(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
2011 年 12 月 29 日(29.12.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/162380 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 31/04 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2011/064549

(22) 国際出願日: 2011 年 6 月 24 日(24.06.2011)

(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 2010-145429 2010 年 6 月 25 日(25.06.2010) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三洋電機株式会社 (SANYO ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5708677 大阪府守口市京阪本通２丁目５番５号 Osaka (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 佐々木 学 (SASAKI, Manabu) [JP/JP]; 〒5708677 大阪府守口市京阪本通２丁目５番５号 三洋電機株式会社内 Osaka (JP).

(74) 代理人: 宮園 博一 (MIYAZONO, Hirokazu); 〒5320011 大阪府大阪市淀川区西中島５丁目１３番９号 新大阪ＭＴビル１号館 Osaka (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, 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, LR, 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 (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).

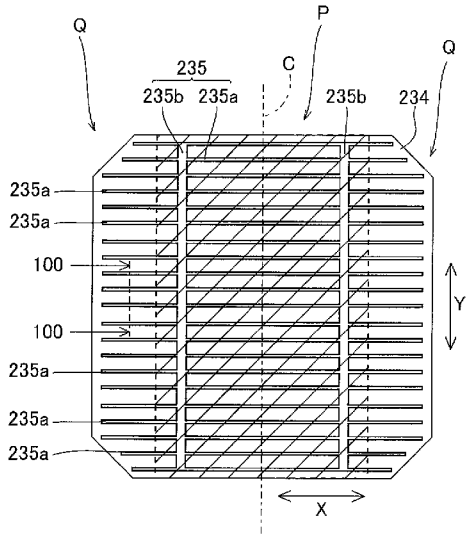
添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

(54) **Title**: SOLAR CELL, SOLAR CELL MODULE, AND METHOD FOR MANUFACTURING SOLAR CELL

(54) 発明の名称 : 太陽電池、太陽電池モジュールおよび太陽電池の製造方法

[図3]



(57) **Abstract**: Disclosed is a solar cell which is provided with: a single crystal silicon substrate having electrical characteristic distribution, which is line-symmetric with respect to the center line in planar view, and which has substantially uniform electrical characteristics in the direction wherein the center line extends, said electrical characteristics being in portions positioned at an equal distance from the center line; a semiconductor junction formed using the single crystal silicon substrate; and an electrode.

(57) 要約: この太陽電池は、平面的に見て、中心線に対して線対称であり、かつ、中心線から等距離に位置する部分の電気的特性が中心線の延びる方向に沿って略一様である電気的特性分布を有する単結晶シリコン基板と、単結晶シリコン基板を用いて形成された半導体接合と、電極とを備える。

WO 2011/162380 A1

明　細　書

発明の名称 ：

太陽電池、太陽電池モジュールおよび太陽電池の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、太陽電池、太陽電池モジュールおよび太陽電池の製造方法に関し、特に、単結晶シリコン基板を備えた太陽電池、太陽電池モジュールおよび太陽電池の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、単結晶シリコン基板を備えた太陽電池が知られている。一般的に、太陽電池において使用される単結晶シリコン基板は、インゴットの成長時の成長方向が高さ方向である円柱状の単結晶シリコンインゴットを、その成長方向と直交する平面でスライスすることにより得られる。この単結晶シリコン基板に半導体接合、電極などを形成して太陽電池が形成される。

[0003] また、単結晶シリコンインゴットはチョクラルスキー法（Ｃｚｏｃｈｒａｌｓｋｉ法）などにより形成されるのが一般的であるが、チョクラルスキー法により形成されたインゴットには、製法上、同心円状に対称性を有する欠陥の分布が生じることが知られている。このことは、たとえば、志村史夫著「半導体シリコン結晶工学」　丸善株式会社出版　平成５年９月３０日発行　第６章　２９３ページ～３０６ページに開示されている。このような同心円状の欠陥の分布に起因して、単結晶シリコン基板に同心円状の電気的特性の分布が発生する。

先行技術文献

非特許文献

[0004] 非特許文献1：志村史夫著　「半導体シリコン結晶工学」　丸善株式会社出版　平成５年９月３０日発行　第６章　２９３ページ～３０６ページ

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] このような同心円状の電気的特性の分布がある単結晶シリコン基板を用いて太陽電池を形成した場合には、１つの太陽電池内に、相対的に電気的特性が悪い部分が存在することに起因して、太陽電池の出力が低下してしまうという問題点がある。

[0006] この発明は、上記のような課題を解決するためになされたものであり、この発明の１つの目的は、単結晶シリコン基板の電気的特性のばらつきに起因する出力の低下を抑制することが可能な太陽電池、太陽電池モジュールおよび太陽電池の製造方法を提供することである。

課題を解決するための手段

[0007] 上記目的を達成するために、この発明の第１の局面による太陽電池は、平面的に見て、中心線に対して線対称であり、かつ、中心線から等距離に位置する部分の電気的特性が中心線の延びる方向に沿って略一様である電気的特性分布を有する単結晶シリコン基板と、単結晶シリコン基板を用いて形成された半導体接合と、電極とを備える。

[0008] この発明の第２の局面による太陽電池モジュールは、電気的に直列に接続された複数の太陽電池を備え、複数の太陽電池の各々は、平面的に見て、中心線に対して線対称であり、かつ、中心線から等距離に位置する部分の電気的特性が中心線の延びる方向に沿って略一様である電気的特性分布を有する単結晶シリコン基板と、単結晶シリコン基板を用いて形成された半導体接合と、電極とを含む。

[0009] この発明の第３の局面による太陽電池の製造方法は、同心円状の電気的特性分布を有する単結晶シリコンインゴットを結晶成長により形成する工程と、単結晶シリコンインゴットの成長方向と平行な平面でスライスすることにより、中心線に対して線対称であり、かつ、中心線から等距離に位置する部分の電気的特性が中心線の延びる方向に沿って略一様である電気的特性分布を有する単結晶シリコン基板を形成する工程と、単結晶シリコン基板を用いて半導体接合を形成する工程と、電極を形成する工程とを備えている。

発明の効果

[0010] この発明の第１の局面による太陽電池、第２の局面による太陽電池モジュールおよび第３の局面による太陽電池の製造方法では、上記の電気的特性分布を有する単結晶シリコン基板を用いることによって、中心線の延びる方向に電気的特性がばらつくのを抑制することができる。これにより、中心線の延びる方向に沿って電極を設けることにより、１つの太陽電池内において相対的に電気的特性の悪い部分が生じることを抑制することができるので、太陽電池の出力が低下するのを抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]本発明の一実施形態による太陽電池を用いた太陽電池モジュールの全体構造を示す斜視図である。

[図2]図１に示した太陽電池モジュールを示す上面図である。

[図3]図１に示した一実施形態による太陽電池を示す上面図である。

[図4]図３の１００－１００線に沿った断面図である。

[図5]単結晶シリコンインゴットを示す断面図である。

[図6]図５に示した単結晶シリコンインゴットを分割した後のブロックを示す斜視図である。

[図7]図６に示したブロックをインゴットの成長方向と平行にスライスすることにより、単結晶シリコン基板を形成する工程を説明するための斜視図である。

[図8]本発明の効果を検証する比較実験に用いた実施例および比較例の単結晶シリコン基板を示す平面図である。

[図9]本発明の効果を検証する比較実験に用いた実施例および比較例の太陽電池を示す平面図である。

[図10]実施例Ａ１および比較例Ｂ１の単結晶シリコン基板を用いた太陽電池の電圧－電流特性を示す図である。

[図11]実施例Ａ２および比較例Ｂ２の単結晶シリコン基板を用いた太陽電池の電圧－電流特性を示す図である。

[図12]実施例Ａ３および比較例Ｂ３の単結晶シリコン基板を用いた太陽電池

の電圧－電流特性を示す図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

[0013] まず、図１～図４を参照して、本発明の一実施形態による太陽電池２３を用いた太陽電池モジュール１の構造を説明する。

[0014] 図１および図２に示すように、太陽電池モジュール１は、板状の太陽電池パネル２と、太陽電池パネル２の裏面（受光面と反対側の面）側に固定された端子ボックス３（図１参照）とを備えている。太陽電池パネル２は、白板強化ガラス等の透明な部材からなる表面側カバーと、ポリエチレンテレフタレート（ＰＥＴ）等の樹脂フィルムを含む耐候性の裏面側カバーと、表面側カバーと裏面側カバーとの間に配置され、電気的に直列接続されている複数の太陽電池２３からなる太陽電池群２４と、表面側カバー（裏面側カバー）と太陽電池２３との間に設けられる充填材と、アルミニウム等の金属からなる枠体２６とから構成されている。また、端子ボックス３は、太陽電池パネル２の太陽電池２３（太陽電池群２４）において発電された電気を集電するために設けられている。端子ボックス３は、太陽電池パネル２の裏面側カバーの表面上に接着剤を介して接着されることにより固定されている。

