

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6739729号
(P6739729)

(45) 発行日 令和2年8月12日(2020.8.12)

(24) 登録日 令和2年7月28日(2020.7.28)

(51) Int.CI.

H01L 51/44 (2006.01)

F 1

H01L 31/04 112Z

請求項の数 12 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2015-252321 (P2015-252321)
 (22) 出願日 平成27年12月24日 (2015.12.24)
 (65) 公開番号 特開2017-117955 (P2017-117955A)
 (43) 公開日 平成29年6月29日 (2017.6.29)
 審査請求日 平成30年12月21日 (2018.12.21)

前置審査

(73) 特許権者 511187214
 株式会社 F L O S F I A
 京都府京都市西京区御陵大原1番29号
 (72) 発明者 廣木 一亮
 岡山県津山市沼624-1 津山工業高等
 専門学校内
 (72) 発明者 香取 重尊
 岡山県津山市沼624-1 津山工業高等
 専門学校内
 (72) 発明者 織田 真也
 京都府京都市西京区御陵大原1番36号
 京大桂ベンチャープラザ北館 株式会社 F
 L O S F I A 内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】光電変換素子の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

正孔輸送層と、金属酸化物およびペロブスカイト結晶を含む光電変換層とを少なくとも有する光電変換素子を製造する方法であって、前記正孔輸送層上に、前記光電変換層を形成し、前記光電変換層の形成を、前記金属酸化物と前記ペロブスカイト結晶の前駆体とを含む溶液から、アニールにより行うことを特徴とする光電変換素子の製造方法。

【請求項 2】

前記正孔輸送層が第1の電極上に設けられている請求項1記載の製造方法。

【請求項 3】

前記正孔輸送層がポリチオフェン誘導体を主成分として含む請求項1または2に記載の製造方法。 10

【請求項 4】

前記金属酸化物が、酸化チタンである請求項1～3のいずれかに記載の製造方法。

【請求項 5】

前記金属酸化物が、多孔質体である請求項1～4のいずれかに記載の製造方法。

【請求項 6】

前記ペロブスカイト結晶が、結晶性半導体を主成分として含む請求項1～5のいずれかに記載の製造方法。

【請求項 7】

前記ペロブスカイト結晶が、式： $(RNH_3)_n PbX_{(2+n)}$ （但し、Rは置換基）

20

を有していてもよい炭化水素基を示し、nは1または2を示し、XはI、BrまたはClを示す。)で表される化合物を主成分として含む請求項1～6のいずれかに記載の製造方法。

【請求項8】

前記光電変換層を形成した後、前記光電変換層上に、電子輸送層を形成する請求項1～7のいずれかに記載の製造方法。

【請求項9】

前記電子輸送層が、金属を主成分として含む請求項8記載の製造方法。

【請求項10】

前記電子輸送層を形成した後、前記電子輸送層上に、第2の電極を形成する請求項8または9に記載の製造方法。 10

【請求項11】

正孔輸送層と、金属酸化物およびペロブスカイト結晶を含む光電変換層とを少なくとも有する光電変換素子を含む光電変換装置を製造する方法であって、前記正孔輸送層上に、前記光電変換層を形成し、前記光電変換層の形成を、前記金属酸化物と前記ペロブスカイト結晶の前駆体とを含む溶液から、アニールにより行うことを特徴とする光電変換装置の製造方法。

【請求項12】

前記光電変換装置が太陽電池である請求項11記載の製造方法。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

本発明は、太陽電池や光センサー等に有用な光電変換素子の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、安全で環境に対しよりクリーンであり、より安価なエネルギーが求められている。その一つとしてクリーンな発電技術である太陽光発電が注目を浴びてあり、新エネルギーとなりうる低価格太陽電池の開発は急務である。太陽光エネルギーは無尽蔵で、化石燃料のような枯渇の心配がなく、また、CO₂を増やす事もない。しかし、現在市販されている太陽電池は真空プロセスであるCVD、スピッタリング等を使用するために設備費がかさみ、さらなる低価格化が困難となっている。そこで、真空プロセス製膜のみに依拠せず、簡便に製造可能な光電変換装置の開発が求められている。 30

