

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7701376号
(P7701376)

(45)発行日 令和7年7月1日(2025.7.1)

(24)登録日 令和7年6月23日(2025.6.23)

(51)国際特許分類		F I		
H O 1 G	9/20 (2006.01)	H O 1 G	9/20	1 1 7
		H O 1 G	9/20	3 0 3 A
		H O 1 G	9/20	3 0 3 B
請求項の数 13 (全15頁)				
(21)出願番号	特願2022-562885(P2022-562885)	(73)特許権者	517294325	
(86)(22)出願日	令和3年3月17日(2021.3.17)		エグゼジャール オペレーションズ エービー	
(65)公表番号	特表2023-521485(P2023-521485 A)		スウェーデン国 1 0 2 0 4 ストック	
(43)公表日	令和5年5月24日(2023.5.24)		ホルム, ピー. オー. ボックス 5 5 5	
(86)国際出願番号	PCT/EP2021/056888	(74)代理人	100103034	
(87)国際公開番号	WO2021/209221		弁理士 野河 信久	
(87)国際公開日	令和3年10月21日(2021.10.21)	(74)代理人	100159385	
審査請求日	令和6年3月15日(2024.3.15)		弁理士 甲斐 伸二	
(31)優先権主張番号	20170140.6	(74)代理人	100163407	
(32)優先日	令和2年4月17日(2020.4.17)		弁理士 金子 裕輔	
(33)優先権主張国・地域又は機関	欧州特許庁(EP)	(74)代理人	100166936	
			弁理士 稲本 潔	
		(74)代理人	100174883	
			弁理士 富田 雅己	
最終頁に続く				

(54)【発明の名称】 光起電力装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

光吸収層（3）を備えた作用電極、
多孔質導電層（6）を含む対向電極、および
前記対向電極と前記作用電極との間で電荷を移動させるための導電媒体
- を含む太陽電池ユニット（2 a ; 2 b）と、
- 前記太陽電池ユニット（2 a ; 2 b）を取り囲む封止体（9）と、
- 前記多孔質導電層（6）に電気的に接続された導電体（7）と、
- 前記導電体（7）と前記多孔質導電層（6）との間に配置された無孔質導電障壁（1 4）と、
- 前記多孔質導電層（6）と前記導電障壁（1 4）との間に配置されて前記導電障壁（1 4）を前記多孔質導電層（6）に取り付けるための第1接着層（1 6）と、
- 前記導電障壁（1 4）と前記導電体（7）との間に配置されて前記導電体（7）を前記導電障壁（1 4）に取り付けるための第2接着層（1 7）とを備え、
前記導電体（7）は前記封止体（9）の外に延び、前記第1接着層（1 6）および前記第2接着層（1 7）が、接着剤（2 0）と、前記接着剤（2 0）中に導電ネットワークを形成するように前記接着剤（2 0）中に分布した導電性粒子（2 2 ; 2 2 a - b）を含み、前記封止体（9）は、前記第1接着層（1 6）、前記第2接着層（1 7）および前記導電障壁（1 4）を取り囲むことを特徴とする光起電力装置（1 a - d）。

【請求項2】

前記封止体（９）は、前記第２接着層（１７）の少なくとも一部を含む貫通孔（１２）が設けられ、前記導電体（７）は前記第２接着層（１７）に接着されて前記封止体（９）の外に延びる、請求項１に記載の光起電力装置。

【請求項３】

前記封止体（９）は、前記封止体（９）を前記太陽電池ユニット（２ａ；２ｂ）に取り付けるための粘着層（１１）を備え、前記粘着層（１１）は、前記接着剤（２０）と同じ材料からなる、請求項１に記載の光起電力装置。

【請求項４】

前記導電障壁（１４）は、チタンまたはその合金を含む、請求項１に記載の光起電力装置。

【請求項５】

前記第１接着層（１６）および前記第２接着層（１７）の厚さは、少なくとも３μｍである、請求項１に記載の光起電力装置。

【請求項６】

前記第１接着層（１６）および前記第２接着層（１７）は、前記導電性粒子（２２；２２ａ－ｂ）を２０～４０vol％含む、請求項１に記載の光起電力装置。

【請求項７】

前記導電性粒子（２２；２２ａ－ｂ）の少なくとも８０wt％が５μｍ以下のサイズを有する、請求項１に記載の光起電力装置。

【請求項８】

前記第１接着層（１６）および前記第２接着層（１７）は、２００nmより小さいサイズを有する導電性粒子（２２ａ）と１μｍより大きいサイズを有する導電性粒子（２２ｂ）との混合物を含む、請求項１に記載の光起電力装置。

【請求項９】

前記接着剤（２０）は、ポリエチレン、またはポリプロピレン、またはアイオノマー、またはそれらの混合物である、請求項１に記載の光起電力装置。

【請求項１０】

前記接着剤（２０）および前記粘着層（１１）は、ポリエチレンを含む、請求項３に記載の光起電力装置。

【請求項１１】

前記導電性粒子（２２；２２ａ－ｂ）は、カーボンを含む、請求項１に記載の光起電力装置。

【請求項１２】

前記導電性粒子（２２；２２ａ－ｂ）は、チタンまたはその合金を含む、請求項１に記載の光起電力装置。

【請求項１３】

前記太陽電池ユニット（２ａ；２ｂ）は、
- 絶縁材料からなる多孔質基板（５）、
- 前記多孔質基板（５）の一方の面に形成され、前記光吸収層（３）から光生成電子を取り出すための上部導電層（４）、および
- 前記上部導電層（４）と電氣的に接触する第２導電体（７ｂ）を備え、前記多孔質基板（５）の導電部（２３）は導電材料（２４）を含み、前記光起電力装置は、前記導電性粒子（２２；２２ａ，２２ｂ）を含む前記接着剤（２０）を含み、前記第２導電体（７ｂ）と前記多孔質基板の前記導電部（２３）との間に配置されて前記第２導電体（７ｂ）を前記多孔質基板（５）に取り付けるための少なくとも１つの接着層（２５；２６，２８）を備える、請求項１に記載の光起電力装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

