

(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
2012年8月9日(09.08.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/105148 A1

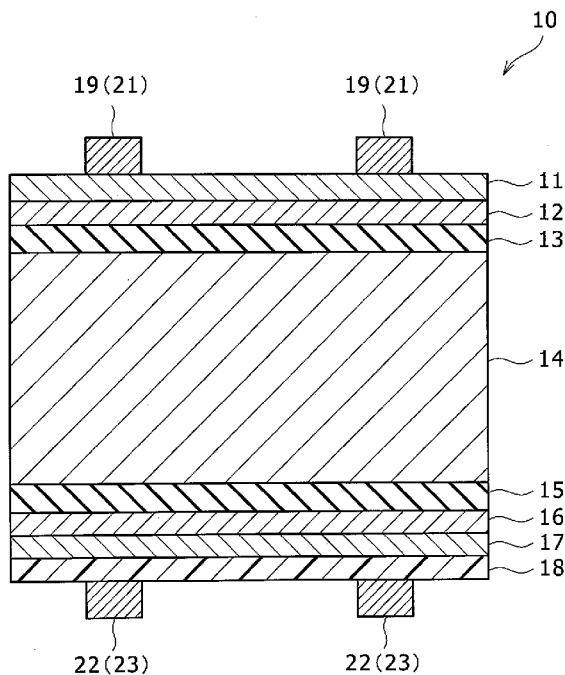
- (51) 国際特許分類:
H01L 31/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/080241
- (22) 国際出願日: 2011年12月27日(27.12.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-018382 2011年1月31日(31.01.2011) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 三洋電機株式会社 (SANYO ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5708677 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 中村 優也 (NAKAMURA, Yuya) [JP/JP]; 〒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34番12号 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, 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.

[続葉有]

(54) Title: PHOTOELECTRIC CONVERSION ELEMENT

(54) 発明の名称: 光電変換素子

[図4]



(57) Abstract: A photoelectric conversion element (10) contains a transparent conductive film (11), a p-type amorphous silicon film (12), an i-type amorphous silicon film (13), an n-type single-crystal silicon substrate (14), an i-type amorphous silicon film (15), a p-type amorphous silicon film (16), a transparent conductive film (17), and a metallic film (18); and the film thickness of the transparent conductive film (17) is greater than or equal to that of the transparent conductive film (11).

(57) 要約: 光電変換素子10は、透明導電膜11、p型非晶質シリコン膜12、i型非晶質シリコン膜13、n型単結晶シリコン基板14、i型非晶質シリコン膜15、p型非晶質シリコン膜16、透明導電膜17、金属膜18を含み、透明導電膜17の膜厚は透明導電膜11の膜厚以上である。

WO 2012/105148 A1



(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), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, 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))

明 細 書

発明の名称：光電変換素子

技術分野

[0001] 本発明は、光電変換素子に関する。

背景技術

[0002] 特許文献1には、表面および裏面を有し、表面側から光が入射される第1導電型の結晶系半導体基板と、結晶系半導体基板の表面上に形成された非晶質半導体膜と、非晶質半導体膜上に形成され、1.5質量%以上5質量%以下の金属ドーパントが含有される第1透明導電膜と、結晶系半導体基板の裏面上に形成され、第1透明導電膜の金属ドーパントの含有量よりも少ない金属ドーパントが含有されている第2透明導電膜とを備えた、光起電力素子が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2004-221368号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 光電変換素子では、赤外領域の光の透過が問題となっていた。加えて、光電変換部の薄膜化が進むにつれて、他の領域の光の透過も問題となってきた。

[0005] このような問題に対して、光電変換部において、光が入射される受光面側だけでなく、裏面側からの反射光でも効率よく発電することで、光電変換効率を向上することが望まれる。また、光電変換部と集電極との間の抵抗値を下げることで集電効率を向上することが望まれる。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明に係る光電変換素子は、第1主面及び第1主面と対向する第2主面を含む結晶系半導体基板と、結晶系半導体基板の第1主面上に形成された第

1 半導体層と、第1半導体層上に形成された第1透明導電膜と、結晶系半導体基板の第2主面上に形成された第2半導体層と、第2半導体層上に形成され、第1透明導電膜の膜厚以上の膜厚を有する第2透明導電膜と、第2透明導電膜上に形成された金属層と、を備えた。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、光電変換素子の特性を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]本発明に係る実施の形態において、太陽電池モジュールの断面図である。

[図2]本発明に係る実施の形態において、光電変換素子の受光面側の平面図である。

[図3]本発明に係る実施の形態において、光電変換素子の裏面側の平面図である。

[図4]図2におけるA-A線断面図であり、光電変換素子の断面図である。

[図5]本発明に係る実施の形態において、透明導電膜の膜厚を変えた場合に、入射光の波長に対する反射率特性が変わる様子を示す図である。

[図6]本発明に係る実施の形態において、透明導電膜の膜厚を変えた場合に、入射角に対する反射率特性が変わる様子を示す図である。

[図7]本発明に係る実施の形態において、透明導電膜の膜厚を変えた場合に、入射角に対する反射率特性が変わる様子を示す図である。

[図8]本発明に係る実施の形態において、透明導電膜に対して 30° 未満で入射した場合に生じるエバネッセント光の光路を示す図である。

[図9]本発明に係る実施の形態において、透明導電膜に対して 30° 以上で入射した場合に生じるエバネッセント光の光路を示す図である。

[図10]本発明に係る実施の形態において、光電変換素子の変形例の断面図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下に図面を用いて、本発明に係る実施の形態を詳細に説明する。この説

明において、具体的な形状、材料、数値、方向、形成方法及び製造方法等は、本発明の理解を容易にするための例示であって、用途、目的、仕様等にあわせて適宜変更することができる。

- [0010] 全ての図面において、同様の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。また、本文中の説明においては、必要に応じそれ以前に述べた符号を用いるものとする。
- [0011] 図1は、太陽電池モジュール1の断面図である。太陽電池モジュール1は、複数の光電変換素子10と、複数の配線部材5と、封止材3と、第1の保護部材2と、第2の保護部材4とを備える。ここでは、第1の保護部材2の受光面側（第1の保護部材2に対して光電変換素子10が配置される側と反対側）から太陽光等の光が主に入射されるものとして説明する。
- [0012] 複数の光電変換素子10は、整列して配置される。各配線部材5は、隣接する光電変換素子10同士を電氣的に接続する。これにより、複数の光電変換素子10は、直列または並列に接続される。
- [0013] 第1の保護部材2は、光電変換素子10の受光面側に配置される。第1の保護部材2は、例えば、ガラス、透光性樹脂等を用いて構成することができる。
- [0014] 第2の保護部材4は、光電変換素子10の裏面側に配置される。第2の保護部材4は、アルミニウム箔等の金属箔を介在させた樹脂フィルムを用いて構成することができる。
- [0015] 封止材3は、光電変換素子10と第1の保護部材2との間、及び光電変換素子10と第2の保護部材4との間に充填される。複数の光電変換素子10は、この封止材3によって封止される。封止材3は、例えば、エチレン・酢酸ビニル共重合体（EVA）やポリビニルブチラール（PVB）等の透光性を有する樹脂を用いて構成することができる。
- [0016] 図2は、光電変換素子10の受光面側の平面図である。図3は、光電変換素子10の裏面側の平面図である。図4は、図2におけるA-A線断面図であり、光電変換素子10の断面図である。ここで、「受光面」とは、太陽光

等の光が主に入射される面を意味する。また、「裏面」とは、受光面と反対側の面を意味する。

[0017] 光電変換素子10は、光入射側から、透明導電膜11と、p型非晶質シリコン膜12と、i型非晶質シリコン膜13と、n型単結晶シリコン基板14と、i型非晶質シリコン膜15と、n型非晶質シリコン膜16と、透明導電膜17と、金属膜18とが積層されて構成される。そして、光電変換素子10の受光面側には、複数のフィンガー電極部20と複数のバスバー電極部19とを含む集電極21が設けられる。また、光電変換素子10の裏面側には、複数の突起電極部22を含む集電極23が設けられる。