【0003】

特許文献1には、感光層を、多孔質層の表面に、(ai)光吸収剤IおよびIIを含有する光吸収剤溶液を塗布して成膜する、(aii)前記光吸収剤IおよびIIのいずれか一方を含有する光吸収剤溶液を塗布後、他方の光吸収剤を含有する光吸収剤溶液を塗布して成膜する、または(b)前記光吸収剤IおよびIIのいずれか一方を含有する光吸収剤溶液を塗布後、正孔輸送材料からなる中間層を設け、さらに前記光吸収剤IおよびIIの他方を含有する光吸収剤溶液を塗布して成膜する光電変換素子の製造方法が記載されている。しかしながら、この方法では、ペロブスカイト結晶を形成するのに、スピンドルコート法と乾燥処理が必要であり、得られた膜の膜厚の均一性や膜の平坦性が乏しく、さらに膜中にピンホールなどが数多く発生してしまう問題があった。また、材料のロスが大きいことや、大判化が困難等の課題もあった。 40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2015-46585号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

50

本発明は、光応答性や電気特性に優れた光電変換素子を工業的有利に製造する方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明者らは、上記目的を達成すべく鋭意検討した結果、正孔輸送層上に、前記光電変換層を形成するようにすれば、アニール処理だけで、良質なペロブスカイト結晶を容易に形成できることを知見し、さらに、このような方法が上記した従来の問題を一挙に解決できるものであることを見出した。

また、本発明者らは、上記知見を得た後、さらに検討を重ねて、本発明を完成させるに至った。

10

【0007】

すなわち、本発明は、以下の発明に関する。

[1] 正孔輸送層と、金属酸化物およびペロブスカイト結晶を含む光電変換層とを少なくとも有する光電変換素子を製造する方法であって、前記正孔輸送層上に、前記光電変換層を形成することを特徴とする光電変換素子の製造方法。

[2] 正孔輸送層が第1の電極上に設けられている前記[1]記載の製造方法。

[3] 正孔輸送層がポリチオフェン誘導体を主成分として含む前記[1]または[2]に記載の製造方法。

[4] 金属酸化物が、酸化チタンである前記[1]～[3]のいずれかに記載の製造方法。

20

[5] 金属酸化物が、多孔質体である前記[1]～[4]のいずれかに記載の製造方法。

[6] ペロブスカイト結晶が、アニールにより形成される前記[1]～[5]のいずれかに記載の製造方法。

[7] ペロブスカイト結晶が、結晶性半導体を主成分として含む前記[1]～[6]のいずれかに記載の製造方法。

[8] ペロブスカイト結晶が、式： $(RNH_3)_n PbX_{(2+n)}$ （但し、Rは置換基を有していてもよい炭化水素基を示し、nは1または2を示し、XはI、BrまたはClを示す。）で表される化合物を主成分として含む前記[1]～[7]のいずれかに記載の製造方法。

30

[9] 光電変換層を形成した後、前記光電変換層上に、電子輸送層を形成する前記[1]～[8]のいずれかに記載の製造方法。

[10] 電子輸送層が、金属を主成分として含む請求項9記載の製造方法。

[11] 電子輸送層を形成した後、前記電子輸送層上に、第2の電極を形成する前記[9]または[10]に記載の製造方法。

[12] 前記[1]～[11]のいずれかに記載の製造方法により製造された光電変換素子。

[13] 前記[12]記載の光電変換素子を含む太陽電池。

【発明の効果】

【0008】

本発明の製造方法によれば、光応答性や電気特性に優れた光電変換素子が工業的有利に製造できる。

40

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】実施例におけるアニール前後の様子を写真で示す図である。

