラーセルの微小亀裂又は破損の危険性を高めることなく、ソーラーセルの改善された可撓性及び曲げ性、及び可撓性のある軽量なPVモジュールも可能にする。従来技術の相互嵌合型裏面接触（IBC）ソーラーセルに対して、比較的厚肉の（例えば、約30ミクロンから80ミクロンまでの）銅金属化を形成するのに使用される銅メッキ工程は、銅メッキ工程の侵食性（メッキ化学作用へのIBCソーラーセル前面の露出を防ぐ太陽光面メッキを必要とする）と、メッキ工程中及びその後のソーラーセルの取り扱い、並びに挟着/密封及び挟脱/開封に起因するセルの機械的破損の危険性とに起因して、製造収量を悪化させる可能性がある。例えば、先在的な微小亀裂を有するソーラーセルの銅メッキ処理は、シリコン微小亀裂に沿って銅をメッキすることができ、結果として収量又は性能の劣化をもたらす硬質短絡路又は軟質短絡路をもたらす。一実施形態において、実質的に低いM 2シート導電率（又はM 2金属厚）要件に起因する銅メッキ処理の排除は、エッジ密封銅メッキを受け入れるためにパターン付きM 2層をソーラーセルのエッジから陥没させるか又はオフセットすることを可能にする特殊なM 1設計の需要を排除する、言い換えれば、アイル型マスターセル又はi c e l lの緩いM 2シート導電率要件は、パターン付きM 2層を形成するのに厚肉銅メッキ工程を乾式非メッキ工程で置換すること、従って、メッキ処理への露出を排除するためのセルの前面の挟着又は密封の需要を排除することを可能にする。従って、下層のパターン付きM 1フィンガをアイルのエッジ又は仕切境界の間でほぼ端から端まで延ばすことができる。更に、銅メッキ金属化への依存性を排除することにより、全乾式セル金属化処理（例えば、スクリーン印刷又はPVDを用いた）が可能になり、製作の複雑度が実質的に低下する。

20

30

40

【0097】

50

更に、銅金属化を用いたソーラーセルでは、影響を受けやすいソーラーセル面区域への銅の浸透（軟質又は硬質のソーラーセル短絡路をもたらすことはないもの）が、半導体基板内への銅の拡散と少数担体寿命（及び効率）の劣化とに起因して、長期信頼性の問題をもたらす可能性があるので、一部の金属化実施形態において、銅以外の金属化材料（例えば、アルミニウム）を使用する場合に、ソーラーセル及びPVモジュールの長期使用現場予想信頼性を改善することができる。

【0098】

ice11によって可能になるより薄肉のセル金属化は、比較的厚肉（IBCソーラーセルでは、一般的に約30ミクロンから80ミクロンまでの範囲）のメッキ金属、多くの場合にメッキ銅を用いた公知のソーラーセルと比較して、例えば、本明細書に開示するバックプレーン積層ソーラーセルに対するソーラーセル撓み及び機械応力を低減する。二重レベル金属化構造におけるM2金属厚の低減（一例では、少なくとも30ミクロンから80ミクロンまでから約5ミクロン未満まで）は、亀裂の発生と、PVモジュールの撓み又は屈曲の得られるPVモジュールの性能低下とを有することがない高いソーラーセル及びPVモジュールの可撓性／柔軟性をもたらす。更に、M2金属の厚み及び質量の低減は、影響を受けやすいソーラーセル半導体吸収体上のパターン付き金属化の応力のような機械応力を有意に低減するか又は排除し、従って、検査及び仕分け、モジュール積層（積層圧及び熱を使用する可能性がある）のようなその後のソーラーセル及びモジュールの加工中、並びに設置されたPVモジュールの使用現場での作動中の微小亀裂発生及び収量低下を最小にする。例えば、パターン付きM2は、銅（バルク抵抗率 $1.68\mu\cdot\text{cm}$ ）又はアルミニウム（バルク抵抗率 $2.82\mu\cdot\text{cm}$ ）のような比較的廉価で高導電性の金属で製造することができる。例えば、銅は、約 $17\text{ppm}/$ の線形CTEを有し、結晶シリコンは、約 $2.7\text{ppm}/$ の線形CTEを有する。従って、銅と結晶シリコンの間には約 $14\text{ppm}/$ のCTE差があり、140モジュール積層工程は、 $156\text{mm}\times 156\text{mm}$ ソーラーセルに対して 0.25mm 又は $250\mu\text{m}$ の寸法不整合をもたらすことになり（言い換えれば、厚肉メッキ銅は、シリコンと比較して辺と辺との間で約250ミクロン余分に拡大する）、その結果、モジュール積層中にシリコンに対して非常に大きい引張応力がもたらされる。開示する主題によるパターン付き薄肉M2金属化パターンを有する一体ミニセル又はアイル（例えば、約10ミクロンよりも小さく、一部の事例では5ミクロンよりも小さい層厚を有する）は、亀裂の発生及び増殖、並びに得られる収量低下というこのモードを有意に低減するか又は排除する。

【0099】

望ましい場合に、特にM2厚（銅又はアルミニウムの厚み等）が約10ミクロン未満、一部の事例では約5ミクロン未満まで小さい場合に、銅メッキ工程のようなメッキ処理の需要（並びに金属メッキ工程に関連付けられたコスト、追加の工程複雑度、熱／機械応力、及び潜在的な製作収量損失）を排除するために、必要な低抵抗率又は高導電性の金属（例えば、銅及び／又はアルミニウムのような廉価で高導電性の金属であるが、銀のような別の高導電性金属を使用することができる）の厚みが、プラズマスパッタリング又は蒸着（物理蒸着又はPVD工程）のような比較的廉価な金属堆積工程を使用するほど十分に小さいように、直列接続サブセル又はアイルの個数（S）を選択することができる。これに代えて、銅メッキの代わりにスクリーン印刷のような別の廉価な金属化工程を使用することができる。

【0100】

更に、一実施形態において、M2をM1に対して実質的に直交又は垂直であるようにパターン化することができ、M2フィンガ（先細フィンガ）の個数をM1フィンガの個数よりもかなり少なくし、例えば、約5倍から50倍までの範囲で少なくすることができる。更に、一部の事例では、三角形又は台形の形状のような先細フィンガ形状で設計されたM2フィンガは、矩形形状のフィンガと比較してM2金属厚要件を更に低減することになる（一般的に約30%だけ）。

【0101】

10

20

30

40

50

メイン/マスターセルをアイルアレイ又はサブセルアレイ ($N \times N$ 個の正方形又は擬似正方形の形状、又は K 個の三角形形状、又はその組合せのアレイ) に仕切り、これらのアイルを電気直列又は電気並列と電気直列の混成組合せで相互接続することにより、各々のアイル又はミニセルに対する全マスターセル電流は、例えば、全ての正方形形状アイルが電気直列で接続される場合は $N \times N = N^2$ 倍、又は全ての三角形形状アイルが直列に接続される場合は K 倍だけ低下する。更に、メイン/マスターセル又は $i c e l l$ は、 I_{mp} という最大電力 ($m p$) 電流及び V_{mp} という最大電力電圧を有するが、各直列接続アイル (又は並列に接続されたアイルから構成され、その上で直列に接続されるサブグループ) は、 I_{mp} / N^2 という最大電力電流 (N^2 個のアイルが直列に接続されると仮定して)、及び V_{mp} という最大電力電圧 (アイルに対する電圧に変化はない) を有することになる。第 1 及び第 2 金属化層パターン $M 1$ 及び $M 2$ それぞれを共有連続又は連続するバックプレーン上のアイルが電気直列で接続されるように設計することにより、 I_{mp} / N^2 という最大電力電流と $N^2 \times V_{mp}$ という最大電力電圧とを有するか又は $P_{mp} = I_{mp} \times V_{mp}$ というセル ($i c e l l$) 最大電力 (ミニセル仕切のないマスターセルと同じ最大電力) を有するメイン/マスターセル又は $i c e l l$ がもたらされる。

10

20

30

40

50

【0102】

従って、一体アイル型によるマスターセル又は $i c e l l$ のアーキテクチャは、低いソーラーセル電流に起因してオーミック損失を低減し、一般的に薄肉のセル金属化構造を可能にし、当て嵌まる場合又は望ましい場合に、極めて薄肉の $M 2$ 層を可能にする。更に、マスターセル又は $i c e l l$ の低い電流及び高い電圧は、比較的廉価で高効率の最大電力点追跡 (MPPT) 電力オプティマイザー電子機器を PV モジュール内に直接に埋め込む及び / 又はソーラーセルバックプレーン上に統合することを可能にする。

【0103】

S 個の正方形形状又は擬似正方形形状のアイルパターン (この場合 S は整数であり、 $S = N \times N$ であると仮定する) 又はトレンチで隔離された P 個の三角形アイルの各隣接セットが正方形形状アイルサブグループを形成する P 個の三角形アイル (この場合 P は整数、例えば、2 又は 4 である) を有するメイン/マスターセル又は $i c e l l$ を仮定する。正方形形状サブグループを形成する P 個の三角形アイルの各隣接セットを電気並列で接続することができ、 S 個のサブグループのセットが電気直列で接続される。得られるメインセルは、 I_{mp} / S という最大電力電流と、 $S \times V_{mp}$ という最大電力電圧とを有することになる。実際に、アイルの低い電流及び高い電圧は、比較的廉価で高効率の最大電力点追跡 (MPPT) 電力オプティマイザー電子機器を PV モジュール内に直接に埋め込む及び / 又はソーラーセルバックプレーン上に統合することを同じく可能にすることができる。更に、 $i c e l l$ の革新的な態様は、モジュール内への廉価なバイパスダイオード (例えば、 $p n$ 接合ダイオード又はショットキーダイオード) の実施、例えば、最終 PV モジュール積層の前に 1 つのバイパスダイオードを各ソーラーセルと共に埋め込むことに基づく分散遮光管理も可能にする。金属化実施形態において、 $M 1$ 金属化層は、各アイル内に含まれるバスバーなしの微小ピッチ (おおまかには約 $200 \mu m$ から $2 mm$ までの範囲、より具体的には約 $500 \mu m$ から $1,500 \mu m$ までの範囲のベース間ピッチ) 相互嵌合型 $A 1$ 及び / 又は $A 1 / S i$ 金属フィンパターン (スクリーン印刷又は PVD 及び PVD 後パターン化によって形成されたもの) とすることができる。各アイルでは、 $M 1$ フィンガを仕切トレンチ隔離エッジから若干陥没させることができる (例えば、アイルトレンチ隔離エッジから約 $50 \mu m$ から数百 μm だけ陥没又はオフセットさせる)。言い換えれば、マスターセル内の各アイルに対する $M 1$ フィンガは、互いから絶縁され、物理的に分離される (本明細書では、特定のアイルに対応する $M 1$ パターンを $M 1$ 単位セルと呼ぶ場合がある)。

【0104】

アイルの電気相互接続構成 (全直列、混成並列 - 直列、全並列) は、 $M 2$ パターン設計によって定めることができ、この場合に、 $M 1$ は、マスターセルアイルの全てに対するセル上接触金属化として機能し、 $M 2$ は、 $i c e l l$ 又はマスターセル内のアイルの高導電

性金属化及び電気相互接続を与える。

【0105】

M2設計（例えば、ベースとエミッタとの相互嵌合型矩形又は先細M2フィンガを用いたM2パターン）は、icell内のアイルの全直列、混成並列 - 直列、又は全並列の電気相互接続を与えることができる。一部の事例では、上述したように、アイルの全直列又は混成並列 - 直列の電気接続を与えるM2設計は、メイン/マスターセル電圧の強度を強め、かつメイン/マスターセル電流の強度を弱めるために（例えば、Sが、直列接続されたアイル又はアイルサブグループの個数である場合にS倍だけ）使用することができる。セル電圧を増大させ、一方、セル電流を低下させることにより、金属化導電性要件が緩和/軽減され、より薄肉の金属化及びより低い金属シート導電率が可能になり、それによ

10

【0106】

更に、高電圧/低電流のメイン/マスターソーラーセル又はicellは、各モジュール内に埋め込まれて、各icell及び/又は各アイルに関連付けられる比較的廉価で高性能高効率の最大電力点追跡(MPPT)電力オブティマイザー電子機器の統合を可能にし、それによって遮蔽アイル、部分遮蔽アイル、及び非遮蔽アイルを有するマスターセルを通して高い電力及びエネルギーの収穫機能が与えられる。同様に、遮蔽条件及び部分遮蔽条件下で、強化されたソーラーセル保護及び環境発電のための分散遮光管理機能を与えるために、各icellは、又は各icell内の各アイルでさえも、それ独自の廉価なバイパスダイオード(pn接合ダイオード又はショットキー障壁ダイオード)を有することができる。全並列M2パターンによって与えられるアイルの全並列電気接続は、全直列又は混成並列 - 直列接続と比較して、上述の一体アイル型ソーラーセルの多くの利点のうちの一部、特に、得られるicell及びPVモジュールの高い可撓性及び曲げ性を更に与える。

20

【0107】

例えば、M2(icell内で全直列又は混成並列 - 直列の接続を与えるサブ5µm厚M2層)に対してPVDアルミニウムを使用する場合に、金属積層体を比較的薄肉のNi層又はNiV層(例えば、プラズマスパッタリングによって形成されたもの)で閉蓋され、任意的にM2半田適性を与えるためのSn(例えば、プラズマスパッタリングによって形成されたもの)が続くPVD Al(メイン金属)とすることができる。アルミニウム層は、電子線蒸着工程又は熱蒸着工程を用いて堆積させることができる。

30

【0108】

電気直列で接続されたS個の正方形形状アイルが存在すると仮定する。電気直列で接続される各「アイル」は、電気並列で接続された三角形アイルのようなより小さいアイルのサブグループを含むことができる。直列に接続された正方形形状アイルのN×Nアレイでは、 $S = N \times N = N^2$ である。

【0109】

更に、M2フィンガパターンがM1パターンに対して実質的に直交又は垂直であり、それによってM2フィンガの個数をM1フィンガの個数よりも有意に少なくする(約5×から約50×の倍率で)ことが可能になると仮定する。例えば、750ミクロンのベース間M1金属ピッチを有する156mm×156mmセル(タイル型又はアイルのない)は、約416個のM1フィンガと、約8個から40個のM2直角フィンガとを有することができる。

40

【0110】

同様に、M1対M2フィンガ比における大きい倍率の低減を各アイルサブセルに対するM2金属フィンガ全数に適用することができる(本明細書では、特定のアイルに対応するM2パターンをM2単位セルと呼ぶ場合がある)。例えば、 $S = 3 \times 3$ 個のアイルのマス

50

ターセル設計では、各アイルは、約 140 個の M1 フィンガ（各アイル内で約 5.2 mm の距離にわたって延びる）と、12 個の M2 フィンガ全数とを有することができる（例えば、約 750 ミクロンの M1 ピッチよりもかなり大きい約 6.5 mm の組合せ幅又は組合せピッチを有するベース及びエミッタの M2 金属フィンガを有する）。更に、一部の事例では、M2 層は、比較的大きいセル網羅率（100%に近い）を与えることができ、1つの事例では、堆積させた M2 層（例えば、PVD によって堆積させたもの）は、約 100 μm 厚よりも小さいフィンガ間隔離間隙を生成するナノ秒パルスレーザ融除を用いてパターン化される。

【0111】

与えられた金属 - アルミニウム又は銅に対する二重レベル金属化構造における M2 厚に関する指針。マスターセル面積 = $L \times L = L^2$ に対して、 I_{mp} が、STC 条件下の M1 層全体から取り出されるマスターセル最大電力点（MPP）電流（ベース又はエミッタの電流）であると仮定する。ソーラーセルの最大電力点作動において、セル接触金属化レベル M1 から取り出され、導電性 M2 - M1 ビアプラグを通して流れる全電流が、エミッタにおける I_{mp} である（電流方向を考慮しない場合は $2 I_{mp}$ ）。

【0112】

同じく P_{mp} 及び V_{mp} がそれぞれセルの最大電力点（MPP）の電力及び電圧であると仮定する。次に、 $P_{mp} = V_{mp} \times I_{mp}$ であり、セル面積の半分が I_{mp} ベース電流を生成し、セル面積の半分が I_{mp} エミッタ電流を生成するので、M1 からの単位面積当たりの全セル電流（流れ方向に関係なくベース電流とエミッタ電流の両方を含む）= $2 I_{mp} / L^2$ であり、直列に接続された各アイル（又はサブセル）の MPP 電力 = P_{mp} / S であり、ここで、 S は、直列接続されたアイル又はアイルサブグループの個数である（例えば、 $S = N \times N = N^2$ ）。

【0113】

ここで、三角形 M2 フィンガ実施形態において、 I_f が、M2 フィンガによって覆われた三角形区域に関する各個々の M2 三角形フィンガによって下層の M1 フィンガから収集される電流であると仮定すると、 F が、アイル毎の M2 三角形フィンガの個数である時に、 $I_f = I_{mp} / (F \cdot S)$ であり、直列接続アイル上のベース三角形フィンガ又はエミッタ三角形フィンガ内では、 $H = L / N$ （ $S = N \times N$ に対して）及び $h = H / F = L / (N \cdot F)$ である時に、 x の関数としてのフィンガ電流を $I(x) = \{ [2 I_{mp} / L^2] \cdot [(x / H) \cdot h] \} \cdot dx$ の 0 から x までの積分として表すことができ、従って、 $I(x) = \{ [2 I_{mp} / L^2] \cdot [(x / F)] \} \cdot dx$ の 0 から x までの積分 = $\{ [2 I_{mp} / (F L^2)] \cdot x \cdot dx \}$ の 0 から x までの積分であり、従って、 $I(x) = [2 I_{mp} / (F L^2)] \cdot (1 / 2) x^2 = [I_{mp} / (F L^2)] \cdot x^2$ であり、フィンガ毎の全電流を $I_f = [I_{mp} / (F L^2)] \cdot H^2 = [I_{mp} / (F L^2)] \cdot (L / N)^2 = [I_{mp} / (F N^2)] = I_{mp} / (F \cdot S)$ で表すことができる。

【0114】

更に、M2 抵抗率、厚み t 、及び M2 シート耐性 $R_s = \rho / t$ を仮定すると、アイル毎の M2 フィンガ毎電力損失 P_{lf} は、 $P_{lf} = \{ \{ (I_f \cdot dx) / [(t \cdot x \cdot h) / H] \} \cdot [I_{mp} / (F L^2)]^2 \cdot x^4 \}$ の 0 から H までの積分として表すことができ、従って、 $P_{lf} = [(I_f \cdot H) / (t \cdot h)] \cdot [I_{mp} / (F L^2)]^2 \cdot (1 / 4) \cdot H^4 = [(I_f \cdot H) / (t \cdot h)] \cdot [I_{mp} / (F L^2)]^2 \cdot (1 / 4) \cdot (L / N)^4$ であり、 $h = H / F$ 及び $H / h = F$ であるので、 $P_{lf} = (I_f \cdot F / t) \cdot [I_{mp} / (F L^2)]^2 \cdot (1 / 4) \cdot (L / N)^4$ であり、従って、フィンガ毎の電力損失は、 $P_{lf} = (I_f / t) \cdot F \cdot I_{mp}^2 \cdot (1 / F^2 L^4) \cdot (1 / 4) \cdot L^4 \cdot (1 / N^4) = (I_f / t) \cdot I_{mp}^2 \cdot [1 / (4 \cdot F \cdot N^4)]$ であり、アイル毎に $2 F$ 個のフィンガが存在するので、MPP 条件下のアイル毎の全 M2 電力損失（ $P_{M2issle}$ ）は、 $P_{M2issle} = (I_f / t) \cdot I_{mp}^2 \cdot [1 / (4 \cdot F \cdot N^4)] \cdot 2 \cdot F = (I_f / t) \cdot I_{mp}^2 \cdot [1 / (2 N^4)]$ で表すことができ、合計で $N \times N = N^2$ 個のアイルが存在する可能性があるので、MPP における全 M2 電力損失は、 $P_{M2loss} = (I_f / t) \cdot I_{mp}^2 \cdot [1 / (2 N^4)] \cdot N^2 = (I_f / t) \cdot I_{mp}^2$

・ $[1 / (2 N^2)]$ 、従って、 $P_{M2loss} = (\quad / t) \cdot I_{mp}^2 \cdot [1 / (2 N^2)]$ で表すことができる。

【0115】

ここで、一例として約22.5%の平均ソーラーセル効率 $P_{mp} = 5.50 \text{ Wp}$ を仮定し、かつ $V_{mp} = 0.59 \text{ V}$ 、 $I_{mp} = 9.3$ を仮定する。 k が P_{mp} の分率としての最大許容可能損失である時に、0.01、0.005、又は0.0025という全最大M2許容可能相対オーミック損失係数 k （セルに関する P_{mp} の分率としてのもの）、電力損失係数 $= k = (P_{M2loss} / P_{mp})$ 、 K （許容可能最大M2損失） $= (\quad / t) \cdot (I_{mp}^2 / P_{mp}) [1 / (2 \cdot N^2)]$ を仮定したアルミニウム及び銅に関するM2金属層厚要件では、必要とされるM2金属厚を t において許容可能な k に基づいて $t = (\quad / k) \cdot (I_{mp}^2 / P_{mp}) [1 / (2 \cdot N^2)]$ で表すことができる。

10

【0116】

下記の表1は、 N 値が1（例えば、単一アイルを有し、すなわち、仕切トレンチのないセル）から6（例えば、 $S = 36$ 個の直列接続アイルに対するもの）の間にある直列接続 $N \times N$ アイルアレイ（ $S = N \times N$ ）を有する様々な許容可能損失係数（ k ）及び様々な N 値のマスターセルに対する銅又はアルミニウムのM2金属化に関して、上記に定めた表現式に基づいて、かつ銅金属化に対して $r = 1.68 \mu \cdot \text{cm}$ をアルミニウム金属化に対して $r = 2.82 \mu \cdot \text{cm}$ を仮定し、かつ $P_{mp} = 5.5 \text{ W}$ 、 $I_{mp} = 9.3 \text{ A}$ 、及び0.01、0.005、又は0.0025という許容可能損失係数 k を仮定して計算した必要とされるM2厚を表にしたものである。

20

【0117】

（表1）

N	K=0.01、Cuに対する $t (\mu \text{m})$	K=0.005、Cuに対する $t (\mu \text{m})$	K=0.0025、Cuに対する $t (\mu \text{m})$	K=0.01、Alに対する $t (\mu \text{m})$	K=0.005、Alに対する $t (\mu \text{m})$	K=0.0025、Alに対する $t (\mu \text{m})$
1	13.21	26.42	52.84	22.17	44.35	88.69
2	3.30	6.60	13.21	5.54	11.09	22.17
3	1.47	2.94	5.87	2.46	4.93	9.85
4	0.83	1.65	3.30	1.39	2.77	5.54
5	0.53	1.06	2.11	0.89	1.77	3.55
6	0.37	0.73	1.47	0.62	1.23	2.46

30

【0118】

上述したように、パターン付きM2金属層厚（例えば、蒸着又はスパッタリングのようなPVDを用いて形成された場合）を約 $5 \mu \text{m}$ 未満に制限することができ、一部の事例では、M2 PVD金属層厚は、約 $3 \mu \text{m}$ 未満に制限され、多大な経済的利点（例えば、低いPVD材料コスト及び処理の簡素化）、並びに製作の利点がもたらされる。

【0119】

一部の事例では、ほぼバルク材料抵抗率を有する（例えば、銅では $1.68 \mu \cdot \text{cm}$ 、又はアルミニウムでは $2.82 \mu \cdot \text{cm}$ のバルク抵抗率値に近い金属抵抗率を有する）高品質M2金属層を堆積させるために、高生産率ソーラーPV用途のための市販の高収量インライン蒸着及び／又はプラズマスパッタリングツールを用いて、電子線蒸着、熱蒸着、又はDCマグネトロンプラズマスパッタリング（物理蒸着又はPVD工程）を使用することができる。例えば、アルミニウムM2スパッタリング堆積のためのインライン蒸着及び／又はDCマグネトロンプラズマスパッタリング（PVD）ツールは、（i）低いM2-M1ピアプラグ接触抵抗及びバックプレーンへの改善された金属接着に向けて、レーザ穿孔によって貫通したバックプレーンピアを洗浄するためのアルゴンプラズマスパッタリングエッチング、（ii）M2層厚を損失係数設計規則に基づいて、例えば、3ミクロ

40

50

ンから5ミクロンのアルミニウムとすることができ純アルミニウムの電子線蒸着、熱蒸着、又はDCマグネトロンスパッタリング、(iii)薄肉、例えば、約0.05μmから0.25μmまでの範囲の層厚のNiV又はNiのキャップ層のDCマグネトロンスパッタリング、及び(iv)約0.5μmから数μmまでの層厚を有するSn、Sn合金、又は別の適切な半田材料のDCマグネトロンスパッタリングというステーションを有することができる。

【0120】

これに代えて、銅M2スパッタリング堆積のためのDCマグネトロンプラズマスパッタリング(PVD)ツールは、(i)低いM2-M1ビアプラグ接触抵抗及びバックプレーンへの改善されたM2接着に向けて、レーザ穿孔されたバックプレーンビアホール通じて露出されるM1接触区域を洗浄するためのアルゴンプラズマスパッタリングエッチング、(ii)拡散障壁及び接着層としての薄肉の例えば、約0.05μmから0.25μmまでの範囲の層厚のNiV又はNiのDCマグネトロンスパッタリング、(iii)銅厚を損失係数設計規則に基づく場合がある純銅のDCマグネトロンスパッタリング、及び(iv)約0.5μmから数μmまでの層厚を有するSn、Sn合金、又は別の適切な半田材料のDCマグネトロンスパッタリングというステーションを有することができる。

【0121】

一部の実施形態において、与えられた望ましい損失係数k及び対応する最大許容可能M2厚値に対する特定の設計基準を満たすようにNを選択することができる。更に、M2の銅又はアルミニウムの厚みを約5μm未満に保つことにより、パルスレーザ融除を用いてM2を容易にパターン化することができる。