[0015] 図３に示した１００－１００線に沿った断面構造としては、図４に示すように、太陽電池２３は、（１００）面の主表面を有するｎ型単結晶シリコン基板２３１と、ｎ型単結晶シリコン基板２３１の上面上に形成された実質的に真性なｉ型非晶質シリコン層２３２と、ｉ型非晶質シリコン層２３２の上面上に形成されたｐ型非晶質シリコン層２３３と、ｐ型非晶質シリコン層２３３の上面上に形成された透光性導電酸化物からなる透明導電膜２３４とを有している。本実施形態では、ｎ型単結晶シリコン基板２３１と、ｉ型非晶質シリコン層２３２と、ｐ型非晶質シリコン層２３３とにより、半導体接合が形成される。なお、ｎ型単結晶シリコン基板２３１は、本発明の「第１導電型の単結晶シリコン基板」の一例である。また、ｉ型非晶質シリコン層２３２は、本発明の「第１非晶質半導体層」の一例である。また、ｐ型非晶質

シリコン層２３３は、本発明の「第２導電型の第２非晶質半導体層」の一例である。

[0016] ここで、本実施形態では、図３に示すように、ｎ型単結晶シリコン基板２３１は、平面的に見て、中心線Ｃに対して線対称であり、かつ、中心線Ｃの延びる方向（Ｙ方向）と直交する方向（Ｘ方向）において中心線Ｃから等距離に位置する部分の電気的特性が中心線Ｃの延びる方向に沿って略一様である電気的特性分布を有している。電気的特性とは、たとえば、ライフタイムおよび抵抗率などであり、単結晶シリコンインゴットの製造時に生じる結晶欠陥や不純物の存在により変化する特性である。たとえば、図３に示すように、ハッチング（斜線）を付した領域（以下、電気的特性高位領域Ｐと呼ぶ）の電気的特性が、電気的特性高位領域ＰのＸ方向の外側のハッチングを付していない領域（以下、電気的特性低位領域Ｑと呼ぶ）よりも相対的に良くなっている。電気的特性高位領域Ｐおよび電気的特性低位領域Ｑは、上記のように中心線Ｃに対して線対称で、かつ、中心線Ｃの延びる方向に沿って延びるように分布している。電気的特性高位領域Ｐおよび電気的特性低位領域Ｑは、ｎ型単結晶シリコン基板２３１において、中心線Ｃの延びる方向の一方端から他方端まで延びている。電気的特性低位領域Ｑは、中心線Ｃに対して電気的特性高位領域Ｐよりも外側に配置されている。なお、図３においては説明のため便宜的に、相対的に電気的特性が良い電気的特性高位領域Ｐと相対的に電気的特性が悪い電気的特性低位領域Ｑとの２つの領域に電気的特性を区分けしているが、電気的特性高位領域Ｐ内および電気的特性低位領域Ｑ内における電気的特性がそれぞれ一様であることを意味するものではない。実際には、電気的特性高位領域Ｐ内および電気的特性低位領域Ｑ内においても、中心線Ｃの延びる方向と直交する方向（Ｘ方向）に沿って電気的特性は変化しているとともに、中心線Ｃの延びる方向（Ｙ方向）と直交する方向（Ｘ方向）において中心線Ｃから等距離に位置する部分の電気的特性が中心線Ｃの延びる方向に沿って略一様である電気的特性分布を有している。

[0017] また、図２、図３および図４に示すように、透明導電膜２３４の上面上の

所定領域には、電極２３５が形成されている。この電極２３５は、所定の間隔を隔てて互いに平行にＸ方向に延びるように形成された複数のフィンガー電極部２３５ａと、フィンガー電極部２３５ａに流れる電流を集合させるＹ方向に延びるバスバー電極部２３５ｂとによって構成されている。また、図４に示すように、ｎ型単結晶シリコン基板２３１の裏面上には、裏面電極２３６が形成されている。この裏面電極２３６は、電極２３５と同様に、所定の間隔を隔てて互いに平行にＸ方向に延びるように形成された複数のフィンガー電極部２３６ａと、フィンガー電極部２３６ａに流れる電流を集合させるＹ方向に延びるバスバー電極部（図示せず）とによって構成されている。ここで、電極２３５のバスバー電極部２３５ｂおよび裏面電極２３６のバスバー電極部（図示せず）は、中心線Ｃが延びる方向に沿って延びるように形成されており、電極２３５のフィンガー電極部２３５ａおよび裏面電極２３６のフィンガー電極部２３６ａは、中心線Ｃが延びる方向と略直交する方向に沿って延びるように形成されている。これにより、中心線Ｃに沿って延びる電極２３５のバスバー電極部２３５ｂおよび裏面電極２３６のバスバー電極部（図示せず）からＸ方向に等距離に位置する部分の電気的特性が電極２３５のバスバー電極部２３５ｂおよび裏面電極２３６のバスバー電極部の延びる方向（Ｙ方向）に沿って略一様になる。

[0018] 本実施形態の太陽電池２３では、１つのフィンガー電極部（フィンガー電極部２３５ａまたは２３６ａ）が集電する領域の出力特性と、他の複数のフィンガー電極部が集電するそれぞれの領域の出力特性とが略等しくなっている。すなわち、本実施形態の１つの太陽電池２３の構成は、等しい出力特性を有する発電素子が、バスバー電極部（電極２３５のバスバー電極部２３５ｂおよび裏面電極２３６のバスバー電極部２３６ｂ）にＹ方向に連なるように並列に接続された構成と等価な構成になっている。

[0019] また、互いに隣接する太陽電池２３のうちの一方の太陽電池２３の電極２３５と、他方の太陽電池２３の裏面電極２３６とが、半田めっきされた銅線などからなるタブ電極２４ａによって電気的に接続されている。タブ電極２

４ａは、電極２３５のバスバー電極部２３５ｂおよび裏面電極２３６のバスバー電極部（図示せず）上に接続されている。タブ電極２４ａによって複数（本実施形態では、４つ）の太陽電池２３がＹ方向に直列に接続されることにより太陽電池群２４が構成されている。

[0020] 図２に示すように、太陽電池群２４は、複数（本実施形態では、６つ）設けられている。複数の太陽電池群２４は、Ｘ方向に互いに並列に配置されている。そして、図２における矢印Ｘ１方向の端部の列を１列目とした場合、２列目および３列目の太陽電池群２４の矢印Ｙ１方向側の端部に配置された太陽電池２３は、タブ電極２４ａと、Ｌ字状の接続部材２４ｂとによって、電気的に接続されている。４列目および５列目の太陽電池群２４の矢印Ｙ１方向側の端部に配置された太陽電池２３は、タブ電極２４ａと、Ｌ字状の接続部材２４ｃとによって電気的に接続されている。１列目および２列目の太陽電池群２４の矢印Ｙ２方向側の端部に配置された太陽電池２３、３列目および４列目の太陽電池群２４の矢印Ｙ２方向側の端部に配置された太陽電池２３、および、５列目および６列目の太陽電池群２４の矢印Ｙ２方向側の端部に配置された太陽電池２３は、それぞれ、タブ電極２４ａと、接続部材２４ｄとによって電気的に接続されている。このように、複数の太陽電池群２４は、接続部材２４ｂ、２４ｃおよび２４ｄを介して電気的に直列に接続されている。この電気的に直列に接続された太陽電池群２４のうち、終端に位置する太陽電池２３（１列目および６列目の太陽電池群２４の矢印Ｙ１方向の端部に位置する太陽電池２３）には、それぞれ、Ｌ字状の接続部材２４ｅおよび２４ｆが接続されている。また、接続部材２４ｂ、２４ｃ、２４ｄ、２４ｅおよび２４ｆと、太陽電池群２４のＹ方向の端部に位置する太陽電池２３の電極２３５のバスバー電極部２３５ｂまたは裏面電極２３６のバスバー電極部（図示せず）とは、それぞれ、タブ電極２４ａによって電気的に接続されている。

