

(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
2018年9月27日(27.09.2018)



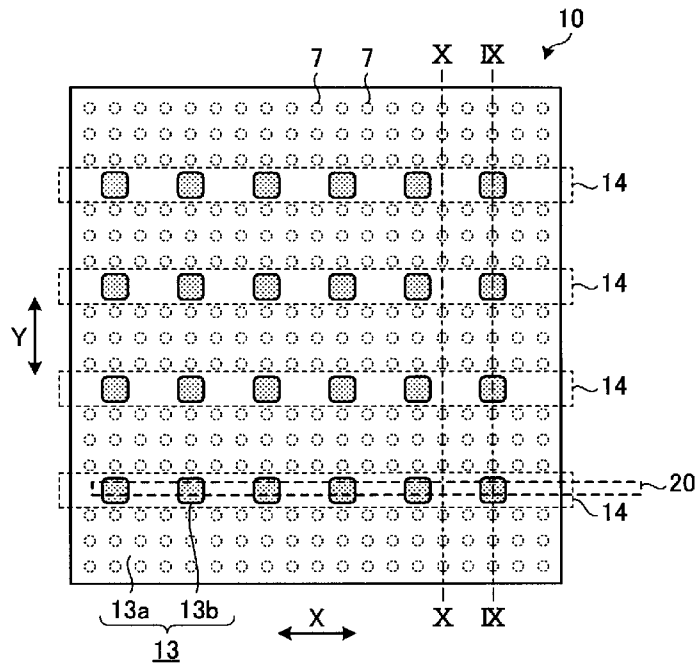
(10) 国際公開番号
WO 2018/173125 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 31/0224 (2006.01) *H01L 31/068* (2012.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/011256
- (22) 国際出願日: 2017年3月21日(21.03.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人:三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 長谷川 裕樹 (HASEGAWA, Yuki); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 高村 順(TAKAMURA, Jun); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング 特許業務法人酒井国際特許事務所 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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA,

(54) Title: SOLAR CELL AND SOLAR MODULE

(54) 発明の名称: 太陽電池セルおよび太陽電池モジュール

[図8]



(57) Abstract: The present invention comprises: a silicon substrate of a first conduction type; a rear surface passivation film that is formed on the rear surface of the silicon substrate facing a light receiving surface; a plurality of contact holes (7) that pass through the rear surface passivation film and reach a surface layer of the rear surface of the silicon substrate from the surface of the rear surface passivation film; a plurality of first rear surface electrodes (13b) that are provided along a first direction on the rear surface passivation film and are used for connecting strip-like tab lines (20) along the first



WO 2018/173125 A1

MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA,
NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA,
RO, RS, RU, RW, SA, 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, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類 :

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

direction; and a rear surface collector electrode (13a) that connects the silicon substrate inside the contact holes (7) and the first rear surface electrodes (13b). A solar cell (10) is provided with the contact holes (7), avoiding areas neighboring the first rear surface electrodes (13b) in the first direction.

(57) 要約 : 第1導電型のシリコン基板と、シリコン基板において受光面と対向する裏面に形成された裏面パッシベーション膜と、裏面パッシベーション膜を貫通して裏面パッシベーション膜の表面からシリコン基板の裏面の表層に達する複数のコンタクトホール(7)と、裏面パッシベーション膜上に第1の方向に沿って設けられ、第1の方向に沿った帯状のタブ線(20)を接続するための複数の第1の裏面電極(13b)と、コンタクトホール(7)内のシリコン基板と第1の裏面電極(13b)とを接続する裏面集電電極(13a)と、を備える。太陽電池セル(10)は、第1の方向において第1の裏面電極(13b)に隣り合う領域を避けてコンタクトホール(7)が設けられている。

明 細 書

発明の名称：太陽電池セルおよび太陽電池モジュール

技術分野

[0001] 本発明は、太陽電池セルおよび太陽電池モジュールに関する。

背景技術

[0002] 従来、太陽電池においては、シリコン基板における受光面側の表面のキャリア再結合速度を抑制する目的で、パッシベーション膜と呼ばれる特殊な薄膜が用いられている。パッシベーション膜は、パッシベーション膜とシリコンとの関係性によって、あるいはパッシベーション膜の成膜前後の処理によってダングリングボンドを終端させることによって、シリコン基板とパッシベーション膜との界面における再結合中心を直接減少させる機能を有している。また、パッシベーション膜は、シリコン基板とパッシベーション膜との界面に固定電荷を含ませることで界面に電界障壁を生じさせて電界効果によって再結合速度を抑制させる機能を有している。

[0003] 近年、特許文献1に示されるように、太陽電池セルの非受光面側である裏面においてもパッシベーション膜を設け、裏面側での特性改善を目論むPERC (Passivated Emitter and Rear Cell) 構造を設けることで、さらなる特性改善を図れることがわかっている。P型のシリコン基板を使用したP型太陽電池セルにおいては、裏面パッシベーション膜に酸化アルミニウム (Al_2O_3) が用いられ、また裏面パッシベーション膜を保護するキャップ膜にシリコン窒化膜 (SiN膜) またはシリコン酸窒化膜 (SiON) といった膜が用いられる。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第5924945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、上記特許文献1に示されるように太陽電池セルの裏面においてもパッシベーション膜を設ける場合には、シリコン基板の裏面側の良好なパッシベーション効果を得るために、パッシベーション膜に孔を設けるとともにシリコン基板の裏面にも孔を設ける必要がある。

[0006] 太陽電池モジュールを構成する際には、隣り合う太陽電池セルの電極同士がタブによって電氣的に接合される。ここで、太陽電池セルの電極にタブが接続される際には、タブ接続処理の加熱による残留熱応力が太陽電池セルに掛かる。そして、シリコン基板の裏面に設けられた孔の部分に残留熱応力が掛かることによって、孔の部分のシリコン基板にクラックが発生し、太陽電池モジュールの製造時の製造歩留りの悪化を招くだけでなく、太陽電池モジュールに外力が印加された際の太陽電池モジュールの強度低下による出力低下を招き太陽電池モジュールの信頼性を低下させる、という問題があった。

[0007] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、裏面パッシベーション膜による太陽電池セルの特性改善を図るとともに、太陽電池セルへのタブ線の接続に起因した不具合の発生を抑制可能な太陽電池セルを得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明にかかる太陽電池セルは、第1導電型のシリコン基板と、シリコン基板において受光面と対向する裏面に形成された裏面パッシベーション膜と、裏面パッシベーション膜を貫通して裏面パッシベーション膜の表面からシリコン基板の裏面の表層に達する複数のコンタクトホールと、裏面パッシベーション膜上に第1の方向に沿って並べて設けられ、第1の方向に沿った帯状のタブ線を接続するための複数の第1の裏面電極と、コンタクトホール内のシリコン基板と第1の裏面電極とを接続する裏面集電電極と、を備える。太陽電池セルは、第1の方向において第1の裏面電極に隣り合う領域を避けてコンタクトホールが設けられている。

発明の効果

[0009] 本発明にかかる太陽電池セルは、裏面パッシベーション膜による太陽電池セルの特性改善を図るとともに、太陽電池セルへのタブ線の接続に起因した不具合の発生を抑制可能な太陽電池セルが得られる、という効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本発明の実施の形態にかかる太陽電池モジュールを受光面側から見た斜視図

[図2]本発明の実施の形態にかかる太陽電池モジュールを受光面側から見た分解斜視図

[図3]本発明の実施の形態にかかる太陽電池モジュールの要部断面図

[図4]本発明の実施の形態にかかる太陽電池アレイを裏面側から見た斜視図

[図5]本発明の実施の形態にかかる太陽電池ストリングを受光面側から見た斜視図

[図6]本発明の実施の形態にかかる太陽電池ストリングを裏面側から見た斜視図

[図7]本発明の実施の形態にかかる太陽電池セルを受光面側から見た平面図

[図8]本発明の実施の形態にかかる太陽電池セルを受光面側と対向する裏面側から見た平面図

[図9]本発明の実施の形態にかかる太陽電池セルの構成を示す断面図であり、図8におけるI-X-I'線における要部断面図

[図10]本発明の実施の形態にかかる太陽電池セルの構成を示す断面図であり、図8におけるX-X'線における要部断面図

[図11]本発明の実施の形態にかかる太陽電池セルの裏面の要部拡大図

[図12]本発明の実施の形態にかかる太陽電池セルの製造方法の手順を示すフローチャート

[図13]本発明の実施の形態においてボロンがドーピングされたp型のシリコンからなる半導体基板におけるダメージ層の存在を示す概念図

[図14]本発明の実施の形態において半導体基板の表面に存在するダメージ層

を除去した状態を示す概念図

[図15]本発明の実施の形態において半導体基板の表面にテクスチャー構造を形成するテクスチャーエッチング工程を示す模式断面図

[図16]本発明の実施の形態において半導体基板に n 型不純物拡散層を形成する不純物拡散工程を示す模式断面図

[図17]本発明の実施の形態において半導体基板の裏面側の平坦化工程を示す模式断面図

[図18]本発明の実施の形態において半導体基板の裏面に裏面パッシベーション膜とキャップ膜とを形成する工程を示す模式断面図

[図19]本発明の実施の形態において半導体基板の受光面側に反射防止膜を形成する工程を示す模式断面図

[図20]本発明の実施の形態において半導体基板の裏面側にコンタクトホールを形成する工程を示す模式断面図

[図21]本発明の実施の形態において半導体基板の裏面側におけるコンタクトホールが形成される領域を示す模式平面図

[図22]本発明の実施の形態において受光面電極および裏面電極の形成用の電極材料ペーストを半導体基板の表裏面に印刷する工程を示す模式断面図

[図23]本発明の実施の形態において電極材料ペーストを同時焼成して受光面電極および裏面電極を形成する工程を示す模式断面図

[図24]本発明の実施の形態において受光面電極および裏面電極とタブ線とを電氣的に接合するタブ線接合工程を示す模式図

[図25]本発明の実施の形態における太陽電池ストリングを示す斜視図

発明を実施するための形態

[0011] 以下に、本発明の実施の形態にかかる太陽電池セルおよび太陽電池モジュールを図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において適宜変更可能である。また、以下に示す図面においては、理解の容易のため各層あるいは各部材の縮尺が現実と異なる場合があり、各図面間においても同様であ

る。

[0012] 実施の形態.

図1は、本発明の実施の形態にかかる太陽電池モジュール100を受光面側から見た斜視図である。図2は、本発明の実施の形態にかかる太陽電池モジュール100を受光面側から見た分解斜視図である。図3は、本発明の実施の形態にかかる太陽電池モジュール100の要部断面図である。本実施の形態にかかる太陽電池モジュール100は、図1から図3に示すように、太陽電池アレイ70における受光面側が受光面側封止材33および受光面保護材31で覆われ、太陽電池アレイ70における受光面と対向する裏面側が裏面側封止材34および裏面保護材32で覆われているとともに、外周縁部が補強用のフレーム40で周囲が囲まれている。

[0013] 図4は、本発明の実施の形態にかかる太陽電池アレイ70を裏面側から見た斜視図である。図5は、本発明の実施の形態にかかる太陽電池ストリング50を受光面側から見た斜視図である。図6は、本発明の実施の形態にかかる太陽電池ストリング50を裏面側から見た斜視図である。図7は、本発明の実施の形態にかかる太陽電池セル10を受光面側から見た平面図である。図8は、本発明の実施の形態にかかる太陽電池セル10を受光面側と対向する裏面側から見た平面図である。図8においては、タブ線20の接合される位置の一例を破線で示している。

[0014] 図4に示すように、太陽電池アレイ70は、複数の太陽電池ストリング50が、横タブ線25および出力タブ線26で電気的および機械的に直列または並列に接合されて構成されている。

[0015] また、図3から図6に示すように、太陽電池ストリング50は、隣り合って配置された四角形状を呈する複数の太陽電池セル10がタブ線20で電気的および機械的に直列に接続されて構成されている。複数の太陽電池セル10は、図3から図6に示すように、タブ線20により、第1の方向である図中X方向に直列に接続されている。第1の方向は、タブ線20により接続された複数の太陽電池セル10の連結方向である。

[0016] 太陽電池セル10は、n型不純物拡散層が形成されてpn接合が形成されたp型単結晶シリコン基板で構成された四角形状を呈する半導体基板11の第1主面である半導体基板の受光面11A側に、光の集光率を高めるためにテクスチャーエッチングにより凹凸形状が形成されている。ここでは、半導体基板11の外形は、半導体基板11の面方向において正方形形状を有する。n型不純物拡散層は、半導体基板の受光面11A側に形成されている。そして、半導体基板の受光面11Aの上に反射防止膜であるシリコン窒化膜が成膜されている。なお、図面においては、凹凸形状および反射防止膜の図示を省略している。また、太陽電池セル10は、半導体基板の受光面11A側に受光面電極12が、半導体基板11の第2主面である半導体基板の裏面11B側に裏面電極13が形成されている。

[0017] 太陽電池セルの受光面10A側には、図5および図7に示すように光-電子変換により発生した電子を集める受光面集電電極である複数の受光面グリッド電極12Gと、タブ線20を接合する受光面接合電極である受光面バス電極12Bとが形成されている。受光面グリッド電極12Gは、光電流を集めるための電極であり、太陽光が太陽電池セル10の内部に到達するのを妨げないようにしながら光電流を集めるために、細い直線状の電極を複数本並行に並べて形成されている。

[0018] また、受光面バス電極12Bは、図7に示すように太陽電池セル10の連結方向である第1の方向に沿って、太陽電池セル10のほぼ全長に渡ってライン状に4列に設けられている。すなわち、受光面バス電極12Bは、受光面グリッド電極12Gと直交する方向に沿って、全ての受光面グリッド電極12Gと接続して設けられている。なお、便宜上、図1、図2、図4および図5においては、受光面バス電極12Bが2列に設けられている場合を示している。受光面バス電極12Bは、タブ線20と電氣的に接合するために設けられる電極である。受光面バス電極12Bおよび受光面グリッド電極12Gは、金属粒子を有する導電性ペーストを所望の範囲に塗布して焼成することで形成されている。