技術分野

10

20

30

40

50

本発明は、光起電力装置に関する。より詳細には、本発明は、導電層および導電層に取り付けられた導電体を備えた光起電力装置に関する。

【0002】

背景

光起電力装置は、光を電気に変換する機能を提供する。典型的な光起電力装置は、1つまたは複数の太陽電池を備える。太陽電池は、太陽放射を電気エネルギーに変換するためのよく知られた装置である。太陽電池は、太陽放射を収集するために通常の動作中に太陽に面する前面と、前面とは反対側の背面とを有する。

【0003】

EP2625703B1は、多孔質導電層を含む対向電極を備えた色素増感太陽電池を開示している。多孔質導電層は、対向電極から作用電極に電子を移動させるためのイオンを含む電解液と接触している。電解液は、多孔質導電層を通して浸透する。電解液は腐食性が強い。そのため、多孔質導電層の材料は耐腐食性がなければならない。多孔質導電層は、チタン、ニッケル、モリブデン、タングステン、コバルト、ニオブ、ジルコニウムおよびそれらの合金、またはそれらの混合物から構成されるものであってもよい。

【0004】

WO2019/219538は、太陽電池ユニットを備えた光起電力装置を開示しており、前記太陽電池は、前記太陽電池ユニットの上面に配置された多孔質光吸収層を備えた作用電極と、前記光吸収層から光生成電子を取り出すための多孔質上部導電層であって前記光吸収層が前記上部導電層の上部に配置された前記多孔質上部導電層と、絶縁材料からなる多孔質基板であって前記多孔質基板の一方の面に前記多孔質上部導電層が形成されている前記多孔質基板と、前記太陽電池ユニットの底面に配置された多孔質下部導電層を含む対向電極であって、前記多孔質下部導電層が前記多孔質基板の反対面に形成されている前記対向電極とを含む。前記光起電力装置は、前記対向電極と前記作用電極との間で電荷を移動させるための、液体電解質などの導電媒体を備える。前記多孔質導電層は、チタンまたはその合金で構成されていてもよい。

【0005】

光起電力装置は、太陽電池から電解液が漏出しないように、太陽電池ユニットを封止する封止体を備える。この光起電力装置の問題は、腐食性の電解液とともに封止された、光起電力装置からの生成電力を、いかにして光起電力装置の外に導くかということである。この問題は、多孔質導電層にチタンやその合金などの、耐腐食性材料からなる導電体を適用することで解決される。導電体は、太陽電池ユニットと封止体との間に配置される。封止体には、光起電力装置で生成された電力にアクセスするための貫通部が設けられている。例えば、封止体の外からの配線が貫通部を通り、導電体に電氣的に接続される。貫通部は、液体が貫通部を透過できるように、封止体を通る配線の周囲に密着している。

【0006】

しかしながら、導電体と多孔質導電層との間に良好な電氣的接触が得られるように、導電体を多孔質導電層にどのように取り付けるかが問題である。多孔質導電層と導電体との間の接触が悪いと、太陽電池ユニットの効率が低下する。高効率の太陽電池を得るためには、導電体と多孔質導電層との間の電気抵抗が低いことが重要である。チタンなどの耐腐食性材料は溶融温度が高いため、導電体と導電層との接合に溶接やハンダ付けを用いることができない。また、導電層が多孔質であり、空洞を有する粗い表面を有するため、導電体と多孔質導電層との良好な電氣的および機械的接触を得ることがより困難であるという難点もある。さらに、導電層は多孔質であるため壊れやすく、機械的な力に対して傷つきやすい。また、太陽電池ユニットに封止される電解液の腐食性と化学反応性が高いことも難点である。電解液が周囲に漏出しないように、太陽電池ユニットを適切に密封することが重要である。

【0007】

要約

本発明は、上記課題を少なくとも部分的に克服することを目的とする。

この目的は、請求項 1 で規定される光起電力装置によって実現される。

光起電力装置は、光吸収層を備えた作用電極と、多孔質導電層を含む対向電極と、前記対向電極と前記作用電極との間で電荷を移動させるための導電媒体と、前記多孔質導電層に電氣的に接続された導電体とを含む太陽電池ユニットを備える。前記太陽電池ユニットは、前記導電体を前記多孔質導電層に取り付けるために前記導電体と前記多孔質導電層との間に配置された少なくとも 1 つの接着層を備え、前記接着層は、接着剤と、前記接着剤中に導電ネットワークが形成されるように前記接着剤中に分布した導電性粒子を含む。

【0008】

導電体は、少なくとも 1 つの接着層中の導電性粒子のネットワークを介して導電層と電氣的に接触している。接着剤により、多孔質導電層の表面に接着することが可能になる。さらに、接着剤を塗布することにより、多孔質導電層に機械的な力が加わることはなく、したがって、多孔質導電層の表面に損傷を与えることがなくなる。

10

【0009】

接着剤を溶かすのに必要な温度は、溶接やはんだ付けに必要な温度と比較して低い。太陽電池ユニットの製造が容易になる。

【0010】

好ましくは、多孔質導電層は、チタン、ニッケル、モリブデン、タングステン、コバルト、ニオブ、ジルコニウムおよびそれらの合金のいずれか、またはそれらの混合物などの耐腐食性材料からなる。したがって、多孔質導電層は、電荷を移動させるための媒体としての電解質との接触に耐えることができる。

20

【0011】

一実施形態によれば、光起電力装置は、太陽電池ユニットを取り囲む封止体を備え、封止体は、少なくとも一部の接着層を含む貫通孔が設けられ、導電体は、接着層に取り付けられて封止体の外に延びる。接着層は、貫通孔を密封し、導電媒体が貫通孔を通して太陽電池から漏出することを防止する。接着層中の導電性粒子のネットワークにより、導電体は、多孔質導電層との電氣的接触を提供するために、貫通孔を通して入る必要がない。したがって、導電媒体の漏出の危険性がさらに低減される。また、導電体は、封止体の外に配置され、接着層を介して多孔質導電層と電氣的に接触している。その結果、導電体は導電媒体と接触しないので、耐腐食性材料からなる必要がない。したがって、導電体は、銅や銀など、一般的に使用される導電材料からなり得る。

30

【0012】

接着層は、導電体と多孔質導電層との電氣的接続を与え、導電体を多孔質導電層に取り付け、貫通孔を密封して太陽電池の外への導電媒体の漏出を防止し、導電体と太陽電池ユニット内の導電媒体との接触を防止するという 3 つの機能を有している。

