

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2010 年 9 月 10 日(10.09.2010)

(10) 国際公開番号
WO 2010/100947 A1

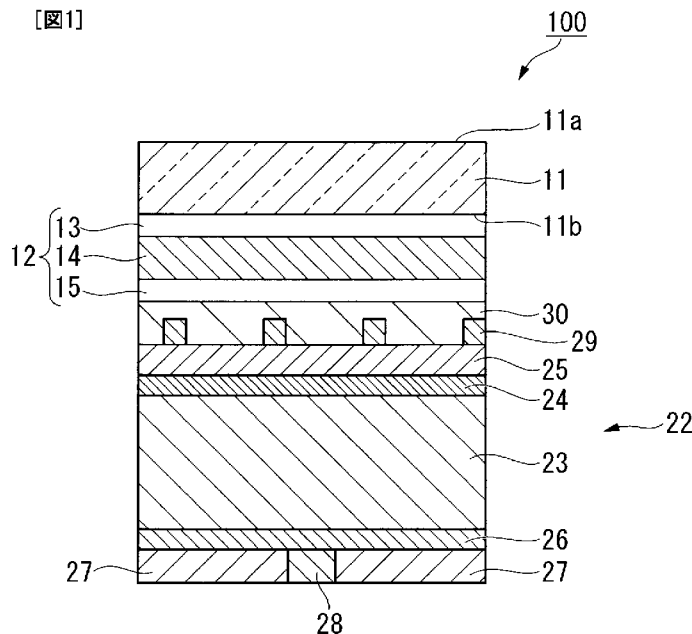
PCT

- (51) 国際特許分類:
H01L 31/075 (2006.01) H01L 31/072 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/001562
- (22) 国際出願日: 2010 年 3 月 5 日(05.03.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2009-052094 2009 年 3 月 5 日(05.03.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社アルバック (ULVAC, INC.) [JP/JP]; 〒2538543 神奈川県茅ヶ崎市萩園 2 5 0 0 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 渡井美和 (WATAI, Miwa) [JP/JP]; 〒2891226 千葉県山武市横田 5 2 3 株式会社アルバック 千葉超材料研究所内 Chiba (JP). 斎藤一也 (SAITO, Kazuya) [JP/JP]; 〒2891226 千葉県山武市横田 5 2 3 株式会社アルバック 千葉超材料研究所内 Chiba (JP). 砂賀芳雄 (SUNAGA, Yoshio) [JP/JP]; 〒2538543 神奈川県茅ヶ崎市萩園 2 5 0 0 株式会社アルバック内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 志賀正武, 外 (SHIGA, Masatake et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目 9 番 2 号 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, 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, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: SOLAR CELL AND METHOD FOR MANUFACTURING SOLAR CELL

(54) 発明の名称: 太陽電池及び太陽電池の製造方法



(57) Abstract: A solar cell includes: a substrate (11) having light transparency; a first power generating cell (12), which is arranged at a position close to the substrate (11) and includes a first power generating layer (14); a second power generating cell (22, 42, 52, 62, 72), which is arranged at a position separated from the substrate (11) and includes a second power generating layer (23, 44, 54, 64, 74) having a band gap smaller than that of the first power generating layer (14); and an insulating section (30, 32), which is arranged between the first power generating cell (12) and the second power generating cell (22, 42, 52, 62, 72).

(57) 要約: この太陽電池は、光透過性を有する基板 (11) と、前記基板 (11) に近い位置に配置され、第 1 発電層 (14) を含む第 1 発電セル (12) と、前記基板 (11) から離れた位置に配置され、前記第 1 発電層 (14) のバンドギャップよりも小さいバンドギャップを有する第 2 発電層 (23, 44, 54, 64, 74) を含む第 2 発電セル (22, 42, 52, 62, 72) と、前記第 1 発電セル (12) と前記第 2 発電セル (22, 42, 52, 62, 72) との間に配置された絶縁部 (30, 32) とを含む。



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 太陽電池及び太陽電池の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、複数のセルを重ねて積層される太陽電池及び太陽電池の製造方法に関する。

本願は、２００９年３月５日に出願された特願２００９－０５２０９４号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 近年、エネルギーの効率的な利用の観点から、太陽電池は広く一般に利用されている。この太陽電池としては、シリコン系の太陽電池が知られており、具体的に、単結晶シリコンが用いられたシリコン太陽電池、ポリシリコン層が用いられたポリシリコン太陽電池、アモルファスシリコンが用いられたアモルファスシリコン太陽電池等が知られている。

シリコン系の太陽電池は、例えば、ガラス基板上にＴＣＯ等からなる透明電極として機能する受光面電極と、受光面電極上に形成されシリコンからなる発電層と、裏面電極として機能するＡｇ薄膜とが積層されたセルを含む。

発電層は、ｐｉｎ接合と呼ばれる層構造を有する。この層構造においては、光を受けると電子及びホールを発生するシリコン膜（ｉ型）がｐ型及びｎ型のシリコン膜で挟まれている。

[0003] また、近年では、太陽光が吸収される波長帯域が互いに異なる複数の発電層が基板上に積層された、例えば、タンデム型の太陽電池の開発が進められている。

このタンデム型の太陽電池においては、短波長域の光が一方の発電層（例えば、アモルファスシリコン）において吸収され、長波長域の光が他方の発電層（例えば、結晶シリコン）において吸収される。このような２つの発電層を有する構造においては、太陽光のエネルギーが無駄なく利用され、発電効率が向上する。

このようなタンデム型の太陽電池としては、例えば、特許文献1及び特許文献2に開示されているように、バンドギャップが異なる複数の発電層が積層され、一体化された構造が知られている。また、特許文献3に開示されているように、第1発電層の第1光吸収層と第2発電層の第2光吸収層との間に、両者間を部分的に絶縁する絶縁層が設けられ、かつ、第1発電層と第2発電層との間を結線する結線電極が設けられている構成が知られている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2002-368238号公報

特許文献2：特開2001-028452号公報

特許文献3：特開2005-217041号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、上述の従来技術では、複数の発電層が電氣的に接続（直列接続）されている構造であるため、複数の発電層の各々に流れる電流を一致させる必要がある。具体的に、複数の発電層が電氣的に接続された直列回路（直列接続）において、一方の発電層における発電量と他方の発電層における発電量とが異なる場合、発電量が大きい発電層の電気抵抗よりも発電量が小さい発電層の電気抵抗が大きくなる。従って、発電量が小さい発電層の電気抵抗によって直列回路における電流量が決定される。このため、発電量が高い発電層から出力された電流に損失が生じる。そのため、直列接続された積層構造の太陽電池では、発電層の各々から出力されるエネルギーが、単層の発電層における最大出力時におけるエネルギーよりも低くなる場合がある。

具体的に、従来の太陽電池においては、太陽光が入射面に平均的に入射する際に、発電層の各々の最大出力が得られるように調整されている。しかしながら、太陽光の光強度又はスペクトルが変化した場合には、発電層の各々

から所望の出力が得られず、複数の発電層全体において得られる光電変換効率が低下するという問題がある。

[0006] また、タンデム型の太陽電池を製造する場合、基板上に１層目の発電層として、例えば、アモルファスシリコンからなる発電層を形成した後、アモルファスシリコンによって吸収される光の波長よりも長い波長の光を吸収する発電層を順次形成していく。長波長の光を吸収する発電層の材料としては、例えば、微結晶シリコンが知られている。

この場合、複数の発電層の各々においては、構成材料の物性に応じて最適な成膜条件が異なり、特に成膜工程における温度条件が異なる。そのため、複数の発電層を順次に積層する場合、後に形成される発電層の成膜条件に起因して、先に形成された発電層の性能低下が生じるという問題がある。

[0007] 本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、発電効率及び製造効率を向上させることができる太陽電池と、この太陽電池を製造する方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明者等は、複数の発電層が順次に積層されている従来構造においては、後に形成される発電層の成膜条件に起因して、先に形成された発電層の性能低下が生じるという問題を解決するために鋭意検討を行った。

例えば、受光面に最も近い発電層としてアモルファスシリコンのp-i-n層が形成された、このアモルファスシリコン構造上に微結晶シリコンからなるp-i-n層の発電層が積層されたタンデム型太陽電池を作製する場合について説明する。

アモルファスシリコンの成膜プロセスにおいては、最高温度（基板温度）が200℃程度（180～230℃）である。一方、微結晶シリコンの成膜プロセスにおいては、最高温度（基板温度）が300℃程度（250～350℃）である。そのため、上記のようなタンデム型太陽電池の製造プロセスにおいては、アモルファスシリコンは、微結晶シリコンの成膜プロセスにおける最高温度である300℃程度（250～350℃）という高温雰囲気

さらされる。

本発明者等は、アモルファスシリコンが高温雰囲気さらされることに起因して、アモルファスシリコン中に存在する水素原子が脱離し、その水素原子が終端化していたダングリングボンドがアモルファスシリコンの発電層中に増加することを見出した。この結果、本発明者等は、この発電層の変換効率等を含む電池特性が低下し、製造効率が低下するという問題を見出した。

また、本発明者等は、上記のような現象は、アモルファスシリコンの $p-i-n$ 層の代わりに、成膜プロセス中の最高温度（基板温度）が 200°C 程度（ $180\sim 230^{\circ}\text{C}$ ）であるアモルファスシリコンゲルマニウムからなる $p-i-n$ 層を作製する場合においても生じることを見出した。また、本発明者等は、上記のような現象は、微結晶シリコンからなる $p-i-n$ 層の代わりに、高温プロセス（ 250°C 以上）において成膜される発電層、例えば、 CdS 、 Cu_2S 、 CuInSe_2 等を作製する場合にも生じることを見出した。

また、従来、太陽電池製造においては、不純物拡散工程又はファイヤスルー工程等の高温プロセス（ 250°C 以上の温度雰囲気）によって、結晶シリコンの発電層とアモルファスシリコンの発電層とが積層されている。このように積層する方法においては、アモルファスシリコンにダングリングボンドが増加することを防ぐため、結晶シリコンの発電層の上にアモルファスシリコンの発電層を積層するという順序において2つの発電層を積層する必要があった。即ち、2つの発電層を積層する順番が制限された方法によって太陽電池を製造しなければならなかった。

本発明者等は、このような事情に鑑み、本発明を完成するに至った。

[0009] 上記課題を解決するために、本発明の第1態様の太陽電池は、光透過性を有する基板と、前記基板に近い位置に配置され、第1発電層を含む第1発電セルと、前記基板から離れた位置に配置され、前記第1発電層のバンドギャップよりも小さいバンドギャップを有する第2発電層を含む第2発電セルと、前記第1発電セルと前記第2発電セルとの間に配置された絶縁部とを含む

。

即ち、本発明の第1態様の太陽電池は、受光面電極、発電層、及び裏面電極が順に積層されている複数のセルが光透過性を有する基板上に積層されている構造を有する。また、光入射側に配置される前記セルを構成する前記発電層のバンドギャップは、基板から離れた位置に配置された発電層のバンドギャップよりも大きい。また、複数のセルの間には、絶縁部が配置されている。

また、この構成においては、第1発電セル（第1発電層）と基板との距離よりも、第2発電セル（第2発電層）と基板との距離が大きい。

この構成によれば、第1発電セルと第2発電セルとの間に絶縁部が配置され、第1発電セル上に第2発電セルが積層されているので、第1発電セル及び第2発電セルの各々は、電気接続構造において独立した発電セルとして機能する。このため、第1発電セル及び第2発電セルの各々に流れる電流を独立して設定することができる。

これにより、太陽光の光強度又はスペクトル等に関わらず、第1発電セル及び第2発電セルの各々の発電層に流れる電流が最大である時に出力されるエネルギーを取り出すことができる。そのため、第1発電セル及び第2発電セルの各々における最大出力を取り出すことができる。

つまり、例えば、従来のタンデム型の太陽電池のように、複数の発電層が電氣的に直列に接続された構造（直列回路）においては、一方の発電層における発電量と他方の発電層における発電量とが異なる場合、発電量が大きい発電層の電気抵抗よりも発電量が小さい発電層の電気抵抗が大きくなる。従って、発電量が小さい発電層の電気抵抗によって直列回路における電流量が決定される。このため、発電量が大きい発電層から出力された電流に損失が生じるという問題がある。これに対し、本発明の太陽電池においては、複数の発電層が互いに独立している並列回路構造が採用されているので、各々の発電層における電流量が制限されず、複数の発電層の各々において最大の電流を得ながら発電することができる。従って、低電圧・大電流の太陽電池を

