

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H01L 31/0216

H01L 31/042

H01L 31/18



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 98106389.6

[45] 授权公告日 2005 年 6 月 8 日

[11] 授权公告号 CN 1205676C

[22] 申请日 1998.4.21 [21] 申请号 98106389.6

[30] 优先权

[32] 1997. 4. 21 [33] JP [31] 103225/1997

[32] 1997. 9. 24 [33] JP [31] 258532/1997

[71] 专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 小森绫子 深江公俊 高林明治

三村敏彦 森昌宏 高田健司

审查员 吴晓达

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所

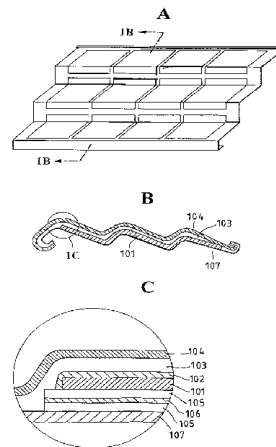
代理人 王永刚

权利要求书 4 页 说明书 27 页 附图 11 页

[54] 发明名称 太阳能电池组件及其制造方法

[57] 摘要

为确保光伏元件弯曲或弧形变形时的长期可靠性，在制备具有光伏元件的太阳能电池组件的方法中，光伏元件用树脂密封在支撑部件上，在光伏元件中和支撑部件上形成弯曲部分同时降低光伏元件表面法线方向上的加工压力；及在包括光伏元件的太阳能电池组件中，光伏元件至少包括一个在可弯曲基片上的光敏半导体层，至少使部分可弯曲基片在平行于基片表面的方向上发生张力变形，其应变小于使光伏元件填充因子降低的临界应变，由此使光伏元件变形。



ISSN 1008-4274

1. 一种太阳能电池组件的制造方法，包括以下步骤：

制备具有光伏元件（301）的太阳能电池组件（308），所述光伏元件（301）用树脂（303，305）密封在支撑部件（307）上，所述光伏元件（301）包括可弯曲基片（201）上的非单晶半导体层（203）；以及之后，对光伏元件（301）在法线方向上施加不大于 500kgf/cm^2 的加工压力，在太阳能电池组件（308）中存在所述光伏元件（301）的部分处形成弯曲部分。

2. 根据权利要求1的方法，其特征在于，在降低光伏元件（301）表面的法线方向上的加工压力的同时来形成所述弯曲部分。

3. 根据权利要求1或2的方法，其特征在于，降低加工压力包括只在支撑部件的未安装有太阳能电池组件（308）的光伏元件（301）的部分上施加压力，使部分或整个支撑部件（307）塑性变形。

4. 根据权利要求1或2的方法，其特征在于，用模压进行弯曲部分的形成。

5. 根据权利要求4的方法，其特征在于，降低加工压力包括在模压的模具（903，904）与太阳能电池组件之间提供缓冲材料（902）。

6. 根据权利要求4的方法，其特征在于，降低加工压力包括在模压的模具与太阳能电池组件之间提供间隙。

7. 根据权利要求1或2的方法，其特征在于，用辊压成形机加工形成所述弯曲部分。

8. 根据权利要求7的方法，其特征在于，降低加工压力包括围绕辊轴缠绕缓冲材料。

9. 根据权利要求1或2的方法，其特征在于，用折弯机折弯形成所述弯曲部分。

10. 根据权利要求9的方法，其特征在于，降低加工压力包括在折弯机的叶片（703，704）与太阳能电池组件之间提供缓冲材料（702）。

11. 根据权利要求9的方法，其特征在于，降低加工压力包括使用

带有曲率半径不小于 100mm 的叶片 (703, 704) 的折弯机。

12. 根据权利要求 1 的方法, 包括: 提供具有连续的凹下部分(1002)和连续的凸出部分的至少一种的所述弯曲部分的加工步骤。

13. 根据权利要求 1 的方法, 其特征在于, 所述树脂 (303, 305) 在弯曲部分的厚度小于在其他部分的厚度。

14. 根据权利要求 1 的方法, 其特征在于, 所述树脂 (303, 305) 包括纤维无机化合物 (302)。

15. 根据权利要求 14 的方法, 其特征在于, 在所述弯曲部分不存在所述纤维无机化合物 (302)。

16. 根据权利要求 1 的方法, 其特征在于, 所述支撑部件 (307) 为金属。

17. 根据权利要求 1 的方法, 其特征在于, 所述半导体层 (203) 是非晶硅。

18. 根据权利要求 1 的方法, 其特征在于, 所述可弯曲基片 (201) 是导电基片。

19. 根据权利要求 18 的方法, 其特征在于, 所述可弯曲基片 (201) 由不锈钢制成。

20. 根据权利要求 1 的方法, 其特征在于, 所述可弯曲基片 (201) 为树脂薄膜。

21. 根据权利要求 1 的方法, 其特征在于, 至少使一部分可弯曲基片 (201) 在平行于基片表面的方向上发生张力变形来进行所述弯曲部分的形成, 其应变小于使光伏元件的填充因子降低的临界应变, 由此使光伏元件 (301) 变形。

22. 根据权利要求 21 的方法, 其特征在于, 使填充因子降低的临界应变是 0.7%。

23. 根据权利要求 21 或 22 的方法, 包括给所述支撑部件 (307) 提供塑性变形范围内的应变。

24. 根据权利要求 1 或 21 的方法, 其特征在于, 所述太阳能电池组件 (308) 也可作为建筑材料。

25. 根据权利要求 21 的方法, 其特征在于, 所述半导体层是光敏半导体层。

26. 根据权利要求 25 的方法, 其特征在于, 所述张力变形的应变在可弯曲基片或者提供于光伏元件的非光接收表面侧上的支撑部件的塑性变形范围内, 且小于使填充因子降低的临界应变。

27. 根据权利要求 25 的方法, 其特征在于, 至少光伏元件的光接收表面具有有机聚合物树脂。

28. 根据权利要求 25 的方法, 其特征在于, 给光伏元件的非光接收表面提供支撑部件。

29. 根据权利要求 25 的方法, 其特征在于, 给太阳能电池组件的光接收侧的最外表面提供透明树脂薄膜层。

30. 根据权利要求 28 的方法, 其特征在于, 所述支撑部件具有塑性变形范围内的应变。

31. 根据权利要求 30 的方法, 其特征在于, 只在所述支撑部件的未在上述光接收表面侧提供有所述光伏元件的部分中形成塑性变形区域。

32. 根据权利要求 25 的方法, 其特征在于, 所述光敏半导体层是非晶硅。

33. 根据权利要求 25 的方法, 其特征在于, 使填充因子降低的所述临界应变是 0.7%。

34. 根据权利要求 25 的方法, 其特征在于, 所述可弯曲基片是导电基片。

35. 根据权利要求 30 的方法, 其特征在于, 所述塑性变形范围不小于 0.2%。

36. 根据权利要求 34 的方法, 其特征在于, 所述导电基片为不锈钢。

37. 根据权利要求 25 的方法, 其特征在于, 所述可弯曲基片为树脂薄膜。

38. 根据权利要求 28 的方法, 其特征在于, 所述支撑部件为金属。

39. 根据权利要求 25 的方法，其特征在于，所述太阳能电池组件也可作为建筑材料。

太阳能电池组件及其制造方法

本发明涉及太阳能电池组件及其制造方法，特别涉及各种高可靠性的太阳能电池组件及其制造方法，该组件中包括加工光伏元件的区域。

目前通用的太阳能电池是使用结晶硅和使用非晶硅太阳能电池。其中在导电金属基片上淀积硅、然后在其上形成透明导电层的非晶硅太阳能电池组件最有前途，因为它们比结晶硅太阳能电池便宜且轻，并有很好的抗冲击能力和高的可弯曲性。最近几年，由于非晶硅太阳能电池具有重量轻、抗冲击性能好、可弯曲等，这些都是非晶硅太阳能电池的特性，所以已经安装于建筑物的屋顶和墙壁上。这种情况下，用粘结剂将支撑部件（加强片）粘结到太阳能电池的不接收光的表面，并将该复合结构用作建筑材料。与支撑部件的粘结增加了太阳能电池组件的机械强度，由此防止了由于温度变化引起的翘曲和变形。特别是，由于它们能捕获更多的阳光，将它们安装在屋顶非常有用。在对于屋顶的应用中，常规方法的过程是：在太阳能电池上安装框架，在屋顶上设置基座，在基座上安装太阳能电池；粘结有支撑部件的太阳能电池组件从而通过弯曲支撑部件可以作为屋顶材料直接安装在屋顶上。这大大降低了原材料的成本，并减少了加工步骤的数量，由此可以提供便宜的太阳能电池组件。另外，由于框架和基座都不需要，所以太阳能电池变轻。即太阳能电池可以作为金属屋顶材料来处理，由于它们具有极好的可安装性、重量轻的特性、和极好的抗地震性能最近很受重视。

例如，日本特许公开 7-302924 公开的屋顶材料和太阳能电池复合组件有极好的安装性能，因为它们按和普通屋顶材料一样的方式工作；由于可以用常规机械来制备，所以很容易处理。但是要按如下方式构成该太阳能电池组件，即：使光伏元件置于横向屋顶的平缝屋顶材料的平面部分，并且一点也不能变形。

但是最近几年，个人的创意越来越受重视，对于屋顶材料和太阳能电池方面也是如此。为了制备满足各种需要和有不同形状太阳能电池或建

筑材料，需要确保包括光伏元件的所有区域的可加工性，而不是让光伏元件上的区域永远保持平坦。

日本特许公开 8 - 222752 或 8 - 222753、或日本特许公开 6 - 5769 记载了一种波纹形太阳能电池组件，作为满足各种需要的一例。在任一情况下，以波纹形方式排列光伏元件，以增加光的利用率，由此该制造方法包括用粘结剂将光伏元件粘结到加工成波纹形片状的不锈钢片等上的步骤。

另一方面，有研究 α -Si:H（氢化非晶硅）层及其应变的关系的报道。

例如，1989年 Appl. Phys. Lett. 第 54 卷第 17 期 1678 - 1680 页的“张应变下聚合物薄膜基片上的氢化非晶硅层的电特性”报道了给 α -Si: H 薄膜（0.5 μ m 厚，主要为 i 型 α -Si: H）加张力时在暗状态下电阻的变化，该 α -Si: H 淀积在 PET 基片（100 μ m 厚）上。下面是该报道的详细内容。

在张力下，在达到 0.7% 的应变前，由于压阻效应，所以 α -Si: H 层的电阻逐渐增加（可逆性的）；而在应变超过 0.7% 以后，由于弱 Si-Si 键的断裂，其电阻迅速增加（不可逆性的）。但是由于 0.7% 或以上的应变导致电阻增加的 α -Si: H 层可以通过在 150 $^{\circ}$ C 下退火一小时来恢复。

还有，1989年 J. Appl. Phys. 第 66 卷第 1 期 308 - 311 页的“机械应变对氢化非晶硅结的电特性的影响”报道了有 pin 结的 α -Si: H 的压结效应。该报道的详细内容如下。

当有 pin 结的 α -Si: H 沿平行 pin 结的方向变形时，在 7500 μ e 的张应力下，其正向和反向电流都降低 8%（暗状态）。而且在 7500 μ e 的压应力下，其电流增加 8%。

但是在上述常规技术中，没有说明将光伏元件弯曲为波纹状等形状时光伏元件的比应力。即，没有说明基片的位移量、光伏元件的位移量、太阳能电池组件的位移量。也没有任何关于应力和变形效应以及可靠性的说明。

在这样的条件下，避免了制造将光伏元件置于应力下或将其变形的太阳能电池组件；如果将组件成形，则必须检测成形的可靠性。由于必须对一个产品（加工形状）进行很多可靠性测试，所以需要更多的时间来制备商用产品。这种方法不适于高速生产商用产品，无法满足提供各种产品的

现代太阳能电池和建筑材料的需要。

如上所述，为了高速生产各种高可靠性太阳能电池组件，需要满足下面各点。

(1) 加工包括光伏元件的区域的情况下，要限定光伏元件的具体、可变形区域。

(2) 必须确保光伏元件变形时的长期可靠性。

为了实现上述各点，本发明人在进行了大量深入细致的研究和研制后，发现一种太阳能电池组件的制造方法，包括以下步骤：制备具有光伏元件的太阳能电池组件，所述光伏元件用树脂密封在支撑部件上，所述光伏元件包括可弯曲基片上的非单晶半导体层；以及之后，对光伏元件在法线方向上施加不大于 500kgf/cm^2 的加工压力，在太阳能电池组件中存在所述光伏元件的部分处形成弯曲部分。

图 1A 是本发明太阳能电池组件的透视图，图 1B 是沿图 1A 中的线 1B-1B 的剖面图，图 1C 是图 1B 中 1C 部分的放大图；

图 2A 是适于本发明太阳能电池组件的光伏元件的例子的平面图，图 2B 是沿图 2A 中的线 2B-2B 的剖面图，图 2C 是图 2A 中沿线 2C-2C 的剖面图；