[0021] また、Ｌ字状の接続部材２４ｂ、接続部材２４ｃ、接続部材２４ｅおよび接続部材２４ｆは、それぞれ、裏面側カバーの切欠きを介して太陽電池パネ

ル２の外側に導出されている。これらの接続部材２４ｂ、２４ｃ、２４ｅおよび２４ｆのそれぞれの先端部は、端子ボックス３内の端子台（図示せず）と電気的に接続されている。

[0022] 次に、本実施形態による太陽電池２３の製造プロセスについて説明する。まず、図５に示すように、ｎ型の不純物がドープされた単結晶シリコンインゴット５０を所定の方法（たとえば、チョクラルスキー法（Ｃｚ法）など）によって製造する。この際、単結晶シリコンインゴット５０の成長方向（矢印Ｇ方向）と直交する平面が（１００）面となるように単結晶シリコンを成長させて単結晶シリコンインゴット５０を製造する。通常、回転軸Ｒを中心に回転させながら単結晶シリコンを成長させていくので、製造された単結晶シリコンインゴット５０の電気的特性は、回転軸Ｒを中心に同心円状に分布する。

[0023] 次に、図６に示すように、単結晶シリコンインゴット５０を成長方向（矢印Ｇ方向）と直交する平面でスライスすることにより、複数のブロック５１に分割する。そして、本実施形態による製造プロセスでは、円柱状のブロック５１を直方体形状に成形した後、図７に示すように、矢印Ｇ方向と平行な平面でスライスすることにより、所定の厚みを有するｎ型単結晶シリコン基板２３１が得られる。このようにして得られたｎ型単結晶シリコン基板２３１は、矢印Ｇ方向に延びる中心線Ｃに対して線対称であり、かつ、中心線Ｃの延びる方向と直交する方向において中心線Ｃから等距離に位置する部分の電気的特性が中心線Ｃの延びる方向に沿って略一様である電気的特性分布を有している。また、成長方向（矢印Ｇ方向）（＜１００＞方向）と直交する平面が（１００）面である単結晶シリコンインゴット５０を、成長方向と平行な平面でスライスする場合も、得られるｎ型単結晶シリコン基板２３１の主表面は（１００）面となる。

[0024] 次に、ｎ型単結晶シリコン基板２３１を洗浄することにより不純物を除去し、エッチングなどによりテクスチャ構造（凹凸形状）を形成する。そして、ＣＶＤ法を用いて、ｎ型単結晶シリコン基板２３１上に、ｉ型非晶質シリ

コン層２３２およびｐ型非晶質シリコン層２３３を順次堆積する。これにより、半導体接合を形成する。なお、ｐ型非晶質シリコン層２３３を形成する際のｐ型ドーパントとしては、３族元素であるＢ、ＡＩ、Ｇａ、Ｉｎが挙げられる。ｐ型非晶質シリコン層２３３の形成時に、SiH_4（シラン）ガスなどの原料ガスに、上記したｐ型ドーパントの少なくとも１つを含む化合物ガスを混合することによって、ｐ型非晶質シリコン層２３３を形成することが可能である。

[0025] 次に、ｐ型非晶質シリコン層２３３上に、ＰＶＤ法などを用いて、酸化インジウム膜からなる透明導電膜２３４を形成する。次に、スクリーン印刷法を用いて、透明導電膜２３４の上面上の所定領域に、エポキシ樹脂に銀（Ａｇ）微粉末を練り込んだＡｇペーストを塗布する。この際、図３に示すように、中心線Ｃの延びる方向に沿うようにバスバー電極部２３５ｂが延び、中心線Ｃの延びる方向と直交する方向にフィンガー電極部２３５ａが延びるように、Ａｇペーストを塗布する。この後、約２００℃で約８０分間焼成することによって硬化する。これにより、所定の間隔を隔てて互いに平行にＸ方向に延びるように形成された複数のフィンガー電極部２３５ａと、フィンガー電極部２３５ａに流れる電流を集合させるＹ方向に延びるバスバー電極部２３５ｂとからなる電極２３５が形成される。

[0026] その後、スクリーン印刷法を用いて、ｎ型単結晶シリコン基板２３１の下面上に、エポキシ樹脂に銀（Ａｇ）微粉末を練り込んだＡｇペーストを塗布する。この際、電極２３５の形成時と同様に、中心線Ｃの延びる方向に沿うようにバスバー電極部（図示せず）が延び、中心線Ｃの延びる方向と直交する方向にフィンガー電極部２３６ａが延びるように、Ａｇペーストを塗布する。そして、約２００℃で約８０分間焼成することによって硬化することにより、所定の間隔を隔てて互いに平行にＸ方向に延びるように形成された複数のフィンガー電極部２３６ａと、フィンガー電極部２３６ａに流れる電流を集合させるＹ方向に延びるバスバー電極部（図示せず）とからなる裏面電極２３６が形成される。以上のようにして、本実施形態による太陽電池２３

が形成される。

[0027] 次に、図１、図２を参照して、本実施形態による太陽電池２３を用いた太陽電池モジュール１の製造プロセスについて説明する。まず、上記のようにして形成した複数の太陽電池２３の電極２３５のバスバー電極部２３５ｂに銅箔からなるタブ電極２４ａの一方端側を接続する。そして、タブ電極２４ａの他方端側を、隣接する太陽電池２３の裏面電極２３６のバスバー電極部（図示せず）に接続する。このようにして、図１、図２に示すように、複数の太陽電池２３を直列に接続する。この際、直列に接続する複数の太陽電池２３は、互いに電気的特性の差異の少ないｎ型単結晶シリコン基板２３１を用いた太陽電池２３同士（互いに出力の差異の少ない太陽電池２３同士）を選択的に組み合わせることが望ましい。すなわち、互いに電気的特性が略等しいｎ型単結晶シリコン基板２３１を用いた太陽電池２３同士（互いに出力の略等しい太陽電池２３同士）を選択的に組み合わせることが望ましい。

[0028] 次に、ガラスからなる表面側カバーと裏面側カバーとの間に、表面側カバー側から順に、後に充填材となるＥＶＡシート、タブ電極２４ａにより接続した複数の太陽電池２３および後に充填材となるＥＶＡシートを配置する。この後、加熱しながら真空ラミネート処理を行うことによって、図１に示した太陽電池モジュール１が形成される。

[0029] 本実施形態では、上記のように、平面的に見て、中心線Ｃに対して線対称であり、かつ、中心線Ｃから等距離に位置する部分の電気的特性が中心線Ｃの延びる方向に沿って略一様である電気的特性分布を有するｎ型単結晶シリコン基板２３１を用いることによって、中心線Ｃの延びる方向に電気的特性がばらつくのを抑制することができる。これにより、中心線Ｃの延びる方向に沿って電極２３５および裏面電極２３６を設けることにより、１つの太陽電池２３内において相対的に電気的特性の悪い部分が生じることを抑制することができるので、太陽電池２３の出力が低下するのを抑制することができる。

[0030] また、本実施形態では、上記のように、平面的に見て、電気的特性が略一

様である中心線Ｃが延びる方向に沿って延びるように電極２３５のバスバー電極部２３５ｂおよび裏面電極２３６のバスバー電極部（図示せず）を設け、中心線Ｃが延びる方向と交差する方向に延びるようにフィンガー電極部２３５ａおよび２３６ａを設ける。これにより、中心線Ｃに沿って延びる電極２３５のバスバー電極部２３５ｂおよび裏面電極２３６のバスバー電極部（図示せず）からＸ方向に等距離に位置する部分の電気的特性が電極２３５のバスバー電極部２３５ｂおよび裏面電極２３６のバスバー電極部の延びる方向（Ｙ方向）に沿って略一様になるので、電気的特性が一様である方向に沿って電極２３５のバスバー電極部２３５ｂおよび裏面電極２３６のバスバー電極部（図示せず）により集電することができる。これにより、１つの太陽電池２３内において相対的に電気的特性の悪い部位が生じることに起因して太陽電池２３の出力が低下するのを抑制することができる。

