

(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
2013 年 10 月 3 日(03.10.2013)



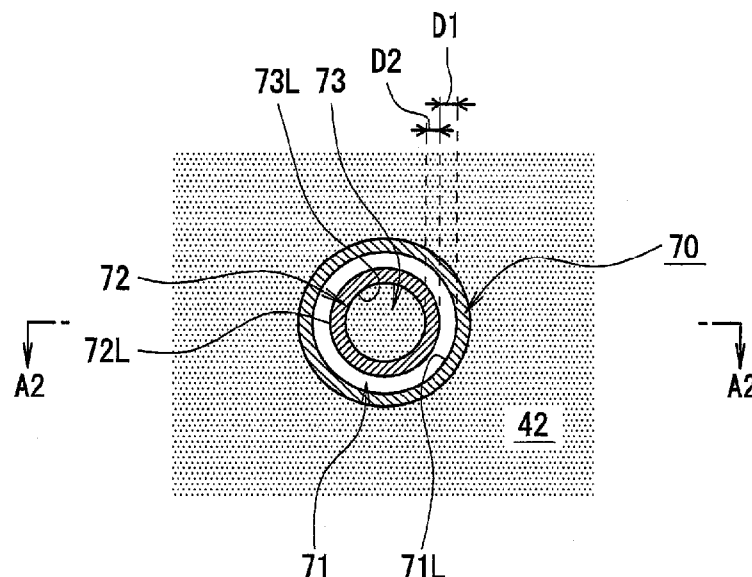
(10) 国際公開番号
WO 2013/146272 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 31/18 (2006.01) *H01L 31/0224* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/057027
- (22) 国際出願日: 2013 年 3 月 13 日(13.03.2013)
- (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 2012-080079 2012 年 3 月 30 日(30.03.2012) JP
- (71) 出願人: 三洋電機株式会社 (SANYO ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5708677 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 清水 澄人 (SIMIZU, Sumito); 〒5708677 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号 三洋電機株式会社内 Osaka (JP). 齋藤 共浩 (SAITOU, Tomohiro); 〒5708677 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号 三洋電機株式会社内 Osaka (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人 Y K I 国際特許事務所 (YKI PATENT ATTORNEYS); 〒1800004 東京都武蔵野市吉祥寺本町一丁目 3 4 番 1 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, 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, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (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

[続葉有]

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

(54) 発明の名称: 太陽電池及びその製造方法



WO 2013/146272 A1



(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))

明 細 書

発明の名称： 太陽電池及びその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、太陽電池及びその製造方法に関する。

背景技術

[0002] 太陽電池では、光電変換効率を如何に向上させるかが重要な課題である。このような状況に鑑みて、太陽電池の裏面側に、p型半導体領域及びp側電極と、n型半導体領域及びn側電極とが形成された所謂裏面接合型の太陽電池が提案されている（例えば、特許文献1参照）。この裏面接合型の太陽電池によれば、受光面側に電極が存在しないため、太陽光の受光面積を広げ、発電量を増加させることが可能である。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2009-200267号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ところで、上記裏面接合型などの太陽電池では、複数のパターニングされた薄膜層が積層される場合がある。この場合、パターニング層同士の位置合わせを行なう必要があり、太陽電池に適した位置合わせ乃至位置ずれ判定手法が求められている。

課題を解決するための手段

[0005] 本発明に係る太陽電池は、半導体基板上に形成された第1パターニング層と、半導体基板上及び第1パターニング層上の少なくとも一方に形成された第2パターニング層と、第1パターニング層と第2パターニング層との位置ずれを判定するためのマークセットとを備え、該マークセットは、第1パターニング層に凹状部を設けて、又は該層を島状に残して形成された第1マークと、第2パターニング層に凹状部を設けて、又は該層を島状に残して第1

マーク内に収まるように形成された第2マークとを含む。

[0006] 本発明に係る太陽電池の製造方法は、第1パターニング層と第2パターニング層との位置ずれを判定するためのマークセットを備えた太陽電池の製造方法であって、半導体基板上に第1パターニング層を形成し、第1パターニング層に凹状部を設けて、又は該層を島状に残してマークセットを構成する第1マークを形成する第1工程と、半導体基板上及び第1パターニング層上の少なくとも一方に第2パターニング層を形成し、第2パターニング層に凹状部を設けて、又は該層を島状に残してマークセットを構成する第2マークを形成する第2工程と、第2マークが第1マークからはみ出すことなく該マーク内に位置するか否かを確認して位置ずれを判定する第3工程とを備える。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、複数のパターニング層を備える太陽電池において、パターニング層同士の位置合わせを効率良く行なうことができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]本発明の実施形態の一例である太陽電池を裏面側から見た平面図である。

[図2]図1のA1 - A1線断面図である。

[図3]図1のB部拡大図である。

[図4]図3のA2 - A2線断面図である。

[図5]図1のB部拡大図であって、第2マークがy方向にシフトした様子を示す図である。

[図6]図1のC部拡大図である。

[図7]図6のA3 - A3線断面図である。

[図8]本発明の実施形態の一例である太陽電池において、マークセットの第1の変形例を示す図である。

[図9]本発明の実施形態の一例である太陽電池において、マークセットの第2の変形例を示す図である。

[図10]本発明の実施形態の一例である太陽電池において、マークセットの第3の変形例を示す図である。

[図11]本発明の実施形態の一例である太陽電池において、マークセットの第4の変形例を示す図である。

[図12]本発明の実施形態の一例である太陽電池において、マークセットの第5の変形例を示す図である。

[図13]本発明の実施形態の一例である太陽電池の製造過程を示す断面図である。

[図14]本発明の実施形態の一例である太陽電池の製造過程を示す断面図である。

[図15]本発明の実施形態の一例である太陽電池の製造過程を示す断面図である。

[図16]本発明の実施形態の一例である太陽電池の製造過程を示す断面図である。

[図17]本発明の実施形態の一例である太陽電池の製造過程を示す断面図である。

[図18]本発明の実施形態の一例である太陽電池の製造過程を示す断面図である。

[図19]本発明の実施形態の一例である太陽電池の製造過程を示す断面図である。

[図20]本発明の実施形態の一例である太陽電池の製造過程において、第1パターンニング層と第2パターンニング層との位置ずれの判定方法を説明するための図である。

[図21]本発明の実施形態の一例である太陽電池の製造過程において、第1パターンニング層と第2パターンニング層との位置ずれの判定方法を説明するための図である。

[図22]本発明の実施形態の一例である太陽電池の製造過程を示す断面図である。

[図23]本発明の実施形態の一例である太陽電池の製造過程を示す断面図である。

[図24]本発明の実施形態の一例である太陽電池の製造過程を示す断面図である。

[図25]本発明の実施形態の一例である太陽電池の製造過程を示す断面図である。

発明を実施するための形態

[0009] 図面を参照しながら、本発明の実施形態について以下詳細に説明する。

本発明は、以下の実施形態に限定されない。また、実施形態において参照する図面は、模式的に記載されたものであり、図面に描画された構成要素の寸法比率などは、現物と異なる場合がある。具体的な寸法比率等は、以下の説明を参酌して判断されるべきである。

[0010] 本明細書において、「第1のオブジェクト（例えば、半導体基板）上の全域に、第2のオブジェクト（例えば、絶縁層）が形成される」との記載は、特に限定を付さない限り、第1及び第2のオブジェクトが直接接触して形成される場合のみを意図しない。即ち、この記載は、第1及び第2のオブジェクトの間に、その他のオブジェクトが存在する場合を含む。また、「全域に形成」とは、実質的に全域とみなせる場合（例えば、第1のオブジェクト上の95%が覆われた状態）を含む。

[0011] 本明細書において、「平面視」とは、受光面に対し垂直方向から見た際の平面形状（x-y平面）を意味する。また、マークセットを構成する各マークの「輪郭線」とは、平面視における各マークと外界とを区切る線を意味する。さらに、「第2マークが第1マーク内に収まる」とは、平面視において、第2マークが第1マーク内に存在し、第1マークの輪郭線と第2マークの輪郭線が接触していない状態を意味する。

[0012] 図1～図6を参照しながら、太陽電池10の構成について以下詳説する。

図1は、太陽電池10を裏面側から見た平面図である。図2は、図1のA1-A1線断面の一部を示す図であって、フィンガー部41、51の幅方向

に沿って太陽電池 10 を厚み方向に切断した断面を示す。図 3～図 5 は、マークセット 70 を拡大して示す図（図 3，5；平面図、図 4；断面図）である。図 6，7 は、マークセット 80 を拡大して示す図（図 6；平面図、図 7；断面図）である。

[0013] 太陽電池 10 は、太陽光を受光することでキャリアを生成する光電変換部 20 と、光電変換部 20 の裏面側に形成された n 側電極 40 及び p 側電極 50 とを備える。太陽電池 10 では、例えば、光電変換部 20 で生成されるキャリアが n 側電極 40 及び p 側電極 50 によりそれぞれ収集される。ここで、光電変換部 20 の「裏面」とは、太陽電池 10 の外部から太陽光が入射する面である「受光面」と反対側の面を意味する。換言すれば、n 側電極 40 及び p 側電極 50 が形成される面が裏面である。

[0014] 光電変換部 20 は、例えば、結晶系シリコン（c-Si）、ガリウム砒素（GaAs）、インジウム燐（InP）等の半導体材料からなる基板 21 を備える。基板 21 としては、結晶系シリコン基板が好適であり、n 型単結晶シリコン基板が特に好適である。

[0015] 基板 21 の受光面 21a 上には、i 型非晶質半導体層 22 と、n 型非晶質半導体層 23 と、保護層 24 とが順に形成されている。これらの層は、例えば、受光面 21a 上の端縁領域を除く全域に形成される。

[0016] i 型非晶質半導体層 22 及び n 型非晶質半導体層 23 は、パッシベーション層として機能する。i 型非晶質半導体層 22 としては、i 型非晶質ゲルマニウムや i 型非晶質シリコンからなる薄膜層が例示できる。好ましくは、i 型非晶質シリコン層であって、0.1 nm～25 nm 程度の厚みを有する。n 型非晶質半導体層 23 としては、リン（P）等がドーパされた非晶質シリコンカーバイドや非晶質シリコンゲルマニウム、非晶質シリコンからなる薄膜層が例示できる。好ましくは、リン（P）等がドーパされた非晶質シリコンであって、2 nm～50 nm 程度の厚みを有する。

[0017] 保護層 24 は、パッシベーション層を保護すると共に、太陽光の反射防止機能を有する。保護層 24 は、光透過性の高い材料から構成されることが好

適である。具体的には、シリコンオキサイド（ SiO または SiO_2 ）、シリコンナイトライド（ SiN ）、 SiON 等の金属化合物層が好ましく、 SiN 層が特に好ましい。保護層24の厚みは、反射防止特性等を考慮して適宜変更できるが、例えば、 $80\text{nm} \sim 1\mu\text{m}$ 程度である。

[0018] 基板21の裏面21b上には、n型領域25と、p型領域26とがそれぞれ形成される。n型領域25及びp型領域26は、光電変換特性等の観点から、例えば、裏面21b上の広範囲を覆って、一方向（y方向）に延びたストライプ状に形成されることが好適である。より詳しくは、n型領域25とp型領域26とが交互に配置され、隙間なく形成されることが好適である（n型領域25とp型領域26とが交互に配置される方向；x方向）。なお、n型領域25と重なり領域26*との間は、絶縁層31により絶縁される。