图 3 表示制备太阳能电池组件的过程中堆叠的层；

图 4A 是其边缘弯曲的太阳能电池组件的透视图，图 4B 是完成最后加工后太阳能电池组件的透视图；

图 5A 是适于本发明太阳能电池组件的电池块的例子的平面图，图 5B 是图 5A 中 5B 部分的放大图，图 5C 是沿图 5B 中的线 5C-5C 的剖面图；

图 6A 是本发明太阳能电池组件的透视图，图 6B 是图 6A 中沿线 6B-6B 的剖面图，图 6C 是图 6B 中 6C 部分的放大图；

图 7 是用折弯机进行弯曲时的太阳能电池组件的剖面图；

图 8 是本发明的太阳能电池组件的透视图；

图 9 是用压力加工机器弯曲时太阳能电池组件的剖面图；

图 10A 是本发明太阳能电池组件的平面图，图 10B 是沿图 10A 中的线 10B - 10B 的剖面图；

图 11 表示比较例太阳能电池组件中堆叠的层；

图 12 是表示抗划伤试验的示意图；

图 13 是平板太阳能电池组件的剖面图；

图 14 表示加工前后对光伏元件所加最大压力与光电转换效率变化之间的关系，其中加工前光电转换效率为 1；

图 15 表示光伏元件加工过程中应变的例子的曲线图；

图 16 表示 α -Si: H 与 F.F.之间的关系曲线。

图 1A 到 1C 是本发明太阳能电池组件的透视图、剖面图、和部分放大图。在图 1A 到 1C 中，参考数字 101 代表光伏元件，102 表示纤维无机化合物，103 为作为前表面填料的透明、有机聚合化合物，104 是最外面的透明树脂层，105 是作为背面填料的透明有机聚合物，106 是背面绝缘薄膜，107 为支撑部件。

面说明本发明采用的加工形状。首先制备平板太阳能电池组件，然后弯曲使它有图 1A 到 1C 所示的连续弯曲部分。但是应该注意，尽管图 1A 到 1C 表示有连续弯曲部分的太阳能电池组件的加工例子，但本发明并不限于该例；太阳能电池组件可以加工成仅在一部分有弯曲部分、或者有很多凹下和凸起部分。

使用本发明的制造方法，可以加工无任何损坏的光伏元件。具体地，制造方法是在形成弯曲部分的步骤中降低折弯压力的方法，所以可以不损伤光伏元件地制造太阳能电池组件，因此可以制造高可靠性的太阳能电池组件。

例如，如图 1A 到 1C 所示，可以将大的太阳能电池组件加工为具有窄加工宽度的台阶的屋顶材料。由于不需给每个台阶提供连接部分，所以有很少的连接部分的太阳能电池组件变为屋顶材料具有极好的美感和可安装性。另外，可以在支撑部件上排列光伏元件，不管其加工宽度，所以可以增加单位面积上光伏元件的比例，由此可以更有效地引出太阳能电池的输出。

另外，对包括具有光伏元件的部分的支撑部件的加工能力增加了外部

结构的变化，而不必限于图 1A 到 1C 的结构，使原始建筑材料的产品具有极好的美感。

由于甚至带有光伏元件的支撑部件可以加工为普通钢片建筑材料同样的台阶，所以可以使用常规制备设备，不必作大的改变。这降低了制造成本。

(形成弯曲部分的方法)

由于弯曲了光伏元件存在的部分，所以需要确保光伏元件的可靠性。本发明人发现：在加工过程中，希望提供降低垂直施加在光伏元件表面的弯曲压力的措施。更具体地，发现作用在光伏元件上的压力不应超过 500 kgf/cm^2 。

图 14 表示加工前后作用在光伏元件上的最大压力与光电转换效率的改变之间的关系，加工前的光电转换效率为 1。可以看出，使用大于 500 kgf/cm^2 的压力增加了光伏元件的损伤，导致光电转换效率的大大降低，从而不能保证太阳能电池组件所需的可靠性。

不对光伏元件施加加工压力来制造太阳能电池组件的可能方法有：将太阳能电池组件粘结到预先加工过的支撑部件上的方法。但是这种加工方法与使用普通钢片的普通加工步骤不同，所以该方法具有低的批量生产率；另外由于需要另外的材料如粘结剂，所以该加工方法增加了成本。

因此希望按下面方法进行弯曲部分的上述加工：首先如图 13 所示形成平板太阳能电池组件，然后用模压机、辊压成形模压机、或折弯模压机进行弯曲。

一旦首先制备了模具，使用模压机可以容易地加工为任意形状，甚至是不规则形状。因此模压机适于加工图 9 所示的建筑材料。在使用压力模压的情况下，将太阳能电池组件置于上下模具之间进行加工。在这种情况下，如果作用在光伏元件上的压力超过 500 kgf/cm^2 ，将损坏光伏元件，由此降低了太阳能电池组件的可靠性。希望使用下面方法来降低压力。

第一个方法是：只在太阳能电池组件的光伏元件不存在的支撑部件区域施加压力，使部分或整个支撑部件塑性形变，由此成形弯曲部分。这可以在根本不接触光伏元件上面的区域的情况下加工太阳能电池组件。

另一个方法是：在压模与太阳能电池组件之间放置片状的橡胶、尿烷、

泡沫、无纺纤维、聚合物树脂等缓冲材料。这分散了压模的压力，由此降低了光伏元件上的压力。

另一个有效方法是：在压力的底部固定中心，于太阳能电池组件与加工机器之间提供间隙。即不将压力作用在整个太阳能电池组件上来加工太阳能电池组件。当用模压完成形成弯曲部分的步骤后，其可加工性增强。由于这是普通钢片中进行的加工，所以可以容易地加工太阳能电池组件。

辊压成形机对于纵向加工很好。同一模压机可以制备不同长度的钢片。特别是，可以用辊压成形机折弯长钢片和进行复杂折弯，并容易高速加工，因此该方法有很高的批量生产率。在这种情况下，还最好用橡胶、尿烷、泡沫、无纺纤维、聚合物树脂片等缓冲材料包裹辊压成形机所用滚轴，以降低光伏元件上的压力。

折弯机可以将材料弯曲成简单的器件结构。这对简单弯曲和弯曲相对小的钢片比较有效。但是由于折弯机的叶片的曲率半径通常很小，在折弯时，压力集中在光伏元件。为了降低压力，最好在折弯机的叶片与太阳能电池组件之间使用缓冲材料。和上面类似，优选的缓冲材料是片状的橡胶、尿烷、泡沫、无纺纤维、聚合物树脂等。另一办法是增加折弯机叶片的曲率半径，使它不小于100mm。当用折弯机折弯来形成弯曲部分时，可以便宜且容易地形成弯曲部分。特别是该方法对加工短太阳能电池组件很有效。

另外在折弯太阳能电池组件作为屋顶材料的情况下，有时在太阳能电池组件的边缘部分折弯支撑部件。图1A到1C示出了这种情况的例子，其中，将两个相对边缘部分折弯到光接收侧，而另外边缘折弯到非光接收侧。由于在屋顶材料和本发明太阳能电池组件从屋檐安装时，只需将相邻上下太阳能电池组件的弯曲部分连接来简单安装，所以该弯曲大大增加了可安装性。由于该弯曲省去了常规安装方法中用来将太阳能电池放置在屋顶上所需的框架和底座，所以这种方法可以大大降低成本，并减轻重量。当用辊压成形机进行折弯时，可以增加加工速度、更加降低成本。

比较本发明的太阳能电池组件与太阳能电池组件安装到建筑材料上的常规组件时，发现还作为本发明建筑材料的太阳能电池组件不需建筑材料，因此可以低成本得到。

(光伏元件与应变之间的关系)

下面详细说明表示本发明光伏元件与应变的关系的实验。所用光伏元件的结构是：在基片上堆叠背面反射层、pin 结型非晶硅半导体光敏层、透明导电层、收集电极。用该光伏元件进行实验，下面说明实验结果。首先将应变测量计粘接到光伏元件基片的非光接收表面。然后测量其初始特性。对样品施加张应力，用张力测试仪沿平行基片表面的方向拉伸光伏元件。在此情况下，在基片的各个高达 $1200\mu\epsilon$ (1.2% 拉长) 的峰值应变下进行测量。按此方法重新测量不同应变的样品的特性，并用 SEM (扫描电镜) 最后观察光伏元件的表面。

应变可以分为两类，施加张力过程中出现的峰值应变、和张应变释放后保留的残余应变 (图 15)。如果在施加张应力的过程中的峰值应变点有裂纹等缺陷出现在 α -Si:H 中，即使消除随后的所有残余应变也不能补偿这些缺陷。因此，在考虑光伏元件的变形区域与应变之间的关系时，峰值应变很重要。

上述实验结果示于图 16 中，首先参照图 16 说明使光伏元件的 F.F. 降低的临界应变的定义。图中示出光伏元件的应变与 F.F. 变化率之间的关系。在此情况下，如图 16 所示，F.F. 在某应变点开始倾斜 (下降)。由于 F.F. 的下降为一平缓的曲线，所以由图示的两切线的交点来确定使 F.F. 下降的临界应变。在图 16 的用 α -Si:H 的情况下，两切线的交点在 $7000\mu\epsilon$ (0.7% 的应变)。这表示当峰值应力为 $7000\mu\epsilon$ 或以上时，F.F. 开始下降。因此为了加工光伏元件并确保其可靠性，希望在加工过程中，光伏元件中的峰值应变小于使 F.F. 下降的临界应变 (用 α -Si:H 时为 0.7%)。为了在此条件下使光伏元件变形，可弯曲基片由具有塑性形变区域的材料构成，该塑性形变小于使 F.F. 下降的临界应变 (用 α -Si:H 时为 0.7%)。在小于使 F.F. 下降的临界应变 (用 α -Si:H 时为 0.7%) 的应变下使基片变形的同时，使光伏元件变形。这可以在不降低基片上光伏半导体层的性能的情况下实现光伏元件的变形。

这里，如下面所述定义 F.F.：
$$F.F. = \frac{\text{最大功率 (Pm)}}{(\text{短路电流(Isc)} \times \text{开路电压(Voc)})}$$
。其物理意义是实际取出的功率 Pm 与 Voc 和 Isc 的乘积之比，其中 Voc 为最大电压时的值，Isc 为最大电流时的值。F.F. 的实

际值由 pn 结的正向特性所决定，如果有漏电流流过所用半导体基片中所含的缺陷、和制备 pn 结的过程中或随后的制备步骤中产生的缺陷时，则 F.F. 将降低。这将导致输出比预先期望的要低。为此，进行张力施加测试后 F.F. 降低表示由于张力测试在半导体层中出现缺陷。

从上面还可以看出，在 α -Si: H 的情况下，当峰值应变不低于 0.7% 时，当光伏元件的应变不低于使 F.F. 下降的临界应变时，认为光伏元件中已经产生缺陷。

当用 SEM 从光接收侧观察光伏元件时，在应变不小于使 F.F. 下降临界应变的区域，从可弯曲基片的法线方向观察到很多裂纹。从此时太阳能电池的特性的退化来看，认为有这种可能：即在基片结构中的薄膜/金属层/透明电极层/半导体活性层/透明电极之间、或活性半导体层内出现界面分离。

如图 1A 到 1C 所示的折弯中出现应变的地方是台阶形的顶部和底部。最大应变出现在台阶形的顶部。应变还出现在底部，但很小。

图 1A 到 1C 示出的例子中，按连续台阶形折弯太阳能电池组件，但是本发明不限于此例。例如，可以只折弯太阳能电池组件的一部分，可以将太阳能电池组件折弯成有很多凹下和凸起部分，或者加工平板太阳能电池组件使其平面形状承受张应力，只要加工产生塑性形变并保持可弯曲基片的应变小于使 F.F. 下降的临界应变就行。由于不管有没有光伏元件都能加工太阳能电池组件，所以可以将大的太阳能电池组件加工为具有窄加工宽度的台阶形屋顶材料，如图 1A 到 1C 所示，由于不需给每个台阶提供连接部分，所以使用这种太阳能电池组件的屋顶非常美观，而且有极好的可安装特性，其连接部分很少。而且，光伏元件的排列不必随太阳能电池组件的构型而改变，同一平板太阳能电池组件可以加工为各种形状。因此，太阳能电池组件具有极好的可加工性和生产率。特别是，考虑有支撑部件的太阳能电池组件的加工，支撑部件通常由比基片硬的材料构成，所以很难只用可弯曲基片的塑性形变来保持太阳能电池组件的加工形状。在此情况下，加工成形太阳能电池组件的例子是：只在不存在光伏元件的支撑部件有塑性形变，由此保持整个支撑部件的形状。用此方法，可以将有支撑部件的太阳能电池组件加工为太阳能电池组件、同时保持可弯曲基片中

的应变小于使 F.F.下降的临界应变，由此维持其形状，因此，太阳能电池组件有极好的可靠性且极美观。

下面说明用于本发明的光伏元件、和覆盖光伏元件的材料。

(光伏元件 101)