[0018] i型非晶質シリコン膜13は、n型単結晶シリコン基板14の受光面上に積層形成される。i型非晶質シリコン膜13の膜厚は、例えば、10nm以上20nm以下であることが好適である。i型非晶質シリコン膜13は、例えば、プラズマCVD法を用いて形成することができる。

[0019] p型非晶質シリコン膜12は、i型非晶質シリコン膜13上に積層形成される。p型非晶質シリコン膜12の膜厚は、6nm以上80nm以下であることが好適である。p型非晶質シリコン膜12は、例えば、プラズマCVD法を用いて形成することができる。

[0020] 透明導電膜11は、p型非晶質シリコン膜12上に積層形成される。透明導電膜11は、例えば、多結晶構造を有する酸化インジウム(In_2O_3)、酸化亜鉛(ZnO)、酸化錫(SnO_2)、及び酸化チタン(TiO_2)等の金属酸化物のうちの少なくとも1つを含んで構成される。これらの金属酸化物に、錫(Sn)、亜鉛(Zn)、タングステン(W)、アンチモン(Sb)、チタン(Ti)、アルミニウム(Al)、セリウム(Ce)、ガリウム(Ga)などのドーパントがドーピングされていてもよい。ドーパントの濃度は、0~20wt%とすることができる。ここでは、透明導電膜11はインジウム錫酸化物(ITO)を用いて形成されているものとして説明する。透明導電膜11の膜厚は、例えば、100nmであることが好適である。

[0021] バスバー電極部19は、光電変換素子10において発電された電気を集電

して取り出すために設けられる電極部材である。バスバー電極部 19 は、後述するフィンガー電極部 20 において集電された電気をできるだけ均等に集電するように配置することが好適である。例えば、バスバー電極部 19 は、複数設けてもよい。このとき、バスバー電極部 19 は、透明導電膜 11 上に互いに平行に形成することが好適である。バスバー電極部 19 の幅は、集電される電流の大きさ、バスバー電極部 19 の厚さ等に応じて適宜決定され、例えば、1.5 mm とされる。

[0022] フィンガー電極部 20 は、バスバー電極部 19 とともに、光電変換素子 10 において発電された電気を集電して取り出すために設けられる電極部材である。フィンガー電極部 20 は、光電変換素子 10 の面内からまんべんなく集電が行われるように配置することが好適である。透明導電膜 11 上において、フィンガー電極部 20 は、バスバー電極部 19 と交差して電氣的に接続されるように配置される。例えば、複数のフィンガー電極部 20 は、互いに平行に配置される。フィンガー電極部 20 の幅は、集電される電流の大きさ、フィンガー電極部 20 の厚さ等に応じて適宜決定され、例えば、100 μ m とされる。また、フィンガー電極部 20 のピッチは、例えば、2 mm であることが好適である。

[0023] バスバー電極部 19 及びフィンガー電極部 20 は、導電材料であって、例えば、Ag (銀)、Cu (銅)、Al (アルミニウム)、Ti (チタン)、Ni (ニッケル) 及び Cr (クロム) 等の金属や、これらの金属のうちの一種類以上を含む合金によって構成することができる。また、バスバー電極部 19 及びフィンガー電極部 20 は、例えば、上記金属や合金からなる複数の導電層の積層体によって構成されていてもよい。バスバー電極部 19 及びフィンガー電極部 20 は、例えば、Ag ペースト等の導電性ペーストを用いて形成することができる。ここでは、バスバー電極部 19 及びフィンガー電極部 20 は Ag を用いて形成されるものとして説明する。

[0024] i 型非晶質シリコン膜 15 は、n 型単結晶シリコン基板 14 の裏面上に積層形成される。i 型非晶質シリコン膜 15 の膜厚は、例えば、3.5 nm 以

上8 nm以下であることが好適である。i型非晶質シリコン膜15は、例えば、プラズマCVD（化学蒸着）法を用いて形成することができる。

[0025] n型非晶質シリコン膜16は、i型非晶質シリコン膜15上に積層形成される。n型非晶質シリコン膜16の膜厚は、例えば、2 nm以上8 nm以下であることが好適である。n型非晶質シリコン膜16は、例えば、プラズマCVD法を用いて形成することができる。

[0026] 透明導電膜17は、n型非晶質シリコン膜16上に積層形成される。透明導電膜17は、例えば、多結晶構造を有する酸化インジウム（ In_2O_3 ）、酸化亜鉛（ ZnO ）、酸化錫（ SnO_2 ）、及び酸化チタン（ TiO_2 ）等の金属酸化物のうちの少なくとも1つを含んで構成される。これらの金属酸化物に、錫（ Sn ）、亜鉛（ Zn ）、タングステン（ W ）、アンチモン（ Sb ）、チタン（ Ti ）、アルミニウム（ Al ）、セリウム（ Ce ）、ガリウム（ Ga ）などのドーパントがドーピングされていてもよい。ドーパントの濃度は、0～20 wt%とすることができる。ここでは、透明導電膜17はインジウム錫酸化物（ITO）を用いて形成されているものとして説明する。透明導電膜17の膜厚は、透明導電膜11の厚み以上であることが好適であり、例えば、100 nmよりも大きく以上であって150 nmよりも小さいことが好適である。

[0027] 金属膜18は、透明導電膜17上に積層形成される。金属膜18は、透明導電膜17の形成領域の略全面を覆うように積層される。ここで、「透明導電膜17の形成領域の略全面を覆うように」とは、透明導電膜17上の実質的に全体を覆っているとみなせる状態を意味し、例えば、透明導電膜17上に積層された金属膜18の一部が欠けている状態も含む。金属膜18の形成領域の面積は、透明導電膜17の形成領域の面積の90%～100%範囲が好適である。

[0028] 金属膜18は、透明導電膜17よりも、光電変換素子10で利用される波長領域のうち、特に波長800 nm～1200 nm程度の赤外領域の光の光反射率が高く、かつ、導電性が高い金属を用いて構成することが好適である

。このため、金属膜18は、Ag、Al、Cu、Ni及びCr等の金属や、これらの金属の一種以上を含む合金により形成することができる。金属膜18は、上記金属や合金からなる複数の膜の積層体によって構成されていてもよい。金属膜18は、赤外領域の波長において反射率が高いAgを用いることがより好適である。金属膜18の膜厚は、例えば、150nm以上1000nm以下であることが好適であり、さらに300nm以上500nmとすることが好適である。ここでは、金属膜18はAgを用いて形成されるものとして説明する。

[0029] 突起電極部22は、光電変換素子10において発電された電気を集電して取り出すために設けられる電極部材である。突起電極部22は、金属膜18において集電された電気をできるだけ均等に集電するように配置することが好適である。突起電極部22は、複数設けてもよい。このとき、突起電極部22は、透明導電膜11上に互いに平行に形成することが好適である。突起電極部22の幅は、集電される電流の大きさ、バスバー電極部19の厚さ等に応じて適宜決定され、例えば、0.05 μ m~2mm程度であることが好適であり、さらに、0.05 μ m~0.5mm程度であることがより好適である。突起電極部22の膜厚は、金属膜18よりも厚いことが好ましく、例えば、5 μ m~20 μ mであることが好適である。突起電極部22の材料及び形成方法は、バスバー電極部19と同様であるため、詳細な説明は省略する。

[0030] 上記で例示した各膜厚は、透過電子顕微鏡（TEM）を用いて測定することができる。そして、上記で例示した各膜厚は、光電変換素子10の断面において、積層方向に沿った厚みの平均膜厚を示している。

[0031] 以下に透明導電膜11及び透明導電膜17の役割を考慮して、それぞれの膜厚について詳述する。

[0032] まず、透明導電膜11について詳述する。受光面側に配置される透明導電膜11の役割の1つは、入射光の透明導電膜11における表面反射を抑制することである。そのためには、透明導電膜11の屈折率は、透明導電膜11

