

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2009-117814

(P2009-117814A)

(43) 公開日 平成21年5月28日(2009.5.28)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>HO 1 L 31/042 (2006.01)</b>	HO 1 L 31/04 C	5 F 0 5 1
<b>HO 1 L 31/04 (2006.01)</b>	HO 1 L 31/04 Y	
	HO 1 L 31/04 E	
	HO 1 L 31/04 R	

審査請求 未請求 請求項の数 43 O L 外国語出願 (全 36 頁)

(21) 出願番号	特願2008-264752 (P2008-264752)	(71) 出願人	508307528 ウィリアム エス. チャン アメリカ合衆国 90275 カリフォル ニア州 ランチョ パロス バーデス, エー 301, オーシャン クレスト ドライブ 6526
(22) 出願日	平成20年10月14日 (2008.10.14)	(74) 代理人	100083895 弁理士 伊藤 茂
(31) 優先権主張番号	11/976, 783	(72) 発明者	ウィリアム エス. チャン アメリカ合衆国 90275 カリフォル ニア州 ランチョ パロス バーデス, エー 301, オーシャン クレスト ドライブ 6526
(32) 優先日	平成19年10月29日 (2007.10.29)	Fターム(参考)	5F051 AA02 AA08 CB12 CB18 CB21 DA03 DA17 DA18 EA01 GA04 JA09 JA13
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

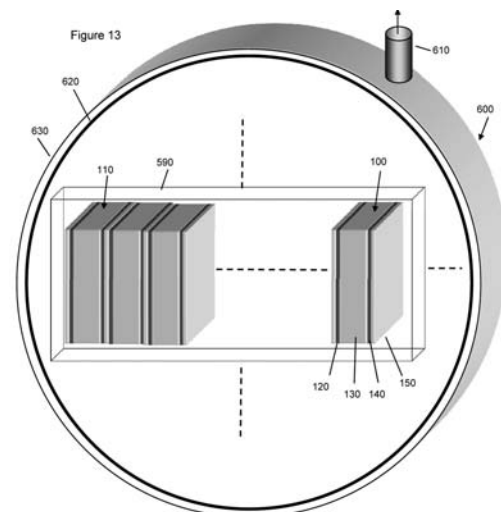
(54) 【発明の名称】 多接合マルチスペクトルソーラーコンバータ

(57) 【要約】

【課題】 多接合マルチスペクトルソーラーコンバータを提供する。

【解決手段】 本開示は、太陽エネルギーを電気に変換するための多接合マルチスペクトルソーラーコンバータおよびその製造方法について記載したものである。太陽スペクトルの1つまたは複数の領域に対する感度のあるGaP、AlAs、InGaAsN、InGaP、GaAs、Ge、Si、ダイヤモンドまたは任意の基板上で加工され、コンバータは、接合部と平行な太陽光線で照明される1から数千の接合部を含む大きさにすることができるものである。好ましい実施形態では、高い変換効率を得られるように、隣り合った接合部同士を高導電性層で電氣的に直列に接続し、コンバータでの直列抵抗を小さくする。バンドギャップの違った、異なる基板を有するいくつかのコンバータをまとめて、紫外から赤外までの太陽エネルギーのマルチスペクトルならびに多接合変換が可能な複合コンバータを形成する。

【選択図】 図13



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

太陽電池の少なくとも 2 つの隣接する層によって、入射する太陽光線を電気に変換するためのソーラーコンバータであって、各層が少なくとも 1 つの接合部を含み、少なくとも 1 つの層が、隣接する層と格子整合することを必要とせず少なくとも 1 つの他の層に結合される、ソーラーコンバータ。

## 【請求項 2】

前記層のうちの少なくとも 1 つが、少なくとも 1 つのエネルギーバンドギャップに特化した第 1 のタイプの接合部を少なくとも 1 つ含む、請求項 1 に記載のコンバータ。

## 【請求項 3】

前記層のうちの少なくとも 1 つが、少なくとも 1 つの第 1 のエネルギーバンドギャップに特化した第 1 のタイプの接合部と、前記第 1 のタイプとは異なるエネルギーバンドギャップに特化した少なくとも 1 つの他のタイプの接合部とを有する、請求項 1 に記載のコンバータ。

## 【請求項 4】

各層が少なくとも 10 個の個別の接合部を含む、請求項 1 に記載のコンバータ。

## 【請求項 5】

各層が少なくとも 100 個の個別の接合部を含む、請求項 1 に記載のコンバータ。

## 【請求項 6】

前記コンバータが少なくとも 10 個の多接合層を含む、請求項 1 に記載のコンバータ。

## 【請求項 7】

前記コンバータが少なくとも 100 個の多接合層を含む、請求項 1 に記載のコンバータ。

## 【請求項 8】

単位面積当たりの接合部の密度が、 $1 \text{ cm}^2$  当たり少なくとも 1000 個である、請求項 1 に記載のコンバータ。

## 【請求項 9】

前記接合部は入射太陽光線に対して平行に配置され、そうすることによって前記接合部のそれぞれが前記入射する太陽光線のほぼ同じ量の太陽エネルギーで照射される、請求項 1 に記載のコンバータ。

## 【請求項 10】

前記接合部が電氣的に直列に接続されている、請求項 1 に記載のコンバータ。

## 【請求項 11】

各層が他のどの層からも独立して個別に処理 / 作製される、請求項 1 に記載のコンバータ。

## 【請求項 12】

第 1 の層と少なくとも 1 つの他の層とが、異なる基板から処理 / 作製される、請求項 1 に記載のコンバータ。

## 【請求項 13】

前記接合部が半導体製造技術によって作製される、請求項 1 に記載のコンバータ。

## 【請求項 14】

前記接合部が有機的成長によって作製される、請求項 1 に記載のコンバータ。

## 【請求項 15】

第 1 の層は、少なくとも 1 つのバンドギャップのエネルギーを捕捉し、少なくとも 1 つのこれよりも低いバンドギャップのエネルギーを、第 1 の層よりも下にある少なくとも 1 つの層まで通過させる、請求項 1 に記載のソーラーコンバータ。

## 【請求項 16】

前記少なくとも 1 つのバンドギャップが少なくとも  $1.8 \text{ eV}$  である、請求項 15 に記載のソーラーコンバータ。

## 【請求項 17】

10

20

30

40

50

前記少なくとも1つのバンドギャップが少なくとも1.4 eVである、請求項15に記載のソーラーコンバータ。

【請求項18】

前記少なくとも1つのバンドギャップが少なくとも1.1 eVである、請求項15に記載のソーラーコンバータ。

【請求項19】

前記少なくとも1つのバンドギャップが少なくとも0.6 eVである、請求項15に記載のソーラーコンバータ。

【請求項20】

前記接合部はそれぞれ、 $n^+$ 型のキャリアでドーピングされた第1の壁と、 $p^+$ 型のキャリアでドーピングされた第2の壁とを含む、請求項1に記載のコンバータ。

10

【請求項21】

前記壁で挟まれた領域が $n$ 型のキャリアでドーピングされる、請求項20に記載のコンバータ。

【請求項22】

前記壁で挟まれた領域が $p^+$ 型のキャリアでドーピングされる、請求項20に記載のコンバータ。

【請求項23】

前記第1の壁および前記第2の壁が、入射する太陽光線に対して垂直に配置されている、請求項20に記載のコンバータ。

20

【請求項24】

前記第1の壁および前記第2の壁が、接合部の層の名目上の平面に対して垂直に配置される、請求項20に記載のコンバータ。

【請求項25】

前記接合部の幅が、前記入射する太陽光線によって前記接合部で生成される少数キャリアの拡散距離よりも狭い、請求項1に記載のコンバータ。

【請求項26】

前記幅が、前記幅の全体に広がる高電界を有する、請求項25に記載のコンバータ。

【請求項27】

第1の接合部と少なくとも1つの他の接合部とが同一幅である、請求項1に記載のコンバータ。

30

【請求項28】

第1の接合部と少なくとも1つの他の接合部とが異なる幅である、請求項1に記載のコンバータ。

【請求項29】

第1の層と少なくとも1つの他の層とが同じ厚さである、請求項1に記載のコンバータ。

【請求項30】

第1の層と少なくとも1つの他の層とが異なる厚さである、請求項1に記載のコンバータ。

40

【請求項31】

少なくとも2つのコンバータを有し、前記少なくとも2つのコンバータは、少なくとも2つのバンドギャップが同時に吸収されて変換されるように積層されている、請求項1に記載の複合コンバータ。

【請求項32】

各コンバータは、接合部の幅が少なくとも1つのエネルギーのバンドギャップに合わせて最適化されている、請求項31に記載の複合コンバータ。

【請求項33】

各バンドギャップが、それぞれの別個のコンバータで吸収されて変換される、請求項31に記載の複合コンバータ。

50

## 【請求項 3 4】

前記少なくとも 2 つのコンバータが、最前部から最後部までバンドギャップの最も高い方から最も低い方の順に整列配置され、最前部のコンバータで変換されなかった太陽光線は、干渉されることなく後続のコンバータで変換されるように通り抜ける、請求項 3 1 に記載の複合コンバータ。

## 【請求項 3 5】

前記コンバータがすべて、電氣的に直列に接続されている、請求項 3 1 に記載の複合コンバータ。

## 【請求項 3 6】

前記少なくとも 2 つのコンバータをそれぞれに隣接するコンバータとゆるく結合し、そうすることによって各コンバータの熱膨張率の相違により前記複合コンバータの前記配置がずれることはなくなる、請求項 3 1 に記載の複合コンバータ。

10

## 【請求項 3 7】

前記少なくとも 2 つのコンバータがファブリ・ペローキャビティによって分離され、前記太陽光線は特定のスペクトル波長で複数回反射する、請求項 3 1 に記載の複合コンバータ。

## 【請求項 3 8】

前記ファブリ・ペローキャビティが、酸化ケイ素の層によって決まるキャビティ空間を有する、請求項 3 7 に記載の複合コンバータ。

## 【請求項 3 9】

前記酸化ケイ素の層が、各コンバータで、少なくとも 1 つのエネルギーバンドギャップの吸収を最大にするように、さまざまな厚さを有する、請求項 3 7 に記載の複合コンバータ。

20

## 【請求項 4 0】

前記複合コンバータと一体化された少なくとも 1 つのラジエータをさらに有し、そうすることによって、前記複合コンバータが太陽光照度の複数倍で照射された際に、250 未満の温度に維持される、請求項 3 1 に記載の複合コンバータ。

## 【請求項 4 1】

前記少なくとも 1 つのラジエータが受動的冷却を有する、請求項 4 0 に記載の複合コンバータ。

30

## 【請求項 4 2】

前記少なくとも 1 つのラジエータが能動的冷却を有する、請求項 4 0 に記載の複合コンバータ。

## 【請求項 4 3】

前記太陽光線を集束させて、太陽光線をコンバータで変換する前の複数倍の太陽光照度に等しい強度まで集光するフレネルレンズをさらに有する、請求項 1 に記載の複合コンバータ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、太陽エネルギーを電気に変換するための多接合マルチスペクトルコンバータ (multi-spectral, converter) 装置およびその製造方法に関し、特に、変換可能なエネルギーの 95% よりも多くを含む、紫外から赤外までの全スペクトルにわたって、集光された太陽光線を電気エネルギーに変換するのに直列に接続された数千個の接合部を用いる装置および方法に関する。

40

## 【0002】

本発明は、連邦政府関連機関または州当局からの出資を受けたものではない。

## 【背景技術】

## 【0003】

<多接合マルチスペクトルコンバータ>

50

エムコア (Emcore) から (エムコア (Emcore)、www.emcore.com、2006) によって開発され、最近、「R. マッコーネル (R. McConnell) から、「米国における次世代光起電力技術 (Next-Generation Photovoltaic Technologies in the United States)」、第19回欧州PV太陽エネルギー見本市 (19<sup>th</sup> European PV Solar Energy Conference and Exhibition)、パリ、フランス、p1、6月 (2004年)」として報告された InGaP、GaAs および Ge という3つの異なる半導体で形成される多接合マルチスペクトルコンバータは、最終的には38%という変換効率の壁を打ち破り、近い将来に効率が50%になると見込まれている。導電性結晶層によって直列に接続された3つの接合部を含む上記の3材料コンバータでは、紫外域 (InGaPのバンドギャップ1.9 eVで判断) から可視域 (GaAsのバンドギャップ1.4 eVで判断) を経て赤外域 (Geのバンドギャップ0.65 eVで判断) までの太陽エネルギーを変換することができる。この構造に到達すると、入射太陽光線はまず1.9 eVの光子の大半を変換しながら一番上のInGaP接合部を貫通した後、1.4 eVの光子の大半を変換しながらGaAs接合部を横断して、最終的には0.65 eVの光子の大半を電子と正孔に変換する0.65 eVの接合部に至る。通常、接合部の結晶化度が高くなればなるほど、接合部の組み換えプロセスが少なくなり、これらの電子正孔対によって生成される電流が多くなる。あるいは、接合部の直列抵抗を小さくすることでも電流が増す。要するに、この実用性すなわち接合部の変換効率は主に、接合部の結晶化度と直列抵抗によって決まる。

#### 【0004】

スペクトル範囲が広く、接合部の高結晶化度が格子間でほぼ完璧に一致することが、太陽光変換にInGaP、GaAsおよびGeを選択した主な理由である。この3材料系が成功したことで、これよりも製造コストを抑えられる他の多材料系の探求へとつながった。実際、変換効率が高く製造コストの低いコンバータを探し求めることは、太陽光変換の分野では「至高の目標」である。革新はこうした探求であふれている。J. ウー (J. Wu) によって最近開発され、「Appl. Phys. Lett. 80、3967、(2002年)」で報告されている  $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{N}$  系には、成長時に変化させて紫外域から赤外域までの太陽スペクトル全体をカバーする一連の連続グレードのバンドギャップを得られる組成物「x」が含まれている。これには将来性があるが、実現可能な製造工程にするには分子線エピタキシャル (molecular beam epitaxial) (MBE) 成長にコストがかかりすぎる上、将来的に実現可能な効率的なコンバータにするには接合部の結晶化度が不完全すぎる。

#### 【0005】

##### < 製造 >

接合部の結晶化度については何年にもわたって改善がなされてきたが、コンバータの製造コストはさほど抑えられていない。従来型のコンバータを作るための結晶性材料からなる大きなシートは高コストであり、これが依然として従来型のコンバータの製造コストの高さを左右している。それとは正反対に、コンバータに薄膜および有機シートを用いる場合のコストの低さは魅力的 (M. グリーン (M. Green)、「第3世代の太陽光発電 (Third Generation Photovoltaics)」、シュプリングァー (Springer)、ベルリン (2003年) および S. R. フォルレスト (S. R. Forrest)、Nature、428、911 (2004年) 参照) であるが、効率の低さがゆえに、単位エネルギーの変換コストという観点ではほとんど削減できない。単位エネルギーの変換にあたってコスト効率を増すのに必要なのがコンバータの非常に小さなエリアのみであるという前提で、単位コストを抑えるひとつの方法として、可能な限り結晶化度を高くして作製したソーラーコンバータの小さなエリアに、太陽光を数百倍を超えて集光することがあげられる。こうした太陽光の集光は、薄膜または有機コンバータよりもさらに低コストのプラスチック製フレネルレンズまたは反射体を用いて行うことができる。

