

(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
2014年10月9日(09.10.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/162639 A1

- (51) 国際特許分類:
H01M 14/00 (2006.01) H01L 31/04 (2014.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/083824
- (22) 国際出願日: 2013年12月18日(18.12.2013)
- (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 2013-075455 2013年3月30日(30.03.2013) JP
- (71) 出願人: 株式会社フジクラ (FUJIKURA LTD.)
[JP/JP]; 〒1358512 東京都江東区木場一丁目5番
1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 松本 大介 (MATSUMOTO Daisuke); 〒
2858550 千葉県佐倉市六崎1440番地 株式
会社フジクラ 佐倉事業所内 Chiba (JP).
- (74) 代理人: 青木博昭, 外 (AOKI Hiroaki et al.); 〒
3300802 埼玉県さいたま市大宮区宮町3-1-1
-3 栗原ビル3階 Saitama (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, 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, 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.

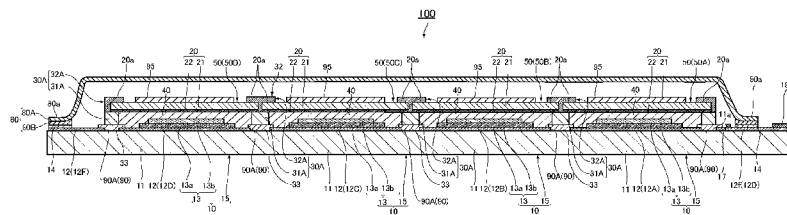
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, UG, ZM, ZW), ユーラシ
ア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ
(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, 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))

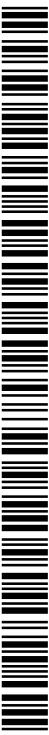
(54) Title: DYE-SENSITISED SOLAR CELL ELEMENT

(54) 発明の名称: 色素増感太陽電池素子



(57) Abstract: Provided is a dye-sensitized solar cell element which is capable of sufficiently improving a photoelectric conversion characteristic. This dye-sensitized solar cell element (100) has at least one dye-sensitized solar cell (50). The dye-sensitized solar cell comprises: a first electrode (15); a second electrode (20) which opposes the first electrode; and an oxide semiconductor layer (13) which is provided on the first electrode. The oxide semiconductor layer has: a light absorbing layer (13a) which is provided on the first electrode; and a reflecting layer (13b) which is in contact with one portion of a first surface among the surfaces of the light absorbing layer, said first surface being on the side opposite to the first electrode, and which is disposed in the position furthest from the first electrode. The first surface of the light absorbing layer has a second surface which is in contact with the reflecting layer. The surface area (S₁) of the first surface and the surface area (S₂) of the second surface satisfy the expression 0.7 ≤ S₂/S₁ < 1. The reflecting layer is disposed at the inner side of the first surface of the light absorbing layer.

(57) 要約: 本発明は、光電変換特性を十分に向上させることができる色素増感太陽電池素子を提供する。本発明の色素増感太陽電池素子(100)は、少なくとも1つの色素増感太陽電池(50)を有し、色素増感太陽電池が、第1電極(15)と、第1電極に対向する第2電極(20)と、第1電極上に設けられる酸化半導体層(13)とを備えている。酸化半導体層は、第1電極上に設けられる光吸収層(13a)と、光吸収層の表面のうち第1電極と反対側の第1面の一部に接触し且つ第1電極から最も遠い位置に配置される層である反射層(13b)とを有する。光吸収層の第1面は、反射層と接触する第2面を有し、第1面の面積S₁および第2面の面積S₂が、下記式: 0.7 ≤ S₂/S₁ < 1を満足し、反射層は、光吸収層の第1面の内側に配置されている。



WO 2014/162639 A1

明 細 書

発明の名称：色素増感太陽電池素子

技術分野

[0001] 本発明は、色素増感太陽電池素子に関する。

背景技術

[0002] 光電変換素子として、安価で、高い光電変換効率を得られることから色素増感太陽電池素子が注目されており、色素増感太陽電池素子に関して種々の開発が行われている。

[0003] 色素増感太陽電池素子は少なくとも1つの色素増感太陽電池を備えており、色素増感太陽電池は一般に、作用極と対極とを備えている。そして、作用極は、透明基板およびその上に形成された透明導電膜を有する導電性基板と、導電性基板の上に設けられる酸化物半導体層とを有している。

[0004] このような色素増感太陽電池素子については光電変換特性のさらなる改善が求められており、そのために、例えば色素増感太陽電池の作用極に着目して種々の研究が行われている。

[0005] 例えば特許文献1には、導電性基板と、光増感色素が吸着される半導体層とを備え、半導体層が、導電性基板上に設けられる近位層と、近位層上の表面のうち導電性基板と反対側の面及び側面の少なくとも一部を覆うように設けられる遠位層とを有する光電極が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特許第4063802号公報（図1）

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかし、上述した特許文献1に記載の光電極を備える色素増感太陽電池モジュールは、光電変換特性の点で改善の余地があった。

[0008] 本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、光電変換特性を十分に向

上させることができる色素増感太陽電池素子を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明者は、上記課題を解決するため、酸化物半導体層の構成に着目して鋭意研究を重ねた。その結果、以下の発明により、上記課題を解決し得ることを見出した。

[0010] すなわち、本発明は、少なくとも1つの色素増感太陽電池を有し、前記色素増感太陽電池が、第1電極と、前記第1電極に対向する第2電極と、前記第1電極上に設けられる酸化物半導体層とを備えており、前記酸化物半導体層が、前記第1電極上に設けられる光吸収層と、前記光吸収層の表面のうち前記第1電極と反対側の第1面の一部に接触し且つ前記第1電極から最も遠い位置に配置される層である反射層とを有し、前記光吸収層の前記第1面が、前記反射層と接触する第2面を有し、前記第1面の面積 S_1 および前記第2面の面積 S_2 が、下記式：

$$0.7 \leq S_2 / S_1 < 1$$

を満足し、前記反射層が、前記光吸収層の前記第1面の内側に配置されている、色素増感太陽電池素子である。

[0011] 本発明の色素増感太陽電池素子によれば、酸化物半導体層が、光吸収層と、光吸収層の第1面の一部に接触する反射層とを有し、反射層が、光吸収層の第1面の内側に配置されている。そして、第1面の面積 S_1 と第2面の面積 S_2 が、下記式：

$$0.7 \leq S_2 / S_1 < 1$$

を満足する。すなわち、光吸収層の表面のうち反射層と接触する第2面の面積 S_2 が、光吸収層の第1面の面積 S_1 よりも小さくなっている。すなわち、漏れ電流のサイトになりやすい反射層の、光吸収層の第1面に占める割合が小さくなっている。このため、開放電圧を増加させることができる。一方、 S_2 / S_1 が0.7以上となっているため、光吸収層を通過して入射された光を十分に反射させることができ、光吸収層における光吸収効率を向上させることもできる。このように、本発明によれば、 S_2 / S_1 が上記式を満足する

ことで、開放電圧を増加させるとともに、光吸収効率を向上させることもできる。さらに、反射層は、光吸収層の第1面の内側に配置されており、反射層が光吸収層の側面を覆っていない。このため、光吸収層の側面からも電解質が入るので、電解質と光吸収層とが接触する面積が大きくなり、電解質中の酸化還元対が光吸収層に到達するまでの距離が短くなり内部抵抗が下がる。よって、本発明の色素増感太陽電池素子によれば、光電変換特性を十分に向上させることができる。

[0012] 上記色素増感太陽電池素子においては、前記第1面の面積 S_1 および前記第2面の面積 S_2 が、下記式：

$$0.8 \leq S_2 / S_1 \leq 0.95$$

を満足することが好ましい。

[0013] この場合、色素増感太陽電池素子の光電変換特性をさらに向上させることができる。

[0014] 上記色素増感太陽電池素子においては、前記第1面のうち前記反射層と接触していない非接触部が前記第2面の内側に配置されていないことが好ましい。

[0015] この場合、第2面の内側に非接触部が配置される場合に比べて、電圧ムラが生じることがより十分に抑制される。このため、光吸収効率が光吸収層内で一定となり、漏れ電流をより十分に抑制することができる。その結果、光電変換特性をより十分に向上させることができる。

[0016] ここで、前記第2面が前記非接触部によって包囲されていることが好ましい。

[0017] この場合、第2面の全周において、非接触部から電解質が浸透できるので、光吸収層中に、電解質中の酸化還元対がより浸透しやすくなり内部抵抗をより低減させることができる。

[0018] 上記色素増感太陽電池素子においては、前記酸化物半導体層が、アナターゼ結晶からなるアナターゼ結晶型酸化チタンと、ルチル結晶からなるルチル結晶型酸化チタンとを含み、前記反射層が前記ルチル結晶型酸化チタンを含

み、前記光吸収層が前記アナターゼ結晶型酸化チタンと前記ルチル結晶型酸化チタンとを含み、前記反射層中の前記ルチル結晶型酸化チタンの含有率が、前記光吸収層中の前記ルチル結晶型酸化チタンの含有率よりも大きいことが好ましい。

[0019] この場合、例えば太陽光が第1電極を通過し、酸化物半導体層に入射される。そして、光は、酸化物半導体層の光吸収層を透過した後、反射層に入射される。このとき、ルチル結晶型酸化チタンは、アナターゼ結晶型酸化チタンよりも高い屈折率を有しており、アナターゼ結晶型酸化チタンよりも光を散乱させやすい。そして、反射層中のルチル結晶型酸化チタンの含有率は光吸収層中のルチル結晶型酸化チタンの含有率よりも大きい。すなわち反射層では、光を散乱させやすいルチル結晶型酸化チタンが光吸収層よりも多く含まれている。このため、光吸収層を透過して反射層に入射した光を光吸収層に十分に戻すことが可能となる。その結果、酸化物半導体層で光閉じ込め効果が十分なものとなる。また光増感色素は、ルチル結晶型酸化チタンよりもアナターゼ結晶型酸化チタンに吸着しやすい。このため、光吸収層では、アナターゼ結晶型酸化チタンに吸着した光増感色素により、反射層よりも光を十分に吸収させることが可能になる。また、光吸収層がルチル結晶型酸化チタンを含むため、光吸収層がルチル結晶型酸化チタンを含まない場合に比べて、光吸収層に入射された光が光吸収層内でより十分に散乱され、散乱された光がアナターゼ結晶型酸化チタンに担持された光増感色素に効率よく吸収されるため、光の吸収効率がより高くなる。以上のことから、本発明の色素増感太陽電池素子によれば、光電変換特性をより向上させることができる。

[0020] 上記色素増感太陽電池素子においては、前記光吸収層中の前記ルチル結晶型酸化チタンの含有率が3～15質量%であることが好ましい。

[0021] この場合、光吸収層中のルチル結晶型酸化チタンの含有率が上記範囲を外れる場合に比べて、光の吸収と光の閉じ込めとがバランス良く行われ、色素増感太陽電池素子の光電変換特性をより向上させることができる。

[0022] なお、本発明において、「第1面」とは、光吸収層の表面のうち第1電極

と反対側の表面が平坦面であっても、光吸収層の表面のうち第1電極と反対側の表面の一部が残部に対して盛り上がり、その一部と残部との間に段差がある面であっても、第2電極側から、反射層を取り除いて光吸収層を見た場合における平面を言うものとする。

また本発明における酸化物半導体層において、反射層以外の層はすべて光吸収層を言うものとする。

発明の効果

[0023] 本発明によれば、光電変換特性を十分に向上させることができる色素増感太陽電池素子が提供される。

図面の簡単な説明

- [0024] [図1]本発明の色素増感太陽電池素子の第1実施形態を示す断面図である。
[図2]本発明の色素増感太陽電池素子の第1実施形態の一部を示す平面図である。
[図3]図1の色素増感太陽電池素子における透明導電膜のパターンを示す平面図である。
[図4]図1の第1一体化封止部を示す平面図である。
[図5]図1の第2一体化封止部を示す平面図である。
[図6]図2のV1-V1線に沿った断面図である。
[図7]バックシートを固定するための連結部を形成した作用極を示す平面図である。
[図8]図7の光吸収層の第1面及び第2面を示す平面図である。
[図9]図4の第1一体化封止部を形成するための第1一体化封止部形成体を示す平面図である。
[図10]本発明の色素増感太陽電池素子の第2実施形態の一部を示す平面図である。
[図11]本発明の色素増感太陽電池素子の第3実施形態の一部を示す平面図である。
[図12]本発明の色素増感太陽電池素子の第4実施形態の一部を示す平面図で

ある。

[図13]図8の光吸収層の第2面の第1変形例を示す平面図である。

[図14]図8の光吸収層の第2面の第2変形例を示す平面図である。

[図15]本発明の色素増感太陽電池素子の第5実施形態の一部を示す平面図である。

発明を実施するための形態

[0025] 以下、本発明の色素増感太陽電池素子の好適な実施形態について図1～図8を参照しながら詳細に説明する。図1は、本発明の色素増感太陽電池素子の好適な実施形態を示す断面図、図2は、本発明の色素増感太陽電池素子の好適な実施形態の一部を示す平面図、図3は、図1の色素増感太陽電池モジュールにおける透明導電膜のパターンを示す平面図、図4は、図1の第1一体化封止部を示す平面図、図5は、図1の第2一体化封止部を示す平面図、図6は、図2のV1-V1線に沿った断面図、図7は、バックシートを固定するための連結部を形成した作用極を示す平面図、図8は、図7の光吸収層の第1面を示す平面図である。

[0026] 図1に示すように、色素増感太陽電池素子としての色素増感太陽電池モジュール（以下、「DSCモジュール」と呼ぶことがある）100は、透明基板11を有する複数（図1では4つ）の色素増感太陽電池（以下、「DSC」と呼ぶことがある）50と、DSC50を、透明基板11の一面11a側で覆うように設けられるバックシート80とを有している。図2に示すように、複数のDSC50は導電材60Pによって直列に接続されている。以下、説明の便宜上、DSCモジュール100における4つのDSC50をDSC50A～50Dと呼ぶことがある。

[0027] 図1に示すように、複数のDSC50の各々は、導電性基板15を有する作用極10と、導電性基板15に対向する対極20と、導電性基板15及び対極20を接合させる環状の封止部30Aとを備えている。導電性基板15、対極20及び環状の封止部30Aによって形成されるセル空間には電解質40が充填されている。

[0028] 対極 20 は、金属基板 21 と、金属基板 21 の作用極 10 側に設けられて触媒反応を促進する触媒層 22 とを備えている。また隣り合う 2 つの DSC 50 において、対極 20 同士は互いに離間している。本実施形態では、対極 20 によって第 2 電極が構成されている。

[0029] 図 1 および図 2 に示すように、作用極 10 は、導電性基板 15 と、導電性基板 15 上に設けられる少なくとも 1 つの酸化物半導体層 13 とを有している。導電性基板 15 は、透明基板 11 と、透明基板 11 の上に設けられる透明導電膜 12 と、透明基板 11 の上に設けられる絶縁材 33 と、透明導電膜 12 上に設けられる接続端子 16 とを有する。酸化物半導体層 13 は、環状の封止部 30A の内側に配置されている。また酸化物半導体層 13 には光増感色素が吸着している。

[0030] 透明基板 11 は、DSC 50A ~ 50D の共通の透明基板として使用されている。なお、本実施形態では、導電性基板 15 によって第 1 電極が構成されている。

[0031] 図 6 及び図 7 に示すように、酸化物半導体層 13 は、導電性基板 15 上に設けられる光吸収層 13a と、光吸収層 13a の表面のうち導電性基板 15 と反対側の第 1 面 91 の一部に接触し且つ導電性基板 15 から最も遠い位置に配置される層である反射層 13b とを有している。そして、図 8 に示すように、光吸収層 13a の第 1 面 91 が、反射層 13b と接触する第 2 面 92 を有し、第 1 面 91 の面積 S_1 および第 2 面 92 の面積 S_2 が、下記式：

$$0.7 \leq S_2 / S_1 < 1$$

を満足する。また反射層 13b は、光吸収層 13a の第 1 面 91 の内側に配置されている。ここで、第 1 面 91 の内側とは、第 1 面 91 の周縁 91a の内側を言う。

[0032] また図 8 に示すように、光吸収層 13a の第 1 面 91 のうち反射層 13b と接触していない非接触部 93 は、第 2 面 92 の外側に配置されているが、内側には配置されていない。ここで、第 2 面 92 の内側とは、第 2 面 92 の周縁 92a の内側を言う。さらに光吸収層 13a においては、第 2 面 92 の

全体が非接触部 93 によって包囲されている。別言すると、環状の非接触部 93 の内側に第 2 面 92 が配置されている。

[0033] 図 2 および図 3 に示すように、透明導電膜 12 は、互いに絶縁された状態で設けられる透明導電膜 12A~12F で構成されている。すなわち、透明導電膜 12A~12F は互いに溝 90 を介在させて配置されている。ここで、透明導電膜 12A~12D はそれぞれ複数の DSC50A~50D の透明導電膜 12 を構成している。また透明導電膜 12E は、封止部 30A に沿って折れ曲がるようにして配置されている。透明導電膜 12F は、バックシート 80 の周縁部 80a を固定するための環状の透明電極膜 12 であり、透明導電膜 12A~12E を包囲している（図 1 参照）。

[0034] 図 3 に示すように、透明導電膜 12A~12D はいずれも、側縁部 12b を有する四角形状の本体部 12a と、本体部 12a の側縁部 12b から側方に突出する突出部 12c とを有している。

[0035] 図 2 に示すように、透明導電膜 12A~12D のうち透明導電膜 12C の突出部 12c は、DSC50A~50D の配列方向 X に対して側方に張り出す張出し部 12d と、張出し部 12d から延びて、隣りの DSC50D の本体部 12a に溝 90 を介して対向する対向部 12e とを有している。

[0036] DSC50B においても、透明導電膜 12B の突出部 12c は、張出し部 12d と対向部 12e とを有している。また DSC50A においても、透明導電膜 12A の突出部 12c は、張出し部 12d と対向部 12e とを有している。

[0037] なお、DSC50D は、既に DSC50C と接続されており、他に接続されるべき DSC50 が存在しない。このため、DSC50D において、透明導電膜 12D の突出部 12c は対向部 12e を有していない。すなわち透明導電膜 12D の突出部 12c は張出し部 12d のみで構成される。

