

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2009 年 7 月 2 日 (02.07.2009)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2009/081684 A1

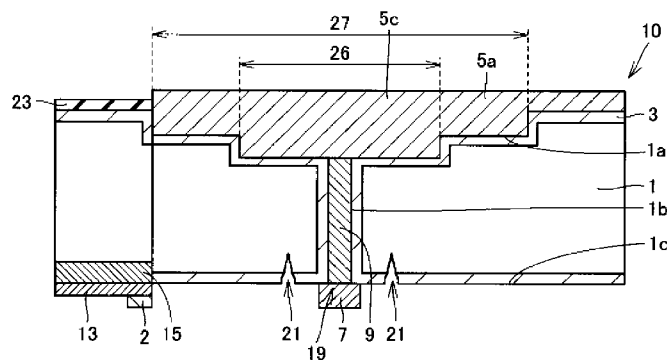
- (51) 国際特許分類: 5458522 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号
H01L 31/04 (2006.01) Osaka (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2008/071521 (72) 発明者; および
- (22) 国際出願日: 2008 年 11 月 27 日 (27.11.2008) (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 尾崎 亮 (OZAKI, Ryo). 常深 安紀子 (TSUNEMI, Akiko). 山崎 努 (YAMAZAKI, Tsutomu). 岡本 諭 (OKAMOTO, Satoshi).
- (25) 国際出願の言語: 日本語 (74) 代理人: 深見 久郎, 外 (FUKAMI, Hisao et al.); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島二丁目 2 番 7 号中之島セントラルタワー 2 2 階 深見特許事務所 Osaka (JP).
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ: 特願 2007-332429 (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, 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, 2007 年 12 月 25 日 (25.12.2007) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): シャープ株式会社 (SHARP KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒

[続葉有]

(54) Title: PHOTOELECTRIC CONVERSION DEVICE AND METHOD FOR MANUFACTURING PHOTOELECTRIC CONVERSION DEVICE

(54) 発明の名称: 光電変換装置および光電変換装置の製造方法

[図2]



(57) Abstract: Recessed sections (26, 27) are formed on a first main surface (1a) of a first conductivity type semiconductor (1). A photoelectric conversion device (10) is provided with a second conductivity type semiconductor (3) which is formed on the first main surface (1a) of the first conductivity type semiconductor (1), an inner wall surface of a through hole (19) and a second main surface (1c) of the first conductivity type semiconductor (1); light receiving surface electrodes (5a 5c) formed to embed the recessed sections (26, 27) of the first main surface (1a) of the first conductivity type semiconductor (1); a first electrode (2) formed on a second main surface (1c) of the first conductivity type semiconductor (1); a through hole electrode section (9) formed in the through hole (19) by being brought into contact with the second conductivity type semiconductor (3) on the inner wall surface of the through hole (19); and a second electrode (7) formed on the second conductivity type semiconductor (3) on the second main surface (1c) of the first conductivity type semiconductor (1) by being brought into contact with the through hole electrode section (9). The light receiving surface electrodes (5a, 5c) and the second electrode (7) are electrically connected by the through hole electrode section (9). A method for manufacturing the photoelectric conversion device (10) is also provided.

(57) 要約: 第 1 導電型半導体 (1) の第 1 主面 (1 a) には凹部 (2 6、2 7) が形成されており、第 1 導電型半導体 (1) の第 1 主面 (1 a)、貫通孔 (1 9) の内壁面および第 1 導電型半導体 (1) の第 2 主面 (1 c) に形成された第 2 導電型半導体 (3) と、第 1 導電型半導体 (1) の第 1 主面 (1 a) の凹部 (2 6、2 7) を埋めるようにして形成された受光面電極

[続葉有]

WO 2009/081684 A1



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, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(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,

添付公開書類:
— 国際調査報告書

(5a、5c)と、第1導電型半導体(1)の第2主面(1c)上に形成された第1電極(2)と、貫通孔(19)の内壁面の第2導電型半導体(3)に接して貫通孔(19)の内部に形成された貫通孔電極部(9)と、第1導電型半導体(1)の第2主面(1c)の第2導電型半導体(3)上に貫通孔電極部(9)と接して形成された第2電極(7)とを備え、受光面電極(5a、5c)と第2電極(7)とが貫通孔電極部(9)によって電氣的に接続されている光電変換装置(10)とその光電変換装置(10)の製造方法である。

明 細 書

光電変換装置および光電変換装置の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、光電変換装置および光電変換装置の製造方法に関し、特に、優れた特性を有するとともに、簡便かつ安価に製造することができる光電変換装置およびその光電変換装置の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 図11に、単結晶シリコン基板や多結晶シリコン基板中にpn接合が形成された従来の太陽電池セルの一例の模式的な斜視図を示す。この従来の太陽電池セルにおいては、p型シリコン基板101の受光面にn型不純物拡散層103が形成されており、n型不純物拡散層103上に反射防止膜123が形成された構成を有している。また、p型シリコン基板101の受光面にはメイン電極105aとサブ電極105bとからなるグリッド状の受光面電極105が形成されており、p型シリコン基板101の受光面の反対側の表面となる裏面には高濃度p型不純物拡散層115とそれに接する裏面電極113とが形成されている。

[0003] ここで、p型シリコン基板101としては、CZ(チョクラルスキー)法やキャスト法により作製したシリコンインゴットをマルチワイヤー法でスライスした後に全受光面を化学的に加工することによって受光面に微細な凹凸(高さ $10\mu\text{m}$ 程度)が形成されたものを用いることができる。また、n型不純物拡散層103は、たとえば、熱拡散法により、p型シリコン基板101の受光面にn型不純物を拡散させることにより形成することができる。また、受光面電極105は、p型シリコン基板101の受光面に銀ペーストを印刷した後に焼成することによって形成されており、高濃度p型不純物拡散層115および裏面電極113は、p型シリコン基板101の裏面にアルミニウムペーストを印刷した後に焼成することによって形成されている(たとえば、特開2002-176186号公報(特許文献1)参照)。

[0004] なお、受光面電極105のサブ電極105bは一般に幅0.2mm程度とされ、受光面電極105のメイン電極105aは一般に幅2mm程度とされて、p型シリコン基板101の

受光面に太陽光ができるだけ多く入射するように工夫されている。

[0005] 以下に、太陽電池セルの受光面に太陽光が入射した場合の動作原理を簡単に説明する。p型シリコン基板101の受光面においては、受光面電極105が存在する部分に照射された太陽光は反射して損失となる。一方、p型シリコン基板101の受光面において受光面電極105が存在しない部分においては反射防止膜123や受光面に形成された凹凸の効果により太陽電池セルの受光面に入射した太陽光の大部分がp型シリコン基板101の内部に入射する。p型シリコン基板101の内部に入射した太陽光はシリコンの吸収係数に応じてp型シリコン基板101の内部で吸収される。そして、p型シリコン基板101の内部で吸収された太陽光が電子と正孔のキャリアを励起して光電変換が起こる。その結果、pn接合を挟む受光面電極105と裏面電極113とから電流と電圧を取り出すことができる。

[0006] また、別の太陽電池セルとして、シリコン基板の受光面にレーザ加工等でスリット状の溝を形成し、その溝の中にメッキ法により金属を埋め込んで受光面電極を形成した構成のものも提案されている(たとえば、特開平8-191152号公報(特許文献2)参照)。特許文献2の太陽電池セルにおいては、受光面電極の幅を従来の数分の1の0.05mm程度以下に低減して、同一面積の受光面を有するシリコン基板を用いた場合でも、シリコン基板の受光面における太陽光の入射面積を拡大して、より高い光電変換効率を得ることができる。また、特許文献2の太陽電池セルにおいては、受光面電極の幅(溝幅に相当)を0.05mm程度以下としながら、溝深さを深くすることで、受光面電極の断面積を確保し、直列抵抗の増加を防止している。

[0007] また、別の太陽電池セルとして、受光面電極のサブ電極をノズル描画法を用いて複数回描画して形成した構成のものも提案されている(たとえば、特開2005-353691号公報(特許文献3)参照)。特許文献3の太陽電池セルにおいては、メイン電極付近のサブ電極を段階的に厚く形成することができるため、サブ電極の線抵抗を低減することができ、セルの直列抵抗の低減を可能としている。なお、特許文献3の太陽電池セルのサブ電極の幅は0.12mm程度とされている。