10

20

30

40

50

## 【0006】

従来のコンバータは、接合部の厚さ、タイプ、構成、材料、接合部数、冷却機構または太陽光線の入射角に合わせて最適化されたものではないため、集光光線の変換に用いられることはほとんどない。たとえば、米国特許第7,071,407号、米国特許第5,405,453号、米国特許第7,126,052号、米国特許第7,122,734号及び米国特許第6,252,287には、接合部に法線入射する拡散太陽光線だけを変換するように設計された厚さ数マイクロン(μm)の3材料接合部が詳細に開示されている。太陽光の100倍を超える大きさの集光光線のエネルギーをすべて吸収するには、非常に厚い接合部層が必要であるが、従来のプロセスで厚い層を作製するのはコスト効率のよいものではない。

10

## 【0007】

米国特許第4,335,503号、米国特許第4,295,002号、米国特許第4,131,984号及び米国特許第3,969,746号には、接合部に対して平行に入射する集光光線を吸収する複数の接合部を作製するためのV溝技術が開示されている。しかしながら、これらの文献に開示されたコンバータでは接合部の数が少なすぎて、500倍を超える太陽光強度まで集光した光線を利用することはできない。

## 【0008】

米国特許第5,246,506号及び米国特許第4,271,328号には、多結晶性材料および非晶質材料で製造された多くの接合部のスタックが開示されているが、これらは変換効率が低すぎて、数倍よりも多い太陽光強度までの集光をしても有利ではない。

20

## 【0009】

米国特許第6,372,980号、米国特許第6,340,788号及び米国特許第6,174,296号にはそれぞれ、高い結晶秩序(crystal order)のタンデム接合部が開示されているが、いずれも数百倍の太陽光強度の集光を利用してコストを削減するのに合わせた複数の接合部の構成と複数のスペクトル帯域の最適化に欠けている。

## 【0010】

米国特許第4,376,872号には、直列に接続された多くの接合部を有するV溝形の太陽電池が開示されているが、接合部は紫外から赤外スペクトルまでをカバーするよう複数のスペクトル帯域に合わせて最適化されたものではない。

30

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0011】

【特許文献1】米国特許第7,071,407号

【特許文献2】米国特許第5,405,453号

【特許文献3】米国特許第7,126,052号

【特許文献4】米国特許第7,122,734号

【特許文献5】米国特許第6,252,287号

【特許文献6】米国特許第4,335,503号

【特許文献7】米国特許第4,295,002号

40

【特許文献8】米国特許第4,131,984号

【特許文献9】米国特許第3,969,746号

【特許文献10】米国特許第5,246,506号

【特許文献11】米国特許第4,271,328号

【特許文献12】米国特許第6,372,980号

【特許文献13】米国特許第6,340,788号

【特許文献14】米国特許第6,174,296号

【特許文献15】米国特許第4,376,872号

## 【非特許文献】

## 【0012】

50

【非特許文献1】R.マッコネル(R. McConnell)ら、「米国における次世代光起電力技術(Next-Generation Photovoltaic Technologies in the United States)」、第19回欧州PV太陽エネルギー見本市(19th European PV Solar Energy Conference and Exhibition)、パリ、フランス、p1、6月(2004年)

【非特許文献2】Appl. Phys. Lett. 80、3967、(2002年)

【非特許文献3】M.グリーン(M. Green)、「第3世代の太陽光発電(Third Generation Photovoltaics)」、シュプリングー(Springer)、ベルリン(2003年)

【非特許文献4】S. R.フォレスト(S. R. Forrest)、Nature、428、911(2004年)

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

集光された太陽放射とともに使用するための従来技術の多接合マルチスペクトルコンバータは、以下のとおり、スペクトル範囲、接合部厚の最適化、接合部数、接合部構成、太陽光線の入射角、及び低コストでの製造の点で制約がある。

1. スペクトル範囲は、InGaPで1.9eV、GaAsで1.4eV、Geで0.65eVのバンドギャップに限定される。

2. 複数の接合部の厚さは、集光光線のすべての光子を吸収するには不十分な数ミクロン( $\mu\text{m}$ )に限定される。

3. 3材料(InGaP、GaAsおよびGe)コンバータは、3種類の材料に限定される。

4. 多接合コンバータは、3つの接合部に限定される。

5. 多接合コンバータは、限定的な変換効率しか提供できない結晶化度に限定される。

6. 接合部構成は、接合部を順に積層した平坦な構成に制限される。

7. 太陽光線の入射角は、平坦な接合部に対する法線入射に制限される。

8. 太陽光線は、500未満の太陽光の集光に制限される。

9. コンバータを作製する際の製造工程は、低効率の薄膜または有機ソーラーコンバータの大きなシートにおける製造時以外、低コストでの大量生産にあたって制限される。

【0014】

したがって、本発明の目的は、紫外域から赤外域までの太陽スペクトル全体をカバーするための多接合マルチスペクトルコンバータを提供することにある。

【0015】

別の目的は、集光した太陽光線全体を吸収するのに最適な接合部の厚さの多接合マルチスペクトルコンバータを提供することにある。

【0016】

別の目的は、紫外域から赤外域までの太陽スペクトル全体をカバーするのに必要とされるだけの異なる材料を用いた多接合マルチスペクトルコンバータを提供することにある。

【0017】

別の目的は、高い変換効率を達成するのに必要なだけの接合部を有する多接合マルチスペクトルコンバータを提供することにある。

【0018】

別の目的は、接合部の結晶化度が高い変換効率を達成するのに必要なだけの高さの多接合マルチスペクトルコンバータを提供することにある。

【0019】

別の目的は、垂直接合構成にすることで、すべての接合部が同じ量の太陽放射で同時に照射されて高い変換効率達成される多接合マルチスペクトルコンバータを提供することにある。

10

20

30

40

50

## 【0020】

別の目的は、すべての接合部に対して平行に太陽光線が入射して高い変換効率が達成される多接合マルチスペクトルコンバータを提供することにある。

## 【0021】

別の目的は、高い変換効率と単位エネルギーの変換時における低いコストを達成するのに必要なだけの集光太陽光を受光する多接合マルチスペクトルコンバータを提供することにある。

## 【0022】

別の目的は、低コストで大量生産可能な、変換効率の高い多接合マルチスペクトルコンバータを提供することにある。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0023】

本発明は、いくつかの一般的な態様を含み、必要があれば、その各々に本明細書に開示したおよび/または開示していない特徴を含む別の特徴を組み合わせることが可能であり、これらの組み合わせは上記の態様についてのより一層詳細な任意の実施形態を表すものとなる。

## 【0024】

本発明によれば、太陽放射の変換によって電気エネルギーを生成するための多接合マルチスペクトルコンバータであって、それぞれが少なくとも1つのエネルギーバンドギャップに特化したタイプのものであってもよい、1つまたは複数の接合部を含むコンバータが提供される。

## 【0025】

マイクロチップ (microchip) と同様に、変換効率を高めるべく高結晶化度のウエハ (wafer) 基板上に1つの接合部から数千個の接合部まで含むよう加工することができる。各接合部は、高結晶化度の微量ドーパのn層またはp層を挟んだ、薄くて平行な2つの高ドーパの (n<sup>+</sup> および p<sup>+</sup>) 層からなる光起電性接合部のマイクロ構造である。

## 【0026】

処理された各基板から多くのコンバータを得ることができる。異なる基板を、太陽スペクトルの異なる成分に対して感度のある、異なったエネルギーバンドギャップの、異なったコンバータを組み立てるために用いることができる。

## 【0027】

このようにして、いくつかの異なるコンバータを一緒にまとめれば、太陽スペクトルの紫外 (約 2 eV) から赤外 (約 0.65 eV) 成分のエネルギーを変換できるマルチスペクトル感度を有する複合コンバータが形成される。

## 【0028】

本発明では、以下の事項を重視している。(a) 高効率の光起電性接合部の作製。(b) これらの接合部数千個をマイクロチップまたはさいころの形 (die form) での大量生産と、太陽スペクトル全体をカバーするために必要とされるだけの異なるコンバータを一緒にまとめた集光太陽光を変換するための複合コンバータの形成。本発明によれば、数千個の平行な接合部を有するコンバータを、バンドギャップの異なる基板上に低コストで大量生産することができ、これをまとめて、集光太陽光線を低単位エネルギーコストで変換するマルチスペクトルに対応することのできる複合コンバータにすることができる。

## 【0029】

本発明の第1の態様は、太陽電池の少なくとも2つの隣接する層によって、入射する太陽光線を電気に変換するためのソーラーコンバータであって、各層が少なくとも1つの接合部を含み、少なくとも1つの層が、隣接する層と格子整合することを必要とせず少なくとも1つの他の層に結合できるソーラーコンバータである。

## 【0030】

この第1の態様のさまざまな実施形態では、層は、少なくとも1つのエネルギーバンドギ

10

20

30

40

50



ギャップに特化したタイプの接合部を有していてもよい。さまざまな他の実施形態では、層は、少なくとも1つの第1のエネルギーバンドギャップに特化した第1のタイプの接合部と、前記第1のタイプとは異なるエネルギーバンドギャップに特化した少なくとも1つの他のタイプの接合部とを有していてもよい。

【0031】

他の実施形態では、各層が少なくとも10の個別の接合部を含んでもよく、あるいは、少なくとも100の個別の接合部を含んでもよい。さらに他の実施形態では、コンバータは、少なくとも10の多接合層を含んでもよく、あるいは、少なくとも100の多接合層を含んでもよい。さまざまな関連実施形態では、単位面積あたりの接合部密度が、 $1\text{ cm}^2$  当たり少なくとも1000接合部であってもよい。

10

【0032】

特定の実施形態では、接合部を入射太陽光線に対して平行に配置してもよく、これによって、前記入射する太陽光線からのほぼ同じ量の太陽エネルギーで各接合部を照射することができる。他の実施形態では、接合部を電氣的に直列に接続してもよい。

【0033】

いくつかの実施形態では、各層を他のどの層からも独立して個別に加工/作製してもよい。他の実施形態では、第1の層と少なくとも1つの他の層とを異なる基板から加工/作製してもよい。さまざまな他の実施形態では、半導体製造技術または有機的な成長によって接合部を製造することができる。

【0034】

特定の実施形態では、第1の層で少なくとも1つのバンドギャップのエネルギーを捕捉することができるが、一方これよりも低い少なくとも1つのバンドギャップのエネルギーを、第1の層よりも下にある少なくとも1つの層まで通過させることができる。複数のスペクトルの太陽エネルギーを同時に吸収するように、さまざまなレベルの層を積層してもよい。

20

【0035】

この実施形態のさまざまな形態では、紫外、可視、赤外および遠赤外スペクトルの太陽エネルギーを変換するために、接合部が、少なくとも $1.8\text{ eV}$ 、 $1.4\text{ eV}$ 、 $1.1\text{ eV}$ 、および/または $0.6\text{ eV}$ のバンドギャップを有するものであってもよい。半導体基板上で加工する場合、この基板は、ダイヤモンド、GaP、AlAs、InGaP、GaAs、Si、Ge、InGaAsおよびInAsを含んでもよい。

30

【0036】

本発明の別の実施形態では、光起電接合部は、垂直なまたは傾斜した壁を含んでもよい。この実施形態の一形態では、1つの壁を $n^+$ 型のキャリア(carrier)でドーピングし、他の壁を $p^+$ 型のキャリアでドーピングすることができる。関連した形態では、これらの壁で挟まれた領域を $n$ 型または $p^+$ 型のキャリアでドーピングしてもよい。さらに他の関連形態では、第1の壁および/または第2の壁が、入射する太陽光線に対して垂直であってもよく、および/または接合部の層の名目上の平面(nominal plane)に対して垂直であってもよい。

【0037】

コンバータは、接合部領域内で均一な高電場と電子正孔対の均一な生成の発生を可能にするように、平行な接合部を形成するための垂直壁を有してもよく、あるいは、単純なインプラント(implant)を容易に実施して複数の厚い接合部を形成するとともに放射冷却用の金属接触を提供できるように、傾斜壁を有してもよい。

40

【0038】

さまざまな他の実施形態では、入射する太陽光線によって接合部で生成される少数キャリアの拡散距離よりも接合部の幅のほうが狭くてもよい。特定の形態では、高電界が接合部の幅全体に延在してもよく、領域全体に延在してもよい。他の特定の形態では、第1の接合部と少なくとも1つの他の接合部とが同一幅であってもよく、異なる幅であってもよい。さまざまな関連形態では、第1の層と少なくとも1つの他の層とが同じ厚さであってもよく、異なる厚さであってもよい。

50

## 【0039】

この第1の態様の特定の実施形態では、複合コンバータは少なくとも2つのコンバータで構成されるものであってもよく、このコンバータは、少なくとも2つのバンドギャップが同時に変換されるように積層されている。

## 【0040】

この実施形態の特定の形態では、各コンバータは、特定のエネルギーバンドギャップに合わせて最適化された接合部の幅を有してもよい。異なるコンバータは異なる接合部の幅を有することができ、それにより変換効率を最大にすることができる。

## 【0041】

他の形態では、少なくとも2つのコンバータが、最も高いバンドギャップから最も低いものの順に最前部から最後部まで整列配置されていてもよく、最前部のコンバータで変換されなかった太陽光線は干渉されることなく後続のコンバータで変換されるよう横断する。

10

## 【0042】

この実施形態のさまざまな形態では、複合コンバータを構成するコンバータを電氣的に直列に接続することができ、これによってコンバータ電圧が加算的になる。さらに他の形態では、各コンバータの熱膨張率の相違により複合コンバータの配置がずれることがないように、複合コンバータを構成するコンバータをそれぞれ隣接するコンバータとゆるく結合してもよい。

## 【0043】

特定の形態では、複合コンバータの各コンバータをファブリ・ペローキャビティ (Fabry-Perot cavity) によってそれぞれの隣接するコンバータから分離することができ、入射太陽光線は特定のスペクトル波長で複数回反射する。この実施形態の特定の形態では、ファブリ・ペローキャビティは、酸化ケイ素の層の厚さによって決まるキャビティ間隔を有することができる。特定の他の形態では、各コンバータでの特定の太陽エネルギー吸収を最大にするために酸化ケイ素層の厚さを変えてもよく、それによって、太陽光線の総吸収量が最大になるであろう。

20

## 【0044】

他の形態では、複合コンバータはさらに、複合コンバータと密に一体化された少なくとも1つのラジエータを含んでもよく、これによって、複合コンバータは、太陽光の複数倍で照射された際に、250 未満の温度に維持される。さまざまな関連した形態では、ラジエータは受動的および/または能動的冷却を含んでもよい。

30

## 【0045】

別の実施形態では、集光した太陽光線を変換するのに複合コンバータを用いるとき、太陽光線をコンバータに集束させる低コストの大型フレネルレンズと一体化してもよい。このように集束させる場合、太陽光線は、複数の太陽光に等しい強度を有することができる。

