

(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  
2010年11月4日(04.11.2010)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2010/126038 A1

- (51) 国際特許分類:  
H01L 31/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/057451
- (22) 国際出願日: 2010年4月27日(27.04.2010)
- (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 2009-107902 2009年4月27日(27.04.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 京セラ株式会社 (KYOCERA CORPORATION) [JP/JP]; 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 小波本 直也 (KOBAMOTO, Naoya) [JP/JP]; 〒5278555 滋賀県東近江市蛇溝町1166-6 京セラ株式会社滋賀八日市工場内 Shiga (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 (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).

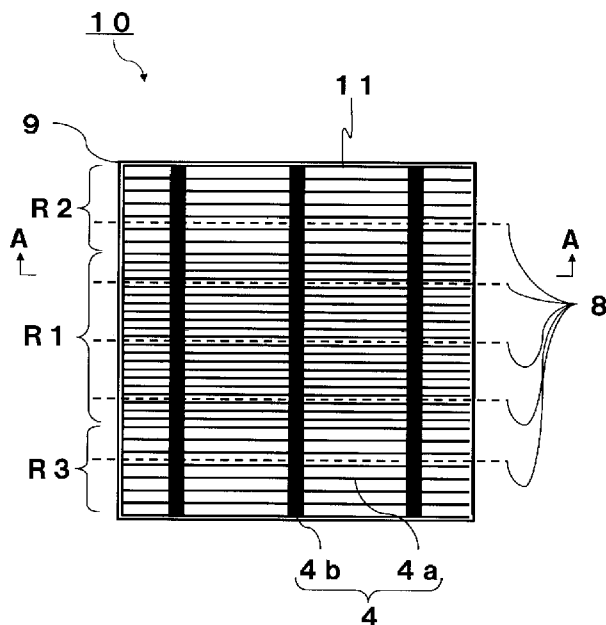
添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: SOLAR CELL ELEMENT, SEGMENTED SOLAR CELL ELEMENT, SOLAR CELL MODULE, AND ELECTRONIC APPLIANCE

(54) 発明の名称: 太陽電池素子、分割太陽電池素子、太陽電池モジュールおよび電子機器

[図1]



(57) Abstract: A solar cell element from one embodiment of this invention is provided with a semiconductor substrate that has a first semiconductor layer that conducts in one way and a reverse conducting second semiconductor layer. A first principal surface of the semiconductor substrate, on the side of the second semiconductor layer, is provided with a plurality of linear collecting electrodes disposed at intervals from the center area of the first principal surface to edge areas on both sides of said surface. The solar cell element is characterized in that the distance between adjacent collecting electrodes in the aforementioned center area is different from the distances between adjacent collecting electrodes in the aforementioned edge areas.

(57) 要約: 本発明の一形態に係る太陽電池素子は、一導電型の第1半導体層と逆導電型の第2半導体層とを有する半導体基板を備え、前記第2半導体層側の前記半導体基板の第1主面において、複数の線状の集電電極のそれぞれが、前記第1主面の中央部から両端部に向かって離間して配置された太陽電池素子であって、前記中央部に位置している隣り合う前記集電電極間の距離が、前記両端部側に位置している隣り合う前記集電電極間の距離と異なっていることを特徴とする。

WO 2010/126038 A1

## 明 細 書

### 発明の名称：

太陽電池素子、分割太陽電池素子、太陽電池モジュールおよび電子機器

### 技術分野

[0001] 本発明は、太陽電池素子、それを分割して得た分割太陽電池素子、太陽電池素子または分割太陽電池素子を備えた、太陽電池モジュールおよび電子機器に関する。

### 背景技術

[0002] 図10に示すように、一般に、太陽電池素子50の集電効率を高めるために、太陽電池素子50を構成する半導体基板51の上に、線状の集電電極52を等間隔に多数本配置している。

[0003] 太陽電池素子50を作製する際に、半導体基板51に不純物元素をドーピングする必要がある。この場合、製造条件によっては、例えば、半導体基板51の一主面における中央部R1に比べてその外側に大きな熱量が加わり、その箇所に不純物元素が多く含まれることがある。つまり、図10において、不純物元素が中央部R1よりもその外側にある両端部R2、R3により多く含まれることがある。

[0004] このような場合、半導体基板51の表面の中央部R1においてはキャリアの収集(集電)が不十分となりやすく、太陽電池素子の発電効率の向上を期待することができない。

[0005] 半導体基板51の上に配置する集電電極52の本数を等間隔で増やしていくことで、太陽電池素子50の集電効率を高めることができる。ところが、隣り合う集電電極間の距離が短くなるので、太陽電池素子50を分割して得た複数の分割太陽電池素子を使用する場合(例えば、下記の特許文献1を参照)には、図10に示すように、集電電極52と分割位置53とが重なることがある。この場合、分割太陽電池素子の出力が低下する等、出力特性に悪影響を及ぼすことがある。

[0006] そこで、発電効率の向上が期待できる太陽電池素子および出力特性の影響の少ない分割太陽電池素子が望まれており、ひいてはそのような太陽電池素子または分割太陽電池素子を備えた、太陽電池モジュールおよび電子機器が望まれている。

## 先行技術文献

## 特許文献

[0007] 特許文献1：特開2000-164901号公報

## 発明の概要

[0008] 本発明の一形態に係る太陽電池素子は、一導電型の第1半導体層と逆導電型の第2半導体層とを有する半導体基板を備え、前記第2半導体層側の前記半導体基板の第1主面において、複数の線状の集電電極のそれぞれが、前記第1主面の中央部から両端部に向かって離間して配置された太陽電池素子であって、前記中央部に位置している隣り合う前記集電電極間の距離が、前記両端部側に位置している隣り合う前記集電電極間の距離と異なっていることを特徴とする。

[0009] 本発明の一形態に係る分割太陽電池素子は、上記太陽電池素子を前記集電電極の幾本かに沿って分割して得たことを特徴とする。

[0010] 本発明の一形態に係る太陽電池モジュールは、前記太陽電池素子または前記分割太陽電池素子を備えていることを特徴とする。

[0011] 本発明の一形態に係る電子機器は、前記太陽電池素子または前記分割太陽電池素子を備えていることを特徴とする。

[0012] 上述の太陽電池素子、それを備えた太陽電池モジュールおよび電子機器によれば、発電効率の向上が期待できる。また、出力特性の影響の少ない分割太陽電池素子を提供でき、そのような分割太陽電池素子を備えた太陽電池モジュールおよび電子機器は信頼性が高い。

## 図面の簡単な説明

[0013] [図1]本発明の一形態に係る太陽電池素子の受光面側の一例を模式的に示す平

面図である。

[図2]本発明の一形態に係る太陽電池素子の裏面側の一例を模式的に示す平面図である。

[図3]図1のA-A線で切断した断面模式図である。

[図4]図1の部分拡大平面図であり、(a)、(b)はそれぞれ第1集電電極の配置例を示した図である。

[図5]本発明の一形態に係る太陽電池素子の受光面側の一例を模式的に示す平面図である。

[図6]本発明の一形態に係る太陽電池素子の受光面側の一例を模式的に示す平面図である。

[図7]本発明の一形態に係る太陽電池素子の受光面側の一例を模式的に示す平面図である。

[図8]図7のB-B線で切断した断面模式図である。

[図9](a)、(b)はそれぞれ本発明の一形態に係る分割太陽電池素子の一例を模式的に示す平面図である。

[図10]従来の太陽電池素子を模式的に示す平面図である。

### 発明を実施するための形態

[0014] 本発明に係る実施の形態の例について、図面を参照しながら詳細に説明する。

[0015] <太陽電池素子の基本構成>

まず、太陽電池素子の基本構成について説明する。図1に示すように、太陽電池素子10は半導体基板9の受光面である第1主面11において、第1主面11の中央部R1から両端部R2、R3に向かって、例えば直線状の第1集電電極4aの複数のそれぞれが互いに離間して配置されている。図1において、4bは第1集電電極4aより幅が広い第1出力取出電極であり、第1集電電極4aに対して直交して配置されている。第1集電電極4aと第1出力取出電極4bとから第1主面11における第1電極4を構成している。

[0016] 図1に示すように、中央部R1に位置している隣り合う第1集電電極4a

間の距離が、両端部R 2, R 3側に位置している隣り合う第1集電電極4 a間の距離と異なっていればよい。ここで、中央部R 1に位置している隣り合う第1集電電極4 a間の距離が、両端部R 2, R 3側に位置している隣り合う第1集電電極4 a間の距離との差異が0. 07 mm以上であれば、両者における第1集電電極4 a間の距離が異なっていると定義する。

[0017] 一方、図2に示すように、半導体基板9の裏面である第2主面1 2において、略全面に形成された第2集電電極5 aと、第1出力取出電極4 bと同様な方向へ延びた第2出力取出電極5 bとで構成される第2電極5が配置されている。

[0018] なお、図1および図2において、8は太陽電池素子1 0から分割太陽電池素子を得るための分割線であり、例えばレーザ光等を用いて太陽電池素子1 0を分割するために示した分割線である。