【0122】

更に、M2金属層を形成するのに、アルミニウム又は銅、並びにいずれかの対応する障壁層及び/又はキャップ層のDCマグネトロンプラズマスパッタリング、及びそれに続くレーザ融除パターン化を使用することができるが、代替りのM2金属層形成方法は、アルミニウム又は銅(並びにいずれかの対応する障壁層及び/又はキャップ層)のPVD、及びそれに続く湿式パターン化(マスクのスクリーン印刷、金属の湿式エッチング/マスクの剥離)、高導電性の銀ペースト、銅ペースト、アルミニウムペーストのような高導電性低温硬化金属ペーストのスクリーン印刷を含むがこれらに限定されない。

【0123】

M2に対して銅と比べてアルミニウムを使用することにより、セル製作ライン及び得られるセルを銅不在のものにすることを可能にし、一部の事例では全乾式処理を使用するセル製作を可能にすることができる。それによってセル製作における危険性(銅メッキに関連付けられたもののような銅処理に含まれる内因性の弊害に起因する)の軽減が改善され、使用現場におけるセルモジュールに対しては、銅汚染及び寿命低下という長期信頼性問題が排除される。更に、M2-M1接触(ビアホール内の金属化又はビアプラグ)をアルミニウム間の接触とすることができ、それによってM2とM1の間の拡散障壁層の需要が排除される。更に、アルミニウムを主M2導体金属として含むM2のSn/NiV/Al積層体又は別の適切な金属積層体は、パルスレーザ融除パターン化を可能にすることができ、それによって全乾式セルバックエンド金属化工程が可能になり、セル収量が改善する。

【0124】

一部の実施形態において、分散遮光管理、例えば、各アイルの周りの周りに形成されたリムpn接合ダイオードのようなpn接合ダイオードを有する高性能、軽量、薄型、可撓性、高効率(例えば、20%よりも高い)のソーラモジュールを可能にするために、一体アイル型マスターセル又はicellは、各icell及び/又はicell内の各アイルと共に一体統合バイパススイッチ(MIBS)を統合することができる。これに代えて、MIBSデバイスは、各アイルの周りの周りに形成されたリムショットキーダイオードのような例えばn型シリコン上のアルミニウム又はアルミニウム-シリコン合金で製造された金属接触ショットキーダイオードとすることができる。pn接合部MIBSダイオ

ードパターンは、多くの可能なパターン設計のうちの1つとすることができる。例えば、1つのMIBSダイオードパターンでは、リムダイオードp + エミッタ領域は、n型ベース領域の間に挟まれた（又はそれによって囲まれた）連続閉ループ帯域である。

【0125】

アイル型ソーラーセル（icell）に関するモジュール製造コストを低減するのに、標準の剛性ガラスモジュール（例えば、銅メッキセル及び個別遮光管理構成要素を使用する）を使用することができるが、MIBSを組み込み、銅メッキ及び個別バイパスダイオード構成要素を排除することによって更に別の重量及びコストの低減を提供することができる。一体アイル型マスターセルに対するMIBS統合の利点は、材料コストの低減と、工程の簡素化（メッキなし、極めて少ない亀裂）及び強化された全体予想信頼性（例えば、セルから個別構成要素を排除することによるもの）に起因する製造危険性の有意な軽減及びより高い製造収量との組合せを含む。従って、一体アイル型MIBS統合マスターセルモジュールは、かなりの倍率でモジュールの重量を低減し、容積/サイズ（及び厚み）を低減し、電力密度（W/kg）を高めることができ、設置されたシステムの「システム均衡（BOS）」コストを更に低減する。

10

【0126】

一体アイル型MIBS統合マスターセルモジュールは、外部構成要素を用いない分散MIBS遮光管理、例えば、標準の剛性c-Siモジュールよりも少なくとも10倍軽量である可能性がある約 1.2 kg/m^2 （ 0.25 lb/ft^2 ）程度の比較的小さい単位面積当たりの平均モジュール重量、標準の剛性c-Siモジュールよりも少なくとも10倍高い約 155 W/kg （ 70 W/lb ）のモジュール電力密度、様々な用途のための高効率（20%よりも高い）軽量可撓性モジュール、それぞれ約10倍及び40倍のモジュール出荷時の重量及び容積の低減（出荷MW当たり）、標準の剛性c-Siモジュールを用いた設置されたPVシステムコストと比較して低い設置されたPVシステムコストを可能にする低い全BOSコスト、並びに出荷及び取り扱いコスト、作業コスト、ハードウェア装着コスト、及び配線コストに関する低いBOS及び諸コストという利点の一部又は全てを提供することができる。

20

【0127】

MIBS形成は、仕切トレンチ隔離形成処理と統合させて同時に実施することができる。リムダイオード設計が利用される場合に、一体統合バイパススイッチ（MIBS）リムは、ソーラーセルの製作中及び/又は製作後のソーラーセル内での微小亀裂の発生及び/又は増殖を軽減又は排除するという追加の利点をもたらすことができる。

30

【0128】

リムバイパスダイオードをアイルから分離及び隔離する全周囲シリコン貫通仕切トレンチは、例えば、レーザビーム直径（又はレーザトレンチング以外の工程を使用する場合はトレンチング工程の機能）と半導体層厚とに依存して数ミクロンから約100ミクロンまでの範囲に隔離幅を有することができる。ナノ秒（ns）パルスレーザスクライビングによって形成される典型的なトレンチ隔離幅は、20ミクロンから50ミクロン程度とすることができるが、トレンチ隔離幅は、それよりも小さくすることができる。パルスレーザによるアブレーション又はスクライビングは、トレンチ隔離領域を形成するための有効で実績のある方法であるが、トレンチ隔離領域を形成するのに全トレンチ形成処理に対してレーザスクライビングの代わりに他の非機械的及び機械的なスクライビング技術を使用することができることに注意しなければならない。代替りの非レーザ方法は、プラズマスクライビング方法、超音波又は音響による穿孔/スクライビング方法、ウォータージェット穿孔/スクライビング方法、又は他の機械的スクライビング方法を含む。

40

【0129】

図16Aは、複数のアイル（例は4×4個のアイルを示す）を有するアイル型マスターセル、及びアイルと共に統合された一体統合バイパススイッチ又はMIBSデバイスの上面図を示す概略図である。この実施形態は、連続バックプレーンを共有するicellに対して、全周囲隔離トレンチを用いてソーラーセルから隔離された全周囲バイパスダイオ

50

ードを使用するMIBSの実施形態である。

【0130】

図16Aは、複数の全周囲閉ループMIBSバイパスダイオード、例えば、アイル仕切り隔離トレンチ274によってアイル I_{11} から絶縁されたMIBSバイパスダイオード272を有するアイル型MIBS（一体統合バイパススイッチ）マスターセル270（正方形形状アイルの4×4アレイを有するように示すice11実施形態）の上面平面図を示す概略図である。各アイル（ I_{11} から I_{44} まで）は、セル隔離トレンチ276のような全周囲仕切トレンチ（レーザ融除/スクライビングによって形成されたものか、又は上述の別の適切な技術によってスクライビングされたものかのいずれかである）によって隔離され、それによって最初は連続しており、後に仕切られる共通のソーラーセル半導体基板から形成され、共有連続バックプレーンを共有するアイルの4×4アレイを有するice11（複数のミニセル又はアイルを含むソーラーセル）が形成される。

10

【0131】

図16Aは、ミニセル又はアイルを有するMIBS対応型ソーラーセル（ice11）、及び全周囲閉ループリムダイオード（pn接合ダイオード又はショットキー障壁ダイオードのいずれか）の上面図を示している。各ミニセルアイル I_{11} から I_{44} までは、対応する全周囲隔離トレンチ（276）及び全周囲MIBSリムダイオード（セル I_{11} に対するMIBSバイパスダイオード272及び周囲隔離トレンチ274のような）を有し、従って、各々のミニセル又はアイルは、対応するMIBSリムダイオードを有するか、又は言い換えれば、アイル又はミニセル毎に1つのMIBSリムダイオードが存在する。アイル又はミニセルは、セル金属化パターン設計によって直列に電気接続することができるが、並列又は直列と並列との混成組合せのような他の接続も可能である。

20

【0132】

代表例として、図16Aは、同一のサイズ及び形状のミニセルの4×4アレイ、及び対応する全周囲閉ループリムダイオードを有する各ミニセルを示している。一般的にこのアーキテクチャは、N×Nミニセルアレイ、及び対応する全周囲閉ループリムダイオードを使用することができ、この場合に、Nは、ミニセルアレイを形成するために2に等しいか又はそれよりも大きい整数である。更に、図16は、完全正方形形状ソーラーセルに対する対称なN×Nミニセルアレイを示すが、ミニセル又はアイルのアレイ設計は、N×M個のミニセルの非対称アレイを有することができる。ミニセル又はアイルは、正方形形状（正方形形状マスターセルに対してN=Mである場合）、又は矩形（NがMと等しくない場合に、及び/又はマスターセルが正方形形状の代わりに矩形である場合）、又は様々な他の形状とすることができる。

30

【0133】

更に、マスターセル（ここでもまた、マスターセルの全ては、後に仕切トレンチによって複数のミニセル領域又はアイル領域に仕切られる同じ元のソーラーセル半導体基板からもたらされ、共通の連続バックプレーンを共有するミニセル又はアイルのアレイを指す）のミニセルは、必要ではないが、任意的に実質的に等しい面積を有することができる。アイルアレイ又はミニセルアレイのための半導体層は、レーザスクライビング又はプラズマスクライビングのような適切なスクライビング技術によって形成された仕切トレンチ隔離を用いて互いから絶縁される。更に、各々のミニセル又はアイルの半導体基板は、トレンチ隔離を用いて対応する全周囲閉ループMIBSダイオード半導体基板から仕切られ、かつ隔離される。マスターセル上の全てのトレンチ隔離領域は、同じ製造工程段階中に、例えば、セル製作工程流れ中に単一レーザスクライビング工程段階を用いて形成することができる。

40

【0134】

図16B及び図16Cは、MIBSデバイスにおけるソーラーセル内の不動態/ARCCoating層280として示すソーラーセル（及びMIBSデバイス）のテクスチャ化面上の前面不動態化及びARCCoatingを含む図16Aに示すもののようなMIBS対応型裏面接触/裏面接合アイル型マスターセルを形成するための製造工程の完了後の裏

50

面接触 / 裏面接合ソーラーセルのM I B S リム又は全周囲ダイオードソーラーセル実施形態を1つのアイル (又は図16Aの I_{11} のような単位セル) に対して詳描する断面図である。この図には、パターン付きのM1及びM2の金属化層のようなソーラーセルアイル及びM I B S 構造の詳細を示していない。図16Bは、pn接合周囲の周りダイオードバイパススイッチを用いたM I B S 実施を示している。トレンチで隔離されたM I B S リムpn接合ダイオード領域282 (対応する隔離トレンチ274によってアイル I_{11} から隔離されたもの) は、n - ドーピング (例えば、リンドーピング) 領域とp + ドーピング (例えば、重度ホウ素ドーピング) 領域とを含み、pn接合ダイオードバイパススイッチとして使用される。M I B S リムpn接合ダイオード領域282は、例えば、約200ミクロンから600ミクロンまでの範囲の幅 (上述したように、より小さいか又はより大きい寸法も可能である) を有する全周囲リムダイオードとすることができる。M I B S リムダイオード及びソーラーセルの相対寸法は、正確な縮尺に示したものではない。一製作実施形態において、図16Bは、パターン付き第1レベル金属化又はM1 (例えば、スクリーン印刷又はPVDによるアルミニウム又はアルミニウム - シリコン合金、又はニッケルなどを含む別の適切な金属で製造されたもの) を通じた裏面接触 / 裏面接合セル加工、バックプレーン積層、結晶シリコン再使用可能テンプレートからのエピタキシャルシリコンのリフトオフ剥離及び分離 (基板を形成するのにエピタキシャルシリコンリフトオフ工程を使用する場合に、この工程は、開始結晶シリコンウェーハを使用する場合は適用することができない)、M I B S リムダイオード領域を定めるためのトレンチ隔離領域の形成 (例えば、パルスレーザによるスクライビング又はカッティングによるもの)、任意的なシリコンエッチング、テクスチャ及びテクスチャ後洗浄、不動態化及びARC堆積 (例えば、PECVD又はALDとPECVDとの組合せによるもの)、及びバックプレーン上での最終的なパターン付き第2レベル金属又はM2 (導電ビアプラグを一緒にしたもの) の製作の完了を含むM I B S 対応型裏面接触 / 裏面接合 (IBC) ソーラーセルのための製造工程の完了後のバックプレーン積層 (又はバックプレーン取付) M I B S 対応型ソーラーセルを示している。

【0135】

図16Bで分るように、ソーラーセルのp + エミッタ領域 (電界エミッタ領域及び / 又は重度ドーピングエミッタ接触領域) を形成するのに使用される工程は、M I B S pn接合の形成に向けてp + 接合ドーピング部を形成するために使用することができる。例えば、アルミニウム、又は一部のシリコンが添加されたアルミニウムのようなアルミニウム合金で製造されたパターン付きM1金属 (図示せず) は、ソーラーセルに対して接触金属化又は第1レベル金属化を与えるだけではなく、M I B S pn接合ダイオードに対する金属化接触も生成する (p + 領域とn + ドーピング接触窓を通じたn型基板領域との両方に対して)。M I B S pn接合ダイオードのn - ドーピングシリコン領域は、ソーラーセルのベース領域としての役割ももたらす同じn型シリコン基板から (例えば、エピタキシを用いずに開始n型結晶シリコンウェーハを使用する場合はn型シリコンウェーハから、又はソーラーセル及びM I B S 基板を形成するのにエピタキシャルシリコンリフトオフ加工を使用する場合は、エピタキシャル堆積によって形成された原位置ドーピングn型結晶シリコン層から) 形成され、基板バルク領域のドーピングを基板の背景ドーピングとも呼ぶ。パターン付きのM1及びM2の金属化構造は、必要とされる一体ソーラーセルとM I B S pn接合ダイオードとの電気相互接続を完成させ、更にM I B S ダイオード端子がそれぞれのソーラーセルのベース端子とエミッタ端子とに正しく相互接続され、セルレベルで統合された遮光管理及び遮蔽に対する絶え間ないソーラーセル保護が与えられることも確実にする。図16Bで分るように、M I B S pn接合ダイオードの側壁エッジ及び上面も、ソーラーセルの不動態 / ARCコーティング層280の太陽光面及びエッジを不動態化するのに使用されるものと同じ不動態層及び工程を用いて不動態化される。図16Aは、パターン付きのM1及びM2の金属化、背面不動態層、M1接触ホール、バックプレーンを貫通するM1 - M2ビアホール、M I B S デバイス構造内のn型基板M1接続部に対するn + ドーピング接触窓のようなソーラーセル及びM I B S 構造の一部の詳細を示していな

10

20

30

40

50

い。

【0136】

図16Cは、周囲ショットキーリムダイオードバイパススイッチを用いたMIBS実施を示している。隔離されたショットキーリムダイオードバイパススイッチ領域286（対応する隔離トレンチ274によってアイル I_{11} から隔離されたもの）は、 n -ドーピング領域と内側及び外側の n +領域とを含み、ショットキーダイオードバイパススイッチとして使用される。ショットキーリムダイオードバイパススイッチ領域286は、200ミクロンから600ミクロンまでの範囲の幅（この寸法は、この範囲よりも大きい又は小さいように選択することができる）を有する全周囲リムダイオードとすることができる。

【0137】

一製作実施形態において、図16Cは、パターン付き第1レベル金属化又はM1（例えば、重度ドーピングシリコンに対する有効なオーミック接触としての役割と、軽度ドーピングシリコンに対する有効なショットキー障壁接触としての役割との両方を提供することができるアルミニウム又はアルミニウム-シリコン合金のような適切な導体で製造されたもの）を通じた裏面接触/裏面接合セル加工、バックプレーン積層、エピタキシャルリフトオフシリコン基板を使用する場合の結晶シリコン再使用可能テンプレートからのエピタキシャルシリコンのリフトオフ剥離及び分離（この工程は、エピタキシャルリフトオフ基板の代わりに開始結晶シリコンウェーハを使用する場合は適用することができない又は必要としない）、MIBSリムショットキーダイオード境界を定めるためのトレンチ隔離の形成（例えば、パルスレーザによるスクライビング又はカッティングによるもの）、任意的なシリコン薄肉化エッチング、テクスチャ及びテクスチャ後洗浄、不動態及びARCの形成（例えば、PECVD又はPECVDとALDのような別の工程との組合せによるもの）、及びバックプレーン上での最終的なパターン付き第2レベル金属又はM2（導電性M1-M2ビアプラグを併せてのもの）の製作の完了を含むMIBS対応型裏面接触/裏面接合アイル型マスターセルのための製造工程の完了後のバックプレーン積層又はバックプレーン取付のMIBS対応型ソーラーセルを示している。

【0138】

図16Cで分るように、ソーラーセルのベース領域としても使用される n 型シリコン基板（例えば、エピタキシャルリフトオフ加工を使用する場合は原位置ドーピングエピタキシャル堆積を通して形成されたか、又はエピタキシャルリフトオフ加工を用いない場合は開始 n 型結晶シリコンウェーハからのもの）は、MIBSショットキーダイオードのための n 型シリコン基板領域としても使用される。例えば、アルミニウム、又は一部のシリコンが添加されたアルミニウムのような適切なアルミニウム合金で製造されたM1金属（図示せず）は、ソーラーセルに対するM1オーミック接触金属化（ソーラーセルの n +ドーピング接触開口部を通るベース領域と、 p +ドーピング接触開口部を通るエミッタ接触領域との両方に対するもの）を生成するだけではなく、MIBSショットキーダイオードに対する金属化接触（軽度ドーピング n 型シリコン基板領域上の非オーミックショットキー障壁接触と、重度ドーピング n +ドーピング領域を通じた n 型シリコンへのオーミック接触との両方）も生成する。MIBSダイオードの軽度ドーピング n 型シリコン基板領域は、ソーラーセルに使用されるものと同じであり、ソーラーセルのベース領域として機能する n 型基板からのものである（例えば、 n 型基板は、エピタキシャルシリコンリフトオフ加工を使用する場合に、原位置ドーピング n 型エピタキシャルシリコン堆積によって形成することができ、又はエピタキシャルシリコンリフトオフ加工を用いない場合に、開始 n 型結晶シリコンウェーハからのものとすることができる）。 n 型シリコン基板へのMIBSショットキーダイオードオーミック接触のための n 型シリコン領域の重度ドーピング n +拡散ドーピング部は、ソーラーセルに対する重度ドーピング n +ドーピングベース接触領域を生成するためにも使用されるものと同じ工程を用いて同時に形成することができる（その後のパターン付きM1金属化のために）。パターン付きM1金属化構造とパターン付きM2金属化構造との組合せは、ソーラーセルとMIBSショットキーダイオード電気相互接続とを完成させ、MIBSダイオード端子がソーラーセル端子に正しく接続され、

10

20

30

40

50

セルレベルで統合された遮光管理及びソーラーセル保護が与えられることを確実にする。図 16C で分るように、MIBS ショットキーダイオードの側壁エッジ及び上面も、ソーラーセルの太陽光面及びエッジ上に不動態及び ARC 層を形成するのに使用されるものと同じ不動態及び ARC 層、並びに工程を用いて不動態化され、ここで不動態 / ARC コーティング層 280 に注意されたい。ここでもまた、図 16C は、パターン付きの M1 及び M2 の金属化層を含むがこれに限定されないソーラーセル構造の一部の構造詳細を示していない。

【0139】

本明細書に開示する一体アイル型ソーラーセル及び任意的に MIBS 実施形態は、半導体基板領域（アイル）の間、更に MIBS デバイスでは任意的に MIBS デバイスと隣接アイル又はソーラーセル領域の間の仕切及び絶縁を確立するために、共有バックプレーン基板と併せてトレンチ隔離を使用する。トレンチ隔離領域を生成するための 1 つの方法は、パルス（ナノ秒パルス）レーザスクライビングである。下記は、基板領域を仕切って絶縁するトレンチ隔離領域を形成するのにレーザスクライビング工程を使用するための重要な要件及びレーザ属性の要約である。

【0140】

トレンチ隔離形成のためのパルスレーザスクライビングは、シリコンを通してスクライビング及びカッティングするために一般的に使用される実証された適切な波長（例えば、緑色波長又は赤外線波長、又はバックプレーン材料と対比して半導体基板層を通して切断する比較的良好な選択性を用いて半導体層をアブレーションするのに適する波長）のナノ秒（ns）パルスレーザ光源を使用することができる。レーザ光源は、平頂形（トップハットとしても公知）又は非平頂形（例えば、ガウス）のレーザビームプロファイルを有することができる。シリコン内では非常に吸収性が高いが、バックプレーンを部分的又は完全に通過することができる（従って、半導体層貫通レーザカッティングが完了し、ビームがバックプレーンシートに到達した後にバックプレーン材料を実質的に除去することなく半導体層を通して切断する）パルスレーザ光源波長を使用することができる。例えば、実質的にシリコン基板層を通して切断してバックプレーン材料を部分的に通過することができる（従って、トレンチ隔離切断中に僅かな量から無視することができる量のバックプレーン材料しか除去しない）ナノ秒パルス IR 又は緑色レーザビームを使用することができる。

【0141】

約 100 ミクロンよりもかなり大きい隔離スクライブ幅はむしろ余分であり、貴重なシリコン基板面積の不要な浪費、並びにソーラーセル及びモジュールの全面積効率のある程度の低下をもたらすので、この幅が数ミクロンから数十ミクロンまでの範囲にあるようにナノ秒パルスレーザ光源のパルスレーザビーム直径及び他の特性を選択することができる。従って、非常に望ましいソーラーセル面積と比較して、トレンチ隔離面積を最小にすることが有利である。実際にナノ秒パルスレーザカッティングは、約 20 ミクロンから約 60 ミクロンまでの望ましい範囲の幅を有するトレンチ隔離領域を生成することができる。例えば、156 mm × 156 mm のソーラーセルでは、30 ミクロンのトレンチ隔離幅は、セル面積の分率としてのトレンチ隔離面積で 0.077 % の面積比に対応する。この面積比は、ソーラーセル面積と比較してある程度無視することができる面積を表し、言い換えれば、この小さい比は、無視することができるソーラーセル面積浪費しかもたらされず、ソーラーセル及びモジュールの全面積効率の無視することができる損失を確実にする。

【0142】

トレンチ隔離を形成するためのナノ秒（ns）パルスレーザによるスクライビング又はカッティングは、本明細書に説明する裏面接触 / 裏面接合ソーラーセル製作工程において開始結晶シリコンウェーハを用いてソーラーセルを製作する場合に、バックプレーン積層工程の直後に（かつエピタキシャルシリコンリフトオフ加工を用いたソーラーセルの場合に、バックプレーン積層工程及びその後の再使用可能テンプレートからの積層セルのリフトオフ剥離の後、及びソーラーセルのパルスレーザトリミングの後又は前に）実施するこ

とができる。エピタキシャルシリコンリフトオフ加工を用いて製作されるソーラーセルの場合に、トレンチ隔離のスクライピング又はカッティングの工程は、リフトオフ剥離境界を定めるためのエピタキシャルシリコン層の解離前スクライピングに使用されるもの及び／又は積層ソーラーセルの解離後トリミングに使用されるものと同じパルスレーザのツール及び光源を任意的に使用することができる。従って、トレンチ隔離領域を形成するために、追加のレーザ工程ツールは必要ではないと考えられる。

【 0 1 4 3 】

トレンチ隔離を形成するためのナノ秒 (n s) パルスレーザスクライピングは、アイルを仕切って、完全に隔離された M I B S リムダイオード領域をこのリムによって囲まれかつ定められた隔離されたソーラーセルアイランドの外側に定めるために使用することができる。これに代えて、 n s パルスレーザスクライピング工程は、複数 M I B S ダイオードアイランド設計に加えて他の多くの可能な M I B S パターン設計のような他の M I B S ダイオード設計を形成することができる。

10

【 0 1 4 4 】

パルスレーザスクライピングは、薄肉 (サブ 2 0 0 ミクロン、より具体的にはサブ 1 0 0 ミクロン等) のシリコン基板層を通して切断し (太陽光面から) 、実質的にバックプレーン材料シート上で停止するように使用することができる。望ましい場合及び／又は必要に応じて、完全な半導体層貫通レーザカッティングを可能にしながらも、バックプレーンシート内でのトレンチング又は材料除去を最小にするための工程制御及び終点決定に向けて、反射率モニタなどを用いた簡単な実時間原位置レーザスクライピング工程終点決定を使用することができる。

20

【 0 1 4 5 】

その後、残りのソーラーセル製作工程段階中に、ソーラーセル及び M I B S リムダイオード領域の側壁を湿式エッチングし (例えば、ソーラーセル太陽光面湿式エッチング / テクスチャ工程の一部として) 、テクスチャ後洗浄し、不動態化することができる (不動態及び A R C 層の堆積により) 。

【 0 1 4 6 】

M I B S ダイオードは、M I B S バイパスデバイス又は遮光管理スイッチとして使用される p n 接合ダイオードとすることができる。M I B S 対応型ソーラーセルを生成するための p n 接合 M I B S ダイオード製作工程は、取りわけ、以下に続く属性及び利点を有することができる。

30

- 一部のソーラーセル加工設計では、M I B S を実施するのに主ソーラーセル製作工程流れ図に実質的な変更を (又は僅かな変更しか) 加えない場合がある (例えば、結晶シリコン開始ウェーハ又は再使用可能結晶シリコンテンプレートを用いたエピタキシャルシリコン及び多孔質シリコン / リフトオフ加工のいずれかと電気絶縁バックプレーンとを用いた裏面接合 / 裏面接触結晶シリコンソーラーセル製作) 。従って、本明細書に開示するソーラーセル (i c e l l) と共に M I B S を実施するための追加の工程コストは事実上ないといえることができる。

