

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6277460号  
(P6277460)

(45) 発行日 平成30年2月14日(2018.2.14)

(24) 登録日 平成30年1月26日(2018.1.26)

(51) Int.Cl. F I  
 HO 1 L 31/043 (2014.01) HO 1 L 31/04 5 1 0  
 HO 1 L 31/0687 (2012.01) HO 1 L 31/06 3 1 0

請求項の数 6 (全 15 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2013-45433 (P2013-45433)                  (22) 出願日 平成25年3月7日(2013.3.7)                  (65) 公開番号 特開2013-219338 (P2013-219338A)                  (43) 公開日 平成25年10月24日(2013.10.24)                          審査請求日 平成27年12月17日(2015.12.17)                  (31) 優先権主張番号 特願2012-59935 (P2012-59935)                  (32) 優先日 平成24年3月16日(2012.3.16)                  (33) 優先権主張国 日本国(JP)</p>	<p>(73) 特許権者 504132881                  国立大学法人東京農工大学                  東京都府中市晴見町3-8-1                  (74) 代理人 100090398                  弁理士 大淵 美千栄                  (74) 代理人 100090387                  弁理士 布施 行夫                  (72) 発明者 鮫島 俊之                  東京都府中市晴見町3-8-1 国立大学                  法人東京農工大学内                   審査官 山本 元彦</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 積層ソーラーセルの製造方法及び積層ソーラーセルの製造装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1のソーラーセルと、第2のソーラーセルと、該第1のソーラーセルと該第2のソーラーセルの間に形成され、かつ、導電粒子を含む接着層と、を有する積層体の一方の表面の全体を支持する平坦な支持面を有する支持体を用意する工程と、

前記積層体を袋体内に配置し、該袋体内の気体の一部または全部を脱気する工程と、

前記積層体を圧力容器内に配置する工程と、

前記圧力容器内に高圧ガスを導入し、前記積層体を高圧ガスによって加圧することで前記第1のソーラーセルと前記第2のソーラーセルとを電氣的に接合し、かつ、接着する工程と、

を有し、

前記脱気する工程は、前記積層体の前記表面を前記支持体の前記支持面で支持した状態で前記袋体内に配置し、前記袋体内の気体の一部または全部を脱気する工程であり、

前記積層体を前記圧力容器内に配置する工程は、前記袋体内が減圧状態を維持したまま前記積層体を前記圧力容器内に配置し、

前記支持体を用意する工程は、前記支持体を第1の袋体内に配置する第1の工程と、前記第1の袋体内の気体の一部または全部を脱気する第2の工程と、を有し、

前記脱気する工程は、前記支持体の前記支持面が前記第1の袋体を介して前記積層体を支持した状態で行ない、

前記電氣的に接合し、かつ、接着する工程の後に、前記第1の袋体を開封して前記第1

の袋体内に空気を導入する工程を含むことを特徴とする、積層ソーラーセルの製造方法。

【請求項 2】

請求項 1 において、

前記圧力容器内に導入された高圧ガスは、 $0.15\text{ MPa} \sim 0.9\text{ MPa}$ であることを特徴とする、積層ソーラーセルの製造方法。

【請求項 3】

第 1 のソーラーセルと、第 2 のソーラーセルと、該第 1 のソーラーセルと該第 2 のソーラーセルの間に形成され、かつ、導電粒子を含む接着層と、を有する積層体の一方の表面の全体を支持する平坦な支持面を有する支持体を用意する工程と、

前記積層体を袋体内に配置し、該袋体内の気体の一部または全部を脱気する工程と、

を有し、  
前記袋体内の内圧と前記袋体外の大気圧との差圧によって前記積層体を加圧することによって、前記第 1 のソーラーセルと前記第 2 のソーラーセルとを電氣的に接合し、かつ、

接着し、  
前記脱気する工程は、前記積層体の前記表面を前記支持体の前記支持面で支持した状態で前記袋体内に配置し、前記袋体内の気体の一部または全部を脱気する工程であり、

前記支持体を用意する工程は、前記支持体を第 1 の袋体内に配置する第 1 の工程と、前記第 1 の袋体内の気体の一部または全部を脱気する第 2 の工程と、を有し、

前記脱気する工程は、前記支持体の前記支持面が前記第 1 の袋体を介して前記積層体を支持した状態で行ない、

前記脱気する工程の後に、前記第 1 の袋体を開封して前記第 1 の袋体内に空気を導入する工程を含むことを特徴とする、積層ソーラーセルの製造方法。

【請求項 4】

請求項 3 において、

脱気された前記袋体内の内圧は、 $0.08\text{ MPa}$  以下であることを特徴とする、積層ソーラーセルの製造方法。

【請求項 5】

第 1 のソーラーセルと、第 2 のソーラーセルと、該第 1 のソーラーセルと該第 2 のソーラーセルの間に形成され、かつ、導電粒子を含む接着層と、を有する積層体を内部に収容する袋体と、

前記積層体の一方の表面の全体を支持する平坦な支持面を有する支持体と、

前記袋体内の気体の一部または全部を脱気する真空ポンプと、

前記支持体を収容し、内部の気体の一部または全部を脱気する第 1 の袋体と、

を有し、  
前記袋体は、前記積層体の前記表面を前記支持体の前記支持面で支持した状態で前記積層体及び前記支持体を内部に収容し、

前記真空ポンプが前記袋体内を脱気することによって、前記袋体内の内圧と前記袋体外の大気圧との差圧によって前記積層体を加圧し、前記第 1 のソーラーセルと前記第 2 のソーラーセルとを電氣的に接合し、かつ、接着するものであって、

