

(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2010-33915

(P2010-33915A)

(43) 公開日 平成22年2月12日(2010.2.12)

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)
H O 1 M 14/00	(2006.01)	H O 1 M 14/00	P	5 F 0 5 1
H O 1 L 31/04	(2006.01)	H O 1 L 31/04	Z	5 F 1 5 1
				5 H 0 3 2

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2008-195410 (P2008-195410)	(71) 出願人	000001339
(22) 出願日	平成20年7月29日 (2008.7.29)		グンゼ株式会社
			京都府綾部市青野町膳所 1 番地
		(74) 代理人	100086586
			弁理士 安富 康男
		(74) 代理人	100119529
			弁理士 諸田 勝保
		(74) 代理人	100135275
			弁理士 岡本 貴夫
		(72) 発明者	岡本 俊紀
			滋賀県守山市森川原町 1 6 3 番地 グンゼ
			株式会社研究開発センター内
		(72) 発明者	広瀬 貞一
			滋賀県守山市森川原町 1 6 3 番地 グンゼ
			株式会社研究開発センター内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 色素増感太陽電池及び色素増感太陽電池の製造方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】優れた光電変換特性を有し、かつ、基板と酸化亜鉛多孔質層との密着性の高い色素増感太陽電池及び色素増感太陽電池の製造方法を提供する。

【解決手段】透明導電層が形成された基板の前記透明導電層上に、酸化亜鉛ボトム層、酸化亜鉛緻密層及び酸化亜鉛多孔質層が順次積層された光電極を有する色素増感太陽電池であって、前記酸化亜鉛緻密層及び酸化亜鉛多孔質層には色素が担持されており、前記酸化亜鉛緻密層は、B E T比表面積が $10 \sim 42 \text{ m}^2 / \text{g}$ であり、前記酸化亜鉛多孔質層は、B E T比表面積が $43 \sim 58 \text{ m}^2 / \text{g}$ である色素増感太陽電池。

【選択図】なし

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

透明導電層が形成された基板の前記透明導電層上に、酸化亜鉛ボトム層、酸化亜鉛緻密層及び酸化亜鉛多孔質層が順次積層された光電極を有する色素増感太陽電池であって、前記酸化亜鉛緻密層及び酸化亜鉛多孔質層には色素が担持されており、前記酸化亜鉛緻密層は、BET比表面積が $10 \sim 42 \text{ m}^2 / \text{g}$ であり、前記酸化亜鉛多孔質層は、BET比表面積が $43 \sim 58 \text{ m}^2 / \text{g}$ であることを特徴とする色素増感太陽電池。

【請求項 2】

酸化亜鉛緻密層は、空孔率が $30 \sim 75 \%$ であることを特徴とする請求項 1 記載の色素増感太陽電池。

10

【請求項 3】

透明導電層が形成されたフィルム基板の前記透明導電層上に、亜鉛塩を含有する電析液を用いて電析法により成膜することにより酸化亜鉛ボトム層を形成する工程 1、前記酸化亜鉛ボトム層上に、亜鉛塩とテンプレート化合物とを含有する電析液を用いて電析法により成膜することにより酸化亜鉛緻密層用薄膜を形成する工程 2、前記酸化亜鉛緻密層用薄膜上に亜鉛塩とテンプレート化合物とを含有する電析液を用いて電析法により成膜することにより酸化亜鉛多孔質層用薄膜を形成する工程 3、前記酸化亜鉛緻密層用薄膜及び酸化亜鉛多孔質層用薄膜に含まれるテンプレート化合物を脱着することにより、酸化亜鉛緻密層及び酸化亜鉛多孔質層を形成する工程 4、及び、前記酸化亜鉛緻密層及び酸化亜鉛多孔質層に色素を担持させる工程 5 を有することを特徴とする色素増感太陽電池の製造方法。

20

【請求項 4】

テンプレート化合物は、キサンテン系色素であることを特徴とする請求項 3 記載の色素増感太陽電池の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、優れた光電変換特性を有し、かつ、基板と酸化亜鉛多孔質層との密着性の高い色素増感太陽電池及び色素増感太陽電池の製造方法に関する。

30

【背景技術】

【0002】

色素増感太陽電池は、身近な材料である金属酸化物半導体多孔膜を利用した太陽電池であり、シリコン太陽電池に比べて、高価な材料やプロセスを必要とせず、安価な太陽電池を実現できるデバイスとして実用化が期待されている。

【0003】

このような色素増感太陽電池の基本原理は、特許文献 1 に開示されているように、以下の通りである。まず、色素増感太陽電池に光が照射されると、金属酸化物半導体多孔質層表面に吸着された増感色素が光を吸収し、色素分子内の電子が励起され、電子が半導体へ渡される。これにより、光電極側で電子が発生し、この電子が電気回路を通じて、正電極に移動する。そして、正電極に移動した電子は、電解質層を通じて光電極に戻る。このような過程が繰り返されることで、電気エネルギーが生じ、高い光電変換効率を実現されている。

40

【0004】

このうち、色素増感太陽電池の光電極の一部である金属酸化物半導体多孔質層を形成する方法としては、液相法や気相法等、多くの方法があるが、従来は金属酸化物半導体微粒子を溶媒に分散させた半導体多孔膜用分散液を基板に塗布した後、乾燥焼成して成膜する方法が一般的であった。

【0005】

50

一方、近年では、電析法を用いて金属酸化物半導体多孔質層を形成することにより、色素増感太陽電池を製造する方法が行われている。電析法は、湿式の成膜法であり、100以下の低温での成膜が可能となることから、特に基板としてプラスチックフィルムを使用する場合に有効に用いられる。しかしながら、電析法を用いた場合は、焼成が不要であるという利点を有するものの、得られる金属酸化物半導体多孔質層の表面積が小さくなるため、色素を十分に担持させることができず、色素増感太陽電池の光電変換率を高めるのが難しいという問題があった。

また、特許文献2には、電解液にテンプレート化合物を添加し、電析によって酸化亜鉛薄膜を形成した後、テンプレート化合物をアルカリで脱着することにより、多孔質酸化亜鉛層を形成する方法が開示されている。

しかしながら、このような方法を用いる場合は、色素の吸着量を増加させ、得られる色素増感太陽電池の光電変換率を向上させるために、多孔質酸化亜鉛層の空隙率を高める必要があるが、空隙率を高めると、基板と多孔質酸化亜鉛層との密着性が低下して、多孔質酸化亜鉛層の剥離が生じたりすることがあった。

【特許文献1】特許第2664194号公報

【特許文献2】特開2004-6235号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明は、優れた光電変換特性を有し、かつ、基板と酸化亜鉛多孔質層との密着性の高い色素増感太陽電池及び色素増感太陽電池の製造方法を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は、透明導電層が形成された基板の前記透明導電層上に、酸化亜鉛ボトム層、酸化亜鉛緻密層及び酸化亜鉛多孔質層が順次積層された光電極を有する色素増感太陽電池であって、前記酸化亜鉛緻密層及び酸化亜鉛多孔質層には色素が担持されており、前記酸化亜鉛緻密層は、BET比表面積が $10 \sim 42 \text{ m}^2 / \text{g}$ であり、前記酸化亜鉛多孔質層は、BET比表面積が $43 \sim 58 \text{ m}^2 / \text{g}$ である色素増感太陽電池である。

