

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4940327号
(P4940327)

(45) 発行日 平成24年5月30日(2012.5.30)

(24) 登録日 平成24年3月2日(2012.3.2)

(51) Int.Cl. F I
H O 1 L 31/04 (2006.01) H O 1 L 31/04 B

請求項の数 3 (全 17 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2010-104454 (P2010-104454) (22) 出願日 平成22年4月28日 (2010.4.28) (65) 公開番号 特開2011-233785 (P2011-233785A) (43) 公開日 平成23年11月17日 (2011.11.17) 審査請求日 平成23年12月15日 (2011.12.15)</p> <p>早期審査対象出願</p>	<p>(73) 特許権者 000001889 三洋電機株式会社 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 (74) 代理人 100075258 弁理士 吉田 研二 (74) 代理人 100096976 弁理士 石田 純 (72) 発明者 山岡 義和 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 (72) 発明者 矢田 茂郎 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</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光電変換装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

p型層、i型層、n型層を積層した光電変換装置であって、
 前記p型層と前記i型層との間に配置され、前記p型層及び前記i型層よりも屈折率が小さい第1中間層と、
 前記n型層と前記i型層との間に配置され、前記n型層及び前記i型層よりも屈折率が小さい第2中間層と、
 を備え、

前記第1中間層は、前記第2中間層より光入射面に近く配置され、前記第2中間層以下の膜厚であることを特徴とする光電変換装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の光電変換装置であって、
 前記第1中間層及び前記第2中間層の少なくとも一方は前記i型層に接して配置されていることを特徴とする光電変換装置。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載の光電変換装置であって、
 前記第1中間層は、前記第2中間層より光入射面に近く配置され、前記第2中間層よりも屈折率が大きいことを特徴とする光電変換装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光電変換装置に関し、特に中間層を備える光電変換装置に関する。

【背景技術】

【0002】

多結晶、微結晶またはアモルファスシリコンを用いた太陽電池が知られている。特に、微結晶シリコン又はアモルファスシリコンの薄膜を積層した構造を有する光電変換装置は、資源消費の観点、コストの低下の観点および効率化の観点から注目されている。

【0003】

一般的に、光電変換装置は、表面が絶縁性の基板上に第1電極層、1以上の半導体薄膜光電変換ユニット及び第2電極層を順に積層して形成される。それぞれの光電変換ユニットは、光入射側からp型層、i型層及びn型層を積層して構成される。光電変換装置の変換効率を向上させる方法として、2以上の光電変換ユニットを光入射方向に積層することが知られている。光電変換装置の光入射側にはバンドギャップが広い光電変換層を含む第1の光電変換ユニットを配置し、その後第1の光電変換ユニットよりもバンドギャップの狭い光電変換層を含む第2の光電変換ユニットを配置する。これにより、入射光の広い波長範囲に亘って光電変換を可能にし、装置全体として変換効率の向上を図ることができる。

10

【0004】

例えば、図14に示すように、基板10上に透明電極層12を形成した後、アモルファスシリコン光電変換ユニット(a-Siユニット)14をトップセルとし、微結晶光電変換ユニット(μ c-Siユニット)16をボトムセルとしたタンデム構造とし、その上に裏面電極層18を形成した光電変換装置100が知られている。

20

【0005】

このようなタンデム型光電変換装置100において、a-Siユニット14と μ c-Siユニット16との間に中間層20を設ける構成が知られている(特許文献1参照)。中間層20には、例えば、酸化亜鉛(ZnO)や酸化シリコン(SiO_x)等が用いられている。また、中間層20には、シリコン酸化物材料、シリコン炭化物材料、シリコン窒化物材料、ダイヤモンドライクカーボン等の炭素材料等も用いることができる。中間層20はa-Siユニット14よりも光の屈折率が低く、光入射側であるa-Siユニット14と中間層20との間でa-Siユニット14への光の反射が起こすようにしている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2004-260014号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ところが、中間層20で光入射側のa-Siユニット14へ光を反射させた場合、a-Siユニット14、透明電極層12、基板10及び空気と屈折率が小さくなるのでa-Siユニット14側へ反射させた光が基板10から抜けてしまい、十分に光を利用できないという問題が生ずる。

40

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の1つの態様は、p型層、i型層、n型層を積層した光電変換装置であって、p型層とi型層との間に配置され、p型層及びi型層よりも屈折率が小さい第1中間層と、n型層とi型層との間に配置され、n型層及びi型層よりも屈折率が小さい第2中間層とを備える、光電変換装置である。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、光電変換装置における光の利用率を高め、光電変換効率を向上させる

50

ことができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】第1の実施の形態における光電変換装置の構成を示す断面模式図である。

【図2】第1の実施の形態における光電変換装置の屈折率を示す図である。

【図3】第1の実施の形態における光電変換装置の変形例の構成を示す断面模式図である。

【図4】第1の実施の形態における光電変換装置の変形例の構成を示す断面模式図である。

【図5】第2の実施の形態における光電変換装置の構成を示す断面模式図である。

10

【図6】第2の実施の形態における光電変換装置の屈折率を示す図である。

【図7】第2の実施の形態における光電変換装置の変形例の構成を示す断面模式図である。

【図8】第3の実施の形態における光電変換装置の構成を示す断面模式図である。

【図9】第3の実施の形態における光電変換装置の屈折率を示す図である。

【図10】第3の実施の形態における光電変換装置の変形例の屈折率を示す図である。

【図11】第4の実施の形態における光電変換装置の構成を示す断面模式図である。

【図12】第4の実施の形態における光電変換装置の屈折率を示す図である。

【図13】第4の実施の形態における光電変換装置の変形例の屈折率を示す図である。

【図14】従来の光電変換装置の構成を示す断面模式図である。

20

【発明を実施するための形態】

【0011】

<第1の実施の形態>

図1は、第1の実施の形態における光電変換装置200の構造を示す断面図である。本実施の形態における光電変換装置200は、透明絶縁基板30を光入射側として、光入射側から、透明導電層32、トップセルとして広いバンドギャップを有するアモルファスシリコン光電変換ユニット(a-Siユニット)202、ボトムセルとしてa-Siユニット202よりバンドギャップの狭い微結晶シリコン光電変換ユニット(μ c-Siユニット)204及び裏面電極層34を積層した構造を有している。

【0012】

30

透明絶縁基板30は、例えば、ガラス基板、プラスチック基板等の少なくとも可視光波長領域において透過性を有する材料を適用することができる。透明絶縁基板30上に透明導電層32が形成される。透明導電層32は、酸化錫(SnO_2)、酸化亜鉛(ZnO)、インジウム錫酸化物(ITO)等に錫(Sn)、アンチモン(Sb)、フッ素(F)、アルミニウム(Al)等をドーピングした透明導電性酸化物(TCO)のうち少なくとも一種類又は複数種を組み合わせて用いることが好適である。特に、酸化亜鉛(ZnO)は、透光性が高く、抵抗率が低く、耐プラズマ特性にも優れているので好適である。透明導電層32は、例えば、スパッタリング法やCVD法等により形成することができる。透明導電層32の膜厚は0.5 μm 以上5 μm 以下の範囲とすることが好適である。また、透明導電層32の表面には光閉じ込め効果を有する凹凸を設けることが好適である。