图 2A 到 2C 示出了适于本发明太阳能电池组件的光伏元件的例子。参考数字 201 代表导电基片，202 表示背面反射层，203 为光敏半导体层，204 为透明导电层，205 为收集电极，206 为输出端子。

导电基片 201 作为光伏元件的基片，同时还作为下电极。导电基片 201 可以由选自下面的材料构成，即硅、钽、钼、钨、不锈钢、铝、铜、钛、碳片、镀铅铁片、和其上形成有导电层的树脂或陶瓷薄膜。

对于上述导电基片 201 上的背面反射层 202，可以由金属层、或金属氧化物层、或金属层与金属氧化物层的复合层来形成。金属层由如 Ti、Cr、Mo、W、Al、Ag 或 Ni 等金属构成，金属氧化物层由例如 ZnO、TiO₂ 或 SnO₂ 构成。形成上述金属层和金属氧化物层的方法选自电阻加热汽相淀积方法、电子束汽相淀积方法、溅射方法等。

光敏半导体层 203 是用来进行光电转换的部分。光敏半导体层 203 的材料的具体例子为：pn 结型多晶硅，pin 结型非晶硅和包括 CuInSe₂、CuInS₂、GaAs、CdS/Cu₂S、CdS/CdTe、CdS/InP、和 CdTe/Cu₂Te 等的化合物半导体。在多晶硅情况下，将熔化硅制成片、或热处理非晶硅来制备光敏半导体层；在非晶硅情况下，使用硅烷等作为原材料进行等离子体增强 CVD 来制备光敏半导体层；或在化合物半导体的情况下，用离子镀、离子束淀积、真空汽相淀积、溅射、或电镀制备光敏半导体层。

透明导电层 204 作为太阳能电池的上电极。透明导电层 204 由选自如 In₂O₃、SnO₂、In₂O₃-SnO₂ (ITO)、ZnO、TiO₂、Cd₂SnO₄ 和掺有高浓度杂质的结晶半导体层等材料构成。形成透明导电层 204 的方法选自电阻加热汽相淀积、溅射、喷涂、CVD 和杂质扩散方法。

为了有效收集电流，在透明导电层上可以提供栅形收集电极 205 (栅)。收集电极 205 的具体材料是：例如，Ti、Cr、Mo、W、Al、Ag、Ni、Cu、Sn、和包括银膏的导电膏。形成收集电极 205 的方法选自：有掩模图形的溅射、电阻加热，CVD，先在整个表面蒸发金属膜、然后用腐

蚀去除不需要部分进行构图的方法，用光 CVD 直接形成栅电极图形的方法，先形成栅电极图形的负图形的掩模、然后在其上进行电镀的方法，印刷导电膏的方法。导电膏通常选自在粘合剂聚合物中散布有银、金、铜、镍、碳等细粉末的导电膏。对于粘合剂聚合物，例如可以包括：聚酯、环氧树脂、丙烯酸、醇酸、乙酸乙酯、橡胶、尿烷、和酚树脂。

最后将正输出端子 206a 和负输出端子 206b 分别附着在收集电极和导电基片上，以取出电动力。用点焊或焊接将铜片等金属部件粘结于导电基片上从而将输出端子附着在导电基片上。用导电膏 207 或焊料电连接金属部件的方法将输出端子附着在收集电极上。当附着在收集电极 205 上时，为了防止输出端子接触导电金属基片和半导体层导致短路，最好提供绝缘部件 208。

根据需要的电压或电流，将上述技术制备的光伏元件进行串联或并联。当串联时，一个电池的正输出端子连接到下一个电池的负输出端子。当它们并联时，每个电池的同极输出端子相连。和这些例子不同，还可以将光伏元件集成在绝缘基片上，以得到所需的电压或电流。

考虑高导电性、焊接特性、和成本，用于连接输出端子与元件的金属部件的材料最好选自铜、银、焊料、镍、锌、和锡。

(纤维无机化合物 102)

下面说明浸入表面填料中的纤维无机化合物 102。为了充分利用其可弯曲性，首先用塑料膜覆盖非晶硅太阳能电池的表面。但是在此情况下，与最外表面用玻璃覆盖相比，这样的表面抗外界划伤能力弱。

太阳能电池组件，特别是安装在房子的屋顶或墙壁的组件，需要有防火能力。但是用大量透明、有机聚合物树脂作为表面覆盖材料特别容易燃烧，而少量的聚合物树脂又不能保护内部光伏元件不受外界冲击。为了用少量的树脂，充分保护光伏元件不受外界环境的影响，使用其中浸有纤维无机化合物的透明有机聚合物树脂作为表面覆盖材料。

纤维无机化合物具体选自玻璃纤维无纺布、玻璃纤维织物、玻璃填料等。具体地，最好使用玻璃纤维无纺布。玻璃纤维织物很昂贵、且很难浸渍。当使用玻璃填料时，不会增加其抗划伤能力，且不能容易地用少量的透明有机聚合物树脂覆盖光伏元件。为了确保充分的粘附性能，和

用于透明有机聚合物树脂的物质类似，希望用硅烷耦合剂或有机钛酸盐化合物来处理纤维无机化合物，以长期使用。

（填料 103）

需要使用透明有机聚合物作为表面填料 103，来用树脂覆盖光伏元件的不平，以保护光伏元件不受温度变化、湿度、冲击等外界环境的影响，确保表面薄膜与元件之间的粘附性。因此，填料需要有耐气候性、填充特性、耐热特性、抗低温特性、和抗冲击特性。满足这些要求的树脂包括：乙烯乙酸乙酯共聚物（EVA）、乙烯丙烯酸甲酯共聚物（EMA）、乙烯丙烯酸乙酯共聚物（EEA）和丁醛树脂等多酚树脂，尿烷树脂，硅酮树脂等。其中最好使用 EVA，由于它用于太阳能电池中时有很平衡的物理特性。

如果不交联，因为 EVA 有低的热变形温度，在高温使用时，容易变形或翘曲，所以希望它们交联以增强耐热特性。在使用 EVA 的情况下，通常用有机过氧化物进行交联。按下面方式用有机过氧化物进行交联：有机过氧化物产生的自由基将氢原子和卤族原子从树脂中拉出，形成 C - C 键。活化有机过氧化物的已知方法包括热分解、氧化还原分解、离子分解。通常爱采用热分解方法。有机过氧化物的化学结构的具体例子大概分为过氧化氢、二烷基（烯丙基）过氧化物、二酰基过氧化物、过氧缩酮、过氧酯、过氧碳酸盐、过氧酮。

所加有机过氧化物的量为 100 份重量的填充树脂中占 0.5 到 5 份。

当与填料一起使用上述有机过氧化物时，可以在加热加压条件下实现交联和热压连接。可以根据相应有机过氧化物的热分解温度特性来确定加热温度和时间。通常在热分解进行到 90 %、更好是不低于 95 % 的温度和时间下停止加热。这样得到的填料的凝胶比例不低于 80 %。这里凝胶百分比由下面方程给出。

凝胶百分比 = (样品未溶解重量/样品原始重量) × 100 (%)，即当用二甲苯等溶剂萃取透明有机聚合物树脂时，通过交联而凝结的部分不能取出，只是未交联的溶胶部分被取出。100 % 的凝胶百分比表示完全完成交联。取出萃取并蒸发出二甲苯后剩下的样品，只得到未溶解的凝胶部分。

如果凝胶百分比小于 80 %，所得到的树脂将有退化的耐热特性和抗翘曲性能，在例如夏天等高温下使用时将有问题。

为了有效地进行上述交联反应，希望使用称为交联辅助剂的三丙烯基异氰酸酯（TAIC）。所加交联辅助剂的量通常是在100份重量的填充树脂中占1到5份。

本发明所用的填料的材料有极好的耐气候性能，但是为了进一步增强耐气候性，或保护填料下面的层，另外加入紫外吸收剂。紫外吸收剂可以选自已知的化合物，考虑到太阳能电池组件的使用环境，最好选自低挥发性紫外吸收剂。如果和紫外吸收剂一起还加入光稳定剂，填料将对光更稳定。紫外吸收剂的具体化学结构大致分为水杨酸基、二苯酮基、苯并三唑基、和腈基丙烯酸酯基吸收剂。最好加至少一种这些紫外吸收剂。

对于不用上述紫外吸收剂而实现耐气候性的方法，已知有使用受阻胺类光稳定剂的方法。和紫外吸收剂不同，受阻胺类光稳定剂不吸收紫外光，但是当它和紫外吸收剂一起使用时有很好的协同效果。所加稳定剂的量通常约为100份重量的树脂中占0.1-0.3份。当然也有受阻胺类稳定剂以外的光稳定剂，但是其中多数都有颜色，不希望用于本发明的填料中。

另外也可以加抗氧化剂，以改进其热阻和热可加工性。所加抗氧化剂的量最好为100份重量的树脂中占0.1-1份，抗氧化剂的化学结构大致可以分为单酚类、双酚类、聚合物型酚类、硫类、和磷酸类抑制剂。

如果太阳能电池组件要用于严酷条件下，最好增强填料与光伏元件或表面薄膜之间的粘附强度。可以向填料中加硅烷耦合剂或有机钛化合物来增强粘附强度。所加添加剂的量较好为100份重量的填充树脂中占0.1-3份，更好为100份重量的填充树脂中占0.25-1份。而且，向透明有机聚合物中添加硅烷耦合剂或有机钛化合物还能有效地增强透明有机聚合物化合物与纤维无机化合物之间的粘附强度。

另一方面，为了尽量防止到达光伏元件的光量的减少，需要表面填料透明。具体地，在400nm到800nm的可见光波长区域，其透过率较好为80%或以上，更好为90%或以上。为了使光容易从大气进入，25℃下填料的折射率较好为1.1到2.0，更好为1.1到1.6。

（表面树脂薄膜104）

由于本发明所用表面树脂薄膜104放在太阳能电池组件的最外层，它需要具有确保太阳能电池组件户外暴露的长期可靠性的性能，包括耐气候

性、抗污染性能、机械强度。用于本发明的树脂薄膜包括氟树脂薄膜、丙烯酸树脂薄膜等。其中氟树脂薄膜较好，因为它有极好的耐气候性能和抗污染性能。氟树脂的具体例子是聚偏氟乙烯树脂、聚氟乙烯树脂、四氟乙烯-乙烯共聚物等。聚偏氟乙烯树脂有极好的耐气候性，而四氟乙烯-乙烯共聚物在耐气候性、机械强度和透明性能方面有极好的兼容性。

为了改进填料的粘附性，希望对表面薄膜进行电晕处理、等离子体处理、臭氧处理、UV 辐照、电子束辐照、或火焰处理等表面处理。具体地，光伏元件表面的浸润指数较好为 34 达因到 45 达因。如果浸润指数不超过 34 达因，树脂薄膜与填料之间的粘附强度不够，将在填料与树脂薄膜之间出现分离。另外，当树脂薄膜为四氟乙烯-乙烯共聚物薄膜时，很难达到 45 达因以上的浸润指数。

如果树脂薄膜是取向薄膜，将出现裂纹。如同本发明一样在弯曲太阳能电池组件边缘部分的情况下，薄膜将在弯曲部分破裂，从而加剧了这些部分覆盖材料的剥落和水的侵入，由此降低了可靠性。为此，希望树脂薄膜没有取向。具体地，根据 ASTM D - 882 试验方法，破裂时纵向和横向的张力拉长较好在 200 % 到 800 %。

(背面填料 105)

为了得到光伏元件 101 与背面绝缘薄膜 106 之间的粘附性能，提供背面填料 105。背面填料 105 的优选材料是那些能充分保证与导电基片的粘附性、具有长期持久性、耐热膨胀和热收缩、可弯曲的材料。合适的材料选自如 EVA、乙烯丙烯酸甲酯共聚物 (EMA)、乙烯丙烯酸乙酯共聚物 (EEA)、聚乙烯、或聚乙烯丁醛、双面胶带、有弯曲性能的环氧树脂粘附剂等热熔材料。另外，为了增强与支撑部件和绝缘薄膜的粘附强度，可以用增粘剂树脂覆盖这些粘附剂。这些填料通常是和表面填料 103 所用的透明聚合物树脂相同的材料。为了简化步骤，也可以使用其中上述粘附层预先整体放置在绝缘薄膜两面的材料。

(绝缘薄膜 106)

需要绝缘薄膜 106 以维持光伏元件 101 的导电金属基片与外界的电绝缘。优选材料是那些能保证与导电金属基片充分电绝缘、有极好长期持久性、抗热膨胀和热收缩、可弯曲的材料。适用的材料选自聚酰胺、聚对苯

二甲酸乙二醇酯、聚碳酸酯等。

(支撑部件 107)

在背面覆盖薄膜的外面，堆叠支撑部件 107，以增加太阳能电池组件的机械强度、防止由于温度变化导致的变形或翘曲、或实现能作为屋顶材料的太阳能电池组件。支撑部件 107 的优选材料选自如具有极好耐气候性能和防锈性能的用有机聚合物树脂覆盖的喷涂、镀锌铁片、塑料片、FRP (玻璃纤维增强塑料) 片等。

