

PCT

- WO 2011/010373 A1**

半導体基板の一面側に絶縁膜を形成する第1工程と、前記絶縁膜における電極形成領域に電極形成溝を形成する第2工程と、主成分として金属粒子を含有する電極印刷ペーストを、前記電極形成溝上および前記絶縁膜における前記電極形成溝を挟む領域を覆って前記電極形成溝の幅よりも幅広に印刷し、乾燥する第3工程と、前記金属粒子の融点以上、または共晶温度以上の温度で前記電極ペーストを焼成して、前記電極ペーストを前記電極形成溝上に凝集させて凝固させることにより、前記電極形成溝の幅の電極を形成する第4工程と、を含む。

明 細 書

発明の名称： 太陽電池セルおよびその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、太陽電池セルおよびその製造方法に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、シリコン（Si）を主成分とした太陽電池セルの大量生産を目指した製造工程では、一般的に、金属粉末を含有するペーストをスクリーン印刷法により太陽電池基板に印刷、乾燥、焼結して、太陽電池基板上に電極を形成している（たとえば、特許文献1参照）。ここで、太陽電池セルの受光面（表面）に設けられる受光面側電極においては、光電変換効率を向上させるために、低い電極抵抗を維持しつつ、実効の受光面積を減らす要因となる受光面における電極面積を減らすことが重要である。すなわち、受光面側電極は、低い電極抵抗を維持しつつ、アスペクト比（電極厚み／電極幅）が極力高くされることが好ましい。

[0003] 特許文献1：特開平2-298078号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、通常のスクリーン印刷法を用いて受光面側電極を形成する場合は、焼結後の電極寸法は幅100 μ m、厚み20 μ m、アスペクト比（電極厚み／電極幅）が0.2程度が限界である。これよりも電極幅を短縮しつつ、電極断面積を維持するために厚みの厚い電極、すなわちアスペクト比の高い状態に印刷することは困難である。

[0005] また、太陽電池セルの裏面側のキャリア再結合による特性低下を抑制するために、アルミニウム（Al）電極を直接シリコン基板に接触させず、シリコン基板の裏面の高品質な結晶性を維持させるためにシリコン基板の裏面に絶縁膜を形成し、該絶縁膜に穴や溝を設けて裏面側電極設けた構造の研究開発が盛んである。このような構造では、穴や溝の微細化がキーポイントとな

っており、上述した受光面側電極の形成と同様に高アスペクト比で低抵抗な印刷電極の製造方法の開発が必須である。

[0006] さらに、スクリーン印刷法を用いて太陽電池セルの電極を形成する場合は、金属粒子を含むペーストを印刷、乾燥、焼結して形成するため、乾燥後にペースト内の金属粒子間に存在した空隙が焼結後まで残存し、最終的に電極内部に残存する。電極内部に空隙が存在する場合には、太陽電池セルの寿命を劣化させる水分等が電極内に侵入しやすい。このため、電極の形成においては、太陽電池セルの耐久性を向上させるために電極内の空隙を無くすることが重要である。また、電極内の空隙は、電極の抵抗を高くする要因にもなる。

[0007] したがって、安価で大量生産に適したスクリーン印刷法を用いた太陽電池セルの電極の形成においては、電極抵抗を低く維持しつつアスペクト比を向上させて電極の微細化を図るとともに、電極内の空隙を減らして太陽電池セルの寿命劣化を防ぐことが望まれている。

[0008] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、光電変換効率および耐久性に優れ、安価に量産可能な太陽電池セルおよびその製造方法を得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明は、半導体基板の一面側に絶縁膜を形成する第1工程と、前記絶縁膜における電極形成領域に電極形成溝を形成する第2工程と、主成分として金属粒子を含有する電極印刷ペーストを、前記電極形成溝上および前記絶縁膜における前記電極形成溝を挟む領域を覆って前記電極形成溝の幅よりも幅広に印刷し、乾燥する第3工程と、前記金属粒子の融点以上、または共晶温度以上の温度で前記電極ペーストを焼成して、前記電極ペーストを前記電極形成溝上に凝集させて凝固させることにより、前記電極形成溝の幅の電極を形成する第4工程と、を含むことを特徴とする。

発明の効果

[0010] 本発明によれば、安価で大量生産が容易な従来の印刷法を用いて、電極の抵抗を増加させずに電極の細線化および厚膜化を図り、電極による面積の低減を抑制し、光電変換効率の高効率化および耐久性に優れた太陽電池セルを安価に量産することができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1-1]図1-1は、本発明の実施の形態にかかる太陽電池セルの断面構造を説明するための要部断面図である。

[図1-2]図1-2は、本発明の実施の形態にかかる太陽電池セルを受光面側からみた太陽電池セルの上面図である。

[図1-3]図1-3は、本発明の実施の形態にかかる太陽電池セルを受光面と反対側（裏面側）からみた太陽電池セルの下面図である。

[図2-1]図2-1は、本発明の実施の形態にかかる太陽電池セルの製造工程を説明するための断面図である。

[図2-2]図2-2は、本発明の実施の形態にかかる太陽電池セルの製造工程を説明するための断面図である。

[図2-3]図2-3は、本発明の実施の形態にかかる太陽電池セルの製造工程を説明するための断面図である。

[図2-4]図2-4は、本発明の実施の形態にかかる太陽電池セルの製造工程を説明するための断面図である。

[図2-5]図2-5は、本発明の実施の形態にかかる太陽電池セルの製造工程を説明するための断面図である。

[図3]図3は、スクリーン印刷法を用いた従来の電極の形成方法によりグリッド電極を形成した場合における、設計幅に対する焼成後のグリッド電極の実印刷幅と実印刷厚とを示す特性図である。

