

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5377520号
(P5377520)

(45) 発行日 平成25年12月25日(2013.12.25)

(24) 登録日 平成25年10月4日(2013.10.4)

(51) Int.Cl. F I
 H O 1 L 31/04 (2006.01) H O 1 L 31/04 E

請求項の数 2 (全 10 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2010-548515 (P2010-548515) (86) (22) 出願日 平成22年1月26日 (2010.1.26) (86) 国際出願番号 PCT/JP2010/050967 (87) 国際公開番号 W02010/087333 (87) 国際公開日 平成22年8月5日 (2010.8.5) 審査請求日 平成23年6月29日 (2011.6.29) (31) 優先権主張番号 特願2009-18410 (P2009-18410) (32) 優先日 平成21年1月29日 (2009.1.29) (33) 優先権主張国 日本国 (JP)</p>	<p>(73) 特許権者 000006633 京セラ株式会社 京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 (72) 発明者 官内 宏治 滋賀県東近江市蛇溝町1166-6 京セラ株式会社滋賀八日市工場内 審査官 道祖土 新吾</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光電変換セル、光電変換モジュールおよび光電変換セルの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板の受光面側に、互いに間隔をあけて位置する、第1の電極層および第2の電極層と、
 前記第1の電極層上に位置し、第1の導電性を有する第1半導体層と、
 前記第1半導体層上に位置し、前記第1半導体層とpn接合する第2の導電性を有する第2半導体層と、
 前記第2半導体層と電氣的に接続する導電層と、
 前記導電層と前記第2の電極層とを電氣的に接続する接続部と、
 前記導電層上に位置し、前記接続部から前記導電層の第1の端部に達する、線状電極と、
 を具備する光電変換セルであって、
 前記導電層は前記第1の端部に対向する第2の端部を有し、
 前記接続部は前記線状電極の一部であり、平面視して前記第1の端部よりも前記第2の端部の側に位置し、前記第2の端部に略平行で、且つ、直線状に延びており、
 前記第1の端部側において、前記線状電極の端面、前記導電層の端面、前記第2半導体層の端面および前記第1半導体層の端面が同一面を成している光電変換セル。

【請求項2】

請求項1記載の光電変換セルを複数備え、
 前記複数の光電変換セルは第1の光電変換セルと第2の光電変換セルとを有し、
 前記第1及び第2の光電変換セルは、それぞれの前記第1および第2の電極層が同じ方向

10

20

に向いて位置し、且つ、前記第1の光電変換セルの前記第2の電極層と前記第2の光電変換セルの前記第1の電極層とが電氣的に接続している、光電変換モジュール。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光を吸収して電力を生じさせる光電変換セル、およびそれを複数具備して成る光電変換モジュールに関するものである。

【背景技術】

【0002】

太陽電池等の光電変換モジュールとして、受光面に透明電極層を有する光電変換セルを構成単位とし、この光電変換セルをガラス等の基板上で複数直列接続したものが知られている。また、特許文献1の太陽電池は、光の透過率を上げて太陽電池セルの発電効率を上げるために透明電極層を薄くしつつ、透明電極層上に金属配線を施すことによって透明電極層の薄膜化に伴う電力損失の低減を抑制する。

【0003】

しかし、特許文献1の太陽電池の構成では、セルの外周部に欠けが生じて、外周部において光電変換を効率よく行なうことができず、発電効率が低下するおそれがあった。

【0004】

それ故、発電効率の低下を抑制できる光電変換セルおよび光電変換モジュールが求められている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2000-299486号公報

【発明の概要】

【0006】

本発明の一実施形態にかかる光電変換セルは、基板の受光面側に、互いに間隔をあけて位置する、第1の電極層および第2の電極層と、前記第1の電極層上に位置し、第1の導電型を有する第1半導体層と、前記第1半導体層上に位置し、前記第1半導体層とpn接合する第2の導電型を有する第2半導体層と、前記第2半導体層と電氣的に接続する導電層と、前記導電層と前記第2の電極層とを電氣的に接続する接続部と、前記導電層上に位置し、前記接続部から前記導電層の第1の端部に達する、線状電極と、を具備する光電変換セルであって、前記導電層は前記第1の端部に対向する第2の端部を有し、前記接続部は前記線状電極の一部であり、平面視して前記第1の端部よりも前記第2の端部の側に位置し、前記第2の端部に略平行で、且つ、直線状に延びており、前記第1の端部側において、前記線状電極の端面、前記導電層の端面、前記第2半導体層の端面および前記第1半導体層の端面が同一面を成している。