(组件的形成)

图 3 示出形成太阳能电池组件的各层的堆叠构型。具体地，按图中所示的顺序或按相反的顺序堆叠光伏元件 301、无机填充化合物 302、表面填料 303、表面树脂薄膜 304、背面填料 305、绝缘薄膜 306、支撑部件 307，并在真空叠合器中热压，由此得到太阳能电池组件 308。热压过程中的加热温度和加热周期取决于充分进行交联反应的温度和周期。

由于封装光伏元件的步骤和将封装的光伏元件固定到支撑部件的步骤同时进行，所以可以得到低成本太阳能电池组件。即可以用简单的设备容易地进行太阳能电池组件的覆盖步骤，由此增加其产量。

用模压机、辊压成形模压机、或折弯模压机加工按此方式制备的太阳能电池组件 308，使它有弯曲部分，由此得到本发明的太阳能电池组件。

本发明的太阳能电池组件和电力转换装置一起使用，以构成电力产生系统。电力转换装置进行如下控制：使太阳能电池组件的输出一直为最大。电力产生系统可以有和商用电力系统互联的功能。

(例子)

(例 1 - 1)

[光伏元件]

首先制备非晶硅 (α -Si) 太阳能电池 (光伏元件)。下面参照图 2A 到 2C 说明制备过程。

在清洁的不锈钢基片 201 上，用溅射先后形成 Al 层 (5000Å 厚) 和 ZnO 层 (5000Å 厚)，以形成背面反射层 202。按 150Å n 型层/4000Å i 型层/100Å p 型层/100Å n 型层/800Å i 型层/100Å p 型层的层结构形成串联型 α -Si 光电转换半导体层 203，其中，用等离子体 CVD 方法从 SiH_4 、 PH_3 、和 H_2 的混合

气体制备 n 型 α -Si 层, 从 SiH_4 和 H_2 的混合气体制备 i 型 α -Si 层, 从 SiH_4 、 BF_3 和 H_2 的混合气体制备 p 型微晶硅 (即 $\mu\text{c-Si}$) 层。接着用电阻加热方法在 O_2 气氛下蒸发铟 (In) 来形成 In_2O_3 薄膜 (700Å 厚) 作为透明导电层 204。接着用银膏进行丝网印刷来形成收集电流的栅电极 205, 在最后步骤用焊料 207 将作为负输出端子 206b 的铜条附着在不锈钢基片上, 用焊料 207 将作为正输出端子 206a 的锡箔带附着在收集电极 205 上, 以形成输出端子, 由此得到光伏元件。

[电池块]

下面参照图 5A 到 5C 说明按 5 个串联 \times 2 个并联的结构来连接上述电池以制备太阳能电池块的方法。

首先制备两组 5 个串联的电池块。5 个电池排列在一水平线上, 然后将相邻电池的一个的正端子 503a 用焊料 505 通过铜条 504 连接到另一个电池的负端子 503b。由此串联 5 个电池, 形成串联电池块。连接到端部电池输出端子的铜条连接到背面, 形成背面收集电极, 以将输出从背面覆盖层的孔中取出, 下面将作说明。在图 5C 中, 数字 502 代表进行电绝缘的绝缘薄膜。然后两个串联的电池块并列放置, 用铜条和焊料并联连接串联电池块的同极性背面收集电极。按此方式完成太阳能电池块。

[组件形成]

图 6A 到 6C 表示通过覆盖串联和并联的光伏元件 (电池块) 形成太阳能电池组件的方法。通过制备电池块 601、纤维无机化合物 ($40\text{g}/\text{m}^2$) 602、表面填料 603、表面树脂薄膜 604、纤维无机化合物 ($20\text{g}/\text{m}^2$) 605、背面层叠薄膜 606、支撑部件 607 并按图 6C 所示的顺序堆叠它们来制备太阳能电池组件。为了掩盖电池块 601 的正输出端子 609, 在正输出端子上放置装饰带 608。

<纤维无机化合物 602>

制备比重为 $40\text{g}/\text{m}^2$ 、厚度为 $200\mu\text{m}$ 、纤维直径为 $10\mu\text{m}$ 、含 4.0 % 的丙烯酸树脂作为粘合剂的玻璃纤维无纺布。

<纤维无机化合物 605>

制备比重为 $20\text{g}/\text{m}^2$ 、厚度为 $100\mu\text{m}$ 、纤维直径为 $10\mu\text{m}$ 、含 4.0 % 的丙烯酸树脂作为粘合剂的玻璃纤维无纺布。

<表面填料 603>

通过混合乙烯乙酸乙酯共聚物（25wt%的乙酸乙酯）、交联剂、紫外吸收剂、抗氧化剂、光稳定剂来制备460 μm 厚的EVA片。

<表面树脂薄膜 604>

制备50 μm 厚的非取向乙烯-四氟乙烯（ETFE）薄膜作为表面树脂薄膜。用等离子体处理预先加工要与填料603接触的薄膜的表面。

<背面层叠薄膜 606>

制备的层叠薄膜606是总厚度为500 μm 的层叠薄膜，该膜按EEA/PE/PET/PE/EEA的顺序，通过整体层叠作为粘附层的乙烯乙酸乙酯共聚物（EEA）（200 μm 厚）和聚乙烯（PE）树脂（25 μm 厚）、和作为绝缘薄膜的双轴取向的聚对苯二甲酸乙二醇酯薄膜（PET）（50 μm 厚）得到。

<支撑部件 607>

制备的支撑部件607是钢片，用聚酯类涂料覆盖电镀铁片（galvalium sheet ion）（电镀在钢片上的铝锌合金含55%的铝、43.4%的锌、和1.6%的硅）的一面、用含玻璃纤维的聚酯类涂料涂敷另一面来得到该支撑部件607。钢片的厚度为400 μm 。

<装饰带 608>

在聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）薄膜（50 μm 厚，黑色）的两侧整体层叠EVA薄膜（460 μm ）得到EVA/PET/EVA薄膜来制备装饰带608。

<组件形成>

在使用单真空系统的叠合器的真空中加热叠层，由此形成平板太阳能电池组件。此时的真空条件是：以76Torr/sec的抽空速率在5Torr的真空下抽空30分钟。然后，叠合器放进160 $^{\circ}\text{C}$ 的热空气炉中加热50分钟。此时EVA放在140 $^{\circ}\text{C}$ 或以上条件下15分钟或以上。这导致EVA融化并交联。

[用辊压成形机加工]

接着如图4A所示，用辊压成形机折弯太阳能电池组件的两相对边缘，以形成缝合部分，来实现屋顶材料的啮合功能。此时，折弯太阳能电池组件同时防止辊轴与光伏元件部分接触。

[用折弯机加工]

接着如图 4B 所示, 不管光伏元件存在与否, 用折弯机折弯支撑部件。

图 7 表示用折弯机进行折弯加工的细节。在折弯机的下叶片 704 与太阳能电池组件 701 之间、和折弯机的上叶片 703 与太阳能电池组件 701 之间使用尿烷树脂片 702 作为缓冲材料。所用尿烷片 702 的厚度为 2mm, 上叶片 703 与下叶片 704 之间的间隔是 8mm。

进行折弯, 使加工形状有 180mm 的加工宽度和 30mm 的高度。

在最后步骤, 引出电力的引线连接到太阳能电池组件的背面。在太阳能电池组的端子引出部分中, 预先将支撑部件打孔, 使正负输出端子从孔中引出。而且为了绝缘保护和防水, 每个端子引出部分提供有聚碳酸酯连接盒 610。所用电缆在端部有连接器。

(例 1-2)

除了折弯机的叶片有 300mm 的曲率半径以降低用折弯机折弯光伏元件上面的区域时的压力之外, 用例 1-1 相同的方式制备太阳能电池组件。

(例 1-3)

图 8 示出例 1-3 的太阳能电池组件。

按例 1-1 相同的方式制备光伏元件, 下面说明其他步骤。

<电池块 801>

串联上述五个电池制备太阳能电池块 801, 制备电池块的方法和例 1-1 相同。

<组件形成>

按和例 1-1 相同的方式由上述五个串联太阳能电池块构成平板太阳能电池组件。

<边缘部分的折弯>

用剪角机切除平板太阳能电池组件的四角。然后将短边折叠 180° 形成短边弯曲部分 802 以加强短边; 用折弯机在光接收侧将长边弯曲 90° 形成长边弯曲部分 803。长边弯曲部分 803 立直部分的高度为 25mm。

<加压加工>

通过图 9 所示的加压加工形成弯曲部分。将太阳能电池组件 901 置于有凸出部分的下模具 904 与有凹下部分的上模具 903 之间进行加压加工。此时为了减小因加压施加在光伏元件上的垂直压力, 在模具与太阳能电池组件之间插入 5mm 厚的尿烷树脂片 902。即, 加压加工中

的堆叠顺序是：下模具 904/尿烷树脂片 902/太阳能电池组件 901/尿烷树脂片 902/上模具 903。

(例 1-4)

例 1-4 的太阳能电池组件示于图 10A 到 10B 中。

按例 1-3 相同的方式制备平板太阳能电池组件。

<加压加工>

用加压加工形成凹下部分 1002。将太阳能电池组件置于有凹下部分的下模具与有凸出部分的上模具之间进行加压，按 4×7 方块的矩阵排列凹下部分和凸出部分，每个方块有 $150\text{mm} \times 150\text{mm}$ 的尺寸，如图 10A 和 10B 所示，其中 1001 与 601 和 801 相似，表示太阳能电池块，而 1007 与 107、307 和 607 相似，表示支撑部件。此时为了减小因加压施加在光伏元件上的垂直压力，在模具与太阳能电池组件之间插入 5mm 厚的尿烷树脂片。即，加压加工中的堆叠顺序是：下模具/尿烷树脂片/太阳能电池组件/尿烷树脂片/上模具。

(比较例 1-1)

除了不用尿烷树脂片来降低折弯机产生的压力之外，用例 1-1 相同的方式制备太阳能电池组件。

(比较例 1-2)

除了不用尿烷树脂片来降低折弯机产生的压力之外，用例 1-3 相同的方式制备太阳能电池组件。

(比较例 1-3)

除了不用尿烷树脂片来降低折弯机产生的压力之外，用例 1-4 相同的方式制备太阳能电池组件。

(比较例 1-4)

直到形成电池块之前用和例 1-1 相同的方式形成电池块。下面详细说明形成电池块后的步骤。

[组件形成]

不用例 1-1 中的支撑部件来制备太阳能电池组件。具体地，如图 11 所示，通过制备电池块 1101、纤维无机化合物 ($40\text{g}/\text{m}^2$) 1102、光接收侧上的透明有机聚合物树脂 1103、表面树脂薄膜 1104、纤维无机化合物 ($20\text{g}/\text{m}^2$) 1105、背面粘附剂 1106、绝缘薄膜 1107 并如图示堆叠它们

来构成太阳能电池组件。

<背面粘附剂 1106>

所用背面粘附剂和光接收侧上的有机聚合物树脂是相同的树脂。

<绝缘薄膜 1107>

所用绝缘薄膜是聚对苯二甲酸乙二醇酯薄膜 (PET) (50 μ m 厚)。

[粘结]

将形成组件后的平板太阳能电池组件粘结到作为屋顶材料的钢片上, 预先加工屋顶材料使它有弯曲部分, 由此制备太阳能电池组件。

按下面各项来评估各例中的太阳能电池组件。结果列于下面表 1 中。

表 1

	初始时		高温高湿试验后		温度湿度循环试验后		抗划伤性
	可加工性能	外观	外观	转换效率	外观	转换效率	
例 1 - 1	○	○	○	○	○	○	○
例 1 - 2	○	○	○	○	○	○	○
例 1 - 3	○	○	○	○	○	○	○
例 1 - 4	○	○	○	○	○	○	○
比较例 1 - 1	○	×	×	△	×	△	○
比较例 1 - 2	○	×	×	△	×	△	○
比较例 1 - 3	○	×	×	△	×	△	○
比较例 1 - 4	×	○	×	○	×	○	○

- 可加工性

在加工太阳能电池组件使它在包括光伏元件的部分和整个支撑部件上有弯曲部分时, 从加工速度和可加工性来检测其可加工性。基于下面标准, 将检测结果列于表 1 中。

○: 加工一个组件所需时间为 1 秒到 30 秒, 由此认为组件有很高的批量生产率和好的可操作性。

○: 加工一个组件所需时间为 30 秒到 60 秒, 由此认为组件有低一点的批量生产率和可加工性, 但是可以批量生产。

×: 加工一个组件所需时间为 60 秒以上, 由此认为有很差的批量生产

率和可操作性，不能进行批量生产。

- 初始外观

评估有弯曲部分（最后形状）的太阳能电池组件的初始外观，包括填充失效和太阳能电池表面裂纹。基于下面标准，将检测结果列于表 1 中。

○：没有外观缺陷。

○：有一些外观缺陷但是在实际应用中没有问题。

×：填充失效和表面裂纹很严重，由此外观缺陷非常大。

如果观察到其他缺陷，在相应情况下给出说明。

- 高温高湿试验

将太阳能电池组件置于 85 ℃/85 %（相对湿度）的条件下 3000 小时，然后取出太阳能电池组件。用肉眼观察外观变化。而且在 AM 1.5：100 mW/cm² 的光照下测量转换效率，计算从试验前的初始值开始的变化。基于下面标准，将检测结果列于表 1 中。