[0008] また、別の太陽電池セルとして、MWT(Metallization Wrap Through)セル構造が提案されている(たとえば、Filip Granek、他、“A SYSTEMATIC APPROACH TO

REDUCE PROCESS-INDUCED SHUNTS IN BACK-CONTACTED MC-SI SOLAR CELLS”, IEEE 4th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion、(アメリカ)、2006年、p.1319-1322(非特許文献1)参照)。このMWTセル構造は、シリコン基板に形成された貫通孔を通じて受光面電極の一部を裏面側に取り回す構造を有しており、シリコン基板の受光面における受光面電極の面積占有率を減少させることができる。

特許文献1:特開2002-176186号公報

特許文献2:特開平8-191152号公報

特許文献3:特開2005-353691号公報

非特許文献1:Filip Granek、他、“A SYSTEMATIC APPROACH TO REDUCE PROCESS-INDUCED SHUNTS IN BACK-CONTACTED MC-SI SOLAR CELLS”, IEEE 4th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion、(アメリカ)、2006年、p.1319-1322

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0009] 特許文献1のように、シリコン基板の受光面に銀ペーストを印刷して受光面電極を形成する場合には、受光面の面積に比例した量の電流を損失なく流すために受光面電極のサブ電極方向の抵抗値を一定の値以下に制限して熱損失を防止する必要がある。しかしながら、銀ペーストの印刷可能な厚さが製造方法により決まっていることから、サブ電極幅を大幅に低減するのは限界がある。

[0010] したがって、この場合には、シリコン基板の受光面の受光面電極付近のキャリアの表面再結合低減等を実現することは困難であり、光電変換効率を十分に高めることができないという問題があった。また、受光面電極とシリコン基板との界面にて、電極材料と基板材料との熱膨張係数の違いに起因して応力が発生するが、サブ電極幅が広い場合にはこの幅方向の応力が大きくなるために、シリコン基板の薄型化に対応できず、また、シリコン以外の他の機械的な強度が低い基板材料を用いることができない等の問題があった。

[0011] また、特許文献2のように、シリコン基板の受光面に形成された溝に金属を埋め込

んで受光面電極を形成する方法では、その溝をシリコン基板の受光面から深くかつ微細に加工することが必要である。したがって、特許文献2のように、シリコン基板の受光面に溝を形成する場合には、高エネルギーの微細ビームのレーザ光をシリコン基板の受光面に照射してシリコンを蒸発させる方法や、高速回転の薄刃での高精度加工が必要となり、製造コストの増大を招くという問題があった。また、スリット状の溝中への金属の埋め込みは、低コストな印刷法を利用して行うことはできず、湿式めっき法等の煩雑かつ形成時間の長い電極形成方法が必要となるため、工業的に製造コストを減少して、高速に太陽電池セルを大量生産することは困難であるという問題があった。

[0012] また、特許文献3のように、ノズル描画法でメイン電極付近のサブ電極を段階的に厚く形成する方法では、サブ電極を目標の高さにするために複数回のノズル描画を必要とし、かつ高度な位置合わせ精度が要求されるという問題があった。

[0013] また、非特許文献1のようなMWTセル構造の太陽電池セルにおいては、シリコン基板の受光面における受光面電極の面積占有率を減少させることができるが、メイン電極を形成せずに貫通孔の数を多くした場合には、シリコン基板の裏面におけるpn接合分離の長さが長くなり、光電変換効率を十分に高めることができない。この場合、複数のサブ電極から集めた電子を集電する適当な面積のメイン電極をシリコン基板の受光面に形成し、そのメイン電極に貫通孔を設けて貫通孔の数を減らすことによって、シリコン基板の裏面におけるpn接合分離の長さを短くすることが可能となる。

[0014] しかしながら、この場合には、受光面にメイン電極が形成されるため、MWTセル構造の本来の目的(受光面電極の面積占有率を減少させて取り出し可能な電流量を向上させる)の達成は困難となる。

[0015] 本発明は上記の課題を鑑みてなされたものであり、本発明の目的は、優れた特性を有するとともに、簡便かつ安価に製造することができる光電変換装置およびその光電変換装置の製造方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0016] 本発明は、第1導電型半導体と、第1導電型半導体の第1主面と第2主面との間を貫通する貫通孔とを含み、第1導電型半導体の第1主面には凹部が形成されており

、第1導電型半導体の第1主面、貫通孔の内壁面および第1導電型半導体の第2主面に形成された第2導電型半導体と、第1導電型半導体の第1主面の凹部を埋めるようにして形成された受光面電極と、第1導電型半導体の第2主面上に形成された第1電極と、貫通孔の内壁面の第2導電型半導体に接して貫通孔の内部に形成された貫通孔電極部と、第1導電型半導体の第2主面の第2導電型半導体上に貫通孔電極部と接して形成された第2電極とを備え、受光面電極と第2電極とが貫通孔電極部によって電氣的に接続されている光電変換装置である。

[0017] また、本発明は、上記の光電変換装置を製造する方法であって、導電性ペーストを凹部を埋めるように設置する工程と、凹部に設置された導電性ペーストを焼成することにより受光面電極の少なくとも一部を形成する工程とを含む光電変換装置の製造方法である。

発明の効果

[0018] 本発明によれば、優れた特性を有するとともに、簡便かつ安価に製造することができる光電変換装置およびその光電変換装置の製造方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1](a)は本発明の光電変換装置の受光面の一例の模式的な平面図であり、(b)は(a)に示す光電変換装置の裏面の一例の模式的な平面図である。

[図2]図1(b)のII-IIに沿った模式的な断面図である。

[図3]図1(b)のIII-IIIに沿った模式的な断面図である。

[図4]図1～図3に示す光電変換装置の製造方法の一例の製造工程の一部を図解する模式的な断面図である。

[図5]図1～図3に示す光電変換装置の製造方法の一例の製造工程の一部を図解する模式的な断面図である。

[図6]図1～図3に示す光電変換装置の製造方法の一例の製造工程の一部を図解する模式的な断面図である。

[図7]図1～図3に示す光電変換装置の製造方法の一例の製造工程の一部を図解する模式的な断面図である。

[図8]図1～図3に示す光電変換装置の製造方法の一例の製造工程の一部を図解

する模式的な断面図である。

[図9]図1～図3に示す光電変換装置の製造方法の一例の製造工程の一部を図解する模式的な断面図である。

[図10]図1～図3に示す光電変換装置の製造方法の一例の製造工程の一部を図解する模式的な断面図である。

[図11]従来の太陽電池セルの一例の模式的な斜視図である。

符号の説明

[0020] 1 p型半導体、1a 第1主面、1b 内壁面、1c 第2主面、2 第1電極、3 n型半導体、5a 第1メイン電極、5b, 105b サブ電極、5c 第2メイン電極、7 第2電極、9 貫通孔電極部、10 光電変換装置、13, 113 裏面電極、15 高濃度p型層、19 貫通孔、21 pn接合分離部、23, 123 反射防止膜、26 第1凹部、27 第2凹部、101 p型シリコン基板、103 n型不純物拡散層、105a メイン電極、105 受光面電極、115 高濃度p型不純物拡散層。

発明を実施するための最良の形態

[0021] 以下、本発明の種々の実施形態を図面を用いて説明する。図面や以下の記述中で示す内容は、例示であって、本発明の範囲は、図面や以下の記述中で示すものに限定されない。以下、第1導電型がp型である場合を例にとって説明を進めるが、以下の説明中の「p型」と「n型」を入れ替える等の必要な読み替えをすることによって、以下の説明は、第1導電型がn型である場合にも基本的に適用可能である。また、本発明の図面において、同一の参照符号は、同一部分または相当部分を表わすものとする。