- 裏面接触 / 裏面接合エピタキシャルシリコンリフトオフセル工程では、裏面接触裏面接合セル工程段階の殆どのものを含むテンプレート上セル加工の完了に続いて、(i) ソーラーセル裏面へのバックプレーン積層、(i i) エピタキシャルシリコンリフトオフ剥離境界を定めるための薄肉エピタキシャルシリコン基板の解離前トレンチスクライピング (例えば、ナノ秒パルスレーザスクライピングツール又はこれに代えてプラズマスクライピングのような別のスクライピングツールを用いたもの) 、(i i i) バックプレーン支持セルの機械的リフトオフ剥離及び再使用可能結晶シリコンテンプレートからの切り離し、(i v) 高精度トリミングのためのソーラーセルと共にそれに関連付けられた M I B S に対する最終的な望ましい寸法を確立するためのバックプレーン積層セルのレーザトリミング (例えば、ナノ秒パルスレーザ光源を用いたもの) 、(v) トレンチ隔離領域を形成し、内側ソーラーセルアイランドと周囲リムダイオード領域とを定めるためのソーラーセルの上面上でのナノ秒パルスレーザスクライピング (又はプラズマスクライピング又は別の

40

50

適切なスクライビング技術)であり、この段階は、アイル及び対応するMIBS領域を与えるもの、(vi)更に、太陽光面テクスチャ及びテクスチャ後洗浄のような後続セル加工、それに続くPECVDによる太陽光面不動態化及び反射防止コーティング(ARC)層堆積のような追加のセル工程段階、並びに当て嵌まる場合はパターン付き第2レベル金属化を含む最終的なセル金属化という工程を実施することができる(様々な可能な工程流れ図内の一例として提供したものである)。エピタキシャルシリコンリフトオフ加工の代わりに開始結晶シリコンウェーハを使用する場合に、工程流れ図は、再使用可能テンプレート、多孔質シリコン、エピタキシャルシリコン、又は解離工程が存在しないことを除いて上述の流れ図とほぼ同様である。エピタキシャルシリコンリフトオフ加工を用いて製造されるソーラーセルに対して上述の工程流れ図では、トレンチ隔離スクライビングの工程及びツールは、バックプレーン積層ソーラーセル及びMIBS基板の剥離前トレンチスクライビング及び/又は剥離後高精度トリミングに使用されるものと基本的に同じ工程及びツールとすることができる。

- 半導体層内に完全な半導体貫通トレンチを生成するために、結晶シリコン層の全厚を貫通して実質的にバックプレーンにおいて停止するトレンチ隔離レーザスクライビング工程を実施することができる(例えば、ナノ秒パルスレーザ光源を用いて)、それによってn型ベース及びp+エミッタのソーラーセル(裏面接触/裏面接合IBCソーラーセルに対する一般的なドーピング型)を仮定すると、絶縁されたMIBSダイオードのためのn型シリコンリム領域と、ソーラーセルのためのn型シリコンアイランドエリアとが形成される。

【0147】

全直列接続セルでは、隣接する直列接続列の間の横M2コネクタ上の電流に起因して、十分に低いか又は無視することができるオーミック損失しかもたらされないM2セル金属化設計を用いなければならない。icellの隣接する列を電気直列で相互接続するのに、横M2ジャンパ又はコネクタ(パターン付きM2層と併せて形成することができる)が使用される。

【0148】

図17に示すように、全直列接続されたicell又はマスターセル300は、エミッタバスバー308からベースバスバー310に電気直列接続されたアイル I_{11} から I_{44} まで(外側セル境界302と絶縁トレンチ304とによって定められたアイル)の $N \times N$ アレイ(この代表例では 4×4 として示すN個の行及びN個の列)を有し、列内の各アイルは、M2直列接続部306(矢印として略示す)によって電気接続され、各列は、横M2ジャンパ312によって直列に電気接続される。マスターセル300は、N個の列(この実施形態では $N = 4$)と、各々が、 $2H$ という長さ W という幅とを有する $N - 1$ 個の横M2ジャンパ312($N - 1 = 3$)とを有する。横M2ジャンパ半区間は、 H という長さ(H は、各上面アイルの辺寸法である)と W という幅とを有する。図17にはM2金属化パターンを示していないが、図13に示すもののようなM2単位セルが各アイル(I_{11} から I_{44} まで)に対応することができる。

【0149】

t というM2金属層厚及び ρ という抵抗率(ρ/t というシート抵抗)を仮定する。更に、マスター正方形セルが $L = N \cdot H$ という辺寸法、 L^2 という面積、 P_{mp} という最大電力、及び I_{mp} という非アイル型(非タイル型)最大電力点(MPP)電流(言い換えれば、単一アイルセルに関するMPP、全直列接続アイルを有するアイル型マスターセルでは、MPP電流の強度が N^2 倍だけ弱い)を有すると仮定する。更に、アイル型マスターセルが $N \times N$ 個の直列接続アイルを有すると仮定して、 P_s が横M2ジャンパの半区間毎のオーミック電力損失であり、 P_l が、全ての横M2ジャンパ区間に関する全オーミック電力損失、従って、 $P_l = 2(N - 1) \cdot P_s$ であると仮定する。全直列接続された $N \times N$ マスターセル内の列間電流オーミック損失は、以下の通りに計算することができる。 $P_s = \int_0^H \{ [(x \cdot d) \cdot (W \cdot t)] \cdot [(I_{mp} / N^2) \cdot (x / H)]^2 \} dx$ の0からHまでの積分であり、従って、 $P_s = [d \cdot W \cdot t / (N^2 \cdot H)] \cdot [I_{mp}^2 / (N^2 \cdot H)] \cdot \int_0^H x^2 \cdot dx$

10

20

30

40

50

×]の0からHまでの積分}であり、従って、 $P_s = [\quad / (W \cdot t)] \cdot [I_{mp} / (N^2 \cdot H)]^2 \cdot (H^3 / 3) = (1/3) \cdot [(\quad \cdot H) / (W \cdot t)] \cdot (I_{mp} / N^2)^2$ であり、 $P_l = 2(N-1) \cdot P_s$ であるので、 $P_l = [2(N-1)/3] \cdot [(\quad \cdot H) / (W \cdot t)] \cdot (I_{mp} / N^2)^2$ であり、かつ $H = L/N$ であるので、 $P_l = [2(N-1)/3] \cdot [(\quad \cdot L) / (N \cdot W \cdot t)] \cdot (I_{mp} / N^2)^2$ であり、従って、 $P_l = [2(N-1)/(3 \cdot N^5)] \cdot [(\quad \cdot L) / (W \cdot t)] \cdot I_{mp}^2$ である。全横M2ジャンパ電力損失係数(比)は、 $k_j = P_l / P_{mp}$ として定められる。

【0150】

ここで、約22.5%の平均セル効率及び $P_{mp} = 5.50 \text{ Wp}$ を有するソーラーセルを仮定し、かつ $V_{mp} = 0.59 \text{ V}$ 、 $I_{mp} = 9.3 \text{ A}$ であると仮定すると、アルミニウム及び銅に対するM2金属厚要件は、0.01、0.005、又は0.0025という許容可能最大全横M2ジャンパ電力損失係数(比)(セルに関する P_{mp} の分率としてのもの)を仮定して、本明細書に説明する通りに計算することができる。電力損失係数 $= k_j = (P_l / P_{mp})$ 及び K_j (許容可能最大M2損失中の) $= [2(N-1)/(3 \cdot N^5)] \cdot [(\quad \cdot L) / (W \cdot t)] \cdot (I_{mp}^2 / P_{mp})$ である。

【0151】

従って、 k_j が、 P_{mp} の分率としての最大許容可能全横M2ジャンパオーミック損失である時に、必要とされる横M2ジャンパ幅W及び/又はM2金属厚tは、許容可能 k_j に基づいて、 $W \cdot t = [2(N-1)/(3 \cdot N^5)] \cdot (\quad \cdot L) \cdot (I_{mp}^2 / P_{mp}) / k_j$ で表すことができる。

【0152】

下記の表2から表7は、様々な許容可能損失係数(k_j)及び3と5の間のN値、及び $L = 156 \text{ mm}$ に対する $= 2.82 \mu \cdot \text{cm}$ のバルク抵抗率を有するアルミニウムに関するM2横ジャンパのW・t及びWの計算値(表2から表4まで)、及び $= 1.68 \mu \cdot \text{cm}$ のバルク抵抗率を有する銅に関するもの(表5から表7まで)を示している。

【0153】

(表2)

N及び k_j の値	N=3	N=4	N=5
$k_j=0.0025$	$1.52\text{E}-03 \text{ cm}^2$	$5.40\text{E}-04 \text{ cm}^2$	$2.36\text{E}-04 \text{ cm}^2$
$k_j=0.0050$	$7.59\text{E}-04 \text{ cm}^2$	$2.70\text{E}-04 \text{ cm}^2$	$1.18\text{E}-04 \text{ cm}^2$
$k_j=0.0100$	$3.80\text{E}-04 \text{ cm}^2$	$1.35\text{E}-04 \text{ cm}^2$	$5.90\text{E}-05 \text{ cm}^2$

表2. アルミニウムM2金属化の場合のW・t計算値(単位 cm^2)

【0154】

(表3)

N及び k_j の値	N=3	N=4	N=5
$k_j=0.0025$	5.061 cm	1.802 cm	0.787 cm
$k_j=0.0050$	2.531 cm	0.901 cm	0.394 cm
$k_j=0.0100$	1.265 cm	0.450 cm	0.197 cm

表3. アルミニウムM2金属化及び $t = 3 \mu \text{ m}$ のAlの場合のW計算値(単位 cm)

【0155】

(表4)

10

20

30

40

N及び k_j の値	N=3	N=4	N=5
$k_j=0.0025$	3.037 cm	1.081 cm	0.472 cm
$k_j=0.0050$	1.518 cm	0.540 cm	0.236 cm
$k_j=0.0100$	0.759 cm	0.270 cm	0.118 cm

表4．アルミニウムM2金属化及び $t=5\mu\text{m}$ のAlの場合のW計算値(単位cm)

【0156】

(表5)

N及び k_j の値	N=3	N=4	N=5
$k_j=0.0025$	$9.05\text{E}-04\text{ cm}^2$	$3.22\text{E}-04\text{ cm}^2$	$1.41\text{E}-04\text{ cm}^2$
$k_j=0.0050$	$4.52\text{E}-04\text{ cm}^2$	$1.61\text{E}-04\text{ cm}^2$	$7.03\text{E}-05\text{ cm}^2$
$k_j=0.0100$	$2.26\text{E}-04\text{ cm}^2$	$8.05\text{E}-05\text{ cm}^2$	$3.52\text{E}-05\text{ cm}^2$

10

表5．銅M2金属化の場合のW・t計算値(単位 cm^2)

【0157】

(表6)

N及び k_j の値	N=3	N=4	N=5
$k_j=0.0025$	3.015 cm	1.073 cm	0.469 cm
$k_j=0.0050$	1.508 cm	0.537 cm	0.234 cm
$k_j=0.0100$	0.754 cm	0.268 cm	0.117 cm

20

表6．銅M2金属化及び $t=3\mu\text{m}$ のCuの場合のW計算値(単位cm)

【0158】

(表7)

N及び k_j の値	N=3	N=4	N=5
$k_j=0.0025$	1.809 cm	0.644 cm	0.281 cm
$k_j=0.0050$	0.905 cm	0.322 cm	0.141 cm
$k_j=0.0100$	0.452 cm	0.161 cm	0.070 cm

30

表7．銅M2金属化及び $t=5\mu\text{m}$ のCuの場合のW計算値(単位cm)

【0159】

上述の例示的な計算に基づいて、隣接するアイル列の間のM2横ジャンパのオーミック損失に関し、以下のことを結論付けることができる。

- アイル列の間の横M2ジャンパ上に外部銅リボンタブを半田付けする必要なく、全横M2ジャンパオーミック電力損失を約1%相対値未満に(又は0.5%相対値未満程度まで低く)制限するほど十分な横M2ジャンパ幅を有する実用的で最適なM2設計を与えることができる。

40

- 与えられたM2金属厚に対して、高いN値及び/又は低抵抗率金属の場合に全横M2ジャンパオーミック電力損失が低減される。

- N=4を有するアイル型セル設計におけるアルミニウム又は銅のいずれかのM2金属化に対して、M2ジャンパに起因する約0.1%の絶対セル効率損失に対応する約0.50%の相対オーミック損失よりも大きいことのないように全横M2ジャンパ電力損失を維持しながら、 $3\mu\text{m}$ 又は $5\mu\text{m}$ (又はほぼこの範囲にあるいずれかの幅)のいずれかのM2金属厚に対してM2ジャンパ幅を1cm未満に制限することができる。

- $5\mu\text{m}$ 又は $3\mu\text{m}$ よりも大きいことのないM2金属(アルミニウム又は銅)厚を1cm未満の横ジャンパ幅と共に用いながら、最大横M2ジャンパオーミック損失を1%相対値

50

を十分に下回るように制限する機能により、横 M 2 ジャンパ上に銅リボンタブを外部から半田付けする必要なく、高性能低損失 M 2 金属化の形成が可能になる。このようにして、過度に大きい N 値を必要とすることなく、低コストで信頼性が高いアイル型セルの製造が可能になる。言い換えれば、 $N = 4$ で十分であり ($N \times N = 4 \times 4$ i c e l l 設計における)、一部の事例では $N = 5$ を更に低い損失を与えることでより有利とすることができる。

【 0 1 6 0 】

上述したように、アイル (いずれかの形状で設計されたもの) は、全直列、全並列、又は直列 - 並列混成の M 2 相互接続設計に電気接続することができる。M 2 相互接続パターンは、マスターセルの電圧強度を強め、かつ電流強度を弱めることに起因するセル、モジュール、及びシステム内の実質的に低い $R \cdot I^2$ オーミック損失という利点を維持しなければならない。

10

【 0 1 6 1 】

以下に続く例示的实施形態は、完全正方形と擬似正方形の両方の基板形式に適合する約 $5 \mu m$ 未満の層厚を有する蒸着アルミニウム M 2 パターンに対する高セル効率 (例えば、約 22 % のセル効率) 相互接続設計を示すために提供するものである。特に、約 5 V に近いマスターセル電圧と約 1 A に近い電流とを有する混成並列 - 直列アイル接続設計及び全直列アイル接続設計を有する一体トレンチ隔離アイルの 4×4 アレイを有するマスターソーラーセルを説明する設計を提供する。

20

【 0 1 6 2 】

これらのアイル設計を一般的に正方形形状のものとして説明するが、開示する主題により、アイルはいかなる形状においても形成することができることに注意することは重要である。更に、殆どの事例では、直列接続アイルの間の面積に関する電流不整合を排除すること、言い換えれば、アイル又は並列に接続されたアイルのサブグループの間の同等な面積を維持するために、アイルアレイを対称に設計してパターン化することが望ましい。

【 0 1 6 3 】

更に、本明細書に開示する相互接続設計は、約 5 V から 10 V までの範囲のマスターセル最大電力電圧 (V_{mp}) と、約 0.5 A から 1 A までの範囲のマスターセル最大電力電流 (I_{mp}) とを仮定して、廉価な埋め込み高性能分散 M P P T 電力オプティマイザー及び / 又は遮光管理電子機器構成要素の統合に向けて比較的最適な範囲の電流 - 電圧パラメータを与える。

30

【 0 1 6 4 】

更に、本明細書に提供する M 2 相互接続は、住宅及び商業施設の屋上用途、並びに地上設置の公共電力事業規模用途における最大システムレベル効率に向けて、600 V D C 及び 1,000 V D C P V システムのような様々な設置された P V アレイをサポートすることができる。

【 0 1 6 5 】

ほぼ 22 % の効率を有し、並列に接続された (本明細書では全並列と呼ぶ) アイルの 4×4 アレイを有するマスターセル又は i c e l l に対して、セル電力 = $5.35 W_p$ (完全正方形の $156 mm \times 156 mm$ マスターセルを仮定した)、 $V_{oc} = 685 mV$ 及び $V_{mp} = 575 mV$ 、従って、 $V_{mp} / V_{oc} = 0.84$ 又は 84 %、 $I_{oc} = 9.90 A$ 及び $I_{mp} = 9.30 A$ 、従って、 $V_{mp} / V_{oc} = 0.94$ 又は 94 %、並びに充填係数 = $(V_{mp} \times I_{mp} / V_{oc} \times I_{oc}) = 0.79$ 又は 79 % というパラメータの仮定が与えられる。

40

【 0 1 6 6 】

例を図 18 A に示す本明細書では $1 \times 16 S$ (1×16 直列) 設計と呼ぶ全直列 4×4 マスターセル (完全正方形の $156 mm \times 156 mm$ マスターセルを仮定した) では、 $V_{oc} = 685 mV \times 16 = 10.96 V$ 及び $I_{oc} = 9.90 A / 16 = 0.619 A$ 、 $V_{mp} = 575 mV \times 16 = 9.20 V$ 、及び $I_{mp} = 9.30 A / 16 = 0.581 A$ を仮定することができる。更に、 1×16 全直列マスターセル設計を用いた 60 セルモジュールに対して、モジュールパラメータをモジュール $V_{oc} = 10.96 V \times 60 = 657.6 V$ 及

50

びモジュール $V_{mp} = 9.20 \text{ V} \times 60 = 552.0 \text{ V}$ 、並びに $I_{oc} = 0.619 \text{ A}$ 及び $I_{mp} = 0.581 \text{ A}$ として仮定することができる。

【0167】

図18Bに例を示す本明細書では $2 \times 8 \text{ HPS}$ (2×8 混成並列 - 直列) 設計と呼ぶ8つの直列アイル対を有する混成並列 - 直列 (HPS) 4×4 マスターセル (完全正方形の $156 \text{ mm} \times 156 \text{ mm}$ マスターセルを仮定した) では、 $V_{oc} = 685 \text{ mV} \times 8 = 5.48 \text{ V}$ 及び $I_{oc} = 9.90 \text{ A} / 8 = 1.238 \text{ A}$ 、 $V_{mp} = 575 \text{ mV} \times 8 = 4.60 \text{ V}$ 、及び $I_{mp} = 9.30 \text{ A} / 8 = 1.163 \text{ A}$ を仮定することができる。更に、 2×8 混成マスターセル設計を用いた60セルモジュールに対して、モジュールパラメータをモジュール $V_{oc} = 5.48 \text{ V} \times 60 = 328.8 \text{ V}$ 及びモジュール $V_{mp} = 4.60 \text{ V} \times 60 = 276.0 \text{ V}$ 、並びに $I_{oc} = 1.238 \text{ A}$ 及び $I_{mp} = 1.163 \text{ A}$ として仮定することができる。

10

【0168】

図18A、図18B、及び図18Cは、本明細書で $1 \times 16 \text{ S}$ 設計と呼ぶ全直列 (1×16) マスターセル構成 (4×4 アイルアレイ) (図18A)、本明細書で $2 \times 8 \text{ HPS}$ 設計と呼ぶ混成並列 - 直列 (2×8) のマスターセル又は $icell$ の構成 (4×4 アイルアレイ) (図18B)、及び本明細書で $8 \times 8 \text{ HPS}$ 設計と呼ぶ混成並列 - 直列 (8×8) のマスターセル又は $icell$ の構成 (8×8 アイルアレイ) (図18C) を示す完全正方形のマスターセル又は $icell$ に関する概略図である。

【0169】

図18Aに示すように、全直列のマスターセル又は $icell$ の構成 $1 \times 16 \text{ S}$ 320は、エミッタバスバー322からベースバスバー324に電気直列接続されたアイル I_{11} から I_{44} までの 4×4 アレイを有し、列内の各アイルは、M2直列接続部328によって電気接続され、各列は、横M2ジャンパ326によって直列電気接続される。

20

【0170】

図18Bに示すように、混成並列 - 直列マスターセル構成 $2 \times 8 \text{ HPS}$ 340は、エミッタバスバー342からベースバスバー344に電気直列接続及び電気並列接続されたアイル I_{11} から I_{44} までの 4×4 アレイを有し、列で隣接するアイルは、M2並列接続部350によって並列に接続され、列内の各アイルは、M2直列接続部348によって電気接続され、組合せ並列接続される隣接アイルは、横M2ジャンパ346によって直列に電気接続される。一部の用途では、図18Bの $2 \times 8 \text{ HPS}$ 設計は、薄肉シリコン吸収体層 (例えば、約数ミクロンから100ミクロンまでの範囲の厚みを有する) を有するマスターセルに特に適する場合がある。

30

【0171】

図18Cに示すように、混成並列 - 直列マスターセル構成 $8 \times 8 \text{ HPS}$ 352は、エミッタバスバー354からベースバスバー356に電気直列接続及び電気並列接続されたアイル I_{11} から I_{88} までの 8×8 アレイを有し、列で隣接するアイルは、M2並列接続部によって並列に接続され、列内のアイルは、M2直列接続部によって電気接続され、組合せ並列接続される隣接アイルは、横M2ジャンパ358によって直列に電気接続される。一部の用途では、図18Cの $8 \times 8 \text{ HPS}$ 設計は、幾分厚肉のシリコン吸収体層 (例えば、約50ミクロンから150ミクロンまでの範囲の厚みを有する) を有するマスターセルに特に適する場合がある。これは、この $8 \times 8 \text{ HPS}$ 設計が、高度の可撓性 / 曲げ性を与え、従って、広範囲のシリコン厚 (亀裂のない可撓性ソーラーセルのための厚肉のシリコンにさえも対応する) に適することができることによるものである。図18Bの $2 \times 8 \text{ HPS}$ ソーラーセル及び図18Cの $8 \times 8 \text{ HPS}$ ソーラーセルは、8という同じ電流及び電圧の強度調整倍率を与える。

40

【0172】

図19A、図19B、及び図19Cは、図18A、図18B、及び図18Cに示すマスターセルのM2相互接続設計上の比較的小さい遮光管理バイパススイッチ (例えば、pn接合ダイオード又はショットキー障壁ダイオードのいずれか) の配置 / 位置の例を示す図

50

である。

【0173】

図19Aに示すように、全直列マスターセル構成 $1 \times 16S$ 360は、エミッタバスバー362からベースバスバー364に電気直列接続されたアイル I_{11} から I_{44} までの 4×4 アレイを有し、列内の各アイルは、M2直列接続部368によって電気接続され、各列は、横M2ジャンパ366によって直列電気接続される。横M2ジャンパ370は、エミッタバスバー362とベースバスバー364とへの比較的小さいパッケージのバイパススイッチ376の直接的な配置及び接続に向けて、マスターセル周囲エッジからオフセットされている。バスバー延長部374は、エミッタバスバー362及びベースバスバー364をバイパススイッチ376に接続する。

10

【0174】

図19Bに示すように、混成並列 - 直列マスターセル構成 $2 \times 8HPS$ 380は、エミッタバスバー382からベースバスバー384に電気直列接続及び電気並列接続されたアイル I_{11} から I_{44} までの 4×4 アレイを有し、列で隣接するアイルは、M2並列接続部390によって並列に接続され、列内の各アイルは、M2直列接続部388によって電気接続され、組合せ並列接続される隣接アイルは、横M2ジャンパ386によって直列に電気接続される。バイパススイッチ392は、エミッタバスバー382とベースバスバー384の間に配置され、これらに直接に接続される。

【0175】

図19Cに示すように、混成並列 - 直列マスターセル構成 $8 \times 8HPS$ 394は、エミッタバスバー395からベースバスバー396に電気直列接続及び電気並列接続されたアイル I_{11} から I_{88} までの 8×8 アレイを有し、列で隣接するアイルは、M2並列接続部によって並列に接続され、列内のアイルは、M2直列接続部によって電気接続され、組合せ並列接続される隣接アイルは、横M2ジャンパ397によって直列に電気接続される。バイパススイッチ398は、エミッタバスバー395とベースバスバー396の間に配置され、これらに直接に接続される。

20

【0176】

実際には、単結晶半導体ウェーハ（特にCZ及びFZの単結晶シリコンウェーハ）は、多くの場合に、円筒形インゴットから製作され、最も一般的には市場において円形状で入手可能である。半導体材料の使用を最大に高め、浪費を最小にするために、マスターセルは、図20に示すように擬似正方形ソーラーセルとして形成することができる。図20は、円筒形インゴット（円筒形インゴット周囲によって示す）から製作された擬似正方形形状マスターセル基板の上面図を示す概略図である。

30

【0177】

従って、対称性及び同等なサイズの（同一の直列接続アイル面積の）直列接続されたアイル又はアイルのサブグループを維持するために、擬似正方形形状マスターセル内のアイルを様々な形状及び構成で個々に設計することができる。

【0178】

図20は、円筒形インゴット（円筒形インゴット周囲402に示す）から製作された擬似正方形形状マスターセル基板400の上面図である。除外されるコーナ404は、コーナ毎に面積 a' を有し、インゴット浪費を最小にし、一方、ソーラーセル製作に向けてほぼ（しかし、完全ではない）正方形のウェーハを供給するために、擬似正方形マスターセル基板設計から除去／除外されてしまっている。

40

【0179】

実際には、かつ本明細書において例示的な設計寸法として使用するものとして、擬似正方形マスターセル基板400は、200mmの最終研磨されたインゴット直径（ $D_{ingot} = 200\text{mm}$ ）を有する円筒形インゴットから形成された220mmの対角寸法（ $D_{square} = 220\text{mm}$ ）を有する156mm \times 156mmの寸法（ $L = 156\text{mm}$ ）を有することができる。上述の寸法を仮定すると、完全正方形基板は、面積（ $A_{sq} = L^2 = 156\text{mm} \times 156\text{mm} = 234.36\text{cm}^2$ ）を有することになる。更に、擬似正方形基板は、