前記袋体は、前記支持体の前記支持面で前記第 1 の袋体を介して前記積層体を支持した状態で収容し、

前記第 1 の袋体は、前記第 1 のソーラーセルと前記第 2 のソーラーセルとを接着した後に開封して前記第 1 の袋体内に空気を導入することで前記第 1 の袋体と前記積層体とを分離可能であることを特徴とする、積層ソーラーセルの製造装置。

【請求項 6】

請求項 5 において、

脱気された前記袋体内の内圧は、 $0.08\text{ MPa}$  以下であることを特徴とする、積層ソーラーセルの製造装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

30

40

50

## 【0001】

本発明は、複数のソーラーセルを積層して接合する積層ソーラーセルの製造方法及び複数のソーラーセルを積層して接合する積層ソーラーセルの製造装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

近年、ソーラーセルは新エネルギー発電デバイスとして盛んに開発されている。このソーラーセルでは、太陽光 - 発電電力変換の高効率化が重要な開発課題となっている。太陽光は、波長が200 nmから2000 nmに渡る、広範囲のスペクトルをもつ光であるため、ソーラーセルとしては、できるだけ多波長の光を利用することが高効率化につながる。しかし、ソーラーセルは、固有のバンドギャップ以上の光しか利用できず、1種類のソーラーセルで太陽光を全て電力に変えることは不可能であった。

10

## 【0003】

一方、ソーラーセルの光電変換の高効率化を図るために、異なるバンドギャップを持つソーラーセルを、低バンドギャップから高バンドギャップの順に積み上げて構成した多接合型ソーラーセルが開発されている（例えば、特許文献1参照）。そして、成膜技術を駆使して多種類の材料及びpn接合を形成することで多接合型ソーラーセル（積層ソーラーセル）を構成する技術が開発されて、高効率発電の可能性が得られている。しかし、このような多接合型ソーラーセルでは、多種類の材料を順次成膜するには精密な膜質、膜厚制御が必要であり、製造するための時間及びコストがかかるという問題があった。

## 【0004】

20

そこで、本発明者は、ソーラーセルの光電変換の高効率化を図るために、独立に作成した異種ソーラーセルを導電粒子を含む有機バインダーを用いて貼り合わせる接合方法を提案した（例えば、特許文献2及び非特許文献1）。この方法について、図10～図12を用いて簡単に説明する。

## 【0005】

図10に示すように、複数の異種ソーラーセルとして、例えば、狭バンドギャップを有する第1のソーラーセル1と広バンドギャップを有する第2のソーラーセル2の2つを用意し、これらを光入射面である表面1a, 2aが重なるように積層し、互いに向かい合う表面1a, 2bの間に10 μm以上で200 μm以下の粒径を有する導電粒子3を含む接着剤5を介在させる。次いで、接着剤5を介して重ね合わせた第1及び第2のソーラーセル1及び2を、加圧手段により所要の圧力Fをかけ（必要に応じて加熱手段6により所要の温度に加熱し）て、有機バインダー4を硬化させ、第1及び第2のソーラーセル1及び2を電氣的に接合し、かつ、接着する。

30

## 【0006】

図11は、こうして接合された積層されたソーラーセル1及び2の状態を示す。

## 【0007】

次に、図12に示すように、表面電極8となる導電膜と、裏面電極9となる導電膜を形成する。こうして得られた積層ソーラーセル11は、太陽光Lが照射されると、広バンドギャップを有する第2のソーラーセル2と、接着剤5を透過した太陽光によってさらに第1のソーラーセル1と、において光電変換するため、高効率化できる。

40

## 【0008】

また、この方法によれば、コストが安く短時間に多量のソーラーセルを作成することが可能になる。この接合方法は面積1 cm<sup>2</sup>サイズのソーラーセルにおいて高効率の光電変換特性を得ることが実証できているので、市場に流通するさらに大きいサイズのソーラーセル、例えば4インチ～6インチのソーラーセルにおいても、この接合方法を実用化することが望まれている。

## 【0009】

しかしながら、半導体ソーラーセルは、一般に150 μm～200 μmと非常に薄く、しかもSi, Ge, GaAsなどの非常に割れやすい材質が多く、ソーラーセルを重ね合わせて加圧する際に局所的に大きな荷重（偏荷重）がかかると、ソーラーセルが破損する

50

という問題があった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

【特許文献1】特開2007-189025号公報

【特許文献2】特開2011-210766号公報

【非特許文献】

【0011】

【非特許文献1】Toshiyuki Sameshima, Jun Takenezawa, Masahiko Hasumi, Takashi Koida, Tetsuya Kaneko, Minoru Karasawa, and Michio Kondo, "Multi Junction Solar Cells Stacked with Transparent and Conductive Adhesive", Japanese Journal of Applied Physics, 50 (2011) 052301

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

本発明の目的は、複数のソーラーセルを積層して接着する際に、ソーラーセルの破損不良を低減することができる積層ソーラーセルの製造方法及び積層ソーラーセルの製造装置を提供する。

20

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明にかかる積層ソーラーセルの製造方法は、

第1のソーラーセルと、第2のソーラーセルと、該第1のソーラーセルと該第2のソーラーセルの間に形成され、かつ、導電粒子を含む接着層と、を有する積層体の一方の表面の全体を支持する平坦な支持面を有する支持体を用意する工程と、

前記積層体を袋体内に配置し、該袋体内の気体の一部または全部を脱気する工程と、

前記積層体を圧力容器内に配置する工程と、

前記圧力容器内に高圧ガスを導入し、前記積層体を高圧ガスによって加圧することで前記第1のソーラーセルと前記第2のソーラーセルとを電氣的に接合し、かつ、接着する工程と、