【0013】

一実施形態によれば、封止体は、封止体を太陽電池ユニットに取り付けるための粘着層 (gluing layer) を備え、粘着層は、接着層の接着剤と同じ材料からなる。これにより、封止体の粘着層と接着剤とは、電解液に耐える能力が同じように要求されるため、有利である。また、接着剤と封止体の粘着層とが同じ溶融温度であるため、光起電力装置の製造も容易になる。

40

【0014】

一実施形態によれば、太陽電池ユニットは、導電体と多孔質導電層との間に配置された無孔質 (non-porous) 導電障壁を備え、少なくとも 1 つの接着層は、多孔質導電層と導電障壁との間に配置されて導電障壁を多孔質導電層に取り付けるための第 1 接着層と、導電障壁と導電体との間に配置されて導電体を導電障壁に取り付けるための第 2 接着層とを備えている。導電媒体がイオンを含む電解質である場合、イオンが接着層を通過してしまうことがある。これを防ぐために、第 1 接着層と第 2 接着層の間に導電障壁が配置されている。

【0015】

一実施形態によれば、封止体は、第 1 接着層および第 2 接着層と導電障壁とを取り囲む

50

。封止体により、電解液中のイオンが第2接着層に入り込み、それによって太陽電池ユニットの外に漏出することが防止される。

【0016】

好ましくは、導電障壁は、太陽電池の導電媒体に耐えることができる導電材料からなる固体平板片である。

【0017】

一実施形態によれば、導電障壁の厚さは、少なくとも10nmである。

【0018】

一実施形態によれば、導電障壁は、チタン、ニッケル、モリブデン、タングステン、コバルト、ニオブ、ジルコニウムおよびそれらの合金のいずれか、またはそれらの混合物を含む。

10

【0019】

一実施形態によれば、導電障壁は、チタンまたはその合金からなる。これにより、チタンは電解液に耐えることができるため、導電障壁の腐食を防止することができる。

【0020】

一実施形態によれば、接着層の厚さは、少なくとも3μm、好ましくは少なくとも5μm、最も好ましくは少なくとも10μmである。これにより、接着層と多孔質導電層との間の良好な機械的接触が確保される。

【0021】

一実施形態によれば、接着層は、最大で40vol-%の導電性粒子を含み、ここでvol-%は接着層の総体積に対する割合である。つまり、接着層は、少なくとも60vol-%の接着剤を含む。したがって、接着層の十分な接着能力が得られる。

20

【0022】

一実施形態によれば、接着層は、少なくとも20vol-%の導電性粒子を含む。これにより、接着層の良好な電気伝導性が確保される。

【0023】

好ましくは、接着層は、20～40vol-%の導電性粒子を含む。

【0024】

一実施形態によれば、導電性粒子の少なくとも80wt-%は、5μm以下のサイズを有し、ここでwt-%は、導電性粒子の総重量に対する割合である。好ましくは、導電性粒子の少なくとも80wt-%は、3μm以下のサイズを有する。これにより、多孔質導電層との電氣的接触が良好になる。導電性粒子が小さいため、多孔質導電層の表面の凹凸や空洞に収まることができ、導電性粒子と多孔質導電層との間の良好な電氣的接触が得られるようになる。

30

【0025】

一実施形態によれば、接着層は、200nmより小さいサイズを有する導電性粒子と、1μmより大きいサイズを有する導電性粒子との混合物を含む。大きい粒子と小さい粒子との混合物は、小さい粒子が大きい粒子間の空間を埋め、大きい粒子を電氣的に接続するので、接着剤中に形成される導電ネットワークを改善することができる。

【0026】

一実施形態によれば、1μmより大きい導電性粒子と200nmより小さい導電性粒子との質量比は、1.5と3との間である。質量比とは、接着層中の大きい粒子の質量を接着層中の小さい粒子の質量で割った値を意味する。これにより、接着剤中に形成される導電ネットワークをさらに改善することができる。

40

【0027】

好ましくは、接着剤は、化学的に耐性のあるプラスチック材料からなる。導電媒体が電解質である場合、接着剤は電解質に耐えることができ、かつ、電解質中のイオンと反応しない材料からなるものでなければならない。既知のプラスチック材料のほとんどは、電解質との接触に耐えられない。また、エポキシなどの既知の接着性プラスチック材料は、すぐに電解液と反応してしまい、使用することができない。

50

【0028】

一実施形態によれば、接着剤は、ポリエチレン、またはポリプロピレン、またはアイオノマー、またはそれらの混合物である。それらの材料は、太陽電池で使用する電解質に耐えることができる。

【0029】

一実施形態によれば、接着剤はポリエチレンを含む。ポリエチレンは、チタンなどの非腐食性材料への接着能力が高く、 I^- 、 I_3^- イオン対を含む電解質などの太陽電池に使用される電解質に耐えられることが試験で示されている。さらに、ポリエチレンは安価な材料である。

【0030】

一実施形態によれば、粘着層は、ポリエチレン、またはポリプロピレン、またはアイオノマー、またはそれらの混合物を含む。

【0031】

一実施形態によれば、接着剤と粘着層の溶融温度は実質的に等しいか、または接着剤の溶融温度は封止体の溶融温度より低い。これにより、封止体の積層中に接着剤が溶融するので、光起電力装置の製造が容易になる。したがって、光起電力装置の製造時に余分な加熱工程を必要としない。

【0032】

一実施形態によれば、接着剤はポリエチレンを含み、封止体の粘着層はポリエチレンを含む。ポリエチレンは、電解液に耐えることができるため、適切な材料であることが試験により示されている。

【0033】

一態様では、導電媒体は電解質である。一態様では、導電媒体は、イオン系電解質である。電解質は、液体電解質、ゲル、または固体であってもよい。

【0034】

一態様では、電解質は、ヨウ化物／三ヨウ化物電解質、銅錯体系電解質、コバルト錯体系電解質のいずれか、またはそれらの組合せである。

【0035】

一実施形態によれば、導電性粒子は、カーボンを含む。カーボンはチタンとの電気的接触が良好であるため、多孔質導電層がチタンからなる場合、導電性粒子中にカーボンを使用することが有利である。さらに、カーボンは安価な材料である。