50

面積 (A_{psq}) = $A_{sq} - 4a'$ を有することになり、ここで、 $a' = (D_{square} - D_{ingot})^2 / 4$ であり、従って、 $a' = (220\text{ mm} - 200\text{ mm})^2 / 4 = 1\text{ cm}^2$ であり、 $A_{psq} = 243.36 - 4 \times 1\text{ cm}^2 = 239.36\text{ cm}^2$ である。従って、 $L = 156\text{ mm}$ である場合に、 248.36 cm^2 のセル面積を有する標準の $156\text{ mm} \times 156\text{ mm}$ 正方形ウェーハと比較して、標準の擬似正方形ウェーハは、 239.36 cm^2 のセル面積を有し、約 1.64% 少ない面積 ($4 / 243.36$) をもたらす。

【0180】

図21は、図18Bに示すセルと同じくエミッタバスバーからベースバスバーに電気直列接続及び電気並列接続されたアイル I_{11} から I_{44} まで (隔離トレンチ424によって定められたアイル) の 4×4 アレイを有する混成並列 - 直列擬似正方形マスターセル構成 $2 \times 8\text{ HPS } 420$ の図である (図21にはエミッタバスバー、ベースバスバー、及び横M2ジャンパを示していない)。図20に示す擬似正方形マスターセルと同様に、擬似正方形マスターセル420は、辺長 L (例えば、 $156\text{ mm} \times 156\text{ mm}$ 擬似正方形 $icel1$ では 156 mm) を有し、欠損コーナ422は、各々面積 a' を有する。

【0181】

以下の寸法は、擬似正方形マスターセル構成 $2 \times 8\text{ HPS } 420$ のマスターセル電流を完全に均衡させるための例示的なものとして提供するものであるが、上述したように、本明細書に開示するアイル設計原理は、様々なセル形状及びセル寸法に適用可能とすることができる。図示のように、マスターセル420は、水平及び垂直に対称であり (8つの並列接続アイル対をもたらす)、以下の寸法表現は、1つの象限 (例えば、 I_{11} 、 I_{21} 、 I_{12} 、及び I_{22}) に関するものである。直列接続されたアイルの各セットは、同等な面積 (及び対応する同等な電圧及び電流)、言い換えれば、 $I_{11} + I_{12} = I_{21} + I_{22}$ の面積を有するように設計されるか、又はサイズが決定される。

【0182】

$L = 156\text{ mm}$ に対して、 L_1 及び L_2 は、次に、 $[(L/4) \cdot L_1 - a'] + (L/4) \cdot L_1 = 2 \cdot (L/4) \cdot L_2$ 及び $L_1 + L_2 = L/2$ のように計算することができ、完全に電流均衡の取れたマスターセルがもたらされる。従って、 $L = 15.6\text{ cm}$ (又は $L/4 = 3.9\text{ cm}$) 及び $a' = 1\text{ cm}^2$ に対して、 $3.9L_1 - 1 + 3.9L_1 = 2 \times 3.9L_2$ 及び $L_1 + L_2 = 15.6/2$ である。更に、 $L_1 - L_2 = 0.1282\text{ cm}$ 及び $L_1 + L_2 = 7.8\text{ cm}$ である。その結果、 $L_1 = 3.964\text{ cm}$ 及び $L_2 = 3.836\text{ cm}$ になる。

【0183】

図22は、図18Aに示すセルと同じくエミッタバスバーからベースバスバーに電気直列接続されたアイル I_{11} から I_{44} まで (隔離トレンチ434によって定められたアイル) の 4×4 アレイを有する全直列擬似正方形マスターセル構成 $1 \times 16\text{ S } 430$ の図である (図22にはエミッタバスバー、ベースバスバー、及び横M2ジャンパを示していない)。図20に示す擬似正方形マスターセルと同様に、擬似正方形マスターセル420は、辺長 L (例えば、 $156\text{ mm} \times 156\text{ mm}$ 擬似正方形ソーラーセルでは 156 mm) を有し、欠損コーナ422は、各々面積 a' を有する。

【0184】

以下の寸法は、連続隔離トレンチが各アイルを定めるような、言い換えれば、説明する指針が、同一の面積のアイルに施された辺長 L (156 mm) を有する擬似正方形マスターセル構成 $1 \times 16\text{ S } 430$ のマスターセル電流を完全に均衡させるための例示的なものとして提供するものである。一部の事例では、スクライピング中の処理の容易化に向けてマスターセル可撓性を最大に高くし、亀裂の発生及び増殖を最小にするために連続隔離トレンチ (共通の交点を有して連続的に形成されたトレンチ隔離線) が望ましい場合がある。図22に示すように、全てのトレンチ隔離線の交点は、別途指定するものを除いて直角を有する。

【0185】

図22のアイル設計では、第2及び第3の列内のアイル (I_{12} 、 I_{22} 、 I_{32} 、 I_{42} 、 I

10

20

30

40

50

I_{13} 、 I_{23} 、 I_{33} 、 I_{43}) は矩形であり、各々が面積 $(L/4) \cdot W_2$ を有する。第 1 及び第 4 の列内のアイルは非矩形であり、アイル I_{21} 、 I_{31} 、 I_{24} 、及び I_{34} は台形であり、コーナアイル I_{11} 、 I_{41} 、 I_{14} 、及び I_{44} は多角形である。3 つの垂直スクライビング線 (隔離トレンチ) 及び中心の水平スクライビング線 (隔離トレンチ) は、マスターセルのエッジからエッジまで延びる直線である。2 つの外側の水平スクライビング線 (隔離トレンチ)、言い換えれば、上部及び下部のスクライビング線は、2 つの中央列 (列 2 及び 3) の間で直線かつ水平であり、線が第 1 及び第 4 の列に延びると角度 θ だけ傾く。従って、マスターセル 430 は、水平及び垂直に対称である (その結果、各々が同等な面積を有する 16 個の接続アイル及び 4 つの対称な象限がもたらされる)。以下の寸法表現は、1 つの象限 (例えば、 I_{11} 、 I_{21} 、 I_{12} 、及び I_{22}) に関するものである。直列接続されたアイルの各セットは、同等な面積 (及び対応する同等な電圧及び電流)、言い換えれば、 $I_{11} = I_{22} = I_{21} = I_{12}$ の面積を有するように設計される。

【0186】

マスターセル辺寸法 L (156 mm) に対して、マスターセル 430 のアイル寸法を以下の通りに計算することができる。アイル I_{12} の面積 (アイル I_{22} 、 I_{32} 、 I_{42} 、 I_{13} 、 I_{23} 、 I_{33} 、 I_{43} と同じ矩形形状及び面積) $= A_{\text{rectangle}} = W_2 \cdot (L/4)$ であり、アイル I_{11} の面積 (アイル I_{41} 、 I_{14} 、 I_{44} と同じ多角形形状及び面積) $= A_{\text{corner}} = W_1 \cdot (L/4) + [W_1^2 / \tan(\theta)] / 2 - a'$ であり、アイル I_{21} の面積 (アイル I_{31} 、 I_{24} 、 I_{34} と同じ台形形状及び面積) $= A_{\text{trapezoid}} = W_1 \cdot (L/4) - [W_1^2 / \tan(\theta)] / 2$ である。更に、 $A_{\text{rectangle}} = A_{\text{corner}} = A_{\text{trapezoid}} = (L^2 - 4 \cdot a'^2) / 16$ 、従って、 $W_2 \cdot (L/4) = W_1 \cdot (L/4) + [W_1^2 / \tan(\theta)] / 2 - a'$ $= W_1 \cdot (L/4) - [W_1^2 / \tan(\theta)] / 2 = (L^2 - 4 \cdot a'^2) / 16 = (15.6 \text{ cm} \times 15.6 \text{ cm} - 4.0 \text{ cm}^2) / 16 = 14.96 \text{ cm}^2$ である。各アイルは、 14.96 cm^2 の面積を有する。

【0187】

更に、 $W_2 \cdot (L/4) = 14.96 \text{ cm}^2$ 、 $W_2 \cdot L = 59.84 \text{ cm}^2$ 、 $W_2 = 59.84 / 15.6 \text{ cm}$ 、従って、 $W_2 = 3.836 \text{ cm}$ である。更に、 $W_1 \cdot (L/4) + [W_1^2 / \tan(\theta)] / 2 - a' = 14.96 \text{ cm}^2$ 、 $W_1 \cdot L + 2 [W_1^2 / \tan(\theta)] = 63.84 \text{ cm}^2$ 、 $W_1 \cdot (L/4) - [W_1^2 / \tan(\theta)] / 2 = 14.96 \text{ cm}^2$ 、及び $W_1 \cdot L - 2 [W_1^2 / \tan(\theta)] = 59.84 \text{ cm}^2$ である。従って、 $2W_1 \cdot L = 63.84 + 59.84 \text{ cm}^2 = 123.68 \text{ cm}^2$ 、 $W_1 = 123.68 / (2 \times 15.6) \text{ cm}$ 、従って、 $W_1 = 3.964 \text{ cm}$ である。更に、 $4 [W_1^2 / \tan(\theta)] = 63.84 - 59.84 \text{ cm}^2$ 、 $4 [3.964^2 / \tan(\theta)] = 4.00 \text{ cm}^2$ 、 $\tan(\theta) = 15.7133$ 、従って、 $\theta = 86.36^\circ$ である。更に、 $L_T = L/4 - W_1 / \tan(\theta) = 15.6 / 4 - 3.964 / 15.7133$ 、 $L_T = 3.9 - 0.252 \text{ cm}$ 、従って、 $L_T = 3.648 \text{ cm}$ である。

【0188】

すなわち、図 22 の 1×16 S 全直列 4×4 擬似正方形基板マスターセル内の電流整合のための寸法及び角度を与える例示的实施形態において、各アイル面積 $= 14.96 \text{ cm}^2$ であり、多角形アイル (4 つのコーナの) は、アイル I_{11} 、 I_{41} 、 I_{14} 、及び I_{44} であり、台形アイル (4) は、 I_{21} 、 I_{31} 、 I_{24} 、及び I_{34} であり、矩形アイル (8 つの中央の) は、 I_{12} 、 I_{22} 、 I_{32} 、 I_{42} 、 I_{13} 、 I_{23} 、 I_{33} 、 I_{43} であり、 $L/4 = 39.00 \text{ mm}$ 、 $W_2 = 38.36 \text{ mm}$ 、 $W_1 = 39.64 \text{ mm}$ 、 $L_T = 36.48 \text{ mm}$ 、 $L_p = 41.52 \text{ mm}$ 、及び $\theta = 86.36^\circ$ である。

【0189】

PV モジュール内での一体アイル型マスターセル相互接続。本明細書に開示するアイル型マスターセルは、PV モジュール内で電気直列、平行、又は混成並列 - 直列の配置で接続することができる。これらの相互接続は、上述の一体モジュール実施形態を用いて実施することができる (例えば、複数の icell が連続バックプレーン層に取り付けられ、全ての icell 間相互接続がパターン付き M2 層を用いて実施される場合に)。モジュ

ール内のマスターセル相互接続設計の選択（直列、混成並列 - 直列、又は更に平行）は、マスターセル最大電力点（MPP）の電流及び電圧（ I_{mp} 及び V_{mp} ）、モジュール内のマスターセルの個数、並びにモジュールの望ましいMPP電流及びMPP電圧に基づく場合がある。多くの場合に、標準の結晶Siモジュールは、各列内に10個のセルを有する6つの列に配置された（ 6×10 ）60個のセルで製造されるが、モジュール電力、モジュール形式、安全性、BOS（例えば、配線）、コスト等に関する要件に基づいて、 $6 \times 12 = 72$ 個のセルを含む他のモジュール構成を使用することができる。

【0190】

6×10 個（又はそれよりも多く）のマスターセルのモジュール内のマスターセル相互接続に対する一例示的モジュール構成（Nが少なくとも3であると仮定したもの）は、混成並列 - 直列構成である。特定の用途及び市場に基づいて、混成並列 - 直列設計を用いて、望ましい最大モジュールMPP電流又は望ましい最大モジュールMPP電流を与えるようにマスターセル相互接続を最適化することができる。更に、全並列構成は可能ではあるが、一部の事例では、全並列構成は、過度に大きいモジュール電流をもたらす場合があり、その結果、有意なオーミック損失が生じる。更に、全直列構成は可能ではあるが、一部の事例では、全直列構成は、安全性の問題をもたらす場合があり、及び/又は誘電材料絶縁要件に起因してより高い配線コストを要求する可能性がある過度に高い（例えば、数百ボルトよりも高い）モジュール電圧（モジュール V_{mp} ）を生じる可能性がある。

【0191】

図23A及び図23Bは、アイルの個数（奇数個のアイル又は偶数個のアイル）、並びにM2相互接続設計に依存するエミッタ及びベースバスバーの位置を強調表示したマスターセル又はicellの概観を示す図である。個々のアイルを示してはいないが、図23Aのマスターセル452と図23Bのマスターセル462の両方が、 $N \times N$ 個のアイル（又は並列接続アイルの $N \times N$ 個のサブグループ）を有する。マスターセル452では、Nは奇数であり、マスターソーラーセル462では、Nは偶数である。図23Aのマスターセル452で分るように、Nが奇数であり、アイル（又は並列接続アイルのサブグループ）が電気直列で接続される場合に、図23Aにエミッタバスバー454及びベースバスバー456として示すように、マスターセルのエミッタバスバーとベースバスバーは、セルを筋向かいに対向して2つの反対象限に配置される（例えば、図15A及び図15Bに示すマスターセルを参照されたい）。マスターセル462では、Nは偶数であり、アイル（又は並列接続アイルのサブグループ）は電気直列で接続され、図23Bにエミッタバスバー464及びベースバスバー466として示すように、マスターセルのエミッタバスバーとベースバスバーとは、正方形セルの同じ辺上の2つの反対コーナに配置される（例えば、図14Aに示すマスターセルを参照されたい）。

【0192】

図24から図27は、図23A（Nは奇数）及び図23B（Nは偶数）に示すもののような偶数と奇数の両方の個数の直列接続アイル（又は並列接続アイルのサブグループ）を有するマスターセル設計に対して様々な60セルモジュール接続設計を示す図である。図24から図27の図は、各マスターソーラーセルに対するエミッタバスバーとベースバスバーを示すモジュール上面図（マスターセルの前面を示す）であるが、バスバーは、実際にはマスターセルの裏面上に配置される。言い換えれば、様々なセル間相互接続設計を強調するために、エミッタ及びベースバスバーをマスターセルの前面を通して見るように示している。これらの代表的なモジュールの各々は、パターン付きM1層を通じたソーラーセル裏面処理の完了後に連続バックプレーンシートに複数のicell（例えば、これらの実施形態に示すように 6×10 配置にある60個のicell）を取付又は積層させ、次いで、複数のicellを含む大きいバックプレーンシート上でのパターン付きM2層の完成を通して連続多セルバックプレーン基板上で残りのバックプレーン積層後バックエンドソーラーセル加工を実施することによって一体モジュールとして製造することができる。この手法は、一体パターン付きM2金属化層を用いて、望ましい電気相互接続配置（全直列又は混成並列 - 直列）に従うicellの互いへの相互接続をもたら

すことになる。それによって一体モジュールがもたらされ、モジュール組立てに向けたソーラーセルの互いに対するタブ接続、ストリング接続、及び／又は半田付けの需要が排除される（一体モジュール実施形態に基づいて、パターン付きM2がセル間相互接続を予め完成させることにより）。当然ながら、これらの代表的なモジュールの各々は、本明細書に開示する一体モジュール実施形態を用いずに、モジュール組立てに向けたソーラーセルの互いに対する従来のタブ接続、ストリング接続、及び／又は半田付けによって製造することができる。

【0193】

図24は、エミッタバスバーとベースバスバーがマスターセルの反対筋向かいのコーナに配置され（すなわち、Nが奇数）、全てのicellが電気直列で接続された（全直列）マスターセル又はicellに関するモジュール相互接続設計（本明細書に開示する一体モジュール実施形態を使用する場合に、パターン付きM2層を用いて製造される）の例である。図24に示すように電気直列で接続された60個のマスターセルに関するモジュール電圧及びモジュール電流は、以下の通りに計算することができる。モジュール電圧 $V_{mp} = 60 \times \text{マスターセル電圧}$ である。従って、 $N = 4$ 及び $S = 16$ では、マスターセル電圧 $V_{mp} = 16 \times 0.59 = 9.44 \text{ V}$ 、モジュール $V_{mp} = 60 \times 9.4 = 564 \text{ V}$ 、モジュール $I_{mp} = 9.3 \text{ A} / 16 = 0.58 \text{ A}$ である。

【0194】

図25は、エミッタバスバーとベースバスバーがマスターセルの同じ辺上のコーナに配置され（Nは偶数）、全てのセルが電気直列で接続された（全直列）マスターセルに関するモジュール相互接続設計（本明細書に開示する一体モジュール実施形態を使用する場合に、パターン付きM2層を用いて製造される）の例である。 $N = 4$ 及び $S = 16$ に対して、モジュール電圧及びモジュール電流を図24に対して上述したように計算することができる。

【0195】

図26は、エミッタバスバーとベースバスバーがマスターセルの同じ辺上のコーナに配置され（Nは偶数）、セルが電気並列・電気直列混成で接続されたマスターセルに関するモジュール相互接続設計（本明細書に開示する一体モジュール実施形態を使用する場合に、パターン付きM2層を用いて製造される）の例である。この実施形態において、10個のマスターセルの行内の各マスターセルは、直列に接続され、10個のマスターセルの6つの行は、並列に接続される。図26に示す混成並列・直列モジュール相互接続実施形態において、モジュール電圧 $V_{mp} = 10 \times \text{マスターセル電圧}$ である。従って、 $N = 4$ 及び $S = 16$ では、マスターセル電圧 $V_{mp} = 16 \times 0.59 = 9.44 \text{ V}$ であり、モジュール電圧 $V_{mp} = 10 \times 9.4 = 94 \text{ V}$ である。

【0196】

図27は、エミッタバスバーとベースバスバーがマスターセルの同じ辺上のコーナに配置され（Nは偶数）、セルが電気並列・電気直列混成で接続されたマスターセルに関するモジュール相互接続設計（本明細書に開示する一体モジュール実施形態を使用する場合に、パターン付きM2層を用いて製造される）の別の例である。この実施形態において、6つのマスターセルの列内の各マスターセルは、直列に接続され、6つのマスターセルの10個の列は、並列に接続される。図27に示す混成並列・直列モジュール相互接続実施形態において、モジュール電圧 $V_{mp} = 6 \times \text{マスターセル電圧}$ である。従って、 $N = 4$ 及び $S = 16$ では、マスターセル電圧 $V_{mp} = 16 \times 0.59 = 9.44 \text{ V}$ であり、モジュール電圧 $V_{mp} = 6 \times 9.4 = 56.4 \text{ V}$ であり、モジュール電流 $I_{mp} = (9.3 \text{ A} / 16) \times 10 = 5.81 \text{ A}$ である。

【0197】

一部の事例では、本明細書に開示する一体アイル型アーキテクチャは、最終モジュール積層の前にマスターセルバックプレーン上に直接に装着することができ、又はモジュール積層体内に埋め込むことができるモジュールレベル又はセルレベル埋め込みのDCからDCへの（又はDCからACへの）電力オブティマイザーを統合することができる。MPP

10

20

30

40

50

T電力オブティマイザーは、セルのDC出力を指定された電圧又は定電流（範囲）のDC又はACのいずれかの出力に変換する高変換効率（例えば、97%の効率よりも高い）の一体チップ又は混成チップ（時に、少なくとも誘導子とコンデンサーとを含む一部の個別構成要素を含む）とすることができる。例えば、最大電力点追跡（MPPT）を実行しながら、マスターセルのDC電圧及びDC電流（ V_{mp} 及び I_{mp} ）をAC電圧及びAC電流に変換することによってACセルを生成するために、セルレベルMPPT電力オブティマイザーチップを使用することができる。

【0198】

更に、モジュール内のマスターセルが全直列で接続される場合に、全照明条件の下で各マスターセル内に事前指定された固定出力電流を生成し、同時にMPPT電力最適化機能を実施するようにセルレベル埋め込みMPPTを設定することができる。それによって直列に接続された全てのマスターセルが電流整合状態にあることを確実にすることができる。同様に、モジュール内のマスターセルが混成並列 - 直列配置で接続される場合に、全照明条件の下で事前指定された並列ストリング電圧を供給するために各マスターセル内に事前指定された固定出力電流を生成し、同時にMPPT電力最適化機能を実施する（かつ事前指定されたストリング電圧を供給する）ように、セルレベル埋め込みMPPTを設定することができる。それによって各直列ストリング内で直列に接続された全てのマスターセル又はicellが電流整合状態にあり、同時に並列ストリングも電圧整合状態にあることを確実にすることができる。

【0199】

図28A及び図28Bは、600VDC PVシステムに関するモジュール相互接続の一部の実施形態の代表例を示している。図28Aは、 $V_{oc} = 657.6V$ 及び $V_{mp} = 552.0V$ である場合の $1 \times 16S$ （全直列）モジュール設計（60セルモジュール）に関するモジュール相互接続の例を示し、図28Bは、 $V_{oc} = 657.6V$ 及び $V_{mp} = 552.0V$ である場合の $2 \times 8HPS$ （混成並列 - 直列）設計（60セルモジュール）に関するモジュール相互接続実施形態を示している。図29A及び図29Bは、1000VDC PVシステムに関するモジュール相互接続を示す概略図である。図29Aは、 $V_{oc} = 657.6V$ 及び $V_{mp} = 552.0V$ である場合の $1 \times 16S$ （全直列）設計（60セルモジュール）に関するモジュール相互接続の例を示し、図28Bは、 $V_{oc} = 986.4V$ 及び $V_{mp} = 828.0V$ である場合の $2 \times 8HPS$ （混成並列 - 直列）設計（60セルモジュール）に関するモジュール相互接続を示している。すなわち、1000VDC PVシステムに対する $2 \times 8HPS$ 設計では、600VDC PVシステムに対する $2 \times 8HPS$ 設計又は600VDC又は1000VDCのPVシステムに対する $1 \times 16S$ 設計と比較して V_{os} 及び V_{mp} が高い。

【0200】

すなわち、一部の特定の実施形態において、 2×8 混成並列 - 直列（ $2 \times 8HPS$ ）相互接続設計を以下の利点から選択することができる。

- 全直列マスターセルの重要な利点（例えば、直線双方向トレンチ隔離スクライピング線に起因するマスターセル可撓性、及び当て嵌まる場合に約 $5\mu m$ 未満の厚みのみを有するM2金属層等）を維持しながら、icellを製作するのに擬似正方形結晶シリコンウェーハの使用を可能にする。

- 示したように $L_1 = 3.964cm$ 、 $L_2 = 3.836cm$ （ $156mm \times 156mm$ ウェーハに対して）を使用することにより、例えば、擬似正方形結晶シリコンウェーハ内で電流整合/均衡が得られる。

- 示したように $L_1 = L_2 = 3.9cm$ の完全正方形マスターセル基板にも適合可能である。

- 600VDCと1,000VDCの両方（並びに他のシステム電圧）のシステムに対して、低いBOSコストしか伴わず、強化されたシステム効率を有する効率的なPVシステム配置を与える。一部の事例では、1000VDC PVシステムは、600VDCシステムと比較して強化されたシステムレベル効率及び低いBOSコストを有することができ

10

20

30

40

50

る。(強化された効率及び低いBOSコストに起因して、高いストリング電圧(1,000VDC対600VDC)が、設置されたPVシステムに対して約\$0.10/Wの経済価値を与えることができることに言及した。)望ましい場合に、モジュール電圧は、混成並列-直列構成に従ったモジュール内部のicellの相互接続によって設定することができる(例えば、全直列モジュール配置と比較して低く)。

- 低コスト分散遮光管理(1×16S設計と類似のもの)の統合。
- 低コスト遠隔モジュール始動/停止(1×16S設計と類似のもの)の統合。
- 低コスト分散セルレベルMPPT(1×16S設計と類似のもの)の統合。
- 1×16S設計と比較してマスターセルアイルパラメータ変化により高い耐性を有すると考えることができる。

10

【0201】

本明細書に開示する本発明の態様の利点は、以下に限定されるものではないが、(i)低いソーラーセル製造(製作)工程機器及び設備投資(CAPEX)、(ii)ソーラーセル製作における有意に少ない有害廃棄副成物、(iii)少ないソーラーセルの微小亀裂及び/又は破損(例えば、銅メッキの需要、並びにそれに関連付けられた取り扱い要件、密封要件、及び接触要件の排除に起因するもの)、(iv)改善された長期PVモジュール使用現場予想信頼性、(v)裏面上での厚肉の(IBCソーラーセルでは、一般的に数十ミクロンの)細長銅の需要の排除に起因するバックプレーン積層ソーラーセルに対する低い撓み及び機械応力を含む。

【0202】

20

作動において、開示する主題は、高い可撓性及び亀裂の軽減、低いセル撓み及び改善された平面性、低いRI2オーミック損失しかもたらされない電圧増大及び電流低下、セル金属化厚の低減(10×ほども多く)(例えば、5µmAl)が、銅メッキの排除を可能にすることができ、必要に応じてそれによってセルの金属化コストを低減することができること、厚肉銅のような厚肉金属化の排除が、モジュール積層中の応力効果(及び得られる亀裂)を低減すること、検査及び仕分けでの分散されたセルパラメータであること、低い電流が廉価な遮光管理スイッチを可能にすること、廉価で高効率の(>98%)MPPT DC-DC降圧コンバータの使用を可能にすること、並びに完全にメッキのないソーラーセルという利点のあらゆる組合せを与えることができる一体アイル型マスターセル(icell)を提供する。

30

【0203】

例示的实施形態の以上の説明は、あらゆる当業者が、主張する主題を作るか又は使用することを可能にするために提供したものである。当業者には、これらの実施形態に対する様々な修正が容易に明らかになることになり、本明細書に定める一般的な原理を革新的な才能を用いずに他の実施形態に適用することができるであろう。従って、主張する主題は、本明細書に示す実施形態に限定されるのではなく、本明細書に開示する原理及び新しい特徴と矛盾しない最も広い範囲に即するように意図したものである。