[0019] 図3に示すように、半導体基板9は一導電型の第1半導体層1と逆導電型の第2半導体層2とを有する。半導体基板9の第1主面1 1側に第2半導体層2が位置している。また、半導体基板9の第1主面1 1上には、反射防止膜3が配置されている。また、半導体基板9の第2主面1 2側にはBSF領域(Back Surface Field)の第3半導体層6が設けられている。

[0020] また、バックコンタクト型太陽電池素子においては、例えば、図7および図8に示すように、半導体基板9の第1主面1 1からその反対側に位置する第2主面1 2にかけて貫通して第1集電電極4 aに接続された複数の貫通電極4 eと、第2主面1 2に配置されて貫通電極4 eに接続された第1出力取出電極4 bとを備えている。

[0021] さらに、本実施形態の分割太陽電池素子は、上述の太陽電池素子を第1集電電極4 aの幾本かに沿って分割して得たことを特徴とする。例えば、図9(a)に示すように、図1の太陽電池素子1 0の中央部R 1に位置する分割線8で分割して分割太陽電池素子1 5を得る。また、図9(b)に示すように、図7の太陽電池素子2 0の中央部R 1に位置する分割線8で分割して分割太陽電池素子1 6を得る。

[0022] <太陽電池素子および分割太陽電池素子の具体的構成例>

以下、具体的な形態例について説明する。

[0023] 図1に示すように、中央部R1に位置している隣り合う第1集電電極4a間の距離が、両端部R2, R3に位置している隣り合う第1集電電極4a間の距離より短くなるように構成してもよい。例えば、図4(a)に示すように、隣り合う第1集電電極4a間の距離が半導体基板9の第1主面11における中央部R1から両端部R2, R3へ向かって漸次長くなるように配置されているとよい。これにより、第1集電電極4aにおける積み重なった公差のずれを原因とする第1集電電極4aと分割位置8との重なりを低減できるので、分割位置8を隣り合う第1集電電極4a間に位置させる設計が容易となる。

[0024] また、第1電極4は、例えば、50~200 $\mu$ m幅の第1集電電極4aとこれに対して直交する1.3~2.5mm幅の第1出力取出電極4bとからなる。一方、第2電極5は、例えば、第2主面の全面に配置されている第2集電電極5aと、1.5~7mm幅の第2出力取出電極5aとを有する。

[0025] 隣り合う第1集電電極4a間の距離と第1集電電極4aの本数とを最適に組み合わせることにより、太陽電池素子10の分割位置8と第1集電電極4aが重ならないようにすることが可能になる。これにより、統一された太陽電池素子10(親基板)を1種類のみ作製することにより、複数種のサイズの分割太陽電池素子(子基板)を容易に作製することができる。

[0026] なお外観上の点から、隣り合う第1集電電極4a間の距離は最適値を基準として0.2mm以内の範囲で最適値より短くまたは長くなるように設けられる。また、中央部R1に位置している隣り合う第1集電電極4a間の距離と両端部R2, R3に位置している隣り合う第1集電電極4a間の距離との差は0.3mm以内であることが好ましい。なお、最適値とは、隣り合う第1集電電極4aの距離が半導体基板1の一端部から他端部まで均等である場合に、太陽電池素子の発電効率が高くなる時の値である。

[0027] 第2半導体層2の不純物濃度分布、シート抵抗分布等に合わせて、隣り合

う第1集電電極4a間の距離を適宜設定することも可能であり、図5に示す太陽電池素子30のように、半導体基板9の第1主面11の中央部R1において、隣り合う第1集電電極4a間の距離を長くして、両端部R2、R3において、隣り合う第1集電電極4a間の距離を短くしてもよい。

[0028] また、図4(b)および図6に示すように、隣り合う第1集電電極4a間の平均距離が短い第1集電電極群41と、隣り合う第1集電電極4a間の平均距離が長い第2集電電極群42とを交互に、または適宜に配置するようにしてもよい。この構成を採用することによっても、徐々に積み重なった公差のずれを原因とする集電電極4aと切断位置8との重なりを低減できるので、分割位置8が第1集電電極4a間に位置させるような設計が容易となる。

[0029] さらに、第1集電電極4aの本数を偶数にすることが好ましい。これは、第1集電電極を左右対称に切断したサイズの揃った分割太陽電池素子を得るためである。例えば、第1集電電極4a間の距離の最適値から計算された第1集電電極4aの本数が奇数である場合でも、隣り合う第1集電電極4a間の平均距離が短い第1集電電極群41と、隣り合う第1集電電極4a間の平均距離が長い第2集電電極群42とを組み合わせることによって、第1集電電極4aの本数を偶数にすることができる。

[0030] また、第1集電電極4aの間隔と本数を最適に組み合わせることにより、太陽電池素子の親基板10は分割位置8に第1集電電極4aが位置しないようにすることが可能となるので、1つの統一された太陽電池素子の親基板10のみを作製することにより、複数種の大きさの太陽電池素子の子基板を容易に作製することができる。

[0031] なお外観上の点からも、第1集電電極群41および第2集電電極群42の隣り合う第1集電電極4a間の平均距離は最適値を基準として0.2mm以内の範囲で最適値より短くまたは長くなるようにしている。また、第1集電電極群41と第2集電電極群42との間隔の差は0.3mm以内であることが好ましい。

[0032] さらに、図4(b)において、半導体基板9の第1主面11におけるシー

ト抵抗の高い第1領域と、この第1領域よりもシート抵抗の低い第2領域とにおいて、第1領域に第1集電電極群41を、第2領域に第2集電電極群42をそれぞれ配置することが好ましい。これにより、キャリアの収集を第1領域および第2領域のそれぞれにおいて良好に行われる。

[0033] ここで、第1領域と第2領域とのシート抵抗値の差は $5\ \Omega/\square$ 以上 $20\ \Omega/\square$ 以下の小さな差にすることで、第1領域の第1集電電極群41と第2領域の第2集電電極群42との間隔の差も小さくすることができ、第1集電電極群41と第2集電電極群42との差を小さく設定することができるので、外観が損なわれることもない。

[0034] また、第2半導体層2の第1領域と第2領域とにおけるシート抵抗の相違は、逆半導体層2の第1領域の厚さを第2領域のその厚さよりも薄くすることによって実現することが好ましい。第1領域と第2領域の厚さの差は不純物濃度が $1 \times 10^{18} [\text{atoms}/\text{cm}^3]$ の位置において $0.1\ \mu\text{m}$ 以上 $1\ \mu\text{m}$ 以下とすればよい。

[0035] また、第2半導体層2の第1領域と第2領域とにおけるシート抵抗の相違は、第2半導体層2の第1領域における最大不純物濃度が第2領域における最大不純物濃度よりも低くすることが好ましい。第1領域と第2領域との最大不純物濃度の差は $1 \times 10^{20} [\text{atoms}/\text{cm}^3]$ 以上 $8 \times 10^{20} [\text{atoms}/\text{cm}^3]$ 以下とすればよい。

[0036] このように、中央部R1に位置している隣り合う第1集電電極4a間の距離が、両端部R2、R3側に位置している隣り合う第1集電電極4a間の距離よりも短く形成した場合に、それに合わせて第2半導体層2の中央部R1におけるシート抵抗が両端部R2、R3側の第2半導体層2のシート抵抗よりも高くすることによって、太陽電池素子の発電効率を $0.1\%$ 程度向上させることができる。

[0037] ここでシート抵抗の値の測定は、四探針法により測定することができ、半導体基板9の表面に一直線上に並んだ4本の金属針を加圧しながら接触させ、外側の2本の針に電流を流したときに、内側の2本の針の間に発生した電

圧を測定し、この電圧と流した電流からオームの法則によって抵抗値が求められる。

[0038] また、本実施形態の太陽電池素子において、第2半導体層2のシート抵抗の高い第1領域と、第2半導体層2のシート抵抗の低い第2領域とを有し、第1領域に第1集電電極群41を設け、第2領域に第2集電電極群42を設けるとよい。つまり、第2半導体層2は中央部R1におけるシート抵抗が両端部R2、R3側よりも高く設けられる。

[0039] 半導体基板9の全体においてシート抵抗にバラツキがないように第2半導体層2を形成することが一般的であるが、本実施形態においては、シート抵抗が異なる第1領域と第2領域とを設け、第1集電電極群41と第2集電電極群42を設ける位置を第2半導体層2のシート抵抗に合わせて決めている。これにより、さらに太陽電池素子の出力特性が低下するのを低減でき、場合によっては出力特性を向上させることが可能となる。

[0040] 第2半導体層2の第1領域と第2領域の形成方法としては種々の方法を採用することができる。例えば、シート抵抗が均一な第2半導体層2を形成した後、第2領域としたい領域のみに再度ドーパントを拡散、または、第1領域となる領域の第2半導体層2をエッチングすることによって形成することができる。この場合、第1領域を両端部R2、R3また中央部R1のどちらに設けても構わない。なお、再度ドーパントを拡散する場合には、拡散させない領域に拡散防止層を設けて行われることが好ましく、エッチングする場合には、エッチングさせない領域にエッチング防止層を設けて行われることが好ましい。

