

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01L 31/052 (2006.01)

H01L 31/042 (2006.01)



## [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200880014362.9

[43] 公开日 2010年3月24日

[11] 公开号 CN 101681949A

[22] 申请日 2008.5.1

[21] 申请号 200880014362.9

[30] 优先权

[32] 2007.5.1 [33] US [31] 60/915,207

[32] 2007.6.8 [33] US [31] 60/942,745

[32] 2007.7.25 [33] US [31] 60/951,775

[86] 国际申请 PCT/CA2008/000831 2008.5.1

[87] 国际公布 WO2008/131561 英 2008.11.6

[85] 进入国家阶段日期 2009.11.2

[71] 申请人 摩根阳光公司

地址 加拿大安大略

[72] 发明人 约翰·保罗·摩根

[74] 专利代理机构 北京德琦知识产权代理有限公司

代理人 康泉 宋志强

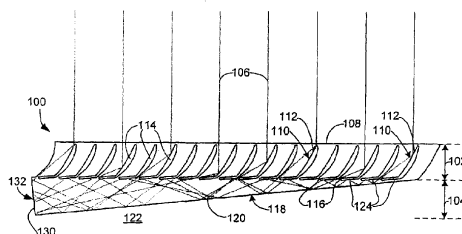
权利要求书5页 说明书29页 附图54页

[54] 发明名称

光导太阳能电池板及其制备方法

[57] 摘要

本发明提供了一种太阳能系统，其使用光导太阳能电池板(LGSP)以将光陷入到介电或其它透明电池板内部，并且将光传播到电池板边缘之一以由诸如光伏电池之类的太阳能收集器进行收获。这允许很薄的模板，这些模板的厚度相当于该太阳能收集器的高度。这样，消除了传统的聚光型光伏太阳能系统的内在的深度要求。



1、一种光导太阳能电池板，包括：

光插入段，具有用于接收光的输入表面、光学元件和至少一个光学输出孔径，所述光学元件被形成在所述输入表面和所述至少一个光学输出孔径之间，以将所述光从所述输入表面引导到所述至少一个光学输出孔径；和

具有输出表面的光学波导段，所述光学波导段被光耦合到所述至少一个光学输出孔径以从所述至少一个光学输出孔径接收所述光，所述光学波导段用于将所述光导向所述输出表面。

2、根据权利要求1所述的电池板，其中所述光学元件沿基本平行的线被彼此间隔开。

3、根据权利要求2所述的电池板，其中所述输出表面基本不正交于所述输入平面。

4、根据权利要求1所述的电池板，其中：

所述光学元件沿基本同心的圆弧被彼此间隔开；并且

所述输出表面被成形为与所述光学元件基本同心的圆弧。

5、根据权利要求1所述的电池板，其中所述光学元件包括以下中的至少一项：抛物面反射镜、三次反射镜、双曲线反射镜、椭圆形反射镜、平面反射镜、卡塞格伦光学装置、温斯顿锥面光学装置、圆形反射镜、透镜、全息图和棱镜脊。

6、根据权利要求2的所述的电池板，其中所述光学波导段是楔形的。

7、根据权利要求4所述的电池板，其中所述光学波导段至少部分是锥形的。

8、根据权利要求1所述的电池板，其中所述光学波导段包括第一表面，其中离开所述第一表面从所述至少一个光学输出孔径接收到的光经历第一全内反射。

9、根据权利要求8所述的电池板，其中所述输入表面和所述第一表面中的至少一个具有形成在其上的覆层。

10、根据权利要求 8 所述的电池板，所述光学波导部进一步具有与所述第一表面相对形成的多个反射镜元件，所述多个反射镜元件用于从所述第一表面接收全内反射的光并且用于将所述全内反射的光反射向所述第一表面。

11、根据权利要求 10 所述的电池板，其中所述多个反射镜元件包括平面反射镜。

12、根据权利要求 11 所述的电池板，其中所述平面反射镜基本平行于所述第一表面。

13、根据权利要求 10 所述的电池板，其中至少一个反射元件具有全内反射表面。

14、根据权利要求 10 所述的电池板，其中所述至少一个光学输出孔径位于相邻的反射镜元件之间。

15、根据权利要求 10 所述的电池板，其中基本没有光通过所述至少一个光学输出孔径从所述光学波导段耦合到所述光插入段。

16、根据权利要求 1 所述的电池板，其中所述光学波导段通过一系列全内反射将所述光导向所述输出表面。

17、根据权利要求 1 所述的电池板，其中所述输入表面具有光输入区域并且所述输出表面具有光收集区域，所述光收集区域小于所述光输入区域。

18、根据权利要求 1 所述的电池板，进一步包括被光耦合到所述输出表面的太阳能收集器。

19、根据权利要求 18 所述的电池板，其中所述太阳能收集器包括光伏太阳能电池和集热器中的至少一个。

20、根据权利要求 18 所述的电池板，进一步包括光学棱镜，所述光学棱镜用于将所述输出表面光耦合到所述太阳能收集器。

21、根据权利要求 18 所述的电池板，其中所述光学波导段具有与所述输出表面相邻的至少一个抛物面形界面，所述至少一个抛物面形界面用于将所述光聚集到所述输出表面上。

22、根据权利要求 18 所述的电池板，进一步包括与所述输出表面相邻的锥

形光学元件，所述锥形光学元件用于将所述太阳能收集器与所述光学波导段隔开并用于将所述光聚集在所述太阳能收集器上。

23、根据权利要求 22 所述的电池板，其中所述锥形光学元件具有与所述光学波导段的折射率不同的折射率。

24、根据权利要求 1 所述的电池板，其中：

所述光学波导段包括多个波导，每个波导被光耦合到所述至少一个光学输出孔径之一，每个波导用于从相应的光学输出孔径接收光并用于将所述光沿着该波导在至少由所述光学元件确定的方向上传播。

25、根据权利要求 24 所述的电池板，其中每个波导具有波导输出表面，所述波导段输出表面包括每个波导的波导输出表面。

26、根据权利要求 24 所述的电池板，其中所述光学元件引导所述光沿每个波导在仅仅一个方向上传播。

27、根据权利要求 24 所述的电池板，其中所述光学元件引导所述光沿每个波导在两个相反的方向上传播。

28、根据权利要求 24 所述的电池板，其中所述光学元件包括体相位全息图。

29、根据权利要求 24 所述的电池板，其中所述光学元件包括多个棱镜脊。

30、根据权利要求 1 的所述的电池板，其中所述光插入段包括多个锥形光通道，并且所述光学波导段包括多个波导，所述锥形光通道中的至少一个通过所述至少一个光学输出孔径之一被光耦合到至少一个波导，每个波导用于沿该波导在至少由所述光学元件确定的传播方向上对所述光进行导向。

31、根据权利要求 30 所述的电池板，其中所述至少一个波导包括不同直径的波导。

32、根据权利要求 30 所述的电池板，其中所述光学元件包括体相位全息图和棱镜脊中的至少一个，以用于将传播方向给予所述光。

33、根据权利要求 32 所述的电池板，其中所述光学元件进一步包括以下中的至少一项：抛物面反射镜、三次反射镜、双曲线反射镜、椭圆形反射镜、平面反射镜和圆形反射镜。

34、根据权利要求 1 所述的电池板，其中：

所述光插入段被形成在由光学透射性材料构成的第一板材中；并且  
所述光学波导段被形成在由光学透射性材料构成的第二板材中。

35、根据权利要求 34 所述的电池板，其中：

所述第一板材包括所述输入表面和所述光学元件，所述第一板材具有与所述输入表面相对立的输出成型表面；并且

所述第二板材包括与所述输出成型表面相邻的输入成型表面，所述第一板材的输出成型表面和所述第二板材的输入成型表面彼此互补并且限定所述至少一个光学输出孔径。

36、根据权利要求 1 所述的电池板，其中：

所述光插入段被形成在由光学透射性材料构成的第一层和第二层中；并且  
所述光学波导段被形成在由光学透射性材料构成的第三层中。

37、根据权利要求 36 所述的电池板，其中：

所述第一层包括所述输入表面，并进一步包括与所述输入表面相对立的第一成型表面；

所述第二层包括与所述第一成型表面相邻和互补的第二成型表面，所述第二层进一步包括与所述第二成型表面相对立的第三成型表面；并且

所述第三层包括与所述第三成型表面相邻和互补的第四成型表面，所述第三成型表面和所述第四成型表面限定所述至少一个光学输出孔径。

38、根据权利要求 1 所述的电池板，其中所述光插入段和所述光学波导段被形成在相同的光学透射性材料中。

39、根据权利要求 1 所述的电池板，其中所述光插入段具有第一部分和第二部分，该第一部分具有沿第一组基本同心的圆弧被彼此间隔开的第一组光学元件，该第二部分具有沿第二组基本同心的圆弧被彼此间隔开的第二组光学元件。

40、根据权利要求 39 所述的电池板，其中所述第一组光学元件在第一方向上引导所述光的第一部分，并且所述第二组光学元件在与所述第一方向截然不同的第二方向上引导所述光的第二部分。

41、根据权利要求 40 所述的电池板，其中所述第二方向与所述第一方向相反。

42、根据权利要求 41 所述的电池板，其中所述光插入段的第一部分具有至少一个第一部分光学输出孔径，并且所述光插入段的第二部分具有至少一个第二部分光学输出孔径，所述光学波导段具有被光耦合到所述至少一个第一部分光学孔径的第一部分和被光耦合到所述至少一个第二部分光学孔径的第二部分。

43、一种光导太阳能电池板，包括：

光插入段，具有用于接收光的输入表面、光学元件以及至少一个光学输出孔径，所述光学元件被形成在所述输入表面和所述至少一个光学输出孔径之间，以将所述光从所述输入表面引导到所述至少一个光输出孔径；

具有输出表面的光学波导段，所述光学波导段被光耦合到所述至少一个光学输出孔径以从所述至少一个光学输出孔径接收所述光，所述光学波导段用于将所述光导向所述输出表面；以及

被光耦合到所述输出表面的光伏电池。

44、一种制备光导太阳能电池板的方法，所述方法包括步骤：

形成光插入段，该光插入段具有用于接收光的输入表面、光学元件以及至少一个光学输出孔径，所述光学元件被放置在所述输入表面和所述至少一个光学输出孔径之间，以将所述光从所述输入表面引导到所述至少一个光学输出孔径；

形成具有输出表面的光学波导段；以及

将所述光学波导段光耦合到所述至少一个光学输出孔径以从所述至少一个光学输出孔径接收所述光，所述光学波导段用于将所述光导向所述输出表面。

## 光导太阳能电池板及其制备方法

### 相关申请的交叉引用

本申请要求 2007 年 5 月 1 日提交的美国临时专利申请 No. 60/915,207; 2007 年 6 月 8 日提交的美国临时专利申请 No. 60/942,745; 以及 2007 年 7 月 25 日提交的美国临时专利申请 No. 60/951,775 的权益和优先权, 这些专利申请的全部内容通过参考合并于此。

### 技术领域

本发明一般涉及太阳能电池板。更具体地, 本发明涉及光导聚光器太阳能电池板。

### 背景技术

已知的是, 太阳能电池板装置具有排布在直接暴露给太阳的巨大表面上的光伏 (PV) 电池。然而, PV 电池材料价格昂贵, 并且已经在寻求减少太阳能电池板中需要的 PV 电池的材料量的方案。这些方案之一利用了诸如透镜和反射镜之类的聚光光学元件, 以在相对较小的 PV 电池所占用的较小表面积上对太阳光进行聚光。假定这些聚光光学元件都具有非零的焦距, 那么它们导致聚光型光伏 (CPV) 模块, 这些聚光型光伏模块通常在体积上大于它们的非聚光对应物。不仅对 CPV 模块的操作来说, 而且对材料成本来说, 这种体积庞大都是有缺点的。通过减小 PV 电池的大小来获取体积较小的 CPV 模块同时保持相同的聚光系数是可能的; 然而, 将 PV 电池切割成小方块形成较小的电池增加了这些模块的复杂性和成本。

另外, 现在的 CPV 模块通常需要这些聚光光学元件被固定在复杂的结构外壳中以将这些元件全部固定就位。这不可避免地增加这些 CPV 模块的体积和成本, 并且导致更严格的装运要求以减轻装配好的 CPV 模块的破损

风险，或者需要这些 CPV 模块被拆卸运输到它们的目的地，从而在接收目的地需要装配时间和劳动强度。

因此，想要的是，提供一种与现有 CPV 模块相比体积较小的 CPV 模块。还想要的是，提供一种与已知 CPV 模块相比要求相对较小的 PV 电池材料的 CPV 模块。另外，想要的是，提供一种与已知 CPV 模块相比，需要聚光光学元件的结构外壳的体积较小并且复杂性较低的 CPV 模块。

## 发明内容

本发明的目的是消除或减轻先前的太阳能电池板的至少一个缺点。

在第一方面，本发明提供了一种光导太阳能电池板，包括光插入段，所述光插入段具有用于接收光的输入表面、光学元件以及至少一个光学输出孔径，所述光元件被形成在所述输入表面和所述至少一个光学输出孔径之间，以将所述光从所述输入表面引导到所述至少一个光学输出孔径。所述电池板进一步包括具有输出表面的光学波导段，所述光学波导段被光耦合到所述至少一个光学输出孔径，以从所述至少一个光学输出孔径上接收所述光，所述光学波导段用于将所述导向所述输出表面。

所述太阳能电池板可以具有沿着基本平行的线被彼此间隔开的光学元件，并且所述输出表面可以基本不正交于所述输入表面。

所述太阳能电池板可以具有沿着基本同心的圆弧被彼此间隔开的光学元件，并且所述输出表面可以成形为与所述光学元件基本同心的圆弧。

所述太阳能电池板可以具有包括以下中至少一项的光学元件：抛物面反射镜、三次反射镜、双曲线反射镜、椭圆形反射镜、平面反射镜、卡塞格伦光学装置、温斯顿锥面光学装置、圆形反射镜、透镜、全息图和棱镜脊（prismatic ridge）。

所述太阳能电池板可以具有楔形的光学波导段。所述太阳能电池板可以具有至少部分锥形的光学波导段。

所述太阳能电池板可以具有包括第一表面的光学波导段，其中离开所述



第一表面从所述至少一个光学输出孔径接收到的光经历第一全内反射。所要求保护的太阳能电池板可以具有其上形成有覆层的所述输入表面和所述第一表面中的至少一个。

所要求保护的太阳能电池板可以具有光学波导部分，所述光学波导部具有与所述第一表面相对形成的多个反射镜元件，所述多个反射镜元件用于从所述第一表面接收全内反射的光并用于将所述全内反射的光反射向所述第一表面。所述多个反射镜元件可以包括平面反射镜。这些平面反射镜可以基本平行于所述第一表面。至少一个反射元件可以具有全内反射表面。所述至少一个光学输出孔径可以位于相邻的反射镜元件之间。

所要求保护的太阳能电池板可以使得基本没有光通过所述至少一个光学输出孔径从所述光学波导段耦合到所述光插入段。

所述太阳能电池板可以使得所述光学波导段通过一组全内反射将所述光导向所述输出表面。所述太阳能电池板可以使得所述输入表面具有光输入区域并且所述输出表面具有光收集区域，所述光收集区域小于所述光输入区域。

所述太阳能电池板可以包括被光耦合到所述输出表面的太阳能收集器。所述太阳能收集器可以包括光伏太阳能电池和集热器中的至少一个。所述太阳能电池板可以进一步包括光学棱镜，所述光学棱镜用于将所述输出表面光耦合到所述太阳能收集器。

所述太阳能电池板可以使得所述光学波导段具有与所述输出表面相邻的至少一个抛物面形界面，所述至少一个抛物面形界面用于将所述光聚集到所述输出表面上。所述太阳能可以包括与所述输出表面相邻的锥形光学元件，所述锥形光学元件用于将所述太阳能收集器与所述光学波导段相隔开并用于将所述光聚集在所述太阳能收集器上。所述锥形光学元件可以具有与所述光学波导段的折射率不同的折射率。

所述太阳能电池板可以具有包括多个波导的光学波导段，每个波导被光耦合到所述至少一个光学输出孔径之一，每个波导用于从相应的光学输出孔

径接收光并用于将所述光沿着该波导在至少由所述光学元件确定的方向上传播。每个波导可以具有波导输出表面，所述波导段输出表面包括每个波导的波导输出表面。所述光学元件可以引导所述光沿每个波导在仅仅一个方向上传播或者沿每个波导在两个相反的方向上传播。所述光学元件可以包括体相位全息图。所述光学元件可以包括多个棱镜脊。

所述太阳能电池板可使得所述光插入段可以包括多个锥形光通道，并且所述光学波导段可以包括多个波导，所述锥形光通道中的至少一个通过所述至少一个光学输出孔径之一被光耦合到至少一个波导，每个波导用于沿该波导在至少由所述光学元件确定的传播方向上对光进行导向。所述至少一个波导可以包括不同直径的波导。所述光学元件可以包括体相位全息图和棱镜脊中的至少一个，以用于将传播方向给予所述光。所述光学元件可以进一步包括抛物面反射镜、三次反射镜、双曲线反射镜、椭圆形反射镜、平面反射镜和圆形反射镜中的至少一个。

所述光插入段可以被形成在由光学透射性材料构成的第一板材中，并且所述光学波导段可以被形成在由光学透射性材料构成的第二板材中。所述第一板材可以包括所述输入表面和所述光学元件，并且可以具有与所述输入表面相对立的输出成型表面。所述第二板材可以包括与所述输出成型表面相邻的输入成型表面，所述第一板材的输出成型表面和所述第二板材的输入成型表面彼此互补并且限定所述至少一个光学输出孔径。

所述太阳能电池板可以使得所述光插入段被形成在由光学透射性材料构成的第一层和第二层中，并且所述光学波导段被形成在由光学透射性材料构成的第三层中。所述第一层可以包括所述输入表面，并进一步包括与所述输入表面相对的第一成型表面。所述第二层可以包括与所述第一成型表面相邻和互补的第二成型表面，所述第二层进一步包括与所述第二成型表面相对的第三成型表面。所述第三层可以包括与所述第三成型表面相邻和互补的第四成型表面，所述第三成型表面和所述第四成型表面限定所述至少一个光学输出孔径。

