

(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3月29日(29.03.2018)



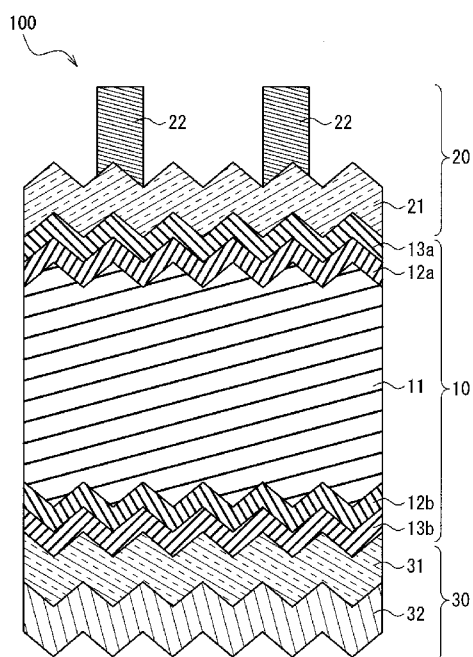
(10) 国際公開番号

WO 2018/055847 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 31/18 (2006.01) *H01L 21/301* (2006.01)
B24B 27/06 (2006.01) *H01L 31/0747* (2012.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/021436
- (22) 国際出願日: 2017年6月9日(09.06.2017)
- (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 2016-183302 2016年9月20日(20.09.2016) JP
- (71) 出願人: 株式会社カネカ (KANEKA CORPORATION) [JP/JP]; 〒5308288 大阪府大阪市北区中之島二丁目3番18号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 中野 邦裕 (NAKANO Kunihiro). 吉河 訓太 (YOSHIKAWA Kunta). 山本 憲治 (YAMAMOTO Kenji).
- (74) 代理人: 特許業務法人池内・佐藤アンドパートナーズ (IKEUCHI SATO & PARTNER PATENT ATTORNEYS); 〒5306026 大阪府大阪市北区天満橋1丁目8番30号 O A Pタワー26階 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, 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, JO, JP, KE, KG, KH,

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

(54) 発明の名称: 太陽電池及びその製造方法、並びに太陽電池モジュール



(57) Abstract: This solar cell 100 is provided with a semiconductor substrate provided with a photoelectric conversion part 10, a first electrode 20, and a second electrode 30. The thickness of the semiconductor substrate is 70 μm to 200 μm inclusive. The solar cell 100 has chipping marks at an end part on at least one of the principal surfaces of the semiconductor substrate. The maximum length of the chipping marks along a side edge of the semiconductor substrate is no more than 45 μm. The semiconductor substrate does not have scribe marks made by laser irradiation. The solar cell 100 allows for

KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, 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:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

the suppression of a reduction in the fill factor.

(57) 要約: 太陽電池 100 は、光電変換部 10 と、第 1 電極 20 と、第 2 電極 30 とを備えた半導体基板を備え、前記半導体基板の厚さが、 $70\mu\text{m}$ 以上 $200\mu\text{m}$ 以下であり、前記半導体基板の少なくとも一方の主面の端部にチップング痕を有し、前記チップング痕の前記半導体基板の側辺に沿った最大長さが、 $45\mu\text{m}$ 以下であり、前記半導体基板は、レーザーの照射によるスクライブ痕を有さない。太陽電池 100 は、曲線因子の低下を抑制できる。

明 細 書

発明の名称：

太陽電池及びその製造方法、並びに太陽電池モジュール

技術分野

[0001] 本発明は、太陽電池及びその製造方法、並びにその太陽電池を備えた太陽電池モジュールに関するものである。

背景技術

[0002] 太陽電池を用いた発電システムの場合、いくつかの太陽電池を接続してモジュール化した太陽電池モジュールが使用される。その太陽電池モジュールは、半導体基板の上に光電変換部を形成した後に、種々の大きさに分割して太陽電池単セルを作製し、その太陽電池単セルを複数接続して作製されるものもある。従って、太陽電池モジュールの作製工程として、太陽電池の分割は重要な工程となる。

[0003] 従来、太陽電池の分割は、レーザーを用いたレーザーダイシング法やダイシングソーを用いたメカニカルダイシング法により行われていた（例えば、特許文献１、２）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献１：特開２００６－２８６６７３号公報

特許文献２：特開２０１２－１１４３８８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、レーザーダイシング法では、レーザーの熱により半導体基板が損傷することが避けられず、また、特許文献１には、メカニカルダイシング法では、 $p-n$ 接合部の短絡等を要因として太陽電池の曲線因子が低下することが指摘されている。

[0006] また、特許文献２では、両面電極型太陽電池用基板をメカニカルダイシン

グ法で切断することが記載されているが、太陽電池の曲線因子については全く検討されておらず、曲線因子の低下の抑制の可否については不明である。

[0007] このようにメカニカルダイシング法は、従来から太陽電池の曲線因子の低下を抑制し難い虞があり、太陽電池の分割方法として、実用化されてこなかった。

[0008] 本発明は、上記問題を解決したもので、曲線因子を改善した太陽電池及びその製造方法、並びにその太陽電池を備えた太陽電池モジュールを提供するものである。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明の太陽電池は、半導体基板を含む太陽電池であって、前記半導体基板の厚さが、 $70\mu\text{m}$ 以上 $200\mu\text{m}$ 以下であり、前記半導体基板の少なくとも一方の主面の端部にチップング痕を有し、前記チップング痕の前記半導体基板の側辺に沿った最大長さが、 $45\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする。

[0010] 本発明の太陽電池モジュールは、上記本発明の太陽電池を複数含むことを特徴とする。

[0011] 本発明の太陽電池の製造方法は、半導体基板を、ブレードを備えたダイシングソーにより分割するダイシングを含む太陽電池の製造方法であって、前記半導体基板の厚さが、 $70\mu\text{m}$ 以上 $200\mu\text{m}$ 以下であり、前記ダイシングソーのダイシング速度が、 $10\text{mm}/\text{sec}$ 以上 $100\text{mm}/\text{sec}$ 以下であり、前記ブレードは、ダイヤモンド砥粒を備え、前記ダイヤモンド砥粒の粒度が、日本工業規格（JIS）R6001（1998）に規定する＃1000以下であることを特徴とする。

発明の効果

[0012] 本発明によれば、曲線因子を改善した太陽電池及び太陽電池モジュールを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]図1は、本発明の実施形態の太陽電池の一例を示す模式断面図である。

[図2]図2は、本発明の実施形態の太陽電池の製造工程の一例を示す模式図で

ある。

[図3]図3は、ダイシングスピードと開放電圧との関係を示す図である。

[図4]図4は、ダイシングスピードと曲線因子との関係を示す図である。

[図5]図5は、ブレードの砥粒の粒度と開放電圧との関係を示す図である。

[図6]図6は、ブレードの砥粒の粒度と曲線因子との関係を示す図である。

[図7]図7は、チップング痕の最大長さと開放電圧との関係を示す図である。

[図8]図8は、チップング痕の最大長さと曲線因子との関係を示す図である。

発明を実施するための形態

[0014] 本発明の発明者らは、メカニカルダイシング法により太陽電池を分割した際に、太陽電池の曲線因子が低下する要因を種々検討した結果、ダイシング時に半導体基板の端部に生じるチップング痕の大きさが、太陽電池の曲線因子に影響していることを見出し、本発明を完成するに至った。ここで、チップング痕とは、メカニカルダイシングにより生じる半導体基板の表面の欠損部をいう。以下、本発明の実施形態について説明する。