[0041] また、上記方法のように工程数を増やすことなく形成することも可能である。例えば、塗布熱拡散法においては、ドーパント含有のペーストの塗布厚みを異ならせることにより、塗布厚みの薄いところに第1領域が形成され、厚いところには第2領域が形成される。また、例えば、気相熱拡散法においては、炉内へのガス流束を小さくすることによって炉内のガスの均一性が損なわれる。このため、熱による拡散の影響が大きくなるので、半導体基板の

中央部に比べて外周部に大きな熱量が加わり、半導体基板 9 の中央部 R 1 に第 1 領域が形成され、両端部 R 2, R 3 に第 2 領域が形成され易い。

[0042] さらに、本実施形態では第 1 主面 1 1 上に第 1 集電電極 4 a と略直交するように第 1 出力取出電極 4 b を配置している。これにより、第 1 集電電極 4 a で集められたキャリアを効率よく第 1 出力取出電極 4 b から取り出すことができる。

[0043] さらに、図 7 および図 8 に示すように、半導体基板 9 の第 1 主面 1 1 から第 2 主面 1 2 にかけて貫通した複数の貫通孔 7 と、この貫通孔 7 内に第 1 集電電極 4 a に導通する貫通孔電極 4 e と、第 2 主面 1 2 上に貫通孔電極 4 e に接続する第 1 出力取出電極 4 b とを配置することが好ましい。上記においては、第 1 出力取出電極 4 b を第 1 主面 1 1 側に形成した形態例について説明をしたが、以下に説明するスルーホール型バックコンタクト構造でも本実施形態の構成を適用することが可能である。

[0044] 図 7 および図 8 に示すスルーホール型バックコンタクト構造の太陽電池素子 20 は、第 1 主面 1 1 と第 2 主面 1 2 とを含む半導体基板 9 と、半導体基板 9 を貫通する複数の貫通孔 7 と、第 1 電極 4 とを有する。

[0045] ここで第 1 電極 4 には、第 1 主面 1 1 上に形成された第 1 集電電極 4 a と、第 2 主面 1 2 上に形成された出力取出電極 4 b と、第 1 出力取出電極 4 b および集電電極 4 a に電氣的に接続され、貫通孔 7 内に形成された貫通孔電極 4 e とを含む。

[0046] このように、第 1 電極 4 が第 2 主面 1 2 上に形成されており、貫通孔電極 4 e と接続する第 1 出力取出電極 4 b をさらに含むため、第 1 主面 1 1 側で集められた電流を第 2 主面 1 2 側から効率的に取り出すことができる。

[0047] 図 7 に示すように、第 1 主面 1 1 上に略平行に設けられた複数の細線からなる第 1 主面 1 1 の第 1 集電電極 4 a は、各細線が貫通孔電極 4 e の少なくとも 1 つと接続される。

[0048] これにより、半導体基板 9 中で生成されたキャリアを効率よく集電することができ、貫通孔電極 4 e を通して、裏面の第 2 主面 1 2 側の第 1 出力取出

電極 4 b から取り出すことができる。

[0049] また、本実施形態における太陽電池素子の分割方法は、上記の太陽電池素子 20 を用いて、図 7 に示す中央部 R 1 に配置された第 1 集電電極群の中心線に基づいて切断するとともに、両端部 R 2, R 3 に配置した第 2 集電電極群においても切断することにより、等分割された分割太陽電池素子を第 1 集電電極 4 a が分割線 8 に重なることなく得ることができる。

[0050] つまり、通常、第 2 半導体層 2 のシート抵抗と第 1 集電電極 4 a の線抵抗の関係から最適な隣り合う第 1 集電電極 4 a 間の距離が設定されるが、本実施形態における太陽電池素子の分割方法ではこれらを考慮する必要が無く、電極形状の変更による太陽電池素子の出力特性の低下を低減できる。

[0051] <太陽電池素子の製造方法>

以下に、本実施形態の太陽電池素子の製造方法について説明する。

[0052] まず第 1 半導体層 1 となる半導体基板の製造について説明する。半導体基板が単結晶シリコン基板の場合は、例えば引き上げ法などによって形成され、半導体基板が多結晶シリコン基板の場合は、例えば鋳造法などによって形成される。以下、p 型の多結晶シリコンを用いた例によって説明する。

[0053] 最初に、例えば鋳造法により多結晶シリコンのインゴットを作製する。次いで、そのインゴットを例えば、250  $\mu$ m 以下の厚みにスライスする。その後、半導体基板の切断面の機械的ダメージ層や汚染層を清浄化するために、表面を NaOH や KOH あるいはフッ酸やフッ硝酸などごく微量エッチングするのが望ましい。なお、このエッチング工程後に、ウエットエッチング方法を用いて、半導体基板の表面に微小な凹凸構造を形成するのが更に望ましい。

[0054] ここで、図 7 および図 8 に示すバックコンタクト型太陽電池素子の場合においては、半導体基板の第 1 主面 11 と第 2 主面 12 との間に貫通孔 7 を形成する。

[0055] 貫通孔 7 は、機械的ドリル、ウォータージェットまたはレーザ加工装置等を用いて形成する。なお、貫通孔 7 の形成は、第 1 主面 11 の損傷を避ける

べく、半導体基板の第2主面12の側から第1主面11の側に向けて加工を行うようにする。ただし、加工による半導体基板への損傷が少なければ、第1主面11の側から第2主面12の側に向けて加工を行うようにしてもよい。また、貫通孔7の形成後にはダメージ層を除去するためにエッチングすることが好ましい。

[0056] 次に、半導体基板の所望領域の表層内に逆導電型となるn型の第2半導体層2を形成する。このような第2半導体層2は、ペースト状態にした $P_2O_5$ を半導体基板の表面に塗布して熱拡散させる塗布熱拡散法、またはガス状態にした $POCl_3$ （オキシ塩化リン）を拡散源とした気相熱拡散法などによって形成される。この第2半導体層2は $0.2 \sim 2 \mu m$ 程度の深さ、 $60 \sim 150 \Omega / \square$ 程度のシート抵抗に形成される。

[0057] また、バックコンタクト型の太陽電池素子においては、第2半導体層2が貫通孔7の内部および第2主面12にも形成されることが好ましい。なお、第2半導体層2の形成方法は上記方法に限定されるものではなく、例えば薄膜形成技術を用いて、水素化アモルファスシリコン膜、または微結晶シリコン膜を含む結晶質シリコン膜などを形成してもよい。さらに、第1半導体層1と第2半導体層2との間にi型シリコン領域を形成してもよい。

[0058] 塗布熱拡散法において用いられるドーパント含有のペーストは、例えば、n型の場合は、酸化リンまたはリン酸等のリン系塩とする。p型の場合は、酸化ホウ素またはホウ酸等のホウ素塩からなるドーパント、並びに、ケイ酸エチルまたはポリシラザン等のケイ素化合物を、エチルアルコール、イソプロピルアルコールまたはブチルアルコール等の溶剤に混合したものとし、必要に応じて、メチルセルロース、エチルセルロース、ニトロセルロース、メチルメタクリレートまたはポリエチレングリコールなどの樹脂を混合させる。

[0059] 塗布方法としては、例えば、スピンコーター法、スプレー法またはスクリーン印刷法等を用いて、半導体基板上にペーストが塗布される。また、ペーストの粘度は、用いられる塗布法にあわせて適宜調整すればよく、例えば、スクリーン印刷法を用いる場合、 $50 \sim 350 Pa \cdot s$ 程度の粘度のペース

トが用いられる。塗布後、70～150℃の温度で数分間、ペーストを乾燥させてもよい。

[0060] そして、アルゴンや窒素等の不活性ガス雰囲気中または酸素等を含む酸化雰囲気中で熱処理することにより、ペーストがガラス化してドーパントを含むガラス層が形成されるとともに、ガラス層中のドーパントが半導体基板の表面および内部に拡散される。熱処理温度は、例えば、300～600℃の温度で5～20分程度加熱し、その後、ガラス層中のドーパントを基板中に拡散させるために600～900℃の温度で10～40分程度加熱すればよい。なお、ペーストの塗布厚みを異ならせることにより、塗布厚みの薄いところにシート抵抗の高い第2半導体層が形成され、厚いところにシート抵抗の高い第2半導体層が形成される。

[0061] 気相熱拡散法においては、ガス導入口とガス排気口とを含む石英からなるプロセスチューブ内に複数の半導体基板を設置し、液体の $\text{POCl}_3$ をキャリアガス（例えば、窒素ガス、酸素ガス等）でバブリングして $\text{POCl}_3$ を気化させた拡散ガスを、不活性ガスとともにプロセスチューブ内に導入する。ドーパントを含む雰囲気中で、プロセスチューブの外周に設けられた加熱手段により、600℃～900℃程度の温度において半導体基板1を5～30分程度熱処理する。これにより、半導体基板の表面にドーパントを含むガラス層が形成され、ガラス層に存在するドーパントが半導体基板の表面近傍に拡散される。ここで、拡散ガスと不活性ガスとの流量比は、例えば1：2～1：20、より好ましくは1：4～1：15に設定して供給すればよい。その後、アルゴンや窒素等の不活性ガス雰囲気中で、先ほどの温度より50℃～200℃高い温度において熱処理を10～40分程度行うことにより、半導体基板表面のガラス層に存在するドーパントが半導体基板表面近傍にさらに拡散するとともに、半導体基板の表面近傍に拡散したドーパントが基板内部に拡散し、第2半導体層2が形成される。