【図2】実施例におけるXRDの結果を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

本発明の光電変換素子の製造方法は、正孔輸送層と、金属酸化物およびペロブスカイト結晶を含む光電変換層とを少なくとも有する光電変換素子を製造する方法であって、前記

50

正孔輸送層上に、前記光電変換層を形成することを特長とする。

【0011】

前記正孔輸送層は、通常、重合体（好ましくは導電性高分子）を含有する。前記正孔輸送層は、通常、光励起によって酸化されたペロブスカイト膜に電子を供給して還元し、光電変換層との界面で生じた正孔を第1の電極へ輸送する機能を有する。なお、正孔輸送層は、例えば、多孔質半導体層上に形成された層状部分だけでなく、多孔質半導体層の空隙内部にも充填されているのが好ましい。

【0012】

前記正孔輸送層の構成材料としては、例えば、セレン、ヨウ化銅（CuI）等の沃化物、層状コバルト酸化物等のコバルト錯体、CuSCN、MoO₃、NiO、有機ホール輸送材等が挙げられる。沃化物としては、例えば、ヨウ化銅（CuI）等が挙げられる。層状コバルト酸化物としては、例えば、A_xCoO₂（A = Li、Na、K、Ca、Sr，Ba；0 < X < 1）等が挙げられる。また、有機ホール輸送材としては、例えば、ポリ-3-ヘキシリチオフェン（P3HT）、ポリエチレンジオキシチオフェン（PEDOT）等のポリチオフェン誘導体、2,2',7,7'-テトラキス-(N,N-ジ-p-メトキシフェニルアミン)-9,9'-スピロビフルオレン（spiro-MeO-TAD）等のフルオレン誘導体、ポリビニルカルバゾール等のカルバゾール誘導体、トリフェニルアミン誘導体、ジフェニルアミン誘導体、ポリシラン誘導体、ポリアニリン誘導体等が挙げられる。本発明においては、前記正孔輸送層が、ポリチオフェン誘導体を主成分として含むのが好ましく、ポリエチレンジオキシチオフェンを主成分として含むのがより好ましい。なお、前記主成分とは、層中の成分含有量が50質量%以上であればよく、好ましくは75質量%以上、より好ましくは90質量%以上である。

10

20

30

【0013】

前記正孔輸送層の形成方法は、本発明の目的を阻害しない限り、特に限定されず、公知の手段を用いることができる。前記正孔輸送層の形成手段としては、例えば、電気化学重合法等の公知の重合法、ミストCVD法、スパッタ法、CVD法（気相成長法）、SPD法（スプレー熱分解堆積法）、蒸着法、ALD（原子層堆積）法、塗布法（例えばディップティング、滴下、ドクターブレード、インクジェット、スピンドル、刷毛塗り、スプレー塗装、ロールコーティング、エアーナイフコート、カーテンコート、ワイヤーバーコート、グラビアコート、インクジェット塗布等）などが挙げられる。本発明においては、電気化学重合法にて正孔輸送層を形成するのが好ましい。

【0014】

本発明において、前記正孔輸送層は、第1の電極上に設けられているのが好ましい。

【0015】

第1の電極は、導電性を有するものであって、電極として機能するものであれば、その他については、特に限定されない。例えば、絶縁性材料であっても、正孔輸送層に面している側に導電性物質層が設けてあり、電極として使用可能であれば、これを第1の電極として用いることができる。本発明においては、第1の電極は、正孔輸送層との接触性が良いことが好ましい。第1の電極は、正孔輸送層との仕事関数の差が小さく、化学的に安定であることも好ましい。このような材料としては、特に限定されないが、金、銀、銅、アルミニウム、白金、ロジウム、マグネシウム、インジウム等の金属薄膜、炭素、カーボンブラック、導電性高分子、導電性の金属酸化物（インジウム-スズ複合酸化物、酸化錫にフッ素をドープしたもの等）などの有機導電体などが挙げられる。また、第1の電極の平均厚みもまた、特に限定されないが、約10~1000nmであるのが好ましい。また、第1の電極の表面抵抗は、特に限定されないが、低いのが好ましく、具体的には、第1の電極の表面抵抗の範囲は、好ましくは80 /以下であり、より好ましくは20 /以下である。なお、第1の電極の表面抵抗の下限は、可能な限り低いことが好ましいため、特に限定されないが、0.1 /以上であればよい。