40

【0013】

透明導電層32上に、p型層36、i型層38、n型層40のシリコン系薄膜を順に積層してa-Siユニット202を形成する。a-Siユニット202は、シラン(SiH_4)、ジシラン(Si_2H_6)、ジクロルシラン(SiH_2Cl_2)等のシリコン含有ガス、メタン(CH_4)等の炭素水素ガス、ジボラン(B_2H_6)等のp型ドーパント含有ガス、フォスフィン(PH_3)等のn型ドーパント含有ガス及び水素(H_2)等の希釈ガスからガスを選択して混合した混合ガスをプラズマ化して成膜を行うプラズマCVD法により形成することができる。具体的な成膜条件を表1に示す。

【表1】

	層	基板温度 (°C)	ガス流量 (sccm)	反応圧力 (Pa)	RFパワー (kW)
a-Si ユニット 202	p型層36	180	SiH ₄ :75 CH ₄ :150 H ₂ :750 B ₂ H ₆ :2~23	80	56 (0.01W/cm ²)
	i型層38	180	SiH ₄ :600 H ₂ :2000	100	60 (0.012W/cm ²)
	n型層40	180	SiH ₄ :20 H ₂ :4000 PH ₃ :10	200	600 (0.12W/cm ²)

10

【0014】

プラズマCVD法は、例えば、13.56MHzのRFプラズマCVD法を適用することが好適である。RFプラズマCVD法は平行平板型とすることができる。一般的に、p型層36、i型層38、n型層40はそれぞれ別の成膜室において成膜される。成膜室は、真空ポンプによって真空排気可能であり、RFプラズマCVD法のための電極が内蔵される。また、透明絶縁基板30の搬送装置、RFプラズマCVD法のための電源及びマッ

20

【0015】

p型層36は、透明導電層32上に形成される。p型層36は、p型ドーパント（ボロン等）をドーブした膜厚10nm以上100nm以下のp型アモルファスシリコン層（p型a-Si:H）又はp型アモルファス炭化シリコン層（p型a-SiC:H）とすることが好適である。p型層36の膜質は、シリコン含有ガス、炭化水素ガス、p型ドーパント含有ガス及び希釈ガスの混合比、圧力及びプラズマ発生用高周波パワーを調整することによって変化させることができる。i型層38は、p型層36上に形成されたドーブされていない膜厚50nm以上500nm以下のアモルファス層とする。i型層38の膜質は、シリコン含有ガス及び希釈ガスの混合比、圧力及びプラズマ発生用高周波パワーを調整

30

【0016】

次に、p型層42、第1中間層44、i型層46、第2中間層48及びn型層50を順に積層してμc-Siユニット204を形成する。μc-Siユニット204は、シラン（SiH₄）、ジシラン（Si₂H₆）、ジクロルシラン（SiH₂Cl₂）等のシリコン含有ガス、メタン（CH₄）等の炭素水素ガス、ジボラン（B₂H₆）等のp型ドーパント含有ガス、フォスフィン（PH₃）等のn型ドーパント含有ガス、二酸化炭素（CO₂）等の酸化炭素ガス及び水素（H₂）等の希釈ガスからガスを選択して混合した混合ガスをプラズマ化して成膜を行うプラズマCVD法により形成することができる。具体的な成膜条件を表2に示す。

40

【表 2】

	層	基板温度 (°C)	ガス流量 (sccm)	反応圧力 (Pa)	周波数	RFパワー (kW)
μc-Si ユニット 204	p型層42	200	SiH ₄ :25 H ₂ :5000 B ₂ H ₆ :5	106	RF	250 (0.05W/cm ²)
	第1中間層44	180	SiH ₄ :20 CO ₂ :40 H ₂ :6000 B ₂ H ₆ :90	200	RF	56 (0.15W/cm ²)
	i型層46	180	SiH ₄ :300 H ₂ :14000	9600 ~10000	VHF (27MHz)	2500 (0.5W/cm ²)
	第2中間層48	180	SiH ₄ :20 CO ₂ :40 H ₂ :6000 PH ₃ :90	200	RF	56 (0.15W/cm ²)
	n型層50	200	SiH ₄ :25 H ₂ :5000 PH ₃ :25	133	RF	1500 (0.3W/cm ²)

10

20

【0017】

プラズマCVD法は、a-Siユニット202と同様に、例えば、13.56MHzのRFプラズマCVD法を適用することが好適である。一般的に、p型層42、i型層46及びn型層50はそれぞれ別の成膜室において成膜される。また、第1中間層44及び第2中間層48は、p型層36、n型層40、p型層42及びn型層50のいずれかの成膜室を用いて成膜してもよい。

【0018】

p型層42は、a-Siユニット202のn型層40上に形成される。p型層42は、微結晶シリコン層若しくはアモルファスシリコン層又はそれらの組み合わせとすることが好適である。p型層42の膜質は、シリコン含有ガス、炭化水素ガス、p型ドーパント含有ガス及び希釈ガスの混合比、圧力及びプラズマ発生用高周波パワーを調整することによって変化させることができる。

30

【0019】

第1中間層44は、p型層40上に形成される。第1中間層44は、後述する第2中間層48と共に、μc-Siユニット204の発電層であるi型層46に光を閉じ込める役割を果たす。第1中間層44は、p型ドーパント(ボロン等)をドープした酸化シリコンを含む層とすることが好適である。例えば、第1中間層44は、シリコン含有ガス、p型ドーパント含有ガス及び希釈ガスに二酸化炭素(CO₂)等の酸化炭素ガスを混合した混合ガスを用いてプラズマCVD法により形成することが好適である。第1中間層44の膜質は、添加ガス種、ガスの混合比、圧力及びプラズマ発生用高周波パワーを調整することによって変化させることができる。

40

【0020】

第1中間層44上にはi型層46が形成される。i型層46は、ドープされていない膜厚0.5μm以上5μm以下の微結晶シリコン膜とする。i型層46は、μc-Siユニット204の発電層となる層である。i型層46は、まずバッファ層を形成し、バッファ層上に主発電層を形成した積層構造とすることが好適である。バッファ層は、主発電層の成膜条件よりも高い結晶化率となる成膜条件で成膜する。すなわち、ガラス基板等に単膜

50

として成膜したときにバッファ層は主発電層よりも結晶化率が高くなる成膜条件で形成する。*i*型層46の膜質は、シリコン含有ガス及び希釈ガスの混合比、圧力及びプラズマ発生用高周波パワーを調整することによって変化させることができる。

【0021】

第2中間層48は、*i*型層46上に形成される。第2中間層48は、*n*型ドーパント（リン等）をドーブした酸化シリコンを含む層とすることが好適である。例えば、第2中間層48は、シリコン含有ガス、*n*型ドーパント含有ガス及び希釈ガスに二酸化炭素（CO₂）等の酸化炭素ガスを混合した混合ガスを用いてプラズマCVD法により形成することが好適である。第2中間層48の膜質は、添加ガス種、ガスの混合比、圧力及びプラズマ発生用高周波パワーを調整することによって変化させることができる。

10

【0022】

*n*型層50は、第2中間層48上に形成される。*n*型層50は、*n*型ドーパント（リン等）をドーブした膜厚5nm以上50nm以下*n*型微結晶シリコン層（*n*型 $\mu\text{c-Si:H}$ ）とする。*n*型層50の膜質は、シリコン含有ガス、炭化水素ガス、*n*型ドーパント含有ガス及び希釈ガスの混合比、圧力及びプラズマ発生用高周波パワーを調整することによって変化させることができる。