[0019] 太陽電池セルの裏面10B側には、図6および図8に示すようにアルミニウム(A1)を含む裏面集電電極13aおよび銀(Ag)を含む裏面接合電極13bが形成され、裏面電極13を構成している。裏面集電電極13aは、開放電圧および短絡電流を向上させるための図示しない裏面電界層を形成するため、および裏面側の電流を集めるために設けられる電極であり、太陽電池セルの裏面10Bのほぼ全域を覆う。

[0020] また、裏面接合電極13bは、裏面集電電極13aで集電された正孔を外部に取り出し、外部電極とコンタクトを取るために設けられる電極である。すなわち、裏面接合電極13bは、タブ線20と電氣的に接合するために設けられる電極である。裏面接合電極13bは、受光面バス電極12Bと同様に、太陽電池セル10の連結方向である第1の方向に沿って設けられている。そして、裏面接合電極13bは、半導体基板11を挟んで、受光面バス電極12Bと対向する位置に配置されている。

[0021] 本実施の形態の裏面接合電極13bは、図8に示すように太陽電池セル10の連結方向である第1の方向に沿って、太陽電池セル10のほぼ全長に渡って飛び石状に4列に設けられている。裏面接合電極13bを飛び石状に形成することにより、銀の使用量を抑えて製造コストを抑制することができる。裏面集電電極13aおよび裏面接合電極13bは、前述したようにA1またはAgなどの金属粒子を有する導電性ペーストを所望の範囲に塗布して焼成することで形成されている。

[0022] 図9は、本発明の実施の形態にかかる太陽電池セル10の構成を示す断面図であり、図8におけるI-X-I-X線における要部断面図である。図10は、本発明の実施の形態にかかる太陽電池セル10の構成を示す断面図であり、図8におけるX-X線における要部断面図である。なお、図9および図10においては、太陽電池セル10に接続されるタブ線20を併せて示している。

[0023] 太陽電池セル10においては、第1導電型であるp型のシリコンからなる半導体基板1の表面である受光面側に、リン拡散によってn型の不純物が拡

散された不純物拡散層である n 型不純物拡散層 3 が形成されているとともにシリコン窒化膜よりなる反射防止膜 4 が形成されている。

[0024] 半導体基板 1 としては p 型の単結晶または多結晶のシリコン基板を用いることができる。なお、半導体基板 1 はこれに限定されるものではなく、n 型のシリコン基板を用いてもよい。また、反射防止膜 4 には、シリコン酸化膜を用いてもよい。また、太陽電池セル 10 の半導体基板 1 の受光面側の表面には、テクスチャー構造として微小凹凸が形成されている。微小凹凸は、受光面において外部からの光を吸収する面積を増加し、受光面における反射率を抑え、光を閉じ込める構造となっている。なお、図 9 および図 10 においては、便宜上、微小凹凸の図示を省略している。

[0025] また、半導体基板 1 の受光面側には、上述した受光面電極 12 が、反射防止膜 4 を突き抜けて n 型不純物拡散層 3 に電氣的に接続して設けられている。受光面電極 12 としては、半導体基板 1 の受光面の面内方向において長尺細長の受光面グリッド電極 12G が複数並べて設けられ、またこの受光面グリッド電極 12G と導通する受光面バス電極 12B が半導体基板 1 の受光面の面内方向において該受光面グリッド電極 12G と直交するように設けられており、それぞれ底面部において n 型不純物拡散層 3 に電氣的に接続している。

[0026] 受光面バス電極 12B の長手方向は、上述した第 1 の方向同じ方向であり、タブ線 20 により接続された複数の太陽電池セル 10 の連結方向である。また、受光面バス電極 12B の長手方向は、半導体基板 1 の面内における第 1 の方向と直交する第 2 の方向と同じ方向とされる。受光面電極 12 のうち受光面バス電極 12B には、太陽電池セル 10 を用いて太陽電池モジュールを製造する際に、図 9 および図 10 に示すようにタブ線 20 がはんだ付けされる。なお、図 9 および図 10 においては、受光面電極 12 のうち受光面バス電極 12B のみを示している。

[0027] 一方、半導体基板 1 における受光面と対向する面である裏面には、膜厚が 5 nm から 20 nm 程度の酸化アルミニウム (Al_2O_3) からなる裏面パッ

シベーション膜5と、膜厚が100nmから150nm程度のシリコン酸化膜(SiON)からなり裏面パッシベーション膜5を保護するキャップ膜6と、が全体にわたって設けられている。なお、キャップ膜6には、シリコン窒化膜(SiN膜)を用いてもよい。キャップ膜6には、厚み方向に貫通するドット状のコンタクトホール6Hが設けられている。また、裏面パッシベーション膜5には、コンタクトホール6Hが延長した、半導体基板1の裏面に達するドット状のコンタクトホール5Hが格子状に配列されて設けられている。また、該コンタクトホール5Hが半導体基板1の裏面の表層に延長しており、ドット状のコンタクトホール1Hが格子状に配列されて設けられている。

[0028] そして、コンタクトホール6Hとコンタクトホール5Hとコンタクトホール1Hとにより、格子状に配列されたコンタクトホール7が構成されている。コンタクトホール7は、半導体基板1の面内に沿った断面が円形状とされている。なお、キャップ膜6が形成されない場合には、コンタクトホール5Hとコンタクトホール1Hとにより、コンタクトホール7が構成される。また、コンタクトホール7は、直径が20nmから100nm程度の円形に、0.5mmから1mmの間隔で設けられる。また、コンタクトホール7は、半導体基板1の面内に沿った断面は円形状に限定されない。

[0029] また、半導体基板1の裏面には、上述した裏面電極13が半導体基板1の裏面に電氣的に接続して設けられている。裏面電極13としては、コンタクトホール7を埋めるとともに裏面パッシベーション膜5の面内方向において裏面パッシベーション膜5を全体にわたって被覆する裏面集電電極13aが設けられている。さらに、半導体基板1の裏面上には、裏面集電電極13aに囲まれて裏面集電電極13aと電氣的に接続する裏面接合電極13bが設けられている。裏面集電電極13aは、コンタクトホール1Hにおいて半導体基板1の裏面とポイント的に電氣的に接続するポイントコンタクトとされている。裏面電極13のうち裏面接合電極13bには、太陽電池モジュール100の製造時に、図9および図10に示すようにタブ線20がはんだ付け

される。

[0030] 本実施の形態にかかる太陽電池セル10は、厚さが200 μ mであり、縦幅が156mmであり、横幅が156mmである。受光面バス電極12Bは、幅が1mm、長さが155mmであり、太陽電池セル10の受光面側において、39mm間隔で4本が配置位置されている。受光面グリッド電極12Gは、幅が50 μ mから100 μ mであり、長さが155mmであり、受光面バス電極12Bの長手方向と直行する方向を長手方向にして、等間隔に1mmから2mmの間隔で156本から78本が設けられる。

[0031] 裏面接合電極13bは、幅が2mm、長さが2mmの正形状を有し、太陽電池セル10の裏面側における受光面バス電極12Bに対応する位置に、受光面バス電極12Bの長手方向と平行な方向を長手方向とする列状に、1列につき6個から10個が26mmから15mmの間隔で均等に4列に配置されている。

[0032] また、半導体基板1の裏面の表層における裏面集電電極13aに接する領域周辺には、裏面集電電極13aからアルミニウムが半導体基板1の裏面側に表層に高濃度に拡散したp+領域である裏面電界(BSF: Back Surface Field)8が形成されている。すなわち、半導体基板1の裏面の表層におけるコンタクトホール1Hに隣接する領域には、BSF層8が形成されている。半導体基板1の裏面側においては、太陽電池セルで発電された電気は、半導体基板1からBSF層8、裏面集電電極13a、裏面接合電極13bの経路で流れる。

[0033] 図11は、本発明の実施の形態にかかる太陽電池セル10の裏面の要部拡大図である。太陽電池セル10においては、コンタクトホール7が、図8に示すように半導体基板1の裏面におけるタブ線接続領域14以外の領域に設けられる。すなわち、太陽電池セル10では、裏面におけるタブ線接続領域14にはコンタクトホール7が設けられていない。

[0034] タブ線接続領域14は、半導体基板1の裏面においてタブ線20が接続される既定の領域またはタブ線20が接続される可能性の高い領域に対応する

領域であって、太陽電池セル10の横幅の全長に渡って設けられる。タブ線20が接続される可能性の高い領域とは、タブ線20が既定の接続位置から位置ずれして接続された場合にタブ線20が接続される可能性の高い領域である。タブ線接続領域14は、半導体基板1の裏面において、たとえば幅2mm×長さ156mmの幅で39mm間隔で4組設けられる。なお、図8においては、便宜上、タブ線接続領域14は、半導体基板1の裏面における横幅を超えた領域を含めて破線で示されている。

[0035] 図11に示すように、タブ線接続領域14は、第1の方向において裏面接合電極13bに隣り合う領域である第1領域14aと、タブ線20の幅をWとしたときに太陽電池セル10の裏面の面内における第1の方向と直交する第2の方向において、第1の方向に沿った一对の辺から $W/2$ の距離の範囲内の領域である第2領域14bと、を含む。第2の方向は、図中のY方向であり、直裏面接合電極13bの幅方向である。

[0036] 太陽電池セル10の電極へタブ線20を接続して太陽電池モジュール100を製造する際には、図9および図10に示すようにタブ線20が受光面バス電極12Bおよび裏面接合電極13bにはんだ付けされる。そして、タブ線20のはんだ付け処理における加熱によって残留応力が太陽電池セル10bに発生する。残留熱応力は、加熱後の冷却時における受光面バス電極12Bおよび裏面接合電極13bとタブ線20との熱収縮の差によって発生するので、裏面接合電極13b付近と、受光面バス電極12B付近に発生する。半導体基板11の厚みは200 μ m程度であり、裏面接合電極13bの配置間隔と比べて非常に小さく、半導体基板11の厚みで緩和されることが無く、半導体基板11の裏面側にも伝わる。

[0037] また、太陽電池セル10同士をタブ線20によって相互接続するために、受光面バス電極12Bと裏面接合電極13bとは、半導体基板1の面内において対応する位置に設けられている。このため、半導体基板1の裏面側における裏面接合電極13b付近は、タブ線20の接続時に裏面接合電極13b付近に発生する残留熱応力の影響を受けるとともに、タブ線20の接続時に

受光面バス電極 1 2 B 付近に発生する残留熱応力の影響を受け、多くの残留熱応力が掛かる。半導体基板 1 の裏面側における上述した第 1 領域 1 4 a と第 2 領域 1 4 b とを含むタブ線接続領域 1 4 は、半導体基板 1 の裏面側において裏面接合電極 1 3 b へのタブ線 2 0 の接続に起因した残留熱応力の影響、および受光面バス電極 1 2 B へのタブ線 2 0 の接続に起因した残留熱応力の影響を特に受けやすい領域である。

[0038] 残留熱応力が太陽電池セル 1 0 の裏面に設けられたコンタクトホール 1 H の部分に熱応力が掛かると、コンタクトホール 1 H を起点としたクラックが半導体基板 1 に発生する。そして、このクラックの発生は、太陽電池モジュール 1 0 0 の製造時の製造歩留りの悪化を招くだけでなく、太陽電池セル 1 0 を用いて構成された太陽電池モジュール 1 0 0 に外力が印加された際に太陽電池モジュールの強度低下による出力低下を引き起こし太陽電池モジュール 1 0 0 の信頼性を低下させる原因となる。

[0039] そこで、本実施の形態では、コンタクトホール 7、より詳細にはコンタクトホール 1 H を半導体基板 1 の裏面のタブ線接続領域 1 4 以外の領域に設けることにより、受光面バス電極 1 2 B 付近および裏面接合電極 1 3 b 付近に発生する残留熱応力のコンタクトホール 1 H への影響を抑制することができる。すなわち、太陽電池セル 1 0 では、裏面接合電極 1 3 b へのタブ線 2 0 の接続に起因した残留熱応力の影響、および受光面バス電極 1 2 B へのタブ線 2 0 の接続に起因した残留熱応力の影響を受ける裏面接合電極 1 3 b 付近のタブ線接続領域 1 4 にはコンタクトホール 1 H を設けていない。

[0040] これにより、太陽電池セル 1 0 は、受光面バス電極 1 2 B 付近および裏面接合電極 1 3 b 付近に生じる残留熱応力の影響で半導体基板 1 の裏面に設けられたコンタクトホール 1 H の部分に熱応力が掛かり太陽電池セル 1 0 にクラックが発生することを抑制することができる。このため、太陽電池セル 1 0 は、受光面バス電極 1 2 B 付近に生じる残留熱応力の影響による、上述した太陽電池セル 1 0 の製造歩留りの悪化および太陽電池モジュール 1 0 0 の出力低下を抑制することができる。すなわち、半導体基板 1 の裏面のタブ線接

続領域 14 以外の領域にコンタクトホール 7 を設けることにより、タブ線 20 の接続に起因した残留熱応力のコンタクトホール 1 H への影響を抑制して、コンタクトホール 1 H を起点としたクラックの発生を抑制することができる。

[0041] ここで、タブ線 20 の直上においても残留熱応力が発生することが危惧されるため、コンタクトホール 7 を設けないことが好ましい。したがって、第 1 の方向において裏面接合電極 13 b に隣り合う領域である第 1 領域 14 a にはコンタクトホール 7 を設けないことが好ましい。すなわち、コンタクトホール 7 は、第 1 の方向において裏面接合電極 13 b に隣り合う領域である第 1 領域 14 a を避けて設けられていることが好ましい。