実現することができ、発電効率の高い太陽電池を提供することができる。

[0010] また、本発明の第1態様の太陽電池においては、前記第1発電セル及び前記第2発電セルを含む複数の発電セルを有し、前記複数の発電セルのうち、前記基板から最も離れた位置に前記第2発電セルが配置され、前記第2発電層のバンドギャップは、 1.3 eV 以下であることが好ましい。

ここで、「複数の発電セル」とは、2つ以上の発電セルを意味し、3つの発電セル或いは4つの発電セルを含む。また、この構成においては、第1発電セル及び第2発電セルを含む複数の発電セルの中で、第2発電セル（第2発電層）と基板との距離が、他の発電セルと基板との距離よりも大きい。

この構成によれば、基板から最も離れた位置に配置された発電セル（第2発電セル）の発電層（第2発電層）のバンドギャップが、 1.3 eV 以下であるので、基板に近い位置（入射側）に配置された発電層において取り出すことができない長波長域の光を利用して発電を行うことができる。

即ち、太陽光の入射方向（基板の厚さ方向）に積層された複数の発電セルの中で、基板に近い位置に配置された第1発電セルの第1発電層は短波長域の光を利用して発電し、基板から最も離れた位置に配置される第2発電層は長波長域の光を利用して発電する。また、第1発電セルと第2発電セルの間に中間発電セルが配置されている場合、中間発電セルの中間発電層は、短波長域と長波長域との間の中間波長域の光を利用して発電する。また、第1発電セルと第2発電セルの間に、複数の中間発電セルが設けられていてもよい。

このように、本発明の太陽電池においては、第1発電層（基板に近い位置に配置された発電層）から第2発電層（基板から離れた位置に配置された発電層）に向けた方向において、発電に利用される波長域が短波長から長波長に漸次変化している。このように、複数の発電層において発電層の各々が吸収する波長領域が互いに異なっている構造においては、広い波長域において太陽光のエネルギーを取り出すことができる。従って、本発明の太陽電池は、太陽光のエネルギーを無駄なく利用することができ、発電効率を向上する

ことができる。

[0011] また、本発明の第 1 態様の太陽電池においては、前記第 1 発電セル及び前記第 2 発電セルは、電氣的に並列に接続されていることが好ましい。

この構成によれば、第 1 発電セル及び第 2 発電セルが電氣的に並列に接続されているので、第 1 発電層に流れる電流と第 2 発電層に流れる電流とを一致させる必要がない。このため、第 1 発電層及び第 2 発電層における電流量が制限されず、複数の発電層の各々において最大の電流を得ながら発電することができる。また、第 1 発電セル及び第 2 発電セルを並列に接続することで、例えば、複数の発電セルのうち、1つの発電セルのみに不具合が生じて電流が流れない場合であっても、他の発電セルには正常に電流が流れる。つまり、1つの発電セルにおいて不具合が、全体の発電セルの作動状態に影響を及ぼすことがないため、太陽電池の発電効率を維持することができる。

[0012] また、本発明の第 1 態様の太陽電池においては、前記第 1 発電セル及び前記第 2 発電セルの各々には、保護回路が設けられていることが好ましい。

この構成によれば、第 1 発電セル及び第 2 発電セルの各々に個別の保護回路が接続されているので、第 1 発電セル及び第 2 発電セルのうちいずれか発電セルに過電圧が印加された時には、過電圧が印加された発電セルのみに流れる電流を保護回路に流す。これによって、発電セルの故障を防ぐことができる。

つまり、1つの発電セルにおいて不具合が、全体の発電セルの作動状態に影響を及ぼすことがないため、太陽電池の発電効率を維持することができる。

[0013] 上記課題を解決するために、本発明の第 2 態様の太陽電池の製造方法は、光透過性を有する基板を準備し、第 1 発電層を含む第 1 発電セルを形成し、前記第 1 発電層のバンドギャップよりも小さいバンドギャップを有する第 2 発電層を含む第 2 発電セルを形成し、前記第 1 発電セルと前記第 2 発電セルとの間に絶縁部を配置し、前記基板に近い位置に前記第 1 発電セルを配置し、かつ、前記基板から離れた位置に前記第 2 発電セルを配置するように、前

記第 1 発電セルに前記第 2 発電セルを重ね合わせる。

この方法においては、第 1 発電セル及び第 2 発電セルを個別に作製した後に、第 1 発電セル及び第 2 発電セルの間に絶縁部を配置するように第 1 発電セル及び第 2 発電セルを重ね合わせている。従って、第 1 発電セルに第 2 発電セルを重ね合わせる前に、第 1 発電セル及び第 2 発電セルの各々を構成する層（例えば、発電層）を最適な成膜条件において成膜することができる。

従来のような複数の発電層を順次積層する方法においては、既に成膜された下層に位置する発電層の膜質を維持するために、上層に位置する発電層の成膜条件が制限されてしまう。

これに対して、本発明の製造方法によれば、上層に形成される発電層の成膜条件が制限されずに、第 1 発電セル及び第 2 発電セルの各々を形成できる。

これにより、第 1 発電セル及び第 2 発電セルの各々の発電層を最適な成膜条件で成膜することができるため、良好な膜質を有する発電層を形成することができる。

従って、本発明の製造方法によれば、発電層の膜質が改善し、太陽電池の発電効率が増大し、製造効率が向上する。

[0014] また、本発明の第 2 態様の太陽電池の製造方法においては、前記第 1 発電セルを形成する成膜プロセスにおける最高温度は、前記第 2 発電セルを形成する成膜プロセスにおける最高温度と異なることが好ましい。

また、本発明の第 2 態様の太陽電池の製造方法においては、前記第 1 発電セルを形成する成膜プロセス及び前記第 2 発電セルを形成する成膜プロセスにおいて、最も高い温度条件の範囲は 250～400℃であり、最も低い温度条件の範囲は 180～230℃であることが好ましい。

この方法によれば、第 1 発電セルの成膜プロセスにおける最高温度と、第 2 発電セルの成膜プロセスにおける最高温度とが異なる場合であっても、第 1 発電セル及び第 2 発電セルを作製する順序によらず、第 1 発電セルと第 2 発電セルとを重ね合わせることができる。即ち、第 1 発電セルの積層体及び

第2発電セルの積層体の各々を製造する工程において、上記の成膜プロセスにおける温度条件の相違によって各セルの製造の順序が制限されることなく、良好な膜質を有する発電層を形成することができる。また、良好な膜質を有する発電層を含む第1発電セル及び第2発電セルを重ね合わせることができる。

例えば、成膜プロセス中の最高温度が180～230℃であるアモルファスシリコンと、成膜プロセス中の最高温度が250～400℃である微結晶シリコンとを積層する場合について説明する。この場合、先に形成されたアモルファスシリコン上に微結晶シリコンを積層すると、アモルファスシリコンの成膜温度よりも微結晶シリコンの成膜温度が高いため、アモルファスシリコン中に含まれる水素が微結晶シリコンを成膜する際のプロセス温度の上昇によって脱離する。この場合、アモルファスシリコンにおける変換効率が低下するおそれがある。

これに対し、本発明の製造方法によれば、第1発電セル及び第2発電セルを別々に製造するため、各セルを製造する順序が制限されることがない。また、微結晶シリコンセルの成膜プロセスにおける最高温度がアモルファスシリコンセルの性能に悪影響を及ぼさない。

発明の効果

[0015] 本発明の太陽電池によれば、第1発電セルと第2発電セルとの間に絶縁部が配置され、第1発電セル上に第2発電セルが積層されているので、第1発電セル及び第2発電セルの各々は、電気接続構造において独立した発電セルとして機能する。このため、第1発電セル及び第2発電セルの各々に流れる電流を独立して設定することができる。

これにより、太陽光の光強度又はスペクトル等に関わらず、第1発電セル及び第2発電セルの各々の発電層に流れる電流が最大である時に出力されるエネルギーを取り出すことができる。そのため、第1発電セル及び第2発電セルの各々における最大出力を取り出すことができる。

つまり、例えば、従来のタンデム型の太陽電池においては、発電量が小さ

い発電層の電気抵抗によってタンデム構造（直列回路）における電流量が決定され、発電量が大きい発電層から出力された電流に損失が生じるという問題がある。これに対し、本発明の太陽電池においては、複数の発電層の各々から出力される電流量が制限されず、複数の発電層の各々において最大の電流を得ながら発電することができる。従って、低電圧・大電流の太陽電池を実現することができ、発電効率の高い太陽電池を提供することができる。

また、本発明の太陽電池の製造方法によれば、第1発電セル及び第2発電セルを個別に作製した後に、第1発電セル及び第2発電セルの間に絶縁部を配置するように第1発電セル及び第2発電セルを重ね合わせている。従って、第1発電セルに第2発電セルを重ね合わせる前に、第1発電セル及び第2発電セルの各々を構成する層（例えば、発電層）を最適な成膜条件において成膜することができる。

つまり、第1発電セル及び第2発電セルの各々を構成する層（例えば、第1発電層及び第2発電層）を最適な成膜条件下において成膜することができる。これにより、良好な膜質を有する第1発電層及び第2発電層を形成することができる。

従って、本発明の製造方法によれば、発電層の膜質が改善し、太陽電池の変換効率が増大し、製造効率が向上する。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]本発明の第1実施形態における太陽電池の断面図である。

[図2]本発明の第2実施形態における太陽電池の断面図である。

[図3]本発明の第3実施形態における太陽電池の断面図である。

[図4]本発明の第4実施形態における太陽電池の断面図である。

[図5A]本発明の実施形態における太陽電池（セル12）の製造方法を示す断面図である。

[図5B]本発明の実施形態における太陽電池（セル12）の製造方法を示す断面図である。

[図5C]本発明の実施形態における太陽電池（セル12）の製造方法を示す断

面図である。

[図6A]本発明の実施形態における太陽電池（セル２２）の製造方法を示す断面図である。

[図6B]本発明の実施形態における太陽電池（セル２２）の製造方法を示す断面図である。

[図6C]本発明の実施形態における太陽電池（セル２２）の製造方法を示す断面図である。

[図6D]本発明の実施形態における太陽電池（セル２２）の製造方法を示す断面図である。

[図6E]本発明の実施形態における太陽電池（セル２２）の製造方法を示す断面図である。

[図7A]本発明の実施形態における太陽電池（セル４２）の製造方法を示す断面図である。

[図7B]本発明の実施形態における太陽電池（セル４２）の製造方法を示す断面図である。

[図7C]本発明の実施形態における太陽電池（セル４２）の製造方法を示す断面図である。

発明を実施するための形態

[0017] 以下、本発明に係る太陽電池及び太陽電池の製造方法の最良の形態について、図面に基づき説明する。

また、以下の説明に用いる各図においては、各構成要素を図面上で認識し得る程度の大きさとするため、各構成要素の寸法及び比率を実際のものとは適宜に異ならせてある。

[0018] （太陽電池）

（第１実施形態）

図１は、本発明の第１実施形態における太陽電池を示す断面図である。

図１に示すように、太陽電池１００は、基板１１上に形成された２つのセル１２、２２を含む。基板１１は、ガラス又は透明樹脂等、太陽光の透過性

に優れ、かつ耐久性を有する絶縁材料で形成されている。第1実施形態の太陽電池100においては、基板11の一方の面、つまり基板11におけるセル12、22が形成されていない面11a（以下、表面11aと称する）に太陽光が入射する。即ち、表面11aは、太陽電池100の受光面である。

[0019] セル12は、本発明の第1発電セルに相当する。セル12（以下、第1セル12と称する）においては、基板11上に受光面電極13、発電層（第1発電層）14、及び裏面電極15が順次積層されている。受光面電極13は、テクスチャ構造を有し、基板11の他方の面（以下、裏面11bと称する）上に形成されている。受光面電極13は、光透過性を有する金属酸化物、例えば、GZO又はITO（Indium Tin Oxide）等のいわゆるTCO（transparent conductive oxide）からなる。

[0020] 受光面電極13上には、pin接合構造を有する発電層14が形成されている。このpin接合構造においては、例えば、p型アモルファスシリコン（ α -Si）膜（不図示）とn型アモルファスシリコン膜（不図示）との間にi型アモルファスシリコン膜（不図示）が挟まれている。このpin接合構造においては、受光面電極13上にp型アモルファスシリコン膜、i型アモルファスシリコン膜、及びn型アモルファスシリコン膜が順次積層されている。なお、発電層14のバンドギャップ（光学的バンドギャップ）は、例えば、1.7eV程度である。このようなバンドギャップを有する材料としては、アモルファスシリコン膜の他に、アモルファスシリコンゲルマニウム（ α -SiGe）膜等を用いることが可能である。裏面電極15は、受光面電極13が形成されている発電層14の面とは反対の面上に積層されている。この裏面電極15は、上述の受光面電極13と同様にTCOからなる。つまり、第1セル12においては、光透過性を有する受光面電極13及び裏面電極15の間に、発電層14が挟持されている。