40

【0016】

第1の電極の形成方法は、本発明の目的を阻害しない限り、特に限定されず、公知の手

50

段を用いることができる。第1の電極の形成手段としては、例えば、ミストCVD法、スパッタ法やCVD法(気相成長法)、SPD法(スプレー熱分解堆積法)、蒸着法などが挙げられる。

【0017】

本発明においては、前記正孔輸送層上に、前記光電変換層を形成する。

前記光電変換層は、金属酸化物およびペロブスカイト結晶を含んでさえいれば特に限定されない。

【0018】

前記金属酸化物としては、例えば、周期表の第3族～第15族のいずれかの金属元素を有する酸化物などが挙げられる。好ましい金属酸化物としては、例えば、ガリウムの酸化物、チタンの酸化物、スズの酸化物、亜鉛の酸化物、鉄の酸化物、タンゲステンの酸化物、ジルコニウムの酸化物、ハフニウムの酸化物、ストロンチウムの酸化物、インジウムの酸化物、セリウムの酸化物、イットリウムの酸化物、ランタンの酸化物、バナジウムの酸化物、ニオブの酸化物、またはタンタルの酸化物などが挙げられる。より具体的には、 Ga_2O_3 、 TiO_2 、 SnO_2 、 Fe_2O_3 、 WO_3 、 ZnO 、 Nb_2O_5 、 CdS 、 ZnS 、 PbS 、 Bi_2S_3 、 $CdSe$ 、 $CdTe$ 、 GaP 、 InP 、 $GaAs$ 、 $CuInS_2$ 、 $CuInSe_2$ 、 Ti_3N_4 等が挙げられる。本発明においては、前記金属酸化物が、酸化チタンであるのが好ましい。

10

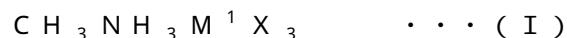
【0019】

また、前記金属酸化物は、その形状等は特に限定されないが、多孔質体であるのが好ましい。

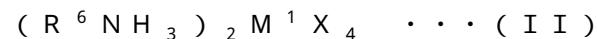
20

【0020】

前記ペロブスカイト結晶は、ペロブスカイト構造を有していれば特に限定されず、公知のものであってよい。無機材料からなるものであってもよいし、有機材料からなるものであってもよいが、本発明においては、前記ペロブスカイト構造体が有機無機複合材料からなるのが好ましい。前記有機無機複合材料としては、例えば、下記式(I)または下記式(II)で表される化合物などが挙げられる。



(式中、 M^1 は2価の金属イオンであり、 X は、F、Cl、BrまたはIである。)



30

(式中、 R^6 は炭素数2以上のアルキル基、アルケニル基、アラルキル基、アリール基、複素環基または芳香族複素環基であり、 M^1 は2価の金属イオンであり、 X は、F、Cl、BrまたはIである。)

【0021】

本発明においては、前記ペロブスカイト結晶が、結晶性半導体を主成分として含むのが好ましく、式： $(RNH_3)_nPbX_{(2+n)}$ （但し、Rは置換基を有していてもよい炭化水素基を示し、nは1または2を示し、XはI、BrまたはClを示す。）で表される化合物を主成分として含むのがより好ましい。ここで、前記主成分とは、全組成中の成分含有量が50原子%以上をいい、好ましくは75原子%以上、より好ましくは90原子%以上である。

40

【0022】

光電変換層の形成手段としては、例えば、公知の塗布法などが挙げられ、本発明では、前記金属酸化物とペロブスカイト結晶の前駆体との溶液を前記正孔輸送層上に塗布した後、アニールすることで容易にペロブスカイト結晶を形成することができる。このようにしてペロブスカイト結晶を形成することによって、従来法に比べ、著しい工程の短縮とコストダウンが図れる。また、このような方法によれば、面積に制限がなく、任意の面積にペロブスカイト構造を有する光電変換層を作製することができる。

