

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2013-109076

(P2013-109076A)

(43) 公開日 平成25年6月6日(2013.6.6)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO2F 1/153 (2006.01)	GO2F 1/153	2K101
GO2F 1/15 (2006.01)	GO2F 1/15 502	5F151
HO1L 31/04 (2006.01)	HO1L 31/04 E	

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2011-252632 (P2011-252632)	(71) 出願人	803000115
(22) 出願日	平成23年11月18日 (2011.11.18)		学校法人東京理科大学 東京都新宿区神楽坂一丁目3番地
		(74) 代理人	100078754 弁理士 大井 正彦
		(72) 発明者	杉山 睦 東京都新宿区神楽坂1丁目3番地 学校法人東京理科大学内
		(72) 発明者	粟澤 萌 東京都新宿区神楽坂1丁目3番地 学校法人東京理科大学内
		Fターム(参考)	2K101 AA22 DA01 DC62 EB01 EG26 EG52 EH02 EH25 EK03 EK05 5F151 AA07 CB15 DA03 DA07 DA15 FA02 FA04 FA13 FA15 GA03 GA05

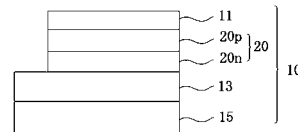
(54) 【発明の名称】 光発電可能な調光素子およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 可視光の透過率を変化させることができ、さらに、透光状態にあっても遮光状態にあっても光発電することができる光発電可能な調光素子およびその製造方法の提供。

【解決手段】 光発電可能な調光素子は、酸化還元反応によって可視光の透過率を変化させることができる調光機能層を有する調光素子であって、調光機能層がp型のNiOからなり、当該調光機能層が、透光性基板上に裏面電極層およびn型半導体層がこの順に積層された当該n型半導体層上に積層され、さらに当該調光機能層上に透明導電層が積層された構成を有し、光発電することができることを特徴とする。光発電可能な調光素子においては、前記調光機能層のキャリア密度が、 $1 \times 10^{15} \sim 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ であることが好ましい。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

酸化還元反応によって可視光の透過率を変化させることができる調光機能層を有する調光素子であって、

調光機能層が p 型の NiO からなり、

当該調光機能層が、透光性基板上に裏面電極層および n 型半導体層がこの順に積層された当該 n 型半導体層上に積層され、さらに当該調光機能層上に透明導電層が積層された構成を有し、光発電することができることを特徴とする光発電可能な調光素子。

【請求項 2】

前記調光機能層のキャリア密度が、 $1 \times 10^{15} \sim 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ であることを特徴とする請求項 1 に記載の光発電可能な調光素子。 10

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載の光発電可能な調光素子の製造方法であって、

n 型半導体層上に、不活性ガスおよび O_2 ガスからなる混合ガス雰囲気中において Ni または酸化ニッケル類をスパッタすることにより、p 型の NiO からなる調光機能層を形成する工程を有し、

前記混合ガスにおける O_2 ガス濃度が 0.01 ~ 5 体積%であることを特徴とする光発電可能な調光素子の製造方法。 20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光発電可能な調光素子およびその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、可視光の透過率を変化させることができる調光機能を有する調光素子が開発されており（非特許文献 1 参照。）、例えば、酸化還元反応によって可視光の透過率を変化させることができる NiO などの調光材料（非特許文献 2、3 参照。）などが知られており、また、可視光を透過させた状態と可視光を透過させずに反射させた状態が切り替えられる調光ミラーとして、2つの透明導電膜間に液晶などの化合物を挿入した構成のもの（特許文献 1、2 参照。）や、マグネシウム・カルシウム合金薄膜を用いた構成のもの（非特許文献 4 参照。）などが提案されている。 30

【0003】

一方、エネルギー資源問題や地球環境問題に対応するための有望な技術として、太陽光発電が注目されており、近年は、例えば建築物や車の窓ガラス、ビニールハウスなどの採光部を太陽電池化して、採光しながら光発電をする技術が検討されている（例えば、特許文献 3、4 および非特許文献 5 参照。）。 40

【0004】

然るに、現在のところ、調光機能および光発電機能を共に備えた機能層を有し、透光状態であっても遮光状態であっても光発電をすることができる調光素子は知られていない。 40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2011 - 40344 号公報