[0042] また、タブ線 20 の接続においては、既定の接続位置からタブ線 20 の位置ずれが発生する場合がある。このようなタブ線 20 の位置ずれを考慮して選択的にコンタクトホール 7 を形成することが好ましい。タブ線 20 の位置ずれに関しては、裏面接合電極 13 b からの集電効果を考慮すると、タブ線 20 の幅方向における半分以上の領域が裏面接合電極 13 b とはんだ接合されていることが好ましい。タブ線 20 の幅を W とすると、コンタクトホール 7 が形成されない非コンタクトホール領域は、前記のタブ線 20 の位置ずれに考慮した $W/2$ の範囲とすることが好ましい。すなわち、タブ線 20 の幅を W としたときに太陽電池セル 10 の裏面の面内における第 1 の方向と直交する第 2 の方向において、図 11 に示すように一对の辺 13 s、13 s から $W/2$ の距離の範囲内の領域である第 2 領域 14 b にはコンタクトホール 7 を設けないことが好ましい。すなわち、コンタクトホール 7 は、第 1 の方向において裏面接合電極 13 b に隣り合う領域である第 2 領域 14 b を避けて設けられていることが好ましい。

[0043] また、太陽電池セル 10 においては、受光面積を広く確保するために、受光面バス電極 12 B の幅とタブ線の幅とは同じ幅とされ、たとえば 1 mm 幅とされる。一方、裏面接合電極 13 b の幅は、裏面接合電極 13 b およびタブ線の製造精度を考慮し、タブ線の幅よりも 1 mm 程度広い幅とされ、たと

例えば2mm程度の幅とされる。そして、この場合は、図11に示すように、タブ線20の幅をWとしたときに第2の方向における裏面接合電極13bの幅が2Wであり、コンタクトホール7は、第2の方向における裏面接合電極13bの中心位置Cから2Wの距離の範囲内には設けない。すなわち、半導体基板1の裏面においてタブ線20が接続される既定の領域だけでなく、タブ線20が既定の接続位置から位置ずれして接続された場合にタブ線20が接続される可能性の高い領域にもコンタクトホール7を設けない。これにより、タブ線20が既定の接続位置から位置ずれして接続された場合でも上記の効果が得られる。

[0044] つぎに、上記の本実施の形態にかかる太陽電池モジュール100の製造方法について説明する。

[0045] (太陽電池セルの作製)

まず、太陽電池セル10が作製される。図12は、本発明の実施の形態にかかる太陽電池セル10の製造方法の手順を示すフローチャートである。図13から図20、図22および図23は、本発明の実施の形態にかかる太陽電池セル10の製造方法を示す断面図である。図21は、本発明の実施の形態において半導体基板の裏面側におけるコンタクトホールが形成される領域を示す模式平面図である。

[0046] 図13は、本発明の実施の形態においてボロン(B)がドーピングされたp型のシリコンからなる半導体基板1におけるダメージ層15の存在を示す概念図である。図14は、本発明の実施の形態において半導体基板1の表面に存在するダメージ層15を除去した状態を示す概念図である。図13および図14においては、シリコンインゴットからワイヤーソーでカットされたp型の単結晶シリコン基板である半導体基板1について示している。p型の単結晶シリコン基板を形成するには、たとえば引き上げ法によって円柱インゴットが作製される。たとえば1400℃前後で熔融させたシリコン内にボロンをドーピングさせてシリコン内に正孔を発生させて、引き上げ法により引き上げられることで、円柱状のp型シリコンインゴットが得られる。

[0047] 一般的に、シリコンにボロンをドーピングすることで、シリコンインゴット内が低抵抗となる一方で、シリコンの純度の低下、すなわち取り出せる電子が少なくなり結晶品質が低下することが危惧されるため、ボロンのドーピング量には注意が必要とされる。このような純度の低下は、特に品質の安定した単結晶シリコンの場合に顕著に現れることが広く知られており、シリコンの比抵抗で管理されることが多い。また、シリコン内にタングステン、チタン、鉄、アルミおよびニッケルといった不純物が介在することで、結晶欠陥およびシリコンのバンドギャップの中央部に準位が形成され、太陽電池セル10のシリコン基板の内部で発生したキャリアの再結合を加速し、取り出せる電流が少なくなる点にも注意が必要である。

[0048] 円柱状のp型シリコンインゴットは、バンドソーによりインゴットサイズのブロックに切り出された後、さらにマルチワイヤーソーによって実用的な大きさの太陽電池用の半導体基板1にスライス加工される。マルチワイヤーソーによりスライスされた半導体基板1の表面には、機械加工で発生したダメージ層15が残存しており、このままでは光電変換効率の高い太陽電池セル10を作製できない。このため、水酸化ナトリウムもしくは水酸化カリウムに代表される苛性アルカリの水溶液を使用したエッチング、または室温程度のフッ酸と硝酸との混合溶液などの酸溶液を用いたエッチングによってダメージ層15の除去が行われる。ダメージ層15は、p型シリコン基板のスライスの方式によっても異なるが、一般的に10 μ m程度の深さまで残存している。そして、ダメージ層15の残存程度によって、エッチング処理時間を可変させる必要がある。

[0049] 図15は、本発明の実施の形態において半導体基板1の表面にテクスチャー構造を形成するテクスチャーエッチング工程を示す模式断面図である。ダメージ層15の除去後、ステップS10において、該半導体基板1に対してエッチングを行うことにより、図15に示すように半導体基板1の表面にテクスチャー構造として深さが1 μ mから10 μ m程度のサイズの微小凹凸2を形成する。テクスチャー構造を形成するエッチングは、一般的に、水酸化

ナトリウム水溶液といったアルカリ水溶液にイソプロピルアルコール (Isopropyl Alcohol: IPA) を混合した混合溶液法を使って処理されることが多いが、ドライエッチング法を選択することもできる。

[0050] 図14に示すようにダメージ層15の除去処理が施された半導体基板1においては、表面に入射した光を35%前後反射してしまい、半導体基板1内に取り込める光量が少なくなる。テクスチャー構造を半導体基板1の受光面側に形成することで、微小凹凸2の表面で光を拡散反射させ、太陽電池セル10の表面で光の多重反射を生じさせて、実効的に反射率を低減させることができる。そして、半導体基板1内に取り込める光量を増やすことで、太陽電池セル10で取り出せる電流値を向上させることができ、光電変換効率を向上させることができる。

[0051] 図16は、本発明の実施の形態において半導体基板1にn型不純物拡散層3を形成する不純物拡散工程を示す模式断面図である。テクスチャー構造の形成後、ステップS20において、太陽電池の基本構造となるPN接合を形成する。PN接合は、表面にテクスチャー構造を形成した半導体基板1に対してリン(P)を熱拡散により表面から拡散させて、図16に示すように、シート抵抗が $60\Omega/\text{sq.}$ から $200\Omega/\text{sq.}$ 程度のn型不純物拡散層3を半導体基板1の表面層に形成することで形成される。半導体基板1に対するリンの気相拡散は、一般的にオキシ塩化リン(POCl_3) 雰囲気下で行われる。

[0052] ここで、図16に示すように、n型不純物拡散層3の形成直後の半導体基板1の表面にはガラスを主成分とする膜であり P_2O_5 と SiO_2 とを含むリンガラス層3aが形成されているため、フッ酸に代表される処理液を用いて除去する。リンガラス層3aを除去することで、光の透過性を向上させるとともに、太陽電池セル10で発生したキャリアの再結合を防止できる。

[0053] なお、一般的なリンの拡散工程においては半導体基板へのリンの拡散濃度を安定化させるために、一度リンを拡散させた後に、基板の表面部の拡散層をエッチングし、その後さらに高温下で再拡散工程すなわちドライブイン工

程を実施する手法が取られることが多い。

[0054] 図17は、本発明の実施の形態において半導体基板1の裏面側の平坦化工程を示す模式断面図である。PN接合の形成後、ステップS30において、半導体基板1の裏面側に形成されたn型不純物拡散層3を除去するとともに半導体基板1の裏面側を平坦化する平坦化工程が実施される。これにより、受光面側にn型不純物拡散層3が形成され、裏面が平坦とされた半導体基板11が得られる。

[0055] まず、受光面側をレジストまたは耐酸性樹脂といった保護膜で保護した後、フッ硝酸溶液中に半導体基板1を浸漬することにより、半導体基板1の端面と裏面側のn型不純物拡散層3を除去する。そして、受光面側を保護した状態で、フッ化水素水溶液と硝酸との混酸またはアルカリ水溶液で半導体基板1の裏面をエッチングすることによって半導体基板1の裏面を平坦にする。この半導体基板1の裏面の平坦化処理は、PERC構造を安定して作製するために必要な処理である。

[0056] なお、半導体基板1の裏面側においては、あらかじめn型不純物拡散層3を形成しないようにすることも可能である。

[0057] 図18は、本発明の実施の形態において半導体基板1の裏面に裏面パッシベーション膜5とキャップ膜6とを形成する工程を示す模式断面図である。ここでは、裏面パッシベーション膜5の上にさらにキャップ膜6を形成する場合について説明する。半導体基板1の裏面の平坦化後、ステップS40において、図18に示すように、膜厚が5nmから20nm程度の酸化アルミニウム(Al_2O_3)からなる裏面パッシベーション膜5と、膜厚が100nmから150nm程度のシリコン酸窒化膜(SiON)からなるキャップ膜6と、をこの順で半導体基板1の裏面上に形成する。裏面パッシベーション膜5およびキャップ膜6の形成には、たとえばプラズマCVD法を使用することができる。

[0058] 裏面パッシベーション膜5を形成することにより、半導体基板1の裏面のシリコン表面と裏面パッシベーション膜5との界面でのキャリアの消失を抑

制するとともに、波長の長い赤色光を裏面パッシベーション膜5上で反射して半導体基板1内に戻し、光電変換効率を向上させる効果が期待できる。

[0059] 図19は、本発明の実施の形態において半導体基板11の受光面側に反射防止膜4を形成する工程を示す模式断面図である。裏面パッシベーション膜5とキャップ膜6との形成後、ステップS50において、図19に示すように、膜厚が65nmから90nmのSiNH₂O膜からなる反射防止膜4を、n型不純物拡散層3を形成した半導体基板1の受光面側、すなわちn型不純物拡散層3上に形成する。すなわち、半導体基板11内への光閉じ込めおよび取り込みを効果的に行うために、上述したテクスチャー構造に加え、屈折率の異なる薄膜を半導体基板11の光入射面に形成する。反射防止膜4の形成には、たとえばプラズマ化学蒸着（Chemical Vapor Deposition: CVD）法を使用し、シランとアンモニアと酸素との混合ガスを用いて反射防止膜4としてシリコン窒化膜を形成する。なお、反射防止膜4としてシリコン酸化膜を形成してもよい。

[0060] 反射防止膜4の形成にプラズマCVD法を用いることにより、反射防止膜4を形成すると同時に、反射防止膜4の形成プロセス中に生成する水素イオンおよびラジカルが半導体基板11の表面および結晶粒界に存在するダングリングボンドを解消し、結晶品質向上効果を得ることが可能になる。ダングリングボンドは基板表面上に存在するシリコン原子の結合の手が切れた状態を意味し、前記水素イオンならびにラジカルと結合させることで準位をバンドギャップの端に移して再結合速度を低下させることが可能になる。

[0061] 反射防止膜4に関しては、反射防止膜4の表面と半導体基板11の表面とで反射する光の干渉を用いることで、両者の周期が半波長ずれることにより互いに打ち消し合い、反射光が検出されない状態が適切な状態といえる。ただし、太陽電池モジュールを製品として扱う際は後述する、カバーガラスおよび封止材といった部材も扱う必要があり、前述した適切な反射防止膜4の仕様が変わることに注意が必要である。

[0062] 図20は、本発明の実施の形態において半導体基板1の裏面側にコンタク

トホール7を形成する工程を示す模式断面図である。半導体基板1の裏面に裏面パッシベーション膜5とキャップ膜6とを形成したことで半導体基板1の裏面は絶縁構造となる。このため、ステップS60において、半導体基板1の裏面と裏面電極13とを導通させるために、コンタクトホール7を設ける必要がある。

[0063] まず、膜厚方向においてキャップ膜6を貫通して既定のコンタクトホール径を有するドット状のコンタクトホール6H、および膜厚方向において裏面パッシベーション膜5を貫通して既定のコンタクトホール径を有するドット状のコンタクトホール5Hを、半導体基板1の裏面側におけるタブ線接続領域14を除いた領域の全面に形成する。コンタクトホール6Hおよびコンタクトホール5Hは、たとえばレーザーを用いて、既定の間隔を有する格子状に形成される。なお、キャップ膜6を形成せずに裏面パッシベーション膜5のみを形成している場合には、コンタクトホール5Hのみが形成される。

[0064] つぎに、コンタクトホール5Hと同じ既定のコンタクトホール径、および既定のコンタクトホール深さを有するコンタクトホール1Hを、半導体基板1の裏面においてコンタクトホール5Hの下部に対応する領域にレーザーを用いて形成する。これにより、半導体基板1の裏面側に、コンタクトホール6Hとコンタクトホール5Hとコンタクトホール1Hとが連通した、既定のコンタクトホール径および既定のコンタクトホール深さを有するコンタクトホール7が形成される。

[0065] 図21は、本発明の実施の形態において半導体基板1の裏面側におけるコンタクトホール7が形成される領域を示す模式平面図である。コンタクトホール7は、上述したように、半導体基板1の裏面におけるタブ線接続領域14以外の領域に満遍なくドット状に配置される。コンタクトホール7は、半導体基板1の裏面全体に0.5mmから1mm程度の間隔で等間隔に配置される。図21では、隣り合うコンタクトホール7の間隔および数量は模式的に示している。

[0066] なお、コンタクトホールの形成については、レーザー照射による機械孔加

工を行うことが一般的であるが、裏面電極 13 の形成時にファイヤースルー性能を有する電極材料を使用することで、孔加工を代用することも可能になる。

[0067] 図 22 は、本発明の実施の形態において受光面電極 12 および裏面電極 13 の形成用の電極材料ペーストを半導体基板 11 の表裏面に印刷する工程を示す模式断面図である。ステップ S70 において、裏面接合電極 13b の電極材料であって銀およびガラスを含む裏面接合電極材料ペースト 16a により、図 22 に示すように、半導体基板 11 の裏面におけるキャップ膜 6 上にスクリーン印刷法により裏面接合電極 13b のパターンを選択的に印刷する。裏面接合電極材料ペースト 16a は、キャップ膜 6 上において、コンタクトホール 7 が形成されていないタブ線接続領域 14 の既定の形成領域に、既定の間隔を有する格子状に印刷される。キャップ膜 6 を形成しない場合には、裏面接合電極材料ペースト 16a は裏面パッシベーション膜 5 上に印刷される。

