

(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
2012年10月4日(04.10.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/133692 A1

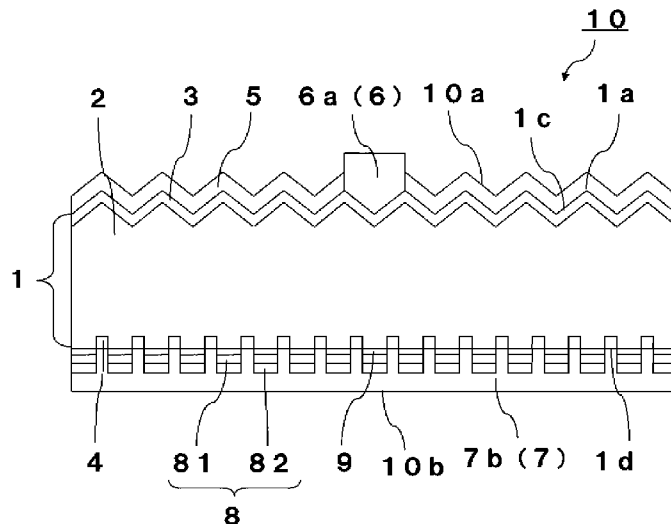
- (51) 国際特許分類:
H01L 31/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/058447
- (22) 国際出願日: 2012年3月29日(29.03.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-077382 2011年3月31日(31.03.2011) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 京セラ株式会社(KYOCERA CORPORATION) [JP/JP]; 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 伊藤 憲和 (ITO, Norikazu) [JP/JP]; 〒5278555 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 Shiga (JP). 村尾 彰了(MURAO, Akira) [JP/JP]; 〒5278555 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 Shiga (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, QA, RO, RS, RU, RW, 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.

[続葉有]

(54) Title: SOLAR CELL ELEMENT AND SOLAR CELL MODULE

(54) 発明の名称: 太陽電池素子および太陽電池モジュール

[図3]



(57) Abstract: To provide a solar cell element and solar cell module with reduced recombination of minority carriers, high discharge voltage, and superior output characteristics, this solar cell element is characterized by being provided with a polycrystalline silicon substrate having a p type semiconductor layer disposed at the uppermost thereof and an aluminum oxide layer disposed on the p type semiconductor layer, with the aluminum oxide layer being mainly a noncrystalline substance. In addition, the solar cell module is characterized by being provided with one or more of this solar cell element.

(57) 要約: 少数キャリアの再結合を低減し、開放電圧が高く、且つ、出力特性に優れた太陽電池素子および太陽電池モジュールを提供するために、太陽電池素子は、p型半導体層が最も上に位置している多結晶のシリコン基板と、前記p型半導体層の上に配置された酸化アルミニウム層とを備えており、該酸化アルミニウム層は、主に非晶質物質であることを特徴とする。また、太陽電池モジュールは、上記太陽電池素子を1以上備えることを特徴とする。



WO 2012/133692 A1



(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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,

SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

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：太陽電池素子および太陽電池モジュール

技術分野

[0001] 本発明は、太陽電池素子およびこれを備えている太陽電池モジュールに関する。

背景技術

[0002] シリコン基板を備えた太陽電池素子において、少数キャリアの再結合を低減するためにパッシベーション膜がシリコン基板の表面に設けられている。このパッシベーション膜として、酸化シリコンもしくは酸化アルミニウム等からなる酸化膜、または、窒化シリコン膜等からなる窒化膜を用いることが研究されている（例えば、特開2009-164544号公報を参照）。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0003] しかし、従来の太陽電池素子においては、発電効率に寄与するだけの改善が不十分となる場合があった。そのため、従来よりも少数キャリアの再結合を低減して、出力特性をより一層高めた太陽電池素子およびこれを備えている太陽電池モジュールが望まれている。

課題を解決するための手段

[0004] そこで、本発明の一形態に係る太陽電池素子は、p型半導体層が最も上に位置している多結晶のシリコン基板と、前記p型半導体層の上に配置された酸化アルミニウム層とを備えており、該酸化アルミニウム層は主に非晶質物質であることを特徴とする。

[0005] さらに、本発明の一形態に係る太陽電池モジュールは、上記太陽電池素子を備えていることを特徴とする。

発明の効果

[0006] 上記の太陽電池素子および太陽電池モジュールによれば、開放電圧が高く、出力特性に優れた太陽電池素子および太陽電池モジュールを提供できる。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]図1は、本発明の一形態に係る太陽電池素子の一例を第1面側からみた平面模式図である。

[図2]図2は、本発明の一形態に係る太陽電池素子の一例を第2面側からみた平面模式図である。

[図3]図3は、本発明の一形態に係る太陽電池素子の一例を示す模式図であり、図1におけるA-A線で切断した断面図である。

[図4]図4は、本発明の一形態に係る太陽電池素子の一例を示す模式図であり、図1におけるA-A線で切断した断面図である。

[図5]図5は、本発明の一形態に係る太陽電池素子の一例を示す模式図であり、図5(a)、図5(b)は、それぞれ本発明の一形態に係る太陽電池素子の一例を第2面側からみた平面図である。

[図6]図6は、本発明の一形態に係る太陽電池モジュールの一例を説明する模式図であり、図6(a)は太陽電池モジュールの一部断面拡大図であり、図6(b)は太陽電池モジュールを第1面側からみた平面図である。

[図7]図7は、本発明の一形態に係る太陽電池モジュールの一例を模式的に説明する一部断面拡大図である。

発明を実施するための形態

[0008] 以下、本発明の一形態に係る太陽電池素子およびこれを備えている太陽電池モジュールについて、図面を参照しつつ詳細に説明する。なお、図面において、同様な構成および機能を有する部分については同一符号を付しており、重複した説明を省略する。また、図面は模式的に示したものであるので、各構成のサイズおよび位置関係等は必ずしも正確ではない。

[0009] <太陽電池素子の基本構成>

図1乃至図3に、本発明の一形態に係る太陽電池素子10の全体またはその一部を示す。図1乃至図3に示すように、太陽電池素子10は、光が入射する受光面(図3における上面)である第1面10aと、この第1面10aの裏面に相当する非受光面(図3における下面)である第2面10bとを有

する。また、太陽電池素子 10 は、板状の多結晶シリコン基板である半導体基板 1 を備えている。

[0010] 半導体基板 1 は、図 3 に示すように、例えば、一導電型の半導体層である第 1 半導体層 (p 型半導体層) 2 と、この第 1 半導体層 2 における第 1 面 10 a 側に設けられた逆導電型の半導体層である第 2 半導体層 3 と、を有する。そして、第 1 半導体層 2 の上に主に非晶質物質であり酸化アルミニウム層であるパッシベーション層 8 が配置されている。

[0011] このように、太陽電池素子 10 は、第 1 半導体層 2 が最も上に位置している多結晶のシリコン基板である半導体基板 1 と、第 1 半導体層 2 の上に配置された、主に非晶質の酸化アルミニウムからなるパッシベーション層 8 とを備えている。

[0012] <太陽電池素子の具体例>

次に、本発明の一形態に係る太陽電池素子の具体例について説明する。図 3 に示すように、太陽電池素子 10 は、第 1 面 10 a 側において、半導体基板 1 (第 1 半導体層 2 および第 2 半導体層 3) の上に、反射防止層 5 および第 1 電極 6 が配置されており、第 1 半導体層 2 の第 2 面 10 b 側に第 3 半導体層 4 およびパッシベーション層 8 が配置されており、さらにこれらの上に第 2 電極 7 が配置されている。

[0013] 上述したように、半導体基板 1 は多結晶シリコン基板であって、第 1 半導体層 2 と、この第 1 半導体層 2 の第 1 面 10 a 側に設けられた、第 1 半導体層 2 とは逆の導電型の第 2 半導体層 3 と、を備えている。

[0014] 上述したように、第 1 半導体層 2 としては p 型を呈する多結晶シリコン基板が用いられる。第 1 半導体層 2 の厚みは、例えば 250 μm 以下、さらには 150 μm 以下とすることができる。第 1 半導体層 2 の形状は、特に限定されるものではないが、製法上の観点から平面視で四角形状としてもよい。第 1 半導体層 2 が p 型を呈するようにする場合、ドーパント元素としては、例えば、ボロンあるいはガリウムを用いることができる。

[0015] 第 2 半導体層 3 は、本実施形態では第 1 半導体層 2 と p n 接合を形成する

半導体層である。第2半導体層3は、第1半導体層2と逆の導電型、すなわちn型を呈する層であり、第1半導体層2における第1面10a側に設けられている。第1半導体層2がp型の導電型を呈するシリコン基板において、例えば、第2半導体層3はシリコン基板における第1面10a側にリン等の不純物を拡散させることによって形成できる。

[0016] 図3に示すように、半導体基板1の受光面側となる第1主面1c側には、第1凹凸形状1aが設けられている。この第1凹凸形状1aの凸部の高さは0.1~10 μ m、凸部の幅は0.1~20 μ m程度である。第1凹凸形状1aの形状は、図3に示すように断面において角になったピラミッド形状に限定されるものではなく、例えば、凹部が略球面状である凹凸形状であってもよい。

