

(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2010-27281

(P2010-27281A)

(43) 公開日 平成22年2月4日(2010.2.4)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 M 14/00 (2006.01)	HO 1 M 14/00 P	5 F 0 5 1
HO 1 L 31/04 (2006.01)	HO 1 L 31/04 Z	5 H 0 3 2
HO 1 M 2/20 (2006.01)	HO 1 M 2/20 A	5 H 0 4 3

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号	特願2008-184929 (P2008-184929)	(71) 出願人	504132272
(22) 出願日	平成20年7月16日 (2008.7.16)		国立大学法人京都大学
			京都府京都市左京区吉田本町36番地1
		(74) 代理人	110000796
			特許業務法人三枝国際特許事務所
		(72) 発明者	吉川 遷
			大阪府池田市五月丘2丁目6-29
		(72) 発明者	早瀬 修二
			神奈川県横浜市鶴見区北寺尾5-7-11
		Fターム(参考)	5F051 AA14
			5H032 AA06 AS16 EE01 EE04 EE16
			5H043 BA26 CA08 CA13 CA22 DA11
			EA14 FA22 FA23 FA24 FA26
			FA38 HA22D HA22E HA22F HA29D
			HA29E HA29F KA01D KA01E KA01F
			KA13D KA13E KA13F

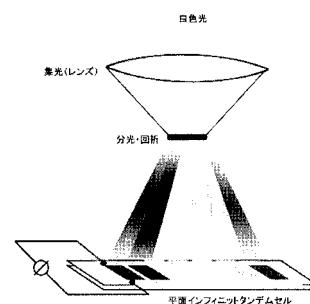
(54) 【発明の名称】 広帯域波長領域の光電変換を可能にする太陽電池

(57) 【要約】

【課題】 効率の良い太陽電池を提供する。

【解決手段】 太陽光を分光する分光手段を有し、該分光手段により分光した光を受光して光電変換する2個以上の光電変換素子が平面状に配列され、それぞれの光電変換素子が、直列および/または並列で電氣的に結合されている太陽電池であって、それぞれの光電変換素子が、分光された光を吸収する受光体、電荷分離界面および電荷輸送層を有し、該受光体、該電荷分離界面および該電荷輸送層の少なくとも一つが有機物であることを特徴とする太陽電池。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

太陽光を分光する分光手段を有し、該分光手段により分光した光を受光して光電変換する 2 個以上の光電変換素子が平面状に配列され、それぞれの光電変換素子が、直列および/または並列で電氣的に結合されている太陽電池であって、それぞれの光電変換素子が、分光された光を吸収する受光体、電荷分離界面および電荷輸送層を有し、該受光体、該電荷分離界面および該電荷輸送層の少なくとも一つが有機物であることを特徴とする太陽電池。

【請求項 2】

受光体が無機色素または有機色素であることを特徴とする請求項 1 に記載の太陽電池。

10

【請求項 3】

電荷分離界面が無機色素または有機色素に接していることを特徴とする請求項 1 に記載の太陽電池。

【請求項 4】

電荷輸送層が無機電荷移動媒体または有機電荷移動媒体であることを特徴とする請求項 1 に記載の太陽電池。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、太陽電池に関する。

20

【背景技術】

【0002】

太陽電池の太陽光に対する効率を向上させる一般的な方法は、光吸収帯域を増大することである。その一つが、タンデム型に太陽電池を積層する方法である。

【0003】

従来のタンデム型セルは、図1に示すように、セルを前後に積層させたものであり、高コストな材料である透明導電膜等を多く使用しなければならないために、コスト高になる等の問題点があった。例えば、非特許文献 1 は、CIGS (Copper Indium Gallium DiSelenide) 化合物半導体を用いた太陽電池と色素増感太陽電池をスタックしたものであり、非特許文献 2 は、チタニア塗布透明導電膜ガラス基板/白金メッシュ電極/チタニア塗布透明導電膜ガラス基板からなるセルであり、非特許文献 3 は、チタニア塗布透明導電膜ガラス基板/白金メッシュ電極/酸化ニッケル塗布透明導電膜ガラス基板からなるセルであり、非特許文献 4 は、異なる色素を有する色素増感太陽電池をスタックしたものであるが、いずれの技術においてもコスト高になる等の問題点があった。また、これらの従来技術は、単に光電変換素子を重ねた場合、各材料が光を吸収するために、積層した奥の光電変換素子に有効に光が届かなくなるという欠点があった。さらに、部材を省略し、光電変換素子の光吸収層、電荷分離層を積層した場合には、第 1 の光電変換素子と第 2 の光電変換素子を接合する技術が難しく、大きな電流の損失を招く等の欠点があった。