の入射側の媒体の屈折率と、透明導電膜 11 の透過側の媒体の屈折率との間にすることが好適である。具体的には、図 1 に示されるとおり、透明導電膜 11 の入射側の媒体は封止材 3 であって、図 4 に示されるとおり、透明導電膜 11 の透過側の媒体は p 型非晶質シリコン膜 12 であるから、透明導電膜 11 の屈折率は、封止材 3 の屈折率と p 型非晶質シリコン膜 12 の屈折率との間にすることが好適である。

[0033] 透明導電膜 11 は、太陽光スペクトルの強度が強い 400 nm ~ 600 nm の波長領域の光の反射率を低減することが好適である。図 5 は、透明導電膜 11 の膜厚を変えた場合に、光电変換素子 10 の表面に対して垂直方向から入射した入射光の波長に対する反射率特性が変わる様子を示す図である。図 5 に示されるように、400 nm ~ 600 nm の波長領域で著しく反射率が低いのは透明導電膜 11 を 100 nm とした場合である。したがって、透明導電膜 11 を 100 nm とすることが好適である。

[0034] 次に、透明導電膜 17 について詳述する。裏面側に配置される透明導電膜 17 の役割の 1 つは、n 型単結晶シリコン基板 14 を介して透明導電膜 17 に向かってくる光の反射を高めることである。そのためには、透明導電膜 17 の屈折率は、透明導電膜 17 の入射側の媒体の屈折率と、透明導電膜 17 の透過側の媒体の屈折率との間にすることが好適である。具体的には、図 4 に示されるとおり、透明導電膜 17 の入射側の媒体は n 型非晶質シリコン膜 16 であって、透明導電膜 17 の透過側の媒体は金属膜 18 であるから、透明導電膜 17 の屈折率は、n 型非晶質シリコン膜 16 の屈折率と金属膜 18 の屈折率との間にすることが好適である。

[0035] 図 6 は、透明導電膜 17 の膜厚を変えた場合に、入射角に対する反射率特性が変わる様子を示す図である。ただし、ここでは、透明導電膜 17 が赤外領域の波長における光の吸収をしないものと仮定した。ここでいう赤外領域の波長における光とは、主に、n 型非晶質シリコン膜 16、透明導電膜 17 及び金属膜 18 という積層構造において、透明導電膜 17 又は金属膜 18 において反射したときに透明導電膜 17 又は金属膜 18 側にわずかに染み出す

光であるエバネッセント光を指す。このような場合、図6に示されるように、透明導電膜17の膜厚が0nmの場合を除いて、透明導電膜17の膜厚を大きくするほど、透明導電膜17は、反射率が高くなっていることがわかる。さらに、透明導電膜17の膜厚を透明導電膜11の膜厚(100nm)よりも大きくすると、入射角が 50° ~ 60° の範囲で膜厚が50nmの場合に比べて反射率が格段に高くなっている。透明導電膜17の膜厚が0nmの場合、光電変換素子10では、金属膜18とn型非晶質シリコン膜16とが直接接触してしまい、n型非晶質シリコン膜16に欠陥準位が生じる可能性がある。したがって、透明導電膜17の膜厚を0nmとしないことを前提にすると、透明導電膜17の膜厚は、透明導電膜11の膜厚以上にするとよいことがわかる。以下では、透明導電膜17の膜厚を0nmとしないことを前提に説明する。

[0036] このように、光電変換素子10では、透明導電膜17の膜厚を透明導電膜11の膜厚以上にすることによって、n型単結晶シリコン基板14を介して透明導電膜17に向かってくる光の反射を高めている。この機能を実現している理由の一つは、金属膜18におけるエバネッセント光の吸収が起因している。すなわち、光電変換素子10では、金属膜18は、透明導電膜17の略全域を覆うように積層されている。これによって、金属膜18におけるエバネッセント光の吸収の影響が大きくなる。しかし、光電変換素子10では、透明導電膜17の膜厚は、透明導電膜11の膜厚以上に形成されている。これによって、金属膜18におけるエバネッセント光の吸収を抑制することができる。

[0037] なお、透明導電膜17におけるエバネッセント光の吸収を考慮しても、透明導電膜17の膜厚は、透明導電膜11の膜厚以上に形成するとよい。図7は、透明導電膜17におけるエバネッセント光の吸収を考慮して、透明導電膜17の膜厚を変えた場合に、入射角に対する反射率特性が変わる様子を示す図である。このような場合、図7に示されるように、透明導電膜17の膜厚を50nmとした場合は入射角が 50° ~ 80° の範囲で他の膜厚に比べ

て反射率が低くなっている。なお、透明導電膜 17 の膜厚を 250 nm とした場合は入射角が $0^{\circ} \sim 30^{\circ}$ の範囲で他の膜厚に比べて反射率が低くなっている。したがって、前述のとおり、全ての入射角において反射率を高めるために、透明導電膜 17 を透明導電膜 11 の膜厚 (100 nm) 以上とすることが好適であって、100 nm ~ 150 nm とすることがより好適である。

[0038] ここで、前述したエバネッセント光について詳述する。ここでのエバネッセント光は、n 型非晶質シリコン膜 16、透明導電膜 17 及び金属膜 18 という積層構造において、透明導電膜 17 又は金属膜 18 において全反射したときに透明導電膜 17 又は金属膜 18 側にわずかに染み出す光を指す。このエバネッセント光は、透明導電膜 17 や金属膜 18 によって吸収される。透明導電膜 17 に対する入射角が約 30° 未満のときは、透明導電膜 17 において全反射しないが金属膜 18 において略全反射されるため、反射率を考える場合には、図 8 に示されるように、(a) 光が透明導電膜 17 を通過することによる光の吸収、及び、(b) 金属膜 18 によるエバネッセント光の吸収を考慮する必要がある。一方、透明導電膜 17 に対する入射角が約 30° 以上のときは、透明導電膜 18 において略全反射されるため、反射率を考える場合には、図 9 に示されるように、(c) 透明導電膜 17 におけるエバネッセント光の吸収、及び、(d) 金属膜 18 によるエバネッセント光の吸収を考慮する必要がある。透明導電膜 17 の膜厚を大きくすることによって、上記 (b) 及び (d) の金属膜 18 におけるエバネッセント光を減少させることができるというメリットがある一方、上記 (a) の透明導電膜 17 を通過することによる光の吸収が増加してしまうというデメリットもある。これらのことから、透明導電膜 17 の膜厚を 250 nm とすると (a) の透明導電膜 17 を通過することによる光の吸収の増加が顕著になってしまうために、上述したとおり、透明導電膜 11 を 100 ~ 150 nm とすることが好適である。

[0039] 次に、光電変換素子 10 の製造方法の一例を説明する。なお、光電変換素

子10の製造方法は、各工程において示す製造方法に限定されない。各工程において、例えば、スパッタリング法、プラズマCVD法、スクリーン印刷法或いはメッキ法等を適宜用いることができる。

[0040] まず、n型単結晶シリコン基板14を真空チャンバ内に搬入し、プラズマCVD法を用いて、n型単結晶シリコン基板14の受光面上にi型非晶質シリコン膜13を形成する。続いて、プラズマCVD法を用いてi型非晶質シリコン膜13上にp型非晶質シリコン膜12を形成する。

[0041] 次に、プラズマCVD法を用いて、n型単結晶シリコン基板14上にi型非晶質シリコン膜15を形成する。続いて、プラズマCVD法を用いてi型非晶質シリコン膜15上にn型非晶質シリコン膜16を形成する。