[0017] なお、上記の「凸部の高さ」とは、凹部の底面を通る線を基準線とし、該基準線に垂直な方向における、該基準線から凸部の頂面までの距離のことである。また、上記の「凸部の幅」とは、前記基準線に平行な方向における、隣接する凸部の頂面間の距離のことである。

[0018] 反射防止層5は、光の吸収を向上させるための層であり、半導体基板1の第1面10a側に形成される。より具体的には、反射防止層5は、第2半導体層3の第1面10a側に配置されている。また、反射防止層5は、例えば窒化シリコン膜、酸化チタン膜、酸化シリコン膜、酸化マグネシウム膜、酸化インジウムスズ膜、酸化スズ膜または酸化亜鉛膜などから形成される。反射防止層5の厚みは、材料によって適宜選択可能であり、適当な入射光に対して無反射条件を実現できる厚みを採用すればよい。例えば、反射防止層5の屈折率は1.8~2.3程度、厚みは500~1200Å程度とすることができる。また、反射防止層5が窒化シリコン膜からなる場合、パッシベーション効果も有することができる。

[0019] パッシベーション層8は、半導体基板1の第2面10b側に形成される。パッシベーション層8は、主に非晶質の酸化アルミニウムを含む層からなる。上記構成によって、開放電圧が高く、出力特性に優れた太陽電池素子を得

ることができる。これは、表面パッシベーション効果のみならず、水素を使用して形成した非晶質の酸化アルミニウム層を用いることによって、酸化アルミニウム中に含まれる多くの水素が、半導体基板中に拡散しやすくなり、ダングリングボンドが水素によって終端されることによって、表面再結合を低減できたためと推察される。また、非晶質の酸化アルミニウム層は負の固定電荷を有することから、p型の半導体基板の界面において少数キャリアが減少する方向に界面付近のバンドが曲がることから、さらに少数キャリアの表面再結合を低減できる。

[0020] なお、ここで、「酸化アルミニウム層8が主に非晶質物質である」とは、酸化アルミニウム層8における結晶化率が50%未満であることをいう。結晶化率は例えば、TEM (Transmission Electron Microscope) 観察により観察領域中の結晶質が占める割合から求めることができる。

[0021] パッシベーション層8の厚みは、例えば、30~1000 Å程度とすることができる。

[0022] また、酸化アルミニウム層8は、第1領域81と、該第1領域81よりも半導体基板1から離れている第2領域82とを有している。そして、第1領域81における結晶化率は、第2領域82における結晶化率よりも小さくてもよい。すなわち、第2領域82における結晶化率を、第1領域81の結晶化率よりも大きくしてもよい。このように、結晶化率のより高い第2領域82を、大気中の水分等で劣化を受け易い第1領域81の外方に設けることで、第1領域81を保護することができ、パッシベーション層8としての性能を維持することができる。

[0023] また、第1領域81は第2領域82に比べて結晶化率が低いことから、体積比で46%フッ酸：水が1：1000のフッ酸溶液を用いてエッチングした際のエッチングスピードも速くなる特徴を示す。なお、このとき、酸化アルミニウム層8のエッチングスピードは3 nm/分以上であるという特徴を示す。

[0024] また、第2領域82は結晶化することによって、負の固定電荷が第1領域

8 1 に比べて小さくなる特徴がある。これにより、出力特性が優れた太陽電池素子を得るためには、酸化アルミニウム層 8 全体の厚みに対して第 2 領域 8 2 の厚みを半分以下とすることができる。

[0025] さらに、酸化アルミニウム層 8 において、半導体基板 1 から離れるにつれて結晶化率が徐々にまたは段階的に大きくなっていてもよい。この場合、酸化アルミニウム層 8 内における応力の集中が緩和できる。

[0026] また、太陽電池素子 10 は、第 1 半導体層 2 と酸化アルミニウム層 8 との間に酸化シリコン層 9 を介在させてもよい。これにより、半導体基板 1 の第 2 面 10 b 側表面のダングリングボンドが終端されることによって、少数キャリアの表面再結合を低減できる。さらに、シリコン基板上に直接酸化アルミニウム層を設けた場合に比べて、シリコン結合状態の影響によって生じる酸化アルミニウム層の結合状態の乱れを低減できる。これにより、界面において欠陥の少ない高品質の酸化アルミニウム層 8 を形成できる。そのため、酸化アルミニウム層 8 のパッシベーション効果が高まり、出力特性に優れた太陽電池素子を得ることができる。なお、酸化シリコン層 9 としては、例えば、半導体基板 1 の表面に 5 ~ 100 Å 程度の厚さの極めて薄く形成された酸化シリコン膜を用いることができる。

[0027] また、パッシベーション層 8 のシート抵抗値 ρ_s を 20 ~ 80 Ω/\square としてもよい。これにより、パッシベーション層 8 における負の固定電荷が大きいことから、界面において少数キャリアが減少する方向に界面付近のバンドが大きく曲がる。その結果、さらに表面再結合を低減でき、より一層出力特性に優れた太陽電池素子を得ることができる。

[0028] なお、パッシベーション層 8 のシート抵抗値 ρ_s は、例えば、4 端子法を用いて測定することができる。より具体的には、例えば、パッシベーション層 8 のシート抵抗値 ρ_s は、半導体基板 1 に形成されたパッシベーション層 8 の中央と角部との合計 5 点に測定プローブを当てて測定して得られた値の平均値とすることができる。

[0029] また、他の実施形態として図 4 に示すように、半導体基板 1 は第 1 主面 1

cの裏面に相当する第2主面1 d側にも、第2凹凸形状1 bが設けられていてもよい。この場合、半導体基板1の第2主面1 d側の第2凹凸形状1 bの凸部間の平均距離d 2を、第1主面1 c側の第1凹凸形状1 aの凸部間の平均距離d 1よりも大きくすることができる。ここで、凸部間の距離d 1, d 2とは、それぞれ任意に選択した例えば3箇所以上の凸部間の距離を平均した値とする。

[0030] このように、半導体基板1の第2主面1 d側の第2凹凸形状1 bの凸部間の平均距離d 2をより大きくすることで、半導体基板1を透過してきた光を半導体基板1へ反射させる光の量を増加させることができる。また、表面積が半導体基板1の第2主面1 d側が第1主面1 c側に比べて小さくなることで、さらに少数キャリアの表面再結合を低減することができる。その結果、より一層出力特性に優れた太陽電池素子を得ることができる。

[0031] また、半導体基板1として多結晶シリコン基板を用いた場合においては、第2領域8 2の厚みが厚くなり易い傾向にあるが、表面の汚れ、ガス吸着量、プロセス温度等を制御することによって、第2領域8 2の厚みが酸化アルミニウム層8全体の厚みの半分以下とすることが可能である。このような酸化アルミニウム層8は、パッシベーション層として機能するのに十分な負の固定電荷を得ることができるため、出力特性の優れた多結晶シリコン太陽電池素子を得ることができる。

[0032] さらに、以下に示すように、本実施形態の酸化アルミニウム層8は、多結晶シリコン基板において優れたパッシベーション効果を有することができる。結晶質の酸化アルミニウムは成長界面に対して垂直に成長する傾向がある。そのため、多結晶シリコン基板のような粒界および結晶方位の異なる結晶粒が存在する基板を用いる場合には、酸化アルミニウムの成長界面が基板表面における結晶粒の粒界および結晶方位の影響を受け易く、酸化アルミニウムの成長界面がランダムな方向を有し易い傾向にある。しかし、本実施形態に酸化アルミニウム層8は主に非晶質からなるため、多結晶シリコン基板の表面における結晶粒の粒界や結晶方位の影響を受けて、ランダムな方向に成

長して成長を始めた結晶粒同士が干渉して干渉面で欠陥が生じることを低減することができる。その結果、この酸化アルミニウム層 8 は優れたパッシベーション効果を有する。

[0033] 第 3 半導体層 4 は、半導体基板 1 の第 2 面 10 b 側に形成され、第 1 半導体層 2 と同一の導電型、すなわち p 型を呈している。そして、第 3 半導体層 4 が含有するドーパントの濃度は、第 1 半導体層 2 が含有するドーパントの濃度よりも高い。すなわち、第 3 半導体層 4 中には、第 1 半導体層 2 において一導電型を呈するためにドーパされるドーパント元素の濃度よりも高い濃度でドーパント元素が存在する。このような第 3 半導体層 4 は、半導体基板 1 における第 2 面 10 b の近傍で少数キャリアの再結合による変換効率の低下を抑制する役割を有しており、半導体基板 1 における第 2 面 10 b 側で内部電界を形成するものである。第 3 半導体層 4 は、例えば、半導体基板 1 の第 2 面 10 b 側にボロンまたはアルミニウムなどのドーパント元素を拡散させることによって形成できる。このとき、第 3 半導体層 4 が含有するドーパント元素の濃度は $1 \times 10^{18} \sim 5 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ 程度とすることができる。第 3 半導体層 4 は後述する第 2 電極 7 と半導体基板 1 との接触部分に形成されるのが好適である。