【0036】

一態様では、導電性粒子はバッテリーグレードカーボンからなる。通常のカーボンは、例えば鉄などの不純物を含んでおり、太陽電池の性能を損なう可能性がある。バッテリーグレードカーボンは、バッテリーや燃料電池のカーボン用に開発されたものであり、通常のカーボンよりも純度が高いため、太陽電池に使用するのに適している。

【0037】

一実施形態によれば、導電性粒子は、バッテリーグレードグラファイトおよびバッテリーグレードカーボンブラックからなる。バッテリーグレードグラファイトは、より大きなカーボン粒子であり、バッテリーグレードカーボンブラックは、より小さなカーボン粒子である。バッテリーグレードグラファイトとバッテリーグレードカーボンブラックの混合物を使用すると、小さな粒子が大きな粒子間の空間を埋め、大きな粒子を電気的に接続するので、接着剤中に良好な導電ネットワークを得ることができる。

【0038】

一実施形態によれば、導電性粒子は、結晶性グラファイト、アモルファスカーボン、カーボンナノチューブ、およびグラフェンからなる群における1つまたは複数からなる。

【0039】

一実施形態によれば、導電性粒子は、チタン、ニッケル、モリブデン、コバルト、およびニオブのうち1つ以上を含む金属または金属合金からなる。金属合金としては、水素化チタン、窒化ホウ素またはケイ化チタンなど、いずれの金属の窒化物、水素化物、ケイ化

10

20

30

40

50

物、炭化物であってもよい。

【0040】

一実施形態によれば、導電性粒子は、チタンまたはその合金からなる。

一実施形態によれば、多孔質導電層は、チタン、ニッケル、モリブデン、タングステン、コバルト、ニオブ、ジルコニウムおよびそれらの合金のいずれか、またはそれらの混合物からなる。

【0041】

一実施形態によれば、多孔質導電層は、チタンまたはその合金を含む。一態様では、多孔質導電層は、チタンまたはその合金から構成される。

【0042】

一実施形態によれば、太陽電池ユニットは、絶縁材料からなる多孔質基板と、前記多孔質基板の一方の面に形成され、前記光吸収層から光生成電子を取り出すための上部導電層と、前記第2導電層と電氣的に接触する第2導電体とを備え、前記多孔質基材の一部は、前記第2導電体と前記上部導電層との間に配置された導電材料を備え、前記光起電力装置は、前記第2導電体を前記多孔質基板に接着するため、前記第2導電体と前記多孔質基材の一部との間に配置された、前記導電性粒子を含む前記接着剤を含む、少なくとも1つの接着層を備える。

【0043】

図面の簡単な説明

次に、添付の図面を参照して、本発明のさまざまな実施形態の説明により、本発明をより詳細に説明する。

【0044】

図1は、本発明による光起電力装置の第1実施例を示す。

図2は、導電体と多孔質導電層との間に配置された接着層の第1実施例を示す。

図3は、導電体と多孔質導電層との間に配置された接着層の第2実施例を示す。

図4は、本発明による光起電力装置の第2実施例を示す。

図5は、図4に示す光起電力装置の一部を拡大して示す。

図6は、図4における導電体と多孔質導電層との間に配置された接着層の第2実施例を示す。

図7は、本発明による光起電力装置の第3実施例を示す。

図8は、本発明による光起電力装置の第4実施例を示す。

【0045】

詳細な説明

以下、本開示の態様を、添付図面を参照しながらより完全に説明する。しかしながら、光起電力装置は、多くのさまざまな形態で実現することができ、本明細書に記載された態様に限定されるものと解釈されるべきではない。図面中の同様の番号は、全体を通して同様の要素を指すものとする。

【0046】

本明細書で使用される用語は、本開示の特定の態様を説明することのみを目的としており、本発明を限定することを意図するものではない。本明細書で使用される場合、単数形「a」、「an」および「the」は、文脈が明確に別のことを示さない限り、同様に複数形も含むことが意図される。

【0047】

別段の規定がない限り、本明細書で使用されるすべての用語は、本開示が属する技術分野における通常の当業者によって一般的に理解されるのと同じ意味を有する。

【0048】

図1は、本発明による光起電力装置1aの第1実施例を示す。光起電力装置1aは、光吸収層3を備えた作用電極と、多孔質導電層6を備えた対向電極と、前記対向電極と前記作用電極との間で電荷を移動させるための導電媒体（図示せず）とを含む太陽電池ユニット2aを備える。太陽電池ユニット2aは、導電体7と、導電体7と多孔質導電層6との

10

20

30

40

50

間に配置された接着層 8 とを備える。接着層 8 は、前記多孔質導電層 6 と機械的および電氣的に直接接触している。接着層 8 は、多孔質導電層 6 に接着している。導電体 7 は、接着層 8 によって、多孔質導電層 6 に取り付けられている。接着層 8 は、導電体 7 と多孔質導電層 6 との間の接着剤として機能する。

【0049】

導電体 7 は、例えば、電線または導電棒である。光起電力装置 1 a は、導電媒体を含む太陽電池ユニット 2 a を封止する封止体 9 を備える。封止体 9 は、太陽電池ユニットから導電媒体が漏出することを防止する。導電体 7 は、接着層 8 に取り付けられて封止体 9 の外に延びる。

【0050】

一態様において、光吸収層 3 は、多孔質であり、太陽電池ユニット 2 a の上面に配置されている。光吸収層 3 は、太陽に面して受光する。太陽電池ユニット 2 a は、光吸収層 3 から光生成電子を取り出すための上部多孔質導電層 4 をさらに備えている。この実施例では、光吸収層 3 は、上部導電層 4 の上部に配置されている。この実施例では、太陽電池ユニット 2 a は、絶縁材料からなる多孔質基板 5 を備え、多孔質基板 5 の一方の面に上部導電層 4 が形成されている。導電層 6（以下、下部導電層 6 と称する）は、太陽電池ユニットの底面に配置されている。この実施例では、下部導電層 6 は、多孔質基材 5 の反対面に形成されている。多孔質光吸収層 3、上部および下部多孔質導電層、および多孔質基板 5 の孔内には、導電媒体、例えば電解質が浸透している。導電媒体は、下部導電層 6 と光吸収層 3 との間で電荷を移動させる。一態様において、導電媒体は、電解質である。導電媒体は、イオン系電解質であり得る。例えば、電解質は、ヨウ化物／三ヨウ化物電解質、銅錯体系電解質、またはコバルト錯体系電解質、またはそれらの組み合わせのいずれかである。このような電解質は、非常に腐食性が高い場合がある。