【符号の説明】

【0204】

20 アイル型(タイル型)マスターソーラーセル又はicell
 22 セル周囲境界
 24 トレンチ隔離領界
 I₁₁~I₄₄ アイル又はミニセル
 L 辺長

40

【 図 1 】

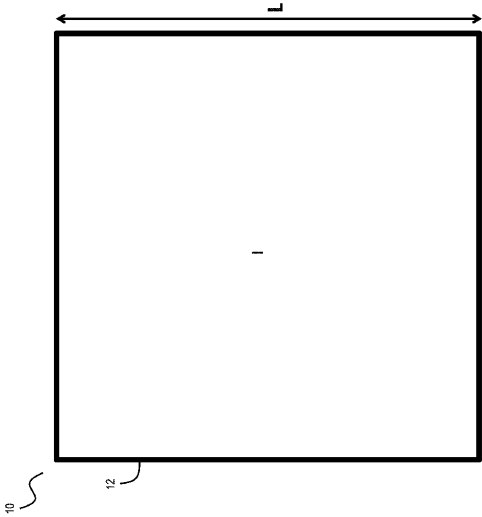


Fig. 1 (prior art)

【 図 2 】

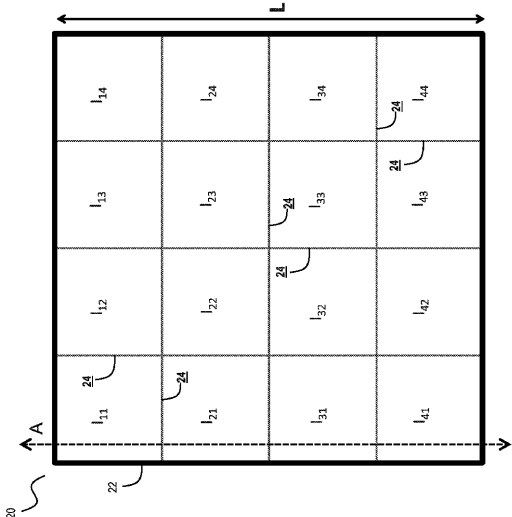


Fig. 2

【 図 6 A 】

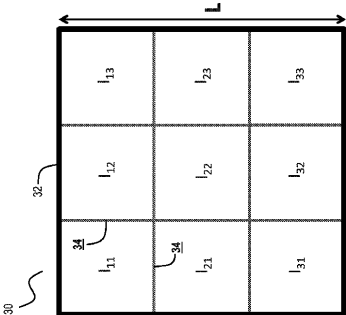


Fig. 6A

【 図 6 B 】

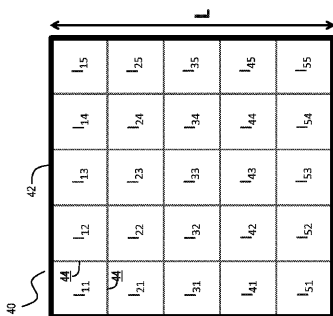


Fig. 6B

【 図 7 A 】

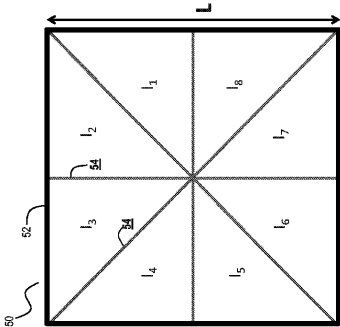


Fig. 7A

【 図 7 B 】

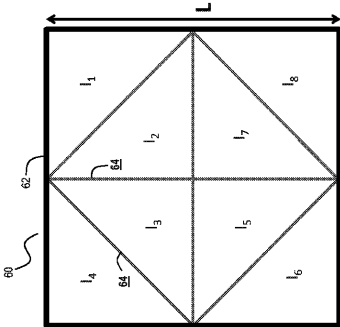


Fig. 7B

【図 7 C】

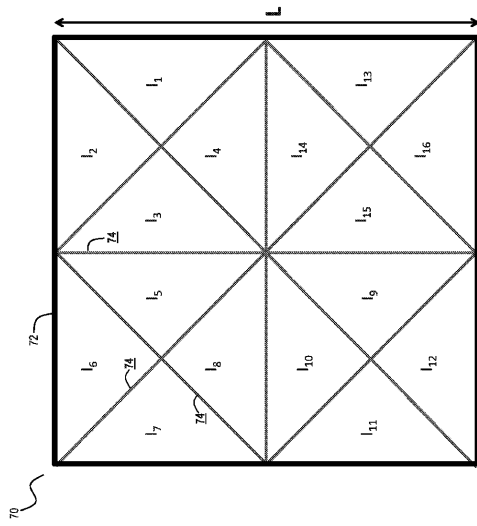


Fig. 7C

【図 7 D】

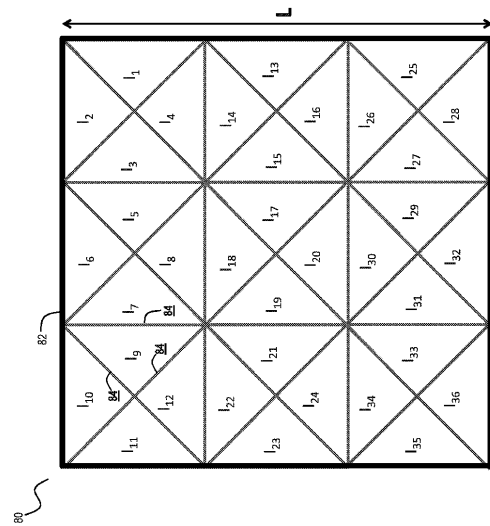


Fig. 7D

【図 7 E】

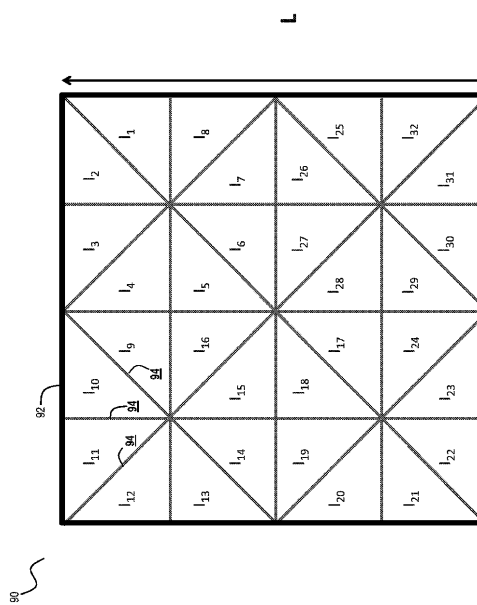


Fig. 7E

【図 9 A】

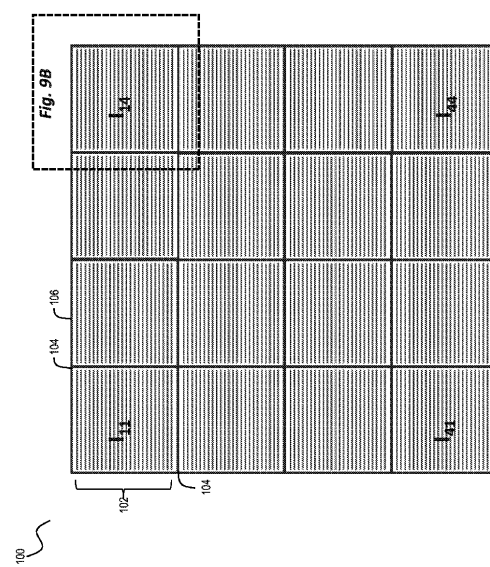


Fig. 9A

【図 9 B】

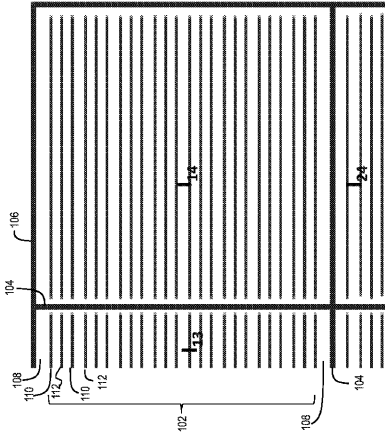


Fig. 9B

【図 10 A】

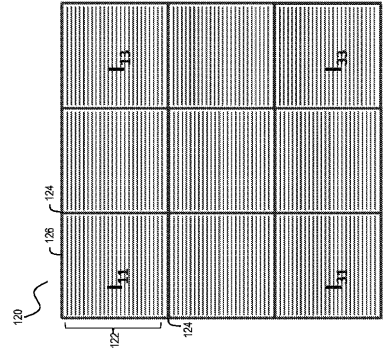


Fig. 10A

【図 10 B】

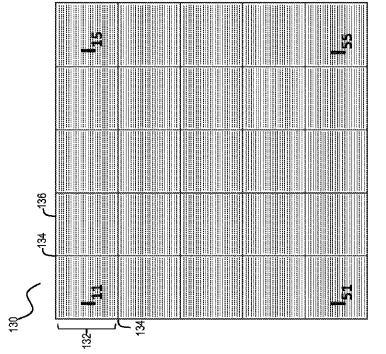


Fig. 10B

【図 11 A】

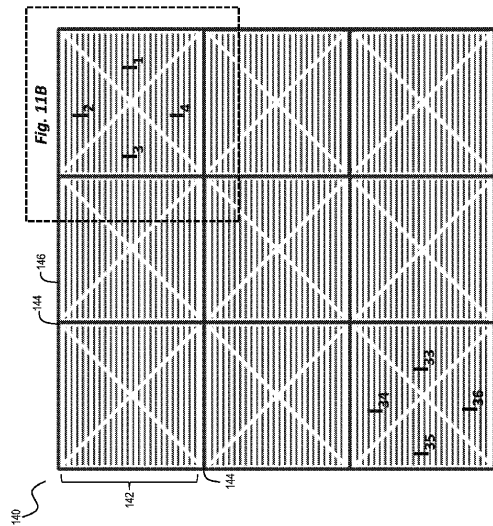


Fig. 11A

【図 11 B】

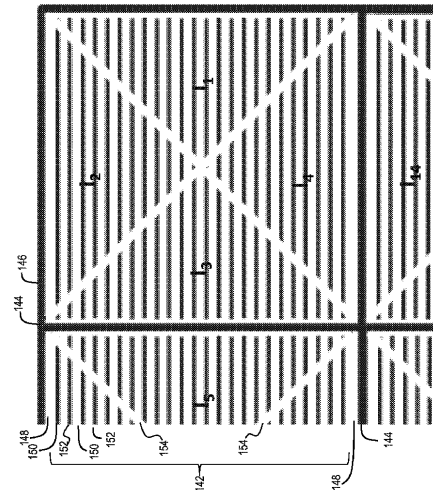


Fig. 11B

【 図 1 3 】

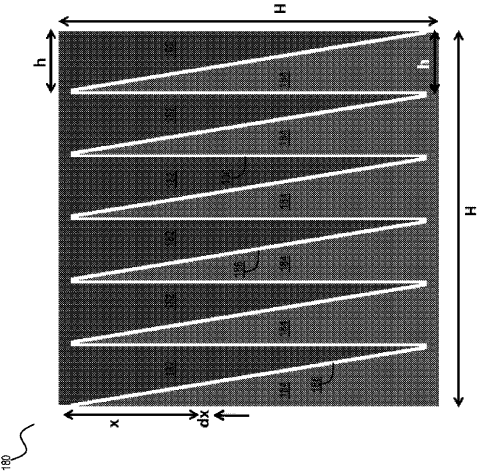


Fig. 13

【 図 1 5 A - 1 5 B 】

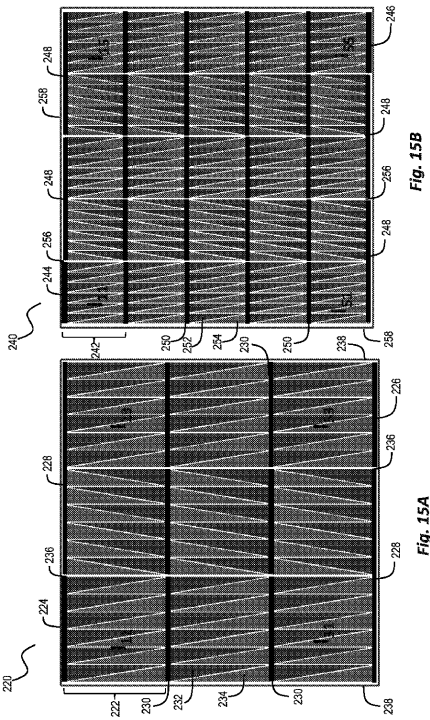


Fig. 15A

Fig. 15B

【 図 1 6 A 】

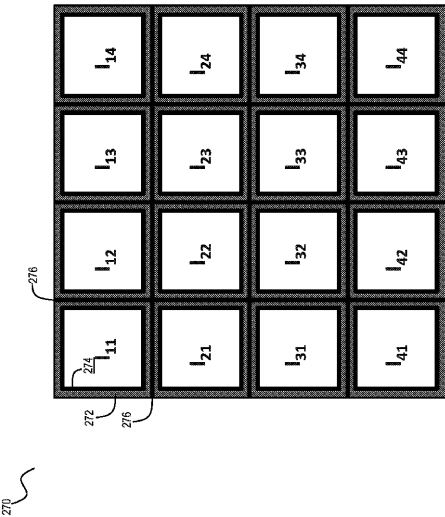


Fig. 16A

【 図 1 7 】

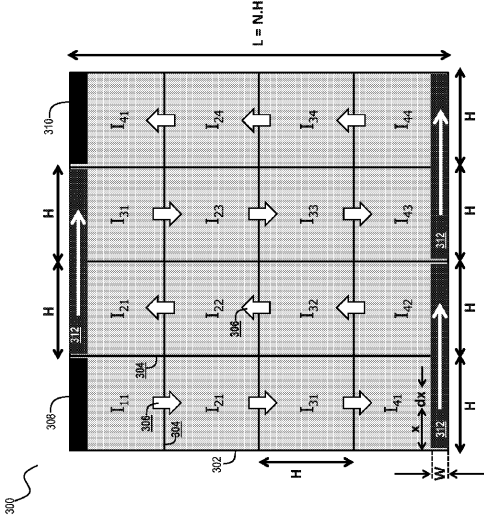
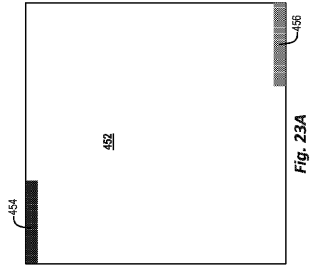
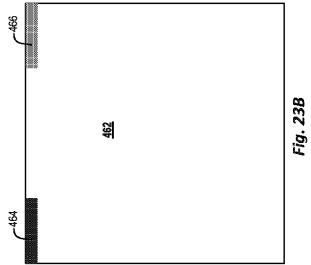


Fig. 17

【 図 2 3 A 】



【 図 2 3 B 】



【図 3 A】

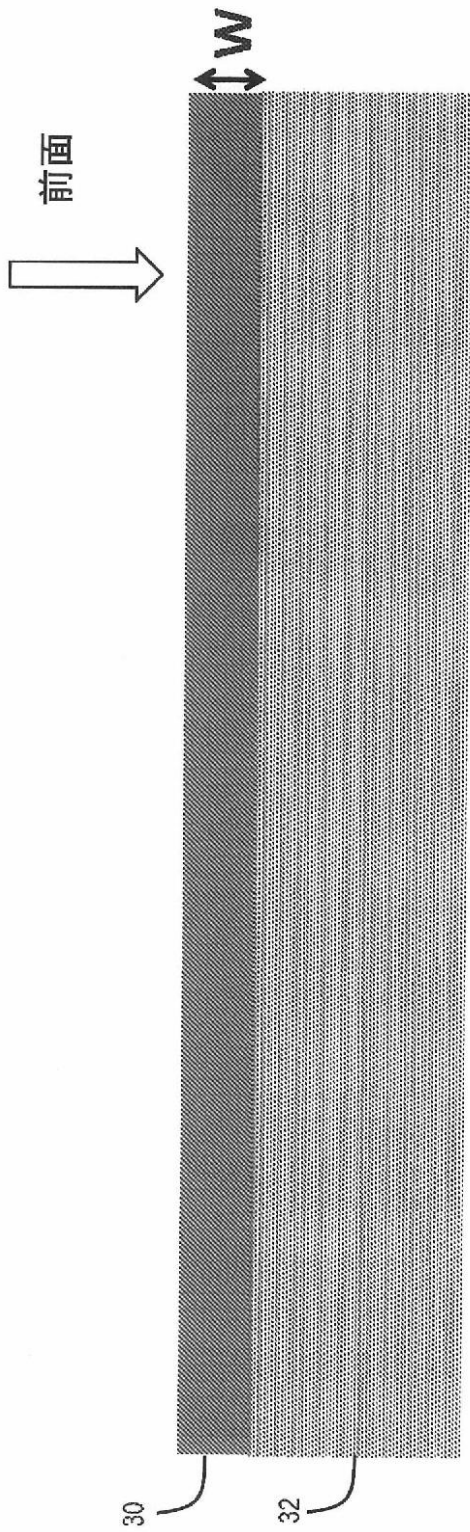


Fig. 3A

【図 3 B】

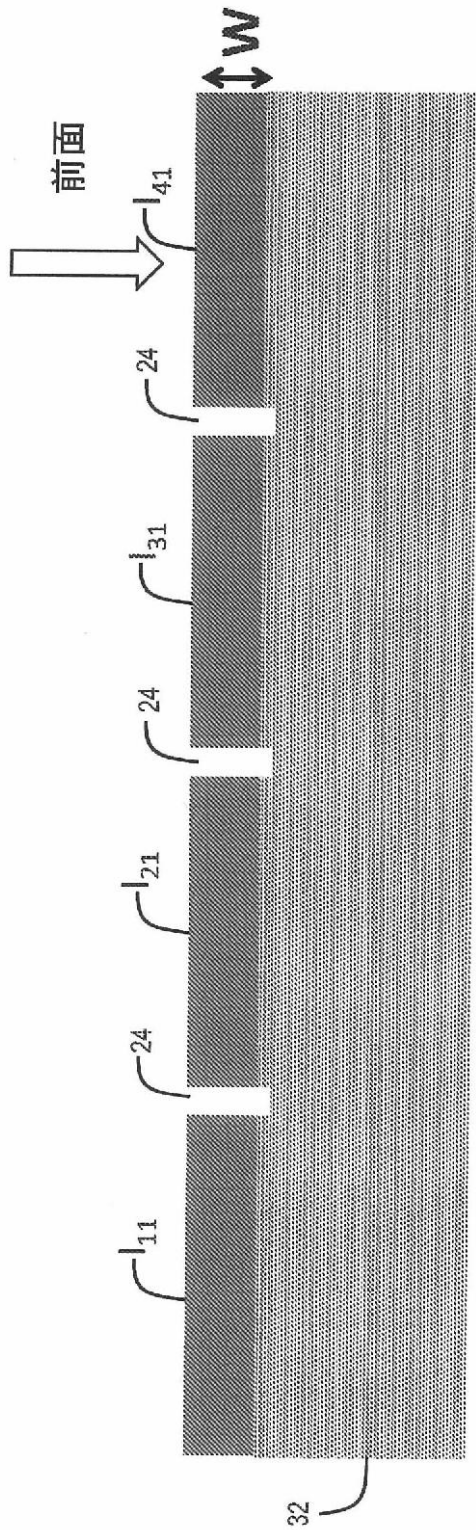


Fig. 3B

【 図 4 】

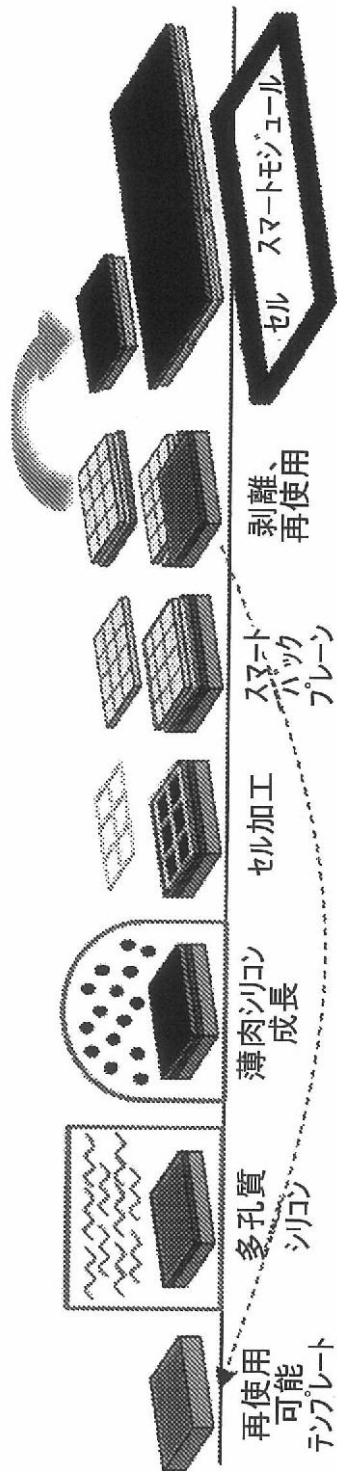
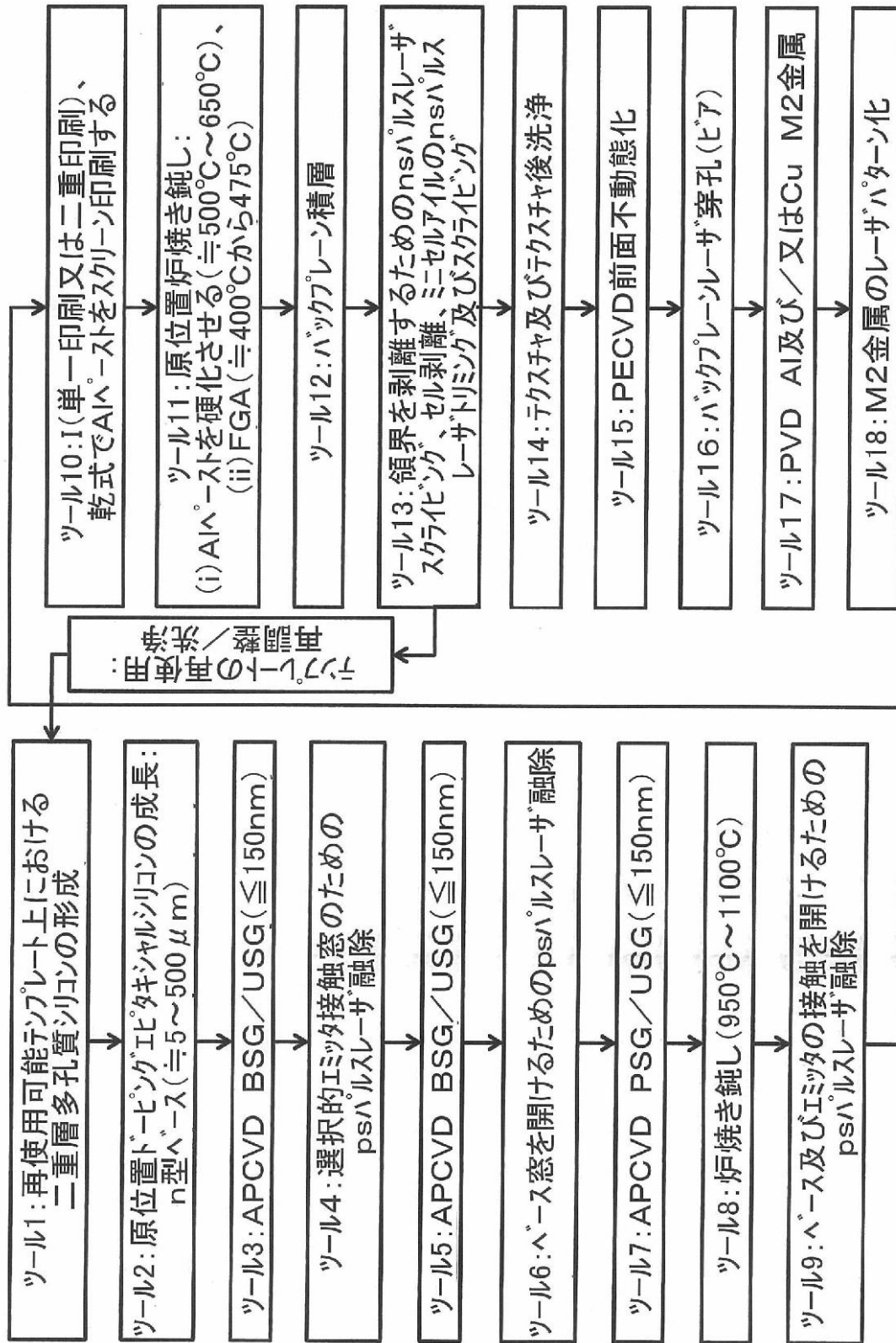