[0062] 次に、反射防止膜3を形成する。反射防止膜3は、例えば、PECVD (plasma enhanced chemical vapor deposition) 法、蒸着法またはスパッタ法

などを用いて形成される。例えば、窒化シリコン膜からなる反射防止膜3をPECVD法で形成する場合であれば、反応室内を500℃程度としてSi<sub>3</sub>H<sub>4</sub>（シラン）とNH<sub>3</sub>（アンモニア）との混合ガスをN<sub>2</sub>（窒素）で希釈し、グロー放電分解でプラズマ化させて堆積させることで反射防止膜3が形成される。

- [0063] 次に、半導体基板1の第2主面12側に、一導電型の半導体不純物が高濃度に拡散された第3半導体層6を形成する。製法としては、例えば、BBr<sub>3</sub>（三臭化ボロン）を拡散源とした熱拡散法を用いて温度800～1100℃程度で形成する方法、アルミニウム粉末および有機ビヒクル等からなるアルミニウムペーストを印刷法で塗布し、その後、温度600～850℃程度で熱処理（焼成）してアルミニウムを半導体基板1に拡散する方法を用いることができる。また、アルミニウムペーストを印刷して焼成する方法を用いれば、印刷面だけに所望の拡散領域を形成することができる。さらに、この場合に、第2半導体層2の形成時と同時に第2主面側にも形成されているn型の第2半導体層を除去する必要もなく、太陽電池素子10においては第2主面12側の周辺部のみレーザー等を用いてpn分離を行えばよく、バックコンタクト型の太陽電池素子20においては、さらに第3半導体層6との界面にpn分離を行えばよい。なお、第3半導体層6の形成方法は上記方法に限定されるものではなく、例えば薄膜技術を用いて、水素化アモルファスシリコン膜、または微結晶シリコン膜を含む結晶質シリコン膜などを形成してもよい。さらに、第1半導体層1と第3半導体層6との間にi型シリコン領域を形成してもよい。

- [0064] 次に、第1電極4と第2電極5とを以下のようにして形成する。第1電極4は、例えば銀等からなる金属粉末と、有機ビヒクルとガラスフリットとを含有する電極ペースト（銀ペースト）を用いて作製される。

- [0065] 図1～3の太陽電池素子10の場合には、電極ペーストを、半導体基板1の第1主面に塗布する。その後、最高温度600～850℃で数十秒～数十分程度焼成することにより、ファイヤースルー法によって反射防止膜3を突

き破り半導体基板 9 上に第 1 電極 4 が形成される。

[0066] バックコンタクト型の太陽電池素子 10 の場合には、電極ペーストを、半導体基板 9 の第 1 主面 11 側より塗布して貫通孔 7 にも銀ペーストが充填され、その後、最高温度 600~850℃で数十秒~数十分程度焼成することにより、第 1 主面 11 に第 1 集電電極 4 a と、貫通孔 7 内部に貫通孔電極 4 e とが形成される。そして電極ペーストを、半導体基板 9 の第 2 主面 12 側より塗布して、その後、最高温度 500~850℃で数十秒~数十分程度焼成することにより、第 2 主面 12 に第 1 出力取出電極 4 b が形成される。好ましくは塗布後、所定の温度で溶剤を蒸散させて乾燥させる。塗布法としては、スクリーン印刷法などを用いることができる。

[0067] なお、中央部 R1 に位置している隣り合う第 1 集電電極 4 a 間の距離が、両端部側 R2, R3 に位置している隣り合う第 1 集電電極 4 a 間の距離と異なる形状の開口部を有する製版を用いて電極ペーストが塗布されることにより、中央部 R1 に位置している隣り合う第 1 集電電極 4 a 間の距離が、両端部 R2, R3 側に位置している隣り合う第 1 集電電極 4 a 間の距離と異なる形状の第 1 集電電極 4 a を形成することができる。

[0068] 次に、第 2 電極 5 について説明する。まず、第 2 集電電極 5 a は、例えばアルミニウム粉末と、有機ビヒクルとを含有するアルミニウムペーストを用いて作製される。このペーストを、第 1 電極 4 および第 2 出力取出電極 5 b を形成する部位の一部を除いて、第 2 主面 12 の略全面に塗布する。この塗布法としては、スクリーン印刷法などを用いることができる。このようにペーストを塗布した後、所定温度で溶剤を蒸散させて乾燥させる方が作業時にペーストがその他の部分に付着しにくいという観点から好ましい。

[0069] 次に、第 2 出力取出電極 5 b は、例えば銀粉末などからなる金属粉末と、有機ビヒクルとガラスフリットを含有する銀ペーストを用いて作製される。この銀ペーストを予め決められた形状に塗布する。なお、銀ペーストは、アルミニウムペーストの一部と接する位置に塗布されることで、第 2 出力取出電極 5 b と第 2 集電電極 5 a との一部が重なる。塗布法としては、スクリー

ン印刷法などを用いることができ、塗布後、好ましくは所定の温度で溶剤を蒸散させて乾燥させる。

[0070] そして、半導体基板 9 を焼成炉内にて最高温度が 600~850℃で数十秒~数十分程度焼成することにより、第 2 電極 5 が半導体基板 9 の第 2 主面 12 側に形成される。

[0071] なお、第 1 電極 4 および第 2 電極 5 の電極形成は印刷・焼成法を用いたが、蒸着、スパッタ等の薄膜形成またはめっき法を用いて形成することも可能である。

[0072] 次に、分割方法について説明する。太陽電池素子の親基板の第 1 主面側または第 2 主面側に所望の分割線 8 に沿ってレーザを照射し分割溝を形成する。使用するレーザとしては、例えば、YAGレーザを用いることができる。レーザ条件としては、波長が 1.06  $\mu\text{m}$ 、出力が 10~30W、ビーム広がり角が 1~5 mrad とし、50~300 mm/s の速度で走査すればよい。分割溝の深さは、半導体基板 1 の厚さの 25%以上とすれば、分割溝 8 に沿って容易に太陽電池素子の親基板を分割できるため好適である。

[0073] 分割溝を形成した太陽電池素子の親基板に外力を加え分割することにより、太陽電池素子の子基板（分割太陽電池素子）を形成できる。すなわち、例えば、分割溝に沿って親基板を手で折り曲げることで子基板を作成することができる。なお、太陽電池素子の子基板は、大型の太陽電池素子の親基板が有している構成、例えば、第 1 電極 4 および第 2 電極 5 を備え、分割した状態で太陽電池素子として機能することができるが、必要に応じて、分割後の分割太陽電池素子に対して他の構成を追加するような工程を施してもよい。

[0074] 一般的には、第 2 半導体層のシート抵抗と第 1 集電電極の線抵抗の関係から最適な隣り合う第 1 集電電極 4 a 間の距離が設定されるが、第 1 集電電極群 4 1 および第 2 集電電極群 4 2 の隣り合う第 1 集電電極 4 a 間の平均距離をこの最適値に近い値に設計することで、電極形状の変更によって太陽電池素子の出力特性が低下する問題を低減することができる。

[0075] <太陽電池モジュールおよび電子機器>

本実施形態の太陽電池モジュールは、例えば、ガラス、樹脂または金属等の支持基板上に、1つの上記太陽電池素子もしくは1つの上記分割太陽電池素子、または、導体により電氣的に直列接続させた複数の上記太陽電池素子または複数の分割太陽電池素子を、耐湿性に優れた例えばEVA (Ethylene Vinyl Acetate) 等の充填材にて封止した構成とすることが可能である。この場合、金属または樹脂等の枠体を支持基板の周囲に設けてもよい。

[0076] また、本実施形態の電子機器は電子工学の技術を応用した電気製品であり、情報をデジタル処理する機器、映像・音声を電氣的にアナログ処理する機器などが含まれる。すなわち、例えば、携帯電話、時計、または電卓等の電源として上記太陽電池モジュールまたは分割太陽電池素子を用いることができる。

[0077] 太陽電池モジュールおよび電子機器の発電手段として、本実施形態の太陽電池素子または分割太陽電池素子を採用すれば、発電効率の向上が期待でき、さらに信頼性に優れた太陽電池モジュールおよび電子機器を提供できる。

### 符号の説明

- [0078] 1 : 第1半導体層  
2 : 第2半導体層  
3 : 反射防止膜  
4 : 第1電極  
4 a : 第1集電電極  
4 b : 第1出力取出電極  
4 e : 貫通孔電極  
5 : 第2電極  
5 a : 第2集電電極  
5 b : 第2出力取出電極  
6 : 第3半導体層  
7 : 貫通孔  
8 : 分割線

- 9 : 半導体基板
- 10 : 太陽電池素子
- 11 : 第1主面
- 12 : 第2主面
- 15 : 分割太陽電池素子
- 16 : 分割太陽電池素子
- 20 : 太陽電池素子
- 30 : 太陽電池素子
- 40 : 太陽電池素子
- 41 : 第1集電電極群
- 42 : 第2集電電極群
- R1 : 中央部
- R2 : 端部
- R3 : 端部