[0021] 一方、セル22は、本発明の第2発電セルに相当する。セル22（以下、第2セル22と称する）は、シリコン基板（第2発電層）23、拡散層24

、反射防止膜25、BSF (Back Surface Field) 層26、第1裏面電極27、第2裏面電極28、及びグリッド電極29を備えている。シリコン基板23としては、単結晶シリコン又は多結晶シリコン中にホウ素 (B)、ガリウム (Ga)、アルミニウム (Al)、インジウム (In) 等のp型のドーパントが拡散されたp型の単結晶シリコン基板を用いることができる。また、単結晶シリコンまたは多結晶シリコン中にリン (P)、ヒ素 (As)、アンチモン (Sb) 等のn型のドーパントが拡散されたn型の単結晶シリコン又は多結晶シリコン基板を用いることができる。このようなドーパントが拡散されたシリコン基板は、用途に応じて適宜選択され、使用される。シリコン基板23の表面は、エッチング (テクスチャエッチング) によって形成された微小な凹凸形状を有するテクスチャ構造 (図示略) が形成されている。シリコン基板23としては、予めテクスチャが形成された基板を用いてもよい。また、テクスチャが形成されていない基板を用意し、ドライエッチングによりテクスチャを基板上に形成してもよい。

[0022] ここで、シリコン基板23のバンドギャップ (光学的バンドギャップ) は、発電層14のバンドギャップより小さく、例えば、1.1 eV程度である。つまり、セル12を構成する発電層14のバンドギャップは、セル22を構成するシリコン基板23のバンドギャップよりも大きい。即ち、基板11の厚さ方向に積層された複数の発電層のうち、太陽光が入射される基板11に近い位置に配置されたセル (例えば、第1セル12) を構成する発電層 (例えば、発電層14) のバンドギャップは、基板11から遠い位置に配置されたセル (例えば、第2セル22) を構成する発電層 (例えば、シリコン基板23) のバンドギャップよりも大きい。さらに、複数の発電層が配置されている複数位置のうち、基板11の厚さ方向に沿って、基板11から最も遠い位置 (最下層) に配置される発電層 (例えば、シリコン基板23) の構成材料のバンドギャップは、例えば、1.3 eV以下であることが好ましい。

[0023] 拡散層24は、シリコン基板23がp型のシリコン基板である場合には、リン (P)、ヒ素 (As)、アンチモン (Sb) 等のn型のドーパント

トがシリコン基板 23 の表面近傍に拡散された薄厚の層である。また、拡散層 24 は、シリコン基板 23 が n 型のシリコン基板である場合には、ホウ素 (B)、ガリウム (Ga)、アルミニウム (Al)、インジウム (In) 等の p 型のドーパントがシリコン基板 23 の表面近傍に拡散された薄厚の層である。

[0024] 反射防止膜 25 の構造としては、高屈折率の膜と低屈折率の膜が積層された多層からなる多層構造、又は単層構造が採用される。反射防止膜 25 が多層構造を有する場合、多層構造を構成する膜の材料としては、例えば、屈折率が 1.0 ~ 4.0 の窒化珪素 (SiN_x)、酸化チタン (TiO_2)、酸化ニオブ (Nb_2O_5)、フッ化マグネシウム (MgF_2)、酸化マグネシウム (MgO)、酸化ケイ素 (SiO_2) 等が好適に用いられる。また、反射防止膜 25 が単層構造を有する場合、例えば、拡散層 24 上に CVD 法により成膜された窒化珪素 (SiN_x) 等の透明材料からなる膜が用いられる。また、シリコン基板 23 が p 型のシリコン基板である場合には、リン (P)、ヒ素 (As)、アンチモン (Sb) 等の n 型のドーパントが、単層構造を形成する反射防止膜 25 の膜に含まれている。また、シリコン基板 23 が n 型のシリコン基板である場合には、ホウ素 (B)、ガリウム (Ga)、アルミニウム (Al) 等の p 型のドーパントが、単層構造を形成する反射防止膜 25 の膜に含まれている。なお、ファイヤスループロセスを行う場合には、窒化珪素 (SiN_x)、酸化チタン (TiO_2) が好適に用いられる。

[0025] 拡散層 24 は、反射防止膜 25 を熱処理することにより、この反射防止膜 25 に含まれるドーパントをシリコン基板 23 の表面に拡散させることによって得られている。この拡散層 24 のドーパント濃度は、太陽電池 100 に必要な pn 接合が生じるように決められる。例えば、拡散層 24 のドーパント濃度は、反射防止膜 25 から拡散量により決まるので、拡散後の反射防止膜 25 のドーパント濃度よりも拡散層 24 のドーパント濃度が低くなる場合が多い。通常、成膜される反射防止膜 25 のドーパント濃度は、拡散層 24 に要求されるドーパント濃度より高めに設定される。但し、ドーパント濃度

の設定方法は上記の方法に限定されない。シリコンと反射防止膜 25 の間での拡散の平衡状態に起因して、拡散工程の前では反射防止膜 25 のドーパント濃度が拡散層 24 のドーパント濃度よりも高くても、拡散工程の後では反射防止膜 25 のドーパント濃度が拡散層 24 のドーパント濃度よりも低くなる場合もある。

[0026] B S F 層 26 は、第 1 裏面電極 27 及び第 2 裏面電極 28 等の構成材料が熱処理によりシリコン基板 23 に拡散して形成された薄厚の層である。例えば、p 型のシリコン基板 23 の裏面にアルミニウムを含む第 1 裏面電極 27 及び第 2 裏面電極 28 を形成し、その後、熱処理によってアルミニウムをシリコン基板 23 に拡散させることによって B S F 層 26 は形成される。第 1 裏面電極 27、第 2 裏面電極 28、及びグリッド電極 29 は、銀、アルミニウム等の導電性金属を含むペーストを焼成することによって得られる金属電極である。第 2 裏面電極 28 は、シリコン基板 23 の裏面の中央部を横断するように設けられ、帯状に形成されている。第 1 裏面電極 27 は、第 2 裏面電極 28 を挟むように第 2 裏面電極 28 の両側に設けられ、矩形状に形成されている。

[0027] グリッド電極 29 は、反射防止膜 25 上に、シリコン基板 23 の面に平行な方向に沿って形成されている。このグリッド電極 29 は、いわゆるファイヤスループロセスを用いてシリコン基板 23 と接続されている。具体的に、グリッド電極 29 の形成方法においては、まず、反射防止膜 25 上に所定のパターンを有する銀ペーストが塗布される。次に、銀ペーストを焼成する。その後、焼成によって形成された銀電極は、反射防止膜 25 を貫通し、拡散層 24 と接触し、シリコン基板 23 に接続されている。基板 11 の表面 11a に入射して第 1 セル 12 を透過した太陽光は、グリッド電極 29 間の隙間（開口部）を通過してシリコン基板 23 に入射する。なお、グリッド電極 29 の構成材料としては、T C O 等の光透過性を有する金属酸化物を採用してもよい。上記の拡散層 24 を形成する熱処理と、B S F 層 26 を形成する熱処理と、グリッド電極 29 を形成する熱処理（ファイヤスループロセス）とを

個別に行うことができるが、これら複数の処理工程のうちの2工程もしくは全工程を同時に行えば、工程数及び処理時間を短縮することができ、処理装置の個数を削減することができる。

[0028] 第1セル12の裏面電極15と第2セル22のグリッド電極29との間には、絶縁部30が形成されている。この絶縁部30は、第1セル12と、第2セル22との間を電氣的に絶縁する。絶縁部30は、裏面電極15とグリッド電極29との間の全面に設けられ、グリッド電極29間の隙間（開口部）を絶縁部の構成材料で満たすように形成されている。絶縁部30の構成材料は、絶縁性を有しかつ透明性を有する材料である。このような材料としては、例えば、 SiO_2 、UV硬化性樹脂等のペースト材料、絶縁性を有する接着シート等が好適に用いられる。

[0029] このように、第1実施形態の太陽電池100においては、第1セル12と第2セル22との間に絶縁部30が挟まれており、第1セル12が第2セル22から電氣的に絶縁されるように第1セル12及び第2セル22が積層されている。また、第1実施形態の太陽電池100においては、セル12、22の各々の端部において、セル12、22は互いに電氣的に並列に接続されている。また、第1実施形態の太陽電池100は、電氣的に区画され、所定のサイズを有する複数の区画素子を有する。セル12、22は、複数の区画素子の各々に形成されている。互いに隣接する区画素子は、電氣的に直列に接続（いわゆる集積構造）されている。また、セル12、22の各々には、個別の保護回路（不図示）が設けられている。セル12、22の各々に過電圧が印加された時に、過電流はセル12、22の各々へ流れず、保護回路に流れる。これにより、セル12、22の各々の電気回路の故障を防ぐことができる。

[0030] なお、上述のセル12、22の各々においては、上述の複数層の各々の表面及び裏面に微小凹凸が形成されたテクスチャ構造（不図示）が設けられていることが好ましい。この場合、各層に入射された太陽光の光路を伸ばすプリズム効果と、光を閉じ込める効果を達成することができるため、太陽電池

100における光エネルギーの変換効率を向上させることができる。

[0031] このような太陽電池100においては、基板11の表面11a（入射面）に太陽光が照射され、太陽光は基板11を透過し、太陽光は第1セル12、22に向けて入射される。そして、第1セル12に入射される太陽光に含まれる短波長域の光（例えば、730nm未満の波長の光）は、第1セル12の発電層14内で吸収される。この時、太陽光に含まれるエネルギー粒子がi型アモルファスシリコン膜に当たると、光起電力効果により、電子とホールとが発生する。電子はn型アモルファスシリコン膜に向かって移動し、ホールはp型アモルファスシリコン膜に向かって移動する。電子及びホールが受光面電極13及び裏面電極15によって取り出され、光エネルギーを電気エネルギーに変換することができる（光電変換）。

[0032] 一方、第1セル12においてエネルギーに変換されなかった光、つまり高波長域の光（例えば、950nm以上の波長の光）は、第1セル12及び絶縁部30を透過して第2セル22に入射する。第2セル22に入射された太陽光は、グリッド電極29間の隙間を通してシリコン基板23内で吸収される。この時、上述の発電層14と同様に、シリコン基板23に太陽光が入射し、太陽光に含まれるエネルギー粒子がi型単結晶シリコン膜に当たると、光起電力効果により、電子とホールとが発生する。電子はn型単結晶シリコン膜、ホールはp型単結晶シリコン膜に向かって移動する。電子及びホールがグリッド電極29及び第1裏面電極27及び第2裏面電極28により取り出され、光エネルギーを電気エネルギーに変換することができる。

[0033] そして、セル12、22の各々において取り出されたエネルギーは、それぞれ電気回路（不図示）を介して取り出される。この場合、基板11の厚さ方向に沿って配置されている複数の発電層の位置のうち、基板11から最も遠い位置に配置される発電層（例えば、シリコン基板23）の構成材料のバンドギャップは、1.3eV以下である。この構成によれば、基板11に近い位置（入射側）に配置された発電層（例えば、発電層14）において取り出すことができない長波長域の光を利用し、発電することができる。即ち、

太陽光の入射方向に積層された複数の発電層において、基板 1 1（入射側）に近い位置に配置される発電層（例えば、発電層 1 4）は短波長域の光を利用して発電し、基板 1 1 から離れた位置に配置される発電層（例えば、シリコン基板 2 3）は長波長域の光を利用して発電する。このように、複数の発電層において発電層の各々が吸収する波長領域が互いに異なっている構造においては、広い波長域において太陽光のエネルギーを取り出すことができる。従って、本発明に係る太陽電池 1 0 0 は、太陽光のエネルギーを無駄なく利用することができ、発電効率を向上することができる。

