(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 3 月 3 日(03.03.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/024750 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 31/04 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2010/064169

(22) 国際出願日: 2010 年 8 月 23 日(23.08.2010)

(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 2009-194594 2009 年 8 月 25 日(25.08.2009) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社アルバック (ULVAC, Inc.) [JP/JP]; 〒2538543 神奈川県茅ヶ崎市萩園２５００ Kanagawa (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 山室 和弘 (YAMAMURO Kazuhiro) [JP/JP]; 〒2538543 神奈川県茅ヶ崎市萩園２５００ 株式会社アルバック内 Kanagawa (JP). 南 展史 (MINAMI Hirofumi) [JP/JP]; 〒2538543 神奈川県茅ヶ崎市萩園２５００ 株式会社アルバック内 Kanagawa (JP). 矢作 充 (YAHAGI Mitsuru) [JP/JP]; 〒2538543 神奈川県茅ヶ崎市萩園２５００ 株式会社アルバック内 Kanagawa (JP). 湯山 純平 (YUYAMA Junpei) [JP/JP]; 〒2538543 神奈川県茅ヶ崎市萩園２５００ 株式会社アルバック内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 志賀 正武, 外 (SHIGA Masatake et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目９番２号 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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, 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.

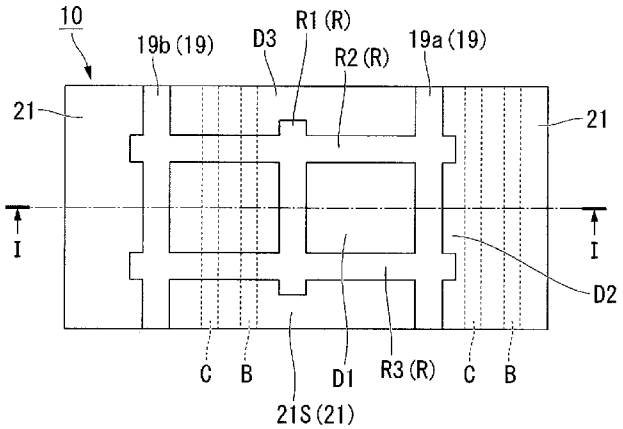
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) **Title**: METHOD AND DEVICE FOR EVALUATING SOLAR CELLS

(54) 発明の名称 : 太陽電池の評価方法及び評価装置

[図3A]



(57) **Abstract**: In the provided method for evaluating solar cells, a solar cell (10) is first prepared, said solar cell having: a photoelectric converter (12) having a plurality of section elements (21) wherein at least a first electrode layer (13), a semiconductor layer (14), and a second electrode layer (15) are layered in that order on top of a substrate (11) and are electrically connected; and a scribe line (19) where the semiconductor layer (14) and the second electrode layer (15) on the photoelectric converter (12) are removed. The solar cell is evaluated as follows: in a section element (21) to be evaluated, a prescribed region (D1) is insulated from the surrounding regions, light is shined on a region that includes the insulated prescribed region (D1), and the current and voltage characteristics that the prescribed region (D1) exhibits upon illumination are measured.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2011/024750 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

この太陽電池の評価方法は、基板（１１）上に少なくとも第一電極層（１３），半導体層（１４），及び第二電極層（１５）がこの順に重ねられて電気的に接続された複数の区画素子（２１）を含む光電変換体（１２）と、前記光電変換体（１２）において前記半導体層（１４）及び前記第二電極層（５）を除去するスクライブ線（１９）とを有する太陽電池（１０）を準備し、評価対象の前記区画素子（２１）において、所定領域（Ｄ１）を周辺領域から絶縁し、絶縁された前記所定領域（Ｄ１）を含む領域に光を照射し、光照射時の前記所定領域（Ｄ１）における電流電圧特性を測定して太陽電池を評価する。

明　細　書

発明の名称 ： 太陽電池の評価方法及び評価装置

技術分野

[0001] 本発明は、太陽電池の所望の領域において、局所的な光電変換効率を高精度に評価できる評価方法及び評価装置に関する。

本願は、２００９年８月２５日に出願された特願２００９－１９４５９４号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] エネルギーの効率的な利用の観点から、近年、太陽電池はますます広く一般に利用されつつある。特に、シリコン単結晶を利用した太陽電池は単位面積当たりのエネルギー変換効率に優れている。しかし、一方でシリコン単結晶を利用した太陽電池は、シリコン単結晶インゴットをスライスしたシリコンウエハを用いるため、インゴットの製造に大量のエネルギーが費やされ、製造コストが高い。特に屋外などに設置される大面積の太陽電池を実現する場合、シリコン単結晶を利用して太陽電池を製造すると、現状では相当にコストが掛かる。そこで、より安価に製造可能なアモルファス（非晶質）シリコン薄膜を利用した太陽電池が、低コストの太陽電池として普及している。

[0003] アモルファスシリコン太陽電池は、光を受けると電子とホールを発生するアモルファスシリコン膜（ｉ型）がｐ型およびｎ型のシリコン膜で挟まれたｐｉｎ接合と呼ばれる層構造の半導体膜を用いている。この半導体膜の両面には、それぞれ電極が形成されている。太陽光によって発生した電子とホールは、ｐ型・ｎ型半導体の電位差によって活発に移動し、これが連続的に繰り返されることで両面の電極に電位差が生じる。

[0004] こうしたアモルファスシリコン太陽電池の具体的な構成としては、例えば、ガラス基板にＴＣＯ（Transparent Conductive Oxide）などの透明電極を下部電極として成膜し、この上にアモルファスシリコンからなる半導体膜と、上部電極となるＡｇ薄膜などが形成された構成が採用される。

このような上下電極と半導体膜からなる光電変換体を備えたアモルファスシリコン太陽電池においては、基板上に広い面積で均一に各層を成膜しただけでは電位差が小さく、抵抗値が大きくなる問題がある。そのため、例えば、光電変換体を所定のサイズごとに電気的に区画した区画素子を形成し、互いに隣接する区画素子同士を電気的に接続することにより、アモルファスシリコン太陽電池が構成されている。

具体的には、基板上に広い面積で均一に形成した光電変換体に、レーザー光などを用いてスクライブ線（スクライブライン）と称される溝を形成し、多数の短冊状の区画素子を得て、この区画素子同士を電気的に直列に接続した構造が採用されている。

[0005] ところで、こうした構造の薄膜シリコン太陽電池においては、製造段階で幾つかの構造欠陥が生じることが知られている。例えば、アモルファスシリコン膜の成膜時にパーティクルが混入したり、ピンホールが生じたりすることにより、上部電極と下部電極とが局所的に短絡することがある。また、基板上に光電変換体を形成した後に、スクライブ線によって多数の区画素子に分割する際に、このスクライブ線に沿って上部電極を成す金属膜が溶融して下部電極に達し、上部電極と下部電極とが局所的に短絡することもある。このように短絡すると、アモルファスシリコン膜の面に平行な方向において、局所的に光電変換効率が変化して、分布（偏り）が生じてしまう。

さらに、薄膜シリコン太陽電池の大型化に伴い、成膜条件や成膜装置の状態に起因して、シリコン膜の面に平行な方向において光電変換効率に分布が生じ易く、太陽電池の品質にばらつきが生じ易い。

そこで、光電変換効率を精度良く測定でき、光電変換効率に分布が生じている場合には、その箇所を精度良く特定できる技術の開発が望まれている。

[0006] これに対して従来は、例えば、太陽電池の評価対象領域に光を照射して、この時に生じるフォトルミネッセンスやエレクトロルミネッセンスを測定して発光強度の分布を測定し、光電変換効率を評価しようとする方法が開示されている。

また、評価対象領域に直流電流を導入して、この時に生じるフォトルミネッセンスやエレクトロルミネッセンスを測定して発光強度の分布を測定し、光電変換効率を評価しようとする方法が開示されている（例えば、特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：国際公開第２００６／０５９６１５号パンフレット

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] しかし、フォトルミネッセンスやエレクトロルミネッセンスから発光強度の分布を測定する評価方法では、発光強度と光電変換効率との間に必ずしも定量的な関係があるとは言えず、光電変換効率を正確に評価できないという問題点があった。さらに、所望の領域において、局所的な光電変換効率を高精度に評価できないという問題点があった。その理由について、図１４Ａ，図１４Ｂを参照しながら説明する。図１４Ａ，図１４Ｂは、従来法による光電変換効率の評価方法の問題点を説明するための概念図であり、図１４Ａは薄膜シリコン太陽電池の上面図、図１４Ｂは図１４ＡのＩＩ－ＩＩ線における断面図である。

[0009] 従来法では、図１４Ｂに示すように太陽電池１０の評価対象である基板１１の領域Ｅに光９を照射して、領域Ｅにおいて発光強度を測定し、その測定値から領域Ｅの光電変換効率を評価していた。しかし、例えば、太陽電池１０に上部電極１５と下部電極１３とを局所的に短絡する構造欠陥Ａが、領域Ｅの近傍に生じている場合、光照射時に発生する電流の一部が、構造欠陥Ａを経由してしまうと、領域Ｅでの光電変換効率を正確に評価できない。なお、図１４Ａ，図１４Ｂにおいては、後述するように符号１２は光電変換体、符号１４は半導体層、符号１９はスクライブ線、符号２１は区画素子をそれぞれ示す。

[0010] 本発明は上記事情に鑑みて為されたものであり、薄膜シリコン太陽電池の所望の領域において、局所的な光電変換効率を高精度に評価できる評価方法及び評価装置を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0011] （１）本発明の太陽電池の評価方法は、基板上に少なくとも第一電極層，半導体層，及び第二電極層がこの順に重ねられて電気的に接続された複数の区画素子を含む光電変換体と、前記光電変換体において前記半導体層及び前記第二電極層を除去するスクライブ線とを有する太陽電池を準備し、評価対象の前記区画素子において、所定領域を周辺領域から絶縁し（絶縁工程）、絶縁された前記所定領域を含む領域に光を照射し（照射工程）、光照射時の前記所定領域における電流電圧特性を測定する（測定工程）。