【0008】

本発明者らは鋭意検討した結果、酸化亜鉛ボトム層及び酸化亜鉛多孔質層の間に、酸化亜鉛緻密層を形成し、酸化亜鉛緻密層及び酸化亜鉛多孔質層のBET比表面積をそれぞれ所定の範囲内とすることにより、優れた光電変換特性を有し、かつ、基板と酸化亜鉛多孔質層との密着性の高い色素増感太陽電池が得られることを見出し、本発明を完成させるに至った。

【0009】

図1は、本発明の色素増感太陽電池の一例を示す模式図である。

本発明の色素増感太陽電池は、透明基板1、透明電極2、酸化亜鉛ボトム層9、酸化亜鉛緻密層8及び酸化亜鉛多孔質層7をこの順で有する光電極と対向電極12とが周縁部に形成されたシール11を介して積層された構造となっている。また、色素増感太陽電池の内部には電解質溶液10が内包されている。そして、酸化亜鉛緻密層8及び酸化亜鉛多孔質層7の空隙部には色素4が担持されている。図1に示すように、本発明では、酸化亜鉛多孔質層7には多量の色素を担持できるとともに、酸化亜鉛緻密層8の存在によって酸化亜鉛ボトム層9や透明電極2と酸化亜鉛多孔質層7との密着性は十分に確保される。従って、酸化亜鉛緻密層8を形成することで、優れた光電変換特性と、透明基板1及び酸化亜鉛多孔質層7の密着性との両立を更に確実に行うことができる。

【0010】

本発明の色素増感太陽電池に用いられる基板としては、入射する光を妨げず、適度な強度を有するものであれば特に限定されず、例えば、ガラス、透明樹脂からなるシート、フィルム等が挙げられる。

上記透明樹脂としては特に限定されず、例えば、ポリエチレンテレフタレート、ポリエチ

10

20

30

40

50

レンナフタレート、ポリスルホン、ポリカーボネート、ポリエーテルスルホン、ポリアリレート、環状ポリオレフィン等の耐熱性を有する透明性樹脂からなるものが挙げられる。

上記基板の厚みの好ましい下限は $100\text{ }\mu\text{m}$ 、好ましい上限は 3 mm である。厚みを上記範囲内とすることで、適当な剛性と柔軟性をもたせることが可能となる。

【0011】

上記透明導電層（電極）としては、例えば、ITO、 SnO_2 、FTO、ZnO、GZO、AZO等からなるものが好ましく、なかでも、ITOからなるものが好ましい。

【0012】

本発明の色素増感太陽電池は、上記透明導電層が形成された基板の透明導電層上に、酸化亜鉛ボトム層、酸化亜鉛緻密層及び酸化亜鉛多孔質層が順次積層された光電極を有する。

10

【0013】

上記光電極は、酸化亜鉛ボトム層を有する。上記酸化亜鉛ボトム層は、酸化亜鉛を含有し、かつ、空孔を有しない層である。上記酸化亜鉛ボトム層を有することで、酸化亜鉛多孔質層は、透明電極と酸化亜鉛緻密層との密着性を向上させることができる。また、上記酸化亜鉛ボトム層は、電解質溶液の基板への浸入を防止し、透明電極から電解質溶液に流れる逆電子を抑制する役割を有する。

【0014】

上記酸化亜鉛ボトム層の厚さの好ましい下限は 5 nm 、好ましい上限は 100 nm である。 5 nm 未満であると、逆電子を防止する効果が低下し、 100 nm を超えると、絶縁層となって酸化亜鉛多孔質層と透明電極との間で抵抗損失が発生し、色素増感太陽電池の光電変換特性が低下する。

20

【0015】

上記光電極は、酸化亜鉛緻密層を有する。上記酸化亜鉛緻密層は、酸化亜鉛を含有し、かつ、酸化亜鉛多孔質層よりも多孔性の低い層である。上記酸化亜鉛緻密層を有することで、優れた光電変換特性と、基板及び酸化亜鉛多孔質層の密着性との両立を好適に行うことができる。

【0016】

上記酸化亜鉛緻密層における BET 比表面積の下限は $10\text{ m}^2/\text{g}$ 、上限は $42\text{ m}^2/\text{g}$ である。 $10\text{ m}^2/\text{g}$ 未満であると、酸化亜鉛多孔質層との密着性が低下したり、色素の担持量が不十分となったりし、 $42\text{ m}^2/\text{g}$ を超えると、酸化亜鉛ボトム層との密着性が不十分となる。好ましい下限は $20\text{ m}^2/\text{g}$ 、好ましい上限は $35\text{ m}^2/\text{g}$ である。

30

【0017】

上記酸化亜鉛緻密層における空孔率の好ましい下限は 30% 、好ましい上限は 75% である。 30% 未満であると、酸化亜鉛多孔質層との密着性が不十分となったり、色素の担持量が不十分となったりすることがあり、 75% を超えると、酸化亜鉛ボトム層との密着性が低下することがある。より好ましい下限は 40% 、より好ましい上限は 60% である。

【0018】

上記酸化亜鉛緻密層の膜厚の好ましい下限は $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 、好ましい上限は $3\text{ }\mu\text{m}$ である。 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 未満であると、密着性向上の効果が低下することがあり、 $3\text{ }\mu\text{m}$ を超えると、色素担持量が不十分となることから光電変換特性が低下することがある。

40

【0019】

上記光電極は、酸化亜鉛多孔質層を有する。上記酸化亜鉛多孔質層は、酸化亜鉛を含有し、かつ、多孔性の高い層である。上記酸化亜鉛多孔質層を有することで、多量の色素を担持することができ、優れた光電変換特性を実現できる。

【0020】

上記酸化亜鉛多孔質層における BET 比表面積の下限は $43\text{ m}^2/\text{g}$ 、上限は $58\text{ m}^2/\text{g}$ である。 $43\text{ m}^2/\text{g}$ 未満であると、色素の担持量が不十分となり、 $58\text{ m}^2/\text{g}$ を超えると、酸化亜鉛緻密層との密着性が不十分となる。好ましい下限は $44\text{ m}^2/\text{g}$ 、好ましい上限は $52\text{ m}^2/\text{g}$ である。

50

【0021】

上記酸化亜鉛多孔質層における空孔率の好ましい下限は80%、好ましい上限は90%である。80%未満であると、色素の担持量が不十分となり、90%を超えると、酸化亜鉛緻密層との密着性が低下することがある。より好ましい下限は83%、より好ましい上限は88%である。