【0023】

ただし、本実施の形態において $\mu\text{c-Si}$ ユニット204はこれに限定されるものではなく、発電層となる*i*型層46に*i*型微結晶シリコン層（*i*型 $\mu\text{c-Si:H}$ ）が用いられ、*i*型層46を挟み込むように第1中間層44及び第2中間層48を備えるものであればよい。第1中間層44及び第2中間層48については詳しく後述する。

20

【0024】

$\mu\text{c-Si}$ ユニット204上に、裏面電極層34が形成される。裏面電極層34は、反射性金属と透明導電性酸化物（TCO）との積層構造をすることが好適である。透明導電性酸化物（TCO）としては、酸化錫（SnO₂）、酸化亜鉛（ZnO）、インジウム錫酸化物（ITO）等、又は、これらに不純物をドーブしたものが用いられる。例えば、酸化亜鉛（ZnO）にアルミニウム（Al）を不純物としてドーブしたものでもよい。また、反射性金属としては、銀（Ag）、アルミニウム（Al）等の金属が用いられる。透明導電性酸化物（TCO）及び反射性金属は、例えば、スパッタリング法又はCVD法等により形成することができる。透明導電性酸化物（TCO）と反射性金属の少なくとも一方には、光閉じ込め効果を高めるための凹凸が設けることが好適である。

30

【0025】

さらに、裏面電極層34を保護膜（図示しない）で被ってもよい。保護膜は、EVA、ポリイミド等の樹脂材料とし、同様の樹脂材料である充填材により裏面電極層34上を被うように接着すればよい。これによって、光電変換装置200の発電層への水分の侵入等を防ぐことができる。

【0026】

なお、YAGレーザ（基本波1064nm、2倍高調波532nm）を用いて、透明導電層32、*a-Si*ユニット202、 $\mu\text{c-Si}$ ユニット204、裏面電極層34の分離加工を行うことによって、複数のセルを直列に接続した構成にしてもよい。

40

【0027】

以下、第1中間層44及び第2中間層48について説明する。図2は、本実施の形態における光電変換装置200の各層の屈折率を示す。図2に示すように、第1中間層44の屈折率 n_1 及び第2中間層48の屈折率 n_2 は、光閉じ込めの対象となる $\mu\text{c-Si}$ ユニット204の*i*型層46の屈折率 n_i よりも小さくする。また、第1中間層44の屈折率 n_1 は、隣接する*p*型層42の屈折率 n_p よりも小さくする。ただし、第1中間層44と*i*型層46との屈折率の差（ $n_i - n_1$ ）は、第1中間層44と*p*型層42との屈折率の差（ $n_p - n_1$ ）よりも大きくなるようにする。また、第2中間層48の屈折率 n_2 は、隣接する*n*型層50の屈折率 n_n よりも小さくする。ただし、第2中間層48と*i*型層46との屈折率の差（ $n_i - n_2$ ）は、第2中間層48と*n*型層50との屈折率の差（ $n_n - n_2$ ）より

50

も大きくなるようにする。

【0028】

これにより、図2の矢印(実線)で示すように、p型層42と第1中間層44との界面を透過してi型層46に入射した光は、i型層46と第2中間層48との界面において互いの屈折率差によって反射されてi型層46へ戻される。さらに、i型層46と第2中間層48との界面において反射された光は、i型層46と第1中間層44との界面に到達すると互いの屈折率差によって再び反射されi型層46へ戻される。このようにして、第1中間層44及び第2中間層48によって、ボトムセルとなる $\mu\text{c-Si}$ ユニット204のi型層46への光閉じ込め効果が得られる。

【0029】

また、図2の矢印(破線)で示すように、i型層46と第2中間層48との界面では一部の光が透過するが、その光は、n型層50を通過して、n型層50と裏面電極層34とに到達し、n型層50と裏面電極層34との屈折率差によって反射されてn型層50及び第2中間層48を通過して再びi型層46へ戻される。そして、上記と同様に、裏面電極層34で反射された光も第1中間層44と第2中間層48とによってi型層46へ閉じ込められる。

【0030】

このようにして、ボトムセルとなる $\mu\text{c-Si}$ ユニット204のi型層46での光の利用効率を高めることができる。

【0031】

なお、一般的に、p型層42、i型層46及びn型層50の屈折率 n_p 、 n_i 、 n_n は3.6より大きくなるので、第1中間層44及び第2中間層48の屈折率 n_1 、 n_2 は3.6以下とすることが好適である。また、第1中間層44及び第2中間層48の屈折率 n_1 、 n_2 は、第1中間層44及び第2中間層48の膜特性を低下させない程度において、できるだけ低いほどよく、例えば、2.1程度とすることが好適である。

【0032】

ここで、第1中間層44の屈折率 n_1 は第2中間層48の屈折率 n_2 よりも大きくすることが好適である。p型層42の屈折率 n_p とn型層50の屈折率 n_n とは同程度の大きさであるので、p型層42と第1中間層44との界面では、n型層50と第2中間層48との界面よりもi型層46への光の導入率を高めることができる。

【0033】

また、第1中間層44の膜厚 d_1 は第2中間層48の膜厚 d_2 以下とすることが好適である。これにより、第1中間層44とi型層46との界面における反射率はi型層46と第2中間層48との界面における反射率よりも多少低下するが、透明絶縁基板30からの光入射側である第1中間層44における光の吸収が抑制され、i型層46へ到達する光量を増加させることができ、光電変換装置200全体としての発電効率を高めることができる。一方、第2中間層48における光の吸収量は第1中間層44における光の吸収量よりも大きくなるが、裏面電極層34から反射されて第2中間層48へ入射してくる光は透明絶縁基板30側から第1中間層44へ入射してくる光よりも小さく、i型層46と第2中間層48との界面における反射率をより高めることによって、i型層46への光閉じ込め効果が高まり、光電変換装置200全体としての発電効率を高めることができる。

【0034】

より具体的には、第1中間層44及び第2中間層48の膜厚 d_1 、 d_2 は、30nm以上100nm以下とすることが好適である。特に、第1中間層44の膜厚 d_1 は、30nm以上50nm以下の範囲とし、第2中間層48の膜厚 d_2 は、第1中間層44の膜厚 d_1 以上であって50nm以上100nm以下の範囲とすることが好適である。

【0035】

なお、第1中間層44及び第2中間層48の屈折率 n_1 、 n_2 を調整するためには、成膜時における、シリコン含有ガス、ドーパント含有ガス、希釈ガスの混合ガスに対する二酸化炭素(CO_2)等の酸化炭素ガスの混合比を調整すればよい。すなわち、屈折率 n_1 、 n_2

10

20

30

40

50

n_2 をより低下させるには二酸化炭素(CO_2)等の酸素含有ガスの混合比をより高くすればよい。また、第1中間層44及び第2中間層48のプラズマCVD法による成膜時の圧力及びプラズマ発生用高周波パワー等の成膜条件を調整しても第1中間層44及び第2中間層48の屈折率 n_1 , n_2 を変化させることができる。