[0042] その後、スパッタリング法を用いて、p型非晶質シリコン膜12およびn型非晶質シリコン膜16上に、それぞれITOからなる透明導電膜11及び透明導電膜17を形成する。このとき、透明導電膜17に含まれる水分量（水素量）が透明導電膜11に含まれる水分量（水素量）よりも大きくなることが好ましい。このように、n型非晶質シリコン膜16上に積層される透明導電膜17の水分量を大きくすることで、透明導電膜17及びn型非晶質シリコン膜16の間におけるコンタクトがよくなるため、光電変換素子10のフィルファクター（F_v）が増加する。ここで、透明導電膜11、17に含まれる水分量は、ラザフォード後方散乱分光法（Rutherford Backscattering Spectrometry：RBS）で測定することができる。RBSでは、高速イオン（He⁺、H⁺等）を透明導電膜11、17に照射したときに、弾性散乱する散乱イオンのエネルギーと収量等から水素量を求めることができ、測定された水素量に基づいて膜中の水分量を求めることができる。

[0043] そして、スパッタリング法や蒸着法を用いて、透明導電膜17上に金属膜18を形成する。最後に、スクリーン印刷法を用いて、透明導電膜11及び金属膜18上に、それぞれ集電極21及び集電極23を形成する。

[0044] 続いて、上記光電変換素子10の作用について説明する。光電変換素子1

0において、光は透明導電膜11側からn型単結晶シリコン基板14に入射され、この際、発電に寄与しなかった光は、透明導電膜17を介して金属層18に向かう。ここで、金属膜18は、赤外領域の波長において反射率が高いAgを用いて構成されている。また、金属膜18は、透明導電膜17の形成領域の略全面において接触している。これにより、従来のように裏面にフィンガー電極部及びバスバー電極部を設けるのみの構成より裏面での光の反射率を高めることができる。

[0045] また、n型非晶質シリコン膜16と金属膜18とが接すると、金属膜18を構成する金属原子がn型非晶質シリコン膜16に拡散して欠陥準位を発生させ、キャリアがトラップされるという問題が生じうる。ここで、金属膜18は、透明導電膜17によって、n型非晶質シリコン膜16と直接接触しないように配置されている。これにより、欠陥準位の発生を抑制できる。

[0046] また、光電変換素子10では、透明導電膜17の膜厚を透明導電膜11よりも大きくすることが好適である。透明導電膜17の膜厚を厚くすることによって、透明導電膜17と金属膜18との積層構造における金属膜18による光の吸収が低減される効果がある。これにより、n型非晶質シリコン膜16、透明導電膜17及び金属膜18という積層構造における光の反射率を向上させることができる。n型単結晶シリコン基板14からn型非晶質シリコン膜16を透過してきた光は、n型非晶質シリコン膜16、透明導電膜17及び金属膜18という積層構造において反射されて再びn型単結晶シリコン基板14に向かう。したがって、光が、n型単結晶シリコン基板14の受光面側及び裏面側から効率よく入射されるため、光電変換素子10における光電変換効率を向上させることができる。一般的に、透明導電膜の厚みが増すと製造コストの増大に繋がるが、ここでは積極的に裏面側に位置する透明導電膜17の膜厚を大きくすることにより、光電変換素子10における光電変換効率の向上を優先させている。

[0047] 次に、光電変換素子10の変形例である光電変換素子10aについて説明する。図10は、光電変換素子10aの断面図である。光電変換素子10a

と光電変換素子 10 との相違は、金属膜 18 と突起電極部 22 (集電極 23) の配置関係だけであるため、その相違点を中心に説明する。

[0048] 突起電極部 22 は、光電変換素子 10 において発電された電気を集電して取り出すために設けられる電極部材である。突起電極部 22 は、光電変換素子 10 において発電された電気を均等に集電するように配置することが好適である。例えば、突起電極部 22 は、複数設けてもよい。突起電極部 22 は、透明導電膜 17 の裏面側に互いに平行に形成される。突起電極部 22 の各面のうち、透明導電膜 17 との接触面以外の三方の面は、金属膜 18 と接触している。なお、突起電極部 22 の幅、膜厚、構成材料及び形成方法は、特に限定されないが、光電変換素子 10 の突起電極部 22 と同様であるため、詳細な説明は省略する。

[0049] 金属膜 18 は、透明導電膜 17 上及び突起電極部 22 の上記三方の面上に積層形成される。金属膜 18 は、透明導電膜 17 の形成領域の略全面を覆うように積層される。ここで、「透明導電膜 17 の形成領域の略全面を覆うように」とは、透明導電膜 17 上の実質的に全体を覆っているとみなせる状態を意味し、例えば、透明導電膜 17 上に積層された金属膜 18 の一部が欠けている状態も含む。好ましくは、金属膜 18 の形成領域の面積は、透明導電膜 17 の形成領域の面積よりも小さいとよい。また、金属膜 18 の幅、膜厚、構成材料及び形成方法は、特に限定されないが、光電変換素子 10 の金属膜 18 と同様であるため、詳細な説明は省略する。

[0050] 続いて、上記光電変換素子 10 a の作用について説明する。光電変換素子 10 a において、光は透明導電膜 11 側から n 型単結晶シリコン基板 14 に入射され、この際、発電に寄与しなかった赤外領域の波長の光は、透明導電膜 17 を介して金属層 18 及び突起電極部 22 に向かう。ここで、金属膜 18 及び突起電極部 22 は、赤外領域の波長において反射率が高い Ag を用いて構成されている。また、金属膜 18 及び突起電極部 22 は、透明導電膜 17 の形成領域の略全面において接触している。これにより、従来のように裏面にフィンガー電極部及びバスバー電極部を設けるのみの構成より裏面での

光の反射率を高めることができる。

[0051] また、光電変換素子 10 a では、透明導電膜 17 の膜厚を透明導電膜 11 よりも大きくすることが好適である。透明導電膜 17 の膜厚を厚くすることによって、透明導電膜 17 と金属膜 18 との積層構造における金属膜 18 による光の吸収が低減される効果がある。これにより、n 型非晶質シリコン膜 16、透明導電膜 17 及び金属膜 18 という積層構造における光の反射率を向上させることができる。n 型単結晶シリコン基板 14 から n 型非晶質シリコン膜 16 を透過してきた光は、n 型非晶質シリコン膜 16、透明導電膜 17 及び金属膜 18 という積層構造において反射されて再び n 型単結晶シリコン基板 14 に向かう。したがって、光が、n 型単結晶シリコン基板 14 の受光面側及び裏面側から効率よく入射されるため、光電変換素子 10 における光電変換効率を向上させることができる。一般的に、透明導電膜の厚みが増すと製造コストの増大に繋がるが、ここでは積極的に裏面側に位置する透明導電膜 17 の膜厚を大きくすることにより、光電変換素子 10 a における光電変換効率の向上を優先させている。

[0052] 上記のように、光電変換素子 10 及び光電変換素子 10 a では、金属膜 18 及び突起電極部 22 は、Ag を用いて構成するものとして説明したが、当該突起電極部 22 については、Ag 以外の金属、例えば、製造コストの安い Al を用いることができる。これにより、光電変換素子 10 及び光電変換素子 10 a の製造コストを削減することができる。