30

を有し、

前記脱気する工程は、前記積層体の前記表面を前記支持体の前記支持面で支持した状態で前記袋体内に配置し、前記袋体内の気体の一部または全部を脱気する工程であり、

前記積層体を前記圧力容器内に配置する工程は、前記袋体内が減圧状態を維持したまま前記積層体を前記圧力容器内に配置し、

前記支持体を用意する工程は、前記支持体を第1の袋体内に配置する第1の工程と、前記第1の袋体内の気体の一部または全部を脱気する第2の工程と、を有し、

前記脱気する工程は、前記支持体の前記支持面が前記第1の袋体を介して前記積層体を支持した状態で行ない、

40

前記電氣的に接合し、かつ、接着する工程の後に、前記第1の袋体を開封して前記第1の袋体内に空気を導入する工程を含むことを特徴とする。

【0014】

本発明にかかる積層ソーラーセルの製造方法において、

前記圧力容器内に導入された高圧ガスは、0.15MPa~0.9MPaであることができる。

【0016】

本発明にかかる積層ソーラーセルの製造方法は、

第1のソーラーセルと、第2のソーラーセルと、該第1のソーラーセルと該第2のソー

50

ラーセルの間に形成され、かつ、導電粒子を含む接着層と、を有する積層体の一方の表面の全体を支持する平坦な支持面を有する支持体を用意する工程と、

前記積層体を袋体内に配置し、該袋体内の気体の一部または全部を脱気する工程と、を有し、

前記袋体内の内圧と前記袋体外の大気圧との差圧によって前記積層体を加圧することによって、前記第1のソーラーセルと前記第2のソーラーセルとを電氣的に接合し、かつ、接着し、

前記脱気する工程は、前記積層体の前記表面を前記支持体の前記支持面で支持した状態で前記袋体内に配置し、前記袋体内の気体の一部または全部を脱気する工程であり、

前記支持体を用意する工程は、前記支持体を第1の袋体内に配置する第1の工程と、前記第1の袋体内の気体の一部または全部を脱気する第2の工程と、を有し、

前記脱気する工程は、前記支持体の前記支持面が前記第1の袋体を介して前記積層体を支持した状態で行ない、

前記脱気する工程の後に、前記第1の袋体を開封して前記第1の袋体内に空気を導入する工程を含むことを特徴とする。

#### 【0017】

本発明にかかる積層ソーラーセルの製造方法において、

脱気された前記袋体内の内圧は、0.08MPa以下であることができる。

#### 【0026】

本発明にかかる積層ソーラーセルの製造装置は、

第1のソーラーセルと、第2のソーラーセルと、該第1のソーラーセルと該第2のソーラーセルの間に形成され、かつ、導電粒子を含む接着層と、を有する積層体を内部に収容する袋体と、

前記積層体の一方の表面の全体を支持する平坦な支持面を有する支持体と、

前記袋体内の気体の一部または全部を脱気する真空ポンプと、

前記支持体を収容し、内部の気体の一部または全部を脱気する第1の袋体と、を有し、

前記袋体は、前記積層体の前記表面を前記支持体の前記支持面で支持した状態で前記積層体及び前記支持体を内部に収容し、

前記真空ポンプが前記袋体内を脱気することによって、前記袋体内の内圧と前記袋体外の大気圧との差圧によって前記積層体を加圧し、前記第1のソーラーセルと前記第2のソーラーセルとを電氣的に接合し、かつ、接着するものであって、

前記袋体は、前記支持体の前記支持面で前記第1の袋体を介して前記積層体を支持した状態で収容し、

前記第1の袋体は、前記第1のソーラーセルと前記第2のソーラーセルとを接着した後、開封して前記第1の袋体内に空気を導入することで前記第1の袋体と前記積層体とを分離可能であることを特徴とする。

#### 【0027】

本発明にかかる積層ソーラーセルの製造装置において、

脱気された前記袋体内の内圧は、0.08MPa以下であることができる。

#### 【発明の効果】

#### 【0029】

本発明にかかる積層ソーラーセルの製造方法によれば、複数のソーラーセルを積層して接着する際に、ソーラーセルの破損不良を低減することができる。

#### 【0031】

本発明にかかる積層ソーラーセルの製造装置によれば、複数のソーラーセルを積層して接着する際に、ソーラーセルの破損不良を低減することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0032】

【図1】第1の実施形態にかかる積層ソーラーセルの製造装置及び積層ソーラーセルの製

10

20

30

40

50

造方法を説明するための縦断面図である。

【図2】第2の実施形態にかかる積層ソーラーセルの製造装置及び積層ソーラーセルの製造方法を説明するための縦断面図である。

【図3】第2の実施形態にかかる積層ソーラーセルの製造装置及び積層ソーラーセルの製造方法を説明するための縦断面図である。

【図4】第3の実施形態にかかる積層ソーラーセルの製造装置及び積層ソーラーセルの製造方法を説明するための縦断面図である。

【図5】第3の実施形態にかかる積層ソーラーセルの製造装置及び積層ソーラーセルの製造方法を説明するための縦断面図である。

【図6】実施例1の積層ソーラーセルの模式図である。

10

【図7】実施例1の積層ソーラーセルの接合抵抗を示す電圧 - 電流特性図である。

【図8】実施例1の積層ソーラーセルの波長 - 光透過率特性図である。

【図9】実施例2によって製造された積層されたゲルマニウム基板の写真である。

【図10】従来のソーラーセルの接合方法を説明する断面図である。

【図11】従来のソーラーセルの接合方法を説明する断面図である。

【図12】従来のソーラーセルの接合方法を説明する断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0033】

以下、本発明の一実施形態にかかる積層ソーラーセルの製造装置、積層ソーラーセルの製造方法及び積層ソーラーセルについて図面を用いて説明する。なお、以下に説明するのは本発明にかかる積層ソーラーセルの製造方法の実施形態の一例であり、本発明はこれに限定されるものではなく、当業者であれば特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇で各種の変更が可能である。

20

【0034】

(第1の実施形態)