符号の説明

- [0012]
- 1 半導体基板
 - 2 p型シリコン基板
 - 3 不純物拡散層（n型不純物拡散層）

- 4 反射防止膜
- 5 受光面側電極
- 6 表グリッド電極
- 7 表バス電極
- 8 絶縁膜
- 9 裏面側電極
- 10 裏グリッド電極
- 11 裏バス電極
- 13 表グリッド電極形成溝
- 14 裏グリッド電極形成溝
- 21 表電極印刷ペースト
- 22 金属粒子間の空隙
- 23 裏電極印刷ペースト
- 24 金属粒子間の空隙
- WF 表グリッド電極の電極幅
- WR 裏グリッド電極の電極幅
- DF 表グリッド電極の電極厚
- DR 裏グリッド電極の電極厚
- WF1 表グリッド電極形成溝の幅、
- WR1 裏グリッド電極形成溝の幅、
- WF' 表グリッド電極の印刷ペースト幅、
- WR' 裏グリッド電極の印刷ペースト幅、
- DF' 表グリッド電極の印刷ペースト厚、
- DR' 裏グリッド電極の印刷ペースト厚、

発明を実施するための最良の形態

[0013] 以下に、本発明にかかる太陽電池セルおよびその製造方法の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、本発明は以下の記述により限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において適宜変更可能であ

る。また、以下に示す図面においては、理解の容易のため、各部材の縮尺が実際とは異なる場合がある。各図面間においても同様である。

[0014] 実施の形態

図 1-1 ~ 図 1-3 は、本実施の形態にかかる太陽電池セルの構成を示す図であり、図 1-1 は、太陽電池セルの断面構造を説明するための要部断面図、図 1-2 は、受光面側からみた太陽電池セルの上面図、図 1-3 は、受光面と反対側（裏面側）からみた太陽電池セルの下面図である。図 1-1 は、図 1-2 の線分 A-A における要部断面図である。

[0015] 本実施の形態にかかる太陽電池セルは、図 1-1 ~ 図 1-3 に示されるように、光電変換機能を有する太陽電池基板であって p n 接合を有する半導体基板 1 と、半導体基板 1 の受光面側の面（表面）に形成されて受光面での入射光の反射を防止する絶縁膜である酸化窒化水素化珪素膜（SiONH 膜）からなる反射防止膜 4 と、半導体基板 1 の受光面側の面（表面）において反射防止膜 4 に囲まれて形成された第 1 電極である受光面側電極 5 と、半導体基板 1 の受光面と反対側の面（裏面）に形成された酸化窒化水素化珪素膜（SiONH 膜）からなる絶縁膜 8 と、半導体基板 1 で発電された電気の取り出しと入射光の反射を目的として半導体基板 1 の裏面において絶縁膜 8 に囲まれて形成された第 2 電極である裏面側電極 9 と、を備える。

[0016] 半導体基板 1 は、第 1 導電型層である p 型シリコン基板 2 と、半導体基板 1 の受光面側にリン拡散によって形成された第 2 導電型層である不純物拡散層（n 型不純物拡散層）3 と、により p n 接合が構成されている。n 型不純物拡散層 3 は、表面シート抵抗が $30 \sim 100 \Omega/\square$ とされている。

[0017] 反射防止膜 4 および絶縁膜 8 は、電極形成時の焼成温度で熔融しない比較的融点の高いシリコン系の絶縁膜として、酸化窒化水素化珪素膜（SiONH 膜）が用いられている。なお、酸化窒化水素化珪素膜（SiONH 膜）の他に SiN 膜などのシリコン系の絶縁膜を用いてもよい。

[0018] 受光面側電極 5 は、太陽電池セルの表グリッド電極 6 および表バス電極 7 を含み、n 型不純物拡散層 3 に電氣的に接続されている。表グリッド電極 6

は、半導体基板 1 で発電された電気を集電するために受光面に局所的に設けられている。表バス電極 7 は、表グリッド電極 6 で集電された電気を取り出すために表グリッド電極 6 にほぼ直交して設けられている。ここで、表グリッド電極 6 の寸法は、表グリッド電極の電極幅 $WF = 50 \mu m$ 、表グリッド電極の電極厚 $DF = 50 \mu m$ であり、表グリッド電極の電極幅 WF と表グリッド電極の電極厚 DF とのアスペクト比（電極厚み／電極幅）は 1 である。

[0019] また、裏面側電極 9 は、裏グリッド電極 5 の電極パターンと略同等のくし型形状に形成されており、裏グリッド電極 10 と裏バス電極 11 とを有する。ここで、裏グリッド電極 10 の寸法は、裏グリッド電極の電極幅 $WR = 500 \mu m$ 、裏グリッド電極の電極厚 $DR = 50 \mu m$ であり、裏グリッド電極の電極幅 WR と裏グリッド電極の電極厚 DR とのアスペクト比（電極厚み／電極幅）は 0.1 である。

[0020] また、半導体基板 1 の裏面側の領域であって裏面側電極 9 に接する領域には p 型シリコン基板 2 と等しい導電型の高濃度拡散層である p+層（BSF : Back Surface Filed 層）12 が形成されている。

[0021] このように構成された太陽電池セルでは、太陽光が太陽電池セルの受光面側から半導体基板 1 の p n 接合面（p 型シリコン基板 2 と n 型不純物拡散層 3 との接合面）に照射されると、ホールと電子が生成する。p n 接合部の電界によって、生成した電子は n 型不純物拡散層 3 に向かって移動し、ホールは p 型シリコン基板 2 に向かって移動する。これにより、n 型不純物拡散層 3 に電子が過剰となり、p 型シリコン基板 2 にホールが過剰となる結果、光起電力が発生する。この光起電力は p n 接合を順方向にバイアスする向きに生じ、n 型不純物拡散層 3 に接続した受光面側電極 5 がマイナス極となり、p 型シリコン基板 2 に接続した裏面側電極 9 がプラス極となって、図示しない外部回路に電流が流れる。

[0022] 以上のように構成された本実施の形態にかかる太陽電池セルにおいては、受光面側電極 5 の表グリッド電極 6 の断面積が $2,500 \mu m^2$ 程度確保されており、且つアスペクト比が 1 とされており、微細な電極が実現されている