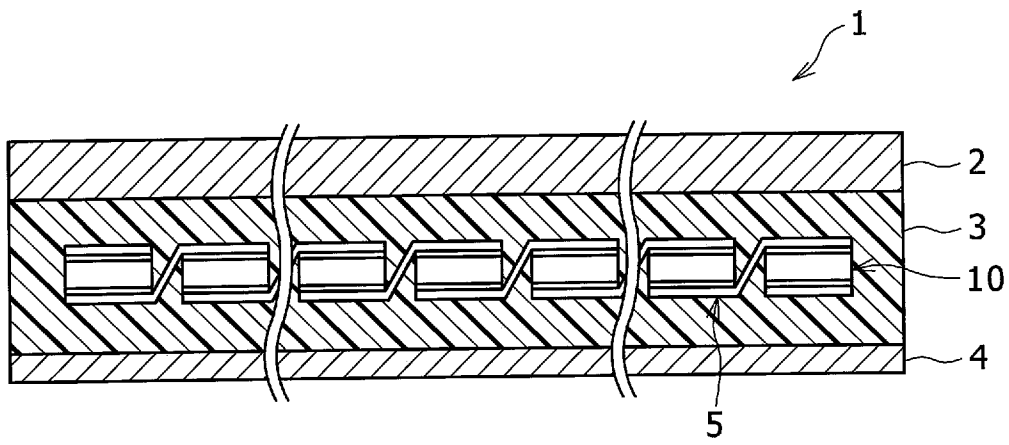
符号の説明

[0053] 1 太陽電池モジュール、2 第1の保護部材、3 封止材、4 第2の保護部材、5 配線部材、10 光電変換素子、11 透明導電膜、12 p型非晶質シリコン膜、13 i型非晶質シリコン膜、14 n型単結晶シリコン基板、15 i型非晶質シリコン膜、16 n型非晶質シリコン膜、17 透明導電膜、18 金属膜、19 バスバー電極部、20 フィンガー電極部、21 集電極、22 突起電極部、23 集電極。

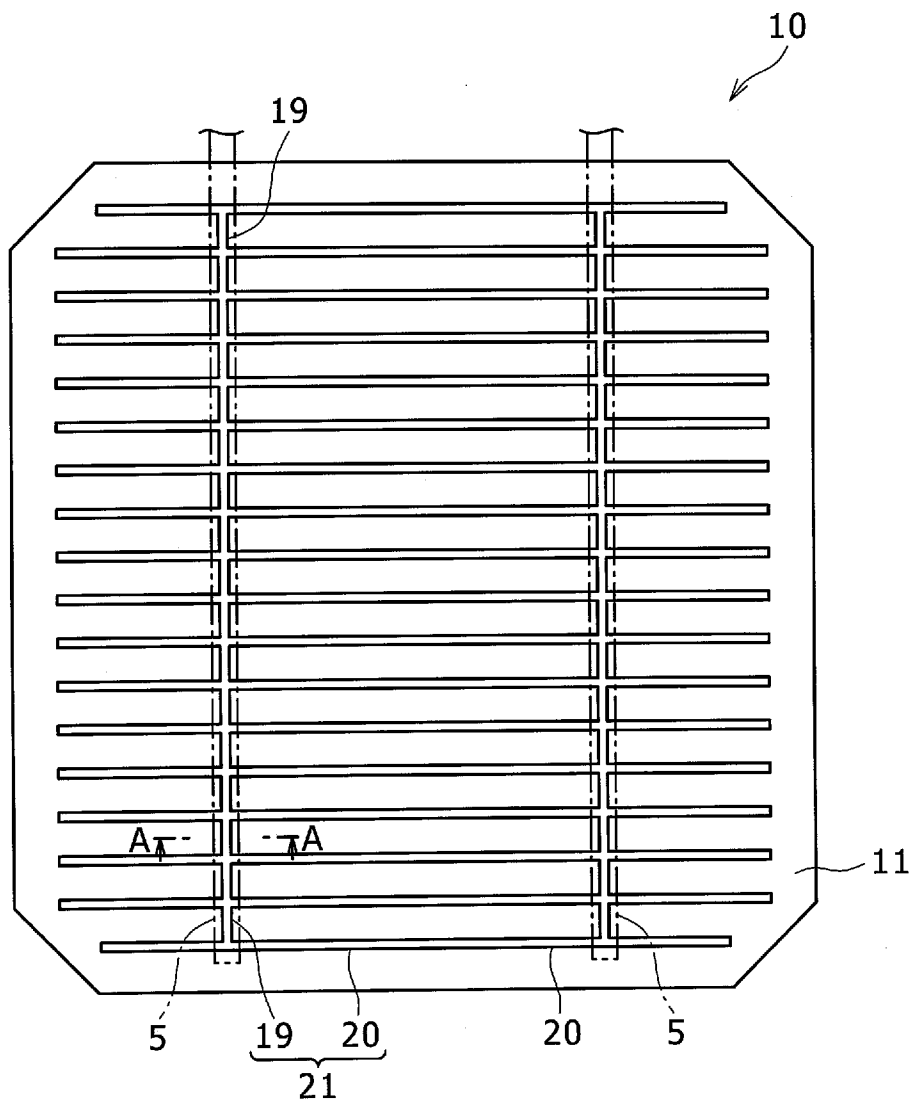
請求の範囲

- [請求項1] 第1主面及び前記第1主面と対向する第2主面を含む結晶系半導体基板と、
前記結晶系半導体基板の前記第1主面上に形成された第1半導体層と、
前記第1半導体層上に形成された第1透明導電膜と、
前記結晶系半導体基板の前記第2主面上に形成された第2半導体層と、
前記第2半導体層上に形成され、前記第1透明導電膜の膜厚以上の膜厚を有する第2透明導電膜と、
前記第2透明導電膜上に形成された金属層と、を備えた光電変換素子。
- [請求項2] 請求項1に記載の光電変換素子において、
前記第1半導体層は、第1導電型の非晶質系半導体層を含み、
前記第2半導体層は、前記第1導電型と逆導電型の第2導電型の非晶質系半導体層を含む光電変換素子。
- [請求項3] 請求項1または請求項2に記載の光電変換素子において、
前記第1透明導電膜に含まれる水分量が前記第2透明導電膜に含まれる水分量よりも大きい光電変換素子。
- [請求項4] 請求項1から請求項3のいずれか1に記載の光電変換素子において、
前記金属層は、前記第2透明導電膜の形成領域の面積の略全面の面積を有する光電変換素子。
- [請求項5] 請求項1から請求項4のいずれか1に記載の光電変換素子において、
前記第2透明導電膜は、酸化インジウム (In_2O_3)、酸化亜鉛 (ZnO)、酸化錫 (SnO_2)、及び酸化チタン (TiO_2) の金属酸化物を少なくとも1つを含む光電変換素子。

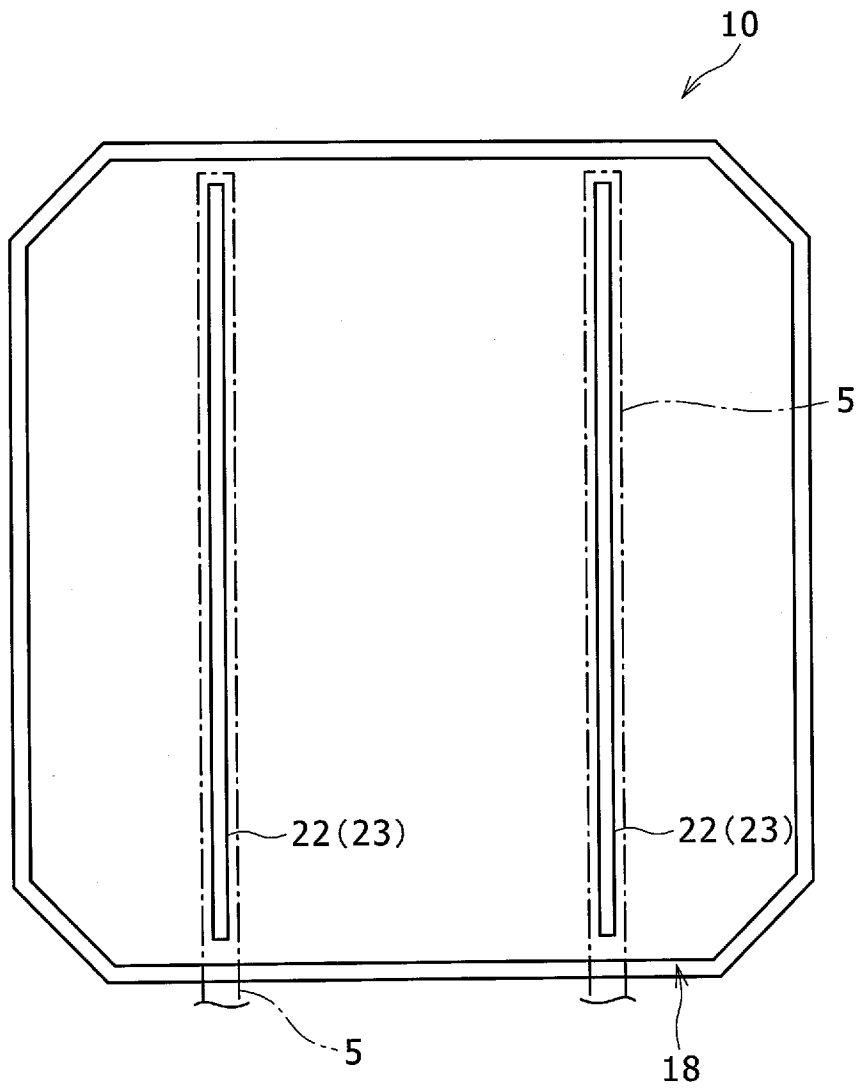
[図1]