[0038] 但し、透明導電膜 12D は、DSC モジュール 100 で発生した電流を外部に取り出すための第 1 電流取出し部 12f と、第 1 電流取出し部 12f と本体部 12a とを接続し、透明導電膜 12A~12C の側縁部 12b に沿っ

て延びる接続部12gとをさらに有している。第1電流取出し部12fは、DSC50Aの周囲であって透明導電膜12Aに対して透明導電膜12Bと反対側に配置されている。

[0039] 一方、透明導電膜12Eも、DSCモジュール100で発生した電流を外部に取り出すための第2電流取出し部12hを有しており、第2電流取出し部12hは、DSC50Aの周囲であって透明導電膜12Aに対して透明導電膜12Bと反対側に配置されている。そして、第1電流取出し部12fおよび第2電流取出し部12hは、DSC50Aの周囲において溝90B(90)を介して隣り合うように配置されている。ここで、溝90は、透明導電膜12の本体部12aの縁部に沿って形成される第1の溝90Aと、透明導電膜12のうち本体部12aを除く部分の縁部に沿って形成され、バックシート80の周縁部80aと交差する第2の溝90Bとで構成されている。

[0040] また、透明導電膜12A~12Cの各突出部12cおよび透明導電膜12Eの上には、接続端子16が設けられている。各接続端子16は、導電材60Pと接続され、封止部30Aの外側で封止部30Aに沿って延びる導電材接続部16Aと、導電材接続部16Aから封止部30Aの外側で封止部30Aに沿って延びる導電材非接続部16Bとを有する。本実施形態では、透明導電膜12A~12Cにおいては、接続端子16のうち少なくとも導電材接続部16Aは、突起部12cの対向部12e上に設けられており、接続される隣りのDSC50の本体部12aに対向している。透明導電膜12Eにおいては、接続端子16のうちの導電材接続部16Aは、接続される隣りのDSC50Aの本体部12aに対向している。そして、導電材非接続部16Bの幅は、導電材接続部16Aの幅より狭くなっている。ここで、導電材接続部16Aおよび導電材非接続部16Bの幅はそれぞれ一定となっている。なお、導電材接続部16Aの幅とは、導電材接続部16Aの延び方向に直交する方向の長さであって導電材接続部16Aの幅のうち最も狭い幅を意味し、導電材非接続部16Bの幅とは、導電材非接続部16Bの延び方向に直交する方向の長さであって導電材非接続部16Bの幅のうち最も狭い幅を意味す

るものとする。

[0041] そして、DSC50Cにおける透明導電膜12Cの突出部12c上に設けられる接続端子16の導電材接続部16Aと隣りのDSC50Dにおける対極20の金属基板21とが導電材60Pを介して接続されている。導電材60Pは、封止部30Aの上を通るように配置されている。同様に、DSC50Bにおける接続端子16の導電材接続部16Aと隣りのDSC50Cにおける対極20の金属基板21とは導電材60Pを介して接続され、DSC50Aにおける接続端子16の導電材接続部16Aと隣りのDSC50Bにおける対極20の金属基板21とは導電材60Pを介して接続され、透明導電膜12E上の接続端子16の導電材接続部16Aと隣りのDSC50Aにおける対極20の金属基板21とは導電材60Pを介して接続されている。

[0042] また第1電流取出し部12f、第2電流取出し部12h上にはそれぞれ、外部接続端子18a、18bが設けられている。

[0043] 図1に示すように、封止部30Aは、導電性基板15と対極20との間に設けられる環状の第1封止部31Aと、第1封止部31Aと重なるように設けられ、第1封止部31Aと共に対極20の縁部20aを挟持する第2封止部32Aとを有している。そして、図4に示すように、隣り合う第1封止部31A同士は一体化されて第1一体化封止部31を構成している。別言すると、第1一体化封止部31は、隣り合う2つの対極20の間に設けられていない環状の部分（以下、「環状部」と呼ぶ）31aと、隣り合う2つの対極20の間に設けられており、環状の部分31aの内側開口31cを仕切る部分（以下、「仕切部」と呼ぶ）31bとで構成されている。また図5に示すように、第2封止部32A同士は、隣り合う対極20の間で一体化され、第2一体化封止部32を構成している。第2一体化封止部32は、隣り合う2つの対極20の間に設けられていない環状の部分（以下、「環状部」と呼ぶ）32aと、隣り合う2つの対極20の間に設けられており、環状の部分32aの内側開口32cを仕切る部分（以下、「仕切部」と呼ぶ）32bとで構成されている。

- [0044] また図1に示すように、第1封止部31Aと溝90との間には、隣り合う透明導電膜12A～12F同士間の溝90に入り込み且つ隣り合う透明導電膜12にまたがるようにガラスフリットからなる絶縁材33が設けられている。詳しく述べると、絶縁材33は、溝90のうち透明導電膜12の本体部12aの縁部に沿って形成される第1の溝90Aに入り込むとともに、第1の溝90Aを形成している本体部12aの縁部をも覆っている。
- [0045] 図6に示すように、対極20のうち導電性基板15側の面と第1一体化封止部31の仕切部31bとの接着部の幅Pは、対極20のうち導電性基板15側の面と第1一体化封止部31の環状部31aとの接着部の幅Qよりも狭くなっている。さらに、第1一体化封止部31の仕切部31bの幅Rは、第1一体化封止部31の環状部31aの幅Tの100%以上200%未満となっている。
- [0046] また、第2一体化封止部32は、対極20のうち作用極10と反対側に設けられる本体部32dと、隣り合う対極20同士の間設けられる接着部32eとを有している。第2一体化封止部32は、接着部32eによって第1一体化封止部31に接着されている。
- [0047] 図1に示すように、導電性基板15の上にはバックシート80が設けられている。バックシート80は、耐候性層と、金属層とを含む積層体80Aと、積層体80Aに対し金属層と反対側に設けられ、連結部14を介して導電性基板15と接着する接着部80Bとを含む。ここで、接着部80Bは、バックシート80を導電性基板15に接着させるためのものであり、図1に示すように、積層体80Aの周縁部に形成されていればよい。但し、接着部80Bは、積層体80AのうちDSC50側の面全体に設けられていてもよい。バックシート80の周縁部80aは、接着部80Bによって、連結部14を介して透明導電膜12のうち透明導電膜12D、12E、12Fと接続されている。ここで、接着部80BはDSC50の封止部30Aと離間している。また連結部14も封止部30Aと離間している。なお、DSCモジュール100において、バックシート80より内側で且つ封止部30Aの外側の

空間に電解質 40 は充填されていない。

[0048] また図 2 に示すように、透明導電膜 12D においては、本体部 12a、接続部 12g および電流取出し部 12f を通るように、透明導電膜 12D よりも低い抵抗を有する集電配線 17 が延びている。この集電配線 17 は、バックシート 80 と導電性基板 15 との連結部 14 と交差しないように配置されている。別言すると、集電配線 17 は、連結部 14 よりも内側に配置されている。

[0049] なお、図 2 に示すように、各 DSC 50A~50D にはそれぞれ、バイパスダイオード 70A~70D が並列に接続されている。具体的には、バイパスダイオード 70A は、DSC 50A と DSC 50B との間の第 2 一体化封止部 32 の仕切部 32b 上に固定され、バイパスダイオード 70B は、DSC 50B と DSC 50C との間の第 2 一体化封止部 32 の仕切部 32b 上に固定され、バイパスダイオード 70C は、DSC 50C と DSC 50D との間の第 2 一体化封止部 32 の仕切部 32b 上に固定されている。バイパスダイオード 70D は、DSC 50D の封止部 30A 上に固定されている。そして、バイパスダイオード 70A~70D を通るように対極 20 の金属基板 21 に導電材 60Q が固定されている。またバイパスダイオード 70A, 70B 間、バイパスダイオード 70B, 70C 間、バイパスダイオード 70C, 70D 間の導電材 60Q からはそれぞれ導電材 60P が分岐し、透明導電膜 12A 上の導電材接続部 16A、透明導電膜 12B 上の導電材接続部 16A、透明導電膜 12C 上の導電材接続部 16A にそれぞれ接続されている。また DSC 50A の対極 20 の金属基板 21 にも導電材 60P が固定され、この導電材 60P は、バイパスダイオード 70A と、透明導電膜 12E 上の接続端子 16 の導電材接続部 16A とを接続している。さらにバイパスダイオード 70D は、導電材 60P を介して透明導電膜 12D に接続されている。

[0050] また、図 1 に示すように、各 DSC 50 の対極 20 上には、乾燥剤 95 が設けられている。

[0051] 上記 DSC モジュール 100 によれば、酸化物半導体層 13 が、光吸収層

13aと、光吸収層13aの第1面91の一部に接触する反射層13bとを有し、反射層13bが、光吸収層13aの第1面91の内側に配置されている。そして、第1面91の面積 S_1 と第2面の面積 S_2 が、下記式：

$$0.7 \leq S_2 / S_1 < 1$$

を満足する。すなわち、光反射層13aのうち反射層13bと接触する第2面92の面積 S_2 が、光吸収層13aの第1面91の面積 S_1 よりも小さくなっている。すなわち、漏れ電流のサイトになりやすい反射層13bの第1面91に占める割合が小さくなっている。このため、開放電圧を増加させることができる。一方、 S_2 / S_1 が0.7以上となっているため、光吸収層13aから入射された光を十分に反射させることができ、光吸収層13aにおける光吸収効率を向上させることもできる。このように、DSCモジュール100によれば、 S_2 / S_1 が上記式を満足することで、開放電圧を増加させるとともに、光吸収効率を向上させることもできる。さらに、反射層13は、光吸収層13aの第1面91の内側に配置されており、反射層13bが光吸収層13aの側面を覆っていない。このため、光吸収層13aの側面からも電解質40が入るので、電解質40と光吸収層13aとが接触する面積が大きくなり、電解質40中の酸化還元対が光吸収層13aに到達するまでの距離が短くなり内部抵抗が下がる。よって、DSCモジュール100によれば、光電変換特性を十分に向上させることができる。

[0052] またDSCモジュール100では、酸化物半導体層13において、光吸収層13aの第1面91が、反射層13bと接触していない非接触部93を有し、非接触部93が第2面92の外側に配置されているが、内側には配置されていない。このため、第2面92の内側に非接触部93が配置される場合に比べて、第1面91のうち非接触部93以外の部分で電圧ムラが生じることがより十分に抑制される。また光吸収効率が光吸収層13aの内部で一定となり、漏れ電流を抑制することができる。その結果、光電変換特性をより十分に向上させることができる。ここで、図8に示すように酸化物半導体層13においては、第2面92が非接触部93によって包囲されている。この

ため、第2面92の全周において、第1面91から電解質40が浸透できる。従って、光吸収層13a中に、電解質40中の酸化還元対がより浸透しやすくなり、内部抵抗をより低減させることができる。

[0053] さらにDSCモジュール100では、透明導電膜12の縁部に沿って溝90が形成され、この溝90が、環状の封止部30Aの内側に配置される透明導電膜12の本体部12aの縁部に沿って形成される第1の溝90Aを有する。そして、その第1の溝90Aに、ガラスフリットからなる絶縁材33が入り込むとともに、この絶縁材33が、第1の溝90Aを形成している本体部12aの縁部をも覆っている。このため、透明基板11の内部であって溝90の下方の位置に溝90に沿ってクラックが形成され、そのクラックが本体部12aの縁部にまでつながっていたとしても、そのクラックを経た封止部30Aの外部からの水分の侵入が絶縁材33によって十分に抑制される。特に、DSCモジュール100では、第1の溝90Aを形成する本体部12aの縁部を覆い、第1の溝90Aに入り込む絶縁材33がガラスフリットからなる。このため、DSCモジュール100は、絶縁材33が樹脂である場合に比べて高い封止性能を有する。このため、DSCモジュール100によれば、優れた耐久性を有することが可能となる。

[0054] またDSCモジュール100では、封止部30Aと絶縁材33とが重なるように配置されている。このため、絶縁材33が封止部30Aと重ならないように配置されている場合に比べて、DSCモジュール100の受光面側から見た、発電に寄与する部分の面積をより増加させることができる。このため、開口率をより向上させることができる。

[0055] またDSCモジュール100では、第1電流取出し部12fおよび第2電流取出し部12hは、DSC50Aの周囲であって透明導電膜12Aに対し透明導電膜12Bと反対側に配置され、透明導電膜12Aの第1電流取出し部12fおよび透明導電膜12Fの第2電流取出し部12hは互いに溝90を介して隣り合うように配置されている。このため、DSCモジュール100においては、第1電流取出し部12fおよび第2電流取出し部12hのそ

れぞれに外部接続端子18a, 18bを隣り合うように配置することが可能となる。従って、外部接続端子18a, 18bから電流を外部に取り出すためのコネクタの数を1つとすることが可能となる。すなわち、仮に、第1電流取出し部12fが透明導電膜12Dに対し透明導電膜12Cと反対側に配置されている場合、第1電流取出し部12fおよび第2電流取出し部12hが互いに大きく離れて配置されるため、外部接続端子18a, 18bも大きく離れて配置されることになる。この場合、DSCモジュール100から電流を取り出すには、外部接続端子18aに接続するコネクタと、外部接続端子18bに接続するコネクタの2つのコネクタが必要になる。しかし、DSCモジュール100によれば、外部接続端子18a, 18bを互いに隣り合うように配置することが可能となるため、コネクタは1つで済む。このため、DSCモジュール100によれば、省スペース化を図ることができる。また、DSCモジュール100が低照度下で使用されると、DSCモジュール100では発電電流が小さい。具体的には、発電電流は2mA以下である。このため、DSC50A~50Dの両端のDSC50A, 50Dのうち一端側のDSC50Dの透明導電膜12Dの一部を、他端側のDSC50Aの対極20の金属基板21に電氣的に接続された第2電流取出し部12hの隣りに溝90を介して第1電流取出し部12fとして配置しても、DSCモジュール100の光電変換性能の低下を十分に抑制することができる。

[0056] また、DSCモジュール100では、DSC50A~50DがX方向に沿って一列に配列されており、DSC50A~50Dの両端のDSC50A, 50Dのうち一端側のDSC50Dの透明導電膜12Dが、封止部30Aの内側に設けられる本体部12aと、第1電流取出し部12fと、本体部12aと第1電流取出し部12fとを接続する接続部12gとを有する。このため、DSC50A~50Dの一部であるDSC50C, 50Dを途中で折り返し、DSC50AとDSC50Dとをそれらが互いに隣り合うように配置する場合に比べて、隣り合う2つのDSC50同士を接続するためにDSC50A~50Dの配列方向(図2のX方向)に沿って設けられる接続端子1

6の設置領域をより短くすることが可能となり、より省スペース化を図ることが可能となる。また、DSCモジュール100によれば、当該DSCモジュール100が低照度環境下で使用される場合、通常、DSCモジュール100では発電電流が小さいため、DSCモジュール100が、本体部12aと第1電流取出し部12fとを接続する第1接続部12gをさらに有していても、光電変換特性の低下を十分に抑制することができる。

[0057] さらに、DSCモジュール100では、集電配線17が、バックシート80と導電性基板15との連結部14と交差しないように配置されている。このため、以下の利点が得られる。すなわちまず集電配線17は一般に、多孔質であるため通気性を有しており、水蒸気等のガスが透過可能となっている。この場合に、集電配線17が、バックシート80と導電性基板15との連結部14と交差しないように配置されていると、集電配線17を通してバックシート80と導電性基板15との間の空間に外部から水蒸気等が侵入することを防止することができる。その結果、DSCモジュール100は優れた耐久性を有することが可能となる。また集電配線17は、透明導電膜12Dよりも低い抵抗を有するため、発電電流が大きくなっても、光電変換特性の低下を十分に抑制することができる。

[0058] さらに、DSCモジュール100が温度変化の大きい環境下に置かれた場合、接続端子16の幅が狭いほど、接続端子16は、透明導電膜12の突出部12cから剥離しにくくなる。その点、DSCモジュール100では、接続端子16のうち導電材非接続部16Bが、導電材60Pと接続される導電材接続部16Aより狭い幅を有する。このため、接続端子16のうち導電材非接続部16Bは、透明導電膜12の突出部12cから剥離しにくくなる。従って、仮に導電材接続部16Aが透明導電膜12の突出部12cから剥離しても、導電材非接続部16Bは透明導電膜12から剥離せず透明導電膜12に対する接続を維持することが可能となる。また導電材接続部16Aが透明導電膜12の突出部12cから剥離しても、DSCモジュール100は正常に動作することが可能である。従って、DSCモジュール100によれば

、接続信頼性を向上させることが可能となる。また、隣り合う2つのDSC50のうち一方のDSC50における対極20の金属基板21に接続された導電材60Pは、他方のDSC50における突出部12c上の導電材接続部16Aと接続され、導電材接続部16Aは、突出部12c上で封止部30Aの外側に設けられている。すなわち、隣り合う2つのDSC50同士の接続が封止部30Aの外側で行われる。このため、DSCモジュール100によれば、開口率を向上させることが可能となる。

[0059] またDSCモジュール100では、DSC50A~50Dのうち隣りのDSC50と接続されるDSC50において、突出部12cが、本体部12aから側方に張り出す張出し部12dと、張出し部12dから延びて、隣りのDSC50の本体部12aに対向する対向部12eとを有し、接続端子16のうち少なくとも導電材接続部16Aが対向部12e上に設けられている。

[0060] この場合、接続端子16のうち少なくとも導電材接続部16Aが、隣りのDSC50の本体部12aに対向する対向部12e上に設けられているため、接続端子16のうち少なくとも導電材接続部16Aが、隣りのDSC50の本体部12aに対向する対向部12e上に設けられていない場合と異なり、導電材接続部16Aに接続される導電材60Pが、隣りのDSC50の対極20の金属基板21を横切ることを十分に防止することが可能となる。その結果、隣り合うDSC50同士間の短絡を十分に防止することが可能となる。

[0061] またDSCモジュール100では、導電材接続部16Aおよび導電材非接続部16Bはいずれも封止部30Aに沿って配置されている。このため、導電材接続部16Aおよび導電材非接続部16Bを封止部30Aから遠ざかる方向に沿って配置する場合に比べて、接続端子16のために要するスペースを省くことができる。

[0062] さらにDSCモジュール100では、バックシート80の接着部80Bは、DSC50の封止部30Aと離間している。このため、接着部80Bが、低温時において収縮することにより封止部30Aを引っ張って、封止部30