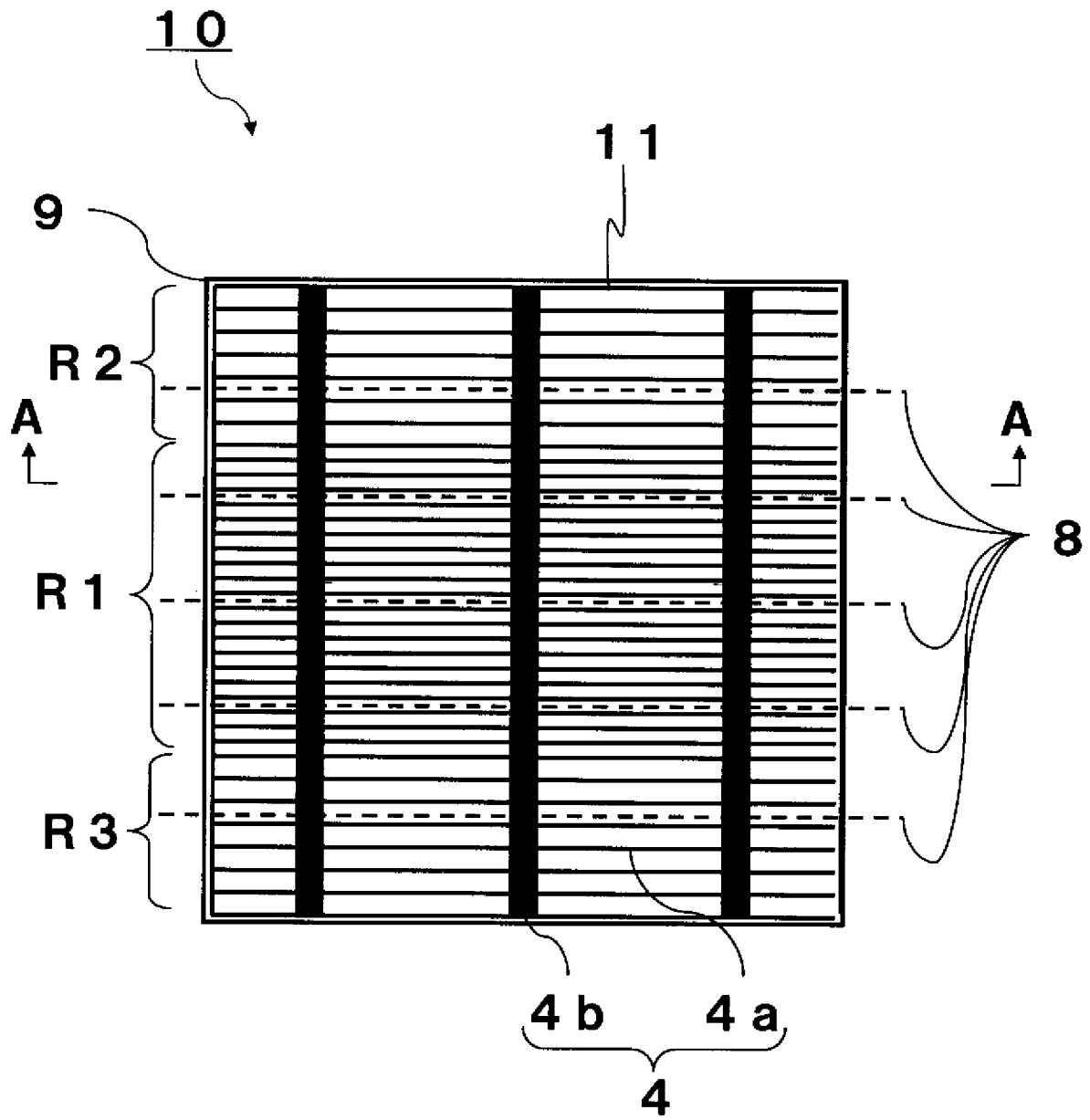
## 請求の範囲

- [請求項1] 一導電型の第1半導体層と逆導電型の第2半導体層とを有する半導体基板を備え、前記第2半導体層側の前記半導体基板の第1主面において、複数の線状の集電電極のそれぞれが、前記第1主面の中央部から両端部に向かって離間して配置された太陽電池素子であって、前記中央部に位置している隣り合う前記集電電極間の距離が、前記両端部側に位置している隣り合う前記集電電極間の距離と異なっていることを特徴とする太陽電池素子。
- [請求項2] 前記中央部に位置している隣り合う前記集電電極間の距離が、前記両端部側に位置している隣り合う前記集電電極間の距離よりも短いことを特徴とする請求項1に記載の太陽電池素子。
- [請求項3] 前記集電電極に交差する第1出力取出電極を配置したことを特徴とする請求項1に記載の太陽電池素子。
- [請求項4] 前記半導体基板の前記第1主面からその反対側に位置する第2主面にかけて貫通して前記集電電極に接続された複数の貫通電極と、前記第2主面に配置されて前記貫通電極に接続された第2出力取出電極とを備えたことを特徴とする請求項1に記載の太陽電池素子。
- [請求項5] 前記中央部における前記第2半導体層のシート抵抗が、前記両端部側における前記第2半導体層のシート抵抗よりも高いことを特徴とする請求項2に記載の太陽電池素子。
- [請求項6] 前記中央部における前記第2半導体層の厚さが、前記両端部側における前記第2半導体層の厚さよりも薄いことを特徴とする請求項2に記載の太陽電池素子。
- [請求項7] 前記中央部における前記第2半導体層の最大不純物濃度が、前記両端部側における前記第2半導体層の最大不純物濃度よりも低いことを特徴とする請求項2に記載の太陽電池素子。
- [請求項8] 隣り合う前記集電電極間の距離が前記中央部から前記両端部に向かって徐々に長くなるように、前記集電電極が配置されていることを特