【0051】

好ましくは、以下に限定されないが、上部および下部多孔質導電層は、チタン、ニッケル、モリブデン、タングステン、コバルト、ニオブ、ジルコニウムおよびそれらの合金、またはそれらの混合物などの耐腐食性材料からなる。したがって、多孔質導電層は、電荷を移動させるための媒体としての電解質との接触に耐えることができる。好ましくは、上部および下部の多孔質導電層は、チタンまたはその合金を含む。

【0052】

接着層 8 は、接着剤と、前記接着剤中に分散された導電性粒子とを含み、前記接着剤中に導電ネットワークを形成して導電体 7 と下部多孔質導電層 6 との間の電氣的接触が得られる。図 2 および図 3 は、導電体 7 と下部多孔質導電層 6 との間に配置された接着層 8 a および 8 b の 2 つの実施例を示している。接着層 8 は、接着層 8 a および 8 b のいずれでもあり得る。接着層 8 a および 8 b のそれぞれは、接着剤 20 と、前記接着剤中に導電ネットワークが形成されるように接着剤 20 中に分布した導電性粒子 22、22 a - b を含む。つまり、導電性粒子は、接着剤を介した導電路を形成するように、互いに電氣的に接触している。導電性粒子は、接着剤中に良好に分散していることが好ましい。

【0053】

接着層 8、8 a - b の厚さは、導電体 7 と下部多孔質導電層 6 との間の十分な機械的接触を得るために、少なくとも $3\text{ }\mu\text{m}$ 、好ましくは少なくとも $5\text{ }\mu\text{m}$ 、最も好ましくは少なくとも $10\text{ }\mu\text{m}$ である。好ましくは、導電性粒子 22、22 a、22 b の少なくとも $80\text{ wt}\%$ が $5\text{ }\mu\text{m}$ 以下のサイズを有し、最も好ましくは、導電性粒子 22、22 a、22 b が $3\text{ }\mu\text{m}$ 以下のサイズを有する。 $\text{wt}\%$ は、接着層中の導電性粒子の総重量に対する割合である。これにより、多孔質導電層 6 との電氣的接触が良好になる。また、導電性粒子は小さいため、多孔質導電層の表面の凹凸や空洞に収まることができ、導電性粒子と多孔質導電層 6 との間の良好な電氣的接触が得られるようになる。

【0054】

好ましくは、以下に限定されないが、導電性粒子 22、22 a - b は、カーボンからなる。カーボンはチタンとの電氣的接触が良好であるため、多孔質導電層 6 がチタンからな

10

20

30

40

50

る場合、導電性粒子にカーボンを用いることが有利である。好ましくは、導電性粒子は、バッテリーグレードカーボンからなる。通常のカーボン是不純物を含む場合があり、太陽電池の性能を損なう可能性がある。バッテリーグレードカーボンは、バッテリーや燃料電池のカーボンとして開発されたものであり、通常のカーボンよりも純度が高いため、太陽電池に使用するのに適している。導電性粒子22、22a-bは、例えば、結晶性グラファイト、アモルファスカーボン、カーボンナノチューブ、またはグラフェンからなる。

【0055】

導電媒体がイオン系の電解質である場合、接着剤20は、電解質に耐えることができ、かつ、電解質中のイオンと反応しない材料からなるものでなければならない。適切には、接着剤20は、化学的に耐性のあるプラスチック材料からなる。例えば、接着剤は、ポリエチレン、またはポリプロピレン、またはアイオノマーまたはそれらの混合物からなる。それらの材料は、太陽電池に一般的に使用される電解質に耐えることができるので、適している。例えば、接着剤20は、ポリエチレンからなる。ポリエチレンは、チタンなどの非腐食性材料への接着能力が高く、ヨウ化物 I^- および／または三ヨウ化物 I_3^- イオンを含む電解質などの太陽電池に使用される電解質に耐えられることが試験で示されている。

【0056】

封止体9は、太陽電池ユニット2aの上面を覆う少なくとも一部が透明な上部シートと、太陽電池ユニットの底面を覆う下部シートとを備えてもよい。封止体9は、異なる機能を有する複数の層を含んでもよい。封止体9は、導電媒体が太陽電池から漏出することを防止する障壁層10を備えてもよい。封止体9は、封止体9を太陽電池に取り付けるための粘着層11をさらに備えてもよい。粘着層11は、障壁層10と太陽電池2aとの間に配置されている。粘着層11は、導電媒体が太陽電池から漏出することを防止する障壁としても機能する。導電媒体が腐食性の電解質である場合、封止体の粘着層11は、電解質に耐えることができる材料からなる必要がある。封止体と接着剤とは、電解液に耐える能力が同じように要求されるため、接着剤20と封止体9とが同じ材料からなると有利である。また、接着剤と封止体が同じ熔融温度であるため、光起電力装置の製造も容易になる。適切には、接着剤および封止体は、ポリエチレンからなる。例えば、粘着層11は、ポリエチレン、またはポリプロピレン、またはアイオノマーまたはそれらの混合物からなる。例えば、封止体9は、ポリエチレンからなる。ポリエチレンは、電解液に耐えることができ、かつ、透明であるため、適切な材料である。

【0057】

一態様において、封止体9は、光起電力装置1aを外部装置に接続し、それによって光起電力装置によって生成された電力を利用できるように配置された貫通孔12を含む。貫通孔12は、封止体中の貫通孔である。貫通孔は、貫通孔12が密封され、気体や液体が貫通孔を通過できないように、接着層8の少なくとも一部を含む。接着層8は、貫通孔12を埋めることによって貫通孔を密封し、導電媒体が貫通孔を通して光起電力装置の外に漏出することを防止する。接着層8中の導電性粒子のネットワークにより、導電体7は貫通孔12から入らなくても、下部多孔質導電層6と電気的に接触することが可能となる。したがって、導電媒体の漏出の危険性がさらに低減される。また、導電体7は、封止体の外に配置され、接着層8を介して多孔質導電層6と電気的に接触している。その結果、導電体7は、導電媒体と接触していないので、耐食性材料からなる必要がない。したがって、導電体7は、銅や銀など、一般的に使用される導電材料からなり得る。