[0034] 上述の第 1 実施形態においては、第 1 セル 1 2 と第 2 セル 2 2 との間に絶縁部 3 0 が挟持された構成が採用されている。この構成によれば、絶縁部 3 0 を挟んでセル 1 2、2 2 が積層され、セル 1 2、2 2 の各々は、独立したセルとして機能する。このため、セル 1 2、2 2 の各々に流れる電流量をそれぞれ独立して設定することができる。この構成により、太陽光の光強度又はスペクトル等に関わらず、セル 1 2 の発電層 1 4 及びセル 2 2 のシリコン基板 2 3 に流れる電流が最大である時に出力されるエネルギーを取り出すことができる。そのため、セル 1 2、2 2 の各々における最大出力を得ることができる。つまり、従来のタンデム型の太陽電池のように発電層の各々が直列に接続されている構造に比べて、第 1 実施形態の 2 つの発電層の各々において十分な電流量を得ることができる。具体的に、複数の発電層が直列に接続されている構造においては、発電量が小さい発電層の電気抵抗によってタンデム構造（直列回路）における電流量が決定され、発電量が大きい発電層から出力された電流に損失が生じるという問題がある。これに対し、第 1 実施形態の太陽電池においては、発電層 1 4 及びシリコン基板 2 3 の各々から出力される電流量が制限されず、複数の発電層の各々において最大の電流を得ながら発電することができる。従って、低電圧・大電流の太陽電池 1 0 0 を実現することができ、発電効率の高い太陽電池 1 0 0 を提供することができる。

[0035] また、セル 1 2、2 2 の各々が電氣的に並列に接続されているので、発電

層 1 4 に流れる電流とシリコン基板 2 3 に流れる電流とを一致させる必要がない。このため、セル 1 2, 2 2 の各々における発電に伴う電流量を異ならせることができる。従って、発電層 1 4 及びシリコン基板 2 3 (発電層) のうち、発電量が小さい発電層の電気抵抗によって両者に流れる電流量は決定されない。即ち、発電量が大きい発電層から出力された電流に損失は生じず、電流量が制限されることを防止することができる。また、セル 1 2, 2 2 の各々が並列に接続されているので、例えば、複数のセル 1 2, 2 2 のうち、1 つのセル (例えば、第 1 セル 1 2) のみに不具合が生じて電流が流れない場合であっても、他のセル (例えば、第 2 セル 2 2) には正常に電流が流れる。さらに、セル 1 2, 2 2 の各々に保護回路が接続されているので、セル 1 2, 2 2 のうち 1 つのセル (例えば、第 1 セル 1 2) に過電圧が印加された時に、セルのみに流れる電流を保護回路に流すことができ、セルの故障を防ぐことができる。つまり、1 つのセルにおいて生じた不具合が、全体のセルの作動状態に影響を及ぼすことがないため、太陽電池 1 0 0 の発電効率を維持することができる。

[0036] (第 2 実施形態)

次に、本発明の第 2 実施形態について説明する。

図 2 は、第 2 実施形態における太陽電池の断面図である。

第 2 実施形態においては、第 1 実施形態と同一部材には同一符号を付して、その説明は省略または簡略化する。

第 2 実施形態においては、第 2 セルの発電層として、 CuInSe_2 膜が用いられている。この構造は、上述の第 1 実施形態の構造と相違している。図 2 に示すように、第 2 実施形態の太陽電池 2 0 0 においては、一対の基板 1 1, 4 1 (以下、第 1 基板 1 1 及び第 2 基板 4 1 と称する) の間に、2 つのセル 1 2, 4 2 が挟持されている。第 1 セル 1 2 においては、第 1 基板 1 1 上に形成された受光面電極 1 3, 発電層 (以下、第 1 発電層と称する) 1 4, 及び裏面電極 1 5 が順次に積層されている。第 1 セル 1 2 の構造は、上述の第 1 実施形態の構造と同じである。また、第 1 基板 1 1 の裏面 1 1 b は、

第2基板41に対向している。

[0037] セル42は、本発明の第2発電セルに相当する。セル42（以下、第2セル42と称する）においては、ガラス又は透明樹脂等からなる第2基板41上に裏面電極45、第2発電層44、及びグリッド電極（受光面電極）43が順次積層されている。第2基板41は、第1基板11の裏面11bに対向する対向面41a（以下、表面41aと称する）を有する。裏面電極45は、表面41a上に形成され、Ag、Al、Cu等の比較的高い導電率及び反射率を有する金属膜からなる。また、裏面電極45は、例えば、低温焼成型ナノインクメタル（Ag）を用いて形成されている。また、裏面電極45は、セル12、42を透過した太陽光を反射させ、セル12の発電層14及びセル42の発電層44に太陽光を再び供給する反射層としても機能する。

[0038] 裏面電極45上には、第2発電層44が形成されている。この第2発電層44は、例えば、p型CuInSe₂膜（不図示）及びn型CuInSe₂膜（不図示）からなるpn接合構造を有する。第2発電層44においては、裏面電極45上にn型CuInSe₂膜及びp型CuInSe₂膜が順次積層されている。第2発電層44のバンドギャップ（光学的バンドギャップ）は、第1発電層14のバンドギャップより小さく、例えば、1.04eV程度である。

[0039] 第2発電層44上には、第2発電層44の面に平行な方向に沿って格子状に形成されたグリッド電極43が配置されている。このグリッド電極43は、裏面電極45と同じ材料で形成されており、基板11の表面11aに入射して第1セル12を透過した太陽光は、グリッド電極43間の隙間（開口部）を通過して第2発電層44に入射する。なお、グリッド電極43の構成材料としては、TCO等の光透過性を有する金属酸化物を採用することも可能である。

[0040] ここで、第1セル12の裏面電極15と第2セル42のグリッド電極43との間には、上述の第1実施形態と同じ絶縁部30が形成されている。この絶縁部30を介して第1セル12と第2セル42とが貼り合わされている。

このように、第2実施形態の太陽電池200においては、絶縁部30を挟持するように第1セル12及び第2セル42が積層されており、第1セル12と第2セル42とは電氣的に絶縁されている。そして、セル12、42の各々の端部において、セル12、42は互いに電氣的に並列に接続されている。

[0041] 従って、第2実施形態によれば、上述の第1実施形態と同様の効果が得られる。また、第2発電層44にCuInSe₂膜が用いられているので、上述の結晶シリコンからなるシリコン基板23（図1参照）が発電層として用いられている場合に比べ、バンドギャップを狭くすることができる。従って、長波長域の光がより一層取り出し易くなるため、太陽電池200の発電効率を向上することができる。

[0042] （第2実施形態の変形例）

次に、本発明の第2実施形態の変形例について説明する。

第2実施形態の変形例においては、第1実施形態と同一部材には同一符号を付して、その説明は省略または簡略化する。

第2実施形態の変形例においては、第2セルの発電層として、Cu₂S膜が用いられている。この構造は、上述の第1実施形態の構造と相違している。図2に示すように、第2実施形態の変形例の太陽電池200においては、一対の基板11、41（以下、第1基板11及び第2基板41と称する）の間に、2つのセル12、42が挟持されている。第1セル12においては、第1基板11上に形成された受光面電極13、発電層（以下、第1発電層と称する）14、及び裏面電極15が順次に積層されている。第1セル12の構造は、上述の第1実施形態の構造と同じである。また、第1基板11の裏面11bは、第2基板41に対向している。

[0043] セル42は、本発明の第2発電セルに相当する。セル42（以下、第2セル42と称する）においては、ガラス又は透明樹脂等からなる第2基板41上に裏面電極45、第2発電層44、及びグリッド電極（受光面電極）43が順次積層されている。第2基板41は、第1基板11の裏面11bに対向

する対向面 4 1 a（以下、表面 4 1 a と称する）を有する。裏面電極 4 5 は、表面 4 1 a 上に形成され、A g、A l、C u 等の比較的高い導電率及び反射率を有する金属膜からなる。また、裏面電極 4 5 は、例えば、低温焼成型ナノインクメタル（A g）を用いて形成されている。また、裏面電極 4 5 は、セル 1 2、4 2 を透過した太陽光を反射させ、セル 1 2 の発電層 1 4 及びセル 4 2 の発電層 4 4 に太陽光を再び供給する反射層としても機能する。

[0044] 裏面電極 4 5 上には、第 2 発電層 4 4 が形成されている。この第 2 発電層 4 4 は、例えば、p 型 C u₂S 膜（不図示）と n 型 C u₂S 膜（不図示）との間に i 型 C u₂S 膜（不図示）が挟まれた p i n 接合構造を有する。第 2 発電層 4 4 においては、裏面電極 4 5 上に n 型 C u₂S 膜、i 型 C u₂S 膜、及び p 型 C u₂S 膜が順次積層されている。第 2 発電層 4 4 のバンドギャップ（光学的バンドギャップ）は、第 1 発電層 1 4 のバンドギャップより小さく、例えば、1. 2 e V 程度である。

[0045] 第 2 発電層 4 4 上には、第 2 発電層 4 4 の面に平行な方向に沿って格子状に形成されたグリッド電極 4 3 が配置されている。このグリッド電極 4 3 は、裏面電極 4 5 と同じ材料で形成されており、基板 1 1 の表面 1 1 a に入射して第 1 セル 1 2 を透過した太陽光は、グリッド電極 4 3 間の隙間（開口部）を通過して第 2 発電層 4 4 に入射する。なお、グリッド電極 4 3 の構成材料としては、T C O 等の光透過性を有する金属酸化物を採用することも可能である。

[0046] ここで、第 1 セル 1 2 の裏面電極 1 5 と第 2 セル 4 2 のグリッド電極 4 3 との間には、上述の第 1 実施形態と同じ絶縁部 3 0 が形成されている。この絶縁部 3 0 を介して第 1 セル 1 2 と第 2 セル 4 2 とが貼り合わされている。このように、第 2 実施形態の変形例の太陽電池 2 0 0 においては、絶縁部 3 0 を挟持するように第 1 セル 1 2 及び第 2 セル 4 2 が積層されており、第 1 セル 1 2 と第 2 セル 4 2 とは電氣的に絶縁されている。そして、セル 1 2、4 2 の各々の端部において、セル 1 2、4 2 は互いに電氣的に並列に接続されている。

[0047] 従って、第2実施形態の変形例によれば、上述の第1実施形態と同様の効果が得られる。また、第2発電層44に Cu_2S 膜が用いられているので、上述の結晶シリコンからなるシリコン基板23（図1参照）が発電層として用いられている場合に比べ、バンドギャップを狭くすることができる。従って、長波長域の光がより一層取り出し易くなるため、太陽電池200の発電効率を向上することができる。

[0048] （第3実施形態）

次に、本発明の第3実施形態について説明する。

図3は、第3実施形態における太陽電池の断面図である。

第3実施形態においては、第1、2実施形態と同一部材には同一符号を付して、その説明は省略または簡略化する。

第3実施形態においては、第2セルの発電層として、 CdS 膜が用いられている。この構造は、上述の第1、2実施形態の構造と相違している。図3に示すように、第3実施形態の太陽電池300においては、一对の基板11、51（以下、第1基板11及び第2基板51と称する）の間に、2つのセル12、52が挟持されている。セル12（以下、第1セル12と称する）においては、第1基板11上に形成された受光面電極13、発電層（以下、第1発電層と称する）14、及び裏面電極15が順次積層されている。第1セル12の構造は、上述の第1実施形態と同じである。

[0049] セル42は、本発明の第2発電セルに相当する。セル52（以下、第2セル52と称する）においては、ガラス又は透明樹脂等からなる第2基板51の表面51a上に裏面電極55、第2発電層54、及びグリッド電極（受光面電極）53が順次積層されている。裏面電極55及びグリッド電極53の構成は、上述の第2実施形態における裏面電極45及びグリッド電極43の構成と同じである。第2セル52の第2発電層54は、 CdS 膜と上述の CuInSe_2 膜とを含む。具体的に、第2発電層54は、p型 CuInSe_2 膜54aとn型 CdS 膜54bとが積層されたpn接合構造を有する。このpn接合構造においては、裏面電極55上にp型 CdS 膜54aとn型Cu

I n S e₂膜54bとが順次積層されている。即ち、p型膜54aが形成された後に、n型膜54bが形成されている。n型膜54bを形成した後にp型膜54aを形成する場合には、成膜装置に残留する不純物の影響により、太陽電池の性能が低下する恐れがある。そのため、p型膜54a上にn型膜54bが形成されているpn接合構造においては、不純物の影響が低減された太陽電池を実現することができる。この構成において、第2発電層54のバンドギャップは、2.4～3.2eV程度である。なお、p型CdS膜54aとn型CuInSe₂膜54bとの間にi型CdS膜が形成された構成が採用されてもよい。