[0031] また、本実施形態では、上記のように、フィンガー電極部２３５ａおよび２３６ａを複数設け、複数のフィンガー電極部２３５ａおよび２３６ａが集電するそれぞれの領域の出力特性を略等しくする。これにより、１つの太陽電池２３内において相対的に出力特性の悪い領域が生じることに起因して太陽電池２３の出力が低下するのを抑制することができる。

[0032] また、本実施形態では、上記のように、ｎ型単結晶シリコン基板２３１の主表面を（１００）面とすることによって、太陽電池２３の出力が低下するのを抑制しながら、従来から用いてきた（１００）面を主表面とするｎ型単結晶シリコン基板２３１を用いて太陽電池２３を製造することができる。

[0033] また、本実施形態では、上記のように、中心線Ｃが延びる方向の一方端から他方端まで電気的特性が略一様であるｎ型単結晶シリコン基板２３１を用いることによって、太陽電池２３の出力が低下するのをより抑制することができる。

[0034] また、本実施形態では、上記のように、電気的特性高位領域Ｐおよび電気的特性低位領域Ｑは、中心線Ｃに対して略線対称であり、電気的特性低位領域Ｑは、中心線Ｃに対して電気的特性高位領域Ｐよりも外側に配置されてい

る。このように電気的特性高位領域Ｐおよび電気的特性低位領域Ｑが配置されていることにより、中心線Ｃの延びる方向（Ｙ方向）に沿って集電する場合に、１つの太陽電池２３内において相対的に電気的特性の悪い部位が生じることに起因して太陽電池２３の出力が低下するのを容易に抑制することができる。

[0035] また、本実施形態では、上記のように、複数の太陽電池２３のうちの隣接する太陽電池２３のｎ型単結晶シリコン基板２３１の電気的特性を互いに略等しくする。これにより、複数の太陽電池２３が電気的に直列に接続されることにより構成される太陽電池モジュール１全体の出力が低下するのを容易に抑制することができる。

[0036] また、本実施形態では、上記のように、単結晶シリコンインゴット５０の成長方向（矢印Ｇ方向）と平行な平面でスライスすることにより、中心線Ｃに対して線対称であり、かつ、中心線Ｃから等距離に位置する部分の電気的特性が中心線Ｃの延びる方向に沿って略一様である電気的特性分布を有するｎ型単結晶シリコン基板２３１を容易に形成することができる。

[0037] 次に、図８～図１２を参照して、本発明の効果を検証した比較実験について説明する。

[0038] この比較実験では、上記実施形態の製造方法によって得た実施例による単結晶シリコン基板を用いて製造した太陽電池と、従来の製造方法によって得た比較例による単結晶シリコン基板を用いて製造した太陽電池との出力を比較した。具体的には、図５に示したような単結晶シリコンインゴット５０を回転軸Ｒと平行な平面でスライスすることにより、図８に示すように、電気的特性の領域が異なるＡ１、Ａ２およびＡ３の単結晶シリコン基板を形成した。また、単結晶シリコンインゴット５０を回転軸Ｒと垂直な平面でスライスすることにより、図８に示すように、電気的特性の領域が異なるＢ１、Ｂ２およびＢ３の単結晶シリコン基板を形成した。そして、図９に示すように、これらの単結晶シリコン基板Ａ１およびＢ１を用いて、上記実施形態と同様のプロセスにより太陽電池Ａ１およびＢ１を作製した。また、同様に、単

結晶シリコン基板Ａ２、Ａ３、Ｂ２およびＢ３を用いて太陽電池Ａ２、Ａ３、Ｂ２およびＢ３を作製した。

[0039] そして、太陽電池Ａ１～Ａ３と太陽電池Ｂ１～Ｂ３との電圧－電流特性を比較した。太陽電池Ａ１と太陽電池Ｂ１との実験結果、太陽電池Ａ２と太陽電池Ｂ２との実験結果および太陽電池Ａ３と太陽電池Ｂ３との実験結果を、それぞれ、図１０、図１１および図１２に示す。

[0040] 図１０に示すように、実施例による太陽電池Ａ１と比較例による太陽電池Ｂ１とでは、短絡電流Ｉｓｃおよび開放電圧Ｖｏｃは同じである一方、太陽電池Ａ１の最大電力（Ｖｍａｘ（Ａ１）×Ｉｍａｘ（Ａ１））は、太陽電池Ｂ１の最大電力（Ｖｍａｘ（Ｂ１）×Ｉｍａｘ（Ｂ１））よりも大きくなっていることがわかる。すなわち、実施例による太陽電池Ａ１は、比較例による太陽電池Ｂ１に比べてフィルファクターＦ．Ｆ．が向上していることがわかる。

[0041] また、図１１に示すように、実施例による太陽電池Ａ２と比較例による太陽電池Ｂ２との間においても、短絡電流Ｉｓｃおよび開放電圧Ｖｏｃは同じである一方、太陽電池Ａ２の最大電力（Ｖｍａｘ（Ａ２）×Ｉｍａｘ（Ａ２））は、太陽電池Ｂ２の最大電力（Ｖｍａｘ（Ｂ２）×Ｉｍａｘ（Ｂ２））よりも大きくなっていることがわかる。すなわち、実施例による太陽電池Ａ２は、比較例による太陽電池Ｂ２に比べてフィルファクターＦ．Ｆ．が向上していることがわかる。

[0042] また、図１２に示すように、実施例による太陽電池Ａ３と比較例による太陽電池Ｂ３との間においても、短絡電流Ｉｓｃおよび開放電圧Ｖｏｃは同じである一方、太陽電池Ａ３の最大電力（Ｖｍａｘ（Ａ３）×Ｉｍａｘ（Ａ３））は、太陽電池Ｂ３の最大電力（Ｖｍａｘ（Ｂ３）×Ｉｍａｘ（Ｂ３））よりも大きくなっていることがわかる。すなわち、実施例による太陽電池Ａ３は、比較例による太陽電池Ｂ３に比べてフィルファクターＦ．Ｆ．が向上していることがわかる。

[0043] これらの結果は、以下の理由によるものと考えられる。すなわち、実施例

による太陽電池Ａ１～Ａ３では、中心線Ｃに対して等距離に位置する部分の電気的特性が中心線Ｃの延びる方向に沿って略一様である単結晶シリコン基板を用いており、バスバー電極部の延びる方向に沿って電気的特性が一様になっている。これにより、バスバー電極部に沿って特性のばらつきがないので、特性の良い部分の出力が特性の悪い部分の出力に引っ張られることがない。このため、出力の損失（低下）が抑制されている。その一方、比較例による太陽電池Ｂ１～Ｂ３では、同心円状に電気的特性が分布する単結晶シリコン基板を用いているため、バスバー電極部の延びる方向に沿って電気的特性がばらついている。このため、特性の良い部分の出力が特性の悪い部分の出力に引っ張られることに起因して、太陽電池の出力が低下している。このため、実施例による太陽電池Ａ１～Ａ３は、比較例による太陽電池Ｂ１～Ｂ３に比べて出力（フィルファクター）が向上したものと考えられる。

[0044] なお、今回開示された実施形態は、すべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した実施形態の説明ではなく特許請求の範囲によって示され、さらに特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれる。

[0045] たとえば、上記実施形態では、主表面が（１００）面である単結晶シリコン基板を用いた例について説明したが、本発明はこれに限らず、他の面を主表面とする単結晶シリコン基板を用いてもよい。

[0046] また、上記実施形態では、半導体材料として、シリコン（Ｓｉ）を用いたが、本発明はこれに限らず、ＳｉＧｅ、ＳｉＧｅＣ、ＳｉＣ、ＳｉＮ、ＳｉＧｅＮ、ＳｉＳｎ、ＳｉＳｎＮ、ＳｉＳｎＯ、ＳｉＯ、Ｇｅ、ＧｅＣ、ＧｅＮのうちのいずれかの半導体を用いてもよい。この場合、これらの半導体は、結晶質、または、水素およびフッ素の少なくとも一方を含む非晶質または微結晶であってもよい。

