

(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2011-517118

(P2011-517118A)

(43) 公表日 平成23年5月26日(2011.5.26)

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

審査請求 有 予備審査請求 有 (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2011-504160 (P2011-504160)  
 (86) (22) 出願日 平成21年4月8日 (2009.4.8)  
 (85) 翻訳文提出日 平成22年12月6日 (2010.12.6)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2009/039965  
 (87) 国際公開番号 W02009/126745  
 (87) 国際公開日 平成21年10月15日 (2009.10.15)  
 (31) 優先権主張番号 61/044, 443  
 (32) 優先日 平成20年4月11日 (2008.4.11)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 508095337  
 クォルコム・メムズ・テクノロジーズ・インコーポレーテッド  
 アメリカ合衆国・カリフォルニア・92121・サン・ディエゴ・モアハウス・ドライブ・5775  
 (74) 代理人 100108453  
 弁理士 村山 靖彦  
 (74) 代理人 100064908  
 弁理士 志賀 正武  
 (74) 代理人 100089037  
 弁理士 渡邊 隆  
 (74) 代理人 100110364  
 弁理士 実広 信哉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 PVの美観および効率を改善する方法

(57) 【要約】

本明細書に開示される様々な実施形態は、効率の改善した光起電力デバイスを備える。光起電力デバイスは、光起電力材料(203)、反射性導体(602)、内部全反射面(606)および微細構造(601)を備える。微細構造(601)は、反射光のうちいくらかが臨界角より大きな角度で内部全反射面(606)上へ入射するように光を反射する。いくつかの実施形態では、光起電力デバイスは、光起電力材料(203)、反射性導体(602)、および導体(602)の前方にあり、導体(602)の方へ向かう光線の方向を変えて、方向変更された光が光起電力材料(203)上へ入射するように構成された面(701)を有する。様々な実施形態は、効率が改善した光起電力デバイスを製造する方法を含む。他の実施形態も説明される。

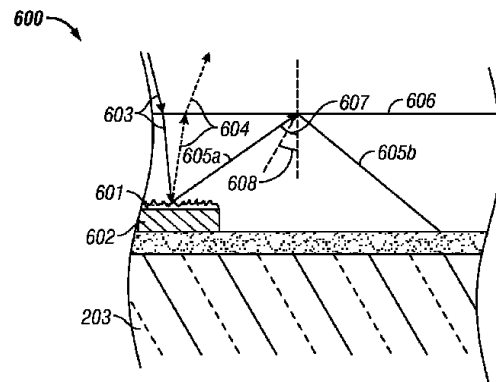


FIG. 6

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

光が入射する前面および前記前面の反対側の後面を有する光起電力デバイスであって、  
光起電力材料と、  
前記光起電力材料と電気接触し、入射光を反射する導体と、  
前記導体および前記光起電力材料の前方に配置された内部全反射面と、  
前記内部全反射面の後方に配置され、少なくともいくつかの反射光が、前記内部全反射面の臨界角より大きな角度で前記内部全反射面上に入射するように光を反射するように構成された微細構造とを備える光起電力デバイス。

## 【請求項 2】

前記微細構造が、1つまたは複数の拡散体の拡散フィーチャを備える請求項1に記載の光起電力デバイス。

## 【請求項 3】

前記拡散体が、90°より大きな範囲の角度にわたって光を散乱する請求項2に記載の光起電力デバイス。

## 【請求項 4】

前記1つまたは複数の拡散体が、スプレー式拡散体および/または拡散性白色ペイントを備える請求項2に記載の光起電力デバイス。

## 【請求項 5】

前記微細構造が、1つまたは複数のホログラムの回折フィーチャを備える請求項1に記載の光起電力デバイス。

## 【請求項 6】

前記微細構造が、回折光学要素の1つまたは複数の回折フィーチャを備える請求項1に記載の光起電力デバイス。

## 【請求項 7】

前記微細構造の前方および前記内部全反射面の後方に配置されたホログラムまたは拡散体をさらに備える請求項1に記載の光起電力デバイス。

## 【請求項 8】

前記微細構造が前記導体の面を備える請求項1に記載の光起電力デバイス。

## 【請求項 9】

導体アパチャの回復が、約30%から65%の間にある請求項1に記載の光起電力デバイス。

## 【請求項 10】

前記光起電力デバイスの効率が、前記微細構造のない光起電力デバイスの効率より6%以上高い請求項1に記載の光起電力デバイス。

## 【請求項 11】

光が入射する前面および前記前面の反対側の後面を有する光起電力デバイスであって、  
入射光から発電する手段と、  
前記発電手段と電気接触し、入射光を反射する導電手段と、  
前記導電手段および前記発電手段の前方に配置され、光を内部全反射する手段と、  
前記内部全反射手段の後方にあり、少なくともいくつかの反射光が、前記内部全反射手段の臨界角より大きな角度で前記内部全反射手段上に入射するように光を反射するように構成された光反射手段とを備える光起電力デバイス。

## 【請求項 12】

前記発電手段が光起電力材料を備え、  
前記導電手段が導体を備え、  
前記内部全反射手段が内部全反射面または微細構造を備える請求項11に記載の光起電力デバイス。

## 【請求項 13】

光が入射する前面および前記前面の反対側の後面を有する光起電力デバイスであって、  
光起電力材料と、

10

20

30

40

50

前記光起電力材料の前方にあり、前記光起電力材料と電気接触する導体と、  
前記導体の前方にあり、前記導体へ向かう入射光線の方向を変え、方向変更された光を  
前記光起電力材料上へ入射させるように構成された面とを備える光起電力デバイス。

【請求項 1 4】

前記面が、ホログラムおよび拡散体から成る群から選択された要素を備える請求項13に  
記載の光起電力デバイス。

【請求項 1 5】

導体アパチャの回復が、約30%から65%の間にある請求項13に記載の光起電力デバイス。

【請求項 1 6】

前記光起電力デバイスの効率が、前記面のない光起電力デバイスの効率より6%以上高い  
請求項13に記載の光起電力デバイス。

10

【請求項 1 7】

光が入射する前面および前記前面の反対側の後面を有する光起電力デバイスであって、  
入射光から発電する手段と、

前記発電手段の前方にあり、前記発電手段と電気接触する導電手段と、

前記導電手段の前方にあり、前記導電手段へ向かう入射光線の方向を変えて、方向変更  
された光を前記発電手段上へ入射させるように構成された光の方向変更手段とを備える光  
起電力デバイス。

【請求項 1 8】

前記発電手段が光起電力材料を備え、

前記導電手段が導体を備える、あるいは

前記方向変更手段が面を備える請求項17に記載の光起電力デバイス。

20

【請求項 1 9】

光起電力材料と電気接触するように、前記光起電力材料に対して配置され、入射光を反  
射する導体を設けるステップと、

前記導体および前記光起電力材料の前方に内部全反射面を配置するステップと、

少なくともいくらかの反射光が、前記内部全反射面の臨界角より大きな角度で前記内部  
全反射面上に入射するように光を反射するように構成された微細構造を前記内部全反射面  
の後方に配置するステップとを含む光起電力デバイス製造方法。

【請求項 2 0】

前記導体が、光起電力セル上に電極を備える請求項19に記載の方法。

30

【請求項 2 1】

前記導体が、アレイ内の複数の光起電力セルを接続するタブを備える請求項19に記載の  
方法。

【請求項 2 2】

前記微細構造を配置するステップが、前記導体の面上に前記微細構造を形成するステッ  
プを含む請求項19に記載の方法。

【請求項 2 3】

前記導体の面上に前記微細構造を形成するステップが、マイクロエンボス加工、マイク  
ロエッチング、反射性導体のプラズマエッチング、およびホログラフィから成る群から選  
択されたプロセスを含む請求項22に記載の方法。

40

【請求項 2 4】

前記微細構造を配置するステップが、前記導体の前面へ粒子を埋め込むステップを含む  
請求項19に記載の方法。

【請求項 2 5】

前記微細構造を配置するステップが、前記導体の前面へ拡散体フィルムを形成するステ  
ップを含む請求項19に記載の方法。

【請求項 2 6】

前記導体と前記微細構造との間に層を配置するステップをさらに含む請求項19に記載の  
方法。

50

## 【請求項 27】

前記微細構造を配置するステップが、前記層の上に散乱フィルムを配置するステップと、前記導体の上に前記散乱フィルムを整列させるステップとを含む請求項26に記載の方法。

## 【請求項 28】

光起電力材料と電気接触するように、前記光起電力材料に対して配置され、入射光を反射する導体を設けるステップと、

前記導体へ向かう入射光線の方向を変えて、方向変更された光を前記光起電力材料上へ入射させるように構成された面を前記導体の前方に配置するステップとを含む光起電力デバイス製造方法。