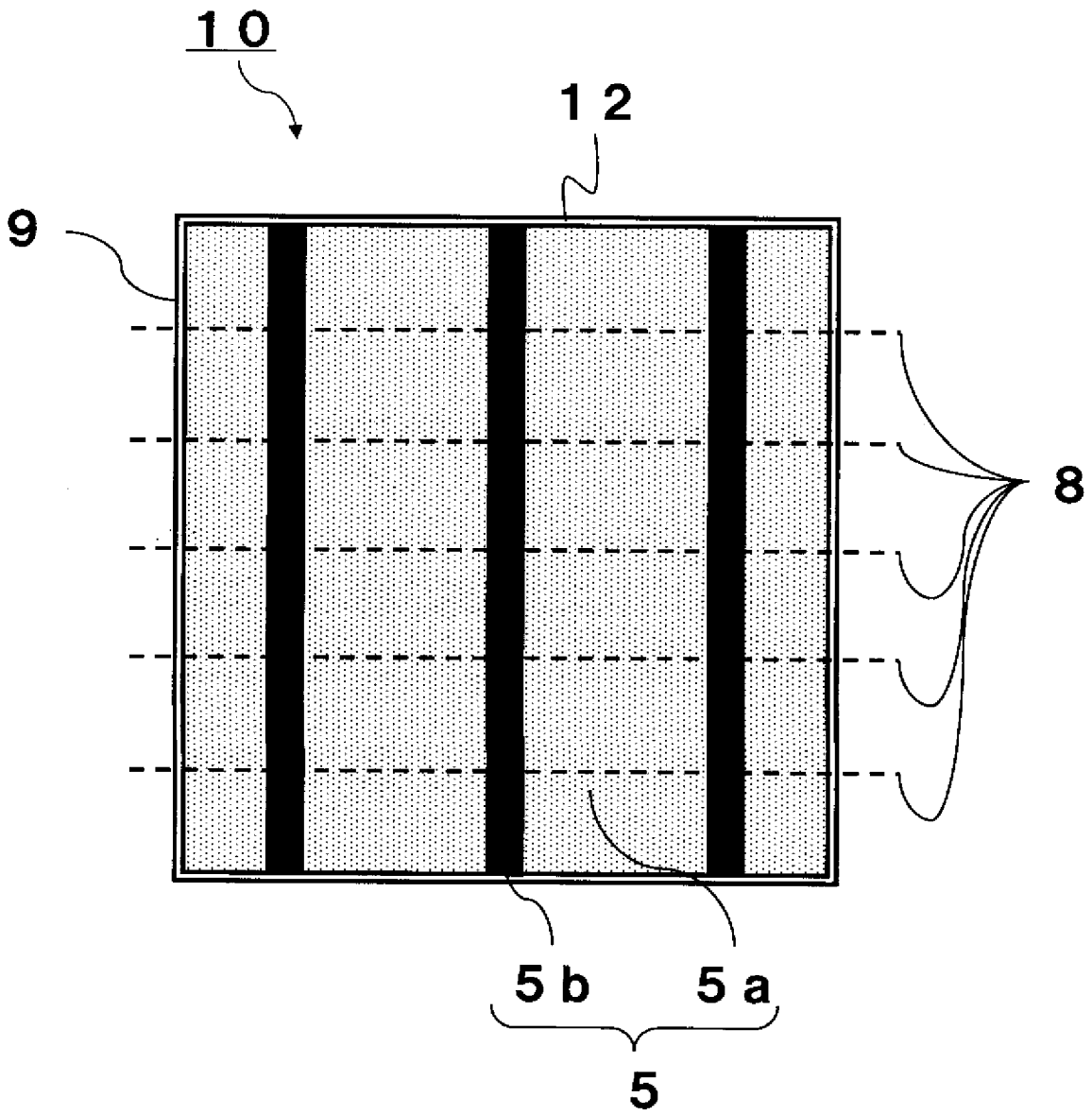
徴とする請求項 2 に記載の太陽電池素子。

- [請求項9] 前記中央部に位置している複数の前記集電電極からなる第 1 集電電極群と、前記両端部側に位置している複数の前記集電電極からなる第 2 集電電極群とを有し、  
前記第 1 集電電極群の隣り合う前記集電電極間の距離の平均値が、前記第 2 集電電極群の隣り合う前記集電電極間の距離の平均値よりも小さいことを特徴とする請求項 2 に記載の太陽電池素子。
- [請求項10] 前記第 1 集電電極群の前記集電電極の本数が偶数であることを特徴とする請求項 9 に記載の太陽電池素子。
- [請求項11] 請求項 1 に記載の太陽電池素子を前記集電電極の幾本かに沿って分割して得たことを特徴とする分割太陽電池素子。
- [請求項12] 請求項 1 に記載の太陽電池素子を備えていることを特徴とする太陽電池モジュール。
- [請求項13] 請求項 1 1 に記載の分割太陽電池素子を備えていることを特徴とする太陽電池モジュール。
- [請求項14] 請求項 1 に記載の太陽電池素子を備えていることを特徴とする電子機器。
- [請求項15] 請求項 1 1 に記載の分割太陽電池素子を備えていることを特徴とする電子機器。

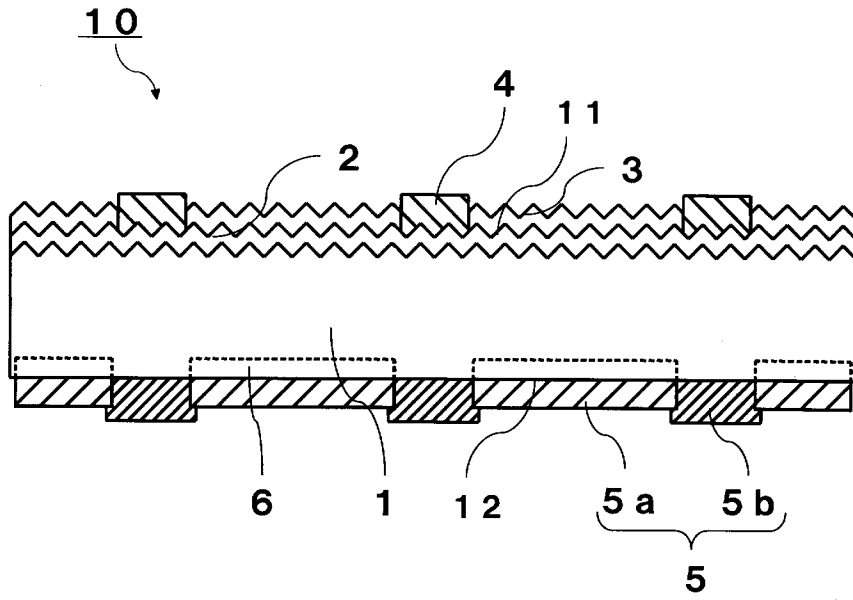
[図1]



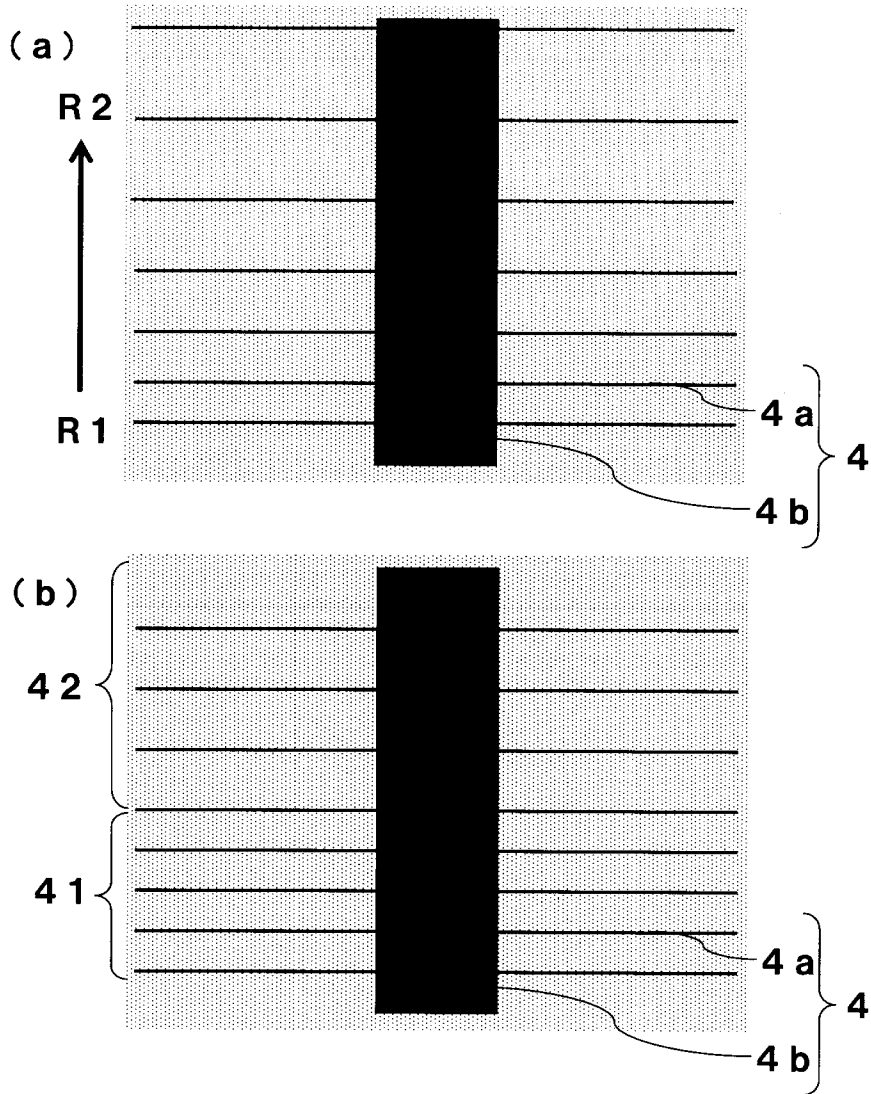
[図2]



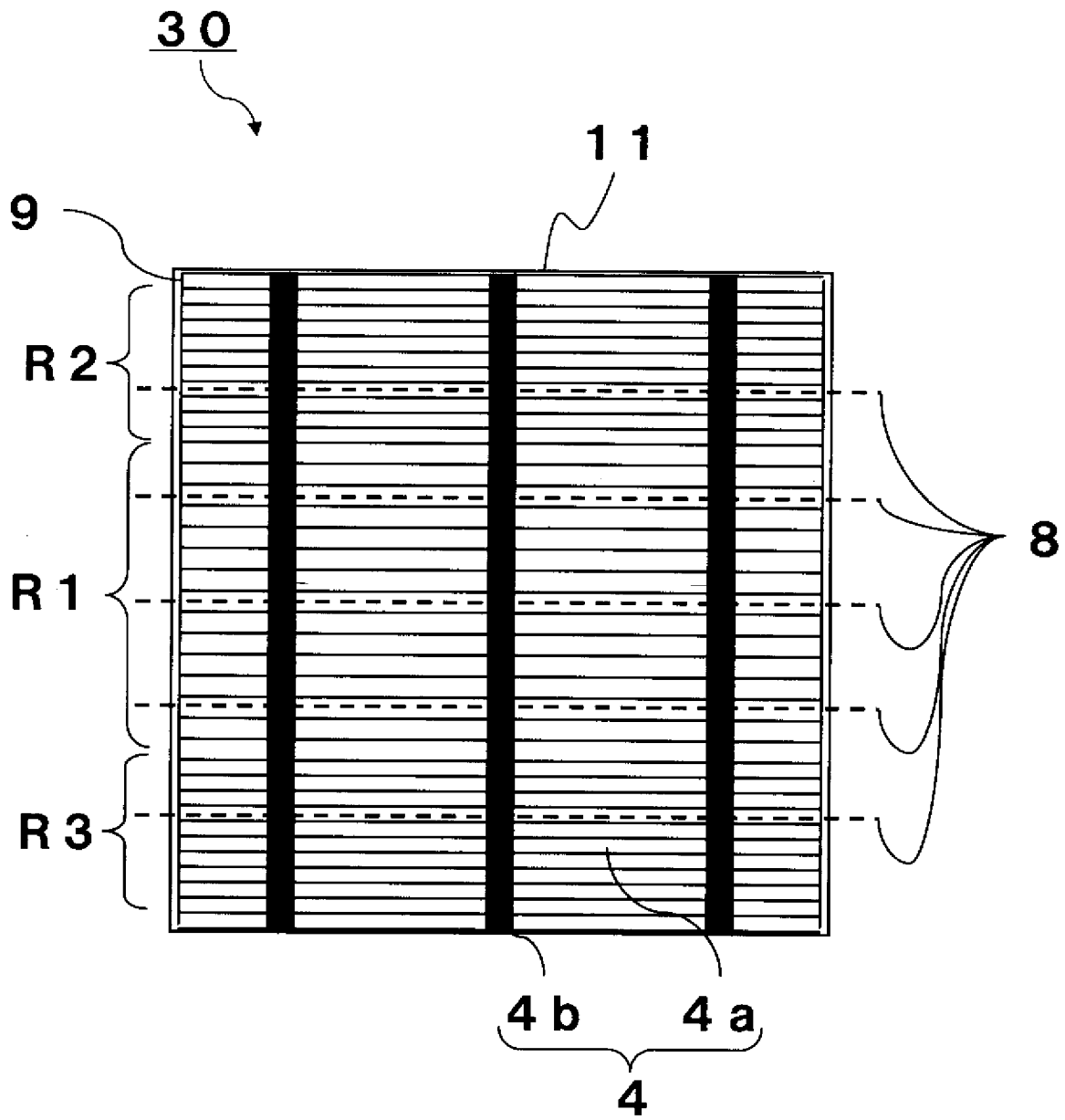
[図3]