[0022] 図1(a)に本発明の光電変換装置の受光面の一例の模式的な平面図を示し、図1(b)に図1(a)に示す光電変換装置の裏面の一例の模式的な平面図を示す。ここで、図1(a)に示すように、光電変換装置10においては、p型半導体1としてたとえばp型シリコン基板等が用いられており、p型半導体1の受光面上には比較的太い線幅の第1メイン電極5aと第1メイン電極5aよりもさらに太い線幅の第2メイン電極5cと第1メイン電極5aおよび第2メイン電極5cに対して垂直方向に伸びるように形成された比較的細い線幅のサブ電極5bとがそれぞれ受光面電極として形成されている。また、

第2メイン電極5cの下方には貫通孔電極部9が埋め込まれており、貫通孔電極部9はp型半導体1の受光面から裏面にかけてp型半導体1をその厚さ方向に貫通する貫通孔を埋めるようにして形成されている。また、p型半導体1の第1主面1aの受光面電極5の形成部分以外の箇所には反射防止膜23が形成されている。

[0023] また、図1(b)に示すように、p型半導体1の裏面のほぼ全面に裏面電極13が形成されており、裏面電極13上に正形状の表面を有する第1電極2が点在するように形成されており、裏面電極13が形成されていない部分に環状の表面を有する第2電極7が点在するように形成されている。

[0024] また、第2電極7の外側を取り巻くように環状に形成された溝からなるpn接合分離部21が形成されており、第2電極7とpn接合分離部21との間および第2電極7と裏面電極13との間にはそれぞれn型半導体3が位置している。

[0025] 図2に、図1(b)のII-IIに沿った模式的な断面図を示す。また、図3に、図1(b)のI-II-IIIに沿った模式的な断面図を示す。ここで、p型半導体1には、p型半導体1の第1主面1aから第2主面1cにかけて貫通する貫通孔19が形成されており、p型半導体1の第1主面1a、貫通孔19の内壁面1bおよびp型半導体1の第2主面1cのそれぞれの内側にn型半導体3が形成されている。

[0026] また、p型半導体1の第1主面1aには窪みである第2凹部27が形成されており、第2凹部27の中に第2凹部27よりもさらに深い窪みである第1凹部26が形成されている。そして、これらの第1凹部26および第2凹部27を埋めるようにして第1メイン電極5aおよび第2メイン電極5cが形成されている。

[0027] また、貫通孔19の内部には、貫通孔19の内壁面1bに接するようにして貫通孔19の内部を埋める貫通孔電極部9が形成されており、貫通孔電極部9の一方の端部が第2メイン電極5cに接触することにより貫通孔電極部9と第2メイン電極5cとが電氣的に接続されており、貫通孔電極部9の他方の端部が第2電極7に接触することにより貫通孔電極部9と第2電極7とが電氣的に接続されている。したがって、受光面電極である第2メイン電極5cと第2電極7とが貫通孔電極部9を介して電氣的に接続されていることになる。

[0028] また、p型半導体1の第1主面1aの反対側の主面となる第2主面1c上に位置するn

型半導体3には第2電極7が接するようにして形成されており、第2電極7の外周を取り囲むようにして環状の溝であるpn接合分離部21が形成されている。このpn接合分離部21を構成する溝の深さはn型半導体3を突き抜けてp型半導体1の内部にまで達している。

[0029] また、図2に示すように、p型半導体1の第2主面1cにはp型不純物がp型半導体1に導入された高濃度p型層15(すなわち、高濃度p型層15中のp型不純物濃度がp型半導体1中のp型不純物濃度よりも高くなる。)が裏面電極13に接するように形成されており、高濃度p型層15と反対側に位置する裏面電極13の表面上に第1電極2が形成されている。

[0030] 以下、図4～図10の模式的断面図を参照して、図1～図3に示す光電変換装置10の製造方法の一例について説明する。なお、図4～図10はそれぞれ、図1(b)のII-IIに沿った断面を模式的に示している。

[0031] (1)貫通孔形成工程

まず、図4に示すように、p型シリコン基板等からなるp型半導体1に貫通孔19を形成する。ここで、p型半導体1は、たとえば0.1～20 Ω cm程度の抵抗値に設定されていることが好ましい。また、貫通孔19の形成方法は特に限定されないが、たとえばレーザ光の照射によるレーザ加工等によって形成することができる。また、貫通孔19の形状や寸法も特に限定されず、たとえば貫通孔19の開口部の形状を四角形(正方形または長方形等)や円形とすることが可能である。

[0032] (2)凹部形成工程

次に、図5に示すように、p型半導体1の第1主面1aの貫通孔19の開口部を含むように貫通孔19の開口部よりも外側の領域をp型半導体1の厚さ方向に部分的に除去することによって第1凹部26を形成する。ここで、第1凹部26の形成は、たとえばレーザ光をp型半導体1の第1主面1aに照射してp型半導体1の一部を除去すること等によって行なうことができる。

[0033] 続いて、図6に示すように、p型半導体1の第1主面1aの第1凹部26よりも外側の領域をp型半導体1の厚さ方向に部分的に除去することによって第2凹部27を形成する。ここで、第2凹部27の形成も、たとえばレーザ光をp型半導体1の第1主面1aに照

射してp型半導体1の一部を除去すること等によって行なうことができる。

[0034] その後、p型半導体1の第1主面1aを酸やアルカリの溶液や反応性プラズマを用いてエッチングすることによって、貫通孔19、第1凹部26および第2凹部27の形成に起因する表面ダメージ層を除去するとともに、p型半導体1の第1主面1aにテクスチャ構造を形成してもよい。なお、テクスチャ構造としては、たとえば高低差が $1\sim 10\mu\text{m}$ 程度の凹凸構造を形成することができる。

[0035] (3)n型半導体形成工程

次に、図7に示すように、p型半導体1の表面(p型半導体1の第1主面1a、貫通孔19の内壁面1b、p型半導体1の第2主面1c)の内側にn型半導体3を形成する。ここで、n型半導体3の形成は、たとえば、p型半導体1の表面(第1主面1a、内壁面1bおよび第2主面1c)にn型不純物を導入することによって行なうことができる。

[0036] なお、n型不純物の導入は、たとえば、n型不純物を含む材料(たとえば POCl_3)を含む高温気体中にp型半導体1を設置することによって実施することができる。これにより、p型半導体1の表面(第1主面1a、内壁面1bおよび第2主面1c)のそれぞれの内側にn型半導体3を形成することができる。

[0037] また、n型半導体3の形成方法は上述した方法には限定されず、たとえばn型不純物のイオンをp型半導体1の表面にイオン注入することによって形成してもよい。また、p型半導体1にn型不純物を導入してn型半導体3を形成する代わりに、p型半導体1の表面上にCVD法等により別途n型半導体層を結晶成長することによってもn型半導体3を形成してもよい。この場合には、p型シリコン基板等のp型半導体基板がそのままp型半導体1となる。

[0038] また、n型半導体3中のn型不純物濃度は特に限定されず、たとえば $10^{18}\sim 10^{21}/\text{cm}^3$ 程度とすることができる。

[0039] (4)反射防止膜形成工程

次に、図8に示すように、p型半導体1の第1主面1aのn型半導体3上に反射防止膜23を形成する。ここで、反射防止膜23は、p型半導体1の第1主面1aの全面に形成されてもよいが、p型半導体1の第1主面1aの受光面電極(第1メイン電極5a、サブ電極5b、第2メイン電極5c)を形成する領域に開口を有するように形成することもできる。

。

[0040] なお、反射防止膜23がp型半導体1の第1主面1aの全面に形成される場合には、受光面電極(第1メイン電極5a、サブ電極5b、第2メイン電極5c)は反射防止膜23上に形成された後に焼成することによってファイアスルーにより受光面電極とp型半導体1の第1主面1aのn型半導体3とを導通させることができる。

[0041] また、反射防止膜23は、太陽光の表面反射を抑制する機能を有するものであればその材料、厚さおよび製造方法等は特に限定されない。反射防止膜23は、たとえば、厚さ70nmのSiN膜から構成することができ、たとえばプラズマCVD法によって形成することができる。

[0042] (5)裏面電極および高濃度p型層形成工程

次に、図9に示すように、p型半導体1の第2主面1cに裏面電極13を形成する。ここで、裏面電極13は、たとえば、アルミニウムを含むペーストをp型半導体1の第2主面1cに印刷した後に焼成することによって形成することができる。アルミニウムを含むペーストを焼成することによって裏面電極13の直下にアルミニウムが拡散して高濃度p型層15を形成することができる。