[0012] （２）上記（１）の太陽電池の評価方法においては、前記所定領域を周辺領域から絶縁する際（絶縁工程）に、少なくとも前記半導体層及び第二電極層を除去することによって絶縁線を前記区画素子に形成し、前記絶縁線によって囲まれる領域は、前記所定領域であってもよい。

[0013] （３）上記（１）の太陽電池の評価方法においては、前記所定領域を周辺領域から絶縁する際（絶縁工程）に、隣り合う二本のスクライブ線に別々に跨るように、少なくとも前記半導体層及び第二電極層を除去することによって二本の絶縁線を前記区画素子に形成し、前記二本の絶縁線に跨るように一本の絶縁線を形成し、前記一本のスクライブ線及び三本の絶縁線で囲まれた領域は、前記所定領域であってもよい。

[0014] （４）また、本発明の太陽電池の評価装置は、基板上に少なくとも第一電極層，半導体層，及び第二電極層がこの順に重ねられて電気的に接続された複数の区画素子を含む光電変換体と、前記光電変換体において前記半導体層及び前記第二電極層を除去するスクライブ線とを有する太陽電池の評価装置であって、測定対象の前記区画素子において、所定領域を周辺領域から絶縁する絶縁部と、絶縁された前記所定領域を含む領域に光を照射する照射部と、光照射時の前記所定領域における電流電圧特性を測定する測定部と、を備え

ている。

[0015] （５）上記（４）の太陽電池の評価装置においては、前記絶縁部がレーザー光源を備え、前記照射部が光源を備え、前記測定部が電流又は電圧を検出するプローブを備え、前記レーザー光源及び光源及びプローブは、それぞれ独立して前記区画素子上を移動可能であることが好ましい。

発明の効果

[0016] 本発明によれば、薄膜シリコン太陽電池の所望の領域において、局所的な光電変換効率を高精度に評価できる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]本発明の評価方法の一実施形態によって評価される太陽電池の要部を示す拡大斜視図である。

[図2A]本発明の評価方法の一実施形態によって評価される太陽電池の要部の拡大断面図である。

[図2B]図２Ａの符号Ｚで表された部位を示す拡大断面図である。

[図3A]絶縁工程後の太陽電池を例示する図であり、太陽電池の上面図である。

[図3B]絶縁工程後の太陽電池を例示する図であり、図３ＡのＩ－Ｉ線における断面図である。

[図4]本発明に係る評価装置の一実施形態を例示する概略構成図である。

[図5]比較例１で使用した太陽電池を示す上面図である。

[図6]比較例１における電流電圧特性の測定結果を示すグラフである。

[図7]実施例１で使用した、絶縁線を設けた太陽電池を示す上面図である。

[図8]実施例１における電流電圧特性の測定結果を示すグラフである。

[図9]実施例１及び比較例１のセル６０についての測定結果を抜粋して示すグラフである。

[図10]実施例１及び比較例１のセル１１９についての測定結果を抜粋して示すグラフである。

[図11]変形例にかかる絶縁工程後の太陽電池を例示する図であり、太陽電池

を模式的に示した上面図である。

[図12]変形例にかかる絶縁工程後の太陽電池を例示する図であり、太陽電池を模式的に示した上面図である。

[図13A]図１２のＸ－Ｘ線における断面図である。

[図13B]図１２のＹ－Ｙ線における断面図である。

[図14A]従来法による光電変換効率の評価方法の問題点を説明するための概念図であり、薄膜シリコン太陽電池の上面図である。

[図14B]従来法による光電変換効率の評価方法の問題点を説明するための概念図であり、図１４ＡのＩＩ－ＩＩ線における断面図である。

発明を実施するための形態

[0018] 以下、本発明に係る太陽電池の評価方法及び評価装置の一実施形態について、図面に基づき説明する。なお、本実施形態は、発明の趣旨をより良く理解させるために具体的に説明するものであり、特に指定のない限り、本発明を限定するものではない。また、以下の説明で用いる図面は、本発明の特徴をわかりやすくするために、便宜上、要部となる部分を拡大して示している場合があり、各構成要素の寸法比率などが実際と同じであるとは限らない。

[0019] ＜太陽電池の評価方法＞

図１は、本発明の評価方法の一実施形態によって評価される薄膜シリコン型の太陽電池の要部の拡大斜視図である。図２Ａは、図１の太陽電池の層構成における要部の拡大断面図である。図２Ｂは、図２Ａの符号Ｚで表された部位を示す拡大断面図である。太陽電池１０は、透明な絶縁性の基板１１を有する。基板１１の第一面１１ａには光電変換体１２が形成されている。基板１１は、例えば、カラスや透明樹脂など、太陽光の透過性に優れ、かつ耐久性を有する絶縁材料で形成されている。こうした基板１１の第二面１１ｂに、太陽光Ｓが入射される。

[0020] 光電変換体１２においては、基板１１上に順に第一電極層１３（下部電極）、半導体層１４、及び第二電極層１５（上部電極）が積層されている。第一電極層１３は、透明な導電材料、例えば、ＴＣＯ、ＩＴＯ（Indium Tin Ox

ide）などの光透過性の金属酸化物から形成されている。また、第二電極層１５は、Ａｇ、Ｃｕなど導電性の金属膜によって形成されている。

[0021] 半導体層１４は、例えば、図２Ｂに示すように、ｐ型シリコン膜１７とｎ型シリコン膜１８との間にｉ型シリコン膜１６を挟んだｐｉｎ接合構造を有する。そして、この半導体層１４に太陽光が入射すると電子とホールが生じて、ｐ型シリコン膜１７とｎ型シリコン膜１８との電位差によって電子及びホールが活発に移動し、これが連続的に繰り返されることで第一電極層１３と第二電極層１５との間に電位差が生じる（光電変換）。なお、シリコン膜の材料としては、アモルファス型、ナノクリスタル型等のうちの、いずれかの材料が用いられる。

[0022] 光電変換体１２は、スクライブ線１９によって、例えば外形が短冊状の多数の区画素子２１，２１・・・に分割されている。この区画素子２１，２１・・・は互いに電気的に区画されるとともに、互いに隣接する区画素子２１同士の間で、例えば電気的に直列に接続される。これにより、光電変換体１２は、区画素子２１，２１・・・を全て電気的に直列に繋いだ構造を有し、高い電位差の電流を取り出すことができる。スクライブ線１９は、例えば、基板１１の第一面１１ａに均一に光電変換体１２を形成した後、レーザーなどによって光電変換体１２に所定の間隔で溝を形成することにより形成される。

[0023] なお、こうした光電変換体１２を構成する第二電極層１５の上に、さらに絶縁性の樹脂などからなる保護層（図示せず）を形成するのが好ましい。

[0024] （絶縁工程）

本発明に係る評価方法の一実施形態においては、まず、評価対象の前記区画素子において、所定領域を周辺領域から絶縁させて絶縁領域を形成する絶縁工程を行う。絶縁工程は、例えば、図３Ａ，図３Ｂに示すように行われる。図３Ａ，図３Ｂは、絶縁工程後の太陽電池を例示する図であり、図３Ａは上面図、図３Ｂは図３ＡのＩ－Ｉ線における断面図である。すなわち、半導体層１４及び第二電極層１５を取り除くことによって二本の絶縁線Ｒ２及び

Ｒ３を形成する。絶縁線Ｒ２及びＲ３の各々は、隣り合う二本のスクライブ線１９ａ及び１９ｂに跨るように設けられている。さらにこれら二本の絶縁線Ｒ２及びＲ３に跨るように、半導体層１４及び第二電極層１５を取り除くことによって一本の絶縁線Ｒ１を形成する。

絶縁線Ｒ２及びＲ３は、スクライブ線１９ａ及び１９ｂに直交する方向に延在している。また、絶縁線Ｒ１は、絶縁線Ｒ２及びＲ３に直交する方向に延在している。

[0025] 絶縁線Ｒ１～Ｒ３は、例えば、レーザーを太陽電池１０上に照射することによって形成されている。同種のレーザー（同じ波長のレーザー）を使用して、半導体層１４及び第二電極層１５を同時に取り除くことで絶縁線Ｒ１～Ｒ３を設けることができる。このように、絶縁工程においては、半導体層１４及び第二電極層１５の二層だけを取り除くことによって、絶縁線Ｒ１～Ｒ３が形成されている。上記のように絶縁線Ｒ１を別途設けることで、一本のスクライブ線１９ａ及び三本の絶縁線Ｒ１～Ｒ３で囲まれた絶縁領域Ｄ１は、区画素子２１ｓにおいて、周辺領域（その他の領域）から確実に絶縁される。

なお、図３Ａ，図３Ｂにおいて、符号Ｂは、半導体層１４と基板１１とが接触している部位を示し、符号Ｃは、第一電極層１３と第二電極層１５とが接続している部位を示す。

[0026] 一方、絶縁線Ｒ１を設けずに、二本のスクライブ線１９ａ及び１９ｂ並びに二本の絶縁線Ｒ２及びＲ３で囲まれた領域（図示略）を区画素子２１ｓ上に形成する場合を説明する。該領域を区画素子２１ｓにおいて、絶縁領域として周辺領域（その他の領域）から確実に絶縁するためには、第一電極層１３、半導体層１４及び第二電極層１５の三層を取り除くことによって二本の絶縁線Ｒ２及びＲ３を形成する必要がある。絶縁線Ｒ１を設けずに、半導体層１４及び第二電極層１５の二層を取り除いただけでは、例えば、電流が絶縁線の下に位置する第一電極層１３を介して、隣り合う領域との間で伝達されてしまう。このため、絶縁が不完全であり、所望の絶縁領域が得られない

。一方、レーザーの照射によって三層を取り除く場合、第一電極層１３を照射するレーザーの種類（波長）と、半導体層１４及び第二電極層１５を照射するレーザーの種類（波長）とを異ならせる必要がある。したがって、工程数の増加を伴い、複雑な装置が必要となる。

[0027] （照射工程）

本発明に係る評価方法の一実施形態においては、前記絶縁工程後に、前記絶縁領域を含む領域に光を照射する照射工程を行う。

例えば、図３Ａ，図３Ｂに示す太陽電池の場合、光が照射される領域は、絶縁領域Ｄ１を含み、絶縁領域Ｄ１の外側に位置する領域に光が照射されてもよい。光は、太陽電池１０の第二面１１ｂから照射される。