[0019] 詳しくは後述するが、図2に例示する形態では、n型領域25とp型領域26とを交互に配置し、隙間なく形成するために、第1パターニング層であるn型領域25と、第2パターニング層であるp型領域26との位置合わせが必要となる。なお、n型領域25とp型領域26の積層配置は逆であってもよい。

[0020] n型領域25は、裏面21b上に直接形成された非晶質半導体層である。n型領域25は、i型非晶質半導体層27と、n型非晶質半導体層28とが順に形成された層構造を有する。n型非晶質半導体層28のみでn型領域25を構成してもよいが、パッシベーション性の観点からi型非晶質半導体層27を設けることが好適である。なお、i型非晶質半導体層27及びn型非晶質半導体層28は、例えば、それぞれi型非晶質半導体層22及びn型非晶質半導体層23と同様の組成、同様の厚みで形成できる。

[0021] p型領域26は、裏面21b及び絶縁層31上に直接形成された非晶質半導体層である。p型領域26は、i型非晶質半導体層29と、p型非晶質半導体層30とが順に形成された層構造を有する。n型領域25と同様、p型非晶質半導体層30のみでp型領域26を構成してもよいが、パッシベーション性の観点からi型非晶質半導体層29を設けることが好適である。なお

、i型非晶質半導体層29は、例えば、i型非晶質半導体層27と同様の組成、同様の厚みで形成できる。p型非晶質半導体層30は、ボロン(B)等がドーピングされた非晶質シリコン層が好適である。p型非晶質半導体層30の厚みは、2nm~50nm程度が好適である。

[0022] 絶縁層31は、n型領域25のn型非晶質半導体層28上の一部に、所定のパターンで形成されている。具体的には、n型非晶質半導体層28とp型非晶質半導体層30の重なった領域(以下、「重なり領域26*」と称する。)において、n型非晶質半導体層28とp型非晶質半導体層30との間のみ絶縁層31が形成される。絶縁層31は、絶縁特性に優れた金属化合物から構成される。好適な金属化合物としては、 SiO_2 、 SiN 、 SiON 、アルミナ(Al_2O_3)、アルミニウムナイトライド(AlN)等が挙げられる。絶縁層31の厚みは、30nm~500nm程度が好適である。

[0023] 太陽電池10は、上記のように、電極層であるn側電極40及びp側電極50を備える。n側電極40は、光電変換部20のn型領域25からキャリア(電子)を収集する電極であって、n型領域25に対応するパターンで設けられる。p側電極50は、光電変換部20のp型領域26からキャリア(正孔)を収集する電極であって、p型領域26に対応するパターンで設けられる。なお、n側電極40とp側電極50の間には、互いの電氣的接触を防止するための分離溝60が形成されている。

[0024] 詳しくは後述するが、図2に例示する形態では、n型領域25上にn側電極40のパターンを形成し、p型領域26上にp側電極50のパターンを形成する際に、第2パターニング層であるp型領域26と、第3パターニング層である電極層との位置合わせが必要となる。本実施形態では、n型領域25とn側電極40とのコンタクト領域がp型領域26のパターニングにより形成され、またn側電極40及びp側電極50が透明導電層32をパターニングして形成されるため、n側電極40及びp側電極50のいずれもp型領域26に対して位置合わせすればよい。

[0025] n側電極40及びp側電極50は、複数のフィンガー部41、51と、対

応する各フィンガー部を接続するバスバー部 4 2, 5 2 とをそれぞれ有する。そして、フィンガー部 4 1, 5 1 は、平面視において分離溝 6 0 を隔てて互いに噛み合った櫛歯状を呈する。また、n 側電極 4 0 及び p 側電極 5 0 は、透明導電層 4 3, 5 3 と、金属層 4 4, 5 4 とが順に形成された層構造をそれぞれ有する。

[0026] 透明導電層 4 3, 5 3 は、例えば、多結晶構造を有する酸化インジウム (In_2O_3) や酸化亜鉛 (ZnO) 等の金属酸化物に、錫 (Sn) やアンチモン (Sb) 等をドーピングした透明導電性酸化物 (以下、「TCO」とする) から構成される。透明導電層 4 3, 5 3 の厚みは、30 nm ~ 500 nm 程度が好適である。

[0027] 金属層 4 4, 5 4 は、導電性が高く、且つ光の反射率が高い金属から構成されることが好ましい。具体的には、銅 (Cu) や銀 (Ag)、アルミニウム (Al)、ニッケル (Ni) 等の金属又はそれらを 1 種以上含有する合金が例示できる。これらのうち、材料コストも考慮すれば、Cu が特に好適である。金属層 4 4, 5 4 の厚みは、50 nm ~ 1 μm 程度が好適である。

[0028] 太陽電池 1 0 は、さらに、複数のパターニング層の位置ずれを判定するためのマークセット 7 0, 8 0 を備える。太陽電池 1 0 では、バスバー部 4 2 が形成される領域にマークセット 7 0 が設けられ、バスバー部 5 2 が形成される領域にマークセット 8 0 が設けられている。また、マークセット 7 0, 8 0 は、互いに裏面 2 1 b の対角に位置している。このようにマークセットを設けることにより、xy 方向への位置ずれ (所謂シフト) を判定することができるだけでなく、同一面内に複数のマークセットを設けることにより回転による位置ずれ、基板 2 1 の非線形歪みによる位置ずれを判定することができる。

[0029] 図 3 及び図 4 に示すように、マークセット 7 0 は、第 1 パターニング層である n 型領域 2 5 に凹状部を設けて形成された第 1 マーク 7 1 と、第 2 パターニング層である p 型領域 2 6 を島状に残して第 1 マーク 7 1 内に収まるように形成された第 2 マーク 7 2 とを含む。即ち、マークセット 7 0 は、n 型

領域 2 5 内に設けられている。そして、第 2 マーク 7 2 は、周囲の n 型領域 2 5 から離れて裏面 2 1 b 上に直接形成されている。さらに、マークセット 7 0 は、第 3 パターニング層である電極層（透明導電層 4 3 及び金属層 4 4）を島状に残して第 2 マーク 7 2 内に収まるように形成された第 3 マーク 7 3 を含む。透明導電層 4 3 と金属層 4 4 は、平面視において同じパターンを有するため、例えば、透明導電層 4 3 のみで第 3 マーク 7 3 として使用することもできる。

[0030] なお、マークセット 7 0 は、バスバー部 4 2 の開口部に設けられている。第 1 マーク 7 1 の外側には、電極層が形成されない領域が存在し、リング状の n 型領域 2 5 が露出している。この構成により、電極層が目標とする積層位置から多少ずれた場合でも電極層が基板 2 1 に接触することを防止できる。

[0031] マークセット 7 0 を構成する各マークは、平面視においていずれも円形状を呈しており、サイズのみが互いに異なる。このように、平面視において各マークを円形状とすることで、例えば、p 型領域 2 6 が目標とする積層配置よりも x y 方向にシフトする場合に、後述の間隔 D 1 が最短となる部分が発生する（図 5 参照）。これにより、位置ずれの程度（ずれ量）やずれ向きを容易に確認することができる。なお、各マークは円形状に限られず、後述する四角などの多角形状、楕円その他、十字形状等の形状としてもよい。

[0032] 図 3 に例示する形態では、マークセット 7 0 を構成する各マークの中心が一致している。そして、第 1 マーク 7 1 の輪郭線 7 1 L と第 2 マーク 7 2 の輪郭線 7 2 L との間隔 D 1 が、第 2 マーク 7 2 の全周に亘って均等である。また、第 2 マーク 7 2 の輪郭線 7 2 L と第 3 マーク 7 3 の輪郭線 7 3 L との間隔 D 2 も、第 3 マーク 7 3 の全周に亘って均等である。なお、第 1 マーク 7 1 の中心が、通常、各パターニング層の位置合わせの目標に設定される。つまり、図 3 に示すマークセット 7 0 を有する太陽電池 1 0（マークセット 8 0 も図 6 に示す形態を有する場合）は、目標とする精度で位置合わせされた、n 型領域 2 5、p 型領域 2 6、及び電極層を備える。

[0033] 一方、図5に示すように、各マークの中心が一致していない場合がある。図5に例示する形態では、第2マーク72の中心が第1マーク71の中心からy方向にシフトしており、輪郭線71Lと72Lとの間隔D1が不均一になっている。つまり、図5に示すマークセット70を有する太陽電池10は、n型領域25に対して、目標とする積層配置よりもy方向にずれたp型領域26を備える。

[0034] ここで、輪郭線71Lと72Lとの間隔D1は、n型領域25とp型領域26との位置ずれの許容値を規定することが好適である。同様に、輪郭線72Lと73Lとの間隔D2は、p型領域26と電極層との位置ずれの許容値を規定することが好適である。この場合、例えば、輪郭線71Lと72Lとが接触しているときには、n型領域25とp型領域26との間に許容値を超えた位置ずれが存在することを示す。位置ずれの許容値（即ち、間隔D1、D2）は、例えば、太陽電池10の性能と歩留まりを考慮して決定される。許容値は、特定の値に限定されないが、裏面接合型の太陽電池10の場合、数 μm ～数十 μm 程度が好適である。

[0035] 図6及び図7に示すように、マークセット80は、第1パターンニング層であるn型領域25を島状に残して形成された第1マーク81と、第2パターンニング層であるp型領域26を島状に残して第1マーク81内に収まるように形成された第2マーク82とを含む。なお、n型領域25とp型領域26との間には、p型領域26と同じパターンに形成された絶縁層31が存在する。第1マーク81は、全周に亘ってp型領域26に囲まれ、そのp型領域26から離れた裏面21b上に直接形成されている。即ち、マークセット80は、p型領域26内に設けられている。さらに、マークセット80は、第3パターンニング層である電極層（透明導電層53及び金属層54）を島状に残して第2マーク82内に収まるように形成された第3マーク83を含む。

[0036] マークセット80においても、平面視において各マークは円形状を呈しており、各マークの中心が一致している。また、輪郭線81Lと82Lとの間隔はD1に、輪郭線82Lと83Lとの間隔はD2にそれぞれ設定される。

