

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2010年5月27日(27.05.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/058640 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 31/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/064570
- (22) 国際出願日: 2009年8月20日(20.08.2009)
- (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 2008-295750 2008年11月19日(19.11.2008) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱重工業株式会社(MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 山口 賢剛 (YAMAGUCHI, Kengo) [JP/JP]; 〒8510392 長崎県長崎市深堀町五丁目717番1号 三菱重工業株式会社 長崎研究所内 Nagasaki (JP). 坂井智嗣(SAKAI, Satoshi) [JP/JP]; 〒2368515 神奈川県

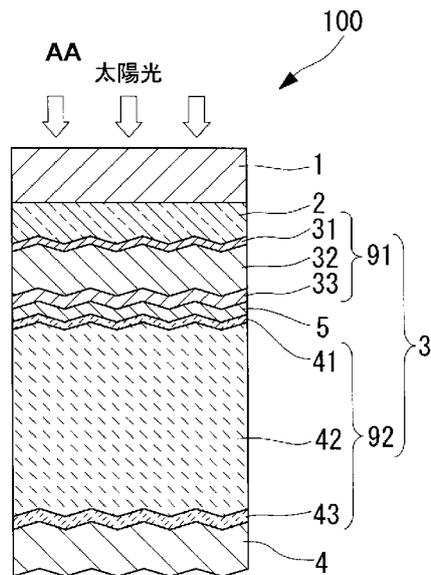
- 横浜市金沢区幸浦一丁目8番地1 三菱重工業株式会社 先進技術研究センター内 Kanagawa (JP). 鶴我 薫典 (TSURUGA, Shigenori) [JP/JP]; 〒2368515 神奈川県横浜市金沢区幸浦一丁目8番地1 三菱重工業株式会社 先進技術研究センター内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 藤田 考晴, 外(FUJITA, Takaharu et al.); 〒2208137 神奈川県横浜市西区みなとみらい2-2-1 横浜ランドマークタワー37F Kanagawa (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, 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, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) Title: PHOTOELECTRIC CONVERSION DEVICE

(54) 発明の名称: 光電変換装置

[図1]



AA SUNLIGHT

(57) Abstract: A photoelectric conversion device having an improved conversion efficiency, wherein the leakage current is suppressed by setting the electrical conductivity after exposure to a hydrogen plasma within an appropriate range. Specifically disclosed is a photoelectric conversion device (100) which comprises, on a substrate (1), a photoelectric conversion layer (3) provided with at least two power generating cell layers (91, 92), and an intermediate contact layer (5) interposed between the power generating cell layers (91, 92). The photoelectric conversion device (100) is characterized in that the intermediate contact layer (5) contains a compound represented by the following formula: $Zn_{1-x}Mg_xO_2$ ($0.096 \leq x \leq 0.183$) as a main component.

(57) 要約: 水素プラズマ曝露後の導電率が適正な範囲に設定されることにより、漏れ電流が抑制されて変換効率が向上した光電変換装置を提供する。基板(1)上に、少なくとも2層の発電セル層(91, 92)を備える光電変換層(3)と、前記発電セル層(91, 92)の間に介在する中間コンタクト層(5)とを含む光電変換装置(100)であって、前記中間コンタクト層(5)が、 $Zn_{1-x}Mg_xO_2$ ($0.096 \leq x \leq 0.183$)で表される化合物を主として含むことを特徴とする。

WO 2010/058640 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ,

CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：光電変換装置

技術分野

[0001] 本発明は太陽電池に関し、特に発電層を製膜で作製する薄膜系太陽電池に関する。

背景技術

[0002] 太陽光のエネルギーを電気エネルギーに変換する太陽電池に用いられる光電変換装置としては、p型シリコン系半導体（p層）、i型シリコン系半導体（i層）及びn型シリコン系半導体（n層）の薄膜をプラズマCVD法等で製膜して形成した光電変換層を備えた薄膜シリコン系光電変換装置が知られている。

[0003] 薄膜シリコン系太陽電池の長所としては、大面積化が容易であること、膜厚が結晶系太陽電池の1/100程度と薄く、材料が少なくて済むことなどが挙げられる。このため、薄膜シリコン系太陽電池は、結晶系太陽電池と比較して低コストでの製造が可能となる。しかしながら、薄膜シリコン系太陽電池の短所としては、変換効率が結晶系に比べて低いことが挙げられる。本技術分野においては、変換効率の向上が重要な課題となっており、2層の発電セル層を積層した光電変換層を有するタンデム型太陽電池が提案されている。

[0004] タンデム型太陽電池において、第1の発電セル層と第2の発電セル層との間でのドーパント相互拡散の抑制、及び、光量配分の調整を目的として、透明導電膜からなる中間コンタクト層が挿入される。中間コンタクト層としては、GaドーパZnO（GZO）を用いることが一般的である。GZOは、屈折率が2.0とSiよりも低く、プラズマ耐性に優れ、かつ、透明性に優れた材料である。

[0005] しかし、GZOは抵抗率が低いため、集積型太陽電池モジュールとした場合に、セル接続部において漏れ電流の原因となり、開放電圧及びFFが低下

するという課題があった。漏れ電流を防止するために、接続部の構造にレーザー加工部を追加するなどの解決方法が提案されている。しかし、新たな加工部を設けることにより、有効面積の減少や工程増加によるコストアップという問題があった。

- [0006] GZOの導電率を制御してGZOを高抵抗化することによって、FFの改善が試みられている。特許文献1に記載されるように、GZOの導電率は、ドーパントを低減することや、製膜時の酸素供給量を調整してGZOの酸化を促進することによって制御できる。

先行技術文献

特許文献

- [0007] 特許文献1：特開2003-115601号公報

発明の概要

- [0008] 特許文献1のように中間コンタクト層に高抵抗のGZOを使用した場合、製膜直後のGZOの導電率を低下させることはできるものの、中間コンタクト層上に第2の発電セル層を形成する際に水素プラズマに曝されることにより、GZOの導電率が8～9桁増大し（すなわち、低抵抗化し）、実質的に漏れ電流の要因となることが問題となっていた。導電率の増大は、水素プラズマによってZnOに酸素欠陥が発生しやすいためと考えられた。
- [0009] 本発明は、上記課題に鑑みなされたものであって、水素プラズマ曝露後の導電率が適正な範囲に設定されることにより、漏れ電流が抑制されて変換効率が向上した光電変換装置を提供する。

課題を解決するための手段

- [0010] 上記課題を解決するために、本発明は、基板上に、少なくとも2層の発電セル層を備える光電変換層と、隣り合う前記発電セル層の間に介在する中間コンタクト層とを含む光電変換装置であって、前記中間コンタクト層が、 $Zn_{1-x}Mg_xO_2$ ($0.096 \leq x \leq 0.183$) で表される化合物を主として含むことを特徴とする。