[0028] （測定工程）

本発明に係る評価方法の一実施形態においては、次いで、光照射時の前記絶縁領域における電流電圧特性を得るための測定工程を行う。

例えば、図３Ａ，図３Ｂに示す太陽電池の場合、絶縁領域Ｄ１の第二電極層１５と、絶縁領域Ｄ１に隣接する領域Ｄ２の第二電極層１５（太陽電池１０の、光の照射面とは反対側の面）にプローブが接触される。領域Ｄ２と絶縁領域Ｄ１との間にはスクライブ線１９ａが形成されている。第二電極層１５は、光が照射される第二面１１ｂとは反対の第１面１１ａの上方に形成された層である。絶縁領域Ｄ１の第二電極層１５に接触されたプローブと領域Ｄ２の第二電極層１５に接触されたプローブとの間において、電流及び電圧が測定される。これによって電流電圧特性が得られる。この測定工程において、絶縁領域Ｄ１は、区画素子２１ｓにおける周辺領域から確実に絶縁されているので、周辺領域の影響を受けることがない。例えば、周辺領域において発生した電流が絶縁領域Ｄ１に流れることがない。したがって、例えば、図３Ａに示すように、絶縁領域Ｄ１に隣接する前記領域Ｄ２又は領域Ｄ３に構造欠陥Ａが存在する場合でも、絶縁領域Ｄ１における光電変換効率を高精度に評価できる。ここで、領域Ｄ３と絶縁領域Ｄ１との間には絶縁線Ｒ２が形成されている。また、構造欠陥Ａが、前記領域Ｄ２又はＤ３以外の領域に

存在する場合であっても、同様に、絶縁領域Ｄ１における光電変換効率を高精度に評価できる。

[0029] ＜太陽電池の評価装置＞

本発明に係る評価装置の一実施形態は、前記評価工程において、測定対象の区画素子における所定領域を周辺領域から絶縁させて絶縁領域を形成する絶縁部と、前記絶縁領域を含む領域に光を照射する照射部と、光照射時の前記絶縁領域における電流電圧特性を測定する測定部とを備える。

絶縁部としては、例えば、レーザー光源を備えたレーザー照射装置が用いられる。照射部としては、例えば、光源を備えた光照射装置が用いられる。なお、本明細書においては、特に指定のない限り、「光源」は、「照射部を構成する光源」を指し、「絶縁部を構成するレーザー光源」とは区別される。測定部としては、例えば、プローブを複数備えた電流電圧測定器が用いられる。

[0030] 本発明に係る評価装置の一実施形態においては、前記レーザー光源、光源及びプローブが、それぞれ独立して、太陽電池の区画素子上を移動できるように構成されていることが好ましい。そのためには、評価装置は、前記レーザー光源，光源，及びプローブが別々に固定される複数の第一固定部を備えることが好ましい。複数の第一固定部は、前記レーザー光源，光源，及びプローブを所望の位置に移動させて配置する。また、評価装置は、これら第一固定部と電気的に接続され、これら第一固定部の動きを自動で制御する、コンピューター等の第一制御部を備えることがより好ましい。さらに、評価装置は、評価に供する太陽電池が固定される第二固定部を備えることが好ましい。この第二固定部は、太陽電池を所望の位置に移動させて配置する。さらに、また、評価装置は、第二固定部と電気的に接続され、第二固定部の動きを自動で制御する、コンピューター等の第二制御部を備えることがより好ましい。第一制御部及び第二制御部は、一体となっていてもよい。

[0031] 図４は、本発明に係る評価装置の一実施形態を例示する概略構成図である。

図４に示す評価装置３は、レーザー光源が太陽電池１０の基板１１に対向するように配置されたレーザー照射装置３１、光源が太陽電池１０の基板１１に対向するように配置された光照射装置３２、及び、太陽電池１０の第二電極層１５に二つのプローブ３３０，３３０が接触可能に配置された電流電圧測定器３３を備える。そして、レーザー照射装置３１、光照射装置３２、電流電圧測定器３３及び太陽電池１０の各々は、上記第一固定部又は第二固定部（図示略）に固定されており、独立して図中のＸ軸方向、Ｙ軸方向及びＺ軸方向のいずれにも移動可能である。なお、本実施形態においては、電流電圧測定器として、電圧プローブと電流プローブが一体に設けられたプローブを二つ備えた測定器を示しているが、例えば、電圧プローブと電流プローブが別々に設けられたプローブを二つ備えた、いわゆる四端子型の電流電圧測定器を使用することもできる。また、本実施形態においては、プローブを二つ備えた電流電圧測定器が示されているが、２ｎ（ｎは２以上の整数を表す）個のプローブを備えた測定器が用いられてもよい。このような構成を有する測定器においては、複数の絶縁領域おける電流電圧特性を同時に測定したり、一つの絶縁領域について複数個のプローブで同時に電流電圧特性を測定したりすることができる。また、光照射装置も同様に、光源を一つ備えた光照射装置が用いられてもよいし、ｎ（ｎは２以上の整数を表す）個の光源を備えた光照射装置が用いられてもよい。

[0032] 本発明によれば、区画素子において、周辺から絶縁された評価対象の絶縁領域を設け、この絶縁領域を含む領域に光を照射することで、周辺領域の影響を受けることなく、該絶縁領域の電流電圧特性を測定でき、光電変換効率を局所的に高精度に評価できる。

例えば、電流電圧特性が測定された複数の絶縁領域の中で、他の絶縁領域とは光電変換効率が大きく異なる光電交換効率を有する絶縁領域が存在すれば、該領域中に構造欠陥が存在すると判断できる。一方、本発明の評価方法を適用しない場合には、得られた測定結果に基づいて、構造欠陥の影響を受けているか否を正確に判断できない。

このように、本発明は、太陽電池のシリコン膜の面に平行な方向における光電変換効率の分布状態を高精度に評価し、分布が生じている場合にはその箇所を高精度に特定する装置及び方法を初めて提供している。

[0033] （変形例）

次に、前述の絶縁工程についての変形例について説明する。以下では、上記実施形態と同一の部位については同一符号で示す。

上述の絶縁工程では、図３Ａに示すように、光電変換体１２において、半導体層１４及び第二電極層１５を取り除くことによって形成された二本の絶縁線Ｒ２及びＲ３を、それぞれ別々に、隣り合う二本のスクライブ線１９ａ及び１９ｂに跨るように設け、さらにこれら二本の絶縁線Ｒ２及びＲ３に跨るように、半導体層１４及び第二電極層１５を取り除くことによって形成された一本の絶縁線Ｒ１を設けた。そして、一本のスクライブ線１９ａ及び三本の絶縁線Ｒ１～Ｒ３で囲まれた絶縁領域Ｄ１を形成した。

[0034] ここで説明する変形例では、図１１に示すように、光電変換体１２において、隣り合う二本のスクライブ線１９ａ及び１９ｂの間に、半導体層１４及び第二電極層１５を取り除くことによって形成された四本の絶縁線Ｒ４～Ｒ７を設け、これら絶縁線Ｒ４～Ｒ７によって囲まれる矩形状の絶縁領域Ｄ４を形成した。

このように絶縁線のみによって囲まれる絶縁領域を形成した場合には、スクライブ線の影響が排除され、絶縁領域における電流電圧特性の分布を測定することができる。なお、絶縁線のみによって囲まれる領域の形態（形状）としては、例えば、三角形状、五角形状、円形状等であってもよい。

また、絶縁工程において、スクライブ線を含まない絶縁領域を形成するか、又は、スクライブ線を含む絶縁領域を形成するか否かは、状況に応じて判断すればよい。

[0035] 次に、図１２は、絶縁工程において、光電変換体１２に形成された隣り合う二本のスクライブ線１９ａ及び１９ｂの間に、絶縁線のみによって囲まれる絶縁領域Ｄ５と、スクライブ線１９ｂと、三本の絶縁線で囲まれる絶縁領

域Ｄ６とが並べて設けられた例を示している。図１３Ａには、図１２のＸ－Ｘ線における断面が示され、図１３Ｂには、図１２のＹ－Ｙ線における断面が示されている。

[0036] この例において、絶縁領域Ｄ５は、四本の絶縁線Ｒ８～Ｒ１１によって矩形状に形成されている。絶縁領域Ｄ６は、スクライブ線１９ｂと、スクライブ線１９ｂに跨り、スクライブ線１９ｂからスクライブ線１９ａに向けて、区画素子２１の略中央領域まで延出する絶縁線Ｒ１２，Ｒ１３と、互いに平行に延出した絶縁線Ｒ１２，Ｒ１３に跨るように、スクライブ線１９ｂに沿って延出する絶縁線Ｒ１４と、で形成されている。なお、図１２においてＲ１５は、絶縁線Ｒ１２，Ｒ１３に跨るようにスクライブ線１９ｂに沿って延出する絶縁線を示している。この絶縁線Ｒ１５は、絶縁線Ｒ１５と絶縁線Ｒ１４とによってスクライブ線１９ｂが挟まれるように位置している。また、図１２、図１３Ａ，Ｂにおいては、プローブ３３０が示されている。

[0037] このように、光電変換体１２において、絶縁線のみによって囲まれる絶縁領域と、スクライブ線及び絶縁線で囲まれる絶縁領域と、を並べて設けた場合には、双方の電流電圧特性を比較することにより、スクライブ線の影響に起因する分布を測定することができる。

実施例

[0038] 以下、具体的実施例により、本発明についてさらに詳しく説明する。ただし、本発明は以下に示す実施例に何ら限定されるものではない。

[0039] （実施例１、比較例１）

図５に示すように複数の区画素子（セル２，３１，６０，９１，及び１１９）を有する太陽電池１０’を準備し、各区画素子（セル２，３１，６０，９１，及び１１９）の各々に絶縁線を設けることなく、一つの区画素子において五箇所（図５中、符号Ｄ’で示す）に、２２ｍｍ×８．６ｍｍの照射面積で光を照射した。図５は、使用した（準備した）太陽電池１０’を示す上面図である。そして、本発明の評価装置を使用して、光照射時の各照射領域における電流電圧特性を測定した（比較例１）。測定結果を図６に示す。な