。これにより、電極断面積を維持して低い電極抵抗を維持しつつ、実効の受光面積を減らす要因となる表グリッド電極 6 による面積の低減が抑制され、光電変換効率の向上が図られている。

[0023] また、本実施の形態にかかる太陽電池セルにおいては、受光面側電極 5 および裏面側電極 9 の電極内部に空隙が存在しない。このため、この太陽電池セルでは、太陽電池セルの寿命を劣化させる水分等が電極内部に侵入しづらく、また電極内の空隙に起因した電極抵抗の増加が防止されている。

[0024] したがって、本実施の形態にかかる太陽電池セルにおいては、光電変換効率の高効率化および耐久性の向上が図られた太陽電池セルが実現されている。

[0025] つぎに、このような太陽電池セルの製造方法の一例について図 2-1～図 2-5 を参照して説明する。図 2-1～図 2-5 は、本実施の形態にかかる太陽電池セルの製造工程を説明するための断面図である。

[0026] まず、図 2-1 に示すように半導体基板 1 として例えば p 型多結晶シリコン基板を用意する（以下、p 型多結晶シリコン基板 1 と呼ぶ）。p 型多結晶シリコン基板 1 は、ホウ素（B）等の III 族元素を含有した電気抵抗が $0.5 \sim 3 \Omega \cdot \text{cm}^2$ 程度の多結晶シリコン基板である。p 型多結晶シリコン基板 1 は、熔融したシリコンを冷却固化してできたインゴットをワイヤーソーでスライスして製造するため、表面にスライス時のダメージが残っている。そこで、まずはこのダメージ層の除去も兼ねて、p 型多結晶シリコン基板 1 を加熱したアルカリ溶液中、例えば水酸化ナトリウム水溶液に浸漬して表面をエッチングすることにより、シリコン基板の切り出し時に発生して p 型多結晶シリコン基板 1 の表面近くに存在するダメージ領域を取り除く。

[0027] つぎに、この p 型多結晶シリコン基板 1 をオキシ塩化リン（ POCl_3 ）ガス雰囲気中、例えば 820°C で 10 分程度加熱することにより、図 2-1 に示すように p 型多結晶シリコン基板 1 の表面に、表面シート抵抗が $30 \sim 100 \Omega/\square$ の n 型不純物拡散層 3 を形成して半導体 p-n 接合を形成する。

[0028] つぎに、図 2-2 に示すように、p 型多結晶シリコン基板 1 の表面に反射

防止膜 4 として、酸素ガス (O_2)、モノシランガス (SiH_4) やアンモニアガス (NH_3) を用いた PECVD 法により屈折率が 2.0 ~ 2.3、膜厚が 650 ~ 900 nm の酸化窒化水素化珪素膜 ($SiONH$ 膜) を一様な厚みで成膜する。この反射防止膜 4 は、p 型多結晶シリコン基板 1 の表面のパッシベーション膜としての機能を兼ねている。また、p 型多結晶シリコン基板 1 の裏面側の結晶性を改善するために、図 2-2 に示すように、p 型多結晶シリコン基板 1 の裏面に絶縁膜 8 として、酸素ガス (O_2)、モノシランガス (SiH_4) やアンモニアガス (NH_3) を用いた PECVD 法により反射防止膜 4 と同様な酸化窒化水素化珪素膜 ($SiONH$ 膜) を一様な厚みで成膜する。

[0029] つぎに、図 2-3 に示すように、反射防止膜 4 における受光面側電極 5 の形成領域に、レーザー加工により例えば $70\ \mu m$ 以下の微細な幅の溝や穴を形成する。本実施の形態では、受光面側電極形成溝のうち表グリッド電極 6 を成形するための表グリッド電極形成溝としては、反射防止膜 4 における表グリッド電極 6 の形成領域に、波長 355 nm、レーザーエネルギー密度 $3 \sim 10\ mJ/cm^2$ のレーザー光を用いて表グリッド電極形成溝の幅 WF 1 が $50\ \mu m$ の表グリッド電極形成溝 13 を形成する。

[0030] また、図 2-3 に示すように、絶縁膜 8 における裏面側電極 9 の形成領域に、レーザー加工により微細な幅の溝や穴を形成する。本実施の形態では、裏面側電極形成溝のうち裏グリッド電極 10 を成形するための裏グリッド電極形成溝としては、絶縁膜 8 における裏グリッド電極 10 の形成領域に、波長 355 nm、レーザーエネルギー密度 $3 \sim 10\ mJ/cm^2$ のレーザー光を用いて裏グリッド電極形成溝の幅 WR 1 が $500\ \mu m$ の裏面側電極形成溝 14 を形成する。

[0031] つぎに、図 2-4 に示すように受光面側電極形成溝を含む反射防止膜 4 上に、受光面側電極 5 のパターン、すなわち表グリッド電極 6 と表バス電極 7 とのパターンに表電極印刷ペースト 21 をスクリーン印刷し、乾燥させて、表グリッド電極 6 と表バス電極 7 とを形成する（焼成前）。ここで、表グリ

ッド電極 6 の形成領域においては、表グリッド電極形成溝 13 および反射防止膜 4 上においてこの溝を挟む領域を覆って表グリッド電極形成溝 13 の幅よりも幅広に、表グリッド電極の印刷ペースト幅 WF' を表グリッド電極形成溝の幅 WF よりも広く、 $100\mu m$ 以上として表電極印刷ペースト 21 を印刷する。本実施の形態では、表グリッド電極の印刷ペースト幅 WF' を $100\mu m$ として表電極印刷ペースト 21 をスクリーン印刷する。