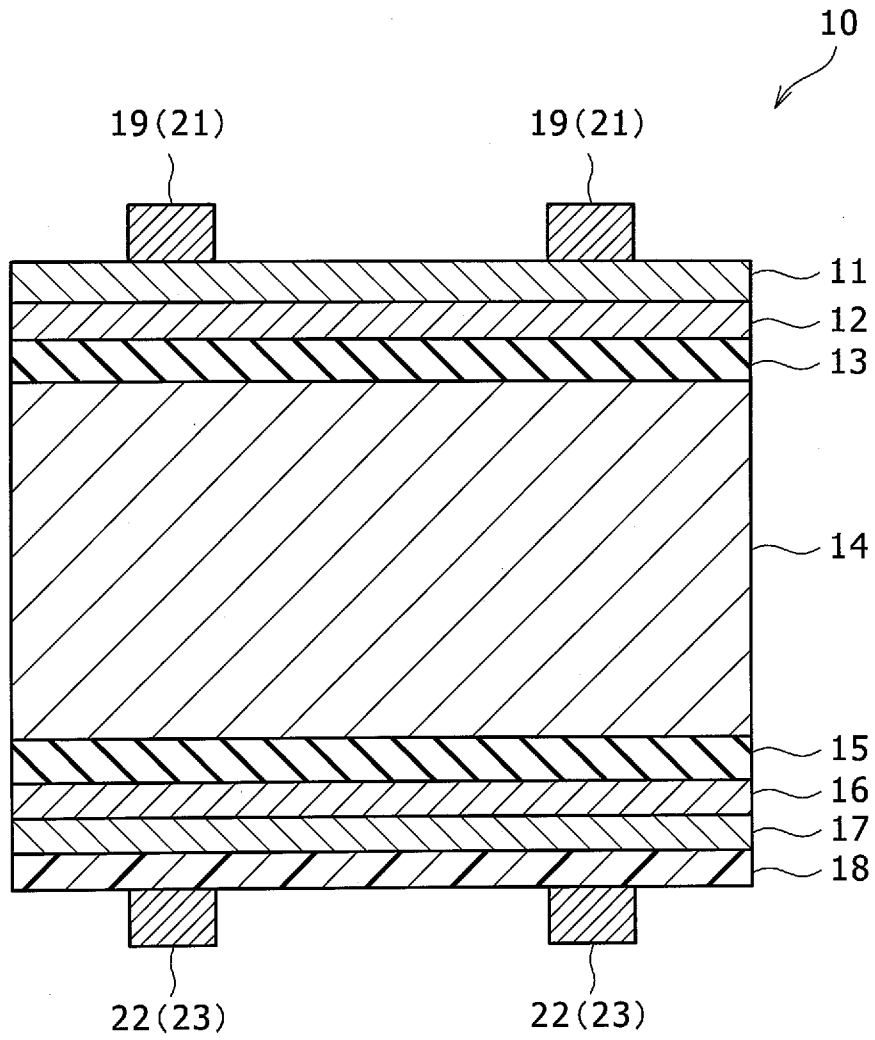
[図2]



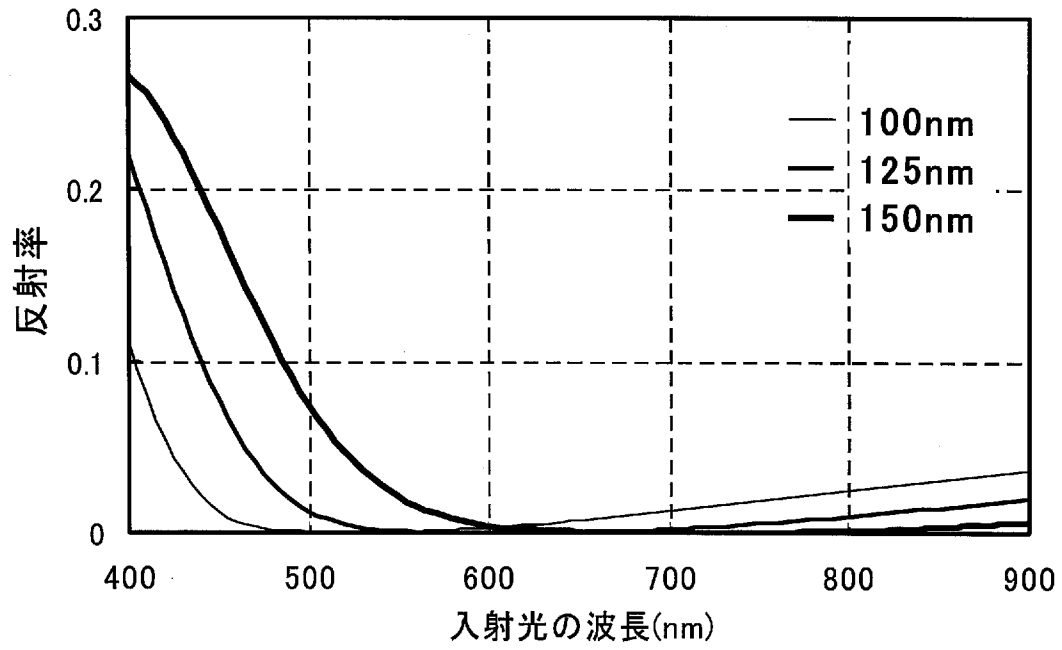
[図3]



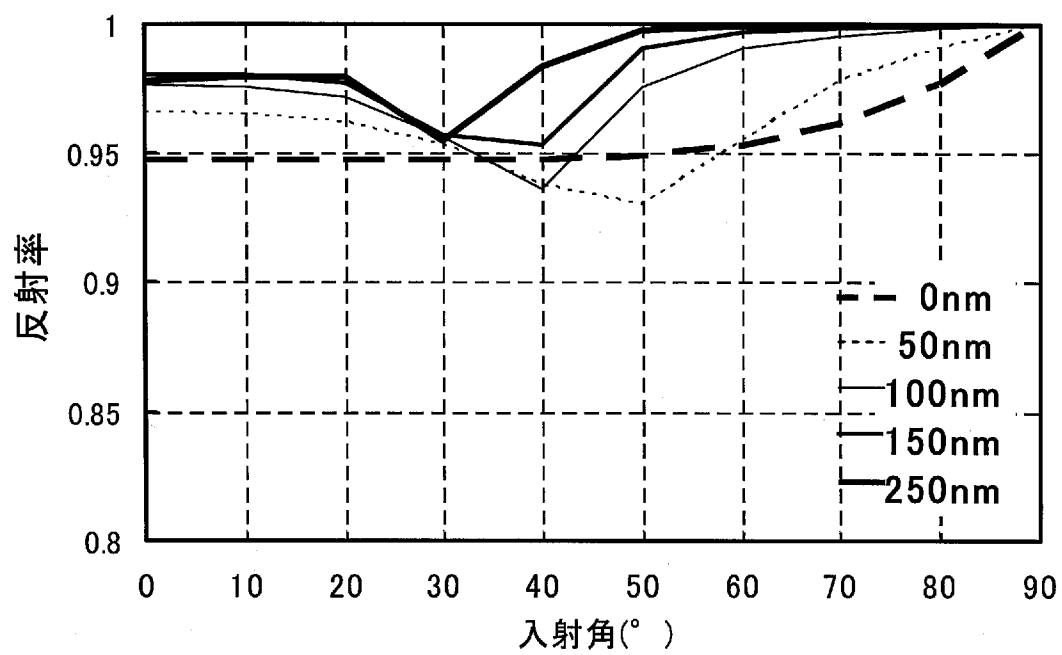
[図4]