- [0037] 図8～図12を参照しながら、マークセット70及びその配置の変形例について説明する。図8～図10に示す各マークは、図4に示す層構造を有し、平面視において形状のみが異なる（図8、9では、第1マーク71及び第2マーク72のみを示す）。ここでは、説明の便宜上、同じ層を構成する要素には同一符号を付して重複する説明を省略する。
- [0038] 図8に示すマークセット70pは、平面視における四角形状を呈する第1マーク71及び第2マーク72を含む。各マークは、平面視において例えば、正方形である。そして、第1マーク71の輪郭線71Lと第2マーク72の輪郭線72Lとの間隔は、各マークの中心が一致した状態で、第2マーク72の全周に亘って均等である。なお、平面視において四角形状の第1マーク71及び第2マーク72を用いることにより、平面視において円形状の場合と比較して、回転による位置ずれの判定が容易になる。
- [0039] 図9に示すマークセット70qは、互いに平面視における形状が異なる第1マーク71及び第2マーク72を含む。また、マークセット70qでは、第1マーク71の中心を通る一方向（y方向）と、該一方向に直交する他の方向（x方向）とで、輪郭線71Lと72Lとの間隔が異なっている。より詳しくは、第1マーク71が平面視において矩形状を、第2マーク72が平面視において円形状をそれぞれ呈し、第1マーク71は、y方向に長く延びている。そして、各マークの中心が一致する状態で、y方向の間隔D3の方が、x方向の間隔D4よりも広がっている。この場合、n型領域25とp型領域26との位置ずれの許容値が、方向によって異なり、x方向よりもy方向で大きく設定されていることを意味する。
- [0040] 図10に示すマークセット70rは、マークセット70qと同様に、互いに平面視において形状が異なる第1マーク71、第2マーク72、及び第3マーク73を含む。第1マーク71及び第3マーク73は、いずれも平面視において楕円形状を呈する。但し、その楕円の長径方向は、互いに直交しており、第1マーク71ではy方向、第3マーク73ではx方向にそれぞれ平行である。そして、第2マーク72は、平面視円形状を呈する。つまり、n

n型領域25とp型領域26との位置ずれの許容値、及びp型領域26と電極層との位置ずれの許容値が、いずれもx方向に比べてy方向で大きくなっている。

[0041] 太陽電池10では、n型領域25とp型領域26とが交互に配置されるx方向において、y方向よりも位置合わせの精度を高くすることが好ましい。即ち、太陽電池10では、裏面21b上の方向によって許容できる位置ずれの程度が異なるため、当該方向に応じて各マークの長さを変更することは好適である。これにより、太陽電池10により適した効率の良い位置合わせが可能となる。

[0042] 図11に示す例では、中心円90の周りに、複数のマークセット70を同心円上に配置してマークセット集合体91を形成している。中心円90は、マークセット集合体91を形成する際の目印として、例えば、裏面21bをレーザー等で加工して形成したマークである。マークセット集合体91では、複数のマークセット70が同心円上に等間隔で配置され、各々同じサイズを有する。このように、複数のマークセット70を同心円上に配置することで、例えば、マークセット80を確認することなく、シフトに加えて回転による位置ずれも判定することが可能となる。

[0043] 図12に示す例では、マークセット70の周りに、複数のマークセット70a～70jを同心円上に配置してマークセット集合体92を形成している。マークセット70a～70eは、第1マーク71と第2マーク72とで構成され、n型領域25とp型領域26との位置ずれ判定に使用される。一方、マークセット70f～70jは、第1マーク71xと第3マーク73とで構成され、n型領域25と電極層との位置ずれ判定に使用される。なお、第1マーク71xは、n型領域25に設けられた凹状部内にn型領域25からなる島が形成された形態を有する。これにより、3つ以上のパターンニング層を積層する場合に、いずれの層に位置ずれが存在するのかを容易に判定することができる。

[0044] また、マークセット70a～70eでは、第1マーク71の輪郭線71L

と第2マーク72の輪郭線72Lとの間隔がそれぞれ異なっている。当該間隔は、マークセット70aで最も広く、マークセット70eに近づくほど狭くなり、例えば、マークセット70eでゼロに設定されている。これにより、位置合わせのずれ量及びずれ向きを迅速に判定できる。例えば、マークセット70d（間隔；d）で輪郭線71Lと72Lとが接触し、マークセット70c（間隔；c）で輪郭線71Lと72Lとが接触しない場合には、ずれ量がd以上c未満であることが直ぐに分かる。同様に、マークセット70f～70jでは、輪郭線71Lxと72Lとの間隔がそれぞれ異なっている。

[0045] なお、図8～図12に例示した形態は、マークセット80にも適用することができる。また、上記では、第2，3パターニング層を島状に残して第2，3マークを形成するものとして説明したが、第2，3パターニング層に凹状部を設けて第2，3マークを形成することもできる。

[0046] 図13～図25を参照しながら、上記構成を備える太陽電池10の製造方法について以下詳説する。ここでは、i型非晶質半導体層22等の非晶質半導体層を非晶質シリコン層、保護層24及び絶縁層31をSiN層として説明する。

[0047] 図13～図25（図20，21を除く）では、太陽電池10の製造途中におけるA2-A2線断面、A1-A1線断面、A3-A3線断面に対応する断面をそれぞれ示す。

まず、図13に示すように、基板21の受光面21a上にi型非晶質半導体層22、n型非晶質半導体層23、及び保護層24を順に形成すると共に、裏面21b上にn型領域25（i型非晶質半導体層27及びn型非晶質半導体層28）、及び絶縁層31を順に形成する。この工程では、例えば、清浄な基板21を真空チャンバ内に設置して、CVDやスパッタリング法により各層を形成する。また、この工程では、例えば、裏面21b上の端縁領域を除く全域にn型領域25及び絶縁層31を形成する。

[0048] CVDによるi型非晶質半導体層22，27の成膜には、例えば、シランガス（SiH₄）を水素（H₂）で希釈した原料ガスを使用する。また、n型非

晶質半導体層 23, 28 の場合は、例えば、シラン (SiH_4) にホスフィン (PH_3) を添加し、水素 (H_2) で希釈した原料ガスを使用する。シランガスの水素希釈率を変化させることにより、i 型非晶質半導体層 22, 27 及び n 型非晶質半導体層 23, 28 の膜質を変化させることができる。また、ホスフィン (PH_3) の混合濃度を変化させることによって、n 型非晶質半導体層 23, 28 のドーピング濃度を変化させることができる。CVD による保護層 24 及び絶縁層 31 の成膜には、例えば、 SiH_4 /アンモニア (NH_3)、又は SiH_4 /窒素 (N_2) の混合ガスを原料ガスとして使用する。

[0049] 続いて、図 14 に示すように、裏面 21b 上に形成された n 型領域 25 及び絶縁層 31 をパターニングする。このパターニングは、例えば、目的とするレジストパターンを絶縁層 31 上に形成し、レジスト膜で被覆されずに露出した領域をエッチング除去して行なわれる。絶縁層 31 は、例えば、フッ化水素 (HF) 水溶液を用いてエッチングできる。絶縁層 31 のエッチング終了後、レジスト膜を除去し、パターニングされた絶縁層 31 をマスクとして、露出している n 型領域 25 をエッチングする。n 型領域 25 は、例えば、水酸化ナトリウム (NaOH) 水溶液 (例えば、1 wt % NaOH 水溶液) 等のアルカリ性エッチング液を用いてエッチングできる。

[0050] この工程により、第 1 パターニング層 (パターニングされた n 型領域 25)、マークセット 70 を構成する第 1 マーク 71、及びマークセット 80 を構成する第 1 マーク 81 が形成される。このとき、n 型領域 25 の上には、同じパターンに形成された絶縁層 31 が存在する。n 型領域 25 内に形成されるマークセット 70 では、n 型領域 25 及び絶縁層 31 の一部をエッチング除去して凹状部を設けることにより第 1 マーク 71 が形成される。一方、p 型領域 26 内に形成されるマークセット 80 では、n 型領域 25 及び絶縁層 31 を島状に残して第 1 マーク 81 が形成される。

[0051] 続いて、図 15 に示すように、例えば、裏面 21b 上の端縁領域を除く全域に p 型領域 26 (i 型非晶質半導体層 29 及び p 型非晶質半導体層 30) を形成する。p 型領域 26 は、パターニングされた絶縁層 31 上、及び裏面

21b上に直接形成される。p型領域26は、n型領域25と同様に、CVDによって形成できる。但し、CVDによるp型非晶質半導体層30の成膜には、例えば、ホスフィン(PH_3)の代わりに、ジボラン(B_2H_6)をドーピングガスとして使用する。

[0052] 続いて、図16～図19に示すように、絶縁層31上に形成されたp型領域26の一部、及び絶縁層31の一部を除去する。これにより、n型領域25の一部が露出してn型領域25とn側電極40とのコンタクト領域が形成される。この工程では、まず、p型領域26の上記一部をエッチング除去するが、このとき、n型領域25とp型領域26との位置合わせが必要となる。

[0053] まず、図17に示すレジストパターン101を作製する。パターニング手法としては、印刷法、フォトリソグラフィ法、インプリント法、直接描画法、マスクパターンを転写する印刷法、フォトリソグラフィー法、インプリント法など種々の方法を使用することができる。なお、量産性の観点では中でも、マスクパターンを転写する印刷法、フォトリソグラフィー法、インプリント法が望ましい。ここでは印刷法を用いる。

[0054] 図16に示すように、レジスト膜100をp型領域26上の全域に形成した後、その上に印刷法によりレジストパターン101を形成する。レジスト膜100には、例えば、印刷用レジスト組成物を用いることができる。マスク110には、例えば、上記コンタクト領域に対応する保護部111を有するマスクを用いることができる。換言すると、マスク110には、p型領域26のパターンを形成するための開口パターン112、第2マーク72を形成するための開口パターン113、及び第2マーク82を形成するための開口パターン114が設けられている。

[0055] マスク110は、開口パターン113が第1マーク71からはみ出すことなく第1マーク71内に位置するように、且つ開口パターン114が第1マーク81からはみ出すことなく第1マーク81内に位置するように配置される。この工程では、例えば、開口パターン113の輪郭線と、第1マーク7

1の輪郭線71Lとを実際に確認しながら両者が接触しないようにマスク110を配置する手順を設けてもよい。但し、生産性等の観点から、第1マーク71と第2マーク72の配置を事後的に確認することが好適である。したがって、ここでは、第1マーク71の座標データと、開口パターン113の座標データとを用いて、マスク110の配置を調整する。

[0056] 次に、図18に示すように、作製されたレジストパターン101を用いて、NaOH水溶液等のアルカリ性エッチング液により、p型領域26の上記一部をエッチング除去する。当該エッチングが設計通りになされた場合、第1マーク71内に第2マーク72が、第1マーク81内に第2マーク82がそれぞれ形成される。なお、p型領域26は、通常、n型領域25よりもエッチングされ難いため、例えば、n型領域25をエッチングするNaOH水溶液よりも高濃度のもの（例えば、10wt% NaOH水溶液）を用いる。

[0057] 次に、図19に示すように、例えば、レジストパターン101を除去し、パターンニングされたp型領域26をマスクとして、絶縁層31をエッチング除去する。これにより、絶縁層31は、n型領域25とp型領域26の間のみに残る。マークセット80においても、p型領域26と同じ形状に絶縁層31がパターンニングされる。

[0058] 続いて、第2マーク72が第1マーク71からはみ出すことなく第1マーク71内に位置するか否かを確認して、n型領域25とp型領域26との位置ずれを判定する。また、第2マーク82についても同様に判定を行なう。具体的には、各マークの輪郭線同士の接触の有無を計測して、かかる位置ずれを判定する。つまり、各マークの輪郭線同士の間隔を位置ずれの許容値に設定している。

[0059] この工程では、図20に示すように、第2マーク72が第1マーク71の中心から大きくシフトした場合であっても、輪郭線71Lと72Lとが接触せず、且つ輪郭線81Lと82Lとが接触しないことが確認された場合には、n型領域25とp型領域26との位置ずれが許容値内であると判定する。

一方、図 2 1 に示すように、例えば、輪郭線 7 1 L と 7 2 L とが接触する場合には、かかる位置ずれが許容値を超えると判定する。n 型領域 2 5 と p 型領域 2 6 との位置ずれが、許容値内であると判定された場合には電極形成工程に進み、許容値を超えると判定された場合には、例えば、不良品として適切に処理される。