- [0011] ZnOにMgOを添加した化合物を主とする中間コンタクト層とすることにより、水素プラズマ曝露後の抵抗減少（すなわち、導電率の増大）を防止することができる。特に、ZnOにMgOを9.6mol%以上18.3mol%以下の割合で添加した化合物においては、セル接続部における漏れ電流を抑制しつつ、水素プラズマ曝露後の中間コンタクト層の導電率をコンタクト抵抗上昇が抑制される値に制御可能となる。このため、形状因子が改善され、高い変換効率を有する光電変換装置とすることができる。
- [0012] 上記発明において、導電率制御を目的として、前記中間コンタクト層が、 Ga_2O_3 が添加された $Zn_{1-x}Mg_xO_2$ ($0.096 \leq x \leq 0.183$)で表される化合物を主として含んでも良い。
- [0013] 上記発明において、水素プラズマ曝露後の前記中間コンタクト層のシート抵抗が、 $10k\Omega/\square$ 以上 $100k\Omega/\square$ 以下であることが好ましい。
- [0014] 漏れ電流による形状因子を抑制するためには、水素プラズマ曝露後の中間コンタクト層のシート抵抗が $10k\Omega/\square$ 以上であることが望ましい。一方、中間コンタクト層が高抵抗となると、積層方向（基板製膜面に対して垂直方向）のコンタクト抵抗（直列抵抗）が増加する。従って、水素プラズマ曝露後の中間コンタクト層のシート抵抗は、 $100k\Omega/\square$ 以下であることが好ましい。
- [0015] 前記基板側の前記発電セル層と前記中間コンタクト層との間に、ZnOまたは $Zn_{1-x}Mg_xO_2$ ($0 < x \leq 0.096$)で表される化合物を主として含む界面層を備えても良い。
- [0016] このように、基板側に形成された発電セル層上に、ZnO、または、本発明の中間コンタクト層よりもMg濃度が低い上記組成範囲とされる $Zn_{1-x}Mg_xO_2$ を主とする界面層を形成すると、膜積層方向のコンタクト抵抗をさらに低減させることができる。その結果、形状因子を更に向上させることができ、より高い光電変換効率を有する光電変換装置とすることができる。
- [0017] この場合、界面層の導電率を調整するために、前記界面層が、 Ga_2O_3 が添加されたZnOまたは $Zn_{1-x}Mg_xO_2$ ($0 < x \leq 0.096$)で表される

化合物を主として含んでも良い。

[0018] 上記発明において、前記界面層の膜厚が、5 nm以上10 nm以下であることが好ましい。

界面層を形成することにより、コンタクト抵抗を改善することができるが、界面層が厚くなると、漏れ抵抗が増加して形状因子が低減する。界面層の膜厚が、5 nm以上10 nm以下であるときに、コンタクト抵抗の改善と漏れ抵抗の抑制とを両立させて、光電変換効率を向上させることができる。

発明の効果

[0019] 隣り合う発電セル層の間に、 $Zn_{1-x}Mg_xO_2$ ($0.096 \leq x \leq 0.183$) で表される化合物を主として含む中間コンタクト層とすることにより、セル接続部における漏れ電流を抑制することができるとともに、膜垂直方向のコンタクト抵抗を低くすることができる。そのため、形状因子が向上し、高い光電変換効率を有する光電変換装置とすることができる。

また、基板側の発電セル層と中間コンタクト層との間に、 ZnO または中間コンタクト層よりもMg濃度が低い $Zn_{1-x}Mg_xO_2$ を主とする界面層を形成することにより、コンタクト層をより低減させることも可能である。この結果、光電変換効率を更に向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]本発明の第1実施形態に係る光電変換装置の構成を模式的に示した断面図である。

[図2]本発明の第1実施形態に係る光電変換装置として、太陽電池パネルを製造する一実施形態を説明する概略図である。

[図3]本発明の第1実施形態に係る光電変換装置として、太陽電池パネルを製造する一実施形態を説明する概略図である。

[図4]本発明の第1実施形態に係る光電変換装置として、太陽電池パネルを製造する一実施形態を説明する概略図である。

[図5]本発明の第1実施形態に係る光電変換装置として、太陽電池パネルを製造する一実施形態を説明する概略図である。

[図6] ZnMgO系膜におけるMgO含有量と水素プラズマ処理後のシート抵抗との関係を示すグラフである。

[図7]中間コンタクト層のMgO含有量とモジュール形状因子との関係を示すグラフである。

[図8]中間コンタクト層のMgO含有量とモジュールの光電変換効率との関係を示すグラフである。

[図9]界面層膜厚とモジュール形状因子との関係を示すグラフである。

[図10]界面層膜厚とモジュール光電変換効率との関係を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0021] 図1は、本発明の光電変換装置の構成を示す概略図である。光電変換装置100は、タンデム型シリコン系太陽電池であり、基板1、透明電極層2、太陽電池光電変換層3としての第1発電セル層91（非晶質シリコン系）及び第2発電セル層92（結晶質シリコン系）、中間コンタクト層5、及び裏面電極層4を備える。なお、ここで、シリコン系とはシリコン（Si）やシリコンカーバイド（SiC）やシリコンゲルマニウム（SiGe）を含む総称である。また、結晶質シリコン系とは、非晶質シリコン系以外のシリコン系を意味するものであり、微結晶シリコンや多結晶シリコンも含まれる。

[0022] <第1実施形態>

第1実施形態に係る光電変換装置の製造方法を、太陽電池パネルを製造する工程を例に挙げて説明する。図2から図5は、本実施形態の太陽電池パネルの製造方法を示す概略図である。

[0023] (1) 図2(a)

基板1としてソーダフロートガラス基板（基板面積が 1 m^2 以上、例えば $1.4\text{ m} \times 1.1\text{ m} \times$ 板厚： $3.5\text{ mm} \sim 4.5\text{ mm}$ ）を使用する。基板端面は熱応力や衝撃などによる破損防止にコーナー面取りやR面取り加工されていることが望ましい。

[0024] (2) 図2(b)

透明導電層2として、酸化錫（ SnO_2 ）を主成分とする膜厚約 500 nm

以上800nm以下の透明導電膜を、熱CVD装置にて約500°Cで製膜する。この際、透明電極膜の表面には、適当な凹凸のあるテクスチャーが形成される。透明導電層2として、透明電極膜に加えて、基板1と透明電極膜との間にアルカリバリア膜（図示されず）を形成しても良い。アルカリバリア膜は、酸化シリコン膜（SiO₂）を50nm~150nm、熱CVD装置にて約500°Cで製膜処理する。

[0025] (3) 図2(c)