所述太阳能电池板可以使得所述光插入段和所述光学波导段被形成在相同的光学透射性材料中。

所述太阳能电池板可以使得所述光插入段具有第一部分和第二部分，该第一部分具有沿第一组基本同心的圆弧被彼此间隔开的第一组光学元件，该第二部分具有沿第二组基本同心的圆弧被彼此间隔开的第二组光学元件。所述第一组光学元件可以在第一方向上引导所述光的第一部分，并且所述第二组光学元件可以在与所述第一方向截然不同的第二方向上引导所述光的第二部分。所述第二方向可以与所述第一方向相反。所述光插入段的第一部分可以具有至少一个第一部分光学输出孔径，并且所述光插入段的第二部分可以具有至少一个第二部分光学输出孔径，所述光学波导段具有被光耦合到所述至少一个第一部分光学孔径的第一部分和被光耦合到所述至少一个第二部分光学孔径的第二部分。

在另一方面，提供了一种光导太阳能电池板，包括：光插入段，具有用于接收光的输入表面、光学元件以及至少一个光学输出孔径，所述光学元件被形成在所述输入表面和所述至少一个光学输出孔径之间，以将所述光从所述输入表面引导到所述至少一个光输出孔径；具有输出表面的光学波导段，所述光学波导段被光耦合到所述至少一个光学输出孔径以从所述至少一个光学输出孔径接收所述光，所述光学波导段用于将所述光导向所述输出表面；以及被光耦合到所述输出表面的光伏电池。

在又一方面，提供了一种制备光导太阳能电池板的方法。所述方法包括步骤：形成光插入段，该光插入段具有用于接收光的输入表面、光学元件以及至少一个光学输出孔径，所述光学元件被放置在所述输入表面和所述至少一个光学输出孔径之间，以将所述光从所述输入表面引导向所述至少一个光学输出孔径；形成具有输出表面的光学波导段；以及将所述光学波导段光耦合到所述至少一个光学输出孔径以从所述至少一个光学输出孔径接收所述光，所述光学波导段用于将所述光导向所述输出表面。

在结合附图回顾本发明的具体实施例的下列描述之后，本发明的其它方

面和特征对本领域普通技术人员来说将是显而易见的。

## 附图说明

现在将参照附图，仅作为实例描述本发明的实施例，其中

图 1 示出本发明的光导太阳能电池板的第一实施例；

图 2 示出图 1 的实施例，其中有多条光线被单反射镜聚焦；

图 3 示出图 1 的实施例的细节；

图 4 示出图 1 的实施例的放大视图；

图 5 示出光导太阳能电池板，其中光线保持陷入在光学波导段中；

图 6 示出光导太阳能电池板，其中光线从光学波导段中射出；

图 7 示出本发明的光导太阳能电池板的直线几何形状实施例的透视图；

图 8A 示出图 7 的实施例的侧视图，其中有两条光线在其中传播；

图 8B 示出图 7 的实施例的前视图，其中有两条光线在其中传播；

图 8C 示出图 7 的实施例的透视图，其中有两条光线在其中传播；

图 9 示出本发明的光导太阳能电池板的旋转几何形状实施例的透视图；

图 10 示出图 9 的实施例的矩形部分的透视图；

图 11 示出图 9 的实施例的薄片部分的透视图；

图 12 示出本发明的两层式光导太阳能电池板实施例的一部分；

图 13 示出本发明的光导太阳能电池板的实施例的一部分，其中在光插入段中发生了三次反射；

图 14 示出本发明的光导太阳能电池板的实施例，其中在光导段中使用了卡塞格伦光学装置；

图 15 示出本发明的光导太阳能电池板的实施例，其中在光导段中使用了温斯顿锥面光学装置；

图 16 示出本发明的光导太阳能电池板的实施例，其中在光学波导段中使用了温斯顿锥面光学装置；

图 17 示出本发明的光导太阳能电池板的实施例，其中在光学波导段中

使用了温斯顿半锥面光学装置；

图 18 示出本发明的光导太阳能电池板的实施例，其中在光学波导段中使用了平坦的有小平面的聚光元件；

图 19 示出本发明的光导太阳能电池板的实施例，其中在光学波导段上存在多个输出表面；

图 20 示出本发明的光导太阳能电池板的实施例，其中覆层围绕该电池板；

图 21 示出本发明的通过并排装配薄片来制作光导太阳能电池板的实施例；

图 22A 示出本发明的光导太阳能电池板的三层式实施例的透视图；

图 22B 示出图 22A 的实施例的分解视图；

图 22C 示出图 22A 的实施例的侧视图；

图 22D 示出图 22C 的放大视图；

图 23A 示出本发明的光导太阳能电池板的两层式实施例的透视图；

图 23B 示出图 23A 的实施例的分解透视图；

图 23C 示出图 23A 的实施例的放大视图；

图 24A 示出本发明的光导电池板的实施例的放大视图；

图 24B 示出本发明的光导电池板的实施例的放大视图；

图 24C 示出图 24B 和 33D 的实施例的几何细节；

图 25A 示出本发明的光导太阳能电池板的两层式实施例的透视图；

图 25B 示出图 25A 的实施例的分解视图；

图 25C 示出图 25A 的实施例的放大视图；

图 26 示出本发明的光导太阳能电池板的实施例的放大视图；

图 27 示出本发明的十太阳能电池板实施例的装配；

图 28 示出本发明的装配保持在大凸缘之间的光导太阳能电池板；

图 29 示出的吸热器；

图 30 示出光伏电池装配；

图 31 示出单轴太阳跟踪机构的细节;

图 32A 示出本发明的光导太阳能电池板的旋转几何形状实施例的透视图;

图 32B 示出图 32A 的实施例的顶视图;

图 33A 示出棱镜;

图 33B 示出图 33A 的本发明的具有棱镜的光导太阳能电池板的旋转几何形状实施例的透视图;

图 33C 示出图 33A 的实施例的顶视图;

图 33D 示出光导太阳能电池板部分的装配的透视图;

图 33E 示出图 33D 的装配的侧视图;

图 33F 示出图 33E 的装配的分解视图;

图 33G 示出图 33D 的实施例的光插入段和光学波导段的细节;

图 34 示出双轴太阳跟踪机构;

图 35 示出另一双轴太阳跟踪机构;

图 36 示出又一双轴太阳跟踪机构;

图 37 示出本发明的光导太阳能电池板的另一实施例;

图 38 示出本发明的光导太阳能电池板的另一实施例;

图 39 示出具有不同的光接收角度的光导太阳能电池板的各种实施例;

图 40 示出本发明的光导太阳能电池板的另一实施例;

图 41A 是本发明的光导太阳能电池板的另一实施例的透视图;

图 41B 是图 41A 的实施例的详细视图;

图 42A 示出在玻璃基板上全息图;

图 42B 示出图 41A 的实施例的详细横截面视图;

图 42C 示出图 42B 的详细视图的透视图;

图 43 示出由棱镜脊构成的偏转层;

图 44A 示出本发明的光导太阳能电池板的实施例的元件的横截面视图;

图 44B 示出图 44A 的实施例的顶视图;

- 图 44C 示出图 44A 实施例的侧视图；
- 图 45A 示出吸热器的透视图；
- 图 45B 示出图 45A 的吸热器的横截面视图；
- 图 46 示出太阳能电池板单轴跟踪装配；
- 图 47 示出太阳能热力单轴跟踪装配；
- 图 48 示出梯度折射率太阳能电池板实施例；
- 图 49 示出另一梯度折射率太阳能电池板实施例； 以及
- 图 50 示出在图 33D-33F 示出的太阳能电池板的装配。

### 具体实施方式

一般而言，本发明提供了一种太阳能系统，该太阳能系统用光导太阳能电池板（LGSP）来将使光陷入在介电或其它透明电池板内并且将该光传导到电池板边缘之一，用以被太阳能收集器（SEC）收获。这允许很薄的模块，这些模块的厚度相当于 SEC 的高度，该 SEC 可以是例如在该模块的边缘处的 PV 电池，因此消除了诸如 CPV 系统之类的传统太阳能系统内在的深度要求。照射该 LGSP 的光被改向或被向内部陷入，以便它通过该电池板的边缘之一离开该电池板，其中 SEC 在该边缘上接收它。

本发明的 LGSP 能够被结合成组以制造模块。该 LGSP 光学装置在结构上可以被设计为大部分自支撑，这意味着它们不要求任何实质性的外壳来维持它们的形状和定向。完整的外壳可以添加到该 LGSP。如下面将要描述的，为了最小化材料的使用和成本，LGSP 模块可以由轴加凸缘（axle-and-rib）的结构来支撑。

可以利用聚集的阳光作为动力以用于不同于用（PV）电池发电的目的。一个替代的用途是对元件进行加热。这些模块还可以被配置为加热水的同时进行发电。也可能的是，将聚集的光接入到光纤装置或者其它光导以将光传导到另一位置以用于某些其它用途，例如传导到照明器材以提供日光照明。

图 1 和图 2 示出本发明的 LGSP 100 的第一实施例的横截面视图。电池

板 100 具有光插入段 102 和光学波导段 104，它们都能由任何合适的光学透射性材料制成。光插入段 102 在它的输入表面 108 接收阳光 106，并且从那里开始，阳光 106 被导向诸如一组反射镜 110 之类的光学元件。这些反射镜 110 在光插入段 102 的光学透射性材料和组成区域 114 的材料之间的界面 112 来限定。选择界面 112 相对于入射的阳光 106 所位于的角度和光插入段 102 的光学透射性材料的折射率与区域 114 的材料的折射率之比，使得入射在界面 112 上的阳光 106 经历全内反射。通常，材料 114 是空气或任何其它合适的气体；然而，光插入段 102 的材料和光学波导段 104 的材料可以包括例如任何类型的聚合物或丙烯酸玻璃，例如，聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA)，其对于光学频谱的可见部分具有大约 1.49 的折射率。也可以使用任何其它合适的材料。界面 112 相对于入射的太阳光 106 所位于的角度的范围从临界角到  $90^\circ$ ，由界面 112 的表面法线开始测量（例如对于 PMMA-空气界面，该角度基本包括在大约  $42.5^\circ$  和  $90^\circ$  之间）。

反射镜 110 被成形为抛物面反射镜；然而它们可以是任何合适的形状。如果这些反射镜之间的间隔是“A”，并且坐标系统的原点是孔径 116，那么相应的抛物线的示范性公式为  $y=(1/2A)x^2-1/4$ 。如图 1 所示，每个反射镜 110 通过将阳光 106 聚焦在输出光学孔径 116 而将阳光 106 引向各自的输出光学孔径 116。图 2 示出用相同的反射镜 110 对阳光 106 进行聚焦。如此聚焦的阳光 106 进入光学波导段 104，光学波导段 104 包括壁 118，阳光 106 被传播向壁 118。壁 118 具有位于光学波导段 104 的光学透射性材料和位于壁 118 的另一侧面上的材料 122 之间的第一表面 120。界面 118 可以位于的相对于水平方向的角度在  $1-5^\circ$  的范围中；然而，任何其它合适的角度也将起作用。选择壁 118 相对于来自孔径 116 的阳光 106 的定向和光学波导段 104 的光学透射性材料的折射率与材料 122 的折射率的比率，使得入射在第一表面 120 上的阳光 106 经历全内反射。材料 122 可以是空气和任何其它气体；然而折射率低于光学波导段 104 的折射率的任何其它材料也可以组成材料 122。至于光插入段 102 的材料和光学波导段 104 的材料，它们可以包括，



例如任何类型的聚合物或丙烯酸玻璃，例如，PMMA。也可以使用任何其它合适的材料。

一旦阳光 106 在第一表面 120 上被全内反射，它在光学波导段 104 中向一组反射元件 124 传播，该组反射元件 124 向第一表面 120 反射阳光 106，在第一表面 120 上，阳光再次经历全内反射。如图 3 所示，每个反射元件 124 被在光学波导段 104 和组成区域 128 的材料之间的界面 126 来限定，区域 128 的材料可以是与区域 114 相同的材料。选择反射元件 124 相对于来自第一表面 120 的阳光 106 的定向和光学波导段 104 的光学透射性材料的折射率与材料 128 的折射率的比率，使得入射到反射元件 124 上的阳光 106 经历全内反射。然而，反射元件 124、第一表面 120 和反射镜 110 的功能不需要基于全内反射并且可以包括例如合适类型的反射镜。

如在图 1-3 中的示范性实施例所示，每个反射元件 124 是平面的并且与输入平面 108 成非平行的角度（例如  $1-5^\circ$ ）。另外，每个反射元件 124 位于距输入表面 108 基本相同的距离并且基本平行于第一表面 120。同样，光学波导段 104，如图 3 所示，一般具有楔形，其起到的作用是在楔形变宽的方向（该方向称为下行方向）上传播通过光学输出孔径 116 输入的阳光 106。因此，光学波导段 104 使得在第一表面 120 和在反射元件 124 处的多个连续的全内反射之后，阳光 106 到达输出表面 130（图 1 和 2），输出表面 130 为侧壁 132 的一部分，其中合适类型的 SEC（未示出）可以被设置以收获阳光 106 携带的能量。

图 1 和 2 示出与输入表面 108 不垂直的侧壁 132；然而，侧壁 132 可以与输入表面 108 成任何合适的角度。另外，如技术人员将会理解的，LGSP 100 可以具有任何合适数目的反射元件 124 以及任何合适数目的输出光学孔径 116。

图 3 示出在该实施例中每个反射元件 114 与壁 118 平行。在该实施例中，当阳光 106 的射线在下游方向上传播时，入射角保持为常数。

图 4 示出反射元件 124 可以被形成为使得来自第一表面 120（图 1）并

且向光插入段 102 传播的阳光 106 将被反射离开反射元件 124 并且没有入射在输出光学孔径 116 上。

图 5 示出本发明的另一实施例,其中壁 118 和反射元件 124 之间的角度不平行而是在下游方向上张开。在本实施例中,可以示出的是,阳光 106 将保持陷入在光学波导段 104 中。图 6 示出了一实施例,其中壁 118 和这些反射元件之间的角度在下游方向上接近。在本实施例中,可以示出的是,阳光 106 最终发射出光学波导段 104。

图 7 示出可以具有图 1 中示出的横截面图的 LGSP 的 100 透视图。图 7 的 LGSP 100 将阳光 106 聚集在侧壁 132 上。图 7 的 LGSP 100 的实施例可以被称为具有直线几何形状,因为反射镜 110 全部沿平行线放置。

对于阳光 106 在由 X 和 Y 轴限定的平面中的入射角的改变,图 7 的 LGSP 100 的性能基本是不变的。在图 8A-8C 中示出了这种不变性,在图 8A-8C 中,分别以  $30^\circ$  和  $45^\circ$  入射在输入表面 108 上的射线 134 和 136 被光插入段 102 引向光学波导段 104,并且在光学波导段 104 中朝输出表面 130 向下游传播。因为对 X-Y 平面中的入射角的这种不变性,图 7 的 LGSP 100 可以与任何合适的单轴太阳跟踪装置协同使用,以有效地将阳光 106 聚集在该电池板的边缘,即聚集在输出表面 130。如技术人员将会理解的,单轴跟踪装置保持该电池板与太阳固定地对齐,以便使得被 LGSP 捕获的阳光的量最大。

图 9 示出可以具有图 1 中示出的横截面的另一 LGSP 100 的透视图。图 9 的 LGSP 100 基本成形为圆板 138,并且将阳光聚集在形成于圆板 138 的轴心区域中的内壁 140 上,内壁 140 充当输出表面 142,其可以通过任何合适的路径被光耦合到任何合适的 SEC。下面进一步讨论如何将阳光 106 耦合到 SEC 的实例。图 9 的 LGSP 100 的实施例被称为具有旋转几何形状,因为反射镜 110 位于同心圆上。SEC 包括例如光伏检测器、太阳能电池、聚集入射的阳光并且用光纤装置将入射的阳光传输到建筑物内部以用于照明材料的光纤收集器以及诸如用于对水进行加热之类的热力收集器,或者任何它们结合。

图 9 的 LGSP 100 可以切割成如图 10 所示的矩形方块或者如图 11 所示的角形薄片，或者任何其它合适的形状，以便适于任何想要的安装架或结构（未示出）。

如技术人员将会理解的，图 7-11 的 LGSP 100 可以被安装到任何合适类型的太阳跟踪系统，例如，单轴跟踪系统和双轴跟踪系统。对于图 7-11 的 LGSP 100，可以在聚集型阳光接收和有角度型阳光接收上进行设计折衷，这接下来确定所要求的对齐和跟踪精度。图 7 的 LGSP 100 可以实现例如 20-50 个太阳功率密度的聚集并且要求大约  $1^\circ$  的单轴太阳能跟踪。图 10 的 LGSP 100 可以实现例如大约 500-1000 个太阳功率密度的集中并且要求大约  $1^\circ$  的双轴跟踪。在图 10 的 LGSP 100 的中心具有较大的轴心区域，即在 LGSP 100 的中心具有较大的开口将比轴心区域较小时产生更少的集中并且将要求较不精确的跟踪。

如技术人员将会理解的，光学输出孔径 116 的宽度与反射镜 110 的跨度的比率确定了该聚集。如果使该比率很小，使得光学输出孔径 116 非常紧，则可以使该聚集很高，然而该角型接收将很小。116 的宽度和 110 的水平跨度的比率还影响第一表面 120 的角度，因为较紧的孔径允许表面 118 和 108 之间的角度更小，例如， $1^\circ$ 。这接下来导致更小的侧墙 132，因而更小的 SEC。

为了制备的目的，例如图 7 和 10 的 LGSP 的光插入段 102 和光学波导段 104 可以形成截然不同的层，如图 12 所示。这在光插入段 102 中产生了出口面 144 并在光学波导段 104 中产生了注入面 146。出口面 144 和注入面 146 不需要平行或平坦。出口面 144 和注入面 146 为光学输出孔径 116 的一部分。

图 13 示出了本发明的 LGSP 的另一实施例的横截面图。在图 13 的实施例中，阳光 106 在光学输出孔径 116 处输入到光学波导段 104 中之前反射离开第一反射镜 148、第二反射镜 150 以及第三反射镜 152。第一、第二和第三反射镜是光学元件并且可以具有合适的形状，例如平面的、抛物线的、双

曲线的、椭圆形的和圆形的表面。

此外，在光插入段 102 中还可以包括任何合适的光学元件，例如，透镜、菲涅耳透镜、抛物槽、卡塞格伦光学装置、温斯顿锥面以及锥形棱镜。这些光学元件需要不仅能够在该光学波导段的大体上的下游方向上传送阳光 106 到光学输出孔径 116。光学波导段 104 可以与光插入段 102 的实施例无关，即相同的光学波导段 104 可以用于不同的光插入段 102 的实施例。