[0060] 各マーク配置の計測は、例えば、光学顕微鏡を用いた画像処理により自動的に行なうことができる。或いは、各マーク配置は、光学顕微鏡を用いて目視観察されてもよい。この計測では、各マークの輪郭線同士の接触の有無だけでなく、ずれ量やずれ向きを確認することができる。例えば、第 1 マーク 7 1 に対する第 2 マーク 7 2 のずれ量やずれ向きを計測して、その計測値をマスク 1 1 0 の配置手順にフィードバックすることができる。なお、この工程では、各マークの輪郭線同士の間隔を計測して、計測値が予め定められた閾値以上である場合に、位置ずれが許容値内であると判定してもよい。

[0061] 以上のようにして、光電変換部 2 0 を製造できる。そして、光電変換部 2 0 の n 型領域 2 5 上に n 側電極 4 0 を、p 型領域 2 6 上に p 側電極 5 0 をそれぞれ形成することにより、太陽電池 1 0 が製造される。n 側電極 4 0 及び p 側電極 5 0 は、例えば、以下に例示する方法で形成される。

[0062] まず、図 2 2 に示すように、n 型領域 2 5 上、p 型領域 2 6 上、第 1 マーク 7 1、8 1 上、及び第 2 マーク 7 2、8 2 上の全域を覆うように、T C O からなる透明導電層 3 2 を形成する。透明導電層 3 2 は、例えば、スパッタリング法や C V D により形成することができる。透明導電層 3 2 には、後工程で分離溝 6 0 が形成されて透明導電層 4 3、5 3 に分離される。このとき、p 型領域 2 6 と電極層を構成する透明導電層 4 3、5 3 との位置合わせが必要となる。

[0063] 続いて、図 2 4 に示すレジストパターン 1 0 3 を作製する。パターニング手法としてはレジストパターン 1 0 1 同様、印刷法、フォトリソグラフィー法、インプリント法、直接描画法、マスクパターンを転写する印刷法、フォトリソグラフィー法、インプリント法など種々の方法を使用することができる。

。なお、量産性の観点では中でも、マスクパターンを転写する印刷法、フォトリソグラフィー法、インプリント法が望ましい。ここでは印刷法を用いた例で説明する。

[0064] 図23に示すように、レジスト膜102を透明導電層32上の全域に形成した後、その上に、印刷法によりレジストパターン103を形成する。レジスト膜102には、レジスト膜100と同様に、印刷用レジスト組成物を用いることができる。マスク115には、分離溝60に対応する保護部116が設けられたマスクを用いる。マスク115には、p型領域26のパターンを形成するためのパターンである開口パターン117、第2マーク72を形成するためのパターンである開口パターン118、及び第2マーク82を形成するためのパターンである開口パターン119が設けられている。

[0065] マスク115は、開口パターン118が第2マーク72からはみ出すことなく第2マーク72内に位置するように、且つ開口パターン119が第2マーク82からはみ出すことなく第2マーク82内に位置するように配置される。この工程では、例えば、開口パターン118の輪郭線と、第2マーク72の輪郭線72Lとを実際に確認しながら両者が接触しないようにマスク115を配置する手順を設けてもよい。但し、p型領域26のパターニング工程と同様に、生産性向上等の観点から、第2マーク72等の座標データを用いてマスク115の配置を調整することが好適である。

[0066] 次に、図25に示すように、作製されたレジストパターン103を用いて、塩化水素(HCl)水溶液やシュウ酸水溶液等のアルカリ性エッチング液により、透明導電層32の一部をエッチング除去する。これにより、分離溝60が形成されると共に、第2マーク72内に第3マーク73が、第2マーク82内に第3マーク83がそれぞれ形成される。

[0067] 続いて、第2マーク72、82の場合と同様にして、第3マーク73、83が第2マーク72、82からはみ出すことなく第1マーク72、82内にそれぞれ位置するか否かを確認する。これにより、p型領域26と電極層との位置ずれの有無を判定する。p型領域26と電極層との位置ずれ判定は、

金属層 4 4, 5 4 を形成した後に行なってもよい。

[0068] 最後に、透明導電層 4 3, 5 3 上に、金属層 4 4, 5 4 をそれぞれ形成する。金属層 4 4, 5 4 は、電解めっき法により形成できる。この場合、透明導電層 4 3, 5 3 上にこれと同じパターンでめっきのシード層を形成しておくことが好ましい。金属層 4 4, 5 4 として Cu めっき層を形成する場合、シード層も Cu 層とすることが好ましい。そして、電解めっき法により、Cu シード層上に金属層 4 4, 5 4 (Cu めっき層) を形成する。電解めっきは、例えば、n 側電極 4 0 を構成する Cu シード層と、p 側電極 5 0 を構成する Cu シード層とに同じ大きさの電流を流して行なうことができる。なお、Cu めっき層の表面には、Cu の酸化を防止して導電性の低下を防止する保護層として、例えば、Sn めっき層を形成することが好適である。

[0069] なお、上記例示の製造過程では、位置ずれ判定の工程を複数設けたが、n 型領域 2 5、p 型領域 2 6、及び電極層の位置ずれ判定を、全ての層が形成された後にまとめて行なってもよい。また、3 つのマークを重ね合わせたマークセット 7 0 に加えて又はこれに代わって、図 1 2 に例示するように、第 1 マークと第 2 マークとで構成されるマークセット、及び第 1 マークと第 3 マークとで構成されるマークセットを形成してもよい。そして、全ての層が形成された後に位置ずれ判定をまとめて行なってもよい。

[0070] また、上記例示の製造過程では、各マークの中心が一致する状態で、各マークの輪郭線同士の間隔が均等であるマークセットを例示したが、図 9, 1 0 に例示するように、当該間隔が異なるマークセットを形成してもよい。例えば、平面視において第 1 マークの中心と第 2 マークの中心とが一致する状態で、その中心を通る一方向と、該一方向に直交する他の方向とで各マークの輪郭線同士の間隔が異なるように、第 1 マーク及び第 2 マークを互いに異なる形状で形成してもよい。

[0071] また、n 型領域 2 5 内及び p 型領域 2 6 内の少なくとも一方に、複数のマークセットを形成してもよい。複数のマークセットは、図 1 1 に例示するように、例えば、同心円上に配置することができる。さらに、各マークの輪郭

線同士の間隔がそれぞれ異なる複数のマークセットを形成してもよい。

[0072] 以上のように、マークセット 70, 80 等を用いて、n 型領域 25、p 型領域 26、及び電極層の位置ずれ判定乃至位置合わせを行なうことにより、効率良く太陽電池 10 を製造することができる。例えば、太陽電池 10 の性能を維持しながら、必要以上に厳しい位置ずれ判定を抑制して、歩留まりを向上させることができる。特に、方向によって位置合わせの精度が異なる場合には、当該方向に応じてマークの長さを変更することにより、さらに歩留まりを向上させることも可能である。

[0073] マークセット 70, 80 を用いた位置ずれ判定は、例えば、第 1 マーク 71 の輪郭線 71 L と第 2 マーク 72 の輪郭線 72 L との接触の有無を計測するという簡易な方法により行われる。したがって、解析が容易であって、光学顕微鏡を用いた目視観察により行なうこともできる。また目視観察の他、電極層（透明導電層 43 及び金属層 44）を島状に残して形成された第 3 マーク 73 の輪郭線 73 L と第 2 マーク 72 の輪郭線 72 L との接触は、第 3 マーク 73 の電極層と第 2 マーク 72 の外周の電極層との間の抵抗値を計測することによって容易に判定を行うことができる。

[0074] マークセット 70, 80 を用いて、各パターニング層のずれ量及びずれ向きを計測することもできる。特に、各マークを平面視において円形状とすることにより、ずれ量及びずれ向きの計測が容易になる。さらには、各マークの輪郭線同士の間隔がそれぞれ異なる複数のマークセットを用いることで、より詳細・的確な判定を簡便に行なうこともできる。

符号の説明

[0075] 10 太陽電池、20 光電変換部、21 基板、21a 受光面、21b 裏面、22, 27, 29 i 型非晶質半導体層、23, 28 n 型非晶質半導体層、24 保護層、25 n 型領域、26 p 型領域、30 p 型非晶質半導体層、31 絶縁層、40 n 側電極、41, 51 フィンガー部、42, 52 バスバー部、32, 43, 53 透明導電層、44, 54 金属層、50 p 側電極、60 分離溝、70, 70a~70j, 80

マークセット、71, 71x, 81 第1マーク、72, 82 第2マーク、73, 83 第3マーク、90 中心円、91, 92 マークセット集合体、90 中心円、100 レジスト膜、101 レジストパターン、110, 115 マスク、111, 116 保護部、112, 113, 114, 117, 118, 119 開口パターン。

請求の範囲

- [請求項1] 半導体基板上に形成された第1パターニング層と、
 前記半導体基板上及び前記第1パターニング層上の少なくとも一方
 に形成された第2パターニング層と、
 前記第1パターニング層と前記第2パターニング層との位置ずれを
 判定するためのマークセットと、
 を備え、
 前記マークセットは、
 前記第1パターニング層に凹状部を設けて、又は該層を島状に残し
 て形成された第1マークと、
 前記第2パターニング層に凹状部を設けて、又は該層を島状に残し
 て前記第1マーク内に収まるように形成された第2マークと、
 を含む太陽電池。
- [請求項2] 請求項1に記載の太陽電池であって、
 前記第1マークの第1輪郭線と前記第2マークの第2輪郭線との間
 には、所定の間隔が設けられ、
 前記間隔は、前記第1パターニング層と前記第2パターニング層と
 の位置合わせの許容値を規定する太陽電池。
- [請求項3] 請求項2に記載の太陽電池であって、
 前記第1マーク及び前記第2マークは互いに平面視における形状が
 異なり、
 前記間隔は、前記第1マークの中心を通る一方向と、該一方向
 に直交する他の方向とで異なる太陽電池。
- [請求項4] 請求項2又は3に記載の太陽電池であって、
 前記間隔がそれぞれ異なる複数の前記マークセットが形成された太
 陽電池。
- [請求項5] 請求項1～4のいずれか1項に記載の太陽電池であって、
 少なくとも前記第2マークは、平面視において円形状を呈する太陽

電池。

- [請求項6] 請求項1～5のいずれか1項に記載の太陽電池であって、
前記マークセットは、複数形成され、
前記マークセットの各々は、平面視において同心円上に配置されている太陽電池。
- [請求項7] 請求項1～6のいずれか1項に記載の太陽電池であって、
前記第1パターニング層は、第1導電型非晶質半導体層であり、
前記第2パターニング層は、第2導電型非晶質半導体層である太陽電池。
- [請求項8] 請求項7に記載の太陽電池であって、
第3パターニング層として、第1導電型非晶質半導体層上及び第2導電型非晶質半導体層上に形成された電極層を備え、
前記マークセットは、前記電極層に凹状部を設けて、又は該層を島状に残して前記第2マーク内に収まるように形成された第3マークを含む太陽電池。
- [請求項9] 第1パターニング層と第2パターニング層との位置ずれを判定するためのマークセットを備えた太陽電池の製造方法であって、
半導体基板上に前記第1パターニング層を形成し、前記第1パターニング層に凹状部を設けて、又は該層を島状に残して前記マークセットを構成する第1マークを形成する第1工程と、
前記半導体基板上及び前記第1パターニング層上の少なくとも一方に前記第2パターニング層を形成し、前記第2パターニング層に凹状部を設けて、又は該層を島状に残して前記マークセットを構成する第2マークを形成する第2工程と、
前記第2マークが前記第1マークからはみ出すことなく該マーク内に位置するか否かを確認して前記位置ずれを判定する第3工程と、
を備える太陽電池の製造方法。
- [請求項10] 請求項9に記載の太陽電池の製造方法であって、