[0068] その後、裏面接合電極材料ペースト 16a を乾燥する。スクリーン印刷には、一般的なスクリーン印刷機が用いられる。すなわち、電極材料ペーストが載せられた状態の印刷マスク上においてスキージを走査させることで、印刷マスクを介して、半導体基板 11 における印刷面に電極材料ペーストが印刷される。

[0069] つぎに、ステップ S80 において、裏面集電電極 13a の電極材料であってアルミニウムおよびガラスを含む裏面集電電極材料ペースト 16b により、図 22 に示すように、半導体基板 11 の裏面にスクリーン印刷法により裏面集電電極 13a のパターンを選択的に印刷する。裏面集電電極材料ペースト 16b は、第 1 の導電型の拡散源を含む電極材料ペーストである。裏面集電電極材料ペースト 16b は、半導体基板 11 の裏面側において、コンタクトホール 7 を埋めるとともに半導体基板 11 の裏面の面内方向においてキャップ膜 6 を全体にわたって被覆して印刷される。すなわち、裏面集電電極材料ペースト 16b は、隣り合うコンタクトホール 7 の間を接続して印刷され

る。裏面集電電極材料ペースト 16 b は、裏面接続電極材料ペースト 16 a を囲んだ状態で印刷される。その後、裏面集電電極材料ペースト 16 b を乾燥する。

[0070] つぎに、ステップ S 90 において、図 22 に示すように、半導体基板 11 の受光面側の反射防止膜 4 上に、受光面電極 12 の電極材料であって銀およびガラスを含む受光面電極材料ペースト 16 c を、受光面電極 12 の形状に選択的にスクリーン印刷法により印刷する。すなわち、受光面電極材料ペースト 16 c を受光面グリッド電極 12 G のパターンおよび受光面バス電極 12 B のパターンに選択的に印刷する。

[0071] 図 23 は、本発明の実施の形態において電極材料ペーストを同時焼成して受光面電極 12 および裏面電極 13 を形成する工程を示す模式断面図である。つぎに、ステップ S 100 において、大気中または酸素雰囲気中において、たとえば 700℃ から 900℃ の温度で 2 秒から 10 秒の時間、裏面接続電極材料ペースト 16 a、裏面集電電極材料ペースト 16 b および受光面電極材料ペースト 16 c の印刷パターンを同時に焼成する。焼成によって、電極材料ペーストが含有する有機溶剤等を加熱分解し、電極として好ましい低抵抗な状態へと変質させるとともに、電極と半導体基板 11 間にオーミック接触を確保する。

[0072] すなわち、焼成を行うことによって、図 23 に示すように、受光面電極材料ペースト 16 c が反射防止膜 4 をファイヤースルーして貫通し、n 型不純物拡散層 3 と導通する受光面電極 12 が形成される。

[0073] また、図 23 に示すように裏面集電電極 13 a および裏面接合電極 13 b が形成されるとともに、半導体基板 11 の裏面の表層における裏面集電電極 13 a に接する領域周辺に、裏面集電電極 13 a からアルミニウムが高濃度に拡散した p+ 領域である B S F 層 8 が形成され、該 B S F 層 8 と裏面集電電極 13 a とがコンタクトホール 7 内において電氣的に接続する。すなわち、コンタクトホール 7 内に印刷された裏面集電電極材料ペースト 16 b と半導体基板 11 の裏面のシリコンとが共晶反応して B S F 層 8 を形成するとと

もに、BSF層8に電氣的に接続するポイントコンタクトが形成される。

[0074] 受光面電極12においては、絶縁膜である反射防止膜4を貫通して反射防止膜4の下に存在するn型不純物拡散層3との良好な電氣的コンタクトを確保する必要があるため、少なくとも受光面グリッド電極12Gにおいては、電極材料ペーストにガラス材を混入する。そして、焼成時に電極材料ペーストが溶融する際に、ガラス材が反射防止膜4であるシリコン窒化膜、酸化チタンと共融を起こし金属成分である銀も含めてn型不純物拡散層3まで到達する。

[0075] ただし、金属成分である銀がn型不純物拡散層3に到達しない場合は太陽電池セル10の曲線因子(Fill Factor: FF)の特性低下を招き、金属成分である銀がn型不純物拡散層3より深い位置にまで到達すると太陽電池セル10の発電時にリークが発生するため、注意が必要となる。

[0076] また、キャスト基板は高温下に曝すとキャリアの拡散長が小さくなることで結晶性が悪化することが知られているため、電極の焼成はできる限り低温且つ短時間で処理することが好ましい。

[0077] また、上述したPERC構造セルにおいては、光照射による光誘発性劣化(Light Induced Degradation: LID)が問題となるケースがある。これは、シリコンバルク内を電子または正孔が移動することでボロン(B)と酸素(O)とのペアが不安定な状態となり、裏面にBSF構造を有する太陽電池セルと比較してもより顕著な劣化となることが知られている。

[0078] 光誘発性劣化は、特にボロン(B)ドーパ量に依存する低比抵抗基板において、さらに顕著になることも知られている。前記の光誘発性劣化を抑制するため、光を照射しながら100℃から250℃程度の高温化でアニール処理をすることで、ボロン(B)とO(酸素)とのペアを安定化させる技術が知られており、低比抵抗P型PERC構造セルにおいては前記の処理を実施することが好ましい。

[0079] 以上の工程を実施することにより、太陽電池セル10が得られる。なお、

電極材料ペーストは、スパッタリング法または転写法といった他の方法によって行ってもよい。

[0080] (タブ線の接続)

つぎに、太陽電池セル10にタブ線20が接続される。すなわち、太陽電池セルの裏面10Bに形成された裏面接合電極13b上にタブ線20における一端側の領域が配置され、且つ隣接する太陽電池セルの受光面10Aに形成された受光面バス電極12Bに該タブ線20における他端側の領域が配置される。そして、タブ線20に被覆されたはんだが加熱により熔融され、その後、冷却凝固される。これにより、タブ線20における一端側の領域と裏面接合電極13bと、およびタブ線20における他端側の領域と受光面バス電極12Bと、のはんだ接合が行われ、太陽電池セル10にタブ線20が電気的および機械的に接続される。

[0081] 図24は、本発明の実施の形態において受光面電極12および裏面電極13とタブ線20とを電気的に接合するタブ線接合工程を示す模式図である。図24に示すように、太陽電池セル10の裏面接合電極13bにタブ線20における一端側の領域を重ね、図示しない受光面バス電極12Bにタブ線20における他端側の領域を重ねた状態で、ヒートツール200でタブ線20を加熱することで、タブ線20と裏面接合電極13bとの電気的接合および機械的接合と、タブ線20と受光面バス電極12Bとの電気的接合および機械的接合と、が同時に得られる。なお、太陽電池セル10とタブ線20との接続には、導電性ペーストまたは粘着性の導電性フィルム(Conductive Film: CF)を用いた接合を用いてもよい。

[0082] 図24に示すようにタブ線20を太陽電池セル10に接続する際には太陽電池セル10に熱ストレスが加わり、雰囲気中での冷却を経て、タブ線20の周辺、すなわち受光面バス電極12Bの周辺および裏面接合電極13bの周辺に残留熱応力が発生する。

[0083] しかしながら、本実施の形態にかかる太陽電池セル10では、上述したように、コンタクトホール7は、半導体基板11の裏面におけるタブ線接続領

域 1 4 以外の領域に形成されている。これにより、上述したように太陽電池セル 1 0 の受光面バス電極 1 2 B および裏面接合電極 1 3 b へのタブ線 2 0 の接続時の残留熱応力の影響に起因した太陽電池セル 1 0 の製造歩留りの悪化および太陽電池モジュール 1 0 0 の出力低下を抑制することができる。

[0084] 図 2 5 は、本発明の実施の形態における太陽電池ストリング 5 0 を示す斜視図である。以上のタブ線 2 0 の接続処理を繰り返して、図 2 5 に示すように所望の枚数の太陽電池セル 1 0 が直列に接続された複数の太陽電池ストリング 5 0 を形成する。そして、以上のようにして得られた複数の太陽電池ストリング 5 0 を横タブ線 2 5 で接続して太陽電池アレイ 7 0 を形成する。太陽電池アレイ 7 0 は、並列に配置した複数の太陽電池ストリング 5 0 を横タブ線 2 5 としてのバスバーを用いて直列に接続し、電力取り出し用の出力タブ線 2 6 としてのバスバーを設置することで形成される。

[0085] 太陽電池ストリング 5 0 の作製工程においても、太陽電池セル 1 0 には熱ストレスが加わることで、コンタクトホール 1 H を起点としたクラックが半導体基板 1 に発生する可能性がある。

[0086] しかしながら、本実施の形態にかかる太陽電池セル 1 0 では、上述したように、コンタクトホール 7 は、半導体基板 1 の裏面におけるタブ線接続領域 1 4 以外の領域に形成されている。これにより、上述したように太陽電池セル 1 0 の受光面バス電極 1 2 B および裏面接合電極 1 3 b へのタブ線 2 0 の接続時の残留熱応力の影響に起因した太陽電池セル 1 0 の製造歩留りの悪化および太陽電池モジュール 1 0 0 の出力低下を抑制することができる。

[0087] (積層体の形成)

つぎに、図 2 に示した配置で、太陽電池アレイ 7 0 の受光面側に受光面側封止材 3 3 と受光面保護材 3 1 とを配置し、太陽電池アレイ 7 0 の裏面側に裏面側封止材 3 4 と裏面保護材 3 2 とを配置して積層体を形成する。

[0088] (ラミネート処理)

つぎに、積層体をラミネート装置に装着し、140℃以上160℃以下で30分前後の熱処理およびラミネート処理を行う。これにより、積層体の各

部材が、受光面側封止材 3 3 と裏面側封止材 3 4 と裏面保護材 3 2 とを介して一体化され、太陽電池モジュール 1 0 0 が得られる。

[0089] 太陽電池モジュール 1 0 0 は屋外に設置されるものであり、雪の荷重または風などの外力が表面カバーガラス及び裏面バックフィルムに印加されるケースも珍しくない。この際に、パッケージングされた内部の太陽電池セル 1 0 にも応力が発生することで、半導体基板 1 にコンタクトホール 1 H を起点としたクラックが発生し、発電低下を及ぼすリスクもあった。

[0090] しかしながら、本実施の形態にかかる太陽電池セル 1 0 では、上述したように、コンタクトホール 7 は、半導体基板 1 の裏面におけるタブ線接続領域 1 4 以外の領域に形成されている。これにより、上述したように太陽電池セル 1 0 の受光面バス電極 1 2 B および裏面接合電極 1 3 b へのタブ線 2 0 の接続時の残留熱応力の影響に起因した太陽電池セル 1 0 の製造歩留りの悪化および太陽電池モジュール 1 0 0 の出力低下を抑制することができる。

[0091] 上述したように、本実施の形態にかかる太陽電池セル 1 0 では、裏面側に設けられるコンタクトホール 7 が、半導体基板 1 の裏面におけるタブ線接続領域 1 4 以外の領域に限定して選択的に形成されている。したがって、上述したように、裏面パッシベーション膜 5 による半導体基板 1 1 の裏面におけるパッシベーション効果によって太陽電池セル 1 0 の特性改善を図るとともに、太陽電池セル 1 0 の受光面電極 1 2 および裏面電極 1 3 へのタブ線 2 0 の接続に起因した不具合の発生を抑制することが可能である。

[0092] 以上の実施の形態に示した構成は、本発明の内容の一例を示すものであり、別の公知の技術と組み合わせることも可能であるし、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、構成の一部を省略、変更することも可能である。

符号の説明

[0093] 1, 1 1 半導体基板、1 H, 5 H, 6 H, 7 コンタクトホール、2 微小凹凸、3 n型不純物拡散層、3 a リンガラス層、4 反射防止膜、5 裏面パッシベーション膜、6 キャップ膜、8 裏面電界層、1 0 太陽電池セル、1 0 A 太陽電池セルの受光面、1 0 B 太陽電池セルの裏面

、 11 A 半導体基板の受光面、 11 B 半導体基板の裏面、 12 受光面電極、 12 B 受光面バス電極、 12 G 受光面グリッド電極、 13 裏面電極、 13 a 裏面集電電極、 13 b 裏面接合電極、 13 s 一对の辺、 14 タブ線接続領域、 14 a 第1領域、 14 b 第2領域、 15 ダメージ層、 16 a 裏面接合電極材料ペースト、 16 b 裏面集電電極材料ペースト、 16 c 受光面電極材料ペースト、 20 タブ線、 25 横タブ線、 26 出力タブ線、 31 受光面保護材、 32 裏面保護材、 33 受光面側封止材、 34 裏面側封止材、 40 フレーム、 50 太陽電池ストリング、 70 太陽電池アレイ、 100 太陽電池モジュール、 200 ヒートツール。

請求の範囲

- [請求項1] 第1導電型のシリコン基板と、
前記シリコン基板において受光面と対向する裏面に形成された裏面パッシベーション膜と、
前記裏面パッシベーション膜を貫通して前記裏面パッシベーション膜の表面から前記シリコン基板の前記裏面の表層に達する複数のコンタクトホールと、
前記裏面パッシベーション膜上に第1の方向に沿って並べて設けられ、前記第1の方向に沿った帯状のタブ線を接続するための複数の第1の裏面電極と、
前記コンタクトホール内の前記シリコン基板と前記第1の裏面電極とを接続する裏面集電電極と、
を備え、
前記第1の方向において前記第1の裏面電極に隣り合う領域を避けて前記コンタクトホールが設けられていること、
を特徴とする太陽電池セル。
- [請求項2] 前記第1の裏面電極が、前記裏面の面内において前記第1の方向に沿った一对の辺を有する四角形状を有し、
前記タブ線の幅を W としたときに、前記コンタクトホールは、前記裏面の面内における前記第1の方向と直交する第2の方向において、前記一对の辺から $W/2$ の距離の範囲を避けて設けられていること、
を特徴とする請求項1に記載の太陽電池セル。
- [請求項3] 前記第2の方向における前記第1の裏面電極の幅が $2W$ であり、
前記コンタクトホールは、前記第2の方向において前記第1の裏面電極の中心位置から $2W$ の距離の範囲を避けて設けられていること、
を特徴とする請求項2に記載の太陽電池セル。
- [請求項4] 第1の太陽電池セルと、
前記第1の太陽電池セルに並べて配置される第2の太陽電池セルと