図1は、第1の実施形態にかかる積層ソーラーセルの製造装置、積層ソーラーセルの製造方法及び積層ソーラーセルを説明するための縦断面図である。なお、第1の実施形態においては、1組の積層体40を圧力容器50内に配置して1つの積層ソーラーセルを製造する装置及び方法について説明するが、これに限らず、圧力容器50内に多数組の積層体40を配置して多数の積層ソーラーセルを製造するマスプロダクションに適用することができる。

30

【0035】

第1の実施形態にかかる積層ソーラーセルの製造装置100は、第1のソーラーセル20と、第2のソーラーセル22と、第1のソーラーセル20と第2のソーラーセル22の間に形成され、かつ、導電粒子を含む接着層30と、を有する積層体40を内部に配置する圧力容器50と、圧力容器50内に高圧ガスGを導入する高圧ガスの導入部52と、を有し、高圧ガスの導入部52から圧力容器50内へ高圧ガスGを導入して積層体40を加圧することで第1のソーラーセル20と第2のソーラーセル22とを電気的に接合し、かつ、接着することを特徴とする。積層体40におけるソーラーセルの枚数は、2枚以上であることができる。

40

【0036】

第1の実施形態にかかる積層ソーラーセルの製造方法は、第1のソーラーセル20と、第2のソーラーセル22と、第1のソーラーセル20と第2のソーラーセル22の間に形成され、かつ、導電粒子を含む接着層30と、を有する積層体40を圧力容器50内に配置する工程と、圧力容器50内に高圧ガスGを導入し、積層体40を高圧ガスGによって加圧することで第1のソーラーセル20と第2のソーラーセル22とを電気的に接合し、かつ、接着する工程と、を有することを特徴とする。積層体40におけるソーラーセルの枚数は、2枚以上であることができる。

【0037】

図1に示すように、積層体40は、複数、例えば3枚のソーラーセル20, 22, 24

50

を光入射面である一方の表面が重なるように積層し、互いの対抗する表面によって2つの接着層30, 32を挟み込んだ状態で両端を保持部材56によって保持されて压力容器50内に配置されている。

【0038】

压力容器50は、ボルト54, 54によって締結されて、導入部52を除いて压力容器50内を密閉することができる。压力容器50の容量は、製造する積層ソーラーセルの大きさや一度に製造する数量等によって適宜選択することができる。

【0039】

導入部52から高圧ガスGを導入し、压力容器50内の圧力を上昇させる。高圧ガスGの導入によって、压力容器50内に保持された積層体40は全体が均一に加圧される。ソーラーセル20, 22, 24の表面積は、ソーラーセル20, 22, 24の間にある接着層30, 32の側面の面積よりも極めて大きいので、接着層30, 32はソーラーセル20, 24に加えられた圧力によって押しつぶされて横方向に延びる。なお、接着層30, 32は、高圧ガスGの圧力によって流動できる程度に溶剤等で調整することができる。

【0040】

このようにして、ソーラーセル20, 22, 24の間に薄く均一に接着層30, 32が形成された状態で接着層30, 32を硬化させ、積層ソーラーセルを製造することができる。接着層30, 32は、压力容器50内で積層体40を保持したまま、あるいは压力容器50から取出して硬化させることができる。接着層30, 32を硬化させる方法は、接着層30, 32に用いる材料に応じて熱処理や紫外線などを適宜選択することができる。第1の実施形態の製造方法によれば、複数のソーラーセルを積層して接着する際に、ソーラーセルの破損不良を低減することができる。また、压力容器50内に複数組の積層体40を配置すれば、複数の積層ソーラーセルを一度にまとめて製造することができ、マスキングにも対応することができる。

【0041】

こうして得られた積層ソーラーセル42は、重なり合うソーラーセル20, 22, 24を接着層30, 32によって接着すると共に、接着層30, 32に含まれる図示しない導電粒子によって電氣的に接合することができる。

【0042】

压力容器50内に導入された高圧ガスGは、0.15MPa~0.9MPaであることができる。積層ソーラーセルの製造装置100は、図示しない高圧ガス供給源である例えば高圧ガスポンプをさらに有することができ、高圧ガス供給源は高圧ガスの導入部52と高圧ガス用の配管で接続され、高圧ガス供給源を所定圧力に設定し又は導入部52の手前で所定圧力に減圧又は加圧されて、例えば0.15MPa~0.9MPaの高圧ガスGを導入部52から压力容器50内に導入することができる。压力容器50内の圧力は、積層ソーラーセルの接着層における抵抗を望ましい低抵抗とするために、適宜調節することができる。これは、導電粒子の大きさや配合量、接着層の流動のし易さなどによって、接着層における抵抗が変化するためである。

【0043】

ソーラーセル20, 22, 24は、シリコン系、ゲルマニウム系、GaAs系などの公知のソーラーセルを使用目的に応じて適宜選択して採用することができる。ソーラーセル20, 22, 24は、それぞれ異なるバンドギャップを有することによって、光電変換効率を向上させることができる。

【0044】

積層体40は、ソーラーセル20, 22, 24の重ね合わせる表面の少なくとも一方に図示しない導電粒子が分散した有機バインダーを例えば塗布して、ソーラーセル20, 22, 24を重ね合わせることで接着層30, 32を形成する。

【0045】

接着層30, 32は、有機バインダーに図示しない導電粒子を含んで形成される。接着層30, 32は、光透過性に優れ、かつ、導電性に優れることができ、压力容器50内に

10

20

30

40

50

配置した段階では硬化しておらず、加圧する工程において流動してソーラーセル 20, 22, 24 の全体に均一に薄く延びる程度の流動性を有することができる。したがって、接着層 30, 32 が薄く延びることを想定して、加圧前の接着層 30, 32 はソーラーセル 20, 22, 24 の外周までは達していない。