【0007】

本発明の一実施形態にかかる光電変換モジュールは、上記の光電変換セルを複数備え、前記複数の光電変換セルは第1の光電変換セルと第2の光電変換セルとを有し、前記第1および第2の光電変換セルは、それぞれの前記第1および第2の電極層が同じ方向に向いて位置し、且つ、前記第1の光電変換セルの前記第2の電極層と前記第2の光電変換セルの前記第1の電極層とが電氣的に接続している。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る光電変換セルおよび光電変換モジュールを示す斜視図である。

【図2】図1に示す光電変換セルおよび光電変換モジュールの断面図である。

【図3】図1に示す光電変換セルおよび光電変換モジュールの製造方法を示す工程ごとの断面図である。

10

20

30

40

50

【図4】本発明の第2の実施形態に係る光電変換セルおよび光電変換モジュールを示す斜視図である。

【図5】図4に示す光電変換セルおよび光電変換モジュールの断面図である。

【図6】図4に示す光電変換セルおよび光電変換モジュールの製造方法を示す工程ごとの断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下に、本発明の実施形態について図面を参照しながら詳細に説明する。

【0011】

まず、本発明の第1の実施形態に係る光電変換セルおよび光電変換モジュールについて説明する。

【0012】

図1は、本発明の第1の実施形態に係る光電変換セル20およびそれを用いた光電変換モジュール21の構成を示す図である。また、図2は、光電変換セル20および光電変換モジュール21の断面図である。光電変換セル20は、基板1と、第1の電極層2と、第2の電極層8と、第1半導体層3と、第2半導体層4と、導電層5と、線状電極6と、接続部7とを含んで構成される。また、第1半導体層3と第2半導体層4とで光電変換層PVを構成している。

【0013】

光電変換モジュール21は、光電変換セル20を複数並べて成る。そして、隣接する光電変換セル20のうち、一方の光電変換セル20の第2の電極層8と、他方の光電変換セル20の第1の電極層2とが電氣的に接続されている。この構成により、隣接する光電変換セル20同士を容易に直列接続することができる。なお、一つの光電変換セル20内において、接続部7は光電変換層PVを分断するように設けられている。すなわち、図1において、接続部7は、光電変換セル20の手前側の側面からそれに対向する奥側の側面にかけて線路状に形成されており、この接続部7の左側に位置する第1の電極層2と導電層5とで挟まれた光電変換層PVで光電変換が行なわれる。

【0014】

基板1は、光電変換セル20を支持するためのものである。基板1に用いられる材料としては、例えば、ガラス、セラミックス、樹脂、および金属等が挙げられる。光電変換モジュール21を構成する場合、複数の基板1のそれぞれに光電変換セル20を設け、これらを並べて互いに直列接続してもよく、または、1つの基板1に複数の光電変換セル20を設けてもよい。このように1つの基板1に複数の光電変換セル20を設けた場合、光電変換モジュール21の作製が容易となる。

【0015】

第1の電極層2および第2の電極層8は、Mo、Al、TiまたはAu等の導電体がいられ、基板1上にスパッタリング法または蒸着法等で形成される。なお、図1では隣接する光電変換セル20において、一方の光電変換セル20の第2の電極層8と他方の光電変換セル20の第1の電極層2とが一体構造となっている。

【0016】

光電変換層PVは、第1半導体層3と第2半導体層4とを含み、光を吸収して電力に変換することのできるものであり、シリコン系および化合物半導体系等の半導体材料がいられる。シリコン系としては、単結晶シリコン、多結晶シリコン、およびアモルファスシリコン等が挙げられる。化合物半導体系としては単結晶系および多結晶系が挙げられ、例えば、III-V族化合物半導体、II-VI族化合物半導体、およびカルコパイライト系(CIS系ともいう)化合物半導体等がある。

【0017】

光電変換層PVは、材料を少なくするという観点からは、10 μ m以下の厚みの薄膜であることが好ましい。このような薄膜にした場合でも、本実施形態のような、線状電極6が光電変換層PVの第1の端部Aに達する構成により、光電変換層PVの外周部に欠けが