Fig. 4

【図 5 A】



【図 5 B】

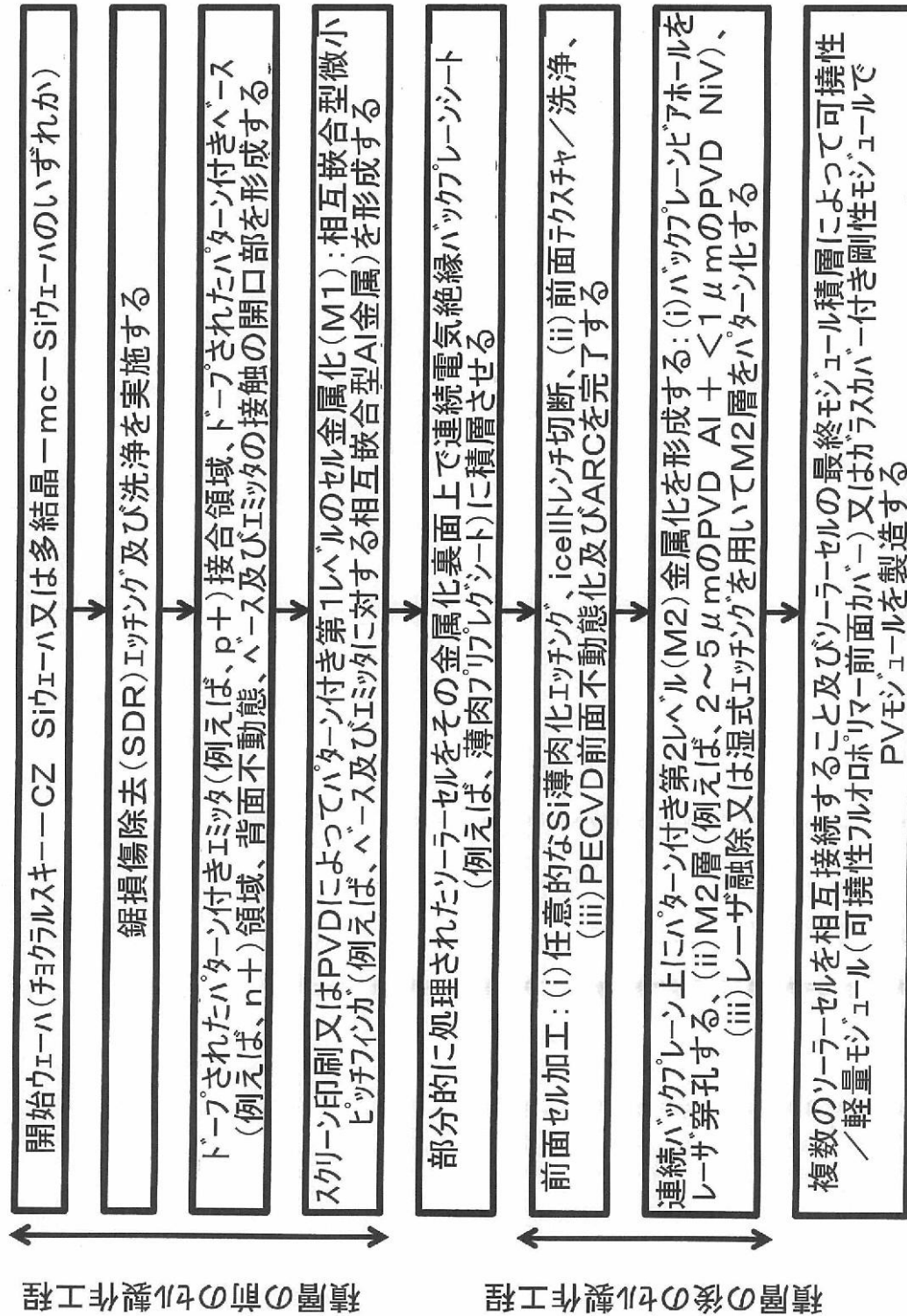


Fig. 5B

【図 5 C】

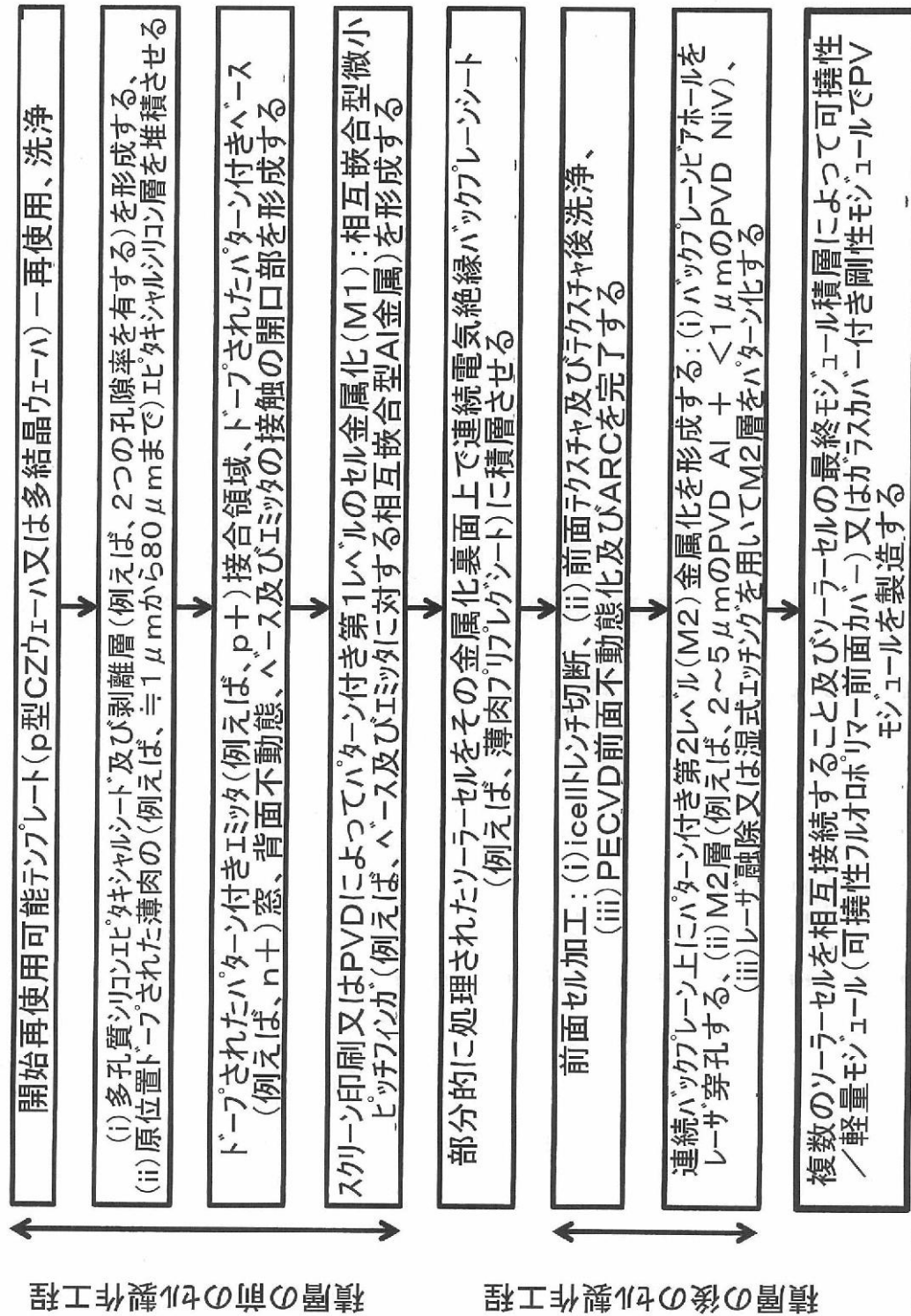


Fig. 5C

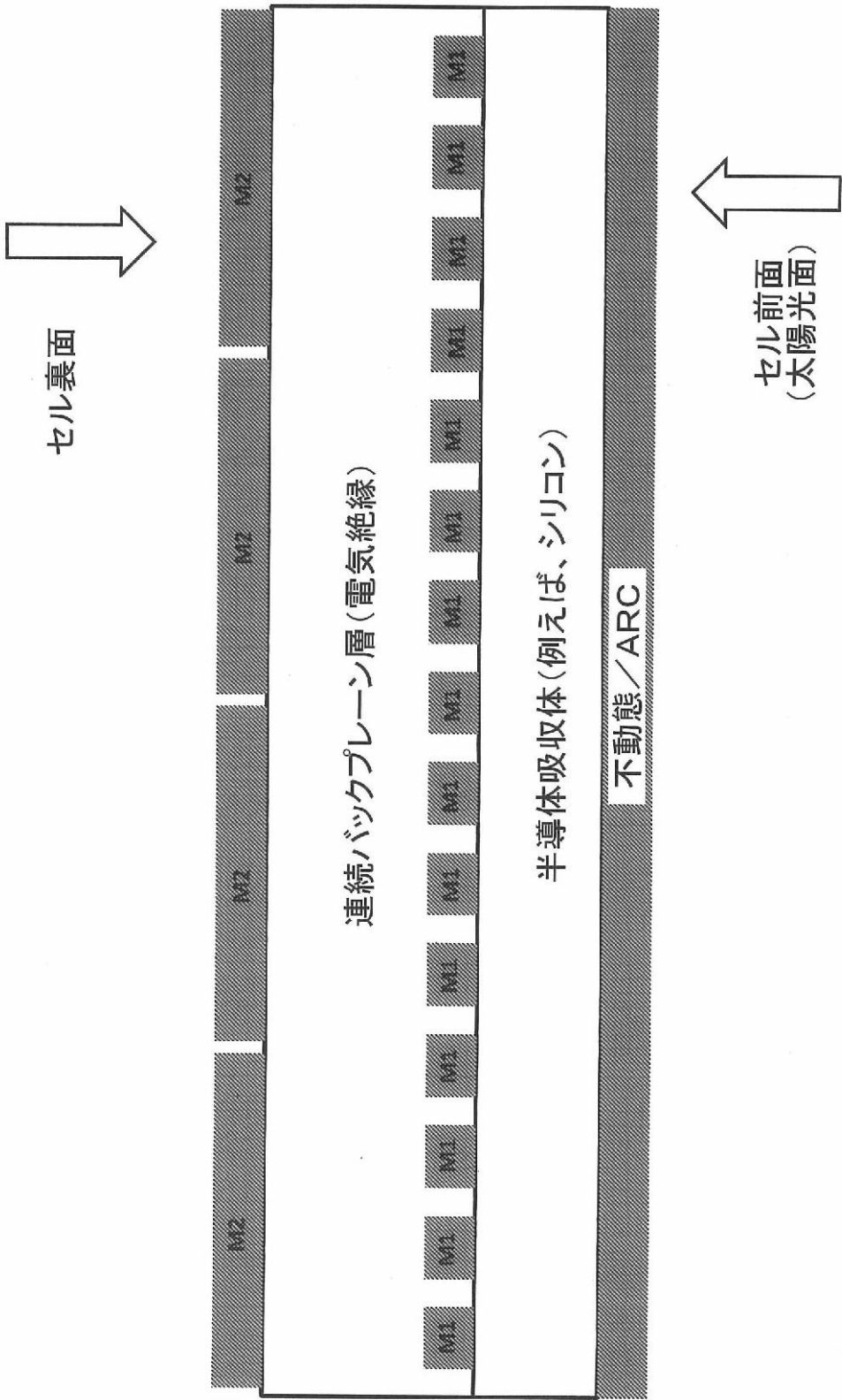


Fig. 5D

【図 5 E】

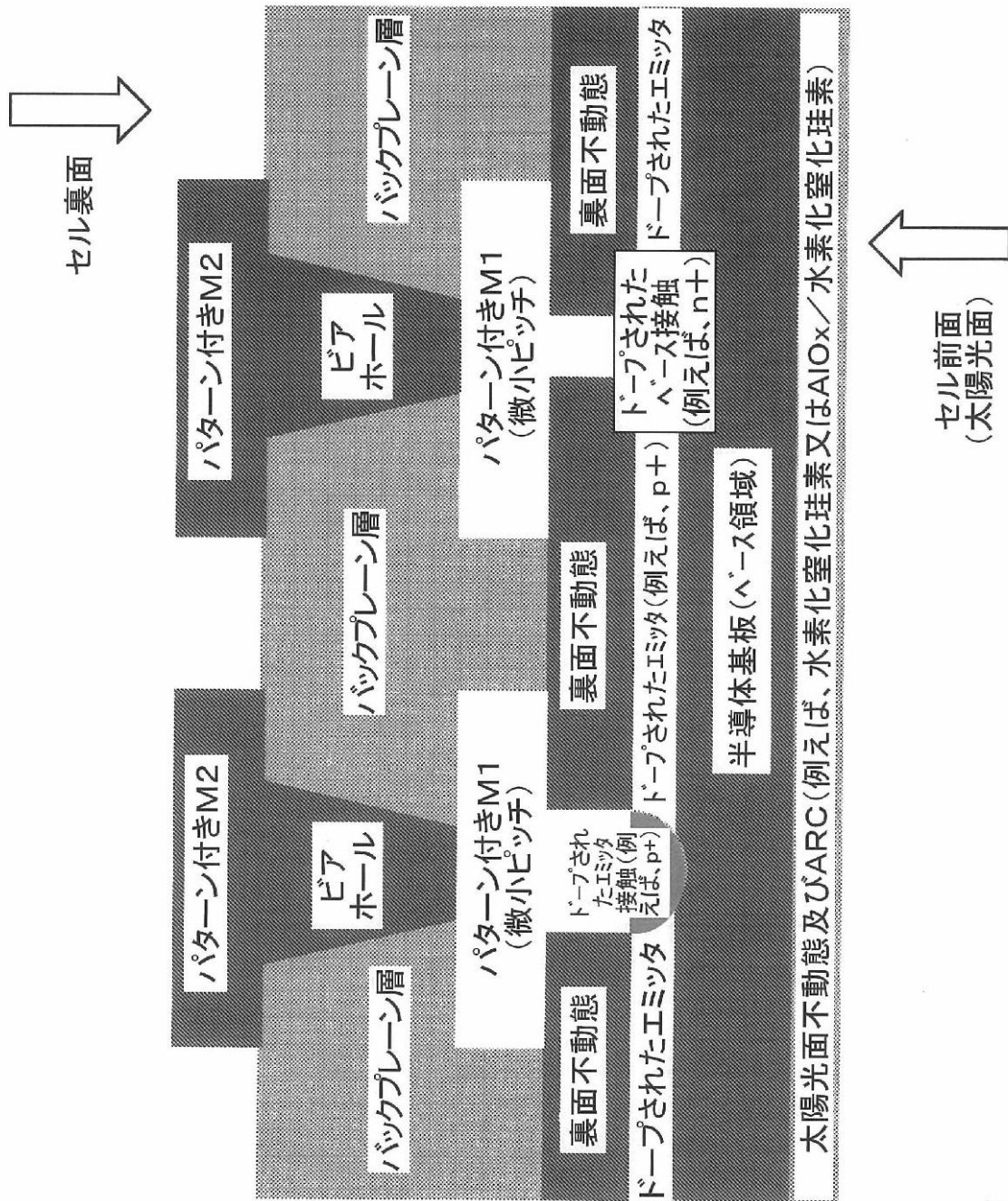


Fig. 5E

【図 8】

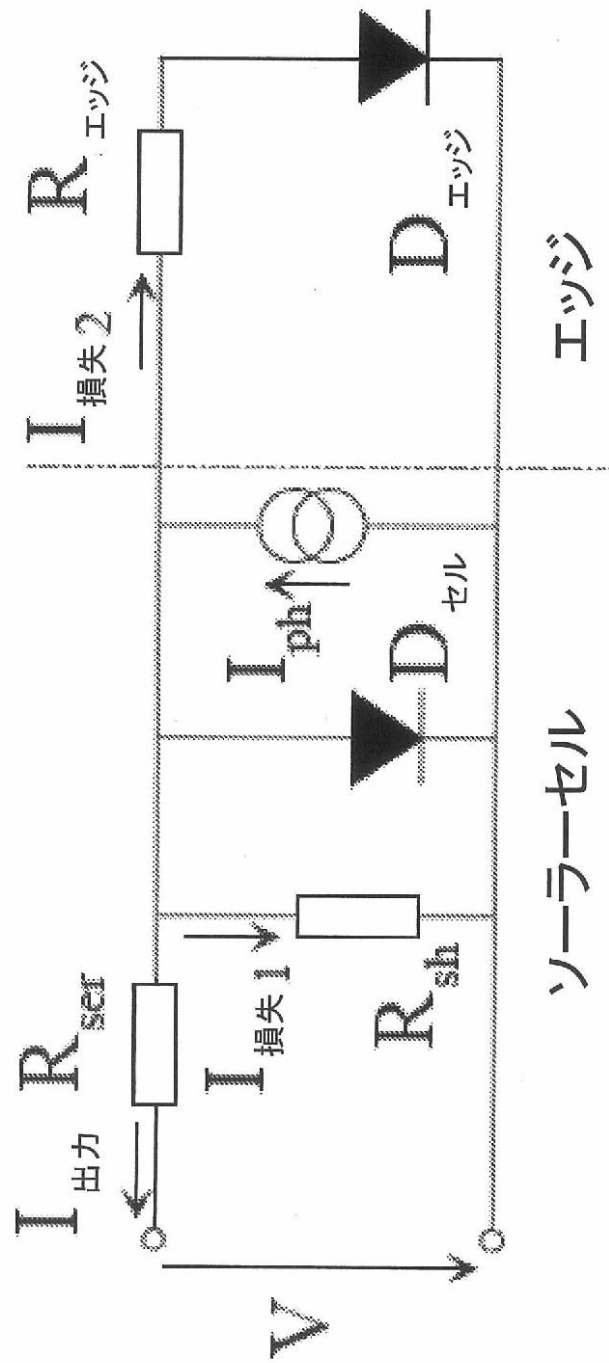


Fig. 8

【図 12A】

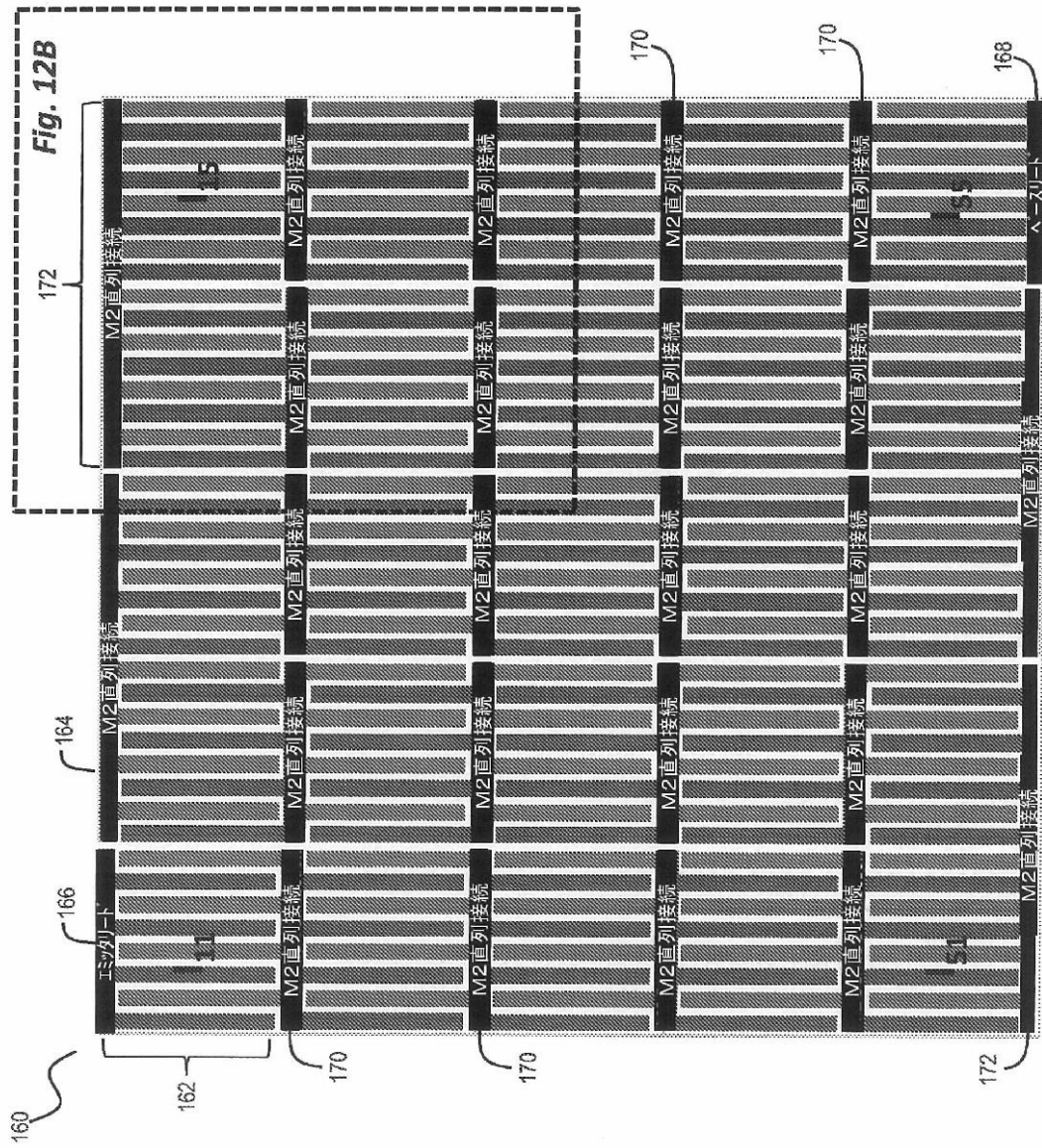


Fig. 12A

【図 12 B】