[0043] また、高濃度p型層15の深さは、p型半導体1の厚み等によって適宜調整することができるが、たとえばp型半導体1の第2主面1cから0.2~6.0 μm の深さとすることが好ましい。

[0044] また、p型半導体1の第2主面1cには、裏面電界層や、裏面反射層を形成してもよいし、表面再結合を防止するために、酸化膜、窒化膜等を形成してもよい。裏面反射層、反射防止膜としては、シリコン酸化膜および酸化チタン膜等の酸化膜、窒化膜等を用いることができる。

[0045] (6)第1電極、第2電極および貫通孔電極部形成工程

次に、図9に示すように、p型半導体1の第2主面1cの裏面電極13上に第1電極2を形成するとともに、貫通孔19の内部に貫通孔電極部9を形成し、さらにはp型半導体1の第2主面1cのn型半導体3の一部と貫通孔電極部9の端部を覆うようにして第2電極7を形成する。なお、第2電極7は、第2電極7と裏面電極13との間にpn接合分離部21が設けられるように形成することができる。

[0046] また、第1電極2、第2電極7および貫通孔電極部9の材料、厚さおよび製法等はそれぞれ電極として機能するものであれば特に限定されない。第1電極2、第2電極7および貫通孔電極部9は、同一の材料から構成されていてもよく、その少なくとも1つが異なる材料から構成されていてもよい。第1電極2、第2電極7および貫通孔電極部9は、はんだ付けに適した金属、たとえば銀で構成されることが好ましい。

[0047] また、第1電極2、第2電極7および貫通孔電極部9は、たとえば、蒸着法、印刷焼成法、めっき法等によって形成することができる。たとえば、第2電極7および貫通孔電極部9は、p型半導体1の第2主面1c側から金属を含有するペースト等の導電性ペーストを印刷した後に焼成する等の方法によって同時に形成することができる。また、第2電極7および貫通孔電極部9は、たとえば蒸着法やめっき法でも同時に形成することが好ましい。

[0048] (7)受光面電極形成工程

次に、図10に示すように、p型半導体1の第1主面1a上に受光面電極(第1メイン電極5a、サブ電極5b、第2メイン電極5c)が形成される。ここで、受光面電極(第1メイン電極5a、サブ電極5b、第2メイン電極5c)は、p型半導体1の第1主面1aのn型半導体3に電氣的に接続されていて、n型半導体3から光電変換装置10で発生した電力を回収することができるものであれば特に限定されない。

[0049] 受光面電極の材料は、導電性材料により形成される限り特に限定されない。たとえば、金、白金、銀、銅、アルミニウム、ニッケル、クロム、タングステン、鉄、タンタル、チタン、モリブデン等の金属または合金、 SnO_2 、 In_2O_3 、 ZnO 、ITO等の透明導電材等の単層または積層、さらには、上記金属と合金との併用により形成することができる。

[0050] また、受光面電極は、たとえば、上記の金属または合金を粉末状態にしたものを樹脂中に混合することによりペースト状の導電性ペーストを調製し、p型半導体1の第1主面1a上に印刷した後に焼成すること等により形成することができる。また、受光面電極は、たとえば蒸着法等により形成することもできる。なお、受光面電極を蒸着法により形成する場合には、フォトリソグラフィによるパターニングを行なうことが好ましい。これら電極の膜厚は、特に限定されるものではなく、たとえば1～50 μm 程度等とすることができる。

[0051] 受光面電極は、任意の位置に、任意の面積で形成することができるが、光電変換装置10の受光面の全面積に対して2～8%程度の面積で、ストライプ状、格子状、島状等に形成することが好ましい。

[0052] (8)pn接合分離工程

次に、図10に示すように、p型半導体1の第2主面1cに環状に溝を形成することによりpn接合分離部21を形成して光電変換装置10の製造が完了する。ここで、pn接合分離部21は、たとえばp型半導体1の第2主面1cにレーザ光を照射してp型半導体1の一部を除去すること等により形成することができる。

[0053] 本発明の光電変換装置10においては、p型半導体1に貫通孔19を形成した後、たとえばレーザ光等を用いて凹部(第1凹部26および第2凹部27)を形成する。ここで、凹部の幅、深さは特に制限はないが、幅は最大でメイン電極幅程度、深さはp型半導体1の厚さの1/2程度であることが好ましい。また、凹部の深さは上記のように複数の深さを形成してもよいし、1種類の深さであってもよい。

[0054] なお、上記の工程(1)～(8)の順序は適宜入れ替え可能である。

以上で説明したように、本発明の光電変換装置10においては、印刷等の方法で簡易にp型半導体1の第1主面1aの凹部(第1凹部26および第2凹部27)に受光面電極(第1メイン電極5aおよび第2メイン電極5c)を埋めるようにして形成することによって受光面電極(第1メイン電極5aおよび第2メイン電極5c)を深く(厚く)形成することができる。

[0055] したがって、本発明の光電変換装置10においては、受光面電極(第1メイン電極5aおよび第2メイン電極5c)の線幅の微細化を簡便かつ安価に行なうことができるとともに、受光面電極(第1メイン電極5aおよび第2メイン電極5c)の断面積についても線幅を微細化した従来の受光面電極と比べて広く担保することができる。

[0056] よって、本発明の光電変換装置10は、優れた特性を有するとともに、簡便かつ安価に製造することができる。

実施例

[0057] <実施例1>

まず、図4に示すように、外形155×155mm、厚さ0.20mm、比抵抗 $2\Omega\text{cm}$ のp

型多結晶シリコン基板からなるp型半導体1に、レーザ光を照射して貫通孔19を4列×8列で計32個形成した。貫通孔19の開口部の形状は円形であり、その直径はおおよそ0.30mm程度であった。

[0058] 次に、図5および図6に示すように、レーザ光の出力および照射領域等の照射条件を適宜変更して、p型半導体1の第1主面1aにレーザ光を照射してその一部を除去することによって、受光面電極のメイン電極(第1メイン電極5aおよび第2メイン電極5c)の形成予定箇所の貫通孔19の周辺に凹部(第1凹部26および第2凹部27)を形成した。

[0059] ここで、第1凹部26は、貫通孔19の開口部を中心にして長さ8mm、深さ約0.05mmとし、第2凹部27は第1凹部26の両端からさらに長さ4mm、深さ約0.03mmとなるように形成した。なお、第1凹部26および第2凹部27の幅はそれぞれ0.15mmとされた。

[0060] 次に、5%水酸化ナトリウム水溶液に対して7%アルコールを加えた80°Cの溶液に、p型半導体1を10分間浸漬し、p型半導体1の表面を深さ20 μ mまでエッチングした。この工程で、p型半導体1のスライス時の破砕表面層、貫通孔19、第1凹部26および第2凹部27の形成時のレーザ光の照射による破砕表面層を除去した。

[0061] 次いで、オキシ塩化リンを導入した電気炉内の石英管内にp型半導体1を挿入して、830°Cにて20分間、リンの拡散を行なうことによって、図7に示すように、深さが約0.3 μ m、表面ドーパント濃度が $10^{19}/\text{cm}^3$ 程度のn型半導体3を形成した。このn型半導体3のシート抵抗値は70 $\Omega/\square$ 程度であった。

[0062] 次に、n型半導体3の表面に、プラズマCVD装置を用い、ガス種としてシランおよびアンモニアを用いて、プラズマCVD法により、図8に示すように、膜厚70nm程度の窒化シリコン膜を反射防止膜23として形成した。

[0063] 次いで、p型半導体1の第2主面1cに、アルミニウム粉末を含むペーストを印刷して乾燥させた後に、近赤外線炉中で焼成することによって、図9に示すように、裏面電極13と高濃度p型層15とを同時に形成した。ここで、裏面電極13は、貫通孔19を中心として直径5mm程度の領域を避けて形成された。