前記第3工程では、前記第1マークの第1輪郭線と前記第2マークの第2輪郭線との間隔を確認して、前記間隔が予め定められた閾値以上である場合に、前記位置ずれがない又は前記位置ずれが許容値内であると判定する太陽電池の製造方法。

[請求項11]

請求項9に記載の太陽電池の製造方法であって、

前記第3工程では、前記第1マークの第1輪郭線と前記第2マークの第2輪郭線との接触の有無を確認して、前記接触が確認できない場合に、前記位置ずれがない又は前記位置ずれが許容値内であると判定する太陽電池の製造方法。

[請求項12]

請求項10又は11に記載の太陽電池の製造方法であって、

前記第1マークの中心と前記第2マークの中心とが平面視において一致する状態で、前記中心を通る一方向と、該一方向に直交する他の方向とで前記間隔が異なるように、前記第1マーク及び前記第2マークを互いに異なる形状で形成する太陽電池の製造方法。

[請求項13]

第1パターニング層と第2パターニング層との位置ずれを判定するためのマークセットを備えた太陽電池の製造方法であって、

半導体基板上に前記第1パターニング層を形成し、前記第1パターニング層に凹状部を設けて、又は該層を島状に残して前記マークセットを構成する第1マークを形成する第1工程と、

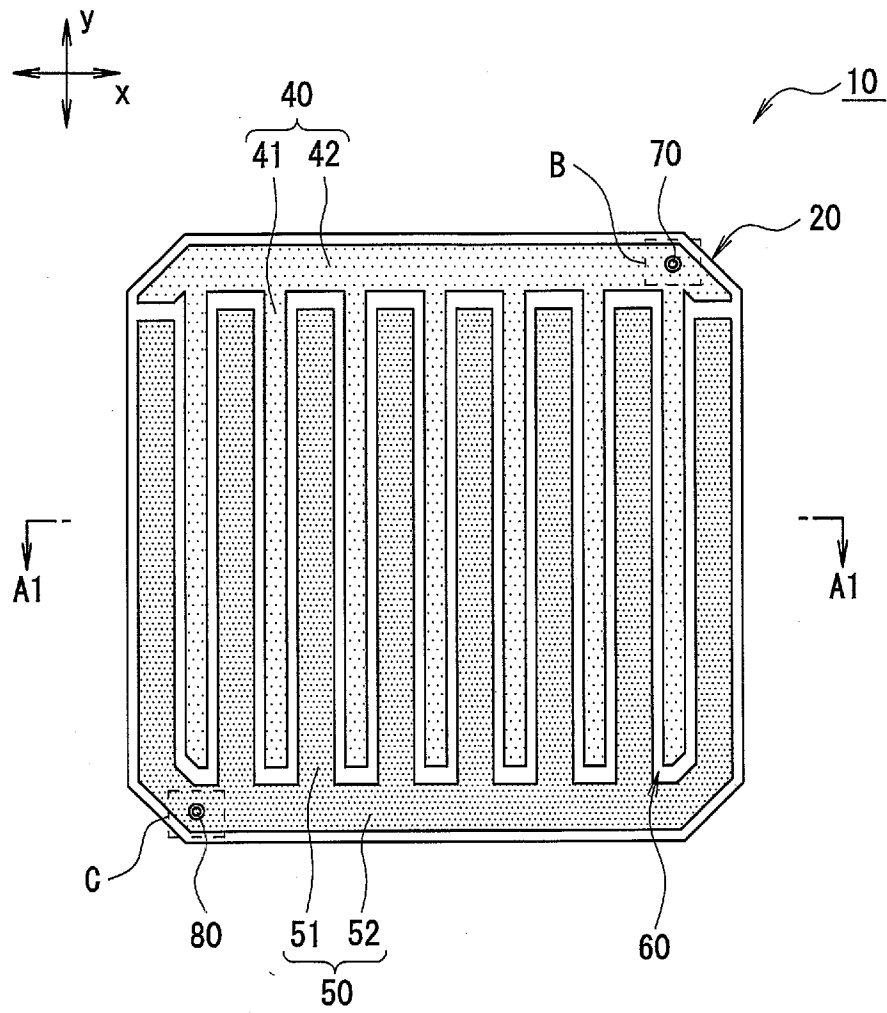
前記半導体基板上及び前記第1パターニング層上の少なくとも一方に前記第2パターニング層を形成し、前記第2パターニング層に凹状部を設けて、又は該層を島状に残して前記マークセットを構成する第2マークを形成する第2工程と、

を備え、

前記第2工程では、前記第2パターニング層及び前記第2マークを形成するためのマスクパターンを有するマスクを使用し、前記マスクパターンのうち前記第2マークに対応するパターンが前記第1マークからはみ出すことなく前記第1マーク内に位置するように、前記マス

クの配置を調整する太陽電池の製造方法。

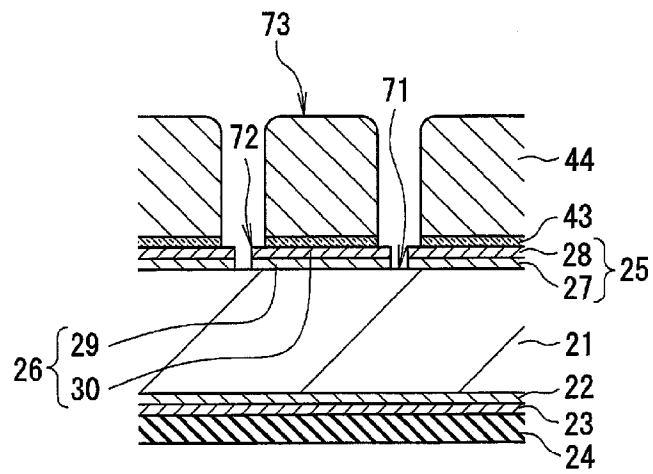
[図1]



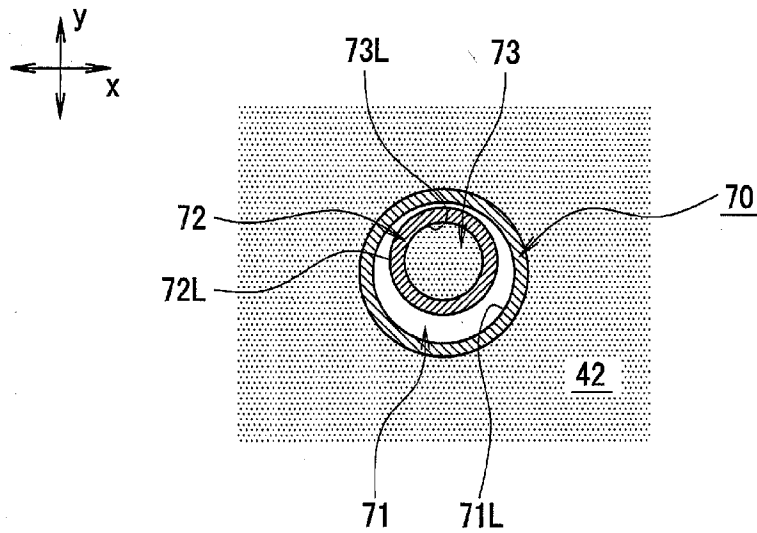
A cross-sectional view of a semiconductor device 10. The device features a substrate 21a with a base layer 21b. A series of gate structures 40 are formed on the substrate, each consisting of a gate dielectric 43 and a gate electrode 44. The gate structures are separated by spacers 26*. A layer 27 is formed on the substrate, and a layer 28 is formed on top of layer 27. A layer 29 is formed on the substrate, and a layer 30 is formed on top of layer 29. A layer 31 is formed on the substrate, and a layer 32 is formed on top of layer 31. A layer 33 is formed on the substrate, and a layer 34 is formed on top of layer 33. A layer 35 is formed on the substrate, and a layer 36 is formed on top of layer 35. A layer 37 is formed on the substrate, and a layer 38 is formed on top of layer 37. A layer 39 is formed on the substrate, and a layer 40 is formed on top of layer 39. A layer 41 is formed on the substrate, and a layer 42 is formed on top of layer 41. A layer 43 is formed on the substrate, and a layer 44 is formed on top of layer 43. A layer 45 is formed on the substrate, and a layer 46 is formed on top of layer 45. A layer 47 is formed on the substrate, and a layer 48 is formed on top of layer 47. A layer 49 is formed on the substrate, and a layer 50 is formed on top of layer 49. A layer 51 is formed on the substrate, and a layer 52 is formed on top of layer 51. A layer 53 is formed on the substrate, and a layer 54 is formed on top of layer 53. A layer 55 is formed on the substrate, and a layer 56 is formed on top of layer 55. A layer 57 is formed on the substrate, and a layer 58 is formed on top of layer 57. A layer 59 is formed on the substrate, and a layer 60 is formed on top of layer 59. A layer 61 is formed on the substrate, and a layer 62 is formed on top of layer 61. A layer 63 is formed on the substrate, and a layer 64 is formed on top of layer 63. A layer 65 is formed on the substrate, and a layer 66 is formed on top of layer 65. A layer 67 is formed on the substrate, and a layer 68 is formed on top of layer 67. A layer 69 is formed on the substrate, and a layer 70 is formed on top of layer 69. A layer 71 is formed on the substrate, and a layer 72 is formed on top of layer 71. A layer 73 is formed on the substrate, and a layer 74 is formed on top of layer 73. A layer 75 is formed on the substrate, and a layer 76 is formed on top of layer 75. A layer 77 is formed on the substrate, and a layer 78 is formed on top of layer 77. A layer 79 is formed on the substrate, and a layer 80 is formed on top of layer 79. A layer 81 is formed on the substrate, and a layer 82 is formed on top of layer 81. A layer 83 is formed on the substrate, and a layer 84 is formed on top of layer 83. A layer 85 is formed on the substrate, and a layer 86 is formed on top of layer 85. A layer 87 is formed on the substrate, and a layer 88 is formed on top of layer 87. A layer 89 is formed on the substrate, and a layer 90 is formed on top of layer 89. A layer 91 is formed on the substrate, and a layer 92 is formed on top of layer 91. A layer 93 is formed on the substrate, and a layer 94 is formed on top of layer 93. A layer 95 is formed on the substrate, and a layer 96 is formed on top of layer 95. A layer 97 is formed on the substrate, and a layer 98 is formed on top of layer 97. A layer 99 is formed on the substrate, and a layer 100 is formed on top of layer 99.

FIG. 1 is a cross-sectional view of a circular device 70. The device features a central core 71, which includes a layer 71L. Surrounding the core is a ring 72, which includes a layer 72L. The outermost layer of the device is 73, which includes a sub-layer 73L. The device 70 is positioned on a substrate 42. Dimensions D1 and D2 are indicated at the top of the device, and A2 is indicated on the left and right sides, representing a cross-sectional view.