【特許文献 2】特開 2009 - 36967 号公報

【特許文献 3】特開 2002 - 170967 号公報

【特許文献 4】特開 2005 - 197204 号公報

【非特許文献】

【0006】 50

【非特許文献1】河原秀夫、斎藤靖弘「光を制御するニューガラス」応用物理、第62巻、第4号、343-351ページ、1993年

【非特許文献2】Solar Energy Materials and Solar Cells 31 (1993) 291-299

【非特許文献3】Solid State Ionics 113-115 (1998) 449-456

【非特許文献4】プレスリリース 無色性と高い可視光透過率を両立した新規調光ミラー材料を開発、[online] 2010年8月4日、産総研、[平成23年11月14日検索]、インターネット<URL:http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2010/pr20100804/pr20100804.html>

【非特許文献5】プレスリリース 透明な太陽電池の試作に成功、[online]、2003年6月25日、産総研、[平成23年11月14日検索]、インターネット<URL:http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2003/pr20030625/pr20030625.html> 10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明は、以上のような事情を考慮してなされたものであって、その目的は、可視光の透過率を変化させることができ、さらに、透光状態にあっても遮光状態にあっても光発電することができる光発電可能な調光素子およびその製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の光発電可能な調光素子は、酸化還元反応によって可視光の透過率を変化させることができる調光機能層を有する調光素子であって、 20

調光機能層がp型のNiOからなり、

当該調光機能層が、透光性基板上に裏面電極層およびn型半導体層がこの順に積層された当該n型半導体層上に積層され、さらに当該調光機能層上に透明導電層が積層された構成を有し、光発電することができることを特徴とする。

【0009】

本発明の光発電可能な調光素子においては、前記調光機能層のキャリア密度が、 $1 \times 10^{15} \sim 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ であることが好ましい。

【0010】

本発明の光発電可能な調光素子の製造方法は、上記の光発電可能な調光素子の製造方法であって、 30

n型半導体層上に、不活性ガスおよび O_2 ガスからなる混合ガス雰囲気中においてNiまたは酸化ニッケル類をスパッタすることにより、p型のNiOからなる調光機能層を形成する工程を有し、

前記混合ガスにおける O_2 ガス濃度が0.01~5体積%であることを特徴とする。

【発明の効果】

【0011】

本発明の光発電可能な調光素子によれば、特定の、p型のNiOよりなる調光機能層が備えられているために、可視光の透過率を変化させることができ、さらに、透光状態にあっても遮光状態にあっても光発電することができる。 40

また、本発明の製造方法によれば、上記の特定の、p型のNiOよりなる調光機能層を形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明の光発電可能な調光素子の構成の一例を示す説明用断面図である。

【図2】調光機能層サンプル〔 〕、調光機能層サンプル〔 H_2 〕、調光機能層サンプル〔 O_2 〕それぞれの透過スペクトルを示すグラフである。

【図3】調光素子〔 1 〕の波長領域280~1600nmの透過スペクトルを示すグラフである。

【図4】調光機能層サンプル〔 〕、調光機能層サンプル〔 H_2 〕、調光機能層サンブ 50

ル〔 O₂ 〕それぞれの X R D パターンを示すグラフである。

【図 5】調光素子〔 1 〕の I V 特性を示すグラフである。

【図 6】調光素子〔 1 H₂ 〕の I V 特性を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 3 】

以下、本発明について具体的に説明する。

【 0 0 1 4 】

〔光発電可能な調光素子〕

図 1 は、本発明の光発電可能な調光素子の構成の一例を示す説明用断面図である。

この光発電可能な調光素子 1 0 は、透光性基板 1 5 上に裏面電極層 1 3 が形成された当該裏面電極層 1 3 上に p n 接合界面を有する光電変換層 2 0 が積層され、さらにこの光電変換層 2 0 上に透明導電層 1 1 が積層されてなる固体状のものである。

この光発電可能な調光素子 1 0 は、酸化還元反応によって可視光の透過率を変化させることができる調光機能を有すると共に、調光機能による可視光の透過率の程度に関わらず、すなわち、透光状態にあっても遮光状態にあっても光発電することができるものである。

【 0 0 1 5 】

〔光電変換層〕

光電変換層 2 0 は、裏面電極層 1 3 上に形成された n 型半導体層 2 0 n と、当該 n 型半導体層 2 0 n 上に p n 接合するよう形成された、p 型の Ni O からなる調光機能層 2 0 p とよりなる。