[0047] また、上記実施形態では、フィンガー電極部２３５ａおよび２３６ａの延びる方向（Ｘ方向）がバスバー電極部２３５ｂの延びる方向（Ｙ方向）と略直交する方向である例について説明したが、本発明はこれに限られない。す

なわち、フィンガー電極部２３５ａおよび２３６ａの延びる方向は、バスバー電極部２３５ｂの延びる方向（Ｙ方向）に対して斜めに交差する方向であってもよい。

[0048] また、本発明の半導体接合は、単結晶シリコン基板にドーパントを熱拡散して形成することもできる。また、本発明は、裏面接合型太陽電池にも適用することができる。

請求の範囲

[請求項1] 平面的に見て、中心線に対して線対称であり、かつ、前記中心線から等距離に位置する部分の電気的特性が前記中心線の延びる方向に沿って略一様である電気的特性分布を有する単結晶シリコン基板と、

前記単結晶シリコン基板を用いて形成された半導体接合と、

電極とを備える、太陽電池。

[請求項2] 前記電極は、平面的に見て、前記電気的特性が略一様である前記中心線が延びる方向に沿って延びるバスバー電極部と、前記中心線が延びる方向と交差する方向に延びるフィンガー電極部とを含む、請求項１に記載の太陽電池。

[請求項3] 前記フィンガー電極部は、複数設けられており、

複数の前記フィンガー電極部が集電するそれぞれの領域の出力特性が略等しい、請求項２に記載の太陽電池。

[請求項4] 前記単結晶シリコン基板の主表面は、（１００）面である、請求項１に記載の太陽電池。

[請求項5] 前記電気的特性は、前記単結晶シリコン基板の前記中心線が延びる方向の一方端から他方端まで略一様である、請求項１に記載の太陽電池。

[請求項6] 前記電気的特性は、ライフタイムおよび抵抗率を含む、請求項１に記載の太陽電池。

[請求項7] 前記単結晶シリコン基板は、前記電気的特性が相対的に良い電気的特性高位領域と、前記電気的特性が相対的に悪い電気的特性低位領域とを含み、

前記電気的特性高位領域および前記電気的特性低位領域は、共に、前記中心線に対して略線対称になるように構成されており、

前記電気的特性低位領域は、前記中心線に対して前記電気的特性高位領域よりも外側に配置されている、請求項１に記載の太陽電池。

[請求項8] 前記単結晶シリコン基板は、第１導電型の単結晶シリコン基板を含

み、

前記半導体結合は、

前記第１導電型の単結晶シリコン基板と、

前記第１導電型の単結晶シリコン基板上に形成された実質的に真性な第１非晶質半導体層と、

前記第１非晶質半導体層上に形成された第２導電型の第２非晶質半導体層とを含む、請求項１に記載の太陽電池。

[請求項9] 電気的に直列に接続された複数の太陽電池を備え、

前記複数の太陽電池の各々は、

平面的に見て、中心線に対して線対称であり、かつ、前記中心線から等距離に位置する部分の電気的特性が前記中心線の延びる方向に沿って略一様である電気的特性分布を有する単結晶シリコン基板と、

前記単結晶シリコン基板を用いて形成された半導体接合と、

電極とを含む、太陽電池モジュール。

[請求項10] 前記複数の太陽電池のうちの隣接する前記太陽電池の前記単結晶シリコン基板の前記電気的特性は、互いに略等しい、請求項９に記載の太陽電池モジュール。

[請求項11] 前記複数の太陽電池の各々の前記電極は、平面的に見て、前記電気的特性が略一様である前記中心線が延びる方向に沿って延びるバスバー電極部と、前記中心線が延びる方向と交差する方向に延びるフィンガー電極部とを含む、請求項９に記載の太陽電池モジュール。

[請求項12] 前記複数の太陽電池の各々の前記フィンガー電極部は、複数設けられており、

複数の前記フィンガー電極部が集電するそれぞれの領域の出力特性が略等しい、請求項１１に記載の太陽電池モジュール。

[請求項13] 前記複数の太陽電池の各々の前記単結晶シリコン基板の主表面は、（１００）面である、請求項９に記載の太陽電池モジュール。

[請求項14] 前記複数の太陽電池の各々の単結晶シリコン基板の前記電気的特性

は、前記単結晶シリコン基板の前記中心線が延びる方向の一方端から他方端まで略一様である、請求項９に記載の太陽電池モジュール。

[請求項15] 前記複数の太陽電池の各々の単結晶シリコン基板の前記電気的特性は、ライフタイムおよび抵抗率を含む、請求項９に記載の太陽電池モジュール。

[請求項16] 前記複数の太陽電池の各々の前記単結晶シリコン基板は、前記電気的特性が相対的に良い電気的特性高位領域と、前記電気的特性が相対的に悪い電気的特性低位領域とを含み、

前記電気的特性高位領域および前記電気的特性低位領域は、共に、前記中心線に対して略線対称になるように構成されており、

前記電気的特性低位領域は、前記中心線に対して前記電気的特性高位領域よりも外側に配置されている、請求項９に記載の太陽電池モジュール。

[請求項17] 前記複数の太陽電池の各々の前記単結晶シリコン基板は、第１導電型の単結晶シリコン基板を含み、

前記複数の太陽電池の各々の前記半導体結合は、

前記第１導電型の単結晶シリコン基板と、

前記第１導電型の単結晶シリコン基板上に形成された実質的に真性な第１非晶質半導体層と、

前記第１非晶質半導体層上に形成された第２導電型の第２非晶質半導体層とを含む、請求項９に記載の太陽電池モジュール。

[請求項18] 同心円状の電気的特性分布を有する単結晶シリコンインゴットを結晶成長により形成する工程と、

前記単結晶シリコンインゴットの成長方向と平行な平面でスライスすることにより、中心線に対して線対称であり、かつ、前記中心線から等距離に位置する部分の電気的特性が前記中心線の延びる方向に沿って略一様である電気的特性分布を有する単結晶シリコン基板を形成する工程と、