[0064] 続いて、p型半導体1の第2主面1cに、第1電極2および第2電極7をスクリーン印刷

法を用いて印刷した後に乾燥させることによって、図9に示すように、貫通孔19の内部に貫通電極部9を形成した。また、第1電極2および第2電極7はそれぞれ、裏面電極13との間にpn接合分離部21が設けられるように直径3mm程度の銀で図9に示すように形成した。

[0065] 次に、図1(a)に示すサブ電極5bのパターン(長さ20mm、幅0.07mm、ピッチ2mm)に、銀粉末、ガラスフリット、樹脂および有機溶媒からなる銀ペーストを反射防止膜23上にスクリーン印刷した。

[0066] また、図1(a)に示す第1メイン電極5aのパターン(長さ152mm、幅0.75mm)に、銀粉末、ガラスフリット、樹脂および有機溶媒からなる銀ペーストを反射防止膜23上にスクリーン印刷した。さらに、図1(a)に示す第2メイン電極5cのパターンに、銀粉末、ガラスフリット、樹脂および有機溶媒からなる銀ペーストを反射防止膜23上にスクリーン印刷した。ここで、第2メイン電極5cのパターンは、貫通電極部9が第2メイン電極5cと接するように貫通孔19の周辺のみ1.5mm程度に幅を広げたパターンとなっている。

[0067] その後、近赤外線炉内にて、上記スクリーン印刷された受光面電極パターンを約650℃の温度で焼成することによって受光面電極(第1メイン電極5a、サブ電極5bおよび第2メイン電極5c)を形成した。このとき、上記スクリーン印刷された受光面電極パターンがファイアースルーにより反射防止膜23を貫通して、n型半導体3と接触する受光面電極第1メイン電極5a、サブ電極5bおよび第2メイン電極5c)を形成することができた。

[0068] また、凹部(第1凹部26および第2凹部27)以外における第1メイン電極5aのp型半導体1の第1主面1aからの高さは約0.02mm程度であった。また、第2メイン電極5cが貫通電極部9に接するようにすると、幅0.75mmの第1メイン電極5aは凹部26および凹部27に接する。つまり、高度な位置合わせ精度が必要とされなかった。また、サブ電極5bの高さは概ね0.015mmであった。

[0069] 以上の工程により実施例1の光電変換装置を完成した。なお、受光面電極は、サブ電極5bが73本、第1メイン電極5aが4本の外観形状とした。なお、上記製造方法においては、実施例1の光電変換装置を形成することができる限り、各工程の順序を入

れ替えてもよい。

[0070] このようにして得られた実施例1の光電変換装置について、電流電圧特性を測定した。この測定は、照射強度 $100\text{mW}/\text{cm}^2$ の疑似太陽光下(JIS標準光AM1.5G)で、実施例1の光電変換装置の第1メイン電極5aと裏面電極13の4カ所にそれぞれ電流端子と電圧端子を結線して行なった。その結果を表1に示す。

[0071] <比較例1>

p型半導体1の第1主面1aに凹部(第1凹部26および第2凹部27)を形成せずにp型半導体1の第1主面1aを平坦な状態としたことならびに受光面電極のメイン電極として第2メイン電極5cを形成せずに幅1.5mmの第1メイン電極5aのみを形成したこと以外は実施例1と同様にして光電変換装置を作製した。

[0072] このようにして作製した比較例1の光電変換装置について、実施例1と同様にして電流電圧特性を測定した。その結果を表1に示す。

[0073] <比較例2>

p型半導体1の第1主面1aに凹部(第1凹部26および第2凹部27)を形成せずにp型半導体1の第1主面1aを平坦な状態としたこと以外は実施例1と同様にして光電変換装置を作製した。

[0074] このようにして作製した比較例2の光電変換装置について、実施例1と同様にして電流電圧特性を測定した。その結果を表1に示す。

[0075] なお、比較例2の光電変換装置は、p型半導体1の第1主面1aに凹部(第1凹部26および第2凹部27)が形成されていない点で実施例1の光電変換装置とは異なり、第2メイン電極5cが形成されている点で比較例1の光電変換装置と異なる。比較例2の光電変換装置における第1メイン電極5aおよび第2メイン電極5cのp型半導体1の第1主面1aからの高さは約0.02mm程度であった。

[0076] [表1]

	短絡電流密度 (Jsc) [mA/cm ²]	開放電圧(Voc) [mV]	フィッファクター(F.F.)	光電変換効率 (Eff) [%]
実施例1	34.4	607	0.768	16.0
比較例1	33.2	606	0.766	15.4
比較例2	34.2	606	0.698	14.4

[0077] 表1に示すように、光電変換効率(Eff)等の特性については、実施例1の光電変換装置が最も良好な値を示していることが確認された。

[0078] これは、実施例1の光電変換装置においては、受光面電極のメイン電極(第1メイン電極5a)の線幅を細くすることによって短絡電流密度(Jsc)を向上させることができ、かつそのメイン電極は凹部(第1凹部26および第2凹部27)に形成されて断面積が大きくなっているためフィルファクター(F.F.)値の低下も見られなかったと考えられる。

[0079] 比較例1の光電変換装置においては、受光面電極のメイン電極の線幅が広がっているため、F.F. 値は高い値を得られたが、光を吸収する受光面積が減少したために短絡電流密度(Jsc)が低下したものと考えられる。

[0080] 比較例2の光電変換装置においては、受光面電極のメイン電極の線幅を狭くすることによって短絡電流密度(Jsc)を向上させることができたが、受光面電極のメイン電極の線抵抗増大のためにF.F. 値が低下したものと考えられる。

[0081] 今回開示された実施の形態および実施例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説明ではなくて請求の範囲によって示され、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ことが意図される。

産業上の利用可能性

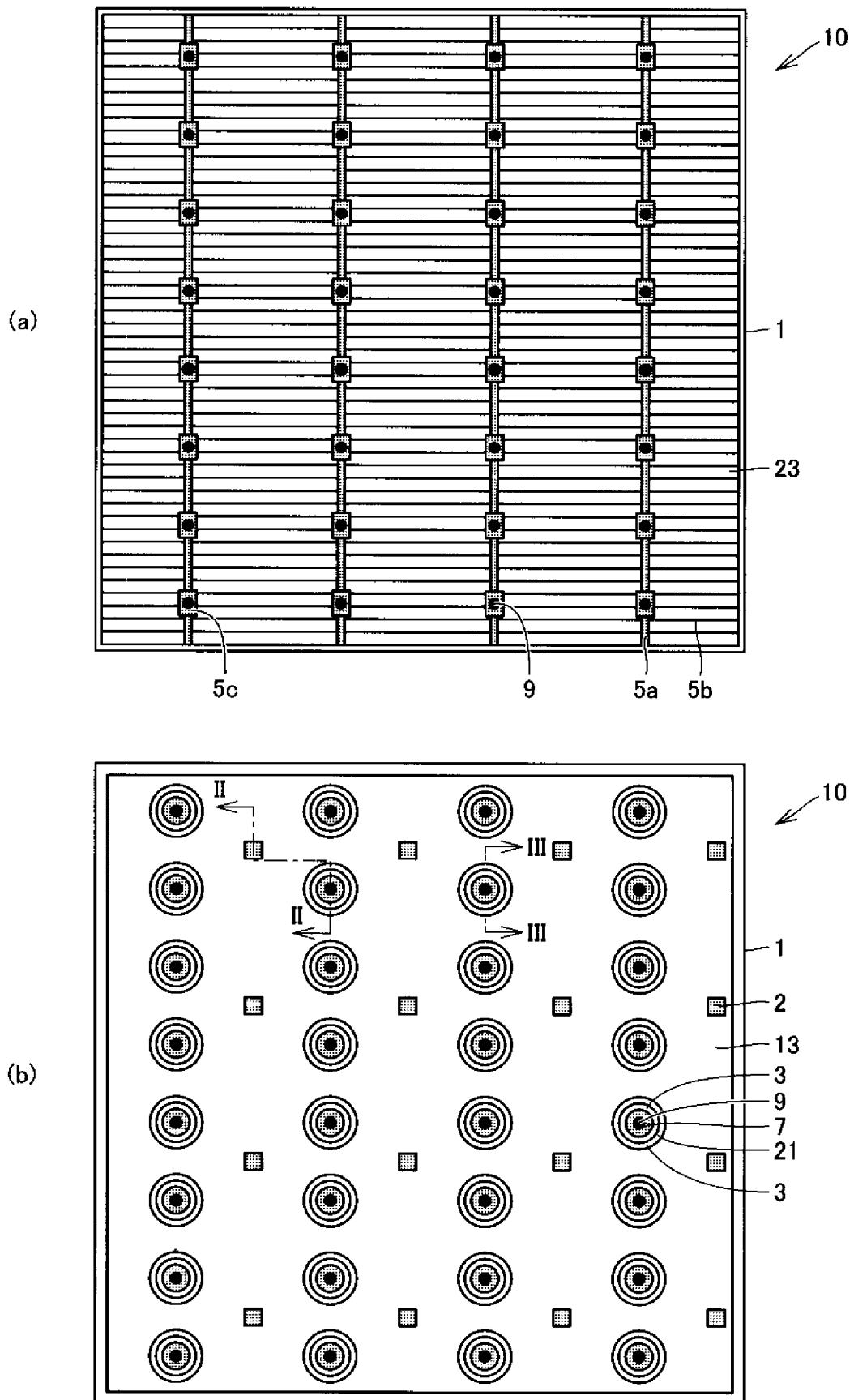
[0082] 本発明の光電変換装置を太陽電池として用いた場合には、太陽電池の受光面の凹部にメイン電極を形成して、メイン電極を微細化することが可能になり、かつメイン電極の高さを高くすることができるため、F.F. 値を高い値に維持しつつ、さらに短絡電流密度(Jsc)を向上させることができる太陽電池とすることができる。