[0032] つぎに、図 2-4 に示すように裏面側電極形成溝を含む絶縁膜 8 上に、裏面側電極 9 のパターン、すなわち裏グリッド電極 10 と裏バス電極 11 とのパターンで裏電極印刷ペースト 23 をスクリーン印刷し、乾燥させて、裏グリッド電極 10 と裏バス電極 11 とを形成する（焼成前）。ここで、裏グリッド電極 10 の形成領域においては、裏グリッド電極形成溝 14 および絶縁膜 8 上におけるこの溝を挟む領域を覆って裏グリッド電極形成溝 14 の幅よりも幅広に、裏グリッド電極の印刷ペースト幅 WR' を裏グリッド電極形成溝の幅 WR よりも広く $500\mu m$ 以上として裏電極印刷ペースト 23 を印刷する。本実施の形態では、裏グリッド電極の印刷ペースト幅 WR' を $900\mu m$ として裏電極印刷ペースト 23 をスクリーン印刷する。

[0033] ここで、電極の印刷に使用するペーストの成分について説明する。表グリッド電極 6 の表電極印刷ペースト 21 は、例えば印刷性を確保するためのエチルセルロースやシンナー溶剤と、銀 (Ag)、銅 (Cu)、金 (Au)、白金 (Pt)、鉛 (Pb)、アルミニウム (Al) のうちの何れか 1 つもしくは複数の成分、またはこれらの成分の合金の金属粒子と、これらの金属粒子と p 型多結晶シリコン基板 1 の焼成時における反応開始促進として銀 (Ag) よりも融点の低いガラス成分である酸化亜鉛 (ZnO)、酸化鉛 (PbO)、一酸化シリコン (SiO)、酸化ビスマス (BiO) のうちの何れか 1 つまたは複数の成分を、を含んでなる。上記の金属は、安価に入手可能であり、太陽電池セルの電極成分としての信頼性が高い。

[0034] たとえば印刷ペーストの主成分として銀 (Ag、融点： $962^{\circ}C$) を $80\text{ wt } \%$ 、一酸化鉛 (PbO) を $0.1\text{ wt } \%$ 含む印刷ペーストでは、 100

0℃、3秒の条件での近赤外線ヒータ加熱により、n型不純物拡散層3と受光面側電極5との界面に0.01～0.1μmの深さで金属とシリコンとの反応層を形成することができ、受光面側電極5とn型不純物拡散層3との間で十分に低い接触抵抗が得られる。

[0035] 同様に、裏面側電極9についても、印刷ペーストの主成分としてアルミニウム（Al）粒子を70wt%含む印刷ペーストを用いることで、表グリッド電極6の場合と同様に裏面側電極9とp型シリコン基板2との間で十分に低い接触抵抗が得られる上に、更にp型多結晶シリコン基板1よりも高濃度にドーピングされたp+層（BSF層）12が形成でき、光発電したキャリアの再結合速度をBSF効果によって抑制でき、太陽電池セルの変換効率を高めることができる。

[0036] つぎに、p型多結晶シリコン基板1を表電極印刷ペースト21や裏電極印刷ペースト23の主成分である金属粒子の融点以上、または共晶温度以上の温度で焼成する。複数種の金属粒子を含む場合は、該複数種のうち融点または共晶温度の高い方を基準とする。絶縁膜である反射防止膜4や絶縁膜8と、熔融金属とは濡れ性が良くないので、金属粒子が熔融した表電極印刷ペースト21および裏電極印刷ペースト23は、反射防止膜4や絶縁膜8上に残存せずに、絶縁膜8が存在しない受光面側電極形成溝または裏面側電極形成溝に向かって凝集した後、凝固する。なお、反射防止膜4および絶縁膜8には、電極形成時の焼成温度で熔融しないように比較的融点の高いシリコン系の絶縁膜である酸化窒化水素化珪素膜（SiONH膜）が用いられているため、焼成時に反射防止膜4および絶縁膜8が熔融することはない。

[0037] ここで、表電極印刷ペースト21や裏電極印刷ペースト23の主成分である金属は凝固する際に、表グリッド電極の印刷ペースト幅WF'および裏グリッド電極の印刷ペースト幅WR'は、それぞれ電極幅WFおよび電極幅WRへ縮小される。一方、表グリッド電極の印刷ペースト厚DF'および裏グリッド電極の印刷ペースト厚DR'は、それぞれ電極厚DFおよび電極厚DRへ増大する。これは、絶縁膜と熔融金属との濡れ性が良くないため、金属

粒子が溶融した表電極印刷ペースト 2 1 および裏電極印刷ペースト 2 3 が、絶縁膜 8 が存在しない受光面側電極形成溝または裏面側電極形成溝に集まることによる。これにより、凝集した溶融金属は印刷した幅よりも狭い幅で凝固するが、電極の断面積はほぼ維持される。

[0038] そして、表電極印刷ペースト 2 1 の印刷時から断面積がほぼ維持された状態で表グリッド電極 6（焼成後）が形成され、図 2-5 に示すように表グリッド電極形成溝の幅 WF_1 と同じ電極幅を有し、細線化および厚膜化が図られた表グリッド電極 6（焼成後）が得られる。同様に、裏電極印刷ペースト 2 3 の印刷時から断面積がほぼ維持された状態で裏グリッド電極 10（焼成後）が形成され、図 2-5 に示すように裏グリッド電極形成溝の幅 WR_1 と同じ電極幅を有し、細線化および厚膜化が図られた裏グリッド電極 10（焼成後）が得られる。

[0039] 具体的な寸法として、例えば、表グリッド電極形成溝の幅 $WF_1 = 50 \mu m$ 、表グリッド電極の印刷ペースト幅 $WF' = 120 \mu m$ 、表グリッド電極の印刷ペースト厚 $DF' = 25 \mu m$ とすると、焼成後においては電極幅 $WF = 50 \mu m$ 、電極厚 $DF = 50 \mu m$ 、アスペクト比（電極厚み／電極幅）が 1 である表グリッド電極 6 が得られる。また、裏グリッド電極形成溝の幅 $WR_1 = 500 \mu m$ 、裏グリッド電極の印刷ペースト幅 $WR' = 900 \mu m$ 、裏グリッド電極の印刷ペースト厚 $DR' = 30 \mu m$ とすると、焼成後においては電極幅 $WR = 500 \mu m$ 、電極厚 $DR = 50 \mu m$ 、アスペクト比（電極厚み／電極幅）が 0.1 である裏グリッド電極 10 が得られる。