【0036】

各層の屈折率は、光電変換装置200の断面に対してエネルギー分散型X線分析(EDX)による成分分析を行うことで知ることができる。EDXによる成分分析において、着目する断面領域の酸素(O)の含有量が他の断面領域よりも高い場合、着目する断面領域は当該他の断面領域よりも屈折率が低いと判定できる。例えば、 $\mu\text{c-Si}$ ユニット204のi型層46の両側にi型層46よりも酸素(O)の酸素含有量が多い層が設けられていれば本実施の形態における光電変換装置200の構成を有するものと判定できる。また、第1中間層44及び第2中間層48とp型層42及びn型層50との屈折率の関係も同様に判定できる。

10

【0037】

各層の屈折率の関係については、後述する他の実施の形態及び変形例においても同様に判定することができる。

【0038】

なお、本実施の形態では第1中間層44及び第2中間層48として不純物をドーブした酸化シリコンを含む層を適用したが、これに限定されるものではない。例えば、第1中間層44及び第2中間層48は、酸化亜鉛(ZnO)等の透明導電性酸化物(TCO)としてもよい。特に、マグネシウム(Mg)がドーブされた酸化亜鉛(ZnO)を用いることが好適である。透明導電性酸化物(TCO)は、例えば、スパッタリング法やCVD法等により形成することができる。

20

【0039】

<変形例1>

第1の実施の形態における光電変換装置200の変形例として、図3の光電変換装置206に示すように、第3中間層52をさらに設けてもよい。第3中間層52は、 $a\text{-Si}$ ユニット202のi型層38とn型層40との間に形成する。第3中間層52は、第2中間層48と同様に、n型ドーパント(リン)をドーブした酸化シリコンを含む層とすることが好適である。例えば、第3中間層52は、シリコン含有ガス、n型ドーパント含有ガス及び希釈ガスに二酸化炭素(CO_2)等の酸化炭素ガスを混合した混合ガスを用いてプラズマCVD法により形成することが好適である。第3中間層52の膜質は、添加ガス種、ガスの混合比、圧力及びプラズマ発生用高周波パワーを調整することによって変化させることができる。

30

【0040】

第3中間層52の屈折率 n_3 は、i型層38の屈折率 n_{ai} 及びn型層40の屈折率 n_{an} よりも小さくすることが好適である。第3中間層52の屈折率 n_3 を調整するためには、成膜時における、シリコン含有ガス、ドーパント含有ガス、希釈ガスの混合ガスに対する二酸化炭素(CO_2)等の酸化炭素ガスの混合比を調整すればよい。

【0041】

このように第3中間層52をさらに設けることによって、 $a\text{-Si}$ ユニット202のi型層38と第3中間層52との界面に到達した光は、互いの屈折率差によって反射されてi型層38へ戻される。これにより、i型層38における光の利用率を高めることができ、 $a\text{-Si}$ ユニット202の発電層にあたるi型層38の膜厚を薄くできる等の利点を得ることができる。

40

【0042】

なお、第1中間層44を設けず、代わりに第3中間層52を設ける構成としてもよい。この場合、 $\mu\text{c-Si}$ ユニット204のi型層46には第3中間層52と第2中間層48との間で光閉じ込め効果が得られる。ただし、閉じ込められた光がn型層40及びp型層42によって吸収されるので、第1中間層44を設けることが好ましい。

50

【 0 0 4 3 】

< 変形例 2 >

第 1 の実施の形態における光電変換装置 2 0 0 の変形例として、図 4 の光電変換装置 2 0 8 に示すように、第 3 中間層 5 4 をさらに設けてもよい。第 3 中間層 5 4 は、a - S i ユニット 2 0 2 の n 型層 4 0 と μc - S i ユニット 2 0 4 の p 型層 4 2 との間に形成する。第 3 中間層 5 4 は、第 1 中間層 4 4 又は第 2 中間層 4 8 と同様に、p 型ドーパント（ボロン等）又は n 型ドーパント（リン等）をドーブした酸化シリコンを含む層とすることが好適である。例えば、第 3 中間層 5 4 は、シリコン含有ガス、ドーパント含有ガス及び希釈ガスに二酸化炭素（ $C O_2$ ）等の酸化炭素ガスを混合した混合ガスを用いてプラズマ C V D 法により形成することが好適である。第 3 中間層 5 4 の膜質は、添加ガス種、ガスの混合比、圧力及びプラズマ発生用高周波パワーを調整することによって変化させることができる。

10

【 0 0 4 4 】

第 3 中間層 5 4 の屈折率 n_4 は、n 型層 4 0 の屈折率 n_{an} 及び p 型層 4 2 の屈折率 n_p よりも小さくすることが好適である。第 3 中間層 5 4 の屈折率 n_4 を調整するためには、成膜時における、シリコン含有ガス、ドーパント含有ガス、希釈ガスの混合ガスに対する二酸化炭素（ $C O_2$ ）等の酸化炭素ガスの混合比を調整すればよい。

【 0 0 4 5 】

このように第 3 中間層 5 4 をさらに設けることによって、a - S i ユニット 2 0 2 の n 型層 4 0 と μc - S i ユニット 2 0 4 の p 型層 4 2 との界面に到達した光は、互いの屈折率差によって反射されて、n 型層 4 0 を通って i 型層 3 8 へ戻される。これにより、i 型層 3 8 における光の利用率を高めることができ、a - S i ユニット 2 0 2 の発電層にあたる i 型層 3 8 の膜厚を薄くできる等の利点を得ることができる。

20

【 0 0 4 6 】

なお、第 1 中間層 4 4 を設けず、代わりに第 3 中間層 5 4 を設ける構成としてもよい。この場合、 μc - S i ユニット 2 0 4 の i 型層 4 6 には第 3 中間層 5 4 と第 2 中間層 4 8 との間で光閉じ込め効果が得られる。ただし、閉じ込められた光が p 型層 4 2 によって吸収されるので、第 1 中間層 4 4 を設けることが好ましい。

【 0 0 4 7 】

< 第 2 の実施の形態 >

図 5 は、第 2 の実施の形態における光電変換装置 3 0 0 の構造を示す断面図である。本実施の形態における光電変換装置 3 0 0 は、第 1 の実施の形態における光電変換装置 2 0 0 のように μc - S i ユニット 2 0 4 に第 1 中間層 4 4 及び第 2 中間層 4 8 を設ける代わりに、a - S i ユニット 2 0 2 に第 1 中間層 5 6 及び第 2 中間層 5 8 を設けている。各層の成膜方法は、第 1 の実施の形態と同様であるので説明を省略する。

30

【 0 0 4 8 】

図 6 は、本実施の形態における光電変換装置 3 0 0 の各層の屈折率を示す。図 6 に示すように、第 1 中間層 5 6 の屈折率 n_1 及び第 2 中間層 5 8 の屈折率 n_2 は、光閉じ込めの対象となる a - S i ユニット 2 0 2 の i 型層 3 8 の屈折率 n_{ai} よりも小さくする。また、第 1 中間層 5 6 の屈折率 n_1 は、隣接する p 型層 3 6 の屈折率 n_{ap} よりも小さくする。ただし、第 1 中間層 5 6 と i 型層 3 8 との屈折率の差（ $n_{ai} - n_1$ ）は、第 1 中間層 5 6 と p 型層 3 6 との屈折率の差（ $n_{ap} - n_1$ ）よりも大きくなるようにする。また、第 2 中間層 5 8 の屈折率 n_2 は、隣接する n 型層 4 0 の屈折率 n_{an} よりも小さくする。ただし、第 2 中間層 5 8 と i 型層 3 8 との屈折率の差（ $n_{ai} - n_2$ ）は、第 2 中間層 5 8 と n 型層 4 0 との屈折率の差（ $n_{an} - n_2$ ）よりも大きくなるようにする。