[0083] 特に、本発明の光電変換装置を上述したMWT(Metallization Wrap Through)セル構造の太陽電池に適用することによって、製造工程を追加することがないため、製造コストの増加も抑えることができる。

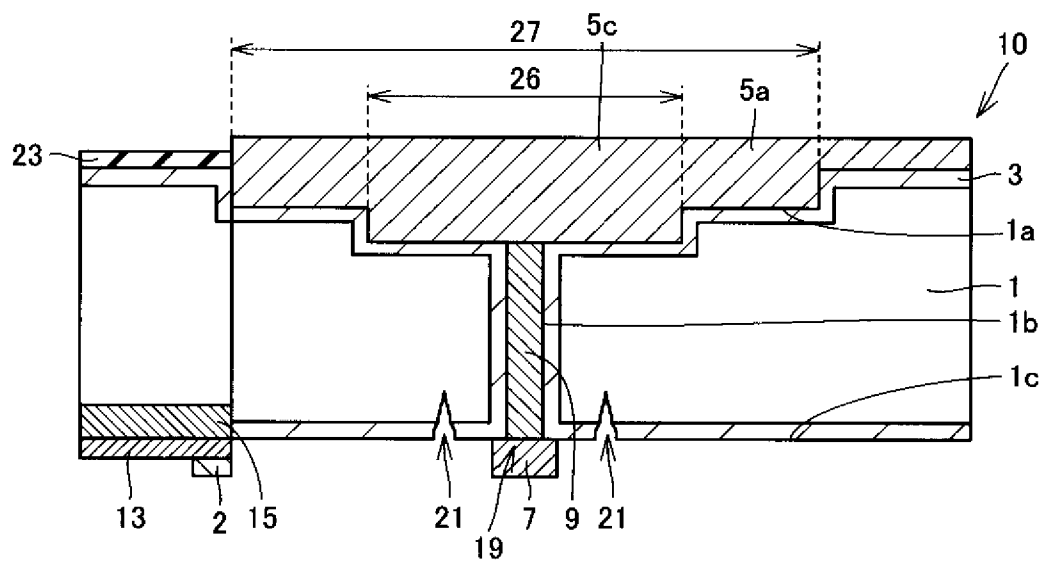
請求の範囲

- [1] 第1導電型半導体(1)と、前記第1導電型半導体(1)の第1主面(1a)と第2主面(1c)との間を貫通する貫通孔(19)と、を含み、
- 前記第1導電型半導体(1)の前記第1主面(1a)には凹部(26、27)が形成されており、
- 前記第1導電型半導体(1)の前記第1主面(1a)、前記貫通孔(19)の内壁面および前記第1導電型半導体(1)の前記第2主面(1c)に形成された第2導電型半導体(3)と、
- 前記第1導電型半導体(1)の前記第1主面(1a)の前記凹部(26、27)を埋めるようにして形成された受光面電極(5a、5c)と、
- 前記第1導電型半導体(1)の前記第2主面(1c)上に形成された第1電極(2)と、
- 前記貫通孔(19)の前記内壁面の前記第2導電型半導体(3)に接して前記貫通孔(19)の内部に形成された貫通孔電極部(9)と、
- 前記第1導電型半導体(1)の前記第2主面(1c)の前記第2導電型半導体(3)上に前記貫通孔電極部(9)と接して形成された第2電極(7)と、を備え、
- 前記受光面電極(5a、5c)と前記第2電極(7)とが前記貫通孔電極部(9)によって電氣的に接続されている、光電変換装置(10)。
- [2] 請求項1に記載の光電変換装置(10)を製造する方法であって、
- 導電性ペーストを前記凹部(26、27)を埋めるように設置する工程と、
- 前記凹部(26、27)に設置された前記導電性ペーストを焼成することにより前記受光面電極(5a、5c)の少なくとも一部を形成する工程と、を含む、光電変換装置(10)の製造方法。

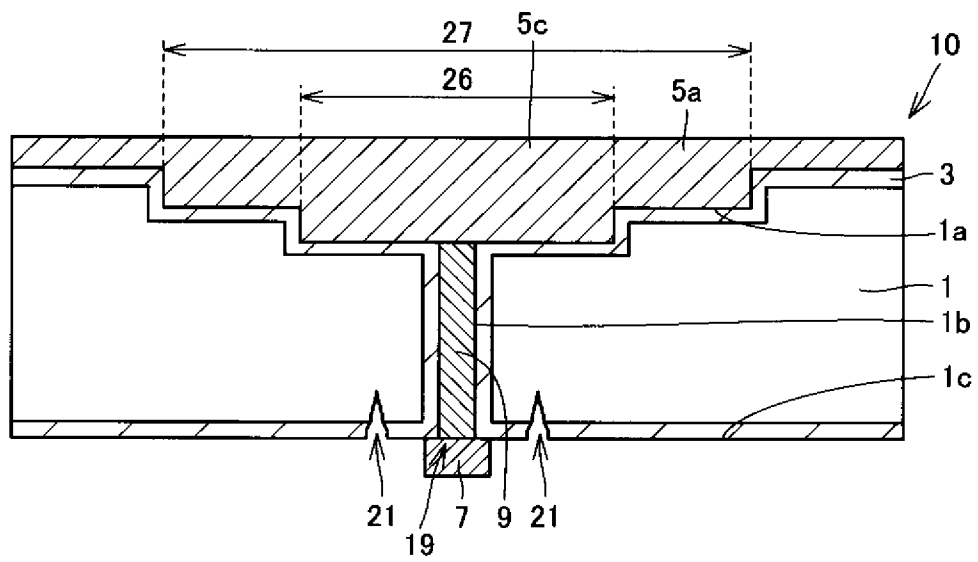
[図1]



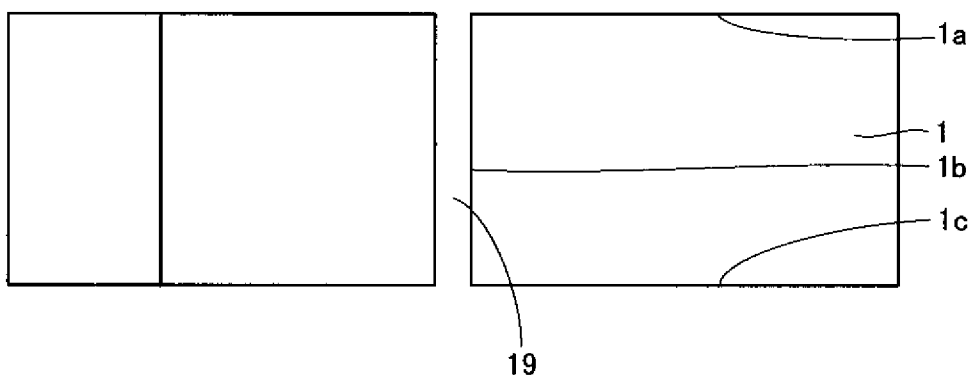
[図2]