【0046】

接着層 30, 34 に用いる有機バインダーは、光透過性に優れた公知の有機バインダーを採用することができる。例えば、エポキシ系樹脂バインダー、ポリイミド系樹脂バインダーなどであることができる。有機バインダーは、ソーラーセル 20, 22, 24 に塗布される前に導電粒子を配合し分散させていることができる。

【0047】

導電粒子は、導電性に優れ、有機バインダーに混合されて分散することができる。導電粒子は、光透過性に優れることができる。導電粒子の粒径は、3 μm 以上、200 μm 以下であることができる。導電粒子の粒径が 3 μm 以上であれば、ソーラーセル 20, 22, 24 の表面に微細な凹凸が形成されていても比較的良好な導通が可能であり、接合時の温度及び圧力を比較的低く抑えることができる。また、導電粒子の粒径が 200 μm 以下であれば、分散率の関係で、導電粒子間の距離が広がりすぎず、導電粒子間に入った電流が導電粒子に向かって横方向に流れるのを防ぎ、横方向の抵抗による電流ロスが大きくなって、光电変換効率が低下することを防ぐことができる。

【0048】

積層ソーラーセルの製造装置 100 は、第 2 の実施形態で説明する積層ソーラーセルの製造装置 102 又は第 3 の実施形態で説明する積層ソーラーセルの製造装置 104 を圧力容器 50 の内部に収容することができる。第 2 の実施形態の積層ソーラーセルの製造装置 102 及び第 3 の実施形態の積層ソーラーセルの製造装置 104 の詳細は後述する。

【0049】

(第 2 の実施形態)

図 2 及び図 3 は、第 2 の実施形態にかかる積層ソーラーセルの製造装置 102、積層ソーラーセル 42 の製造方法及び積層ソーラーセル 42 を説明するための縦断面図である。なお、図 2 及び図 3 において第 1 の実施形態と同じ構成については、同じ名称及び符号を用いる。

【0050】

第 2 の実施形態にかかる積層ソーラーセルの製造装置 102 は、第 1 のソーラーセル 20 と、第 2 のソーラーセル 22 と、第 1 のソーラーセル 20 と第 2 のソーラーセル 22 の間に形成され、かつ、導電粒子を含む接着層 30 と、を有する積層体 40 を内部に収容する袋体 60 と、袋体 60 内の気体の一部または全部を脱気する図示しない真空ポンプと、を有し、真空ポンプが袋体 60 内を脱気することによって、袋体 60 内の内圧と袋体 60 外の大気圧との差圧によって積層体 40 を加圧し、第 1 のソーラーセル 20 と第 2 のソーラーセル 22 とを電氣的に接合し、かつ、接着することを特徴とする。

【0051】

袋体 60 は、その内部を減圧することで積層体 40 に密着する柔軟性を有することができる。袋体 60 の開口部 66 は、図示しない真空ポンプへと接続される。真空ポンプとしては、袋体 60 内を脱気して減圧し、後述する適度な真空度が得られればよく、袋体 60 の柔軟性や大きさなどの条件に応じて公知の真空ポンプを選択することができる。積層体 40 におけるソーラーセルの枚数は、2 枚以上であることができる。

【0052】

第 2 の実施形態にかかる積層ソーラーセル 42 の製造方法は、第 1 のソーラーセル 20 と、第 2 のソーラーセル 22 と、第 1 のソーラーセル 20 と第 2 のソーラーセル 22 の間に形成された導電粒子を含む接着層 30, 32 と、を有する積層体 40 を袋体 60 内に配置し、袋体 60 内の気体の一部または全部を脱気する工程を有し、袋体 60 内の内圧と袋体 60 外の大気圧との差圧によって積層体 40 を加圧することによって、第 1 のソーラーセル 20 と第 2 のソーラーセル 22 とを電氣的に接合し、かつ、接着することを特徴とす

10

20

30

40

50

る。積層体 40 におけるソーラーセルの枚数は、2 枚以上であることができる。

【0053】

図 2 に示すように、積層体 40 は、2 つの接着層 30, 32 を 3 枚のソーラーセル 20, 22, 24 で挟み込んだ状態で袋体 60 内に配置されている。袋体 60 は、ガス透過性が低く、柔軟性のあるプラスチック製の袋体を用いることができる。積層体 40 の構成は、図 1 と同様であるのでここでの説明は省略する。

【0054】

積層体 40 を内部に配置した袋体 60 は、開口部 66 から袋体 60 内の気体の一部または全部を脱気する（図 2 では符号 V で示す）。開口部 66 は、図示しない真空ポンプ等へと接続されており、脱気することで袋体 60 内を減圧状態にすることができる。

10

【0055】

図 3 に示すように、脱気された袋体 60 は、内部に収容された積層体 40 にぴったりと張り付く。袋体 60 内の真空度は、積層体 40 に必要とされる加圧力によって設定することができる。脱気された袋体 60 内の内圧は、例えば、0.08 MPa 以下であることができる。袋体 60 内に納められた積層体 40 には、大気圧から袋体 60 内の内圧を差し引いた圧力をかけることができる。例えば、袋体 60 内の内圧が 0.08 MPa であれば、大気圧 (0.1 MPa) から 0.02 MPa の圧力が積層体 40 に加えられることになる。

【0056】

この大気圧と袋体 60 の内圧との差によって積層体 40 は加圧され、接着層 30, 32 によってソーラーセル 20, 22, 24 が接着し、かつ、電氣的に接合する作用が働くことになる。そして、接着層 30, 32 が十分に硬化した後に袋体 60 を開封し、袋体 60 の中から積層ソーラーセル 42 を取り出す。第 2 の実施形態の製造方法によれば、複数のソーラーセルを積層して接着する際に、ソーラーセルの破損不良を低減することができる。特に、堅牢な圧力容器を用いることなく、比較的安価な袋体を採用することで、より製造コストを低減することができる。