40

【 0 0 4 9 】

これにより、図 6 の矢印（実線）で示すように、p 型層 3 6 と第 1 中間層 5 6 との界面を透過して i 型層 3 8 に入射した光は、i 型層 3 8 と第 2 中間層 5 8 との界面において互いの屈折率差によって反射されて i 型層 3 8 へ戻される。さらに、i 型層 3 8 と第 2 中間層 5 8 との界面において反射された光は、i 型層 3 8 と第 1 中間層 5 6 との界面に到達す

50

ると互いの屈折率差によって再び反射され *i* 型層 38 へ戻される。このようにして、第 1 中間層 56 及び第 2 中間層 58 によって、トップセルとなる a - Si ユニット 202 の *i* 型層 38 への光閉じ込め効果が得られる。

【0050】

また、図 6 の矢印（破線）で示すように、*i* 型層 38 と第 2 中間層 58 との界面では一部の光が透過するが、*n* 型層 50 と裏面電極層 34 等で反射されて再び *i* 型層 38 へ戻された場合、第 1 中間層 56 と第 2 中間層 58 とによって *i* 型層 38 へ閉じ込められる。

【0051】

このようにして、トップセルとなる a - Si ユニット 202 の *i* 型層 38 での光の利用効率を高めることができる。

10

【0052】

なお、一般的に、*p* 型層 36、*i* 型層 38 及び *n* 型層 40 の屈折率 n_{ap} 、 n_{ai} 、 n_{an} は 3.6 より大きくなるので、第 1 中間層 56 及び第 2 中間層 58 の屈折率 n_1 、 n_2 は 3.6 以下とすることが好適である。また、第 1 中間層 56 及び第 2 中間層 58 の屈折率 n_1 、 n_2 は、できるだけ低いほどよく、例えば、2.1 程度とすることが好適である。

【0053】

また、第 1 中間層 56 の屈折率 n_1 は第 2 中間層 58 の屈折率 n_2 よりも大きくすることが好適である。*p* 型層 36 の屈折率 n_{ap} と *n* 型層 40 の屈折率 n_{an} とは同程度の大きさであるので、*p* 型層 36 と第 1 中間層 56 との界面では、*n* 型層 40 と第 2 中間層 58 との界面よりも *i* 型層 38 への光の導入率を高めることができる。

20

【0054】

また、第 1 中間層 56 の膜厚 d_1 は第 2 中間層 58 の膜厚 d_2 以下とすることが好適である。これにより、第 1 中間層 56 と *i* 型層 38 との界面における反射率は *i* 型層 38 と第 2 中間層 58 との界面における反射率よりも多少低下するが、透明絶縁基板 30 からの光入射側である第 1 中間層 56 における光の吸収が抑制され、*i* 型層 38 へ到達する光量を増加させることができ、光電変換装置 300 全体としての発電効率を高めることができる。一方、第 2 中間層 58 における光の吸収量は第 1 中間層 56 における光の吸収量よりも大きくなるが、裏面電極層 34 等から反射されて第 2 中間層 58 へ入射してくる光は透明絶縁基板 30 側から第 1 中間層 56 へ入射してくる光よりも小さく、*i* 型層 38 と第 2 中間層 58 との界面における反射率をより高めることによって、*i* 型層 38 への光閉じ込め効果が高まり、光電変換装置 300 全体としての発電効率を高めることができる。

30

【0055】

より具体的には、第 1 中間層 56 及び第 2 中間層 58 の膜厚 d_1 、 d_2 は、30 nm 以上 100 nm 以下とすることが好適である。特に、第 1 中間層 56 の膜厚 d_1 は、30 nm 以上 50 nm 以下の範囲とし、第 2 中間層 58 の膜厚 d_2 は、第 1 中間層 56 の膜厚 d_1 以上であって 50 nm 以上 100 nm 以下の範囲とすることが好適である。

【0056】

<変形例 3>

第 1 の実施の形態における光電変換装置 200 と第 2 の実施の形態における光電変換装置 300 との構成を組み合わせてもよい。すなわち、図 7 に示すように、a - Si ユニット 202 に第 1 中間層 56 及び第 2 中間層 58 を設けると共に、 μc - Si ユニット 204 に第 1 中間層 44 及び第 2 中間層 48 をそれぞれ設ける光電変換装置 302 としてもよい。

40

【0057】

これにより、a - Si ユニット 202 の発電層である *i* 型層 38 及び μc - Si ユニット 204 の発電層である *i* 型層 46 の両方への光閉じ込め効果が得られ、光電変換装置 302 の発電効率を高めることができる。

【0058】

<第 3 の実施の形態>

上記第 1 の実施の形態及び第 2 の実施の形態並びにそれらの変形例においては、各中間

50

層は、膜厚方向において屈折率が変化しないものとした。第3の実施の形態では、中間層の屈折率を膜厚方向に変化させたものとする。

【0059】

図8は、第3の実施の形態における光電変換装置400の構造を示す断面図である。本実施の形態における光電変換装置400は、第1の実施の形態における光電変換装置200における第1中間層44及び第2中間層48の代りに、 $\mu\text{c-Si}$ ユニット204に第1中間層60及び第2中間層62を設けている。

【0060】

ここで、第1中間層60及び第2中間層62は、その屈折率 n_1 、 n_2 が膜厚方向に沿って変化するように形成される。第1中間層60は、図9に示すように、i型層46側からp型層42側に向けて徐々に屈折率 n_1 が大きくなるように形成される。このように屈折率 n_1 に傾斜を設けることによって、p型層42側から入射してくる光に対してはp型層42と第1中間層60との界面の屈折率差($n_p - n_1$)はi型層46と第1中間層60との界面の屈折率差($n_i - n_1$)より小さくなり、光の透過率を向上させることができる。一方、i型層46に一旦入射した光がn型層50と裏面電極層34との間等のいずれかの場所で反射してi型層46と第1中間層60との界面に到達した場合、i型層46と第1中間層60との界面の屈折率差($n_i - n_1$)によってi型層46への反射率を高めることができる。

【0061】

第1中間層60の屈折率 n_1 は、p型層42との界面においてp型層42の屈折率 n_p と略等しくなるようにすることが好適である。具体的には、p型層42の屈折率 n_p は3.6程度であるので、p型層42との界面において第1中間層60の屈折率 n_1 は3.6程度になるようにすることが好適である。また、第1中間層60の屈折率 n_1 は、i型層46との界面において膜質が低下しない程度にできるだけ小さくすることが好適である。具体的には、i型層46との界面において第1中間層60の屈折率 n_1 は2.1程度にすることが好適である。

【0062】

また、第2中間層62は、図9に示すように、i型層46側からn型層50側に向けて徐々に屈折率 n_2 が大きくなるように形成される。このように屈折率 n_2 に傾斜を設けることによって、裏面電極層34等で反射してn型層50側から入射してくる光に対してはn型層50と第2中間層62との界面の屈折率差($n_n - n_2$)はi型層46と第2中間層62との界面の屈折率差($n_i - n_2$)より小さくなり、光の透過率を向上させることができる。一方、i型層46に一旦入射した光がi型層46と第2中間層62との界面に到達した場合、i型層46と第2中間層62との界面の屈折率差($n_i - n_2$)によってi型層46への反射率を高めることができる。