[0015] (太陽電池)

先ず、太陽電池の実施形態について説明する。本実施形態の太陽電池は、半導体基板を備え、上記半導体基板の厚さは、 $70\mu\text{m}$ 以上 $200\mu\text{m}$ 以下であり、上記半導体基板の少なくとも一方の主面の端部にチップング痕を有し、上記チップング痕の上記半導体基板の側辺に沿った最大長さが、 $45\mu\text{m}$ 以下である。

[0016] このようにチップング痕の大きさを上記範囲内にすることにより、チップング痕に起因するリーク電流の発生を抑制でき、その結果太陽電池の曲線因子の低下を抑制できるものと考えられる。

[0017] 上記チップング痕は、上記半導体基板をメカニカルダイシング法により分割することにより発生し、そのメカニカルダイシング法の条件を最適化することにより、上記チップング痕の大きさを上記範囲内に設定できる。また、上記半導体基板は、レーザーダイシング法により分割されていないため、レーザー照射によるスクライブ痕を有さない。

- [0018] 上記チップング痕は、1つの欠損のみで形成されている場合だけでなく、複数の欠損が集まって形成されている場合がある。従って、チップング痕の半導体基板の側辺に沿った最大長さは、1つの欠損のみで形成されている場合はその1つの欠損の最大長さとなり、複数の欠損が集まって形成されている場合は連なった欠損による最大長さとなる。また、上記チップング痕の最大長さの下限値は特に限定されないが、通常のメカニカルダイシング法では、上記最大長さの下限値は0.1 μm 程度となる。
- [0019] 上記チップング痕の最大長さは、走査型電子顕微鏡等で半導体基板を観察することにより測定することができる。
- [0020] 上記半導体基板の厚さは、70 μm 以上200 μm 以下に設定されており、この点で集積回路等に用いる厚さが500 μm を超える半導体チップの基板とは異なる。
- [0021] また、上記太陽電池は、上記半導体基板に対して、光電変換部、第1電極、及び第2電極が形成されており、上記第1電極が上記半導体基板の第1主面に配置され、上記第2電極が上記半導体基板の第2主面に配置されている両面電極型太陽電池であってもよく、また、上記第1電極及び上記第2電極が、上記半導体基板の同一の主面に配置されている裏面電極型太陽電池であってもよい。
- [0022] 上記半導体基板は、単結晶シリコン基板又は多結晶シリコン基板を用いることができ、単結晶シリコン基板を用いると高い光電変換効率を実現でき、多結晶シリコン基板を用いると、より安価に太陽電池を製造できる。
- [0023] 次に、本実施形態の太陽電池を図面に基づき説明する。本実施形態の太陽電池は、光電変換効率が高いヘテロ接合型太陽電池が好ましく、以下の実施形態ではヘテロ接合型太陽電池について説明するが、本発明の太陽電池は、ヘテロ接合型太陽電池に限定されず、例えばホモ接合型太陽電池であってもよい。
- [0024] 図1は、本実施形態の太陽電池の一例を示す模式断面図である。図1において、太陽電池100は、光電変換部10と、光電変換部10の両側に第1

電極 20 及び第 2 電極 30 とを備えている。

[0025] <光電変換部>

光電変換部 10 は、半導体基板 11（以下、単に基板 11 ともいう。）の光入射面側となる第 1 主面（以下、表面ともいう。）の上に、真性シリコン系薄膜 12 a、導電型シリコン系薄膜 13 a がこの順に積層されて配置されている。また、基板 11 の光入射面側とは反対側となる第 2 主面（以下、裏面ともいう。）の上に、真性シリコン系薄膜 12 b、導電型シリコン系薄膜 13 b がこの順に積層されて配置されている。

[0026] 基板 11 は、一導電型単結晶シリコン基板によって形成されている。ここで、一般的に単結晶シリコン基板には、シリコン原子に電子を導入するための原子（例えばリン）を含有させた n 型と、シリコン原子に正孔を導入する原子（例えばホウ素）を含有させた p 型とがある。ここでいう「一導電型」とは、n 型又は p 型のどちらか一方であることをいう。即ち、基板 11 は、n 型又は p 型のどちらか一方の単結晶シリコン基板である。基板 11 は、n 型単結晶シリコン基板であることが好ましい。

[0027] 基板 11 は、表面及び裏面にテクスチャ構造（凹凸構造）を有していることが好ましい。このようになっていると、基板 11 を基体として形成される光電変換部 10 もテクスチャ構造を備えることになる。これにより、太陽電池 100 は、入射した光を光電変換部 10 の内部に閉じ込めることができ、発電効率を向上できる。

[0028] 基板 11 には、チップング痕がないことが好ましいが、基板 11 をメカニカルダイシング法により分割したことによりチップング痕が生じた場合でも、上記チップング痕の基板 11 の側辺に沿った最大長さは 45 μm 以下、好ましくは 25 μm 以下、より好ましくは 10 μm 以下とする。このように比較的小さなチップング痕にすることで、チップング痕に起因する、基板 11 の表面と裏面との間でのリーク電流の発生を抑制でき、その結果太陽電池の曲線因子の低下を抑制できる。

[0029] シリコン系薄膜 12 a、13 a、12 b、13 b の製膜方法としては、プ

ラズマCVD法が好ましい。導電型シリコン系薄膜13a、13bは、一導電型又は逆導電型のシリコン系薄膜である。ここでいう「逆導電型」とは、「一導電型」と異なる導電型であることをいう。例えば、「一導電型」がn型である場合には、「逆導電型」はp型である。本実施形態では、導電型シリコン系薄膜13aは、逆導電型シリコン系薄膜であり、導電型シリコン系薄膜13bは、一導電型シリコン系薄膜である。シリコン系薄膜12a、13a、12b、13bは、通常、非晶質シリコン系薄膜として形成することが好ましい。

[0030] 本実施形態では、導電型シリコン系薄膜13aは、p型非晶質シリコン系薄膜とし、導電型シリコン系薄膜13bは、n型非晶質シリコン系薄膜としている。真性シリコン系薄膜12a、12bとしては、シリコンと水素で構成されるi型水素化非晶質シリコンが好ましい。

[0031] <第1電極及び第2電極>

第1電極20は、第1透明電極層21及び第1集電極22からなり、光電変換部10の導電型シリコン系薄膜13aの上に、第1透明電極層21及び第1集電極22がこの順に配置されて形成されている。第2電極30は、第2透明電極層31及び第2集電極32からなり、光電変換部10の導電型シリコン系薄膜13bの上に、第2透明電極層31及び第2集電極32がこの順に配置されて形成されている。

[0032] [透明電極層]

第1透明電極層21、第2透明電極層31は、導電性酸化物を主成分として形成されることが好ましい。上記導電性酸化物としては、例えば、酸化亜鉛、酸化インジウム、酸化錫等を単独又は混合して用いることができる。導電性、光学特性、及び長期信頼性の観点から、酸化インジウムを主成分として含んだインジウム系酸化物が好ましい。ここで「主成分」とは、その含有割合が50質量%より多いことを意味し、70質量%以上が好ましく、85質量%以上がより好ましい。また、透明電極層21、31の主成分として用いられる上記導電性酸化物は、利用状況に応じて、Sn、W、As、Zn、