[0040] また、印刷、乾燥された表電極印刷ペースト 2 1 は、スクリーン印刷に使用するマスクのメッシュに起因して金属粒子間の空隙 2 2 を多く内包する。同様に、印刷、乾燥された裏電極印刷ペースト 2 3 は、スクリーン印刷に使用するマスクのメッシュに起因して金属粒子間の空隙 2 4 を多く内包する。しかし、印刷ペースト内の金属の溶融時間が十分長ければ、印刷・乾燥後に存在した金属粒子間の空隙は無くなる。すなわち、表電極印刷ペースト 2 1 や裏電極印刷ペースト 2 3 の主成分である金属の融点以上や共晶温度以上の

温度で十分な時間だけ焼成すると、金属粒子間の空隙 2 2、金属粒子間の空隙 2 4 は消失し、空隙の無い受光面側電極 5 および裏面側電極 9 が得られる。空隙が内在しない電極は、太陽電池セルの寿命を劣化させる水分等が電極内に侵入し難いため、太陽電池セルの耐湿性が大きく向上し、太陽電池セルの寿命を長く延ばすことができる。また、また電極内の空隙に起因した電極抵抗の増加を防止して、低抵抗の電極を実現できる。

[0041] なお、上記のように印刷ペーストには金属とシリコン基板との接触抵抗を下げる効果を得るために亜鉛（Zn）、鉛（Pb）、シリコン（Si）、ビスマス（Bi）等の酸化物からなるガラス成分を含有させているが、シリコン（Si）、窒素（N）、酸素（O）、水素（H）等からなる絶縁膜はこれらガラス成分に溶融して受光面側電極形成溝や裏面側電極形成溝の形状を破壊する虞がある。このため、印刷ペーストにおけるこれらのガラス成分の含有率は、極力少ないことが好ましい。本実施の形態においては、印刷ペーストを金属粒子の融点以上、または共晶温度以上の温度にまで上げて焼結させるため、これらのガラス成分が極微量含有する、もしくは無い場合でも、p型多結晶シリコン基板 1 のシリコンと金属粒子との界面では金属とシリコンとの反応層が形成され、十分に低い接触抵抗を得ることが可能である。

[0042] 図 3 は、スクリーン印刷法を用いた従来の電極の形成方法によりグリッド電極を形成した場合における、設計幅に対する焼成後のグリッド電極の実印刷幅（ μm ）と実印刷厚（ μm ）とを示す特性図である。ここで、スクリーン印刷マスクの厚みは一定である。図 3 から分かるように、設計幅が $100\mu\text{m}$ の場合、グリッド電極の実印刷幅は $120\mu\text{m}$ 、実印刷厚は $25\mu\text{m}$ であり、アスペクト比（電極厚み／電極幅）は 0.2 である。また、図 3 から分かるように、実印刷幅は設計幅に比例して厚くなる。一方、実印刷厚は、設計幅を $100\mu\text{m}$ より小さくすると印刷ペーストの粘性に起因してスクリーン印刷マスクから印刷ペーストが押し出されにくくなるため激減し、設計幅を $100\mu\text{m}$ より大きくしても飽和傾向を示す。したがって、スクリーン印刷法を用いた従来の電極の形成方法により所望のアスペクト比のグリッド電

極を形成することは困難であり、特に高いアスペクト比のグリッド電極を形成することは困難であった。図3に示した例の場合は、設計幅が $100\mu\text{m}$ 以外の場合には、アスペクト比が0.2より高いグリッド電極を形成することは困難であった。

[0043] これに対して、上述した本実施の形態にかかる太陽電池セルの製造方法では、焼成後において電極幅 $WF = 50\mu\text{m}$ 、電極厚 $DF = 50\mu\text{m}$ 、アスペクト比（電極厚み／電極幅）が1である表グリッド電極6を形成することができ、設計幅が $100\mu\text{m}$ 以外であってアスペクト比の高いグリッド電極を形成することができる。

[0044] 上述したように、本実施の形態にかかる太陽電池セルの製造方法によれば、印刷ペーストの印刷時よりも電極幅が縮小され、電極厚が増大した、細線化および厚膜化が図られた表グリッド電極6を形成することができる。これにより、電極断面積を維持して低い電極抵抗を維持しつつ、実効の受光面積を減らす要因となる電極による面積の低減を抑制し、光電変換効率を向上させることができる。

[0045] また、本実施の形態にかかる太陽電池セルの製造方法によれば、電極内部に空隙が存在しない。このため、電極内部に太陽電池セルの寿命を劣化させる水分等が電極内に侵入しづらく、また電極内の空隙に起因した電極抵抗の増加が防止される。

[0046] また、従来の印刷技術で形成されるグリッド電極幅は $100\mu\text{m}$ 以上であったため、グリッド電極に遮られて発電できない太陽電池セルの受光面積ロス率は3%以上であったが、本実施の形態にかかる太陽電池セルの製造方法においては、グリッド電極幅 $50\mu\text{m}$ 以下、アスペクト比0.8以上の低抵抗なグリッド電極を形成できるため、太陽電池セルの光電変換効率は相対的に2%以上向上する。

[0047] したがって、本実施の形態にかかる太陽電池セルの製造方法においては、光電変換効率の高効率化および耐久性の向上が図られた太陽電池セルを安価に量産することができる。