10

## 【請求項 29】

前記面が、ホログラムおよび拡散体から成る群から選択された要素を備える請求項28に記載の方法。

## 【請求項 30】

前記面がテープを備える請求項28に記載の方法。

## 【請求項 31】

前記面を、前記導体のパターンと整列するようにパターンニングするステップをさらに含む請求項28に記載の方法。

## 【請求項 32】

前記光起電力デバイスの効率が、前記面のない光起電力デバイスの効率より6%以上高い請求項28に記載の方法。

20

## 【請求項 33】

光が入射する前面および前記前面の反対側の後面を有する光起電力アレイであって、2つの離隔された光起電力材料の部片の間にある間隙と、

前記間隙の前方にあり、前記間隙へ向かう入射光線の方向を変えて、方向変更された光を前記光起電力材料上へ入射させるように構成された面とを備える光起電力アレイ。

## 【請求項 34】

前記光が、続いて前記光起電力材料の方へ内部全反射するように、前記面が光を反射する請求項33に記載のアレイ。

## 【請求項 35】

前記面が、透過光を前記光起電力材料の方へ偏向する請求項33に記載のデバイス。

30

## 【請求項 36】

光が入射する前面および前記前面の反対側の後面を有する光起電力デバイスであって、2つの離隔された発電手段の間隙と、

前記間隙の前方にあり、前記間隙へ向かう入射光線の方向を変えて、方向変更された光を前記発電手段上に入射させるように構成された光の方向変更手段とを備える光起電力デバイス。

## 【請求項 37】

前記発電手段が光起電力材料を備え、

前記方向変更手段が反射要素または屈折要素を備える請求項36に記載の光起電力デバイス。

40

## 【請求項 38】

離隔された光起電力材料の部片の間隙へ向かう入射光線の方向を変えて、方向変更された光を前記光起電力材料上に入射させるように構成された面を前記間隙の前方に配置するステップを含む光起電力デバイス製造方法。

## 【請求項 39】

前記面が反射性または屈折性の要素を備える請求項38に記載の方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

50

## 関連出願の相互参照

本出願は、その開示の全体が参照によって本明細書に明白に組み込まれている、2008年4月11日に提出した「METHOD TO IMPROVE PV AESTHETICS AND EFFICIENCY」という名称の特許文献1(整理番号QCO.253PR)の優先権を米国特許法119条(e)に基づいて主張するものである。

### 【0002】

本開示の分野は、一般にPVデバイスに関し、普通なら光起電力を生成しないはずの光を回収することにより、例えば光起電力デバイスおよび太陽電池の効率を改善する。

### 【背景技術】

### 【0003】

米国では、1世紀以上にわたって、石炭、石油、および天然ガスなどの化石燃料が、主要なエネルギー源を供給している。代替エネルギー源に対する必要性が増大している。化石燃料は、急速に消耗している、エネルギーの再生不可能な資源である。インドおよび中国などの開発途上国の大規模な工業化が、利用可能な化石燃料に対してかなりの負担をかけている。また、地政学的問題が、そのような燃料の供給に直ちに影響を及ぼす恐れがある。地球温暖化も近年の関心事である。地球温暖化にはいくつもの要因が寄与していると考えられるが、化石燃料の広範な使用が地球温暖化の主要因であると推定される。したがって、再生可能で経済的に実現可能なうえに環境上も安全なエネルギー源を見いだすことの差し迫った必要性がある。太陽エネルギーは、熱および電気など他の形態のエネルギーに変換することができる、環境上安全で再生可能なエネルギー源である。

### 【先行技術文献】

### 【特許文献】

### 【0004】

【特許文献1】米国仮出願第61/044,443号

### 【発明の概要】

### 【発明が解決しようとする課題】

### 【0005】

光起電力デバイスには、炭化水素燃料に対する依存を低減する可能性があるが、光起電力デバイスの広範な使用は、能力不足および美観の問題によって妨げられてきた。したがって、これらの態様のどちらかを改善すれば光起電力デバイスの使用を増加させることができる。

### 【課題を解決するための手段】

### 【0006】

様々な実施形態が、効率が改善した光起電力デバイスまたは光起電力アレイを備える。いくつかの実施形態では、光起電力デバイスは、光が入射する前面および前面の反対側の後面を有する。光起電力デバイスは、光起電力材料と、光起電力材料と電気接触していくらかの入射光を反射する導体と、導体および光起電力材料の前方に配置された内部全反射面と、内部全反射面の後方の微細構造とを備える。微細構造は、少なくともいくらかの反射光が、内部全反射面の臨界角より大きな角度で内部全反射面上に入射するように光を反射するように構成される。

### 【0007】

他の実施形態では、光起電力デバイスは、光が入射する前面および前面の反対側の後面を有する。光起電力デバイスは、入射光から電気を発生する手段、導電手段、内部全反射手段、および反射手段を備える。導電手段は、発電手段と電気接触し、かつ入射光を反射する。内部全反射手段は、導電手段および発電手段の前方に配置される。反射手段は、内部全反射手段の後方にあり、少なくともいくらかの反射光が、内部全反射手段の臨界角より大きな角度で内部全反射手段上に入射するように光を反射するように構成される。

### 【0008】

他の実施形態では、光起電力デバイスは、光が入射する前面および前面の反対側の後面を有する。光起電力デバイスは、光起電力材料と、光起電力材料の前方にあり、光起電力

10

20

30

40

50

材料と電気接触する導体と、導体へ向かう光線の方向を変えて、方向変更された光を光起電力材料上へ入射させるように構成された、導体前方の面とを備える。

【0009】

他の実施形態では、光起電力デバイスは、光が入射する前面および前面の反対側の後面を有する。光起電力デバイスは、入射光から発電する手段、導電手段、および方向変更手段を備える。導電手段は、発電手段の前方にあり、これと電気接触する。方向変更手段は、導電手段の前方にあり、導電手段へ向かう入射光線の方向を変えて、方向変更された光を発電手段上へ入射させるように構成される。

【0010】

他の実施形態では、光起電力デバイスを製造する方法は、光起電力材料と電気接触するように、光起電力材料に対して配置される導体を設けるステップと、導体および光起電力材料の前方に内部全反射面を配置するステップと、内部全反射面の後方に微細構造を配置するステップとを含む。導体は光を反射する。内部全反射面の後方に配置された微細構造は、少なくとももいくらかの反射光が、内部全反射面の臨界角より大きな角度で内部全反射面上に入射するように光を反射するように構成される。

10

【0011】

他の実施形態では、光起電力デバイスを製造する方法は、光起電力材料と電気接触するように、光起電力材料に対して配置される導体を設けるステップと、導体の前方に面を配置するステップとを含む。導体は光を反射する。この面は、導体へ向かう入射光線の方向を変えて、方向変更された光を光起電力材料上へ入射させるように構成される。

20

【0012】

他の実施形態では、光起電力デバイスは、光が入射する前面および前面の反対側の後面を有する。光起電力デバイスは、間隙と、間隙前方の面とを備える。間隙は、2つの離隔された光起電力材料の部片の間にある。間隙前方の面は、間隙へ向かう入射光線の方向を変えて、あるいは入射光線を偏向させて光起電力材料上に光を入射させるように構成される。この面は、反射、屈折、回折、または他のやり方で方向を変えることができる。

【0013】

他の実施形態では、光起電力デバイスは、光が入射する前面および前面の反対側の後面を有する。光起電力デバイスは、間隙と、光の方向を変える手段とを備える。間隙は2つの発電手段の間にある。方向変更手段は、間隙の前方にあり、間隙へ向かう入射光線の方向を変えて、方向変更された光を発電手段上へ入射させるように構成される。

30

【0014】

他の実施形態では、光起電力デバイスの製造方法は、離隔された光起電力材料の部片の間隙の前方へ面を配置するステップを含む。離隔された部片はアレイを備えることができる。この面は、間隙へ向かう入射光線の方向を変えて、方向変更された光を光起電力材料上へ入射させるように構成される。この面は、反射、屈折、回折、または他のやり方で方向を変える、または偏向することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】前面に可視の反射性電極を有する一実施例の太陽光発電デバイスを示す概略平面図である。

40

【図2】前面に可視の反射性電極を有する一実施例の太陽光発電デバイスを示す等角断面図である。

【図3】タブまたはリボンで結合された2つの光起電力セルの概略図である。

【図4】光起電力セルのアレイの概略平面図である。

【図5】薄膜光起電力モジュールの概略平面図である。

【図6】光の大部分を光起電力活性材料の前方または前の内部全反射面から内部全反射するように構成された微細構造を導体上に有する光起電力デバイスの一実施形態の概略断面図である。

【図7】光線の方向を変えてその大部分を光起電力材料上へ入射させるように構成された

50

面を導体の前方に有する光起電力デバイスの一実施形態の概略断面図である。

【図 8】モジュール内部の光起電力セルのアレイ内の光起電力セルの導体上または導体の前方に形成された拡散体を有する光起電力デバイスの一実施形態の概略断面図である。

【図 9】微細構造から反射されたいくらかの光が、次いで光起電力材料の方へ方向を変えられるように、微細構造の前方および内部全反射面の後方に散乱面または散乱要素を有する光起電力デバイスの一実施形態の概略断面図である。

【図 10】光起電力セルのアレイ内の光起電力セル間の間隙の前方に形成された拡散体を有する光起電力モジュールの一実施形態の概略断面図である。

【図 11】効率の改善した光起電力モジュールを製造するプロセスの流れ図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