【 0 0 1 6 】

〔調光機能層〕

光電変換層 2 0 を構成する調光機能層 2 0 p は、p 型の Ni O からなるものである。ここに、Ni O は、不純物をドーピングしない状態において p 型の性質を示すものであるが、調光機能層 2 0 p を構成する Ni O は、不純物として Li、Cu などをドーピングさせたものであってもよい。

【 0 0 1 7 】

調光機能層 2 0 p のキャリア密度は、 $1 \times 10^{15} \sim 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ であることが好ましく、 $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ であることがより好ましく、 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ であることが特に好ましい。

調光機能層 2 0 p のキャリア密度が上記の範囲にあることにより、酸化状態において高い可視光の透過率が確実に得られる。

【 0 0 1 8 】

本発明において、調光機能層 2 0 p のキャリア密度は、van der Pauw 法によって、磁場を印加しない場合の電流と電圧の関係が直線的となる電流値に設定して 2 5 で 0 . 7 5 テスラの磁場を印加した状態で測定されるものである。

【 0 0 1 9 】

また、調光機能層 2 0 p の抵抗率は、 $1 \times 10^4 \sim 1 \times 10^0 \text{ cm}$ であることが好ましく、 $1 \times 10^3 \sim 1 \times 10^2 \text{ cm}$ であることがより好ましい。

【 0 0 2 0 】

調光機能層 2 0 p の厚みは、例えば 1 0 0 ~ 1 0 0 0 nm とされることが好ましい。

【 0 0 2 1 】

調光機能層 2 0 p は、酸化還元反応によって可視光の透過率を変化させる調光機能を発揮し、また、当該調光機能層 2 0 p は、p 型半導体としての性質を有して光発電機能に係る正孔輸送作用を担うものでもある。すなわち、当該調光機能層 2 0 p を有することによって、本発明の光発電可能な調光素子 1 0 が調光機能および光発電機能を共に有するものとなる。

【 0 0 2 2 】

調光機能層 2 0 p は、酸化または還元することによって可視光の透過率を任意に変化さ

10

20

30

40

50

せることができる。具体的には、調光機能層 20 p を酸化することによって可視光の透過率を高くすることができ、還元することによって透過率を低くすることができる。

調光機能層 20 p の可視光の透過率の変化は、透光状態と遮光状態とを 2 値的に切り替える構成とされてもよく、任意の透過率となるよう制御することができる構成とされてもよい。

【0023】

本発明の光発電可能な調光素子 10 においては、調光機能層 20 p において吸収される光が光発電に寄与する。具体的には、可視光の透過率が例えば 10% 以下の遮光状態の場合においては、おおよそ、調光機能層 20 p によって吸収された 200 ~ 380 nm 程度の紫外光と、380 ~ 780 nm 程度の可視光との両方によって光発電され、一方、可視光の透過率が例えば 80% 程度の透光状態の場合においては、主に紫外光によって光発電される。

10

【0024】

〔n型半導体層〕

光電変換層 20 を構成する n 型半導体層 20 n を形成する半導体としては、n 型の性質を示すと共に、可視光を透過し、高抵抗のものであれば特に限定されず、具体的には、例えば ZnO、MgZnO、In₂O₃ などの酸化物半導体が挙げられ、これらの 2 種以上よりなる複合体を用いることもできる。また、これらは 2 種以上を混合して用いることもできる。

n 型半導体層 20 n を構成する半導体としては、酸化物半導体であるという材料面の理由と、pn 接合界面のバンド不連続量や内蔵電界の大きさなどの半導体物性の理由とから、特に ZnO を用いることが好ましい。

20

【0025】

n 型半導体層 20 n のキャリア密度は、調光機能層 20 p と同等のキャリア密度であることが好ましく、例えば $1 \times 10^{15} \sim 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ であることが好ましく、 $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ であることがより好ましく、 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ であることが特に好ましい。

【0026】

n 型半導体層 20 n の抵抗率は、 $1 \times 10^4 \sim 1 \times 10^0 \text{ cm}$ であることが好ましく、 $1 \times 10^3 \sim 1 \times 10^2 \text{ cm}$ であることがより好ましい。