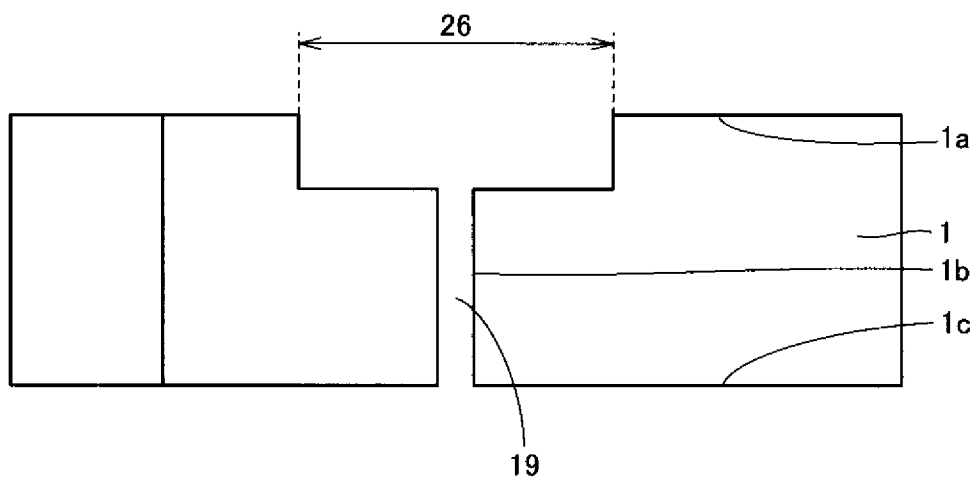
[図3]



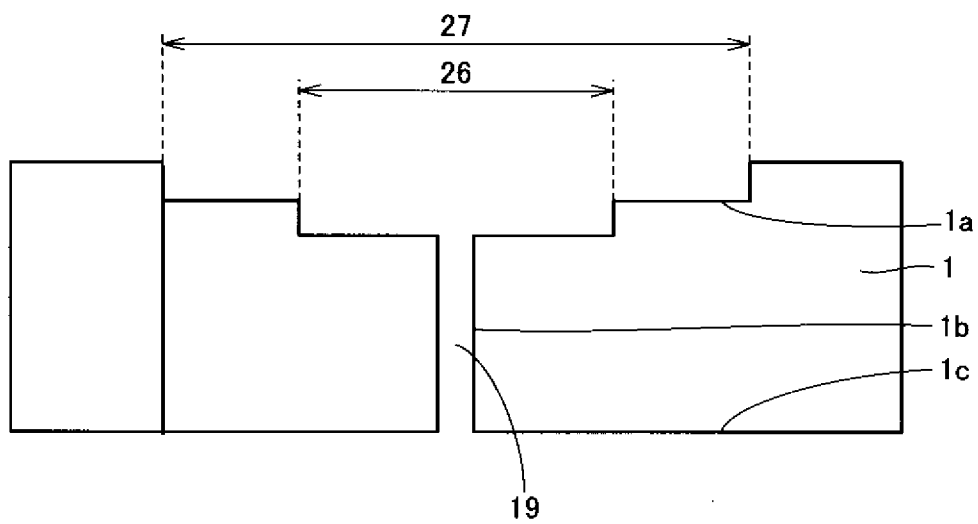
[図4]



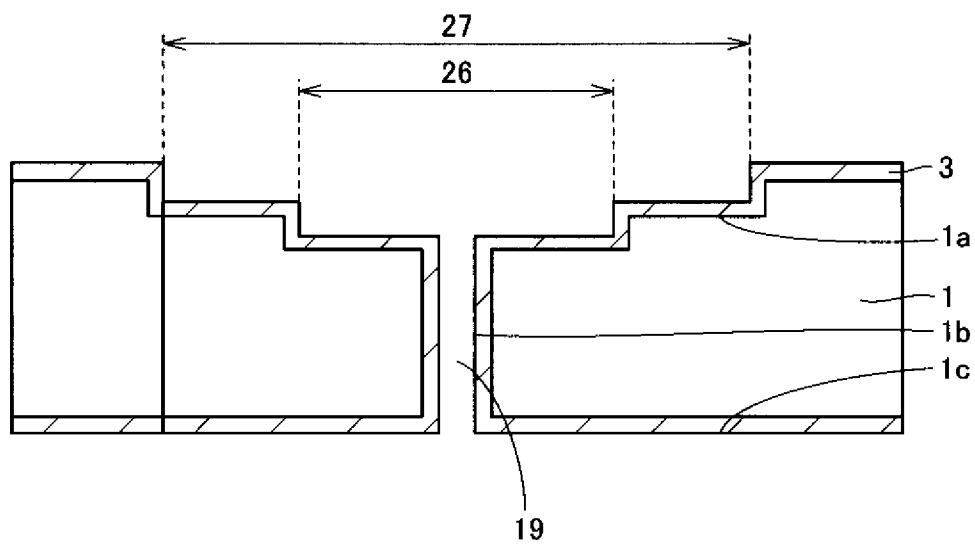
[図5]



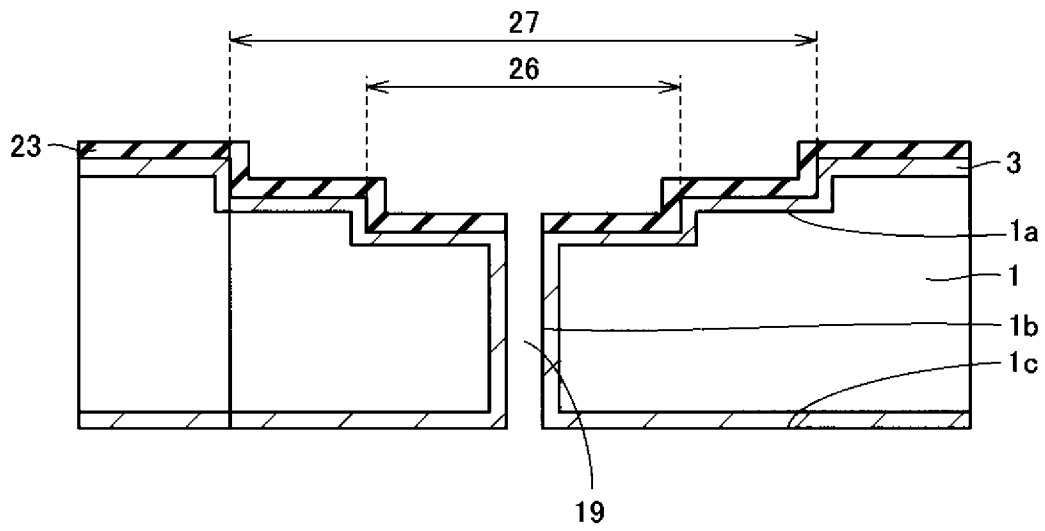
[図6]



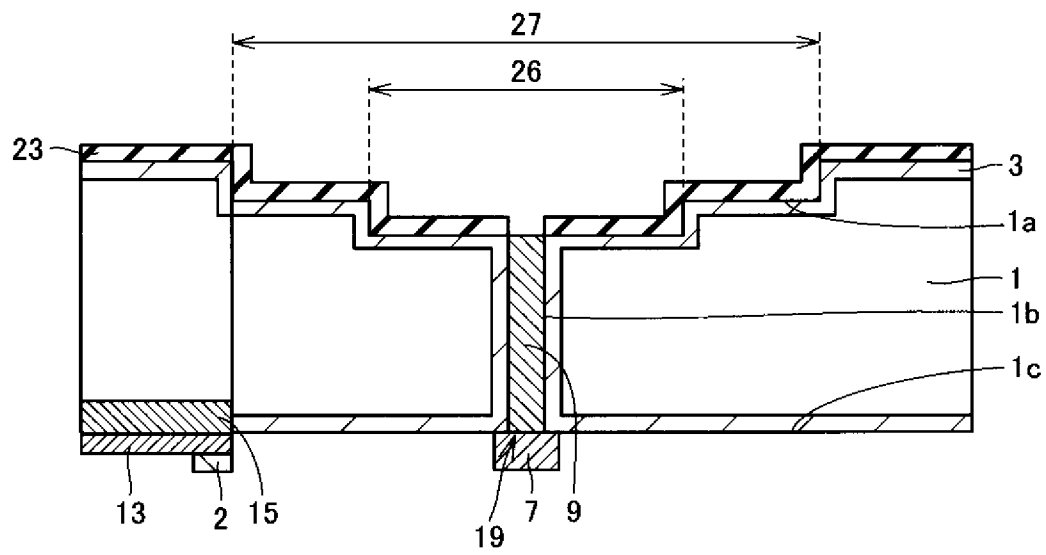
[図7]