[0050] また、この構成においては、発電層54のバンドギャップは、発電層14のバンドギャップ（1.7eV）よりも大きくなる。従って、この構成においては、発電層54は、本発明の第1発電層として機能し、発電層14は、本発明の第2発電層として機能する。即ち、第2セル52は、本発明の第1発電セルとして機能し、第1セル12は、本発明の第2発電セルとして機能する。この構成においては、太陽光を第2基板51に入射させて発電層14, 54において発電する必要があるため、第2基板51としては透光性基板が用いられる。

[0051] 従って、第3実施形態によれば、第2発電層54の構成材料としてCuInSe₂膜とCdS膜とが用いられた場合であっても、上述の第1, 2実施形態と同様の効果を得ることができる。

[0052] （第3実施形態の変形例）

次に、本発明の第3実施形態の変形例について説明する。

第3実施形態の変形例においては、第1, 2実施形態と同一部材には同一符号を付して、その説明は省略または簡略化する。

第3実施形態の変形例においては、第2セルの発電層として、CdS膜が用いられている。この構造は、上述の第1, 2実施形態の構造と相違している。図3に示すように、第3実施形態の変形例の太陽電池300においては、一对の基板11, 51（以下、第1基板11及び第2基板51と称する）

の間に、2つのセル12、52が挟持されている。セル12（以下、第1セル12と称する）においては、第1基板11上に形成された受光面電極13、発電層（以下、第1発電層と称する）14、及び裏面電極15が順次積層されている。第1セル12の構造は、上述の第1実施形態と同じである。

[0053] セル42は、本発明の第2発電セルに相当する。セル52（以下、第2セル52と称する）においては、ガラス又は透明樹脂等からなる第2基板51の表面51a上に裏面電極55、第2発電層54、及びグリッド電極（受光面電極）53が順次積層されている。しかし、この場合においては、第1セル12及び第2セル52が第1基板11及び第2基板51の間に配置されているため、第2基板51は必ずしも透光性材料からなる必要はない。裏面電極55及びグリッド電極53の構成は、上述の第2実施形態における裏面電極45及びグリッド電極43の構成と同じである。第2セル52の第2発電層54は、CdS膜と上述のCu₂S膜とを含む。具体的に、第2発電層54は、p型Cu₂S膜54aとn型CdS膜54bとが積層されたpn接合構造を有する。このpn接合構造においては、裏面電極55上にp型CdS膜54aとn型Cu₂S膜54bとが順次積層されている。この構成において、第2発電層54のバンドギャップは、2.4～3.2eV程度である。なお、p型Cu₂S膜54aとn型CdS膜54bとの間にi型CdS膜が形成された構成が採用されてもよい。

[0054] 従って、第3実施形態の変形例によれば、第2発電層54の構成材料としてCu₂S膜とCdS膜とが用いられた場合であっても、上述の第1、2実施形態と同様の効果を得ることができる。

[0055] （第4実施形態）

次に、本発明の第4実施形態について説明する。

図4は、第4実施形態における太陽電池の断面図である。

第4実施形態においては、第1～第3実施形態と同一部材には同一符号を付して、その説明は省略または簡略化する。

第4実施形態においては、3つのセルが積層されたトリプル型の太陽電池

が採用されている。この構造は、上述の第1～第3実施形態と相違している。図4に示すように、第4実施形態の太陽電池400においては、一对の基板11, 71の間に、3つのセル12, 62, 72が挟持されている。セル72は、本発明の第2発電セルに相当する。

[0056] 第1セル12においては、第1基板11上に受光面電極13, 第1発電層14, 及び裏面電極15が順次積層されている。第1セル12の構造は、上述の第1実施形態と同じである。また、セル72（以下、第3セルと称する）は、上述の第2実施形態における第2セル42（図2参照）と同じ構成を有する。第3セル72においては、第2基板71上に裏面電極75, CuInSe_2 膜からなる第3発電層74（本発明の第2発電層に相当）, 及びグリッド電極73が順次積層されている。この構成において、第3発電層74のバンドギャップは、 1.04 eV である。

[0057] また、第3セル72の構造としては、 p 型 CuInSe_2 膜と n 型 CuInSe_2 膜とが接合された pn 接合構造が採用されてもよい。この場合、第3発電層74のバンドギャップは、 1.04 eV である。

また、第3セル72の構造としては、第1実施形態のシリコン基板23が用いられたセル構造が採用されてもよい。この場合、第3セル72のシリコン基板のバンドギャップは、 1.1 eV である。

[0058] 第1セル12と第3セル72との間には、セル62（以下、第2セルと称する）が配置されている。セル62は、本発明の第2発電セルに相当する。また、セル62は、上述した中間発電セルに相当する。第2セル62は、第3セル72のグリッド電極73上に絶縁部32を介して積層されている。第2セル62においては、絶縁部32上に形成された裏面電極65, 第2発電層64（中間発電層）, 及びグリッド電極（受光面電極）63が順次積層されている。なお、グリッド電極63の構成は、上述の第2実施形態におけるグリッド電極43の構成と同じであるが、上述の第1実施形態における受光面電極13と同じ TCO から構成されてもよい。また、裏面電極65の構成は、上述の第1実施形態における受光面電極13の構成と同じであり、 TC

〇からなる。

[0059] 第2発電層64は、例えば、p型微結晶シリコン膜（不図示）とn型微結晶シリコン膜（不図示）との間にi型微結晶シリコン膜（不図示）が挟まれたp i n接合構造を含む。このp i n接合構造においては、裏面電極65からグリッド電極63に向く方向に、n型微結晶シリコン膜、i型微結晶シリコン膜、及びp型微結晶シリコン膜が順次積層されている。第2発電層64のバンドギャップは、第1発電層14のバンドギャップより小さく、かつ第3発電層74より大きく、例えば、1.1 e V程度である。そして、第2セル62と第1セル12とは、絶縁部30を介して積層されている。絶縁部30は、第2セル62のグリッド電極63と第1セル12の裏面電極15との間に配置されている。

[0060] また、第2発電層64の構造としては、p型CdS膜とn型CdS膜とが接合されたp n接合構造が採用されてもよい。この場合、第2発電層64のバンドギャップは、1.68 e Vである。

[0061] 上述した第4実施形態の太陽電池400においても、基板11から基板71に向う方向において、第1セル12、第2セル62、及び第3セル72のバンドギャップが順に小さくなるように、発電層14、64、74の各々の構成材料が選択されている。従って、3つのセル12、62、72が積層されたトリプル型の太陽電池400においては、吸収される波長帯域が互いに異なる発電層14、64、74が用いられているため、発電層14、64、74は、太陽光に含まれる複数の波長帯域の光を吸収する。発電層14、64、74の各々は、太陽光のエネルギーを得るために最適な波長域を有している。この波長域に応じて、太陽光はトリプル型の太陽電池400において吸収される。このため、太陽光のエネルギーをより無駄なく利用することができる。従って、第4実施形態においては、上述の第1～3実施形態に比べて、発電効率をより一層向上することができる。

[0062] （第4実施形態の変形例）

次に、本発明の第4実施形態の変形例について説明する。

第4実施形態の変形例においては、第1～第3実施形態と同一部材には同一符号を付して、その説明は省略または簡略化する。

第4実施形態の変形例においては、3つのセルが積層されたトリプル型の太陽電池が採用されている。この構造は、上述の第1～第3実施形態と相違している。図4に示すように、第4実施形態の変形例の太陽電池400においては、一对の基板11、71の間に、3つのセル12、62、72が挟持されている。セル72は、本発明の第2発電セルに相当する。

[0063] 第1セル12においては、第1基板11上に受光面電極13、第1発電層14、及び裏面電極15が順次積層されている。第1セル12の構造は、上述の第1実施形態と同じである。また、セル72（以下、第3セルと称する）は、上述の第2実施形態における第2セル42（図2参照）と同じ構成を有する。第3セル72においては、第2基板71上に裏面電極75、 Cu_2S 膜からなる第3発電層74、及びグリッド電極73が順次積層されている。

[0064] （太陽電池の製造方法）

（セル12の製造方法）

次に、図5A～図5Cに基づいて太陽電池の製造方法について説明する。

まず、上述の第1実施形態のセル12（図1参照）の製造方法について説明する。図5A～図5Cは、太陽電池の製造方法を示す断面図であり、セル12の製造方法を示している。

まず、図5Aに示すように、スパッタリング法、CVD（Chemical Vapor Deposition）法、アークプラズマ法等により、基板11の裏面11b上に受光面電極13を形成する。

その後、図5Bに示すように、受光面電極13上にプラズマCVD法により発電層14を形成する。具体的に、プラズマを生成するための陽極及び陰極がチャンバ（不図示）内に配置された成膜装置を用いることによって、上記の層は形成される。この場合、まず、受光面電極13が形成された基板11をチャンバ内の陽極上に配置し、チャンバ内を減圧する。その後、基板11を200℃程度（成膜プロセス中の最高温度）に加熱し、チャンバ内に反

応ガス（例えば、シランガス、ジボランガス、水素等）を導入する。その後、陽極と陰極との間に高周波電圧を印加し、陽極と陰極との間に反応ガスのプラズマを生成し、反応ガスが電離し、反応性イオンが陽極と陰極との間に生じる。この反応性イオンが基板 11 上において反応し、受光面電極 13 上に発電層 14 が成膜される。なお、発電層 14 の成膜方法としては、プラズマ CVD 法の他に、熱 CVD 法、グロー放電、スパッタリング法、イオンプレーティング法等を用いてもよい。

[0065] 続いて、図 5 C に示すように、発電層 14 上に裏面電極 15 を形成する。具体的には、上述の受光面電極 13 と同様に、スパッタリング法、CVD 法、アークプラズマ法等を用いて裏面電極 15 が形成される。上記の工程により、基板 11 上に第 1 セル 12 が形成される。次に、裏面電極 15 上に絶縁部 30（図 1 参照）を形成する。具体的には、スピンコート法等を用いることにより、絶縁部 30 のペースト材料 30a を裏面電極 15 の全面に塗布する。なお、絶縁部 30 の構成材料として絶縁接着シートを用いる場合には、裏面電極 15 の全面に絶縁接着シートを設ける。

[0066] （セル 22 の製造方法）

次に、第 1 実施形態のセル 22（図 1 参照）の製造方法について説明する。

図 6 A ～ 図 6 E は、太陽電池の製造方法を示す断面図であり、セル 22 の製造方法を示している。

図 6 A に示すように、エッチング（テクスチャエッチング）によって形成された微小な凹凸形状からなるテクスチャ構造を有する p 型単結晶シリコン基板 23 を準備する。この p 型単結晶シリコン基板 23 は、厚さ $220\text{ }\mu\text{m}$ 、長さ 156 mm の矩形基板である。

次に、この p 型単結晶シリコン基板 23 の表面に、リン（P）を含む塗料を塗布する。

次いで、図 6 B に示すように、シリコン基板 23 を 900°C 、10 分間の熱処理を施し、このシリコン基板 23 の表面近傍に、約 $0.5\text{ }\mu\text{m}$ の厚さを

有するn型の拡散層24を形成する。

[0067] 次いで、図6Cに示すように、CVD法を用いて、窒化珪素（SiNx）からなる反射防止膜25を拡散層24上に成膜する。成膜条件として、基板温度が約300℃（成膜プロセス中の最高温度）、SiH₄ガスの流量が150sccm、NH₃ガスの流量が350sccm、キャリアガスであるN₂ガスの流量が800sccm、供給電力が400Wに設定されていることが好ましい。さらに、シリコン基板23の表面にスクリーン印刷法を用いて銀ペーストを10μmの厚みを有するように格子状に塗布する。その後、150℃、10分間にて銀ペーストを乾燥させ、グリッド電極29を形成する。

[0068] 次いで、図6Dに示すように、シリコン基板23の裏面において第2裏面電極28が形成される領域に、スクリーン印刷法を用いて銀ペーストを10μmの厚みを有するように塗布する。その後、150℃、10分間にて銀ペーストを乾燥させる。次いで、このシリコン基板23の裏面において第1裏面電極27が形成される領域に、スクリーン印刷法を用いてアルミニウムペーストを40μmの厚みを有するように塗布する。その後、150℃、10分間にてアルミニウムペーストを乾燥させる。

[0069] 次いで、図6Eに示すように、シリコン基板23を750℃にて3秒間熱処理し、第1裏面電極27、第2裏面電極28、及びグリッド電極29を形成する。これと同時に、このシリコン基板23の裏面には、深さ約10μmのBSF層26が形成される。さらに、グリッド電極29は、窒化珪素（SiNx）からなる反射防止膜25を貫通し、拡散層24と接触する（ファイヤスルー）。上記の工程により、セル22（第2セル）が形成される。