图 14 示出了具有卡塞格伦光学装置的光插入段 102 的实施例。在这个实施例中，抛物面主镜 154 和双曲面次镜 156 用于将阳光 106 聚焦和引导在平面反射镜 158 处。阳光 106 反射离开反射镜 158 并且在注入面 160 处进入光学波导段 104，该注入面 160 充当光插入段 102 的光学输出孔径。图 14 的实施例可以用于直线或旋转几何形状的 LGSP。图 14 的卡塞格伦光学装置要求在主镜和次镜（分别是 154 和 156）上以及平面反射镜 158 上的反射型表面。

图 15 示出了具有由位于光插入段 102 的光学透射性材料与材料 166 之间的界面 164A 和 164B 所限定的一组温斯顿锥面的光插入段 102，材料 166 可以是空气或任何其它合适的气体；然而，任何其它合适的材料也可以组成材料 166。选择界面 164 相对于入射的阳光 106 的几何形状和光插入段 102 的光学透射性材料的折射率与材料 166 的折射率的比率，使得入射在界面 164 上的阳光 106 经历全部内射。针对由界面 164A 和 164B 所限定的给定锥形 162，入射在界面 164A 上的阳光 106 被反射向反射镜 168，反射镜 168 接下来将阳光 106 引向光学输出孔径 116。至于入射在界面 164B 上的阳光 106，基于它在界面 164B 上反射的地方，它将被反射到光学输出孔径 116，或者被反射到反射镜 168，反射镜 168 将把它反射向光学输出孔径 116。至于直接入射在反射镜 168 上的阳光 106，它也在光学输出孔径 116 处被引导。在已经通过光学输出孔径 116 进入光学波导段 104 之后，阳光 106 可以入射在第一表面 120 上或者入射在反射元件 124 上，不管怎样，阳光 106 经历全内反射并且在下游方向上传播。反射镜 168 可以具有合适的几何形状，例如，

圆形几何形状，并且可以包括任何合适类型的反射型涂料。图 15 的光插入段 102 可以用于直线或旋转几何形状的 LGSP。图 15 的光插入段 102 由于其相对宽的阳光接收角度而可以用于非跟踪太阳能电池板。

在上述实施例中，通过减小邻近光学波导段的光学输出孔径的光学波导段 104 的高度来获得增加的聚集。如以上实施例所述，光学波导段 104 通过阳光的全内反射来传播阳光 106。总的来说，如果光学波导段如图 6 所示向下游成锥形或会聚，则阳光将从光学波导段射出。然而，这种限制并不适用于光学波导段内的最后一次反射，因为在这一点，阳光将从光学波导段 104 出来。在由 SEC 马上收获阳光之前，阳光可以以任何合适的角度被反射，假设它仍将到达光学波导段的光学输出孔径。因为该 SEC 将收获阳光，所以阳光的入射角就不太重要，而且同样阳光在被收获之前马上被收缩或者进一步聚集。以这种方式可实现的另外的聚集依赖于阳光 106 在光学波导段 104 内的角展度，可实现的聚集越大，光导层内的阳光就越平行。在通常的实施例中，例如，额外聚集的范围可以在 1.5 倍到 2 倍之间。

增加这种额外聚集的最简单的方式是使靠近 SEC 的光导层成锥形。用于聚集的好的锥形是温斯顿锥面，其为离轴抛物面，它的一个实例在图 16 中以附图标记 170 来表示。然而，包含这种温斯顿锥面 170 在 LGSP 100 中引入了死区（被定义为暴露给阳光的、不捕获光和向 SEC 发射光的 LGSP 表面），因为入射在温斯顿锥面上的光基本没有被捕获。这种死区导致，在使用用于将太阳能转换成有用能的空间的利用上，总的系统效率降低。

额外聚集和死区之间的折衷可以利用图 17 示出的半温斯顿锥面来实现。作为另一替代，如图 18 所示，平坦的有小平面的锥形 174 可以用于估计温斯顿锥面的效果。然而，该平坦的有小平面的锥形并不提供可以与温斯顿锥面提供的相同的额外聚集。尽管存在这样的事实，但因为平面元件比弯曲元件更容易制备，所以图 18 示出的方法可能是令人感兴趣的。

利用分离的光学元件，即由光学透射性材料制成并且可以被固定在光学波导段和 SEC（未示出）之间的收缩，来实现增加的聚集。这种收缩在图

18 中以附图标记 176 来表示。如果收缩 176 的折射率大于光学波导段的折射率，则可以获得进一步的额外聚集。因为在光学波导段和收缩 176 之间的界面 180 处出现了阳光偏转并且因为高折射率材料（收缩 176）的临界角更小，所以出现了额外聚集。

在光学波导段和 SEC 之间放置例如收缩 176 的优点在于它可以将光学波导段与 SEC 处的热积聚绝缘。在条件很差的期间，如果 SEC 变得比制成光学波导段的材料所能承受的更热，则这变得很重要。

图 19 中示出了本发明的 LGSP 100 的另一实施例。该实施例允许光学波导段 104 提供阳光给固定到由光学波导段 104 限定的一组壁 182 的一组 SEC。如技术人员将会理解的，使用多个壁 182 导致更薄的光学波导段 104。

为了保护光插入段 102 的输入表面 108 和光学波导段 104 的第一表面 120，图 20 中示出的覆层 184 可以涂抹到该输入表面和/或涂抹到该第一表面。该覆层可以具有比该光插入段的折射率更低并且比该光学波导段的折射率更低的折射率。此外，覆层 184 还可以被涂抹在 LGSP 100 内通常被空气或气体所占据的空间内。

具有这种覆层 184 的优点在于，它可以保护该 LGSP 的完整性。有了这种覆层 184 存在，该覆层的外表面可以变脏或被刮擦而不会危及该 LGSP 的功能。覆层 184 可以由诸如氟化乙烯丙烯之类的任何合适的材料制成。如技术人员将会理解的，该覆层的厚度可以相对变薄而且仍然是有效的。

以上给出的这些 LGSP 实施例是可伸缩的。也就是说，它们的尺寸可以乘以一公共因子完全改变而不会影响这些光学装置的功能，假设这些光学装置没有变得小到使得干扰效应占优势。当交错的光学装置之间的空间处于与光波长相当的数量级时，这些干扰效应可能变得很重要。太阳频谱的最高能量波长部分在 0.2 微米到 3 微米之间。相应地，可以将这些光学元件和这些孔径的交错周期以及这些孔径的尺寸保持在大于 3 微米以消除这些干扰效应。

为了使用最少的材料并保持低的成本，想要的是，使这些光学元件体积

变小以最小化 LGSP 的厚度并且使得能够以最少的材料覆盖最多的面积。光学波导段（光导层）的厚度将大大受限于这些被布置成收获阳光的 SEC 的尺寸（例如 PV 电池条）。在 PV 电池条的情况下，它们的尺寸可以变化，例如，从 1 毫米到 1 分米，虽然更大或更小的 PV 电池会工作的同样好。另一方面，光插入段（插入层）可以被制成薄到干扰效应和制备方法所能允许的程度。

本发明的这些 LGSP 可以由诸如喷射模塑、压缩模塑、喷射-压缩模塑之类的模塑技术或者通过任何其它合适的方法来制备。一般而言，通过模塑方法制成的部分不可以有底切，并且同样利用常规模塑一次模塑整个上述光导电池板是不可能。然而，该 LGSP 可以通过将它们分成可以被单独地模塑的段来制造。下面描述两个用于为了制造的目的分割 LGSP 的示范性方法。

第一种方法是制造薄的 LGSP 的垂直部分或薄片，并且如图 21 所示对它们进行并排装配。该电池板的分离的薄片 190 可以通过外拉（未示出）固定在一起，或者它们可以被粘合在一起或者相反被绑定在一起。第一种方法（薄片方法）适于直线几何形状 LGSP。

第二种方法是制备水平板材以制作 LGSP，这些板材可以是一个在另一个顶上堆叠的板材。这样的电池板可以是自支撑的，对在框架和外壳上要求很少并且可以使得不需要粘合和绑定。这些板材组成先前描述的功能层（光插入段和光学波导段）；然而，给定的功能层可以由任何数目的板材组成。

图 22A-22D 是一种将 LGSP 100 分成三个薄板而没有底切的方式。顶部的两个薄板 192 和 194 共同起作用形成插入层（光插入段 102），底部的薄板 196 形成光导层（光学波导段 104）。图 22A-22D 示出的实施例类似于图 13 示出的实施例。在顶部板材 192 中，阳光 106 通过全内反射（TIR）的方式反射离开抛物面反射镜，它然后从顶部板材 192 出来，并进入中间板材 194，然后在从中间板材 194 出来并进入底部板材 196 之前通过 TIR 方式反射离开两个平坦的小平面，该底部板材 196 充当光导层（光学波导段 104）。

图 23A-23C 示出另一种可能的将 LGSP 100 分成两个板材 198 和 200。

该插入层和光导层各用一个板材来制作，分别是板材 198 和 200。如图 24A 所示，阳光 106 全内反射离开抛物表面 202 而后在遇到光导层(光学波导段)的注入面 206 之前通过平坦的小平面(出口表面) 204 出来进入到空气中。在插入层板材的出口表面 204 处的偏转改变了该抛物面反射镜的焦点；它使得该焦点稍微向上，这接下来要求向上移动光导层的孔径。稍微移动焦点有一个优点：它允许捆紧抛物面反射镜面而它们之间死区很小。然而，使用偏转而非仅仅反射来聚集阳光的缺点在于得到的实施例在单轴阳光跟踪的情况下不会发挥最佳的作用。同样，图 24A 的两板材式方法非常适合于旋转几何形状的 LGSP。这是因为无论如何，为了最优性能，该实施例要求两个轴跟踪。通过平坦的小平面改变焦点将一些小的散光引入到聚焦抛物面光学装置。这将阳光 106 略微散布在焦点，并且将可实现的聚集限至到一定程度。通过略微倾斜该抛物面来稍微补偿该散光是可能的。如果该平坦小平面 204 从垂直线沿逆时针方向倾斜  $2^\circ$ ，则从垂直线沿顺时针方向将抛物面反射镜倾斜  $5^\circ$  可以稍微补偿该散光。图 24B 示出类似于图 24A 的光导太阳能电池板的光导太阳能电池板的另一实施例，但是改为具有与由注入面 206 形成的突起 207 相邻的三次曲面 203。

图 24C 示出图 24B 的光插入段的周期性单元的示范性尺寸，正在讨论的该单元包括三次曲面 203、平坦的小平面 204、注入面 206 和突起 207。这些长度以微米为单位，并且三次曲面 203 的方程为  $y = -1.049388x + 9.1781775 \times 10^{-4}x^2 + 1.19193 \times 10^{-7}x^3$ 。

图 25A-25C 示出了又一将 LGSP 100 分成两个板材 208 和 210，其改进了图 24A 的实施例的关于非最优单轴跟踪的限制，并且允许制备一种不使用偏转来聚集阳光的直线几何形状 LGSP。如图 26 所示，阳光 106 全内反射离开抛物面反射镜 212，但是在该实施例中，它在出口面 214 处从插入层板材出来，该出口面 214 是以抛物面反射镜 212 的焦点为中心的圆的圆弧。会聚在抛物面反射镜的焦点的阳光线各以基本上直角碰到该弧形出口面，并且因此没有发生偏转。



所有以上提及的板材，在它们被装配成 LGSP 时，可以用使它们之间的对齐变得容易的装配特征来模塑。这些装配特征对光学性能可以具有最小的或没有干扰。特别地，本发明的 LGSP 的实施例可被设计为使得上游孔径的背部依靠在抛物面反射镜的底部；这是具有图 25C 的实施例的实施例。其它装配特征可以包括散布在光导层的表面上的小结块，这些小结块将这些抛物面反射镜相对于光学波导段 104 固定就位。这些板材之间的空间将基本清除灰尘和潮气。这些板材可以用硅树脂或任何其它合适的材料或者利用密封垫或任何其它合适的封条彼此密封。小量的干燥剂可以添加在这些板材之间来吸收潮气。防尘套或全防护壳可以被添加到该 LGSP 来保持它清洁并且允许与结构相匹配的颜色。

图 27 示出了单轴跟踪太阳能系统 216。单轴跟踪太阳能系统 216 可以使用利用两板材式方法来制造 LGSP 100，并且可以被装配成围绕轴 218 倾斜。这些 LGSP 可以被制成正方形，每个边长 125 毫米。光导层（光插入段）可以使用半温斯顿锥面来将阳光聚集到 3 米高的 PV 电池上。这种系统的光学聚集大约是 30 个太阳功率密度。

系统 216 用在吸热器 220 的任一侧排列成两个平行排的若干（例如，10 个）太阳能电池板 100 来形成，吸热器 220 可以由铝或任何合适的材料制成，并且采用这样一种方式，即将光聚集向这些电池板的连接到吸热器 220 的内部边缘。PV 电池被放置在光学电池板 100 和吸热器 220 之间。

太阳能电池板 100 可以通过图 28 示出的凸缘 222 保持对齐。这些凸缘可以由喷射模塑聚合物制成，虽然可以使用机器加工铝或任何其它材料。凸缘 222 靠着吸热器 220 将电池板 100 机械地固定就位，并且可以在凸缘 222 和吸热器 220 上包含一些特征件以方便装配。这样的特征件（例如凹槽 224）和凸缘 222 和吸热器 220 的细节分别在图 28 和 29 中示出。可以使用机械紧固件、粘胶或任何其它手段将凸缘 222 靠着该吸热器固定就位。

该吸热器 220 可以起两个作用：（1）它辅助从 PV 电池散热，并且（2）它为 LGSP 100 生成刚性支撑轴。在吸热器 220 的任一侧上对这些电池板的

重量进行平衡，并且吸热器 220 在这些电池板连接到外部支撑架的地方。为了辅助散热，并且如图 29 所示，吸热器 220 可以具有散热片 226，散热片 226 由粘结在两个挤压铝轨道 228 之间的折叠铝片制成。这些散热片被连接到这两个轨道并在吸热器 220 中生成垂直空气通道 230。可以通过铜焊、环氧树脂、型锻或通过其它手段来进行这些散热片与这两个轨道之间的粘结。这种开口吸热器实施例允许通过自然对流来散热，因为热空气可以从吸热器 220 上升出来并且较冷的空气可以从下面进入到吸热器 220。

在系统 216 中使用的 PV 电池可以是任何尺寸，例如 125 毫米乘 125 毫米，并且可以切割成任何高度的条，例如本实施例所用的 3mm 高。PV 电池可以以任何常规方式进行封装。例如，它们可以成串焊接在一起，并且用乙烯-醋酸乙烯 (EVA) 或任何其它合适的材料进行封装。可替代地，可以通过将 PV 电池焊接、粘附或粘结到导热介电基板上的图案式电路来进行电气连接。诸如那些明尼苏达州臣哈森市的贝格斯公司销售的绝缘金属基板 (IMS) 将是适合的。图 30 示出焊接到 PV 电池 234 的 IMS 基板 232；以 235 示出该焊接层。IMS 232 可以通过环氧树脂或粘胶或通过任何其它适合的手段连接到铝吸热器 220。

通常的 IMS 232 具有位于被粘结到铝或铜基底的聚合物绝缘层的顶部上的铜电气图案。放弃该基底而将电气图案聚合物绝缘层直接固定到吸热器 220 也是可能的。可以在烘箱中通过热养护进行该过程。这个方法的优点在于它消除了基底元件并且可以降低成本。PV 电池 234 可以通过连接到 PV 电池 232 的顶部连接器 (未示出) 的整个长度上的导电带或网粘结至 IMS 232。PV 电池 232 的背部连接器也可以粘结到它的整个长度和/或表面上。对于长而窄且脆的 PV 电池 232，使用上述连接方法允许这些 PV 电池断成段而不丧失其功能性或基本影响电力生产。

PV 电池可以被封装来防止受潮以避免腐蚀。这可以通过诸如乙烯-醋酸乙烯 (EVA) 之类的任何合适的封装来实现。然而，EVA 要求热固化，因而要求密封的部件需要放置在烘箱中。另一种方法是使用密封剂，其在室

温下固化在适当的位置。某些在光学上透明的粘胶，例如，道康宁生产的硅酮 Sylgard184，可以起到这个目的的作用，并且可以在焊接之后在 PV 电池的顶部浇注成薄层。作为添加的好处，在硅酮已经开始固化之前，这些电池板可以被固定在适当位置。这密封了这些电池板和这些 PV 电池之间的空间，并且生成它们之间的光学粘结。这些光学电池板与这些 PV 电池之间的光学粘结减少了该光学电池板的出口边缘的菲涅尔损耗。

这些 LGSP 可以被排布在安装框架上以形成太阳能系统。这些吸热器可以与该安装框架上的轴承连接，该安装框架允许该电池板围绕由吸热器 220 制成的轴自由转动（参见图 27 中的轴 218）。吸热器 220 可通过喷射模塑端帽（图 27 的 236）的方式与这些轴承连接，该喷射模塑端帽接合到吸热器 220 的端部。这些端帽可以具有允许连接到该框架上的这些轴承上的任何合适的特征件。端帽 236 可以机械地、使用环氧树脂、粘胶、使用胶带或通过任何其它合适的手段接合到该吸热器。吸热器 220 的端帽 236 还可以耦合到允许执行器控制 LGSP 100 的转动的机构。例如，如图 31 所示，三个连杆机构可以将所有模块连接到由线性执行器 240 驱动的单轨 238。可替代地，每个 LGSP 可以具有附接到支架上的小齿轮，该支架又由线性执行器驱动。用任一系统，移动该单轨的单个线性执行器可以驱动所有这些电池板的运动，使得它们一致地倾斜并且保持对齐。

可以使用具有旋转几何形状的 LGSP 制作并使用在图 23A-23C 中举例如说明的两层式方法制造全阳光跟踪太阳能电池板系统。这些全阳光跟踪系统的外观可以类似于以上针对单轴跟踪系统描述的全阳光跟踪太阳能电池板系统的外观，在该单轴跟踪系统中，LGSP 可以沿中心吸热器的任一侧排列并被凸缘支撑。