【0058】

図2は、接着剤20と、接着剤中に分散された導電性粒子22とを含む接着層8aの一実施例を示す。接着層8aは、導電体7と下部多孔質導電層6との間に配置されている。この実施例では、導電性粒子22のサイズは、実質的に同じである。

【0059】

図3は、導電体7と下部多孔質導電層6との間に配置された接着層8bの別の実施例を示す。この実施例では、接着層8bは、接着剤20中に分布した1 μ mより大きいサイズを有する導電性粒子22aと200nmより小さいサイズを有する導電性粒子22bと

の混合物を含む。大きい粒子と小さい粒子との混合物は、小さい粒子が大きい粒子間の空間を埋め、大きい粒子を互いに電氣的に接続するため、接着剤 20 中に形成される導電ネットワークを改善することができる。好ましくは、 $1\text{ }\mu\text{m}$ より大きい導電性粒子 22a と 200 nm より小さい導電性粒子 22b との質量比は、1.5 と 3 との間である。これにより、接着剤 20 中に形成される導電ネットワークをさらに改善することができる。質量比とは、大きい粒子 22a の総質量 M_1 を、接着層中の小さい粒子 22b の総質量 M_2 で割った値を意味する。

【0060】

$1.5 < M_1 / M_2 < 3$

【0061】

図 4 は、太陽電池ユニット 2a を備えた本発明による光起電力装置 1b の第 2 実施例を示す。図 5 は、光起電力装置 1b の一部を拡大して示す。導電媒体がイオンを含む電解質である場合、導電性粒子が接着剤 20 の密封性を低下させることがあるため、イオンが接着層を通して移動することがある。これを防止するために、第 1 および第 2 接着層 16, 17 の間に導電性障壁 14 が配置されている。太陽電池ユニット 2b が太陽電池ユニット 2a と異なるのは、それが導電体 7 と下部多孔質導電層 6 との間に配置された無孔質導電障壁 14 を備え、少なくとも 1 つの接着層が、下部多孔質導電層 6 と導電障壁 14 との間に配置されて導電障壁 14 を下部多孔質導電層 6 に取り付けるための第 1 接着層 16 と、導電障壁 14 と導電体 7 との間に配置されて導電体 7 を導電障壁 14 に取り付けるための第 2 接着層 17 とを備えるためである。このように、第 1 接着層 16 は、下部多孔質導電層 6 と導電障壁 14 との間の接着剤として機能し、第 2 接着層 17 は、導電障壁 14 と導電体 7 との間の接着剤として機能する。第 1 接着層 16 は、下部多孔質導電層 6 と直接機械的および電氣的に接触している。導電障壁 14 は、障壁 14 の相反する側に 2 つの面を有する。第 1 接着層 16 は、導電障壁 14 の一方の面とも直接機械的および電氣的に接触しており、第 2 接着層 17 は、導電障壁 14 の他方の面と直接機械的および電氣的に接触している。導電体 7 は、封止体 9 の外に配置されている。

【0062】

第 2 接着層 17 は、貫通孔 12 が密封され、気体や液体が貫通孔を通過できないように、貫通孔 12 中に配置されている。

【0063】

第 1 および第 2 接着層 16, 17 は、接着剤中に導電ネットワークが形成されるように接着剤中に分布した導電性粒子を含む。適切には、第 1 および第 2 接着層 16, 17 は、接着層 8 と同じ種類の接着剤 20 および導電性粒子 22、22a - b からなる。接着層 16, 17 は、接着層 8a, 8b のいずれかと同じ種類のものであり得る。導電体 7 は、第 1 および第 2 接着層 16, 17 と導電障壁 14 とを介して、下層多孔質導電層 6 と電氣的に接触している。

【0064】

好ましくは、導電障壁 14 は、太陽電池の導電媒体に耐えることができる導電材料からなる固体片である。例えば、導電障壁 14 は、チタン、ニッケル、モリブデン、タングステン、コバルト、ニオブ、ジルコニウムおよびそれらの合金のいずれか、またはそれらの混合物を含む。好ましくは、導電障壁は、チタンまたはその合金からなる。これにより、チタンは電解液に耐えることができるので、導電障壁の腐食を防止することができる。例えば、導電障壁 14 は、下部多孔質導電層 6 と同じ材料からなる。

【0065】

さらに封止性を改善するために、導電障壁 14 の幅を第 2 接着層 17 の幅よりも広くし、第 2 接着層 17 の周縁部を導電障壁 14 の周縁部から距離を置いて配置する。これにより、図 5 に示すように、第 1 および第 2 接着層 16, 17 の間でイオンが移動する経路が増加する。好ましくは、第 2 接着層 17 の周縁部と導電障壁 14 の周縁部との間の距離は、 1 mm よりも長い。

【0066】

適切には、導電障壁 14 は、板状である。例えば、導電障壁 14 は、コインの形状などの、円形の形状を有する。しかしながら、長方形などの、他の形状も可能である。導電障壁 14 の厚さは、好ましくは少なくとも 10 nm である。

【0067】

太陽電池の密封性をさらに改善するために、封止体 9 の粘着層 11 は、第 1 および第 2 接着層 16, 17 と導電障壁 14 とを取り囲む。粘着層 11 は、電解液中のイオンが第 2 接着層 17 に入り込むことを防ぎ、それによって、イオンが太陽電池ユニットの外に漏出することを防止することができる。

【0068】

図 5 は、図 4 に示す光起電力装置の一部を拡大して示す。この実施例では、第 1 および第 2 接着層 16, 17 は、接着剤 20 中に分布した導電性粒子 22 を含む。この実施例では、導電性粒子 22 のサイズは、実質的に同じである。

10

【0069】

図 6 は、図 4 に示す第 1 および第 2 接着層 16, 17 の別の一実施例を拡大して示す。この実施例では、接着層 16, 17 は、接着剤 20 中に分布した 1 μ m より大きいサイズを有する導電性粒子 22a と 200 nm より小さいサイズを有する導電性粒子 22b との混合物を含む。