[0070] （セル42の製造方法）

次に、第2実施形態のセル42（図2参照）の製造方法について説明する。

図7A～図7Cは、太陽電池の製造方法を示す断面図であり、セル42の製造方法を示している。

まず、図7Aに示すように、第2基板41の表面41a上に、スパッタリ

ング法、CVD法、アークプラズマ法等により裏面電極45を形成する。

次に、図7Bに示すように、第2基板41上に形成された裏面電極45上に第2発電層44を形成する。具体的には、スパッタリング法等により成膜する。

なお、発電層44の形成時において、第2基板41を、例えば、300～350℃程度（成膜プロセス中の最高温度）に加熱することが好ましい。

[0071] 次に、図7Cに示すように、発電層44上にグリッド電極43を形成する。

具体的には、スパッタリング法、CVD法、アークプラズマ法等により発電層44上の全面に金属膜を成膜する。その後、金属膜の全面にフォトリソグラフィ法を用いてフォトリソグラフィ法の開口部を形成し、エッチングマスクを金属膜上に形成する。その後、ドライエッチング法等を用いることにより、金属膜をパターニングし、格子状のグリッド電極43を形成する。上記の工程により、セル42（第2セル）が形成される。なお、グリッド電極43の形成方法としては、第1実施形態のセル22のグリッド電極29を形成する方法と同様に、スクリーン印刷法を用いて銀ペーストを10μmの厚みを有するように格子状に塗布し、その後、150℃、10分間にて銀ペーストを乾燥させてグリッド電極43を形成してもよい。

[0072] （セル52の製造方法）

次に、図3に基づいて第3実施形態のセル52の製造方法について説明する。

図3に示すように、セル42の形成方法と同様の方法を用いて、即ち、スパッタリング法、CVD法、アークプラズマ法等により、第2基板51の表面51a上に裏面電極55を形成する。

次に、第2基板51上に形成された裏面電極55上に第2発電層54（p型CuInSe₂膜54a及びn型CdS膜54b）を形成する。具体的には、蒸着法等により成膜する。なお、発電層54の形成時において、第2基板51を、例えば、300～400℃程度に加熱することが好ましい。

次に、セル４２の形成方法と同様の方法を用いて、発電層５４上にグリッド電極５３を形成する。上記の工程により、セル５２（第２セル）が形成される。

[0073] （セル６２， ７２の製造方法）

次に、図４に基づいて、第４実施形態のセル６２， ７２の製造方法について説明する。

図４に示すように、まず、第２基板７１の表面７１ａ上に、上述のセル４２の形成方法と同様の方法を用いてセル７２（第３セル）を形成する。

次に、セル７２が形成された基板７１上にセル６２（第２セル）を積層する。具体的に、スピコート法等を用いることにより、絶縁部３２のペースト材料をセル７２のグリッド電極７３上に塗布する。なお、絶縁部３２の構成材料として、絶縁接着シートを用いる場合には、グリッド電極７３の全面に絶縁接着シートを設ける。

次に、絶縁部３２を乾燥させた後、絶縁部３２上にスパッタリング法， ＣＶＤ法， アークプラズマ法等を用いて裏面電極６５を形成する。

次に、蒸着法等により裏面電極６５上に第２発電層６４を形成する。なお、発電層６４の形成時において、第２基板５１を、例えば、３００～４００℃程度（成膜プロセス中の最高温度）に加熱することが好ましい。

次に、セル４２の形成方法と同様の方法により、発電層６４上にグリッド電極６３を形成する。以上により、セル７２上にセル６２が積層される。

[0074] （セルの貼り合わせ方法）

次に、上述のように個別に作製された複数のセルを貼り合わせる方法について説明する。

以下の説明では、主としてセル１２とセル２２とを貼り合わせて第１実施形態の太陽電池１００を製造する場合について説明する。

図１， ５， ６に示すように、セル１２が形成された第１基板１１とセル２２とは、大気中で貼り合わせる。具体的に、第１基板１１上に形成された絶縁部３０のペースト材料３０ａと、シリコン基板２３上に形成されたグリッ

ド電極 29 とを向かい合わせながら、絶縁部 30 とグリッド電極 29 とを貼り合わせる。この時、第 1 基板 11 に対してシリコン基板 23 を押圧することで、ペースト材料 30 a がグリッド電極 29 の間の隙間（開口部）に流動する。これによって、グリッド電極 29 及び反射防止膜 25 を覆うようにペースト材料 30 a が配置される。その後、ペースト材料 30 a を硬化することにより、第 1 実施形態の太陽電池 100 が形成される（図 1 参照）。

[0075] このように、第 1 実施形態においては、第 1 セル 12 と第 2 セル 22 とをそれぞれ個別に作製している。更に、第 1 セル 12 と第 2 セル 22 と個別に準備した後、第 1 セル 12 と第 2 セル 22 との間に絶縁部 30 を配置し、第 1 セル 12 と第 2 セル 22 とを貼り合わせている。

この構成によれば、第 1 セル 12 の成膜プロセスにおける最高温度と、第 2 セル 22 の成膜プロセスにおける最高温度とが異なる場合であっても、第 1 セル 12 及び第 2 セル 22 の各々を個別に形成することができ、絶縁部 30 を介して第 1 セル 12 及び第 2 セル 22 を重ねることができる。従って、上述した実施形態によれば、先に形成されている発電層の成膜条件に関わらず、成膜条件が異なる複数の発電層を有する太陽電池を製造することができる。

一方、複数の発電層が順次積層された構成においては、既に成膜された下層に位置する発電層の膜質を維持するために、上層に位置する発電層の成膜条件が制限されてしまう。

即ち、従来のような複数の発電層を順次積層する成膜プロセスにおいては、発電層の各々を形成するためのプロセス温度が互いに異なるために、高温プロセスが必要である発電層を作製する際、低温プロセスによって形成される発電層が高温雰囲気中にさらされる。この場合、低温プロセスによって形成される発電層において、ダメージが生じる。

例えば、成膜プロセス中の最高温度が 180～230℃であるアモルファスシリコン（第 1 実施形態においてはアモルファスシリコンの成膜プロセス中の最高温度は 200℃である）と、成膜プロセス中の最高温度が 250～

400℃である微結晶シリコン（第1実施形態においては微結晶シリコンの成膜プロセス中の最高温度は300℃である）とを積層する場合について説明する。

この場合、先に形成されたアモルファスシリコン上に微結晶シリコンを積層すると、アモルファスシリコンの成膜温度よりも微結晶シリコンの成膜温度が高いため、アモルファスシリコン中に含まれる水素が微結晶シリコンを成膜する際のプロセス温度の上昇によって脱離する。この場合、アモルファスシリコンにおける変換効率が低下するおそれがある。

[0076] これに対して、第1実施形態においては、セル12の成膜プロセスとセル22の成膜プロセスとが別々である。このため、例えば、第2セル22の形成工程において、拡散層24又はBSF層26を形成するためにシリコン基板23に対して高温の熱処理を行ったとしても、第2セル22と別個に形成された第1セル12に熱による影響は生じない。そのため、基板11上に既に成膜された発電層14が劣化することなく、第2セル22を形成することができる。

つまり、セル12、22の各々を構成する層（例えば、発電層14）を成膜する際には、最適な形成条件を設定して成膜することができる。従って、良好な膜質を有する発電層14及びシリコン基板23の各々を形成することができる。

従って、本発明によれば、発電層の膜質を改善し、太陽電池100の変換効率を増大し、製造効率が向上する。

[0077] また、上述のようにセル12、22の各々に個別の保護回路を設けて第1セル12及び第2セル22の各々を個別に作製するので、第1セル12と第2セル22との貼り合わせる前に、セル12、22の各々の製造時に生じた不具合を個別に検出することができる。

これにより、第1セル12と第2セル22とを貼り合わせる時には、良質なセル12、22のみを用いることが可能になるため、全体として高性能な太陽電池100を提供することができる。

[0078] なお、第2～4実施形態の太陽電池200、300、400も上述の太陽電池100の製造方法と同様の方法により作製することができる。

即ち、第2実施形態の太陽電池200を形成する場合には、図2に示すように、セル12とセル42とがそれぞれ個別に作製される（図5A～図5C、7参照）。また、上述のセル12、22を貼り合わせる方法と同様の方法により絶縁部30を介してセル12とセル42とが貼り合わされる。

また、第3実施形態の太陽電池300を形成する場合には、図3に示すように、セル12とセル52とがそれぞれ個別に作製される。また、上述のセル12、22を貼り合わせる方法と同様の方法により絶縁部30を介してセル12とセル52とが貼り合わされる。

また、第4実施形態の太陽電池400を形成する場合には、図4に示すように、セル12とセル72とがそれぞれ個別に作製される。また、セル72上に絶縁部32を介してセル62が配置される。

その後、上述のセル12、22を貼り合わせる方法と同様の方法により絶縁部30を介してセル12とセル62とが貼り合わされる。

[0079] 本発明によれば、個別に作成されたセル（例えば、セル12、22、42、52、72）を適宜選択し、複数のセルの間に絶縁部を挟み、セルを互いに貼り合わせることによって、成膜プロセス条件が互いに異なる複数のセル、例えば、プロセス温度が互いに異なる複数のセルが積層された太陽電池を容易に製造することができる。従って、積層構造において先に製作される発電層の発電効率が低下することなく、複数のセルが積層されたタンデム型太陽電池又はトリプル型太陽電池を容易に作製することができる。従って、比較的変換効率の高い太陽電池を効率的に作製することができる。

[0080] （セル12、62、72の製造方法及び構造の変形例）

上記のセル12、62、72の製造方法においては、第3セル72を形成した後に、第3セル72上に絶縁部32を形成し、絶縁部32上に第2セル62を構成する裏面電極65、第2発電層64、及びグリッド電極63が積層されている。その後、セル62、72からなるセル積層体と、セル12と

が絶縁部 30 を介して貼り合わされている。本発明は、このようなセル 12, 62, 72 の製造方法の製造方法を限定しない。セル 12, 62, 72 の各々を別個に形成した後に、これら 3 つのセルを絶縁部を介して貼り合わせてもよい。

以下に、製造方法の変形例を説明する。

まず、独立した第 2 セル 62 を形成するために、透光性基板を準備する。その後、透光性基板上に、受光面電極、第 2 発電層 64、及び裏面電極 65 を順次積層する。この場合、裏面電極 65 及び受光面電極は、TCO からなる。第 2 発電層 64 は、p 型微結晶シリコン膜（不図示）と n 型微結晶シリコン膜（不図示）との間に i 型微結晶シリコン膜（不図示）が挟まれた p-i-n 接合構造を含む。このように、変形例においては、第 2 セル 62 は、別個に形成される。

次に、第 1 セル 12 及び第 3 セル 72 を上述した方法と同様に形成する。これによって、独立した 3 つのセルが得られる。

次に、第 1 セル 12 と第 2 セル 62 とを貼り合わせる。この場合、第 2 セル 62 の透光性基板と、第 1 セル 12 の裏面電極 15 とが対向するように第 1 セル 12 と第 2 セル 62 とが貼り合わされる。透光性基板と裏面電極 15 との間には、ペースト材料からなる絶縁部が配置される。また、第 2 セル 62 と第 3 セル 72 との間にも絶縁部を設け、第 2 セル 62 と第 3 セル 72 とを貼り合わせる。これによって、3 つのセルが貼り合わされる。

具体的に、図 5C に示す方法と同様に、スピコート法等を用いることにより、絶縁部 30 のペースト材料 30a を裏面電極 15 の全面に塗布する。その後、ペースト材料 30a を介して第 1 セル 12 と第 2 セル 62 とが貼り合わされ、ペースト材料 30a が硬化される。これによって、第 1 セル 12 と第 2 セル 62 とが絶縁部 30 を介して接合される。更に、図 4 に示すように、スピコート法等を用いることにより、絶縁部 32 のペースト材料をグリッド電極 73 の全面に塗布する。その後、ペースト材料を介して第 2 セル 62 と第 3 セル 72 とが貼り合わされ、ペースト材料が硬化される。これに

よって、第2セル62と第3セル72とが絶縁部32を介して接合される。
なお、絶縁部30、32の構成材料として絶縁接着シートを用いる場合には、裏面電極15の全面又はグリッド電極73の全面に絶縁接着シートを設ける。

なお、上記の変形例においては、第2セル62が受光面電極を有する構成について説明したが、第2セル62は、図4と同様に、グリッド電極63を有してもよい。また、この場合、絶縁部30のペースト材料30aをグリッド電極63の全面に塗布してもよい。