30

【0004】

また、シリコン系太陽電池を用いた平面型のタンデム型太陽電池は、従来から知られていたが、自由にエネルギーレベルや色を変えることができず、平面型タンデム型太陽電池の利点を活かすことができなかった。

40

【非特許文献 1】APPLIED PHYSICS LETTERS 88(2006), 203103

【非特許文献 2】J. Phys. D: Appl. Phys. 40(2007), 1664-1668

【非特許文献 3】Thin Solid Films 490(2005), 182

【非特許文献 4】J. Photochem. Photobiol. A. Chem. 164(2004), 33

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明の課題は、効率の良い太陽電池を提供することにある。

50

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、下記に示すとおり太陽電池を提供するものである。

項1． 太陽光を分光する分光手段を有し、該分光手段により分光した光を受光して光電変換する2個以上の光電変換素子が平面状に配列され、それぞれの光電変換素子が、直列および/または並列で電氣的に結合されている太陽電池であって、それぞれの光電変換素子が、分光された光を吸収する受光体、電荷分離界面および電荷輸送層を有し、該受光体、該電荷分離界面および該電荷輸送層の少なくとも一つが有機物であることを特徴とする太陽電池。

項2． 受光体が無機色素または有機色素であることを特徴とする項1に記載の太陽電池

10

項3． 電荷分離界面が無機色素または有機色素に接していることを特徴とする項1に記載の太陽電池。

項4． 電荷輸送層が無機電荷移動媒体または有機電荷移動媒体であることを特徴とする項1に記載の太陽電池。

【0007】

以下、本発明を詳細に説明する。

【0008】

本発明の太陽電池は、平面的に展開できるため、材料を重ねることによる光吸収のロスがなくなり、かつ、光電変換素子を接合させる必要がないため、接合に起因する電流ロスもない。比較的容易にタンデム構造が形成でき、しかも広帯域の光を吸収し、バンド構造のミスマッチによる効率の低下を防ぎ、高効率を達成できる。そして、この平面タンデム型太陽電池の主体を有機物とすることにより、エネルギーレベルや色を変える選択肢が拡がり、平面型タンデムを無限に並べることが可能となる。

20

【0009】

本発明の太陽電池(平面タンデムセル)の一例を図2に示す。太陽光を分光する手段を有し、該分光手段により分光した光をそれぞれの分光範囲(波長領域)で最大の効率を得られる特性を有する光電変換素子を分光面に沿って平面状に展開した太陽電池である。分光の光範囲に応じて最適な光電変換素子を配列することにより、バンド構造のミスマッチによる効率低下が防止でき、さらに広帯域の光を吸収することができる。

30

【0010】

本発明の太陽電池における受光体は、幅広い分光特性に吸収を最適化させる必要があり、シャープな光吸収を有する有機色素が有効である。色素増感太陽電池、ハイブリッド色素増感太陽電池として知られている有機系太陽電池は、有機色素または無機色素を受光体として使用できるため、本発明の平面タンデムセルの最適な太陽電池候補である。

【0011】

本発明に係る電荷輸送層は、電子やホールを輸送する層であり、無機電荷移動媒体または有機電荷移動媒体であるのが好ましい。電子を輸送する材料としては、例えば、n型半導体である酸化亜鉛、酸化錫等の酸化物半導体、フラーレン、フッ素化フタロシアニン等の有機n型半導体が挙げられる。また、ホールを輸送する材料としては、例えば、p型半導体である酸化ニッケル、ヨウ化銅、ポリチオフェン、ポリピロール、PPV等が挙げられる。これらの材料は、分子構造の最適化により、エネルギー順位や色を自由にコントロールでき、平面インフィニットタンデムに最適である。

40

【0012】

本願明細書において、受光体とは色素を意味する。図3に示すように、この色素に光照射がなされると、励起され、電子とホールができる。この色素励起に伴う電子は、エネルギー差があるために、電荷分離界面を通じて、金属酸化物(n型半導体である酸化亜鉛、酸化錫等の酸化物半導体)やフラーレン、フッ素化フタロシアニン等の有機n型半導体に移行する。酸化物半導体や有機n型半導体は、電子輸送層として働く。また、電解質(例えば、ヨウ素30mM、LiI 500mM、ターシャリブチルピリジン500mM、メチルイミダゾリウム

50

アイオダイド500mMのアセトニトリル溶液等)や、p型半導体である酸化ニッケル、ヨウ化銅、高分子(例えば、ポリチオフェン、ポリピロール、PPV)等は、ホール輸送層として働く。電荷輸送層は、これらの電子輸送層とホール輸送層を含む。

【発明の効果】

【0013】

本発明の太陽電池は、平面的に展開できるため、材料を重ねることによる光吸収のロスがなくなり、かつ、光電変換素子を接合させる必要がないため、接合に起因する電流ロスもない。比較的容易にタンデム構造が形成でき、しかも広帯域の光を吸収し、バンド構造のミスマッチによる効率の低下を防ぎ、高効率を達成できる。そして、この平面タンデム型太陽電池の主体を有機物とすることにより、エネルギーレベルや色を変える選択肢が拡