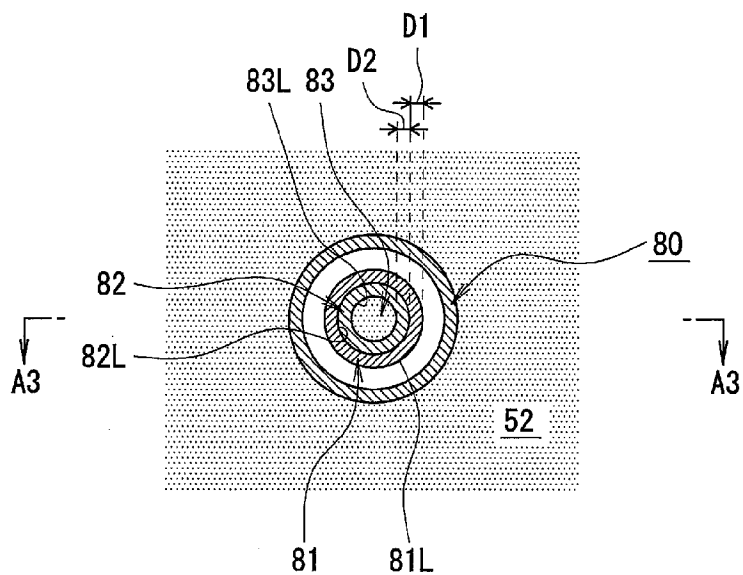
[図4]



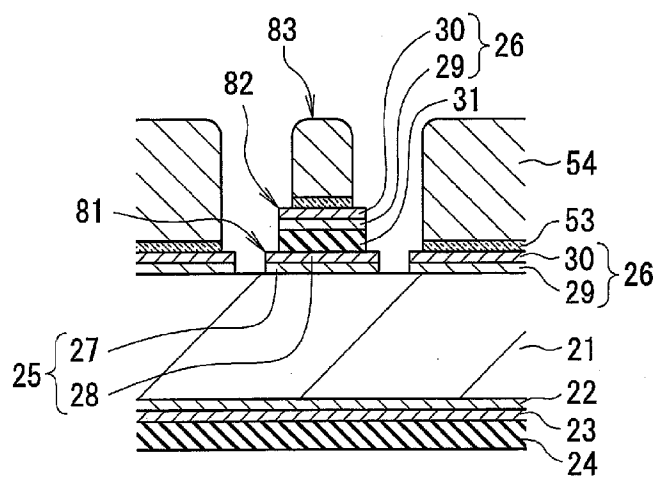
[図5]



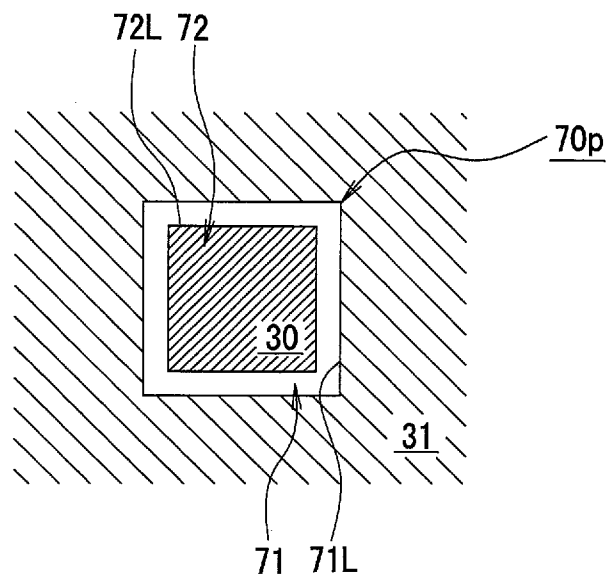
[図6]



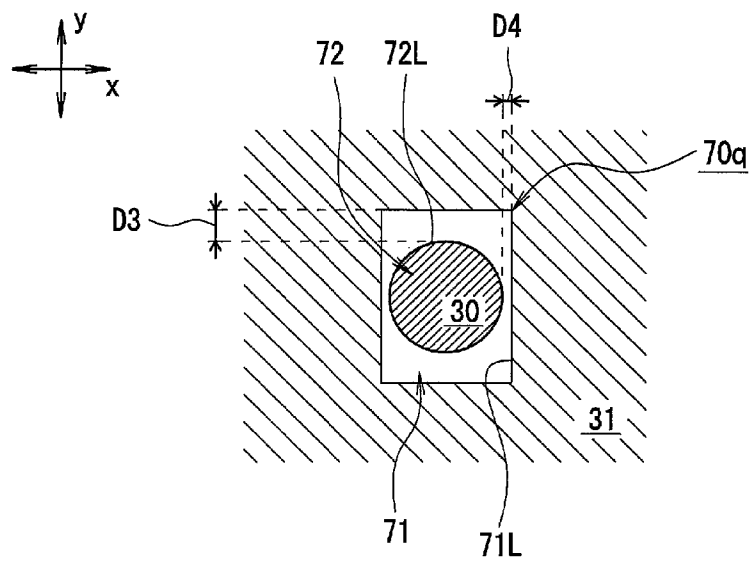
[図7]



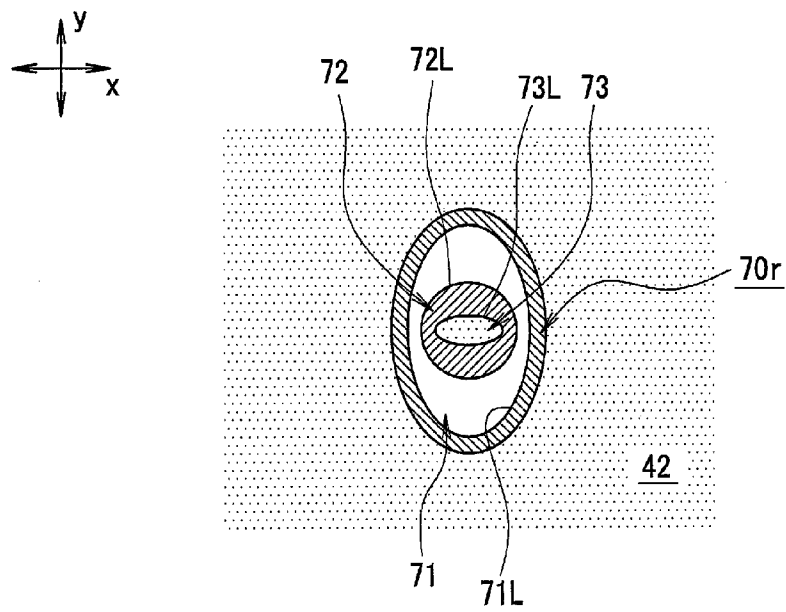
[図8]



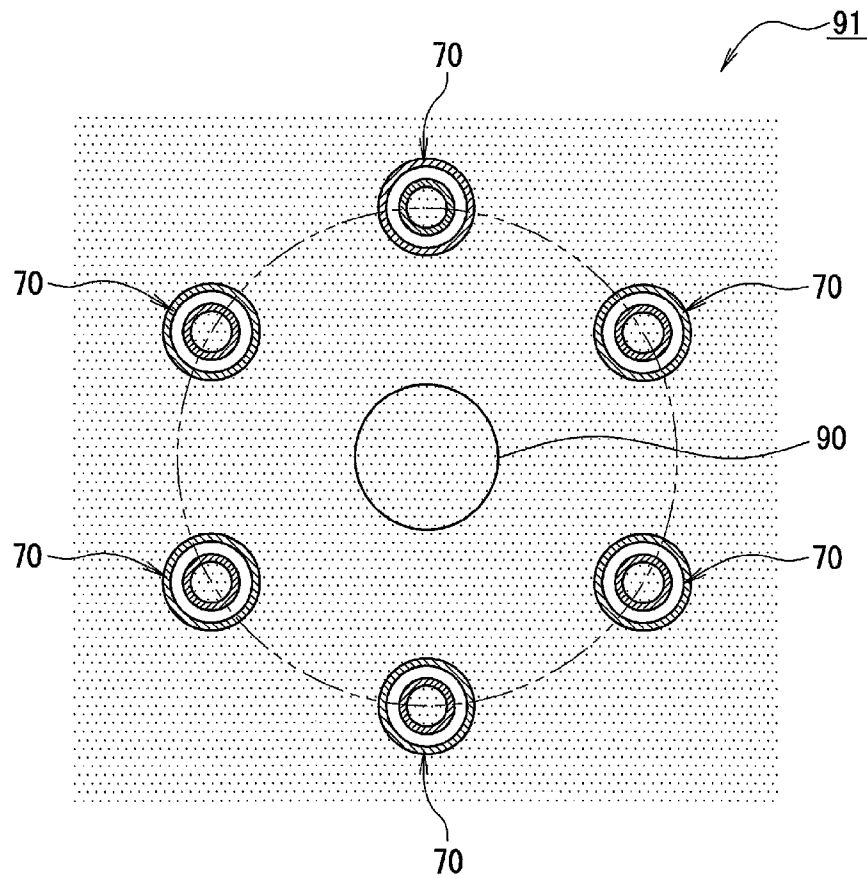
[図9]



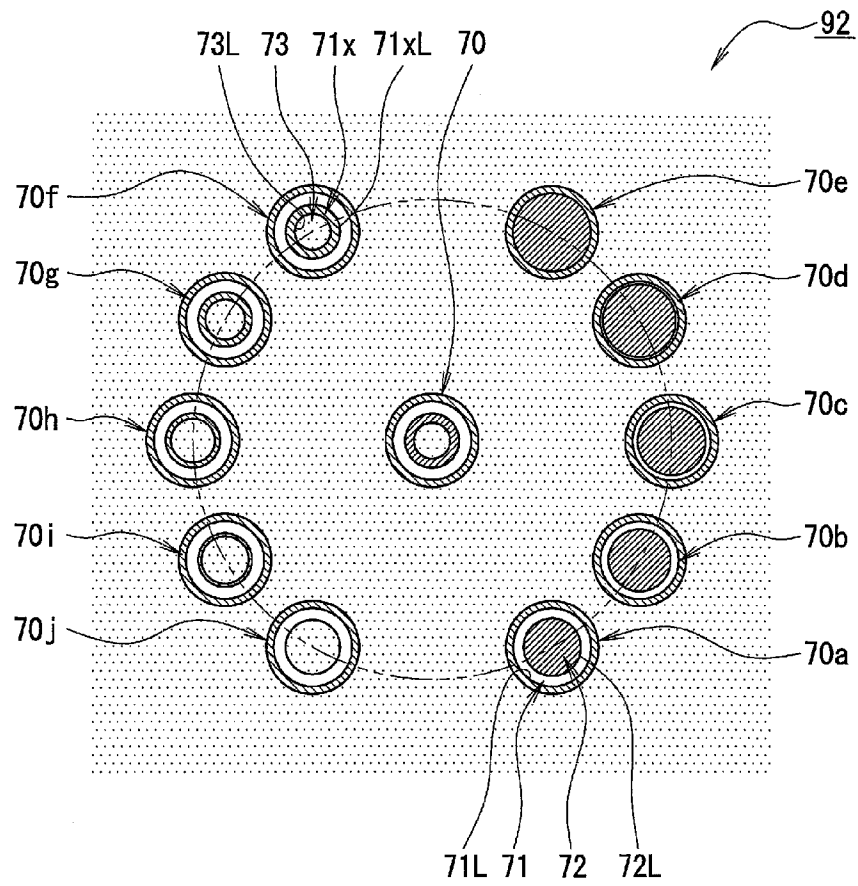
[図10]