一般的な光起電力デバイスは、光エネルギーを電気エネルギーまたは電流に変換することができる。光起電力デバイスは、小さなカーボンフットプリントを有する、環境に対する影響が小さい再生可能なエネルギー源の一実施例である。光起電力デバイスを使用すると、エネルギー発生コストを低減し、可能なコスト利益をもたらすことができる。光起電力デバイスは、多くの異なるサイズおよび形状を有することができ、例えば、郵便切手より小さいものから、数インチにわたるサイズまでである。いくつかの光起電力デバイスは、数フィートの長さおよび数フィートの幅までの光起電力モジュールを形成するために、しばしば互いに接続することができる。モジュールは、同様に、様々なサイズおよび電力出力の光起電力アレイを形成するように、組み合わせて接続することができる。

【0017】

特定の状況に適用されるアレイの大きさは、特定の場所で利用可能な日光の量および消費者の要求など、いくつかの要因に応じて調整することができる。アレイのモジュールは、電氣的接続、取付け金具、電力調整機器、および日差しがないときを使用するために太陽エネルギーを蓄える電池を含むことができる。光起電力デバイスは、付随する電氣的接続および周辺装置を有する単一セル、または光起電力モジュールもしくは光起電力アレイであり得る。光起電力デバイスは、例えば光起電力デバイスによって電力供給される構成要素のように機能的には無関係な電気部品を含むことができる。

【0018】

結晶シリコンウェーハに基づく(より少ない程度で非晶質薄膜太陽電池に基づく)現行の太陽電池は、導線網を利用し、この導線網は太陽電池の前面上で物理的に配置され、光電流を生成する基板材料へ電氣的に接続される。導体は、(薄膜光起電力デバイスを含む)光起電力デバイスの光起電力材料の上に形成された電極、あるいはモジュールおよび/またはアレイ内で個々のデバイスを互いに接続するタブ(リボン)でよい。光起電力活性材料に入る光子は、材料の全体にわたって(上に重なる導体の下で陰になった領域を除いて)キャリアを生成する。マイナスに帯電したキャリア(電子)およびプラスに帯電したキャリア(正孔)が、基板の中の不完全性によって捕えられるまで、または再結合して非帯電の中性状態に戻るまでに、光起電力活性材料を通して移動することができる距離は、限定されたものでしかない。したがって、光生成電流が光起電力デバイスの端でしか収集されなければ、電流はほとんど収集されないことになる。上に重なる網状の導電性担体が、光起電力デバイスの面の実質的に全体にわたって電流を収集することにより、この問題が解決する。ほとんどのキャリアは、光起電力デバイスの面の全体にわたって比較的細い線によって比較的近い間隔で収集されることになり、これらの細い線からの合成電流が、少数のまばらに離隔されたより幅の広いバスラインを通して光起電力デバイスの縁端部へ流れる。

【0019】

残念ながら、導電性線路のサイズと生成することができる光電流の量との間に本質的なトレードオフが存在する。線がより細くなると、抵抗損が増加して光起電力デバイスの出力電圧が低下する。線がより太くなると、より多くのデバイス表面領域が覆われてより多くの入射光が光起電力デバイスから反射され、生成されるキャリアの合計数が減少して電流出力が低下する。最終的な構成は、最適化によって決定することができ、結果として得

10

20

30

40

50

られる光電流の割合は、上に重なる導体アレイによって失われる。

【0020】

導体による面損失の比較的小さな割合は重要でないように思われるかもしれないが、この損失は、太陽電池の状況では少なくとも2つの理由で重要になる。第1に、太陽電池のビジネスモデルは、長期間にわたる太陽電池コストの償却に依拠するものである。電池効率の比較的小さな向上が、償却期間に大きな効果をもたらすことができる。第2に、太陽電池の生産ラインは非常に高価であり、大きな性能向上には非常に高くつく改良が必要となる。現行の工場で実施することができる小さな(導電性リードに伴う損失程度の)改善は、高く評価される。したがって、導体による反射損/吸収損を解消または低減することは、太陽電池の性能の重要な改善であり得る。反射の低減は、光起電力デバイス、光起電力セル、および光起電力モジュールの美観を改善することもできる。

10

【0021】

光起電力(PV)デバイスの広範な採用および光エネルギーを電気エネルギーへ変換するために建築の面上にそれらのデバイスを配置することを妨げている問題の1つに、光起電力デバイス上の前面の導体または電極の望ましくない美的外観がある。一般的な前面電極材料の高い反射率が、稼働中の光起電力材料自体のより暗い外観と対照をなし、さらに光起電力デバイスを周囲の材料と調和させるのに妨げとなる。光起電力デバイスの20%以上が反射性の電極で覆われることがあるので、前面の電極または導体からの反射によって太陽電池を含む光起電力デバイスの効率も低下する。例えば、いくつかの例では、導体は、光起電力デバイスの表面領域(前方の光が入射する面)の10%から20%の間でいかなる場所も構成することがある。本明細書で説明される実施形態は、拡散体、ホログラム、ならびに本明細書で開示されたような様々なやり方で光の方向を変えるために様々な面上またはボリュームの中に形成された微細構造を含む回折光学要素(diffractive optical element)などの光学要素を利用する。そのような光学要素は、モジュールを形成するためにいくつかの光起電セルを接続するのに使用されるグリッド線またはバス電極またはタブまたはリボンなどの反射鏡のような導体によってともすれば反射されてしまうことになる光起電力デバイス上に入射する光を取り込むことにより、光起電力デバイスの効率を改善することができる。様々な説明された実施形態は、光起電力デバイスによる光の取込みを増加させることができ、反射鏡のような導体から反射される光が低減するので、それによって効率および美観が向上する。

20

30

【0022】

本明細書で特定の好ましい実施形態および実施例が論じられているが、この本発明の主題は、具体的に開示された実施形態を越えて、他の代替実施形態および/または発明の用途ならびにその明白な変更形態および均等物へ拡大することが理解される。本明細書で開示される本発明の範囲は、特定の開示された実施形態によって限定されるべきでないことが意図されている。したがって、例えば、本明細書で開示されるあらゆる方法またはプロセスにおいて、方法/プロセスを構成する行為または操作は、任意の適切な順序で実行されてよく、いかなる特定の開示された順序にも限定する必要がない。実施形態の様々な態様および利点が、必要に応じて説明されている。そのような態様または利点は、任意の特定の実施形態において、必ずしもすべてが実現されるものではないことを理解されたい。したがって、例えば、本明細書で教示される1つの利点または利点の群を、本明細書で教示または提案された他の態様または利点を必ずしも実現することなく実現または最適化するやり方で、様々な実施形態が実行され得ることを理解されたい。以下の詳細な説明は、本発明の特定の具体的実施形態を対象とするものである。しかし、本発明は、多数の様々なやり方で具現することができる。本明細書で説明される実施形態は、光帯域の光子のエネルギーを収集して電気へ変換するための光起電力デバイスを含む広範囲のデバイスで実施することができる。

40

【0023】

この説明では図が参照され、すべての図にわたって同じ部品は同じ数字で示されている。以下の説明から明らかなように、これらの実施形態は、光起電力活性材料を含む様々な

50



デバイスで実施することができる。

【0024】

図1および図2は、前面に可視の反射性電極を有する一実施例の光起電力デバイスを示す概略平面図および等角断面図である。図1および図2に示されるように、多くの光起電力デバイス100が、鏡のように反射性の導体101、102、103を光起電力デバイスの前面201(光が入射する面)ならびに裏面に使用する。光が入射する面すなわち前面201上の導体は、より大きなバス電極101および/またはより小さなグリッド線電極102を含むことができる。バス電極101は、リボン301またはタブをはんだ付けまたは電氣的に接続するためのより大きなパッド103も含むことができる。リボン301は、(図3および図4に示されるように)アレイまたはモジュールを形成するために複数の光起電力デバイスまたはセルを互いに電氣的に接続するのに使用することができる。光起電力活性材料203の前面が照光されると、活性領域で光子が電子にエネルギーを伝達する。光子によって伝達されたエネルギーが半導体材料のバンドギャップより大きいと、電子は伝導帯へ入るのに十分なエネルギーを有することができる。結果として電子が伝導帯に入り、電子の代わりに「正孔」が残される。pn接合構造で内部電界が生成される。内部電界は、エネルギーを与えられた電子(および正孔)に対してこれらの電子(および正孔)を移動させるように作用し、それによって外部回路に電流の流れをもたらす。結果として生じる電流の流れは、様々な電気デバイスに電力を供給するのに用いることができ、あるいはグリッドにわたって分配するための発電に用いることができる。これらの電子および正孔は、図2に示されるように、前面電極(例えばバス電極101またはグリッド線電極102)または後面電極202の一方または他方へ移動することにより、電流を生成することができる。電極101、102は、電子または正孔が電極に到達するのに移動する距離を縮小し、同時に十分な光が光起電力活性層へ通過することも可能にするようにパターンニングされる。しかし、前面電極101、102は光を反射することができ、したがって反射される光は光電流または光電圧を生成するのに用いられず、それによって光起電力デバイスの効率が低下する。同様に、前面の導体によって、美しくないと思われることが多い明るい反射ラインが生じ、目に見える場所ではしばしば光起電力デバイスが利用されないほどである。