30

【0027】

n 型半導体層 20 n の厚みは、調光機能層 20 p と同等の厚みであることが好ましく、例えば 100 ~ 1000 nm とされることが好ましい。

【0028】

〔透光性基板〕

透光性基板 15 としては、可視光を透過することができ、裏面電極層 13、n 型半導体層 20 n、調光機能層 20 p および透明導電層 11 を保持することができる材料からなるものであればよく、例えばガラス、石英、プラスチックなど種々の材料よりなるものを用いることができる。透光性基板 15 は、板状のものであってもよいが、フィルム状やシート状のフレキシブルなものとすることもできる。

40

【0029】

透光性基板 15 の厚みは、特に限定されず材質や用途に応じて選択することができ、例えば 1 ~ 50 mm とすることができる。

【0030】

〔裏面電極層〕

透光性基板 15 の一面に形成される裏面電極層 13 は、可視光を透過し、かつ、導電性を示す膜であればよく、例えば、ITO (スズ添加酸化インジウム、In₂O₃ : Sn)、IZO (酸化インジウム・亜鉛、In₂O₃ : ZnO)、IGZO (酸化インジウムガリウム亜鉛)、FTO (フッ素添加酸化スズ、SnO₂ : F)、AZO (アルミ添加酸化亜鉛、ZnO : Al)、GZO (ガリウム添加酸化亜鉛、ZnO : Ga)、導電性プラス

50

チックなどよりなるものが挙げられる。

【0031】

裏面電極層13の厚みは、特に限定されないが、例えば100～3000nmとすることができる。

【0032】

〔透明導電層〕

透明導電層11は、ITO、IZO、IGZO、FTOなどのバンドギャップが3.7eV以上であるものよりなるものとしてすることができる。透明導電層11を構成する材料は、裏面電極層13を構成する材料と同じものであってもよく、異なるものであってもよい。

10

【0033】

透明導電層11の厚みは、特に限定されないが、例えば100～3000nmとすることができる。

【0034】

以上のような光発電可能な調光素子10によれば、特定のNiOよりなる調光機能層20pが備えられているために、可視光の透過率を変化させることができ、さらに、透光状態にあっても遮光状態にあっても光発電することができる。

【0035】

〔光発電可能な調光素子の製造方法〕

以上のような光発電可能な調光素子10は、例えば、透光性基板15上に、裏面電極層13、n型半導体層20n、調光機能層20pおよび透明導電層11の各層を、例えばRFマグネトロンスパッタ法、RFスパッタ法、DCマグネトロンスパッタ法、DCスパッタ法、パルスレーザー堆積(PLD)法などによって形成させることにより製造することができ、特に、各層を連続的に形成させる連続スパッタプロセスを経ることによって製造することが好ましい。

20

具体的には、例えばRFマグネトロンスパッタ法による各層の形成は、同一のRFマグネトロンスパッタ装置を用い、各層に係る適宜のターゲットを用いて、不活性ガスをプラズマソース源とし、O₂ガスを原料ガスとして、これらの混合ガスにおける各ガスの供給割合と総流量を調整して行うことができる。

不活性ガスとしては、特にArガスを用いることが好ましい。

30

【0036】

そして、本発明においては、連続スパッタプロセスにおける調光機能層20pの形成において、混合ガスにおけるO₂ガス濃度({ O₂ガス / (不活性ガス + O₂ガス) } × 100) は0.01～5体積%、好ましくは0.2～0.5体積%とされる。

混合ガスにおけるO₂ガス濃度が上記の範囲であることにより、調光機能層20pのキャリア密度を上記の範囲に調整することができ、その結果、当該調光機能層20pを酸化状態において高い可視光の透過率を得られるものとしてすることができる。

調光機能層20pの形成に用いられるターゲットはNiまたは酸化ニッケル類である。酸化ニッケル類としてはNiOやNiO₂などの種々の組成のものが挙げられる。

40

【0037】

また、n型半導体層20nの形成において、混合ガスにおけるO₂ガス濃度({ O₂ガス / (不活性ガス + O₂ガス) } × 100) は、例えば0～50体積%とすることが好ましく、さらには20～30体積%とすることが好ましい。

n型半導体層20nの形成に用いられるターゲットは、例えばZnOである。

【0038】

また、裏面電極層13および透明導電層11の形成において、混合ガスにおけるO₂ガス濃度({ O₂ガス / (不活性ガス + O₂ガス) } × 100) は、例えば0～3体積%とすることができる。