【0022】

上記酸化亜鉛多孔質層の膜厚の好ましい下限は1 μ m、好ましい上限は20 μ mである。1 μ m未満であると、色素担持量が少なくなるとともに、得られる色素増感太陽電池の光電変換特性も低下することがあり、20 μ mを超えても、酸化亜鉛多孔質層中の電子の拡散長が限られているために光電変換特性向上に寄与せず、逆に電解質溶液の酸化亜鉛多孔質層への浸入が困難になることから光電変換特性が低下することがある。

10

【0023】

上記酸化亜鉛多孔質層は、BET比表面積や空孔率の異なる複数の層からなるものとしてもよい。例えば、基板と反対側にBET比表面積や空孔率の高い上層を形成し、基板側にBET比表面積や空孔率の低い下層を形成する場合、上層では高いBET比表面積や空孔率によって、より多くの色素を担持させることができ、下層は色素の担持量は少なくなるものの、透明電極との接触面積が大きくなることから、優れた光電変換特性と、基板及び酸化亜鉛多孔質層の密着性との両立を更に好適に行うことができる。

なお、上記酸化亜鉛多孔質層は、BET比表面積が上記範囲内である必要があるが、上記酸化亜鉛多孔質層がBET比表面積の異なる複数の層からなるものである場合、何れかの層のBET比表面積が上記範囲外であっても、上記酸化亜鉛多孔質層全体のBET比表面積が上記範囲内であれば本発明に含まれる。

20

【0024】

上記酸化亜鉛緻密層及び酸化亜鉛多孔質層には、色素が担持されている。これにより、光照射によって起電力を発生させる色素増感太陽電池用の光電極として用いることができる。

【0025】

本発明の色素増感太陽電池に用いる色素としては、光エネルギーにより生じた電子を酸化亜鉛多孔質層に送る機能を有するものであれば特に限定されないが、上記酸化亜鉛多孔質層と強固に吸着させるための官能基を有するものが好ましい。上記官能基としては例えば、カルボン酸基、カルボン酸無水基、アルコキシ基、ヒドロキシル基、ヒドロキシアルキル基、スルホン酸基、エステル基、メルカプト基、ホスホニル基等が挙げられる。

30

具体的には、ルテニウム金属錯体系色素や各種の有機色素を使用することができ、例えば、エオシンY、フルオレセイン、エリスロシンB、フロキシシンB、ローズベンガル、ローダミンB、フルオレクソン、マーキュロクロム、ジプロモフルオレセイン、ピロガロールレッド等のキサンテン系色素；クマリン343等のクマリン系色素；プロモフェノールブルー、プロモチモールブルー、フェノールフタレイン等のトリフェニルメタン系色素；シアニン系色素、メロシアニン系色素、インジゴ系色素、オキソノール系色素、ポルフィリン系色素、フタロシアニン系色素、アゾ系色素、キノン系色素、キノンイミン系色素、スクアリリウム系色素、ペリレンテトラカルボン酸誘導体；Ru、Os等のポリピリジン錯体；アントシアニン、クチナシ色素、ウコン色素、ベニバナ色素、カロテノイド色素、コチニール色素、パブリカ色素等の天然色素等が挙げられる。

40

【0026】

上記光電極と、電解質層と、対向電極とをこの順で積層することにより、色素増感太陽電池を製造することができる。具体的には例えば、電解質を含有する溶液を光電極上に塗工し、電解質層を形成した後、対向電極を積層する方法や、光電極と電解質溶液注入口を有する対向電極とを積層した後、上記電解質溶液注入口から電解質溶液を注入する方法等により製造することができる。

【0027】

上記電解質層は、電解質溶液からなるものであってもよく、電解質溶液をゲル化剤によ

50

て半固体化したものであってもよい。また、上記電解質層としては、電子、ホール、イオン等を輸送できる物質であれば特に限定されず、例えば、 CuI 、 CuSCN 、 NiO 、 Cu_2O 、 KI 等のp型半導体固体ホール輸送材料、ヨウ素/ヨウ化物、臭素/臭化物等の酸化還元電解質を有機溶媒に溶解した溶液を用いることができる。

上記有機溶媒としては、例えば、ニトリル系のアセトニトリル、メトキシプロピオニトリルや炭化水素系のプロピレンカルボナート、ジエチルカルボナート、 γ -ブチロラクタンやポリエチレングリコール等の多価アルコールが挙げられる。

これらの中では、嵩高く、酸化亜鉛多孔質層に吸着させた色素が脱着しにくいことから、酸化還元電解質を有機溶媒に溶解した溶液が好ましい。

【0028】

上記対向電極としては特に限定されず、例えば、光電極と同様の基板や透明導電層からなるものを用いることができる。

なお、上記対向電極の基板及び導電層には、光電極に使用する基板や透明導電層と異なり、必ずしも透明性は必要とされず、チタンやタングステン等の耐食性のある金属、カーボン、グラファイト等の炭素材料、PEDOT/PSS等の導電性高分子等を用いることができる。

【0029】

本発明の色素増感太陽電池は、例えば、透明導電層が形成されたフィルム基板の前記透明導電層上に、亜鉛塩を含有する電析液を用いて電析法により成膜することにより酸化亜鉛ボトム層を形成する工程1、前記酸化亜鉛ボトム層上に、亜鉛塩とテンプレート化合物とを含有する電析液を用いて電析法により成膜することにより酸化亜鉛緻密層用薄膜を形成する工程2、前記酸化亜鉛緻密層用薄膜上に亜鉛塩とテンプレート化合物とを含有する電析液を用いて電析法により成膜することにより酸化亜鉛多孔質層用薄膜を形成する工程3、前記酸化亜鉛緻密層用薄膜及び酸化亜鉛多孔質層用薄膜に含まれるテンプレート化合物を脱着することにより、酸化亜鉛緻密層及び酸化亜鉛多孔質層を形成する工程4、及び、前記酸化亜鉛緻密層及び酸化亜鉛多孔質層に色素を担持させる工程5を有する製造方法によって製造することができる。このような色素増感太陽電池の製造方法もまた、本発明の1つである。

【0030】

図2は、本発明の色素増感太陽電池の製造方法のうち、光電極を製造する工程を示す模式図である。本発明では、まず、透明導電層2が形成された基板1の透明導電層2上に、酸化亜鉛ボトム層9、酸化亜鉛緻密層用薄膜6、酸化亜鉛多孔質層用薄膜5を順に形成する(図2a)。酸化亜鉛緻密層用薄膜6及び酸化亜鉛多孔質層用薄膜5には、テンプレート化合物3が含まれており、各層でテンプレート化合物3の含有量が異なっている。

次いで、アルカリ等を用いてテンプレート化合物3を脱着させることにより、酸化亜鉛緻密層8及び酸化亜鉛多孔質層7を形成する(図2b)。

更に、得られた酸化亜鉛緻密層8及び酸化亜鉛多孔質層7に色素4を担持させることにより、色素増感太陽電池用の光電極とすることができる(図2c)。

図2に示すように、本発明では、例えば、酸化亜鉛緻密層用薄膜6及び酸化亜鉛多孔質層用薄膜5のテンプレート化合物含有量を変更させることで、空孔特性が異なる酸化亜鉛緻密層8及び酸化亜鉛多孔質層7を形成することができる。