（外观）

○：没有外观缺陷。

△：有一些外观缺陷但是在实际应用中没有问题。

×：有明显剥落出现，外观缺陷非常大。

（转换效率）

○：转换效率变化小于 1.0 %。

○：转换效率变化不小于 1.0 % 且小于 3.0%。

△：转换效率变化不小于 3.0 % 且小于 5.0%。

×：转换效率变化不小于 5.0 %。

- 温度/湿度循环试验

将太阳能电池组件进行 100 次温度/湿度循环试验，每循环包括：- 40 ℃/0.5 小时，85 ℃/85%（相对湿度）/20 小时。然后取出太阳能电池组件。用肉眼观察外观变化。而且在 AM 1.5：100mW/cm² 的光照下测量转换效率，计算从试验前的初始值开始的变化。基于下面标准，将检测结果列于表 1 中。

（外观）

○：没有外观缺陷。

△：有一些外观缺陷但是在实际应用中没有问题。

×：有明显剥落出现，外观缺陷非常大。

（转换效率）

○：转换效率变化小于 1.0 %。

○：转换效率变化不小于 1.0 % 且小于 3.0%。

△：转换效率变化不小于 3.0 % 且小于 5.0%。

×：转换效率变化不小于 5.0 %。

- 抗划伤能力

用图 12 所示的方法，用测试叶片 1202 在 2 磅和 5 磅的重力下，划去安装在金属部件上的太阳能电池组件 1201 的表面上看起来最不平的部分。评估太阳能电池组件被划伤的表面覆盖材料能否维持与外界的绝缘。按下面方式来进行判断：将组件浸泡在电导率为 $3000\Omega\cdot\text{cm}$ 的电解液中，在元件和溶液之间加 2200V 的电压；如果漏电流超过 $50\mu\text{A}$ ，则确定组件为不合格。基于下面标准，评估结果列于表 1。

○：通过 5 磅试验

○：通过 2 磅试验

×：未通过 2 磅试验

如表 1 所示，本发明例子中的太阳能电池组件显示出有极好的可加工性能和充分的批量生产率。对于最后形状的原始外观，没有填充失效、发白、或表面薄膜裂纹等缺陷，非常美观，能设计成建筑材料。而且由于降低了施加在光伏元件上的压力，本发明例子中的太阳能电池组件不仅初始电特性极好，而且高温高湿试验后、和温度/湿度循环试验后的电特性也极好，在任何情况下几乎没有转换效率的变化即小于 1 %。因此其可靠性对于太阳能电池组件是足够的。另外，各种试验后外观没有变化，所以其外观特性也很好。对于抗划伤能力，本发明例子中的所有组件都通过 5 磅试验，因此有足够的抗外界划伤的能力。即各例子中的太阳能电池组件作为建筑材料，其可加工性能与普通钢片一样，具有满足屋顶材料和墙壁材料所需的设计特性，而且非常美观。此外，还有长期可靠性。

另一方面，比较例 1 - 1、1 - 2、和 1 - 3 和各例子一样有极好的可加工性能。但是由于在用折弯机进行加工时，折弯机的叶片直接压在光

伏元件上面的区域，所以比较例 1 - 1 对光伏元件的损伤很大。这样比较例 1 - 1 组件的转换效率降低很多。至于比较例 1 - 1 的初始外观，在表面覆盖材料中观察到很多发白。在各种试验后发白更利害，由此加快了转换效率的降低。

在比较例 1 - 2、1 - 3 中，由于在加压加工中，很大的压力直接作用在光伏元件上，所以元件中也看到很大的损伤，所以出现转换效率降低。由于模具直接接触表面，在太阳能电池组件的表面形成裂纹。特别是，在模具接触的边缘部分形成大的裂纹，因此在环境试验后在这些部分观察到分离（剥落）。

接着在比较例 1 - 1 中，组件形成后的平板太阳能电池组件粘结到作为屋顶材料的钢片上，预先加工该钢片使之有弯曲部分，增加了加工步骤且可加工性能降低。在高温高湿试验中，在后不粘结的粘结剂的界面出现剥落，由此外观中有很大的缺陷。

（例 2 - 1）

除了用总厚度为 550 μm 的层叠薄膜代替背面层叠薄膜 606 之外，按例 1 - 1 相同的方式制备平板太阳能电池组件。层叠薄膜通过按 EVA/PET/EVA 的堆叠顺序整体堆叠作为粘附层的乙烯乙酸乙酯共聚物（25wt%的乙酸乙酯，厚度为 225 μm ）、和作为绝缘薄膜的双轴取向的聚对苯二甲酸乙二醇酯薄膜（PET）得到。其中，粘附层的树脂与光接收侧的有机聚合物树脂相同。

[用辊压成形机进行加工]

接着如图 4A 所示，在不包括光伏元件的区域，用辊压成形模压机弯曲太阳能电池组件的边缘部分。此时，形成弯曲太阳能电池组件同时防止辊轴与光伏元件部分接触。

<加压加工>

然后如图 4B 所示，不管有没有光伏元件，用模压机折弯支撑部件。将太阳能电池组件置于有凸出部分的下模具与有凹下部分的上模具之间进行加压加工。此时调整加压条件，使光伏元件的可弯曲基片的峰值应变为 0.6%（残余应变为 0.4%）。

在最后步骤，引出电力的引线连接到太阳能电池组件的背面。在太阳

能电池组的端子引出部分中，预先将支撑部件打孔，使正负输出端子从孔中引出。而且为了绝缘保护和防水，每个端子引出部分提供有聚碳酸酯连接盒。所用电线在端部有连接器。

(例 2-2)

改变例 2-1 中的加压条件，使光伏元件的可弯曲基片的峰值应变变为 0.3% (残余应变为 0.1%)。除了加压条件之外，按例 2-1 相同的方式制备太阳能电池组件。

(例 2-3)

除了光伏元件的基片使用聚酰亚胺薄膜之外，按例 2-1 相同的方式制备太阳能电池组件。

(例 2-4)

例 2-4 的太阳能电池组件示于图 8 中。按例 2-1 相同的方式制备光伏元件，其他步骤如下。

[电池块]

串联上述制备的五个元件以制备太阳能电池块。制备太阳能电池块的方法和例 2-1 相同。

[平板太阳能电池组件]

用例 2-1 相同的方式，使用上述 5 个串联的电池块制备平板太阳能电池组件。

[边缘部分的折弯]

用剪角机切除平板太阳能电池组件的四角。用折弯机在光接收侧将短边折叠 180°、长边折弯 90°。长边弯曲部分的立直部分的高度为 25mm。

[加压加工]

用加压加工提供弧形部分。将太阳能电池组件置于有凸出部分的下模具与有凹下部分的上模具之间制备弧形部分。使光伏元件的基片的峰值应变变为 0.6% (残余应变为 0.4%) 进行加压加工。

(例 2-5)

除了光伏元件的基片使用聚酰亚胺薄膜之外，按例 2-4 相同的方式制备太阳能电池组件。

(比较例 2-1)

除了使光伏元件的基片的峰值应变为 0.9% (残余应变为 0.7 %) 进行加压加工之外, 按例 2 - 1 相同的方式制备太阳能电池组件。

(比较例 2 - 2)

除了使光伏元件的基片的峰值应变为 1.4% (残余应变为 1.2 %) 进行加压加工之外, 按例 2 - 1 相同的方式制备太阳能电池组件。

(比较例 2 - 3)

除了使光伏元件的基片的峰值应变为 4.8% (残余应变为 4.4 %) 进行加压加工之外, 按例 2 - 1 相同的方式制备太阳能电池组件。

(比较例 2 - 4)

除了使光伏元件的基片的峰值应变为 1.4% (残余应变为 1.2 %) 进行加压加工之外, 按例 2 - 3 相同的方式制备太阳能电池组件。

(比较例 2 - 5)

除了使光伏元件的基片的峰值应变为 1.4% (残余应变为 1.2 %) 进行加压加工之外, 按例 2 - 4 相同的方式制备太阳能电池组件。

按下面各项来评估各例中的太阳能电池组件。结果列于下面表 2 中。

表 2

	初始	高温高湿		温度/湿度		HHFB	HHRB	户外暴露			SEM 观察
	外观	试验后		试验后				低照度 Voc	低照度 Voc	3个月	
		外观	转换效率	外观	转换效率						
例 2 - 1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
例 2 - 2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
例 2 - 3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
例 2 - 4	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
例 2 - 5	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
比较例 2 - 1	○	○	○	○	○	△	△	○	△	×	×
比较例 2 - 2	○	○	○	○	○	×	×	△	×	×	×
比较例 2 - 3	×	×	△	×	△	×	×	×	×	×	×
比较例 2 - 4	○	○	○	○	○	×	×	△	×	×	×
比较例 2 - 5	○	○	○	○	○	×	×	△	×	×	×

· 初始外观

评估太阳能电池组件（最后形状）的初始外观，包括填充失效和太阳能电池表面裂纹。同时根据加工后太阳能电池组件作为建筑材料和屋顶材料的美感来进行评估。基于下面标准，将评估结果列于表 2 中。

○：没有外观缺陷，组件作为建筑材料和屋顶材料非常美观。

○：有一些外观缺陷但是在实际应用中没有问题。

×：填充失效和表面裂纹很严重，由此外观缺陷非常大，或者组件作为建筑材料和屋顶材料在美感上有很大缺陷。

- 高温高湿试验和温度/湿度循环试验，在与前面说明的相同试验条件和评估标准下进行这些试验。

- 高温和高湿存放下的正偏置（HHFB 试验）

将太阳能电池组件置于 85 ℃/85 %（相对湿度）的条件下。此时，或者使试验机器的内部保持与光隔离的条件、或者盖住样品的光接收表面，从而不让光进入样品。在此条件下，设置引线，使太阳能电池的内部 PV 电路（二极管部件）在正向加最佳工作电压（ V_{mp} ），保持该电压 2000 小时，然后取出太阳能电池组件，测量每个电池的光伏元件的低照度 V_{oc} （200Lx 照度下的开路电压(V_{oc})），计算从试验前的初始值开始的变化率。低照度 V_{oc} 降低表明由于光伏元件内部结缺陷导致的旁路电阻降低。即 V_{oc} 降低表示内部缺陷增加。

基于下面标准，评估结果示于表 2。

○：低照度 V_{oc} 的变化小于 1.0%。

○：低照度 V_{oc} 的变化不小于 1.0%但小于 3.0%。

△：低照度 V_{oc} 的变化不小于 3.0%但小于 5.0%。

×：低照度 V_{oc} 的变化不小于 5.0%。

- 高温高湿存放下的反偏置（HHRB）

将太阳能电池组件置于 85 ℃/85 %（相对湿度）的条件下。此时，或者使试验机器的内部保持与光隔离的条件、或者盖住样品的光接收表面，从而不让光进入样品。在此条件下设置引线，使太阳能电池的内部 PV 电路（二极管部件）反向加旁路二极管的工作电压（ V_f ），保持该电压 2000 小时，然后取出太阳能电池组件，测量每个电池的光伏元件的低照度 V_{oc}

(200Lx 照度下的开路电压(Voc)), 计算从试验前的初始值开始的变化率。低照度 Voc 降低表明由于光伏元件内部结缺陷导致的旁路电阻降低。即 Voc 降低表示内部缺陷增加。

基于下面标准, 评估结果示于表 2。

- : 低照度 Voc 的变化小于 1.0%。
- : 低照度 Voc 的变化不小于 1.0%但小于 3.0%。
- △: 低照度 Voc 的变化不小于 3.0%但小于 5.0%。
- ×: 低照度 Voc 的变化不小于 5.0%。

- 户外暴露

将太阳能电池组件置于户外 (Ecology Research Center of CANON KABUSHIKI KAISHA, 1-1 Kizugawadai 4-chome, Kizu-cho, Soraku-gun, Kyoto, 户外暴露站), 在三个月、六个月、十二个月后进行评估。测量每个电池的光伏元件的低照度 Voc (200Lx 照度下的开路电压(Voc)), 计算从试验前的初始值开始的变化率。

基于下面标准进行评估。

- : 低照度 Voc 的变化小于 1.0%。
- : 低照度 Voc 的变化不小于 1.0%但小于 3.0%。
- △: 低照度 Voc 的变化不小于 3.0%但小于 5.0%。
- ×: 低照度 Voc 的变化不小于 5.0%。