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

以下、実施例を挙げて本発明を説明するが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

【0015】

実施例1

図2に示すように、太陽光を石英レンズで集光し、その後、プリズムで分光し、基板上に分光した光を照射できるようにセルを配置した。

【0016】

具体的には、セルAとして、透明導電膜(SnO_2/F)を表面に形成したガラス基板(表面抵抗 $10\Omega\cdot\Box$)上にソラロニクス社製チタニアペーストDを塗布した後、450℃で30分間加熱することにより、膜厚 $12\mu\text{m}$ のポーラスチタニア膜を有する基板を作製した(セルサイズ $5\times 20\text{mm}$)。この基板を短波長吸収に適した下記式の色素1-1(エタノール溶液0.1%)に5時間、室温で浸漬した後、エタノールで十分洗浄し、室温下、暗所で乾燥した。対極には、チタン板に白金をスパッタ(100nm)したものを用いた。2枚の基板を、スペーサーとしてハイミラン(DuPont社製、厚さ $25\mu\text{m}$)を用いて接着した。2枚の基板の隙間に、電解液を注入した。電解液としては、ヨウ素30mM、 LiI 500mM、ターシャリブチルピリジン500mM、メチルイミダゾリウムアイオダイド500mMのアセトニトリル溶液を用いた。このようにして、短波長側に感度を有するセルAを作製した。

20

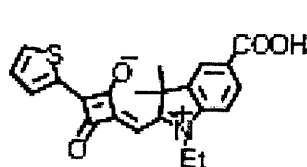
30

【0017】

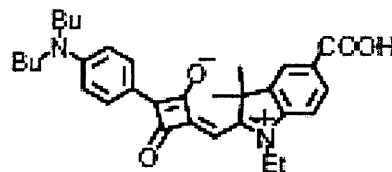
同様にして、長波長吸収に適した下記式の色素1-2に浸漬した基板で中波長セルBを作製した。

【0018】

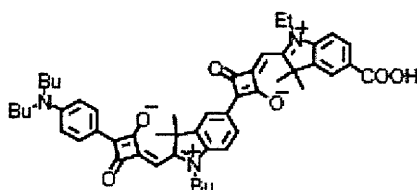
【化1】



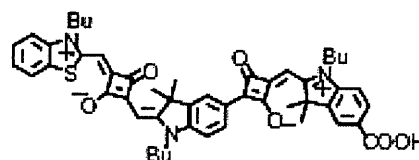
色素1-1



色素1-2



色素1-3



色素1-4

40

50

【 0 0 1 9 】

これらのセルを、分光した光の中に、短波長光をセル A に、中波長光をセル B に照射するように、同一平面上にセットした。光を照射したところ、図 4 に示すように電圧が 2 倍になり、平面タンデム構造を有する本発明の太陽電池が、高い変換効率を示すことがわかった。

【 0 0 2 0 】

実施例 2

実施例 1 に加えて、チタニアの代わりに合成した酸化錫（直径 20nm）をチタニアと同様にペースト化し（具体的には、酸化錫とエタノールとブタノールとを、1 : 1 : 1 で混合した後、乳鉢中で 30 分間攪拌し、ペースト状材料にした。）、得られたペースト状材料を、透明導電膜基板上に塗布した。これを焼成することにより、膜厚 14 μm のポーラス酸化錫膜を有する基板を作製した。このポーラス酸化錫膜に、実施例 1 と同様に、長波長吸収に適した前記式の色素 1-3 を 6 時間処理して着色し、長波長セル C を作製した。

10

【 0 0 2 1 】

セル A、B、C を、プリズムで分光した光の短波長側から長波長側へ平面状に並べたところ、短絡電流 $1.2\text{mA}/\text{cm}^2$ 、1.6V の開放電圧が得られた。セル C だけで測定すると開放電圧は 0.5V であり、セル A、B および C の総和が 1.6V に近い値になった。3 列平面タンデム構造を構築することにより、さらに高い変換効率を示すことがわかった。

【 0 0 2 2 】

実施例 3

研磨した F T O ガラス基板に、約 $2\text{mm} \times 10\text{mm}$ の範囲で、酸化チタンペースト（酸化チタン粒子平均直径 20 μm ）を塗布した。同様にして、0.5mm の間隔をおいて、3 個の酸化チタン層を作製した。最後に、酸化錫ペースト（平均粒径 30nm）を塗布した（塗布面積 $5\text{mm} \times 20\text{mm}$ ）。F T O 層とポーラス酸化物半導体層の間には、20nm の緻密な酸化物半導体層を事前に形成した。緻密層は、テトラエトキシチタンのエタノール溶液（5%）を塗布し、450 で 30 分間焼成して作製した。これらの酸化物半導体層を、450 で 30 分間焼成した。これらのポーラス酸化物半導体層を、順次、4 個の異なった色素である前記式の色素 1-1、1-2、1-3、1-4 で着色した。