这些电池板的外部尺寸可以是 125 毫米乘 250 毫米。阳光被集中到位于如图 32A 和 32B 所示的 LGSP 的内缘的中心的线 242 上。阳光在半圆柱面 244 处从太阳能电池板 100 出来并进入到空气间隙中。尽管原则上薄 PV 电池可以沿线 242 放置，但这种装置会有有限的有角度的接收。

在实践中,较宽的有角度接收通过将屋脊棱镜 246 放置到半圆柱小平面来实现,如图 33A-33C 所示。该屋脊棱镜 246 可以由玻璃或任何其它合适的材料制成,并且具有大于 1.4 的折射率。诸如三向连接构造电池之类的高效率 PV 电池可以使用硅树脂密封剂或其它光学环氧树脂在光学上粘结到屋脊棱镜的基底 248。图 33D-33G 示出矩形光导太阳能电池板 800 如何可以用两个光插入段部分 802 和 804 来制作。光插入段部分 802 和 804 各具有旋转的几何形状和相应的光学波导段部分 806 和 808。入射到光插入段 802 的阳光被耦合到光学波导段部分 806,光学波导段部分 806 将该阳光传播至表面 810。至于入射到光插入段 804 的阳光,它被耦合到光学波导段 808,光学波导段 808 将该阳光传播至表面 812。表面 810 和 812 可以是平坦的表面并且任何适合的 SEC 可以被固定于此。由于不必使用棱镜来耦合从光学波导段部分 806 和 808 出来的光,所以可以避免菲涅尔折射损耗。如图 33E 所示,光学波导 806 和 808 可以具有半温斯顿锥面剖面 816 和 818。图 33F 示出了光导太阳能电池板 800 可以采用两层式工艺通过将光插入段 802 和 804 放置在光学波导段 806 和 808 上来制作。图 33G 示出图 33E 的装置的分解视图。假定阳光从该光学装置的两侧射出,吸热器可以被放置在该电池板的各个对立的侧面。因为图 33D 的这个电池板并不具有耦合棱镜,所以与表面 810 和 812 相邻的光学波导段 806 和 808 的部分可以由绝缘材料制成,这种绝缘材料可以耐受更多的热量,例如,熔融石英,而其它部分由 PMMA 制造。

尽管与图 33A-33C 相关的上述排布(关于阳光从半圆柱面 224 出来而后被棱镜 246 直接引导至 PV 电池)确实是将菲涅尔损耗引入到该系统中,但是它也将一层气体,即空气或诸如氩之类的任何其它合适的气体,放置在直接接触该 PV 电池的棱镜 246 和该 LGSP 之间。这种排布的优点在于它防止该光学装置(该 LGSP)受到可以积聚在该 PV 电池上的热。该 PV 电池在热集中的情况下可以变得很热,或许达到 120° C 或者更高,并且如果该光学电池板由 PMMA 制造,这将不利地影响该光学电池板。该气体层可以使该光学电池板绝缘并且不受到积聚在该 PV 电池上的热。

如之前提及的，当用于与太阳的全跟踪一起工作时，使用旋转几何学形状并为高太阳能集中而设计的 LGSP 提供了更好的性能，维持太阳射线在 $+/-1^\circ$  的范围内平行于该太阳能电池板的输入表面的法向量。该全跟踪可以由若干种方式来实现，但是两种方法特别适合于该系统。

图 34 示出了第一种全跟踪方法，其中 LGSP 100 安装在框架 249 中以围绕第一组轴 250 倾斜，并且框架 249 可以围绕轴 252 倾斜，轴 252 基本垂直于轴 250。同样，该 LGSP 可以从东到西摆动以在全天当中跟踪太阳的移动，而且该框可以从北到南倾斜以适于太阳的季节性变化。

图 35 和 36 示出了允许维持较低的剖面的第二种全跟踪方法。LGSP 100 可以设置在框架 254 或 256 中，并且可以分别绕轴 258 和 260 倾斜。此外，框架 254 和 256 可以被制成分别绕轴 262 和 264 旋转。

图 37 示出了如图 15 所示的在插入层（光插入段 102）中使用温斯顿锥面的 LGSP 的变体。图 37 的实施例是直线几何形状的实施例，其充分适合于非跟踪应用，因为它由于温斯顿锥面而具有宽的有角度的接收。为了提高可实现的聚集，使用位于两个光学电池板之间双面 PV 电池 266 是可能的；该实施例使该聚集加倍。

图 37 的 LGSP 100 可以用两部分堆叠来制作，但是不是对每个 PV 电池带的太阳能电池板进行模塑，而是可以对一组电池板进行模塑，一组光学电池板由许多聚光器光学装置集成较少的片。图 38 示出如何可以将一组 LGSP 268 制成容纳四个 PV 电池 266。

形成光导层（光学波导段 104）的板材 270 可以具有模塑在其中的凹槽，以容纳双面 PV 电池 266。PV 电池 266 可以被焊接而后在放置到该凹槽中之前被封装，或者它们可以仅仅被焊接在一起以形成电路而后放置在该凹槽中并且使用现场浇注的诸如透明硅或任何其它光学环氧树脂之类的密封剂封装就位。

将许多组电池板附接在一起组成全太阳能电池板模块。存在许多将这些 LGSP 结合在一起的方法。一种方法是使用框架格栅将所有这些电池板绑在

一起。另一方法是把这些光学电池板排列并通过任何合适的手段粘结在玻璃或任何其它材料的坚硬上层上。

如在图 37 中看到的，在该光学装置的横截面中，非跟踪 LGSP 268 一般不会具有  $180^\circ$  的有角度的接收。LGSP 268 的接收锥面可以从该电池板的法线起  $+/- 30^\circ$ ，这足以适应天空中的太阳位置的季节性变化。同样，非跟踪 LGSP 168 应该安装在与安装位置的纬度相匹配的斜面上；这将保证该电池板的输入表面的法线在昼夜平分点平行于太阳的射线。然而，这确实限制了非 LGSP 268 的安装结构。实际上，如针对北半球位置的图 39 所示，LGSP 268 可以被设计为使它们的接收锥面倾斜离开该法线。在实践中，有限数目的非跟踪 LGSP 268 组可以被设计为适应于任何安装结构。

为了尽可能成本经济地制作本发明的 LGSP，卷对卷连续铸造或压花可以用于将光插入段光学装置制备成膜。用卷对卷制造方法是可能的，因为所有以上太阳能电池板由不具有底切的板材的堆叠组成。成楔形的光导层（光学波导段）可以分开制作，并且光插入段可以利用层压工艺或任何其它合适的工艺敷设到光学波导段上。

如技术人员会理解的，本发明的 LGSP 的光插入层 102 还可以使用任何类型的透镜作为光学元件而非仅仅对上述 TIR 界面进行聚焦。图 40 示出具有透镜 274 的 LGSP 100，该组透镜 274 聚焦并光耦合阳光 106 到光学波导段 104。

本发明的 LGSP 的另一实施例如图 41A、41B 和 42A-42D 所示。LGSP 300 具有插入层（光插入段 302）和光导层（光学波导段 304）。光插入段 302 具有采用偏转器部分 306 和反射镜部分 312 形式的光学元件。反射镜部分 306 使入射的阳光 106 在由双箭头 308 指示的一个或两个方向上偏转。偏转的阳光被引导向光学元件。这些光学元件是反射镜部分 312，其被成形为一组聚焦锥形光通道。这些锥形光通道通过一组光学输出孔径 313 被光耦合到一组波导 314，该组波导 314 形成光学波导段 304。

偏转器部分 306 可以包括采用体相位全息图（VPH）的形式的光学引导

层。利用两个相干 UV 光源之间的干涉，以任何合适的形式形成 VPH 全息图中的条纹。条纹间距和角度可以被设计成使得一个或者更多衍射模式可以在太阳能电池板的平面的 45 度的范围内。图 42A 示出这种 VPH 309 如何进行操作的实例。在图 42B 至 42D 中举例说明了得到的偏转。

偏转器部分 306 还可以利用诸如象棱镜一样的平坦的小平面光学装置之类的非干涉光学装置来制作。例如，以互锁方式设置的之间具有小的空气间隙的  $60^\circ$  棱镜阵列将入射光在两个方向上分割到该电池板的平面上。该双向偏转将导致光积聚在太阳能电池板 300 的两个对立的边缘上。在图 43 中示出了这样的引光导学装置。

光学波导段 304 具有直线几何形状并且可以具有多个波导 314，波导 314 从它们各自的锥形光通道（反射镜部分 312）接收光并且通过全内反射来使光陷入。波导 314 充当延迟线，由此光在光学输出孔径 313 处从高处进来，传播一段距离而后可以通过光学输出孔径 313 从顶部出来。在图 42A-42C 示出了可能的通道实施例。进入锥形光通道（反射镜部分 312）的光被反射离开第一抛物线部分 316，而后离开平面 318 并且在进入限定波导 314 的圆柱部分之前离开第二抛物线部分 320。该光在射出之前可以以螺旋方式在波导 314 内传播一些距离。假设波导 314 的长度小于锥形光线的平均传播距离，耦合到波导 314 的光将从该通道的端部集中地射出，由任何合适的 SEC 在该通道收获光。作为实例，如果光学波导段 104 高 1cm，并且波导 314 长 150cm，则入射到 LGSP 300 上的光的 75%将到达用于由 SEC 进行收获的该波导的两端。如果光被均匀地入射到 LGSP 300 上，则光将均匀地分布在该波导通道的两端之间。

LGSP 30 可以包括任何数目的波导 314 以及锥形光通道 312，并且每个波导 314 可以形成一个具有各自的锥形光通 312 的单元。由该锥形光通道 312 形成的这些单元和它们各自的波导 314 可以通过模塑来制作。

在 LGSP 300 中，每个波导 314 具有输出表面 315，并且输出表面 315 的总和形成光学波导段 304 的全部输出表面。任何合适的 SEC 可以被放置

在多个光学输出孔径 315 的输出端以收获阳光 106。

可以使用锥形光通道/波导的其它几何形状。例如，图 44A-44C 示出了具有多个形成在其上的波导的锥形光通道 232，该波导的直径随着锥形光通道的宽度的减小而减小。这些波导的交错在垂直方向上允许两个或更多通道并排靠近放置，它们之间具有很小的死区。

先前描述的吸热器 220 可以与单轴跟踪系统和全跟踪高聚光型系统协同工作，以从 SEC（例如 PV 电池）将过剩的热量散发到周围的空气中。然而，该过剩的热量可以改为用于加热水。该功能性可以用图 45A 和 45B 示出的吸热器 400 来完成。吸热器 400 可以由铝或其它适合的材料制成。与以散热片为特征以将过剩的热量散发到空气中的吸热器 220 相反的是，吸热器 400 具有一个或更多通道 402，用于流过吸收这些 SEC 中产生的热量的水。

如在图 46 见的，端帽 403 可以固定到吸热器 400 并且起到将 LGSP 通过轴承固定到安装框架的双重目的的作用，并且它们用作到热交换器（未示出）的入口和出口。水可以直接流过的吸热器 400，吸热器 400 的一端有端帽另一端有出口；或者它能够通过相同的端帽流入或流出该吸热器 400，吸热器 400 具有用作 u 型管的对立的端帽。在扩展的系统中，这个实施例可以简化在许多模块之间的软管路线。挤压的通道的数目可以增加以便在水和吸热器 400 的铝之间具有较大的接触表面区域。水流过吸热器 400 的速率可以用于控制这些 SEC 的温度并且用于将 LGSP 保持在它们的工作温度范围内。在图 46 示出了使用通过软管 406 互联的吸热器 400 的系统。如技术人员将会理解的，除水之外的热交换器流体可以用于图 46 的系统。

由本发明的 LGSP 捕获的阳光可以用于不使用 PV 电池的太阳能系统。在图 47 中示出了这种太阳能热力系统 500 的实例。系统 500 可以使用双壁管 502，它的最外面管是透明的。诸如氩之类的绝缘气体将内管与外管分离。内管可以是黑色的以便吸收入射的阳光。通过中心管，流过诸如水、油之类的吸热液体或任何其它合适的液体。

管 502 被放置在先前被上述实施例中的吸热器占据的位置。聚集的阳



光，穿过透明的外管以及绝缘气体层，并且被内管吸收。这使得内管中的液体被加热。这些流体传送管可以保持固定在合适的位置，同时光学装置绕它们旋转。

用一种被称为在玻璃上的硅树脂的技术制备本发明的 LGSP 的一些小光学结构。类似于道康宁 (Dow) 生产的 Sylgard™84 的薄的透明硅橡胶，在玻璃基板上形成为需要的形状。对硅树脂进行独立的模塑而不用玻璃基板也是可能的。

有利的是，本发明的 LGSP 对热膨胀或收缩相对不敏感。这是可能的，因为这些太阳能电池板的所有光学组件是由相似的（如果不相同的话）材料制成。因为这一点，它们将膨胀相同的程度并且光学元件的功能将不会显著改变。具体来讲，随着反射镜 110 膨胀，波导部分 104 也将膨胀。随着该单元根据温度的变化而膨胀或收缩，这维持相同的焦点，使得光从图 1 的 106 反射离开 110 并在 116 聚焦。

对于单轴跟踪，该电池板被倾斜以维持与入射的阳光在一个平面上对齐。在该光学装置的顶上添加光学设备也是可能的，其对光进行预处理，改变入射光的角度以将入射光对准该光学装置。这种预处理光学装置可以使用移动式反射镜、棱镜或电光装置。

通过必要时使单轴跟踪电池板或非跟踪电池板倾斜来手动实现跟踪。手动跟踪电池板将是一个在横截面中具有足够宽的有角度的接收的跟踪电池板，比方说，例如，正或负 5 度，以便它将仅仅需要每隔几周稍微手动重新对齐。电子对齐传感器可以帮助对齐，而不会需要执行器。

使用不同机构的 LGSP 可以利用一个具有梯度折射率的电池板来制成。在该 LGSP 的下游方向折射率梯度增加，以便在该电池板上的入射光将偏转向下游方向。如果该梯度造成在该电池板的底面发生针对 TIR 的足够偏转，则该光将成锥形并且将变为向下传导向该电池板的边缘，如图 48 所示。由于梯度较小，如果光从该电池板的底面出来，可以要求反射镜进行第一次反射，并且在向回传播通过该电池板到顶表面的同时，进一步的偏转将增加在

顶面上的入射角，足够使 TIR 发生。这在图 49 中示出。

图 50A 和 50B 示出图 33D 的诸如光导太阳能电池板 800 之类的光导太阳能电池板如何可以被组在一起。光导太阳能电池板 800 可以被放置在两个垂直方向的铝吸热器 900 之间以形成光导太阳能电池板 800 的直线装置 902。较大组的光导太阳能电池板 800 可以通过将直线装置 902 接合在一起来装配。

本发明是一种使用 LGSP 来将光陷入在介电或其它透明电池板内并将该光传播到电池板边缘之一用于由 SEC 进行捕获的太阳能系统。这允许很薄的模块，这些模块的厚度相当于在该模块的边缘的 SEC（例如 PV 电池）的高度，因此消除了诸如 CPV 系统之类的传统太阳能系统内在的厚度要求。照射该 LGSP 的光被改向并且成内锥形以便它通过该电池板的边缘之一从该电池板出来，其中 SEC 从该边缘接收光。

LGSP 可以被组合成组以制作模块。该 LGSP 光学装置在结构上可以被主要设计为自支撑，意味着它们不需要外壳来维持它的形状和方向。全外壳可以被添加到该实施例。如以下将描述的，为了最小化材料使用和成本，LGSP 模块可以被最小的轴加凸缘结构支撑。

可以利用聚集的阳光作为动力以用于不同于用（PV）电池发电的目的。一个替代的使用是对元件进行加热。这些模块还可以被配置为在发电的同时加热水。将聚集的光耦合到光纤或其它光导以将光传播到另一位置以用作其它用处也是可能的，例如传播到照明器材以提供日光照明。此外，本发明的 LGSP 光学装置可以用于在包括例如灯和照明设备的其它应用中减小光学装置的厚度。在结合附图回顾本发明的具体实施例的下列描述之后，其它方面和应用对本领域普通技术人员是显而易见的。

在之前的描述中，为了说明的目的，阐述了许多细节以便提供对本发明的实施例的透彻理解。然而，对本领域技术人员显而易见的是，为了实施本发明，并不需要这些具体细节。在其它实例中，为了不混淆本发明，用框图的形式示出了已知的电气结构和电路。例如，关于这里描述的本发明的实施