10

20

【0025】

図2に示されるように、光起電力デバイスは、前面電極101、102と後面電極202との間に配置された光起電力活性領域または光起電力活性材料203を含むことができる。いくつかの実施形態では、光起電力デバイス100は、層のスタックが形成された基板を備える。光起電力デバイス100の光起電力活性材料203は、シリコンなどの半導体材料を含むことができる。いくつかの実施形態では、光起電力活性材料203は、図2に示されるようにn形半導体材料204とp型半導体材料205とを接触させることによって形成されたpn接合を含むことができる。そのようなpn接合は、ダイオードに似た特性を有することができ、したがってフォトダイオード構造とも称され得る。

30

【0026】

光起電力活性層(n形半導体材料204およびp型半導体材料205を備えるものとして示されている)は、前面電極101、102と後面電極202との間に挟まれている。図2は前面電極101、102への電子の流れ、および後面電極202への「正孔」の流れを示しているが、pn接合を反対にすることができ、その結果、電子および正孔の流れも逆転することが理解される。材料が、n形半導体なのかp型半導体なのかということは、使用される材料およびそれらの材料の特性によって決まることも理解される。前面電極101、102および後面電極202は、アルミニウム、銀、またはモリブデンあるいは他の何らかの導電材料から形成することができる。前面電極101、102は、接触抵抗を下げ、収集効率を向上するように、pn接合の前面の重要な部分をまかなうように設計される。前面電極101、102が不透明材料から形成される実施形態では、前面電極101、102は、光起電力活性材料203に照明が当たるのを可能にするように、光起電力活性材料203の前部の上に開口を残すように構成される。いくつかの実施形態では、前面電極101、102は、例えば酸化スズ(SnO<sub>2</sub>)またはインジウムスズ酸化物(ITO)などの透明な導電性酸化物(TCO)である透明な導電体を含むことができる。TCOは

40

50

、電気接触および優れた導電性をもたらす、同時に入射光に対して比較的透明である。TCOが決して完全な透過性ではないことが理解され、ちょうど反射性電極の場合に導電率に対する変換面積のトレードオフが実行されることになるように、TCOについては導電率に対する透過率の設計最適化を実行する必要がある。いくつかの実施形態では、光起電力デバイス100は、前面電極101、102の上に配置された反射防止(AR)コーティングの層を備えることができる。ARコーティングの層は、光起電力デバイスの前面から反射される光量を低減することができる。

#### 【0027】

いくつかの実施形態では、図2に示されるpn接合は、p型半導体とn形半導体との間に真性またはドーパされていない半導体の層が挟まれているp-i-n接合で置換することができる。p-i-n接合は、pn接合より高い効率を有することができる。いくつかの他の実施形態では、光起電力デバイスは複数の接合を備えることができる。

10

#### 【0028】

光起電力活性層は、結晶シリコン(c-シリコン)、非晶質シリコン(a-シリコン)、テルル化カドミウム(CdTe)、銅インジウムジセレニド(CIS)、銅インジウムガリウムジセレニド(CIGS)、光吸収性の染料およびポリマー、光吸収性ナノ粒子を散布したポリマー、GaAsなどIII~V族の半導体など、様々な光吸収性の光起電力活性材料の任意のものから形成され得る。他の材料を用いることもできる。光子を吸収して電氣的担体(正孔および電子)にエネルギーを伝達する光吸収材料は、本明細書では光起電力デバイス100の光起電力活性材料203と称され、この用語は、複数の活性副層を包含することが意図されている。光起電力活性層用の材料は、所望の性能および光起電力デバイス100の用途に応じて選択することができる。

20

#### 【0029】

いくつかの実施形態では、光起電力デバイス100は、薄膜技術を用いて形成することができる(図示されていない)。例えば、光エネルギーが透明基板を通過する一実施形態では、光起電力デバイス100は、透明基板の背面の上に第1の、すなわち前の電極層(例えばTCO)を堆積することにより形成され得る。換言すると、前面電極は、透明基板の背後に、すなわち透明基板の光が入射する面の反対側の面上に形成される。次いで、第1の電極層の上に(背後に)光起電力活性材料203が堆積される。光起電力活性材料の層の上に(背後に)第2の電極層を堆積することができる。これらの層は、物理的気相成長法、化学的気相成長法、電気化学的気相成長法などの堆積法を用いて堆積することができる。薄膜光起電力デバイスは、薄膜シリコン、CIS、CdTeまたはCIGSなどの非晶質または多結晶の材料を含むことができる。他の材料を用いることができる。薄膜光起電力デバイスのいくつかの利点には、とりわけデバイスのフットプリントが小さいことおよび製造プロセスのスケラビリティがある。

30

#### 【0030】

図3は、タブまたはリボン301で結合された2つの光起電力デバイス100の概略図である。リボン301は、(図4に示されるように)複数の光起電力デバイス100、セル、ダイ、またはウェーハにわたってバス電極101または他の電極を接続して光起電力モジュールを形成し、このことは、用途によって望まれ得るように複数の光起電力デバイス100の電圧寄与を加えることによって出力電圧を増加させることができる。リボン301は、銅または他の高導電性材料で作製することができる。このリボン301は、バス101またはグリッド線102の電極と同様に光を反射することがあり、したがって光起電力デバイス100の効率を低下させることもある。したがって、以下に開示される実施形態は、リボン301、または光が光起電力活性材料203に到達するのを妨げることによってエネルギー損をもたらす光起電力デバイス100の前面201のあらゆる導体に対して適用することができる。

40

#### 【0031】

図4は、光起電力モジュール400を形成するように配置された複数の光起電力セルの概略平面図である。このモジュールを構成する光起電力セルは、図1~図3に示されたものに類似の光起電力デバイス100を含むことができる。前述のように、バス電極101、グリッド線

50

電極102、パッド103、およびリボン301が光を反射することがあり、そのとき、反射された光は電気への変換に利用されない。したがって、これらの反射により、光起電力モジュール400の全体的な性能が低下する恐れがある。

#### 【0032】

光起電力モジュール400は、モジュール100に含まれる複数の光起電力セルのパッケージ内に複数の層を備えることができる。これらの層は、光起電力デバイス100の前のカバーガラスを含むことができる。ガラスの背後に、光起電力デバイス100またはセル用のカプセル封止材料として、エチレン酢酸ビニル(EVAまたは酢酸塩としても知られている)が含まれてよい。したがって、いくつかの実施形態では、EVAが、光起電力デバイス100の前ならびに背後のどちらにも層を形成してよい。光起電力モジュール400を形成するために、EVAでカプセル化された光起電力デバイス100の背後にポリフッ化ビニル(Tedlar)の裏面シートを形成することができる。いくつかの実施形態では、カバーガラス、EVAでカプセル化された光起電力デバイス100(リボンと一緒に電氣的に接続されている)、およびTedlar裏面シートは、アルミフレームなどの金属フレームによって縁端部に枠をつけられ得る。光起電力モジュール400をパッケージ化する他の方法も可能である。

#### 【0033】

図5は、薄膜光起電力モジュール500の概略平面図である。いくつかの実施形態では、薄膜光起電力モジュール500は、単一モジュールとしてモノリシック集積することができ、したがって(図4に示されたような)光起電力セル100を電氣的に接続したアレイを備えなくてよい。そのような実施形態では、薄膜光起電力モジュール500は、光起電力セルより少ない導体を面上で使用することができ、したがって導体からの反射によって失われる光はより少ない。薄膜光起電力モジュール500を備える薄膜光起電力材料の上に形成された透明な導電性酸化物(TCO)などの透過性導電材料の層を使用することにより、この薄膜光起電力モジュール500は、比較的少ない反射導体を有することができる。一般的なTCOはインジウムスズ酸化物(ITO)を含み、TCOの層は、薄膜光起電力モジュール500の前面の全体にわたってグリッド線電極102を形成する必要性を低減することができる。しかし、図5に示されるように、薄膜光起電力モジュール500さえ、薄膜光起電力モジュール500の効率および美観を低下させる恐れのある反射性のバスライン501を備えることがある。実際、本明細書に開示された効率改善によって、薄膜光起電力モジュール500を最適化することにより、ここで薄膜光起電力モジュール500の前により多くの導体(例えばバス電極)を形成して抵抗損を低減する一方で、反射による損失も低減することができる。

#### 【0034】

図6は、微細構造601に当たる光のかなりの部分が、その後完全に内部反射されるような形で光を反射するように構成された微細構造601を有する光起電力デバイス600の一実施形態の概略断面図である。様々な実施形態において、微細構造601は、拡散体の拡散フィーチャ(diffusing features)、光散乱体、あるいは回折格子またはホログラムなどの回折光学要素の回折フィーチャ(diffraction features)を備えることができる。いくつかの実施形態では、微細構造601は、面または体積のホログラムを備えることができる。いくつかの実施形態では、微細構造601はブレード回折格子を備える。ブレード回折格子は、一次回折が、後に完全に内部反射される角度で回折されるように設計することができる。ブレード回折格子は、多数の密接に配置された屋根状構造体または鋸歯状回折格子など、多数の密接に配置された周期的な傾斜した構造体によって形成することができる。いくつかの実施形態では、微細構造601は、導体602上に形成されてよく、あるいは導体602の上または前に形成された光学層上に形成されてよい。導体602は、反射されなければ光起電力デバイス100の光起電力活性材料203に吸収されているはずの光を反射する、光起電力デバイス100に関連した任意の導体であり得る。例えば、導体602は、バス電極101、グリッド線電極102、パッド103、リボン301、バスライン501、またはTCO電極を含むことがある。TCO電極は、薄膜用途で特に役立つことができるが、特にTCO材料の導電率が改善され続けているので他の光起電力用途にも使い道が見いだされるはずである。例示的实施形態では、微細構造601は、光学媒体の中に形成されたホログラフィでよく、次いで導体602