、
前記第1の太陽電池セルの受光面側に設けられた受光面電極と、前記第2の太陽電池セルにおいて受光面と対向する裏面に設けられた第1の裏面電極と、を接続する帯状のタブ線と、

を備え、

前記第1の太陽電池セルおよび前記第2の太陽電池セルは、

第1導電型のシリコン基板と、

前記シリコン基板の裏面に形成された裏面パッシベーション膜と、

前記裏面パッシベーション膜を貫通して前記裏面パッシベーション膜の表面から前記シリコン基板の前記裏面の表層に達する複数のコンタクトホールと、

前記裏面パッシベーション膜上に第1の方向に沿って並べて設けられた複数の前記第1の裏面電極と、

前記コンタクトホール内の前記シリコン基板と前記第1の裏面電極とを接続する第2の裏面電極とを有し、

前記第1の方向において前記第1の裏面電極に隣り合う領域を避けて前記コンタクトホールが設けられていること、

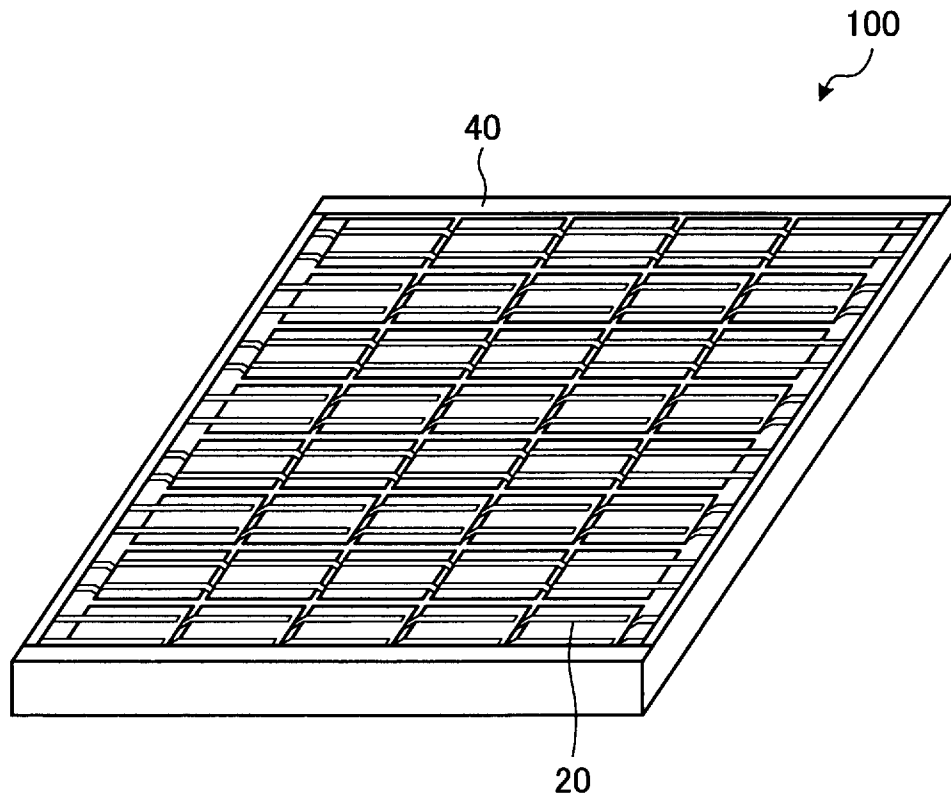
を特徴とする太陽電池モジュール。

[請求項5] 前記第1の裏面電極が、前記裏面の面内において前記第1の方向に沿った一对の辺を有する四角形状を有し、

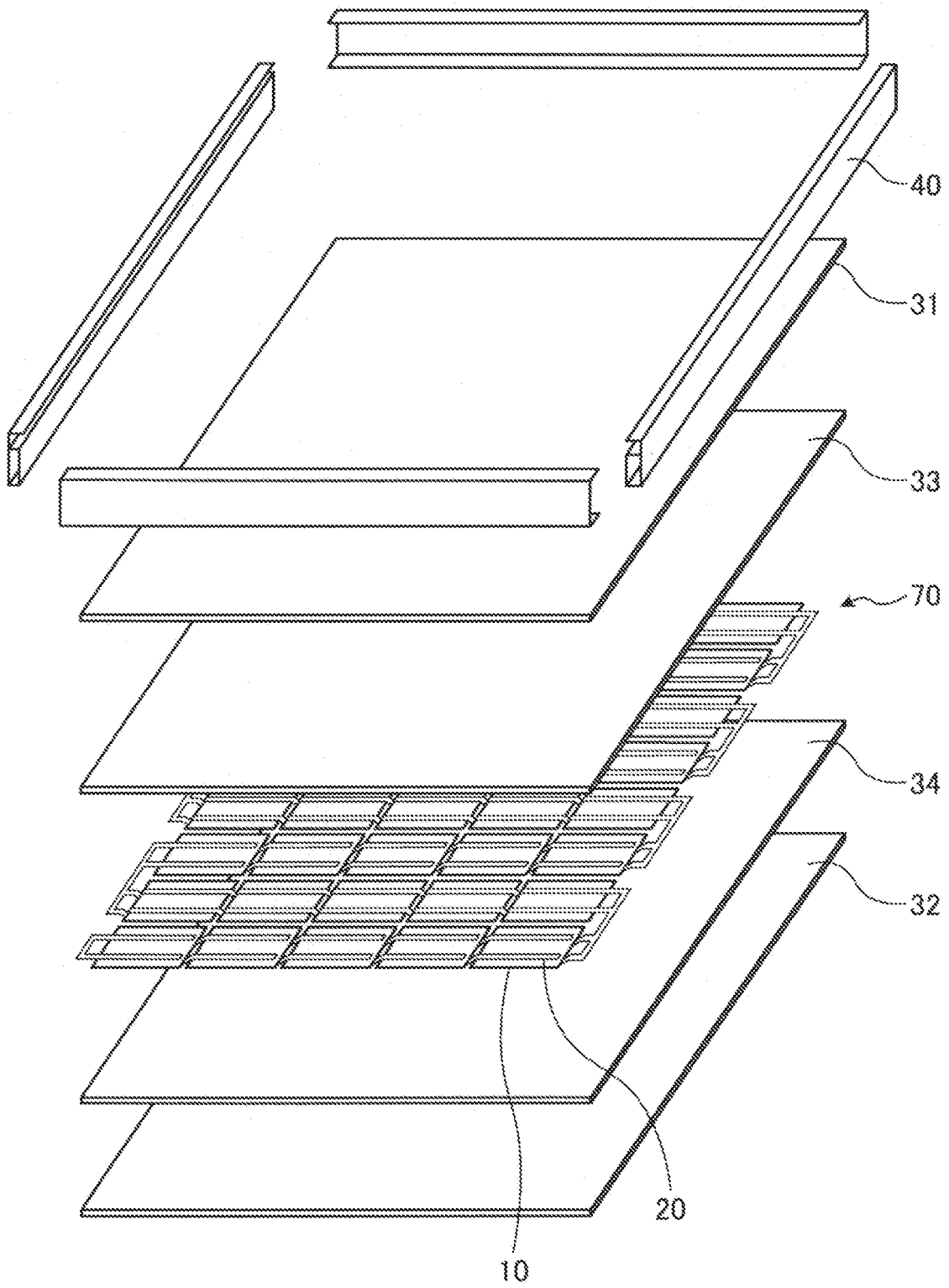
前記タブ線の幅を W としたときに、前記コンタクトホールは、前記裏面の面内における前記第1の方向と直交する第2の方向において、前記一对の辺から $W/2$ の距離の範囲を避けて設けられていること、
を特徴とする請求項4に記載の太陽電池モジュール。

[請求項6] 前記第2の方向における前記第1の裏面電極の幅が $2W$ であり、
前記コンタクトホールは、前記第2の方向において前記第1の裏面電極の中心位置から $2W$ の距離の範囲を避けて設けられていること、
を特徴とする請求項5に記載の太陽電池モジュール。

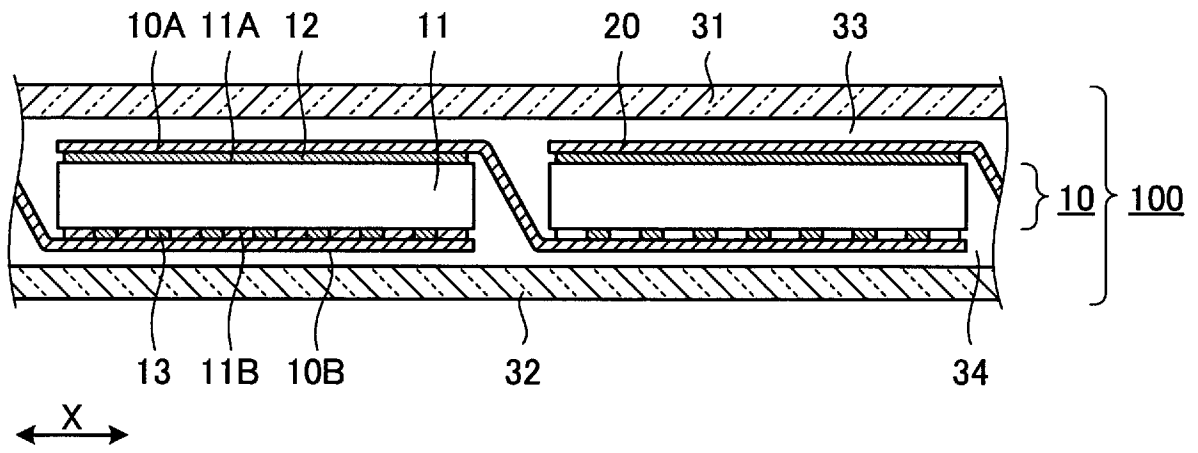
[図1]



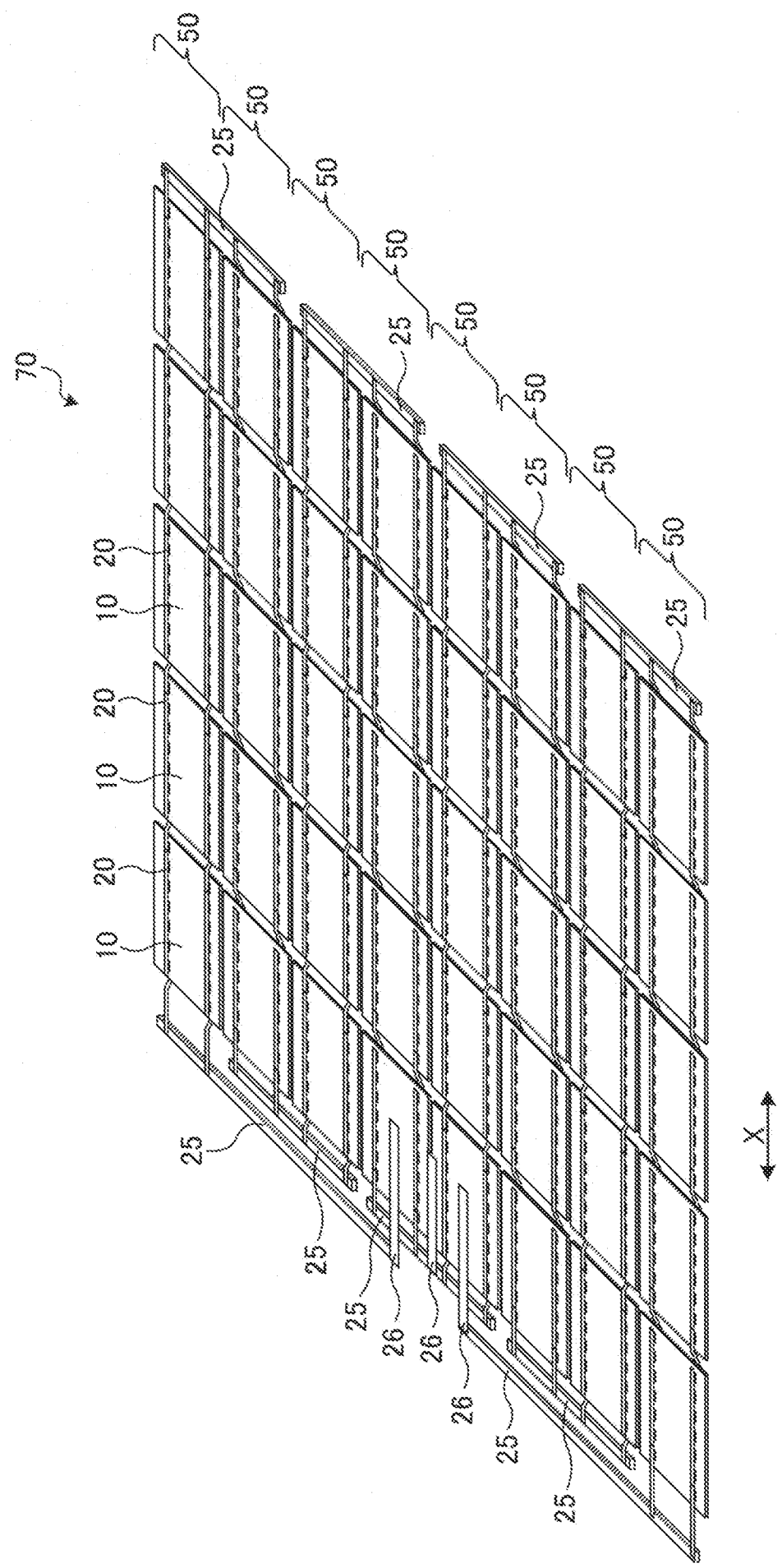
[図2]