裏面電極層13および透明導電層11の形成に用いられるターゲットは、例えばITOである。

50

【0039】

以上のような製造方法によれば、連続スパッタプロセスを経ることにより、上記の特定のNiOよりなる調光機能層20pが形成された光発電可能な調光素子10を簡単に製造することができる。

しかも、積極的な加熱を要さないために、省エネルギー化が図られると共に、透光性基板15としてフレキシブルなシート状のプラスチックよりなるものを用いることにより、Roll-to-Roll法で製造することができ、工業上有利に製造することができる。

また、積極的な加熱を要さないことから、透光性基板15として耐熱性の小さい既存の太陽電池を選択することができ、これにより、積層型太陽電池を作製することができる。従って、例えば、色素増感型太陽電池は緑色や赤色などの多彩な色を発現するところ、例えば赤色の色素増感型太陽電池を透光性基板15として光発電可能な調光素子10を作製することにより黒色の積層型太陽電池を得ることができる。

また、有機溶剤、エッチング溶剤、特定高圧ガスなどの有害な物質を用いずに環境負荷を小さく抑制することができる。

【0040】

以上、本発明の光発電可能な調光素子について説明したが、本発明は上記の態様に限定されるものではなく、種々の変更を加えることができる。

【実施例】

【0041】

以下、本発明の具体的な実施例について説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

【0042】

<実施例1>

裏面電極層、調光機能層、n型半導体層、および透明導電層を、RFマグネトロンスパッタ法によって連続的に形成させる連続スパッタプロセスを経て、それぞれ成長させた。

RFマグネトロンスパッタ法による各層の成長は、RFマグネトロンスパッタ装置（河合光学社製）を用い、電極に高周波（13.56MHz）を印加し、Arガス（純度99.9999%）をプラズマソース源とし、O₂ガス（純度99.99%）を原料ガスとして、これらからなる混合ガス中のO₂ガス濃度（{O₂ガス / (Arガス + O₂ガス)} × 100）と総流量を下記のように変化させ、また、適宜のターゲットを用いて行った。

また、透光性基板としては厚み1.0mmのソーダライムガラス基板（松浪硝子工業社製）を用いた。

【0043】

(1) 裏面電極層の形成

ターゲットとして純度99.99%、φ=4inchのITO（日鉱金属社製）を用い、透光性基板上に、ITOを35分間成長させて裏面電極層〔A〕を形成した。

具体的な条件としては、RF出力を150W、ターゲット-基板間距離を11.5cmとし、成長中のO₂ガス濃度を1.0体積%、ガス総流量を15sccmとし、また、成長中の真空度を0.4Paとした。

得られた裏面電極層〔A〕の厚みは500nm（デポレートは0.2~0.3nm/s）であった。

【0044】

(2) n型半導体層の形成

ターゲットとして純度99.99%、φ=4inchのZnO（豊島製作所社製）を用い、裏面電極層〔A〕上にZnOを140分間成長させてn型半導体層〔B〕を形成した。

具体的な条件としては、RF出力を150W、ターゲット-基板間距離を17cmとし、成長中のO₂ガス濃度を30体積%、ガス総流量を50sccmとし、また、成長中の真空度を0.8Paとした。

10

20

30

40

50

得られた n 型半導体層〔B〕の厚みは 300 nm (デポレートは 0.03 ~ 0.04 nm/s) であった。

【0045】

(3) 調光機能層の形成

ターゲットとして純度 99.6%、φ=4 inch の Ni 金属 (ジャパンメタルサービ
ス社製) を用い、n 型半導体層〔B〕上に NiO を 270 分間成長させて調光機能層〔C〕
を形成した。

具体的な条件としては、RF 出力を 150 W、ターゲット - 基板間距離を 17 cm とし、
成長中の O₂ ガス濃度を 0.5 体積%、ガス総流量を 110 sccm とし、また、成長
中の真空度を 3.8 Pa とした。

得られた調光機能層〔C〕の厚みは 500 nm (デポレートは 0.02 ~ 0.03 nm/s)
であった。

【0046】

(4) 透明導電層の形成

ターゲットとして純度 99.99%、φ=4 inch の ITO (日鉱金属社製) を用い、
調光機能層〔C〕上に、ITO を 35 分間成長させて透明導電層〔D〕を形成し、これ
により、調光素子〔1〕を得た。