また、テンプレート化合物3を脱着した後の酸化亜鉛多孔質層7は十分な空孔率を有することから、得られる色素増感太陽電池は光電変換特性に優れ、更に、酸化亜鉛緻密層8を有することで、基板と酸化亜鉛多孔質膜7との密着性が高くなることから、酸化亜鉛多孔質層7の剥離等を生じにくくすることができる。

【0031】

一方、図3は、従来の方法を用いた場合、即ち、酸化亜鉛緻密層を形成しない場合である。従来の方法では、図3bに示すように空孔率の非常に高い酸化亜鉛多孔質膜7のみが得られる。この場合、図3cに示すように、色素4の担持量が非常に大きくなるものの、透明導電層2と酸化亜鉛多孔質層7との接触面積が非常に小さくなり、透明導電層2と酸化

10

20

30

40

50

亜鉛多孔質層 7 との密着性が大幅に低下する。従って、得られる色素増感太陽電池において、酸化亜鉛多孔質層 7 の剥離が発生しやすくなる。

【0032】

本発明の色素増感太陽電池の製造方法では、まず、透明導電層が形成されたフィルム基板の前記透明導電層上に、亜鉛塩を含有する電析液を用いて電析法により成膜することにより酸化亜鉛ボトム層を形成する工程 1、前記酸化亜鉛ボトム層上に、亜鉛塩とテンプレート化合物とを含有する電析液を用いて電析法により成膜することにより酸化亜鉛緻密層用薄膜を形成する工程 2、及び、前記酸化亜鉛緻密層用薄膜上に亜鉛塩とテンプレート化合物とを含有する電析液を用いて電析法により成膜することにより酸化亜鉛多孔質層用薄膜を形成する工程 3 を行う。

10

【0033】

本発明の色素増感太陽電池では、電析法によって、酸化亜鉛ボトム層、酸化亜鉛緻密層用薄膜及び酸化亜鉛多孔質層用薄膜を成膜する。上記電析法は、原料粒子分散液を塗布し、焼結させる方法等のように、高温の焼成工程を行う必要がなく、樹脂フィルムを基板として用いる場合にも好適に使用することができ、また、結晶性の高い酸化亜鉛ボトム層、酸化亜鉛緻密層及び酸化亜鉛多孔質層用薄膜を得ることができる。

【0034】

上記電析法によって酸化亜鉛緻密層用薄膜及び酸化亜鉛多孔質層用薄膜を形成する方法としては、具体的には例えば、亜鉛塩及びテンプレート化合物を含有する電析液中に透明電極を形成した基板を浸漬し、作用極に透明電極、対向極に亜鉛を配置し、酸素をバブリングしながら参照電極に対して負の定電圧を印加する 3 電極法等が挙げられる。

20

【0035】

上記亜鉛塩としては、電析後に酸化亜鉛緻密層用薄膜及び酸化亜鉛多孔質層用薄膜が得られるものであれば特に限定されず、例えば、 $ZnCl_2$ 、 $ZnBr_2$ 、 ZnI_2 等が挙げられる。

上記亜鉛塩の電析液中の濃度の好ましい下限は 1 mM/L 、好ましい上限は 50 mM/L である。 1 mM/L 未満であると、十分な酸化亜鉛緻密層用薄膜及び酸化亜鉛多孔質層用薄膜を形成できないことがあり、 50 mM/L を超えると、亜鉛に対する酸素の供給が不十分となり亜鉛金属の析出が発生することがある。

【0036】

上記テンプレート化合物とは、亜鉛塩とともに電析液中に添加し、電析成膜することによって、酸化亜鉛緻密層用薄膜又は酸化亜鉛多孔質層用薄膜の内部表面に吸着され、かつ、所定の脱着手段によって脱着可能な化合物のことをいう。上記テンプレート化合物は、上述の性質を有し、亜鉛塩の水溶液等の電析液に溶解しやすいものであれば特に限定されないが、電気化学的に還元性を有する芳香族化合物のような π 電子を有する有機化合物が好適である。特に、有機色素であるキサンテン系色素が好適であり、具体的には例えば、エオシン Y、エリスロシン Y、フロキシシン B、ローズベンガル、ローダミン B 等が挙げられる。

30

【0037】

上記亜鉛塩とテンプレート化合物とを含有する電析液には、上記亜鉛塩及びテンプレート化合物に加えて、凝集防止等を目的として、界面活性剤等の適当な添加剤を配合してもよい。

40

【0038】

本発明では、上記工程 2 及び工程 3 では、テンプレート化合物の含有量を変化させる方法、電析法において酸化亜鉛緻密層用薄膜及び酸化亜鉛多孔質層用薄膜を形成する際に電析液の流速を変化させる方法等を行うことによって、得られる酸化亜鉛緻密層及び酸化亜鉛多孔質層の空孔特性を変化させることができる。なお、これらの方法は併用してもよい。

【0039】

本発明において、上記テンプレート化合物の含有量を変化させる方法を用いる場合、上記工程 2 におけるテンプレート化合物の電析液中の含有量の好ましい下限は $20\text{ }\mu\text{M/L}$ 、

50

好ましい上限は $90 \mu\text{M}/\text{L}$ である。上記テンプレート化合物の電析液中の含有量が $20 \mu\text{M}/\text{L}$ 未満であると、酸化亜鉛緻密層用薄膜中のテンプレート化合物含有量が少なくなるため、形成される酸化亜鉛緻密層の比表面積が低下し、色素の担持量が低下する。上記テンプレート化合物の電析液中の含有量が $90 \mu\text{M}/\text{L}$ を超えると、形成される酸化亜鉛緻密層の比表面積が大きくなりすぎて透明電極と酸化亜鉛多孔質層との密着性が低下することがある。より好ましい下限は $40 \mu\text{M}/\text{L}$ 、より好ましい上限は $80 \mu\text{M}/\text{L}$ である。

【0040】

上記工程2において、上記電析法によって形成される酸化亜鉛緻密層用薄膜におけるテンプレート化合物の含有量の好ましい下限が3重量%、好ましい上限が5重量%である。

10

上記酸化亜鉛緻密層用薄膜のテンプレート化合物含有量を上記範囲内とすることで、本発明の色素増感太陽電池は、優れた光電変換特性と、基板及び酸化亜鉛多孔質層の密着性とを両立したものとなる。なお、上記酸化亜鉛緻密層用薄膜のテンプレート化合物含有量は、例えば、酸化亜鉛緻密層用薄膜より採取した所定量の試料の400 までの重量減少率を測定することにより求めることができる。