Aと導電性基板15又は対極20との界面に過大な応力が加わることが十分に抑制される。また、高温時においても、接着部80Bが、膨張することにより封止部30Aを押して、封止部30Aと導電性基板15又は対極20との界面に過大な応力を加えることが十分に抑制される。すなわち、高温時でも低温時でも、封止部30Aと導電性基板15又は対極20との界面に過大な応力が加わることが十分に抑制される。このため、DSCモジュール100は、優れた耐久性を有することが可能となる。

[0063] さらに、DSCモジュール100では、対極20のうち導電性基板15側の面と第1一体化封止部31の仕切部31bとの接着部の幅Pは、対極20のうち導電性基板15側の面と第1一体化封止部31の環状部31aとの接着部の幅Qよりも狭くなっている。このため、DSCモジュール100における開口率をより十分に向上させることができる。またDSCモジュール100では、隣り合う第1封止部31A同士、及び、隣り合う第2封止部32A同士が、隣り合う対極20の間で一体化されている。ここで、隣り合う第1封止部31A同士が一体化されなければ、隣り合うDSC50の間においては、大気に対して露出される封止部が2箇所となる。これに対し、DSCモジュール100においては、隣り合う第1封止部31A同士が一体化されているため、隣り合うDSC50の間において、大気に対して露出される封止部が1箇所となる。すなわち、第1一体化封止部31は、環状部31aと、仕切部31bとで構成されているため、隣り合うDSC50の間において、大気に対して露出される封止部が仕切部31bの1箇所のみとなる。また第1封止部31A同士が一体化されることで、大気から電解質40までの水分等の侵入距離が延びる。このため、隣り合うDSC50間において、DSC50の外部から侵入する水分や空気の量を十分に低減することができる。すなわち、DSCモジュール100の封止性能を十分に向上させることができる。またDSCモジュール100によれば、隣り合う第1封止部31A同士が一体化されている。このため、対極20のうち導電性基板15側の面と第1一体化封止部31の仕切部31bとの接着部の幅Pが、対極20のうち

導電性基板 15 側の面と第 1 一体化封止部 31 の環状部 31 a との接着部の幅 Q よりも狭くても、その仕切部 31 b において十分な封止幅を確保することが可能となる。すなわち、DSC モジュール 100 によれば、開口率を向上させながら、第 1 封止部 31 A と導電性基板 15 との接着強度、及び、第 1 封止部 31 A と対極 20 との接着強度を十分に大きくすることが可能となる。その結果、開口率を向上させることができると共に、DSC モジュール 100 が高温下で使用される場合に電解質 40 が膨張して第 1 封止部 31 A の内側から外側に向かう過大な応力が加えられても、導電性基板 15 及び対極 20 からの第 1 封止部 31 A の剥離を十分に抑制することができ、優れた耐久性を有することが可能となる。

[0064] さらに、DSC モジュール 100 では、対極 20 と第 1 一体化封止部 31 の仕切部 31 b の幅 R は、第 1 一体化封止部 31 の環状部 31 a の幅 T の 100% 以上 200% 未満となっている。この場合、第 1 一体化封止部 31 の仕切部 31 b において、仕切部 31 b の幅が環状部 31 a の幅 T の 100% 以上であるため、第 1 一体化封止部 31 の仕切部 31 b において、仕切部 31 b の幅 R が環状部 31 a の幅 T の 100% 未満である場合と比べて、大気から電解質 40 までの水分等の侵入距離がより延びることになる。このため、隣り合う DSC 50 間にある仕切部 31 b を通して外部から水分が侵入することをより十分に抑制することができる。一方、仕切部 31 b の幅 R が環状部 31 a の幅 T の 200% を超える場合と比べて、開口率をより向上させることができる。

[0065] また DSC モジュール 100 においては、第 2 封止部 32 A が、第 1 封止部 31 A と接着されており、対極 20 の縁部 20 a が第 1 封止部 31 A と第 2 封止部 32 A とによって挟持されている。このため、対極 20 に対して作用極 10 から離れる方向の応力が作用しても、その剥離が第 2 封止部 32 A によって十分に抑制される。また、第 2 一体化封止部 32 の仕切部 32 b は、隣り合う対極 20 同士間の隙間 S を通って第 1 封止部 31 A に接着されているため、隣り合う DSC 50 の対極 20 同士が接触することが確実に防止

される。

[0066] 次に、作用極 10、連結部 14、光増感色素、対極 20、封止部 30A、電解質 40、導電材 60P、60Q、バックシート 80および乾燥剤 95について詳細に説明する。

[0067] (作用極)

透明基板 11を構成する材料は、例えば透明な材料であればよく、このような透明な材料としては、例えばホウケイ酸ガラス、ソーダライムガラス、白板ガラス、石英ガラスなどのガラス、ポリエチレンテレフタレート (PET)、ポリエチレンナフタレート (PEN)、ポリカーボネート (PC)、および、ポリエーテルスルホン (PES) などが挙げられる。透明基板 11の厚さは、DSCモジュール 100のサイズに応じて適宜決定され、特に限定されるものではないが、例えば50~10000 μ mの範囲にすればよい。

[0068] 透明導電膜 12に含まれる材料としては、例えばスズ添加酸化インジウム (ITO)、酸化スズ (SnO₂)、フッ素添加酸化スズ (FTO) などの導電性金属酸化物が挙げられる。透明導電膜 12は、単層でも、異なる導電性金属酸化物を含む複数の層の積層体で構成されてもよい。透明導電膜 12が単層で構成される場合、透明導電膜 12は、高い耐熱性及び耐薬品性を有することから、FTOを含むことが好ましい。透明導電膜 12は、ガラスフリットをさらに含んでもよい。透明導電膜 12の厚さは例えば0.01~2 μ mの範囲にすればよい。

[0069] また透明導電膜 12のうち透明導電膜 12Dの接続部 12gの抵抗値は、特に制限されるものではないが、下記式 (1) で表される抵抗値以下であることが好ましい。

$$\text{抵抗値} = \text{直列接続される DSC 50 の数} \times 120 \Omega \quad (1)$$

[0070] この場合、接続部 12gの抵抗値が、上記式 (1) で表される抵抗値を超える場合と比べて、DSCモジュール 100の性能低下を十分に抑制することができる。本実施形態では、DSC 50の数は4であるから、上記式 (1)

) で表わされる抵抗値は480Ωとなるので、接続部12gの抵抗値は480Ω以下であることが好ましい。

[0071] 絶縁材33の厚さは通常、10～30μmであり、好ましくは15～25μmである。

[0072] 接続端子16は、金属材料を含む。金属材料としては、例えば銀、銅およびインジウムなどが挙げられる。これらは単独で又は2種以上を組み合わせて用いてもよい。

[0073] また接続端子16は、導電材60Pと同一の材料で構成されていても異なる材料で構成されていてもよいが、同一の材料で構成されていることが好ましい。

[0074] この場合、接続端子16および導電材60Pが同一の材料で構成されているため、接続端子16と導電材60Pとの密着性をより十分に向上させることができる。このため、DSCモジュール100における接続信頼性をより向上させることが可能となる。

[0075] 接続端子16においては、導電材非接続部16Bの幅は、導電材接続部16Aの幅より狭ければ特に制限されないが、導電材接続部16Aの幅の1/2以下であることが好ましい。

[0076] この場合、導電材非接続部16Bの幅が導電材接続部16Aの幅の1/2を超える場合に比べて、DSCモジュール100における接続信頼性をより向上させることが可能となる。

[0077] 導電材接続部16Aの幅は特に制限されないが、好ましくは0.5～5mmであり、より好ましくは0.8～2mmである。

[0078] 上述したように、酸化物半導体層13は、導電性基板15上に設けられる光吸収層13aと、光吸収層13aの第1面91の一部に接触する反射層13bとを有する。そして、光吸収層13aの第1面91が、反射層13bと接触する第2面92を有し、第1面91の面積 S_1 および第2面92の面積 S_2 が、下記式：

$$0.7 \leq S_2 / S_1 < 1$$

を満足する。ここで、第1面91の面積 S_1 および第2面92の面積 S_2 が、下記式：

$$0.8 \leq S_2 / S_1 \leq 0.95$$

を満足することが好ましい。この場合、DSCモジュール100の光電変換特性がより向上する。 S_2 / S_1 の値は、より好ましくは0.85~0.95である。

[0079] 酸化物半導体層13は通常、酸化チタンを含み、酸化チタンは、アナターゼ型結晶からなるアナターゼ結晶型酸化チタンと、ルチル型結晶からなるルチル結晶型酸化チタンとを含んでいる。酸化物半導体層13においては通常、光吸収層13aがアナターゼ結晶型酸化チタンを含み、反射層13bがルチル結晶型酸化チタンを含む。

[0080] 酸化物半導体層13に含まれる酸化チタンの形状は特に限定されるものではなく、例えば球状及び針状が挙げられる。

[0081] 反射層13bに含まれるルチル結晶型酸化チタンは、球状であることが好ましい。ここで、「球状」とは、光吸収層13a又は反射層13bを走査型電子顕微鏡 (Scanning Electron Microscope : SEM) にて観察した場合に、酸化チタンの最小径に対する最大径の比が1以上1.75以下である形状を言うものとする。

[0082] この場合、ルチル結晶型酸化チタンが球状以外である場合に比べて、反射層13bに入射した光を散乱させる効果がより大きくなり、DSCモジュール100の光電変換特性がさらに向上する。

[0083] 反射層13bに含まれるルチル結晶型酸化チタンが球状である場合、ルチル結晶型酸化チタンの平均粒径は通常は40~700nmであるが、50~500nmであることが好ましい。ルチル結晶型酸化チタンの平均粒径が50~500nmの範囲内にあると、この範囲を外れる場合に比べて、反射層13bで光閉じ込め効果がより十分なものとなり、DSCモジュール100の光電変換特性をより十分に向上させることができる。反射層13bに含まれるルチル結晶型酸化チタンの平均粒径はより好ましくは80~400nm

であり、特に好ましくは100～300nmである。ここで、平均粒径とは、酸化チタンの平均粒径が1～100nmである場合は、X線回析装置（XRD、Rigaku社製全自動水平型多目的X線回折装置 SmartLab）により測定される平均粒径を言い、100nmを超える場合は、走査型電子顕微鏡（SEM）により測定される平均粒径を言う。ここで、SEMにより測定される平均粒径とは、SEMにより観察される酸化チタンについて下記式に基づいて算出される粒径の平均値を言うものとする。

$$\text{粒径} = (S / \pi)^{1/2}$$

（上記式中、Sは酸化チタンの面積を示す）

[0084] 反射層13b中のルチル結晶型酸化チタンの含有率は特に限定されないが、反射層13bがルチル結晶型酸化チタンを含み、光吸収層13aがアナターゼ結晶型酸化チタンおよびルチル結晶型酸化チタンを含む場合には、光吸収層13a中のルチル結晶型酸化チタンの含有率よりも大きいことが好ましい。

[0085] この場合、例えば太陽光が導電性基板15を透過し、酸化物半導体層13に入射される。そして、光は、酸化物半導体層13の光吸収層13aを透過した後、反射層13bに入射される。このとき、ルチル結晶型酸化チタンは、アナターゼ結晶型酸化チタンよりも高い屈折率を有しており、アナターゼ結晶型酸化チタンよりも光を散乱させやすい。そして、反射層13b中のルチル結晶型酸化チタンの含有率は光吸収層13a中のルチル結晶型酸化チタンの含有率よりも大きい。すなわち反射層13bでは、光を散乱させやすいルチル結晶型酸化チタンが光吸収層13aよりも多く含まれている。このため、光吸収層13aを透過して反射層13bに入射した光を光吸収層13aに十分に戻すことが可能となる。その結果、酸化物半導体層13で光閉じ込め効果が十分なものとなる。また光増感色素は、ルチル結晶型酸化チタンよりもアナターゼ結晶型酸化チタンに吸着しやすい。このため、光吸収層13aでは、アナターゼ結晶型酸化チタンに吸着した光増感色素により、反射層

13bよりも光を十分に吸収させることが可能になる。また、光吸収層13aがルチル結晶型酸化チタンを含むため、光吸収層13aがルチル結晶型酸化チタンを含まない場合に比べて、光吸収層13aに入射された光が光吸収層13a内でより十分に散乱され、散乱された光がアナターゼ結晶型酸化チタンに担持された光増感色素に効率よく吸収されるため、光の吸収効率がより高くなる。以上のことから、DSCモジュール100によれば、光電変換特性をより向上させることができる。

[0086] 反射層13bの厚さは特に限定されるものではなく、例えば1~10 μ mとすればよい。

[0087] 光吸収層13a中のルチル結晶型酸化チタンの含有率が3~15質量%であることが好ましい。

[0088] この場合、光吸収層13a中のルチル結晶型酸化チタンの含有率が上記範囲を外れる場合に比べて、光の吸収と光の閉じ込めとがバランス良く行われ、DSCモジュール100の光電変換特性をより向上させることができる。

[0089] 光吸収層13a中のルチル結晶型酸化チタンの含有率はより好ましくは3~10質量%である。

[0090] 光吸収層13a中のルチル結晶型酸化チタンの含有率と反射層13b中のルチル結晶型酸化チタンの含有率との含有率差は、0質量%よりも大きければよいが、70質量%以上100質量%未満であることが好ましい。この場合、上記含有率差が上記範囲を外れる場合に比べて、以下の利点が得られる。すなわち、光閉じ込め効果がより大きくなるため光吸収効率を向上させることができる。また光吸収層13a中のアナターゼ結晶型酸化チタンの含有率が反射層13b中のアナターゼ結晶型酸化チタンの含有率より大きくなる。すなわち光増感色素を担持しやすいアナターゼ結晶型酸化チタンの比表面積をより高くすることができる。このため、DSCモジュール100の光電変換特性をより向上させることができる。

[0091] 光吸収層13aに含まれるアナターゼ結晶型酸化チタンは、光を光増感色素に吸収させるための光吸収用アナターゼ結晶型酸化チタンのみで構成され

ていても、光吸収用アナターゼ結晶型酸化チタンと、光を散乱させるための光散乱用アナターゼ結晶型酸化チタンとで構成されてもよい。但し、アナターゼ結晶型酸化チタンは、光吸収用アナターゼ結晶型酸化チタンのみで構成されることが好ましい。この場合、DSCモジュール100の光電変換特性を特に向上させることができる。

[0092] 光吸収層13aは、1つの層で構成されてもよいし、複数の層の積層体で構成されてもよい。

[0093] 光吸収層13aの厚さは特に限定されるものではなく、例えば2~30 μ mとすればよい。

[0094] なお、酸化物半導体層13は、酸化チタン以外の酸化物半導体粒子で構成されてもよい。このような酸化物半導体粒子としては、例えば酸化シリコン(SiO_2)、酸化亜鉛(ZnO)、酸化タングステン(WO_3)、酸化ニオブ(Nb_2O_5)、チタン酸ストロンチウム(SrTiO_3)、酸化スズ(SnO_2)、酸化インジウム(In_2O_3)、酸化ジルコニウム(ZrO_2)、酸化タリウム(Ta_2O_5)、酸化ランタン(La_2O_3)、酸化イットリウム(Y_2O_3)、酸化ホルミウム(Ho_2O_3)、酸化ビスマス(Bi_2O_3)、酸化セリウム(CeO_2)及び酸化アルミニウム(Al_2O_3)が挙げられる。

[0095] (連結部)

連結部14を構成する材料は、バックシート80と透明導電膜12とを接着させることができるものであれば特に制限されず、連結部14を構成する材料としては、例えばガラスフリット、封止部31Aに用いられる樹脂材料と同様の樹脂材料などを用いることができる。中でも、連結部14は、ガラスフリットであることが好ましい。ガラスフリットは樹脂材料に比べて高い封止性能を有するため、バックシート80の外側からの水分等の侵入を効果的に抑制することができる。

[0096] (光増感色素)

光増感色素としては、例えばピペリジン構造、ターピリジン構造などを含む配位子を有するルテニウム錯体や、ポルフィリン、エオシン、ローダミン

、メロシアニンなどの有機色素が挙げられる。

[0097] (対極)

対極 20 は、上述したように、金属基板 21 と、金属基板 21 のうち作用極 10 側に設けられて対極 20 の表面における還元反応を促進する導電性の触媒層 22 とを備える。

[0098] 金属基板 21 は、例えばチタン、ニッケル、白金、モリブデン、タングステン、アルミ、ステンレス等の耐食性の金属材料で構成される。金属基板 21 の厚さは、DSC モジュール 100 のサイズに応じて適宜決定され、特に限定されるものではないが、例えば 0.005 ~ 0.1 mm とすればよい。

[0099] 触媒層 22 は、白金、炭素系材料又は導電性高分子などから構成される。ここで、炭素系材料としては、カーボンナノチューブが好適に用いられる。

[0100] (封止部)

封止部 30 A は、第 1 封止部 31 A と、第 2 封止部 32 A とで構成される。

[0101] 第 1 封止部 31 A を構成する材料としては、例えばアイオノマー、エチレン-ビニル酢酸無水物共重合体、エチレン-メタクリル酸共重合体、エチレン-ビニルアルコール共重合体等を含む変性ポリオレフィン樹脂、紫外線硬化樹脂、及び、ビニルアルコール重合体などの樹脂が挙げられる。

[0102] 第 1 封止部 31 A の厚さは通常、40 ~ 90 μm であり、好ましくは 60 ~ 80 μm である。

[0103] 対極 20 と仕切部 31 b との接着部の幅 P は、対極 20 と第 1 一体化封止部 31 の環状部 31 a との接着部の幅 Q の 25% 以上 100% 未満であることが好ましい。この場合、接着部の幅 P が、接着部の幅 Q の 25% 未満である場合と比べて、より優れた耐久性を有することが可能となる。接着部の幅 P は、接着部の幅 Q の 30% 以上であることがより好ましく、40% 以上であることがさらに好ましい。

[0104] DSC モジュール 100 においては、第 1 一体化封止部 31 の仕切部 31 b の幅 R は、第 1 一体化封止部 31 の環状部 31 a の幅 T の 100% 以上 2

00%未満であることが好ましく、120~180%であることがより好ましい。

[0105] この場合、大きな開口率と優れた耐久性とをバランスさせることができる。

[0106] 第2封止部32Aを構成する材料としては、第1封止部31Aと同様、例えばアイオノマー、エチレンービニル酢酸無水物共重合体、エチレンーメタクリル酸共重合体、エチレンービニルアルコール共重合体等を含む変性ポリオレフィン樹脂、紫外線硬化樹脂、及び、ビニルアルコール重合体などの樹脂が挙げられる。第2封止部32Aを構成する材料は、第1封止部31Aを構成する材料と同一であることが好ましい。この場合、第2封止部32Aと第1封止部31Aとの界面がなくなるため、外部からの水分の侵入や電解質40の漏洩を効果的に抑制することができる。