- SEM 观察

切除太阳能电池组件应变最大的部分, 并用扫描电子显微镜 (SEM) 进行观察。

基于下面标准进行评估。

- : 在光伏元件的表面没有观察到裂纹。
- ×: 在光伏元件的表面观察到裂纹。

如表 2 所示, 本发明例子的太阳能电池组件有极好的初始外观, 且在高温高湿试验后和温度/湿度循环试验后仍有极好的外观。在例子 2 - 2 中, 调节残余应变到 0.1 %, 所得到的太阳能电池组件给人的印象是工作较差, 但是仍没有严重问题。从其电特性来看, 即使在高温高湿正偏和反偏试验 (HHFB 和 HHRB) 后, 低照度 Voc 也没有降低。即使在 12 个月户外暴

露后其性能没有退化、且没有缺陷。用 SEM 观察各例子的太阳能电池组件的光伏元件的表面，没有观察到裂纹，这与上述试验结果不矛盾。因此可以制备高可靠性的太阳能电池组件。

另一方面，用 SEM 观察比较例 2 - 1 的太阳能电池组件发现裂纹，该例中加工峰值应变为 0.9%、残余应变为 0.7%。认为裂纹是在对光伏元件进行应变为 0.9 % 的加工时形成在元件表面中的。当该样品进行正偏和反偏试验时，在约 1500 小时附近其低照度 Voc 出现降低。在户外暴露中，暴露开始六个月后逐渐发生低照度 Voc 降低。

另外在比较例 2 - 2、2 - 4、和 2 - 5 的太阳能电池组件中，其加工峰值应变为 1.4 %，残余应变为 1.2 %，在 SEM 观察中发现很多裂纹。在 HHFB 和 HHRB 试验中，在约 1200 小时附近发生低照度 Voc 降低。户外暴露试验中，在暴露开始三个月后开始出现低照度 Voc 降低。高温高湿试验后、和温度/湿度循环试验后，观察外观，尽管没有严重问题，但发现覆盖材料有轻微发白。在比较例 2 - 3 的太阳能电池组件中，其加工峰值应变为 4.8 %，残余应变为 4.4 %，用肉眼观察到光伏元件加工后其初始外观发生变化（变色）。当然用 SEM 观察到很多裂纹。在 HHFB 和 HHRB 试验中，在约 1000 小时前观察到低照度 Voc 降低，这与裂纹观察结果不矛盾。而且对于覆盖材料的外观，由于在加工过的部分与初始状态相比出现发白，而且在高温高湿试验后、和温度/湿度循环试验后发白更加显著，所以对作为屋顶材料来说在美感上有问题。

根据本发明，由于光伏元件的可变形区域很明显（clear），所以可以大大增加各种太阳能电池组件的产品生产速度。而且由于可以任意加工光伏元件上面的区域，而不会使太阳能电池组件的特性退化，所以可以提供在美观上和设计上都极好的太阳能电池组件。按此方式加工的太阳能电池组件可以制成有长期高可靠性的太阳能电池组件。