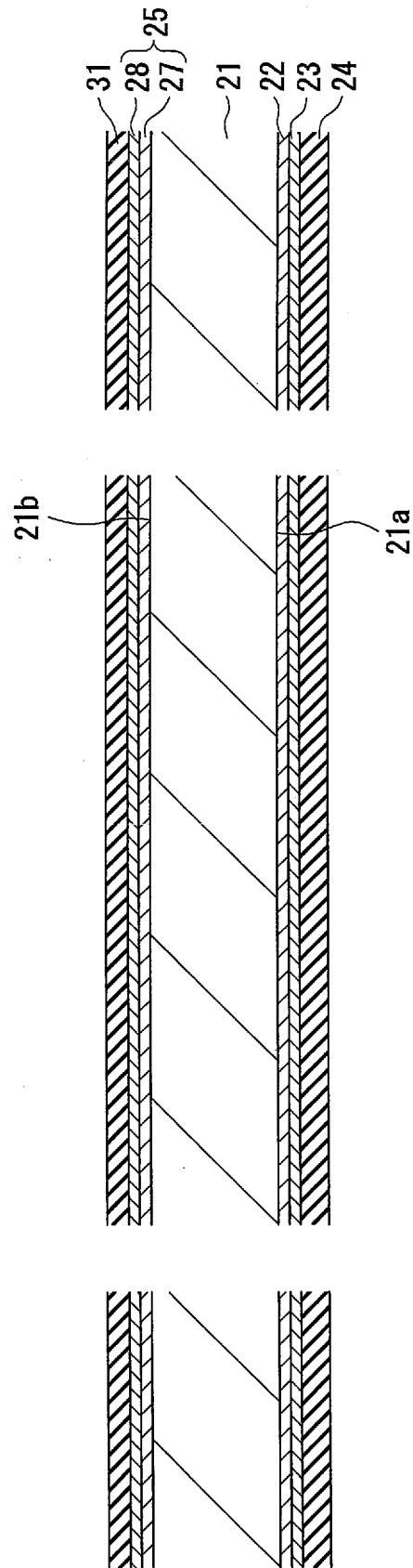
[図11]



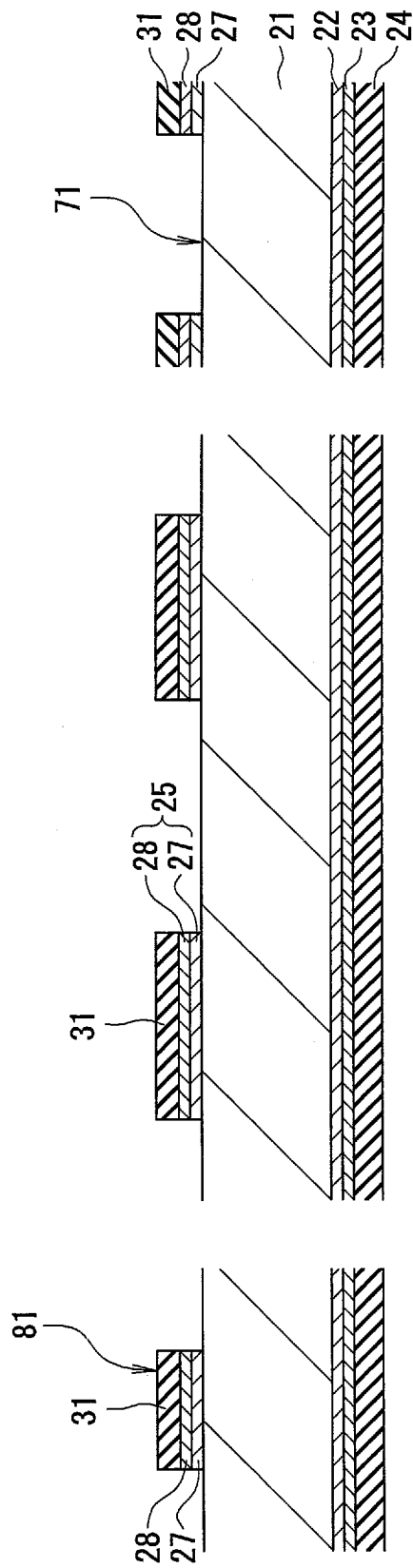
[図12]



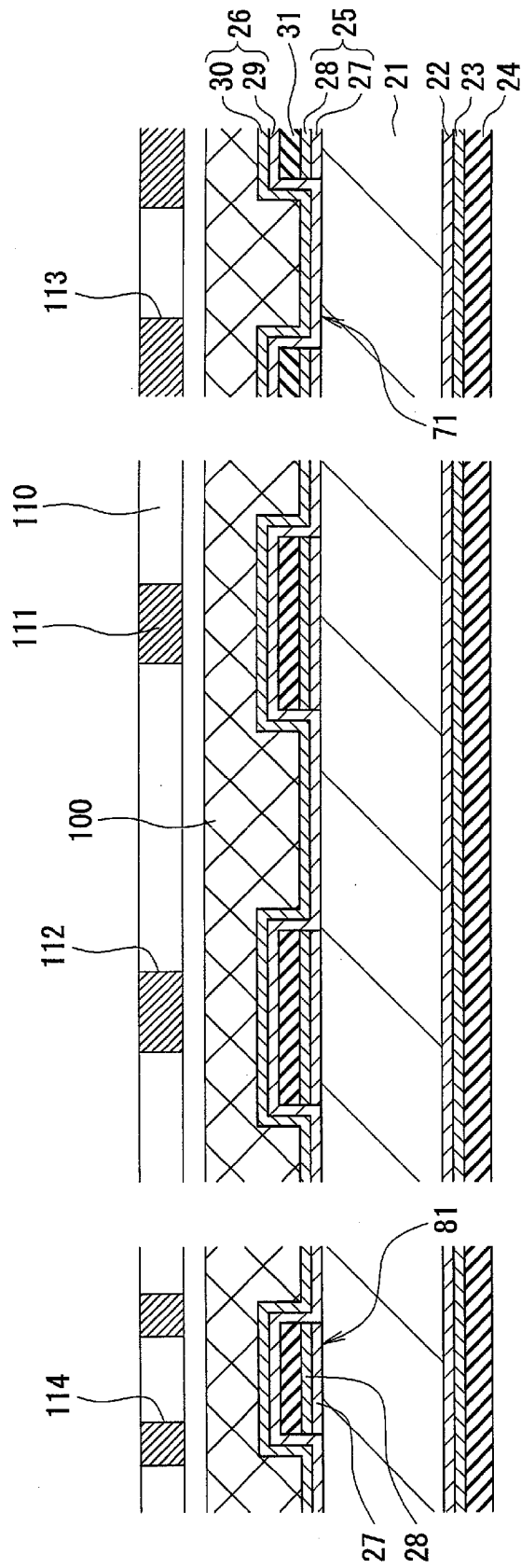
[図13]



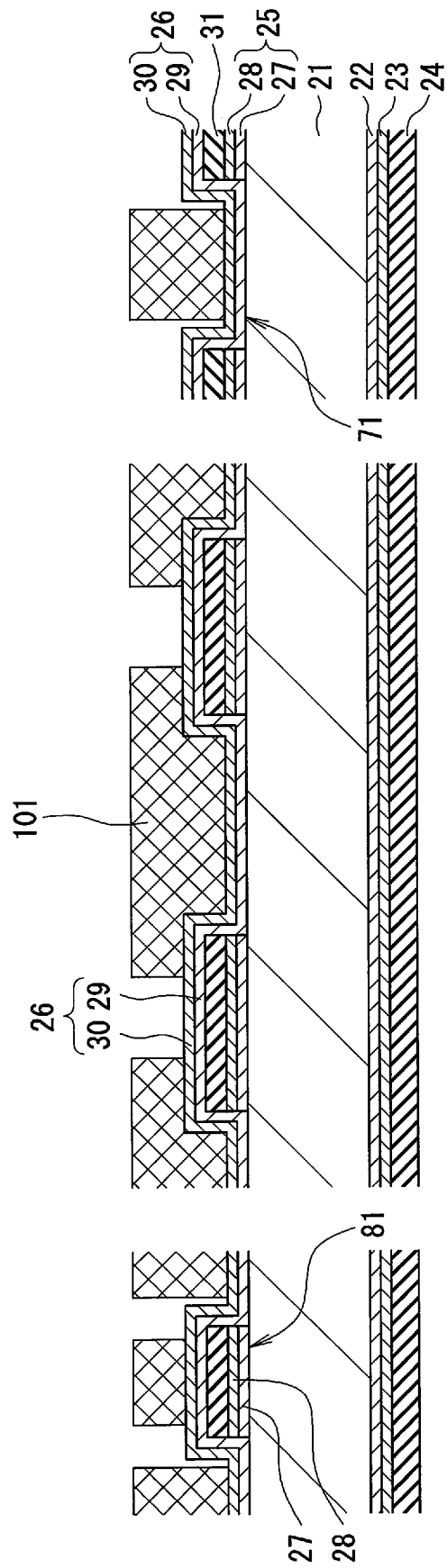
[図14]



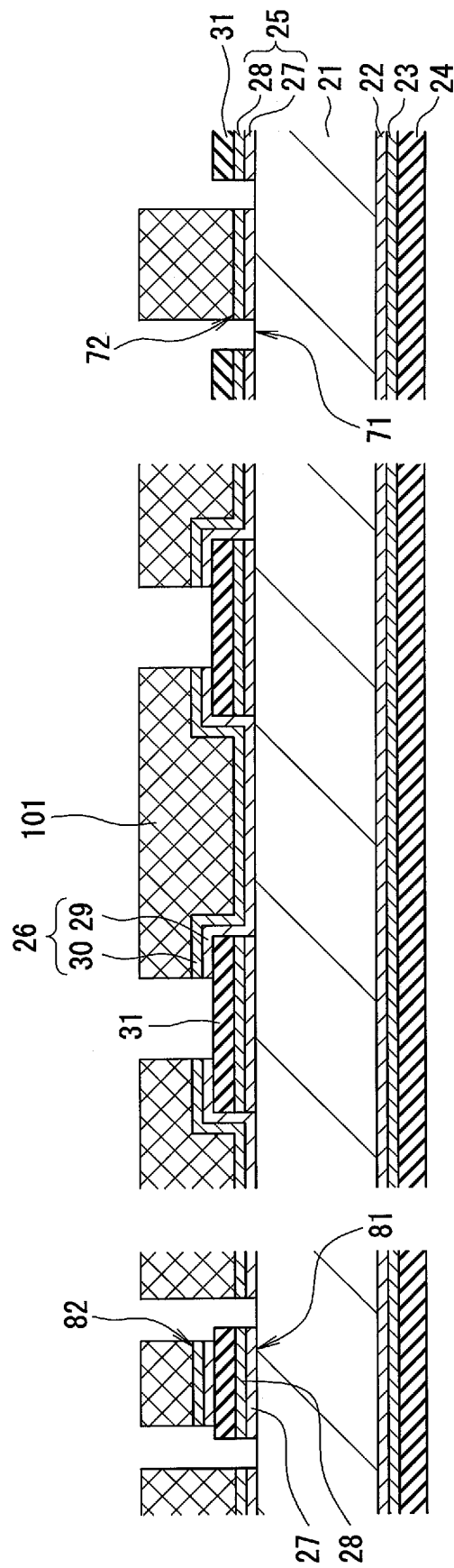
[図16]