【0070】

図 7 は、本発明による光起電力装置 1c の第 3 実施例を示す。太陽電池ユニット 1c は、太陽電池ユニット 1c が上部導電層 4 と電氣的に接触する第 2 導電体 7b を備え、多孔質基板 5 の導電部 23 が導電材料 24 を含む点が、光起電力装置 1a および 1b と異なる。さらに、光起電力装置 1c は、第 2 導電体 7b と多孔質基板 5 の導電部 23 との間に、第 2 導電体 7b を多孔質基板 5 に取り付けて上部導電層 4 と第 2 導電体 7b との間の電気接触を提供するために配置された接着層 25 を備える。導電部 23 は、接着層 25 と上部導電層 4 との間に配置されている。接着層 25 は、導電部 23 と機械的および電氣的に接触している。

20

【0071】

第 2 導電体 7b は、封止体 9 の外に配置され、多孔質基板 5 中の接着層 25 および導電材料 24 を介して、上部の多孔質導電層 4 と電氣的に接触している。その結果、導電体 7b は、導電媒体と接触していないので、耐食性材料からなる必要がない。第 2 導電体 7b は、銅や銀など、一般的に使用される導電材料からなり得る。第 2 導電体 7b は、例えば、電線または導電棒である。

30

【0072】

接着層 25 は、多孔質基板 5 中の第 2 導電体 7b と導電材 24 との電氣的接触を得るために接着剤 20 中に導電ネットワークが形成されるように接着剤 20 中に分布した導電性粒子 22 を含む。したがって、第 2 導電体 7b と上部の多孔質導電層 4 との電氣的接触が得られる。適切には、接着層 25 は、接着層 8 と同じ種類の接着剤 20 と同じ種類の導電性粒子 22 とからなる。封止体 9 は、第 1 導電体 7 を下部多孔質導電層 6 に接続するための第 1 貫通孔 12a と、第 2 導電体 7b を上部多孔質導電層 4 に接続するための第 2 貫通孔 12b とを備える。

40

【0073】

この実施例では、下部多孔質導電層 6 は、接着層 25 から離れた位置で終わっているの、接着層 25 と下部多孔質導電層 6 との間に絶縁ギャップ 27 が形成され、接着層 25 と下部導電層 6 とが互いに電氣的に絶縁されるようにすることができる。

【0074】

図 8 は、本発明による光起電力装置 1d の第 4 実施例を示す。太陽電池ユニット 1d は、図 4 に示すのと同様に、太陽電池ユニット 1d が第 1 導電体 7 と下部多孔質導電層 6 との間に配置された無孔質導電障壁 14 を備える点が、光起電力装置 1c と異なる。太陽電池ユニット 1d は、下部多孔質導電層 6 と導電障壁 14 との間に配置されて導電障壁 14 を下部多孔質導電層 6 に取り付けるための第 1 接着層 16 と、導電障壁 14 と第 1 導電体

50

7 aとの間に配置されて第1導電体7 aを導電障壁1 4に取り付けるための第2接着層1 7とを備える。

【0075】

太陽電池ユニット1 dは、第2導電体7 bと多孔質基板5との間に配置された第2無孔質導電障壁1 4 bと、多孔質基板5の導電部2 3と第2導電障壁1 4 bとの間に配置されて導電障壁1 4 bを多孔質基板5に取り付けるための第3接着層2 6と、第2導電障壁1 4 bと第2導電体7 bとの間に配置されて第2導電体7 bを導電障壁1 4 bに取り付けるための第4接着層2 8とをさらに備えている。第1および第2導電障壁1 4、1 4 bは、ともに導電媒体中のイオンの障壁として機能し、イオンが貫通孔1 2 a - bを介して光起電力装置の外に浸透するのを防止する。好ましくは、導電障壁1 4および1 4 bは、同じ材料からなる。導電障壁1 4および1 4 bは、導電媒体と接触するため、好ましくは、耐腐食性材料、例えば、チタンからなる必要がある。

10

【0076】

第3および第4接着層2 6、2 8は、接着剤中に導電ネットワークを形成して多孔質基板5中の第2導電体7 bと導電材料2 4との電気的接触を得るために、接着剤2 0中に分布した導電性粒子を含む。適切には、接着層2 6、2 8は、接着層1 6、1 7と同じ種類の接着剤2 0および同じ種類の導電性粒子2 2からなる。接着層2 6、2 8は、図2 - 3を参照して先に説明した接着層8 a - bの種類のいずれでもあり得る。

【0077】

接着層2 8は、貫通孔1 2 b中に配置されているため、貫通孔1 2 bが密封され、気体や液体が貫通孔を通過できない。例えば、導電障壁1 4、1 4 bは、円形の形状を有する。しかしながら、矩形など、他の形状も可能である。

20

【0078】

本発明は、開示された実施形態に限定されるものではなく、以下の特許請求の範囲に記載された範囲内で変形、修正されてもよい。例えば、接着層1 6、1 7、2 5、2 6、および2 8のそれぞれは、図2 - 3を参照して説明した種類のいずれでもあり得る。