---

例是否被实施为软件例程、硬件电路、固件或它们的结合，并没有提供具体细节。

本发明的上述实施例仅仅意在示例。在不脱离由在这里所附权利要求单独限定的本发明的范围的情况下，可以由本领域技术人员对特定的实施例进行替代、修改和变形。

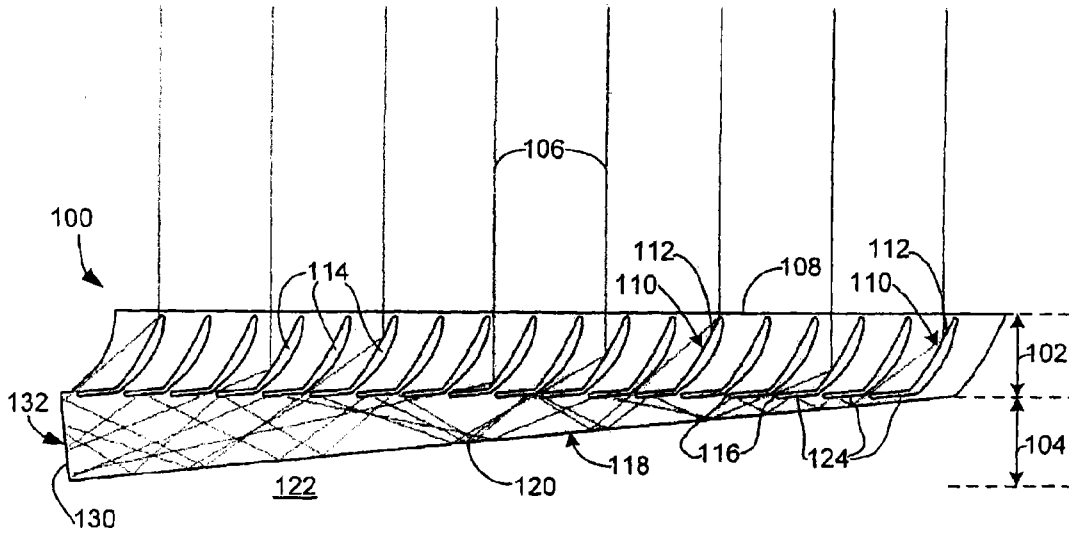


图 1

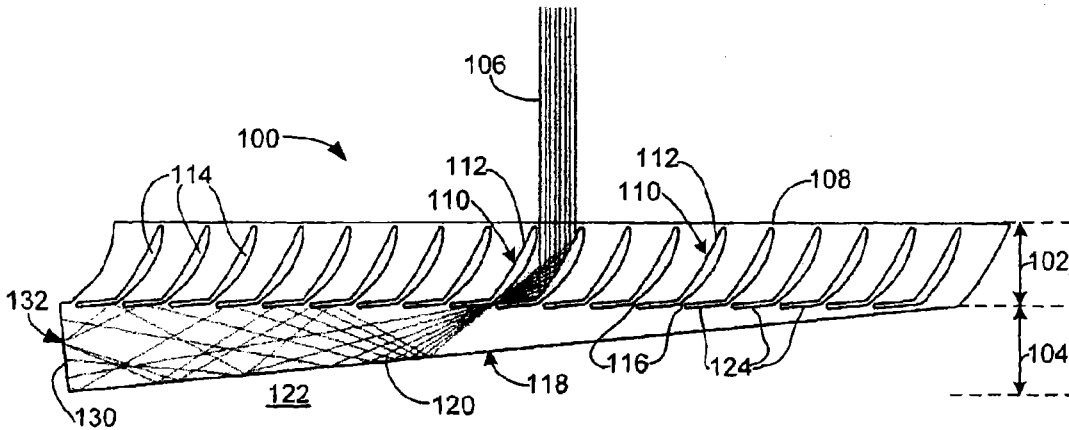


图 2

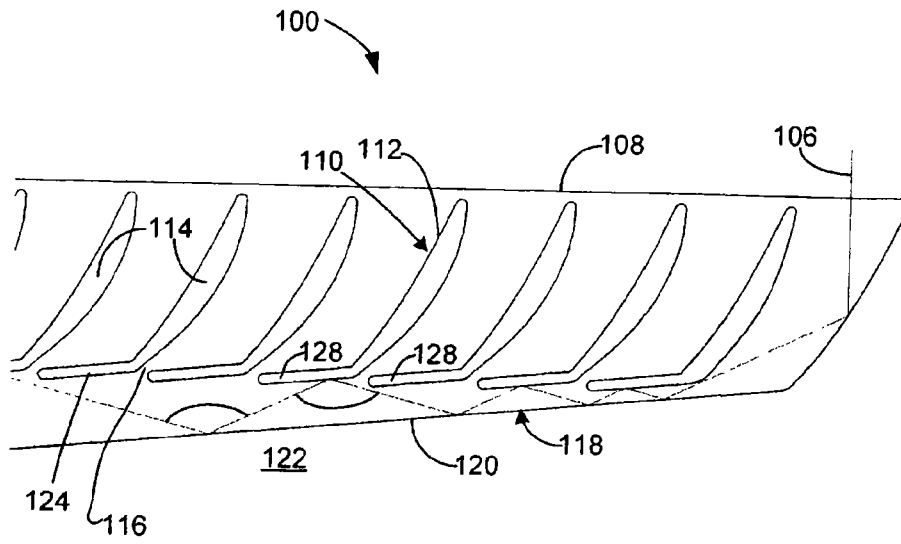


图 3

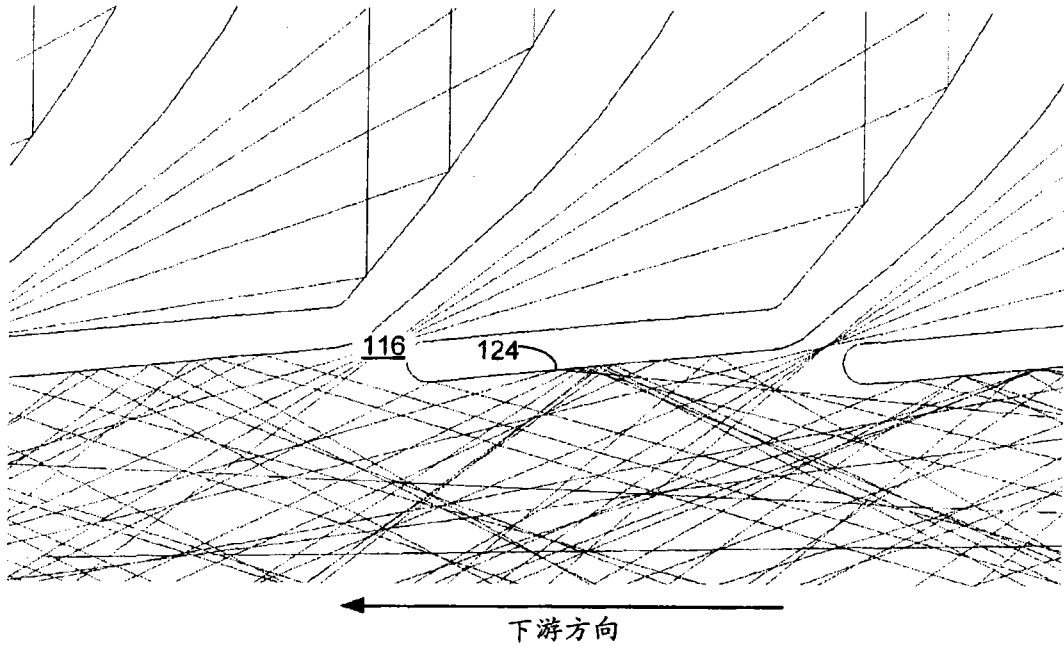


图 4

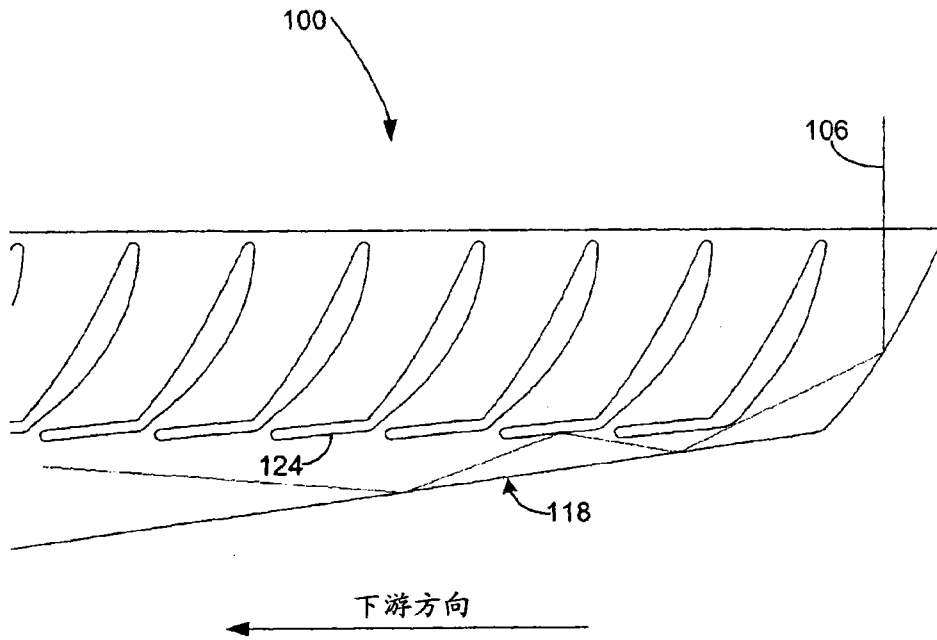


图 5

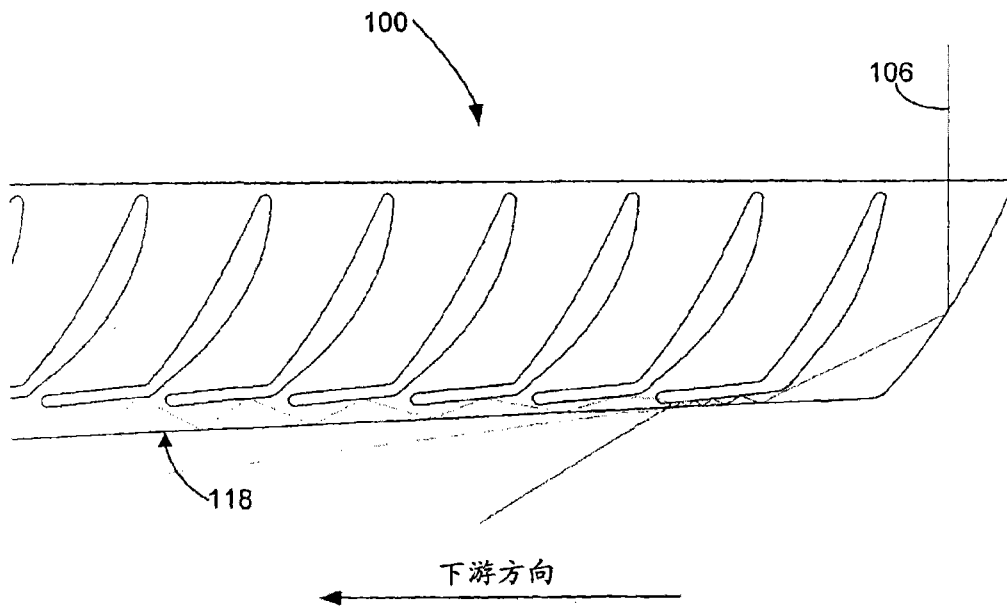


图 6



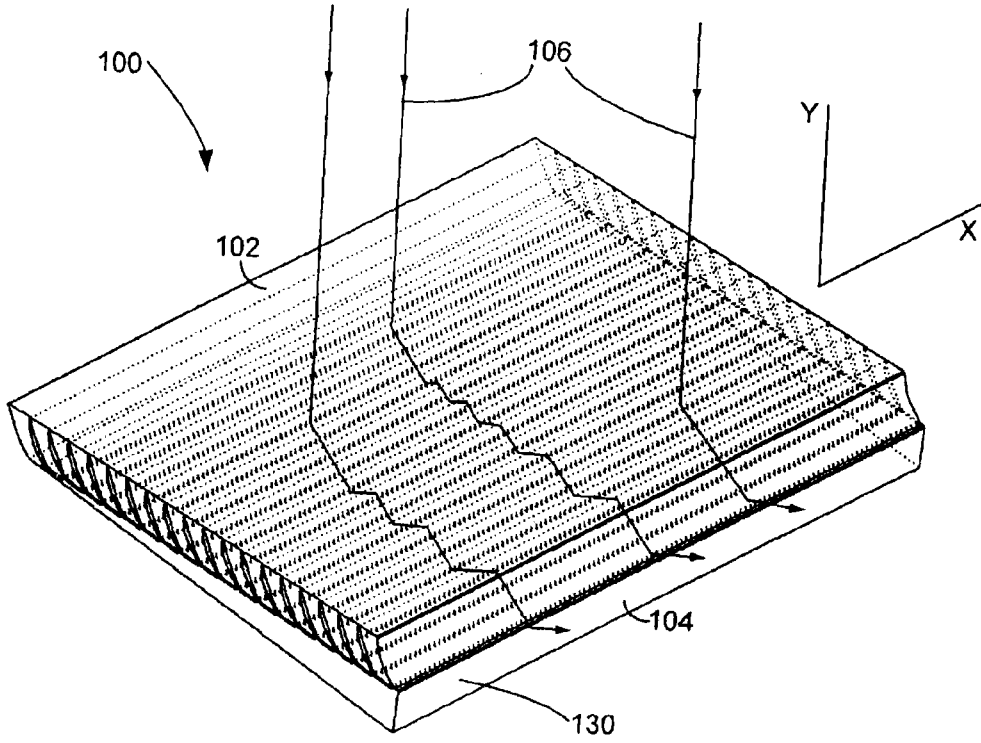
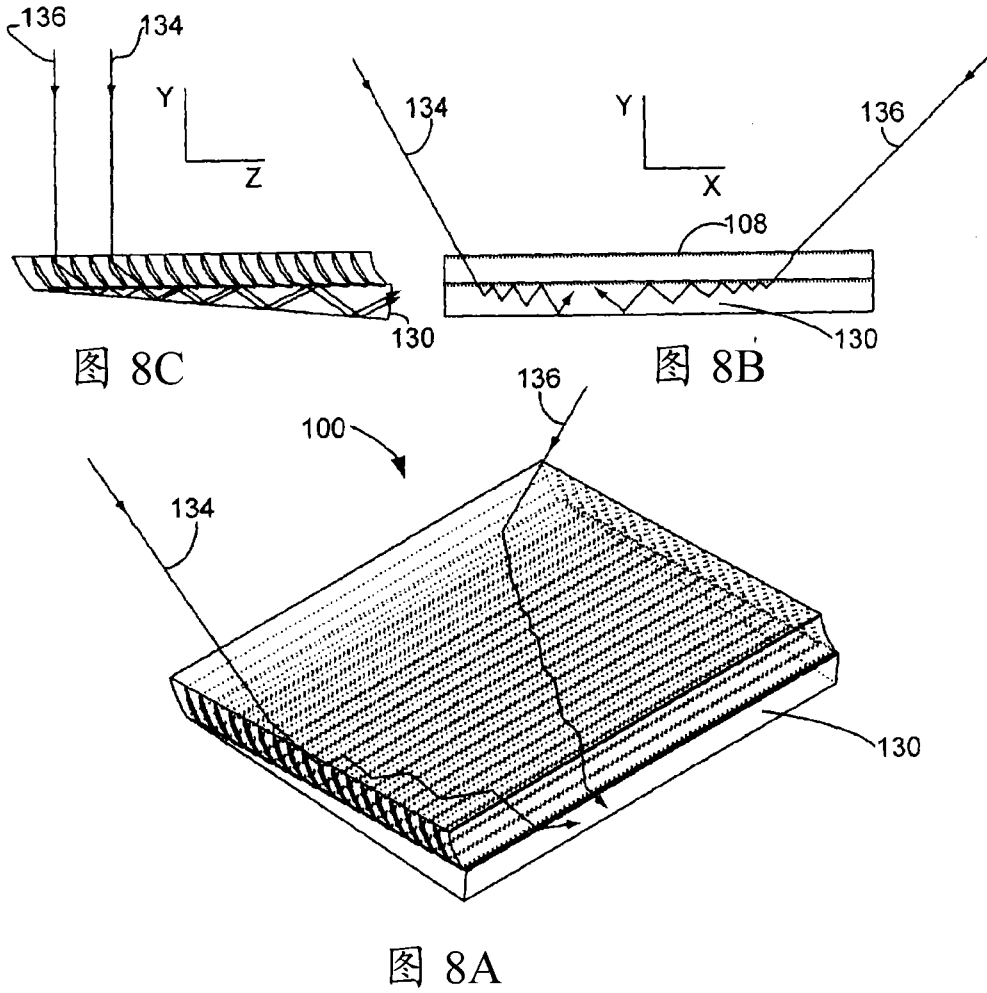