具体的な条件としては、RF 出力を 150 W、ターゲット - 基板間距離を 11.5 cm
とし、成長中の O₂ ガス濃度を 1.0 体積%、ガス総流量を 15 sccm とし、また、成
長中の真空度を 0.4 Pa とした。

得られた透明導電層〔D〕の厚みは 500 nm (デポレートは 0.2 ~ 0.3 nm/s)
であった。

【0047】

なお、上記の連続スパッタプロセス中、すなわち裏面電極層〔A〕、n 型半導体層〔B〕、
調光機能層〔C〕および透明導電層〔D〕の形成中の全期間にわたって、積極的な加
熱は行わず、試料面の温度が 70℃ を超えることはなかった。

【0048】

< 調光機能層サンプルの作製例 1 >

また、本発明の光発電可能な調光素子を構成する調光機能層の性能を確認するための実
験を行うための調光機能層のみを有するサンプルを作製した。

具体的には、実施例 1 において、ソーダライムガラス基板上に、直接、調光機能層〔C〕
のみを成長させた。このようにして得られたサンプルを調光機能層サンプル〔 〕とす
る。

【0049】

< 実験例 1 : 還元 >

得られた調光素子〔1〕および調光機能層サンプル〔 〕について、水素アニールを行
った。具体的には、1 体積%の H₂ ガスおよび 99 体積%の Ar ガスからなる混合ガス中
において、400℃ で 5 分間加熱した。これらをそれぞれ調光素子〔1 H₂〕および調光
機能層サンプル〔 H₂〕とする。

【0050】

< 実験例 2 : 酸化 >

水素アニールを行って得られた調光機能層サンプル〔 H₂〕に対して、酸素アニール
を行った。具体的には、100 体積%の O₂ ガス中において、400℃ で 5 分間加熱した
。これを調光機能層サンプル〔 O₂〕とする。

【0051】

以上の調光機能層サンプル〔 〕、調光機能層サンプル〔 H₂〕および調光機能層サ
ンプル〔 O₂〕について、それぞれ、透過スペクトル、および、XRD パターンを測定
した。結果を図 2 および図 3 にそれぞれ示す。

図 2 は、調光機能層サンプル〔 〕、調光機能層サンプル〔 H₂〕、調光機能層サ
ンプル〔 O₂〕それぞれの透過スペクトルを示すグラフであり、図中の「a s d e p o

10

20

30

40

50

」、 H_2 anneal」、 O_2 anneal」は、それぞれ調光機能層サンプル〔 〕、調光機能層サンプル〔 H_2 〕、調光機能層サンプル〔 O_2 〕を示す。

図3は、調光機能層サンプル〔 〕、調光機能層サンプル〔 H_2 〕および調光機能層サンプル〔 O_2 〕それぞれのXRDパターンを示すグラフであり、図中の「as de po」、 H_2 anneal」、 O_2 anneal」は、それぞれ調光機能層サンプル〔 〕、調光機能層サンプル〔 H_2 〕、調光機能層サンプル〔 O_2 〕を示す。

図4は、調光素子〔1〕の波長領域280~1600nmの透過スペクトルを示すグラフである。

【0052】

図2から明らかなように、本発明に係る調光素子においては、酸化反応および還元反応により、透光状態と遮光状態とに可逆的に変化させることができることが確認された。また、図3において、調光機能層サンプル〔 H_2 〕のみに金属Niの存在が認められることから、水素アニールを行ったときだけ光が透過しなくなると考えられる。

また、図4から、調光素子〔1〕が可視光を高い割合で透過することが確認された。

【0053】

また、調光素子〔1〕および調光素子〔1 H_2 〕について、それぞれ、IV特性を測定し、光電変換効率を算出した。

具体的には、「ソーラシミュレータ」（分光計器社製）を用いて、 $\text{AM}1.5$ 、 $100\text{mW}/\text{cm}^2$ の擬似太陽光を照射しながら「6241型ソースメータ」（ADCM T社製）を用いてIV特性を測定して短絡電流、開放電圧、形状因子ffの値を得ると共に、これらの値を用いて下記式（1）により、光電変換効率を算出した。結果を図5および図6に示す。

式（1）；光電変換効率（%）= [短絡電流値（ mA/cm^2 ）×開放電圧値（V）×{形状因子ff/入射光（ $100\text{mW}/\text{cm}^2$ ）}] × 100