【0023】

前記アニールは、前記のペロブスカイト結晶の前駆体を加熱下に置いて、ペロブスカイト構造を形成できれば特に限定されないが、好ましくは、約700以下であり、より好

50

ましくは約500以下である。下限は特に限定されないが、約70以上が好ましく、約150以上がより好ましく、約250以上が最も好ましい。アニール時間は、特に限定されないが、好ましくは約30秒間～約24時間であり、より好ましくは約1分間～約10時間である。

【0024】

また、本発明においては、光電変換層を形成した後、前記光電変換層上に、電子輸送層を形成するのが好ましい。

【0025】

前記電子輸送層は、本発明の目的を阻害しない限り特に限定されず、公知の電子輸送層であってよい。前記電子輸送層の構成材料としては、特に限定されないが、n型半導体が使用できる。例えば、無機物の場合、ガリウム、亜鉛、ニオブ、スズ、チタン、バナジウム、インジウム、タンゲステン、タンタル、ジルコニウム、モリブデン、マンガン、鉄、銅、ニッケル、イリジウム、ロジウム、クロム、ルテニウムまたはこれらの酸化物、I型酸化ガリウム、II型酸化ガリウム、IGZO等の酸化物半導体、GaN等の窒化物半導体、SiC等のケイ素含有半導体、また、チタン酸ストロンチウム、チタン酸カルシウム、チタン酸バリウム、チタン酸マグネシウム、ニオブ酸ストロンチウムのようなペロブスカイト、あるいはこれらの複合酸化物または酸化物混合物、CdS、CdSe、TiC、Si₃N₄、SiC、BNのような各種金属化合物等の1種または2種以上の組み合わせなども使用することができる。また、有機物の場合、フラーレンもしくはその誘導体（例えば、フェニル-C₆1-酪酸メチルエステル（[60]PCBM）、フェニル-C₆1-酪酸n-ブチルエステル（[60]PCBnB）、フェニル-C₆1-酪酸イソブチルエステル（[60]PCBiB）、フェニル-C₆1-酪酸n-ヘキシリルエステル（[60]PCHBH）、フェニル-C₆1-酪酸n-オクチルエステル（[60]PCBO）、ジフェニル-C₆2-ビス（酪酸メチルエステル）（ビス[60]PCBM）、フェニル-C₇1-酪酸メチルエステル（[70]PCBM）、フェニル-C₈5-酪酸メチルエステル（[84]PCBM）、チエニル-C₆1-酪酸メチルエステル（[60]ThCBM）、C₆0ピロリジントリス酸、C₆0ピロリジントリス酸エチルエステル、N-メチルフラロピロリジン（MP-C₆0）、(1,2-メタノフラーレンC₆0)-61-カルボン酸、(1,2-メタノフラーレンC₆0)-61-カルボン酸t-ブチルエステル）、オクタアザポルフィリン等、p型有機半導体化合物の水素原子をフッ素原子に置換したパーカルオロ体（例えば、パーカルオロペンタセンやパーカルオロフタロシアニン）、ナフタレンテトラカルボン酸無水物、ナフタレンテトラカルボン酸ジイミド、ペリレンテトラカルボン酸無水物、ペリレンテトラカルボン酸ジイミド等の芳香族カルボン酸無水物やそのイミド化物を骨格として含む高分子化合物等を挙げができる。

本発明においては、前記電子輸送層が金属を主成分として含むのが好ましく、2種以上の金属からなる合金であるのがより好ましく、Ga-In合金であるのが最も好ましい。

【0026】

前記電子輸送層の形成手段は、本発明の目的を阻害しない限り、特に限定されず、公知の手段であってよい。前記電子輸送層の形成手段としては、例えば、ミストCVD法、スパッタ法、CVD法（気相成長法）、SPD法（スプレー熱分解堆積法）、蒸着法、ALD（原子層堆積）法、塗布法（例えばディッピング、滴下、ドクターブレード、インクジェット、スピンドルコート、刷毛塗り、スプレー塗装、ロールコーラー、エアーナイフコート、カーテンコート、ワイヤーバーコート、グラビアコート、インクジェット塗布等）などが挙げられる。