10

20

30

40

50

生じるのを有効に抑制できる。

【0018】

このような薄膜の光電変換層PVのうち、カルコパイライト系化合物半導体を用いた光電変換層PVは、変換効率が高いことから、薄膜でも従来の単結晶シリコンと同程度の光電変換効率を達成することができ、特に好ましい。また、有害なカドミウムを含まないという点からも好ましい。このようなカルコパイライト系化合物半導体としては、 $Cu(In, Ga)Se_2$ (CIGSともいう)、 $Cu(In, Ga)(Se, S)_2$ (CIGSSともいう)、および $CuInS_2$ (CISともいう)が挙げられる。光電変換層PVは、例えば、薄膜で作製する場合、スパッタリング法、蒸着法または塗布法等で形成される。なお、 $Cu(In, Ga)Se_2$ とは、CuとInとGaとSeとから主に構成された化合物をいう。また、 $Cu(In, Ga)(Se, S)_2$ とは、CuとInとGaとSeとSとから主に構成された化合物をいう。

10

【0019】

第1半導体層3および第2半導体層4は、一方がn型で他方がp型の異なる導電型を有しており、これらがpn接合している。第1半導体層3がp型であり第2半導体層4がn型であってもよく、逆の関係であってもよい。なお、第1半導体層3および第2半導体層4によるpn接合は第1半導体層3と第2半導体層4とが直接接合しているものに限らない。例えば、これらの間に第1半導体層3と同じ導電型の他の半導体層かまたは第2半導体層4と同じ導電型の他の半導体層をさらに有していてもよい。また、第1半導体層3と第2半導体層4との間に、i型の半導体層を有するpin接合であってもよい。

20

【0020】

第1半導体層3と第2半導体層4とはホモ接合であってもよく、ヘテロ接合であってもよい。ヘテロ接合の例としては、例えば第1半導体層3がCIGS等のカルコパイライト系化合物半導体(一般に光吸収層と称されるもの)である場合、第2半導体層4としては、 CdS 、 ZnS 、 ZnO 、 In_2Se_3 、 $In(OH, S)$ 、 $(Zn, In)(Se, OH)$ 、および $(Zn, Mg)O$ 等(一般にバッファ層と称されるもの)が挙げられ、例えばケミカルバステポジション(CBD)法等で形成される。なお、 $In(OH, S)$ とは、InとOHとSとから主に構成された化合物をいう。 $(Zn, In)(Se, OH)$ は、ZnとInとSeとOHとから主に構成された化合物をいう。 $(Zn, Mg)O$ は、ZnとMgとOとから主に構成された化合物をいう。

30

【0021】

第2半導体層4上には、図1に示すように導電層5を設けてもよい。これにより光電変換層PVで発生した電荷をより良好に取り出すことができ、発電効率がより向上する。導電層5は、ITOまたは $ZnO:Al$ 等の導電体が用いられ、スパッタリング法、蒸着法または化学的気相成長(CVD)法等で形成される。導電層5側を受光面として使用する場合、導電層5は光電変換層PVの吸収効率を高めるため、光電変換層PVの吸収光に対して光透過性を有するものが好ましい。光透過性を高めると同時に光電変換によって生じた電流を良好に線状電極6へ伝送するという観点からは、導電層5は $0.05 \sim 0.5 \mu m$ の厚さとするのが好ましい。

【0022】

40

線状電極6は、第2半導体層4上に形成されており、電気抵抗を小さくして第2半導体層4で発生した電荷を良好に取り出すためのものであり、集電電極として作用する。線状電極6は光電変換層PVへの光を遮るのを抑制するために線路状に設けられている。そして、この線路状の線状電極6は、平面視して第2半導体層4の第1の端部A、すなわち光電変換層PVの端部Aまで達するように設けられている。このような構成により、線状電極6が光電変換層PVの外周部を保護し、光電変換層PVの外周部での欠けを抑制して光電変換層PVの外周部においても光電変換を良好に行うことができる。また、この光電変換層PVの外周部で発生した電流を第1の端部Aまで達する線状電極6によって効率よく取り出すことができる。その結果、発電効率を高めることができる。