图 7



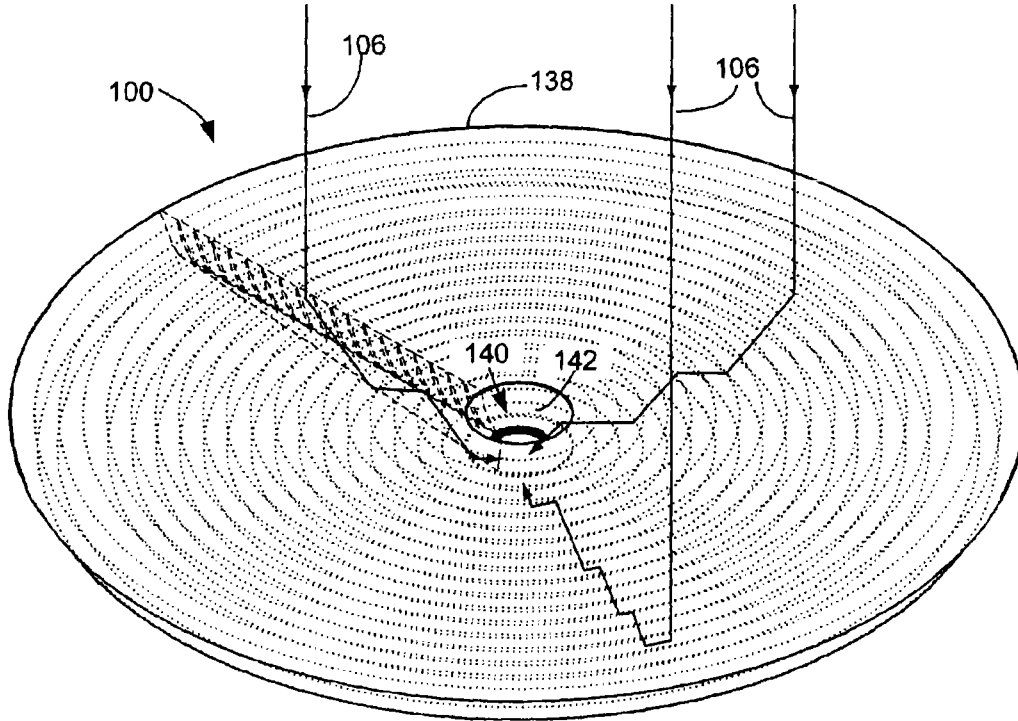


图 9

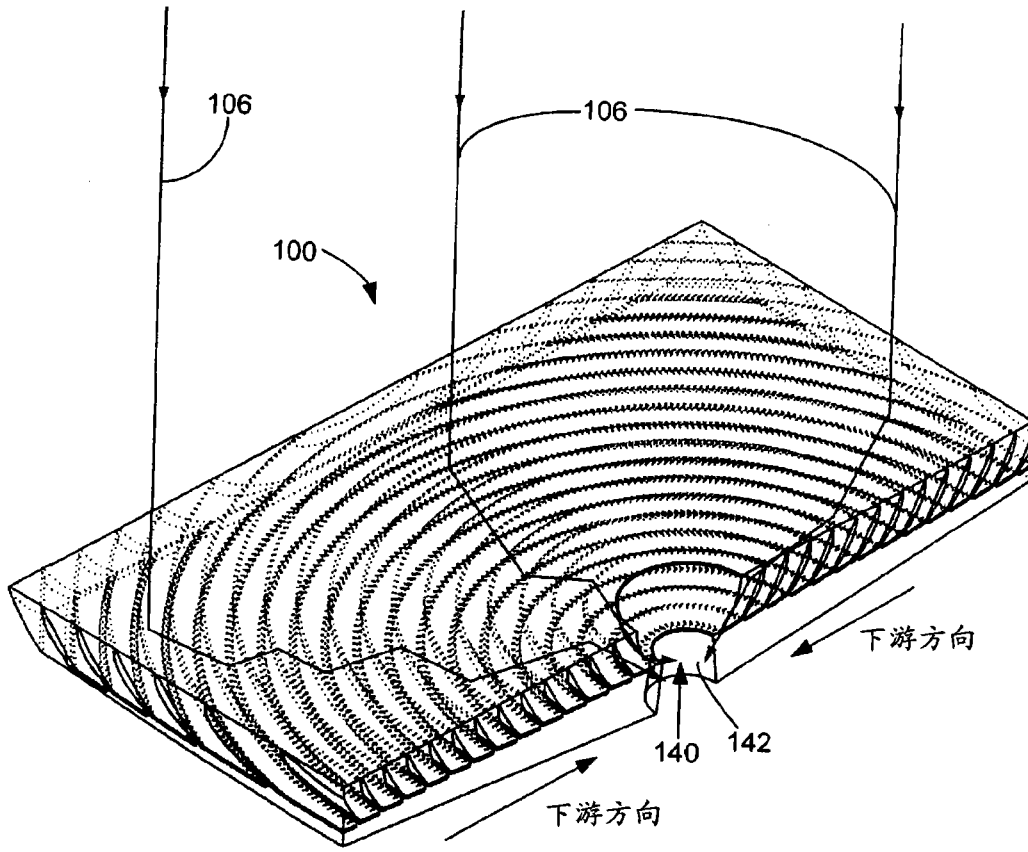


图 10

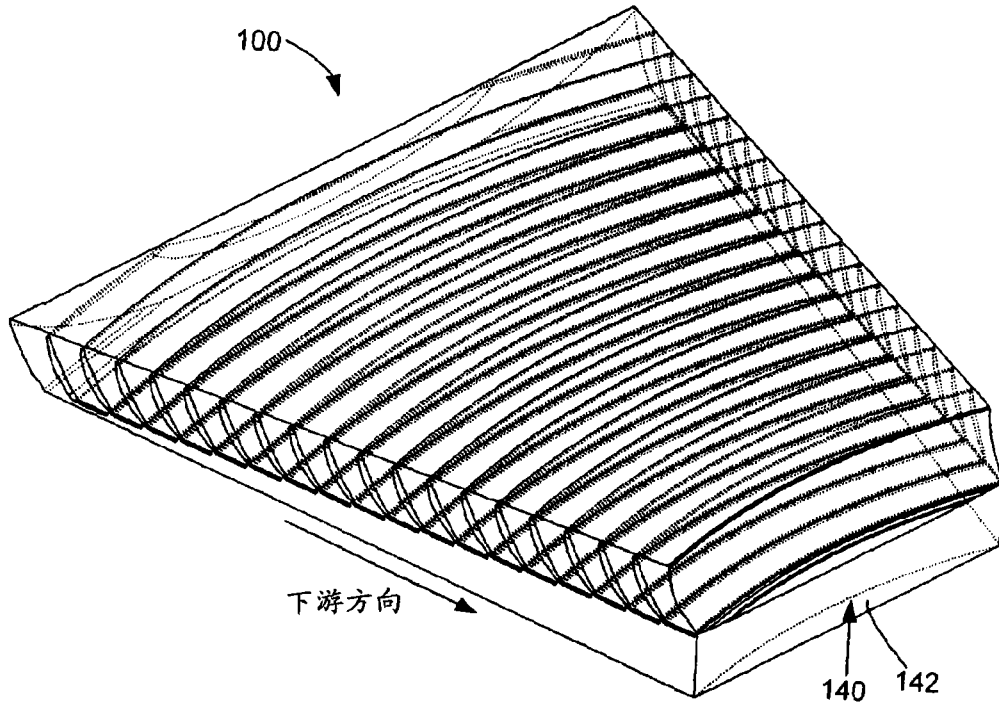


图 11

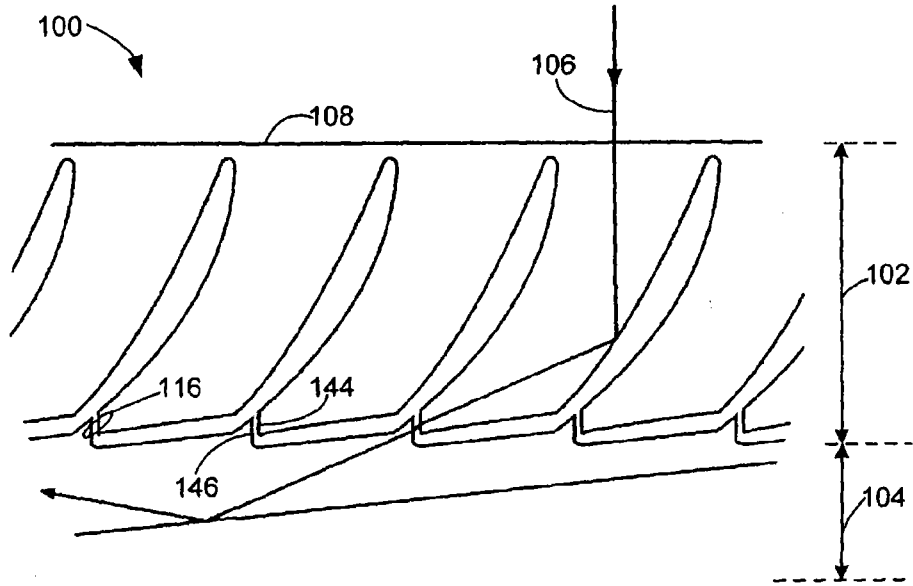


图 12

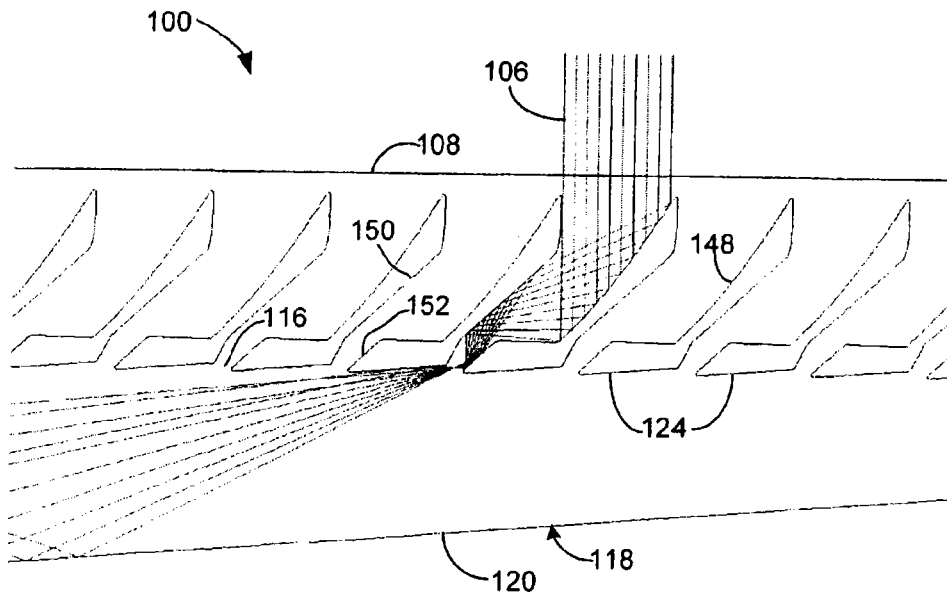


图 13

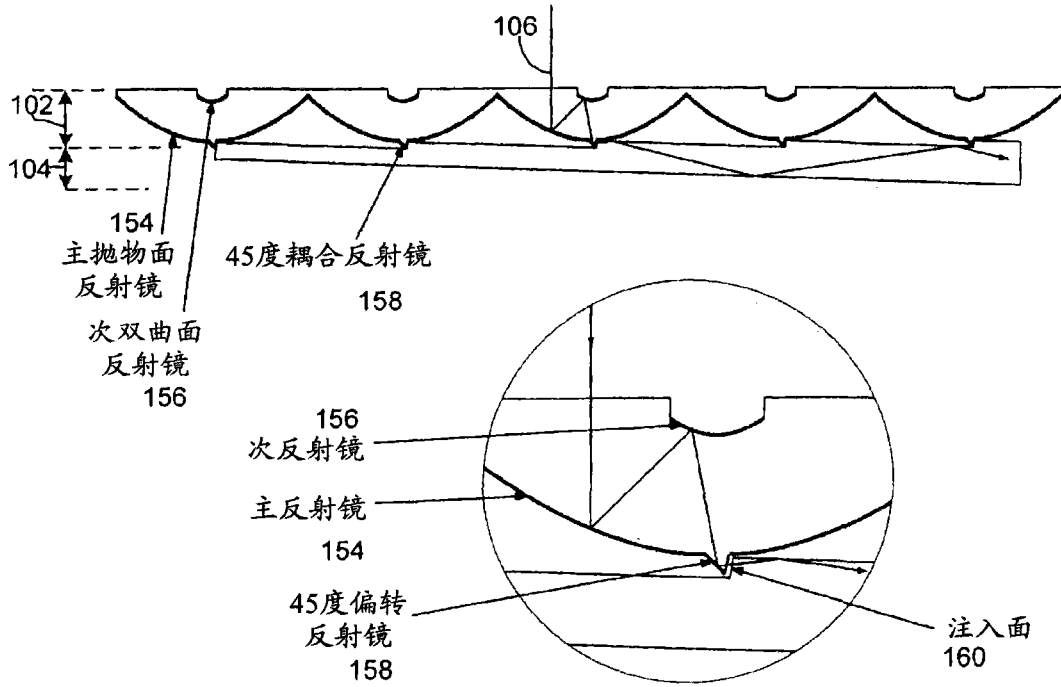


图 14



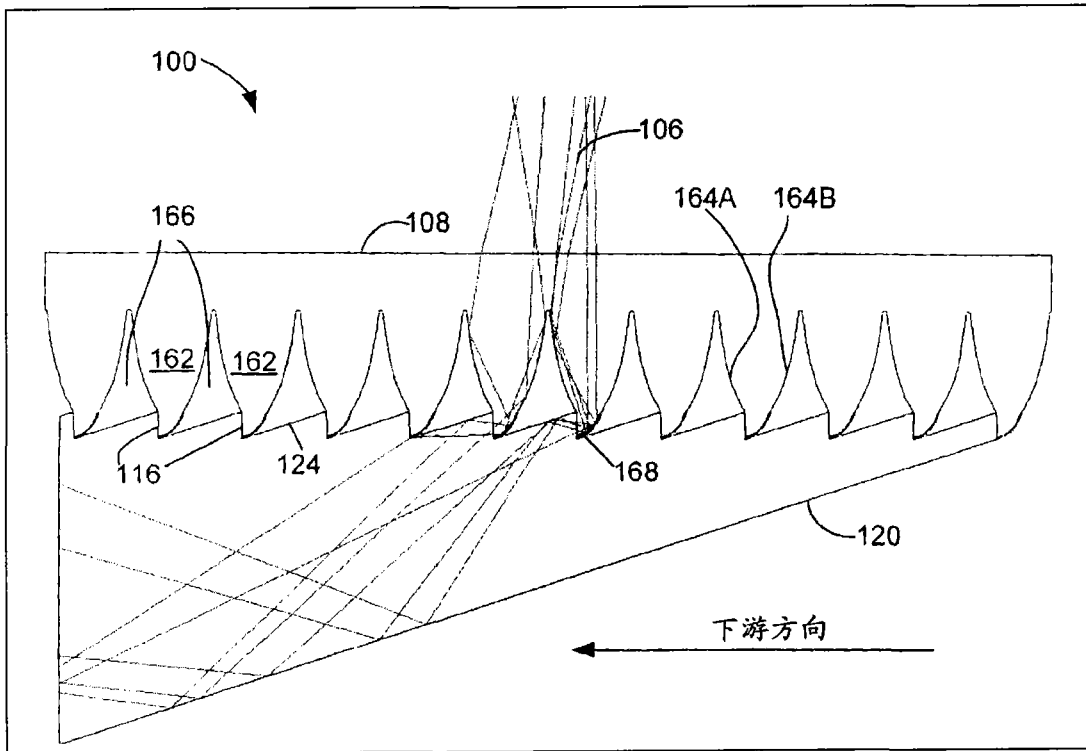


图 15

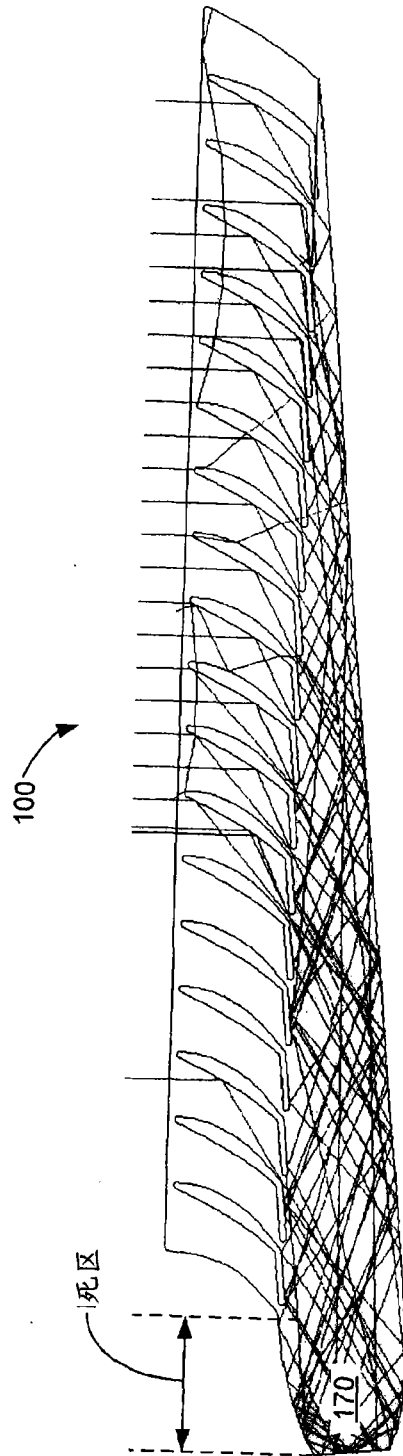


图 16

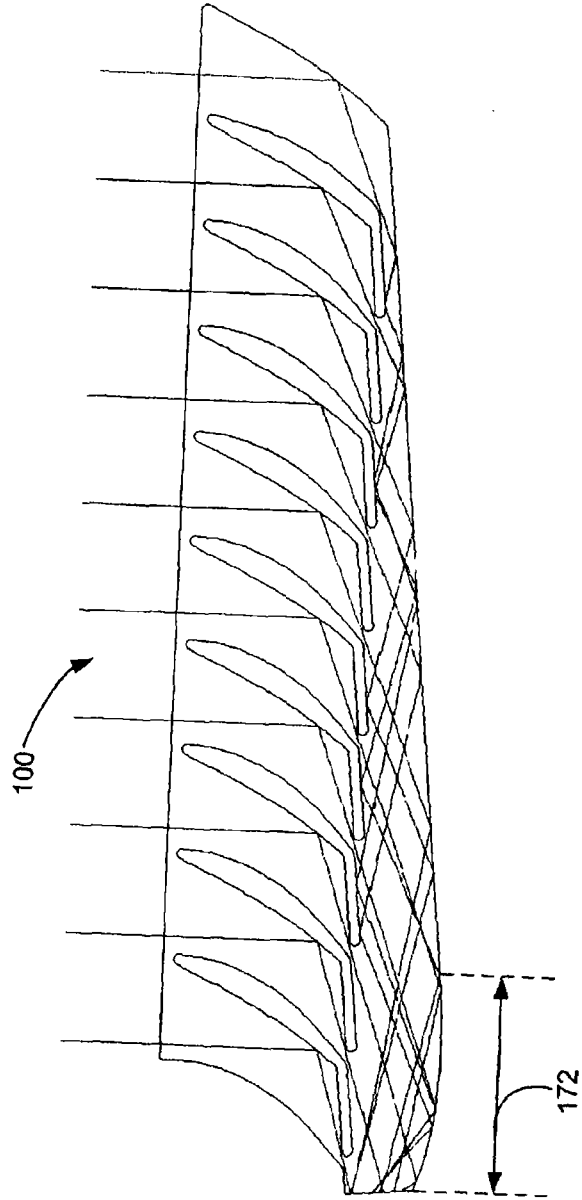


图 17

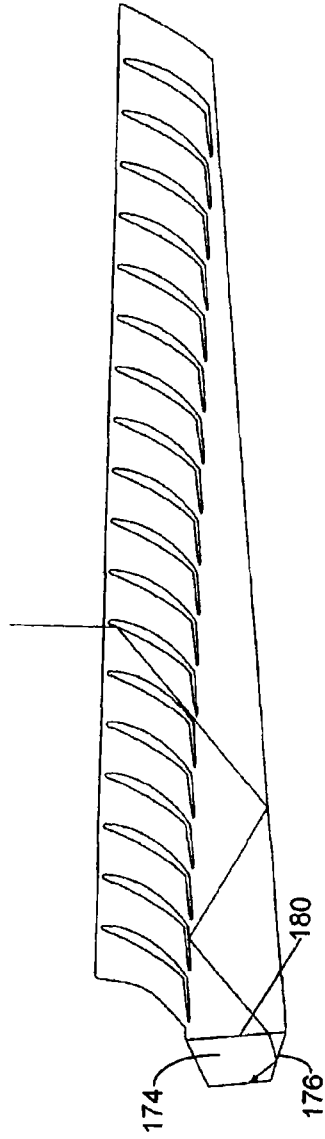