に与えられる、または導体602上に形成される。他の実施形態では、微細構造601は、例えば反射性導体のマイクロエンボス加工、マイクロエッチング、およびプラズマエッチングなどのプロセスを用いて形成することができる。代替実施形態では、導体602の上に感光性材料が形成されてよく、次いでホログラフ的に露出されて、本明細書に論じられるような所望の特性を有する微細構造601を形成する。いくつかの実施形態では、陽極成長またはPVD技法によって拡散性コーティングを成長させることができ、非平面状の拡散性コーティングを形成する。いくつかの実施形態では、感圧接着剤から散乱微細構造601を形成することができる。いくつかの実施形態では、粘性のスピン・オン・ガラスをシリカ粒子と混合することができ、拡散性微細構造601を形成する。他のプロセスを用いることができる。

10

#### 【0035】

図6の破線の矢印で示されるように、(微細構造601のない)導体602は、光起電力デバイス100からの入射光603を反射してしまうことになって光604が漏れる原因になり、これが、失われる光エネルギーになる。しかし、様々な実施形態で、微細構造601は、光605aが臨界角608より大きな角度607で内部全反射面606に当たるように、入射光603を散乱、拡散、および/または反射させることができる。したがって、光605aは内部全反射して光起電力活性材料203の方へ戻され、光線605bのエネルギーの取込みおよび電気への変換が可能になる。

#### 【0036】

導体602がリボン301を備える実施形態では、微細構造601は、上記で論じられたのと類似のやり方でリボン301上に形成され得る。さらに、リボン301は、1枚の導体をロールからロールへ巻く一方で、反射性導体のマイクロエンボス加工、マイクロエッチング、プラズマエッチング、またはシート上への感光性材料の形成(例えば感光性材料の中のホログラムである回折光学要素の形成が続く)などのプロセスを実行することにより形成することができる。次いで、リボン301を形成するためにシートを切断してよく、リボン301は、次いで、複数の光起電力セルを互いに電氣的に接続するのに用いられる。リボン301は、一般に0.08mmと0.3mmとの間の厚さ、および1.5mmと15mmとの間の幅を有することができる。導体層の縁端部は、角を成しても丸められてもよい。リボン301は、所望数の光起電力デバイス100を接続するのに必要な長さに作製することができる。

20

#### 【0037】

次いで、プレハブ式のリボン301は、複数の光起電力デバイス100の導体101、102、103、501と相互に接続することができ、モジュールまたは太陽電池パネルまたはアレイを形成する。リボン301上の微細構造601は、例えばリボン301をはんだ付けして複数の光起電力デバイス100を電氣的に接続し、続いてリボン301をプラズマエッチングしても得られることを当業者なら理解するであろう。あるいは、微細構造601は、任意選択で解放層(図示せず)を伴って、テープ基板上または他の層(図示せず)上に形成することができる。次いで、微細構造601は、光起電力デバイス100にはんだ付けまたは電氣的接続される前または後に、感圧接着剤または他の適切な手段を用いてリボン301上へ積層され得る。

30

#### 【0038】

内部全反射面606を、高屈折率の材料とより低い屈折率の材料との間の任意の境界面に形成することができる。例えば、内部全反射面606は、任意の光起電力デバイス100または光起電力モジュール(光起電力モジュール400または薄膜光起電力モジュール500など)のカバーガラスと周囲空気(または他の低屈折率材料)と間の境界面に形成することができる。図6は、導体602および光起電力活性層203の上に1つの層(例えばEVAなどの絶縁保護コーティング)のみを示しているが、導体602および光起電力活性層203の前に多くの層が形成され得ることが理解される。例えば、導体602、微細構造601、および光起電力活性層203は、EVAの上にカバーガラスを有する光起電力デバイス100またはセル用のカプセル封止材料としてEVAの層の中にカプセル化することができる。この場合、EVAの屈折率とカバーガラスの屈折率とが類似であり得るので、面606はカバーガラスの外面に配置されるはずである。他のカプセル封止材料を用いることができる。カプセル封止層の屈折率はその前の層

40

50

の屈折率より高い場合には、内部全反射面606は、カプセル封止層とその前の層との間の境界面に形成されることになる。カプセル封止層の屈折率はその前の層の屈折率より低い場合には、内部全反射面606は、カプセル封止層の前の層の空気界面に形成されることになる。光起電力デバイス600は、他の層、例えば光起電力活性材料203と導体602との間の透明導電材料層609も備えることができる。

#### 【0039】

図7は、入射光線702の方向を変えて、方向変更された光703のいくらかを光起電力活性材料203上へ入射させるように構成された面701を導体602の前方に有する光起電力デバイス700の一実施形態の概略断面図である。様々な実施形態で、面701は拡散体またはホログラムを備えることができる。用語「面」が用いられているが、面701が体積、例えば体積ホログラムまたは所与の厚さの層も備え得ることが理解される。より一般的には、面701は、面または体積ホログラム、回折光学要素、回折フィーチャ、拡散体、拡散フィーチャ、または本明細書で説明されたような、光の方向を変え、かつ/または光を偏向することができる他の光学要素を備えることができる。面701は、導体602の前に配置または形成される層704の上に形成することができる。いくつかの実施形態では、層704は、導体602によって光起電力デバイス100の面の上に形成されたパターンと実質的に合致および/または整列するようにパターンニングすることができる。いくつかの実施形態では、面701は、導体602に当たるはずの光705の方向を変え、かつ/または光705を偏向して、光起電力活性材料203に吸収されるように光起電力活性材料203の方へ向ける。面701は、普通なら導体602に当たることになる光の方向を事前に変えることによって、導体602に関連した損失(反射など)を低下させる。いくつかの実施形態では、導体602は、吸収など、反射以外のことで損失をもたらすことがある。したがって、導体602は、(いくらかの光エネルギーが吸収によって失われ得る透明または半透明の導体のように)反射だけでなく吸収によっても光エネルギーの損失をもたらすことがある。

#### 【0040】

図8は、光起電力デバイス100の導体101、102、103の上または前に形成された拡散体801を有する光起電力モジュール800の実施形態の概略断面図である。図示のように、光起電力デバイス100は、(図4のものと同様に)光起電力モジュール800の中の光起電力デバイス100のレイ内にある。しかし、拡散体801は、個々の光起電力セルなど任意の光起電力デバイス100の導体602上、光起電力モジュールの中のセル上、または薄膜光起電力モジュール500などモノリシック集積モジュールの中に形成することができる。拡散体801は、例えばホログラム(例えばホログラフィック拡散体)などの所望の光学的機能を有する任意の構造体から、あるいは導体602の面を粗面化することにより、形成することができる。あるいは、回折格子などの回折光学要素を使用することができる。拡散体801は、導体602上に付着させることができる拡散テープでよい。あるいは、拡散体801は、導体に微細構造を与えることに加えて導体上に噴霧された白色ペイント(white paint)などスプレー式の拡散体(spray-on diffuser)を備えてよい。他のタイプの拡散体を利用することができる。拡散体801は、多くの様々な方向に光を拡散することができる。いくつかの実施形態では、拡散体801は、 $180^\circ$ (すなわち法線から導体602の前面へ $\pm 90^\circ$ )にわたって光を拡散することができる。いくつかのそのような実施形態では、拡散体801は均等拡散体でよく、 $180^\circ$ にわたって光を均一に拡散することができる。そのような実施形態では、均等拡散体から拡散されるいくらかの光は、内部全反射角より大きな角度で内部全反射面606上に入射することがなく、光起電力デバイスへ方向を変えられない。しかし、均等拡散体は、十分な光を内部全反射角より大きな角度で内部全反射面606上に入射するように拡散することができ、光起電力デバイスの効率をかなり改善する。所与の現行技術で純然たる均等拡散面を製作することは困難であるため、他の実施形態では、拡散体801は $0^\circ$ と $90^\circ$ との間、または $90^\circ$ と $180^\circ$ との間の範囲の角度にわたって光を拡散してよい。多くの範囲が達成可能であるが、実用的な拡散体が完全ではないことが理解される。したがって、例えば法線から $\pm 45^\circ$ より大きな角度で入射光を拡散するように構成された実用的な拡散体は、すべての光をこれらの角度で拡散するわけではない。様々な範囲が、所与の範囲外

の角度で、ピーク伝達の50%未満が拡散(反射)されることを示すとされることが理解される。いくつかの実施形態では、拡散体801は、法線から $50^{\circ}$ ~ $85^{\circ}$ の角度で、かなりの光を拡散することができる。いくつかの実施形態では、内部全反射角より大きないくつかの範囲内の角度で拡散体801から反射される光の強度は、ピーク強度角(すなわち最大反射強度を有する角度)で反射される光の強度の70%より大きい。例えば、拡散体801は、(光起電力デバイス面の)法線から、 $42^{\circ}$ から $55^{\circ}$ の範囲では、ピーク強度角で反射される光強度の70%以上を反射することができる。いくつかの実施形態では、内部全反射角より大きないくつかの範囲内の角度で拡散体801から反射される光の強度は、ピーク強度角で反射される光の強度の50%より大きい。