請求の範囲

- [請求項1] 半導体基板の一面側に絶縁膜を形成する第1工程と、
 前記絶縁膜における電極形成領域に電極形成溝を形成する第2工程と、
 主成分として金属粒子を含有する電極印刷ペーストを、前記電極形成溝上および前記絶縁膜における前記電極形成溝を挟む領域を覆って前記電極形成溝の幅よりも幅広に印刷し、乾燥する第3工程と、
 前記金属粒子の融点以上、または共晶温度以上の温度で前記電極ペーストを焼成して、前記電極ペーストを前記電極形成溝上に凝集させて凝固させることにより、前記電極形成溝の幅の電極を形成する第4工程と、
 を含むことを特徴とする太陽電池セルの製造方法。
- [請求項2] 前記電極内部に空隙が存在しないこと、
 を特徴とする請求項1に記載の太陽電池セルの製造方法。
- [請求項3] 前記半導体基板がシリコン基板であり、前記電極印刷ペーストは前記金属粒子として銀、銅、金、白金、鉛、アルミニウムのうちの何れかの成分単独もしくは複数、またはこれらの成分の合金の金属粒子を含むこと、
 を特徴とする請求項1に記載の太陽電池セルの製造方法。
- [請求項4] 前記絶縁膜がシリコン系絶縁膜であること、
 を特徴とする請求項1に記載の太陽電池セルの製造方法。
- [請求項5] 前記電極が受光面側電極であり、前記絶縁膜が反射防止膜であること、
 を特徴とする請求項1に記載の太陽電池セルの製造方法。
- [請求項6] 半導体基板と、
 前記半導体基板の一面側に形成された絶縁膜と、
 前記絶縁膜に設けられた溝に埋め込まれるとともに前記絶縁膜の表面から前記溝と同じ幅で突出して設けられて前記半導体基板の一面側