お、図６は、セル２，３１，６０，９１，及び１１９の各々について、四箇所の照射領域における電流電圧特性が測定された結果を示している。

[0040] 図６から明らかなように、同じ区画素子内（一つの区画素子内）においては、照射領域間の電流電圧特性のばらつきは小さかった。また、いずれの区画素子においても、その光電変換効率は、太陽電池１０’全体に光を照射して電流電圧特性を測定した時の光電変換効率よりも低くなった。

[0041] 次いで、上記のように電流電圧特性が測定された後の前記太陽電池１０’を準備し、絶縁線Ｒ１～Ｒ３を各区画素子（セル）に形成した。具体的に、図７に示すように、図３の場合と同様に各区画素子（セル）に絶縁線Ｒ１～Ｒ３を設け、評価対象となる複数の所定領域を周辺領域から絶縁させ、複数の絶縁領域Ｄ１が形成された太陽電池１０を得た。図７は、絶縁線Ｒ１～Ｒ３が設けられた太陽電池１０を示す上面図である。その後、絶縁領域Ｄ１を含む領域に、２２ｍｍ×８．４ｍｍの照射面積で光を照射し、比較例１の場合と同様に、本発明の評価装置を使用して電流電圧特性を測定した（実施例１）。実施例１の測定結果を図８に示す。なお、図８は、セル２，３１，及び１１９の各々における二箇所の照射領域の電流電圧特性が測定された結果を示し、セル６０における五箇所の照射領域の電流電圧特性が測定された結果を示し、セル９１における一箇所の照射領域の電流電圧特性が測定された結果を示している。

[0042] 図８から明らかなように、一つの区画素子（セル６０）において、一つの絶縁領域Ｄ１の電流電圧特性が他の領域の電流電圧特性とは大きく異なることが確認できた。これは、該絶縁領域Ｄ１中に構造欠陥が存在することを示す。

[0043] セル６０における実施例１及び比較例１の結果を抜粋して、図９に示す。なお、図９では、実施例１及び比較例１について、いずれも五箇所の照射領域の電流電圧特性が測定された結果を示している。

また、図１０においては、セル１１９における実施例１及び比較例１の結果を抜粋することにより、その結果がまとめられている。なお、図１０は、

実施例１については二箇所の照射領域の電流電圧特性が測定された結果を示し、比較例１においては五箇所の照射領域の電流電圧特性が測定された結果を示している。

[0044] 図８に基づいて説明したように、実施例１では、セル６０において、一つの絶縁領域Ｄ１の電流電圧特性が、その他の絶縁領域Ｄ１の電流電圧特性と大きく異なっており、この絶縁領域Ｄ１に構造欠陥が存在することが確認できた。さらに、図９においては、図８によって示された構造欠陥が存在する絶縁領域Ｄ１が除かれた複数の絶縁領域Ｄ１の間においても、電流電圧特性に大きなばらつきが確認されている。即ち、図９の符号Ｉで示された電流電圧特性グループにおいて、電流電圧特性に大きなばらつきが生じていることが確認されている。一方、図９の符号Ｐで示された電流電圧特性グループ、即ち、比較例１によって測定された電流電圧特性においては、ばらつきが生じていることを判断し難い。

したがって、図９においては、実施例１における電流電圧特性のばらつきの大きさが、比較例１における電流電圧特性のばらつきの大きさよりも大きいことが、明確に確認できた。つまり、本発明の評価方法を適用することによって、電流電圧特性グループＩにおいて良好な電流電圧特性が得られている絶縁領域Ｄ１と、良好ではない電流電圧特性が得られている絶縁領域Ｄ１との両方が存在する（ばらつきが存在する）ことを明らかにできた。電流電圧特性のばらつきは、膜質がばらついていること、即ち、太陽電池の面に平行な方向において、膜質分布が生じていることを示していると考えられる。

[0045] また、図１０は、構造欠陥の存在を示す測定結果が示されていない点をのぞいて、図９と同様の結果が得られたことを示している。即ち、本発明の評価方法を適用することによって、セル１１９においては、構造欠陥は存在しないが、絶縁領域Ｄ１において、電流電圧特性がばらついていることが明らかにされている。

[0046] 一方で、図６、９及び１０に示すように、比較例１によって測定された電流電圧特性のばらつきは小さく、また、各区画素子の光電変換効率が、太陽

電池１０全体としての光電変換効率よりも低い。この理由は、電流電圧特性がセル６０に存在する構造欠陥の影響を受けた結果であると考えられる。このような状態では、実施例１のように、構造欠陥が存在すること又は膜質分布が生じていることを確認することができない。

[0047] このように、本発明の評価方法を適用することで、太陽電池１０の光電変換効率を高精度に評価できると共に、構造欠陥の箇所を高精度に特定できた。一方、比較例１においては、上記のように、照射領域全般に実施例１によって特定できた構造欠陥の影響が及んでしまい、測定結果（電流電圧特性）は精度が低かった。

産業上の利用可能性

[0048] 本発明は、薄膜シリコン太陽電池の所望の領域において、局所的な光電変換効率を高精度に評価できる。

符号の説明

[0049] ３・・・評価装置、１０・・・太陽電池、１１・・・基板、１１ａ・・・基板の一面、１２・・・光電変換体、１３・・・第一電極層、１４・・・半導体層、１５・・・第二電極層、１９（１９ａ，１９ｂ）・・・スクライブ線、２１・・・区画素子、Ｄ１，Ｄ４，Ｄ５，Ｄ６・・・絶縁領域、Ｒ（Ｒ１～Ｒ１５）・・・絶縁線、３１・・・レーザー照射装置、３２・・・光照射装置、３３・・・電流電圧測定器、３３０・・・プローブ

請求の範囲

[請求項1] 太陽電池の評価方法であって、

基板上に少なくとも第一電極層，半導体層，及び第二電極層がこの順に重ねられて電気的に接続された複数の区画素子を含む光電変換体と、前記光電変換体において前記半導体層及び前記第二電極層を除去するスクライブ線とを有する太陽電池を準備し、

評価対象の前記区画素子において、所定領域を周辺領域から絶縁し、

絶縁された前記所定領域を含む領域に光を照射し、

光照射時の前記所定領域における電流電圧特性を測定する

ことを特徴とする太陽電池の評価方法。

[請求項2] 前記所定領域を周辺領域から絶縁する際に、少なくとも前記半導体層及び第二電極層を除去することによって絶縁線を前記区画素子に形成し、前記絶縁線によって囲まれる領域は、前記所定領域である

ことを特徴とする請求項１に記載の太陽電池の評価方法。

[請求項3] 前記所定領域を周辺領域から絶縁する際に、隣り合う二本のスクライブ線に別々に跨るように、少なくとも前記半導体層及び第二電極層を除去することによって二本の絶縁線を前記区画素子に形成し、

前記二本の絶縁線に跨るように一本の絶縁線を形成し、

前記一本のスクライブ線及び三本の絶縁線で囲まれた領域は、前記所定領域である

ことを特徴とする請求項１に記載の太陽電池の評価方法。

[請求項4] 基板上に少なくとも第一電極層，半導体層，及び第二電極層がこの順に重ねられて電気的に接続された複数の区画素子を含む光電変換体と、前記光電変換体において前記半導体層及び前記第二電極層を除去するスクライブ線とを有する太陽電池の評価装置であって、