#### 【0041】

図8に示されるように、導体から反射される光のいくらかが内部全反射面606から内部全反射されることが、拡散体801によって可能になり得る。図示のように、内部全反射面606は、カバーガラス802(ガラスプレート)または導体101、102、103の前方に形成された他の高屈折率プレートの空気-ガラス境界面に形成される。しかし、デバイスは、他のやり方でパッケージ化することができる。図示のように、光のいくらかの部分が、内部全反射面606に対して垂直または垂直に近い角度で反射されて漏れることがある。好ましくは、拡散体801は、拡散された光が、次いで臨界角より大きな角度で内部全反射面606上に入射するようにかなりの光量を拡散する。いずれにせよ、純然たる均等拡散さえ、効率の顕著な改善をもたらすことができる。したがって、拡散が不均等であって、光の大部分が、次いで臨界角より大きな角度で内部全反射面606上に入射するように拡散体801によって拡散され得る実施形態では、さらに大きな効率改善が可能である。例えば、いくつかの実施形態では、垂直の $\pm 10^{\circ}$ 以内で反射される光は10%未満である。

#### 【0042】

図示のように、光起電力モジュール800は、EVAで作製されることが多いカプセル封止層803の中にカプセル化された光起電力デバイス100を備える。光起電力モジュール800は、裏面シート804も備える。一般に、層は、アルミニウムなどの金属で作製されることが多いフレーム805で囲まれる。しかし、様々な他の実施形態では、使用する層は、より多数でもより少数でもよく、前述の材料を他の適切な材料で置換することもできる。

#### 【0043】

図9は、内部全反射され得ない光線902などのいくらかの光が、次いで光起電力活性材料203の方へ方向を変えられるように、微細構造601の前方および内部全反射面606の後方に散乱体901を有する光起電力デバイス100の一実施形態の概略断面図である。図示のように、光起電力デバイス100は、(図4のものと同様に)光起電力モジュール900の中の光起電力デバイス100のレイ内にある。しかし、散乱体901は、個々の光起電力セルなど任意の光起電力デバイス100の前方に、光起電力モジュールの中のセル上、または薄膜光起電力モジュール500などモノリシック集積モジュールの中に形成することができる。図8に関して前述されたように、いくらかの光は、微細構造601から内部全反射面に対して垂直または垂直に近い角度で反射して漏れることがあり得る。いくつかの実施形態では、散乱体901は、微細構造601から垂直に近い角度で反射した光を、散乱する、または光起電力活性材料203の方へ方向を変えて戻すように微細構造601の前方に配置されたホログラム、回折格子、または拡散体を備える。他の実施形態では、導体602は、微細構造601を備えなくてよく、反射導体として光を反射することができる。そのような実施形態では、散乱体901は、散乱体901によって反射された光を電気に変換するために、続いて起電力活性材料203に吸収されるような角度で光を反射して戻すように構成することができる。散乱体901は、デバイス上に入射する光を、光起電力活性材料203の方へ、屈折、散乱、および/または回折させるように動作することができる。したがって、散乱体901は、透明材料を備えてよく、また、屈折率の変化または多彩なトポグラフィを有する面を備えてよい。

#### 【0044】

図10は、光起電力セルのレイ内の光起電力デバイス100間の間隙1002の前方に形成された拡散体1001を有する光起電力モジュール1000の一実施形態の概略断面図である。(破

10

20

30

40

50

線の)光線1003で示されるように、アレイ内の隣接したセル間に間隙があるとき、光起電力デバイス100の間で光が失われることがある。拡散体1001は、光線1004が、臨界角より大きな角度で内部全反射面606上に入射し、その結果、モジュール1000内の光起電力デバイス100の方へ内部全反射して戻され得るように反射することにより、この、そうでない場合には失われる光エネルギーのいくらかを取り戻すのに役立つことができる。拡散体1001は、図8に関して論じられた拡散体801と実質的に同一の特性を有してよい。拡散体1001は、例えばホログラム(例えばホログラフィック拡散体)などの所望の光学的機能を有する任意の構造体から形成することができる。あるいは、回折格子などの回折光学要素を使用することができる。他の実施形態では、拡散体1001は、光線1005などの透過光を、内部全反射することなく、光起電力デバイス100の方へ偏向させる(例えば屈折させる)ことにより、そうでない場合には失われる光エネルギーのいくらかを取り戻すのに役立つことができる。

10

20

30

40

50

#### 【0045】

本明細書に開示された様々な実施形態で、光起電力デバイスの効率を改善することができる。(例えば10%から20%の導体アパチャを有する光起電力デバイスでは)導体アパチャの例えば30%から65%の間が回復される。本明細書で用いられる「導体アパチャ」は、導体によって覆われた表面領域である。導体アパチャの回復は、普通なら導体によって阻止されるはずの光が、拡散体からの偏向および活性領域上へ戻す方向変更の結果として露出した活性領域上に達するために、効果的に回復された太陽電池の作用面積の量に相当する。したがって、20%の導体アパチャは、導体で覆われなければ露光されることになる、導体で覆われた20%の表面領域を有する光起電力デバイスを指す。これらの範囲(例えば6から12%)内の導体アパチャの回復は、アパチャ回復のないデバイスに対して約6%から12%の光起電力デバイス効率の改善をもたらすことができる。いくつかの実施形態では、30から65%の導体アパチャの回復を達成することができる。

#### 【0046】

図11は、効率の改善した光起電力モジュールを製造するプロセスの流れを示す。図11に示されるように、ステップ1110は光起電力セルを製造するステップを含む。これは、半導体ウェーハの様々な領域を適切にドーピングするステップ、ウェーハの表面および裏面に導体および電極を与えるステップ、本明細書の他の箇所に開示されているような導体および電極上に微細構造を形成するステップなどのステップ、および当技術分野で既知の他のプロセスを含むことができる。ステップ1120で、導電性タブが光起電力セルに取り付けられる(図3を参照されたい)。(任意選択の)ステップ1130で、光学要素が、導電性タブに取り付けられる、または与えられる。光学要素は、微細構造および/または拡散体(白色拡散性塗料などスプレー式の拡散体を含む)など、本明細書に開示された要素のうち任意のものを含むことができる。ステップ1140で、セルは、次いで積層され、光起電力モジュールへと組み立てられる。図示のように、ステップ1130は、導電性タブをセルに取り付けた後に行うことができる。あるいは、導電性タブは、あらかじめ与えられた光学要素を有してよく、または導電性タブがあらかじめ処理されてよい。例えば、導電性タブは、導電性タブの光が入射する面上にあらかじめ取り付けられた拡散性テープを有することができる。あるいは、導電性タブは、微細構造であらかじめ処理されてよい。したがって、タブが、あらかじめ取り付けられた光学要素を有する、またはあらかじめ処理される実施形態では、ステップ1130を挟むことなく、ステップ1120にステップ1140が続いてよい。他の実施形態では、面が導体の前方に配置され、この面は、導体へ向かう入射光線の方向を変えて、方向変更された光を光起電力材料上へ入射させるように構成される。導体前方の面は、方向を変えられた光のうちいくらかが、導体ではなく、例えば光起電力セルである光起電力活性材料上に入射するように、入射光線の方向を変えるように構成される。「面」は、面または体積ホログラム、あるいは図7に関連して上記で説明されたような光を偏向させる、かつ/または方向を変えることができる他の光学要素を含んでよい。面は、導体の前に配置または形成される層上に形成することができ、例えば、面は、ガラス上に形成されたもの、もしくはガラスの一部、および/またはステップ1140で光起電力モジュールの

中へセルを積層するのに使用された他の材料でよい。いくつかの実施形態は、面が、光起電力セルまたは光起電力モジュールの導体のパターンと、実質的に合致、整列、および/または対応するようにパターンニングするステップを含むことができる。面は、テープ、またはホログラムもしくは上記で論じられたような他の光学要素を含む積層を備えることができる。このテープまたは層は、上記で論じられたように、パターンの中、ガラスおよび/または導体の前方(光が入射する面)に配置された他の材料の上に、与える、または積層することができる。他の実施形態は、面を、ガラスおよび/または機械的手段あるいは化学的手段によって導体の前方に配置された他の材料上に直接形成するステップを含むことができる。様々な実施形態で、テープ、積層であろうと、あるいはガラスおよび/または導体の前方に配置された他の材料上に形成されたものでであろうと、この面は、導体に当たるはずの光の方向を変え、かつ/または光を偏向して、光起電力活性材料に吸収されるように光起電力活性材料の方へ向ける。このようにして、この面は、導体に関連した損失を低下させる。

#### 【0047】

本明細書で特定の好ましい実施形態および実施例が論じられているが、この本発明の主題は、具体的に開示された実施形態を越えて、他の代替実施形態および/または発明の用途ならびにその明白な変更形態および均等物へ拡大することが理解される。本明細書で開示された本発明の範囲は、特定の開示された実施形態によって限定されるべきでないことが意図されている。したがって、例えば、本明細書で開示されたあらゆる方法またはプロセスにおいて、方法/プロセスを構成する行為または操作は、任意の適切な順序で実行されてよく、いかなる特定の開示された順序にも限定する必要がない。実施形態の様々な態様および利点が、必要に応じて説明されている。そのような態様または利点は、任意の特定の実施形態において、必ずしもすべてが実現されるものではないことを理解されたい。したがって、例えば、本明細書で教示される1つの利点または利点の群を、本明細書で教示または提案された他の態様または利点を必ずしも実現することなく実現または最適化するやり方で、様々な実施形態が実行され得ることを理解されたい。