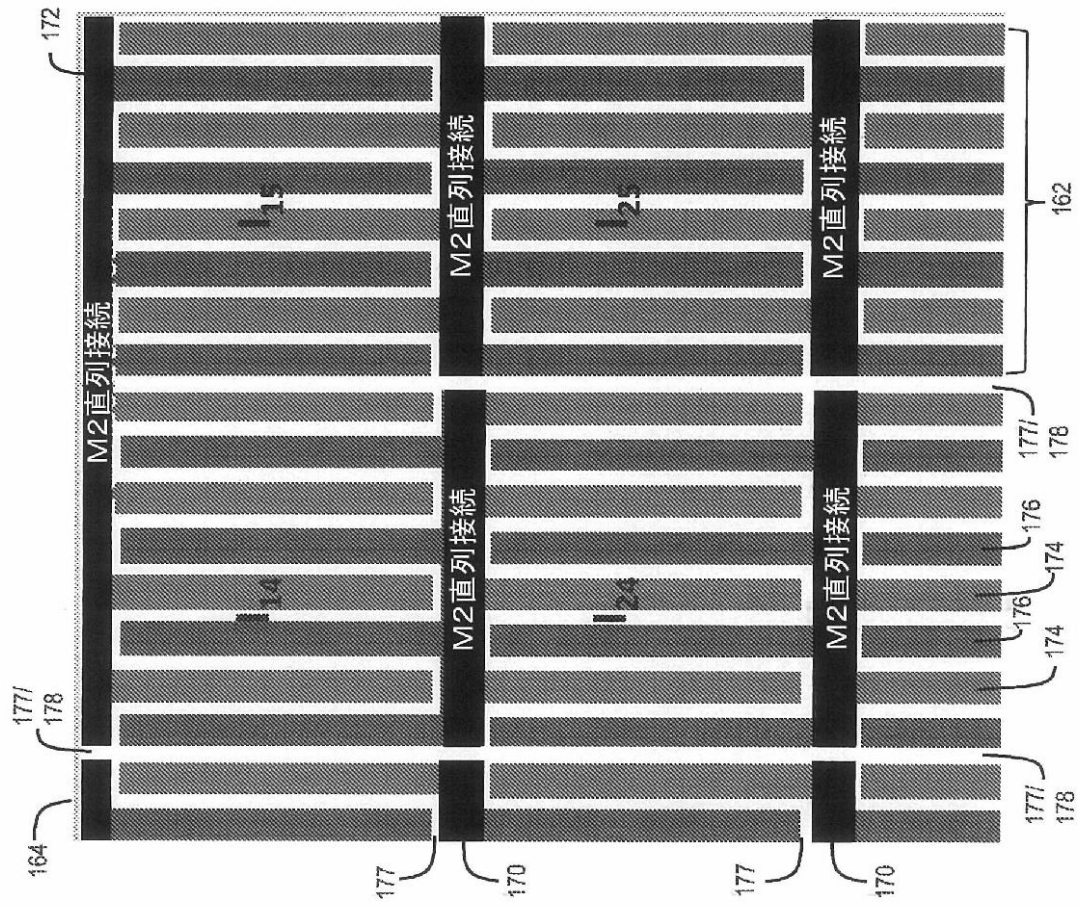


Fig. 12B

【図 14A】

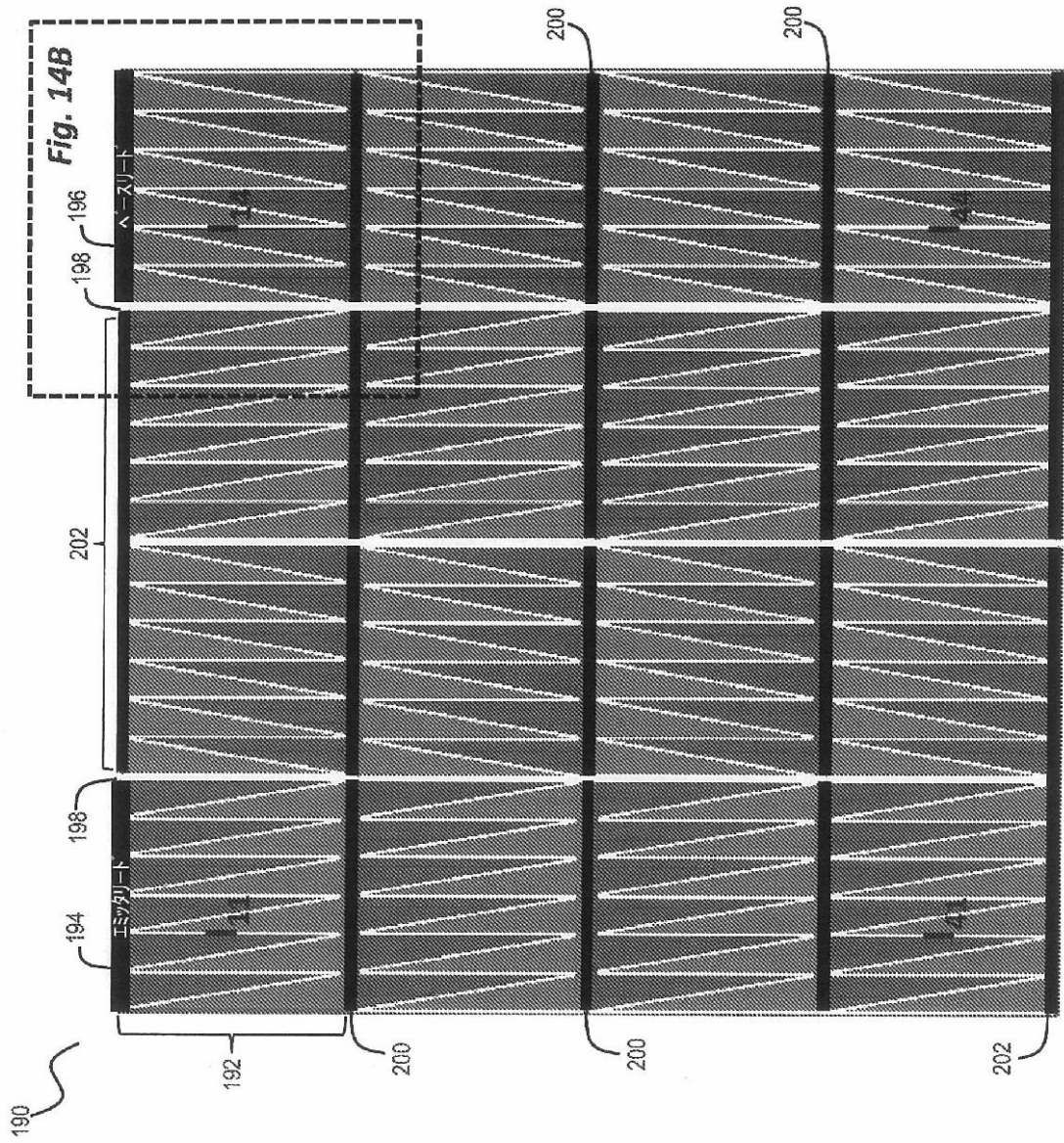


Fig. 14A

【図 16 B】

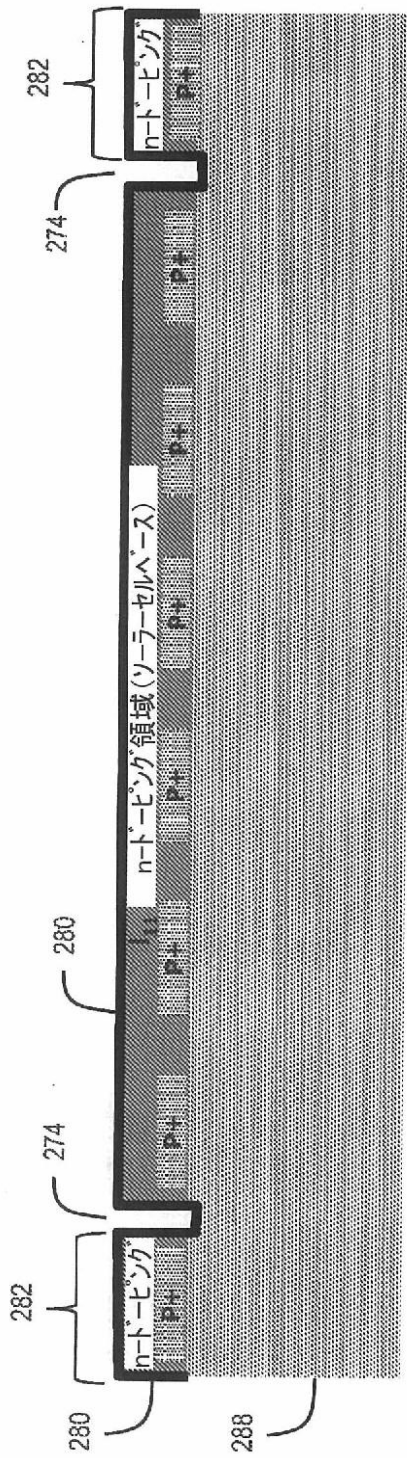
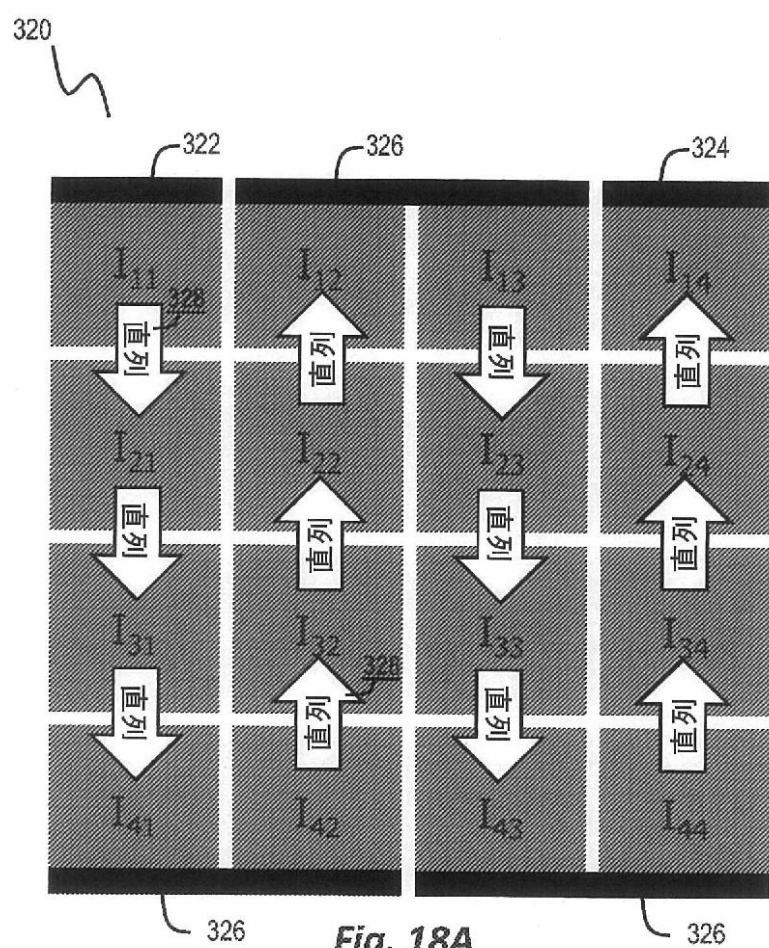
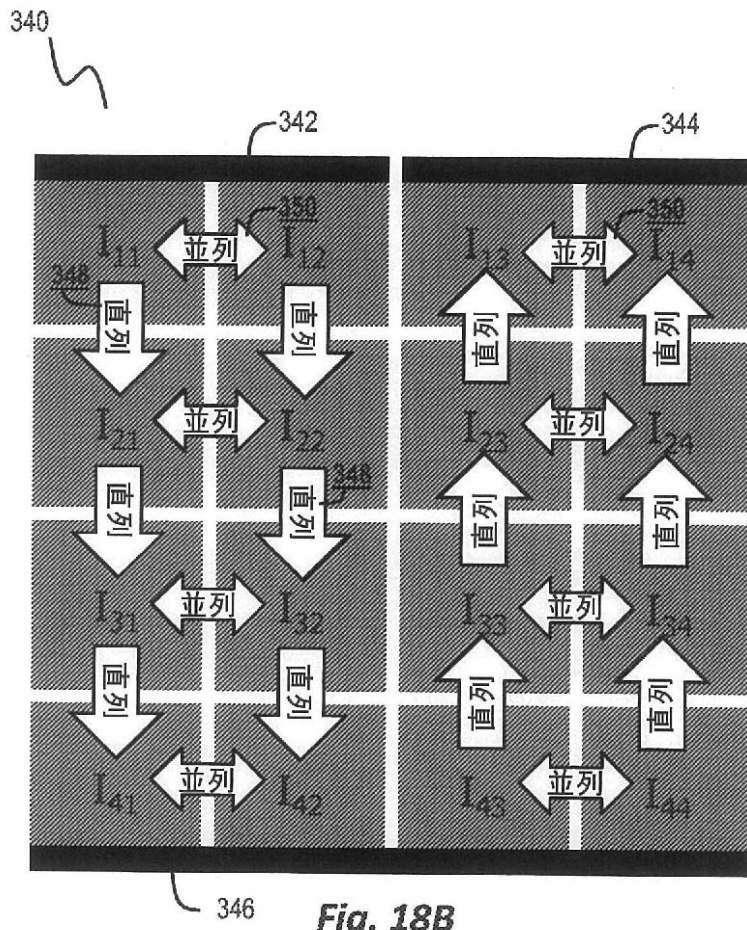


Fig. 16B

【 図 1 8 A 】



【 図 1 8 B 】



【 图 1 8 C 】

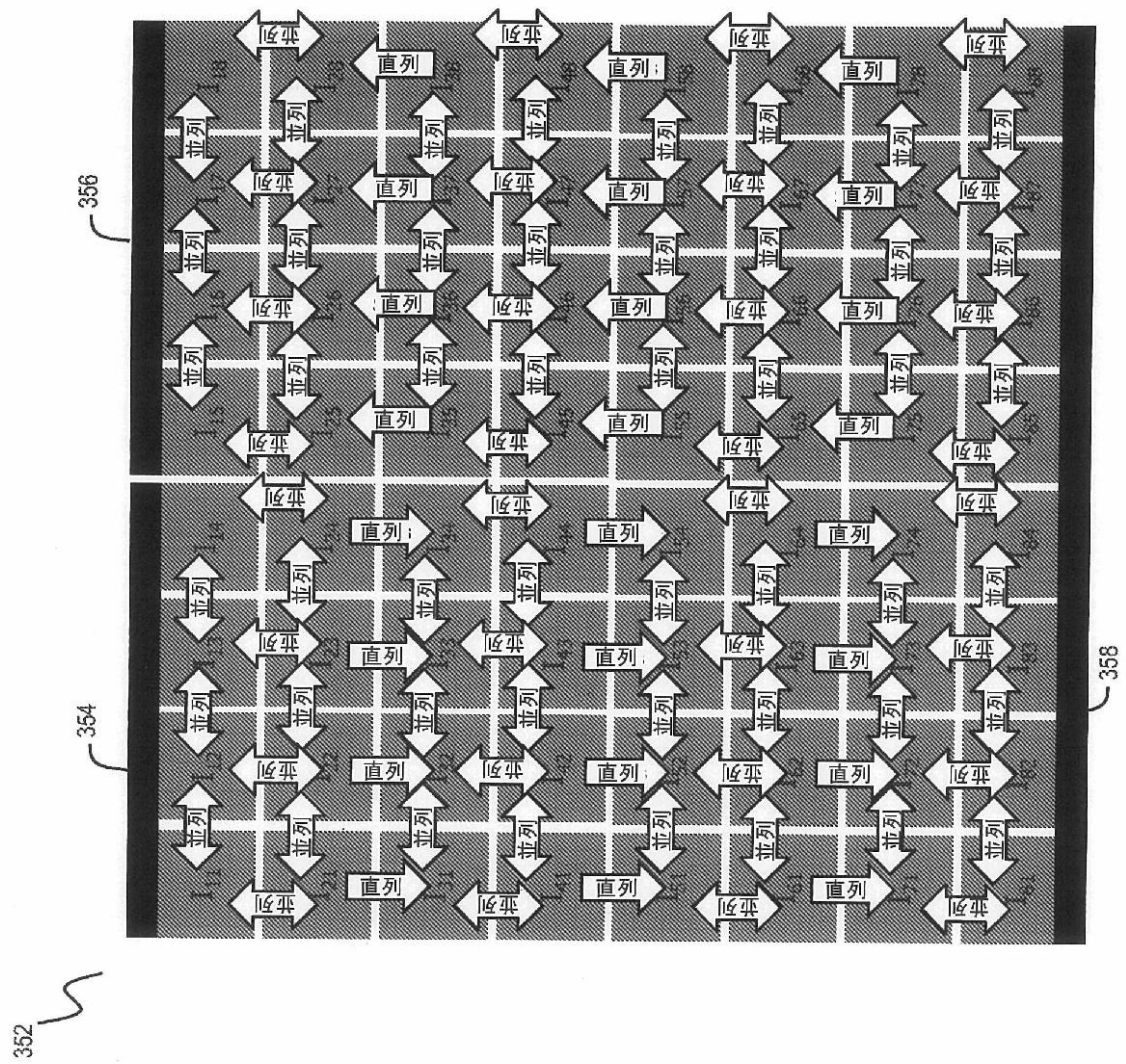
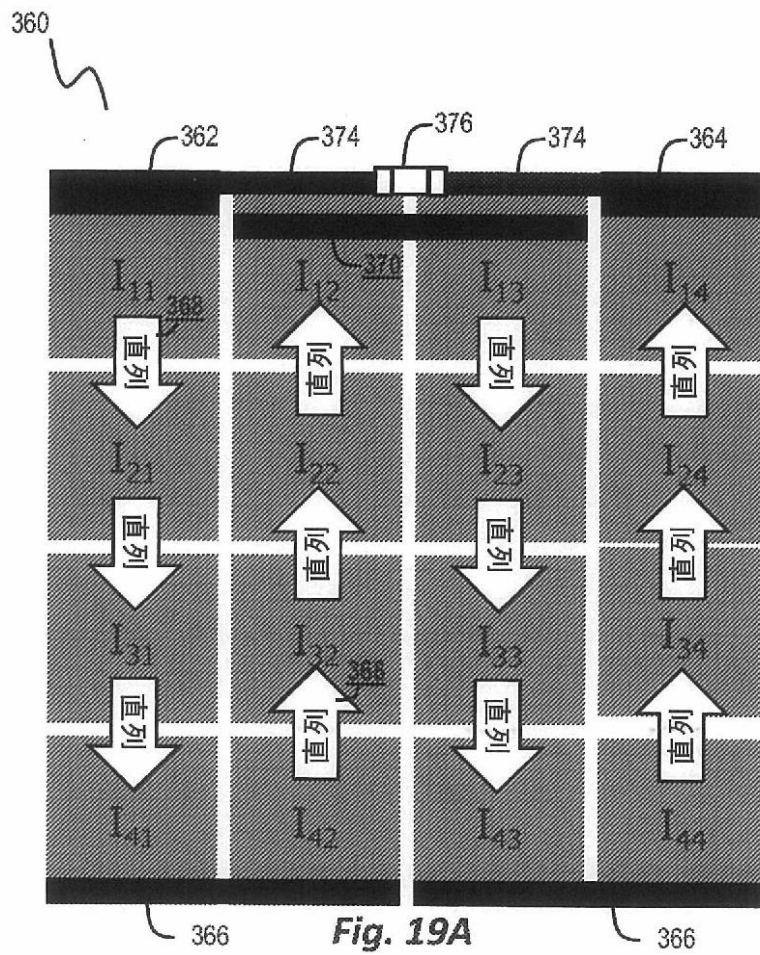