Ge、Ca、Si、C等の少なくとも一種の元素をドーパントとして含むことが好ましい。中でもドーパントとしてSnを用いた酸化インジウム錫（ITO）が特に好ましく用いられる。

[0033] 第1透明電極層21、第2透明電極層31は、単層構造でもよく、複数の層からなる積層構造でもよい。光入射面側の第1透明電極層21の厚さは、透明性、導電性、及び光反射低減の観点から、10nm以上140nm以下であることが好ましい。第1透明電極層21の役割は、第1集電極22へのキャリアの輸送であるから、その厚さを10nm以上にするによって、必要な導電性を付与できる。また、第1透明電極層21の厚さを140nm以下にすることにより、第1透明電極層21での光吸収ロスを小さくでき、光透過率の低下に伴う光電変換効率の低下を抑制することができる。更に、第1透明電極層21の厚さが上記範囲内であれば、第1透明電極層21内のキャリア濃度上昇も防ぐことができる。そのため、赤外域の光透過率低下に伴う光電変換効率の低下も抑制される。一方、裏面側の第2透明電極層31の厚さは特に限定されないが、第1透明電極層21の厚さと同等とすることができる。

[0034] 第1透明電極層21、第2透明電極層31の形成方法は特に限定されないが、例えばスパッタリング法等により形成することができる。

[0035] [集電極]

光入射面側の第1集電極22は、楕形状等の透光部を有するパターンに形成されていることが好ましい。光入射面側の第1集電極22が透光部を有しないと、遮光損が大きくなり、光取りこみ量が低減するため、短絡電流が低下するからである。第1集電極22は、インクジェット法、スクリーン印刷法、導線接着法、スプレー法、真空蒸着法、スパッタリング法、めっき法等の公知技術によって作製できる。中でも、より細線化が可能であることからめっき法により形成することが好ましい。

[0036] 裏面側の第2集電極32は、第2透明電極層31の全面を覆って形成されていることが好ましい。光反射効率を高めるためである。第2集電極32と

しては、近赤外から赤外域の反射率が高く、且つ導電性や化学的安定性が高い材料を用いることが望ましい。このような特性を満たす材料としては、銀やアルミニウム等が挙げられる。第2集電極32の形成方法は特に限定されないが、スパッタリング法や真空蒸着法等の物理気相堆積法、スクリーン印刷等の印刷法、めっき法等が適用可能である。第2集電極32は、裏面側の電極として用いられるため、グリッド電極として形成してもよい。

[0037] (太陽電池モジュール)

次に、太陽電池モジュールの実施形態について説明する。本実施形態の太陽電池モジュールは、前述の実施形態の太陽電池を複数備えている。本実施形態の太陽電池モジュールは、上記太陽電池を複数備えているため、太陽電池の曲線因子の低下を抑制できる。即ち、本実施形態の太陽電池モジュールを構成する各太陽電池は、半導体基板の側辺に沿ったチップング痕の最大長さが $45\mu\text{m}$ 以下と比較的小さな大きさであるため、チップング痕に起因するリーク電流の発生を抑制でき、その結果太陽電池の曲線因子の低下を抑制できる。

[0038] (太陽電池の製造方法)

次に、太陽電池の製造方法の実施形態について説明する。本実施形態の太陽電池の製造方法は、半導体基板を、ブレードを備えたダイシングソーにより分割するダイシングを含み、上記半導体基板の厚さが、 $70\mu\text{m}$ 以上 $200\mu\text{m}$ 以下であり、上記ダイシングソーのダイシング速度が、 $10\text{mm}/\text{sec}$ 以上 $100\text{mm}/\text{sec}$ 以下であり、上記ブレードは、ダイヤモンド砥粒を備え、上記ダイヤモンド砥粒の粒度が、日本工業規格(JIS)R6001(1998)に規定する#1000以下である。

[0039] 上記太陽電池の製造方法では、メカニカルダイシング法により上記半導体基板を分割しても、半導体基板の側辺に沿ったチップング痕の最大長さを $45\mu\text{m}$ 以下にできるため、チップング痕に起因するリーク電流の発生を抑制でき、その結果曲線因子の低下を抑制した太陽電池を提供できる。

[0040] 上記ダイシングソーのダイシング速度を $10\text{mm}/\text{sec}$ 以上 100mm

／sec以下に設定し、上記ダイヤモンド砥粒の粒度をJIS R6001（1998）に規定する#1000以下に設定することにより、上記半導体基板の端部のチップング痕を小さくできる。上記ダイシングソーのダイシング速度は、10mm／sec以上50mm／sec以下がより好ましい。また、上記ダイヤモンド砥粒の粒度は、JIS R6001（1998）に規定する#2000がより好ましく、#4000が更に好ましい。ここで、JIS R6001（1998）に規定する粒度は、その番号が大きくなるに従って、粒子の平均粒子径は小さくなるものである。即ち、#4000の平均粒子径<#2000の平均粒子径<#1000の平均粒子径の関係がある。

[0041] また、本実施形態において、JIS R6001（1998）に規定する粒度の測定方法は、JIS R 6002（1998）に規定する電気抵抗試験方法に従うものである。

[0042] また、上記半導体基板の厚さを70μm以上200μm以下に設定することにより、上記ダイシング工程においてダイシングソーにより上記半導体基板を分割する際に、上記半導体基板が適度にたわみ、上記半導体基板にクラックや割れが発生することを抑制でき、上記半導体基板のダメージを低減できる。

[0043] 上記ブレードとしては、ハブブレードを用いることが好ましい。ここで、ハブブレードとは、ブレードとブレード取り付け治具とが一体化したものをいう。上記半導体基板を、ハブブレードを備えたダイシングソーを用いて分割することにより、ブレード回転時の振動を抑制できるため、上記半導体基板の振動も小さくでき、上記半導体基板への微細なクラックの発生も抑制でき、太陽電池の光変換効率の低下を防止できる。

[0044] 上記ダイシングソーによる分割は、フルカットにより行われてもよいし、ハーフカット及び折割により行われてもよい。また、上記半導体基板に対するダイシングの切り込み面は、上記半導体基板の表面又は裏面のどちらであってもよい。

[0045] 続いて、本実施形態の太陽電池の製造方法の一例を図面にに基づき説明する。図2は、本実施形態の太陽電池の製造工程の一例を示す模式図である。

[0046] 先ず、図2Aに示すように、光電変換部と、第1電極と、第2電極とを備えた半導体基板110、粘着シート120及び半導体基板110を収容するフレーム（枠）130を準備し、次に、半導体基板110を粘着シート120に貼り付けた後、粘着シート120をフレーム130に貼り付けて固定する。図2Bは、半導体基板110を貼り付けた粘着シート120をフレーム130に貼り付けて固定した状態を示す斜視図である。

[0047] 次に、図2Cに示すように、ハブブレード141を備えたダイシングブレード140により、フレーム130の外側から半導体基板110を分割する。ここで、半導体基板110に対するダイシングブレード140の切り込み面は、表面及び裏面のどちらであってもよい。その後、半導体基板110を固定したままフレーム130全体を洗浄した後、フレーム130から半導体基板を取り出す。図2Dは、分割された半導体基板111をフレーム130から取り出した状態を示す図である。半導体基板111の側辺111aには、チップング痕111bが形成されている。また、半導体基板111の側辺に沿ったチップング痕111bの最大長さWは、 $45\mu\text{m}$ 以下となっている。