参照番号

【符号の説明】

【0079】

1 a - d：光起電力装置

30

2 a、2 b：太陽電池ユニット

3：光吸収層

4：上部多孔質導電層

5：多孔質基板

6：下部多孔質導電層

7：導電体

7 b：第2導電体

8、8 a - b：接着層

9：封止体

10：封止体の障壁層

40

11：封止体の粘着層

12、12 a - b：貫通孔

14、14 a - b：無孔質導電障壁

16：第1接着層

17：第2接着層

20：接着剤

22、22 a、22 b：導電性粒子

23：多孔質基板の導電部

24：導電材料

25：接着層

50

- 26 : 第3 接着層
- 27 : 絶縁ギャップ
- 28 : 第4 接着層

【図面】
【図 1】

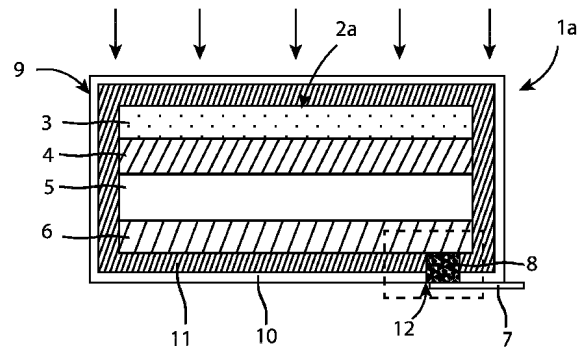


Fig 1

【図 2】

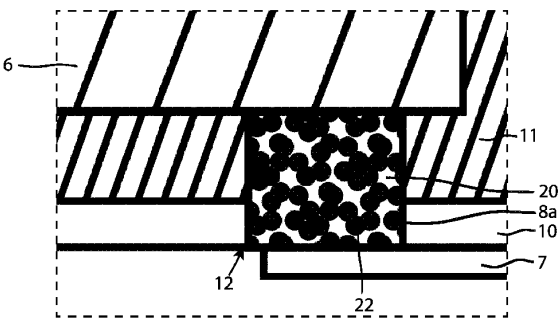


Fig 2

【図 3】

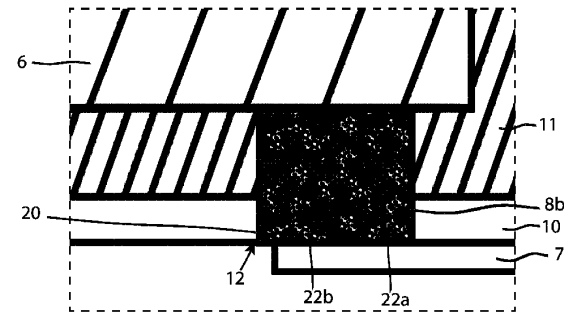


Fig 3

【図 4】

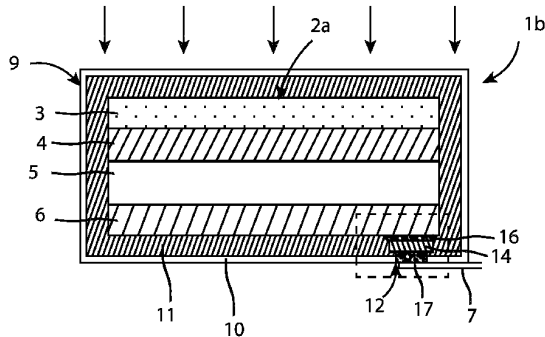


Fig 4

10

20

30

40

50

【図 5】

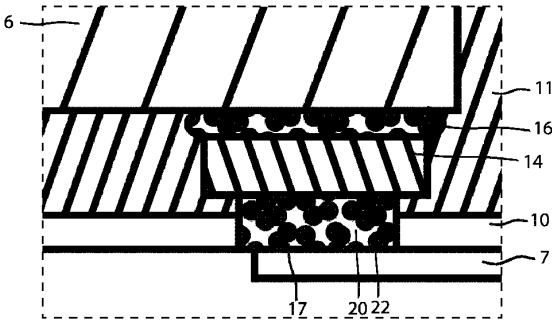


Fig 5

【図 6】

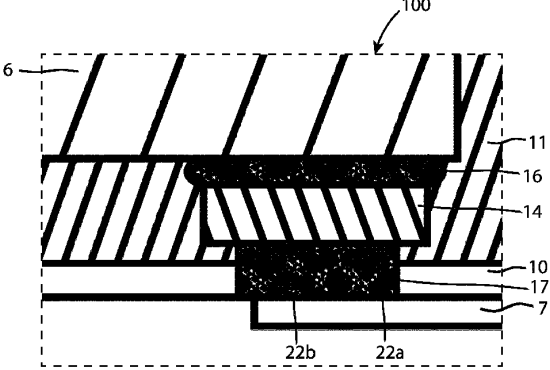


Fig 6

【図 7】

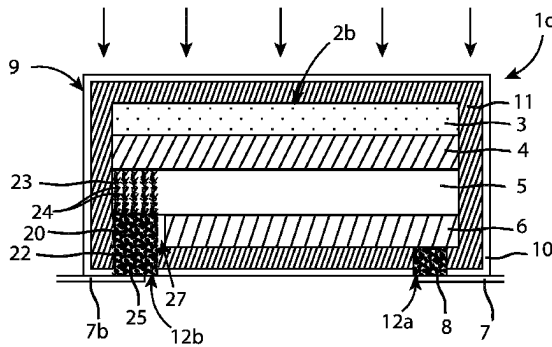


Fig 7

【図 8】

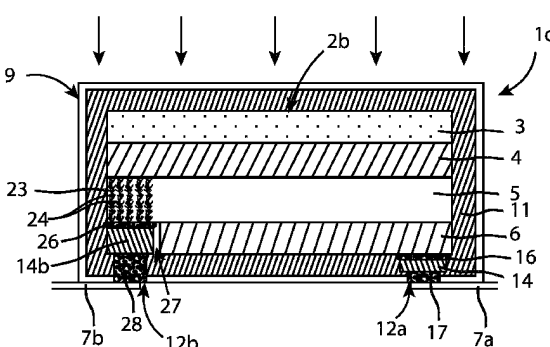


Fig 8

10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (74)代理人 100189429
弁理士 保田 英樹
- (74)代理人 100213849
弁理士 澄川 広司
- (72)発明者 リンドストローム, ヘンリク
スウェーデン、エスイー－１８２ ３５ ダンデリード、テヤデシュティージェン １
- (72)発明者 フィリ, ジョヴァンニ
スウェーデン、エスイー－１８２ ５６ ダンデリード、ハンデルスベージェン １０
- 審査官 前田 寛之
- (56)参考文献 特開２０１３－２００９５８（ＪＰ，Ａ）
特開２０１９－２０１１９６（ＪＰ，Ａ）
特開２００８－２７６９６１（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２０１４／１５７０６０（ＷＯ，Ａ１）
国際公開第２０１９／２１９５３８（ＷＯ，Ａ１）
国際公開第２０１８／０２５８２３（ＷＯ，Ａ１）
国際公開第２０１８／０２５８２２（ＷＯ，Ａ１）
国際公開第２００８／１４９８１１（ＷＯ，Ａ１）
- (58)調査した分野 (Int.Cl., ＤＢ名)
Ｈ０１Ｇ９／２０