[0107] 第2封止部32Aの厚さは通常、20~45 μm であり、好ましくは30~40 μm である。

[0108] (電解質)

電解質40は、例えば I^-/I_3^- などの酸化還元対と有機溶媒とを含んでいる。有機溶媒としては、アセトニトリル、メトキシアセトニトリル、メトキシプロピオニトリル、プロピオニトリル、エチレンカーボネート、プロピレンカーボネート、ジエチルカーボネート、 γ -ブチロラクトン、バレロニトリル、ピバロニトリル、グルタロニトリル、メタクリロニトリル、イソブチロニトリル、フェニルアセトニトリル、アクリロニトリル、スクシノニトリル、オキサロニトリル、ペンタニトリル、アジポニトリルなどを用いることができる。酸化還元対としては、例えば I^-/I_3^- のほか、臭素/臭化物イオン、亜鉛錯体、鉄錯体、コバルト錯体などの酸化還元対が挙げられる。

[0109] また電解質40は、有機溶媒に代えて、イオン液体を用いてもよい。イオン液体としては、例えばピリジニウム塩、イミダゾリウム塩、トリアゾリウム塩等の既知のヨウ素塩であって、室温付近で熔融状態にある常温熔融塩が用いられる。このような常温熔融塩としては、例えば、1-ヘキシル-3-

メチルイミダゾリウムヨード、1-エチル-3-プロピルイミダゾリウムヨード、ジメチルイミダゾリウムヨード、エチルメチルイミダゾリウムヨード、ジメチルプロピルイミダゾリウムヨード、ブチルメチルイミダゾリウムヨード、又は、メチルプロピルイミダゾリウムヨードが好適に用いられる。

[0110] また、電解質40は、上記有機溶媒に代えて、上記イオン液体と上記有機溶媒との混合物を用いてもよい。

[0111] また電解質40には添加剤を加えることができる。添加剤としては、Li⁺、I₂、4-t-ブチルピリジン、グアニジウムチオシアネート、1-メチルベンゾイミダゾール、1-ブチルベンゾイミダゾールなどが挙げられる。

[0112] さらに電解質40としては、上記電解質にSiO₂、TiO₂、カーボンナノチューブなどのナノ粒子を混練してゲル様となった擬固体電解質であるナノコンジットゲル電解質を用いてもよく、また、ポリフッ化ビニリデン、ポリエチレンオキサイド誘導体、アミノ酸誘導体などの有機系ゲル化剤を用いてゲル化した電解質を用いてもよい。

[0113] なお、電解質40は、I⁻/I₃⁻からなる酸化還元対を含み、I₃⁻の濃度が0.006mol/リットル以下であることが好ましく、0~6×10⁻⁶mol/リットルであることがより好ましく、0~6×10⁻⁸mol/リットルであることがさらに好ましい。この場合、電子を運ぶI₃⁻の濃度が低いいため、漏れ電流をより減少させることができる。このため、開放電圧をより増加させることができるため、光電変換特性をより向上させることができる。

[0114] (導電材)

導電材60P、60Qとしては、例えば金属膜が用いられる。金属膜を構成する金属材料としては、例えば銀又は銅などを用いることができる。

[0115] (バックシート)

バックシート80は、上述したように、耐候性層と、金属層とを含む積層体80Aと、積層体80AのDSC50側の面に設けられ、積層体80Aと連結部14とを接着する接着部80Bとを含む。

- [0116] 耐候性層は、例えばポリエチレンテレフタレート又はポリブチレンテレフタレートで構成されていればよい。
- [0117] 耐候性層の厚さは、例えば50～300 μm であればよい。
- [0118] 金属層は、例えばアルミニウムを含む金属材料で構成されていればよい。金属材料は通常、アルミニウム単体で構成されるが、アルミニウムと他の金属との合金であってもよい。他の金属としては、例えば銅、マンガン、亜鉛、マグネシウム、鉛、及び、ビスマスが挙げられる。具体的には、98%以上の純アルミニウムにその他の金属が微量添加された1000系アルミニウムが望ましい。これは、この1000系アルミニウムが、他のアルミニウム合金と比較して、安価で、加工性に優れているためである。
- [0119] 金属層の厚さは特に制限されるものではないが、例えば12～30 μm であればよい。
- [0120] 積層体80Aは、さらに樹脂層を含んでいてもよい。樹脂層を構成する材料としては、例えばブチルゴム、ニトリルゴム、熱可塑性樹脂などが挙げられる。これらは単独で又は2種以上を組み合わせ用いることができる。樹脂層は、金属層のうち耐候性層と反対側の表面全体に形成されていてもよいし、周縁部にのみ形成されていてもよい。
- [0121] 接着部80Bを構成する材料としては、例えばブチルゴム、ニトリルゴム、熱可塑性樹脂などが挙げられる。これらは単独で又は2種以上を組み合わせ用いることができる。接着部80Bの厚さは特に制限されるものではないが、例えば300～1000 μm であればよい。
- [0122] (乾燥剤)
- 乾燥剤95は、シート状であっても、粒状であってもよい。乾燥剤95は、例えば水分を吸収するものであればよく、乾燥剤95としては、例えばシリカゲル、アルミナ、ゼオライトなどが挙げられる。
- [0123] 次に、DSCモジュール100の製造方法について図3、図7および図9を参照しながら説明する。図9は、図4の第1一体化封止部を形成するための第1一体化封止部形成体を示す平面図である。

[0124] まず1つの透明基板11の上に透明導電膜を形成してなる積層体を用意する。

[0125] 透明導電膜の形成方法としては、スパッタ法、蒸着法、スプレー熱分解法(SPD)又はCVD法などが用いられる。

[0126] 次に、図3に示すように、透明導電膜に対して溝90を形成し、互いに溝90を介在させて絶縁状態で配置される透明導電膜12A~12Fを形成する。具体的には、DSC50A~50Dに対応する4つの透明導電膜12A~12Dは、四角形状の本体部12a及び突出部12cを有するように形成する。このとき、DSC50A~50Cに対応する透明導電膜12A~12Cについては、突出部12cが張出し部12dのみならず、張出し部12dから延びて、隣りのDSC50の本体部12aに対向する対向部12eをも有するように形成する。また透明導電膜12Dについては、四角形状の本体部12a及び張出し部12dのみならず、第1電流取出し部12fと、第1電流取出し部12fと本体部12aとを接続する接続部12gとを有するように形成する。このとき、第1電流取出し部12fは、透明導電膜12Aに対し、透明導電膜12Bと反対側に配置されるように形成する。さらに、透明導電膜12Eは、第2電流取出し部12hが形成されるように形成する。このとき、第2電流取出し部12hは、透明導電膜12Aに対し、透明導電膜12Bと反対側に配置され、且つ、第1電流取出し部12fの隣りに溝90を介して配置されるように形成する。

[0127] 溝90は、例えばYAGレーザ又はCO₂レーザ等を光源として用いたレーザスクライブ法によって形成することができる。

[0128] こうして、透明基板11の上に透明導電膜12を形成する。

[0129] 次に、透明導電膜12A~12Cのうちの突出部12c上に、導電材接続部16Aと導電材非接続部16Bとで構成される接続端子16の前駆体を形成する。具体的には、接続端子16の前駆体は、導電材接続部16Aが対向部12e上に設けられるように形成する。また透明導電膜12Eにも接続端子16の前駆体を形成する。また導電材非接続部16Bの前駆体は、導電材

接続部 16A の幅よりも狭くなるように形成する。接続端子 16 の前駆体は、例えば銀ペーストを塗布し乾燥させることで形成することができる。

[0130] さらに、透明導電膜 12D の接続部 12g の上には集電配線 17 の前駆体を形成する。集電配線 17 の前駆体は、例えば銀ペーストを塗布し乾燥させることで形成することができる。

[0131] また、透明導電膜 12A の第 1 電流取出し部 12f, 第 2 電流取出し部 12h 上にはそれぞれ外部に電流を取り出すための外部接続用端子 18a, 18b の前駆体を形成する。外部接続用端子の前駆体は、例えば銀ペーストを塗布し乾燥させることで形成することができる。

[0132] さらに、本体部 12a の縁部に沿って形成される第 1 の溝 90A に入り込み且つ本体部 12a の縁部をも覆うように、ガラスフリットからなる絶縁材 33 の前駆体を形成する。絶縁材 33 は、例えばガラスフリットを含むペーストを塗布し乾燥させることによって形成することができる。

[0133] またバックシート 80 を固定するために、絶縁材 33 と同様にして、絶縁材 33 を囲むように且つ透明導電膜 12D、透明導電膜 12E、透明導電膜 12F を通るように環状の連結部 14 の前駆体を形成する。

[0134] さらに透明導電膜 12A ~ 12D の各々の本体部 12a の上に、光吸収層 13a の前駆体および反射層 13b の前駆体を順次形成し、光吸収層 13a の前駆体および反射層 13b の前駆体の積層体からなる酸化物半導体層 13 の前駆体を形成する。

[0135] 光吸収層 13a の前駆体は、光吸収層 13a を形成するための光吸収層用ペーストを印刷した後、乾燥することによって得られる。光吸収層用ペーストは、酸化チタンのほか、ポリエチレングリコール、エチルセルロースなどの樹脂及び、テルピネオールなどの溶媒を含む。酸化チタンは、アナターゼ結晶型酸化チタンを含む。酸化チタンは、必要に応じてルチル結晶型酸化チタンを含んでもよい。光吸収層用ペースト中に含まれる酸化チタン全体中のルチル結晶型酸化チタンの含有率は光吸収層 13a 中のルチル結晶型酸化チタンの含有率と同一となるようにする。

- [0136] 反射層 13 b の前駆体は、反射層 13 b を形成するための反射層用ペーストを印刷した後、乾燥することによって得られる。反射層用ペーストは、例えば酸化チタンのほか、ポリエチレングリコール、エチルセルロースなどの樹脂及び、テルピネオールなどの溶媒を含む。酸化チタンは、ルチル結晶型酸化チタンを含む。酸化チタンは、必要に応じてアナターゼ結晶型酸化チタンを含んでもよい。反射層用ペースト中に含まれる酸化チタン全体中のアナターゼ結晶型酸化チタンの含有率は、反射層 13 b 中のルチル結晶型酸化チタンの含有率と同一となるようにする。
- [0137] 光吸収層用ペースト及び反射層用ペーストの印刷方法としては、例えばスクリーン印刷法、ドクターブレード法、又はバーコート法などを用いることができる。
- [0138] 最後に、接続端子 16 の前駆体、絶縁材 33 の前駆体、連結部 14 の前駆体、酸化物半導体層 13 の前駆体を一括して焼成し、接続端子 16、絶縁材 33、連結部 14、および酸化物半導体層 13 を形成する。
- [0139] このとき、焼成温度は酸化物半導体粒子やガラスフリットの種類により異なるが、通常は 350～600℃であり、焼成時間も、酸化物半導体粒子やガラスフリットの種類により異なるが、通常は 1～5 時間である。
- [0140] こうして、図 7 に示すように、バックシート 80 を固定するための連結部 14 が形成され、導電性基板 15 を有する作用極 10 が得られる。
- [0141] 次に、作用極 10 の酸化物半導体層 13 に光増感色素を担持させる。このためには、作用極 10 を、光増感色素を含有する溶液の中に浸漬させ、その光増感色素を酸化物半導体層 13 に吸着させた後に上記溶液の溶媒成分で余分な光増感色素を洗い流し、乾燥させることで、光増感色素を酸化物半導体層 13 に吸着させればよい。但し、光増感色素を含有する溶液を酸化物半導体層 13 に塗布した後、乾燥させることによって光増感色素を酸化物半導体層 13 に吸着させても、光増感色素を酸化物半導体層 13 に担持させることが可能である。
- [0142] 次に、酸化物半導体層 13 の上に電解質 40 を配置する。

- [0143] 次に、図9に示すように、第1一体化封止部31を形成するための第1一体化封止部形成体131を準備する。第1一体化封止部形成体131は、第1一体化封止部31を構成する材料からなる1枚の封止用樹脂フィルムを用意し、その封止用樹脂フィルムにDSC50の数に応じた四角形状の開口131aを形成することによって得ることができる。第1一体化封止部形成体131は、複数の第1封止部形成体131Aを一体化させてなる構造を有する。
- [0144] そして、この第1一体化封止部形成体131を、導電性基板15の上に接着させる。このとき、第1一体化封止部形成体131は、絶縁材33と重なるように接着する。第1一体化封止部形成体131の導電性基板15の接着は、第1一体化封止部形成体131を加熱溶融させることによって行うことができる。また第1一体化封止部形成体131は、透明導電膜12の本体部12aが第1一体化封止部形成体131の内側に配置されるように導電性基板15に接着する。
- [0145] 一方、DSC50の数と同数の対極20を用意する。
- [0146] 対極20は、金属基板21上に、対極20の表面における還元反応を促進する導電性の触媒層22を形成することにより得ることができる。
- [0147] 次に、上述した第1一体化封止部形成体131をもう1つ用意する。そして、複数の対極20の各々を、第1一体化封止部形成体131の各開口131aを塞ぐように貼り合わせる。
- [0148] 次に、対極20に接着した第1一体化封止部形成体131と、作用極10に接着した第1一体化封止部形成体131とを重ね合わせ、第1一体化封止部形成体131を加圧しながら加熱溶融させる。こうして作用極10と対極20との間に第1一体化封止部31が形成される。このとき、対極20のうち導電性基板15側の面と第1一体化封止部31の仕切部31bとの接着部の幅Pが、対極20のうち導電性基板15側の面と第1一体化封止部31の環状部31aとの接着部の幅Qよりも狭くなるように第1一体化封止部31を形成する。また第1一体化封止部31の仕切部31bの幅Rは、第1一体

化封止部31の環状部31aの幅Tの100%以上200%未満となるように第1一体化封止部31を形成する。第1一体化封止部31の形成は、大気圧下で行っても減圧下で行ってもよいが、減圧下で行うことが好ましい。

[0149] 次に、第2一体化封止部32を準備する(図5参照)。第2一体化封止部32は、複数の第2封止部32Aを一体化させてなる構造を有する。第2一体化封止部32は、1枚の封止用樹脂フィルムを用意し、その封止用樹脂フィルムにDSC50の数に応じた四角形状の開口32cを形成することによって得ることができる。第2一体化封止部32は、第1一体化封止部31と共に対極20の縁部20aを挟むように対極20に貼り合わせる。第2一体化封止部32の対極20への接着は、第2一体化封止部32を加熱溶融させることによって行うことができる。

[0150] 封止用樹脂フィルムとしては、例えばアイオノマー、エチレンービニル酢酸無水物共重合体、エチレンーメタクリル酸共重合体、エチレンービニルアルコール共重合体等を含む変性ポリオレフィン樹脂、紫外線硬化樹脂、及び、ビニルアルコール重合体などの樹脂が挙げられる。第2一体化封止部32の形成のための封止用樹脂フィルムの構成材料は、第1一体化封止部31の形成のための封止用樹脂フィルムの構成材料よりも高い融点を有することが好ましい。この場合、第2封止部32Aは、第1封止部31Aよりも硬くなるため、隣り合うDSC50の対極20同士の接触を効果的に防止することができる。また第1封止部31Aは第2封止部32Aよりも軟らかくなるため、封止部30Aに加わる応力を効果的に緩和することができる。

[0151] 次に、第2封止部32の3つの仕切部32bのそれぞれにバイパスダイオード70A, 70B, 70Cを固定する。またDSC50Dの封止部30A上にもバイパスダイオード70Dを固定する。

[0152] そして、バイパスダイオード70A~70Dを通るように導電材60QをDSC50B~50Cの対極20の金属基板21に固定する。さらにバイパスダイオード70A, 70B間、バイパスダイオード70B, 70C間、バイパスダイオード70C, 70D間の各導電材60Qと、透明導電膜12A

上の導電材接続部16A、透明導電膜12B上の導電材接続部16A、透明導電膜12C上の導電材接続部16Aとをそれぞれ接続するように導電材60Pを形成する。また、透明導電膜12E上の導電材接続部16Aとバイパスダイオード70Aとを接続するようにDSC50Aの対極20の金属基板21に導電材60Pを固定する。さらに、透明導電膜12Dとバイパスダイオード70Dとを導電材60Pによって接続する。

[0153] このとき、導電材60Pは、導電材60Pを構成する金属材料を含むペーストを用意し、このペーストを、対極20から、隣りのDSC50の接続端子16の導電材接続部16Aにわたって塗布し、硬化させる。導電材60Qは、導電材60Qを構成する金属材料を含むペーストを用意し、このペーストを、各対極20上に隣り合うバイパスダイオードを結ぶように塗布し、硬化させる。このとき、上記ペーストとしては、光増感色素への悪影響を避ける観点から、90℃以下の温度で硬化させることが可能な低温硬化型のペーストを用いることが好ましい。

[0154] 最後に、バックシート80を用意し、このバックシート80の周縁部80aを連結部14に接着させる。このとき、バックシート80の接着部80BとDSC50の封止部30Aとが離間するようにバックシート80を配置する。

[0155] 以上のようにしてDSCモジュール100が得られる。

[0156] なお、上述した説明では、接続端子16、絶縁材33、連結部14、および酸化物半導体層13を形成するために、接続端子16の前駆体、絶縁材33の前駆体、連結部14の前駆体、酸化物半導体層13の前駆体を一括して焼成する方法を用いているが、接続端子16、絶縁材33、連結部14、および酸化物半導体層13はそれぞれ別々に前駆体を焼成して形成してもよい。

[0157] 本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。例えば上記実施形態では、DSC50A~50Dが図2のX方向に沿って一列に配列されているが、図10に示すDSCモジュール200のように、DSC50A~50D

の一部であるDSC50C、50Dを途中で折り返し、DSC50AとDSC50Dとをそれらが互いに隣り合うように配置してもよい。この場合、透明導電膜12Dは、DSCモジュール100と異なり、本体部12aと第1電流取出し部12fとの間に接続部12gを設ける必要がない。このため、集電配線17も設ける必要がない。