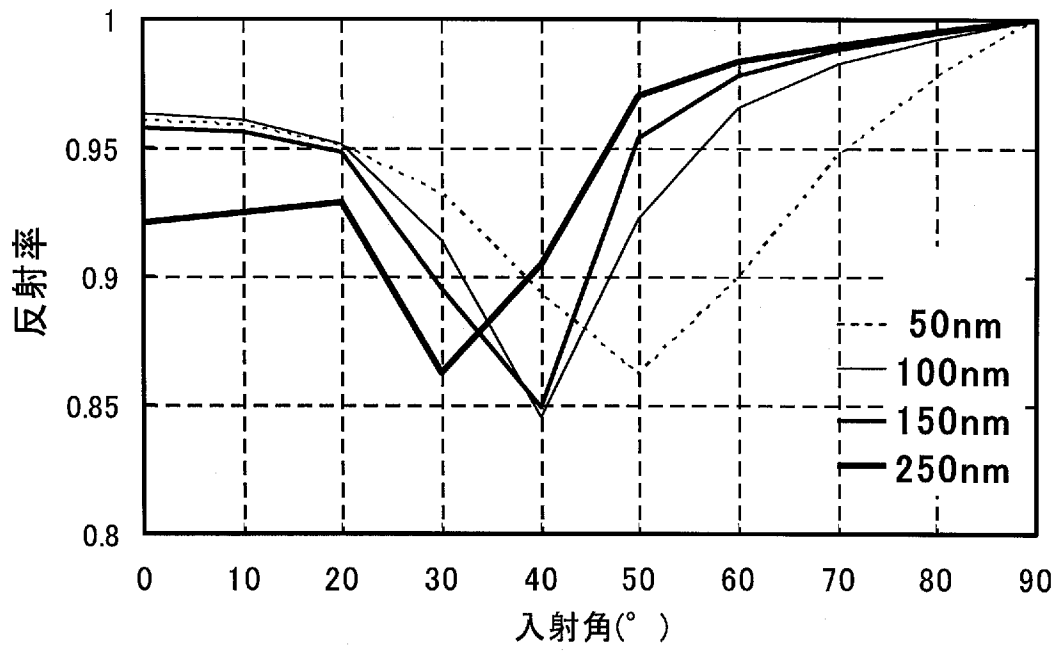
[図5]



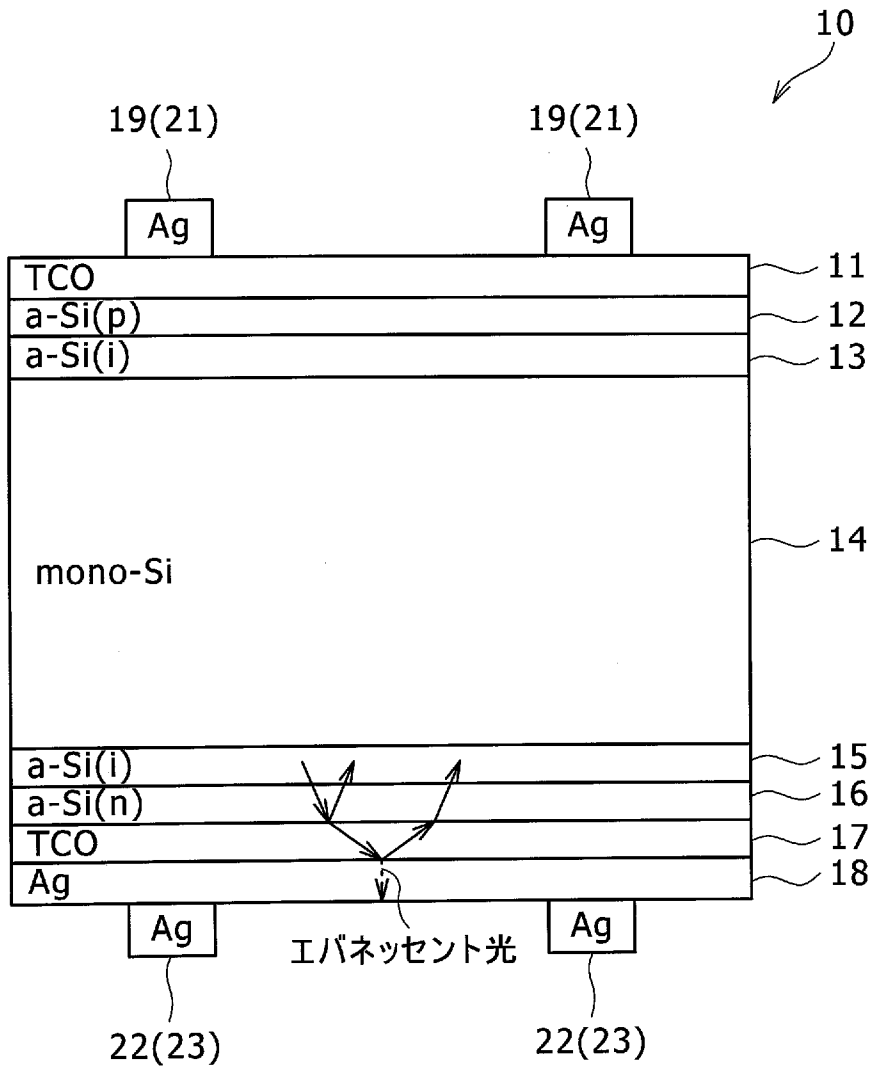
[図6]



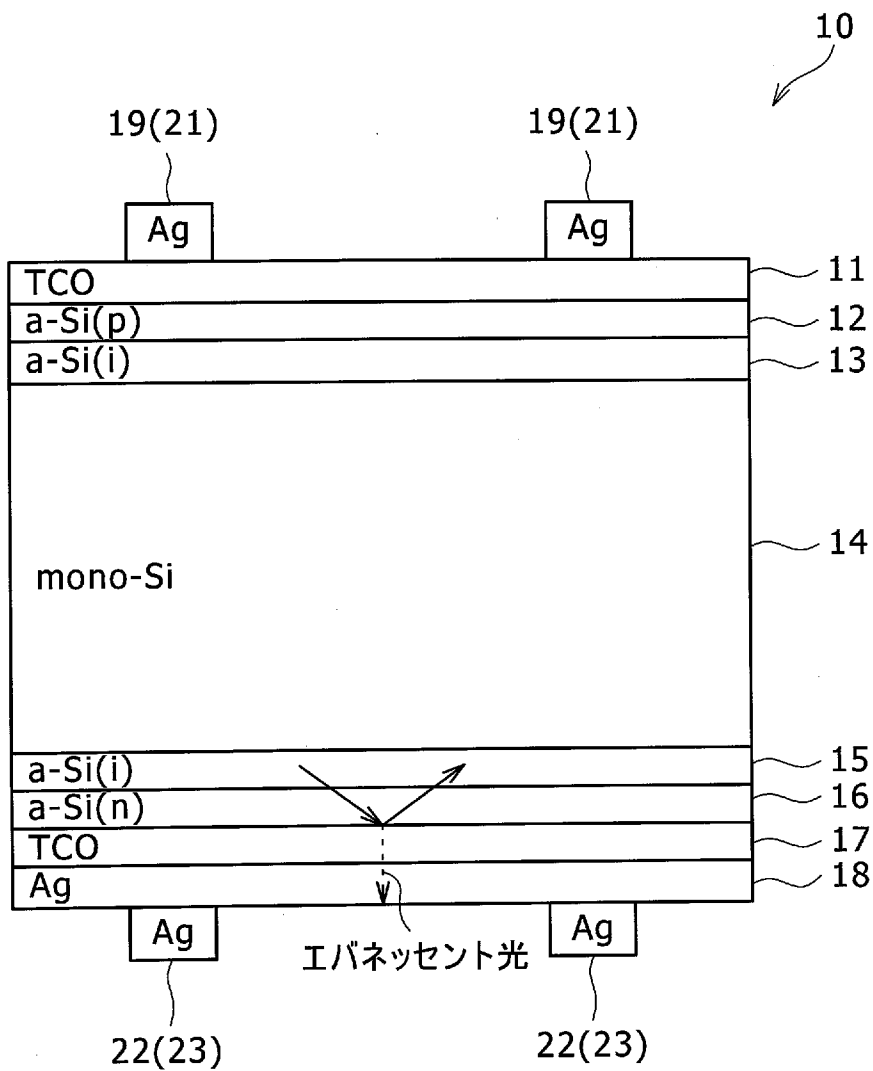
[図7]