測定対象の前記区画素子において、所定領域を周辺領域から絶縁する絶縁部と、

絶縁された前記所定領域を含む領域に光を照射する照射部と、

光照射時の前記所定領域における電流電圧特性を測定する測定部と、

を備えたことを特徴とする太陽電池の評価装置。

[請求項5] 前記絶縁部がレーザー光源を備え、

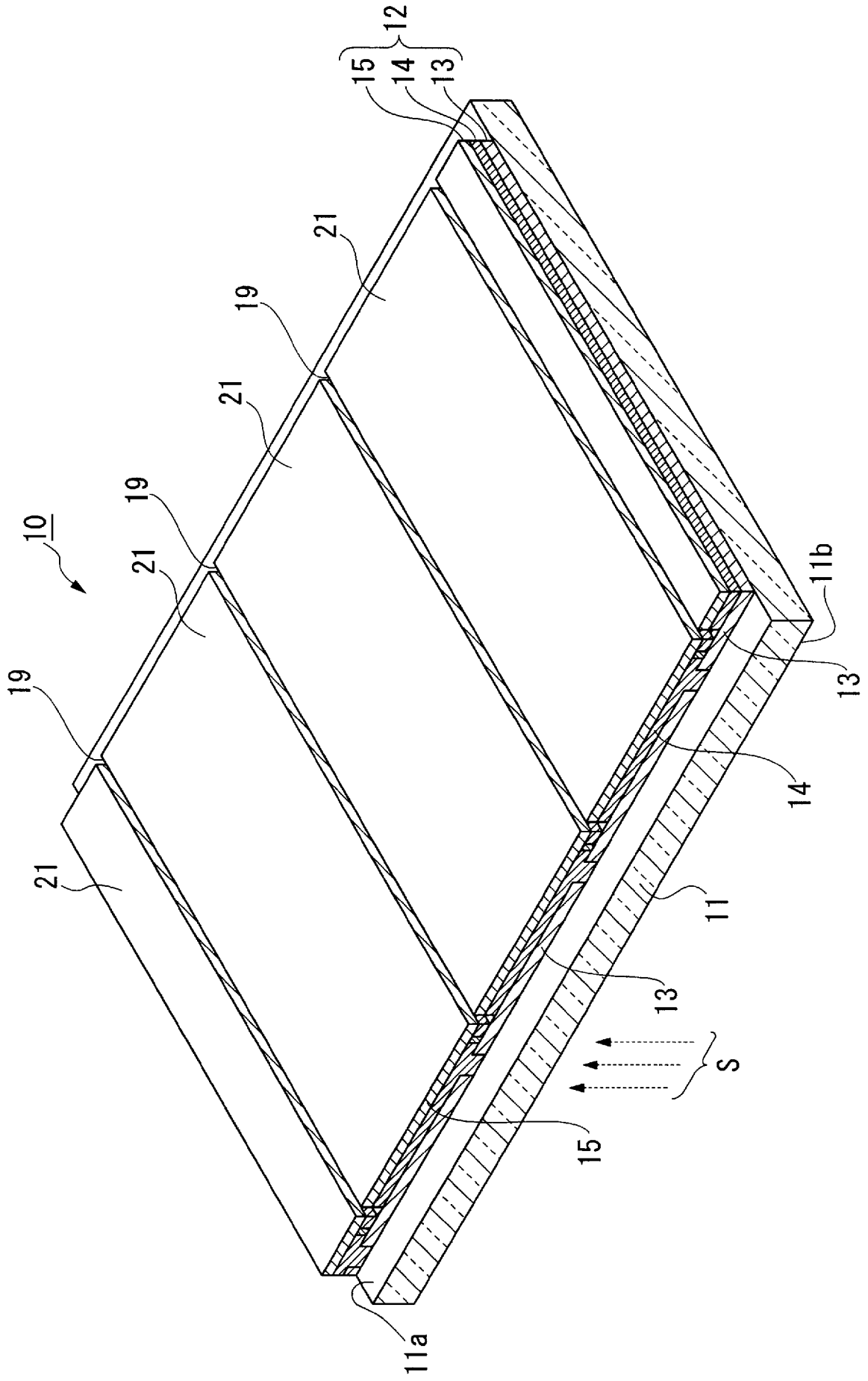
前記照射部が光源を備え、

前記測定部が電流又は電圧を検出するプローブを備え、

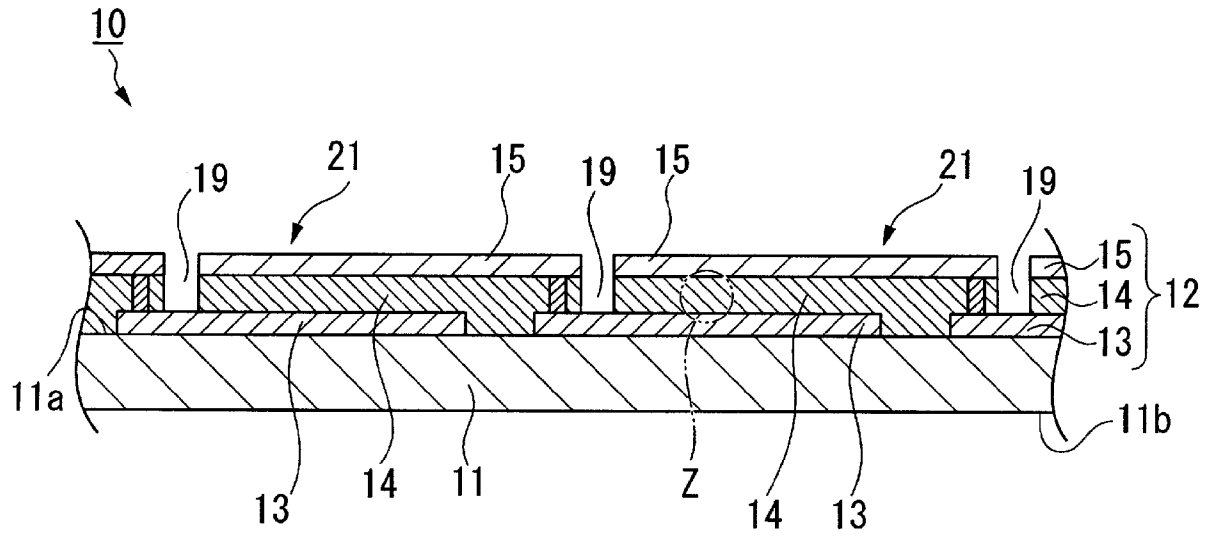
前記レーザー光源及び光源及びプローブは、それぞれ独立して前記区画素子上を移動可能である

ことを特徴とする請求項４に記載の太陽電池の評価装置。

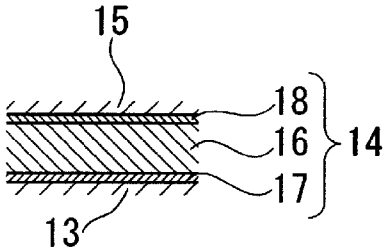
[図1]



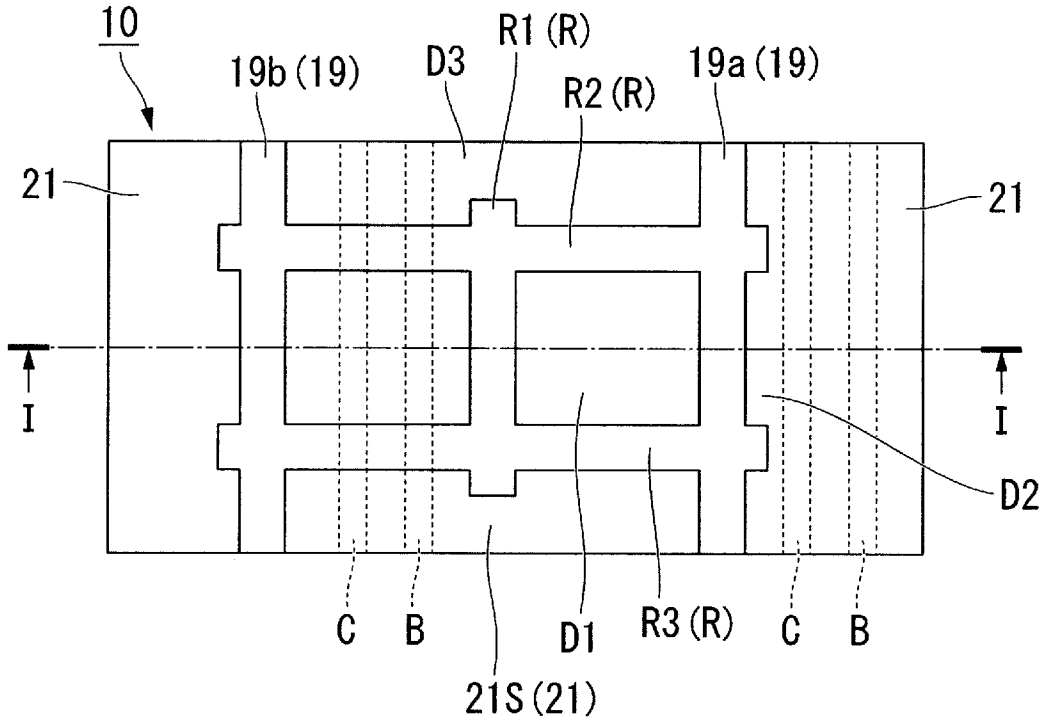
[図2A]


10
19
21
15
19
15
21
19
15
14
12
13
11a
11b
13
14
11
Z
14
13

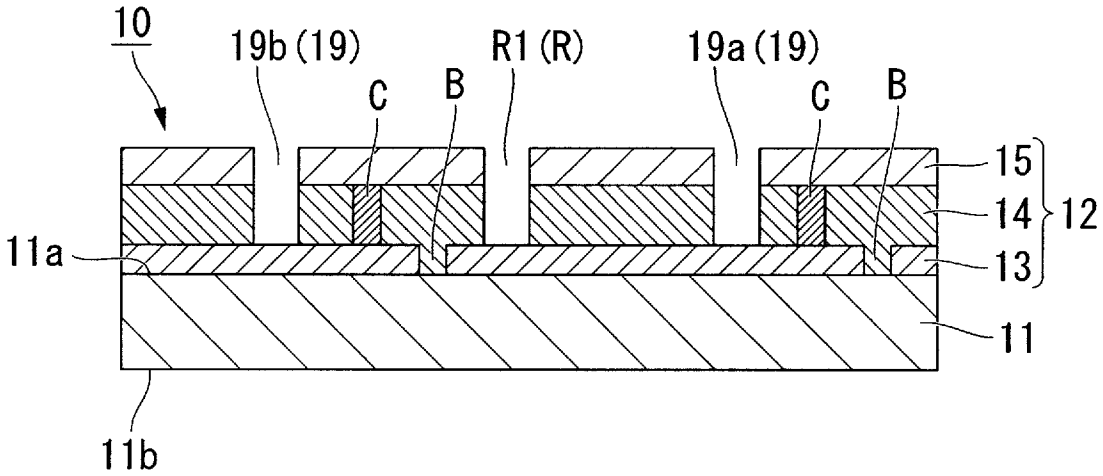
[図2B]


15
18
16
14
17
13

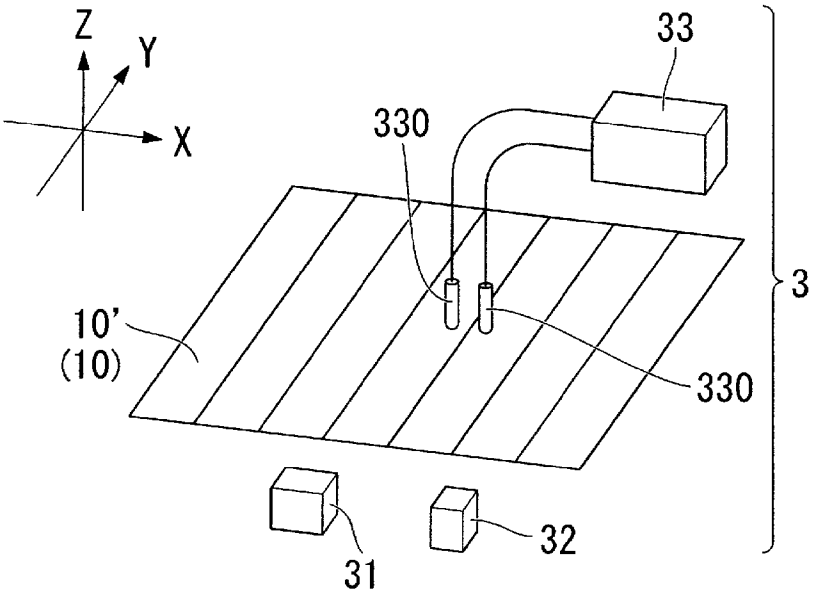
[図3A]