## 【0046】

さまざまな実施形態では、複合コンバータは、任意の数の任意のタイプのコンバータを含んでもよく、これによって、太陽光変換での用途に合った所望のスペクトル特性を得ることができる。例えば；

40

- ・衛星で使用する場合、宇宙空間に多い紫外エネルギーをより多く捕捉するためのバンドギャップの広いコンバータを有する複合コンバータ。

- ・航空機で使用する場合、他の所から発せられる He / Ne レーザを変換するための GaAs コンバータのみを有する複合コンバータ。

- ・遠隔センサで使用する場合、航空機から発せられるネオジウムレーザーエネルギー (Neodymium laser energy) を変換するための Ge コンバータを有する複合コンバータ。

- ・ノートブックコンピュータで使用する場合、拡散太陽エネルギーを変換するための3つの異なる接合部 (InGaP、GaAs および Ge) を有する複合コンバータ。

50

## 【0047】

本発明の第2の態様は、基板のエネルギーバンドギャップに適した厚さまで基板を薄くし、この基板を、コンバータを形成する複数のさいころ形に区切り、標準的なフォトリソグラフィを用いて基板上に材料トレンチを形成し、トレンチ壁をインプラントして基板上に $n^+ - n - p^+$ 多重接合を形成し、インプラントした壁の上に金属層をデポジットし、真空吸引によって壁を崩壊させ、共晶温度まで加熱して壁を結合してコンバータを形成し、複合コンバータを形成するだけの数の異なるエネルギーコンバータを組み立て、さらに、熱放射体を複合コンバータに取り付けることを含む、コンバータの製造方法である。この実施形態の特定の形態では、フレネルレンズを付加してシステムの効率を高めるようにしてもよい。

10

## 【0048】

本発明の第3の態様は、基板のエネルギーバンドギャップに適した厚さまで基板を薄くし、この基板を $p^+$ ドープ層にインプラントし、共晶金属薄層をデポジットし、基板を別のガラスホルダに移して基板の反対側を露出させ、この第2の側を $n^+$ ドープ層にインプラントし、金属薄層をデポジットし、基板を複数のさいころ形に区切り、ガラスキャリアからさいころ形を取り外し、複合コンバータを形成するだけの数の異なるエネルギーコンバータを組み立て、さらに、熱放射体を複合コンバータに取り付けることを含む、コンバータの製造方法を含む。この実施形態の特定の形態では、フレネルレンズを付加してシステムの効率を高めるようにしてもよい。

20

## 【0049】

別の実施形態は、基板のエネルギーバンドギャップに適した厚さまで基板を薄くし、この基板を、コンバータを形成する複数のさいころ形に区切り、標準的なフォトリソグラフィを用いて基板上に材料トレンチを形成し、トレンチ壁をインプラントして基板上に $n^+ - n - p^+$ 多重接合を形成し、インプラントした壁の上に金属層をデポジットし、プレストレッチしたエラストマーキャリア上に基板を移し、エラストマーキャリアのプレストレッチを解放して壁を崩壊させ、共晶温度まで加熱して壁を結合してコンバータを形成し、複合コンバータを形成するだけの数の異なるエネルギーコンバータを組み立て、さらに、熱放射体を複合コンバータに取り付けることを含む、コンバータの製造方法である。この実施形態の特定の形態では、フレネルレンズを付加してシステムの効率を高めるようにしてもよい。

30

## 【0050】

さらに別の実施形態は、基板のエネルギーバンドギャップにふさわしい厚さまで基板を薄くし、この基板を、コンバータを形成する複数のさいころ形に区切り、標準的なフォトリソグラフィを用いて基板上にV溝の材料トレンチを形成し、V溝のトレンチ壁をインプラントして基板上に $n^+ - n - p^+$ 多重接合を形成し、インプラントした壁の上に金属層をデポジットし、インプラントした壁を電気めっきして放熱冷却器との熱的接触を形成し、複合コンバータを形成するだけの数の異なるエネルギーコンバータを組み立て、熱放射体を複合コンバータに取り付けることを含む、コンバータの製造方法である。この実施形態の特定の形態では、フレネルレンズを付加してシステムの効率を高めるようにしてもよい。

40

## 【0051】

さらに別の実施形態は、約数マイクロン( $\mu\text{m}$ )厚のシリコンエピ層を含むシリコン・オン・インシュレータ(*silicon-on-insulator*)(SOI)基板から開始し、有機金属化学的気相成長法(MOCVD)によってエピ層の上に格子マッチング用のSiGeのバッファ層を成長させ、MOCVDによってSiGe層の上に約0.01マイクロン( $\mu\text{m}$ )厚で $n^+$ 型の層を成長させ、MOCVDによって $n^+$ 型層の上に $n$ 型層を成長させて約5マイクロン( $\mu\text{m}$ )厚の $n$ 型接合領域を形成し、MOCVDによって $n$ 型接合領域の $n$ 型層の上に約0.01マイクロン( $\mu\text{m}$ )厚の $p^+$ 型層を成長させて $n^+ - n - p^+$ 接合を形成し、すべてのMOCVD成長を繰り返して20の $n^+ - n - p^+$ 接合を積層したものを総厚約100マイクロン( $\mu\text{m}$ )で形成し、共晶金属層をデポジットし、この基板を、それぞれが20の接合部を含むコンバータを形成する複数のさいころ形に区切

50

り、さいころ形をキャリアに近い側にして基板をプラスチックキャリアに接合し、さいころ形をプラスチックキャリアに付着したまま酸化ケイ素をエッチングしてシリコン基板をSOI基板から除去し、Siエピ層およびSiGe層をプラスチックキャリア上のさいころ形から除去し、共晶層をダイにデポジットし、余分な共晶金属層をさいころ形のエッジから除去し、さいころ形をプラスチックキャリアから取り外し、50のダイを順に重ねて一緒にまとめて1,000の接合部からなるスタックを形成し、このスタックを270まで加熱してスタック内に共晶結合を形成し、MOCVDで成長させた、異なる半導体(例えばGaP、InGaP、GaAs、SiおよびGe)について上記のステップを繰り返して異なるエネルギーのコンバータを形成し、異なるエネルギーのコンバータをまとめて複合コンバータを形成し、熱放射体を複合コンバータに取り付けることを含む、コンバータの製造方法である。こうして、複合体は、フレネルレンズと一緒に組み立てて変換システムにすることができる状態になる。

10

#### 【0052】

この態様のさまざまな実施形態では、基板は、ダイヤモンド、SiC、AlAs、GaP、AlAs、InGaP、GaAs、Si、Ge、InGaAs、およびInAsであってもよい。

#### 【発明の効果】

#### 【0053】

利点についての以下の説明は、本発明の範囲を限定したり、あるいは、本発明のあらゆる形態が以下の利点をすべて有すると示唆したりすることを意図したものではない。本明細書の残りの部分から明らかなように、本発明は、さまざまな特徴を提供するものである。これらの特徴を異なる組み合わせで併用することも可能である。こうした異なる組み合わせを実施形態と呼ぶ。ほとんどの実施形態は、ここに開示した特徴をすべて含むものではない。単純な実施形態の中には、これらの特徴のうち極めて限られたものだけを含み得るものもある。こうした実施形態は、以下に述べる利点のうちただ1つまたはほんの数個を含むかもしれない。他の好ましい実施形態では、これらの特徴のうちさらに多くを組み合わせ、以下の利点のうちさらに多くを反映するであろう。これらの特徴の多くを取り入れた特に好ましい実施形態は、これらの利点のすべてではないにしてもほとんどを有することになる。さらに、本発明の特定の実施形態に固有のものであるが本明細書には開示していない別の利点も、本発明を実施または慎重に検討した者にとっては明らかとなるであろう。

20

30

#### 【0054】

本発明の上記の目的および他の目的は、本明細書に記載のコンバータ装置およびシステムによって達成されて、従来のソーラーコンバータや、太陽発電所、地域共同体の太陽エネルギー変換、家庭用太陽エネルギー発電機、商業ビル用の太陽発電機、工業プラントおよび自動車車両、さらには、例えば携帯電話、PC、ノートブックおよびPDAなどの携帯用電子機器の太陽発電機といった分野でのそのようなコンバータを用いる際に内在する課題を解決する。

#### 【0055】

特に、多接合マルチスペクトルコンバータは、その性質上、可能な限り変換効率を高めるための、製造に結晶性が最高の材料を少量しか必要としない小さな小型装置である。したがって、第1の利点のうちの一つは、単純な従来式のマイクロエレクトロニクスプロセスで、単結晶ウエハ基板上にコンバータがコスト効率よく大量に製造されることである。

40

#### 【0056】

次の利点は、結晶基板上に製造された内部量子効率が最も高い接合部を千を超える数で含む点である。この多接合構造には、高い変換効率の達成に対して、コンバータの直列抵抗の数に対する許容度が大きいという利点がある。

#### 【0057】

第3の利点は、エネルギーバンドギャップの範囲が約3.5 eVから約0.2 eVのどの

50

ような結晶基板上でも、紫外から赤外に及ぶ太陽スペクトルの異なる部分に対して、異なる分光感度特性を持つコンバータを得るために、同じプロセスを用いてコンバータを製造することができることにある。このことは、エネルギーの異なるコンバータ（3材料コンバータの場合のようなちょうど3つだけではない）を必要なだけ多くまとめて、紫外から赤外までの太陽光線のエネルギー成分全体を変換できる複合コンバータとして組み立てることに繋がる。

【0058】

第4の利点は、すべての接合部が同じ日射強度で同時に照射されて高い変換効率を達成する、コンバータの垂直接合構造である。これは、高い変換効率を達成するためにすべての接合部に平行に太陽光線が入射することの利点に繋がる。

10

【0059】

第5の利点は、単位エネルギーの変換当たりの高い変換効率および低コストを達成するのに必要な、できるだけ多くの集光太陽光をコンバータで受光できることにある。

【0060】

第6の利点は、単純な処理ステップ、結合方法および組立手順で、変換効率の高い複合（多接合、マルチスペクトルの）コンバータを低コストで大量生産できることであり、それらはいずれも商業化が可能である。この利点がゆえに、化石燃料設備を設置する場合に匹敵する大きな規模で太陽光変換設備を設置する際の単位コストが抑えられる。

【図面の簡単な説明】

【0061】

20

【図1】多接合コンバータ100と垂直壁を有する光起電接合部110とを含む垂直壁を有する多接合コンバータを示す。

【図2】多接合コンバータ100と傾斜壁を有する光起電接合部160とを含む傾斜壁を有する多接合コンバータを示す。

【図3】垂直壁を有する光起電接合部110と、そのエネルギーバンド図200とを含む垂直壁を有する光起電接合部を示す。

【図4】傾斜壁を有する光起電接合部160と、そのエネルギーバンド図200とを含む傾斜壁を有する光起電接合部を示す。

【図5】垂直接合部110を有する立体の多接合コンバータ100と、そのエネルギーバンド図260とを含む垂直壁を有する多接合コンバータの立体図である。

30

【図6】傾斜接合部160を有する立体の多接合コンバータ100と、そのエネルギーバンド図260とを含む傾斜壁を有する多接合コンバータの立体図である。

【図7】半導体GaP310、InGaP320、GaAs330、Si340、Ge350の分光感度特性および波長に対して太陽スペクトル300を示したプロットを含む太陽スペクトルグラフである。

【図8】GaP410コンバータ、InGaP420コンバータ、GaAs430コンバータ、Si440コンバータ、Ge450コンバータを有する複合コンバータ400を含む複合コンバータを示す。

【図9】電子-正孔対生成率対異なるコンバータのコンバータ表面からの距離のグラフ（410～450）を含むコンバータタイプに対するキャリア生成を示す。

40

【図10】結晶基板500上に製造されたコンバータ100を含む、結晶基板上に製造されたコンバータを示す。

【図11】インプラントによって形成された垂直壁を有するコンバータ100を含む垂直壁をインプラントして製造されたコンバータを示す。

【図12】インプラントによって垂直壁を有するコンバータ100を製造するためのリグ600を含む垂直壁を有するコンバータを製造するためのリグを示す。

【図13】垂直壁同士を融合させてコンバータ100を形成するための脱気リグ600を含むコンバータ形成用の脱気リグを示す。

【図14】インプラントによって形成された傾斜壁を有するコンバータ100を含む傾斜壁をインプラントして製造されたコンバータを示す。

50

【図15】複合コンバータ400およびラジエータ800を含むラジエータを有する複合コンバータを示す。

【図16】複合コンバータ400、ラジエータ800、フレネルレンズ900を含むフレネルレンズと一体化された複合コンバータを示す。

【発明を実施するための形態】

【0062】

<図1：垂直壁を有する多接合コンバータ>

図1は、垂直壁を有する多接合コンバータ100の2次元図であり、3つの光起電接合部110を示す。このコンバータは、それぞれが高ドープ $n^+$ 層120と高ドープ $p^+$ 層140とで高結晶性 $n$ 層130を挟んで形成された同一の接合部110を、千を超える数で並列に含むことができる。

10

【0063】

<図2：傾斜壁を有する多接合コンバータ>

図2は、傾斜壁を有する多接合コンバータ100の2次元図であり、3つの光起電接合部160を示す。このコンバータは、それぞれが高ドープ $n^+$ 層120と高ドープ $p^+$ 層140とで高結晶性 $n$ 層130を挟んで形成された同一の接合部160を、千を超える数で含むことができる。

【0064】

<図3：垂直壁を有する光起電接合部>

図3は、高ドープ $n^+$ 層120と高結晶性 $n$ 層130と高ドープ $p^+$ 領域140とが、共晶の、または従来型の導電性金属であってもよい、2つの金属層150の間に挟まれて構成された、垂直壁を有する単一の光起電接合部110を詳細に示した図である。

20

【0065】

また、同図には、入射太陽光線210が電子220および正孔230を生成することを示す、接合部110に対応するエネルギーバンドダイヤグラム200も示してある。

【0066】

<図4：傾斜壁を有する光起電接合部>

図4は、高ドープ $n^+$ 層120と高結晶性 $n$ 層130と高ドープ $p^+$ 領域140とが、共晶の、または従来型の導電性金属であってもよい、2つの金属層150の間に挟まれて構成された、傾斜壁を有する単一の光起電接合部160を詳細に示した図である。

30

【0067】

また、同図には、入射太陽光線210が電子220および正孔230を生成することを示す、接合部160に対応するエネルギーバンドダイヤグラム200も示してある。

【0068】

本発明では、製造に用いる基板のタイプに応じて、垂直接合と傾斜接合のどちらでも利用して多接合コンバータを形成する。たとえば、Si基板を用いる場合には、傾斜壁のためのV溝をSi表面のエッチングで容易に形成できるため、単に傾斜壁をインプラントするだけで容易に傾斜接合を作ることができる。また、GaP基板、InGaP基板、GaAs基板、Ge基板を用いる場合には、垂直壁のインプラントを利用する。実際のところ、どのような基板でも傾斜壁のインプラントを行わずに垂直壁のインプラントを利用することができる。インプラントにV溝を用いると、垂直壁にインプラントする場合よりも準備の工程が少なくすむが、それ以外はどちらのタイプの壁のインプラントも容易である。