[0158] また上記実施形態では、バックシート80と導電性基板15との連結部14と交差する第2の溝90Bが、ガラスフリットからなる絶縁材33で覆われていないが、図11に示すDSCモジュール300のように、第2の溝90Bは、ガラスフリットからなる絶縁材33で覆われていることが好ましい。なお、図11において、バックシート80は省略してある。図11に示すように、第2の溝90Bが連結部14と交差していると、その第2の溝90Bを通じて水分がバックシート80と導電性基板15との間の空間に侵入することが可能となる。この場合、第2の溝90Bに絶縁材33が入り込み、絶縁材33が、透明導電膜12のうち本体部12aを除く部分の縁部をも覆っていることで、バックシート80の外側から内側への水分の侵入が十分に抑制される。このため、バックシート80と導電性基板15との間の空間に侵入した水分が封止部30Aを通じて封止部30Aの内側に入り込むことが十分に抑制される。このため、DSCモジュール300の耐久性の低下を十分に抑制することが可能となる。

[0159] さらに上記実施形態では、第1電流取出し部12fおよび第2電流取出し部12hが、DSC50A側の周囲に配置されているが、図12に示すDSCモジュール400に示すように、第1電流取出し部12fおよび第2電流取出し部12hは、DSC50D側の周囲に配置されていてもよい。この場合、第1電流取出し部12fは、透明導電膜12Dの本体部12aに対しDSC50Cと反対側に封止部30Aの外側まで突出するように設けられる。一方、第2電流取出し部12hは、透明導電膜12Dの本体部12aに対しDSC50Cと反対側に設けられる。また透明導電膜12A～12Dに沿って第2接続部としての接続部12iが延びており、この接続部12iが、第

2 電流取出し部 12 f と DSC 50 A の対極 20 の金属基板 21 とを接続している。具体的には、接続部 12 i の上に、接続部 12 i に沿って集電配線 417 が設けられ、この集電配線 417 とバイパスダイオード 70 A から延びる導電材 60 P とが接続されている。この DSC モジュール 400 によっても、優れた光電変換特性を有しながら省スペース化を図ることができる。なお、この場合に、接続部 12 i の抵抗値が、下記式 (1) で表される抵抗値以下であることが好ましいのは、上記実施形態と同様である。

$$\text{抵抗値} = \text{直列接続される DSC 50 の数} \times 120 \Omega \quad (1)$$

[0160] また上記実施形態では、導電性基板 15 が絶縁材 33 を有しているが、絶縁材 33 を有していなくてもよい。この場合、封止部 30 A および第 1 一体化封止部 31 A は、透明基板 11、透明導電膜 12 又は接続端子 16 に接合されることになる。ここで、導電性基板 15 は接続端子 16 を有していなくてもよい。この場合、封止部 30 A および第 1 一体化封止部 31 A は、透明基板 11 又は透明導電膜 12 に接合されることになる。

[0161] また上記実施形態では、溝 90 が第 2 の溝 90 B を有しているが、第 2 の溝 90 B は必ずしも形成されていなくてもよい。

[0162] また上記実施形態では、接続端子 16 の導電材接続部 16 A および導電材非接続部 16 B の幅が一定とされているが、導電材接続部 16 A および導電材非接続部 16 B の幅はそれぞれ、接続端子 16 の延び方向に沿って変化してもよい。例えば導電材非接続部 16 B のうち導電材接続部 16 A から最も遠い側の端部から最も近い側の端部に向かって幅が単調に増加し、導電材接続部 16 A のうち導電材非接続部 16 B 側の端部から導電材非接続部 16 B より最も遠い側の端部に向かって幅が単調に増加してもよい。

[0163] また上記実施形態では、導電材接続部 16 A および導電材非接続部 16 B はそれぞれ封止部 30 A に沿って設けられているが、これらは、封止部 30 A から遠ざかる方向に延びるように形成されていてもよい。但し、この場合、導電材接続部 16 A が導電材非接続部 16 B よりも封止部 30 A に近い位置に配置されていることが好ましい。この場合、導電材 60 P をより短くす

ることができる。

[0164] あるいは、透明導電膜 12A～12C上に形成される接続端子 16においては、導電材非接続部 16Bは、その延び方向が導電材接続部 16Aの延び方向に直交するように配置されてもよい。

[0165] また導電材接続部 16Aの幅は導電材非接続部 16Bの幅以下であってもよい。

[0166] また上記実施形態では、第2封止部 32Aが第1封止部 31Aに接着されているが、第2封止部 32Aは第1封止部 31Aに接着されていなくてもよい。

[0167] さらに上記実施形態では、封止部 30Aが第1封止部 31Aと第2封止部 32Aとで構成されているが、第2封止部 32Aは省略されてもよい。

[0168] また上記実施形態では、対極 20と第1一体化封止部 31の仕切部 31bとの接着部の幅Pは、対極 20と第1一体化封止部 31の環状部 31aとの接着部の幅Qよりも狭くなっているが、接着部の幅Pは、接着部の幅Q以上であってもよい。

[0169] さらに、上記実施形態では、第1一体化封止部 31の仕切部 31bの幅Rは、第1一体化封止部 31の環状部 31aの幅Tの100%以上200%未満となっているが、仕切部 31bの幅Rは、第1一体化封止部 31の環状部 31aの幅Tの100%未満であってもよく、200%以上であってもよい。

[0170] また上記実施形態では、バックシート 80と透明導電膜 12とが、ガラスフリットからなる連結部 14を介して接着されているが、バックシート 80と透明導電膜 12とは、必ずしも連結部 14を介して接着されている必要はない。

[0171] さらにまた上記実施形態では、連結部 14と絶縁材 33とが離間しているが、これらはいずれもガラスフリットで構成され、一体化されていることが好ましい。この場合、バックシート 80と導電性基板 15との間の空間において水分が侵入したとしても、連結部 14と導電性基板 15との間の界面、

封止部30Aと導電性基板15との間の界面が存在しなくなる。また絶縁材33も連結部14もガラスフリットからなり、樹脂に比べ高い封止性能を有する。このため、連結部14と導電性基板15との間の界面や絶縁材33と導電性基板15との間の界面を通じた水分の侵入を十分に抑制することができる。

[0172] また上記実施形態では、絶縁材33はガラスフリットからなっているが、絶縁材33を構成する材料は、第1封止部30Aを構成する材料よりも高い融点を有するものであればよい。このため、このような材料としては、ガラスフリットのほか、例えばポリイミド樹脂などの熱硬化性樹脂および熱可塑性樹脂が挙げられる。中でも、熱硬化性樹脂を用いることが好ましい。この場合、封止部30Aが高温時に流動性を有するようになっても、絶縁材33は、ガラスフリットからなる場合と同様、熱可塑性樹脂からなる場合に比べて高温時でも流動化しにくい。このため、導電性基板15と対極20との接触が十分に抑制され、導電性基板15と対極20との間の短絡を十分に抑制できる。

[0173] さらに上記実施形態では、複数のDSC50が直列接続されているが、並列接続されていてもよい。

[0174] さらに上記実施形態では、複数のDSC50が用いられているが、図12に示す色素増感太陽電池素子500のように、DSC50は1つのみ用いられてもよい。なお、図15に示す色素増感太陽電池素子500は、DSC50A~DSC50Cを省略し、第2電流取出部12h上に設けられた接続端子16と、DSC50Dの対極20の金属基板21とが導電材60Pを介して電氣的に接続されている。また色素増感太陽電池素子500においては、接続端子16が導電材接続部16Aのみで構成され、この導電材接続部16Aは、封止部30Aと連結部14との間に配置されている。すなわち、導電材接続部16Aは、DSC50Dの透明導電膜12Dのうちの本体部12aの側縁部12bに対向する位置に配置されていない。このため、第1実施形態のDSCモジュール100において導電材接続部16Aが配置されていた

部分のスペースまで酸化物半導体層 13 を拡大することが可能となる。この場合、無駄なスペースが有効利用されるとともに発電面積を拡大することができる。

[0175] また上記実施形態では、DSC50 の数が 4 つであるが、1 つ以上であればよく、4 つに限定されるものではない。このように DSC50 を複数有する場合は、図 10 に示すように、DSC50A~50D の一部を途中で折り返す場合よりも、図 2 に示すように、DSC50 を一定方向に配列することが好ましい。このように DSC50 を一定方向に配列する場合、DSC50 の数として、偶数、奇数のいずれをも選択することが可能となり、DSC50 の数を自由に決定することができ、設計の自由度を向上させることができる。

[0176] また上記実施形態では、図 8 に示すように、光吸収層 13a の第 1 面 91 が、反射層 13b と接触していない非接触部 93 を有し、非接触部 93 が第 2 面 92 の内側に配置されておらず、しかも、第 2 面 92 が非接触部 93 によって包囲されているが、図 13 に示すように、第 2 面 92 は非接触部 93 によって包囲されていなくてもよい。なお、図 13 において、第 2 面 92 は第 1 面 91 の内側に配置されている。すなわち、第 2 面 92 は、第 1 面 91 の周縁 91a の内側に配置されている。また図 14 に示すように、第 2 面 92 の外側および内側にそれぞれ非接触部 93 が配置されていてもよい。別言すると、非接触部 93 は、第 2 面 92 の外周縁 92a の外側および内側にそれぞれ配置されていてもよい。

実施例

[0177] 以下、本発明の内容を、実施例を挙げてより具体的に説明するが、本発明は下記の実施例に限定されるものではない。

[0178] (実施例 1)

まずガラスからなる厚さ 1 mm の透明基板の上に、厚さ 1 μ m の FTO からなる透明導電膜を形成してなる積層体を準備した。次に、図 3 に示すように、CO₂ レーザ (ユニバーサルシステム社製 V-460) によって透明導電

膜12に溝90を形成し、透明導電膜12A~12Fを形成した。このとき、溝90の幅は1mmとした。また透明導電膜12A~12Cはそれぞれ、4.6cm×2.0cmの四角形状の本体部と、本体部の片側側縁部から突出する突出部とを有するように形成した。また透明導電膜12Dは、4.6cm×2.1cmの四角形状の本体部と、本体部の片側側縁部から突出する突出部とを有するように形成した。また透明導電膜12A~12Dのうち3つの透明導電膜12A~12Cの突出部12cについては、本体部12aの片側縁部12bから張り出す張出し部12dと、張出し部12dから延びて、隣りの透明導電膜12の本体部12aに対向する対向部12eとで構成されるようにした。また透明導電膜12Dの突起部12cについては、本体部12aの片側縁部12bから張り出す張出し部12dのみで構成されるようにした。このとき、張出し部12dの張出し方向（図2のX方向に直交する方向）の長さは2.1mmとし、張出し部12dの幅は9.8mmとした。また対向部12eの幅は2.1mmとし、対向部12eの延び方向の長さは9.8mmとなるようにした。

[0179] また透明導電膜12Dについては、本体部12aおよび突出部12cのみならず、第1電流取出し部12fと、第1電流取出し部12fと本体部12aとを接続する接続部12gとを有するように形成した。透明導電膜12Eについては、第2電流取出し部12hを有するように形成した。このとき、接続部12gの幅は、1.3mmとし、長さは59mmとした。また接続部12gの抵抗値を四端子法にて測定したところ、100Ωであった。

[0180] 次に、透明導電膜12A~12Cのうちの突出部12c上に、導電材接続部16Aと導電材非接続部16Bとで構成される接続端子16の前駆体を形成した。具体的には、接続端子16の前駆体は、導電材接続部16Aの前駆体が対向部12e上に設けられるように、導電材非接続部16Bの前駆体が張出し部12d上に設けられるように形成した。このとき、導電材非接続部16Bの前駆体は、導電材接続部16Aの幅よりも狭くなるように形成した。接続端子16の前駆体は、スクリーン印刷により銀ペースト（福田金属箔

粉工業社製「GL-6000X16」)を塗布し乾燥させることで形成した。

[0181] さらに、透明導電膜12Dの接続部12gの上に集電配線17の前駆体を形成した。集電配線17の前駆体は、スクリーン印刷により銀ペーストを塗布し乾燥させることで形成した。

[0182] また、透明導電膜12Aの第1電流取出し部12f, 第2電流取出し部12h上にそれぞれ外部に電流を取り出すための外部接続用端子18a, 18bの前駆体を形成した。外部接続用端子の前駆体は、スクリーン印刷により銀ペーストを塗布し乾燥させることで形成した。

[0183] さらに、ガラスフリットからなる絶縁材33の前駆体を、第1の溝90Aに入り込み且つ第1の溝90Aを形成している本体部12aの縁部を覆うように形成した。絶縁材33は、スクリーン印刷によりガラスフリットを含むペーストを塗布し乾燥させることによって形成した。このとき、絶縁材33で覆った透明導電膜の縁部は、溝90から0.2mmの部分とした。

[0184] またバックシート80を固定するために、絶縁材33と同様にして、絶縁材33を囲むように且つ透明導電膜12D、透明導電膜12E、透明導電膜12Fを通るようにガラスフリットからなる環状の連結部14の前駆体を形成した。またこのとき、連結部14の前駆体は、その内側に集電配線17の前駆体が配置されるように形成した。また連結部14は、その外側に、第1電流取出し部および第2電流取出し部が配置されるように形成した。連結部14は、スクリーン印刷によりガラスフリットを含むペーストを塗布し乾燥させることによって形成した。

[0185] さらに透明導電膜12A~12Dの各々の本体部12aの上に、酸化物半導体層13の前駆体を形成した。酸化物半導体層13の前駆体は、光吸収層の前駆体および反射層の前駆体を順次形成することにより得た。このとき、光吸収層の前駆体は、アナターゼ結晶型酸化チタン(日揮触媒化成社製21NR)を含有する光吸収層形成用酸化チタンナノ粒子ペーストを、スクリーン印刷により正形状に塗布し、150℃で10分間乾燥させることにより

得た。

[0186] また、反射層の前駆体は、光吸収層の前駆体の表面のうち透明導電膜 12 A～12 Dとは反対側の表面上に、アナターゼ結晶型酸化チタン（日揮触媒化成社製 P S T - 4 0 0 C）を含有する反射層形成用酸化チタンナノ粒子ペーストをスクリーン印刷により正形状に塗布し、150℃で10時間乾燥させることにより得た。このとき、反射層形成用酸化チタンナノ粒子ペーストは、光吸収層の前駆体の表面のうち透明導電膜 12 A～12 Dとは反対側の表面の中央に塗布し、その周囲には塗布しないようにした。

[0187] 次に、接続端子 16 の前駆体、集電配線 17 の前駆体、外部接続用端子 18 a, 18 b の前駆体、絶縁材 33 の前駆体、連結部 14 の前駆体、絶縁材 33 の前駆体、酸化物半導体層 13 の前駆体を 500℃で15分間焼成し、接続端子 16、集電配線 17、外部接続用端子 18 a, 18 b、連結部 14、絶縁材 33 および酸化物半導体層 13 を形成した。こうして、連結部 14 が形成され、導電性基板 15 を有する作用極 10 を得た。このとき、接続端子 16 のうち導電材接続部の幅は 1.0 mm であり、導電材非接続部の幅は 0.3 mm であった。また導電材接続部の延び方向に沿った長さは 7.0 mm であり、導電材非接続部の延び方向に沿った長さは 7.0 mm であった。また集電配線 17、外部接続用端子 18 a, 18 b、連結部 14、および酸化物半導体層 13 の寸法はそれぞれ以下の通りであった。

集電配線 17：厚さ 4 μm、幅 200 μm、図 2 の X 方向に沿った長さ 79 mm、図 2 の X 方向に直交する方向に沿った長さ 21 mm

外部接続用端子 18 a, 18 b：厚さ 20 μm、幅 2 mm、長さ 7 mm

連結部 14：厚さ 50 μm、幅 3 mm

酸化物半導体層 13：厚さ 14 μm、図 2 の X 方向の長さ 17 mm、図 2 の X 方向に直交する方向の長さ 42.1 mm

[0188] また酸化物半導体層 13 は、光吸収層と、その表面のうち透明導電膜 12 A～12 Dとは反対側の表面である第 1 面の一部に接触する反射層とで構成

されていた。ここで、光吸収層の厚さは $10\mu\text{m}$ であり、第1面の面積 S_1 は 716mm^2 であった。また、反射層の厚さは $4\mu\text{m}$ であり、光吸収層の第1面のうち反射層と接触する第2面の面積 S_2 は 687mm^2 であった。従って、 S_2/S_1 の値は表1に示す通り、 0.96 であった。このとき、 S_1 及び S_2 は、形成した正形状の光吸収層の第1面及び正形状の第2面の一辺の長さをそれぞれ3次元測長機（スマートスコープ）により測定し、その測定値から算出した。こうして作用極を得た。

[0189] 次に、上記のようにして得られた作用極を、N719からなる光増感色素を 0.2mM 含み、溶媒を、アセトニトリルとtertブタノールとを $1:1$ の体積比で混合してなる混合溶媒とした色素溶液中に一昼夜浸漬させた後、取り出して乾燥させ、酸化物半導体層に光増感色素を担持させた。

[0190] 次に、酸化物半導体層の上に、ジメチルプロピルイミダゾリウムヨードおよび3-メトキシプロピオニトリルの混合物に、 I_2 、メチルベンゾイミダゾール、ブチルベンゾイミダゾール、グアニジウムチオシアネート及びt-ブチルピリジンを加えて得られる電解質をスクリーン印刷法によって塗布し乾燥させて電解質を配置した。

[0191] 次に、第1封止部を形成するための第1一体化封止部形成体を準備した。第1一体化封止部形成体は、 $8.0\text{cm} \times 4.6\text{cm} \times 50\mu\text{m}$ の無水マレイン酸変性ポリエチレン（商品名：バイネル、デュポン社製）からなる1枚の封止用樹脂フィルムを用意し、その封止用樹脂フィルムに、4つの四角形状の開口を形成することによって得た。このとき、各開口が $1.7\text{cm} \times 4.4\text{cm} \times 50\mu\text{m}$ の大きさとなるように、且つ、環状部の幅が 2mm 、環状部の内側開口を仕切る仕切部の幅が 2.6mm となるように第1一体化封止部形成体を作製した。

[0192] そして、この第1一体化封止部形成体を、作用極上の絶縁材33に重ね合わせた後、第1一体化封止部形成体を加熱溶融させることによって作用極上の絶縁材33に接着させた。