【0023】

50

このように第1の端部Aに達する線状電極6によって光電変換層PVの外周部の保護することができるため、第1の電極層2と線状電極6との間に設けられた部材の合計厚みを小さくすることができる。よって、部材の削減をすることができるとともにこれらの作製工程も短縮化することができる。好ましくは、第1の電極層2と線状電極6との間に設けられた部材の合計厚み(図1および図2の例では、第1半導体層3と第2半導体層4と導電層5との合計厚み)を $1.56 \sim 2.7 \mu\text{m}$ と薄くするのがよい。具体的には、図1および図2の例では、第1半導体層3の厚みを $1.5 \sim 2.0 \mu\text{m}$ 、第2半導体層4の厚みを $0.01 \sim 0.2 \mu\text{m}$ 、導電層5の厚みを $0.05 \sim 0.5 \mu\text{m}$ とすればよい。

【0024】

また、好ましくは、線状電極6が達している第1の端部A側において、線状電極6の端面、導電層5の端面および光電変換層PVの端面が同一面を成していることが好ましい。これにより、光電変換層PVの第1の端部Aで光電変換した電流を良好に取り出すことができる。

【0025】

なお、本発明において、線状電極6が第2半導体層4の第1の端部Aまで達しているというのは、線状電極6が完全に第2半導体層4の最も外側の第1の端部Aまで達していることが好ましいが、それに限定されない。すなわち、第2半導体層4の第1の端部Aを基点としてクラックが進行するのを有効に抑制して、欠けを抑制するという観点からは、第2半導体層4の最も外側の第1の端部Aと線状電極6の端部との距離が $1000 \mu\text{m}$ 以下の場合も含む。第1の端部Aでの線状電極6による集電効果を高めるという観点からは、第1の端部Aと線状電極6の端部との距離が $500 \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

【0026】

線状電極6は光電変換層PVへの光を遮るのを抑制するとともに光電変換層PVの外周部の欠けを抑制するという観点からは、 $50 \sim 400 \mu\text{m}$ の幅を有するのが好ましい。また、線状電極6は、枝分かれした複数の分岐部を有していてもよい。

【0027】

線状電極6は、例えば、Ag等の金属ペースト(金属粒子と樹脂との混合物)をパターン状に印刷し、これを硬化することによって形成されていることが好ましい。すなわち、線状電極6は金属粒子と樹脂とを含むことが好ましい。これにより、硬化後の線状電極6の曲げ応力に対する耐性が高くなる。その結果、光電変換層PVの外周部を良好に保護することが可能となる。

【0028】

好ましくは、線状電極6は、半田を含むことが好ましい。これにより、曲げ応力に対する耐性を高めることができるとともに、抵抗をより低下させることができる。より好ましくは、融点の異なる金属を2種以上含み、少なくとも1種の金属を溶融させ、他の少なくとも1種の金属は溶融しない温度で加熱して硬化したものがよい。これにより、低い融点の金属が溶融して線状電極6を緻密化し、抵抗を下げるができるとともに、加熱して硬化させる際に溶融した金属が広がろうとするのを高い融点の金属によって抑制することができる。

【0029】

光電変換セル20は、複数個を並べてこれらを電氣的に接続し、光電変換モジュール21とすることができる。隣接する光電変換セル20同士を容易に直列接続するために、図1、図2に示すように、光電変換セル20は、光電変換層PVに設けられた接続部7によって、第2半導体層4と第2の電極層8とが電氣的に接続されている。なお、図1では導電層5を設けることにより第2半導体層4と第2の電極層8との電氣的な接続をさらに導通性の高いものとしているが、これに限定されず、導電層5を形成しない構成としてもよい。

【0030】

接続部7は、導電層5を形成する際に同時形成して一体化することが好ましい。言い換えれば、導電層5は第2半導体層4から第2の電極層8に向かって延びる第1の延長部を

10

20

30

40

50

有し、第1の延長部が第2の電極層8と接続することにより導電層5が接続部7を構成している。これにより、工程を簡略化できるとともに電氣的な接続信頼性を高めることができる。

【0031】

光電変換層PVの端部のうち、線状電極6が達している第1の端部Aに対向する他の端部を第2の端部Bとしたときに、線状電極6が第1の端部Aから第2の端部Bに向かって延びている場合、接続部7は、平面視して光電変換層PVの第1の端部Aよりも第2の端部Bの側に位置している、すなわち第2の端部Bの近傍に設けられていることが好ましい。より好ましくは、接続部7は、平面視して光電変換層PVの第2の端部Bに略平行で、且つ、直線状に延びていることが好ましい。このような構成により、接続部7を第2の端部Bへ接近させて、発電に寄与しないデッドスペースとなる接続部7と第2の端部Bとの間の領域を小さくすることができ、光電変換効率を向上することができる。