40

【0069】

<図5：垂直壁を有する多接合コンバータの立体図>

図5は、垂直壁を有する多接合コンバータ100の詳細な立体図であり、垂直接合部110、高ドープ $n^+$ 層120、低ドープ $n$ 接合部層130、高ドープ $p^+$ 層140、及び金属接続層150の、異なる層の相対厚さを示す。また、同図には、多接合コンバータ100に対応するエネルギーバンドダイヤグラム260も示してある。

【0070】

50

## &lt; 図 6 : 傾斜壁を有する多接合コンバータの立体図 &gt;

図 6 は、傾斜壁を有する多接合コンバータ 100 の詳細な立体図であり、傾斜接合部 160、高ドープ  $n^+$  層 120、低ドープ  $n$  接合部層 130、高ドープ  $p^+$  層 140、及び金属接続層 150 の、異なる層の相対厚さを示す。また、同図には、多接合コンバータ 100 に対応するエネルギーバンドダイアグラム 260 も示してある。

【0071】

## &lt; 図 7 : 太陽スペクトルグラフ &gt;

図 7 は、マルチスペクトルコンバータ 100 に集光した太陽スペクトル 300 の、波長に対する分光放射照度のプロットであり、GaP 310 基板、InGaP 320 基板、GaAs 330 基板、Si 340 基板と、Ge 350 基板上に作られた、異なるコンバータの分光感度特性が重なっている。エネルギー応答の異なるこれらの 5 つのコンバータは、これらのコンバータで変換されない太陽エネルギーを極めてわずかしき残さずに、紫外から赤外までの太陽スペクトルの全エネルギー成分を変換している。

10

【0072】

## &lt; 図 8 : 複合コンバータ &gt;

図 8 は、電氣的に直列に接続されて電圧が加算的な、数千接合の複合コンバータ 400 を形成している、GaP コンバータ 410、InGaP コンバータ 420、GaAs コンバータ 430、Si コンバータ 440、Ge コンバータ 450 を有する複合コンバータ 400 である。同図には、ワイヤボンド 460 および外部負荷 470 も示してある。

【0073】

20

## &lt; 図 9 : キャリア生成とコンバータタイプの関係 &gt;

図 9 は、高エネルギーバンドギャップコンバータでは、その厚さを、エネルギー光子の大半を電子 - 正孔対に変換するために大きくする必要がない旨を示している、電子 - 正孔対の生成率対異なるコンバータのコンバータ表面からの距離のグラフを示す。ただし、低活性の光子を変換する場合は、低エネルギーバンドギャップコンバータ (Si コンバータ 440 および Ge コンバータ 450 など) は、GaP 410、InGaP 420、及び GaAs 430 の場合よりもかなり厚くしなければならなかった。

【0074】

## &lt; 図 10 : 結晶基板上に組み立てられたコンバータ &gt;

図 10 は、結晶基板 ウエハ 500 上に組み立てられた多接合コンバータ 100 のバッチ (batch) を示す。これらのコンバータ 100 は、ストリート (street) 510 およびアベニュー (avenue) 520 で、従来のフォトリソグラフィによって、複合コンバータ 400 に組み立てるのに適したサイズに完全に区切られている。

30

【0075】

## &lt; 図 11 : 垂直壁をインプラントして製造されたコンバータ &gt;

図 11 は、2 つのインプラント 570 および 580 をサポートするために、材料のアイランド部 530 とトレンチ 540 とをエッチングしてどのように光起電接合部 110 の垂直壁を作製するかを示す。同図には、トレンチの深さ 550 と幅 560 も示してある。

【0076】

背の高い壁 (例えば Si 440 コンバータや Ge 450 コンバータの壁など) をインプラントする必要がある場合、トレンチの背の高い壁を容易にインプラントできるようにするためには、トレンチを広く作らなければならない。GaP コンバータ、InGaP コンバータ、GaAs コンバータ (410、420、及び 430) の壁を高くする (10 ミクロン ( $\mu\text{m}$ ) 以下で十分であろう) が必要ない場合、従来のフォトリソグラフィを容易に利用して通常のインプラントの用意をすることができる。

40

【0077】

## &lt; 図 12 : 垂直壁を作製するためのリグ &gt;

図 12 は、リング 630 を用いて処理済みウエハ 500 を封入する金属板 610 とガラス製カバープレート 620 とで形成された特別なリグ固定具 (rig fixture) 600 を示す。ガラス基板 590 上の区切られたコンバータ 100 を含む処理済みウエ

50

ハ 5 0 0 を、溶剤 6 4 0 とそれに続いて封入されたウエハに導入されるすすぎ水で洗浄し、エッチング後の接合部 1 1 0 を解放する。

【 0 0 7 8 】

< 図 1 3 : コンバータ形成用の脱気リグ >

図 1 3 は、接合部の壁を接触させたままエッチング後の接合部 1 1 0 をすべて融合させるために、真空排出口 6 2 0 を介して溶剤 6 4 0 とすすぎ水をすべて吸い出して脱気される特別なリグ固定具 6 0 0 を示す。

【 0 0 7 9 】

< 図 1 4 : 傾斜壁をインプラントして製造されたコンバータ >

図 1 4 は、図 1 1 に示すようなトレンチを使用する必要なく壁のインプラント 7 6 0 および 7 7 0 を可能にするよう、Si 基板にエッチングされてコンバータ 1 0 0 の傾斜壁を形成する V 溝を示す。この傾斜壁構成は、Si 基板の上にコンバータを製造する場合のみのものである。同図には、材料の高さ 7 3 0 と V 溝の幅 7 4 0 も示してある。

10

【 0 0 8 0 】

< 図 1 5 : ラジエータを有する複合コンバータ >

図 1 5 は、ラジエータ 8 0 0 と統合された複合コンバータ 4 0 0 を詳細に示し、金属板 8 1 0 によってコンバータ 4 0 0 をラジエータフィン 8 2 0 に統合してコンバータからの熱を空間に放出することを示している。

【 0 0 8 1 】

< 図 1 6 : フレネルレンズと一体化された複合コンバータ >

図 1 6 は、複合コンバータ 4 0 0 と、ラジエータ 8 0 0 と、太陽光線 9 1 0 をコンバータ 4 0 0 に集光するフレネルレンズ 9 0 0 とを示す。

20

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 8 2 】

< 多接合コンバータ 1 0 0 >

図 1 ~ 図 5 に示されるように、多接合コンバータ 1 0 0 は、それぞれが高ドープ ( $10^{19} / \text{cm}^3$ ) の  $n^+$  半導体層 1 2 0 と、高結晶化度で低ドープ ( $10^{16} / \text{cm}^3$ ) の  $n$  型半導体層 1 3 0 と、高ドープ ( $10^{19} / \text{cm}^3$ ) の  $p^+$  半導体層 1 4 0 とで製造された、千から数千の光起電接合部 1 1 0 を含んでもよい。隣接する  $n^+$  層と  $p^+$  層との間に薄い金属層または共晶金属層 1 5 0 を形成し、コンバータ 1 0 0 の全体としての直列抵抗を低減する。

30

【 0 0 8 3 】

好ましい実施形態では、図 1 および図 5 から推察できるように、すべての接合部 1 1 0 を並列に配置し、電氣的に直列に接続して接合部の電圧が加算的になるようにして、多接合コンバータ 1 0 0 を製造する。

【 0 0 8 4 】

この好ましい実施形態の第 1 の要素は、多接合コンバータ 1 0 0 の接合領域およびドープ層が、コンバータの初期製造に伴う高コストという犠牲を払ってでも、可能な限り最高の内部量子効率になるように結晶秩序が最も高いという点である。この分野での専門家および熟練者には明らかなように、高量子効率に起因する高い変換効率はエネルギー変換における最終的な単位コストの低さにつながるであろう。

40

【 0 0 8 5 】

この好ましい実施形態の第 2 の要素は、集束された太陽光線を合焦できる  $1 \text{ cm} \times 1 \text{ cm}$  のマイクロチップ (またはさいころ形) 構成の中のコンバータ 1 0 0 に千を超える平行な接合部が製造される点である。この分野での専門家および熟練者には明らかなように、こうした構成を用いると高価なウエハが製造に効率的に利用され、かつ、高い変換効率を達成するためのコンバータ 1 0 0 における直列抵抗の低さに対する要件がゆるくなる。これは、高い変換効率を維持するにはコンバータの低い電流で十分だからである。

【 0 0 8 6 】

この好ましい実施形態の第 3 の要素は、図 7 に示すように、紫外域から赤外域までの太

50



陽スペクトル全体をカバーするのにバンドギャップの違った、異なる半導体基板を用いてコンバータ100を作製でき、半導体GaP410、InGaP420、GaAs430、Si440、Ge450を用いる5つのコンバータを含む真のマルチスペクトルコンバータ400を構成できる点である。

【0087】

この好ましい実施形態の第4の要素は、従来型のフォトリソグラフィを用いるコスト効率的な製造方法につながる、垂直壁を有するコンバータまたは傾斜壁を有するコンバータのいずれかで従来のインプラントを用いてコンバータ100を作製する点である。

【0088】

<光起電接合部110>

本発明の光起電接合部は、垂直壁光起電接合部110または傾斜壁光起電接合部160として作製できるものであり、図3および図4に示すようにいずれも同一のエネルギーバンドギャップダイヤグラム200を有する。これらの接合部(110および160)のドーピング構造も同一である。これは、 $n^+$ ドープ層と $p^+$ ドープ層とで $n$ ドープ層を挟んで作製される $n^+ - n - p^+$ である。いずれの層も結晶化度が最も高いものである。

【0089】

この接合構造の第1の要素は、 $n^+ - n - p^+$ 構造の $n$ 層での少数キャリア(正孔)拡散距離が $n^+ - p - p^+$ 構造の $p$ 層での少数キャリア(電子)拡散距離よりもかなり短い場合ですら、 $n^+ - p - p^+$ 構造よりも $n^+ - n - p^+$ 構造のほうが表面の再結合はるかに少ないため、量子効率が高いことにある。

【0090】

この接合構造の第2の要素は、その量子効率が、 $n$ 層の少数キャリア(正孔)拡散距離よりもかなり狭い約10ミクロン( $\mu m$ )という $n^+ - n - p^+$ 構造の $n$ 層130の幅でさらに高められることにある。また、このように $n$ 層130の幅が狭いがゆえに、コンバータ100の所望の直線寸法である長さ1cm以内に千を超える接合部を作製することができる。

【0091】

この接合構造の第3の要素は、その $n^+$ 層および $p^+$ 層が商業的なインプラントによって厚さ100オングストローム以下まで容易に作製されることにある。

【0092】

この接合部構造の第4の要素は、接合部の高電場領域が $n$ 層130の幅全体にわたって延在し、プロセスでの量子効率が高まることにある。

【0093】

<複合コンバータ400>

太陽のスペクトル300では、波長に対して太陽放射照強度をプロットした図7に示すように、ソーラーパワーの98%以上が紫外から赤外までのスペクトル領域に入る。たとえばSi基板340で作製されたコンバータのように、コンバータ100を1つしか使用しないと、太陽スペクトル全体300から出るすべてのソーラーパワーを変換することはできないであろう。図7から、太陽から発せられるすべてのソーラーパワーを変換するには、紫外から赤外スペクトルでの5つの異なるスペクトル領域に应答する5つのコンバータが必要であることが明らかに分かる。

【0094】

このマルチスペクトルコンバータ400の第1の要素は、これをバンドギャップの違った、異なる半導体基板で作製して、図7に示すような紫外域から赤外域までの太陽スペクトル全体をカバーして、図8に示すように半導体GaP410、InGaP420、GaAs430、Si440、Ge450を用いた5つの(またはそれよりも多い)コンバータを含む真のマルチスペクトルコンバータ400の構成を可能にすることができる点にある。

【0095】

このマルチスペクトルコンバータ400の第2の要素は、5つのコンバータすなわちG

10

20

30

40

50

a P 4 1 0、I n G a P 4 2 0、G a A s 4 3 0、S i 4 4 0、G e 4 5 0 がいずれも、同一の  $n^+ - n - p^+$  構造と同一の製造工程で作製されることにある。

【0096】

このマルチスペクトルコンバータ400の第3の要素は、5つのコンバータすなわち G a P 4 1 0、I n G a P 4 2 0、G a A s 4 3 0、S i 4 4 0、G e 4 5 0 がいずれも、結晶化度が最も高い市販の基板を用いて作製されることにある。

【0097】

このマルチスペクトルコンバータ400の第4の要素は、5つのコンバータすなわち G a P 4 1 0、I n G a P 4 2 0、G a A s 4 3 0、S i 4 4 0、G e 4 5 0 がいずれも、組み合わせ変換効率を現在の39%よりも大きくできることにある。

【0098】

< 複合コンバータ400の組成 >

図8に示す複合コンバータ400の組成は、半導体 G a P 4 1 0、I n G a P 4 2 0、G a A s 4 3 0、S i 4 4 0、G e 4 5 0 を用いた、5つまたはこれよりも多いコンバータを含む。多くの他の半導体タイプを利用して太陽スペクトル全体をカバーすることができ、これらの半導体を図5および図6に示したものと同一多接合コンバータ100に容易に作製できることは、この分野で経験のある人にとっては明らかである。さらに、上述したものに加えてどのような半導体を用いても図3および図4に示したものと同一光起電接合部110も作製できよう。

【0099】

複合コンバータ400の組成の第1の要素は、コンバータをいくつでも直列接続して複合コンバータ400を形成してもよい点である。

【0100】

複合コンバータ400の組成の第2の要素は、図8に示すように、エネルギーバンドギャップの違った、異なるコンバータをすべて、各コンバータの端で単純なワイヤボンディング460で接続することにある。単純なワイヤボンディングはまた、複合コンバータ400を外部負荷470に接続するのにも用いられる。

【0101】

複合コンバータ400の組成の第3の要素は、最も広いバンドギャップコンバータである G a P 4 1 0 を最前部の位置に実装して太陽光線を最初に受光し、最も低い ( l o w e s t ) バンドギャップコンバータである G e 4 5 0 を最後部に実装する点にある。このような異なるコンバータの配置は、G a P コンバータ410がまず、図9に示すように一番貫通し難い放射である紫外太陽エネルギーを変換し、より貫通し易い赤外線を最後部の G e コンバータ450までさらに貫通させてから電気エネルギーに変換するように最適化されている。このように、太陽光線が複合コンバータ構造400を横切る際に1つのコンバータがもうひとつのコンバータに干渉することなく、異なる波長のすべての太陽エネルギーが効率的に変換されることになる。

【0102】

複合コンバータ400の組成の第4の要素は、図9に示すように、各コンバータタイプの入射方向での厚さが、コンバータ表面からの入射距離に対する電子正孔生成率に基づいて最適化されることにある。よって、G a P コンバータ410が最も薄く(約5ミクロン(μm)で十分であろう)、G e コンバータ450が最も厚い(約100ミクロン(μm)で十分であろう)。他のコンバータの厚さは、これらの厚さ限界の間になる。