上記のような変形例においても、上述した実施形態と同様の効果が得られる。

[0081] なお、本発明の技術範囲は、上述の実施形態に限定されることなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において、上述の実施形態に種々の変更を加えることが可能である。

例えば、上述の実施形態においては、第1セルの裏面電極と第2セルのグリッド電極との間の隙間が絶縁部の構成材料によって満たされている構成について説明した。本発明は、この構成を限定せず、少なくとも第1セルの裏面電極と第2セルのグリッド電極との間に絶縁部が形成され、第1セルと第2セルとが電氣的に絶縁されている構成が採用される。

[0082] また、上述の実施形態においては、図1に示すように、第1セル12及び第2セル22の2層が重ねられた構造を説明したが、2層に限らず、2層以上の複数層が重なる構成を採用してもよい。

産業上の利用可能性

[0083] 本発明は、発電効率及び製造効率を向上させることができる太陽電池及び太陽電池の製造方法に広く適用可能である。

符号の説明

[0084] 11…第1基板（基板） 12…セル（第1発電セル） 22, 42, 52, 62, 72…セル（第2発電セル） 13…受光面電極 14…発電層（第1発電層） 44, 54, 64, 74…発電層（第2発電層） 15, 45,

55, 65, 75…裏面電極 23…シリコン基板（第2発電層） 27…
第1裏面電極（裏面電極） 28…第2裏面電極（裏面電極） 29, 43
, 53, 63, 74…グリッド電極（受光面電極） 30, 32…絶縁部
100, 200, 300, 400…太陽電池。

請求の範囲

- [請求項1] 太陽電池であって、
光透過性を有する基板と、
前記基板に近い位置に配置され、第1発電層を含む第1発電セルと、
、
前記基板から離れた位置に配置され、前記第1発電層のバンドギャップよりも小さいバンドギャップを有する第2発電層を含む第2発電セルと、
前記第1発電セルと前記第2発電セルとの間に配置された絶縁部とを含むことを特徴とする太陽電池。
- [請求項2] 請求項1に記載の太陽電池であって、
前記第1発電セル及び前記第2発電セルを含む複数の発電セルを有し、
前記複数の発電セルのうち、前記基板から最も離れた位置に前記第2発電セルが配置され、前記第2発電層のバンドギャップは、1.3 eV以下であることを特徴とする太陽電池。
- [請求項3] 請求項1又は請求項2に記載の太陽電池であって、
前記第1発電セル及び前記第2発電セルは、電氣的に並列に接続されていることを特徴とする太陽電池。
- [請求項4] 請求項1から請求項3のいずれか一項に記載の太陽電池であって、
前記第1発電セル及び前記第2発電セルの各々には、保護回路が設けられていることを特徴とする太陽電池。
- [請求項5] 太陽電池の製造方法であって、
光透過性を有する基板を準備し、
第1発電層を含む第1発電セルを形成し、
前記第1発電層のバンドギャップよりも小さいバンドギャップを有する第2発電層を含む第2発電セルを形成し、
前記第1発電セルと前記第2発電セルとの間に絶縁部を配置し、

前記基板に近い位置に前記第 1 発電セルを配置し、かつ、前記基板から離れた位置に前記第 2 発電セルを配置するように、前記第 1 発電セルに前記第 2 発電セルを重ね合わせることを特徴とする太陽電池の製造方法。

[請求項6]

請求項 5 に記載の太陽電池の製造方法であって、

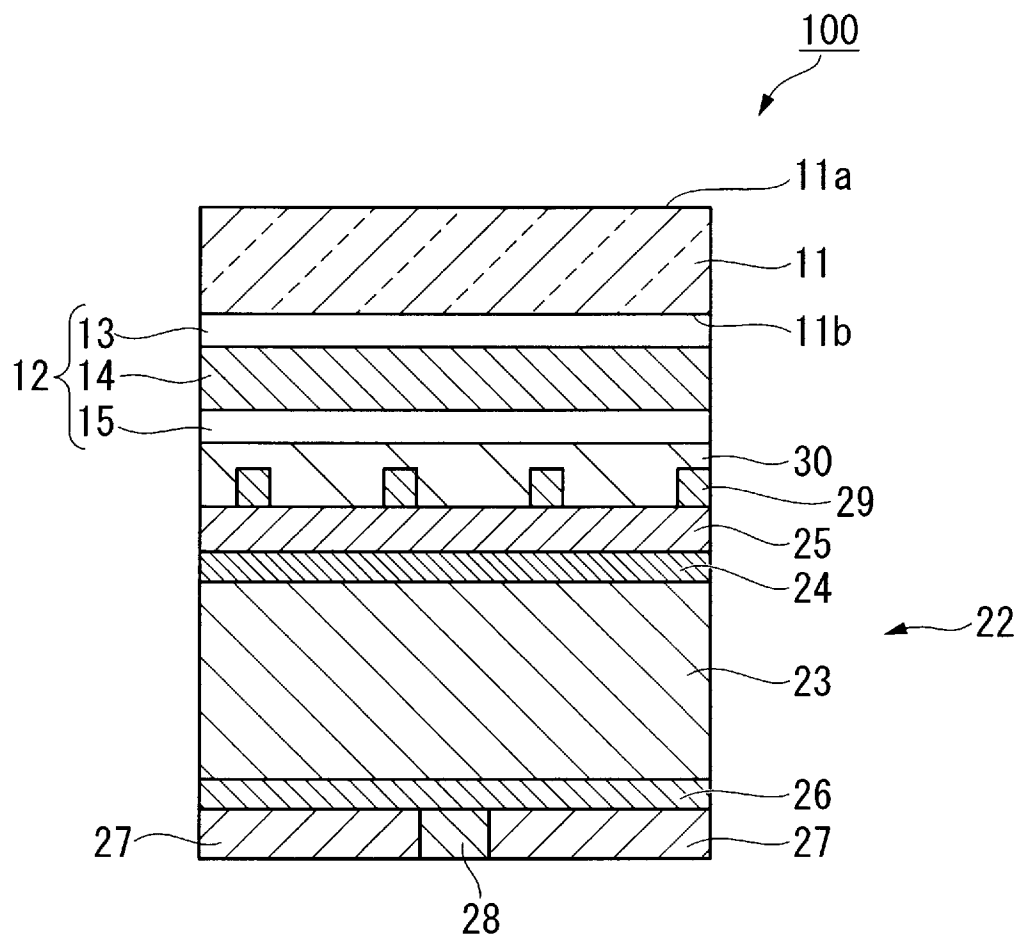
前記第 1 発電セルを形成する成膜プロセスにおける最高温度は、前記第 2 発電セルを形成する成膜プロセスにおける最高温度と異なることを特徴とする太陽電池の製造方法。

[請求項7]

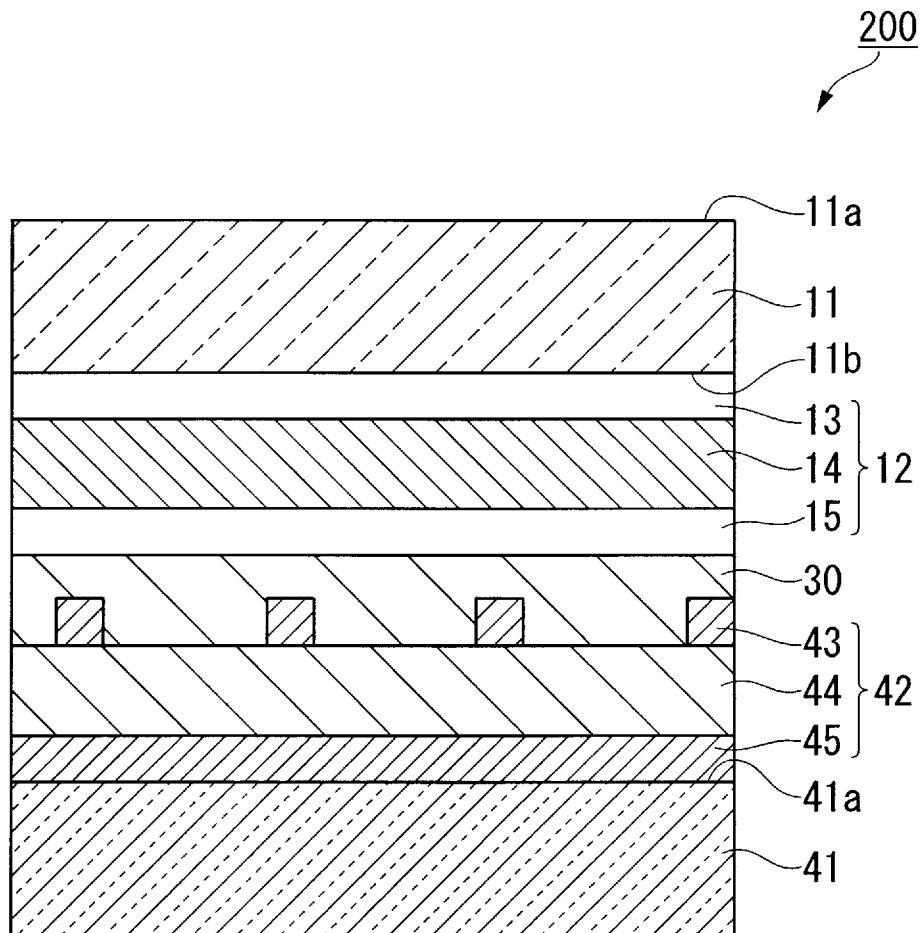
請求項 6 に記載の太陽電池の製造方法であって、

前記第 1 発電セルを形成する成膜プロセス及び前記第 2 発電セルを形成する成膜プロセスにおいて、最も高い温度条件の範囲は 250～400℃であり、最も低い温度条件の範囲は 180～230℃であることを特徴とする太陽電池の製造方法。

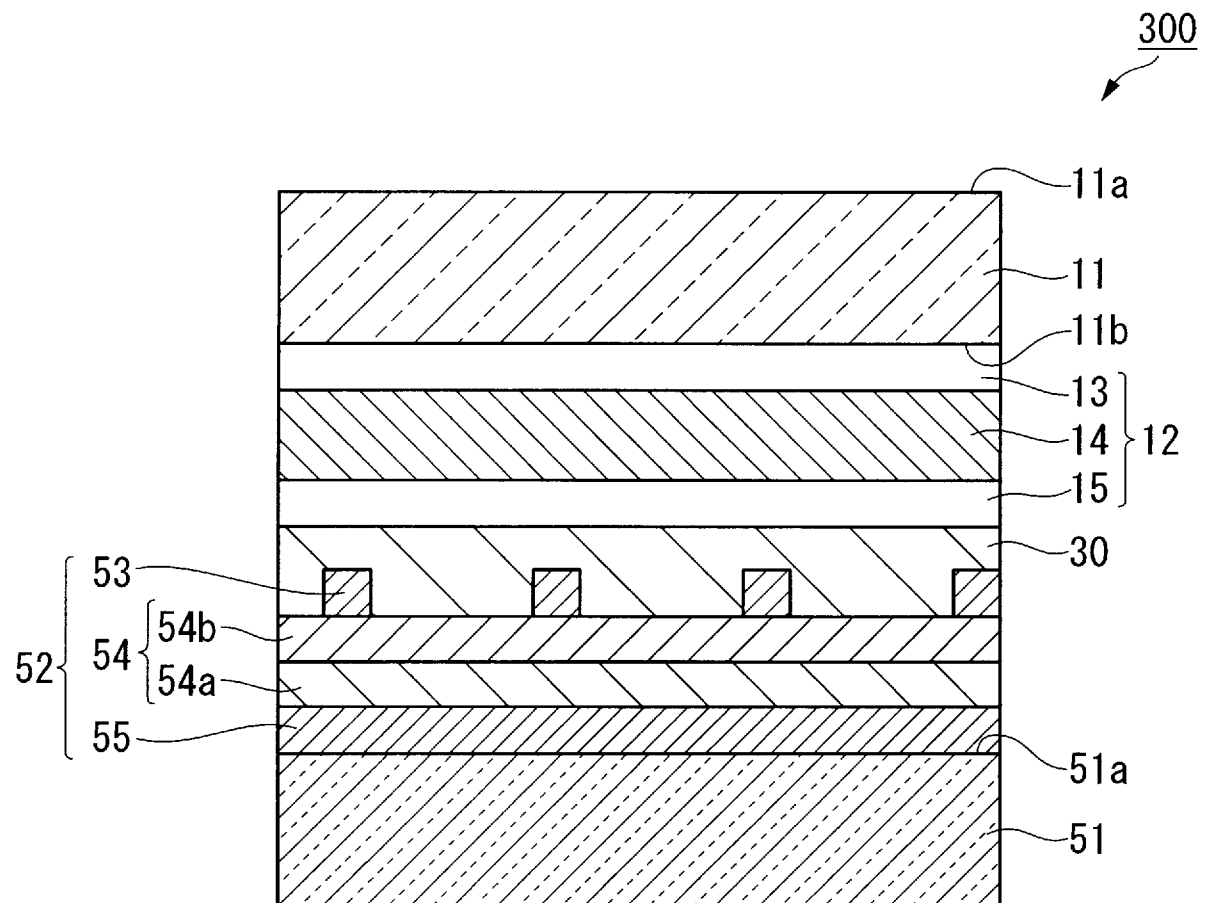
[図1]