その後、基板1をX-Yテーブルに設置して、YAGレーザーの第1高調波（1064nm）を、図の矢印に示すように、透明電極膜の膜面側から照射する。加工速度に適切となるようにレーザーパワーを調整して、透明電極膜を発電セルの直列接続方向に対して垂直な方向へ、基板1とレーザー光を相対移動して、溝10を形成するように幅約6mmから15mmの所定幅の短冊状にレーザーエッチングする。

[0026] (4) 図2(d)

第1発電セル層91として、非晶質シリコン薄膜からなるp層、i層及びn層を、プラズマCVD装置により製膜する。SiH₄ガス及びH₂ガスを主原料にして、減圧雰囲気：30Pa以上1000Pa以下、基板温度：約200°Cにて、透明電極層2上に太陽光の入射する側から非晶質シリコンp層31、非晶質シリコンi層32、非晶質シリコンn層33の順で製膜する。非晶質シリコンp層31は非晶質のBドーパシリコンを主とし、膜厚10nm以上30nm以下である。非晶質シリコンi層32は、膜厚200nm以上350nm以下である。非晶質シリコンn層33は、非晶質シリコンに微結晶シリコンを含有するPドーパシリコンを主とし、膜厚30nm以上50nm以下である。非晶質シリコンp層31と非晶質シリコンi層32の間には、界面特性の向上のためにバッファ層を設けても良い。

[0027] 第1発電セル層91と第2発電セル層92の間に、接触性を改善するとともに電流整合性を取るために半反射膜となる中間コンタクト層5を設ける。RFマグネトロンスパッタリング装置を用い、ターゲット：Ga₂O₃ドーパ

ZnO-MgO混合ターゲット（MgO比率：5～10質量%）、RFパワー：1.1～4.4W/cm²、製膜圧力：0.13～0.67Pa、基板温度：25℃（室温付近）の条件で製膜する。これにより、膜厚：20nm以上100nm以下のZn_{1-x}Mg_xO₂（0.096≤x≤0.183）を主とする中間コンタクト層が形成される。製膜直後の中間コンタクト層5のシート抵抗は、10MΩ/□程度である。なお、中間コンタクト層は、Ga₂O₃を含まなくても良い。

[0028] 次に、第1発電セル層91の上に、プラズマCVD装置により、減圧雰囲気：3000Pa以下、基板温度：約200℃、プラズマ発生周波数：40MHz以上100MHz以下にて、第2発電セル層92としての結晶質シリコンp層41、結晶質シリコンi層42、及び、結晶質シリコンn層43を順次製膜する。結晶質シリコンp層41はBドーパした微結晶シリコンを主とし、膜厚10nm以上50nm以下である。結晶質シリコンi層42は微結晶シリコンを主とし、膜厚は1.2μm以上3.0μm以下である。結晶質シリコンn層43はPドーパした微結晶シリコンを主とし、膜厚20nm以上50nm以下である。ここで、結晶質シリコンi層42と結晶質シリコンn層43との界面に、非晶質シリコンn層を形成しても良い。

[0029] 微結晶シリコンを主とするi層膜をプラズマCVD法で形成するにあたり、プラズマ放電電極と基板1の表面との距離dは、3mm以上10mm以下にすることが好ましい。3mmより小さい場合、大型基板に対応する製膜室内の各構成機器精度から距離dを一定に保つことが難しくなるとともに、近過ぎて放電が不安定になる恐れがある。10mmより大きい場合、十分な製膜速度（1nm/s以上）を得難くなるとともに、プラズマの均一性が低下しイオン衝撃により膜質が低下する。

[0030] 第2発電セル層製膜時に、中間コンタクト層は水素プラズマに曝される。これにより、中間コンタクト層の抵抗が低下する。

図6に、ZnMgO系化合物におけるMgO含有量と、水素プラズマ処理後のZnMgO系膜のシート抵抗との関係を示す。同図において、横軸はM

g O含有量、縦軸はシート抵抗である。Z n M g O系膜の製膜は、ターゲット：Z n O焼結体（G a₂O₃ドーパント）ターゲットまたはZ n O-M g O混合ターゲット（G a₂O₃ドーパント、M g O質量比率：5～12.5%）、基板温度：25℃、RFパワー：4.4W/cm²、ターゲット-基板距離：90mm、製膜速度0.17nm/s、膜厚：70nmの条件で実施した。製膜後の水素プラズマ処理は、H₂ガス流量：0.1slm、圧力：133Pa、印加電力密度：0.5W/cm²、処理時間：5分の条件で実施した。

本実施形態のモジュール構造に対応する等価回路を用いて形状因子への影響を解析したところ、中間コンタクト層のシート抵抗を10kΩ/□以上であると漏れ電流を低減することができる。また、膜垂直方向（積層方向）においては、直列抵抗増加の要因となるコンタクト抵抗を低くすることが不可欠である。解析の結果、中間コンタクト層のシート抵抗は、100kΩ/□であることが望ましい。

図6より、M g O質量5%（9.6mol%）から10%（18.3mol%）で、シート抵抗10kΩ/□以上100kΩ/□以下のZ n M g O系膜が得られると言える。

[0031] (5) 図2(e)

基板1をX-Yテーブルに設置して、レーザーダイオード励起YAGレーザーの第2高調波（532nm）を、図の矢印に示すように、光電変換層3の膜面側から照射する。パルス発振：10kHzから20kHzとして、加工速度に適切となるようにレーザーパワーを調整して、透明電極層2のレーザーエッチングラインの約100μmから150μmの横側を、溝11を形成するようにレーザーエッチングする。またこのレーザーは基板1側から照射しても良く、この場合は光電変換層3の非晶質シリコン系の第1発電セル層で吸収されたエネルギーで発生する高い蒸気圧を利用して光電変換層3をエッチングできるので、更に安定したレーザーエッチング加工を行うことが可能となる。レーザーエッチングラインの位置は前工程でのエッチングラインと交差しないように位置決め公差を考慮して選定する。

[0032] (6) 図3 (a)

裏面電極層4としてAg膜/Ti膜を、スパッタリング装置により、減圧雰囲気、製膜温度：150℃から200℃にて製膜する。本実施形態では、Ag膜：150nm以上500nm以下、これを保護するものとして防食効果の高いTi膜：10nm以上20nm以下を、この順に積層する。あるいは、裏面電極層4を、25nmから100nmの膜厚を有するAg膜と、15nmから500nmの膜厚を有するAl膜との積層構造としても良い。結晶質シリコン層43と裏面電極層4との接触抵抗低減と光反射向上を目的に、光電変換層3と裏面電極層4との間に、スパッタリング装置により、膜厚：50nm以上100nm以下のGZO (GaドープZnO) 膜を製膜して設けても良い。

[0033] (7) 図3 (b)