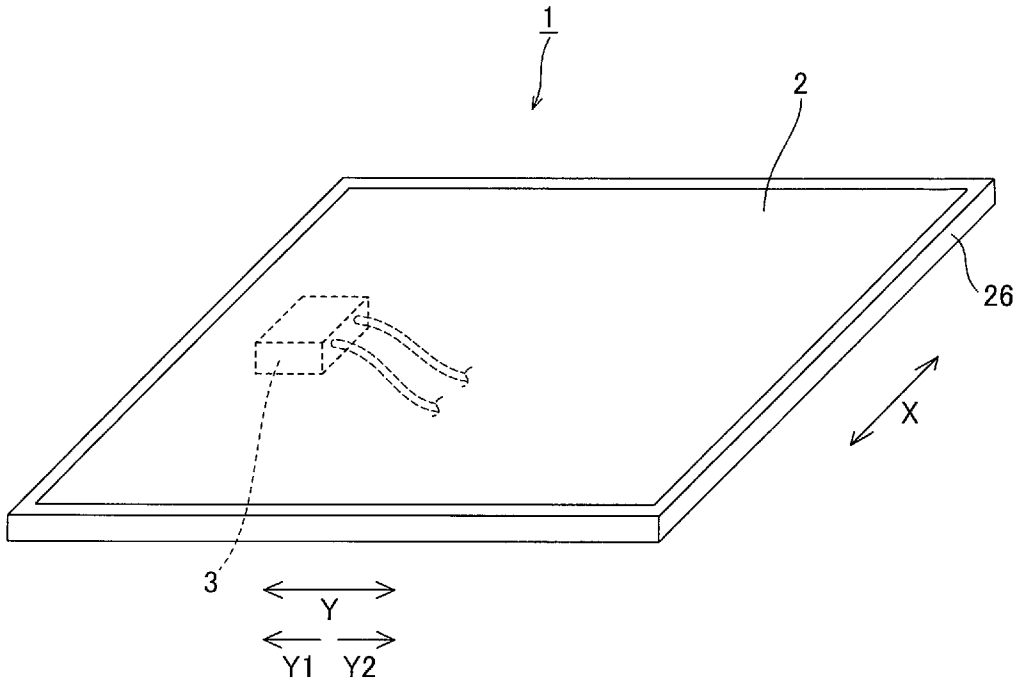
前記単結晶シリコン基板を用いて半導体接合を形成する工程と、

電極を形成する工程とを備えた、太陽電池の製造方法。

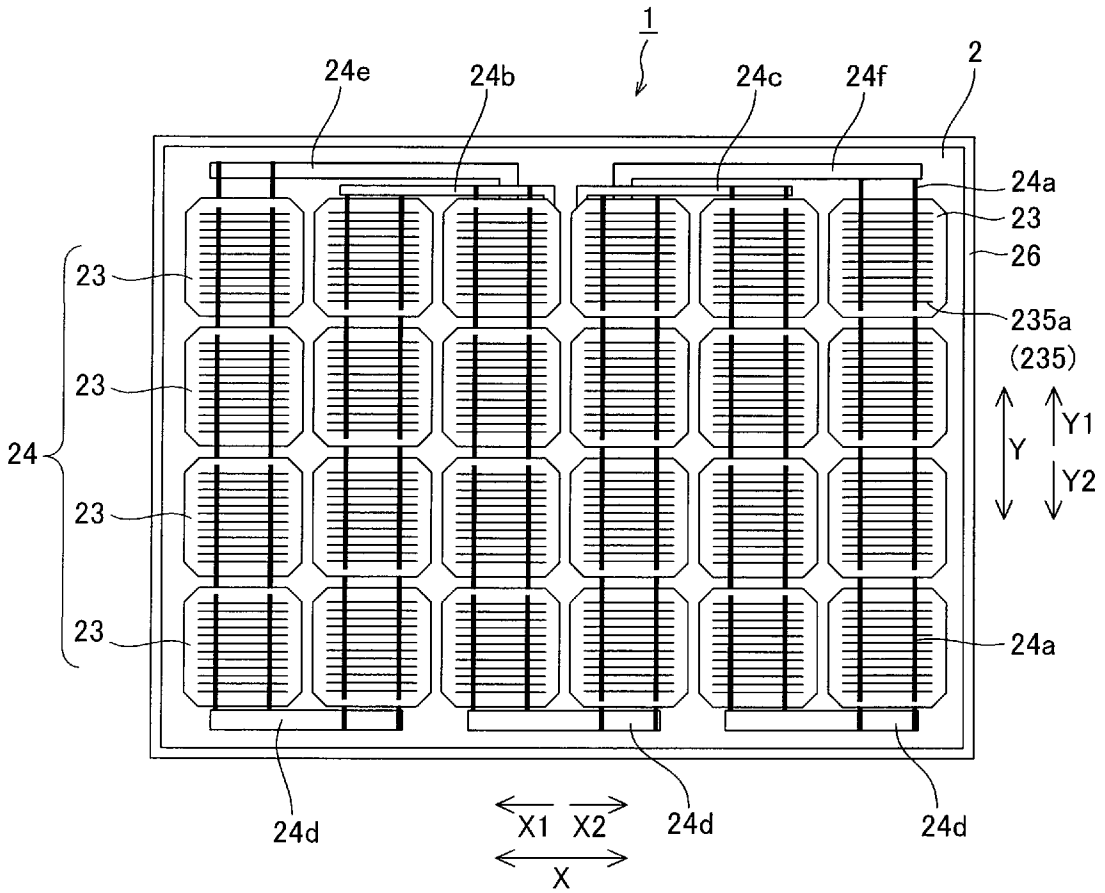
[請求項19] 前記電極を形成する工程は、平面的に見て、前記電気的特性が略一様である前記中心線が延びる方向に沿って延びるバスバー電極部と、前記中心線が延びる方向と交差する方向に延びるフィンガー電極部とを形成する工程を含む、請求項１８に記載の太陽電池の製造方法。

[請求項20] 前記単結晶シリコン基板を形成する工程は、前記単結晶シリコン基板の主表面が（１００）面になるように前記単結晶シリコン基板を形成する工程を含む、請求項１８に記載の太陽電池の製造方法。

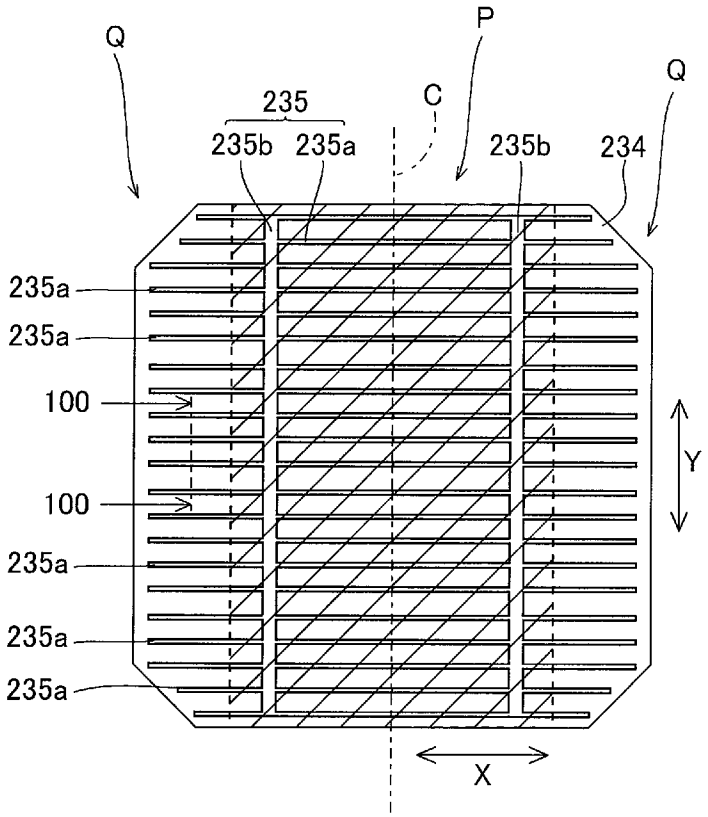
[図1]


1
2
26
X
3
Y
Y1
Y2

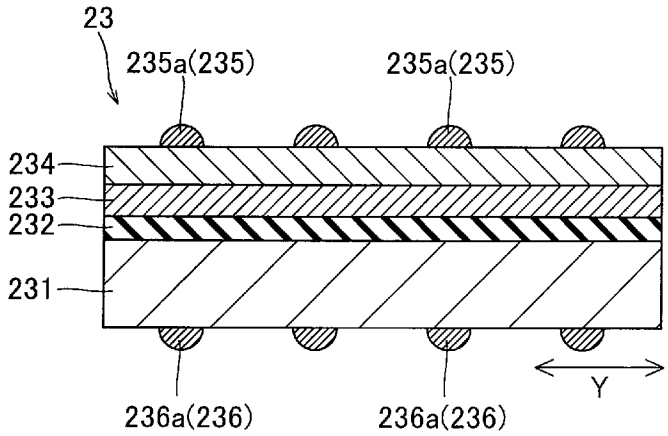
[図2]


1
24e
24b
24c
24f
2
24a
23
26
235a
(235)
23
23
24
23
23
Y
Y1
Y2
24a
24d
X1
X2
24d
24d
X

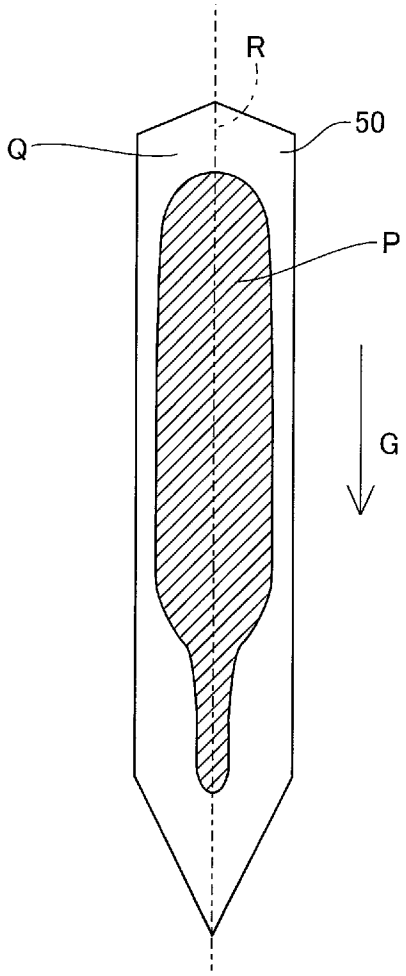
[図3]