[図2]

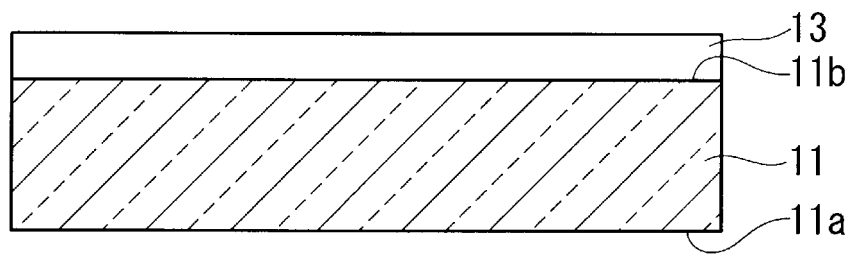


[図3]

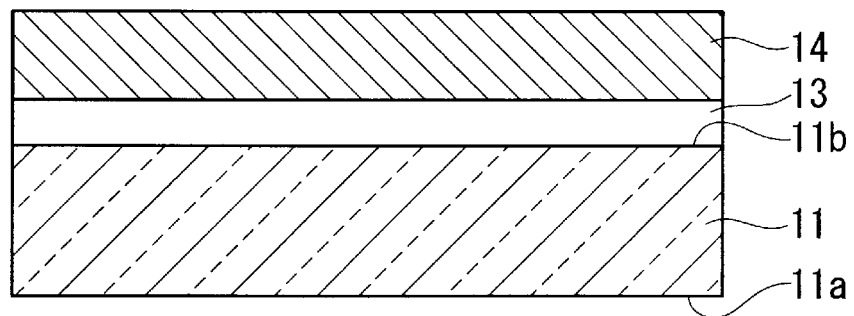


A cross-sectional view of a multi-layered structure 400. The structure consists of several layers and components labeled on the right side. From top to bottom, the layers are: 11a (topmost layer with diagonal hatching), 11 (layer with dashed diagonal hatching), 11b (thin white layer), 13 (layer with diagonal hatching), 14 (thin white layer), and 15 (layer with diagonal hatching). These layers 13, 14, and 15 are grouped by a bracket labeled 12. Below these is layer 30 (layer with diagonal hatching) containing four small square blocks 63 (each with diagonal hatching). Below layer 30 are layers 64 (layer with diagonal hatching) and 65 (thin white layer), which are grouped by a bracket labeled 62. Below these is layer 32 (layer with diagonal hatching) containing four small square blocks 73 (each with diagonal hatching). Below layer 32 are layers 74 (layer with diagonal hatching) and 75 (thin white layer), which are grouped by a bracket labeled 72. The bottommost layer is 71a (layer with diagonal hatching), which is part of a larger bottom layer 71 (layer with dashed diagonal hatching).

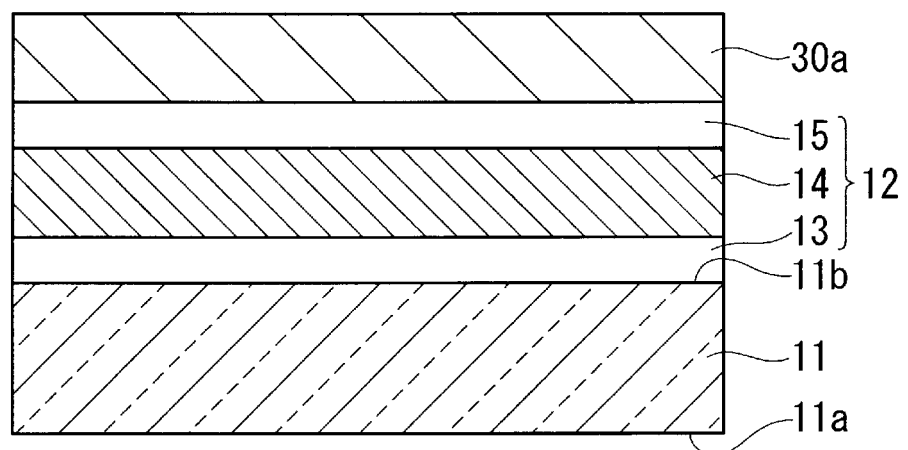
[図5A]



[図5B]



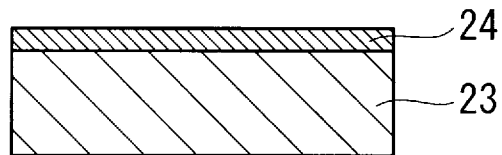
[図5C]



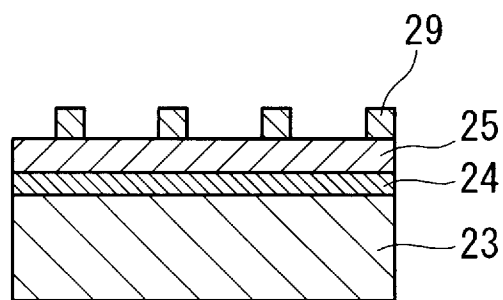
[図6A]



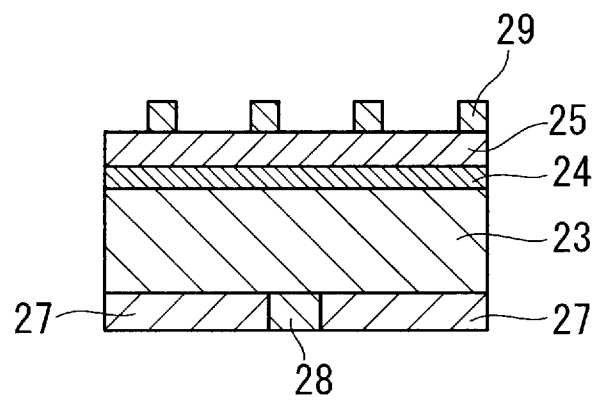
[図6B]



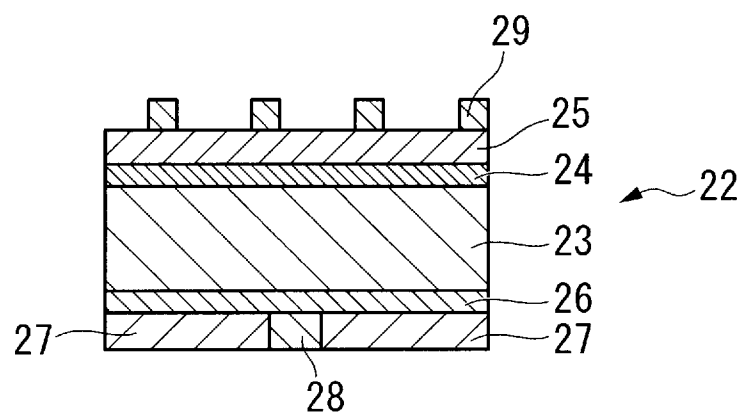
[図6C]



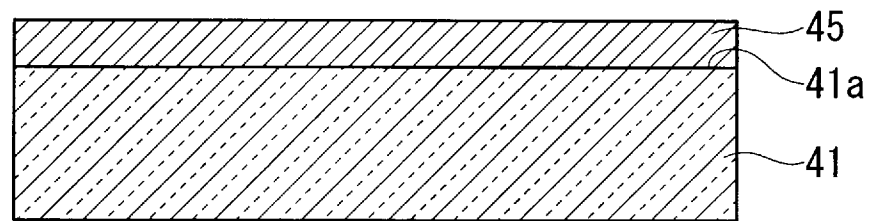
[図6D]



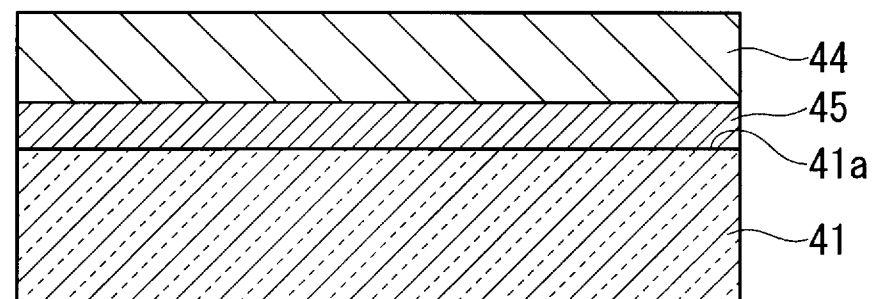
[図6E]



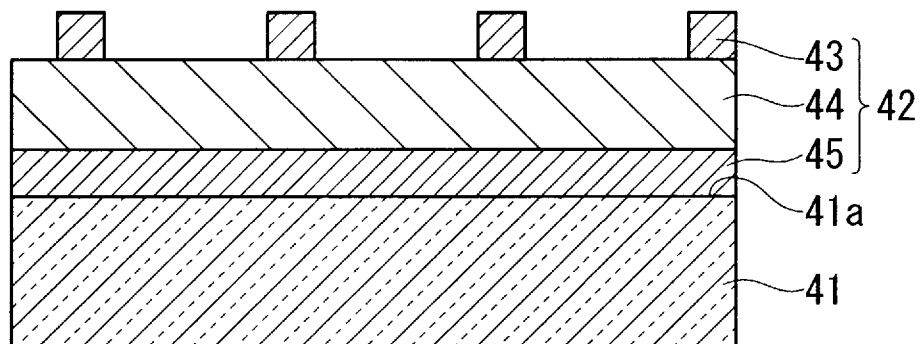
[図7A]



[図7B]



[図7C]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/001562

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L31/075(2006.01) i, H01L31/072(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)

H01L31/00-31/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2010

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2010 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2010

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 6-283738 A (Asahi Chemical Industry Co., Ltd.), 07 October 1994 (07.10.1994), (Family: none)	1-7
X	JP 63-21880 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 29 January 1988 (29.01.1988), (Family: none)	1-7
X	JP 1-128476 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 22 May 1989 (22.05.1989), (Family: none)	1-7
X	JP 3-234065 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 18 October 1991 (18.10.1991), (Family: none)	1-7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ 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
30 March, 2010 (30.03.10)Date of mailing of the international search report
13 April, 2010 (13.04.10)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/001562

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 57-153478 A (Director General, Agency of Industrial Science and Technology), 22 September 1982 (22.09.1982), (Family: none)	1-7
X	JP 7-240531 A (Crystal Device Corp.), 12 September 1995 (12.09.1995), paragraphs [0323] to [0329]; fig. 85 & EP 659910 A2 & US 5738731 A & KR 10-0262720 B	1-7
X	JP 3-285364 A (Hitachi Cable, Ltd.), 16 December 1991 (16.12.1991), (Family: none)	1-7

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L31/075(2006.01)i, H01L31/072(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L31/00-31/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 0 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 6-283738 A (旭化成工業) 1994.10.07, (ファミリーなし)	1-7
X	JP 63-21880 A (三洋電機) 1988.01.29, (ファミリーなし)	1-7
X	JP 1-128476 A (三洋電機) 1989.05.22, (ファミリーなし)	1-7
X	JP 3-234065 A (住友電気工業) 1991.10.18, (ファミリーなし)	1-7
X	JP 57-153478 A (工業技術院長) 1982.09.22, (ファミリーなし)	1-7

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

3 0 . 0 3 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

1 3 . 0 4 . 2 0 1 0

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

濱田 聖司

2 K

9 2 0 7

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 5

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 7-240531 A (クリスタルデバイス) 1995.09.12, 【 0 3 2 3 】 - 【 0 3 2 9 】、【 図 8 5 】 & EP 659910 A2 & US 5738731 A & KR 10-0262720 B	1-7
X	JP 3-285364 A (日立電線) 1991.12.16, (ファミリーなし)	1-7