【0063】

第2中間層62の屈折率 n_2 は、n型層50との界面においてn型層50の屈折率 n_n と略等しくなるようにすることが好適である。具体的には、n型層50の屈折率 n_n は3.6程度であるので、n型層50との界面において第2中間層62の屈折率 n_2 は3.6程度になるようにすることが好適である。また、第2中間層62の屈折率 n_2 は、i型層46との界面において膜質が低下しない程度にできるだけ小さくすることが好適である。具体的には、i型層46との界面において第2中間層62の屈折率 n_2 は2.1程度にすることが好適である。

【0064】

また、第1中間層60の膜厚 d_1 は第2中間層62の膜厚 d_2 以下とすることが好適である。これにより、第1中間層60とi型層46との界面における反射率はi型層46と第2中間層62との界面における反射率よりも多少低下するが、透明絶縁基板30からの光入射側である第1中間層60における光の吸収が抑制され、i型層46へ到達する光量を増加させることができ、光電変換装置400全体としての発電効率を高めることができる。一方、第2中間層62における光の吸収量は第1中間層60における光の吸収量よりも

10

20

30

40

50

大きくなるが、裏面電極層 34 から反射されて第 2 中間層 62 へ入射してくる光は透明絶縁基板 30 側から第 1 中間層 60 へ入射してくる光よりも小さく、i 型層 46 と第 2 中間層 62 との界面における反射率をより高めることによって、i 型層 46 への光閉じ込め効果が高まり、光電変換装置 400 全体としての発電効率を高めることができる。

【0065】

具体的には、第 1 の実施の形態と同様に、第 1 中間層 60 及び第 2 中間層 62 の膜厚 d_1 、 d_2 は、30 nm 以上 100 nm 以下とすることが好適である。特に、第 1 中間層 60 の膜厚 d_1 は、30 nm 以上 50 nm 以下の範囲とし、第 2 中間層 62 の膜厚 d_2 は、第 1 中間層 60 の膜厚 d_1 以上であって 50 nm 以上 100 nm 以下の範囲とすることが好適である。

10

【0066】

また、第 1 中間層 60 及び第 2 中間層 62 の屈折率 n_1 、 n_2 は、膜厚方向に連続的に傾斜させることに限定されるものではなく、図 10 に示すように、階段状に変化させてもよい。

【0067】

第 1 中間層 60 及び第 2 中間層 62 の屈折率 n_1 、 n_2 を膜厚方向で変化させるためには、成膜中において、シリコン含有ガス、ドーパント含有ガス、希釈ガスの混合ガスに対する二酸化炭素 (CO_2) 等の酸素含有ガスの混合比を変化させればよい。すなわち、屈折率 n_1 、 n_2 をより低下させるには二酸化炭素 (CO_2) 等の酸素含有ガスの混合比をより高くなるように調整すればよい。また、第 1 中間層 60 及び第 2 中間層 62 のプラズマ CVD 法による成膜時の圧力及びプラズマ発生用高周波パワー等の成膜条件を調整しても第 1 中間層 60 及び第 2 中間層 62 の屈折率 n_1 、 n_2 を変化させることができる。

20

【0068】

なお、第 1 中間層 60 及び第 2 中間層 62 はいずれか 1 つのみ設けても効果は得られる。また、第 2 の実施の形態のように a-Si ユニット 202 の第 1 中間層 56 及び第 2 中間層 58 の代りに第 1 中間層 60 及び第 2 中間層 62 を設けてもよい。また、変形例 1~3 における第 1 中間層 44 及び第 2 中間層 48 並びに第 1 中間層 56 及び第 2 中間層 58 の代りに第 1 中間層 60 及び第 2 中間層 62 を設けてもよい。

【0069】

また、第 1 の実施の形態と同様に、第 1 中間層 60 及び第 2 中間層 62 は、酸化亜鉛 (ZnO) 等の透明導電性酸化物 (TCO) としてもよい。特に、マグネシウム (Mg) がドーパされた酸化亜鉛 (ZnO) を用いることが好適である。この場合も、成膜中に成膜条件を調整することによって、第 1 中間層 60 及び第 2 中間層 62 の屈折率 n_1 、 n_2 を傾斜状又は段差状にすればよい。

30

【0070】

< 第 4 の実施の形態 >

本願発明は、結晶系の光電変換装置に対して適用することができる。図 11 は、単結晶シリコン層 70 を備える光電変換装置 500 の構造を示す断面模式図である。

【0071】

光電変換装置 500 は、単結晶シリコン層 70 の表面 (第 1 面) に第 1 中間層 72、真性半導体層 74 及び導電型半導体層 76 を順次形成し、単結晶シリコン層 70 の裏面 (第 2 面) に第 2 中間層 78、真性半導体層 80 及び導電型半導体層 82 を形成した構造を有する。

40

【0072】

単結晶シリコン層 70 は、n 型の単結晶シリコン (抵抗率 = 約 0.5 ~ 4 Ωcm) とすることが好適である。例えば、単結晶シリコン層 70 は、100 mm 角の正方形で、厚さ約 100 ~ 500 μm とすることが好適である。

【0073】

単結晶シリコン層 70 の表面 (第 1 面) には第 1 中間層 72 を形成する。第 1 中間層 72 は、第 1 の実施の形態における第 1 中間層 44 と同様に形成することができる。第 1 中

50

間層 7 2 上にはプラズマ C V D 法を用いてドーブされていないアモルファスシリコン層である真性半導体層 7 4 (膜厚: 約 5 0 ~ 2 0 0) 及び p 型ドーパントが添加された p 型アモルファスシリコン層である導電型半導体層 7 6 (膜厚: 約 5 0 ~ 1 5 0) を形成する。なお、真性半導体層 7 4 及び導電型半導体層 7 6 は、アモルファスシリコンとしたが、微結晶シリコンを用いてもよい。

【 0 0 7 4 】

単結晶シリコン層 7 0 の裏面 (第 2 面) には第 2 中間層 7 8 を形成する。第 2 中間層 7 8 は、第 1 の実施の形態における第 2 中間層 4 8 と同様に形成することができる。第 2 中間層 7 8 上にはプラズマ C V D 法を用いてドーブされていないアモルファスシリコン層である真性半導体層 8 0 (膜厚: 約 5 0 ~ 2 0 0) 及び n 型ドーパントが添加された n 型アモルファスシリコン層である導電型半導体層 8 2 (膜厚: 約 1 0 0 ~ 5 0 0) を形成する。なお、真性半導体層 8 0 及び導電型半導体層 8 2 は、アモルファスシリコンとしたが、微結晶シリコンを用いてもよい。

【 0 0 7 5 】

導電型半導体層 7 6 及び 8 2 上には、これらと略同面積の透明導電層 8 4 及び 8 6 を形成する。さらに、透明導電層 8 4 及び 8 6 の上に、銀ペースト等からなる集電極 8 8 及び 9 0 を形成する。なお、光電変換装置 5 0 0 では、裏面 (第 2 面) 側においても透明導電層 8 6 を採用しているので、裏面側に光が入射しても発電に寄与する。