20

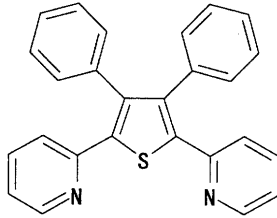
【 0 0 2 3 】

さらに、前記式の 4 種類の色素の H O M O（最高被占軌道、Highest Occupied Molecular Orbital）から電子が輸送し易いレベルにある下記式のホール輸送材料 A、B、C、D のクロルベンゼン溶液（5%）を塗布した後、個々のセルに電極としての Au を蒸着した。ホール輸送層には、添加剤として 0.2M のターシャリーブチルピリジン、0.027mM の $\text{Li}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{N}$ 、0.033mM の $\text{N}(\text{C}_6\text{H}_4\text{Br})\text{SbCl}_6$ を用いた。

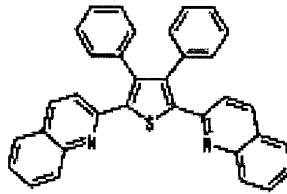
30

【 0 0 2 4 】

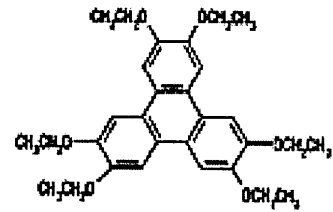
【化 2】



A

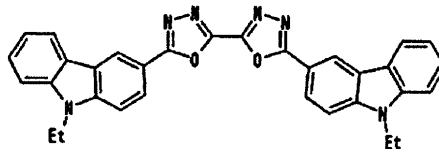


B



C

10



D

【 0 0 2 5 】

20

それぞれのセルを直列に接続し、実施例 1 と同様に、それぞれの色素の吸収波長に合致するように、分光した光を照射した。セルのサイズ、チタニアの膜厚は、各セルの電流が 6mA となるように調整した。この 4 平面タンデムセルに分光した光を照射したところ、電圧 3.5V、 ff (フィルファクター) 0.65、効率 13.65% が得られ、高い変換効率を得ることが可能となった。

【 0 0 2 6 】

比較例 1

実施例 3 に記載した光電変換素子を、従来技術と同様に、単に積み重ねて順次積層することにより、積層型タンデム太陽電池を作製した。これに、実施例 3 と同様に、光照射したところ、効率は 4.6% であった。これにより、積層型タンデム太陽電池よりも、本発明の平面型太陽電池の特性が優れていることを実証できた。

30

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 7 】

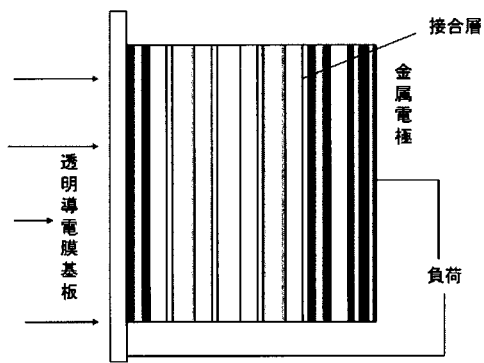
【図 1】従来のタンデム型セルの概略を示す図である。

【図 2】本発明の太陽電池 (平面タンデムセル) の一例の概略を示す図である。

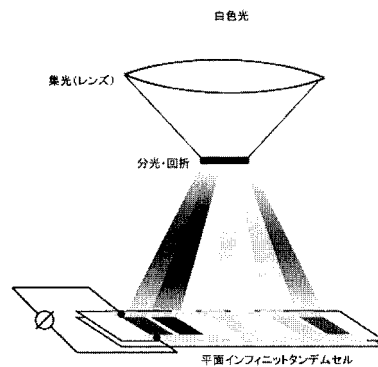
【図 3】受光体、電荷分離界面および電荷輸送層の関係の概略を示す図である。

【図 4】実施例 1 の太陽電池の光電変換特性を示す図である。

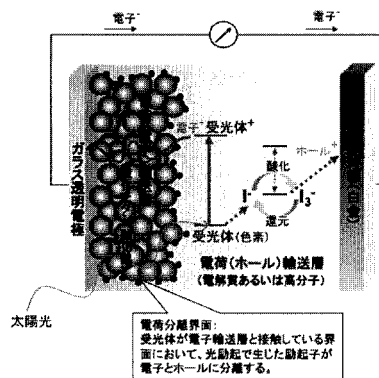
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【図 4】