20

【0057】

袋体 60 は、製造工程の間、脱気による減圧状態を維持できるのに十分なほど低いガス透過性を有し、かつ、減圧によって積層体 40 に密着する柔軟性を有していれば、プラスチック製に限らず、他の材質を用いることもできる。また、袋体 40 は、脱気する際に、開口部 66 を除く四辺が密閉された袋状になって内部を適度な減圧状態とすることができる。

30

【0058】

さらに、大気圧と袋体 60 の内圧との圧力差だけではソーラーセル 20, 22, 24 同士の接着や電氣的な接合が不十分な場合には、さらに、積層体 40 を袋体 60 の内部に収容し、かつ袋体 60 内の減圧状態を維持したまま積層体 40 を図 1 に示した圧力容器 50 内に配置し、第 1 の実施形態と同様にして積層体 40 を高圧ガス G で加圧することができる。このようにすることで、積層体 40 をより確実に電氣的に接合することができる。

【0059】

(第 3 の実施形態)

40

図 4 及び図 5 は、第 3 の実施形態にかかる積層ソーラーセルの製造装置 104、積層ソーラーセル 42 の製造方法及び積層ソーラーセル 42 を説明するための縦断面図である。

【0060】

図 5 に示す第 3 の実施形態にかかる積層ソーラーセルの製造装置 104 は、第 1 のソーラーセル 20 と、第 2 のソーラーセル 22 と、第 1 のソーラーセル 20 と第 2 のソーラーセル 22 の間に形成され、かつ、導電粒子を含む接着層 30 と、を有する積層体 40 を内部に収容する袋体 60 と、袋体 60 内の気体の一部または全部を脱気する図示しない真空ポンプと、積層体 40 の一方の表面の全体を支持する平坦な支持面 65 を有する支持体 64 と、支持体 64 を収容し、内部の気体の一部または全部を脱気する第 1 の袋体 62 と、を有し、袋体 60 は、支持体 64 の支持面 65 で第 1 の袋体 62 を介して積層体 40 を支

50

持した状態で収容し、真空ポンプが袋体60内を脱気することによって、袋体60内の内圧と袋体60外の大気圧との差圧によって積層体40を加圧し、第1のソーラーセル20と第2のソーラーセル22とを電氣的に接合し、かつ、接着することを特徴とする。

【0061】

積層ソーラーセルの製造装置104は、第1の袋体62の開口部68に接続される図示しない真空ポンプを有することができる。第1の袋体62の開口部68に接続される真空ポンプは、袋体60の開口部66に接続される真空ポンプとは別に設けてもよいし、同じものを用いてもよい。真空ポンプとしては、公知の真空ポンプを採用することができる。

【0062】

第3の実施形態にかかる積層ソーラーセル42の製造方法は、積層体40の一方の表面の全体を支持する平坦な支持面65を有する支持体64を用意する工程を有し、この工程の後に第2の実施形態の製造方法における脱気する工程を実施することができる。この場合、脱気する工程は、積層体40の一方の表面(すなわち図4における被支持面21)の全体を支持体64の支持面65で支持した状態で袋体60内に配置し、袋体60内の気体の一部または全部を脱気する工程とすることができる。

10

【0063】

まず、図4に示すように、支持体64を用意する工程は、支持体64を第1の袋体62内に配置する第1の工程と、第1の袋体62内の気体の一部または全部を脱気する第2の工程と、を有することができる。第2の工程は、第1の袋体62の開口部68を図示しない真空ポンプなどに接続して脱気する(図4における符号V)。

20

【0064】

次に、図5に示すように、第1の袋体62内に入れられた支持体64は、積層体40を支持面65上に載置して袋体60内に入れられる。その後、第2の実施形態で説明した脱気する工程を実施することができる。このとき、支持体64の支持面65が第1の袋体62を介して積層体42を支持することになる。また、第1の袋体62内の気体を脱気する第2の工程は、支持体64が積層体40と共に袋体60に入れられる前に行うこともできるし、袋体60内の気体を脱気する工程と一緒に行うこともできる。

【0065】

第1の袋体62は、袋体60と同様に、脱気による減圧状態を維持できるのに十分なほど低いガス透過性を有し、かつ、減圧によって支持体64に密着する柔軟性を有していれば、プラスチック製に限らず、他の材質を用いることもできる。このように、支持体64を第1の袋体62に入れた状態で積層体40を支持することによって、脱気する工程または高圧ガスによる加圧工程の後に、第1の袋体62を開封すると、第1の袋体62内に空気が流れ込んで第1の袋体62が変形し、第1の袋体62と積層ソーラーセル42とを容易に分離することができる。

30

【0066】

支持体64の支持面65は、積層体40の表面21と同じかそれより大きな面積を有することができる。本実施形態において支持体40は、積層体40の下にのみ配置して積層体40を支持しているが、積層体40の上にも配置して積層体40を挟み込むようにすることもできる。

40

【0067】

積層体40を支持面65上に直接載置して支持した場合、積層体40の被支持面21及び支持体64の支持面65が平滑であると、脱気させた時に密着し、両者を分離させにくくなり、最悪の場合、分離する際にセルを破損させるおそれがあるが、例えば、支持面65に極めて微細な溝や凹凸を多数設けておくことで容易に分離することができる。このような溝や凹凸は、積層体40を加圧する際にソーラーセル20, 22, 24を破損させない程度に微細に形成することができる。

【0068】

上記実施形態においては、3枚の異なるバンドギャップを有するソーラーセルを接着した構成としたが、本発明はこれに限らない。本発明に係る積層ソーラーセルの製造方法は

50

、異なるバンドギャップを有する2つ以上のソーラーセルを低バンドギャップから高バンドギャップの順に積層した構成において適用することができる。積層する数が多いほど、太陽光の利用効率が上がり、光電変換効率が向上する。