[0048] 分割された半導体基板111は、太陽電池として用いることができ、半導体基板111を複数接続することで、太陽電池モジュールとすることができる。

実施例

[0049] 以下、実施例に基づいて本発明を詳細に説明する。但し、下記実施例は、本発明を制限するものではない。また、本明細書においてテクスチャ構造を有する半導体基板及びその上に形成された薄膜の厚さは、テクスチャ構造における凹部最底部又は凸部最頂部から半導体基板の厚さ方向に沿って測定される厚さを意味する。

[0050] （実施例1）

一導電型単結晶シリコン基板として、入射面の面方位が（１００）で、厚みが２００μmのn型単結晶シリコンウェハを用い、このシリコンウェハを２質量％のHF水溶液に３分間浸漬し、表面の酸化シリコン膜を除去した後、超純水によるリンスを２回行った。このシリコンウェハを、７０℃に保持された５質量％KOH／１５質量％イソプロピルアルコールの混合水溶液に１５分間浸漬し、ウェハの表面をエッチングすることでテクスチャを形成した。その後、超純水によるリンスを２回行った。ここで、原子間力顕微鏡（パシフィックナノテクノロジー社製）により、ウェハの表面観察を行ったところ、ウェハの表面はエッチングが最も進行しており、（１１１）面が露出したピラミッド型のテクスチャが形成されていた。

[0051] 次に、エッチング後のウェハをCVD装置へ導入し、その光入射面側に、真性シリコン系薄膜として第１のi型非晶質シリコン層を５nmの膜厚で製膜した。第１のi型非晶質シリコン層の製膜条件は、基板温度：１５０℃、圧力：１２０Pa、SiH₄/H₂流量比：３／１０、投入パワー密度：０．０１１W/cm²とした。

[0052] 次に、第１のi型非晶質シリコン層の上に、逆導電型シリコン系薄膜としてp型非晶質シリコン層を７nmの膜厚で製膜した。上記p型非晶質シリコン層の製膜条件は、基板温度：１５０℃、圧力：６０Pa、SiH₄/B₂H₆流量比：１／３、投入パワー密度：０．０１W/cm²とした。上記でいうB₂H₆ガス流量は、H₂によりB₂H₆濃度が５０００ppmまで希釈された希釈ガスの流量である。

[0053] 次に、ウェハの裏面側に、真性シリコン系薄膜として第２のi型非晶質シリコン層を６nmの膜厚で製膜した。第２のi型非晶質シリコン層の製膜条件は、前述の第１のi型非晶質シリコン層の製膜条件と同様とした。次に、第２のi型非晶質シリコン層の上に、一導電型シリコン系薄膜としてn型非晶質シリコン層を４nmの膜厚で製膜した。上記n型非晶質シリコン層の製膜条件は、基板温度：１５０℃、圧力：６０Pa、SiH₄/PH₃流量比：１／２、投入パワー密度：０．０１W/cm²とした。上記でいうPH₃ガス流量

は、 H_2 により PH_3 濃度が5000ppmまで希釈された希釈ガスの流量である。

[0054] 次に、スパッタリング装置を用いて、上記p型非晶質シリコン層の上に、第1透明電極層としてITOを80nmの膜厚で製膜した。上記ITOは、ターゲットとして酸化インジウム錫を用い、基板温度：室温、圧力：0.2Paのアルゴン雰囲気中で、 $0.5W/cm^2$ のパワー密度を印加して製膜した。続いて、上記n型非晶質シリコン層の上に、第2透明電極層としてITOを上記と同様の条件で80nmの膜厚で製膜した。

[0055] 次に、第1透明電極層の上に、スクリーン印刷法を用いて銀ペーストにて楕形状の第1集電極を形成した。続いて、第2透明電極層の上に、スパッタリング法を用いて銀を500nmの膜厚で製膜し、第2透明電極層の全面を覆う第2集電極を形成した。

[0056] 次に、上記のように作製した積層体を190℃で1時間アニール処理を行い、分割前の太陽電池を作製した。

[0057] 続いて、上記分割前の太陽電池を、DISCO社製のダイシング装置”DAD3350”を用いて、半導体基板の表面からフルカットによりダイシングし、実施例1の太陽電池を得た。ダイシングブレードとしてはハブブレードを用い、ダイシングブレードのダイヤモンド砥粒の粒度はJIS R6001(1998)に基づく#4000とし、ダイシングスピードは10mm/secとした。

[0058] (実施例2)

ダイシングスピードを50mm/secに変更した以外は、実施例1と同様にして実施例2の太陽電池を作製した。

[0059] (実施例3)

ダイシングスピードを100mm/secに変更した以外は、実施例1と同様にして実施例3の太陽電池を作製した。

[0060] (比較例1)

実施例1と同様にして分割前の太陽電池を作製した後、YAGレーザーの

第三高調波（波長 355 nm）を用いて、上記分割前の太陽電池を裏面側からレーザースクライブ加工を行った後、折割により分割し、比較例 1 の太陽電池を作製した。

[0061] （実施例 4）

ダイヤモンド砥粒の粒度を J I S R 6 0 0 1 （ 1 9 9 8 ） に基づく # 2 0 0 0 に変更し、ダイシングスピードを 1 0 0 mm / s e c に変更した以外は、実施例 1 と同様にして実施例 4 の太陽電池を作製した。

[0062] （実施例 5）

ダイヤモンド砥粒の粒度を J I S R 6 0 0 1 （ 1 9 9 8 ） に基づく # 1 0 0 0 に変更し、ダイシングスピードを 1 0 0 mm / s e c に変更した以外は、実施例 1 と同様にして実施例 5 の太陽電池を作製した。

[0063] 以上のように作製した実施例 1 ～ 5 及び比較例 1 の太陽電池の光電変換特性として、開放電圧（ V_{oc} ）及び曲線因子（ FF ）を測定した。その結果を図 3 ～ 図 6 に示す。

[0064] 図 3 は、ダイシングスピードと開放電圧との関係を示す図である。また、図 3 では、レーザードイシング法を用いた比較例 1 の開放電圧も示した。図 3 から、ダイシングスピードが開放電圧に与える影響は小さいことが分かる。また、メカニカルダイシング法を用いた実施例 1 ～ 3 と、レーザードイシング法を用いた比較例 1 とを比較すると、メカニカルダイシング法であっても、レーザードイシング法と同等以上の開放電圧を示すことが分かる。

[0065] 図 4 は、ダイシングスピードと曲線因子との関係を示す図である。また、図 4 では、レーザードイシング法を用いた比較例 1 の曲線因子も示した。図 4 から、ダイシングスピードが曲線因子に大きく影響しており、ダイシングスピードが遅くなると曲線因子が向上することが分かる。また、メカニカルダイシング法を用いた実施例 1 ～ 3 と、レーザードイシング法を用いた比較例 1 とを比較すると、メカニカルダイシング法は、レーザードイシング法に比べて大きく曲線因子を向上できることが分かる。以上の結果は、従来のメカニカルダイシング法ではリーク電流が発生して曲線因子が低下するとされ

ていた技術常識を覆すものであり、従来の技術常識からは予測できない結果である。

[0066] 図5は、ブレードの砥粒の粒度と開放電圧との関係を示す図である。図5では、レーザーダイシング法を用いた比較例1の開放電圧も示した。図5から、ブレードの砥粒の粒度が開放電圧に与える影響は小さいことが分かる。