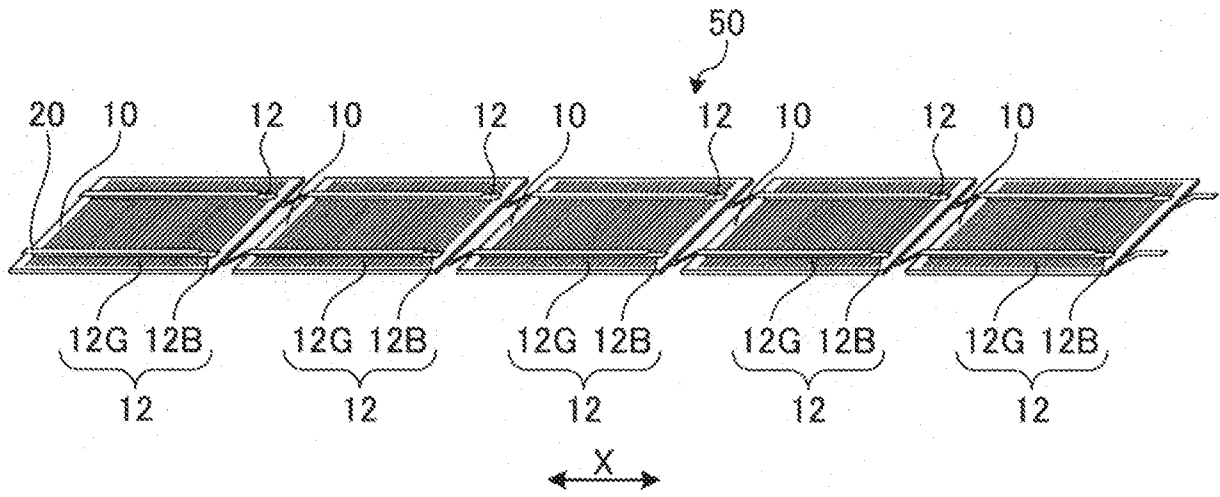
[図3]



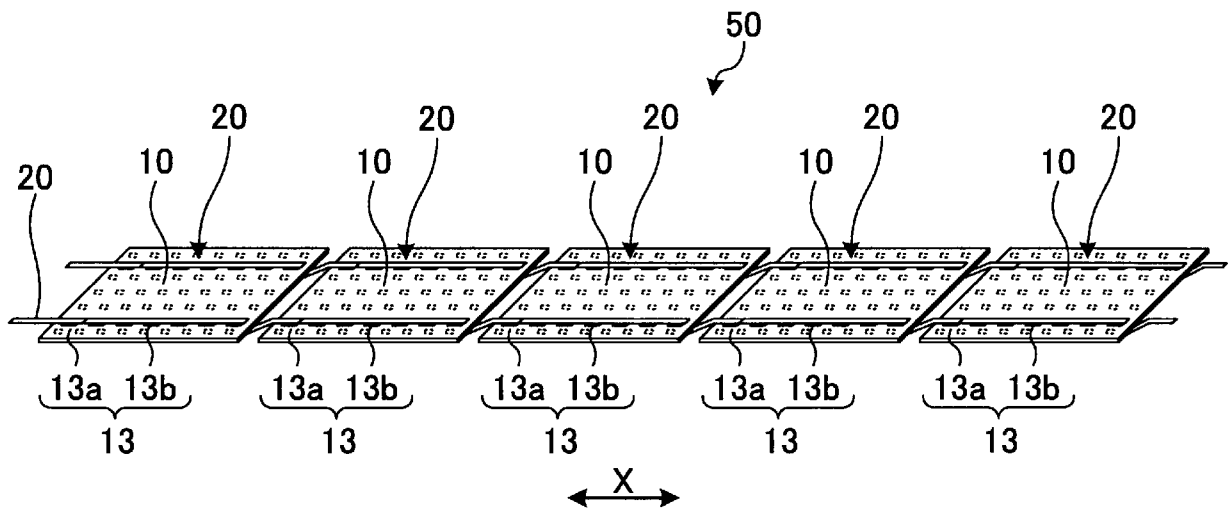
[図4]



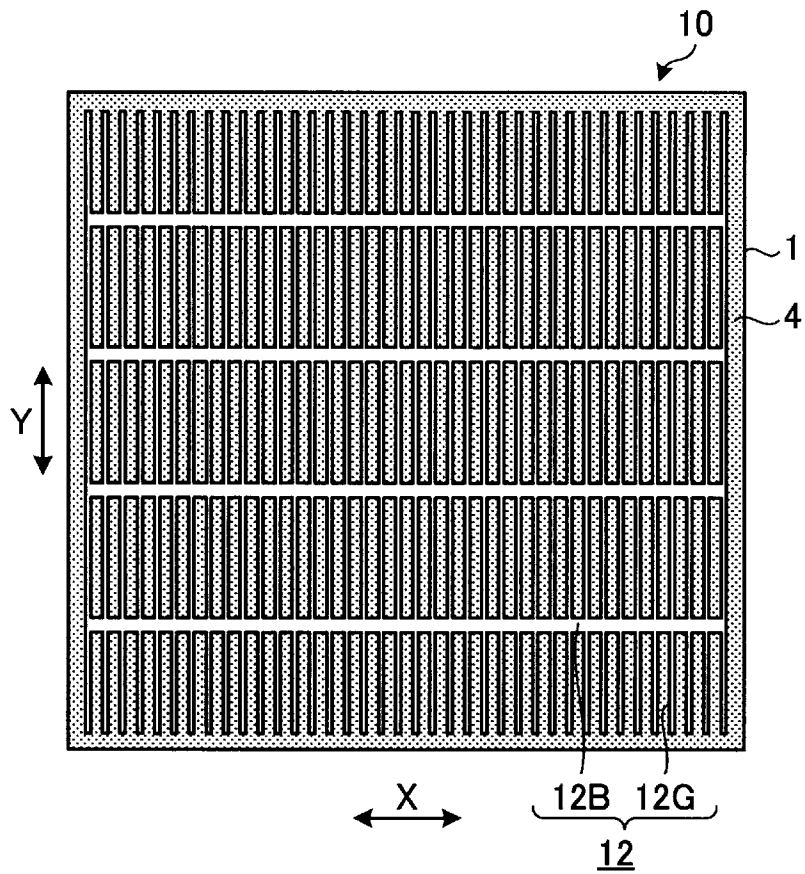
[図5]



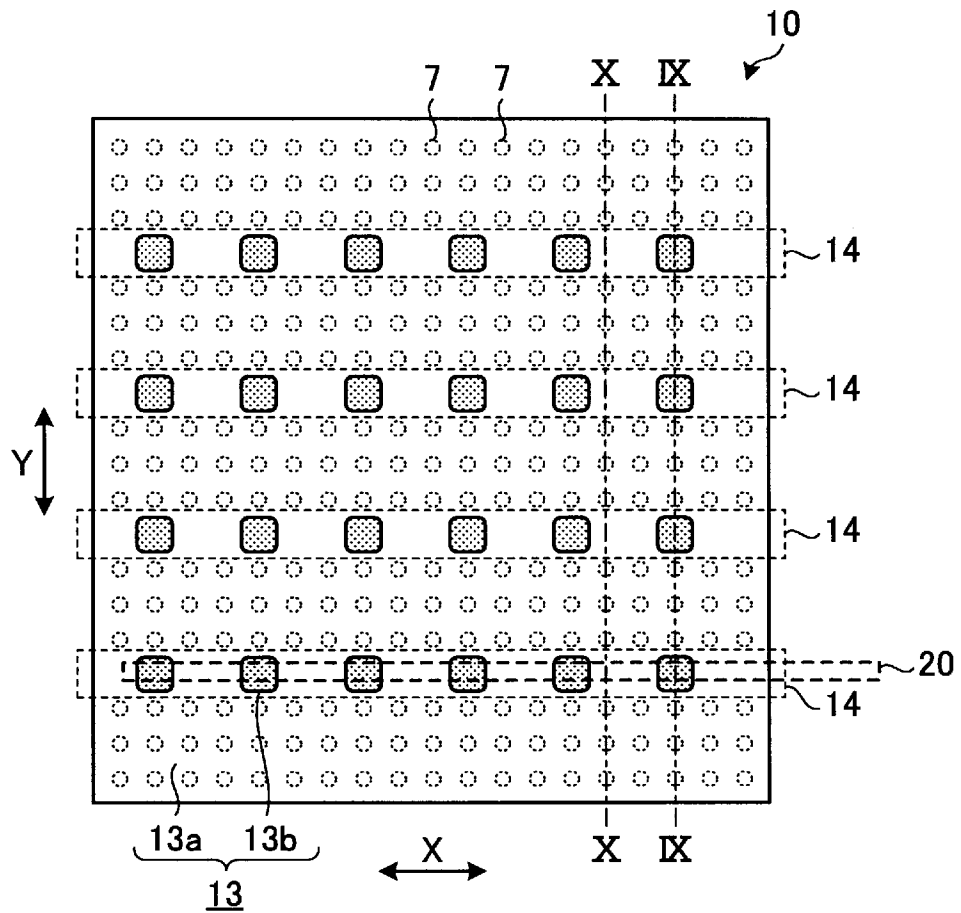
[図6]



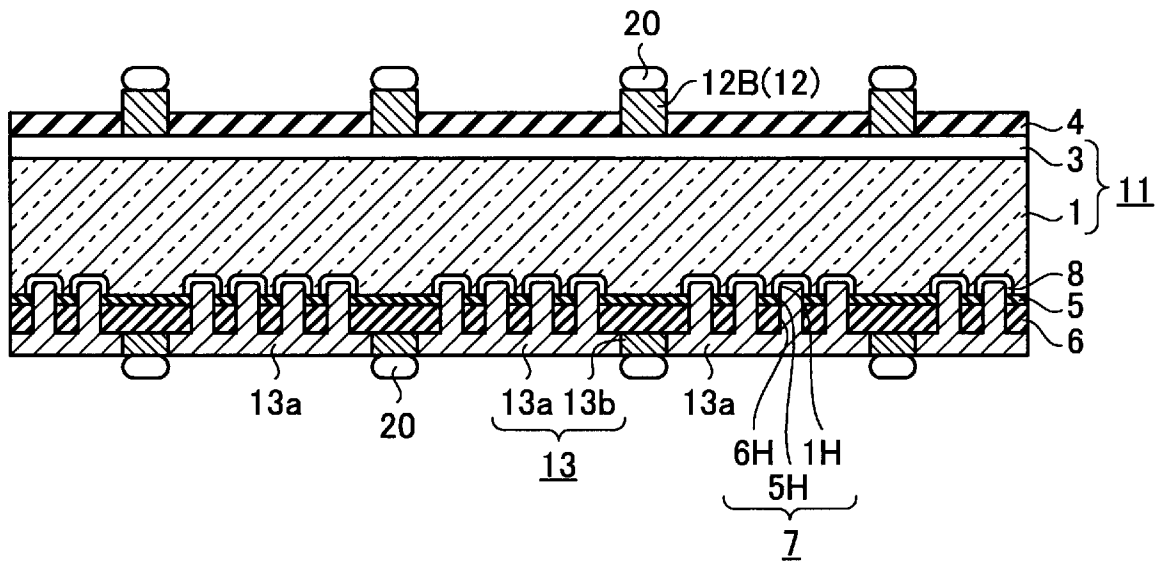
[図7]



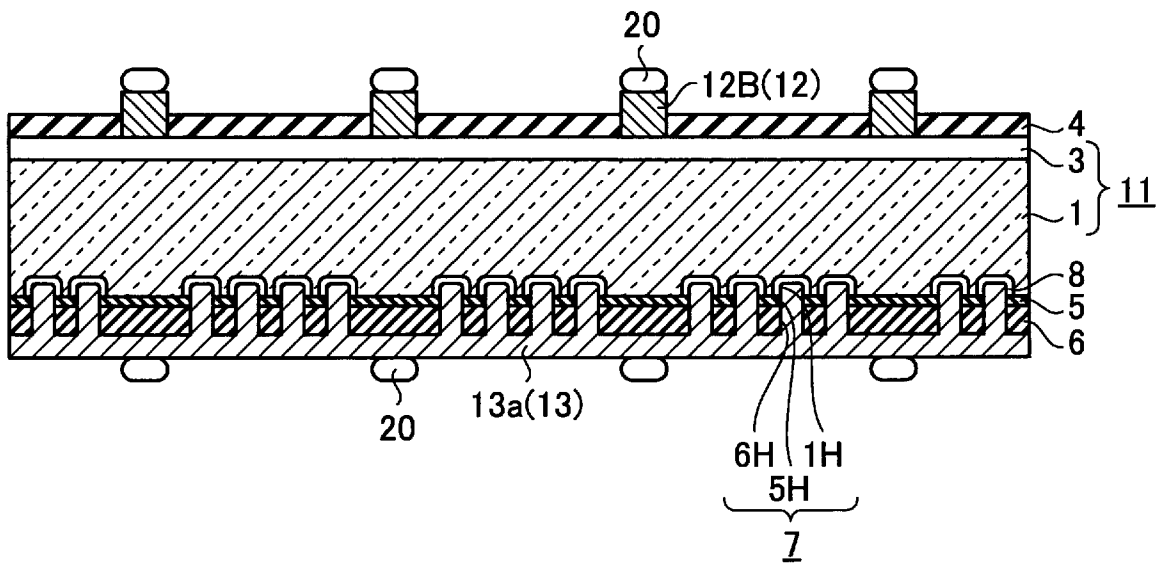
[図8]