上記酸化亜鉛緻密層用薄膜のテンプレート化合物含有量が3重量%未満であると、形成される酸化亜鉛緻密層用薄膜のBET比表面積や空孔率が低下して、色素の担持量が低下したり、電解液が浸透しにくくなったりすることから、得られる色素増感太陽電池の光電変換特性が大幅に低下する。5重量%を超えると、透明導電層と形成される酸化亜鉛緻密層用薄膜との接触面積が非常に小さくなり、透明導電層と酸化亜鉛緻密層用薄膜との密着性が大幅に低下する。従って、得られる色素増感太陽電池において、酸化亜鉛多孔質層の剥離が発生しやすくなる。より好ましい下限は3.5重量%、より好ましい上限は4.5重量%である。

20

【0041】

上記工程3におけるテンプレート化合物の電析液中の含有量の好ましい下限は $150 \mu\text{M}/\text{L}$ 、好ましい上限は $1000 \mu\text{M}/\text{L}$ である。上記テンプレート化合物の電析液中の含有量が $150 \mu\text{M}/\text{L}$ 未満であると、酸化亜鉛多孔質層用薄膜中のテンプレート化合物含有量が少なくなるため、形成される酸化亜鉛多孔質層の比表面積が低下し、色素の担持量が低下して、得られる色素増感太陽電池の光電変換特性が悪化する。上記テンプレート化合物の電析液中の含有量が $1000 \mu\text{M}/\text{L}$ を超えると、形成される酸化亜鉛多孔質層の比表面積が大きくなりすぎて透明電極と酸化亜鉛多孔質層との密着性が低下することがある。より好ましい下限は $200 \mu\text{M}/\text{L}$ 、より好ましい上限は $600 \mu\text{M}/\text{L}$ である。

30

なお、後述のように空孔率の異なる複数の層からなる酸化亜鉛多孔質層を形成する場合は、透明電極と酸化亜鉛多孔質層との密着性が向上することから、上記テンプレート化合物の電析液中の濃度を $800 \mu\text{M}/\text{L}$ 程度としても、十分な密着性を有する色素増感太陽電池が得られる。

【0042】

上記工程3において、上記電析法によって形成される酸化亜鉛多孔質層用薄膜におけるテンプレート化合物の含有量の好ましい下限が5重量%、好ましい上限が9重量%である。

40

上記酸化亜鉛多孔質層用薄膜のテンプレート化合物含有量を上記範囲内とすることで、本発明の色素増感太陽電池は、優れた光電変換特性と、基板及び酸化亜鉛多孔質層の密着性とを両立したものとなる。上記酸化亜鉛多孔質層用薄膜のテンプレート化合物含有量が5重量%未満であると、形成される酸化亜鉛多孔質層のBET比表面積や空孔率が低下して、色素の担持量が低下したり、電解液が浸透しにくくなったりすることから、得られる色素増感太陽電池の光電変換特性が大幅に低下する。9重量%を超えると、酸化亜鉛緻密層と形成される酸化亜鉛多孔質層との接触面積が非常に小さくなり、酸化亜鉛緻密層と酸化亜鉛多孔質層との密着性が大幅に低下する。従って、得られる色素増感太陽電池において、酸化亜鉛多孔質層の剥離が発生しやすくなる。より好ましい下限は7重量%、より好ましい上限は8重量%である。

【0043】

50

本発明において、上記電析液の流速を変化させる方法を用いる場合、上記工程 2 における電析液の流速の好ましい下限は 1 cm/s 、好ましい上限は 30 cm/s である。上記電析液の流速が 1 cm/s 未満であると、形成される酸化亜鉛緻密層の比表面積が低下し、色素の担持量が低下する。上記電析液の流速が 30 cm/s を超えると、形成される酸化亜鉛緻密層の比表面積が大きくなりすぎて透明電極と酸化亜鉛多孔質層との密着性が低下することがある。より好ましい下限は 5 cm/s 、より好ましい上限は 20 cm/s である。

【0044】

また、上記工程 3 における電析液の流速の好ましい下限は 40 cm/s 、好ましい上限は 80 cm/s である。上記電析液の流速が 40 cm/s 未満であると、形成される酸化亜鉛緻密層の比表面積が低下し、色素の担持量が低下する。上記電析液の流速が 80 cm/s を超えると、形成される酸化亜鉛多孔質層の比表面積が大きくなりすぎて酸化亜鉛多孔質層の密着性が低下することがある。より好ましい下限は 50 cm/s 、より好ましい上限は 60 cm/s である。

10

【0045】

本発明では、次いで、上記酸化亜鉛緻密層用薄膜及び酸化亜鉛多孔質層用薄膜に含まれるテンプレート化合物を脱着することにより、酸化亜鉛緻密層及び酸化亜鉛多孔質層を形成する工程 4 を行う。

【0046】

上記テンプレート化合物を脱着する方法としては特に限定されず、使用するテンプレート化合物によって種々の方法を用いることができる。具体的には例えば、テンプレート化合物がカルボキシル基、スルホン酸基又はリン酸基等のアンカー基を有する化合物である場合、水酸化ナトリウム、水酸化カリウム等のアルカリ溶液を用いて洗浄することによってテンプレート化合物の脱着を行うことができる。

20

上記アルカリ溶液を用いてテンプレート化合物の脱着を行う場合、上記アルカリ溶液の pH の好ましい下限は 10、好ましい上限は 13 である。

【0047】

本発明では、形成された酸化亜鉛緻密層及び酸化亜鉛多孔質層に色素を担持させる工程 5 を行う。

【0048】

上記色素を担持させる方法としては、例えば、上記色素を含有する溶液に、上記酸化亜鉛多孔質層が形成された樹脂フィルム基板を浸漬した後、乾燥を行う方法等が挙げられる。上記色素を含有する溶液に用いる溶媒としては、色素を溶解することができ、基板を劣化させないものであれば特に限定されず、例えば、エタノール等のアルコール類、アセトン等のケトン類、ジエチルエーテル等のエーテル類、アセトニトリル等が挙げられる。

30

【0049】

上記方法で得られた光電極と、電解質層と、対向電極とをこの順で積層することにより、色素増感太陽電池を製造することができる。具体的には例えば、電解質を含有する溶液を光電極上に塗工し、電解質層を形成した後、対向電極を積層する方法や、光電極と電解質溶液注入口を有する対向電極とを積層した後、上記電解質溶液注入口から電解質溶液を注入する方法等により製造することができる。

40

【発明の効果】

【0050】

本発明では、酸化亜鉛ボトム層及び酸化亜鉛多孔質層の間に、酸化亜鉛緻密層を形成し、酸化亜鉛緻密層及び酸化亜鉛多孔質層の BET 比表面積をそれぞれ所定の範囲内とすることにより、適度な空孔率を有する酸化亜鉛多孔質層が得られることから、優れた光電変換特性を有し、かつ、基板と酸化亜鉛多孔質層との密着性の高い色素増感太陽電池を実現することが可能となる。