图 18

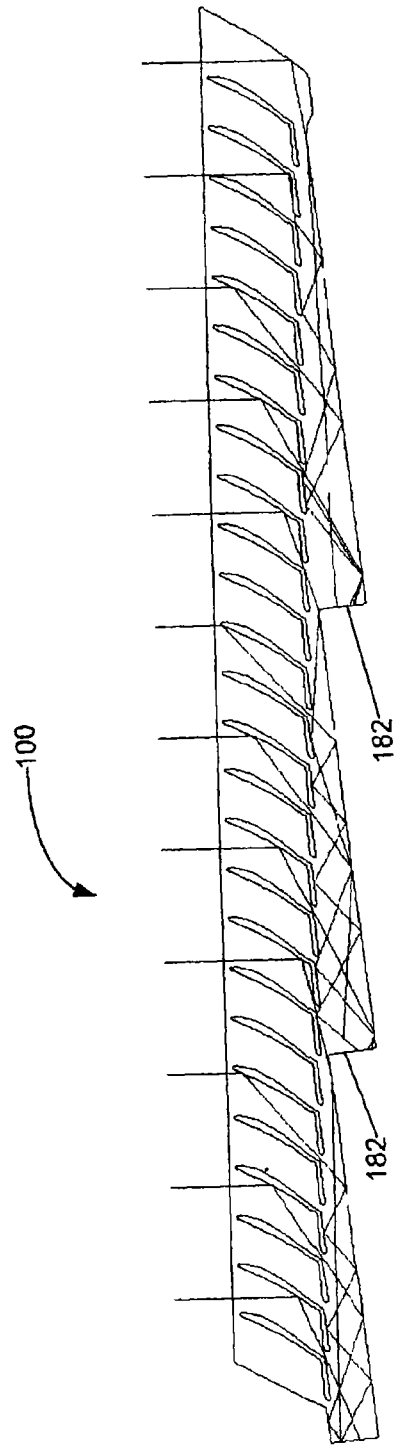


图 19

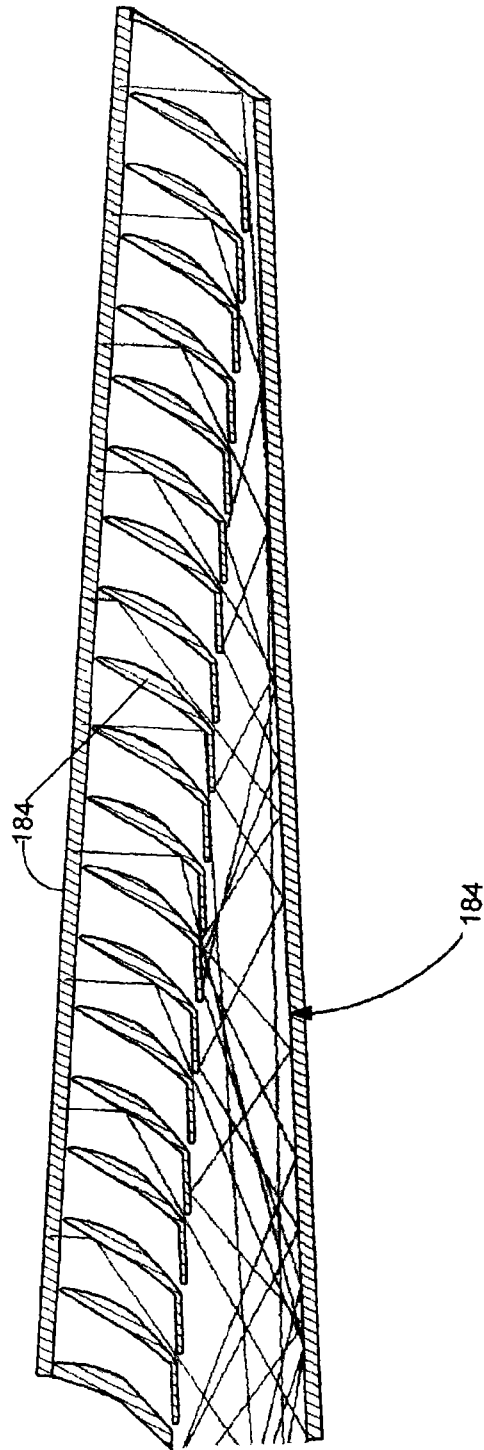


图 20

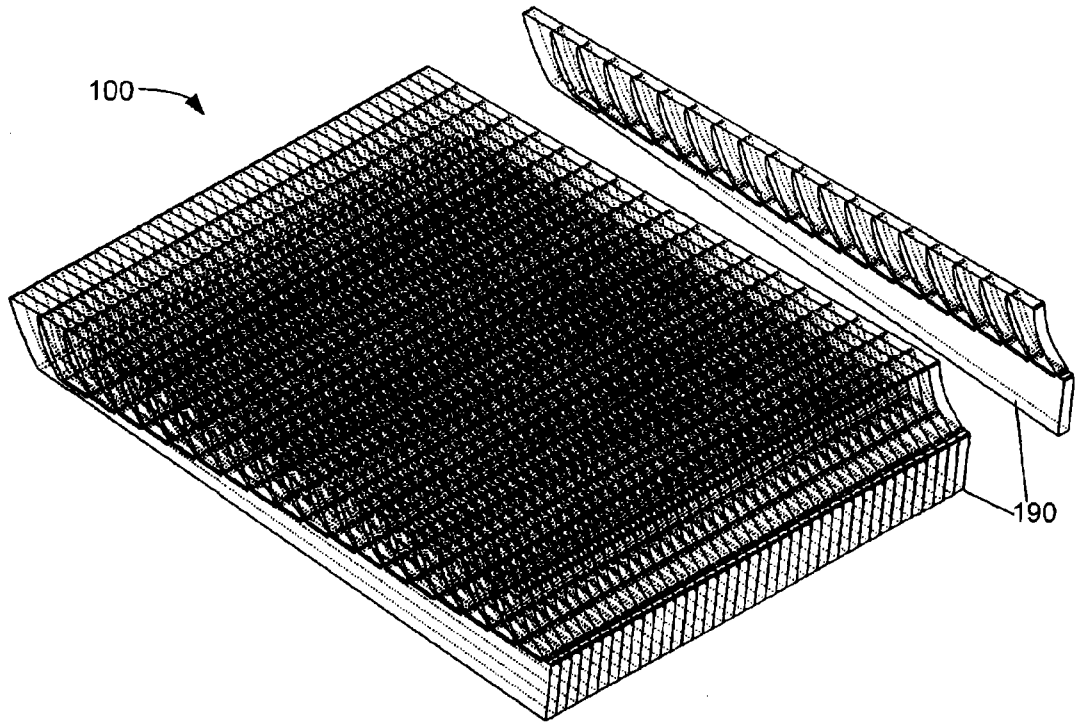


图 21

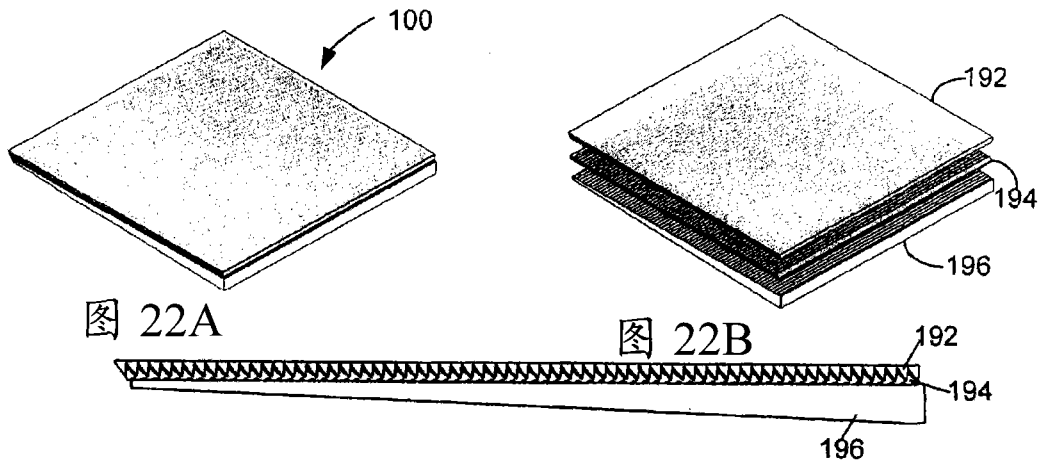


图 22A

图 22B

图 22C

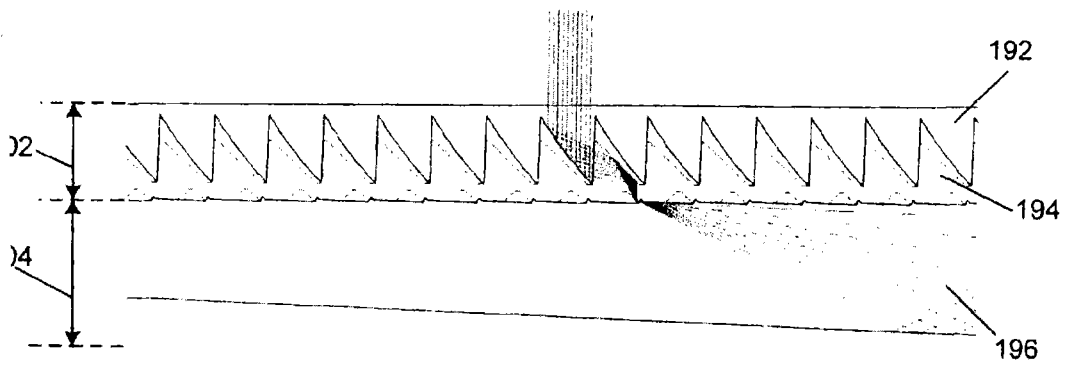


图 22D



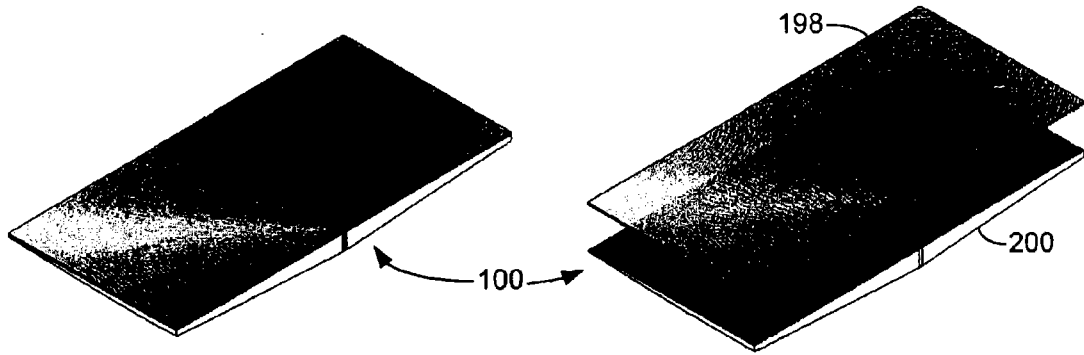


图 23A

图 23B

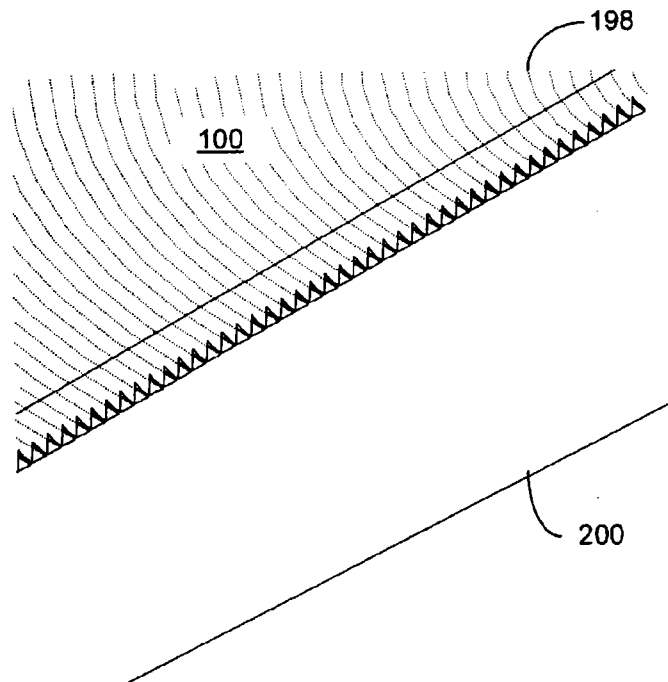


图 23C

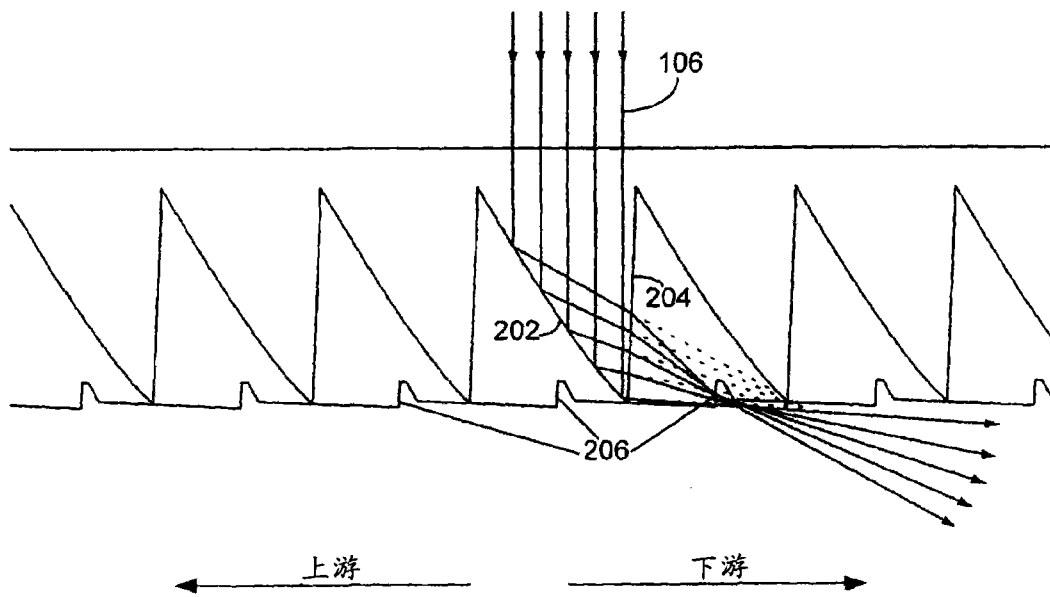


图 24A

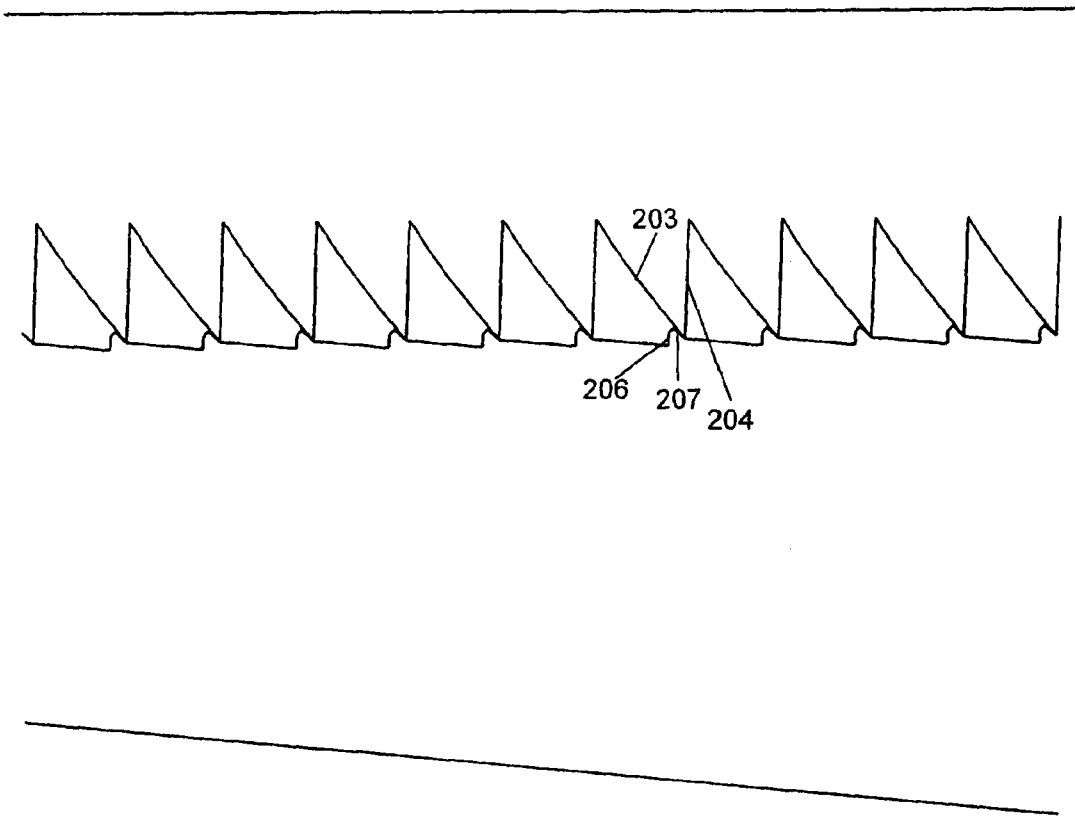


图 24B