【0103】

複合コンバータ400の組成の第5の要素は、周囲温度よりも高い温度での熱膨張率の相違により複合コンバータ400の配置がゆがむことがないように、隣接するコンバータがしっかりと結合されてはいない点にある。コンバータに用いる、異なる材料の膨張率が、温度に対してかなり違うため、これは極めて重要である。

【0104】

複合コンバータ400の組成の第6の要素は、隣接するコンバータの隣り合った表面が

10

20

30

40

50

平行なファブリ・ペローミラーとして機能する状態で、隣接するコンバータがSi酸化物の薄い層によって分離されて非対称のファブリ・ペローキャビティを形成している点である。酸化物の厚さを適切にすると、前側のコンバータのバンドギャップに対応する波長の増加的干渉が発生させられ、キャビティ内でその波長での複数の反射が生じる。この状況は、隣接するコンバータ内でのこの波長での太陽光線の吸収を最大にするため、結果としてさらに薄いコンバータを用いて複合コンバータ400を構成することになる。これは、一方では高価な結晶性材料をよりよく活用する上で重要であり、他方では、薄い層しか必要としないため、コンバータ壁のインプラントを単純化する上で重要である。

#### 【0105】

複合コンバータ400の組成の第7の要素は、紫外から赤外までのスペクトルの太陽エネルギー全体を変換するのに、バンドギャップの異なるコンバータがもっと多く必要になった場合、さらに多くのコンバータを単純に平行に追加して複合コンバータを形成してもよい。各コンバータの高さが厚い必要がない点にある。

10

#### 【0106】

##### <ラジエータと一体化された複合コンバータ>

太陽光線を複合コンバータ400に集光すると、その温度が上昇して変換効率が変わることになり、千を超える太陽光強度をコンバータに集光すると、冷却しない限りコンバータが破壊されてしまう。適切なレベルまで冷却を提供するコストを保つために、本発明者らの好ましい実施形態は、図14に示すように金属板810をインタフェースとして用いて複合コンバータと密に一体化された金属ラジエータ800を有する。

20

#### 【0107】

ラジエータ800の第1の要素は、複合コンバータの維持する必要がある温度に応じて、そのラジエータフィン820を、コンバータからの熱を大気中に発散させるのに必要な数と大きさで作製できる点にある。一般に、現場に容易に設置できるよう携帯式になっている小型のラジエータを用いて、200未満の温度を保つことができる。

#### 【0108】

##### <複合コンバータの能動的冷却>

別の好ましい実施形態では、複合コンバータ400を用いて、大きな反射体により集光した数千倍の太陽光強度を数キロワットの電力に変換する。この状況では、循環用の冷却材を用いた能動的冷却が必要になる。これには、図14に示すような冷却材循環用の管を単にラジエータ600に直接取り付ければよい。適度な能動的冷却には、水を循環させるだけで十分であろう。かなりの能動的冷却をするのであれば、液体窒素を循環させる必要があることもある。この場合は、複合コンバータを真空ジャケット内に封入して水の凝縮を防止しなければならない。

30

#### 【0109】

##### <太陽の集光>

複合コンバータ400を用いる最もコスト効率のよい方法は、これを大きくて低コストのプラスチックフレネルレンズ900と一体化することである。このレンズは、図15に示すように太陽光線910をコンバータ400に集束する。使用するフレネルレンズのサイズは、変換効率が悪化しはじめてコンバータの完全性が崩れる温度である200を超える温度まで過剰に加熱されることなく、冷却された複合コンバータが扱うことのできる太陽光強度の倍率によって決まる。図14に示すような放射冷却があれば、太陽光線を約1,000倍の太陽光強度まで集光するフレネルレンズのサイズで十分であろう。しかしながら、このレンズは紫外線照射に備えて硬化しておく必要がある。一般には、アクリルポリマーよりはポリカーボネートポリマーが好ましい。

40

#### 【0110】

1,000倍を超える太陽光強度の集光光線を変換するには、金属製の反射体が好ましく、これには上述した能動的冷却が必要になる。

#### 【0111】

##### <垂直壁多接合コンバータ>

50

好ましい実施形態では、多接合コンバータ100に図5に示すような垂直壁を用いて、接合領域130内で電子正孔対を均一に生成できるように平行な接合部110を形成する。これらの垂直壁は、以下のようないくつかの重要な目的を果たす：

- ・接合部のn層130内に均一な高電場を提供する。
- ・まとめて複合コンバータにやすくする独立した構造を提供する。
- ・どのような半導体基板でも、特にGaP310、InGaP320、GaAs330、Si340およびGe350で、容易に加工される構造を提供する。

#### 【0112】

##### < 傾斜壁多接合コンバータ >

別の好ましい実施形態において、多接合コンバータ100は、特に、入射方向に厚い接合部を作製する際に、図6に示すような傾斜壁を用いて、複数の接合部を有利に形成する。これらの傾斜壁は、以下のようないくつかの重要な目的を果たす：

- ・厚い接合部を作製するための傾斜壁をインプラントする単純な手段を提供する。
- ・まとめて複合コンバータにやすくする独立した構造を提供する。
- ・傾斜壁を作製するために(100結晶方位)-Si基板のV溝エッチングを用いて低コストで加工される構造を提供する。

・傾斜壁は、図6に示すような接合部間金属接触をデポジットするための単純な支持材にもなる。

・これらの接合部間金属接触は、放射のためのフィンを接合部の近くに直接接続することにより、コンバータ100の複数の接合部を冷却する効果的な手段となる。

#### 【0113】

##### < 多接合マルチスペクトルコンバータの応用 >

任意の数とタイプのコンバータ100を用いて、特定の用途に合った所望のスペクトル特性を有する最適化した複合コンバータ400を自由自在に組み立てることができる。たとえば：

・衛星で使用する場合、何キロワットもの電力を生成するために、10,000倍の太陽光強度をコンバータに集光する大きな反射体を用いて複合コンバータを構成することができる。

・衛星で使用する場合、紫外スペクトルの多い集光光線を変換するために、主にバンドギャップの広いコンバータで複合コンバータを作ることができる。

・航空機のプラットフォームで使用する場合、他の所からコンバータに向けて発せられるHe/Neレーザからの特定のレーザエネルギーを変換して何キロワットもの電気を生成するために、GaAsコンバータだけを用いて複合コンバータを作ることができる。

・遠隔センシングのために立ち入りが必要な場所に設置した遠隔センサで使用する場合、航空機から複合コンバータに向けて発せられるネオジウムレーザエネルギーを変換するために、Geコンバータだけを用いて複合コンバータを作ることができる。

・ノートブック(notebook)で使用する場合には、拡散太陽エネルギーをノートブックでの用途に十分な電力に変換するための3種類の光起電接合部(InGaP、GaAsおよびGe)を用いた複合コンバータ。

#### 【0114】

##### < 製造 >

コンバータ100をコスト効率のよいものとするには、その製造は簡単でなければならない。加工処理ステップも単純かつ低コストでなければならない。本発明では、コンバータの製造工程は特にこれらの2つの要件を満たす。というのは、図10に示すように、900を超える多接合コンバータ100を単一の約15.24cm(6インチ)のウエハ基板上で加工処理するためである。これは、さいころ形コンバータを分離するためのストリート510とアベニュー520を形成する単純な従来のフォトリソグラフィを用いて、このウエハ上で900を超える1cm×0.2cmのさいころ形コンバータを加工できることを示している。異なる半導体ウエハ基板(GaP310、InGaP320、GaAs330、Si340、およびGe350)が同じ要領で加工されるため、5つの異なるウエ

10

20

30

40

50

ハタイプのバッチを加工処理して、5つの異なるバンドギャップタイプのそれぞれが900を超えるコンバータが得られる。フォトリソグラフィによる加工処理の分野で経験がある者にとっては、5つのウエハからなるバッチの加工処理はささいなものである。

#### 【0115】

好ましい実施形態では、垂直壁コンバータ100を製造するための主な加工処理ステップは以下のとおりである：

1. 取り扱いのためにn型半導体ウエハをガラス基板590に結合する。
2. ウエハをそのバンドギャップに合った厚さまでラップし研磨する。
3. ウエハをエッチング処理してさいの目切を作り、その上にコンバータ100を形成する(そのうちの1つを図10に示す)。
4. 図10に示すように、エッチング処理でさいの目切にトレンチ540を作り、材料アイランド部530を形成する。
5. トレンチのアスペクト比を、トレンチの深さ550対トレンチの幅560の、材料アイランド部530の壁にインプラント570および580を作るのに適した値にする。
6. すべてのさいの目切の材料アイランド部の壁をインプラントする。
7. インプラントを覆う共晶金属薄層150を成膜する。
8. リグ600内の1つの処理済みコンバータ100の一例である図11に示すように、垂直壁を製造するために処理済みウエハ500をリグ600に配置する。
9. オリング630を用いて金属板610とガラスカバー620との間にリグ600内の処理済みウエハ500を封止する。
10. 溶剤640を導入した後、すすぎ水をリグ600に入れて処理済みコンバータ100をガラス基板590から剥がす。
11. 真空開口650を介して溶剤とすすぎ水をリグ600から排出する。
12. 排液時に処理済みコンバータ100の壁と一緒に融合させてコンバータ100を形成する。
13. リグ600内の処理済みウエハ500を約270℃まで加熱し、隣接する壁同士を結合してコンバータ100を形成する。

10

20

#### 【0116】

別の好ましい実施形態では、垂直壁コンバータ100を製造するための第2の方法における主な加工処理ステップは以下のとおりである：

1. 取り扱いのために半導体ウエハをガラス基板590に結合する。
2. ウエハをそのバンドギャップに合った厚さまでラップし研磨する。
3. ウエハをエッチング処理してさいの目切を作り、その上にコンバータ100を形成する(そのうちの1つを図10に示す)。
4. 図10に示すように、エッチング処理でさいの目切にトレンチ540を作り、材料アイランド部530を形成する。
5. トレンチのアスペクト比を、トレンチの深さ550対トレンチの幅560の、材料アイランド部530の壁にインプラント570および580を作るのに適した値にする。
6. すべてのさいの目切の材料アイランド部の壁をインプラントする。
7. インプラントを覆う共晶金属薄層150を成膜する。
8. 処理済みウエハ500を事前延伸させたエラストマー基板に移す。
9. エラストマー基板の事前延伸を解放し、コンバータ100の壁同士を融合させる。
10. エラストマー基板上の処理済みウエハ500を約270℃まで加熱し、隣接する壁同士を結合してコンバータ100を形成する。
11. コンバータ100をエラストマー基板から取り外す。

30

40

#### 【0117】

別の好ましい実施形態では、垂直壁コンバータ100を製造するための第3の方法における主な加工処理ステップは以下のとおりである：

1. 取り扱いのためにn型半導体ウエハをガラス基板590に結合する。
2. ウエハをそのバンドギャップに合った厚さまでラップし研磨する。

50

3. ウエハの一方の表面を  $n^+$  層 120 にインプラントする。
4. インプラントした  $n^+$  層に共晶金属 150 を成膜する。
5. ウエハをもうひとつのガラス基板に移してウエハの他の表面を露出させる。
6. ウエハの第2の表面を  $p^+$  層 140 にインプラントする。
7. インプラントした  $p^+$  層 140 に共晶金属 150 を成膜する。
8. 約  $1\text{ cm} \times 0.1\text{ cm}$  のさいの目切にウエハをエッチング処理する。
9. さいの目切を基板から取り除く。
10. さいの目切の間に平らな共晶金属表面を挟んで複数のさいの目切を積層し、多接合コンバータ 100 を形成する。
11. 加工処理済みのさいの目切のスタックを約 270 まで加熱して、隣接した壁同士を結合し、コンバータ 100 を形成する。

【0118】

別の好ましい実施形態では、垂直壁コンバータ 100 を製造するための第4の方法における主な加工処理ステップは以下のとおりである：

1. 2ミクロン ( $\mu\text{m}$ ) 厚の Si エピ層を有するシリコン・オン・インシュレータ (SOI) ウエハから開始する。
2. MOCVD によって Si エピ層の上に格子整合用の SiGe 層を成長させる。
3. MOCVD によって SiGe 層の上に  $n^+$  型半導体層を成長させる。
4. MOCVD によって  $n^+$  型層の上に  $n$  型半導体層を成長させる。
5. MOCVD によって  $n$  型層の上に  $p^+$  型半導体層を成長させる。
6. ステップ 3 ~ 5 を 20 回繰り返し、20 の  $n^+ - n - p^+$  接合部のスタックを形成する。
7. 20 の接合部からなるスタックに共晶金属を成膜する。
8. 基板を、それぞれが 20 の  $n^+ - n - p^+$  接合部を含むさいの目切に区切る。
9. さいの目切をプラスチックキャリアに近い側にして基板をプラスチックキャリアに移す。
10. 酸化物をエッチングして SOI 基板から Si 基板を除去する。
11. Si 層および SiGe 層を選択的エッチングで除去する。
12. プラスチックキャリア上のさいの目切に金属共晶層を成膜する。
13. 余分な共晶金属をさいの目切のエッジから取り除く。
14. さいの目切をプラスチックキャリアから取り外す。
15. 20 個のさいの目切からなるスタックを約 270 まで加熱して、隣接する壁同士を結合し、1,000 の接合部からなるコンバータを形成する。
16. ステップ 1 ~ 15 を、MOCVD によって成長させた、異なる半導体 (例えばダイヤモンド、AlAs、SiC、GaP、InGaP、GaAs、Si、Ge、InGaAs、および InAs など) で繰り返し、エネルギーの異なるコンバータを形成する。
17. エネルギーの異なるさいの目切のコンバータと一緒にワイヤボンディングで組み立てて、複合コンバータを形成する。

【0119】

さらに別の好ましい実施形態では、傾斜壁コンバータ 100 を製造するための方法における主な加工処理ステップは以下のとおりである：

1. 取り扱いのために半導体ウエハをガラス基板 700 に結合する。
2. ウエハをそのバンドギャップに合った厚さまでラップし研磨する。
3. ウエハをエッチング処理してさいの目切を作り、その上にコンバータ 100 を形成する (そのうちの1つを図 13 に示す)。
4. 図 13 に示すように、エッチング処理でさいの目切に V 溝のトレンチ 720 を作り、材料アイランド部 710 を形成する。
5. トレンチのアスペクト比を、トレンチの深さ 730 対トレンチの幅 740 の、材料アイランド部 710 の壁にインプラント 760 および 770 を作るのに適した値にする。
6. すべてのさいの目切に材料アイランド部の壁をインプラントする。

7. インプラントを覆う共晶金属薄層150を成膜し、図6に示すようなコンバータ100を形成する。

8. 電極板とV溝トレンチを熱伝導性金属で埋め、コンバータ100から熱を放散させる。

9. コンバータ100を基板700から取り外す。

【符号の説明】

【0120】

以下は、添付の図面にて参照符号を振った物体を表示するものである。

<多接合マルチスペクトル太陽エネルギーコンバータ>

100 多接合コンバータ

10

本文中、コンバータ、多接合コンバータ、垂直壁コンバータ、傾斜壁コンバータという用語は、若干同義的に用いられている。一般的な太陽電池について論じる場合は、コンバータを用いる。コンバータに1つまたは複数の接合部がある場合、コンバータを用いる。垂直壁を用いて作られた多接合コンバータについて論じる場合、垂直壁コンバータを用いる。傾斜壁で多接合を作る場合、傾斜壁コンバータを用いる。