图 1A

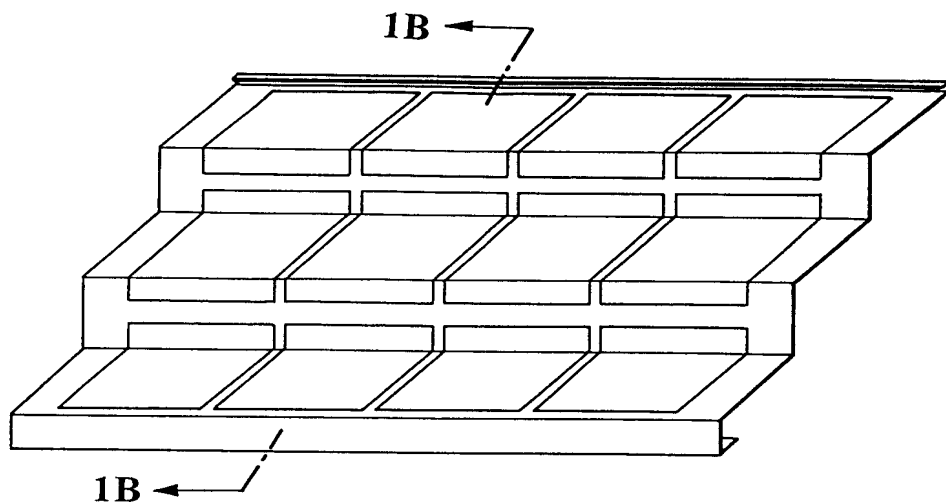


图 1B

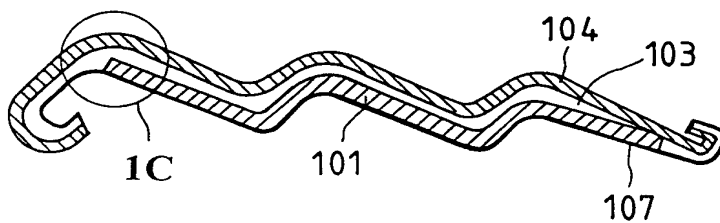


图 1C

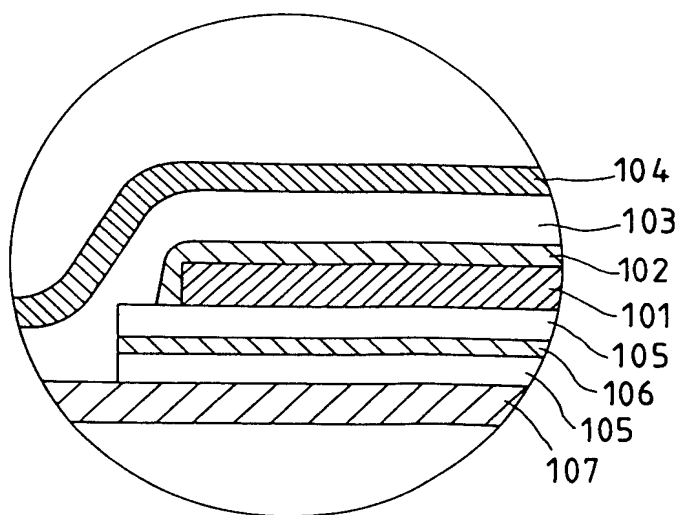


图 2A

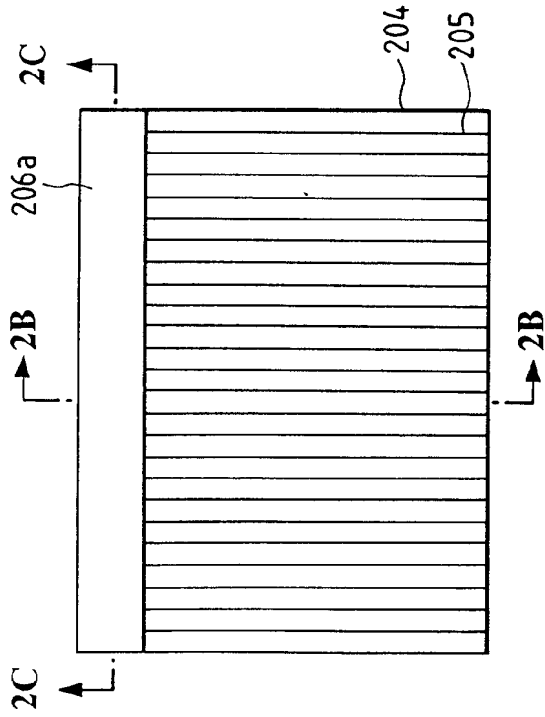


图 2C

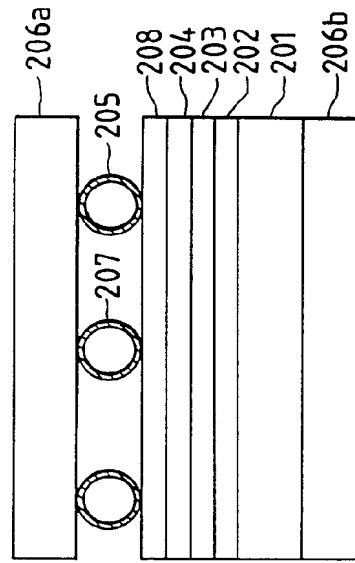


图 2B

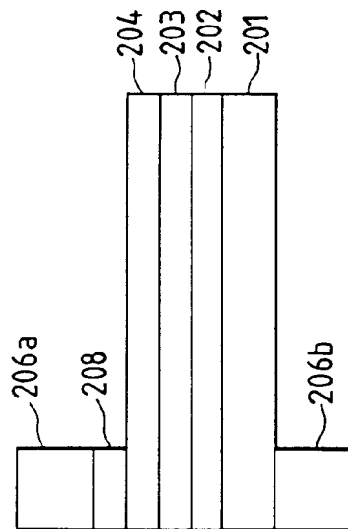


图 3

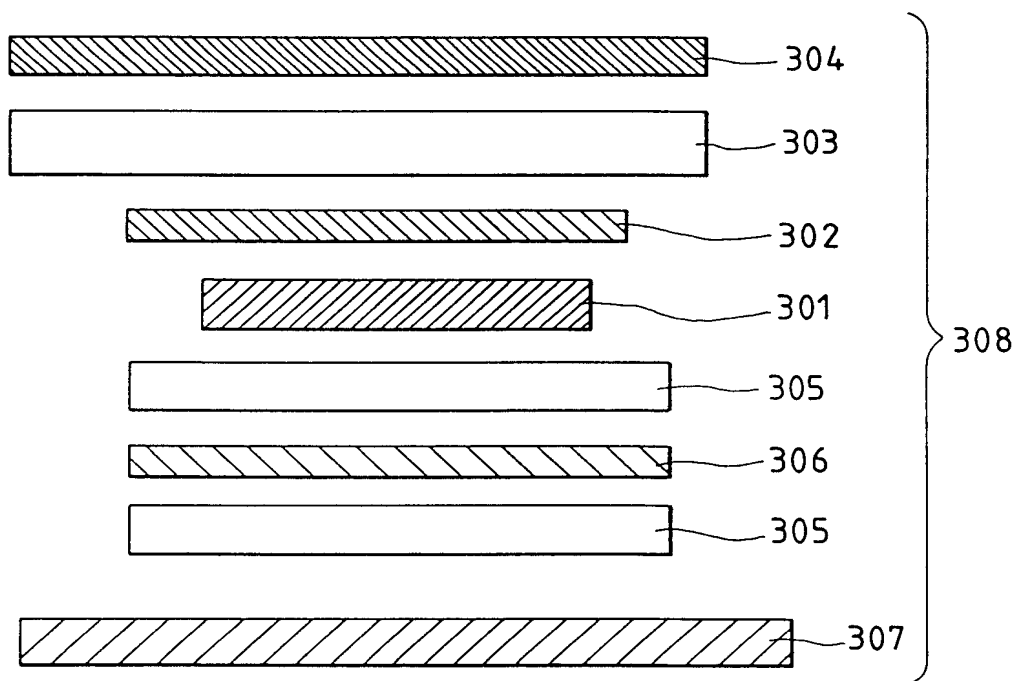


图 4A

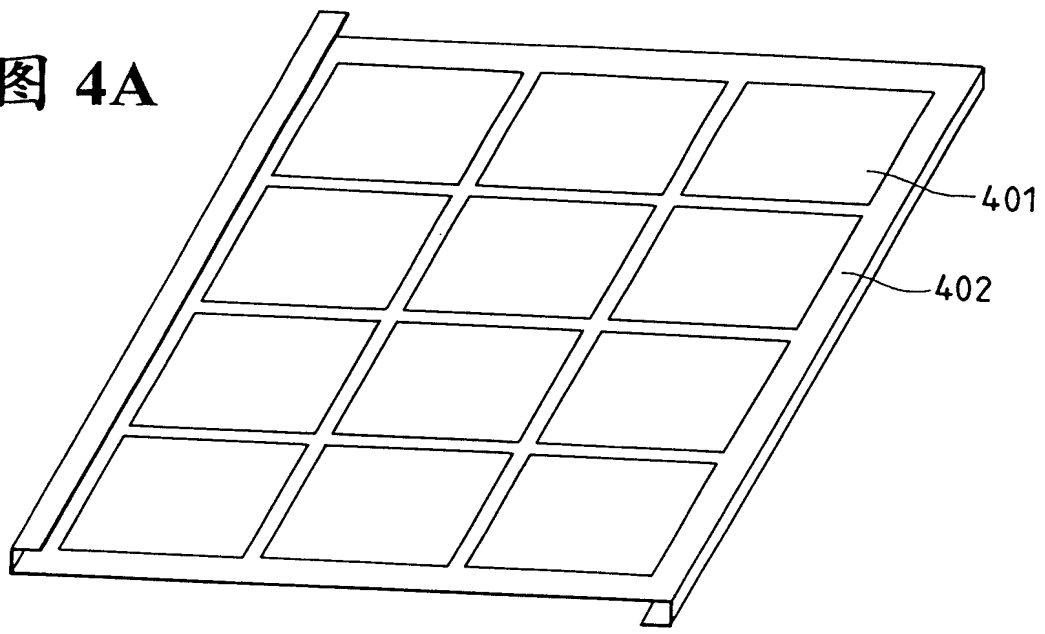


图 4B

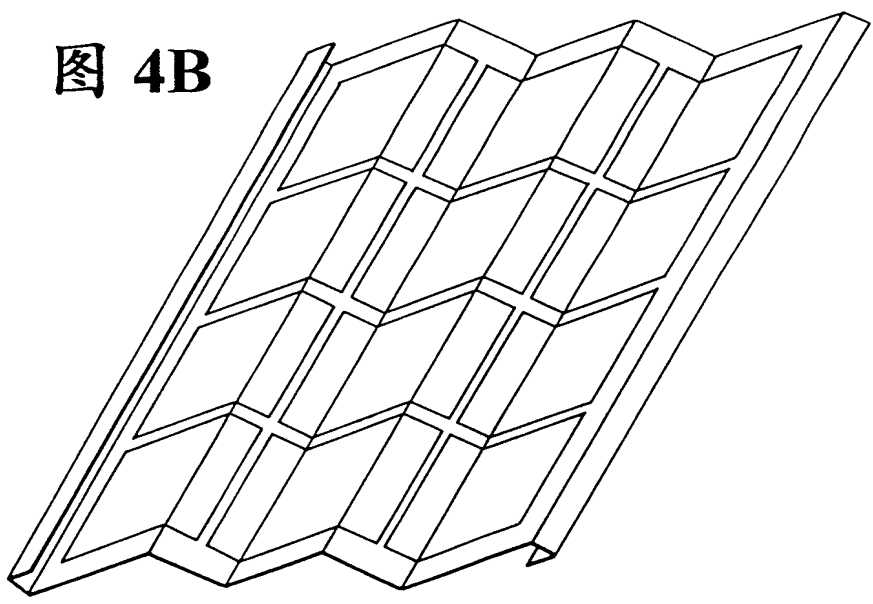


图 5A

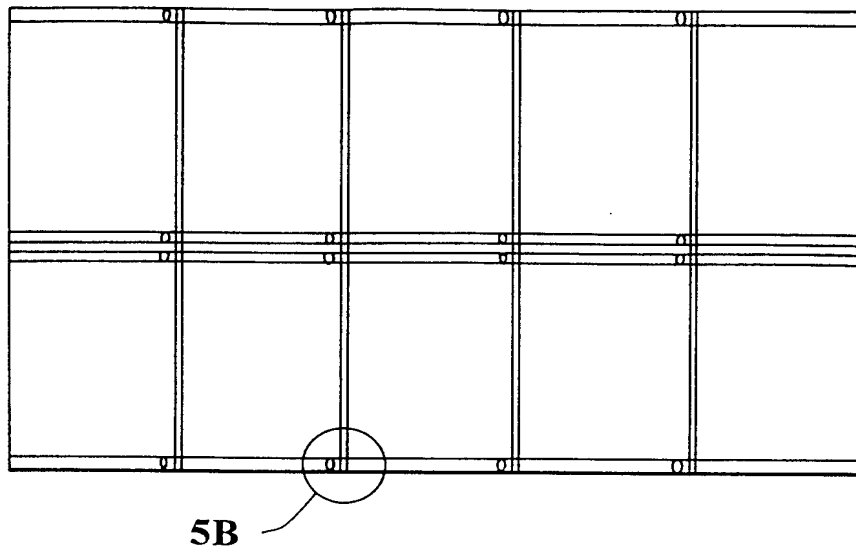


图 5B

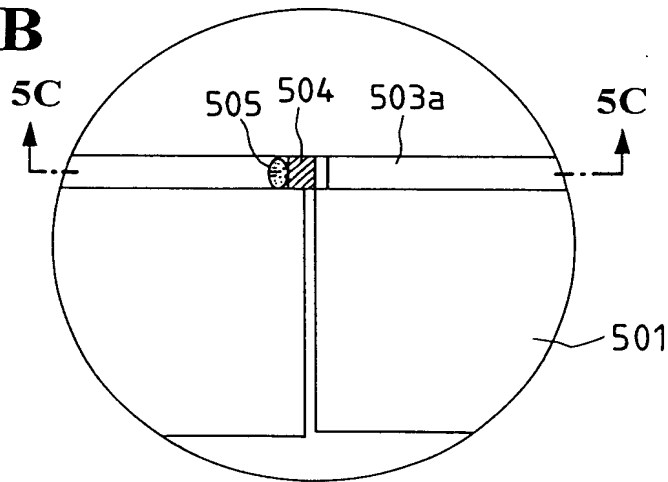
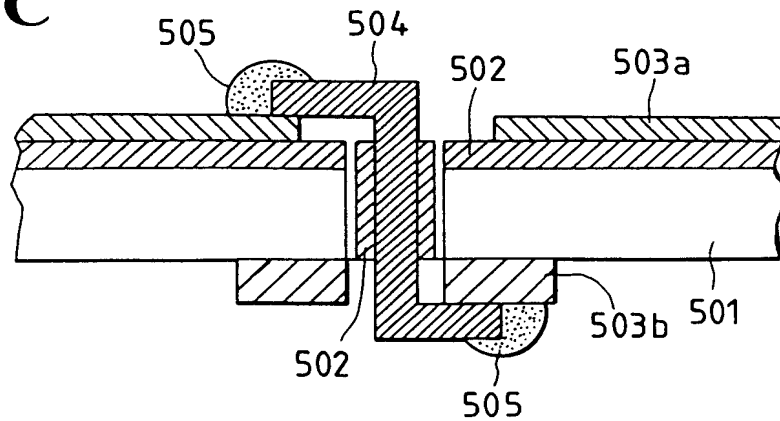


图 5C



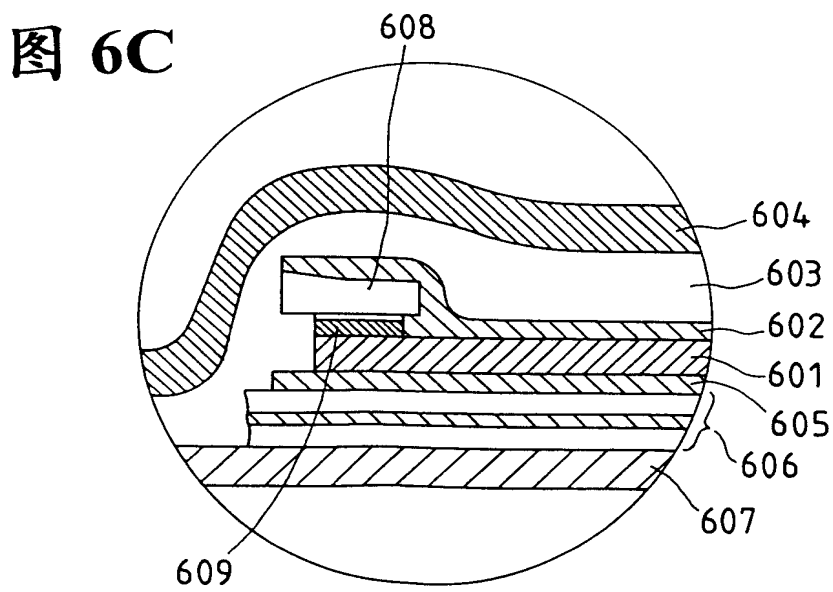
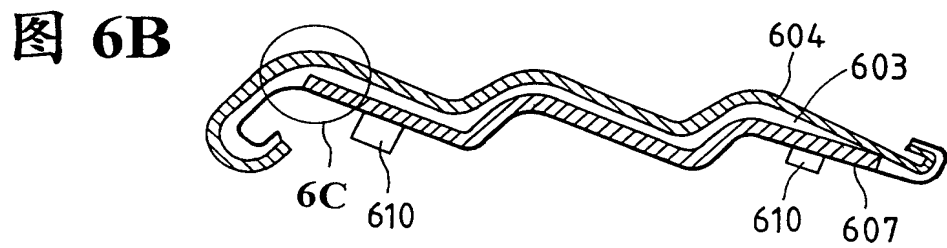
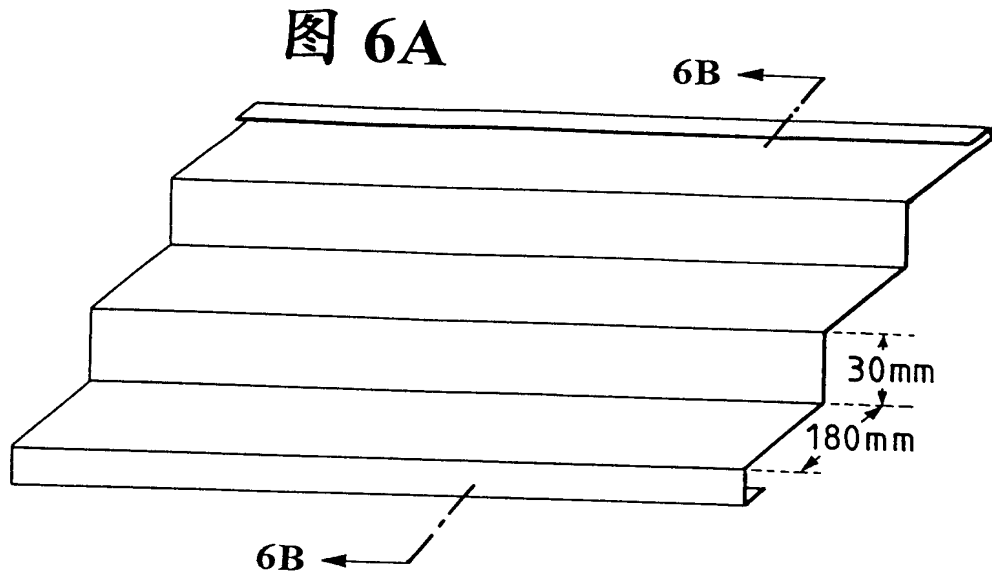