基板1をX-Yテーブルに設置して、レーザーダイオード励起YAGレーザーの第2高調波(532nm)を、図の矢印に示すように、基板1側から照射する。レーザー光が光電変換層3で吸収され、このとき発生する高いガス蒸気圧を利用して裏面電極層4が爆裂して除去される。パルス発振：1kHz以上10kHz以下として加工速度に適切となるようにレーザーパワーを調整して、透明電極層2のレーザーエッチングラインの250μmから400μmの横側を、溝12を形成するようにレーザーエッチングする。

[0034] (8) 図3 (c) と図4 (a)

発電領域を区分して、基板端周辺の膜端部においてレーザーエッチングによる直列接続部分が短絡し易い影響を除去する。基板1をX-Yテーブルに設置して、レーザーダイオード励起YAGレーザーの第2高調波(532nm)を、基板1側から照射する。レーザー光が透明電極層2と光電変換層3で吸収され、このとき発生する高いガス蒸気圧を利用して裏面電極層4が爆裂して、裏面電極層4/光電変換層3/透明電極層2が除去される。パルス発振：1kHz以上10kHz以下として加工速度に適切となるようにレーザーパワーを調整して、基板1の端部から5mmから20mmの位置を、図

3 (c) に示すように、X方向絶縁溝15を形成するようにレーザーエッチングする。なお、図3 (c) では、光電変換層3が直列に接続された方向に切断したX方向断面図となっているため、本来であれば絶縁溝15位置には裏面電極層4 / 光電変換層3 / 透明電極層2の膜研磨除去をした周囲膜除去領域14がある状態 (図4 (a) 参照) が表れるべきであるが、基板1の端部への加工の説明の便宜上、この位置にY方向断面を表して形成された絶縁溝をX方向絶縁溝15として説明する。このとき、Y方向絶縁溝は後工程で基板1周囲膜除去領域の膜面研磨除去処理を行うので、設ける必要がない。

[0035] 絶縁溝15は基板1の端より5mmから15mmの位置にてエッチングを終了させることにより、太陽電池パネル端部からの太陽電池モジュール6内部への外部湿分浸入の抑制に、有効な効果を呈するので好ましい。

[0036] 尚、以上までの工程におけるレーザー光はYAGレーザーとしているが、YVO4レーザーやファイバーレーザーなどが同様に使用できるものがある。

[0037] (9) 図4 (a : 太陽電池膜面側から見た図、b : 受光面の基板側から見た図)

後工程のEVA等を介したバックシート24との健全な接着・シール面を確保するために、基板1周辺 (周囲膜除去領域14) の積層膜は、段差があると同時に剥離し易いため、この膜を除去して周囲膜除去領域14を形成する。基板1の端から5~20mmで基板1の全周囲にわたり膜を除去するにあたり、X方向は前述の図3 (c) 工程で設けた絶縁溝15よりも基板端側において、Y方向は基板端側部付近の溝10よりも基板端側において、裏面電極層4 / 光電変換層3 / 透明電極層2を、砥石研磨やブラスト研磨などを用いて除去を行う。

研磨屑や砥粒は基板1を洗浄処理して除去した。

[0038] (10) 図5 (a) (b)

端子箱23の取付け部分はバックシート24に開口貫通窓を設けて集電板を取出す。この開口貫通窓部分には絶縁材を複数層で設置して外部からの湿

分などの浸入を抑制する。

直列に並んだ一方端の太陽電池発電セルと、他方端部の太陽電池発電セルとから銅箔を用いて集電して太陽電池パネル裏側の端子箱 2 3 の部分から電力が取出せるように処理する。銅箔は各部との短絡を防止するために銅箔幅より広い絶縁シートを配置する。

集電用銅箔などが所定位置に配置された後に、太陽電池モジュール 6 の全体を覆い、基板 1 からはみ出さないように EVA（エチレン酢酸ビニル共重合体）等による接着充填材シートを配置する。

EVA の上に、防水効果の高いバックシート 2 4 を設置する。バックシート 2 4 は本実施形態では防水防湿効果が高いように PET シート / AI 箔 / PET シートの 3 層構造よりなる。

バックシート 2 4 までを所定位置に配置したものを、ラミネータにより減圧雰囲気中で内部の脱気を行い約 150 ~ 160 °C でプレスしながら、EVA を架橋させて密着させる。

[0039] (11) 図 5 (a)

太陽電池モジュール 6 の裏側に端子箱 2 3 を接着剤で取付ける。

(12) 図 5 (b)

銅箔と端子箱 2 3 の出力ケーブルとをハンダ等で接続し、端子箱 2 3 の内部を封止剤（ポッティング剤）で充填して密閉する。これで太陽電池パネル 5 0 が完成する。

(13) 図 5 (c)

図 5 (b) までの工程で形成された太陽電池パネル 5 0 について発電検査ならびに、所定の性能試験を行う。発電検査は、AM1.5、全天日射基準太陽光 (1000W/m²) のソーラシミュレータを用いて行う。

(14) 図 5 (d)

発電検査 (図 5 (c)) に前後して、外観検査をはじめ所定の性能検査を行う。

[0040] 本実施形態の太陽電池は、中間コンタクト層 5 の抵抗率が 10 kΩ / □ 以

上100kΩ/□以下に制御されているため、セル接続部での漏れ電流が低減するとともに、膜積層方向のコンタクト抵抗が低減する。そのため、形状因子が増大して光電変換効率が向上する。

[0041] <第2実施形態>

第2実施形態に係る光電変換装置は、図1における第1発電セル層91と中間コンタクト層5との間に、界面層を備える。

界面層は、ZnO、または、 $Zn_{1-x}Mg_xO_2$ （ただし、 $0 < x \leq 0.096$ を満たす）で表される化合物を主として含む。すなわち、界面層は、Mgを含まないか、中間コンタクト層よりもMg含有量が少ない。界面層としてのZnOまたは $Zn_{1-x}Mg_xO_2$ は、ドーパントとして Ga_2O_3 を含んでも良い。

[0042] 界面層の製膜は、中間コンタクト層と異なる製膜室で実施しても良いし、同一の製膜室で実施しても良い。

[0043] 界面層と中間コンタクト層とをそれぞれ異なる製膜室で製膜する場合、以下の工程により界面層及び中間コンタクト層が形成される。

界面層の製膜は、RFマグネトロンスパッタリング装置を用い、ターゲット： Ga_2O_3 ドーパZnO焼結体または Ga_2O_3 ドーパZnO-MgO混合ターゲット（MgO比率：0～5質量%、但し0質量%を含まず）、RFパワー：1.1～4.4W/cm²、製膜圧力：0.13～0.67Pa、基板温度：25℃（室温付近）の条件で実施する。上記条件での製膜により、ZnOまたは $Zn_{1-x}Mg_xO_2$ （ $0 < x \leq 0.096$ ）を主とする界面層を形成する。第1セル層と界面層とのコンタクト抵抗、及び、セル接続部における漏れ電流を考慮すると、界面層の膜厚は、5nm以上10nm以下であることが好ましい。