[0034] 第 1 電極 6 は、半導体基板 1 の第 1 面 10 a 側に設けられた電極であり、図 1 に示すように、第 1 出力取出電極 6 a と、複数の線状の第 1 集電電極 6 b と、を有する。第 1 出力取出電極 6 a の少なくとも一部は、第 1 集電電極 6 b と交差して電氣的に接続されている。一方、第 1 集電電極 6 b は、線状であり、短手方向において、例えば、 $50 \sim 200 \mu\text{m}$ 程度の幅を有している。第 1 出力取出電極 6 a は、例えば、短手方向において、 $1.3 \sim 2.5 \text{ mm}$ 程度の幅を有している。そして、第 1 集電電極 6 b の短手方向の幅は、第 1 出力取出電極 6 a の短手方向の幅よりも小さい。また、第 1 集電電極 6 b は、互いに $1.5 \sim 3 \text{ mm}$ 程度の間隔を空けて複数設けられている。このような第 1 電極 6 の厚みは、 $10 \sim 40 \mu\text{m}$ 程度である。第 1 電極 6 は、例えば、銀を主成分とする導電性ペーストをスクリーン印刷等によって所望の

形状に塗布した後、焼成することによって形成することができる。

[0035] 第2電極7は、半導体基板1の第2面10b側に設けられた電極であり、例えば、第1電極と同様の形態、つまり、図2に示すように、第2出力取出電極7aと、複数の線状の第2集電電極7bとを有する。第2出力取出電極7aの少なくとも一部は、第2集電電極7bと交差して電氣的に接続されている。一方、第2集電電極7bは線状であり、その短手方向において、例えば、50～300 μ m程度の幅を有している。第2出力取出電極7aは、例えば、その短手方向において1.3～3mm程度の幅を有している。そして、第2集電電極7bの短手方向の幅は、第2出力取出電極7aの短手方向の幅よりも小さい。また、第2集電電極7bは、互いに1.5～3mm程度の間隔を空けて複数設けられている。このような第2電極7の厚みは、10～40 μ m程度である。このような第2電極7は、例えば、銀を主成分とする導電性ペーストをスクリーン印刷等によって所望の形状に塗布した後、焼成することによって形成することができる。第2電極7の短手方向の幅を第1電極6に比べて広くすることによって、第2電極7の直列抵抗を下げることで、太陽電池素子の出力特性が向上することができる。

[0036] なお、本実施形態に係る太陽電池素子10において、第1面10a側及び第2面10b側のいずれにも、上述した層以外の層が設けられていてもよい。例えば、太陽電池素子10において、第2面10b側であって酸化アルミニウム層8の上に、結晶質物質からなる酸化アルミニウム層が別途設けられていてもよい。すなわち、酸化アルミニウム層8と第2電極7との間に、結晶質からなる酸化アルミニウム層が設けられていてもよい。

[0037] <太陽電池素子の製造方法>

次に、太陽電池素子10の製造方法の一例について詳細に説明する。

[0038] まず、第1半導体層(p型半導体層)2を有する半導体基板1の基板準備工程について説明する。半導体基板1は、例えば既存の鑄造法などによって形成される。なお、以下では、半導体基板1として、p型を呈する多結晶シリコン基板を用いた例について説明する。

- [0039] 最初に、例えば鋳造法によって多結晶シリコンのインゴットを作製する。次いで、そのインゴットを、例えば、 $250\mu\text{m}$ 以下の厚みにスライスする。その後、半導体基板1の切断面の機械的ダメージ層および汚染層を清浄するために、半導体基板1の表面を NaOH 、 KOH 、フッ酸またはフッ硝酸などの溶液でごく微量エッチングしてもよい。
- [0040] 次に、半導体基板1の第1主面1cに第1凹凸形状1a、第2主面1dに第2凹凸形状1bを形成する。各凹凸形状の形成方法としては、 NaOH 等のアルカリ溶液またはフッ硝酸等の酸溶液を使用したウエットエッチング方法または RIE (Reactive Ion Etching) 等を使用したドライエッチング方法を用いて凹凸形状を形成することができる。なお、このとき、ウエットエッチング方法を用いて、半導体基板1の少なくとも第2主面1d側に第2凹凸形状1bを形成した後、ドライエッチング方法を用いて第1主面1c側に第1凹凸形状1aを形成することによって、図4に示すように、半導体基板1の第2主面1d側の第2凹凸形状1bの凸部間の距離 d_2 を、第1主面1c側の第1凹凸形状1aの凸部間の距離 d_1 よりも大きくすることができる。
- [0041] 次に、上記工程によって形成された第1凹凸形状1aを有する半導体基板1の第1主面1cに対して、第2半導体層3を形成する工程を行う。具体的には、第1凹凸形状1aを有する半導体基板1における第1面10a側の表層内にn型の第2半導体層3を形成する。
- [0042] この第2半導体層3は、ペースト状態にした P_2O_5 を半導体基板1の表面に塗布して熱拡散させる塗布熱拡散法、または、ガス状態にしたオキシ塩化リン (POCl_3) を拡散源とした気相熱拡散法などによって形成される。この第2半導体層3は $0.2\sim 2\mu\text{m}$ 程度の深さ、 $40\sim 200\Omega/\square$ 程度のシート抵抗値を有するように形成される。例えば、気相熱拡散法では、 POCl_3 等からなる拡散ガスを有する雰囲気中で $600^\circ\text{C}\sim 800^\circ\text{C}$ 程度の温度において、半導体基板1を5～30分程度熱処理して燐ガラスを半導体基板1の表面に形成する。その後、アルゴンや窒素等の不活性ガス雰囲気中で8

00～900℃程度の高い温度において、半導体基板1を10～40分間程度熱処理することによって、燐ガラスから半導体基板1にリンが拡散して、半導体基板1の第1面側に第2半導体層3が形成される。

[0043] 次に、上記第2半導体層3の形成工程において、第2面10b側にも第2半導体層3が形成された場合には、第2面10b側に形成された第2半導体層3のみをエッチングして除去する。これにより、第2面10b側にp型の導電型領域を露出させる。例えば、フッ硝酸溶液に半導体基板1における第2面10b側のみを浸して第2面10b側に形成された第2半導体層3を除去する。その後、第2半導体層3を形成する際に半導体基板1の表面（第1面10a側）に付着した燐ガラスをエッチングして除去する。

[0044] このように、第1面10a側に燐ガラスを残存させて第2面10b側に形成された第2半導体層3を除去することによって、燐ガラスによって第1面10a側の第2半導体層3が除去されたり、ダメージを受けたりするのを低減することができる。

[0045] また、上記第2半導体層3の形成工程において、予め第2面10b側に拡散マスクを形成しておき、気相熱拡散法等によって第2半導体層3を形成し、続いて拡散マスクを除去してもよい。このようなプロセスによっても、同様の構造を形成することが可能であり、この場合には、上記した第2面10b側に第2半導体層3は形成されないため、第2面10b側の第2半導体層3を除去する工程が不要である。

[0046] なお、第2半導体層3の形成方法は上記方法に限定されるものではなく、例えば薄膜技術を用いて、n型の水素化アモルファスシリコン膜または微結晶シリコン膜を含む結晶質シリコン膜などを形成してもよい。さらに、第1半導体層2と第2半導体層3との間にi型シリコン領域を形成してもよい。

[0047] 以上により、第1面10a側にn型半導体層である第2半導体層3が配置され、且つ、表面に凹凸形状が形成された、p型半導体層である第1半導体層2を含む半導体基板1を準備することができる。

[0048] 次に、半導体基板1の第1面10a側に、すなわち、第2半導体層3の上

に反射防止層 5 を形成する。反射防止層 5 は、例えば、PECVD (plasma enhanced chemical vapor deposition) 法、蒸着法、またはスパッタリング法などを用いて形成される。例えば、窒化シリコン膜からなる反射防止層 5 を PECVD 法で形成する場合であれば、シラン (SiH_4) とアンモニア (NH_3) との混合ガスを窒素 (N_2) で希釈し、グロー放電分解でプラズマ化させて堆積させることで反射防止層 5 が形成される。このときの成膜室内は 500°C 程度とすることができる。

[0049] 次に、半導体基板 1 における第 2 面 10b 側に、酸化アルミニウムからなるパッシベーション層 (酸化アルミニウム層) 8 を形成する。パッシベーション層 8 は、例えば、ALD (Atomic Layer Deposition) 法を用いて形成される。

[0050] ALD 法は、例えば、以下に示す工程 1 から工程 4 までを含む工程を繰り返す方法である。

[0051] 工程 1 : 成膜室内に上述の半導体基板 1 を載置し、基板温度を $100\sim 300^\circ\text{C}$ に加熱する。次に、トリメチルアルミニウム等のアルミ原料を、アルゴンガス、窒素ガス等のキャリアガスとともに 0.5 秒間、半導体基板 1 上に供給して、半導体基板 1 の第 2 面 10b 側にアルミ原料を吸着させる。

[0052] 工程 2 : 次に、窒素ガスによって成膜室内を 1.0 秒間パージすることによって、空間中のアルミ原料を除去するとともに、第 2 面 10b 側に吸着したアルミ原料のうち、原子層レベルで吸着した成分以外を除去する。

[0053] 工程 3 : 次に、オゾンガス等の酸化剤を、成膜室内に 4.0 秒間供給して、アルミ原料であるトリメチルアルミニウムのアルキル基である CH_3 を除去するとともに、アルミニウムの未結合手を酸化させ、第 2 面 10b 側に酸化アルミニウムの原子層を形成する。