【0027】

また、本発明においては、電子輸送層を形成した後、前記電子輸送層上に、第2の電極を形成するのが好ましい。

【0028】

第2の電極は、特に限定されないが、その光透過率が60%以上のものが好ましく、80%以上のものがより好ましく、90%～100%のものが最も好ましい。なお、透過率

10

20

30

40

50

は、J I S K 7 3 6 1 - 1 : 1 9 9 7 に従い測定されるものである。

【0029】

第2の電極を形成する材料は、特に制限されず、公知の材料であってよい。例えば、亜鉛、白金、金、銀、銅、アルミニウム、ロジウム、インジウム等の金属、 SnO_2 、 CdO 、 ZnO 、CTO系(CdSnO_3 、 Cd_2SnO_4 、 CdSnO_4)、 In_2O_3 、 CdIn_2O_4 等の金属酸化物などが挙げられる。これらのうち、金属として好ましくは、金または銀が挙げられ、光透過性を持たせるために、開口部を持つグリッドパターニングされた膜、あるいは微粒子やナノワイヤーを分散し塗布した膜が好ましく用いられる。また、金属酸化物として好ましくは、前記において例示した金属酸化物に、 Sn 、 Sb 、 F およびA1から選ばれる1種または2種以上を添加した複合(ドープ)材料が挙げられる。
より好ましくは、 Sn をドープした In_2O_3 (ITO)、 Sb をドープした SnO_2 、 F をドープした SnO_2 (FTO)等の導電性金属酸化物が挙げられる。第2の電極としては中でも、ITO又はZnが最も好ましい。第2の電極を形成する材料の基板への塗布量は、特に制限されないが、基板 1m^2 当たり、 $1\sim100\text{g}$ 程度であることが好ましい。
10

【0030】

第2の電極の形成手段は、本発明の目的を阻害しない限り、特に限定されず、公知の手段であってよい。第2の電極の形成手段としては、例えば、貼り合わせ、ミストCVD法、スパッタ法、CVD法(気相成長法)、SPD法(スプレー熱分解堆積法)、蒸着法、ALD(原子層堆積)法、塗布法(例えばディッピング、滴下、ドクターブレード、インクジェット、スピンドルコート、刷毛塗り、スプレー塗装、ロールコーティング、エアーナイフコート、カーテンコート、ワイヤーバーコート、グラビアコート、インクジェット塗布等)などが挙げられる。
20

【0031】

以上のようにして得られた光電変換素子は、光応答性に優れており、また、電気特性にも優れており、発電手段として有用であり、様々な用途に適用可能である。具体的には、光電変換素子を備えており、さらに、光電変換素子から出力された直流電流を交流電流に変換するインバータ装置、電気モーター、照明器具等を有する構成の光電変換装置等に有用であり、好適な用途としては、太陽電池等が挙げられる。

【実施例】

30

【0032】

以下、本発明の実施例を説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

【0033】

(実施例1)

1. 正孔輸送層の形成

ITO付ガラス板とステンレス板をスペーサー(厚さ 1mm)を介してクリップで挟み、EDOT溶液中に浸し、GLASS/ITO基板を陽極につなぎ、ステンレス板を陰極につないで $+0.5\text{V}\sim20\text{V}$ の直流電圧を印加することによって、電気化学重合を行い、PEDOTからなる正孔輸送層を形成した。なお、反応は室温で行い、反応条件は 2V 、5秒間とした。
40

【0034】

2. 光電変換層の形成

TiO_2 と $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ を混合して溶液を調製し、そのまま塗布、アニール(120、2分)することによって、いともたやすくナノサイズの酸化チタン上に $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ のペロブスカイト結晶を形成した。図1にアニールにより、ペロブスカイト結晶ができる様子を示す。図1(a)は、アニール前の様子を示し、図1(b)はアニール中の様子を示し、図1(c)はアニール後の様子を示す。図1から明らかな通り、アニール前は表面が黄色であったが、アニールにより黒くなったことが確認でき、目視でもペロブスカイト結晶が形成されていることがわかる。