界面層形成後、第1実施形態と同様の条件により、界面層よりもMgO含有量が多い中間コンタクト層を形成する。本実施形態において、界面層及び中間コンタクト層の合計膜厚は、20nm以上100nm以下とされる。

[0044] 界面層と中間コンタクト層とを同一の製膜室で形成する場合、 Ga_2O_3 ド

ーPZnO焼結体またはGa₂O₃ドーPZnO-MgO混合ターゲット（MgO比率：0～5質量%、但し0質量%を含まず）と、Ga₂O₃ドーPZnO-MgO混合ターゲット（MgO比率：5～10質量%）とが並列配置された基板搬送型のRFマグネトロンスパッタリング装置を使用する。界面層の膜厚が5nm以上10nm以下、界面層及び中間コンタクト層の合計膜厚が20nm以上100nm以下となるように、基板搬送速度や各ターゲットの基板搬送方向の幅を設定する。例えば、製膜条件を上述の条件と略同一として、ZnO焼結体または低Mg含有率混合ターゲット側から高Mg含有率混合ターゲット側へと、基板を搬送しながら製膜を実施する。

[0045] 上述のように同一製膜室内で界面層及び中間コンタクト層を形成する場合は、異なる製膜室内で各層を形成する場合と異なり、界面層と中間コンタクト層との境界は明確ではなく、界面層から中間コンタクト層に向かって連続的にMg含有量が増加していると考えられる。

[0046] 第2実施形態の太陽電池は、第1発電セル層と界面層とのコンタクト抵抗が、第1実施形態における第1発電セル層と中間コンタクト層とのコンタクト抵抗よりも低減する。また、界面層を5nm以上10nm以下の膜厚とすることにより、セル接続方向の漏れ電流がより抑制される。このため、第2実施形態の太陽電池では、光電変換効率が更に向上する。

[0047] (実施例)

(実施例1)

ガラス基板（5cm角）上に、図1に示す構造のタンデム型太陽電池モジュールを形成した。なお、第1発電セル層のi層の膜厚を250nm、第2発電セル層のi層の膜厚を1.9μmとした。

中間コンタクト層の製膜は、ターゲット：ZnO焼結体ターゲット（Ga₂O₃ドーパント）またはZnO-MgO混合ターゲット（Ga₂O₃ドーパント、MgO質量比率：5～12.5%）、基板温度：25℃、RFパワー：4.4W/cm²、ターゲット-基板距離：90mm、製膜速度0.17nm/s、膜厚：70nmの条件で実施した。

[0048] 図7に、中間コンタクト層のMgO含有量とモジュール形状因子との関係を示す。同図において、横軸はMgO含有量、縦軸はMgO含有量が0%の場合における値で規格化したモジュール形状因子である。図8に、中間コンタクト層のMgO含有量とモジュールの光電変換効率との関係を示す。同図において、横軸はMgO含有量、縦軸はMgO含有量が0%の場合における値で規格化したモジュールの光電変換効率である。

図7及び図8に示すように、中間コンタクト層にZnMgO系材料を適用することにより、形状因子及び光電変換効率が向上した。MgO含有量5質量%（9.6mol%）から10質量%（18.3mol%）の範囲で、高い形状因子及び光電変換効率を得られた。MgO含有量が10質量%を超えると、コンタクト抵抗上昇のために、形状因子及び光電変換効率が減少する傾向が見られた。

[0049] （実施例2）

ガラス基板（5cm角）上に、タンデム型太陽電池モジュールを形成した。なお、第1発電セル層のi層の膜厚を250nm、第2発電セル層のi層の膜厚を1.9 μ mとした。

実施例2のタンデム型太陽電池モジュールでは、第1発電セル層と中間コンタクト層との間に界面層を設けた。界面層の製膜は、ZnO焼結体ターゲット（Ga₂O₃ドーパント）を用い、実施例1の中間コンタクト層製膜と同じ条件で実施した。界面層の膜厚は、5nmから15nmとした。中間コンタクト層の製膜は、ZnO-MgO混合ターゲット（Ga₂O₃ドーパント、MgO質量比率：10%）を用い、実施例1と同じ条件で実施した。中間コンタクト層の膜厚は、70nmとした。なお、実施例2において、界面層及び中間コンタクト層の製膜は、異なる製膜室中で実施した。

[0050] 図9に、界面層膜厚とモジュール形状因子との関係を示す。同図において、横軸は界面層膜厚、縦軸は界面層膜厚0nm（中間コンタクト層のみ）場合の値で規格化したモジュール形状因子である。図10に、界面層膜厚とモジュール光電変換効率との関係を示す。同図において、横軸は界面層膜厚、

縦軸は界面層を設けない場合の値で規格化したモジュール光電変換効率である。

界面層膜厚 5 nm 以上 10 nm 以下で、界面層を設けない場合と比較してモジュールの形状因子及び光電変換効率が向上した。界面層が 15 nm の場合は、モジュールの形状因子及び光電変換効率が低下した。これは、界面層が厚い場合には、界面層において漏れ電流が発生してコンタクト性が悪化するためと考えられた。

中間コンタクト層の MgO 含有量を 5 質量%とした場合でも、同様の効果が見られた。

[0051] (実施例 3)

実施例 2 と同様の構成のタンデム型太陽電池モジュールを形成した。実施例 3 では、界面層及び中間コンタクト層の製膜を、同一製膜室内で実施した。

基板搬送方向に 8 つのターゲットが並列配置された基板搬送型の製膜装置を用いた。基板導入側（上流側）の一のターゲットを、ZnO 焼結体ターゲット（Ga₂O₃ ドーパント）とし、残りのターゲットを ZnO-MgO 混合ターゲット（Ga₂O₃ ドーパント、MgO 質量比率：10%）とした。製膜条件は、実施例 1 及び実施例 2 と同様とした。中間コンタクト層の総膜厚が 70 nm となる搬送速度で製膜した。

実施例 3 のタンデム型太陽電池モジュールの形状因子及び光電変換効率は、中間コンタクト層を形成しないタンデム型太陽電池モジュールに対して、それぞれ 1.03 倍、1.05 倍となった。

[0052] 上記実施の形態では太陽電池として、タンデム型太陽電池について説明したが、本発明は、この例に限定されるものではない。例えば、トリプル型太陽電池にも同様に適用可能である。