[0193] 次に、4枚の対極を用意した。4枚の対極のうち2枚の対極は、 4.6c

m×1.9cm×40μmのチタン箔の上にスパッタリング法によって厚さ5nmの白金からなる触媒層を形成することによって用意した。4枚の対極のうち残りの2枚の対極は、4.6cm×2.0cm×40μmのチタン箔の上にスパッタリング法によって厚さ5nmの白金からなる触媒層を形成することによって用意した。また、上記第1一体化封止部形成体をもう1つ準備し、この第1一体化封止部形成体を、対極のうち作用極と対向する面に、上記と同様にして接着させた。

[0194] そして、作用極に接着させた第1一体化封止部形成体と、対極に接着させた第1一体化封止部形成体とを対向させ、第1一体化封止部形成体同士を重ね合わせた。そして、この状態で第1一体化封止部形成体を加圧しながら第1一体化封止部形成体を加熱溶融させた。こうして作用極と対極との間に第1封止部を形成した。このとき、第1一体化封止部の仕切部と対極のうち導電性基板側の面との接着部の幅P、第1一体化封止部のうちの環状部と対極のうち導電性基板側の面との接着部の幅Q、第1一体化封止部の仕切部の幅Rおよび環状部の幅Tはそれぞれ以下の通りであった。

$$P = 1.0 \text{ mm}$$

$$Q = 2.0 \text{ mm}$$

$$R = 2.6 \text{ mm}$$

$$T = 2.2 \text{ mm}$$

[0195] 次に、第2一体化封止部を準備した。第2一体化封止部は、8.0cm×4.6cm×50μmの無水マレイン酸変性ポリエチレン（商品名：バイネル、デュポン社製）からなる1枚の封止用樹脂フィルムを用意し、その封止用樹脂フィルムに、4つの四角形状の開口を形成することによって得た。このとき、各開口が、1.7cm×4.4cm×50μmの大きさとなるように且つ、環状部の幅が2mmで、環状部の内側開口を仕切る仕切部の幅が2.6mmとなるように第2一体化封止部を作製した。第2一体化封止部は、

第1一体化封止部と共に対極の縁部を挟むように対極に貼り合わせた。このとき、第2一体化封止部を対極に押しつけながら第1一体化封止部及び第2一体化封止部を加熱溶融させることによって対極及び第1一体化封止部に貼り合せた。

- [0196] 次に、各対極の金属基板上に、乾燥剤シートを両面テープで貼り付けた。乾燥剤シートの寸法は、厚さ1mm×縦3cm×横1cmであり、乾燥剤シートとしては、ゼオシート（商品名、品川化成社製）を用いた。
- [0197] 次に、図2に示すように、第2一体化封止部の3つの仕切部にそれぞれバイパスダイオード70A～70Cを、低温硬化型の銀ペースト（藤倉化成社製、ドータイトD500）を、バイパスダイオードの両端の端子から対極20の金属基板21につながるように塗布することによって固定した。また4つのDSC50A～50DのうちDSC50Dの第2一体化封止部の環状部上にバイパスダイオード70Dを、上記低温硬化型の銀ペーストを、ダイオードの両端の端子のうち一方の端子から対極につながるように塗布することによって固定した。こうして、4つのバイパスダイオード70A～70Dに対して、隣り合う2つのバイパスダイオード同士を結ぶように導電材60Qを形成した。このとき、導電材60Qは、上記低温硬化型の銀ペーストを30℃で12時間硬化させることによって形成した。バイパスダイオードとしては、ローム社製RB751V-40を用いた。
- [0198] またバイパスダイオード間の各導電材60Qと、3つの透明導電膜12A～12C上の導電材接続部とをそれぞれ接続するように低温硬化型の銀ペースト（藤倉化成社製、ドータイトD-500）を塗布し、硬化させることによって導電材60Pを形成した。さらにバイパスダイオード70Aについては、透明導電膜12E上の導電材接続部と接続するように上記低温硬化型の銀ペーストを塗布し硬化させることによって導電材60Pを形成した。このとき、導電材60Pは、上記低温硬化型の銀ペーストを、30℃で12時間硬化させることによって形成した。
- [0199] 次に、ブチルゴム（アイカ工業社製「アイカメルト」）を200℃で加熱

しながらディスペンサで連結部14上に塗布し、接着部の前駆体を形成した。一方、ポリブチレンテレフタレート（PBT）樹脂フィルム（厚さ50 μ m）、アルミ箔（厚さ25 μ m）、バイネル（商品名、デュポン社製）からなるフィルム（厚さ50 μ m）をこの順に積層した積層体を用意した。そして、この積層体80Aの周縁部と接着部80Bの前駆体の上に重ね合わせ、10秒間加圧した。こうして、連結部14に、接着部80Bと積層体80Aとで構成されるバックシート80を得た。以上のようにしてDSCモジュールを得た。

[0200] （実施例2～5）

S_2/S_1 の値を表1に示す値としたこと以外は実施例1と同様にしてDSCモジュールを作製した。

[0201] （比較例1～10）

S_2/S_1 の値を表2～3に示す値としたこと以外は実施例1と同様にしてDSCモジュールを作製した。なお、表2において、 S_2/S_1 は1以上となっているが、これは、反射層が、光吸収層の第1面のみならず、光反射層の側周面をも覆っていることを意味する。

[0202] [特性評価]

上記のようにして得られた実施例1～5及び比較例1～10のDSCモジュールについて、光電変換特性を評価した。

[0203] （光電変換特性）

上記のようにして得られた実施例1～5及び比較例1～10のDSCモジュールについて、光電変換効率 η （%）を測定した。そして、比較例5を基準として、下記式に基づいて光電変換効率 η の増大率（ η 増大率）を算出した。結果を表1～3に示す。

η 増大率（%） = 100 × （実施例又は比較例の光電変換効率 - 比較例5の光電変換効率） / 比較例5の光電変換効率

このとき、光電変換効率の測定は、Xeランプソーラーシミュレータ（山下電装社製YSS-150）とIVテスト（英光精機社製MP-160）を使用して行った。

[表1]

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5
S_2/S_1	0.96	0.92	0.85	0.78	0.70
η 増大率(%)	2.14	2.77	2.77	1.39	1.39

[表2]

	比較例1	比較例2	比較例3	比較例4	比較例5
S_2/S_1	1.44	1.34	1.17	1.08	1.00
η 増大率(%)	-19.02	-17.38	-10.58	-6.55	0

[表3]

	比較例6	比較例7	比較例8	比較例9	比較例10
S_2/S_1	0.58	0.52	0.36	0.25	0.00
η 増大率(%)	-1.39	-3.40	-5.29	-18.77	-26.20

[0204] 表1に示されているように、実施例1～5のDSCモジュールは、比較例5のDSCモジュールに比べ、光電変換効率が1%以上増大することが明らかになった。また、表2及び3に示されているように、比較例1～4および比較例6～10のDSCモジュールは、比較例5のDSCモジュールに比べ、光電変換効率が1%以上減少することが明らかになった。

[0205] 以上の結果から、本発明の色素増感太陽電池素子によれば、光電変換特性を十分に向上させることができることが確認された。

符号の説明

- [0206] 1 1…透明基板
1 2…透明導電膜
1 3…酸化物半導体層
1 3 a…光吸収層
1 3 b…反射層
1 5…導電性基板（第1電極）
1 6…接続端子（第1電極）
2 0…対極（第2電極）
3 0 A…封止部
3 3…絶縁材（第1電極）
4 0…電解質
5 0, 5 0 A～5 0 D…色素増感太陽電池
9 1…第1面
9 2…第2面
9 3…非接触部
1 0 0, 2 0 0, 3 0 0, 4 0 0…色素増感太陽電池モジュール（色素増感太陽電池素子）

請求の範囲

- [請求項1] 少なくとも1つの色素増感太陽電池を有し、
 前記色素増感太陽電池が、
 第1電極と、
 前記第1電極に対向する第2電極と、
 前記第1電極上に設けられる酸化物半導体層とを備えており、
 前記酸化物半導体層が、
 前記第1電極上に設けられる光吸収層と、
 前記光吸収層の表面のうち前記第1電極と反対側の第1面の一部に
 接触し且つ前記第1電極から最も遠い位置に配置される層である反射
 層とを有し、
 前記光吸収層の前記第1面が、前記反射層と接触する第2面を有し
 、
 前記第1面の面積 S_1 および前記第2面の面積 S_2 が、下記式：

$$0.7 \leq S_2 / S_1 < 1$$

 を満足し、
 前記反射層が、前記光吸収層の前記第1面の内側に配置されている
 、色素増感太陽電池素子。
- [請求項2] 前記第1面の面積 S_1 および前記第2面の面積 S_2 が、下記式：

$$0.8 \leq S_2 / S_1 \leq 0.95$$

 を満足する、請求項1に記載の色素増感太陽電池素子。
- [請求項3] 前記第1面の前記反射層と接触していない非接触部が前記第2面の
 内側に配置されていない、請求項1又は2に記載の色素増感太陽電池
 素子。
- [請求項4] 前記第2面が前記非接触部によって包囲されている、請求項3に記
 載の色素増感太陽電池素子。
- [請求項5] 前記酸化物半導体層が、アナターゼ結晶からなるアナターゼ結晶型
 酸化チタンと、ルチル結晶からなるルチル結晶型酸化チタンとを含み

、

前記反射層が前記ルチル結晶型酸化チタンを含み、

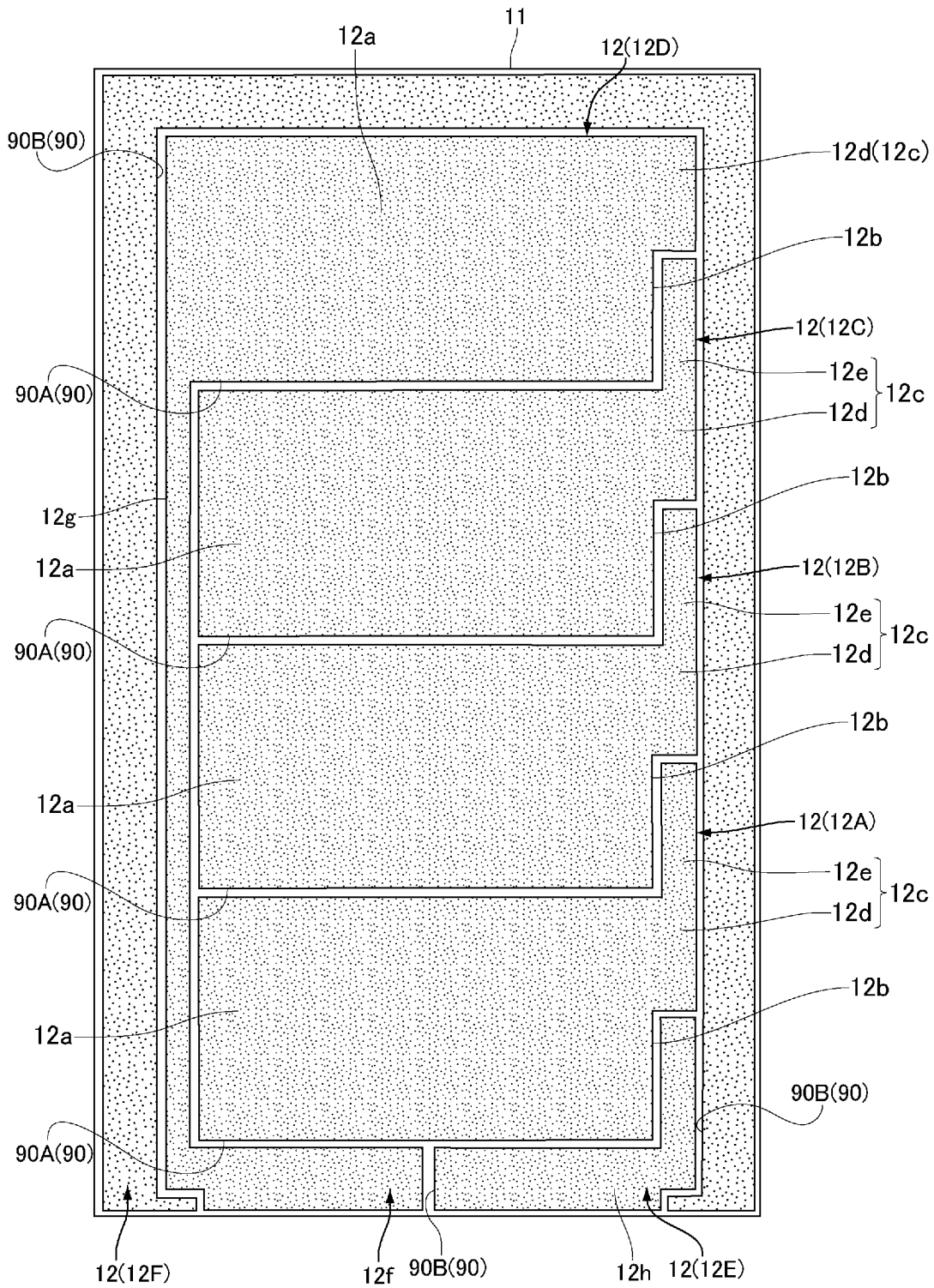
前記光吸収層が前記アナターゼ結晶型酸化チタンと前記ルチル結晶型酸化チタンとを含み、

前記反射層中の前記ルチル結晶型酸化チタンの含有率が、前記光吸収層中の前記ルチル結晶型酸化チタンの含有率よりも大きい、請求項 1～4 のいずれか一項に記載の色素増感太陽電池素子。

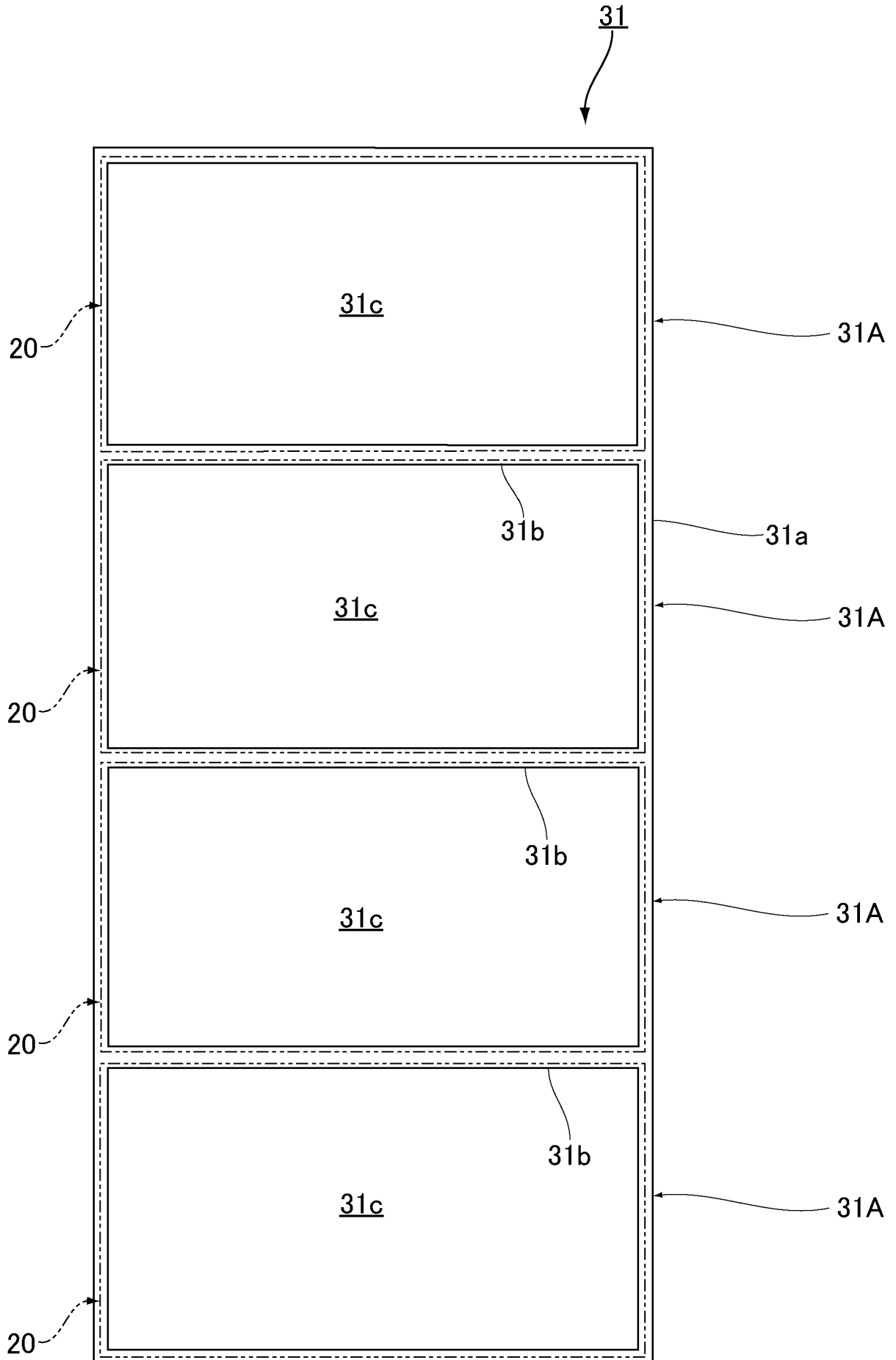
[請求項6]