【0069】

また、上記実施形態では、半導体によるソーラーセルの積層に適用したが、その他、有機ソーラーセル、色素増感型ソーラーセルにも同様に本発明を適用することができる。

【0070】

バンドギャップが異なるソーラーセルを構成する半導体としては、Si、Ge、化合物半導体等が用いられる。例えばGaN(3.5eV)、GaAs(1.4eV)、Si(1.1eV)、Ge(0.7eV)、その他の化合物半導体によるソーラーセルから選択して、バンドギャップを異にする複数のソーラーセルを接着して本発明の積層ソーラーセルを構成することができる。

10

【0071】

このように、上記実施形態に係る積層ソーラーセルの製造方法によれば、独立して作成された複数の異種ソーラーセルを接着することができ、太陽光の利用効率を上げて高光電変換効率を向上することができる。上記実施形態では、例えば、市販の異種ソーラーセルを利用してこれらを接着することができ、コストが安く、かつ短時間で多量の高光電変換効率の積層ソーラーセルを製造することができる。

【0072】

積層ソーラーセル42は、あらゆるサイズの直径を有するソーラーセルを積層して形成することができる。積層ソーラーセル42は、第1のソーラーセル20と、第2のソーラーセル22と、第1のソーラーセル20と第2のソーラーセル22の間に形成され、かつ、導電粒子を含む接着層30と、を有し、第1のソーラーセル20及び第2のソーラーセル22の直径は、4インチ以上であることを特徴とする。積層ソーラーセル42は、近年の薄型化や比較的割れやすい材質であっても、複数の接着層を介して直径が4インチ以上の複数枚のソーラーセルを積層することができる。積層ソーラーセル42は、第1～第3の実施形態のいずれか1つの方法によって得ることができる。

20

【0073】

また、積層ソーラーセル42は、第1のソーラーセル20及び第2のソーラーセル22の直径が4インチ～12インチであることができる。

30

【0074】

積層ソーラーセル42は、第1のソーラーセル20及び第2のソーラーセル22のいずれか一方または両方の厚さが2 $\mu$ m～500 $\mu$ mであることができる。さらに、積層ソーラーセル42は、第1のソーラーセル20及び第2のソーラーセル22のいずれか一方または両方の厚さが2 $\mu$ m～200 $\mu$ mであることができる。

【実施例1】

【0075】

2枚の厚さ500 $\mu$ m、面積20cm<sup>2</sup>の低抵抗シリコン基板を接着層によって貼り合わせて積層体とした。接着層の厚さは約500 $\mu$ mであった。接着層は、粒径25 $\mu$ m～32 $\mu$ mのITO粒子を分散させたエポキシ系樹脂バインダー(セメダイン社製スーパー30)を用いた。

40

【0076】

この積層体を袋体に入れ、袋体内部を0.06MPaまで減圧し、さらに、袋体と共に積層体を圧力容器内に配置し、圧力容器内に0.3MPaの高圧ガスを導入し、接着層が硬化するまで120分間その状態を保持した。高圧ガスによって接着層は押しつぶされてシリコン基板に沿って薄く延び、接着層の厚さは約25 $\mu$ mになった。積層されたシリコン基板は破損していなかった。袋体は、200mm×200mmのプラスチック製であった。

【0077】

図6に示すように、圧力容器から取り出した積層ソーラーセル42のシリコン基板20

50

、22に電極を接続し、接合抵抗を測定した。接着層32は、エポキシ系バインダー4に多数のITO粒子3が分散し、2枚のシリコン基板20、22を接着しかつ電氣的に接合している。測定結果は、図7に示した通りであった。図7は、電圧-電流特性図であり、リニアなオーミック特性が得られ、接合抵抗として $1.8 \text{ cm}^2$ の低抵抗接合が実現できた。

【0078】

また、この接着層の光透過率を測定するため、シリコン基板の代わりに透明ガラス基板を用いて同様にエポキシ系樹脂バインダー（セメダイン社製スーパー30）を用いて積層し、光透過率を測定した。図8は、実施例1の積層ソーラーセルの波長-光透過率特性図である。光透過率は、80%以上であった。

10

【実施例2】

【0079】

非常に割れやすいとされる厚さ $150 \mu\text{m}$ 、直径4インチ（ $100 \text{ mm}$ ）のゲルマニウム基板2枚を実施例1と同じ接着層で貼り合わせて積層体を作製した。

【0080】

次に、表面に凹凸の無い直径 $150 \text{ mm}$ の金属板を $200 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$ のプラスチック製の第1の袋体に入れ、第1の袋体内圧が $0.06 \text{ MPa}$ になるまで減圧し、密封した。

【0081】

第1の袋体に収納した状態の金属板に積層体を載せて、 $200 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$ のプラスチック製の他の袋体に入れ、他の袋体内圧が $0.06 \text{ MPa}$ になるまで減圧し、密封した。

20

【0082】

金属板と積層体とを収納した袋体を圧力容器内に配置し、圧力容器内に $0.3 \text{ MPa}$ の高圧ガスを導入し、接着層が硬化するまで120分間その状態を保持した。