[0067] 図6は、ブレードの砥粒の粒度と曲線因子との関係を示す図である。図6では、レーザーダイシング法を用いた比較例1の開放電圧も示した。図6から、ブレードの砥粒の粒度が小さくなるほど曲線因子が向上することが分かる。

[0068] 次に、実施例1～5及び比較例1の太陽電池の端部を走査型電子顕微鏡により観察し、チップング痕の半導体基板の側辺に沿った最大長さを測定した。チップング痕が複数存在する場合は、その中での最大長さを測定結果とした。その結果、実施例1～5ではチップング痕は確認されたが、比較例1ではチップング痕は確認されなかった。その測定結果を表1に示す。また、表1には、ダイシングスピード及びダイヤモンド砥粒の粒度を合わせて示した。

[0069] [表1]

	チップング痕の 最大長さ (μm)	ダイシングスピード (mm/sec)	ダイヤモンド 砥粒の粒度
実施例1	7	10	#4000
実施例2	14	50	#4000
実施例3	24	100	#4000
実施例4	32	100	#2000
実施例5	43	100	#1000
比較例1	—	—	—

[0070] 表1から、ダイシングスピードを $10\text{mm}/\text{sec}$ 以上 $100\text{mm}/\text{sec}$ 以下とし、且つ、ダイヤモンド砥粒の粒度を#1000以下とすることで、チップング痕の最大長さを $45\mu\text{m}$ 以下に制御できることが分かる。

[0071] 上記結果に基づき、チップング痕の最大長さと開放電圧との関係を図7に示し、チップング痕の最大長さと曲線因子との関係を図8に示す。図7及び

図8では、比較のため、レーザーダイシング法を用いた比較例1の開放電圧及び曲線因子もそれぞれ示した。

[0072] 図7から、チップング痕の大きさが開放電圧に与える影響は小さいことが分かる。また、図8から、チップング痕の大きさが曲線因子に大きく影響しており、チップング痕の大きさが小さくなると曲線因子が向上することが分かる。また、図8から、チップング痕の最大長さを45 μm 以下とした実施例1～5では、比較例1に比べて、曲線因子を大きく向上できることが分かる。

[0073] 以上の実施例では、半導体基板に対して、光電変換部、第1電極、及び第2電極を形成させた後に分割させているが、これに限定されるものではない。例えば、半導体基板に対して光電変換部を形成させた後に分割させ、分割後の半導体基板に第1電極、第2電極を形成させてもよい。また、半導体基板を分割させ、分割後の半導体基板に光電変換部、第1電極、第2電極を形成させてもよい。これらのような分割順であっても、上記太陽電池の製造方法であれば、半導体基板におけるチップング痕に起因するリーク電流の発生を抑制でき、その結果曲線因子の低下を抑制した太陽電池を提供できる。

符号の説明

- [0074]
- 10 光電変換部
 - 11 半導体基板
 - 12a、12b 真性シリコン系薄膜
 - 13a、13b 導電型シリコン系薄膜
 - 20 第1電極
 - 21 第1透明電極層
 - 22 第1集電極
 - 30 第2電極
 - 31 第2透明電極層
 - 32 第2集電極
 - 100 太陽電池

- 1 1 0 半導体基板
- 1 2 0 粘着シート
- 1 3 0 フレーム
- 1 4 0 ダイシングブレード
- 1 4 1 ハブブレード
- 1 1 1 半導体基板
- 1 1 1 a 側辺
- 1 1 1 b チッピング痕

請求の範囲

- [請求項1] 半導体基板を含む太陽電池であって、
前記半導体基板の厚さが、 $70\mu\text{m}$ 以上 $200\mu\text{m}$ 以下であり、
前記半導体基板の少なくとも一方の主面の端部にチップング痕を有し、
前記チップング痕の前記半導体基板の側辺に沿った最大長さが、 $45\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする太陽電池。
- [請求項2] 前記半導体基板は、レーザーの照射によるスクライブ痕を有さない請求項1に記載の太陽電池。
- [請求項3] 前記半導体基板には、光電変換部、第1電極、及び第2電極が形成されており、
前記第1電極が前記半導体基板の第1主面に配置され、前記第2電極が前記半導体基板の第2主面に配置されている請求項1又は2に記載の太陽電池。
- [請求項4] 前記半導体基板には、光電変換部、第1電極、及び第2電極が形成されており、
前記第1電極及び前記第2電極が、前記半導体基板の同一の主面に配置されている請求項1又は2に記載の太陽電池。
- [請求項5] 前記半導体基板は、単結晶シリコン基板又は多結晶シリコン基板である請求項1～4のいずれか1項に記載の太陽電池。
- [請求項6] 請求項1～5のいずれか1項に記載の太陽電池を複数含むことを特徴とする太陽電池モジュール。
- [請求項7] 半導体基板を、ブレードを備えたダイシングソーにより分割するダイシングを含む太陽電池の製造方法であって、
前記半導体基板の厚さが、 $70\mu\text{m}$ 以上 $200\mu\text{m}$ 以下であり、
前記ダイシングソーのダイシング速度が、 $10\text{mm}/\text{sec}$ 以上 $100\text{mm}/\text{sec}$ 以下であり、
前記ブレードは、ダイヤモンド砥粒を備え、

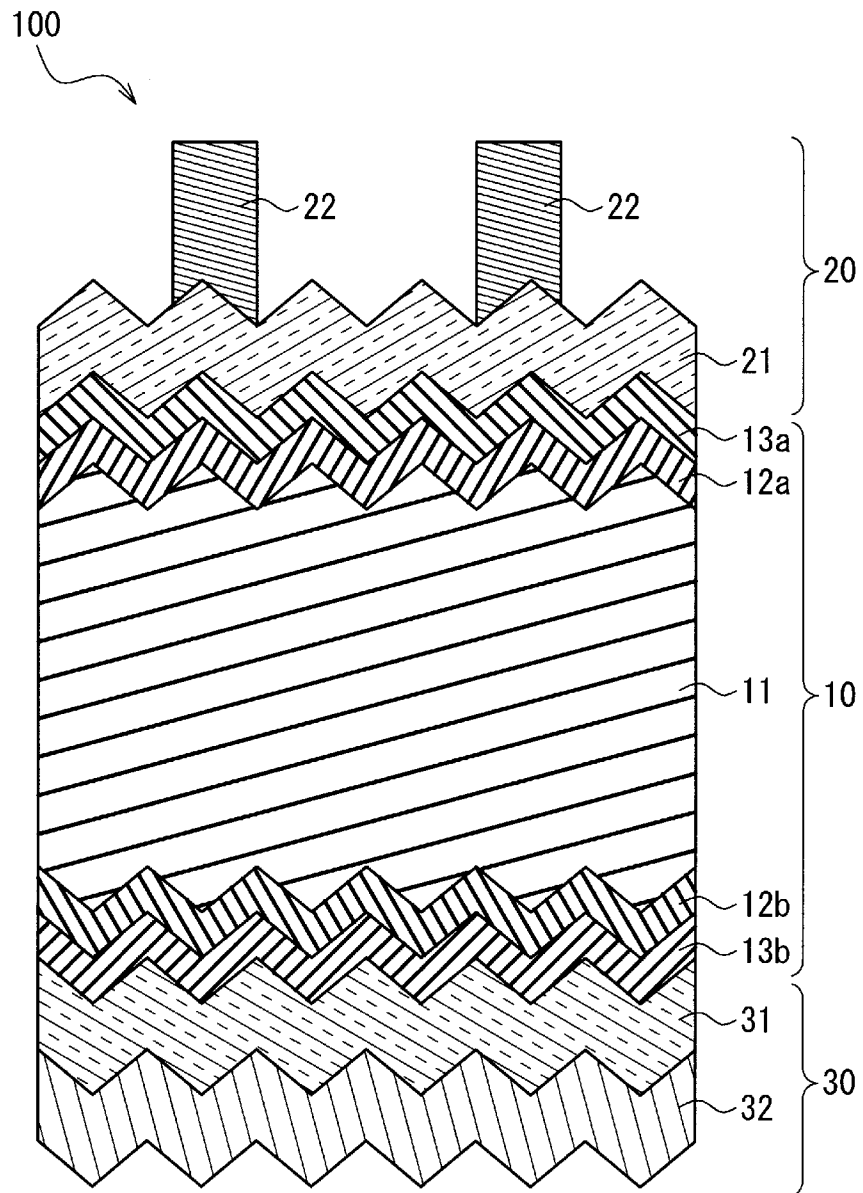
前記ダイヤモンド砥粒の粒度が、日本工業規格（J I S）R 6 0 0 1（1 9 9 8）に規定する＃1 0 0 0以下であることを特徴とする太陽電池の製造方法。