[0054] 工程 4 : 次に、窒素ガスによって成膜室内を 1.5 秒間パージすることによって、空間中の酸化剤を除去するとともに、第 2 面 10b 側の原子層レベルの酸化アルミニウム以外、例えば、反応に寄与しなかった酸化剤等を除去する。

[0055] そして、上記工程 1 から上記工程 4 までを含む工程を繰り返すことによって、所定厚みを有する、主に非晶質物質からなる酸化アルミニウム層 8 を形成することができる。また、上記工程 3 で用いる酸化剤に水素を含有させることによって、酸化アルミニウム層 8 に水素が含有されやすくなり、水素パッシベーション効果を増大させることができる。なお、半導体基板 1 の側面にも酸化アルミニウム層からなるパッシベーション層 8 が形成されてもよい。

[0056] また、上記工程 1 から上記工程 4 中において半導体基板 1 の温度を上げることによって、酸化アルミニウム層 8 は、第 1 領域 8 1 と、該第 1 領域 8 1 よりも半導体基板 1 から離れている第 2 領域 8 2 とを有した層であって、第 1 領域 8 1 の結晶化率が、第 2 領域 8 2 の結晶化率よりも小さい領域となるようにすることができる。例えば、第 1 領域 8 1 においては半導体基板 1 の温度を 100～200℃とし、第 2 領域 8 2 においては半導体基板 1 の温度を 300℃近傍として成膜することによって、所望の結晶化率を有する酸化アルミニウム層 8 を形成することができる。

[0057] また、さらに、上記工程 1 から上記工程 4 を含む成膜工程を 1 サイクルとしたとき、1 サイクル毎に、半導体基板 1 の温度を徐々にまたは段階的に高くなるようにすることで、半導体基板 1 から離れるにつれて結晶化率が徐々にまたは段階的に大きくなった酸化アルミニウム層 8 を形成することができる。

[0058] 次に、第 1 電極 6（第 1 出力取出電極 6 a、第 1 集電電極 6 b）と第 2 電極 7（第 1 層 7 a、第 2 層 7 b）とを以下のようにして形成する。

[0059] 最初に、第 1 電極 6 について説明する。第 1 電極 6 は、例えば銀（Ag）等からなる金属粉末と、有機ビヒクルと、ガラスフリットとを含有する導電性ペーストを用いて作製される。この導電性ペーストを、半導体基板 1 の第 1 面 10 a 側に塗布し、その後、最高温度 600～800℃で数十秒～数十分程度焼成することによって第 1 電極 6 を形成する。導電性ペーストの塗布法としては、スクリーン印刷法などを用いることができる。この塗布後、所

定の温度で溶剤を蒸散させて乾燥してもよい。なお、第1電極6は、第1出力取出電極6aと第1集電電極6bとを有するが、スクリーン印刷を用いることで、第1取出電極6aと第1集電電極6bとを1つの工程で形成することができる。

[0060] 次に、第3半導体層4について説明する。まず、ガラスフリットを含有したアルミニウムペーストをパッシベーション層8の上に直接、所定領域に塗布する。その後、最高温度が600～800℃の高温の熱処理を行うファイヤースルー法によって、塗布されたペースト成分がパッシベーション層8を突き破り、半導体基板1の第2面10b側に第3半導体層4が形成され、その上にアルミニウム層（不図示）が形成される。このアルミニウム層の形成領域としては、例えば、第2面10bのうち第2電極7が形成される領域内において、200 μ m～1mmの間隔でポイント状にすることができる。なお、第3半導体層4の上に形成されたアルミニウム層は、第2電極7を形成する前に除去してもよいし、そのまま、第2電極7として使用することもできる。

[0061] 次に、第2電極7について説明する。第2電極7は、例えば銀（Ag）等からなる金属粉末と、有機ビヒクルと、ガラスフリットとを含有する導電性ペーストを用いて作製される。この導電性ペーストを、半導体基板1の第2面10bに塗布し、その後、最高温度500～700℃で数十秒～数十分程度焼成することによって、第2電極7を形成する。塗布法としては、スクリーン印刷法などを用いることができる。この塗布後、第1電極6の形成の場合と同様にして、所定の温度で溶剤を蒸散させて乾燥してもよい。なお、第1電極6の形成の場合と同様にして、第2電極7の形成も、第2出力取出電極7aと第2集電電極7bとを有していても、スクリーン印刷を用いることで、第2取出電極7aと第2集電電極7bとを1つの工程で形成することができる。

[0062] なお、上記では印刷・焼成法によって第1電極6及び第2電極7を形成する形態を例示したが、これらの電極は蒸着法、スパッタリング法等の薄膜形

成方法またはメッキ形成方法を用いて形成することも可能である。

[0063] また、上述のパッシベーション層 8 を形成する工程の後の各工程において、各工程における最高温度の熱処理を 800℃以下とすることができる。これにより、主に非晶質物質である酸化アルミニウム層 8 における結晶化率が低減して、上述した酸化アルミニウム層 8 における非晶質性に起因する特性を維持しつつ、水素パッシベーション効果を増大させることができる。例えば、パッシベーション層 8 を形成する工程の後に行う各工程において、300～500℃の熱処理による熱履歴を 5～30分とすればよい。特に、本実施形態のように多結晶シリコンを半導体基板として用いた場合、上記条件によって、酸化アルミニウム層 8 における酸化アルミニウムの結晶化を低減することができる。

[0064] 以上のようにして、太陽電池素子 10 を作製することができる。

[0065] <変形例>

本発明は上記形態に限定されるものではなく、多くの修正および変更を加えることができる。

[0066] 例えば、パッシベーション層 8 を形成する前に第 3 半導体層 4 を形成してもよい。この場合、パッシベーション層 8 の形成工程の前に、第 2 面 10b における所定領域にボロンまたはアルミニウムを拡散すればよい。ボロンは三臭化ボロン (BBr_3) を拡散源とした熱拡散法を用いて、半導体基板 1 を温度 800～1100℃程度で加熱することによって拡散される。また、第 3 半導体層 4 は、例えば薄膜技術を用いて、p 型の水素化アモルファスシリコン膜、または微結晶シリコン膜を含む結晶質シリコン膜などを形成したものをを用いてもよい。さらに、半導体基板 1 と第 3 半導体層 4 との間に i 型シリコン領域を形成してもよい。

[0067] また、反射防止層 5 およびパッシベーション層 8 を形成する順序は、上記の説明した順序と逆であっても構わない。

[0068] また、反射防止層 5 およびパッシベーション層 8 を形成する前に、半導体基板 1 を洗浄してもよい。洗浄工程としては、例えば、フッ酸処理、RCA

洗浄（米国RCA社が開発した洗浄法であり、高温・高濃度の硫酸・過酸化水素水、希フッ酸（室温）、アンモニア水・過酸化水素水、または、塩酸・過酸化水素水などによる洗浄方法）および該洗浄後のフッ酸処理、または、SPM（Sulfuric Acid/Hydrogen Peroxide/Water Mixture）洗浄および該洗浄後のフッ酸処理等による洗浄方法を用いることができる。

[0069] また、反射防止層5およびパッシベーション層8を形成する前に、酸化シリコン層9を形成してもよい。この酸化シリコン層9は、硝酸酸化法によって、フッ酸処理等で半導体基板1に形成されている自然酸化膜を除去した後、半導体基板1を硝酸溶液または硝酸蒸気で処理することで、半導体基板1の第2面10b側に5～100Å程度の厚さを有する層として形成してもよい。このように、第2面10b側に薄い酸化シリコン層9を形成することによって、パッシベーション効果をさらに高めることができる。より具体的には、半導体基板1を、濃度60質量%以上の加熱した硝酸溶液内に浸漬し、または、濃度60質量%以上の硝酸を沸騰するまで加熱して発生した硝酸蒸気内に保持することで、半導体基板1の表面に酸化シリコン膜9を形成することができる。なお、このとき用いる硝酸溶液の温度は例えば100℃以上の温度で且つ沸点よりも少し低い温度とすることができる。また、この処理時間については、所定の厚みの酸化シリコン層9が形成されるよう適宜選択すればよい。硝酸酸化法は熱酸化法に比べ処理温度が非常に低く、ウェット処理で行うことができることから、洗浄工程を行った後に続けて硝酸酸化法を行うことによって、表面の汚れを低減した状態でパッシベーション層8を形成することができる。このため、多結晶シリコン基板1を用いた場合においても、主に非晶質の酸化アルミニウム層を形成することができる。

[0070] また、第2電極7の形状は、上述した格子状に限らず、図5（a）に示すように、第2集電電極7bの少なくとも一部を除去して、それぞれ分離した第2集電電極7bが第2出力取出電極7aと接続されるように形成してもよい。また、図5（b）に示すように、第2電極7はポイント状に形成されてもよい。この場合、導電性シート等でポイント状に形成された第2電極7を

接続するようにしてもよい。また、このときのポイント状の第2電極7と導電性シートとの接続方法としては、導電性接着剤や半田ペーストが用いられる。また、第2電極7を半導体基板1の略全面に形成してもよく、この場合、第2電極7によって半導体基板1およびパッシベーション層8を透過してきた光のうち、再度、半導体基板1へ反射する光の量を多くすることができる。なお、このとき、第2電極7は銀等の反射率の高い金属を用いることができる。