10
19b (19)
D3
R1 (R)
R2 (R)
19a (19)
21
21
I
I
D2
C
B
21S (21)
D1
R3 (R)
C
B

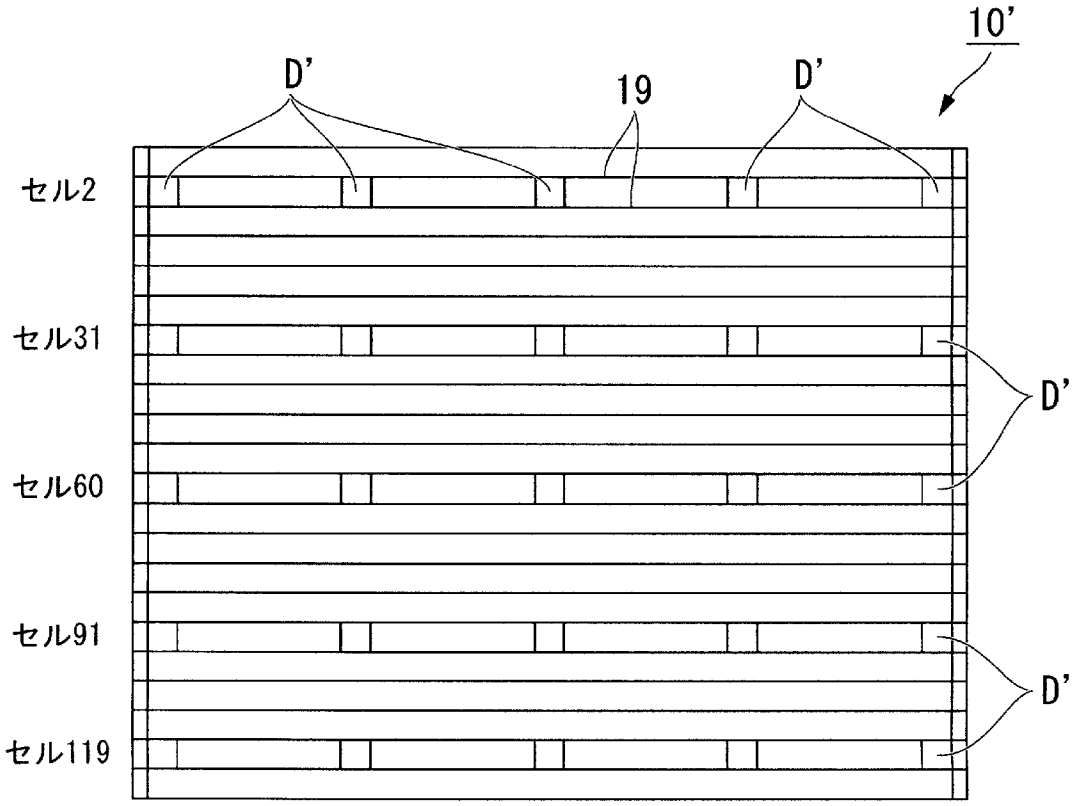
[図3B]


10
19b (19)
C
B
R1 (R)
19a (19)
C
B
15
14
12
11a
13
11
11b

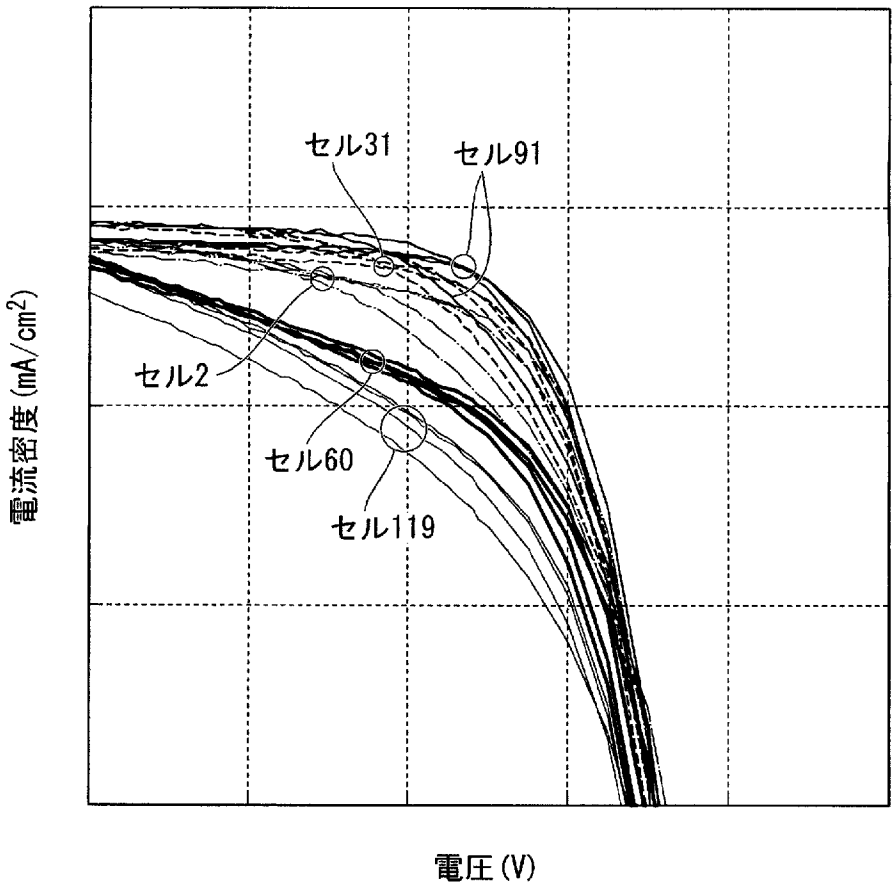
[図4]



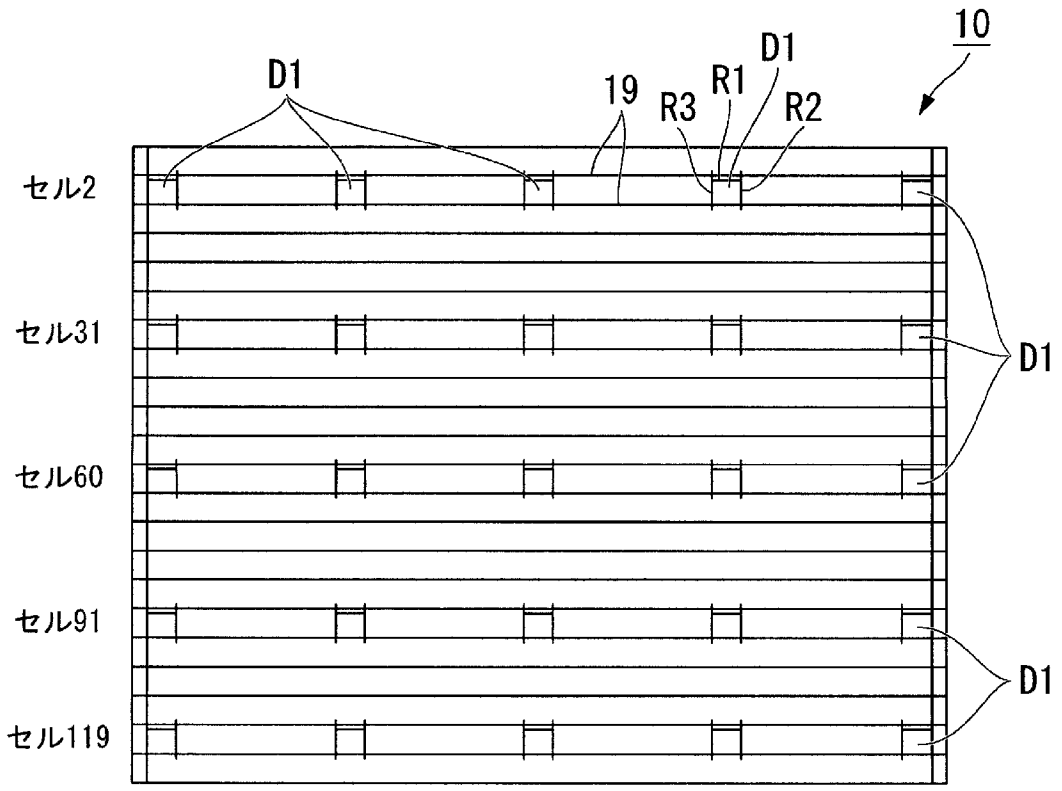
[図5]



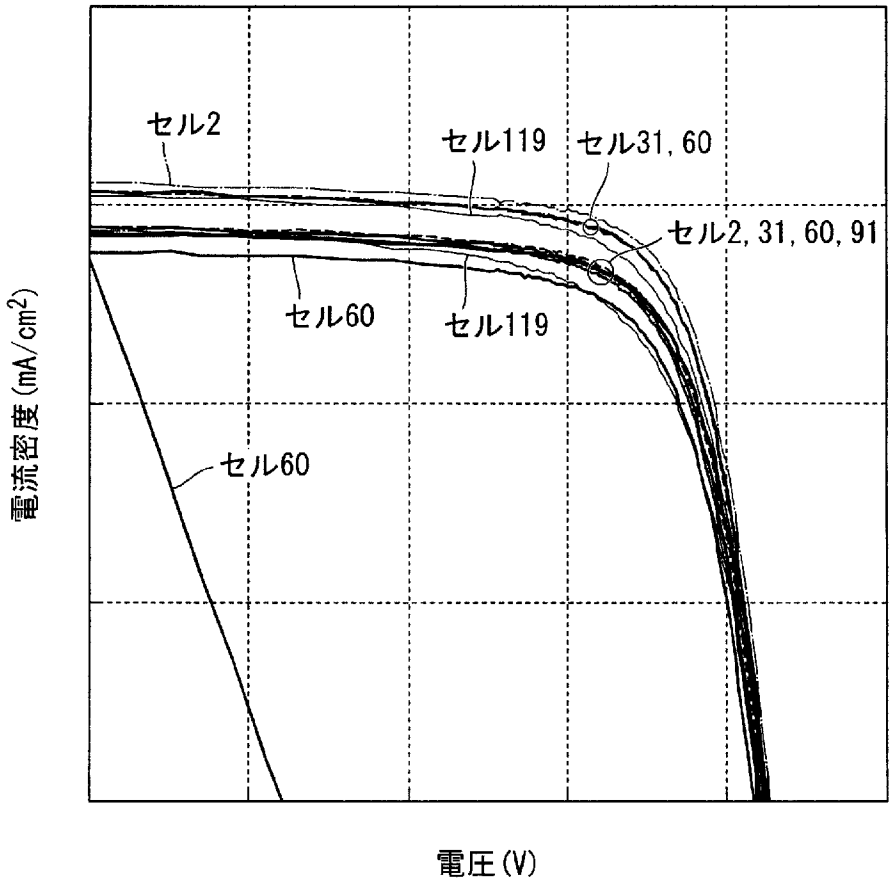
[図6]