符号の説明

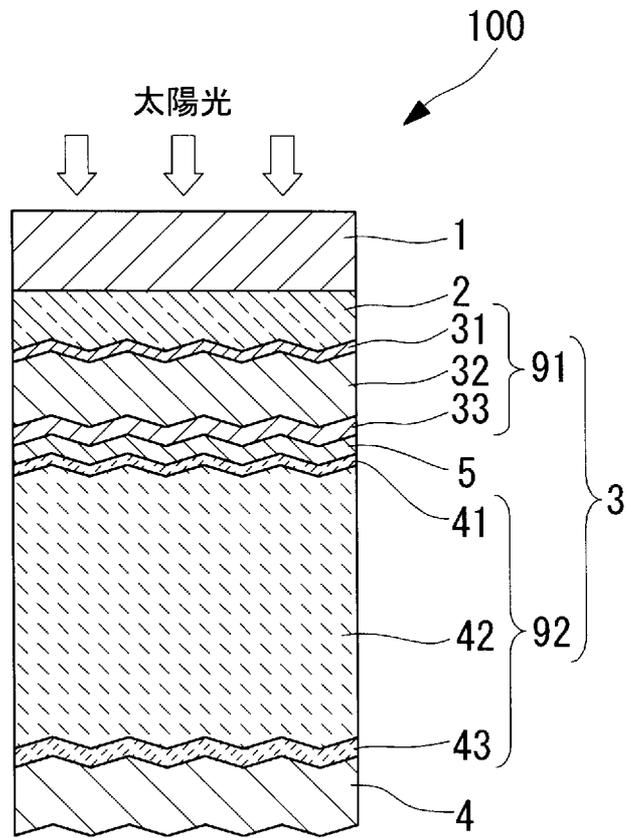
- [0053] 1 基板
2 透明電極層

- 3 光電変換層
- 4 裏面電極層
- 5 中間コンタクト層
- 6 太陽電池モジュール
- 3 1 非晶質シリコン p 層
- 3 2 非晶質シリコン i 層
- 3 3 非晶質シリコン n 層
- 4 1 結晶質シリコン p 層
- 4 2 結晶質シリコン i 層
- 4 3 結晶質シリコン n 層
- 9 1 第 1 発電セル層
- 9 2 第 2 発電セル層
- 1 0 0 光電変換装置

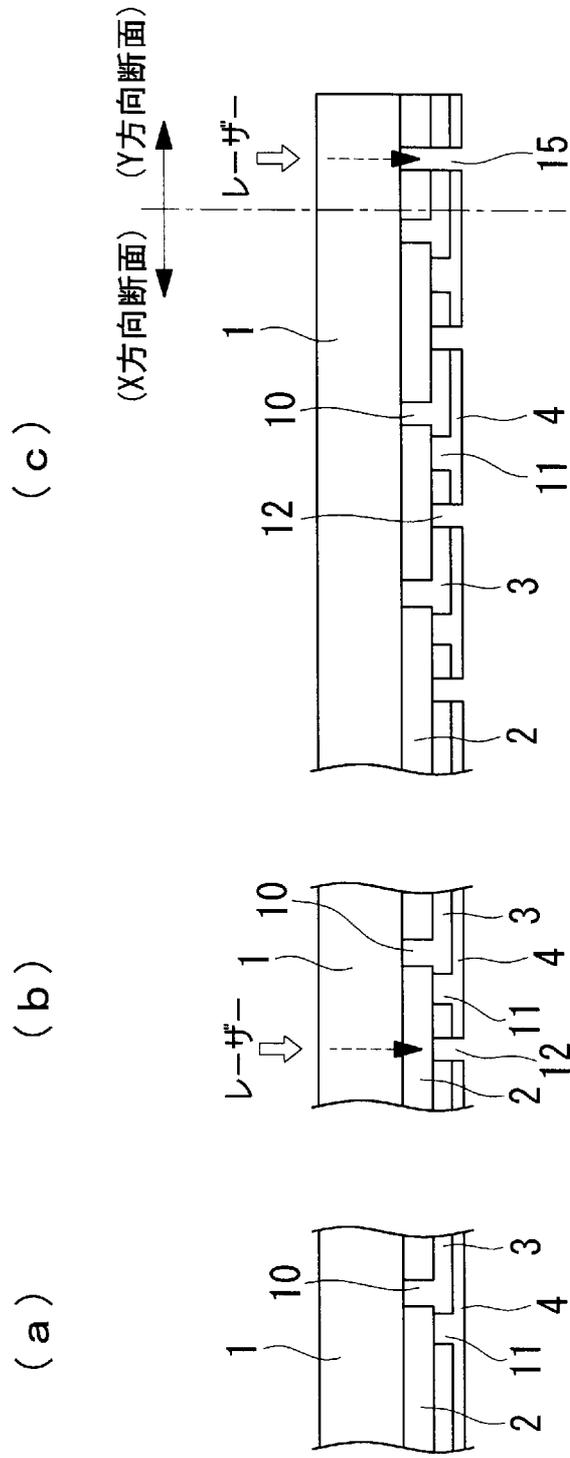
請求の範囲

- [請求項1] 基板上に、少なくとも2層の発電セル層を備える光電変換層と、前記発電セル層の間に介在する中間コンタクト層とを含む光電変換装置であって、
- 前記中間コンタクト層が、 $Zn_{1-x}Mg_xO_2$ ($0.096 \leq x \leq 0.183$) で表される化合物を主として含むことを特徴とする光電変換装置。
- [請求項2] 前記中間コンタクト層が、 Ga_2O_3 が添加された $Zn_{1-x}Mg_xO_2$ ($0.096 \leq x \leq 0.183$) で表される化合物を主として含むことを特徴とする請求項1に記載の光電変換装置。
- [請求項3] 水素プラズマ曝露後の前記中間コンタクト層のシート抵抗が、 $10k\Omega/\square$ 以上 $100k\Omega/\square$ 以下であることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の光電変換装置。
- [請求項4] 前記基板側の前記発電セル層と前記中間コンタクト層との間に、 ZnO または $Zn_{1-x}Mg_xO_2$ ($0 < x \leq 0.096$) で表される化合物を主として含む界面層を備えることを特徴とする請求項1乃至請求項3のいずれかに記載の光電変換装置。
- [請求項5] 前記界面層が、 Ga_2O_3 が添加された ZnO または $Zn_{1-x}Mg_xO_2$ ($0 < x \leq 0.096$) で表される化合物を主として含むことを特徴とする請求項4に記載の光電変換装置。
- [請求項6] 前記界面層の膜厚が、 $5nm$ 以上 $10nm$ 以下であることを特徴とする請求項4または請求項5に記載の光電変換装置。

[図1]

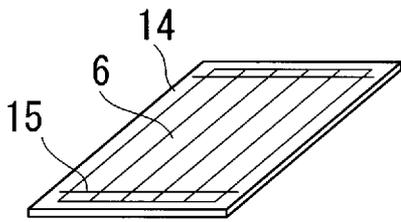


[図3]