Q
P
Q
235
C
235b
235a
235b
234
235a
235a
100
100
235a
235a
235a
Y
X

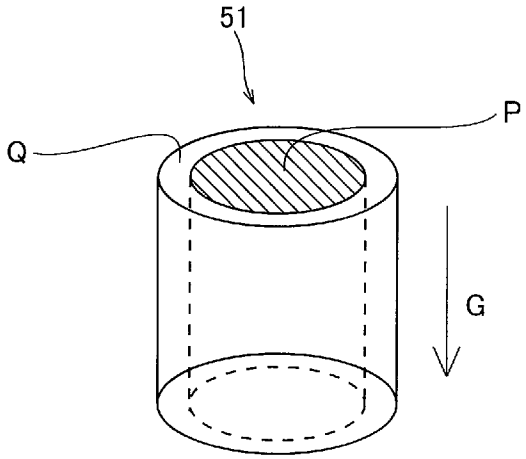
[図4]


23
235a(235)
235a(235)
234
233
232
231
Y
236a(236)
236a(236)

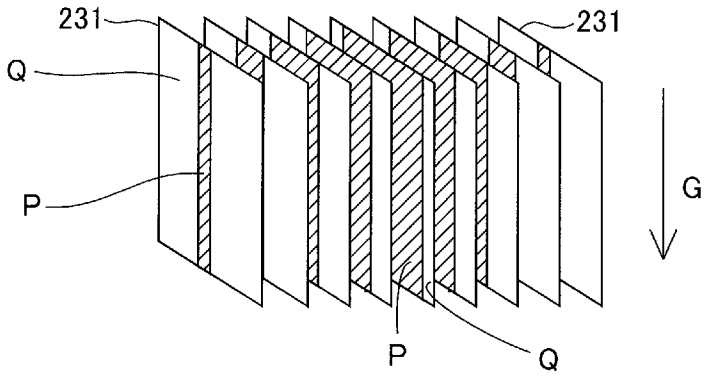
[図5]



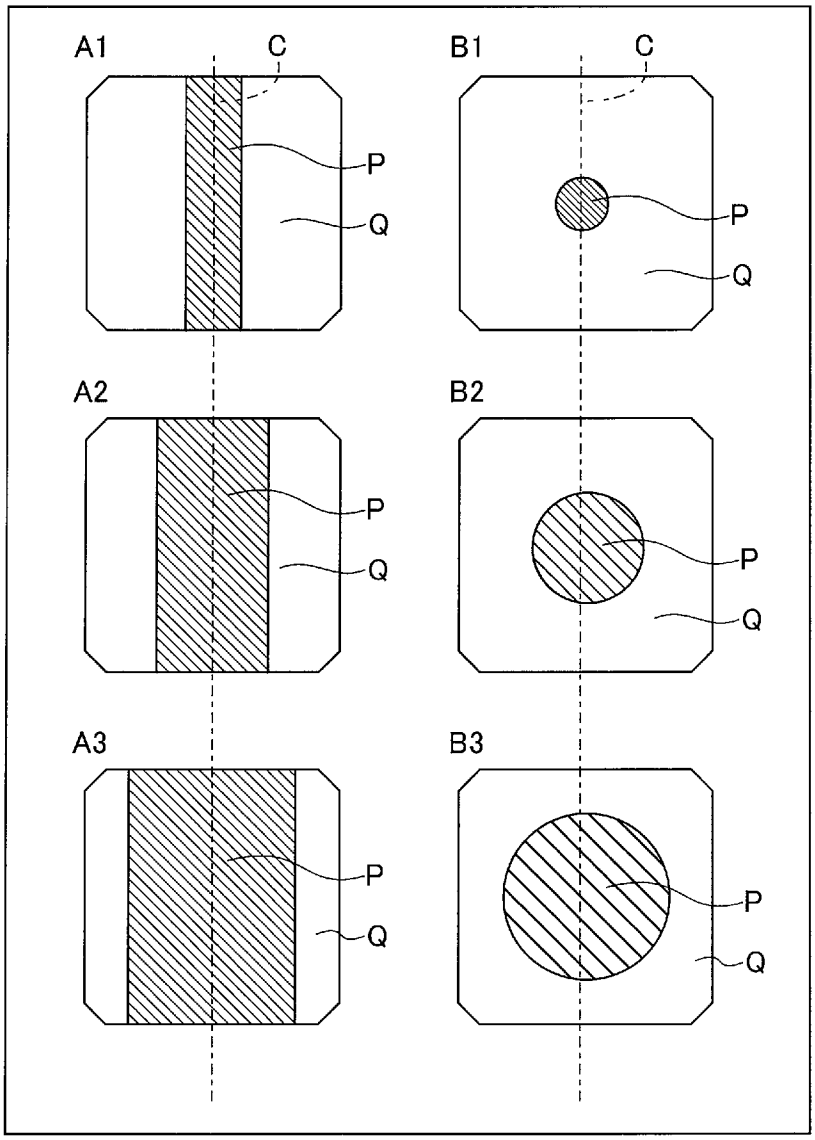
[図6]



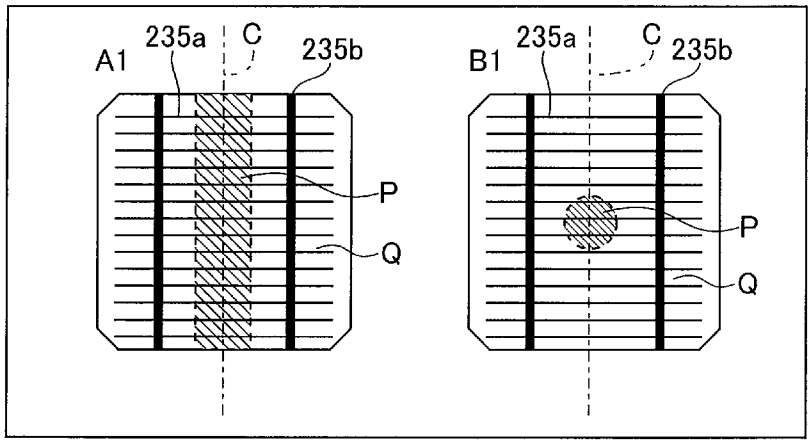
[図7]



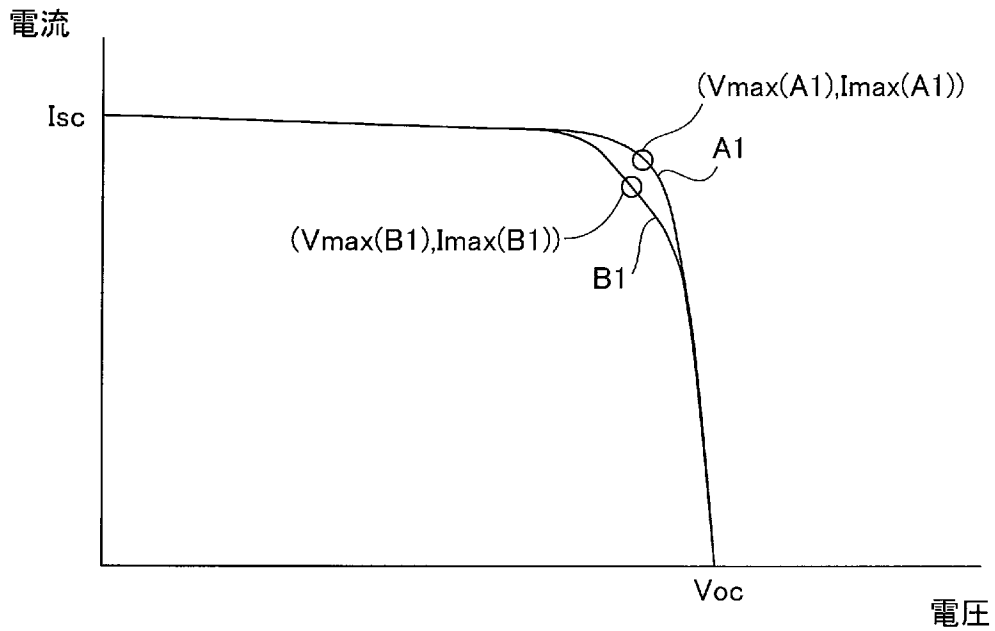
[図8]