また、本発明の色素増感太陽電池の製造方法を用いることにより、基板と酸化亜鉛多孔質層との密着性に優れ、得られる色素増感太陽電池が十分な光電変換特性を有する色素増感

50

太陽電池を好適に製造することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0051】

以下に本発明の実施例を挙げて更に詳しく説明するが、本発明はこれら実施例のみに限定されるものではない。

【0052】

(実施例1)

(酸化亜鉛ボトム層の形成)

PETフィルムにITO膜を成膜した透明電極基板上に、10mm×20mmの矩形パターンのマスキングを施し、回転電極装置による電析法により酸化亜鉛ボトム層を成膜した。電析は、上記透明電極基板を作用極とし、対極を白金線及びZn線として、参照電極(10 SCE)は飽和カメルル電極を用いる3電極法により行った。

電析の手順としては、まず透明電極基板を、KClの100mm/Lの水溶液230mLを入れた電析水に浸漬し、浴温を70℃に加熱し、酸素を流量100sccmで浴中にバブリングしながら、透明電極基板を500rpmで回転(基板上的液流速52cm/s)させて、白金対極を用いて電位-1.0V(vs. SCE)の定電位で40分間の予備電解を行い、基板表面を清浄化した。

その後、電析浴にZnCl₂を濃度5.0mm/Lになるように添加して、透明電極基板の回転数を100rpm(基板上的液流速10cm/s)に低下させ、Zn対極を用いて電位-1.0V(vs. SCE)の定電位で1分間電析を行うことにより、酸化亜鉛ボトム層を成膜した。

【0053】

(酸化亜鉛緻密層用薄膜の形成)

その後、電析浴にテンプレート化合物であるエオシンY色素を60μM/L濃度になるように添加して、透明電極基板の回転数を100rpm(基板上的液流速10cm/s)にして、Zn対極を用いて電位-1.0V(vs. SCE)の定電位で10分間電析を行い、エオシンY色素含有酸化亜鉛緻密層用薄膜を形成した。

【0054】

(酸化亜鉛多孔質層用薄膜の形成)

その後、電析浴に、エオシンY色素を120μM/L濃度になるように添加して、透明電極基板の回転数を、300rpm(基板上的液流速31cm/s)に上昇させ、Zn対極を用いて電位-1.0V(vs. SCE)の定電位で10分間電析を行い、エオシンY色素含有酸化亜鉛多孔質層用薄膜の下層を形成した。

更に続けて、電析浴に、エオシンY色素を300μM/L濃度になるように添加して、透明電極基板の回転数を500rpm(基板上的液流速52cm/s)に上昇させ、Zn対極を用いて電位-1.0V(vs. SCE)の定電位で10分間電析を行い、エオシンY色素含有酸化亜鉛多孔質層用薄膜の上層を形成した。

【0055】

(酸化亜鉛緻密層及び酸化亜鉛多孔層の形成)

得られたエオシンY色素含有酸化亜鉛緻密層用薄膜及びエオシンY色素含有酸化亜鉛多孔質層用薄膜を、0.1MのKOH水溶液に一晚浸漬後、水洗することによりエオシンY色素を脱着して、酸化亜鉛緻密層、及び、下層及び上層の2層からなる酸化亜鉛多孔層の多層膜を得た。

【0056】

(色素増感太陽電池セルの組立)

得られた基板を100℃で30分乾燥処理した後、有機色素(D149、三菱製紙社製)0.5mMとデオキシコール酸1mMとをt-ブタノールとアセトニトリルの1:1混合溶媒に溶解した色素溶液に40分浸漬して、色素を担持させた酸化亜鉛緻密層、及び、酸化亜鉛多孔層を有する光電極を作製した。

【0057】

10

20

30

40

50

得られた光電極基板に、PETフィルムに透明導電膜であるITO膜と白金膜をスパッタ法で積層した対極基板と重ねて、セル周辺部をアイオノマー樹脂フィルムで熱溶着して空セルを作製した。この空セルに電解質液（ヨウ素0.1mol/L、1,2-ジメチル-3-プロピルイミダゾリウムイオダイド1.0mol/L、溶媒としてプロピレンカルボナートを注入し、UV硬化樹脂で注入口を封止して、色素増感太陽電池セルを作製した。

【0058】

（実施例2）

実施例1の（酸化亜鉛多孔質層用薄膜の形成）を以下の手順で行った以外は実施例1と同様にして色素増感太陽電池セルを得た。

【0059】

10

（酸化亜鉛多孔質層用薄膜の形成）

電析浴に、エオシンY色素を300μM/L濃度になるように添加して、透明電極基板の回転数を500rpm（基板上の液流速52cm/s）に上昇させ、Zn対極を用いて電位-1.0V（vs.SCE）の定電位で20分間電析を行い、エオシンY色素含有酸化亜鉛多孔質層用薄膜の上層を形成した。

【0060】

（実施例3）

実施例1の（酸化亜鉛緻密層用薄膜の形成）を以下の手順で行った以外は実施例1と同様にして色素増感太陽電池セルを得た。

【0061】

20

（酸化亜鉛緻密層用薄膜の形成）

電析浴にテンプレート化合物であるエオシンY色素を30μM/L濃度になるように添加して、透明電極基板の回転数を50rpm（基板上の液流速5cm/s）にして、Zn対極を用いて電位-1.0V（vs.SCE）の定電位で10分間電析を行い、エオシンY色素含有酸化亜鉛緻密層用薄膜を形成した。

【0062】

（実施例4）

実施例1の（酸化亜鉛緻密層用薄膜の形成）を以下の手順で行った以外は実施例1と同様にして色素増感太陽電池セルを得た。

【0063】

30

（酸化亜鉛緻密層用薄膜の形成）

その後、電析浴にテンプレート化合物であるエオシンY色素を90μM/L濃度になるように添加して、透明電極基板の回転数を200rpm（基板上の液流速20cm/s）にして、Zn対極を用いて電位-1.0V（vs.SCE）の定電位で10分間電析を行い、エオシンY色素含有酸化亜鉛緻密層用薄膜を形成した。

【0064】

（実施例5）

実施例1の（酸化亜鉛多孔質層用薄膜の形成）を以下の手順で行った以外は実施例1と同様にして色素増感太陽電池セルを得た。

【0065】

40

（酸化亜鉛多孔質層用薄膜の形成）

電析浴に、エオシンY色素を120μM/L濃度になるように添加して、透明電極基板の回転数を、300rpm（基板上の液流速31cm/s）に上昇させ、Zn対極を用いて電位-1.0V（vs.SCE）の定電位で10分間電析を行い、エオシンY色素含有酸化亜鉛多孔質層用薄膜の下層を形成した。

更に続けて、電析浴に、エオシンY色素を600μM/L濃度になるように添加して、透明電極基板の回転数を500rpm（基板上の液流速52cm/s）に上昇させ、Zn対極を用いて電位-1.0V（vs.SCE）の定電位で10分間電析を行い、エオシンY色素含有酸化亜鉛多孔質層用薄膜の上層を形成した。

【0066】

50

(比較例 1)