前記光吸収層中の前記ルチル結晶型酸化チタンの含有率が 3～15 質量%である、請求項 5 に記載の色素増感太陽電池素子。

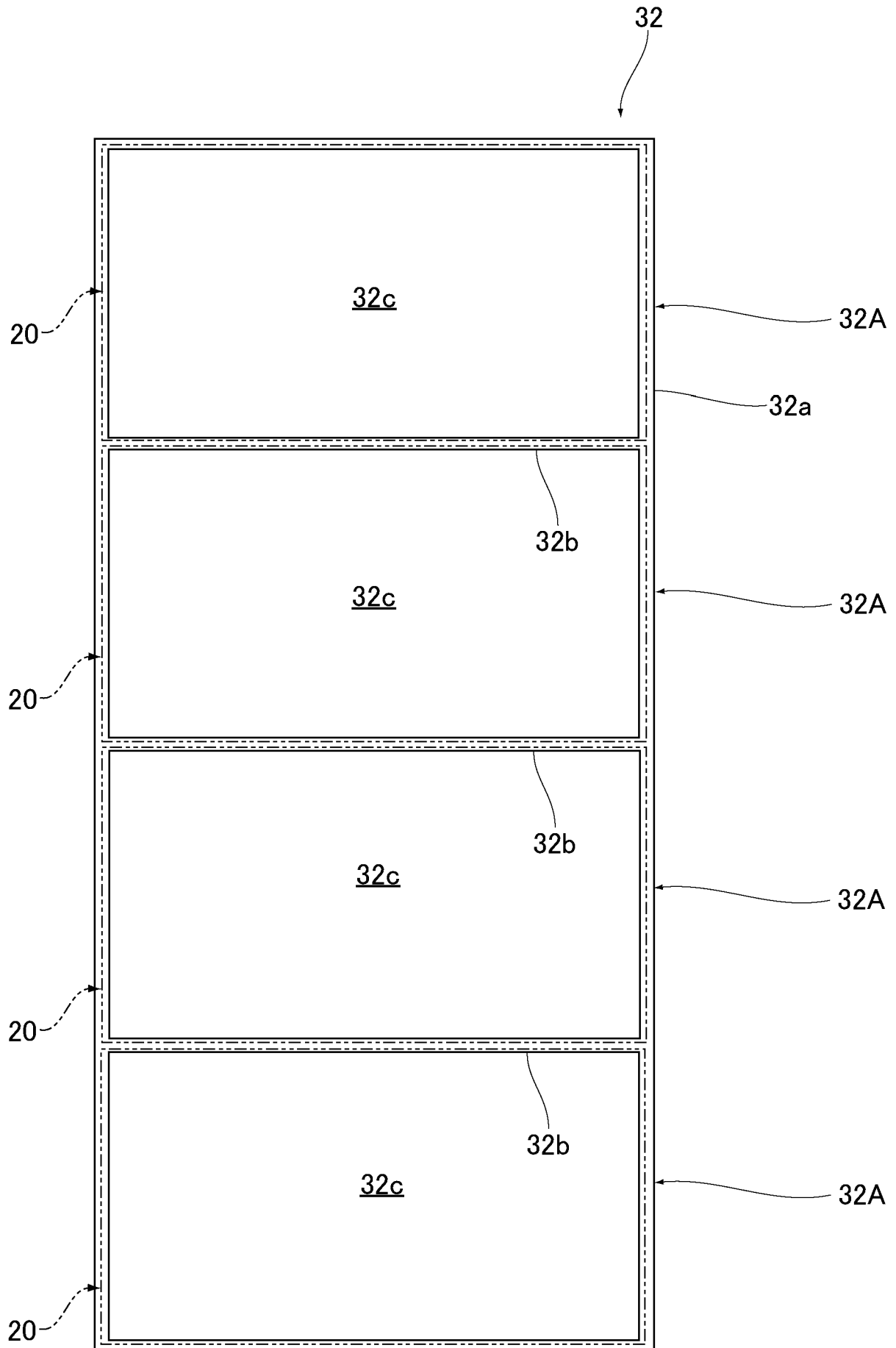
[図3]



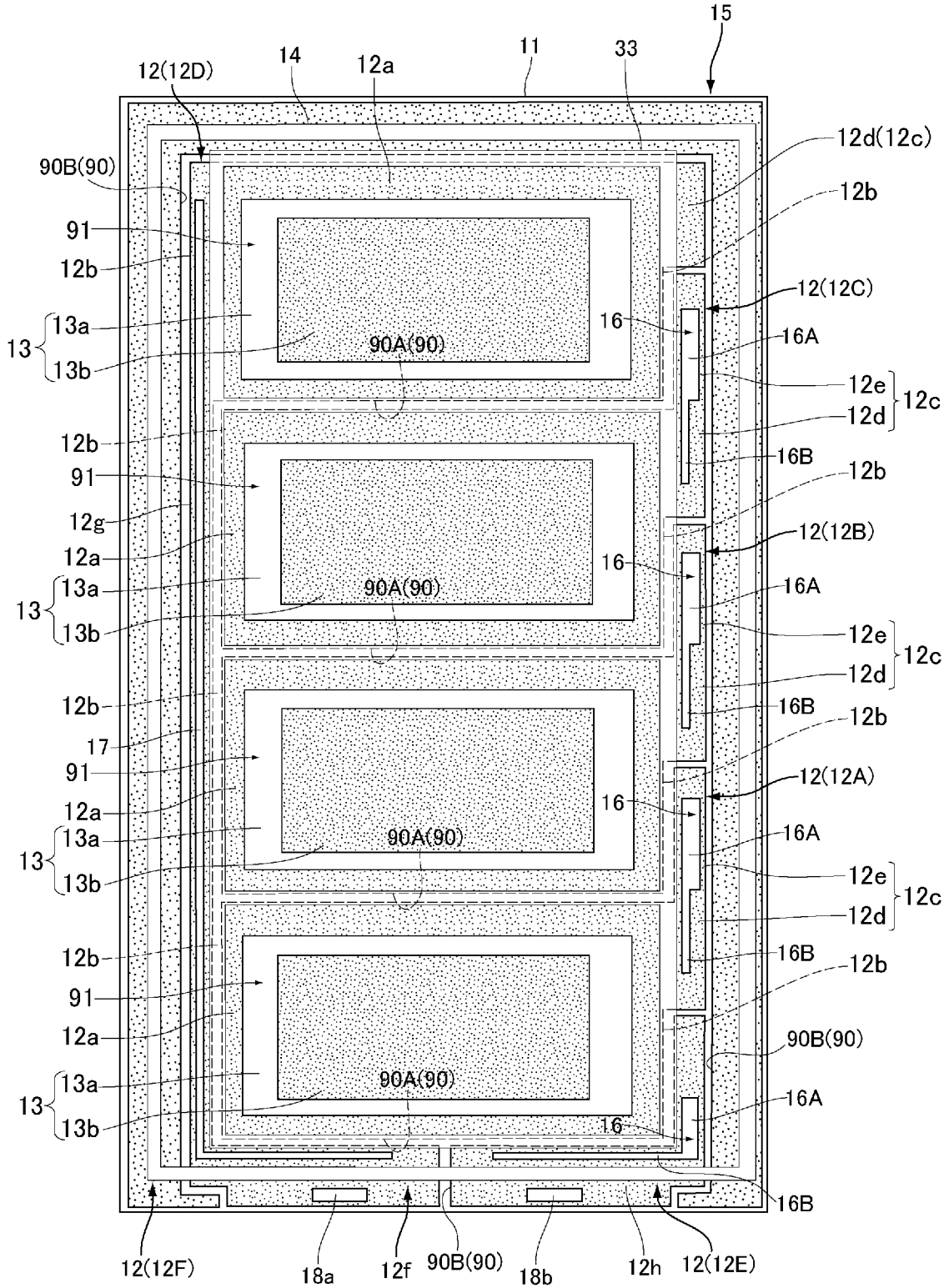
[図4]



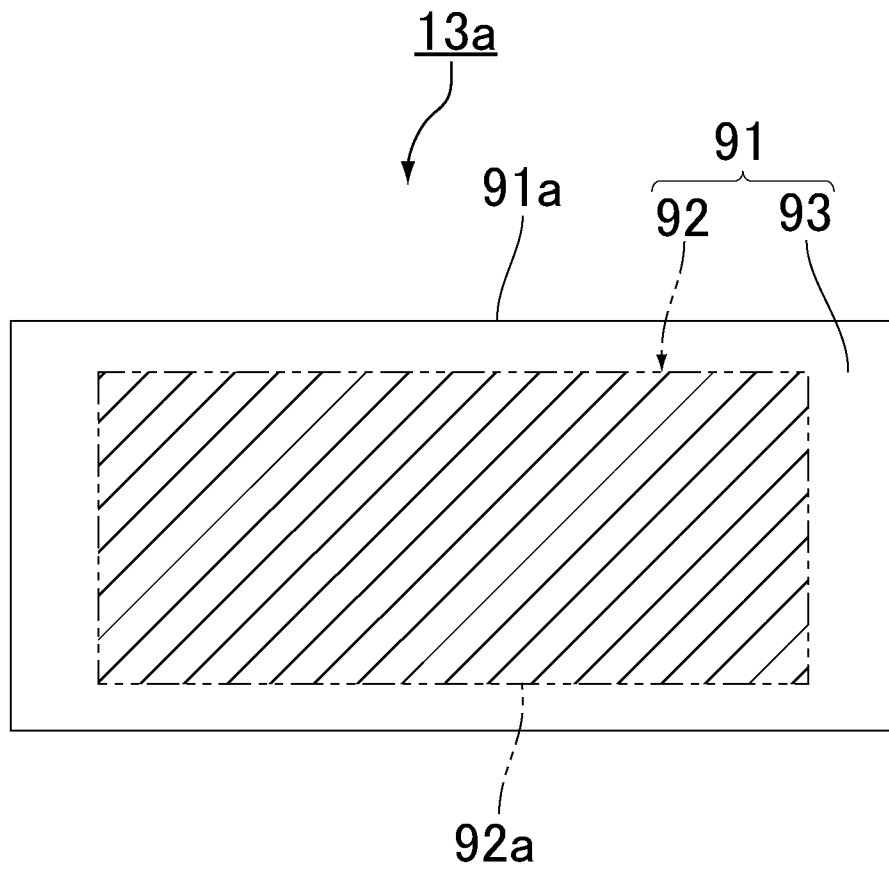
[図5]



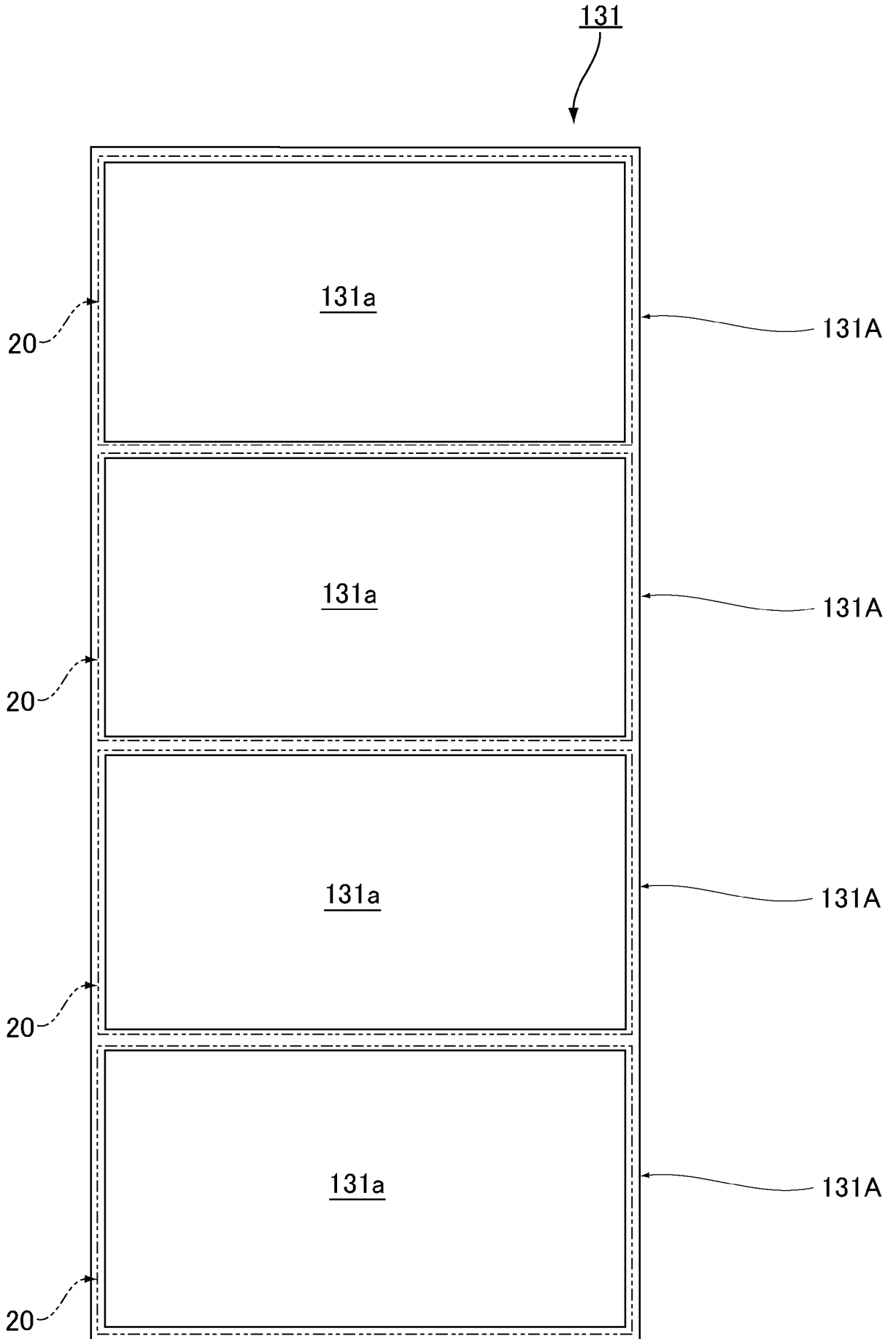
[図7]



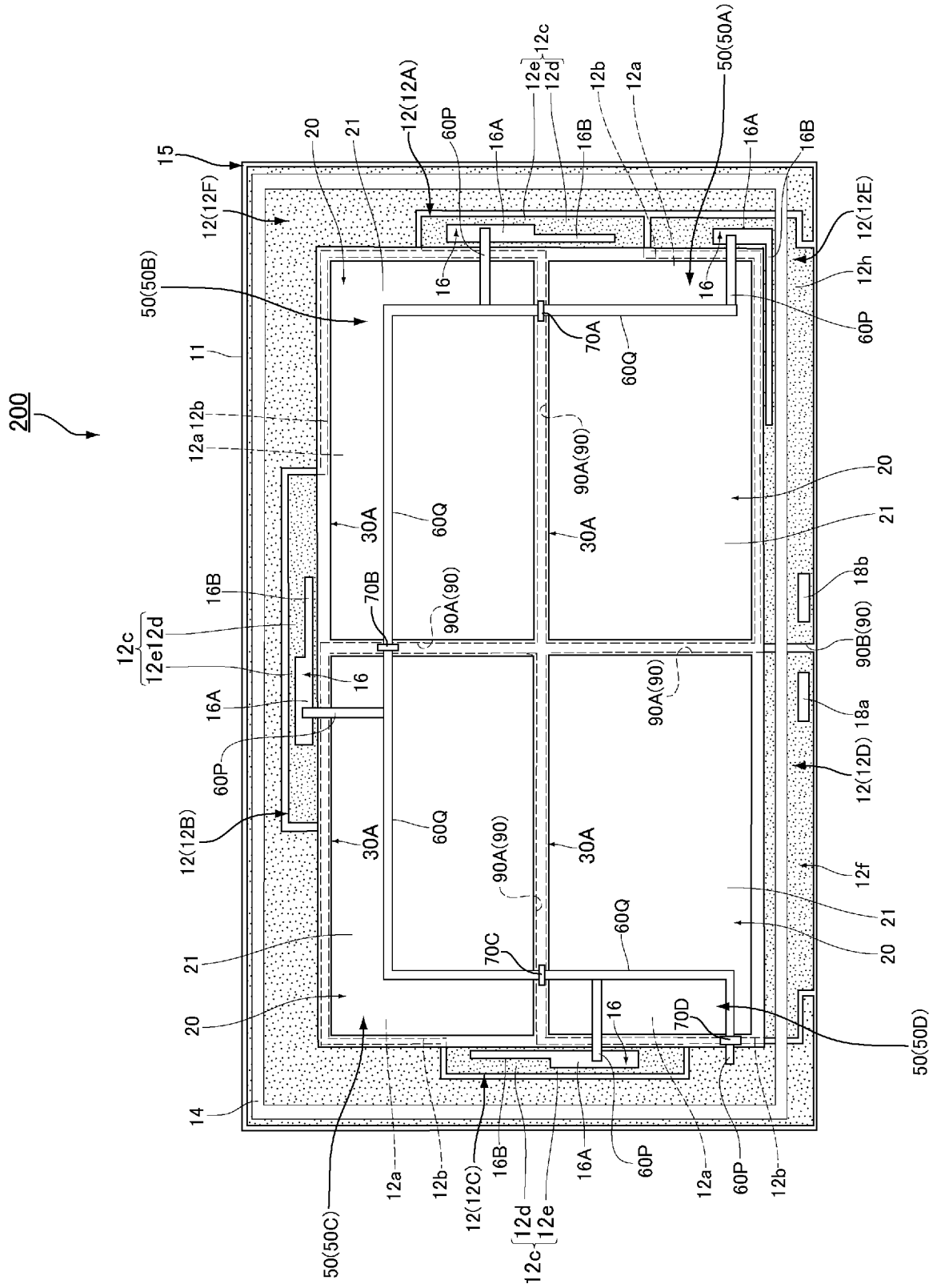
[図8]