[0071] また、パッシベーション層8を形成する工程の後の任意の工程において、水素を含んだガスを用いてアニール処理を行うことで、更に、半導体基板1の裏面（第2主面1d）における少数キャリアの再結合速度を低下させることが可能である。

[0072] また、半導体基板1としてn型の導電性を有する多結晶シリコン基板を用いて、太陽電池素子を作製する場合には、第2半導体層3がp型を有するため、半導体基板1の第1面10a側に、主に非晶質の酸化アルミニウム層8からなるパッシベーション層を形成することによって、上述した本実施形態の効果を期待することができる。

[0073] <太陽電池モジュール>

本実施形態に係る太陽電池モジュール20について、図6(a)および図6(b)を用いて、詳細に説明する。太陽電池モジュール20は、上述した本実施形態の太陽電池素子10を1つ以上備えている。具体的には、太陽電池モジュール20においては、上記太陽電池素子10が複数電氣的に接続されている。

[0074] 単独の太陽電池素子10の電気出力が小さい場合など、複数の太陽電池素子10を直列および並列に接続することで太陽電池モジュール20が構成される。この太陽電池モジュール20を複数個組み合わせることによって、実用的な電気出力の取り出しが可能となる。

[0075] 図6(a)に示すように、太陽電池モジュール20は、例えば、ガラスなどの透明部材22と、透明のEVAなどからなる表側充填材24と、複数の

太陽電池素子 10 と、該複数の太陽電池素子 10 を接続する配線部材 21 と、EVA などからなる裏側充填材 25 と、ポリエチレンテレフタレート (PET) またはポリフッ化ビニル樹脂 (PVF) 等の材料からなり、単層または積層構造の裏面保護材 23 と、を主として備える。

[0076] 隣接する太陽電池素子 10 同士は、一方の太陽電池素子 10 の第 1 電極 6 と他方の太陽電池素子 10 の第 2 電極 7 とが配線部材 21 によって接続されることで、互いに電氣的に直列に接続されている。

[0077] 配線部材 21 としては、例えば、厚さ 0.1~0.2 mm 程度、幅 2 mm 程度の銅箔の全面を半田材料によって被覆された部材が用いられる。

[0078] また、直列接続された複数の太陽電池素子 10 のうち、最初の太陽電池素子 10 と最後の太陽電池素子 10 の電極の一端は、各々、出力取出部である端子ボックス 27 に、出力取出配線 26 によって接続される。また、図 6 (a) では図示を省略しているが、図 6 (b) に示すように、太陽電池モジュール 20 は、アルミニウムなどからなる枠 28 を備えていてもよい。

[0079] また、太陽電池モジュール 20 において、図 7 に示すように太陽電池素子 10 の第 2 面 10b 側に高反射率の反射シート 29 をさらに設けることによって、高機能の裏面反射構造を実現することが可能である。

[0080] 本実施形態に係る太陽電池モジュール 20 は、上述したパッシベーション層を有する太陽電池素子 10 を備えるため、太陽電池モジュール 20 は、出力特性に優れる。

[0081] 以上、本発明に係るいくつかの実施形態について例示したが、本発明は上述した実施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限り任意のものとすることができることは言うまでもない。

実施例

[0082] 以下に、実施例について説明する。なお、太陽電池素子の構成は主として図 3 を参照しながら説明する。

[0083] 実施例 1~3 の太陽電池素子を以下のようにして作製した。まず、p 型の第 1 半導体層層 2 を有する半導体基板 1 を次のようにして用意した。鋳造法

によってボロンがドーピングされた多結晶シリコンのインゴットを作製した後に、ワイヤーソー装置で所定形状の薄板にスライスした。このようにして、厚みが約 $220\mu\text{m}$ 、平面視して一辺の長さが 156mm の正方形であり、 $1.0\Omega\cdot\text{cm}$ の比抵抗値を有する半導体基板1を用意した。

[0084] 次に、半導体基板1の第1主面1cに第1凹凸形状1aをRIE法によって凸部の高さ約 $0.5\mu\text{m}$ 、凸部の幅約 $1\mu\text{m}$ 、凸部間距離 d_1 が約 $1\mu\text{m}$ のものを形成した。

[0085] 次に、半導体基板1の第1主面1cの上に第2半導体層3を形成した。第2半導体層3は、ガス状態にした POCl_3 を拡散源とした気相熱拡散法によって、厚み $1\mu\text{m}$ 程度、 $80\Omega/\square$ 程度のシート抵抗値を有するように形成した。

[0086] 次に、第2半導体層3の上に反射防止層5をPECVD法によって形成した。すなわち、成膜室内で SiH_4 と NH_3 との混合ガスを N_2 で希釈し、これらをグロー放電分解でプラズマ化させて堆積させることで反射防止層5を形成した。このときの成膜室内の温度は 500°C 程度とした。

[0087] 次に、半導体基板1の第2主面1d側に、酸化アルミニウム層のパッシベーション層8を主にALD法によって形成した。

[0088] 実施例1：成膜室内に上述の半導体基板1を載置して、半導体基板1の表面温度を約 180°C に加熱した。次に、トリメチルアルミニウムガス、窒素ガスからなるキャリアガスとともに 0.5 秒間、半導体基板1上に供給して、半導体基板1の第2主面1d側にアルミニウム原料を吸着させた（工程1）。次に、窒素ガスによって成膜室内を 1.0 秒間パージすることによって、空間中のアルミニウム原料を除去するとともに、第2面10b側に吸着したアルミニウム原料のうち、原子層レベルで吸着した成分以外を除去した（工程2）。次に、オゾンガスからなる酸化剤を窒素ガスからなるキャリアガスとともに、成膜室内に 4.0 秒間供給して、アルミニウム原料であるトリメチルアルミニウムのアルキル基である CH_3 を除去するとともに、アルミニウムの未結合手を酸化させ、第2主面1d側に酸化アルミニウムの原子層を

形成した（工程3）。次に、窒素ガスによって成膜室内を1.5秒間パージすることによって、空間中の酸化剤を除去するとともに、第2主面1d側の原子層レベルの酸化アルミニウム以外、例えば、反応に寄与しなかった酸化剤等を除去した（工程4）。そして、上記工程1から工程4を繰り返すことによって、厚み30nmの、主に非晶質からなる酸化アルミニウム層8を形成した。ここで、TEM観察により酸化アルミニウム層8に結晶質が存在しないことを確認した。

[0089] 実施例2：実施例1と同一条件にて、厚み20nmの、非晶質からなる酸化アルミニウム層の第1領域81を形成した後に、基板温度280℃として、上記実施例1と同一条件にて、厚み10nmの、結晶質の酸化アルミニウム層からなる第2領域82を形成した。TEM観察により第2領域82に結晶質が80%存在することを確認した。

[0090] 実施例3：、パッシベーション層8を形成する前に、酸化シリコン層9を硝酸酸化法によって形成した。この硝酸酸化法は、フッ酸処理を行って半導体基板1に形成されている自然酸化膜を除去した後に、半導体基板1を濃度68質量%の120℃に加熱した硝酸溶液内に浸漬して、半導体基板1の表面に厚み5nmの酸化シリコン層9を形成した。その後、実施例1と同一方法によって、厚み30nmのパッシベーション層8を形成した。また、TEM観察により酸化アルミニウム層8に結晶質が存在しないことを確認した。

[0091] 比較例1：実施例2で第2領域82を作製した際と同一条件にて厚み30nmの結晶質のパッシベーション層8を形成した。TEM観察によりパッシベーション層に結晶質が80%存在することを確認した。

[0092] 次に、第1電極6（第1出力取出電極6a、第1集電電極6b）と第2電極7（第1層7a、第2層7b）とを以下のようにして形成した。最初に、第1電極6を形成した。第1電極6は、例えばAgからなる金属粉末と、有機ビヒクルと、ガラスフリットとを含有する導電性ペーストを用いて、半導体基板1の第1面10aにスクリーン印刷法で塗布し、その後、最高温度750℃で数十秒～数十分程度焼成することによって、第1電極6を形成した。

[0093] 第3半導体層4は、以下のようにして形成した。ガラスフリットを含有したアルミニウムペーストをパッシベーション層8の上に直接、所定領域に塗布して、最高温度が750℃の高温の熱処理を行うファイヤースルー法によって、塗布されたペースト成分がパッシベーション層8を突き破り、半導体基板1の第2面10b側に第3半導体層4が形成された。そして、その上にアルミニウム層を形成した。このアルミニウム層の形成領域は、第2面10bのうち第2電極7が形成される領域内においてポイント状に形成した。

[0094] 第2電極7は以下のようにして形成した。第2電極7は、Agからなる金属粉末と、有機ビヒクルと、ガラスフリットとを含有する導電性ペーストを用いて作製した。この導電性ペーストを、半導体基板1の第2面10bに塗布して、その後、最高温度約750℃で数十秒～数十分程度焼成することによって、第2電極7を形成した。この塗布法としては、スクリーン印刷法を用いた。