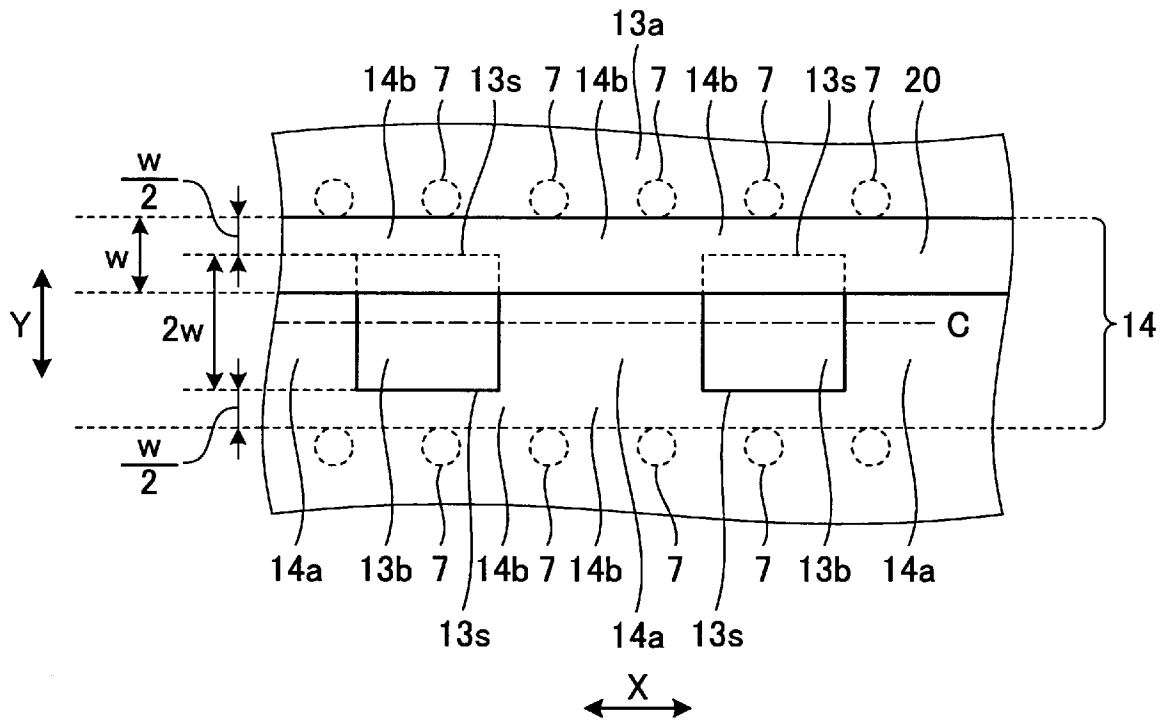
[図9]



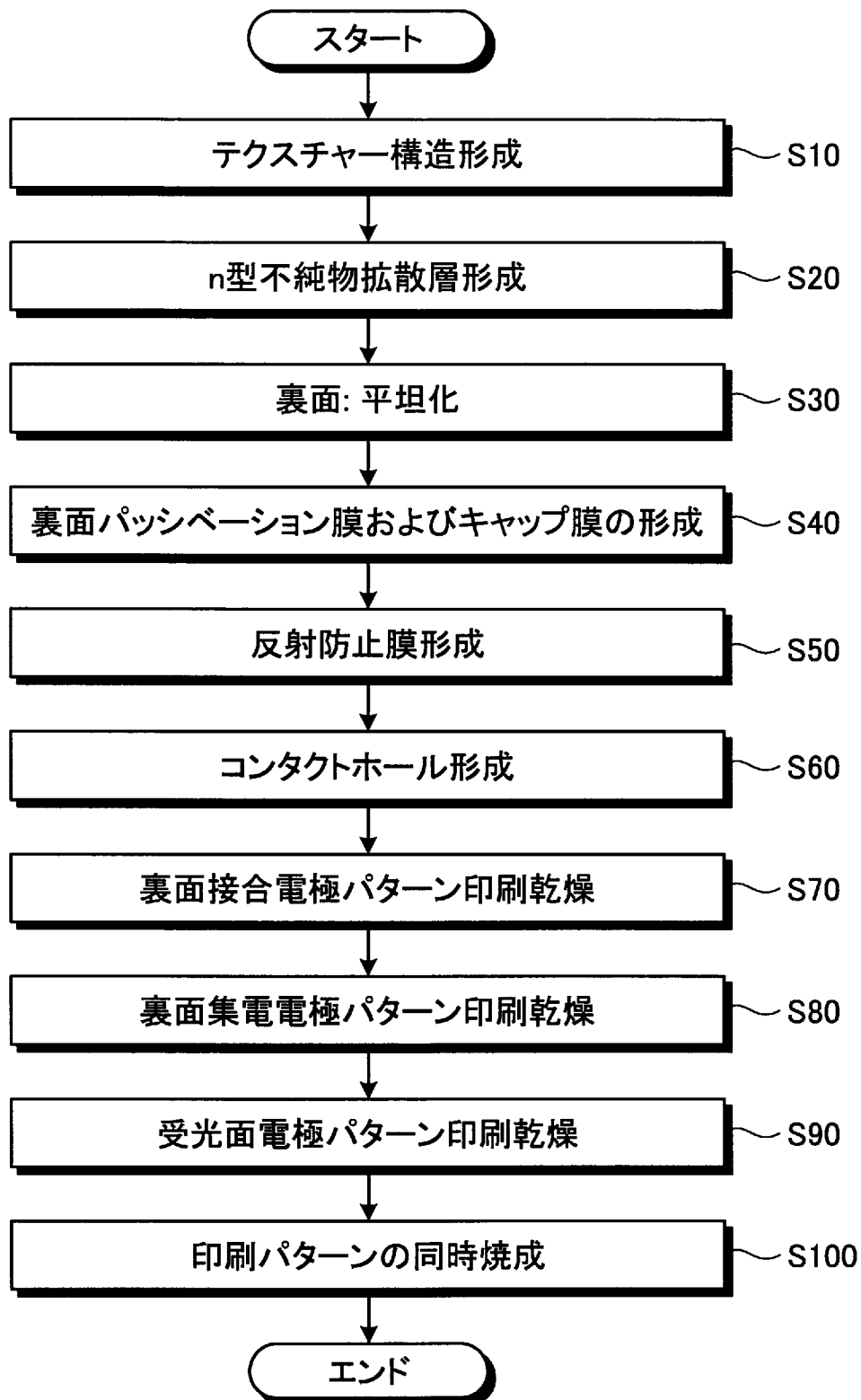
[図10]



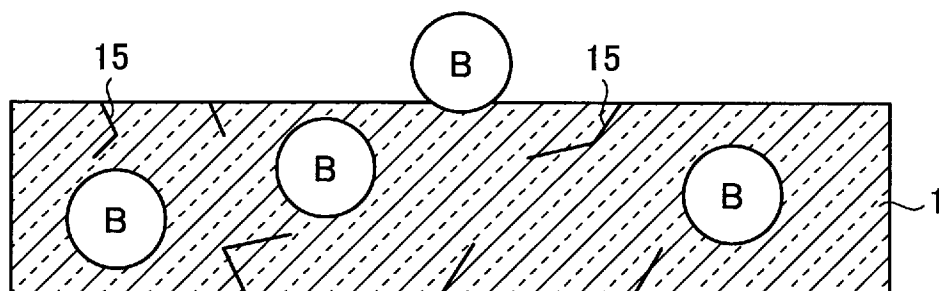
[図11]



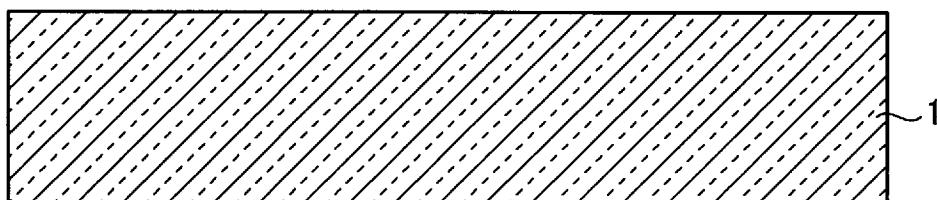
[図12]



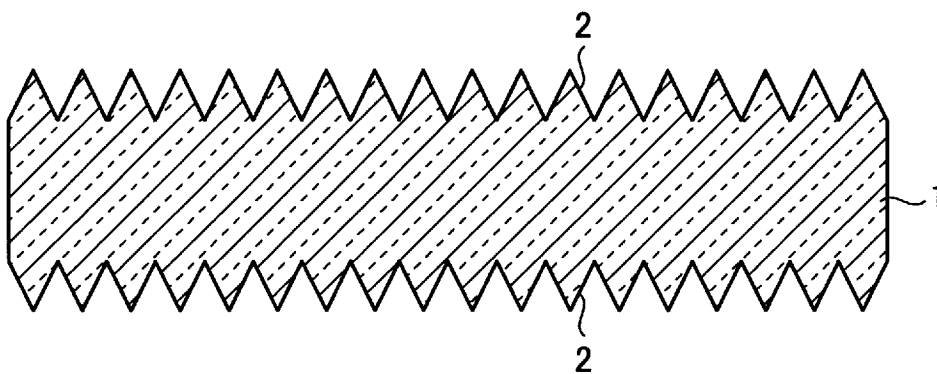
[図13]



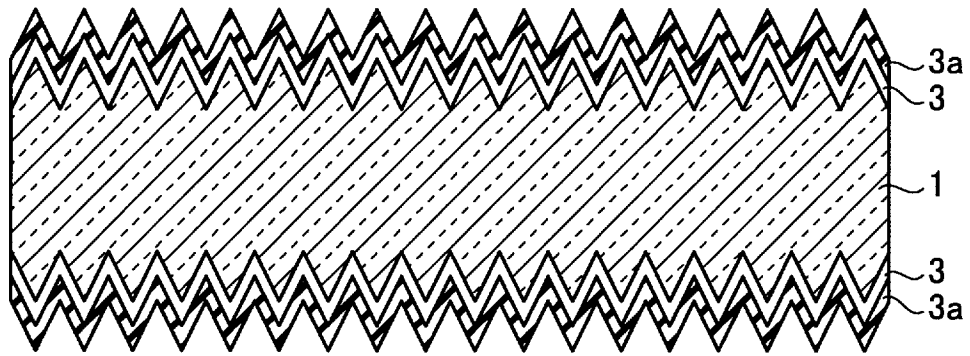
[図14]



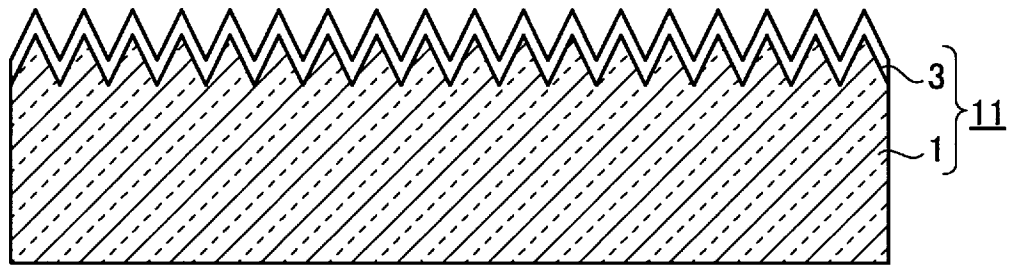
[図15]



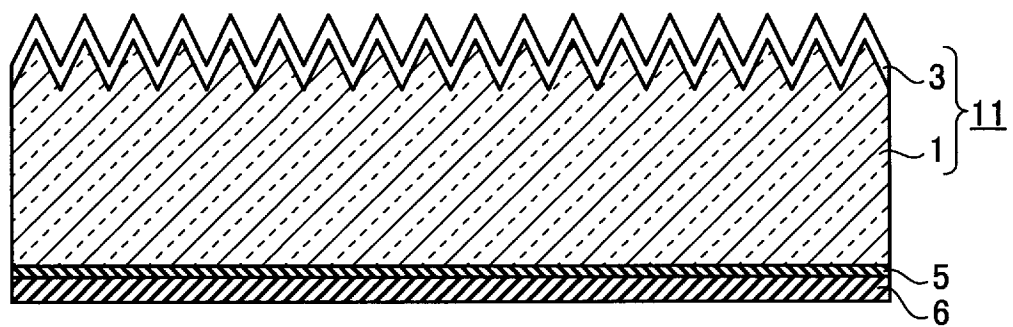
[図16]



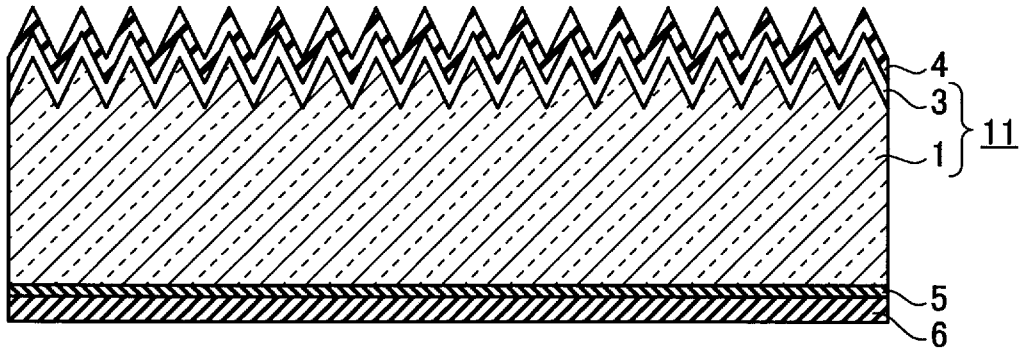
[図17]