110 光起電接合部、接合部または垂直壁のある接合部

120 n<sup>+</sup>ドープ層

130 nドープ接合部層

140 p<sup>+</sup>ドープ層

150 薄い金属層または共晶金属層

20

160 傾斜壁のある光起電接合部

200 太陽光線を受ける接合部のエネルギーバンド

210 入射太陽エネルギー

220 太陽エネルギーによって生成された接合部における電子

230 太陽エネルギーによって生成された接合部における正孔

240 エネルギーバンドのフェルミ準位

250 太陽エネルギーによって生成される出力電流

260 多接合コンバータのエネルギーバンド図

300 太陽スペクトル

310 GaP半導体またはGaP基板またはGaPコンバータの分光感度特性

30

320 InGaP半導体またはInGaP基板またはInGaPコンバータの分光感度特性

330 GaAs半導体またはGaAs基板またはGaAsコンバータの分光感度特性

340 Si半導体またはSi基板またはSiコンバータの分光感度特性

350 Ge半導体またはGe基板またはGeコンバータの分光感度特性

400 複合コンバータ

410 GaPコンバータ

420 InGaPコンバータ

430 GaAsコンバータ

440 Siコンバータ

40

450 Geコンバータ

460 コンバータ間の電気配線接続

470 外部負荷

500 処理済みウエハ

510 エッチングしたストリート

520 エッチングしたアベニュー

530 垂直壁材料アイランド部

540 エッチングした垂直壁トレンチ

550 エッチングした垂直壁トレンチの深さ

560 エッチングした垂直壁トレンチの幅

50

- 570 垂直壁の第1のインプラント
- 580 垂直壁の第2のインプラント
- 590 ガラス基板
- 600 製造用リグ
- 610 金属板
- 620 ガラス製カバープレート
- 630 オリング
- 640 溶剤またはすすぎ用の水の溶液
- 650 真空出口

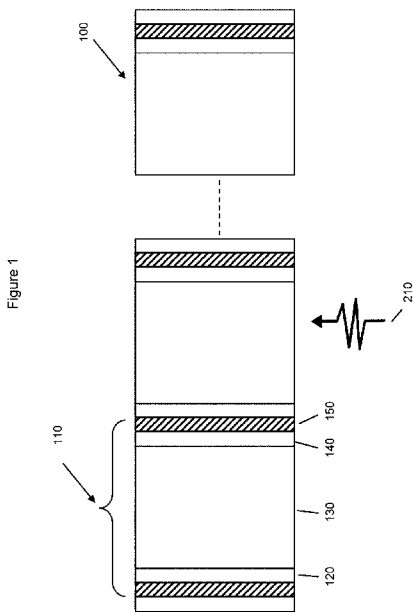
< 傾斜壁コンバータ製造 >

- 700 傾斜壁コンバータ用ガラス基板
- 710 傾斜壁材料アイランド部
- 720 エッチングした傾斜壁トレンチ
- 730 エッチングした傾斜壁トレンチの深さ
- 740 エッチングした傾斜壁トレンチの幅
- 750 傾斜壁材料アイランド部の頂部の幅
- 760 傾斜壁の第1のインプラント
- 770 傾斜壁の第2のインプラント
- 800 ラジエータ
- 810 インタフェース金属板
- 820 ラジエータフィン
- 900 フレネルレンズ
- 910 太陽光線
- 920 集光または集束された太陽光線