【0054】

調光素子〔1〕の光電変換効率は $3.2 \times 10^{-5}\%$ であり、調光素子〔1 H_2 〕の光電変換効率は $1.4 \times 10^{-6}\%$ であった。

図5は、調光素子〔1〕のIV特性を示すグラフである。

図6は、調光素子〔1 H_2 〕のIV特性を示すグラフである。

【0055】

図5および図6から明らかなように、本発明に係る調光素子においては、透光状態においても遮光状態においても光発電することができることが確認された。

【産業上の利用可能性】

【0056】

本発明の光発電可能な調光素子は、ブラインド機能を有する光発電窓ガラス、光発電することができる紫外線カットフィルター、遮光率を任意に変更することができる光発電ビニールハウス、スマートフォンなどの携帯機器におけるプライバシー保護機能を有する光発電表示部材、既存の太陽電池上に形成させた積層型太陽電池などとして利用することができる可能性がある。

【符号の説明】

【0057】

- 10 光発電可能な調光素子
- 11 透明導電層
- 13 裏面電極層
- 15 透光性基板
- 20 光電変換層
- 20n n型半導体層
- 20p 調光機能層

10

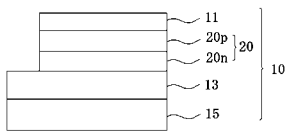
20

30

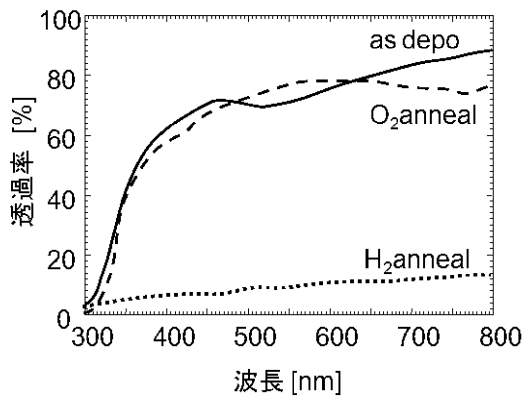
40

50

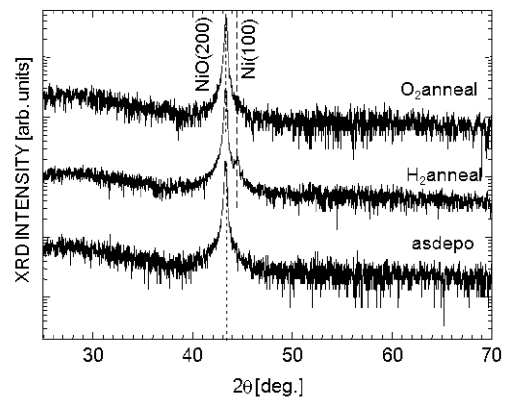
【 図 1 】



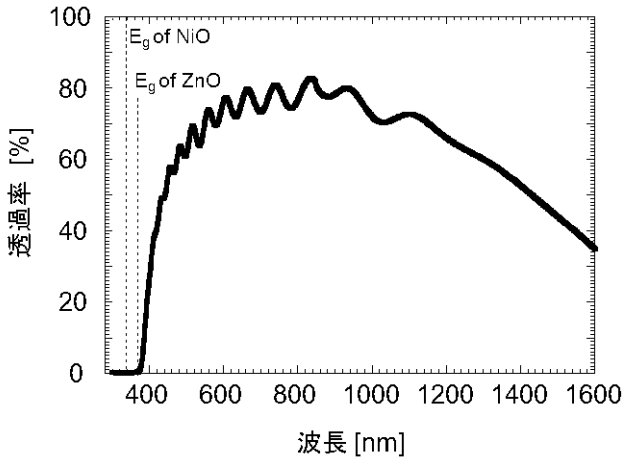
【 図 2 】



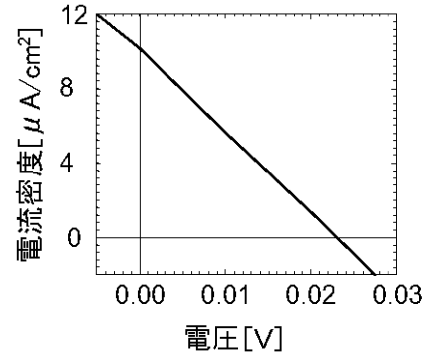
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 6 】



【 図 5 】