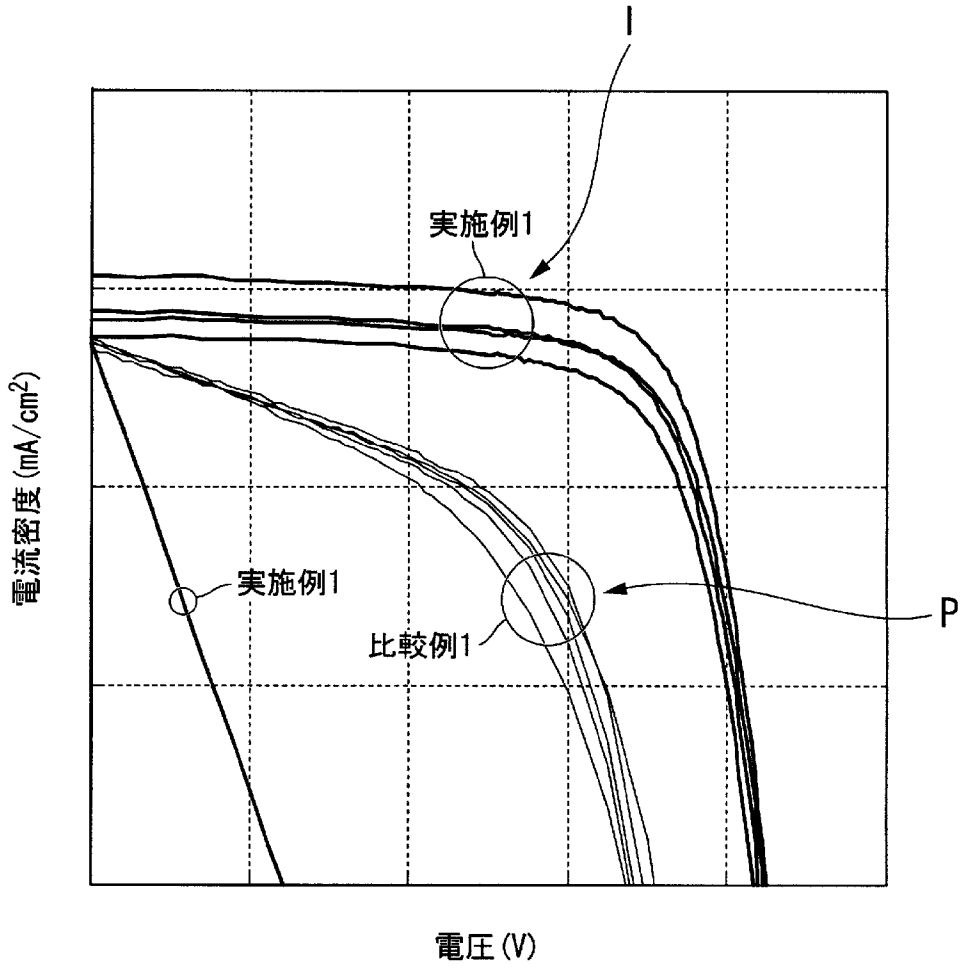
[図7]



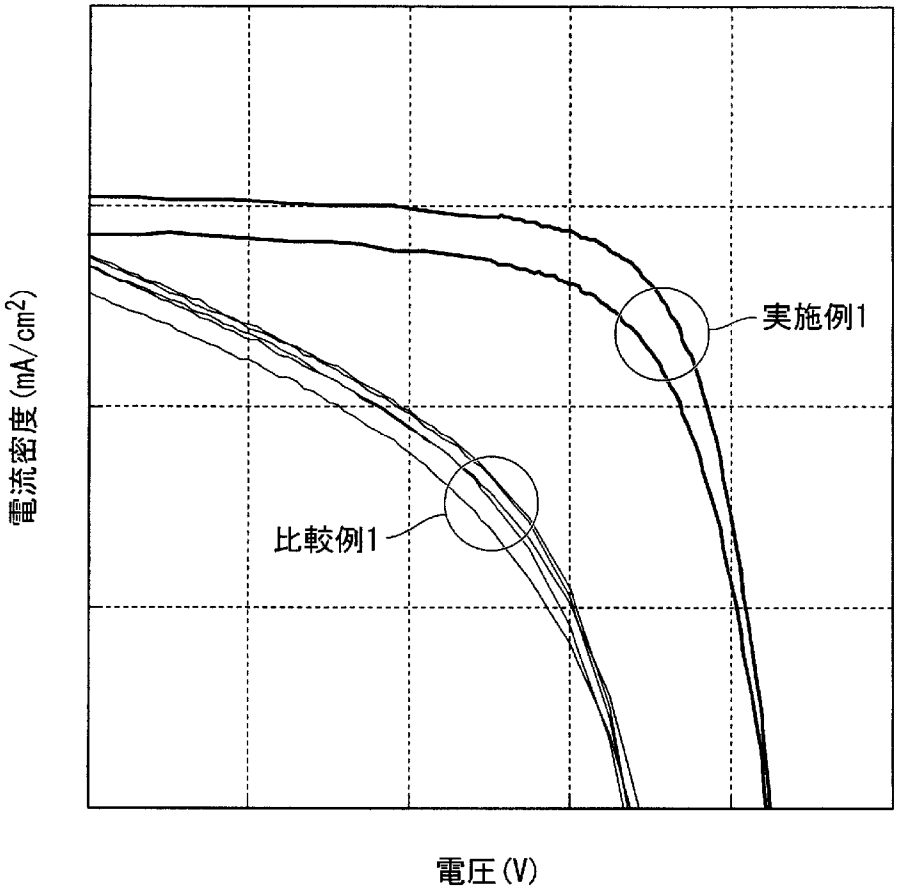
[図8]



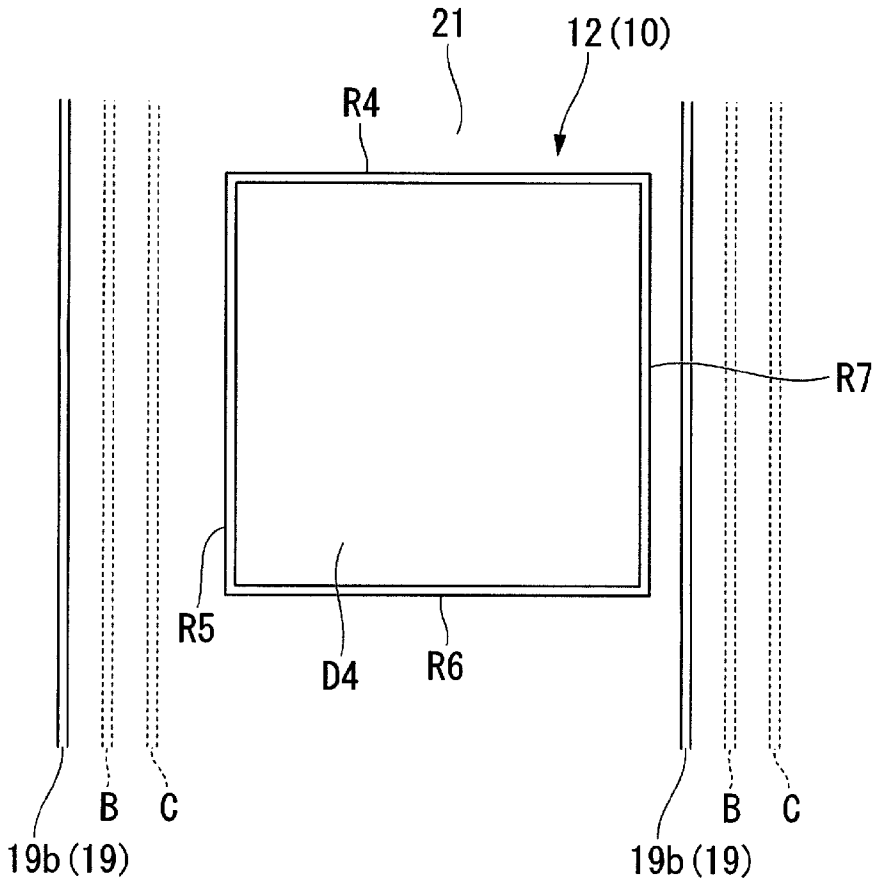
[図9]