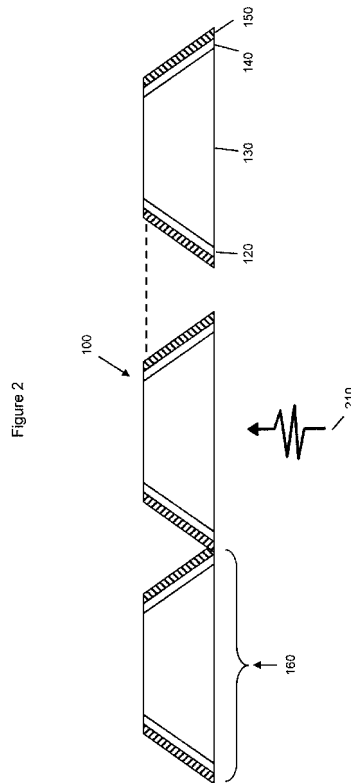
10

20

【 図 1 】

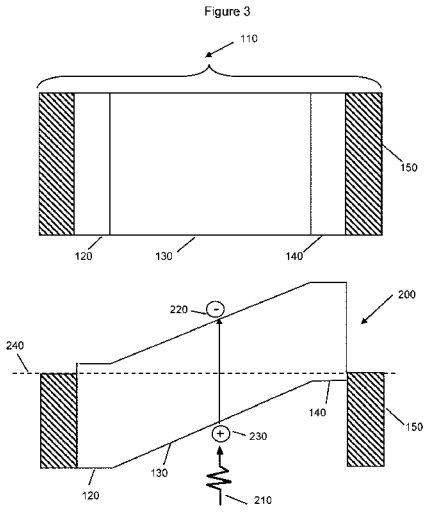


【 図 2 】

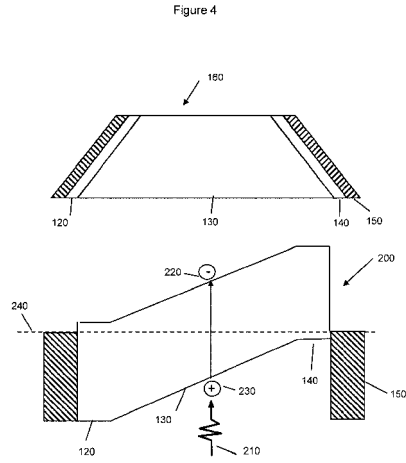




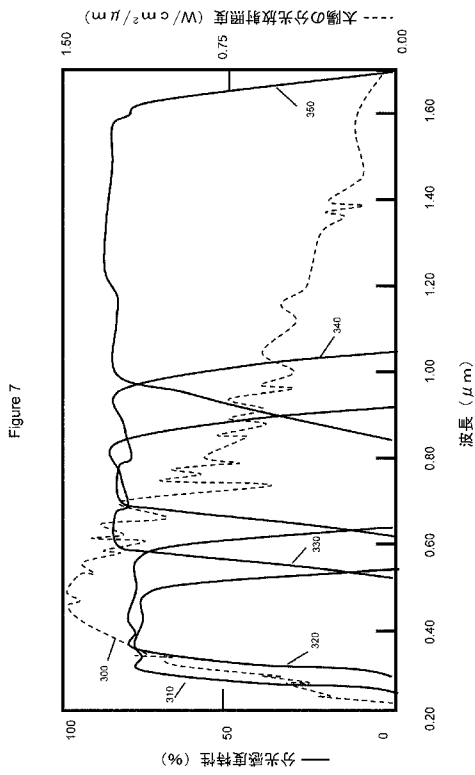
【 図 3 】



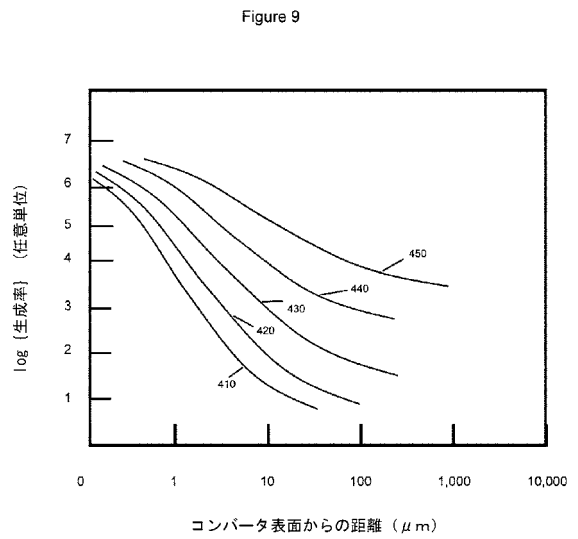
【 図 4 】



【 図 7 】

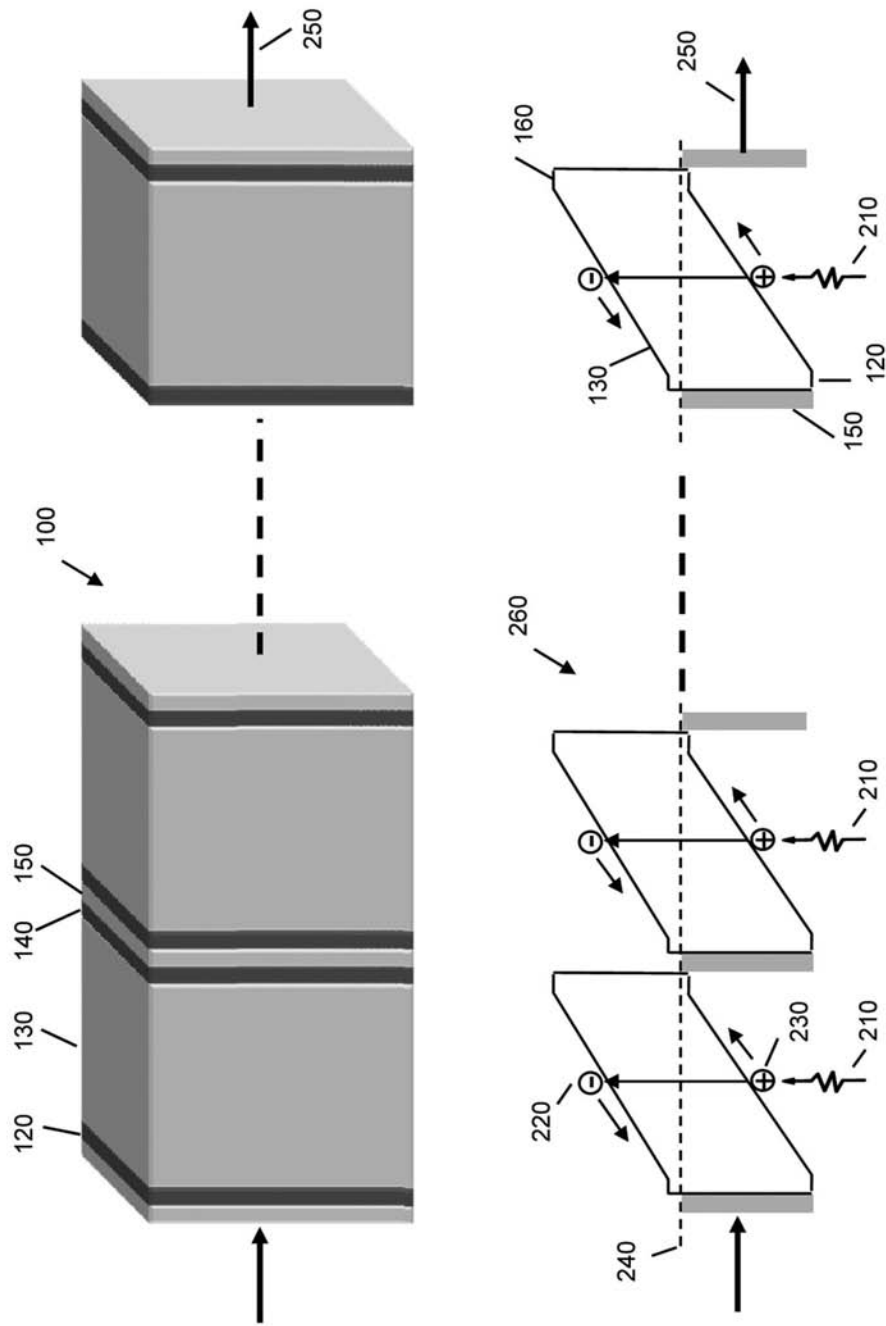


【 図 9 】



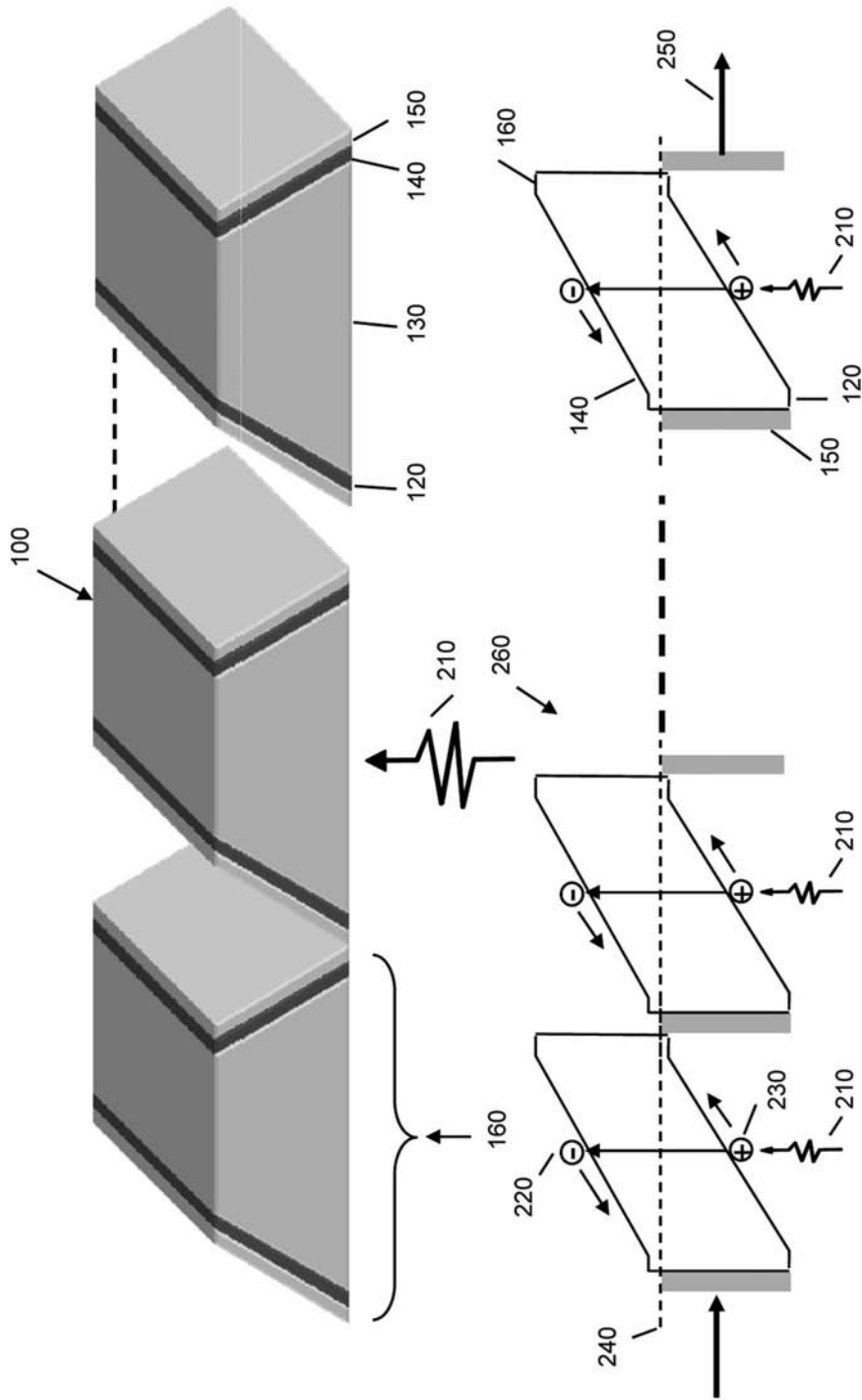
【 図 5 】

Figure 5



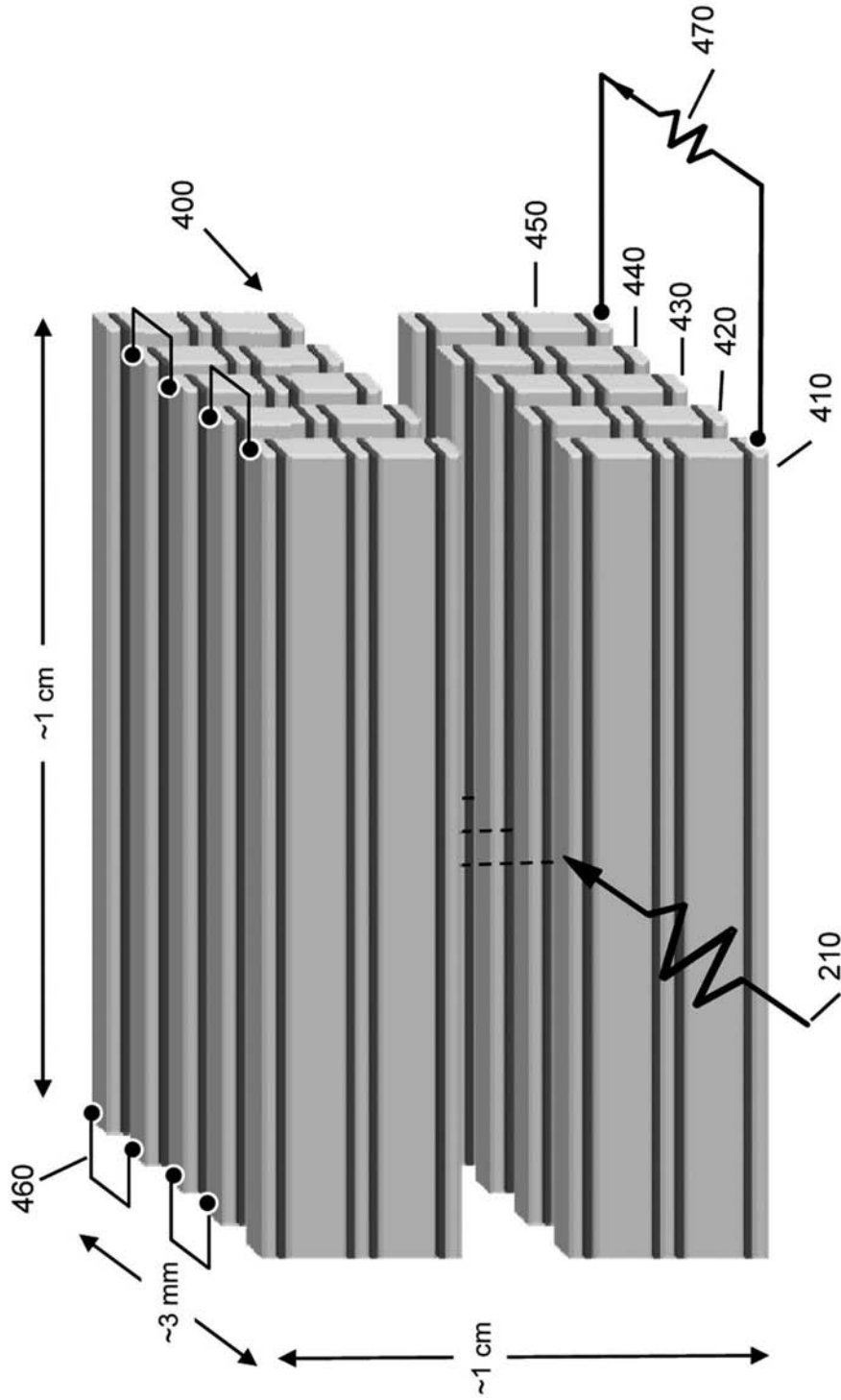
【 図 6 】

Figure 6