実施例 1 の (酸化亜鉛緻密層用薄膜の形成) を行わず、(酸化亜鉛多孔質層用薄膜の形成) を以下の手順で行った以外は実施例 1 と同様にして色素増感太陽電池セルを得た。

【0067】

(酸化亜鉛多孔質層用薄膜の形成)

電析浴に、エオシン Y 色素を $300 \mu\text{M} / \text{L}$ 濃度になるように添加して、透明電極基板の回転数を 500rpm (基板上的液流速 $52 \text{cm} / \text{s}$) に上昇させ、Zn 対極を用いて電位 $-1.0 \text{V} (\text{vs. SCE})$ の定電位で 20 分間電析を行い、エオシン Y 色素含有酸化亜鉛多孔質層用薄膜の上層を形成した。

【0068】

10

(比較例 2)

実施例 1 の (酸化亜鉛緻密層用薄膜の形成) を行わず、(酸化亜鉛多孔質層用薄膜の形成) を以下の手順で行った以外は実施例 1 と同様にして色素増感太陽電池セルを得た。

【0069】

(酸化亜鉛多孔質層用薄膜の形成)

電析浴に、エオシン Y 色素を $300 \mu\text{M} / \text{L}$ 濃度になるように添加して、透明電極基板の回転数を 500rpm (基板上的液流速 $52 \text{cm} / \text{s}$) に上昇させ、Zn 対極を用いて電位 $-1.0 \text{V} (\text{vs. SCE})$ の定電位で 30 分間電析を行い、エオシン Y 色素含有酸化亜鉛多孔質層用薄膜の上層を形成した。

【0070】

20

(比較例 3)

実施例 1 の (酸化亜鉛緻密層用薄膜の形成) を行わず、(酸化亜鉛多孔質層用薄膜の形成) を以下の手順で行った以外は実施例 1 と同様にして色素増感太陽電池セルを得た。

【0071】

(酸化亜鉛多孔質層用薄膜の形成)

電析浴に、エオシン Y 色素を $60 \mu\text{M} / \text{L}$ 濃度になるように添加して、透明電極基板の回転数を 500rpm (基板上的液流速 $52 \text{cm} / \text{s}$) に上昇させ、Zn 対極を用いて電位 $-1.0 \text{V} (\text{vs. SCE})$ の定電位で 30 分間電析を行い、エオシン Y 色素含有酸化亜鉛多孔質層用薄膜の上層を形成した。

【0072】

30

(比較例 4)

実施例 1 の (酸化亜鉛緻密層用薄膜の形成) 及び (酸化亜鉛多孔質層用薄膜の形成) を以下の手順で行った以外は実施例 1 と同様にして色素増感太陽電池セルを得た。

【0073】

(酸化亜鉛緻密層用薄膜の形成)

電析浴にテンプレート化合物であるエオシン Y 色素を $100 \mu\text{M} / \text{L}$ 濃度になるように添加して、透明電極基板の回転数を 100rpm (基板上的液流速 $10 \text{cm} / \text{s}$) にして、Zn 対極を用いて電位 $-1.0 \text{V} (\text{vs. SCE})$ の定電位で 10 分間電析を行い、エオシン Y 色素含有酸化亜鉛緻密層用薄膜を形成した。

【0074】

40

(酸化亜鉛多孔質層用薄膜の形成)

電析浴に、エオシン Y 色素を $300 \mu\text{M} / \text{L}$ 濃度になるように添加して、透明電極基板の回転数を 500rpm (基板上的液流速 $52 \text{cm} / \text{s}$) に上昇させ、Zn 対極を用いて電位 $-1.0 \text{V} (\text{vs. SCE})$ の定電位で 20 分間電析を行い、エオシン Y 色素含有酸化亜鉛多孔質層用薄膜の上層を形成した。

【0075】

(比較例 5)

(酸化チタン多孔質層の形成)

PET フィルムに ITO 膜を成膜した透明電極基板上に、 $10 \text{mm} \times 20 \text{mm}$ の矩形パターンのマスキングを施し、酸化チタンペースト (昭和電工製 SP-210) をスピコー

50

トし、100 で60分間乾燥して、厚さ5.6 μmの酸化チタン多孔膜を形成した。
それ以外は、実施例1と同様にして色素増感太陽電池セルを得た。

【0076】

(評価)

以下の手順で評価を行った。結果を表1に示した。なお、BET比表面積測定及び空孔率測定は、色素を担持する前の酸化亜鉛緻密層、酸化亜鉛多孔質層又は酸化チタン多孔質層について行った。

【0077】

(1) 密着性

実施例及び比較例で得られた光電極の酸化亜鉛多孔質層又は酸化チタン多孔質層に碁盤目状のマス目を入れ、テープ剥離試験後に残った酸化亜鉛多孔質層又は酸化チタン多孔質層のマスを計測する碁盤目試験により、酸化亜鉛多孔質層又は酸化チタン多孔質層の密着性を評価した。

【0078】

(2) BET比表面積測定

実施例及び比較例で得られた光電極の酸化亜鉛緻密層、酸化亜鉛多孔質層又は酸化チタン多孔質層を基板から剥離し粉体にして、窒素吸着法(日本ベル製BELLSORP)によりBET比表面積を測定した。但し、酸化亜鉛多孔質層が積層膜の場合、各層の空孔率を直接求めることは困難なので、同じ条件で単層膜を成膜して上記の方法で求めた値を代用した。

【0079】

(3) 空孔率測定

実施例及び比較例と同一条件にて所定の膜厚まで電析して得られる酸化亜鉛緻密層、酸化亜鉛多孔質層又は酸化チタン多孔質層を乾燥した後、各層の膜厚をレーザー顕微鏡で測定し、削り落とした膜について精密天秤で重量を測定した。これらの測定値を基に各層の空孔率を下記式(1)を用いて算出した。

$$\text{空孔率} = (1 - (\text{層の重量} / (\text{層の体積} \times \text{比重}))) \times 100 \quad (1)$$

なお、各層の体積は面積×膜厚で求めることができる。

ただし、酸化亜鉛多孔質層が積層構造である場合、各層の空孔率を直接求めることは困難であるため、同じ条件で単層膜を成膜して上記の方法で求めた値を代用した。

【0080】

(4) 光電変換特性

実施例及び比較例において得られた色素増感太陽電池セルについて、光源強度が1 SUN (100 mW / cm²)であるソーラーシミュレーターを用いて光電交換特性を示した。