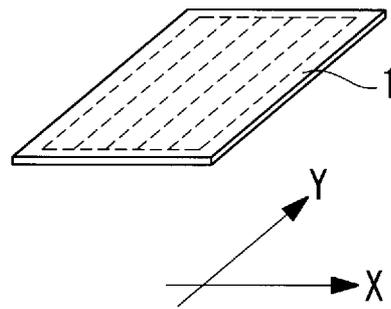


[図4]

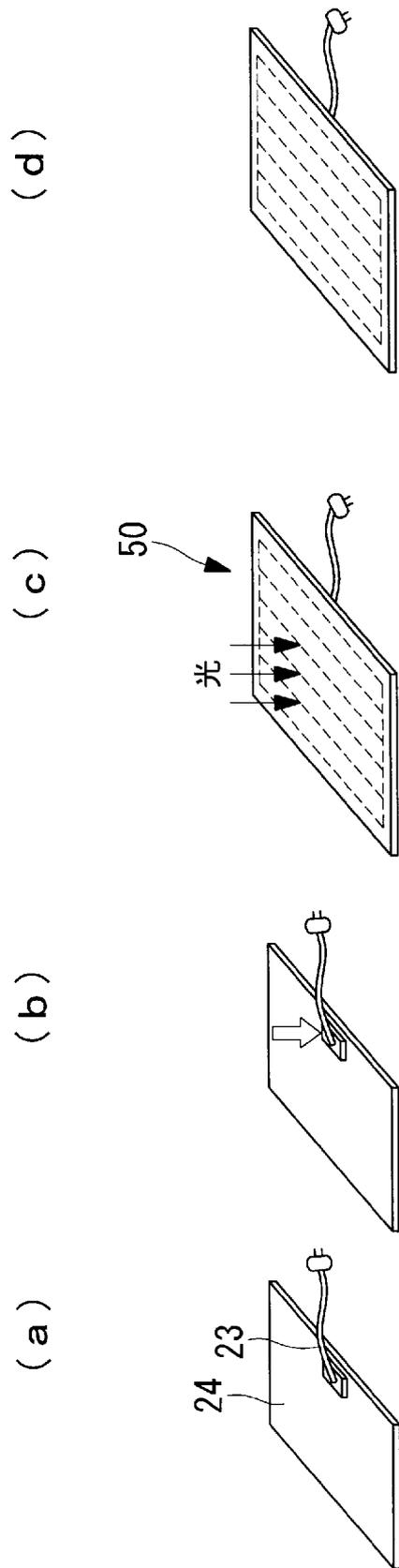
(a)



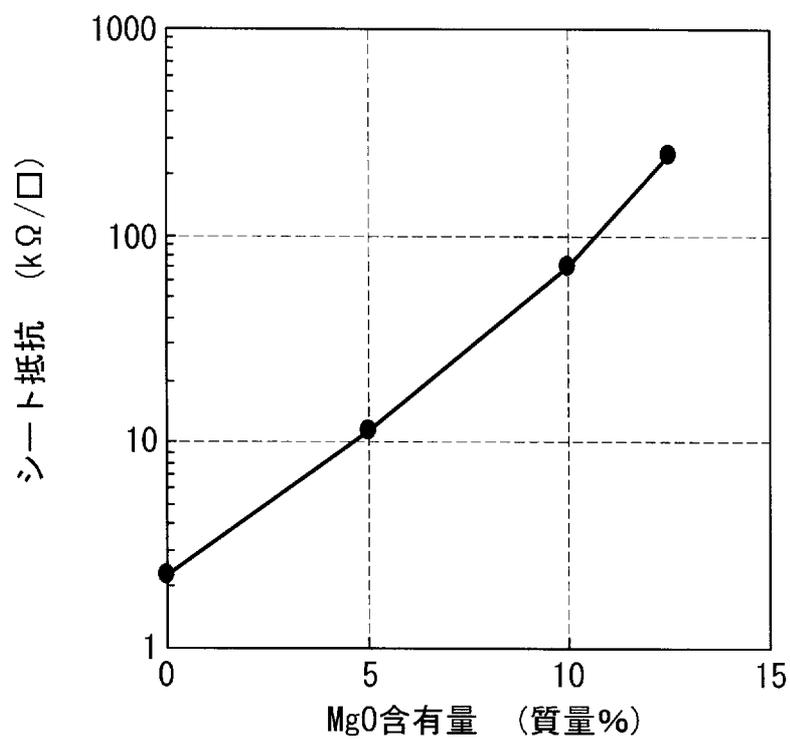
(b)



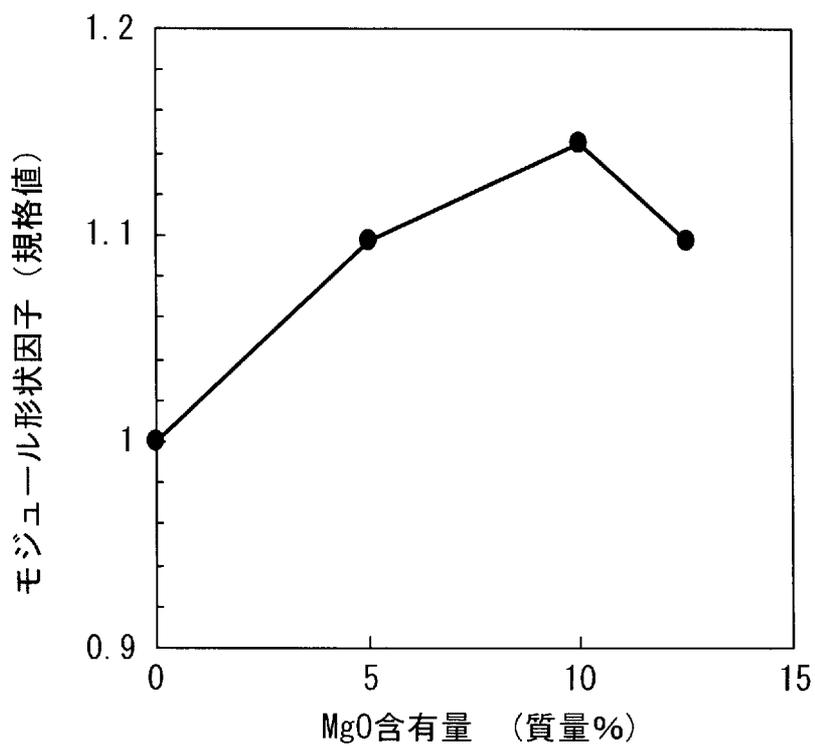
[図5]