10

【0032】

上記光電変換セル20は以下のようにして製造することができる。図3(a)~(e)は光電変換セル20の製造工程を示す工程ごとの断面図である。

【0033】

まず、図3(a)に示すように、基板1上に所望のパターンの第1の電極層2および第2の電極層8を形成する。パターン状の第1の電極層2および第2の電極層8は、スパッタリング法等の薄膜形成方法、スクライプ加工またはエッチング等のパターン形成方法を用いて形成することができる。

20

【0034】

次に、図3(b)に示すように、基板1、第1の電極層2および第2の電極層8上に、スパッタリング法またはCBD法等の薄膜形成方法を用いて第1半導体層3および第2半導体層4を積層する。そして、第1半導体層3および第2半導体層4に、接続部7を形成するための貫通溝P2を、スクライプ加工またはエッチング等により形成する。

【0035】

次に、図3(c)に示すように、第2半導体層4上に導電層5を形成すると同時に、貫通溝P2内に接続部7としての第1の延長部を形成する。導電層5および接続部7は、スパッタリング法等の薄膜形成方法により、形成することができる。

【0036】

次に、図3(d)に示すように、導電層5上にスクリーン印刷等の方法によって、金属ペーストをパターン状に印刷し、これを加熱して硬化することにより、線状電極6を形成する。

30

【0037】

最後に、図3(e)に示すように、電極層を残し、第1半導体層3、第2半導体層4、導電層5、および線状電極6を、スクライプ加工等により一括して切断する。このような方法により、線状電極6が平面視で光電変換層PVの第1の端部Aに達した構造の光電変換セル20を容易に作製することができる。すなわち、光電変換層PVおよび導電層5を形成した後に貫通溝P2を形成し、貫通溝P2間のそれぞれの部位に線状電極6を形成しようとする、光電変換層PVの第1の端部Aと線状電極6の端部とを精度良く位置合わせするのが困難になる。その結果、線状電極6がずれて形成され、不良が生じやすくなる。一方、上記製造方法で作製することにより、線状電極6が平面視で光電変換層PVの第1の端部Aに達した構造を、容易に作製することができ、工程が簡略化できるとともに、不良の発生を抑制できる。

40

【0038】

また、上記方法で形成することにより、隣接する光電変換セル20は、一方の光電変換セル20の第1の電極2と他方の光電変換セル20の第2の電極8とが一体となったものとなる。これにより、隣接する光電変換セル20同士が直列接続されることとなり、複数の光電変換セル20を直列接続で並べて成る光電変換モジュール21を容易に作製することができる。

50

【 0 0 3 9 】

次に本発明の第 2 の実施形態に係る光電変換セルおよび光電変換モジュールについて説明する。

【 0 0 4 0 】

図 4 は、本発明の第 2 の実施形態に係る光電変換セル 1 2 0 および光電変換モジュール 1 2 1 の構成を示す図である。また、図 5 は、光電変換セル 1 2 0 および光電変換モジュール 1 2 1 の断面図であり、図 6 はその製造方法を示す工程ごとの断面図である。図 4 ~ 図 6 において、図 1 ~ 3 に示す第 1 の実施形態に係る光電変換セル 2 0 および光電変換モジュール 2 1 と同じ構成の部位には同じ符号を付しており、上述した各構成と同様のものを適用できる。

10

【 0 0 4 1 】

第 2 の実施形態に係る光電変換セル 1 2 0 および光電変換モジュール 1 2 1 は、線状電極 6 が第 2 半導体層 4 から第 2 の電極層 8 に向かって延びる第 2 の延長部を有し、第 2 の延長部が第 2 の電極層 8 と接続することによって線状電極 6 が接続部 1 7 を構成している点で第 1 の実施形態に係る光電変換セル 2 0 および光電変換モジュール 2 1 と異なっている。このように線状電極 6 が第 2 の電極層 8 と接続することによって接続部 1 7 を構成した場合、接続がより確実となり、接続信頼性を高めることができる。