#### 【符号の説明】

#### 【0048】

- 100 光起電力デバイス
- 101 バス電極
- 102 グリッド線電極
- 103 パッド
- 201 前面
- 202 後面電極
- 203 光起電力活性材料
- 204 n形半導体材料
- 205 p型半導体材料
- 301 リボン
- 400 光起電力モジュール
- 500 薄膜光起電力モジュール
- 501 バスライン
- 600 光起電力デバイス
- 601 微細構造
- 602 導体
- 603 入射光
- 605a 光
- 605b 光線
- 606 内部全反射面
- 607 角度
- 608 臨界角

10

20

30

40

50



609	透明導電材料層	
700	光起電力デバイス	
701	面	
702	入射光線	
703	方向変更された光	
704	層	
705	光	
800	光起電力モジュール	
801	拡散体	
802	カバーガラス	10
803	カプセル封止層	
804	裏面シート	
805	フレーム	
900	光起電力モジュール	
901	散乱体	
902	光線	
1000	モジュール	
1001	拡散体	
1002	間隙	
1003	光線	20
1004	光線	
1005	光線	
1110	ステップ	
1120	ステップ	
1130	ステップ	
1140	ステップ	

【 図 1 】

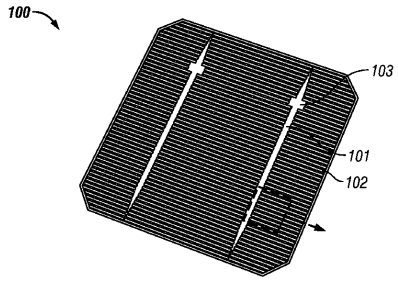


FIG. 1

【 図 2 】

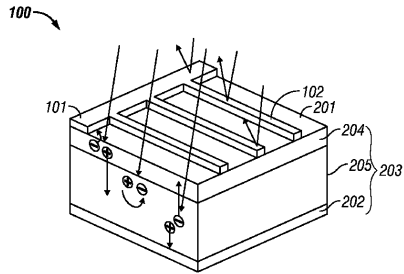


FIG. 2

【 図 3 】

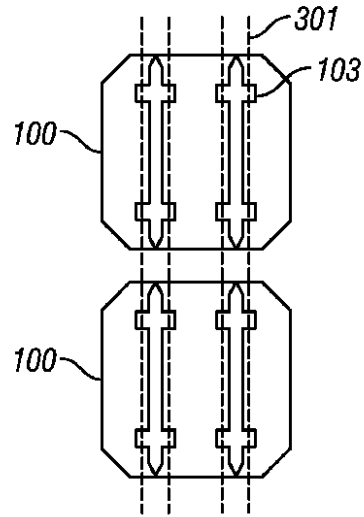


FIG. 3

【 図 4 】

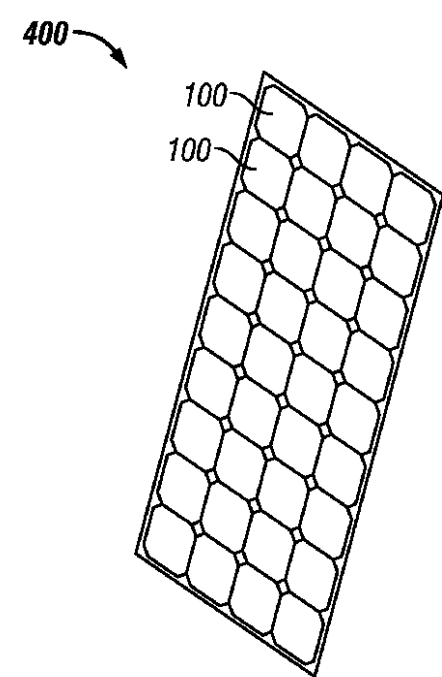


FIG. 4

【 図 5 】

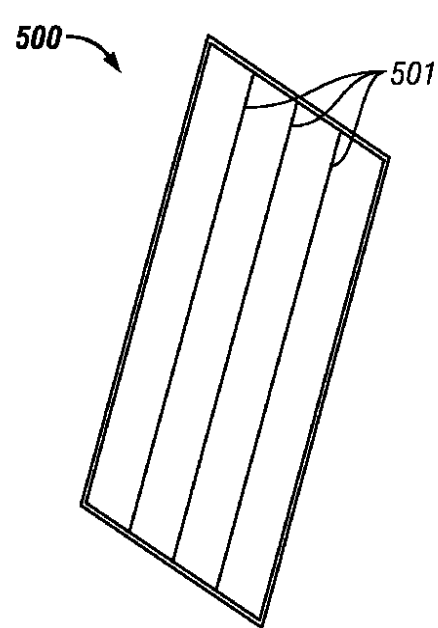


FIG. 5

【 図 6 】

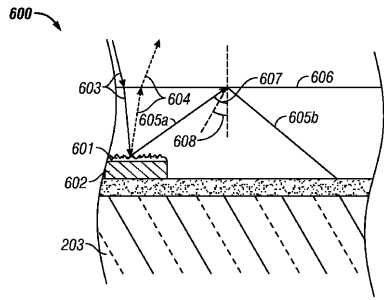


FIG. 6

【 図 7 】

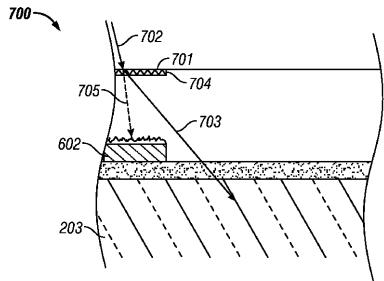


FIG. 7

【 図 8 】

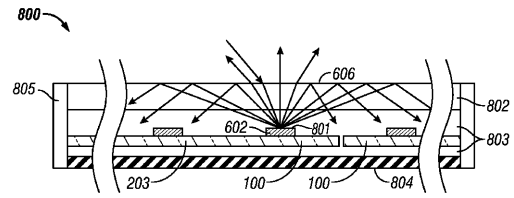


FIG. 8

【 図 9 】

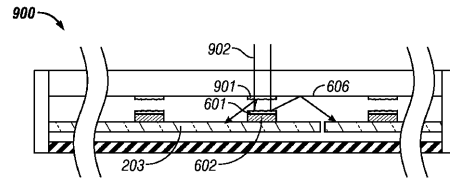


FIG. 9

【 図 10 】

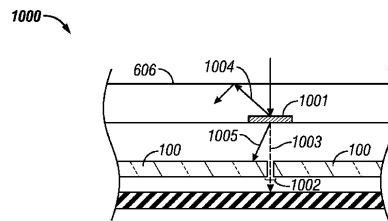
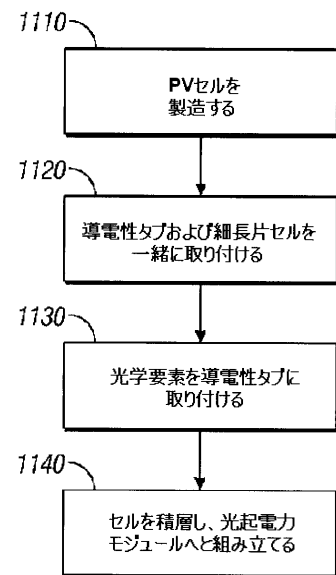


FIG. 10

【 図 11 】



## 【手続補正書】

【提出日】平成22年12月6日(2010.12.6)

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

光が入射する前面および前記前面の反対側の後面を有する光起電力デバイスであって、  
光起電力材料と、  
前記光起電力材料と電気接触し、入射光を反射する導体と、  
前記導体および前記光起電力材料の前方に配置された内部全反射面と、  
前記内部全反射面の後方に配置され、少なくともいくつかの反射光が、前記内部全反射面の臨界角より大きな角度で前記内部全反射面上に入射するように光を反射するように構成された微細構造と、

前記微細構造の前方にあり、前記微細構造から反射された光を、後方へ、前記光起電力材料に向けて方向変更するように構成された光散乱構造体であって、前記方向変更された反射光が、前記内部全反射面によって内部全反射されない光線を含む光散乱構造体とを備える光起電力デバイス。

【請求項2】

前記微細構造が、1つまたは複数の拡散体の拡散フィーチャを備える請求項1に記載の光起電力デバイス。

【請求項3】

前記拡散体が、90°より大きな範囲の角度にわたって光を散乱する請求項2に記載の光起電力デバイス。

【請求項4】

前記1つまたは複数の拡散体が、スプレー式拡散体および/または拡散性白色ペイントを備える請求項2に記載の光起電力デバイス。

【請求項5】

前記微細構造が、1つまたは複数のホログラムの回折フィーチャを備える請求項1に記載の光起電力デバイス。

【請求項6】

前記微細構造が、回折光学要素の1つまたは複数の回折フィーチャを備える請求項1に記載の光起電力デバイス。

【請求項7】

前記光散乱構造体が、ホログラム、回折格子、または拡散体である請求項1に記載の光起電力デバイス。

【請求項8】

前記微細構造が前記導体の面を備える請求項1に記載の光起電力デバイス。

【請求項9】

導体アパチャの回復が、約30%から65%の間にある請求項1に記載の光起電力デバイス。

【請求項10】

前記光起電力デバイスの効率が、前記微細構造のない光起電力デバイスの効率より6%以上高い請求項1に記載の光起電力デバイス。

【請求項11】

光が入射する前面および前記前面の反対側の後面を有する光起電力デバイスであって、  
入射光から発電する手段と、  
前記発電手段と電気接触し、入射光を反射する導電手段と、  
前記導電手段および前記発電手段の前方に配置され、光を内部全反射する手段と、