[0095] 以上のようにして、実施例1～3および比較例1の太陽電池素子10を作製した。

[0096] これらの太陽電池素子の短絡電流 I_{sc} 、開放電圧 V_{oc} 、曲線因子 FF 、光電変換効率のそれぞれを測定した。なお、これら特性の測定はJIS C 8913に準拠して、AM (Air Mass) 1.5および100mW/cm²の光照射条件下にて測定した。

[0097] この結果を表1に示す。

[0098] [表1]

	I_{sc} [mA]	V_{oc} [V]	FF [-]	光電変換 効率 [%]
実施例1	8639	0.624	0.771	17.08
実施例2	8615	0.623	0.769	16.96
実施例3	8688	0.625	0.770	17.18
比較例1	8518	0.617	0.770	16.63

[0099] 表1に示すように、実施例1～3の太陽電池素子はいずれも、比較例1に比べて、短絡電流 I_{sc} 、開放電圧 V_{oc} および光電変換効率のいずれも高く、出力特性に優れた太陽電池素子を提供できることを確認した。また、実施例1、2の太陽電池素子は、曲線因子 FF についても高いことを確認した。また、実施例3の太陽電池素子は変換効率が最も高いことを確認した。

[0100] また、JIS C 8917に準拠した高温高湿試験を実施して、この試験の前後における光電変換効率の劣化の割合について調べたところ、実施例1、3に比べて実施例2が劣化の割合が最も小さく、信頼性が最も高いことを確認した。

[0101] さらに、上記実施例1～3において、フッ硝酸溶液によるウエットエッチング方法を用いて、半導体基板1の第2主面1d側に第2凹凸形状1bを形成した後、RIE法を用いて、半導体基板1の第1主面1c側に第1凹凸形状1aを形成することによって、第2主面1d側の第2凹凸形状1bの凸部間の距離 d_2 （約 $10\mu m$ ）を、第1主面1c側の第1凹凸形状1aの凸部間の距離 d_1 （約 $1\mu m$ ）よりも大きくしたものを作製して、上記太陽電池の諸特性について測定したところ、第2主面1d側において第2凹凸形状1bを形成しないものに比べて高い光電変換効率となったことを確認した。

符号の説明

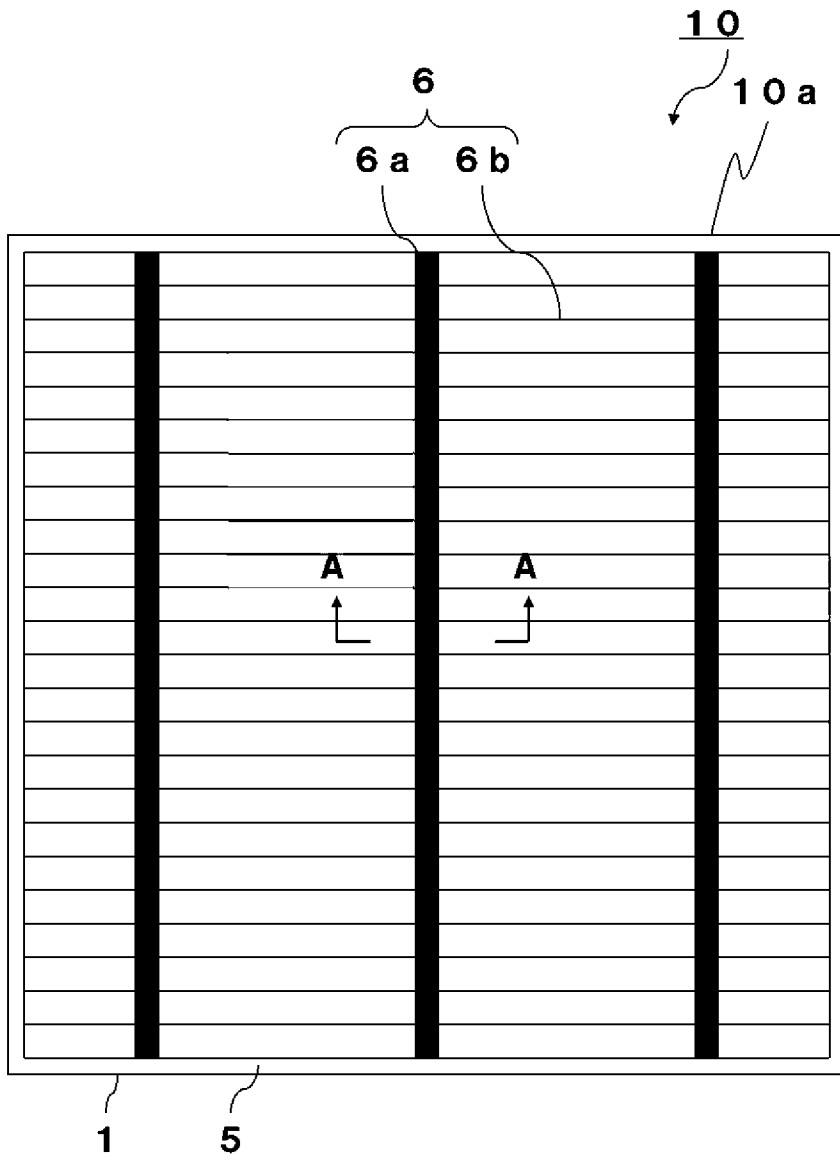
- [0102] 1 : 半導体基板（シリコン基板）
1 a : 第1凹凸形状
1 b : 第2凹凸形状
1 c : 第1主面
1 d : 第2主面
2 : 第1半導体層（p型半導体層）
3 : 第2半導体層（逆導電型半導体層）
4 : 第3半導体層
5 : 反射防止層
6 : 第1電極

- 6 a : 第1出力取出電極
- 6 b : 第1集電電極
- 7 : 第2電極
 - 7 a : 第1層
 - 7 b : 第2層
- 8 : パッシベーション層（酸化アルミニウム層）
 - 8 1 : 第1領域
 - 8 2 : 第2領域
- 9 : 酸化シリコン層
- 1 0 : 太陽電池素子
 - 1 0 a : 第1面
 - 1 0 b : 第2面
- 2 0 : 太陽電池モジュール