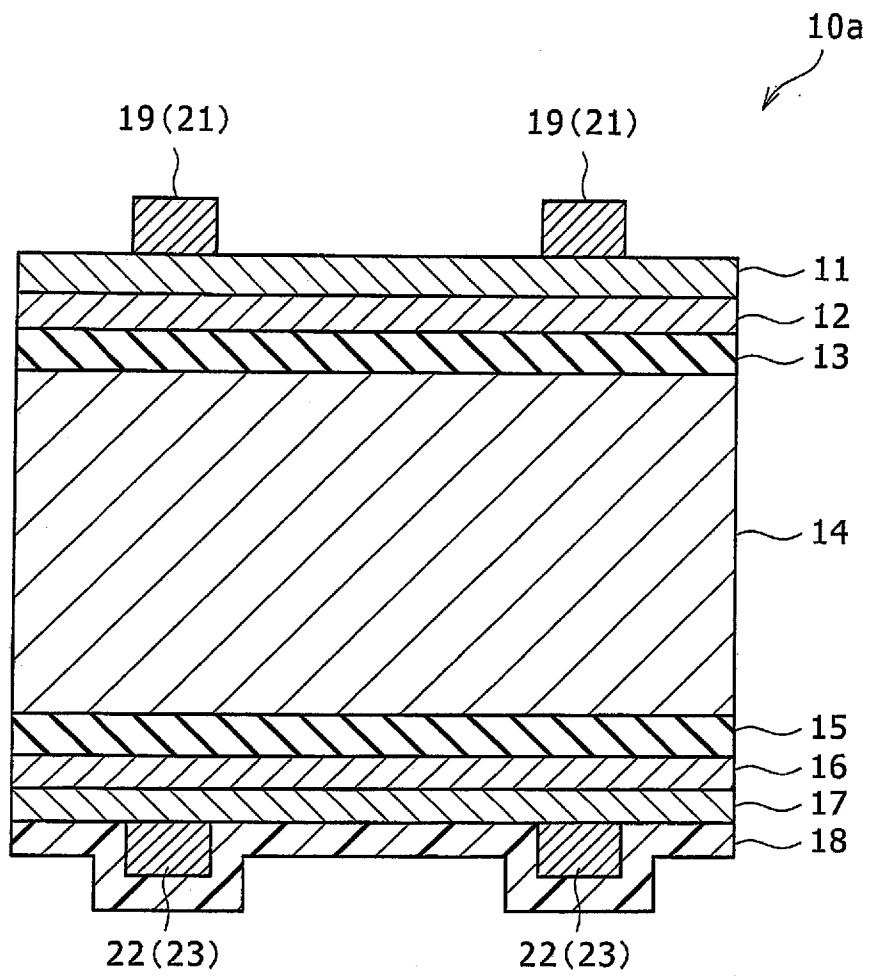
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/080241

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)

H01L31/04-31/078

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2004-221368 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 05 August 2004 (05.08.2004), entire text; all drawings (Family: none)	1-5
Y	JP 10-275926 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 13 October 1998 (13.10.1998), entire text; all drawings (Family: none)	1-5
Y	JP 2006-237452 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 07 September 2006 (07.09.2006), entire text; all drawings & US 2006/0283499 A1 & EP 1696492 A1	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
21 February, 2012 (21.02.12)Date of mailing of the international search report
06 March, 2012 (06.03.12)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/080241

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2005-268239 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 29 September 2005 (29.09.2005), entire text; all drawings (Family: none)	1-5
Y	JP 2009-246031 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 22 October 2009 (22.10.2009), paragraphs [0005] to [0008], [0047]; fig. 1 & US 2010/0229935 A1 & EP 2190028 A1 & WO 2009/119125 A1 & KR 10-2010-0028112 A & AU 2009230532 A & CN 101779293 A	1-5
Y	JP 10-190028 A (Idemitsu Kosan Co., Ltd.), 21 July 1998 (21.07.1998), entire text; all drawings (Family: none)	1-5
Y	JP 2006-165211 A (Canon Inc.), 22 June 2006 (22.06.2006), entire text; all drawings (Family: none)	1-5
Y	WO 2011/004446 A1 (Toyota Motor Corp.), 03 November 2011 (03.11.2011), entire text; all drawings (Family: none)	1-5
A	JP 2-202068 A (Minnesota Mining and Manufacturing Co.), 10 August 1990 (10.08.1990), page 2, upper left column to upper right column & US 4940495 A & EP 372929 A2	1-5
Y	JP 2005-260150 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 22 September 2005 (22.09.2005), entire text; all drawings (Family: none)	3-5
Y	JP 2004-296615 A (Canon Inc.), 21 October 2004 (21.10.2004), entire text; all drawings (Family: none)	3-5

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 - 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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2012年
日本国実用新案登録公報	1996-2012年
日本国登録実用新案公報	1994-2012年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2004-221368 A (三洋電機株式会社) 2004. 08. 05, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-5
Y	JP 10-275926 A (三洋電機株式会社) 1998. 10. 13, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-5
Y	JP 2006-237452 A (三洋電機株式会社) 2006. 09. 07, 全文、全図 & US 2006/0283499 A1 & EP 1696492 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

21. 02. 2012

国際調査報告の発送日

06. 03. 2012

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)

岡田 吉美

電話番号 03-3581-1101 内線 3255

2K

9315

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
Y	JP 2005-268239 A (三洋電機株式会社) 2005.09.29, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-5
Y	JP 2009-246031 A (三菱重工業株式会社) 2009.10.22, 【0005】 ～【0008】、【0047】、【図1】 & US 2010/0229935 A1 & EP 2190028 A1 & WO 2009/119125 A1 & KR 10-2010-0028112 A & AU 2009230532 A & CN 101779293 A	1-5
Y	JP 10-190028 A (出光興産株式会社) 1998.07.21, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-5
Y	JP 2006-165211 A (キヤノン株式会社) 2006.06.22, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-5
Y	WO 2011/004446 A1 (トヨタ自動車株式会社) 2011.11.03, 全文、全 図 (ファミリーなし)	1-5
A	JP 2-202068 A (ミネソタ マイニング アンド マニュファクチュ アリング カンパニー) 1990.08.10, 第2頁左上欄～右上欄 & US 4940495 A & EP 372929 A2	1-5
Y	JP 2005-260150 A (三洋電機株式会社) 2005.09.22, 全文、全図 (フ ァミリーなし)	3-5
Y	JP 2004-296615 A (キヤノン株式会社) 2004.10.21, 全文、全図 (フ ァミリーなし)	3-5