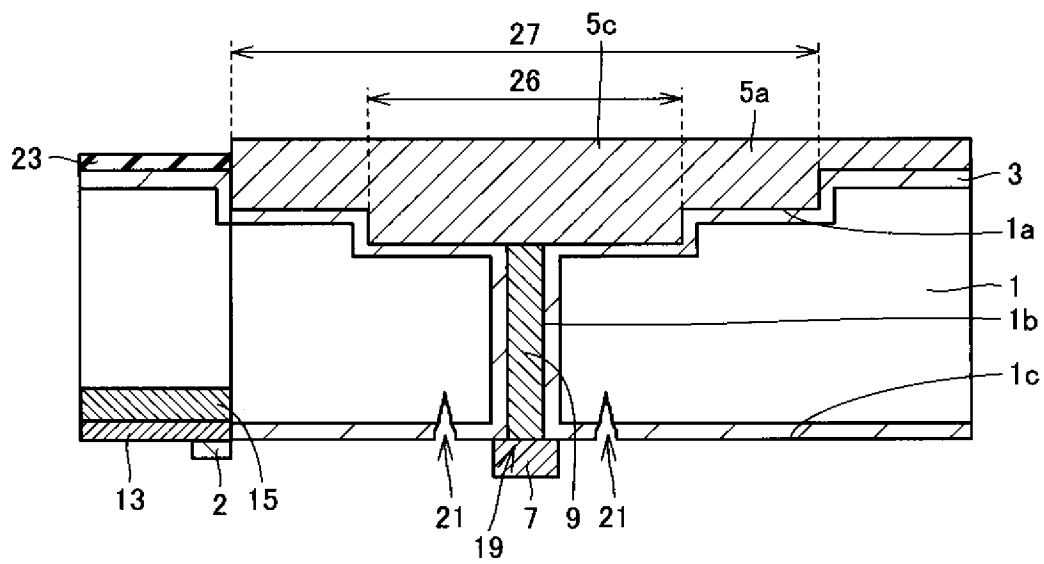
[図8]



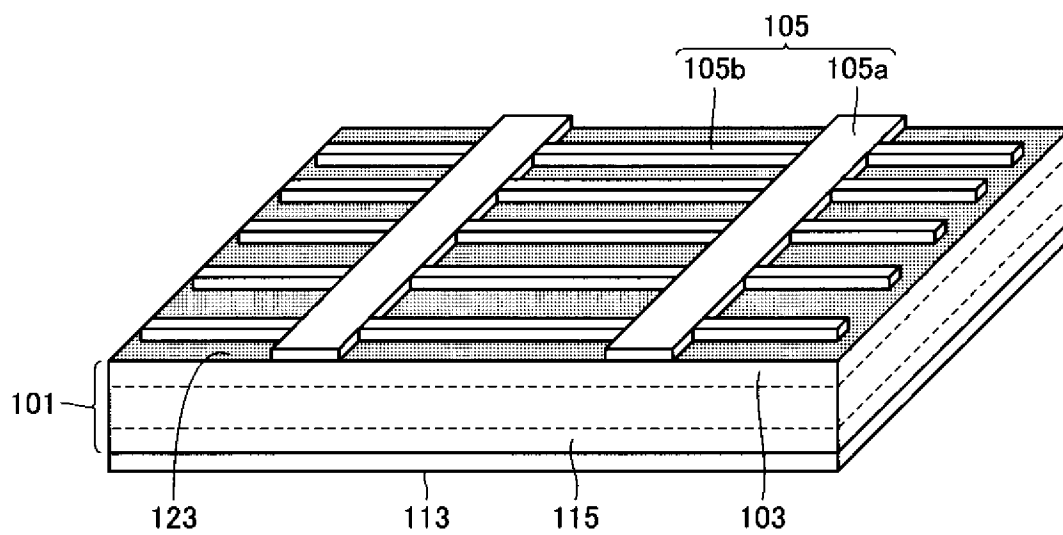
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/071521

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

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	1996-2008
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2008	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2008

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.
Y	JP 63-211773 A (Mitsubishi Electric Corp.), 02 September, 1988 (02.09.88), Page 2, upper right column; examples; Fig. 1 (Family: none)	1-2
Y	JP 61-5584 A (Unisearch Ltd.), 11 January, 1986 (11.01.86), Effect of the invention; Fig. 1 & US 4726850 A & US 4748130 A & EP 156366 A2	1-2
A	JP 58-201377 A (NEC Corp.), 24 November, 1983 (24.11.83), Full text; all drawings (Family: none)	1-2

☒ 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
15 December, 2008 (15.12.08)

Date of mailing of the international search report
06 January, 2009 (06.01.09)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/071521

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 2-51282 A (Sharp Corp.), 21 February, 1990 (21.02.90), Fig. 2 (Family: none)	1-2
A	JP 2007-521668 A (Advent Solar, Inc.), 02 August, 2007 (02.08.07), Full text; all drawings & US 2005/0176164 A1 & US 2005/0172996 A1 & US 2005/0172998 A1 & US 2006/0060238 A1 & WO 2005/076960 A2 & WO 2005/076959 A2 & WO 2005/086633 A2	1-2
A	WO 2007/099955 A1 (Sanyo Electric Co., Ltd.), 07 September, 2007 (07.09.07), Fig. 6 (Family: none)	1-2
A	Filip Granek et al., A SYSTEMATIC APPROACH TO REDUCE PROCESS-INDUCED SHUNTS IN BACK-CONTACTED MC-SI SOLAR CELLS, IEEE 4th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, 2006, p.1319- 1322	1-2

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

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（I P C））

Int.Cl. H01L31/04

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 0 8 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 8 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 8 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 請求の範囲の番号
Y	JP 63-211773 A（三菱電機株式会社）1988.09.02, 第2頁右上欄、実施例、第1図 (ファミリーなし)	1 - 2
Y	JP 61-5584 A（ユニサーチ リミテッド）1986.01.11, 「発明の効果」欄、F I G. 1 & US 4726850 A & US 4748130 A & EP 156366 A2	1 - 2

☒ 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

1 5 . 1 2 . 2 0 0 8

国際調査報告の発送日

0 6 . 0 1 . 2 0 0 9

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）

加藤 昌伸

2 K

3 7 0 0

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 請求の範囲の番号
A	JP 58-201377 A (日本電気株式会社) 1983. 11. 24, 全文、全図 (ファミリーなし)	1 - 2
A	JP 2-51282 A (シャープ株式会社) 1990. 02. 21, 第2図 (ファミリーなし)	1 - 2
A	JP 2007-521668 A (アドベント ソーラー, インク) 2007. 08. 02, 全文、全図 & US 2005/0176164 A1 & US 2005/0172996 A1 & US 2005/0172998 A1 & US 2006/0060238 A1 & WO 2005/076960 A2 & WO 2005/076959 A2 & WO 2005/086633 A2	1 - 2
A	WO 2007/099955 A1 (三洋電機株式会社) 2007. 09. 07, 図6 (ファミリーなし)	1 - 2
A	Filip Granek et al., A SYSTEMATIC APPROACH TO REDUCE PROCESS-INDUCED SHUNTS IN BACK-CONTACTED MC-SI SOLAR CELLS, IEEE 4th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, 2006, p. 1319-1322	1 - 2