图 7

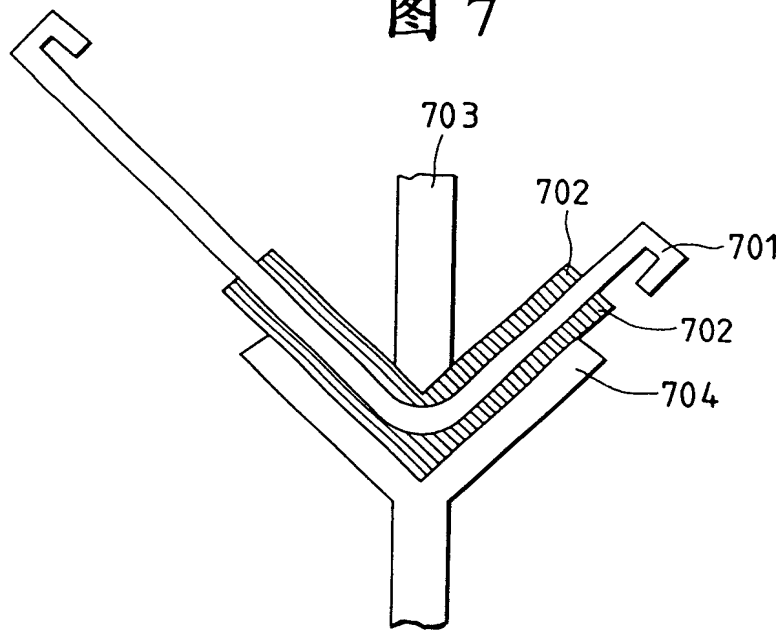


图 8

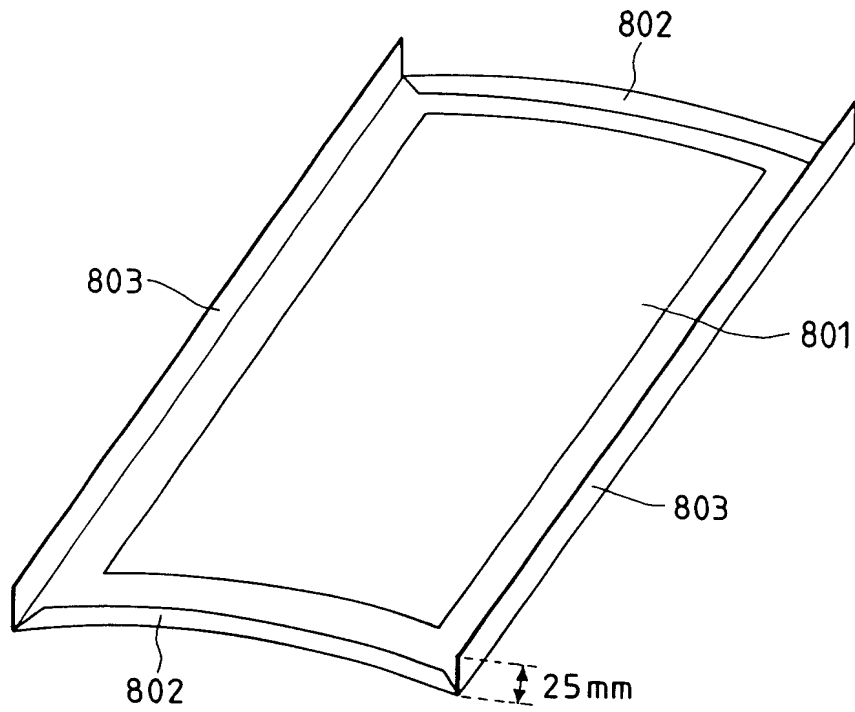


图 9

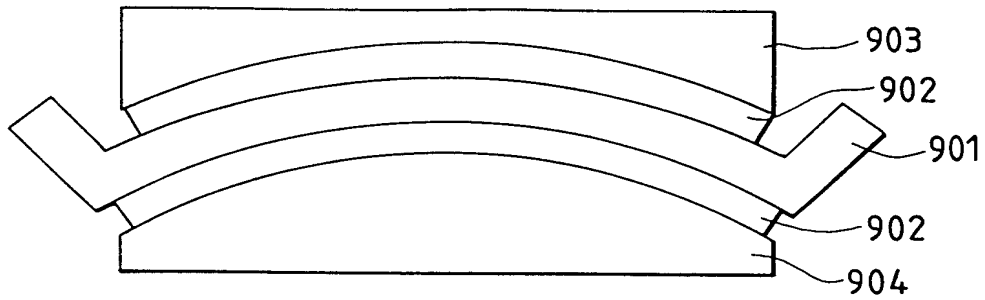


图 10A

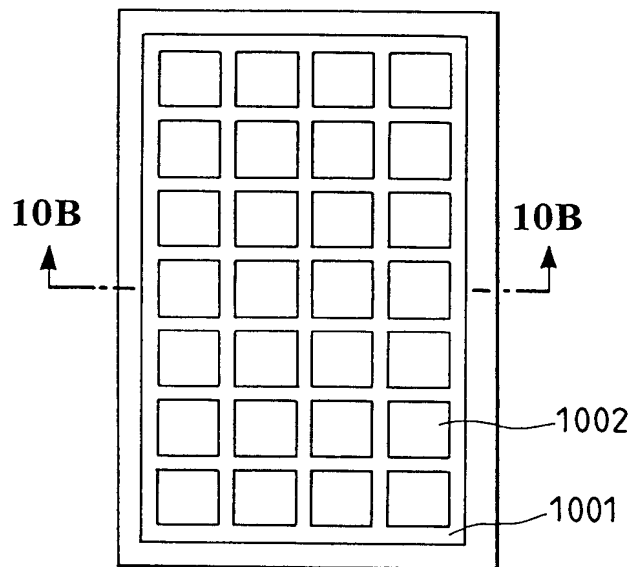


图 10B

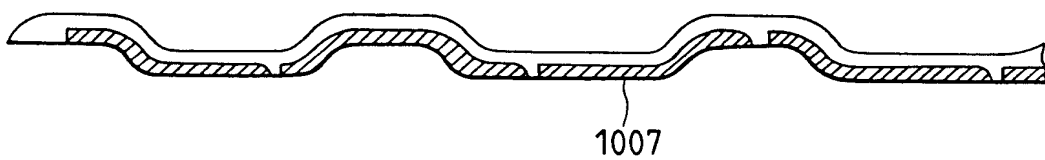


图 11

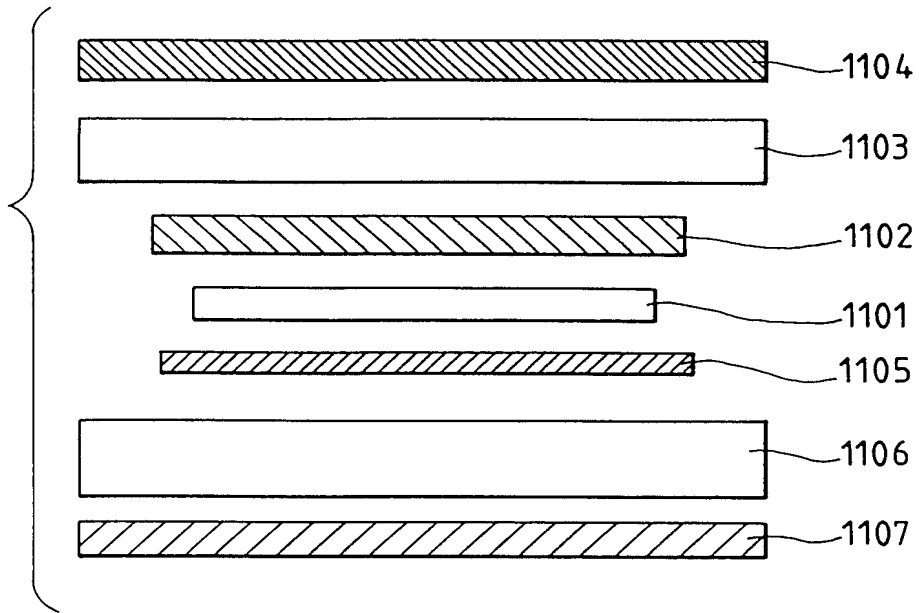


图 12

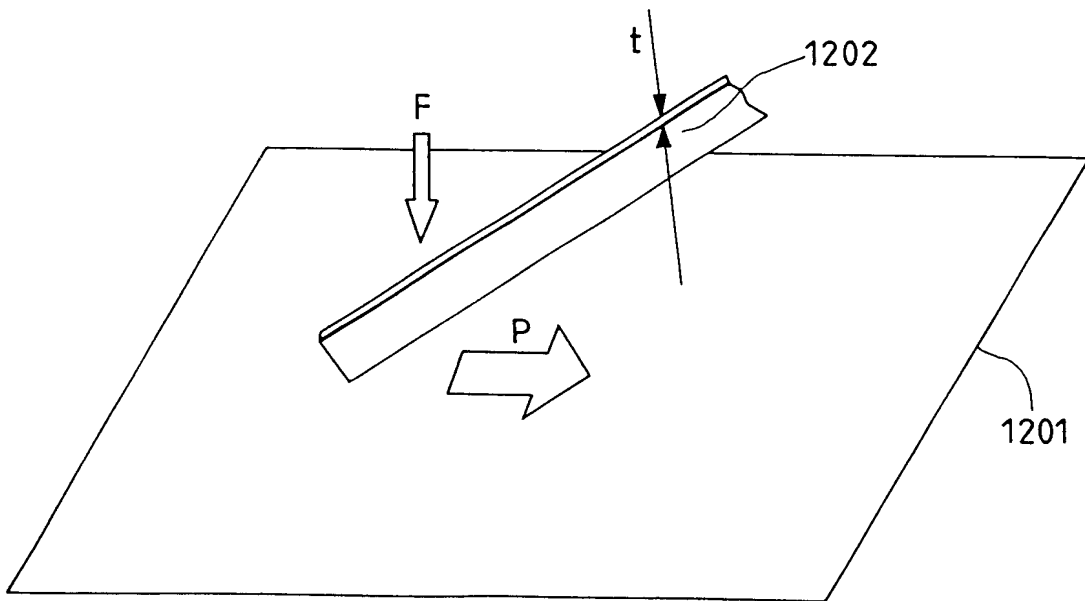


图 13

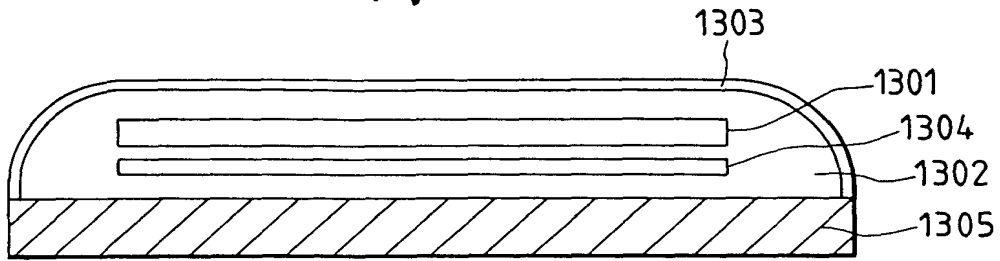


图 14

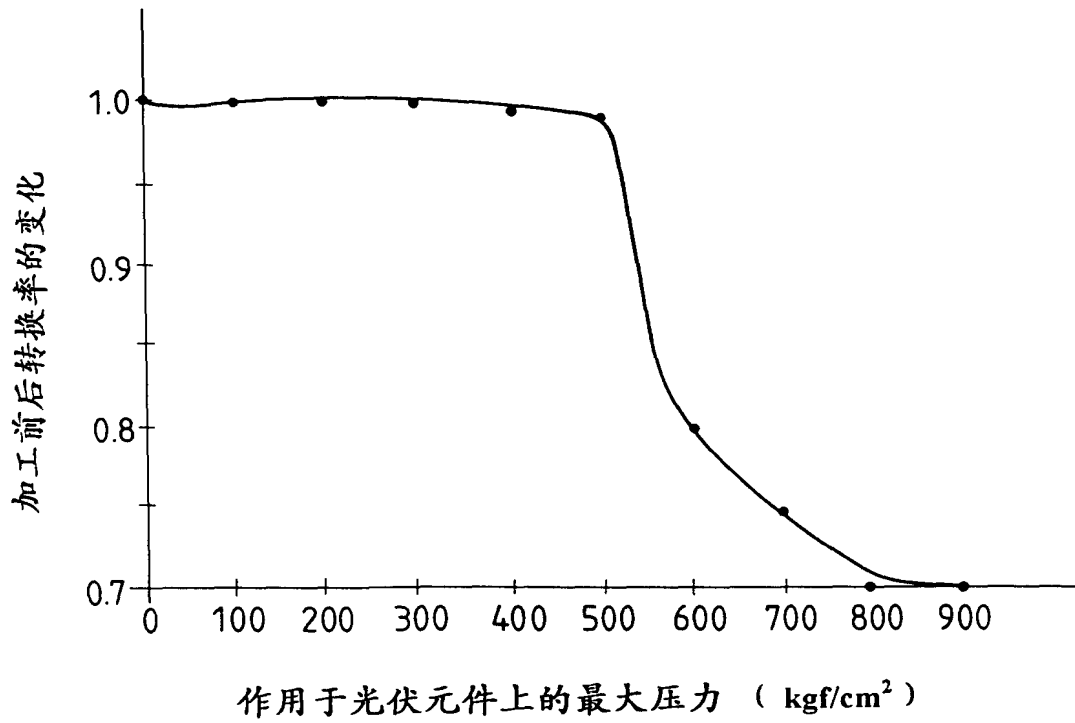


图 15

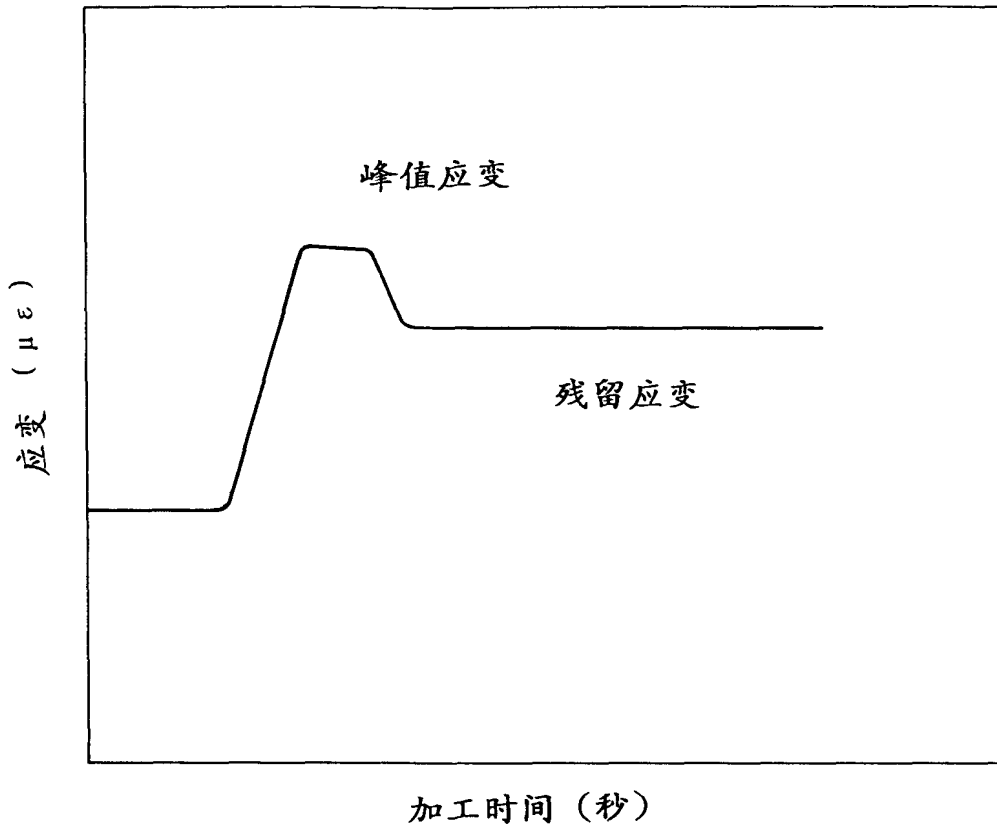


图 16

填充因子