【 0 0 7 6 】

図 1 2 は、光電変換装置 5 0 0 の各層の屈折率を示す。図 1 2 に示すように、第 1 中間層 7 2 の屈折率 n_1 及び第 2 中間層 7 8 の屈折率 n_2 は、光閉じ込めの対象となる単結晶シリコン層 7 0 の屈折率 n_{ci} よりも小さくする。また、第 1 中間層 7 2 の屈折率 n_1 は、隣接する真性半導体層 7 4 及び導電型半導体層 7 6 の屈折率 n_{pi} よりも小さくする。ただし、第 1 中間層 7 2 と単結晶シリコン層 7 0 との屈折率の差 ($n_{ci} - n_1$) は、第 1 中間層 7 2 と真性半導体層 7 4 及び導電型半導体層 7 6 との屈折率の差 ($n_{pi} - n_1$) よりも小さくなるようにする。また、第 2 中間層 7 8 の屈折率 n_2 は、隣接する真性半導体層 8 0 及び導電型半導体層 8 2 の屈折率 n_{ni} よりも小さくする。ただし、第 2 中間層 7 8 と単結晶シリコン層 7 0 との屈折率の差 ($n_{ci} - n_2$) は、第 2 中間層 7 8 と真性半導体層 8 0 及び導電型半導体層 8 2 との屈折率の差 ($n_{ni} - n_2$) よりも小さくなるようにする。

【 0 0 7 7 】

これにより、図 1 2 の矢印 (実線) で示すように、真性半導体層 7 4 と第 1 中間層 7 2 との界面を透過して単結晶シリコン層 7 0 に入射した光は、単結晶シリコン層 7 0 と第 2 中間層 7 8 との界面において互いの屈折率差によって反射されて単結晶シリコン層 7 0 へ戻される。さらに、単結晶シリコン層 7 0 と第 2 中間層 7 8 との界面において反射された光は、単結晶シリコン層 7 0 と第 1 中間層 7 2 との界面に到達すると互いの屈折率差によって再び反射され単結晶シリコン層 7 0 へ戻される。また、図 1 2 の矢印 (破線) で示すように、真性半導体層 8 0 と第 2 中間層 7 8 との界面を透過して単結晶シリコン層 7 0 に入射した光は、単結晶シリコン層 7 0 と第 1 中間層 7 2 との界面において互いの屈折率差によって反射されて単結晶シリコン層 7 0 へ戻される。さらに、単結晶シリコン層 7 0 と第 2 中間層 7 8 との界面に到達すると互いの屈折率差によって再び反射され単結晶シリコン層 7 0 へ戻される。このようにして、第 1 中間層 7 2 及び第 2 中間層 7 8 によって、単結晶シリコン層 7 0 への光閉じ込め効果が得られる。

【 0 0 7 8 】

また、第 1 中間層 7 2 の屈折率 n_1 は第 2 中間層 7 8 の屈折率 n_2 よりも大きくすることが好適である。真性半導体層 7 4 及び導電型半導体層 7 6 の屈折率 n_{pi} と真性半導体層 8 0 及び導電型半導体層 8 2 の屈折率 n_{ni} とは同程度の大きさであるので、真性半導体層 7 4 と第 1 中間層 7 2 との界面では、真性半導体層 8 0 と第 2 中間層 7 8 との界面よりも単結晶シリコン層 7 0 への光の導入率を高めることができる。

【 0 0 7 9 】

また、第 1 中間層 7 2 の膜厚 d_1 は第 2 中間層 7 8 の膜厚 d_2 以下とすることが好適であ

10

20

30

40

50

る。これにより、第1中間層72と単結晶シリコン層70との界面における反射率は単結晶シリコン層70と第2中間層78との界面における反射率よりも多少低下するが、主な光の入射側に配置される第1中間層72における光の吸収が抑制され、単結晶シリコン層70へ到達する光量を増加させることができ、光電変換装置500全体としての発電効率を高めることができる。一方、第2中間層78における光の吸収量は第1中間層72における光の吸収量よりも大きくなるが、第2中間層78を透過して単結晶シリコン層70へ到達する光は第1中間層72を透過して単結晶シリコン層70へ到達する光よりも小さく、単結晶シリコン層70と第2中間層78との界面における反射率をより高めることによって、単結晶シリコン層70への光閉じ込め効果が高まり、光電変換装置500全体としての発電効率を高めることができる。

10

【0080】

また、第3の実施の形態と同様に、第1中間層72の屈折率 n_1 及び第2中間層78の屈折率 n_2 の少なくとも一方を膜厚方向に沿って傾斜状又は段差状にすることも好適である。第1中間層72は、図13に示すように、単結晶シリコン層70側から真性半導体層74側に向けて徐々に屈折率 n_1 が大きくなるように形成する。また、第2中間層78は、図13に示すように、単結晶シリコン層70側から真性半導体層80側に向けて徐々に屈折率 n_2 が大きくなるように形成する。

【0081】

第1中間層72の屈折率 n_1 は、真性半導体層74との界面において真性半導体層74の屈折率 n_{pi} と略等しくなるようにすることが好適である。第2中間層78の屈折率 n_2 は、真性半導体層80との界面において真性半導体層80の屈折率 n_{ni} と略等しくなるようにすることが好適である。また、第1中間層72の屈折率 n_1 及び第2中間層78の屈折率 n_2 は、単結晶シリコン層70との界面において膜質が低下しない程度にできるだけ小さくすることが好適である。

20

【0082】

このように、第1中間層72の屈折率 n_1 及び第2中間層78の屈折率 n_2 の少なくとも一方を膜厚方向に沿って傾斜状又は段差状にすることによって、単結晶シリコン層70に対する光閉じ込め効果を向上させることができる。

【0083】

なお、第1中間層72及び第2中間層78は少なくとも一方を設けることによって光電変換装置の発電効率を向上させる効果を奏することができる。また、発電層である単結晶シリコン層70を2層以上積層した光電変換装置においても単結晶シリコン層70毎に第1中間層72及び第2中間層78を設けることによって光閉じ込め効果を得ることができる。

30

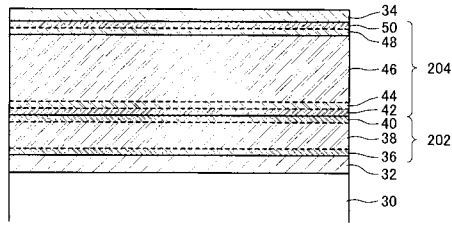
【符号の説明】

【0084】

10 基板、12 透明導電層、14 アモルファスシリコン光電変換ユニット(a-Siユニット)、16 微結晶シリコン光電変換ユニット(μ c-Siユニット)、20 中間層、30 透明絶縁基板、32 透明導電層、34 裏面電極層、36 p型層(a-Si)、38 i型層(a-Si)、40 n型層(a-Si)、42 p型層(μ c-Si)、44, 56, 60, 72 第1中間層、46 i型層(μ c-Si)、48, 58, 62, 78 第2中間層、50 n型層(μ c-Si)、52, 54 第3中間層、70 単結晶シリコン層、74 真性半導体層、76 導電型半導体層、80 真性半導体層、82 導電型半導体層、84, 86 透明導電層、88, 90 集電極、100, 200, 206, 208, 300, 302, 400, 500 光電変換装置、202 アモルファスシリコン光電変換ユニット(a-Siユニット)、204 微結晶シリコン光電変換ユニット(μ c-Siユニット)。