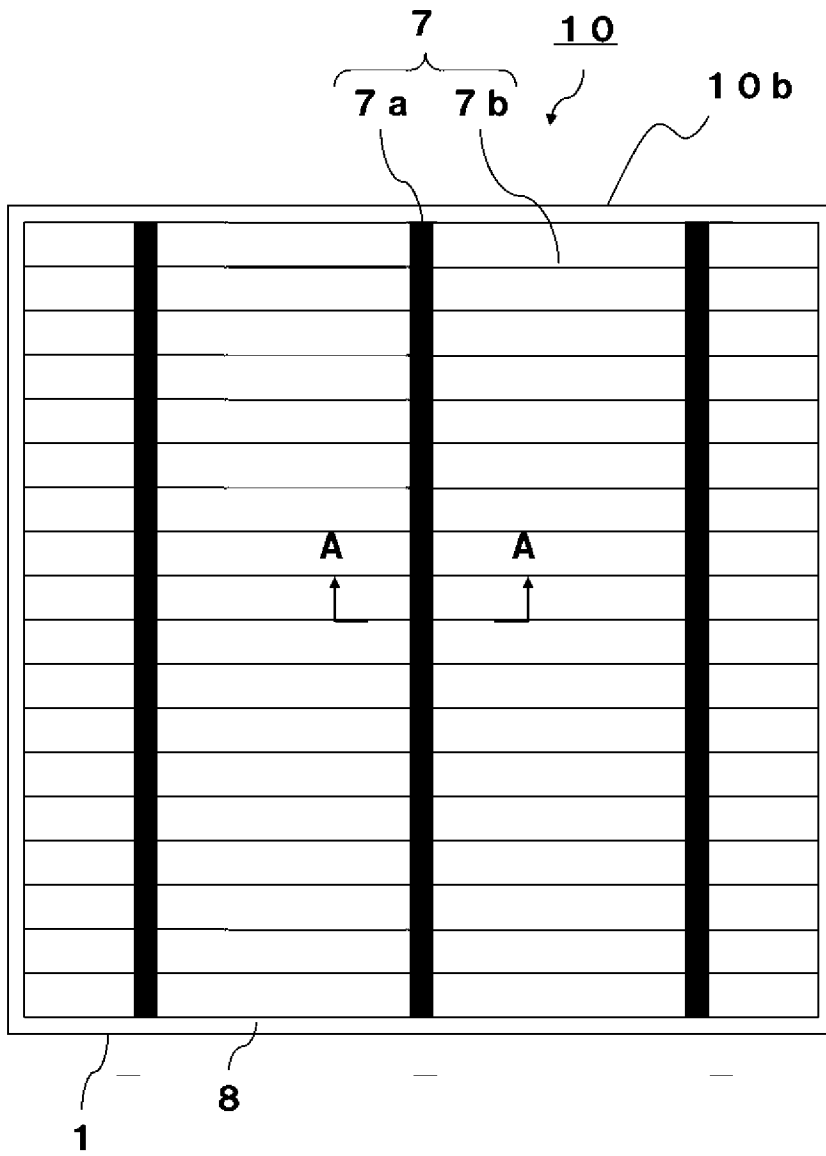
請求の範囲

- [請求項1] p型半導体層が最も上に位置している多結晶のシリコン基板と、前記p型半導体層の上に配置された酸化アルミニウム層とを備えており、
該酸化アルミニウム層は主に非晶質物質である、太陽電池素子。
- [請求項2] 前記酸化アルミニウム層は、第1領域と、該第1領域よりも前記シリコン基板から離れている第2領域とを有しており、
前記第1領域における結晶化率は、前記第2領域における結晶化率よりも小さい、請求項1に記載の太陽電池素子。
- [請求項3] 前記酸化アルミニウム層において、前記シリコン基板から離れるにつれて前記結晶化率が徐々にまたは段階的に大きい、請求項2に記載の太陽電池素子。
- [請求項4] 前記p型半導体層と前記酸化アルミニウム層との間に酸化シリコン層が介在している、請求項1乃至3のいずれかに記載の太陽電池素子。
- [請求項5] 前記酸化アルミニウム層のシート抵抗値 ρ_s は $20 \sim 80 \Omega/\square$ である、請求項1乃至4のいずれかに記載の太陽電池素子。
- [請求項6] 前記シリコン基板は、第1凹凸形状を有する第1主面と、該第1主面の裏面に相当して、前記酸化アルミニウム層が配置された、第2凹凸形状を有する第2主面とを有しており、
該第2主面の前記第2凹凸形状における凸部間の平均距離は、前記第1主面の第1凹凸形状における凸部間の平均距離よりも大きい、請求項1乃至5のいずれかに記載の太陽電池素子。
- [請求項7] 請求項1乃至6のいずれかに記載の太陽電池素子を備える、太陽電池モジュール。

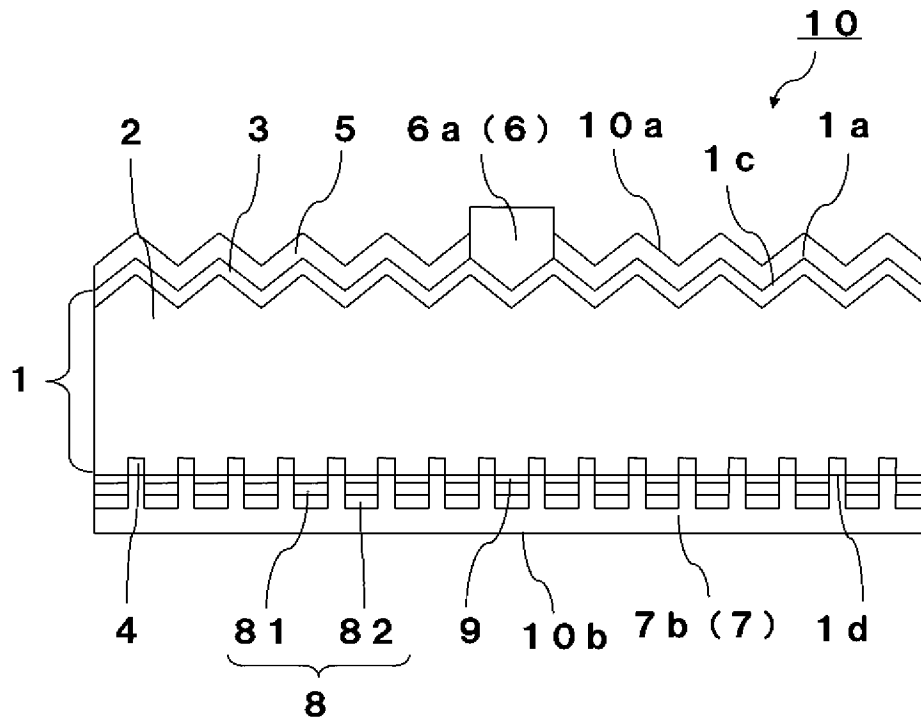
[図1]



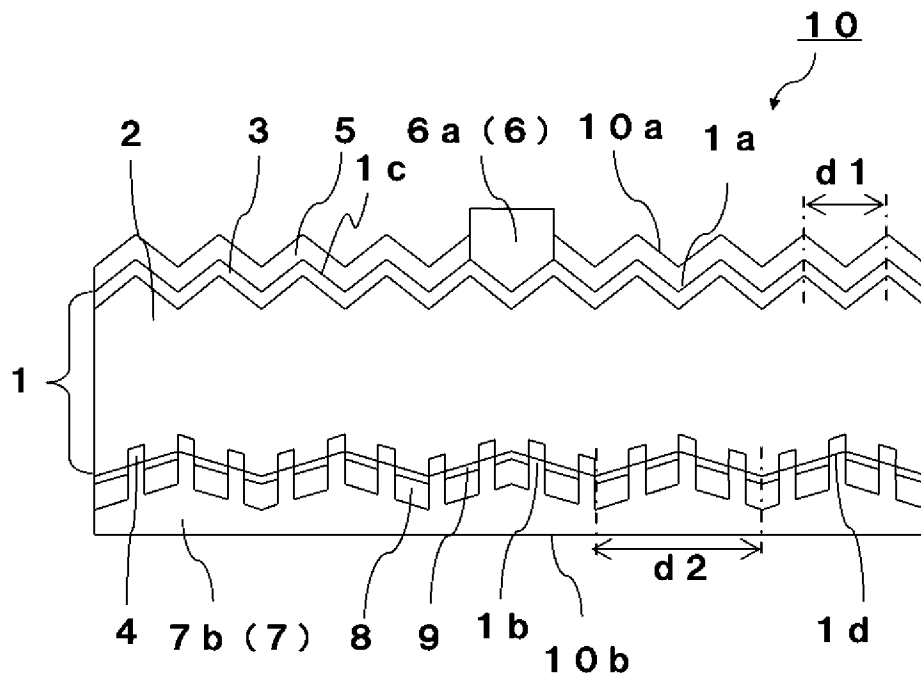
[図2]



[図3]

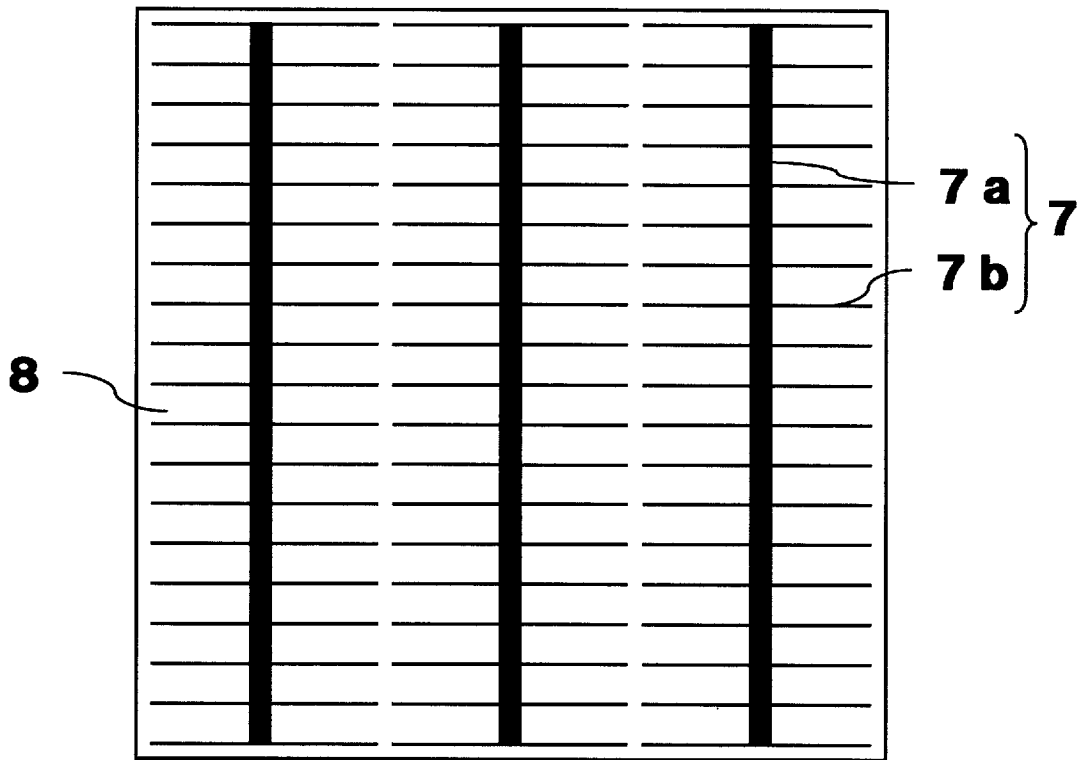


[図4]