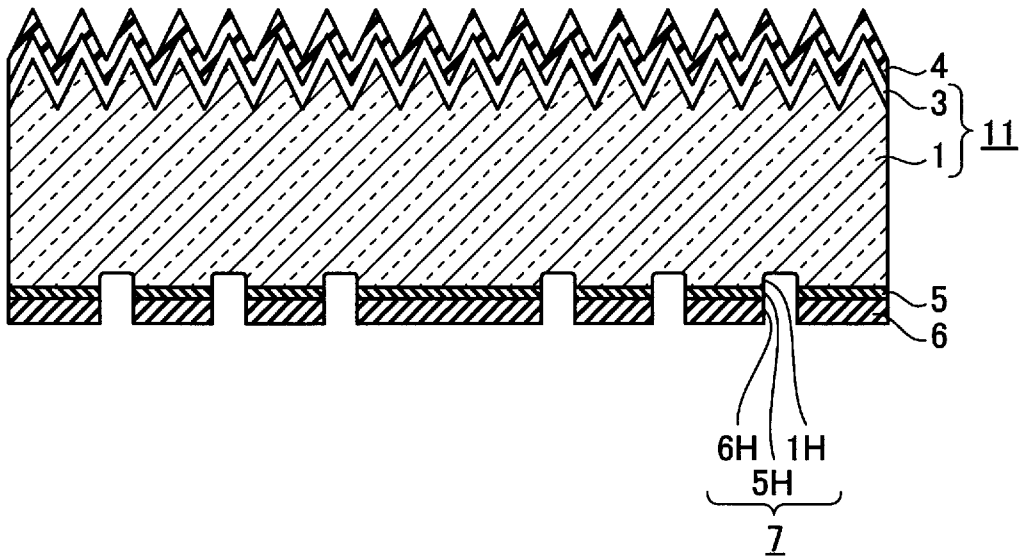
[図18]



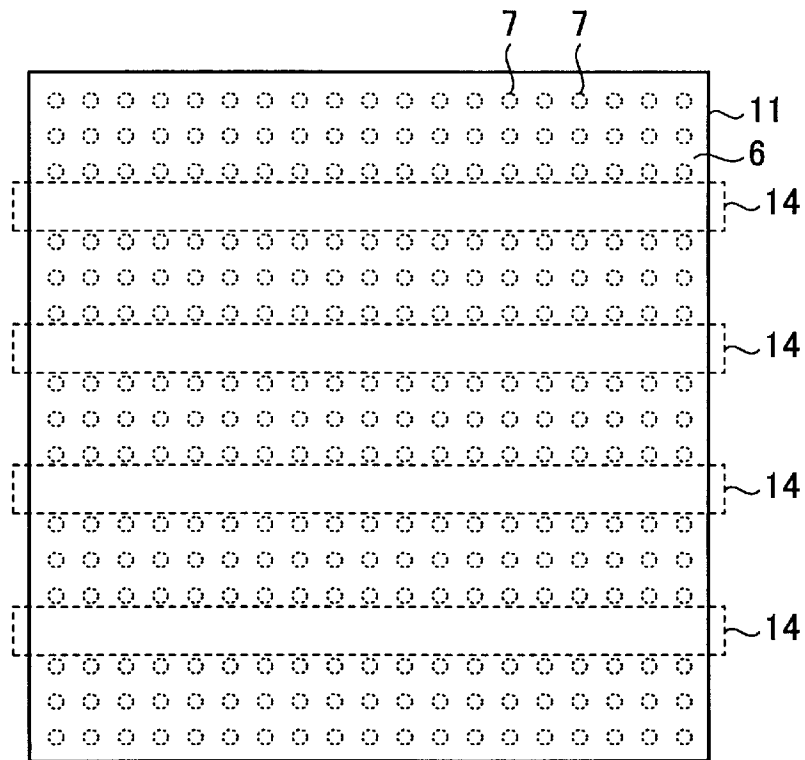
[図19]



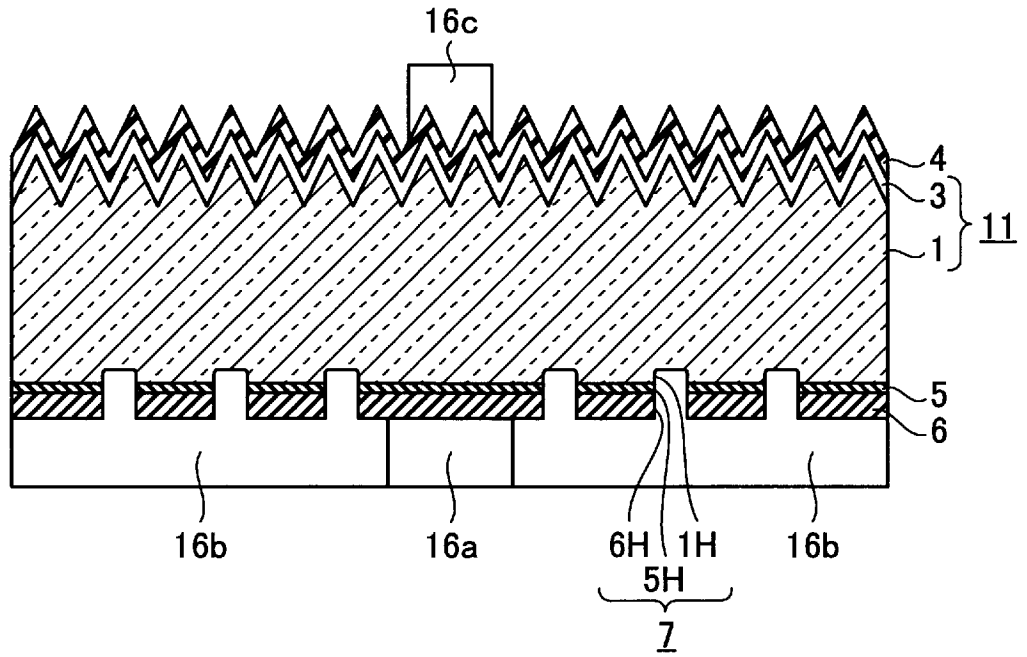
[図20]



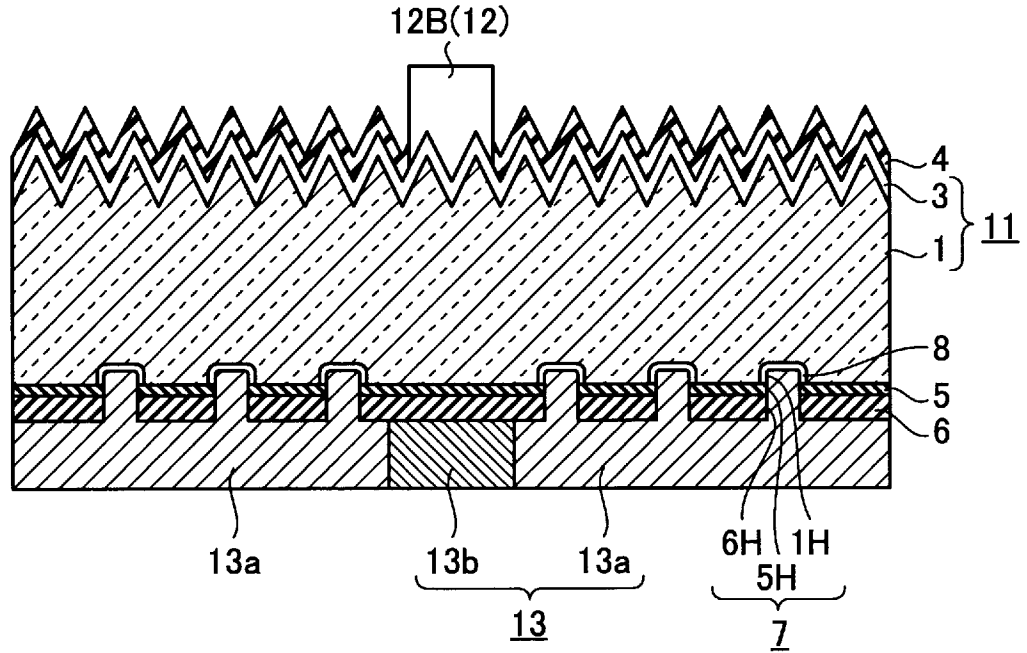
[図21]



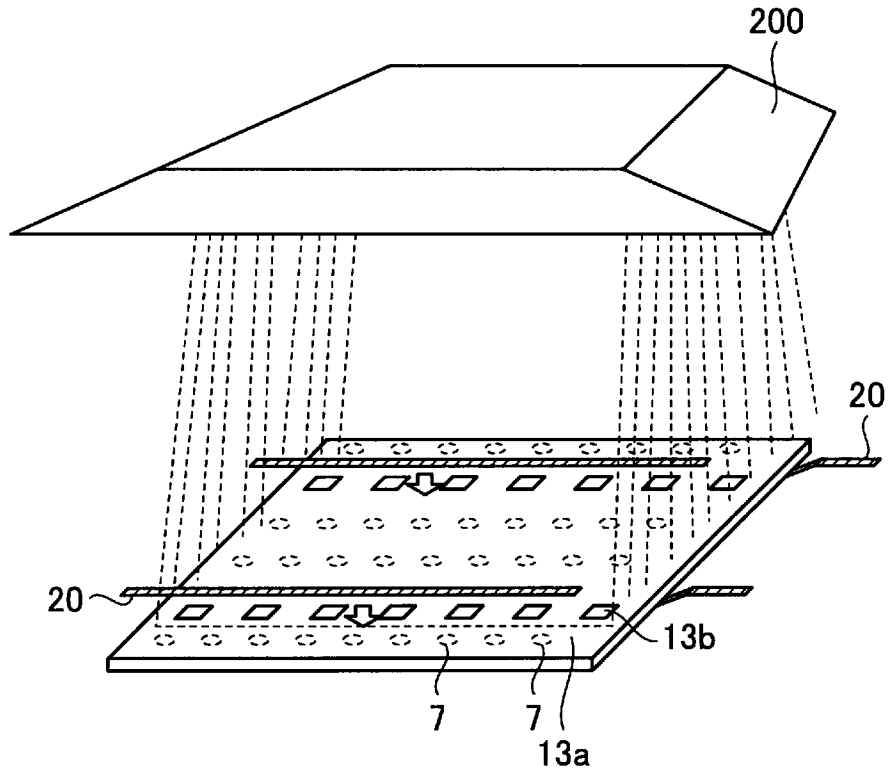
[図22]



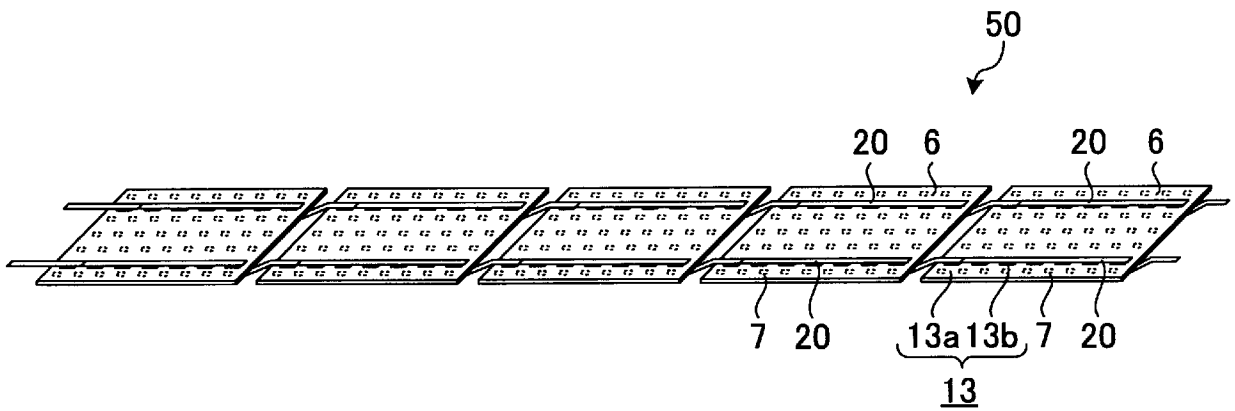
[図23]



[図24]



[図25]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/011256

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01L31/0224(2006.01)i, H01L31/068(2012.01)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)
H01L31/02-31/078

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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 2016-164969 A (Kyocera Corp.), 08 September 2016 (08.09.2016), paragraphs [0010] to [0090]; fig. 1 to 8 (Family: none)	1-6
X	JP 2017-45907 A (Kyocera Corp.), 02 March 2017 (02.03.2017), paragraphs [0010] to [0069]; fig. 1 to 11 (Family: none)	1-6
X	WO 2016/047564 A1 (Kyocera Corp.), 31 March 2016 (31.03.2016), paragraphs [0010] to [0080]; fig. 1 to 8 (Family: none)	1-6

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 01 June 2017 (01.06.17)	Date of mailing of the international search report 13 June 2017 (13.06.17)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/011256

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2013/0025665 A1 (LEE, Daeyong), 31 January 2013 (31.01.2013), entire text; all drawings & EP 2551914 A2 & KR 10-2013-0012368 A	1-6
A	US 2010/0275965 A1 (LEE, Daeyong), 04 November 2010 (04.11.2010), entire text; all drawings & WO 2010/147260 A1 & KR 10-2010-0130931 A & CN 102203953 A	1-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. H01L31/0224(2006.01)i, H01L31/068(2012.01)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. H01L31/02-31/078

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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 2016-164969 A（京セラ株式会社）2016.09.08, [0010] - [0090]、図1-8（ファミリーなし）	1-6
X	JP 2017-45907 A（京セラ株式会社）2017.03.02, [0010] - [0069]、図1-11（ファミリーなし）	1-6
X	WO 2016/047564 A1（京セラ株式会社）2016.03.31, [0010] - [0080]、図1-8（ファミリーなし）	1-6

☑ 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	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 01.06.2017	国際調査報告の発送日 13.06.2017
--------------------------	--------------------------

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） 佐竹 政彦 電話番号 03-3581-1101 内線 3255	2K	2911
--	---	----	------

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
A	US 2013/0025665 A1 (LEE, Daeyong) 2013. 01. 31, 全文、全図 & EP 2551914 A2 & KR 10-2013-0012368 A	1-6
A	US 2010/0275965 A1 (LEE, Daeyong) 2010. 11. 04, 全文、全図 & WO 2010/147260 A1 & KR 10-2010-0130931 A & CN 102203953 A	1-6