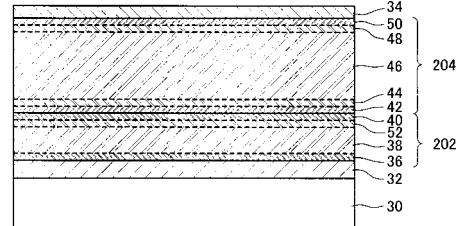
40

【 図 1 】



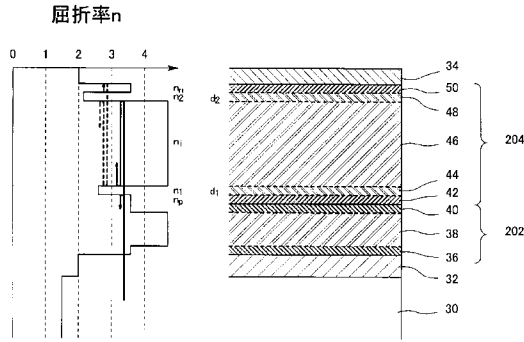
200

【 図 3 】



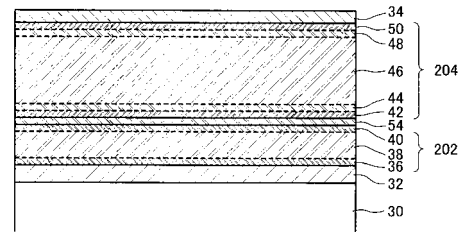
206

【 図 2 】



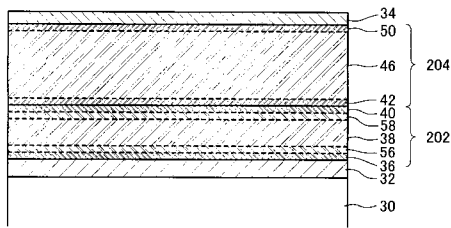
200

【 図 4 】



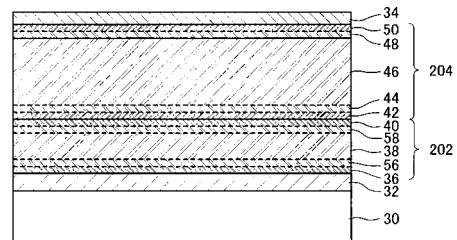
208

【 図 5 】



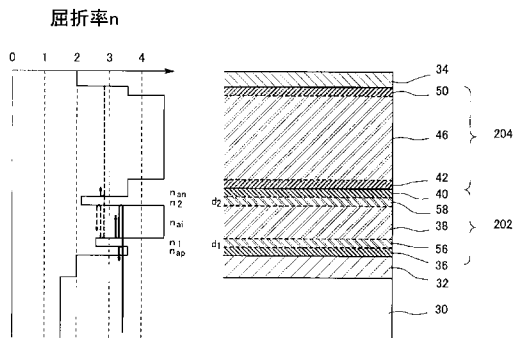
300

【 図 7 】



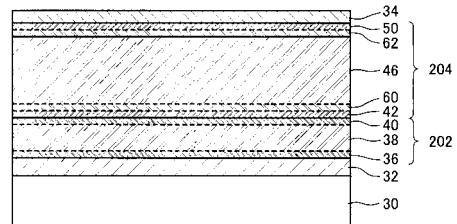
302

【 図 6 】



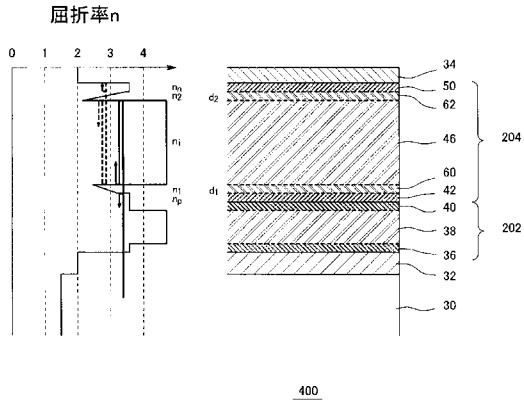
300

【 図 8 】

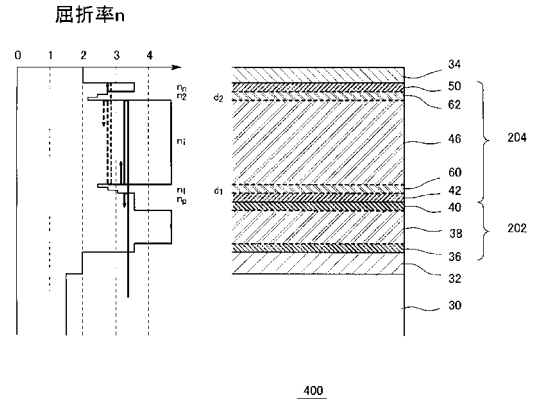


400

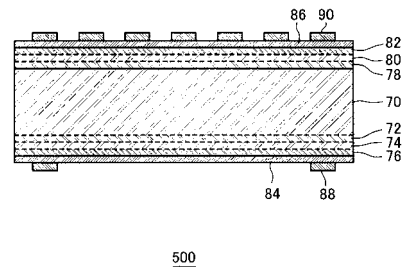
【図 9】



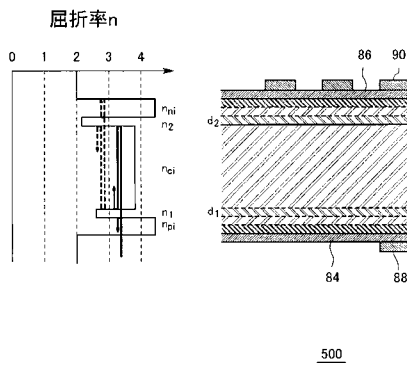
【図 10】



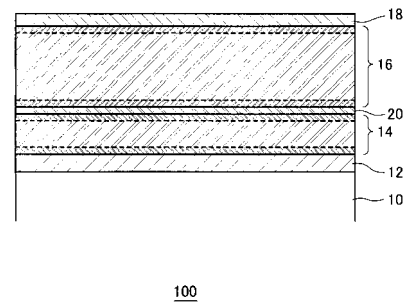
【図 11】



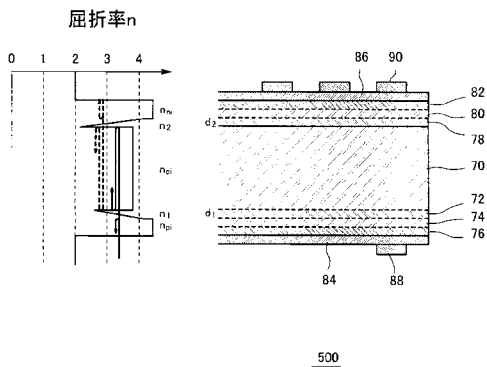
【図 12】



【図 14】



【図 13】



フロントページの続き

- (72)発明者 梅田 亜津美
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
- (72)発明者 兼松 大二
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

審査官 和田 将彦

- (56)参考文献 特開平11-103082(JP,A)
特開平08-213644(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 31/04 - 31/078