[請求項8] 前記ブレードとして、ハブブレードを用いる請求項7に記載の太陽電池の製造方法。

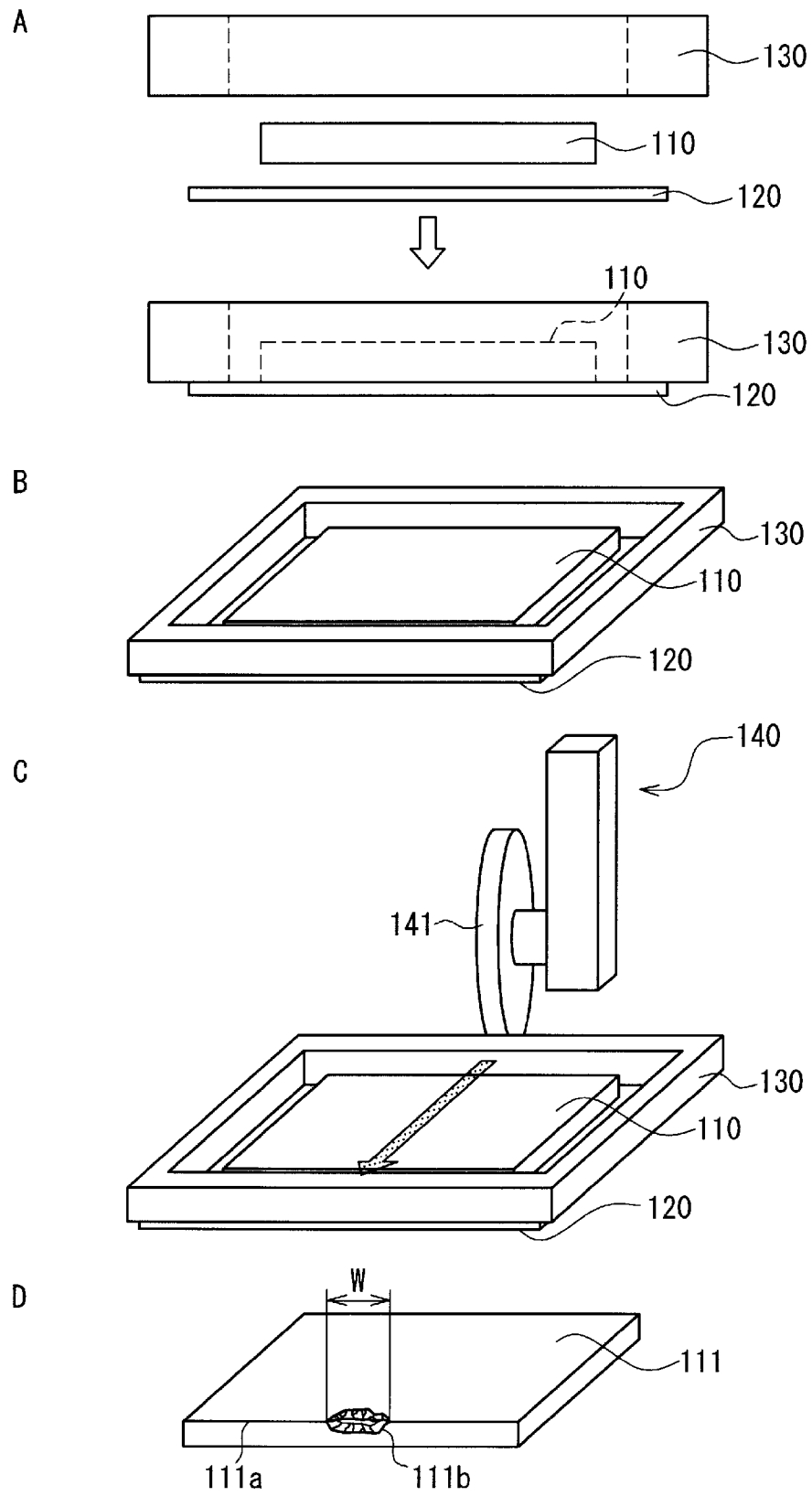
[請求項9] 前記ダイシングソーによる分割が、フルカットにより行われる請求項7又は8に記載の太陽電池の製造方法。

[請求項10] 前記ダイシングソーによる分割が、ハーフカット及び折割により行われる請求項7又は8に記載の太陽電池の製造方法。

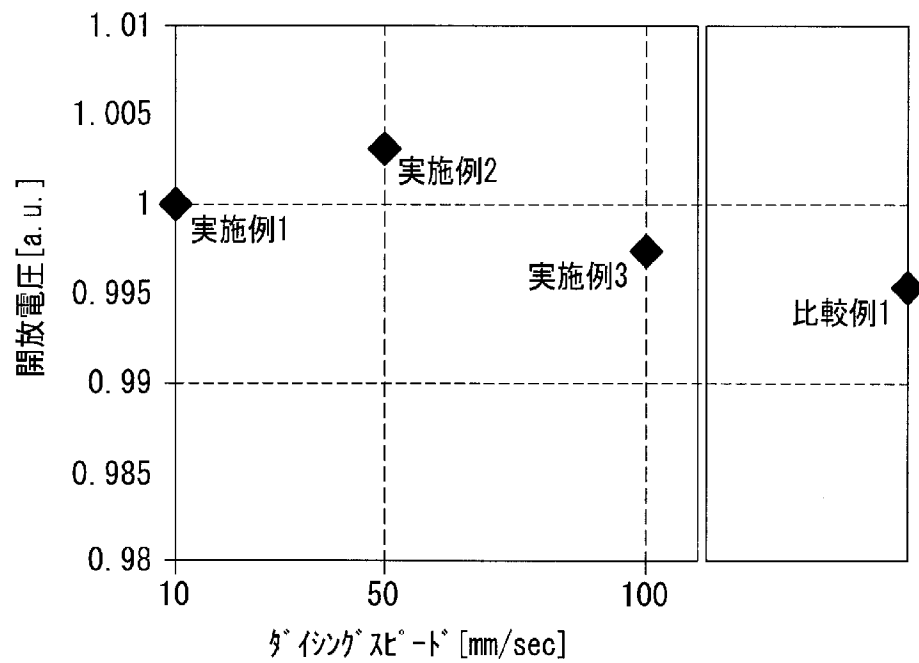
[図1]