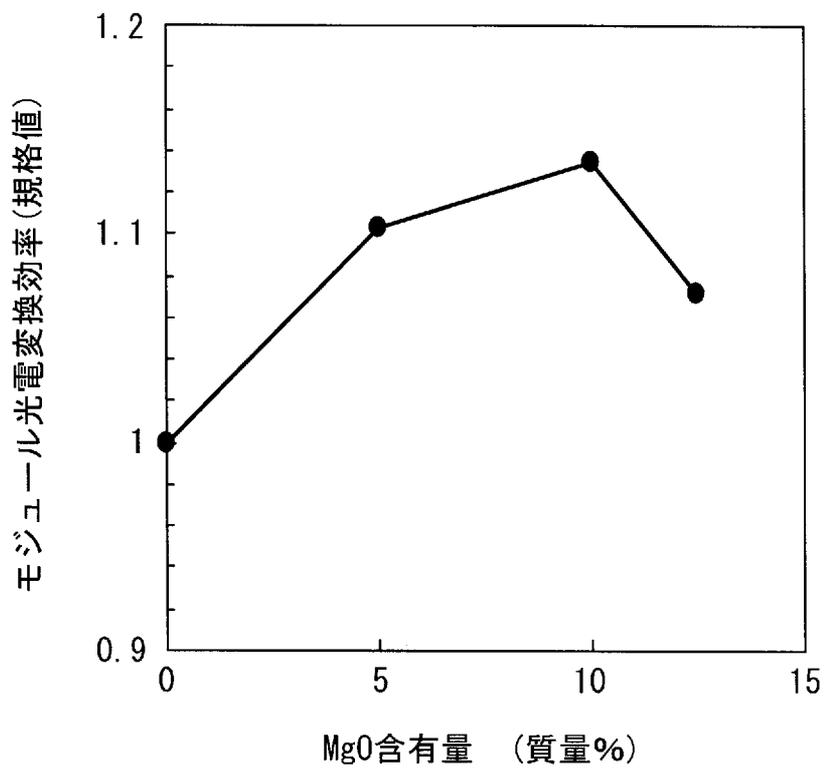
[図6]



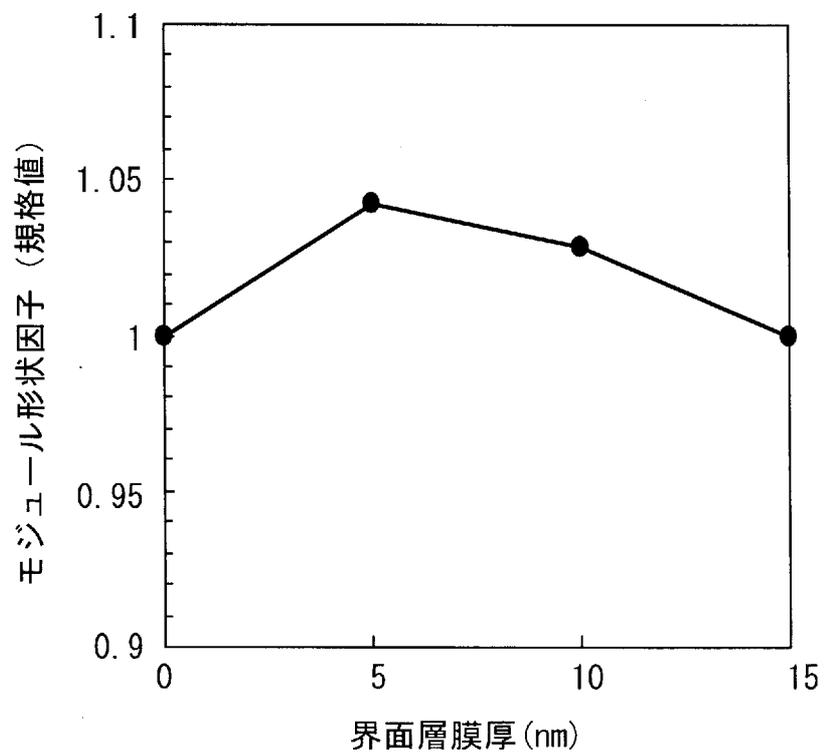
[図7]



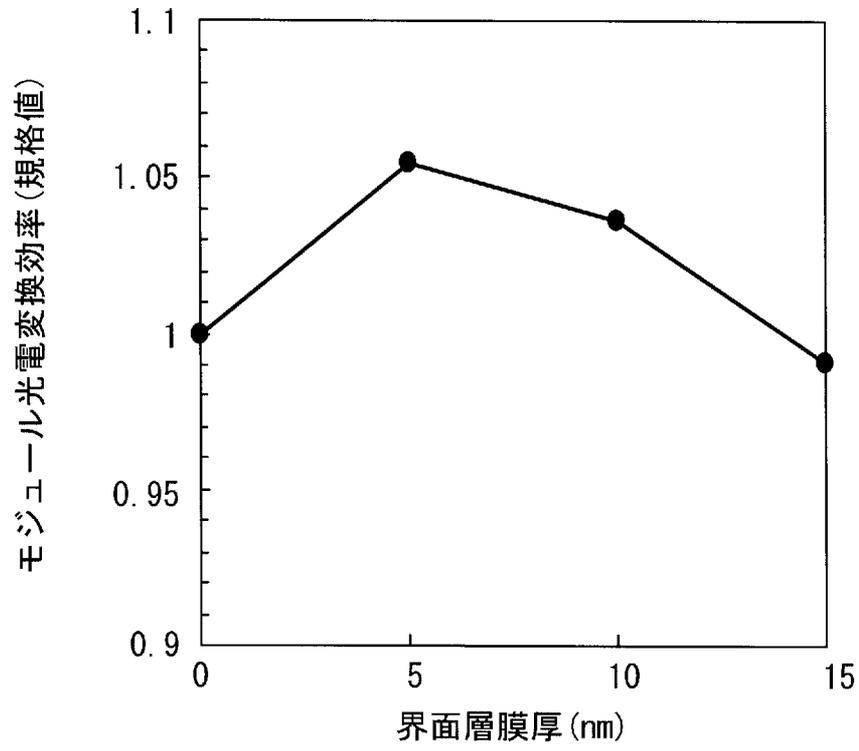
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/064570

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L31/04 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L31/04

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2009
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.
A	JP 2008-270562 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 06 November 2008 (06.11.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1-6

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
11 November, 2009 (11.11.09)

Date of mailing of the international search report
24 November, 2009 (24.11.09)

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 (IPC))

Int.Cl. H01L31/04(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01L31/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2009年
日本国実用新案登録公報	1996-2009年
日本国登録実用新案公報	1994-2009年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2008-270562 A (三洋電機株式会社) 2008. 11. 06, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-6

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

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

の日の後に公表された文献
 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

11. 11. 2009

国際調査報告の発送日

24. 11. 2009

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

瀬川 勝久

2K

9120

電話番号 03-3581-1101 内線 3255