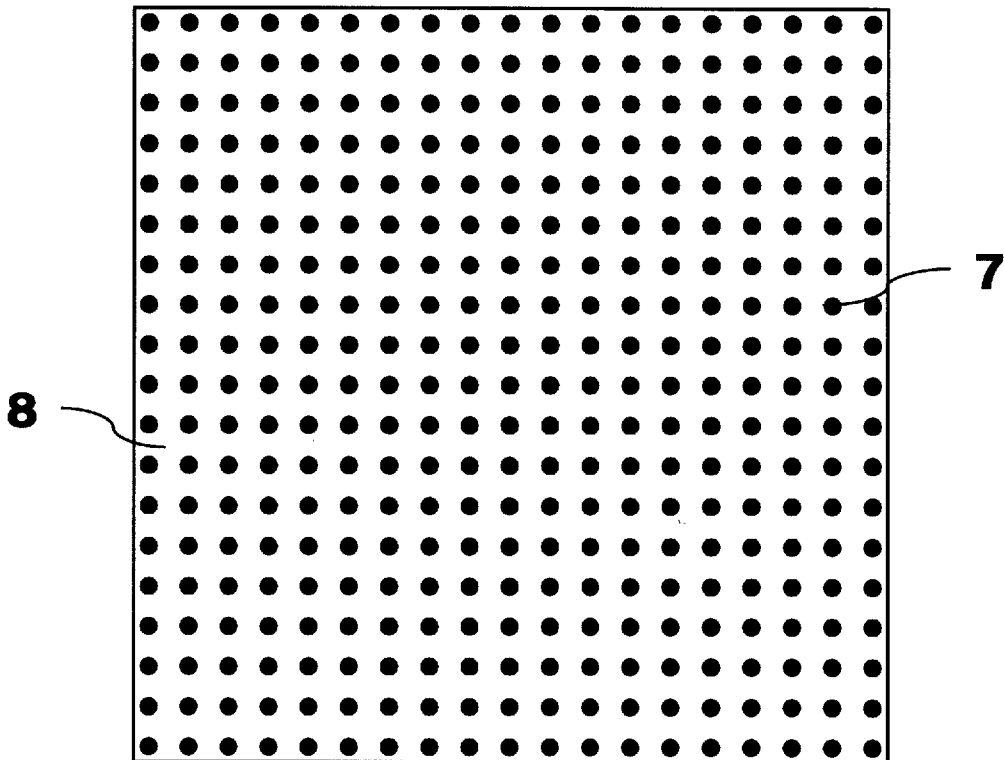


[図5]

(a)

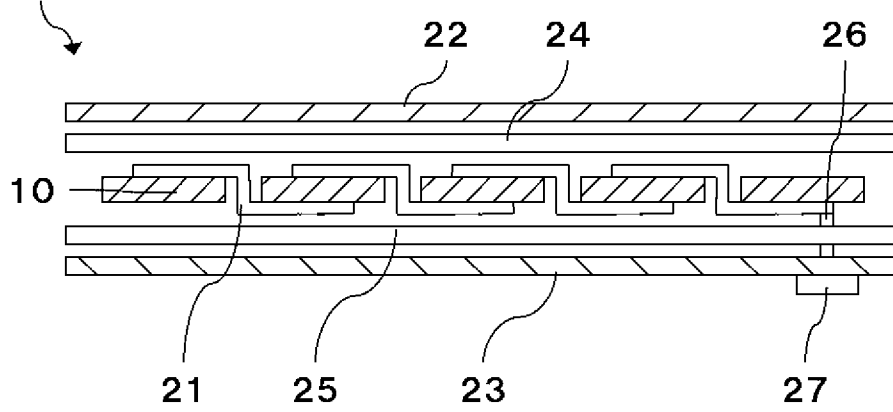


(b)

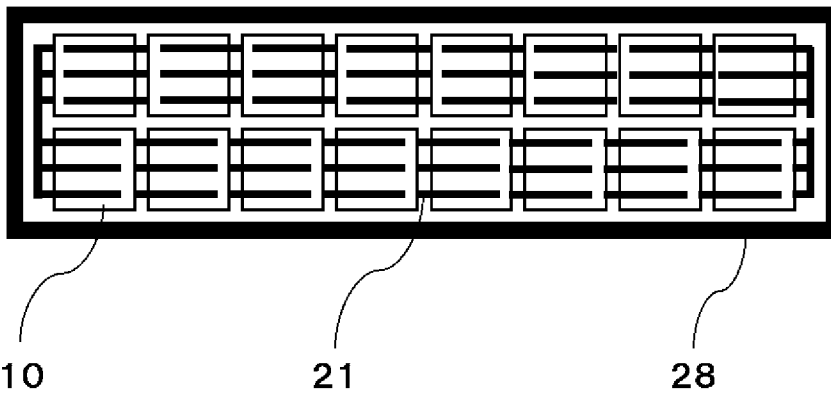


[図6]

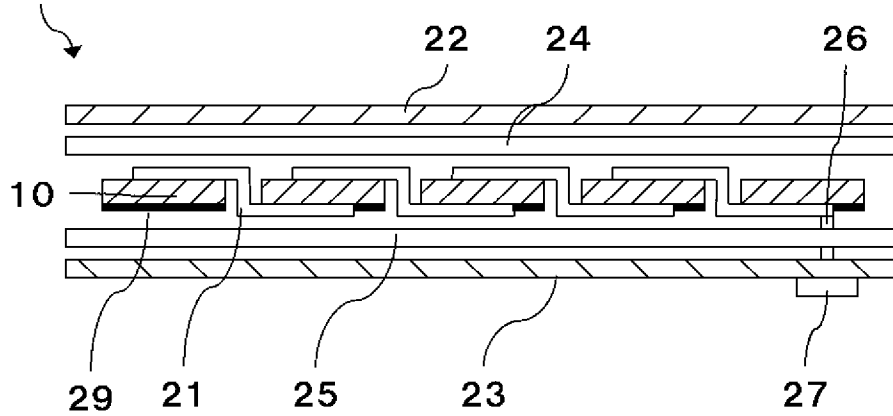
(a)

20

(b)

20

[図7]

20

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/058447

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L31/04(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)

H01L31/04-31/078, 51/42, H01L21/312-21/32, 21/339, 21/47-21/475, 27/14-27/148, 29/762

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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 Y	JP 2011-505704 A (IMEC), 24 February 2011 (24.02.2011), paragraphs [0059], [0063] to [0065], [0068]; fig. 1 to 5 & US 2011/0005582 A1 & EP 2068369 A1 & WO 2009/071561 A2 & CN 101889349 A	1, 5, 7 2-4, 6
Y	JP 63-308374 A (Seiko Epson Corp.), 15 December 1988 (15.12.1988), claims; page 2, lower left column; page 3, upper right column (Family: none)	2-3

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
02 May, 2012 (02.05.12)

Date of mailing of the international search report
22 May, 2012 (22.05.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/058447

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2009-164544 A (Zaidan Hojin Industrial Technology Research Institute), 23 July 2009 (23.07.2009), paragraphs [0028], [0033], [0049] & US 2009/0165855 A1 & EP 2077584 A2	4
Y	JP 2011-3654 A (Kaneka Corp.), 06 January 2011 (06.01.2011), paragraphs [0023], [0039]; fig. 1 (Family: none)	1, 4-7
Y	JP 2011-61030 A (Kaneka Corp.), 24 March 2011 (24.03.2011), claim 1; paragraph [0052]; fig. 1 (Family: none)	6
Y	JP 11-036098 A (Canon Inc.), 09 February 1999 (09.02.1999), claim 2; paragraphs [0002], [0004], [0017] (Family: none)	1, 4-7
A	JP 2003-273380 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 26 September 2003 (26.09.2003), claim 1; paragraph [0044] & US 6849917 B2 & EP 1351317 A2 & CN 1445866 A	2-3
A	JP 07-130731 A (NEC Corp.), 19 May 1995 (19.05.1995), claim 1; fig. 1 & US 5523616 A	2-3

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01L31/04(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 (IPC))

Int.Cl. H01L31/04-31/078, 51/42
H01L21/312-21/32, 21/339, 21/47-21/475, 27/14-27/148, 29/762

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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2012年
日本国実用新案登録公報	1996-2012年
日本国登録実用新案公報	1994-2012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 Y	JP 2011-505704 A (アイメック) 2011.02.24, 【0059】 , 【0063】 - 【0065】 , 【0068】 , 【図1】 - 【図5】 & US 2011/0005582 A1 & EP 2068369 A1 & WO 2009/071561 A2 & CN 101889349 A	1, 5, 7 2-4, 6
Y	JP 63-308374 A (セイコーエプソン株式会社) 1988.12.15, 特許請求の範囲, 第2頁左下欄, 第3頁右上欄 (ファミリーなし)	2-3

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

02.05.2012

国際調査報告の発送日

22.05.2012

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
郵便番号100-8915
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)

井上 徹

2K

3607

電話番号 03-3581-1101 内線 3255

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
Y	JP 2009-164544 A (財団法人工業技術研究院) 2009. 07. 23, 【0028】 , 【0033】 , 【0049】 & US 2009/0165855 A1 & EP 2077584 A2	4
Y	JP 2011-3654 A (株式会社カネカ) 2011. 01. 06, 【0023】 , 【0039】 , 【図 1】 (ファミリーなし)	1, 4-7
Y	JP 2011-61030 A (株式会社カネカ) 2011. 03. 24, 【請求項 1】 , 【0052】 , 【図 1】 (ファミリーなし)	6
Y	JP 11-036098 A (キヤノン株式会社) 1999. 02. 09, 【請求項 2】 , 【0002】 , 【0004】 , 【0017】 (ファミリーなし)	1, 4-7
A	JP 2003-273380 A (三洋電機株式会社) 2003. 09. 26, 【請求項 1】 , 【0044】 & US 6849917 B2 & EP 1351317 A2 & CN 1445866 A	2-3
A	JP 07-130731 A (日本電気株式会社) 1995. 05. 19, 【請求項 1】 , 【図 1】 & US 5523616 A	2-3