前記内部全反射手段の後方であって、少なくともいくらかの反射光が、前記内部全反射手段の臨界角より大きな角度で前記内部全反射手段上に入射するように光を反射するように構成された光反射手段と、

前記光反射手段の前方にあり、前記光反射手段からの反射光を、後方へ、前記発電手段に向けて方向変更するように構成された光散乱手段であって、前記方向変更された反射光が、前記内部全反射手段によって内部全反射されない光線を含む光散乱手段とを備える光起電力デバイス。

【請求項 12】

前記発電手段が光起電力材料を備え、

前記導電手段が導体を備え、

前記内部全反射手段が内部全反射面を備え、

前記反射手段が微細構造を備え、

前記光散乱手段が、ホログラム、回折格子、また光拡散構造体を備える請求項11に記載の光起電力デバイス。

【請求項 13】

前記光起電力材料と電気接触するように、光起電力材料に対して配置され、入射光を反射する導体を設けるステップと、

前記導体および前記光起電力材料の前方に内部全反射面を配置するステップと、

少なくともいくらかの反射光が、前記内部全反射面の臨界角より大きな角度で前記内部全反射面上に入射するように光を反射するように構成された微細構造を前記内部全反射面の後方に配置するステップと、

前記微細構造から反射された光を、後方へ、前記光起電力材料に向けて方向変更するように構成された光散乱構造体を前記微細構造の前方に配置するステップであって、前記方向変更された反射光が、前記内部全反射面によって内部全反射されない光線を含むステップとを含む光起電力デバイス製造方法。

【請求項 14】

前記導体が、光起電力セル上に電極を備える請求項13に記載の方法。

【請求項 15】

前記導体が、アレイ内の複数の光起電力セルを接続するタブを備える請求項13に記載の方法。

【請求項 16】

前記微細構造を配置するステップが、前記導体の面上に前記微細構造を形成するステップを含む請求項13に記載の方法。

【請求項 17】

前記導体の面上に前記微細構造を形成するステップが、マイクロエンボス加工、マイクロエッチング、反射性導体のプラズマエッチング、およびホログラフィから成る群から選択されたプロセスを含む請求項16に記載の方法。

【請求項 18】

前記微細構造を配置するステップが、前記導体の前面へ粒子を埋め込むステップを含む請求項13に記載の方法。

【請求項 19】

前記微細構造を配置するステップが、前記導体の前面へ拡散体フィルムを形成するステップを含む請求項13に記載の方法。

【請求項 20】

前記導体と前記微細構造との間に層を配置するステップをさらに含む請求項13に記載の方法。

【請求項 21】

前記微細構造を配置するステップが、前記層の上に散乱フィルムを配置するステップと、前記導体の上に前記散乱フィルムを整列させるステップとを含む請求項20に記載の方法。

## 【請求項 2 2】

光が入射する前面および前記前面の反対側の後面を有する光起電力アレイであって、  
2つの水平方向に離隔された光起電力材料の部片間にある間隙と、  
前記間隙の前方にある内部全反射面と、

前記間隙の前方かつ前記内部全反射面の後方にある拡散体であって、拡散体を通過する入射光線を前記間隙へ向けて方向変更して前記光起電力材料上へ入射させるように構成され、少なくともいくつかの前記反射光が、内部全反射面の臨界角より大きな角度で前記内部全反射面上に入射するように、いくつかの入射光を反射するようにさらに構成される拡散体とを備える光起電力アレイ。

## 【請求項 2 3】

前記拡散体が、透過光を前記光起電力材料の方へ偏向する請求項22に記載のデバイス。

## 【請求項 2 4】

光が入射する前面および前記前面の反対側の後面を有する光起電力デバイスであって、  
間隙によって水平方向に離隔された2つの発電手段と、

前記間隙の前方に配置された、光を内部全反射する手段と、

前記間隙の前方かつ前記内部全反射面の後方にある光の方向変更手段であって、方向変更手段を通過して前記間隙に向かう入射光線の方向を変更して前記発電手段上に入射させるように構成され、少なくともいくつかの前記反射光が、前記内部全反射面の臨界角より大きな角度で前記内部全反射面上に入射するように、いくつかの入射光を反射するようにさらに構成される方向変更手段とを備える光起電力デバイス。

## 【請求項 2 5】

前記光の方向変更手段のそれぞれが光起電力材料を備え、

前記光の内部全反射手段が内部全反射面を備え、

前記光の方向変更手段が反射および偏向の要素を備える請求項24に記載の光起電力デバイス。

## 【請求項 2 6】

水平方向に離隔された光起電力材料の部片間の間隙の前方かつ内部全反射面の後方へ拡散体を配置するステップであって、

前記拡散体が、前記方向変更手段を通過して前記間隙に向かう入射光線の方向を変更して前記光起電力材料上に入射させるように構成され、前記拡散体が、少なくともいくつかの前記反射光が、内部全反射面の臨界角より大きな角度で内部全反射面上に入射するように、いくつかの入射光を反射するようにさらに構成されるステップを含む光起電力デバイス製造方法。

## 【請求項 2 7】

前記面が屈折性の要素を備える請求項26に記載の方法。

## 【 国際調査報告 】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/US2009/039965
---

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> INV. H01L31/0224 H01L31/052		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01L		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2007/125415 A1 (SACHS EMANUEL M [US]) 7 June 2007 (2007-06-07) abstract; figures 1-9 paragraph [0002] paragraph [0032] - paragraph [0036]	1-32
X	WO 95/15582 A1 (R & S RENEWABLE ENERGY SYSTEMS [NL]; VERHOEF LEENDERT ARIE [NL]; MICH) 8 June 1995 (1995-06-08) abstract; figure 7	33-35
X	WO 2007/073203 A1 (RENEWABLE ENERGY CORP ASA [NO]; SAUAR ERIK [NO]; GRIMSRUD OLE M [NO];) 28 June 2007 (2007-06-28) abstract; figures 1a,1b	36-39
	-/-	
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search  22 March 2010		Date of mailing of the international search report  26/03/2010
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer  Favre, Pierre

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/US2009/039965
---

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 261 970 A (LANDIS GEOFFREY A [US] ET AL) 16 November 1993 (1993-11-16) abstract; figures 1,2 -----	1,11,13, 17,19,28
X	US 5 110 370 A (VOGELI CRAIG [US] ET AL) 5 May 1992 (1992-05-05) abstract; figures 2,6,7A,7B -----	33
X	US 6 008 449 A (COLE ERIC D [US]) 28 December 1999 (1999-12-28) abstract; figures 1,4-7 -----	36,38
X	US 6 323 415 B1 (UEMATSU TSUYOSHI [JP] ET AL) 27 November 2001 (2001-11-27) abstract; figures 3A-3D -----	36,38



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No

PCT/US2009/039965

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2007125415 A1	07-06-2007	DE 112006003262 T5 JP 2009518823 T WO 2007067304 A2	30-10-2008 07-05-2009 14-06-2007
WO 9515582 A1	08-06-1995	AU 1203395 A NL 9302091 A	19-06-1995 03-07-1995
WO 2007073203 A1	28-06-2007	NONE	
US 5261970 A	16-11-1993	NONE	
US 5110370 A	05-05-1992	AU 8719591 A DE 69120278 D1 DE 69120278 T2 EP 0549707 A1 ES 2088020 T3 WO 9205588 A1	15-04-1992 18-07-1996 05-12-1996 07-07-1993 01-08-1996 02-04-1992
US 6008449 A	28-12-1999	AU 753049 B2 AU 8830598 A EP 1019969 A1 JP 2001516149 T WO 9909601 A1	03-10-2002 08-03-1999 19-07-2000 25-09-2001 25-02-1999
US 6323415 B1	27-11-2001	JP 3259692 B2 JP 2000101124 A	25-02-2002 07-04-2000

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, 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, IS, JP, KE, KG, KM, 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, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 ジェフリー・ビー・サンブセル

アメリカ合衆国・コロラド・81007・プエブロ・ウェスト・サウス・アルタ・ヴィスタ・レーン・233

(72)発明者 マニシュ・コザリ

アメリカ合衆国・カリフォルニア・95014・クパティーノ・パーム・アヴェニュー・22460

(72)発明者 ラッセル・ダブリュー・グルーケ

アメリカ合衆国・カリフォルニア・95035・ミルピタス・ビュー・ドライヴ・1820

Fターム(参考) 5F151 AA02 AA05 AA08 AA09 AA10 AA11 BA11 DA03 DA04 FA03

FA04 FA06 FA14 FA16 FA19 FA23 FA30 JA03 JA04