に電氣的に接続する電極と、

を備えることを特徴とする太陽電池セル。

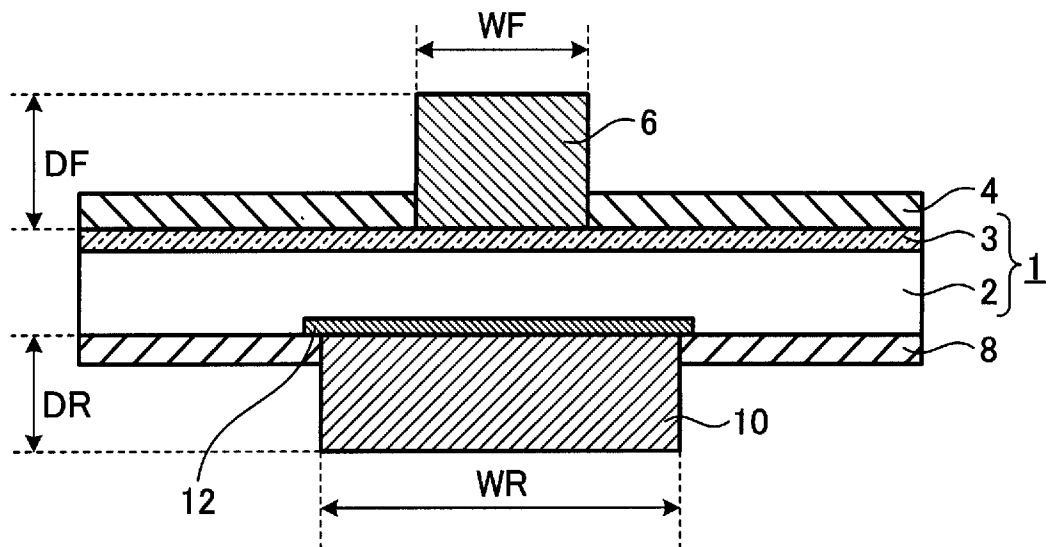
[請求項7] 前記電極が受光面側電極であり、前記絶縁膜が反射防止膜であること、

を特徴とする請求項6に記載の太陽電池セル。

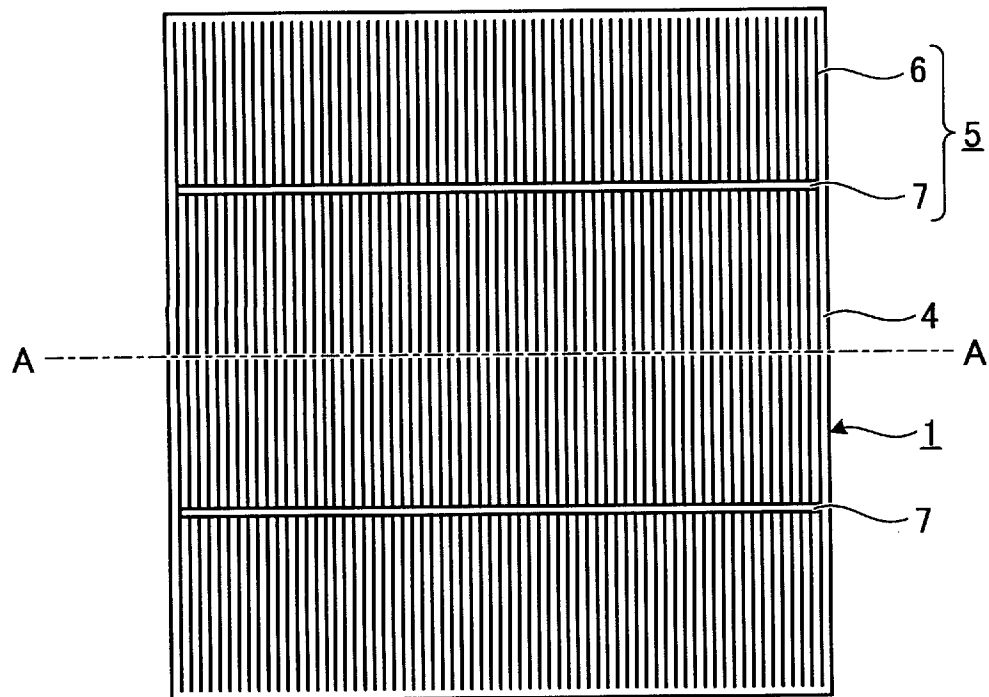
[請求項8] 前記電極内部に空隙が存在しないこと、

を特徴とする請求項6に記載の太陽電池セル。

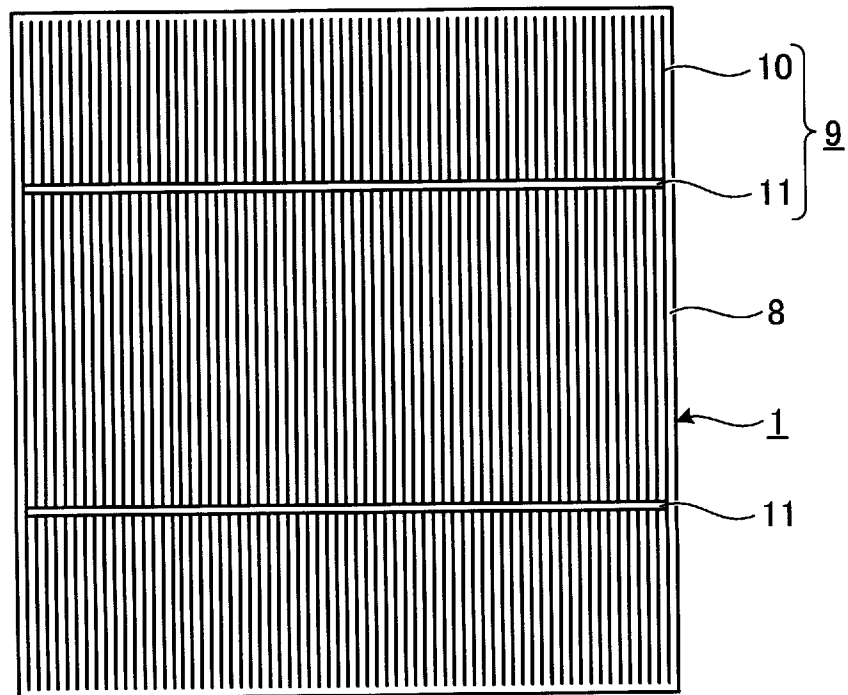
[図1-1]



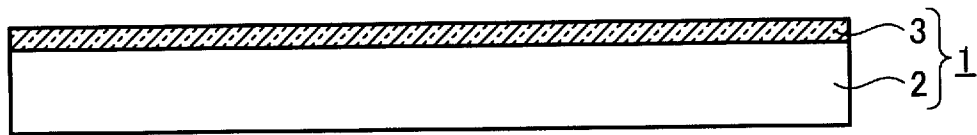
[図1-2]



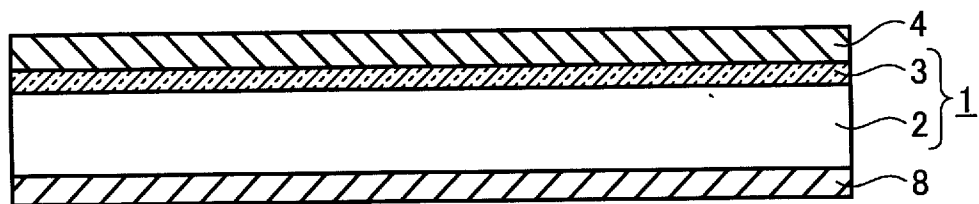
[図1-3]



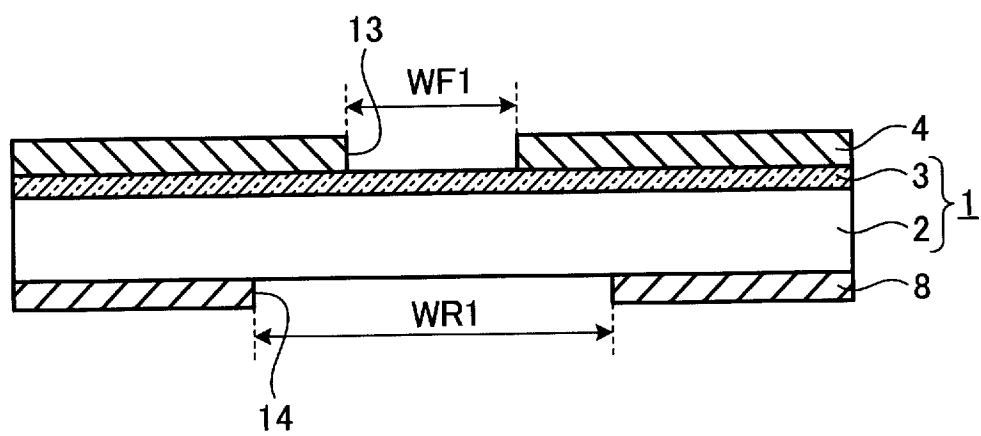
[図2-1]



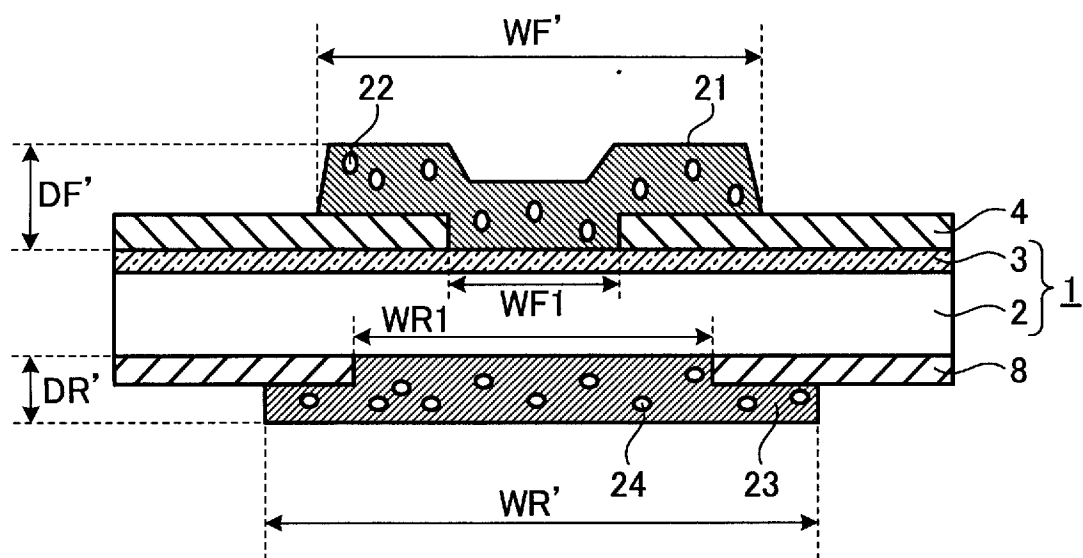
[図2-2]