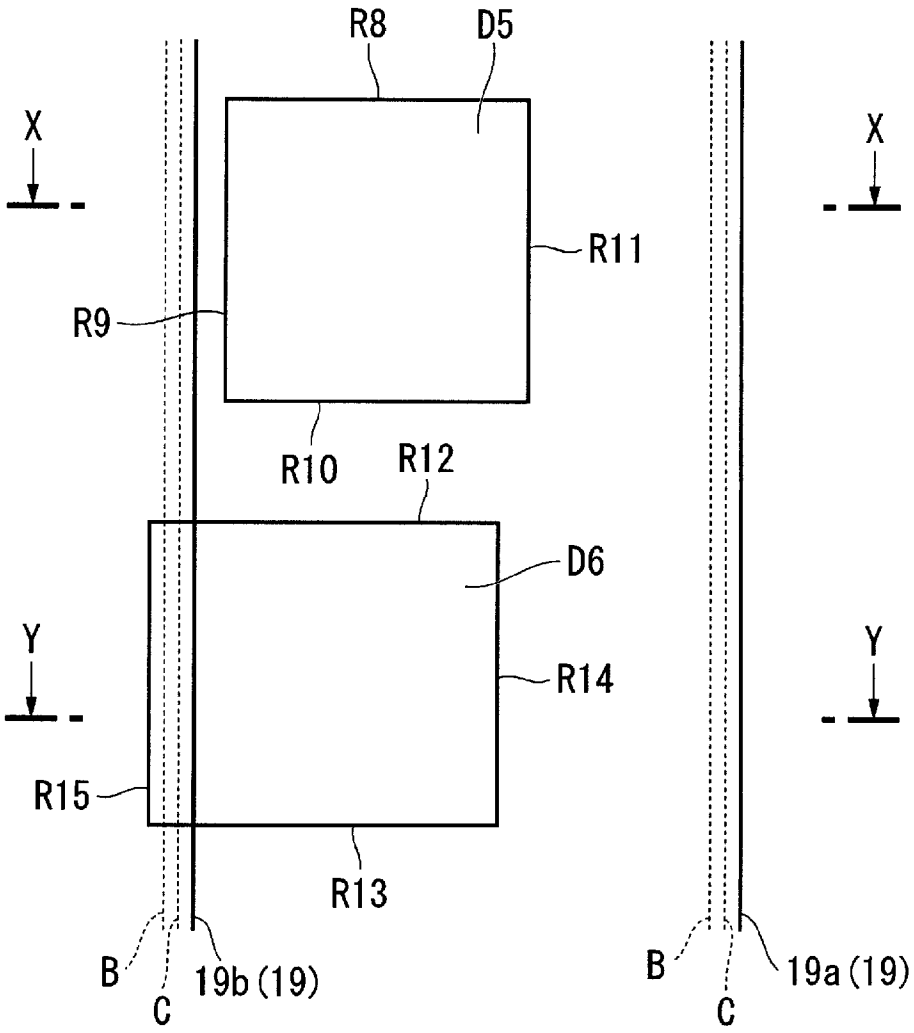
[図10]



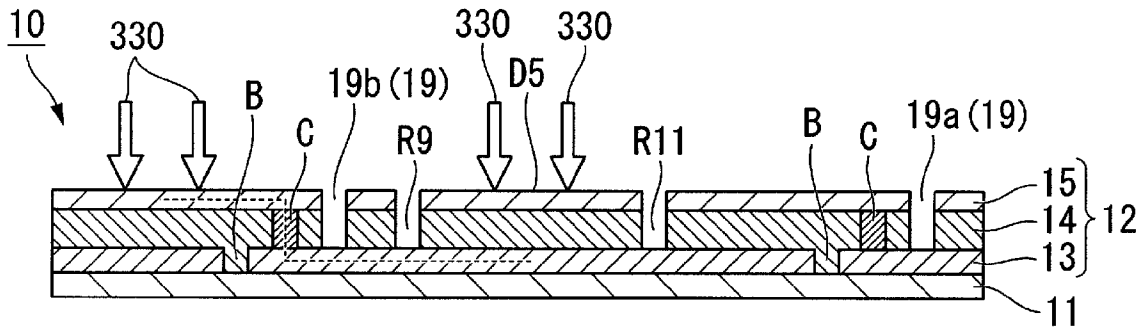
[図11]



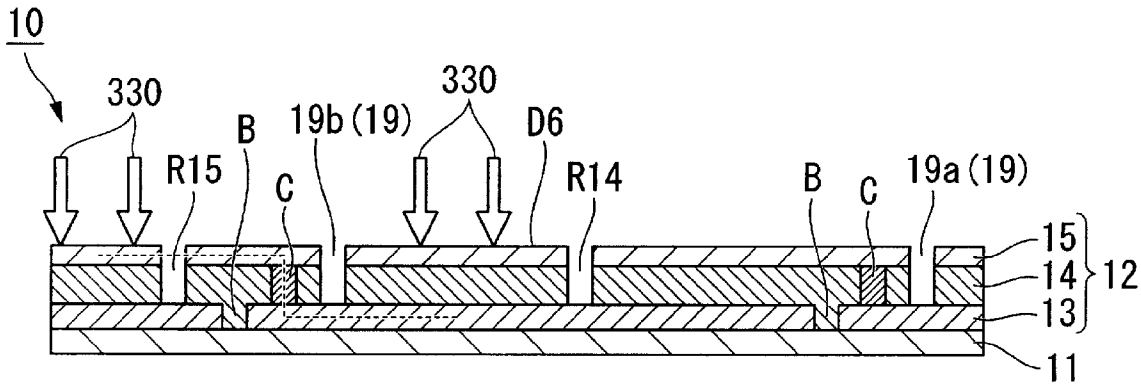
[図12]



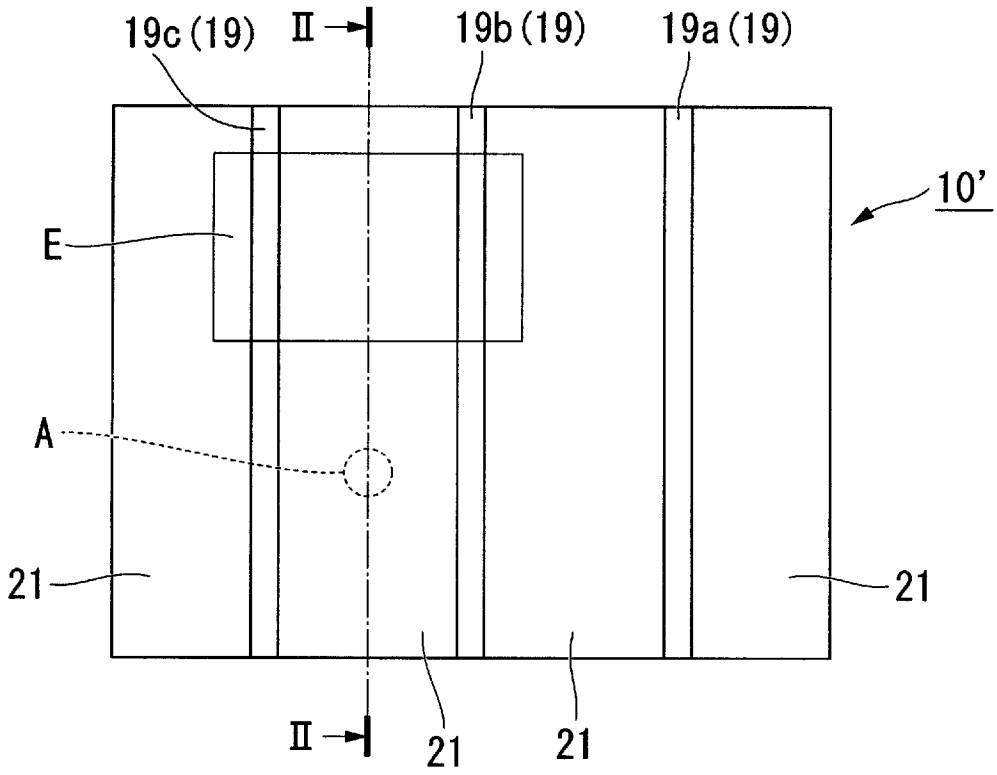
[図13A]


10
330
330
330
B
C
19b (19)
D5
R9
R11
B
C
19a (19)
15
14
12
13
11

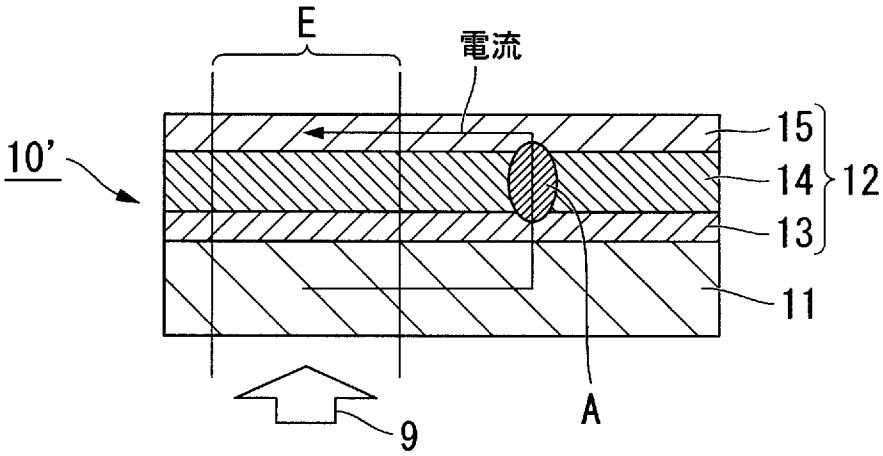
[図13B]


10
330
330
B
C
19b (19)
D6
R15
R14
B
C
19a (19)
15
14
12
13
11

[図14A]



[図14B]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2010/064169

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	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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 2009-105402 A (Applied Materials Inc.), 14 May 2009 (14.05.2009), paragraphs [0007] to [0064] & US 2009/0102502 A1 & EP 2053664 A2 & WO 2009/055208 A1 & CN 101425550 A & KR 10-2009-0040846 A	1-5
Y	US 2008/0258747 A1 (Kluth et al.), 23 October 2008 (23.10.2008), paragraphs [0021] to [0049] & JP 2010-525311 A & EP 2137543 A & WO 2008/129010 A2 & CN 101688893 A	1-5

☐ 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
22 November, 2010 (22.11.10)	07 December, 2010 (07.12.10)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１０／０６４１６９

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

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	１９７１－２０１０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１０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	JP 2009-105402 A (ｱﾌﾟﾗｲﾄﾞ ﾏﾃﾘｱﾙｽﾞ ｲﾝｺｰﾎﾟﾚｲﾃｯﾄﾞ), 2009.05.14, [0007]- [0064] & US 2009/0102502 A1 & EP 2053664 A2 & WO 2009/055208 A1 & CN 101425550 A & KR 10-2009-0040846 A	1-5
Y	US 2008/0258747 A1 (Kluth et al.), 2008.10.23, [0021]-[0049] & JP 2010-525311 A & EP 2137543 A & WO 2008/129010 A2 & CN 101688893 A	1-5

☐　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 ２２．１１．２０１０	国際調査報告の発送日 ０７．１２．２０１０
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　９０１０ 吉野　三寛 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２５５