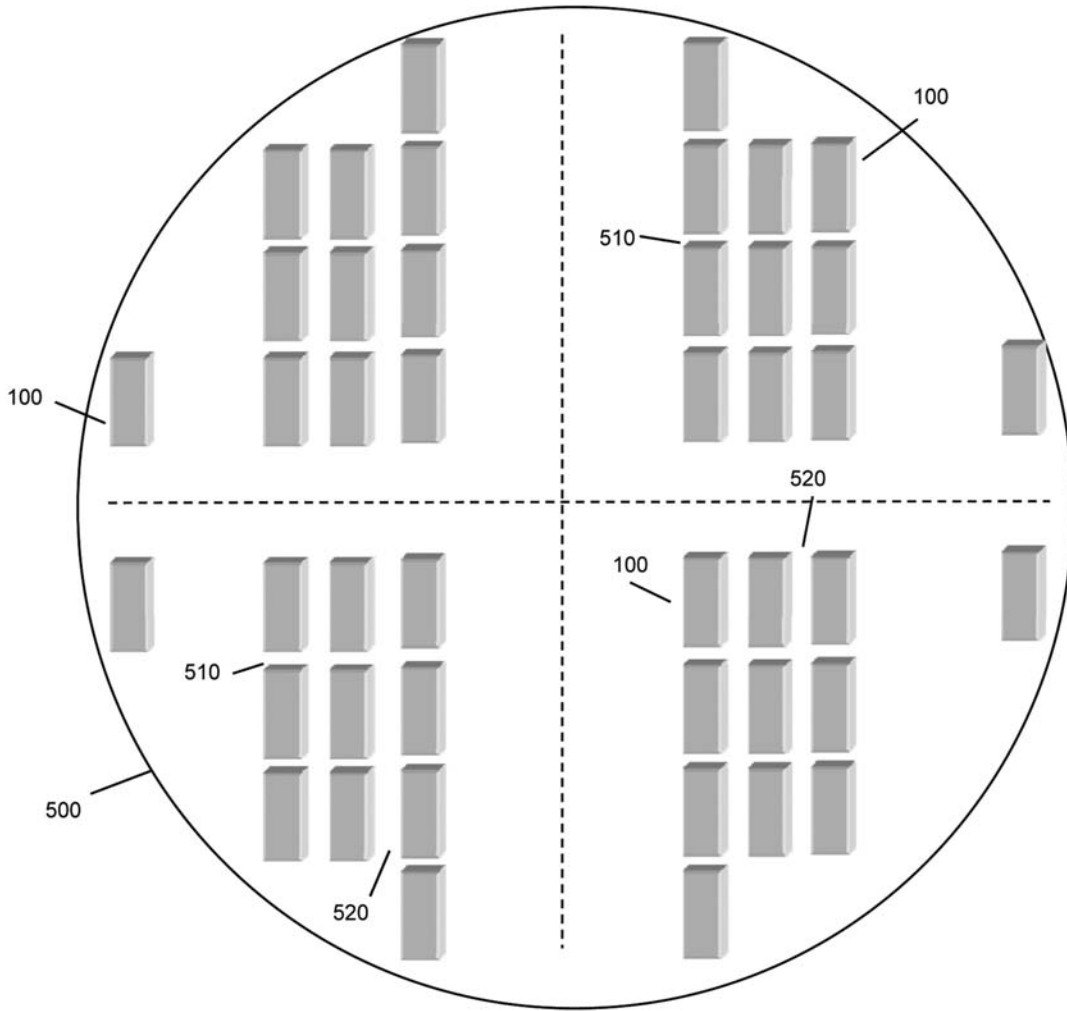
【 図 8 】

Figure 8



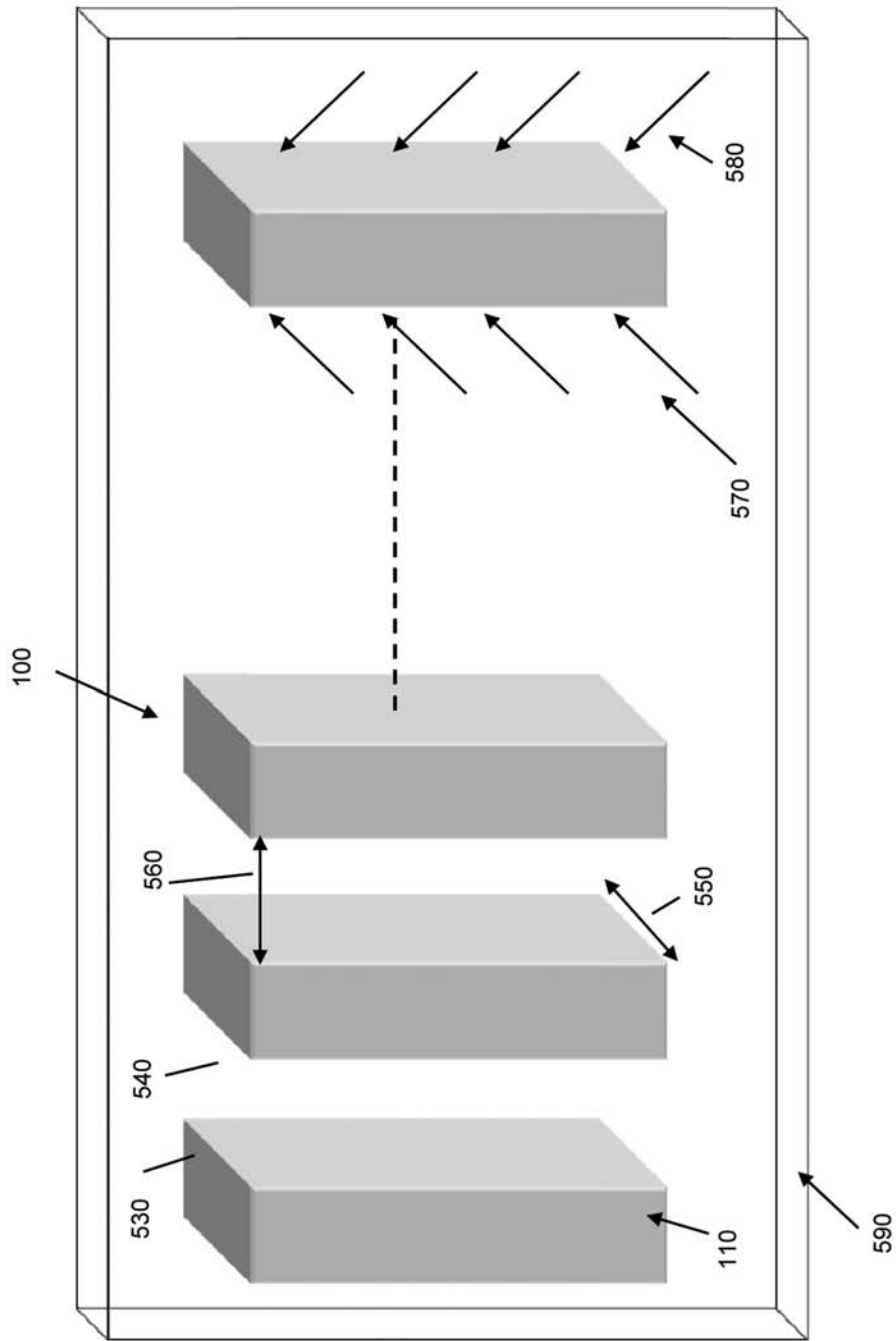
【 図 1 0 】

Figure 10



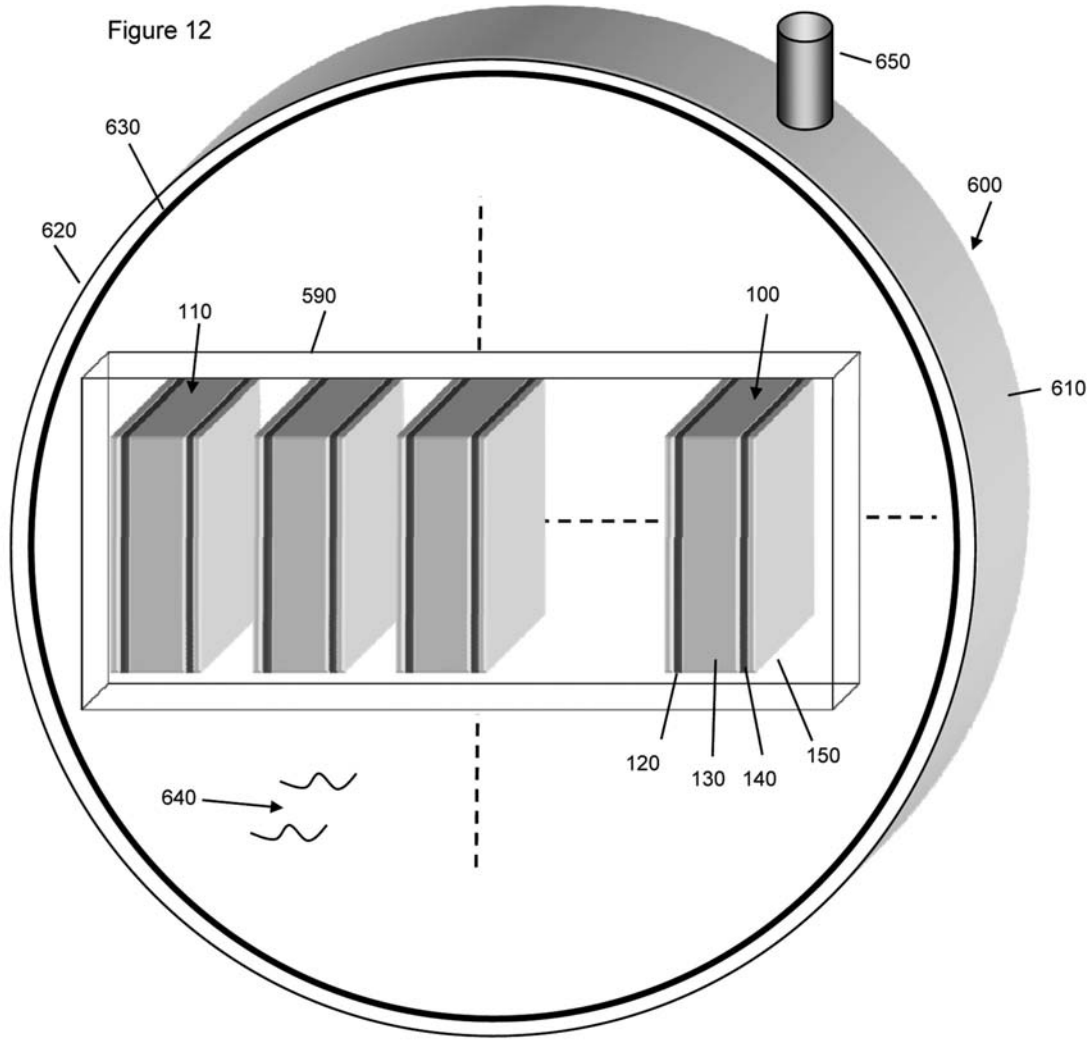
【 図 1 1 】

Figure 11

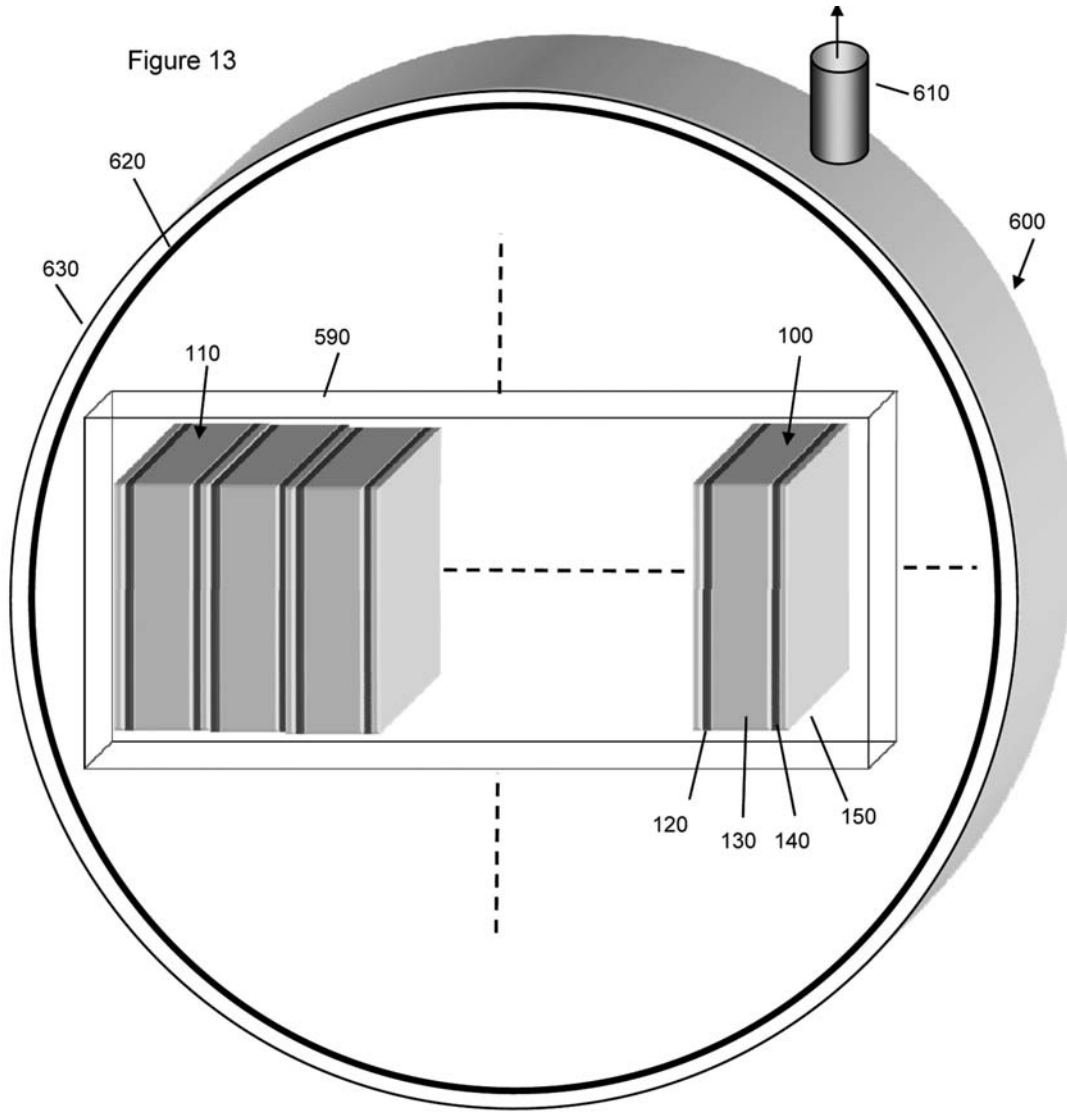


【 図 1 2 】

Figure 12



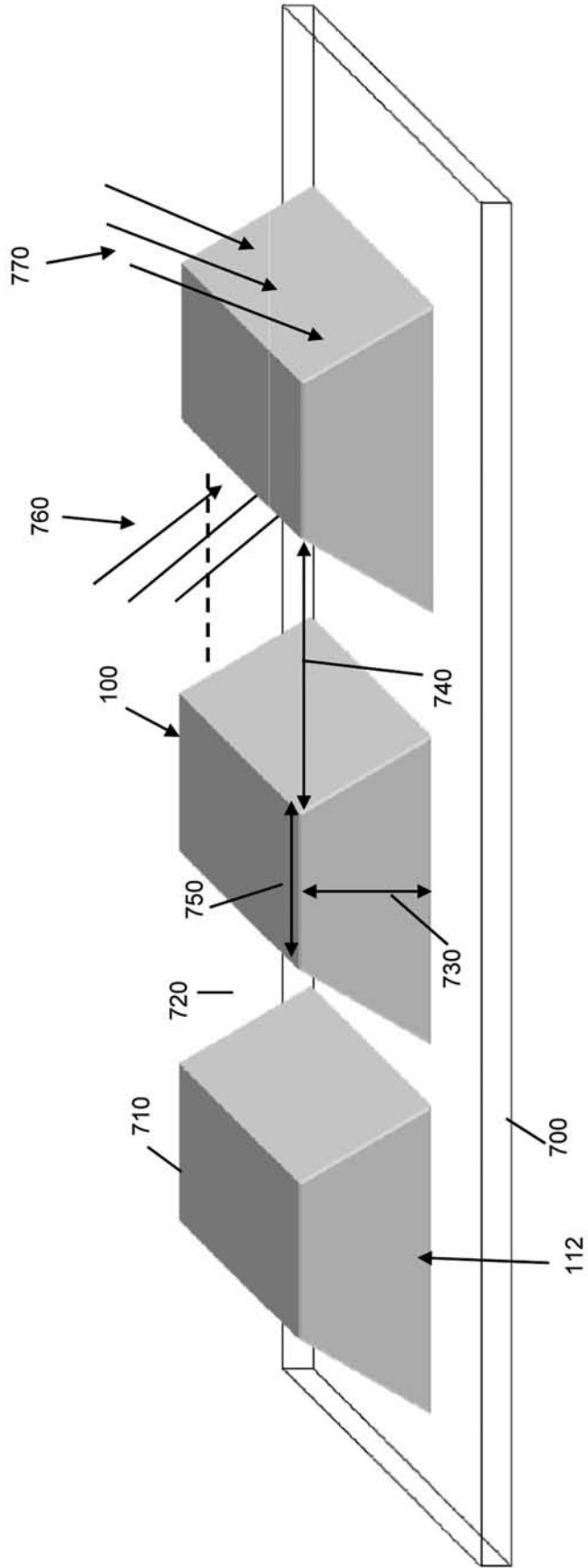
【 図 1 3 】



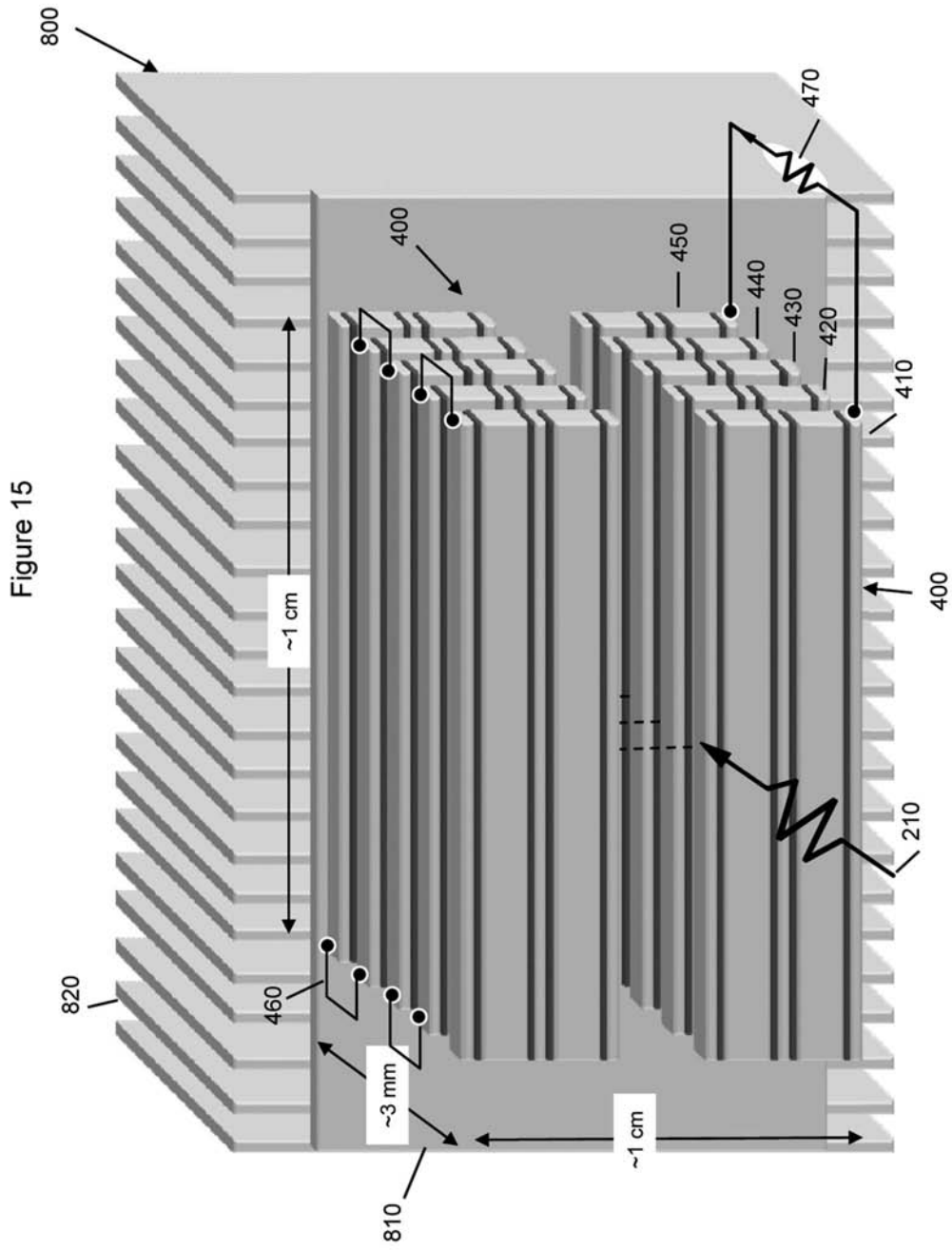


【 図 1 4 】

Figure 14

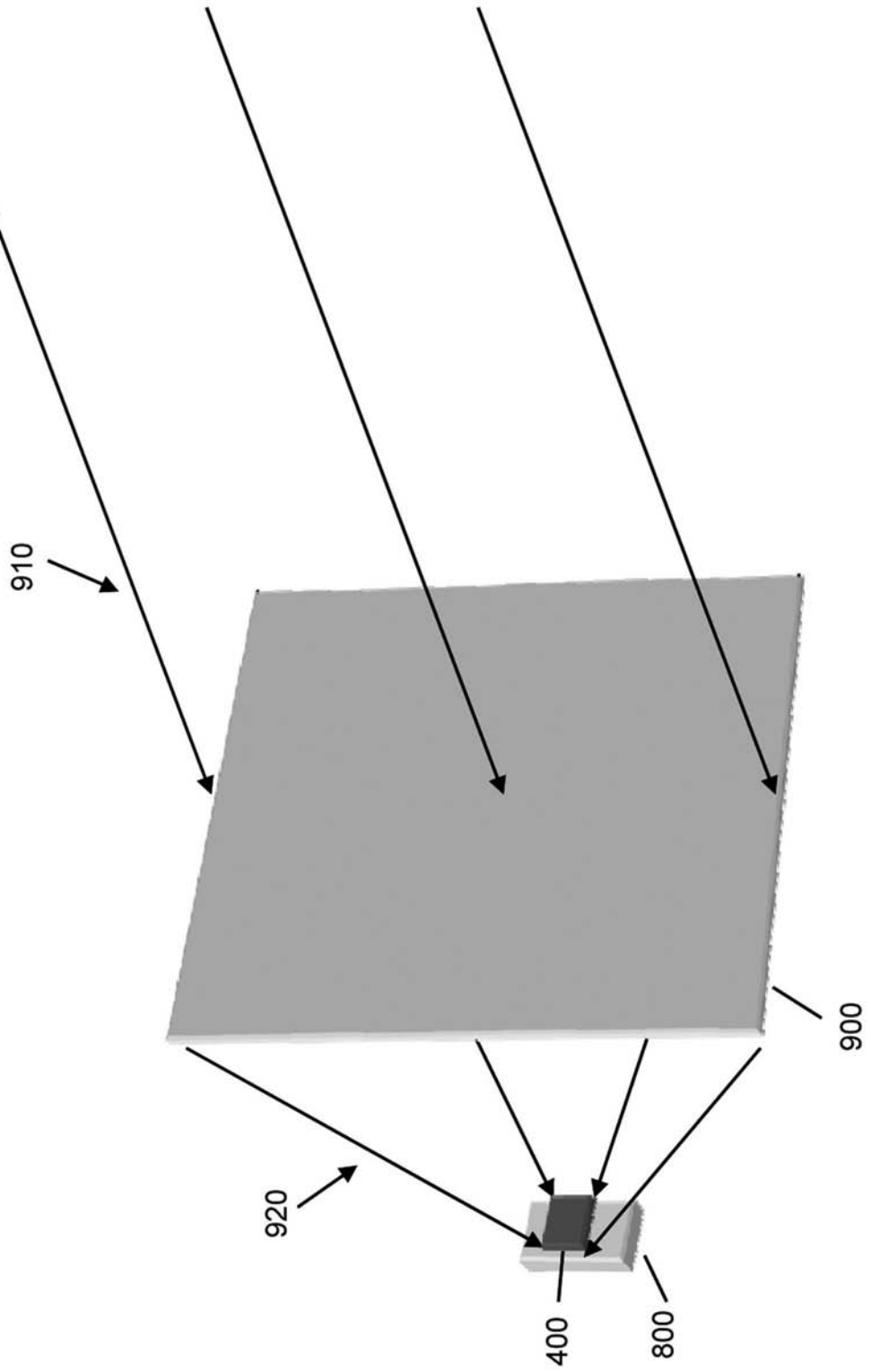


【 図 1 5 】



【 図 1 6 】

Figure 16



【外国語明細書】

2009117814000001.pdf