【0081】

10

20

30

【 表 1 】

	酸化亜鉛多孔質層用薄膜の電析条件										BET比表面積(m ² /g)				空孔率(%)			膜厚 (μm)	評価	
	酸化亜鉛緻密層用 薄膜の電析条件					上層					酸化亜鉛 緻密層		酸化亜鉛多孔質層		酸化 亜鉛 緻密層	酸化亜鉛多孔質層				
	エオシン 濃度 (μM/L)	電析液 流速 (cm/s)	成膜 時間 (分)	エオシン 濃度 (μM/L)	電析液 流速 (cm/s)	成膜 時間 (分)	エオシン 濃度 (μM/L)	電析液 流速 (cm/s)	成膜 時間 (分)	酸化 亜鉛 緻密層	下層	上層	全体	下層		上層	全体			
実施例1	60	10	10	120	31	10	300	52	10	30	43	46	45	51	78	85	83	97	2.5	
実施例2	60	10	10	—	—	—	300	52	20	30	—	46	46	51	—	86	86	97	2.4	
実施例3	30	5	10	120	31	10	300	52	10	11	43	46	45	40	78	85	83	98	2.4	
実施例4	90	20	10	120	31	10	300	52	10	41	43	46	45	71	78	85	83	96	2.3	
実施例5	60	10	10	120	31	10	600	52	10	30	43	55	51	51	78	87	84	96	2.6	
比較例1	—	—	—	—	—	—	300	52	20	—	—	46	46	—	—	86	86	95	2	
比較例2	—	—	—	—	—	—	300	52	30	—	—	46	46	—	—	86	86	20	—	
比較例3	—	—	—	—	—	—	60	52	30	—	—	30	30	—	—	56	56	100	1.5	
比較例4	100	10	10	—	—	—	300	52	20	44	—	46	46	76	—	86	86	96	2.1	
比較例5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	76				55			97	1.8	

【 0 0 8 2 】

10

20

30

40

50

表 1 に示すように、実施例 1 ～ 5 で得られた色素増感太陽電池セルは、酸化亜鉛多孔質層の膜厚が厚く色素担持量が多くなり、膜の密着性も充分であるので、高い光電変換効率が得られた。

これに対して、比較例 2 で得られた色素増感太陽電池セルは、酸化亜鉛多孔質層と基板との密着性が悪く、膜の剥離が発生したために、光電変換特性を測定することができなかった。

また、比較例 4 で得られた色素増感太陽電池セルは、セルの光電変換特性が不十分なものとなっていた。

また、比較例 5 で得られた色素増感太陽電池セルでは、酸化チタン多孔質層の B E T 比表面積や空孔率が酸化亜鉛多孔質層と大きく異なり、光電変換効率も不十分なものとなっていた。

【産業上の利用可能性】

【0083】

本発明によれば、優れた光電変換特性を有し、かつ、基板と酸化亜鉛多孔膜との密着性の高い色素増感太陽電池及び色素増感太陽電池の製造方法を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0084】

【図 1】本発明の色素増感太陽電池の一例を示す模式図である。

【図 2】(a) ～ (c) は、本発明の色素増感太陽電池を構成する光電極の製造方法を示す模式図である。

【図 3】(a) ～ (c) は、従来色素増感太陽電池を構成する光電極の製造方法を示す模式図である。

【符号の説明】

【0085】

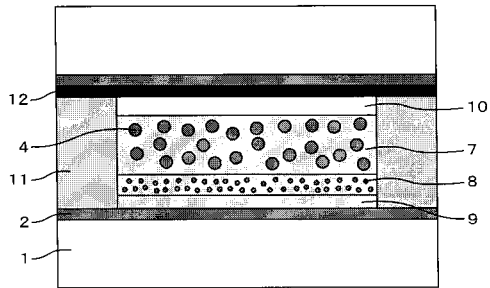
- 1 基板
- 2 透明電極
- 3 テンプレート化合物
- 4 色素
- 5 酸化亜鉛多孔質層用薄膜
- 6 酸化亜鉛緻密層用薄膜
- 7 酸化亜鉛多孔質層
- 8 酸化亜鉛緻密層
- 9 酸化亜鉛ボトム層
- 10 電解質液
- 11 シール
- 12 対向電極

10

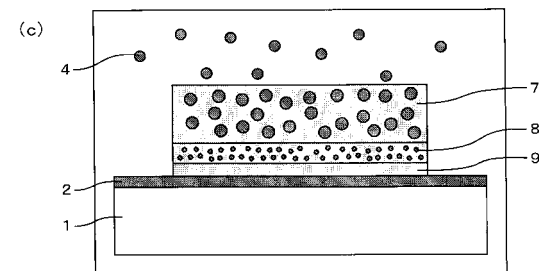
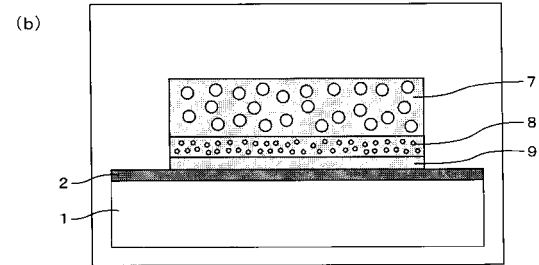
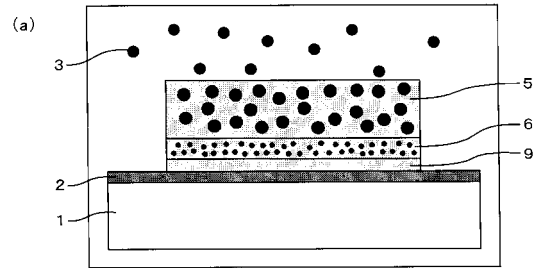
20

30

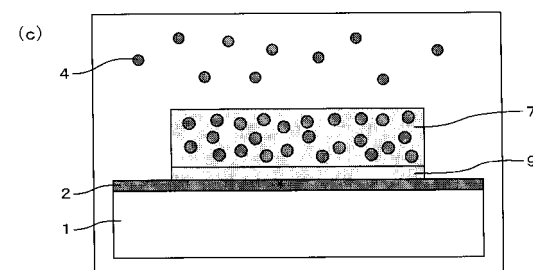
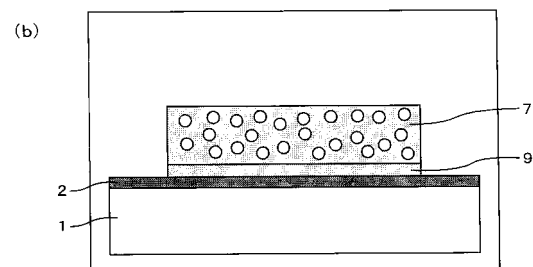
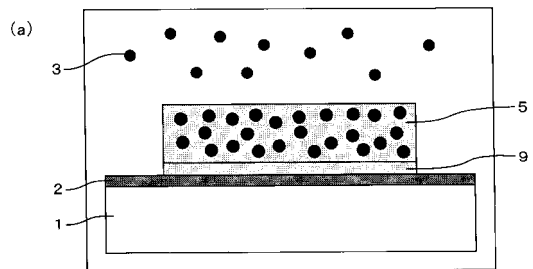
【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】



フロントページの続き

F ターム(参考) 5F051 AA14 BA18 CB27 FA04 FA06 GA05
5F151 AA14 BA18 CB27 FA04 FA06
5H032 AA06 AS06 AS16 BB05 CC16 EE04 EE07 EE16 HH01 HH04