【 0 0 4 2 】

このような光電変換セル 1 2 0 および光電変換モジュール 1 2 1 は以下のようにして作製できる。まず、図 6 (a) に示すように、基板 1 上に所望のパターンの第 1 の電極層 2 および第 2 の電極層 8 を形成する。次に、図 6 (b) に示すように、基板 1、第 1 の電極層 2 および第 2 の電極層 8 上に、第 1 半導体層 3 および第 2 半導体層 4 を積層する。次に、図 6 (c) に示すように、第 2 半導体層 4 上に導電層 5 を形成する。次に、図 6 (d) に示すように、接続部 1 7 を形成するための貫通溝 P 2 および光電変換セル 1 2 0 間を分離するための貫通溝 P 3 を、スクライプ加工またはエッチング等により形成する。最後に図 6 (e) に示すように、導電層 5 上および貫通溝 P 2 の一部にスクリーン印刷等の方法によって、金属ペーストをパターン状に印刷する。そして、これを加熱して硬化し、線状電極 6 を形成することにより、接続部 1 7 を有する光電変換装置 1 2 0 および光電変換モジュール 1 2 1 が完成する。

20

【 0 0 4 3 】

このように第 1 半導体層 3、第 2 半導体層 4 および導電層 5 を続けて形成し、その後、接続部 1 7 を形成するための貫通溝 P 2 および光電変換セル 1 2 0 間を分離するための貫通溝 P 3 を同時に形成することにより、溝加工工程が簡略化でき、生産性が向上する。

30

【 0 0 4 4 】

なお、本発明は上述の実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内で種々の変更を施すことは何等差し支えない。

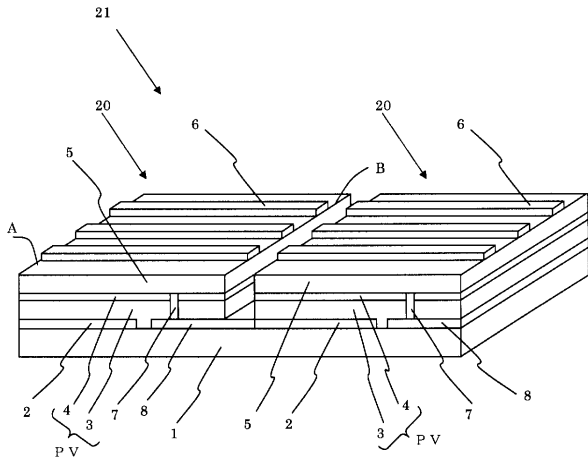
【 符号の説明 】

【 0 0 4 5 】

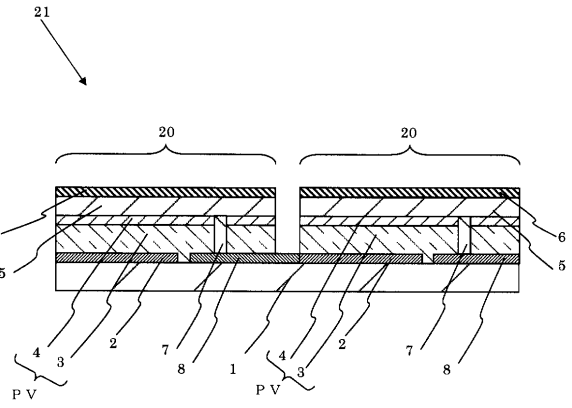
- 2 : 第 1 の電極層
- 3 : 第 1 半導体層
- 4 : 第 2 半導体層
- 5 : 導電層
- 6 : 線状電極
- 7、1 7 : 接続部
- 8 : 第 2 の電極層
- 2 0 , 1 2 0 : 光電変換セル
- 2 1、1 2 1 : 光電変換モジュール