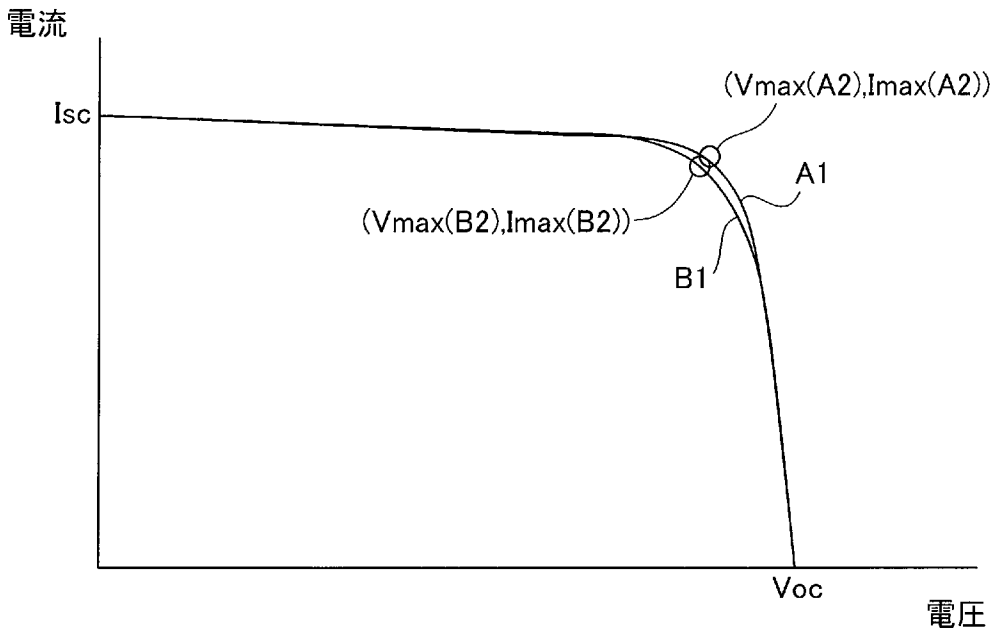
[図9]


A1
235a
C
235b
P
Q
B1
235a
C
235b
P
Q

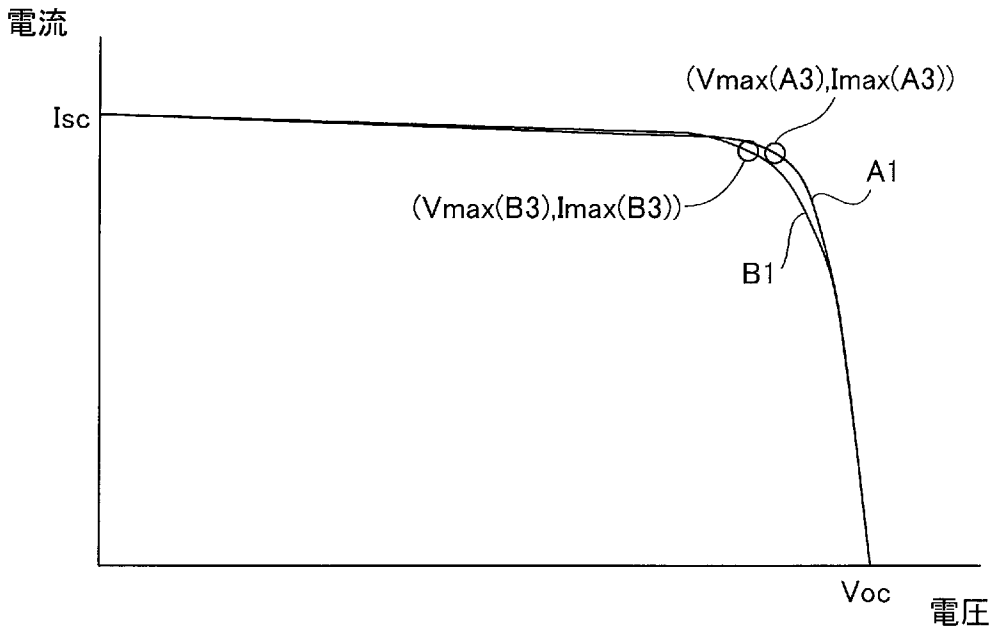
[図10]


電流
Isc
(Vmax(A1),Imax(A1))
A1
(Vmax(B1),Imax(B1))
B1
Voc
電圧

[図11]


電流
Isc
(Vmax(A2),Imax(A2))
A1
(Vmax(B2),Imax(B2))
B1
Voc
電圧

[図12]


電流
Isc
(Vmax(A3),Imax(A3))
A1
(Vmax(B3),Imax(B3))
B1
Voc
電圧

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2011/064549

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, C30B29/06, B28D5/00, H01L21/304

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	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

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 A	JP 2001-509095 A (Commissariat a l'Energie Atomique), 10 July 2001 (10.07.2001), page 5, line 2; page 7, line 4; page 9, lines 3 to 20; fig. 1 to 2 & US 6059877 A & EP 0923438 A1 & WO 1998/008664 A1 & DE 69727303 D & DE 69727303 T & FR 2752768 A & KR 10-2000-0035823 A	1,4-10, 13-18,20 2-3,11-12,19
X A	JP 2002-134782 A (Canon Inc.), 10 May 2002 (10.05.2002), paragraphs [0006], [0010]; fig. 11 (Family: none)	1,4-10, 13-18,20 2-3,11-12,19

☒ 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	Date of mailing of the international search report
15 July, 2011 (15.07.11)	26 July, 2011 (26.07.11)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2011/064549

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2000-211993 A (Mitsubishi Electric Corp.), 02 August 2000 (02.08.2000), entire text; all drawings & US 2001/0010112 A1 & US 6231673 B1	1-20
A	JP 2002-198328 A (NEC Corp.), 12 July 2002 (12.07.2002), entire text; all drawings (Family: none)	1-20
A	WO 2009/128721 A1 (RENEWABLE ENERGY CORP. ASA), 22 October 2009 (22.10.2009), entire text; all drawings & GB 2459274 A & GB 806850 D0 & WO 2009/128721 A3 & JP 2011-517136 A	1-20
A	JP 10-081998 A (Sony Corp.), 31 March 1998 (31.03.1998), paragraph [0136]; fig. 27 (Family: none)	1-20

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１１／０６４５４９

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, C30B29/06, B28D5/00, H01L21/304

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	１９７１－２０１１年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１１年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１１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 2001-509095 A（コミツサリア　タ　レネルジー　アトミーク）2001.07.10, 第５頁第２行，第７頁第４行，第９頁第３－２０行， 【図１】－【図２】等	１，４－１０，１３－１８，２０
Ａ	& US 6059877 A & EP 0923438 A1 & WO 1998/008664 A1 & DE 69727303 D & DE 69727303 T & FR 2752768 A & KR 10-2000-0035823 A	２－３，１１－１２，１９

☑　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	国際調査報告の発送日
１５．０７．２０１１	２６．０７．２０１１

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　２Ｋ　３３１３
和田　将彦
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
X	JP 2002-134782 A（キヤノン株式会社）2002.05.10, 段落【０００６】,【００１０】,【図１１】 （ファミリーなし）	１，４－１０， １３－１８， ２０
A		２－３， １１－１２， １９
A	JP 2000-211993 A（三菱電機株式会社）2000.08.02，全文，全図 & US 2001/0010112 A1 & US 6231673 B1	１－２０
A	JP 2002-198328 A（日本電気株式会社）2002.07.12，全文，全図 （ファミリーなし）	１－２０
A	WO 2009/128721 A1 (RENEWABLE ENERGY CORPORATION ASA) 2009.10.22，全文，全図 & GB 2459274 A & GB 806850 D0 & WO 2009/128721 A3 & JP 2011-517136 A	１－２０
A	JP 10-081998 A（ソニー株式会社）1998.03.31, 段落【０１３６】,【図２７】等 （ファミリーなし）	１－２０