Fig. 18C

【図 19 A】



【 図 1 9 B 】

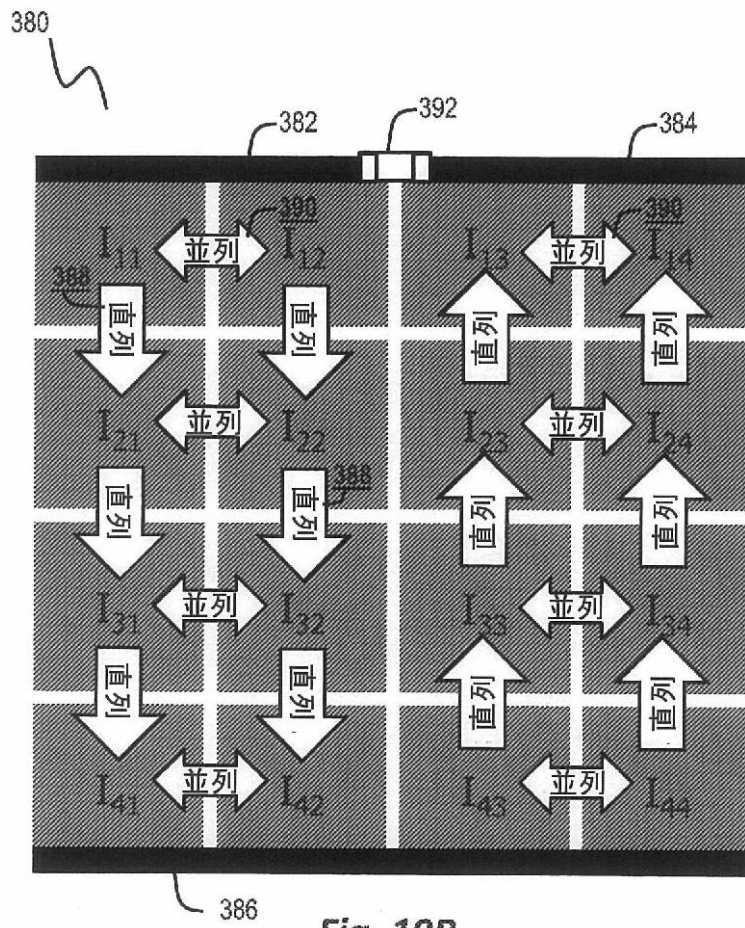


Fig. 19B

【 図 1 9 C 】

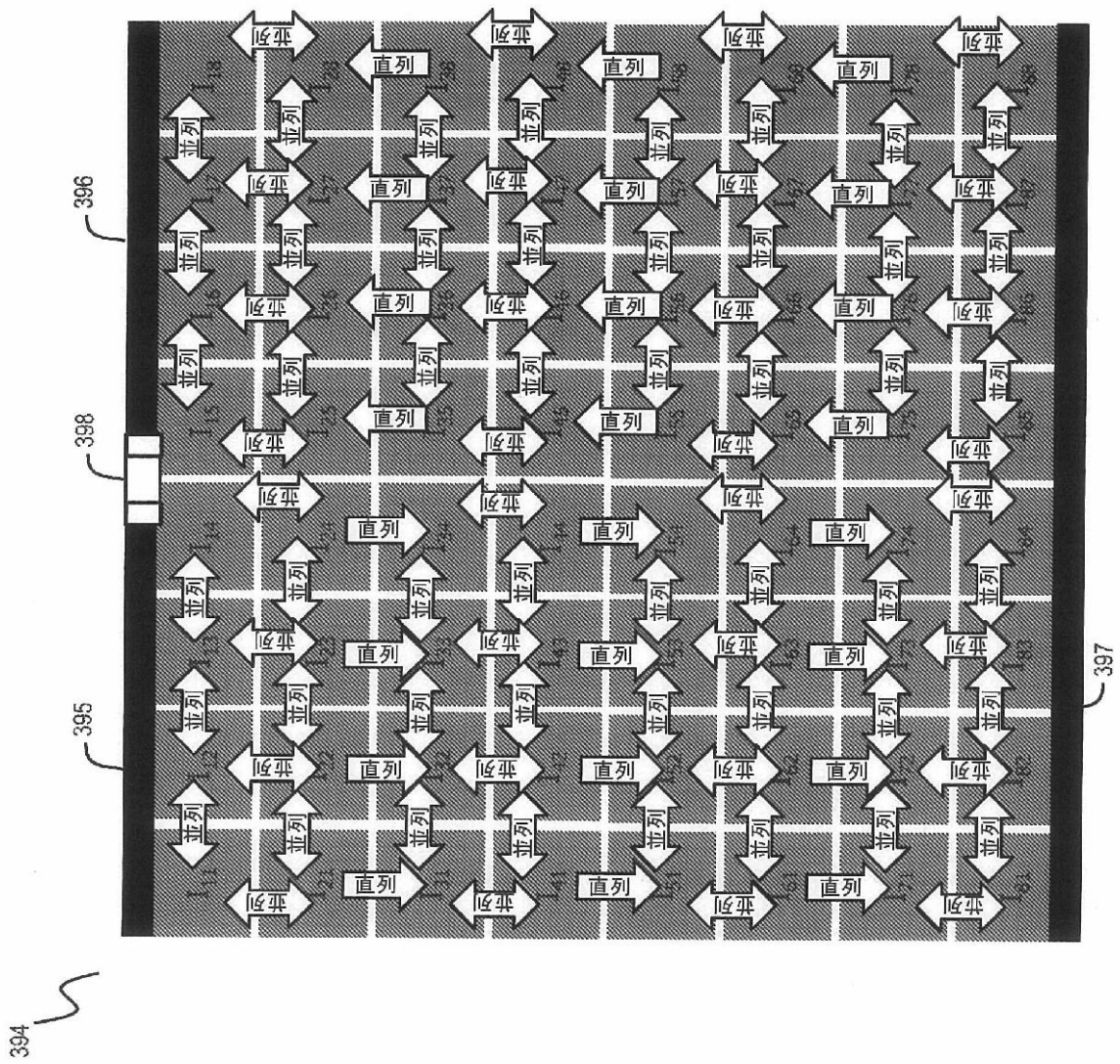


Fig. 19C

【図 20】

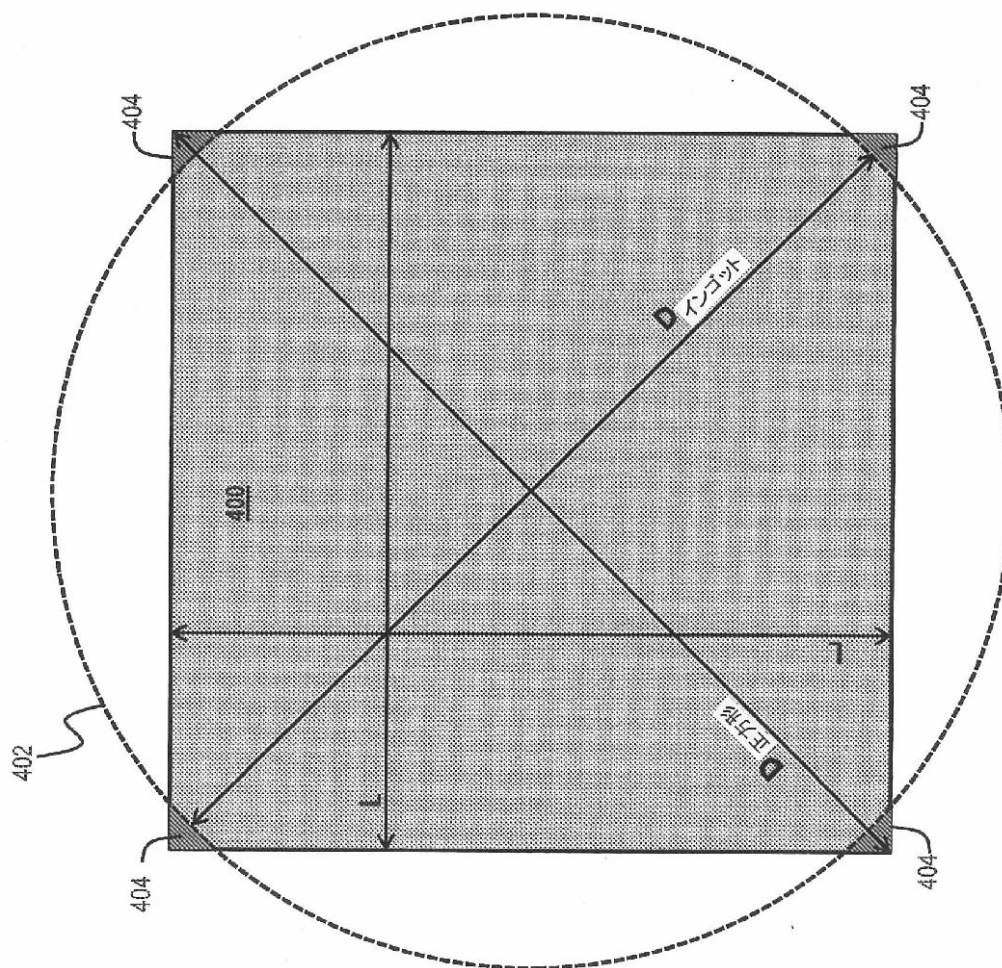


Fig. 20

【图 21】

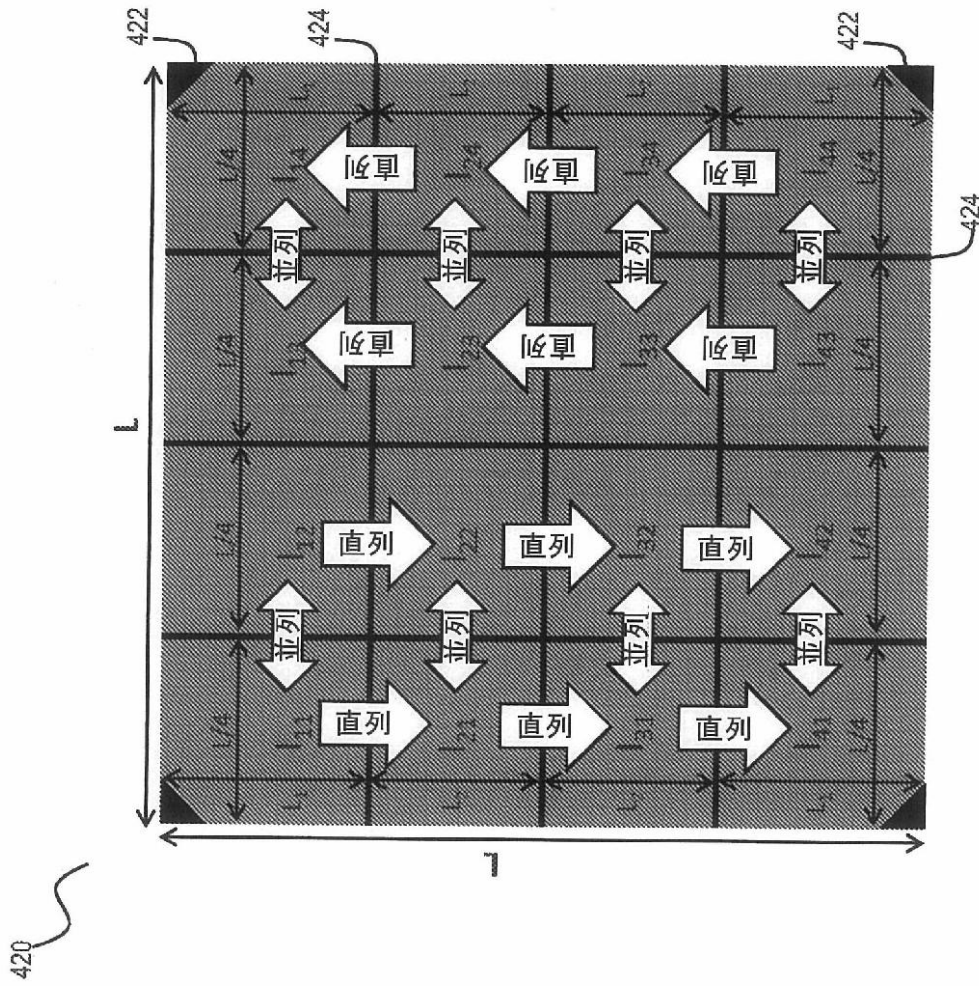


Fig. 21

【 图 2 2 】

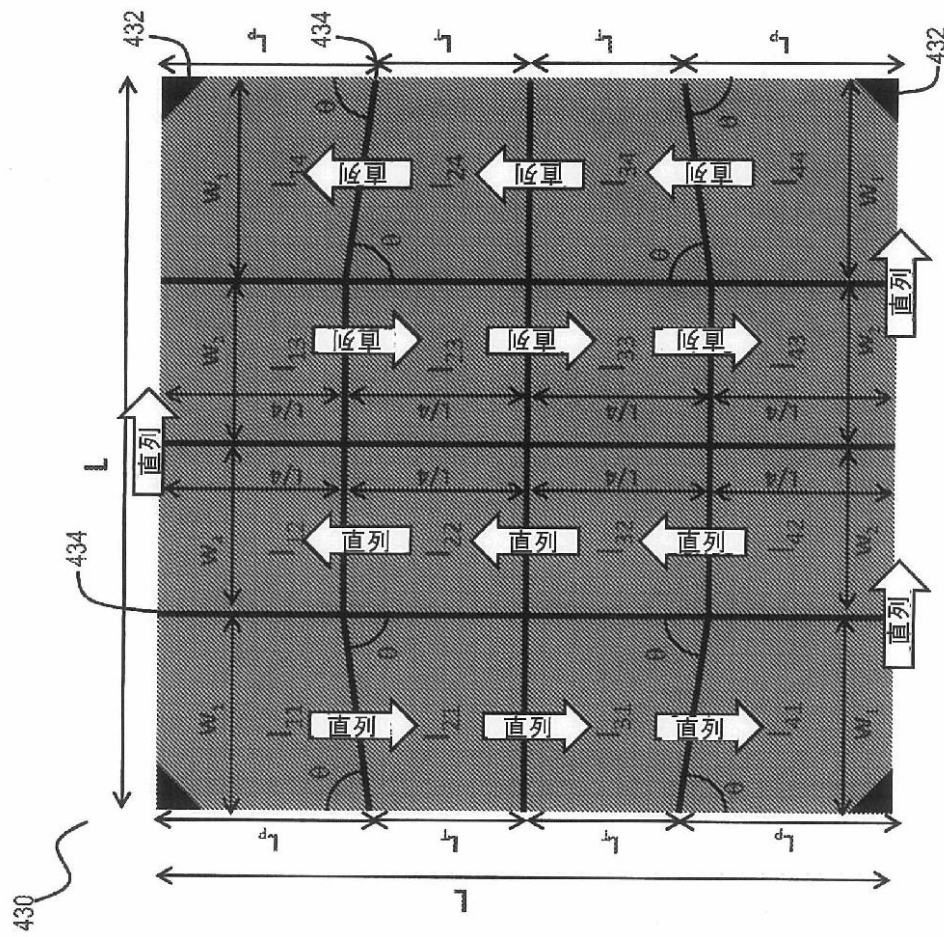


Fig. 22

【図 24】

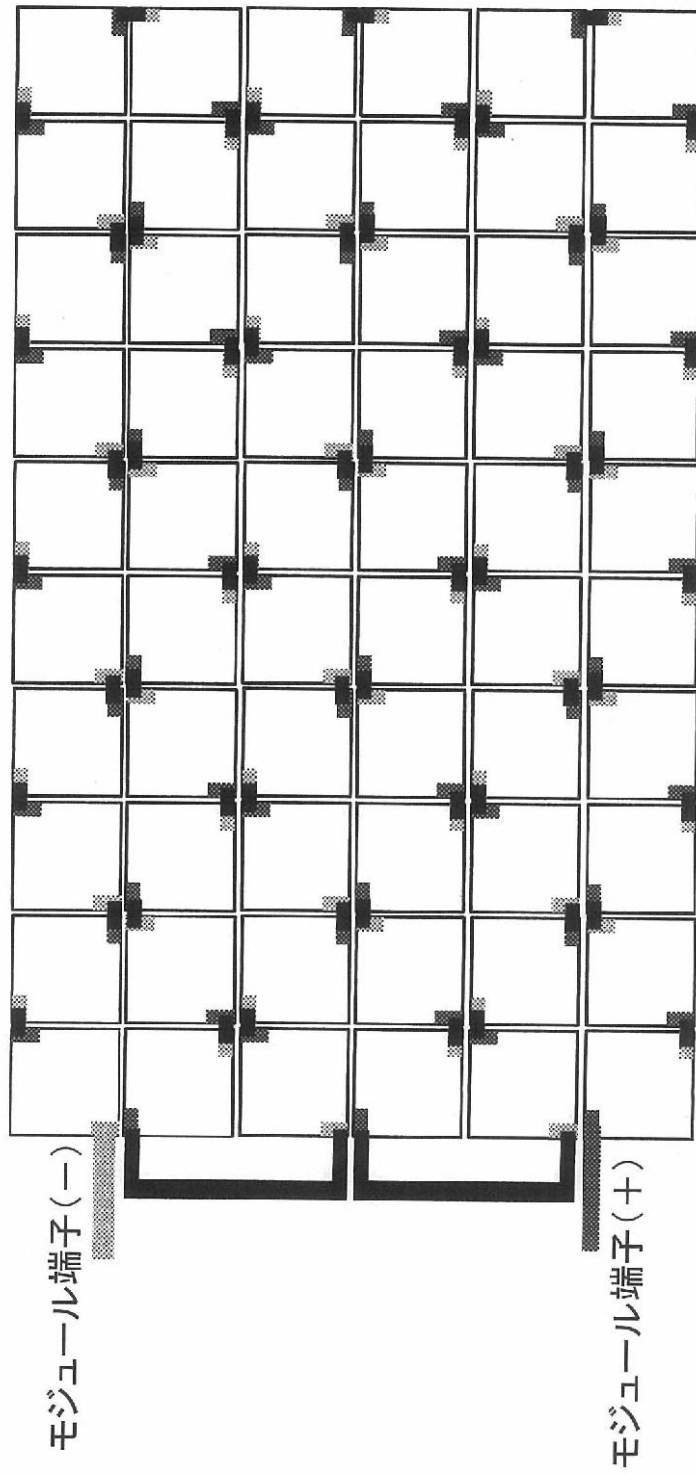
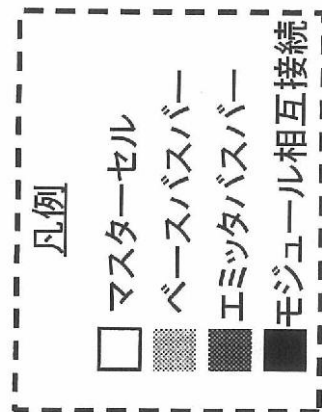


Fig. 24

【図 25】

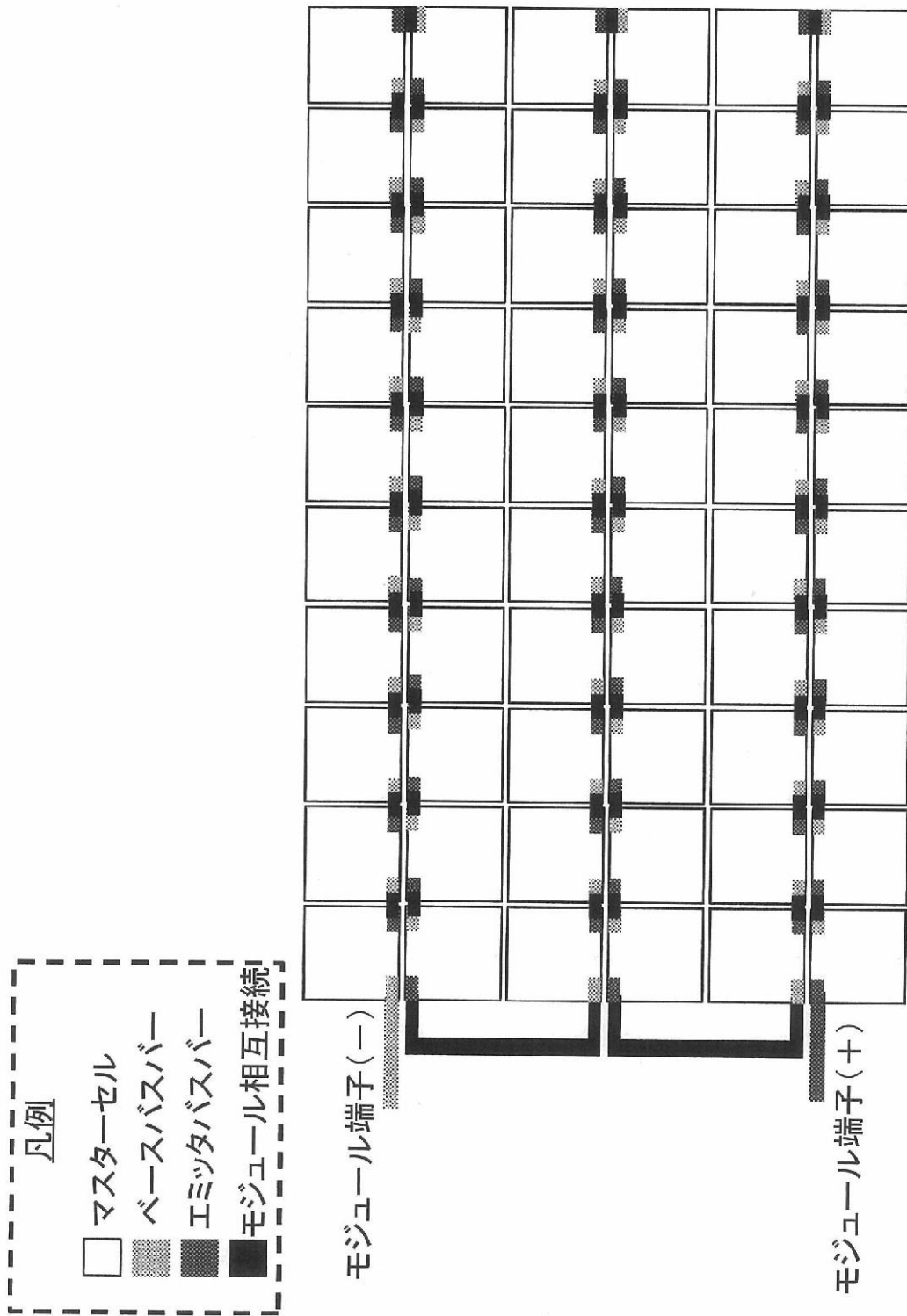


Fig. 25

【図 26】

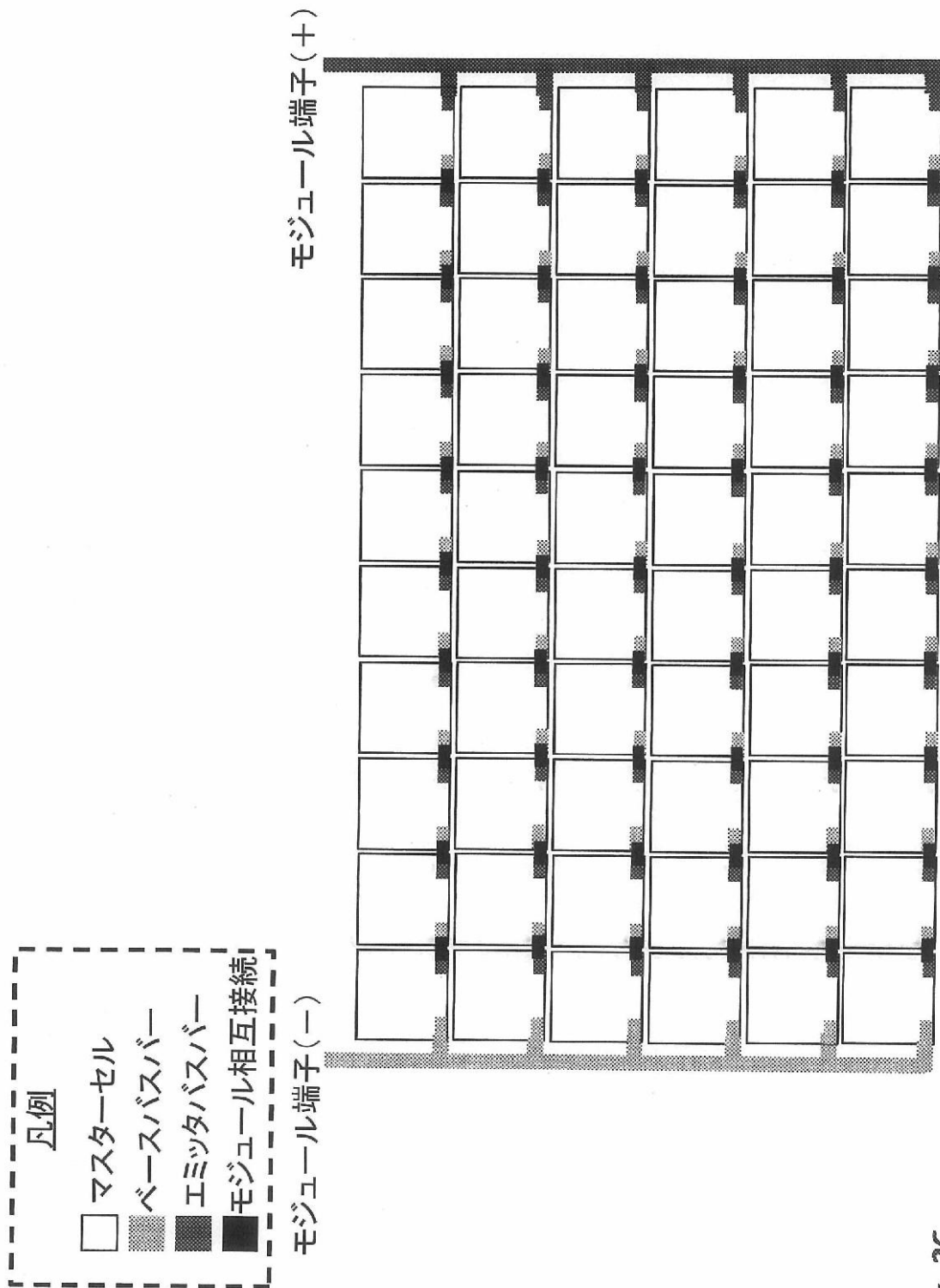


Fig. 26

【図 27】

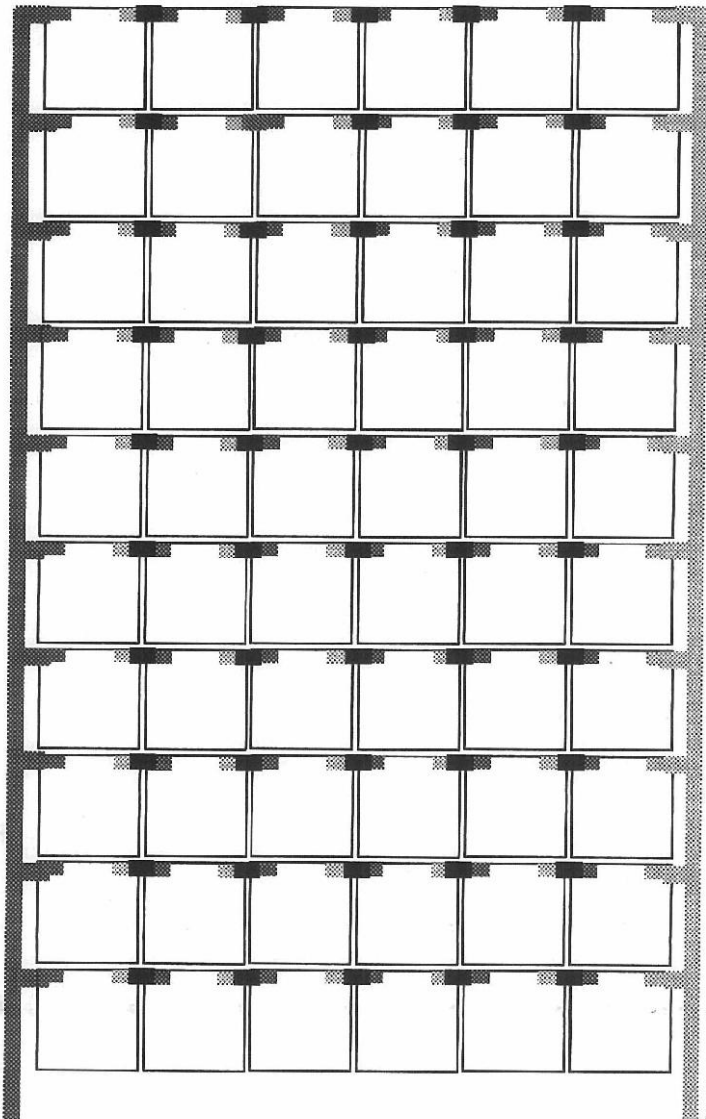
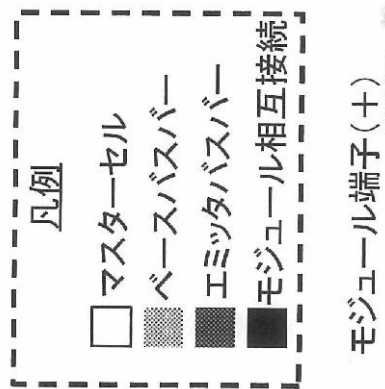
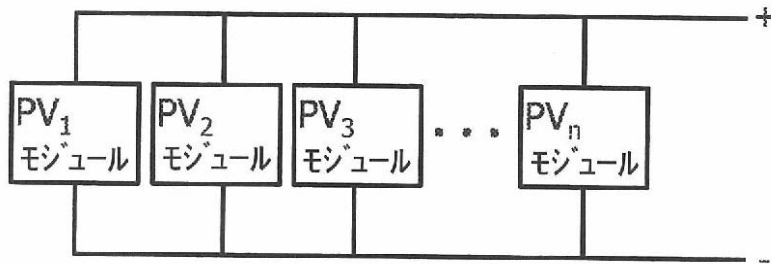
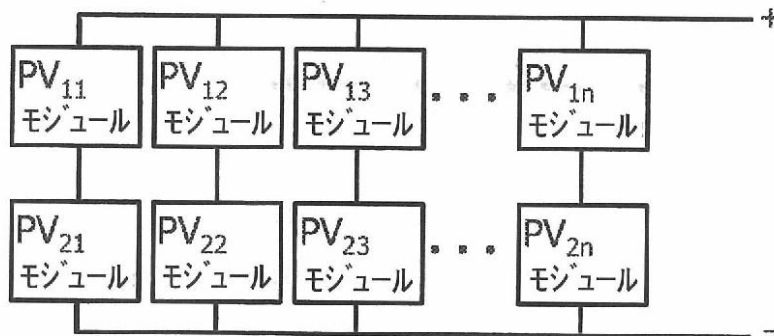


Fig. 27 モジュール端子(-)

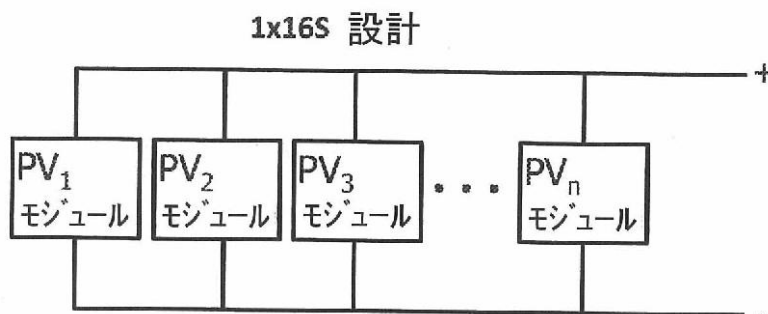
【図 28A】

*Fig. 28A*

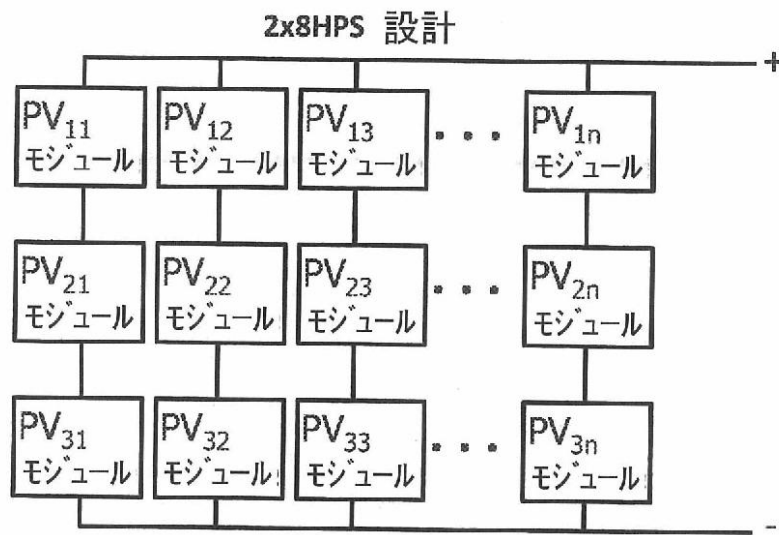
【図 28B】

*Fig. 28B*



【図 29A】

*Fig. 29A*

【図 29B】

*Fig. 29B*

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2013/068599
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H01L 31/042(2006.01)i, H01L 31/18(2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01L 31/042; H01L 21/677; H01L 31/0236; H01L 31/18; H01L 21/683; H01L 31/00; H01L 21/00		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models Japanese utility models and applications for utility models		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eKOMPASS(KIPO internal) & keywords: solar cell, backplane, bypass switch, isolation pattern, patterned metal layer		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2009-0114276 A1 (WEI SHAN et al.) 07 May 2009 See paragraphs [0025]-[0033]; and figure 4.	1-40, 48, 49, 55, 56 , 67-76, 84, 90, 91, 93 , 99, 100-107 41-47, 50-54, 57-66 , 77-83, 85-89, 92 , 94-98
A		
Y	WO 2011-082371 A2 (SOLEXEL, INC.) 07 July 2011 See paragraphs [0026]-[0058]; and figures 2A-8A.	1-107
Y	US 8158450 B1 (JAMES R. SHEATS et al.) 17 April 2012 See column 13, line 6 - column 16, line 58; and figures 2B, 3.	30, 31, 38, 39, 41-106
A	US 2011-0059571 A1 (DENIS DE CEUSTER et al.) 10 March 2011 See paragraphs [0031]-[0077]; and figures 1-26.	1-107
A	US 2011-0303280 A1 (BARTLOMIEJ JAN PAWLAK et al.) 15 December 2011 See paragraphs [0031]-[0052]; and figures 1-8.	1-107
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 22 August 2014 (22.08.2014)		Date of mailing of the international search report 22 August 2014 (22.08.2014)
Name and mailing address of the ISA/KR  International Application Division Korean Intellectual Property Office 189 Cheongsu-ro, Seo-gu, Daejeon Metropolitan City, 302-701, Republic of Korea Facsimile No. +82-42-472-7140		Authorized officer KIM, Do Weon Telephone No. +82-42-481-5560 

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/US2013/068599

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2009-0114276 A1	07/05/2009	US 8115096 B2 WO 2008-157577 A2 WO 2008-157577 A3	14/02/2012 24/12/2008 05/03/2009
WO 2011-082371 A2	07/07/2011	CN 102782827 A EP 2519967 A2 EP 2519967 A4 US 2013-0141833 A1 WO 2011-082371 A3	14/11/2012 07/11/2012 22/05/2013 06/06/2013 17/11/2011
US 8158450 B1	17/04/2012	US 2012-291856 A1	22/11/2012
US 2011-0059571 A1	10/03/2011	AU 2009-257973 A1 AU 2009-257974 A1 CN 102057497 A CN 102057497 B CN 103325861 A CN 202307920 U CN 202930394 U EP 2297788 A1 EP 2297788 A4 EP 2297789 A1 EP 2297789 A4 JP 05524194 B2 JP 2011-523230 A JP 2011-523231 A KR 10-2011-0025826 A KR 10-2011-0030561 A US 2009-0308438 A1 US 2009-0308457 A1 US 2011-0003423 A1 US 2013-237007 A1 US 2013-240029 A1 US 7812250 B2 US 7851698 B2 US 8450134 B2 US 8460963 B2 US 8673673 B2 WO 2009-151808 A1 WO 2009-151809 A1	17/12/2009 17/12/2009 11/05/2011 12/06/2013 25/09/2013 04/07/2012 08/05/2013 23/03/2011 02/07/2014 23/03/2011 02/07/2014 18/06/2014 04/08/2011 04/08/2011 11/03/2011 23/03/2011 17/12/2009 17/12/2009 06/01/2011 12/09/2013 19/09/2013 12/10/2010 14/12/2010 28/05/2013 11/06/2013 18/03/2014 17/12/2009 17/12/2009
US 2011-0303280 A1	15/12/2011	EP 2395554 A2 JP 2012-004565 A TW 201203594 A	14/12/2011 05/01/2012 16/01/2012

フロントページの続き

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

(74)代理人 100109335

弁理士 上杉 浩

(74)代理人 100120525

弁理士 近藤 直樹

(72)発明者 モスレヒ メールダッド エム

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94024 ロス アルトス スタンレー アベニュー 956

Fターム(参考) 5F151 AA02 AA03 CB03 CB06 CB13 CB14 CB15 CB21 DA03 DA10

EA06 EA11 EA15 EA16 FA06 FA15 GA04 GA15 HA03