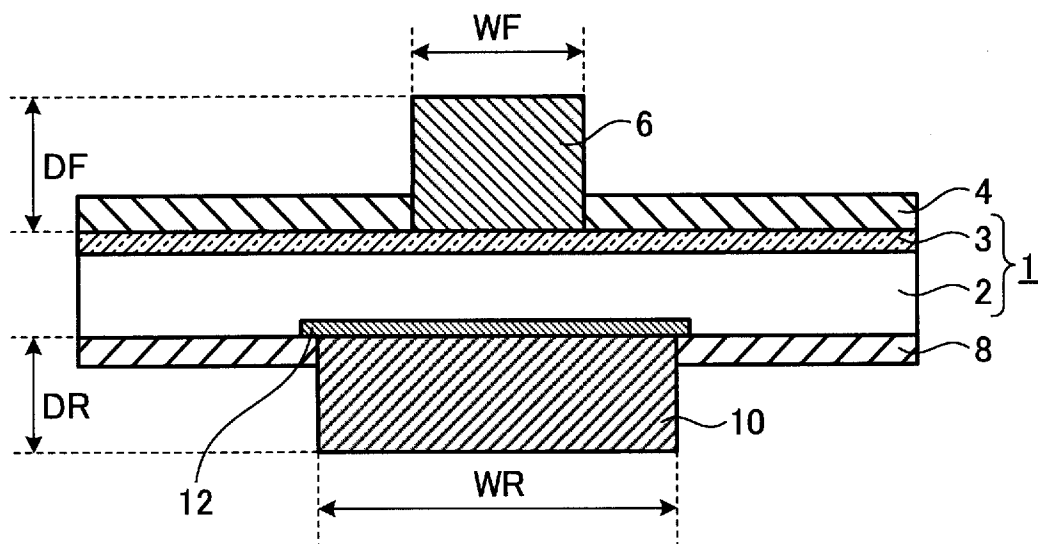
[図2-3]



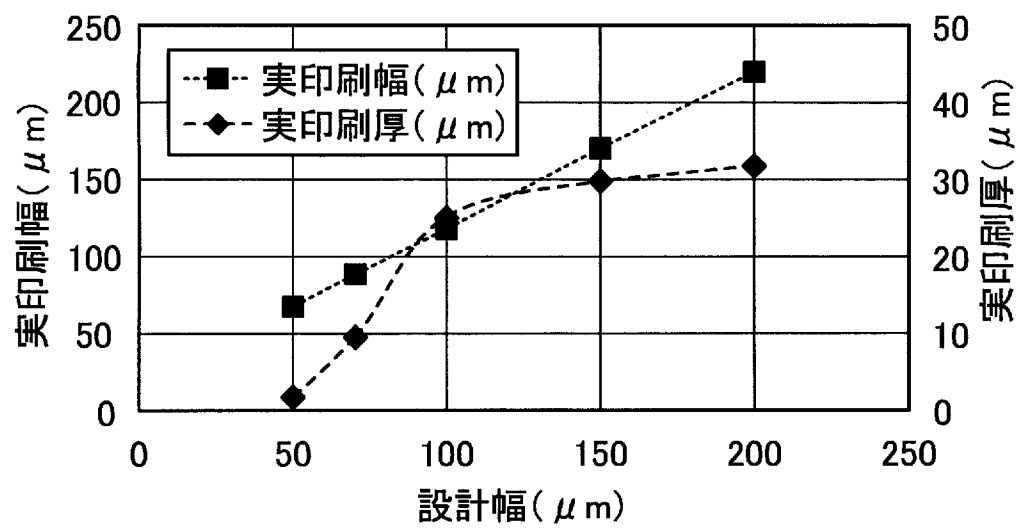
[図2-4]



[図2-5]



[図3]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/063126

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L31/0224(2006.01) i, H01L31/068(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)

H01L31/00-31/20

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	1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2009	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2009

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	JP 5-36998 A (Sharp Corp.), 12 February, 1993 (12.02.93), (Family: none)	1-8
X Y	WO 2007/060743 A1 (Mitsubishi Electric Corp.), 31 May, 2007 (31.05.07), & US 2006/0265924 A1 & CN 101088167 A & EP 1870942 A1	6-8 1-5
X Y	WO 2006/101200 A1 (Kyocera Corp.), 28 September, 2006 (28.09.06), & EP 1870944 A1	6-8 1-5
X Y	JP 2001-237448 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 31 August, 2001 (31.08.01), & EP 1128444 A2 & US 2001/0020486 A1	6-8 1-5

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
09 September, 2009 (09.09.09)

Date of mailing of the international search report
29 September, 2009 (29.09.09)

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. H01L31/0224(2006.01)i, H01L31/068(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. H01L31/00-31/20

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 0 9 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6－2 0 0 9 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4－2 0 0 9 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 5-36998 A (シャープ) 1993.02.12, (ファミリーなし)	1-8
X	WO 2007/060743 A1 (三菱電機) 2007.05.31,	6-8
Y	& US 2006/0265924 A1 & CN 101088167 A & EP 1870942 A1	1-5
X	WO 2006/101200 A1 (京セラ) 2006.09.28,	6-8
Y	& EP 1870944 A1	1-5

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 9 . 0 9 . 2 0 0 9

国際調査報告の発送日

2 9 . 0 9 . 2 0 0 9

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 1 0 0－8 9 1 5

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）

濱田 聖司

2 K

9 2 0 7

電話番号 0 3－3 5 8 1－1 1 0 1 内線 3 2 5 5

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
X Y	JP 2001-237448 A (三洋電機) 2001.08.31, & EP 1128444 A2 & US 2001/0020486 A1	6-8 1-5