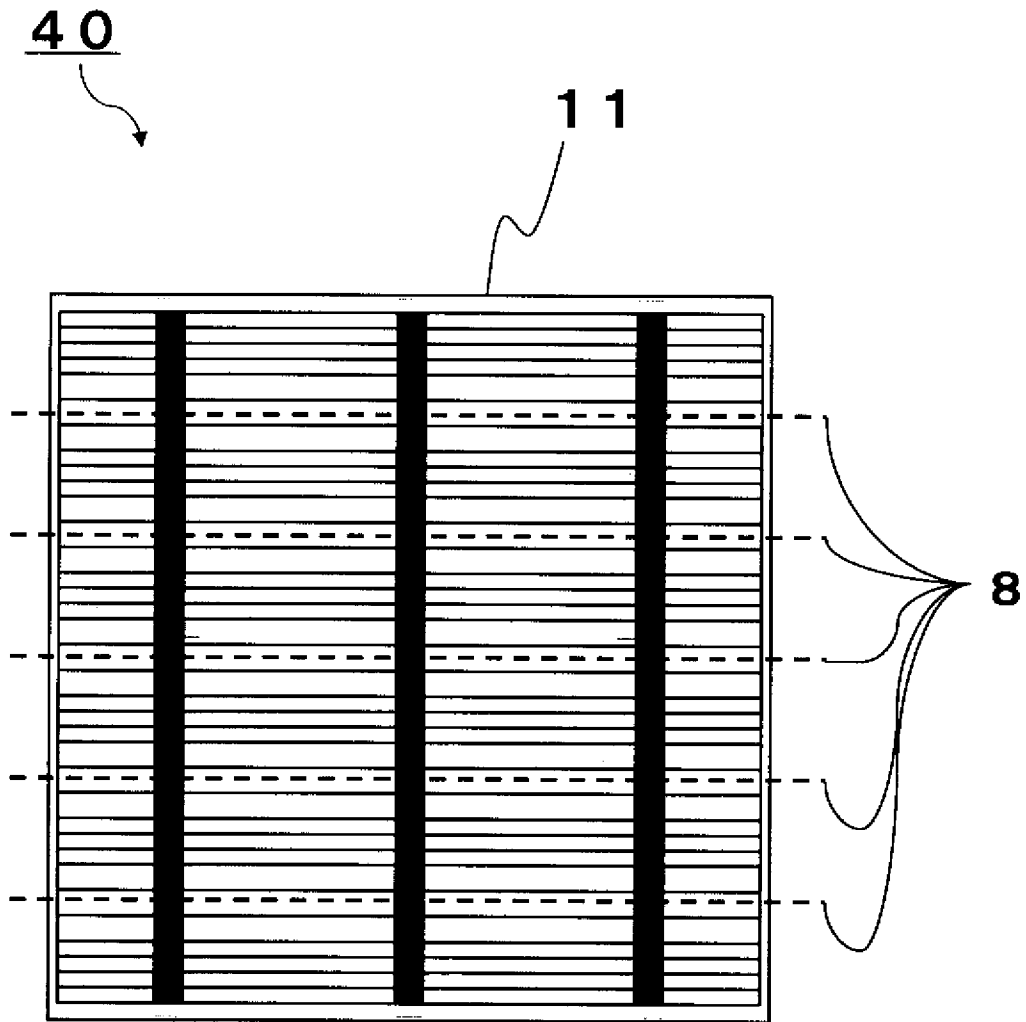
[図4]



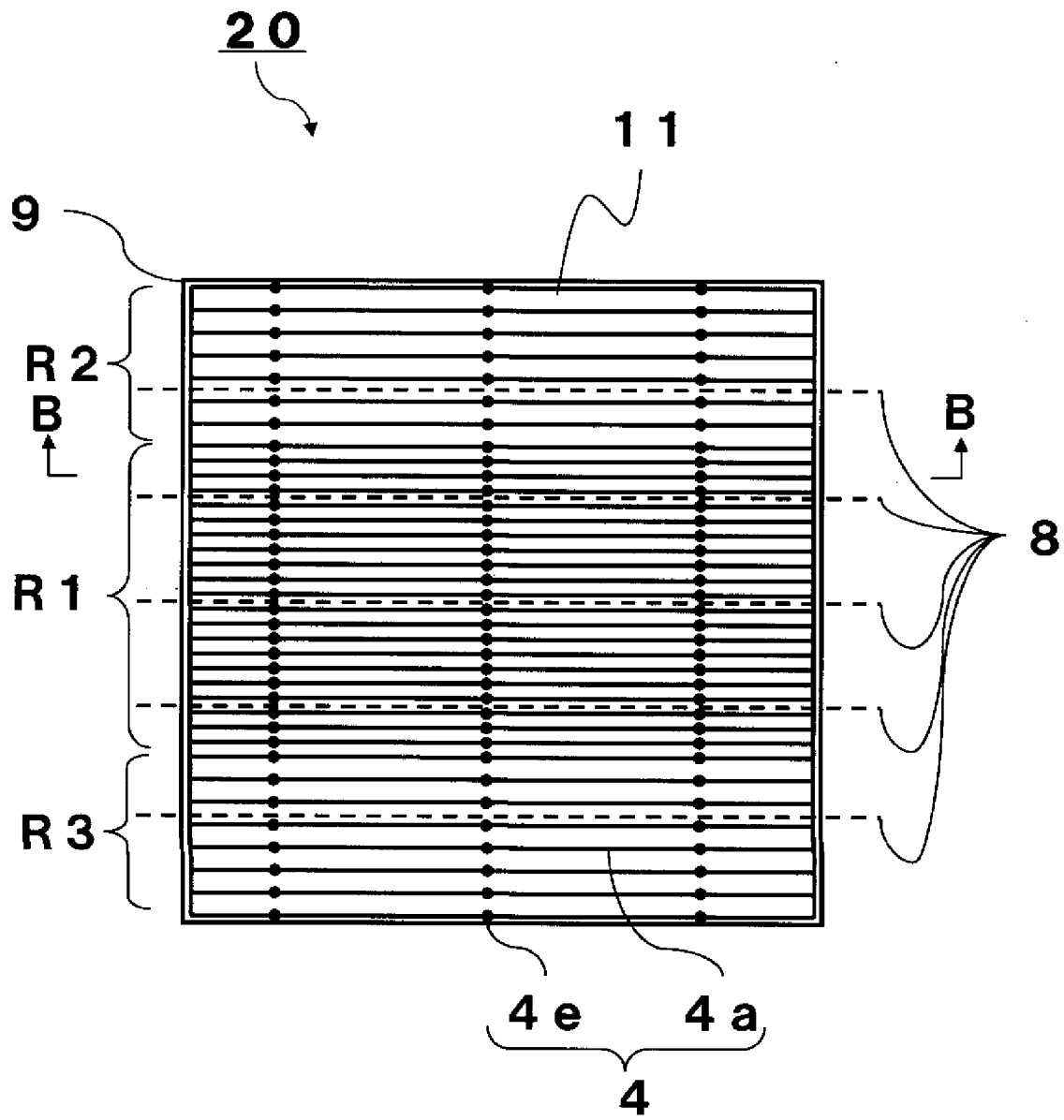
[図5]