【0035】

50

3. 電子輸送層の形成

上記2.で形成された光電変換層上に、常温で液体金属のGa-In合金を塗布して電子輸送層を形成した。

【0036】

4. 第2の電極の形成

インジウム-スズ酸化物つきガラス(ITOガラス)基板を用いて、上記3.で形成された電子輸送層上に、電極としてITOを貼り合わせて、第2の電極を形成した。

【0037】

5. 評価

上記2.で得られたペロブスカイト結晶につき、XRD回折装置を用いて、膜の同定を行った。結果を図2に示す。10

また、上記4.で得られた光電変換素子につき、光応答性評価および解放端電圧測定を行った。結果を下記表1に示す。

【0038】

【表1】

| 条件 | 結果 |
|-----------|----------|
| アルミホイルで遮光 | 0. 0 mV |
| 実験室の蛍光灯 | 2. 0 mV |
| 白色LED3灯 | 6. 1 mV |
| 白色LED9灯 | 32. 7 mV |

【0039】

(実施例2)

第2の電極としてZnを用いたこと以外は、実施例1と同様にして光電変換素子を得た。得られた光電変換素子につき、光応答性評価および解放端電圧測定を行った。結果を下記表2に示す。20

【0040】

【表2】

| 条件 | 結果 |
|-----------|----------|
| アルミホイルで遮光 | 0. 0 mV |
| 実験室の蛍光灯 | 35. 4 mV |
| 白色LED3灯 | 75. 1 mV |
| 白色LED9灯 | 730 mV |

【0041】

実施例の結果から、本発明の光電変換素子は、光応答性に優れており、また、電気特性にも優れていることがわかる。

【産業上の利用可能性】

【0042】

本発明の光電変換素子は、太陽電池や光センサーなどの産業分野で利用することができる。

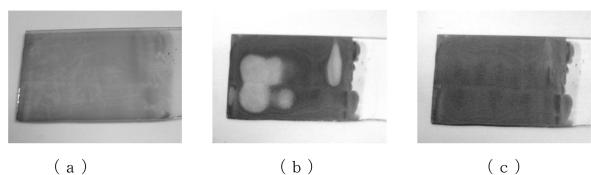
10

20

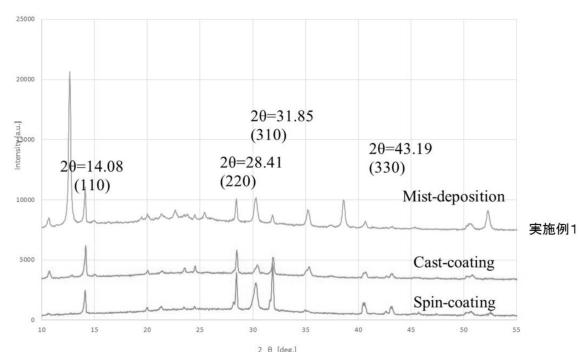
30

40

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 人羅 俊実

京都府京都市西京区御陵大原1番36号 京大桂ベンチャープラザ北館 株式会社F L O S F I A
内

審査官 小林 幹

(56)参考文献 国際公開第2015/017885 (WO, A1)

特表2004-516641 (JP, A)

特開2015-211213 (JP, A)

Jingbi You et al., "Low-Temperature Solution-Processed Perovskite Solar Cells with High Efficiency and Flexibility", ACS Nano, 2014年, Vol.8, pp.1674-1680

Tomas Leijtens et al., "The Importance of Perovskite Pore Filling in Organometal Mixed Halide Sensitized TiO₂-Based Solar Cells", The Journal of Physical Chemistry Letters, 2014年, Vol.5, pp.1096-1102

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L31/02-31/078

H01L31/18-31/20

H01L51/42-51/48

H02S10/00-10/40

H02S30/00-99/00

Google Scholar