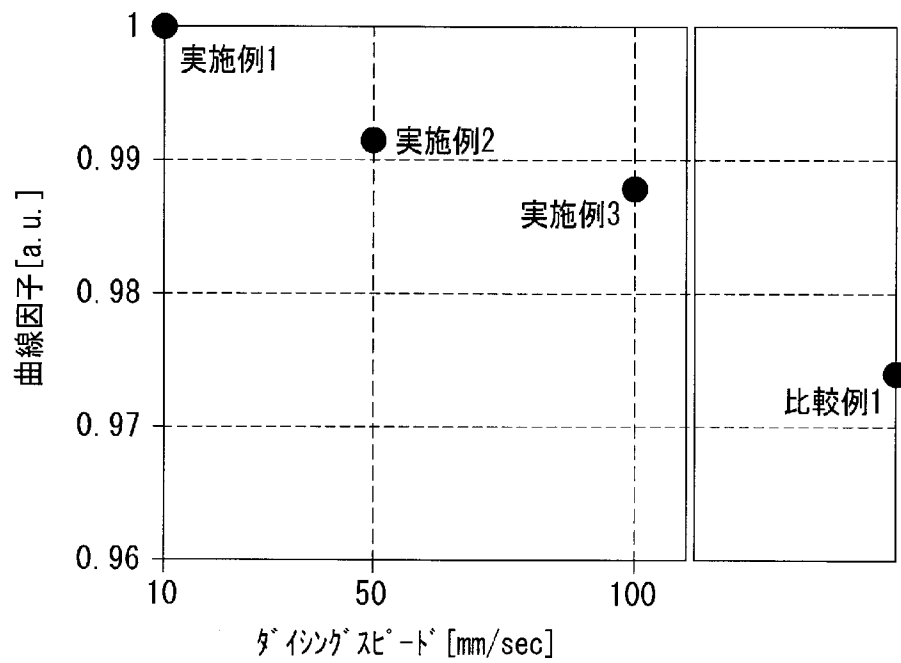
[図2]



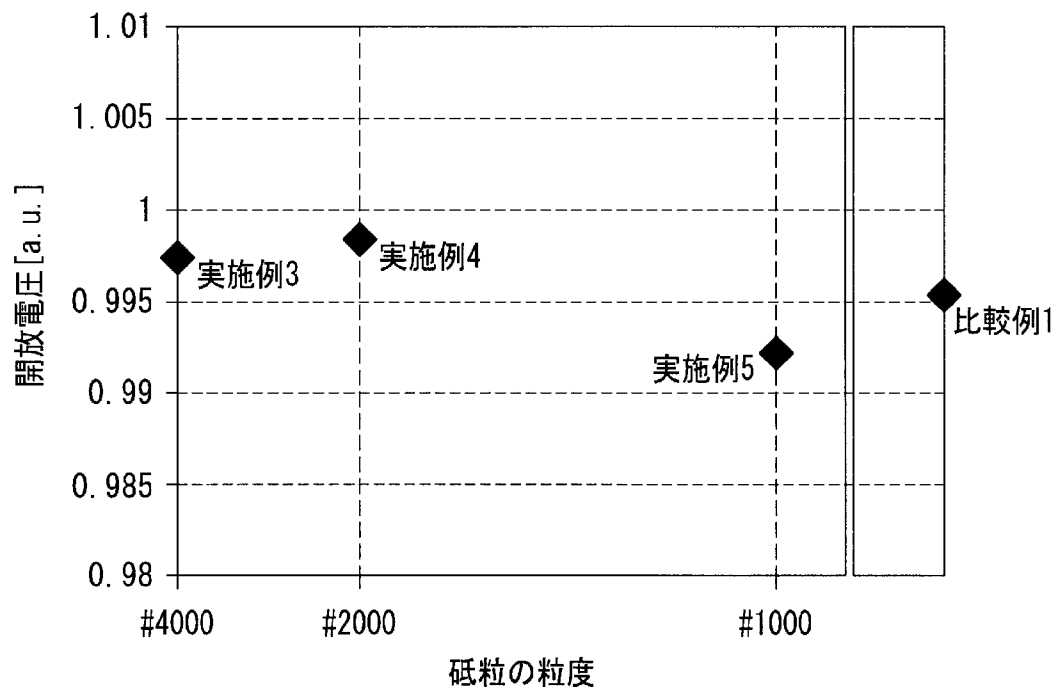
[図3]



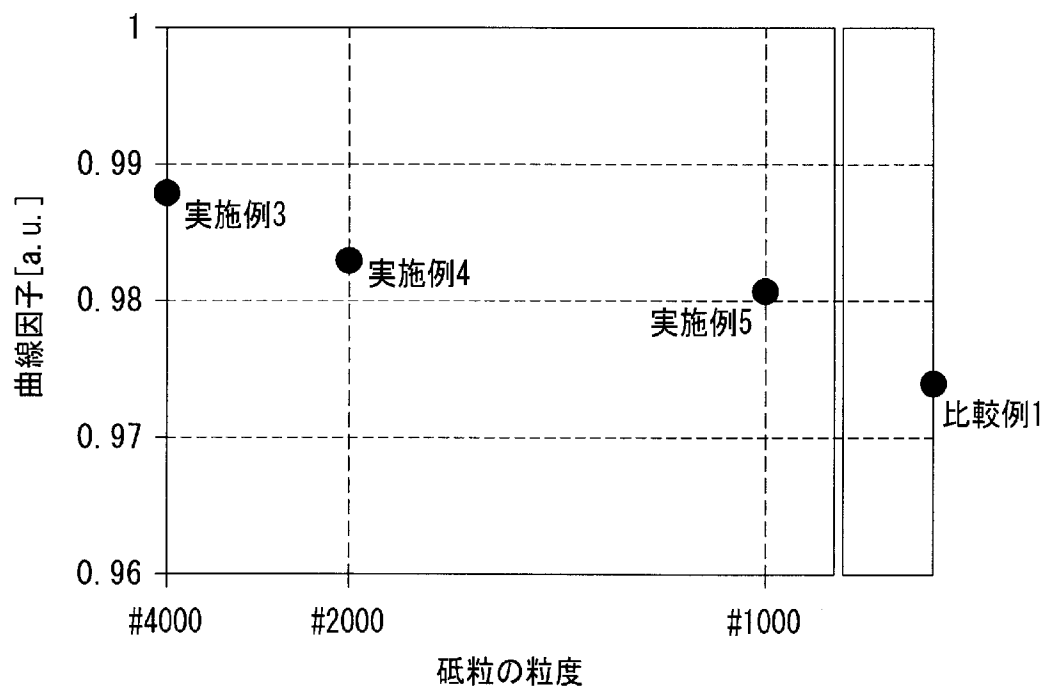
[図4]