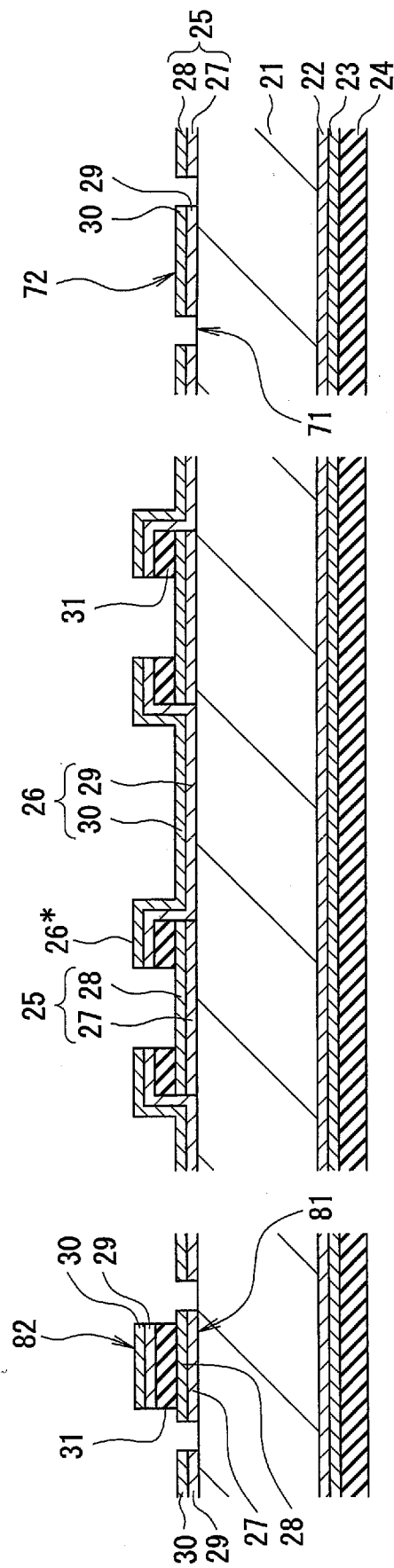
[図17]



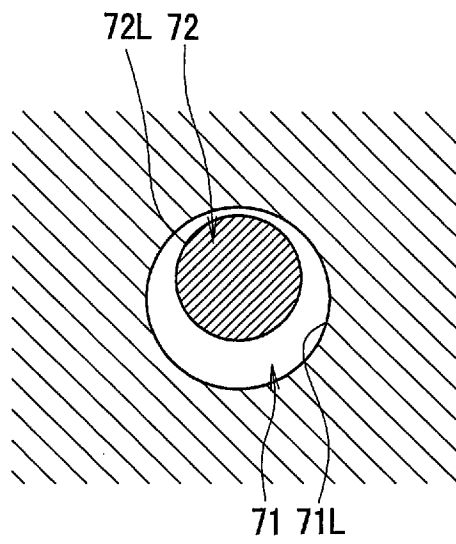
[図18]



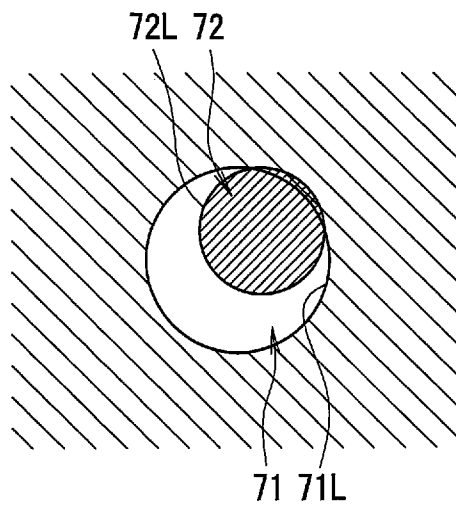
[図19]



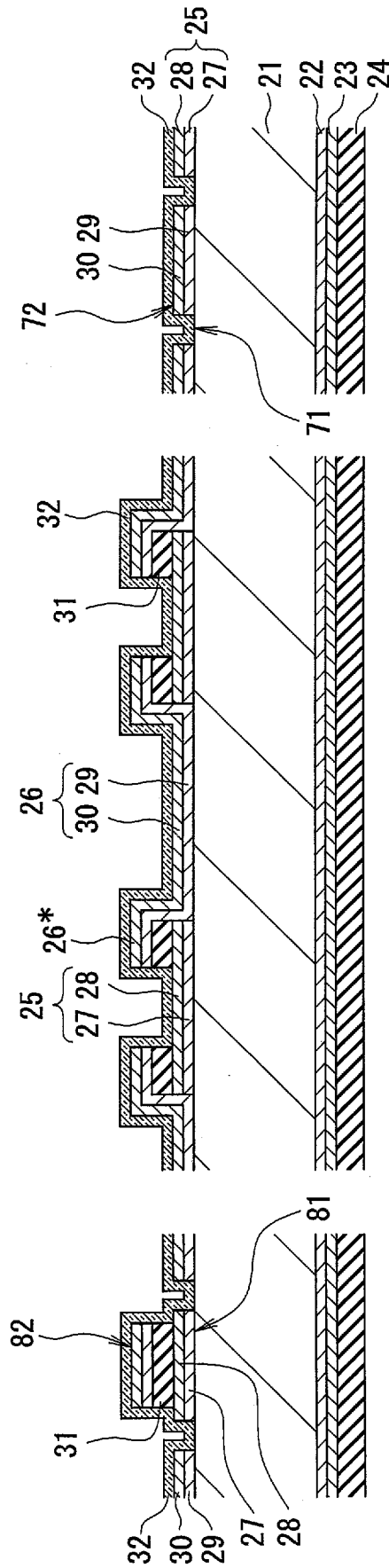
[図20]



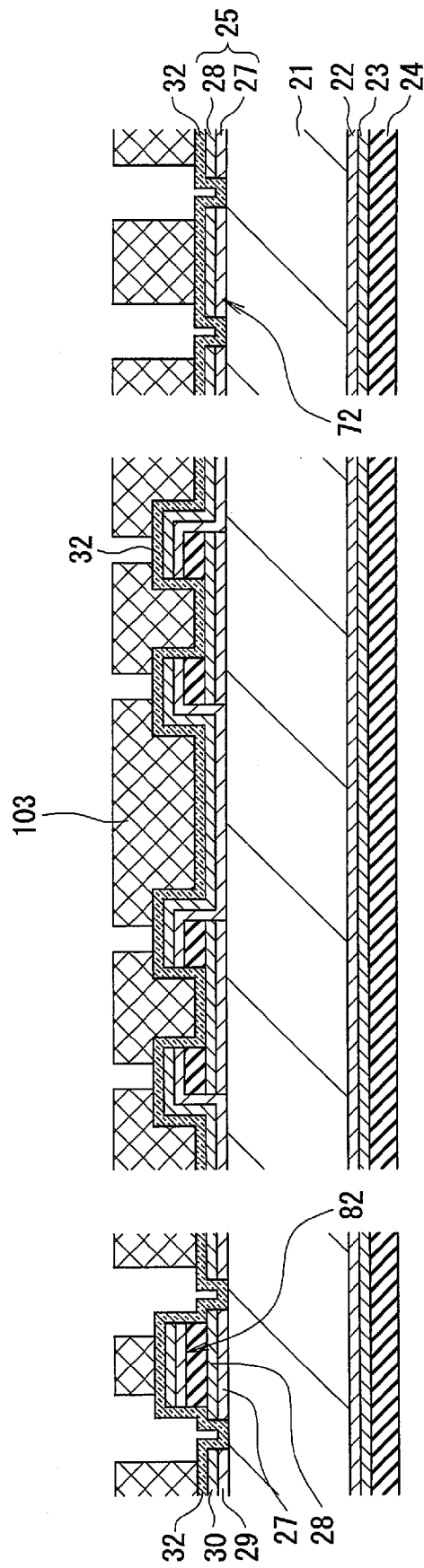
[図21]



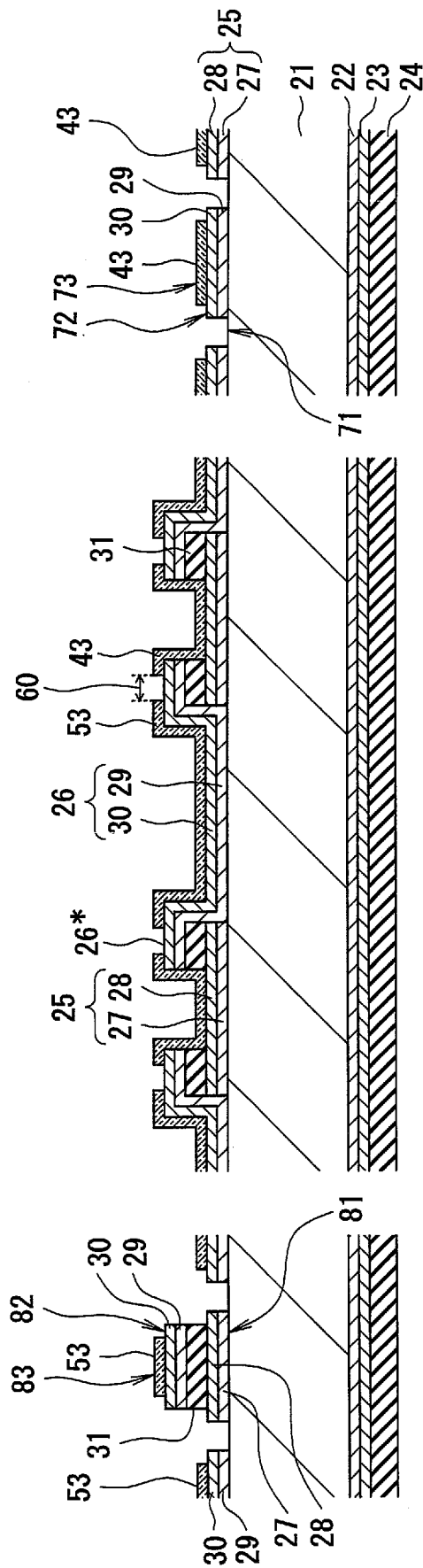
[図22]



[図24]



[図25]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/057027

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L31/18 (2006.01) i, H01L31/0224 (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)

H01L31/18, H01L31/0224, H01L31/04-31/078

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 08-148709 A (Mitsubishi Electric Corp.), 07 June 1996 (07.06.1996), paragraphs [0086] to [0099]; fig. 16 to 32 & US 6096569 A	1-6, 9-13 7-8
Y	WO 2012/018119 A1 (Sanyo Electric Co., Ltd.), 09 February 2012 (09.02.2012), entire text; all drawings (Family: none)	7-8



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
30 April, 2013 (30.04.13)

Date of mailing of the international search report
14 May, 2013 (14.05.13)

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（I P C））
Int.Cl. H01L31/18(2006.01)i, H01L31/0224(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（I P C））

Int.Cl. H01L31/18, H01L31/0224, H01L31/04-31/078

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 08-148709 A（三菱電機株式会社）1996.06.07, 段落【0086】－【0099】、【図16】－【図32】	1-6, 9-13
Y	& US 6096569 A	7-8
Y	WO 2012/018119 A1（三洋電機株式会社）2012.02.09, 全文, 全図 (ファミリーなし)	7-8

☐ 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

3 0 . 0 4 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

1 4 . 0 5 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（I S A / 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）

和田 将彦

電話番号 03-3581-1101 内線 3255

2 K

3 3 1 3