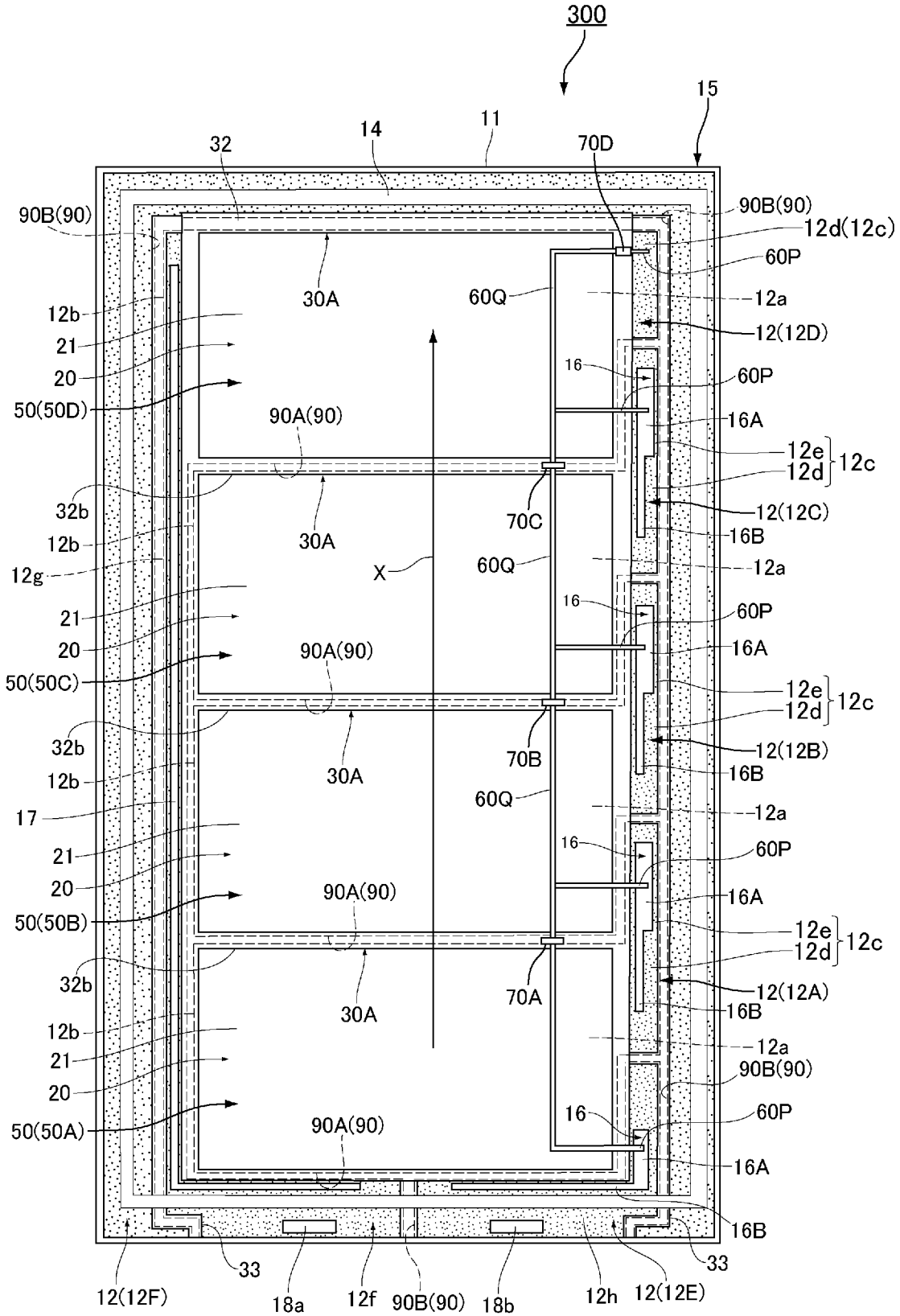
[図9]



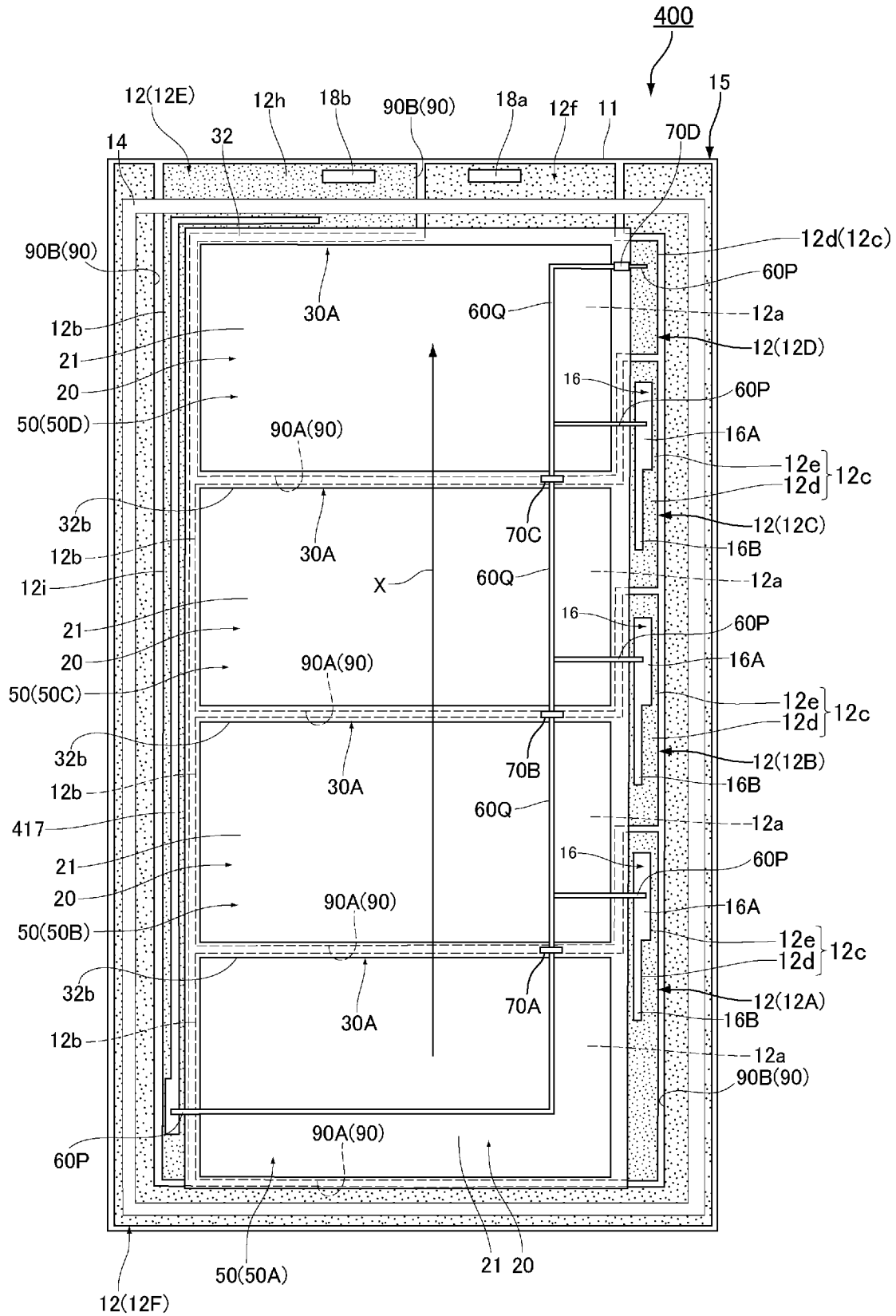
[10]



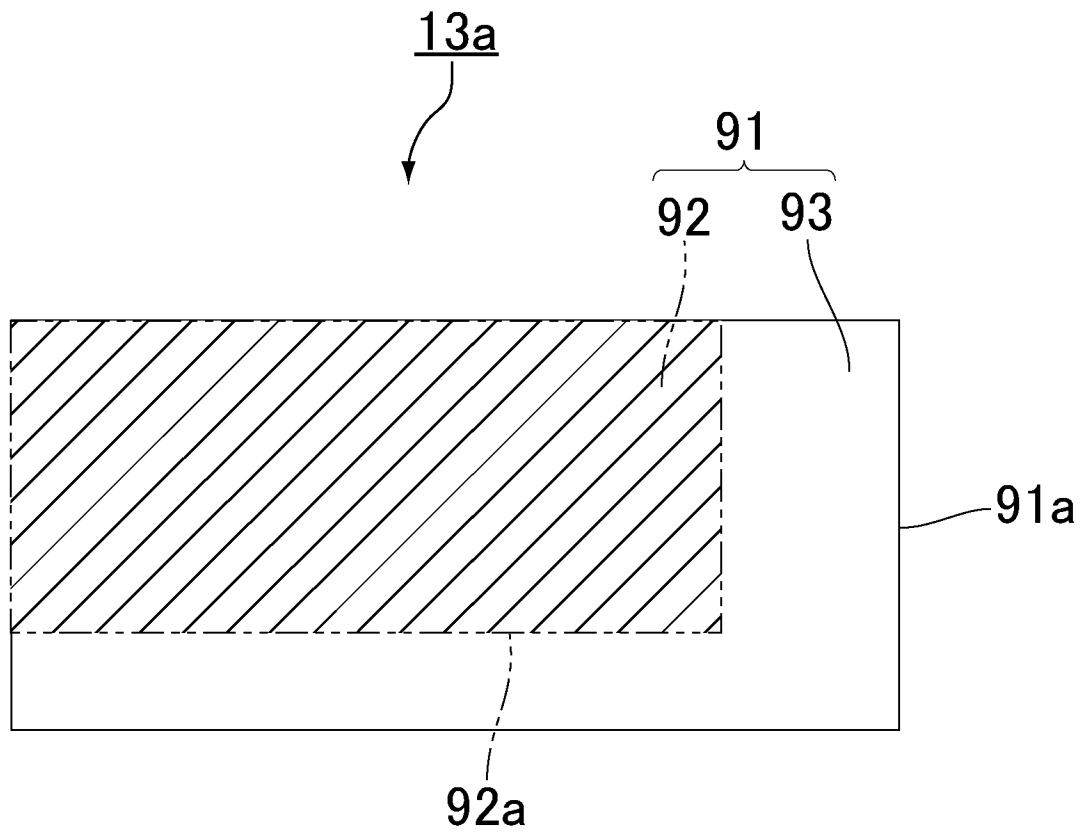
[図11]



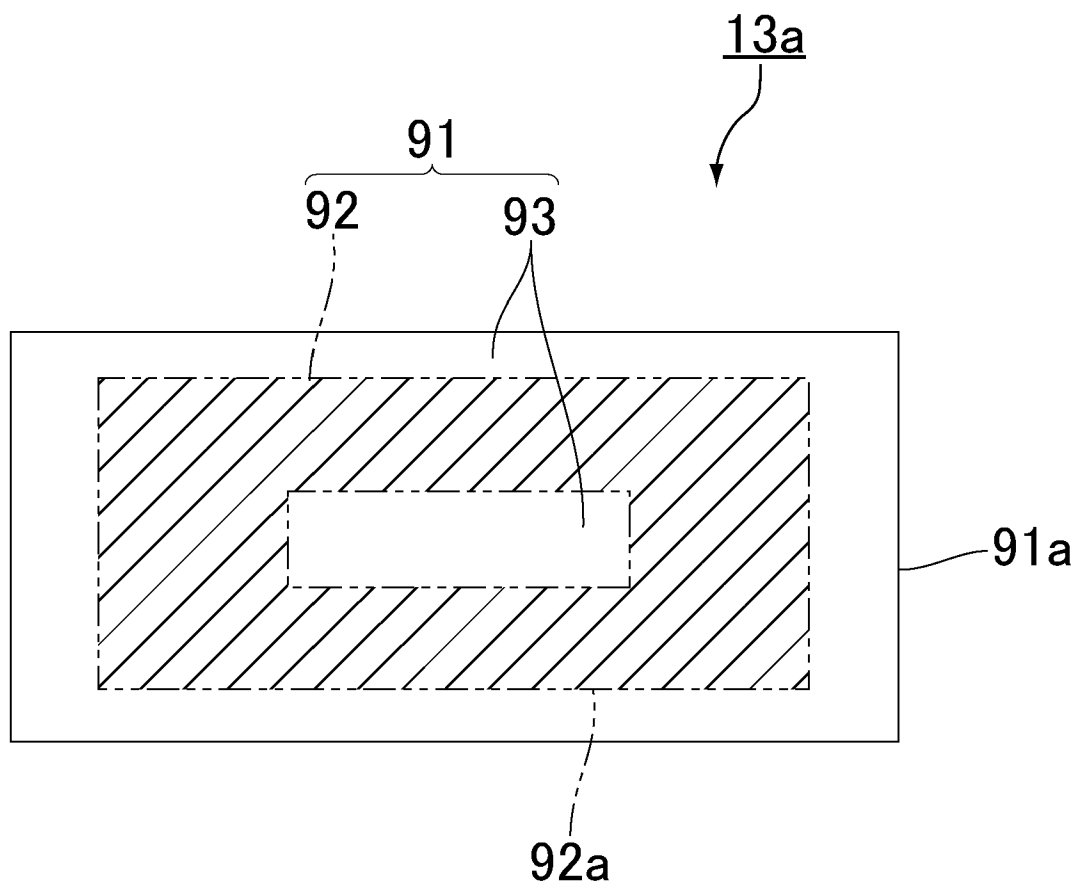
[図12]



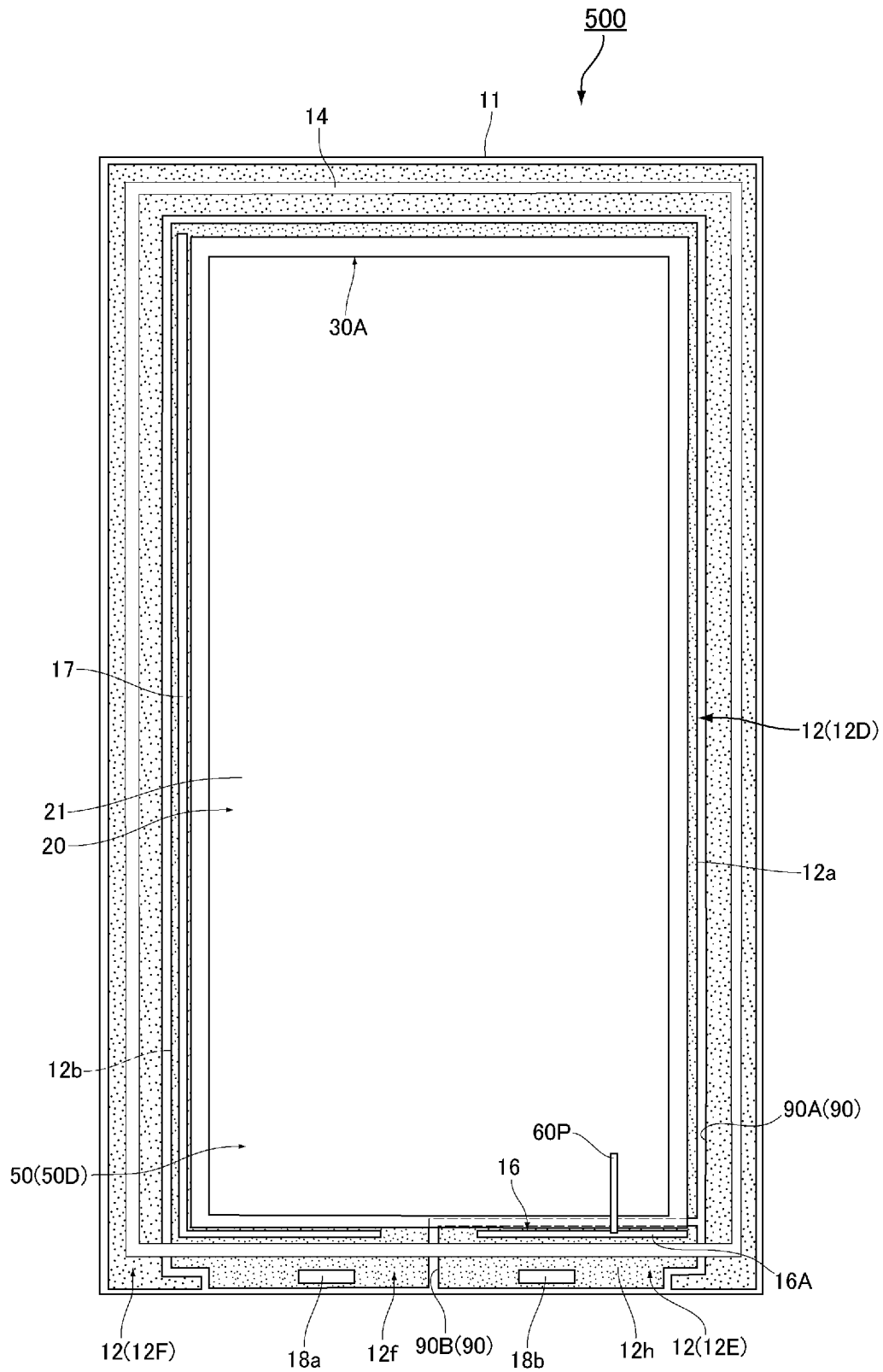
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2013/083824

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01M14/00(2006.01)i, H01L31/04(2014.01)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)
H01M14/00, 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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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.
A	JP 2004-311197 A (Hitachi Metals, Ltd.), 04 November 2004 (04.11.2004), entire text; fig. 1 (Family: none)	1-6
A	JP 2003-142171 A (Toyota Central Research and Development Laboratories, Inc.), 16 May 2003 (16.05.2003), entire text; fig. 1 to 9 (Family: none)	1-6
A	JP 2009-129552 A (Konica Minolta Holdings, Inc.), 11 June 2009 (11.06.2009), entire text; fig. 1 (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 08 January, 2014 (08.01.14)	Date of mailing of the international search report 21 January, 2014 (21.01.14)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/083824

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 2009-037779 A (Seiko Epson Corp.), 19 February 2009 (19.02.2009), entire text; fig. 1 to 10 (Family: none)	1-6
A	JP 2008-258011 A (Konica Minolta Holdings, Inc.), 23 October 2008 (23.10.2008), entire text; fig. 1 (Family: none)	1-6
A	JP 2002-289274 A (Toyota Central Research and Development Laboratories, Inc.), 04 October 2002 (04.10.2002), entire text; fig. 1 to 7 (Family: none)	1-6
A	JP 2012-119189 A (Sekisui Chemical Co., Ltd.), 21 June 2012 (21.06.2012), entire text; fig. 1 to 4 (Family: none)	1-6

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. H01M14/00(2006.01)i, H01L31/04(2014.01)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. H01M14/00, 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2014年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2014年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2014年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2014年	日本国実用新案登録公報	1996-2014年	日本国登録実用新案公報	1994-2014年
日本国実用新案公報	1922-1996年									
日本国公開実用新案公報	1971-2014年									
日本国実用新案登録公報	1996-2014年									
日本国登録実用新案公報	1994-2014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								
A	JP 2004-311197 A (日立金属株式会社) 2004. 11. 04, 全文, 図1 (ファミリーなし)	1-6								
A	JP 2003-142171 A (株式会社豊田中央研究所) 2003. 05. 16, 全文, 図1-9 (ファミリーなし)	1-6								
A	JP 2009-129552 A (コニカミノルタホールディングス株式会社) 2009. 06. 11, 全文, 図1 (ファミリーなし)	1-6								
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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 08.01.2014	国際調査報告の発送日 21.01.2014									
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) 市川 篤 電話番号 03-3581-1101 内線 3477	4 X 9544								

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	JP 2009-037779 A (セイコーエプソン株式会社) 2009. 02. 19, 全文, 図1-10 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2008-258011 A (コニカミノルタホールディングス株式会社) 2008. 10. 23, 全文, 図1 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2002-289274 A (株式会社豊田中央研究所) 2002. 10. 04, 全文, 図1-7 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2012-119189 A (積水化学工業株式会社) 2012. 06. 21, 全文, 図1-4 (ファミリーなし)	1-6