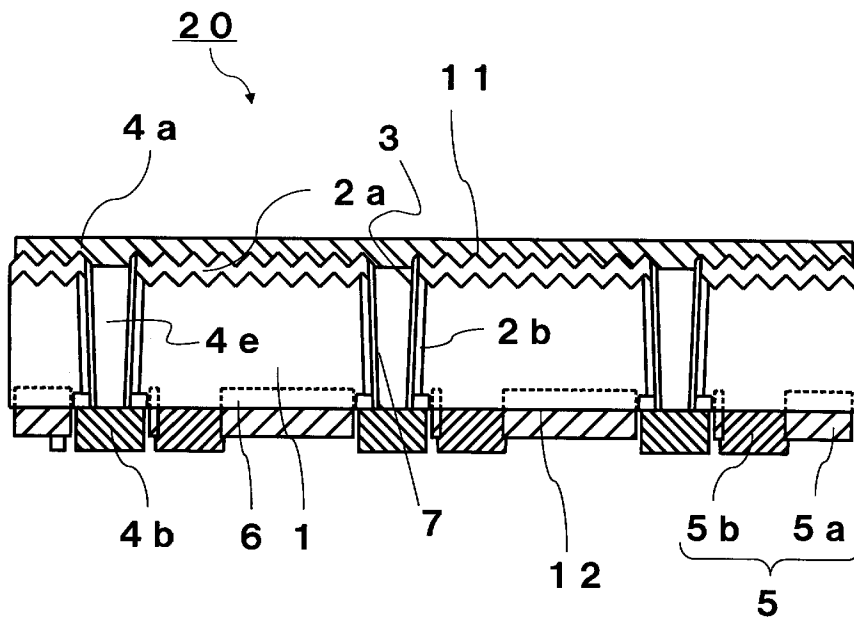
[図6]



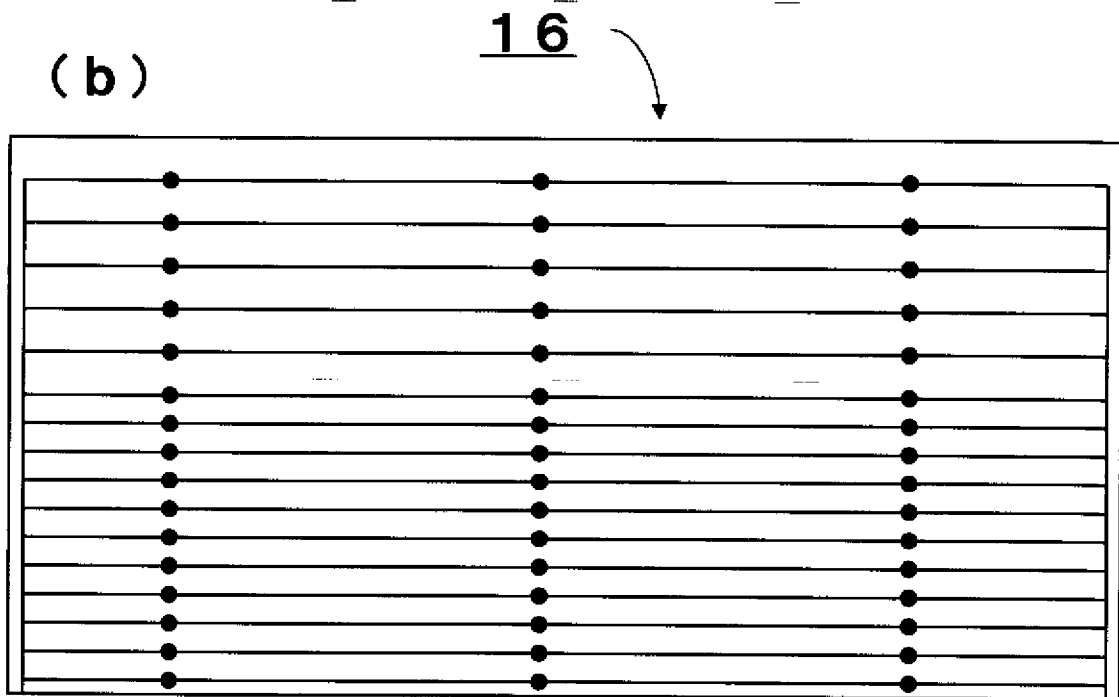
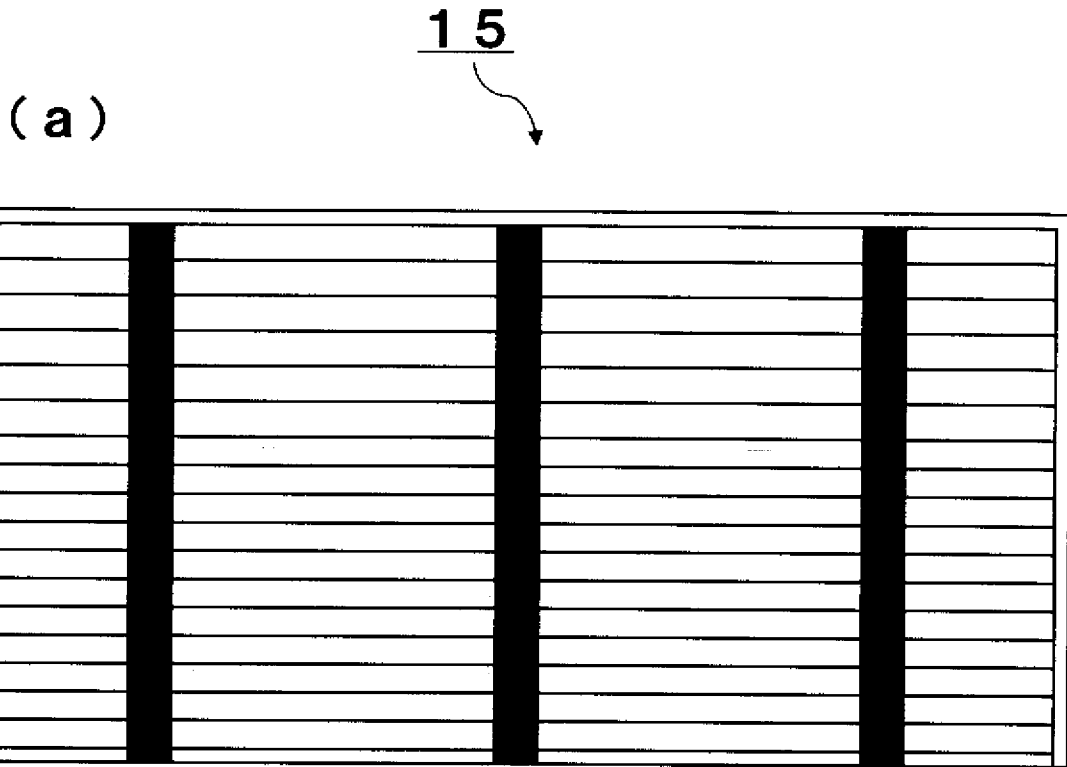
[図7]



[図8]



[図9]



[図10]

50

51

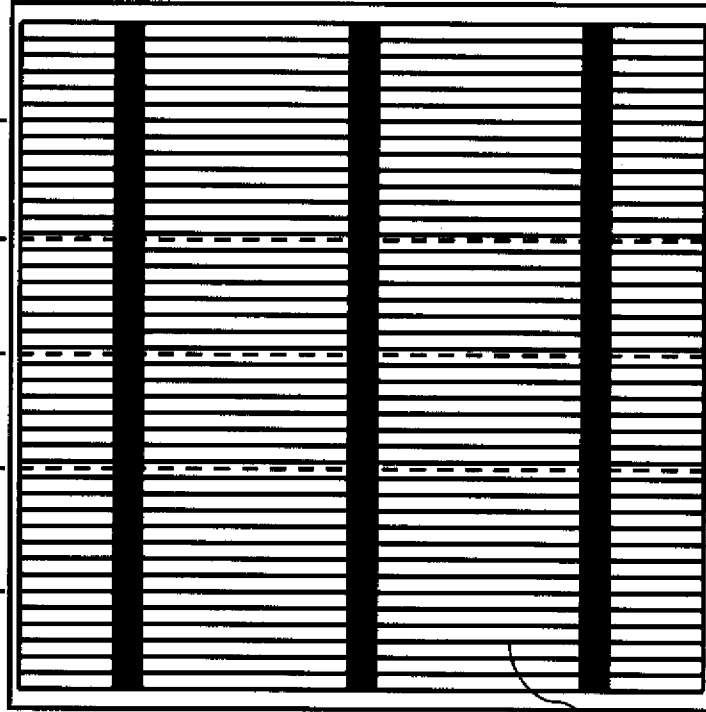
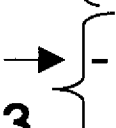
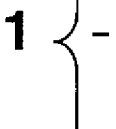
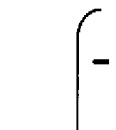
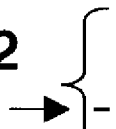
R2

R1

R3

52

8



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2010/057451

**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.
A	JP 2008-205137 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 04 September 2008 (04.09.2008), entire text; all drawings & US 2008/0196757 A1	1-15
A	JP 2009-76739 A (Kyocera Corp.), 09 April 2009 (09.04.2009), entire text; all drawings (Family: none)	1-15

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  
29 July, 2010 (29.07.10)

Date of mailing of the international search report  
10 August, 2010 (10.08.10)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

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
A	JP 2008-205137 A (三洋電機株式会社) 2008.09.04, 全文, 全図 & US 2008/0196757 A1	1-15
A	JP 2009-76739 A (京セラ株式会社) 2009.04.09, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-15

☐ 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、一般的な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

29.07.2010

国際調査報告の発送日

10.08.2010

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)

瀬川 勝久

2K

9120

電話番号 03-3581-1101 内線 3255