40

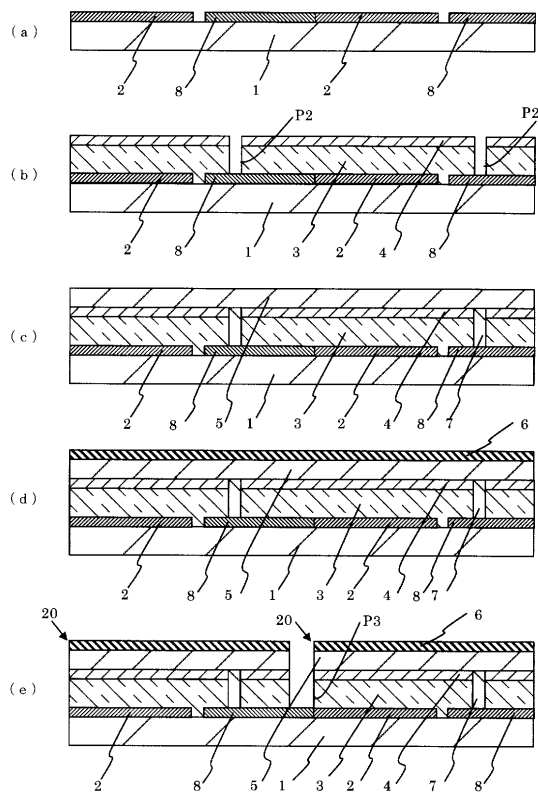
【図1】



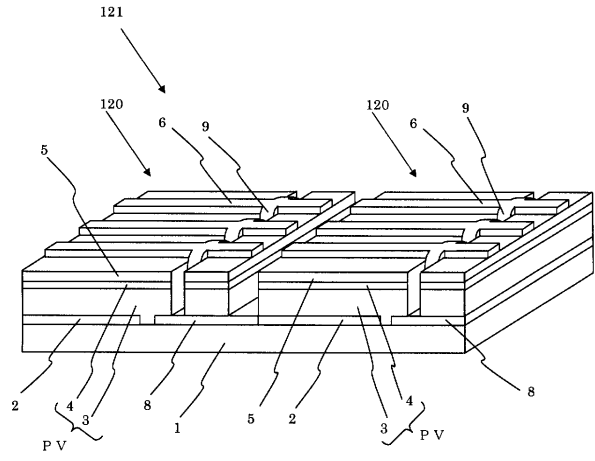
【図2】



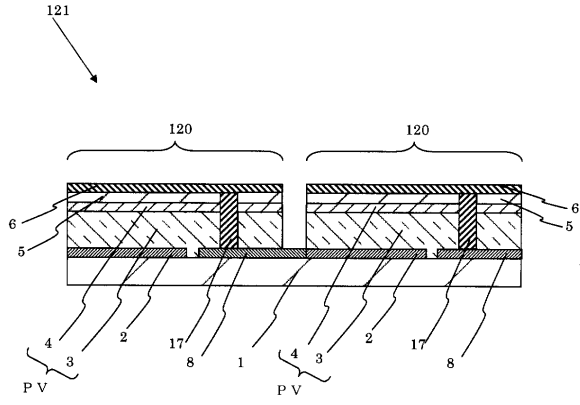
【図3】



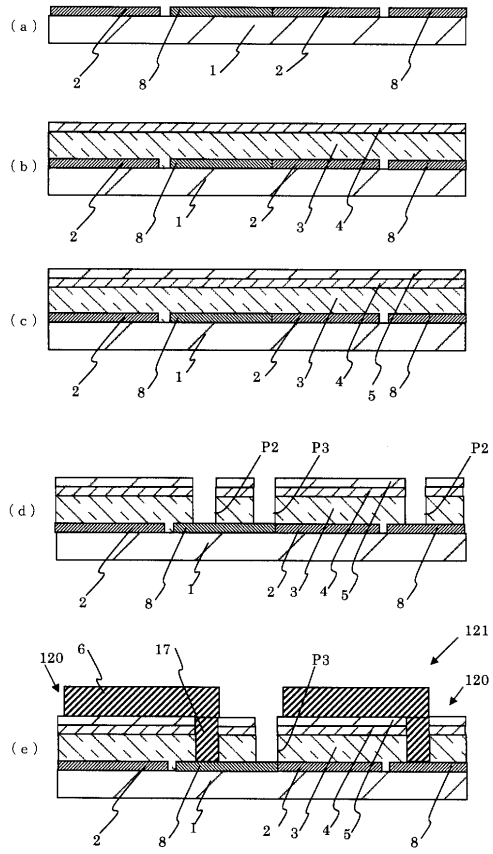
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平09 - 008337 (JP, A)
特開2007 - 201304 (JP, A)
特開2006 - 245502 (JP, A)
国際公開第2008 / 015900 (WO, A1)
西独国特許第03714920 (DE, B)
特開平02 - 237080 (JP, A)
特開昭62 - 084569 (JP, A)
特開2000 - 299486 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 31/04 - 31/078