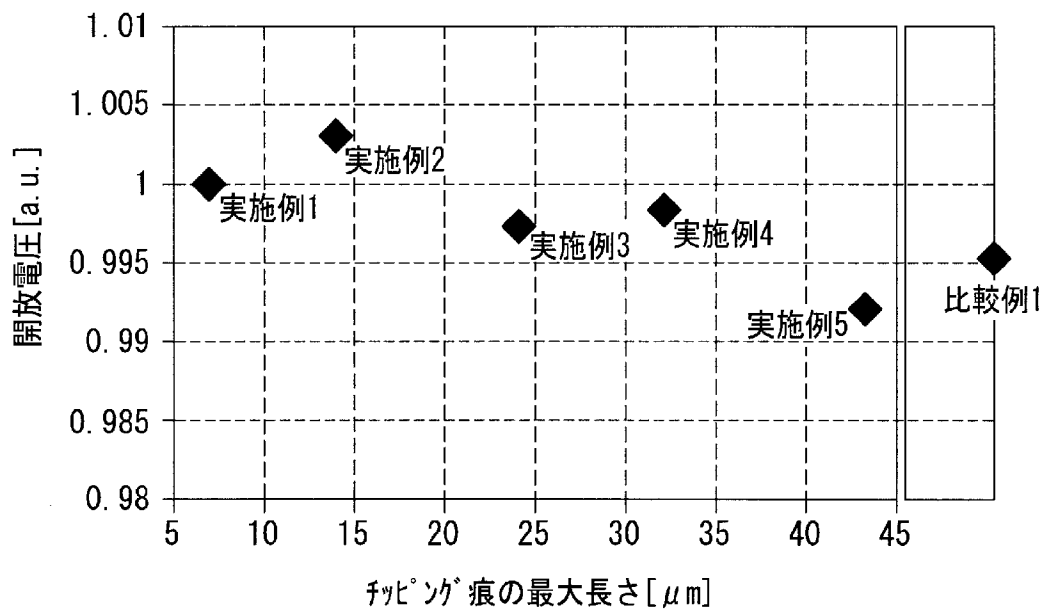
[図5]



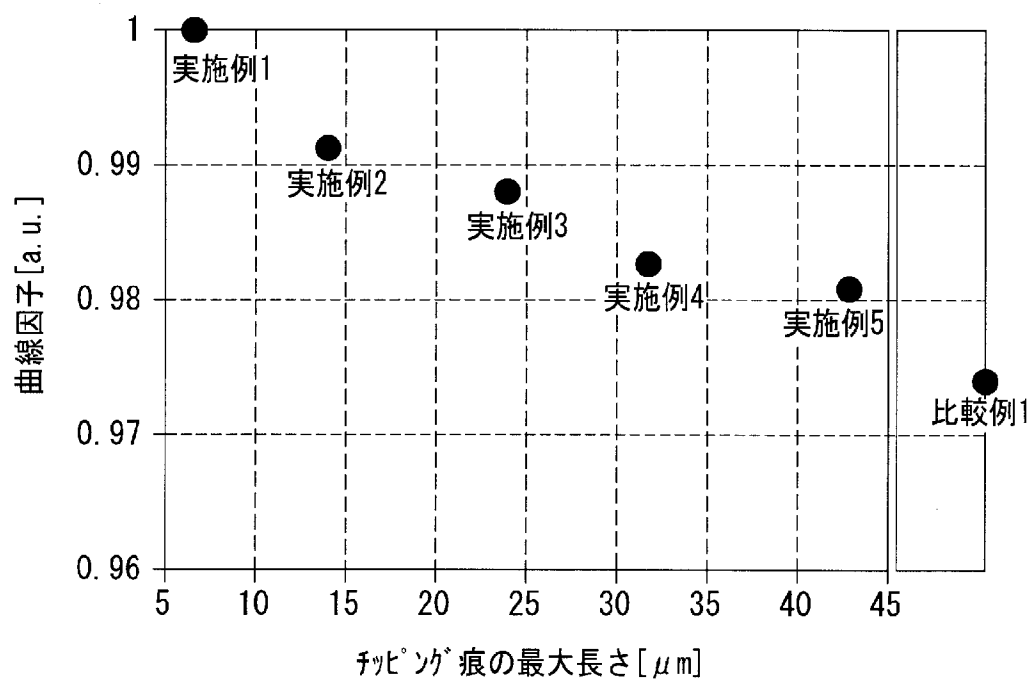
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/021436

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L31/18(2006.01)i, B24B27/06(2006.01)i, H01L21/301(2006.01)i,
H01L31/0747(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, 31/18-31/20, B24B27/06, H01L21/78-21/80

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.
Y	WO 2015/152020 A1 (Kaneka Corp.), 08 October 2015 (08.10.2015), paragraphs [0044] to [0049], [0075] to [0081]; fig. 7 & US 2017/0125619 A1 paragraphs [0064] to [0070], [0098] to [0104]; fig. 7A to 7B	1-3, 5-10
Y	JP 2012-195453 A (Sharp Corp.), 11 October 2012 (11.10.2012), paragraphs [0025] to [0042], [0058] to [0074]; fig. 1 to 13 (Family: none)	1-2, 4-9

☒ 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
27 June 2017 (27.06.17)

Date of mailing of the international search report
11 July 2017 (11.07.17)

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/JP2017/021436

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2009-76950 A (Renesas Technology Corp.), 09 April 2009 (09.04.2009), paragraphs [0007], [0014], [0020], [0030] to [0032], [0041] to [0057] (Family: none)	1-10
Y	JP 2004-349275 A (Tokyo Seimitsu Co., Ltd.), 09 December 2004 (09.12.2004), paragraphs [0002] to [0005], [0010] to [0011], [0021] to [0051] (Family: none)	1-10
A	JP 2011-187555 A (Toyota Motor Corp.), 22 September 2011 (22.09.2011), paragraphs [0044] to [0061] (Family: none)	1-10
A	US 4097310 A (LINDMAYER, Joseph), 27 June 1978 (27.06.1978), entire text (Family: none)	1-10

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01L31/18(2006.01)i, B24B27/06(2006.01)i, H01L21/301(2006.01)i, H01L31/0747(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, 31/18-31/20, B24B27/06, H01L21/78-21/80

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
Y	WO 2015/152020 A1（株式会社カネカ）2015.10.08, [0044]-[0049], [0075]-[0081], 図7 & US 2017/0125619 A1 [0064]-[0070], [0098]-[0104], 図7A-7B	1-3, 5-10
Y	JP 2012-195453 A（シャープ株式会社）2012.10.11, [0025]-[0042], [0058]-[0074], 図1-13 (ファミリーなし)	1-2, 4-9

☒ 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

27.06.2017

国際調査報告の発送日

11.07.2017

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）

河村 麻梨子

2 K

5555

電話番号 03-3581-1101 内線 3255

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2009-76950 A (株式会社ルネサステクノロジ) 2009. 04. 09, [0007], [0014], [0020], [0030]-[0032], [0041]-[0057] (ファミリーなし)	1-10
Y	JP 2004-349275 A (株式会社東京精密) 2004. 12. 09, [0002]-[0005], [0010]-[0011], [0021]-[0051] (ファミリーなし)	1-10
A	JP 2011-187555 A (トヨタ自動車株式会社) 2011. 09. 22, [0044]-[0061] (ファミリーなし)	1-10
A	US 4097310 A (LINDMAYER, Joseph) 1978. 06. 27, 全文 (ファミリーなし)	1-10