【0083】

圧力容器から取り出された積層されたゲルマニウム基板は、破損していなかった。図9は、実施例2によって製造された積層されたゲルマニウム基板42の写真である。

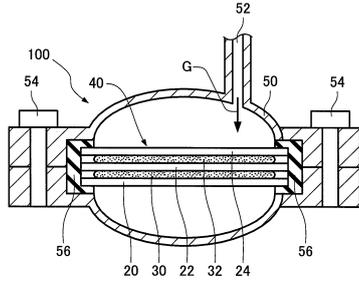
【符号の説明】

【0084】

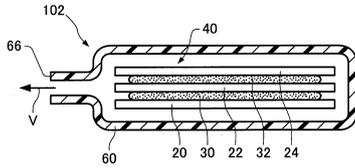
30

1 ソーラーセル、1a、1b 表面、2 ソーラーセル、2a、2b表面、3 導電粒子、4 有機バインダー、5 接着剤、6 加熱手段、8 表面電極、9 裏面電極、11 積層ソーラーセル、20、22、24 ソーラーセル、21 被支持体、30、32 接着層、40 積層体、42 積層ソーラーセル、50 圧力容器、52 導入部、54 ボルト、56 保持部材、60、62 袋体、64 支持体、65 支持面、66、68 開口部、100 積層ソーラーセルの製造装置、102 積層ソーラーセルの製造装置、104 積層ソーラーセルの製造装置、F 圧力、G 高圧ガス、L 太陽光、V 脱気

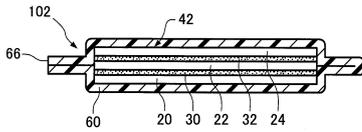
【 図 1 】



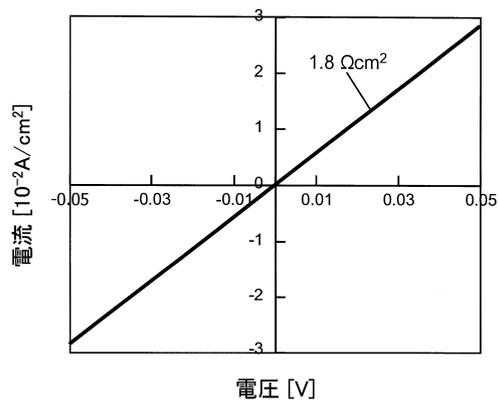
【 図 2 】



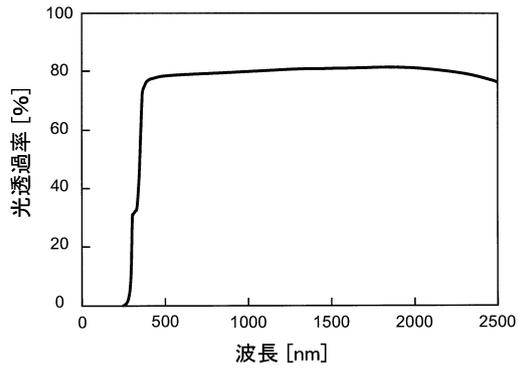
【 図 3 】



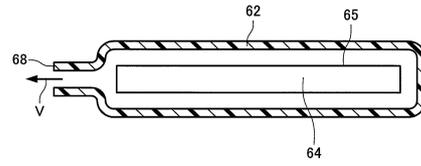
【 図 7 】



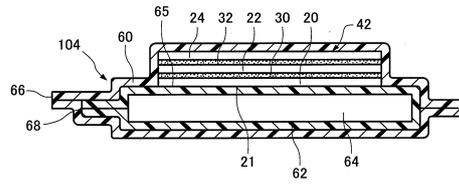
【 図 8 】



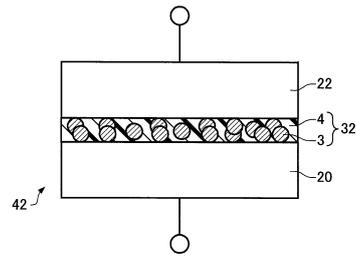
【 図 4 】



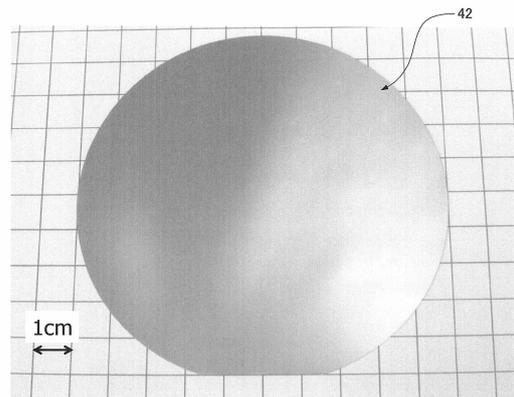
【 図 5 】



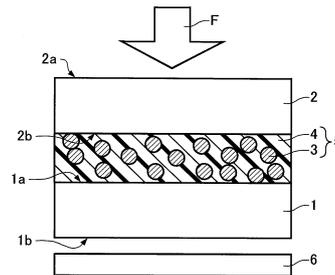
【 図 6 】



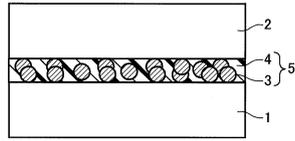
【 図 9 】



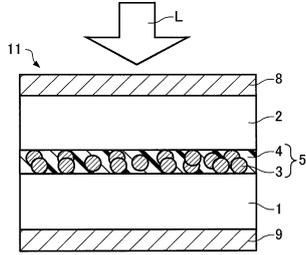
【 図 10 】



【 1 1】



【 1 2】



---

フロントページの続き

(出願人による申告)平成20年9月18日付け平成20年度、平成21年度、平成22年度独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「新エネルギー技術研究開発 革新的太陽光発電技術研究開発(革新型太陽電池国際研究拠点整備事業)高度秩序構造を有する薄膜多接合太陽電池の研究開発(配列制御ナノ結晶シリコン、メカニカルスタック)」に係る業務委託研究、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願

(56)参考文献 国際公開第2011/024534(WO, A1)  
特開2008-270636(JP, A)  
特開2004-055924(JP, A)  
特開平08-097110(JP, A)  
特開2011-210766(JP, A)  
特開平07-157342(JP, A)  
国際公開第2011/099452(WO, A1)  
国際公開第2011/019881(WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 31/02 - 31/078、31/18 - 31/20