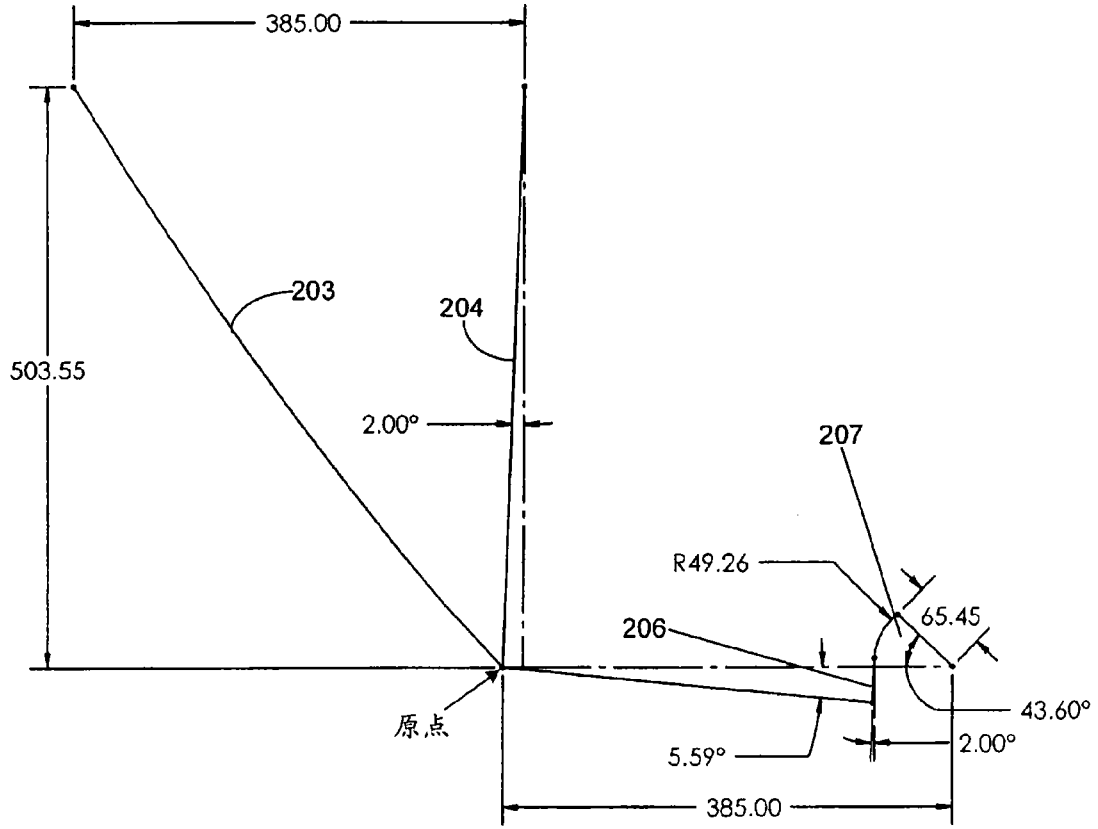


图 24C

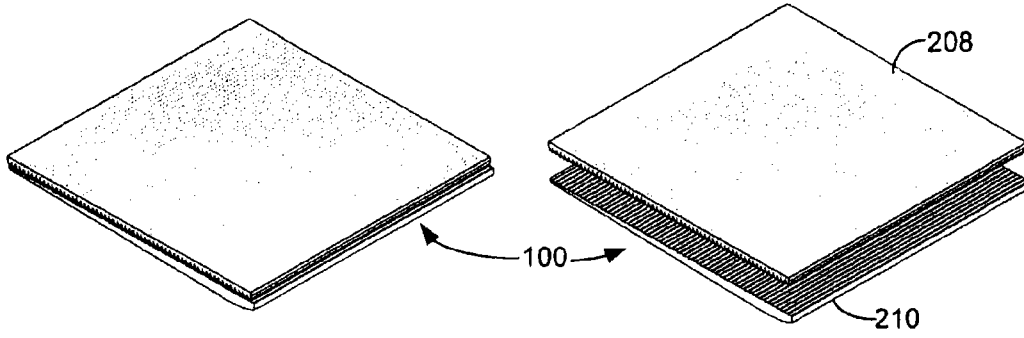


图 25A

图 25B

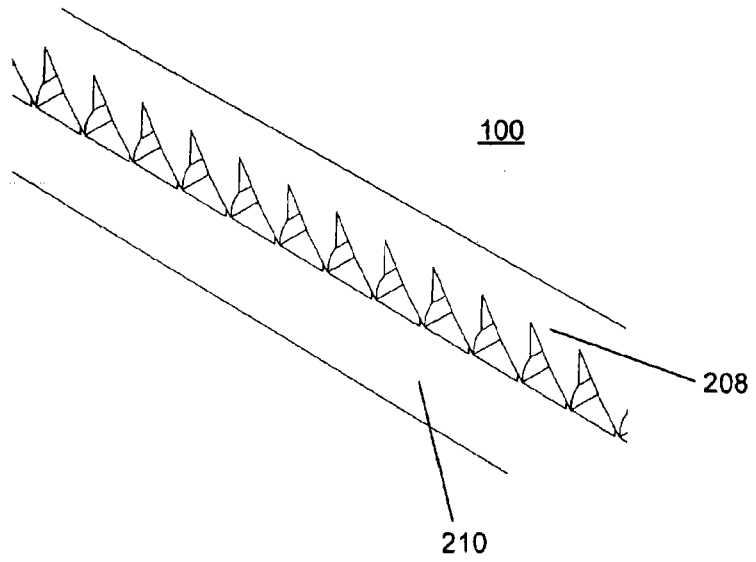


图 25C

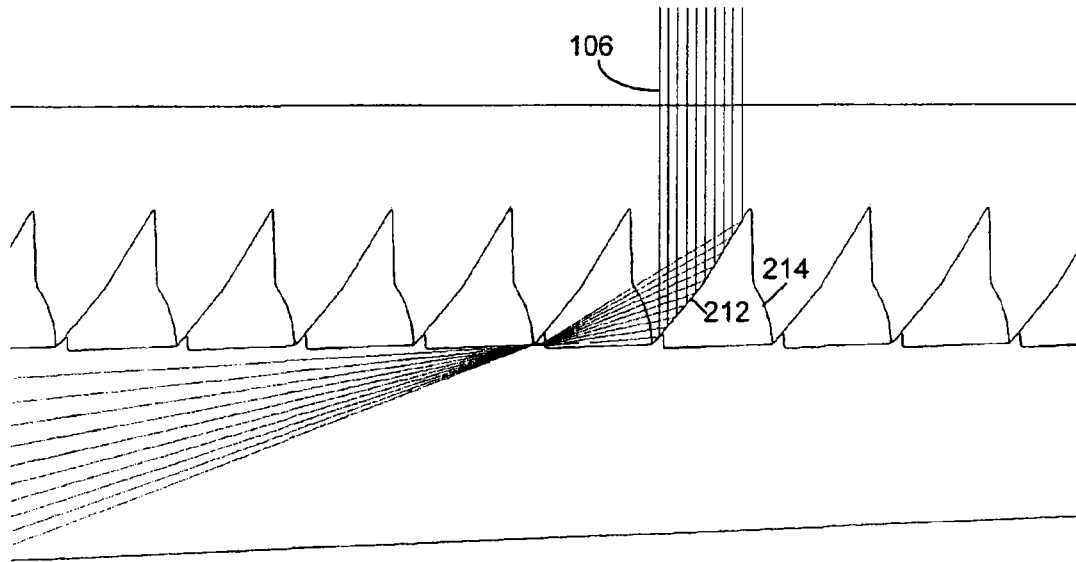


图 26

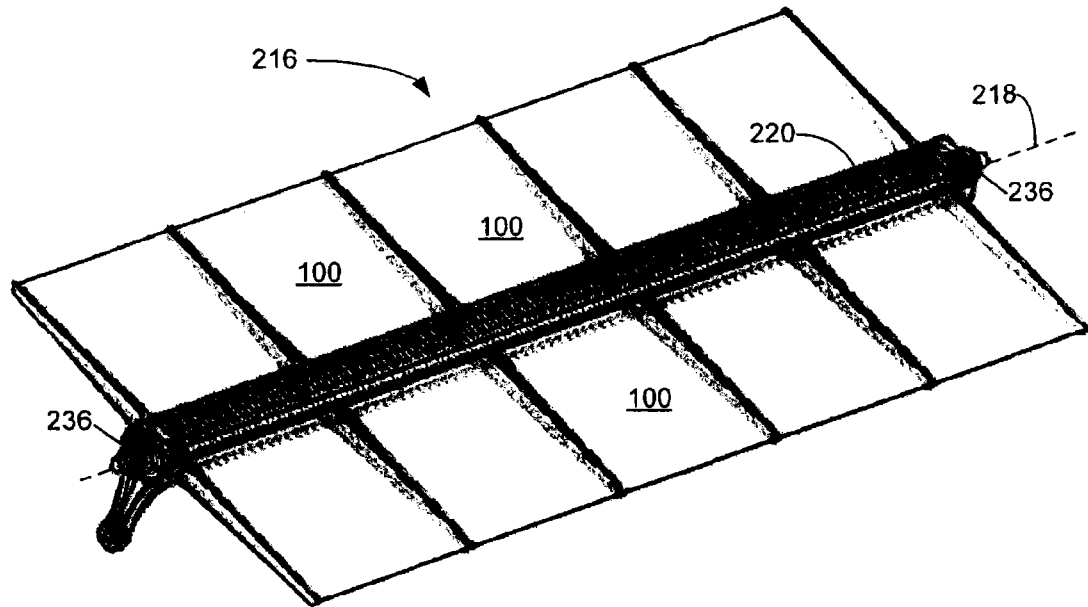


图 27

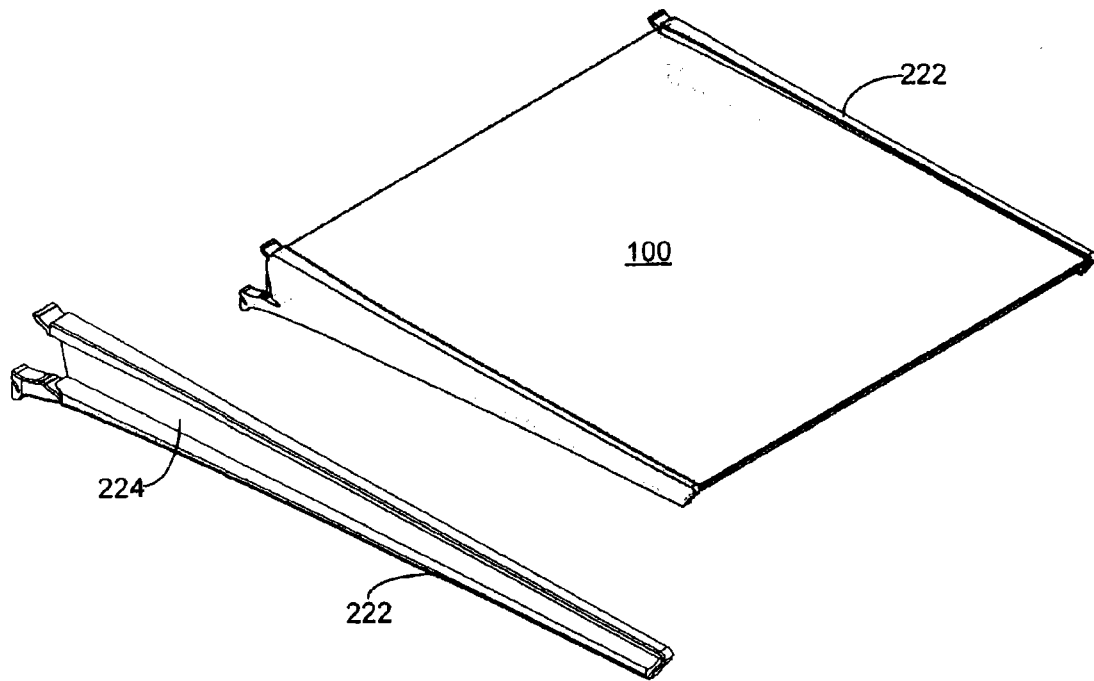


图 28



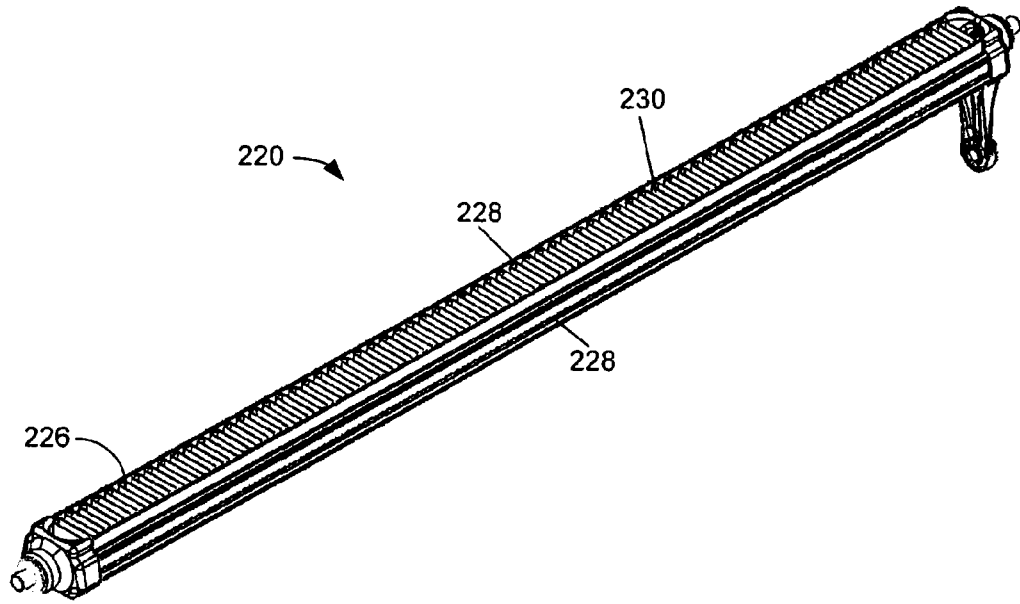


图 29

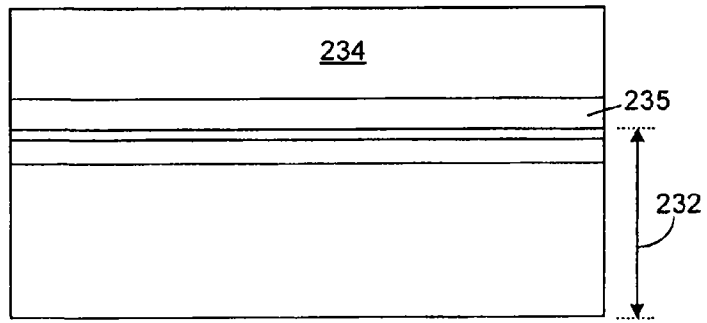


图 30

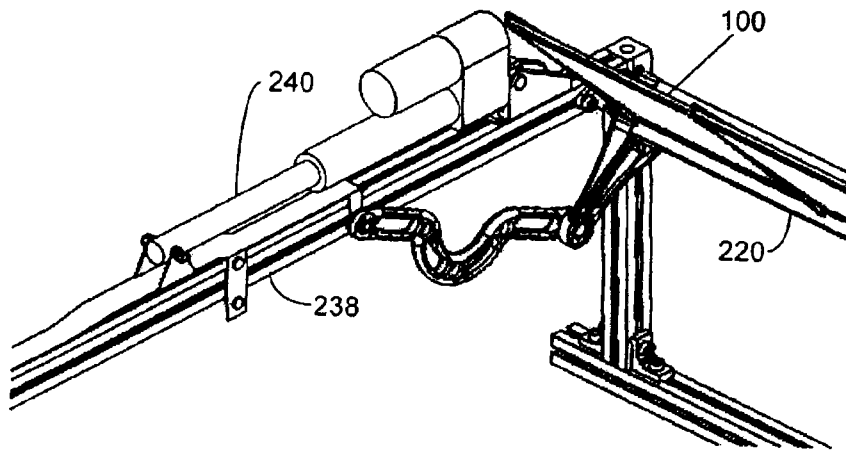


图 31

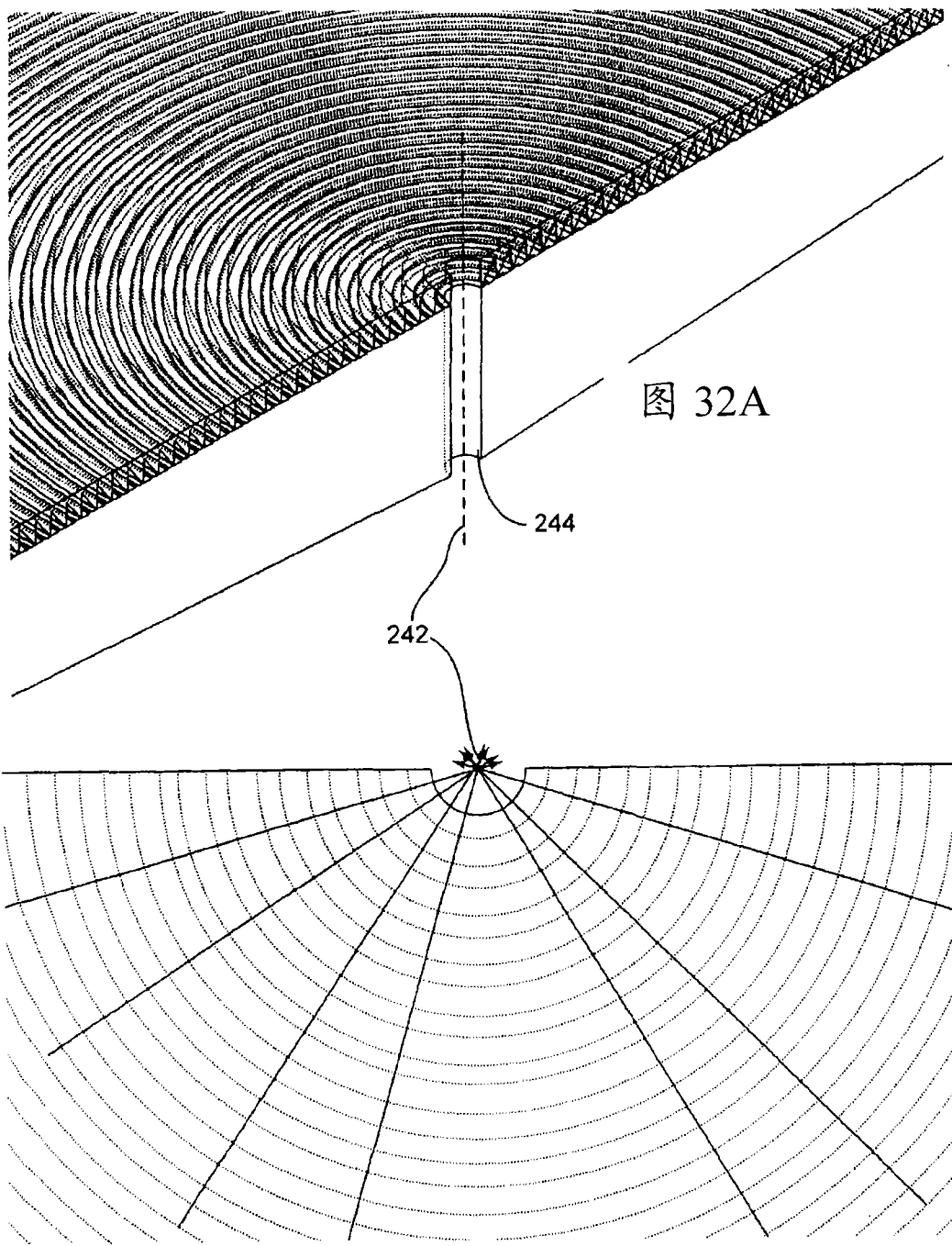


图 32B

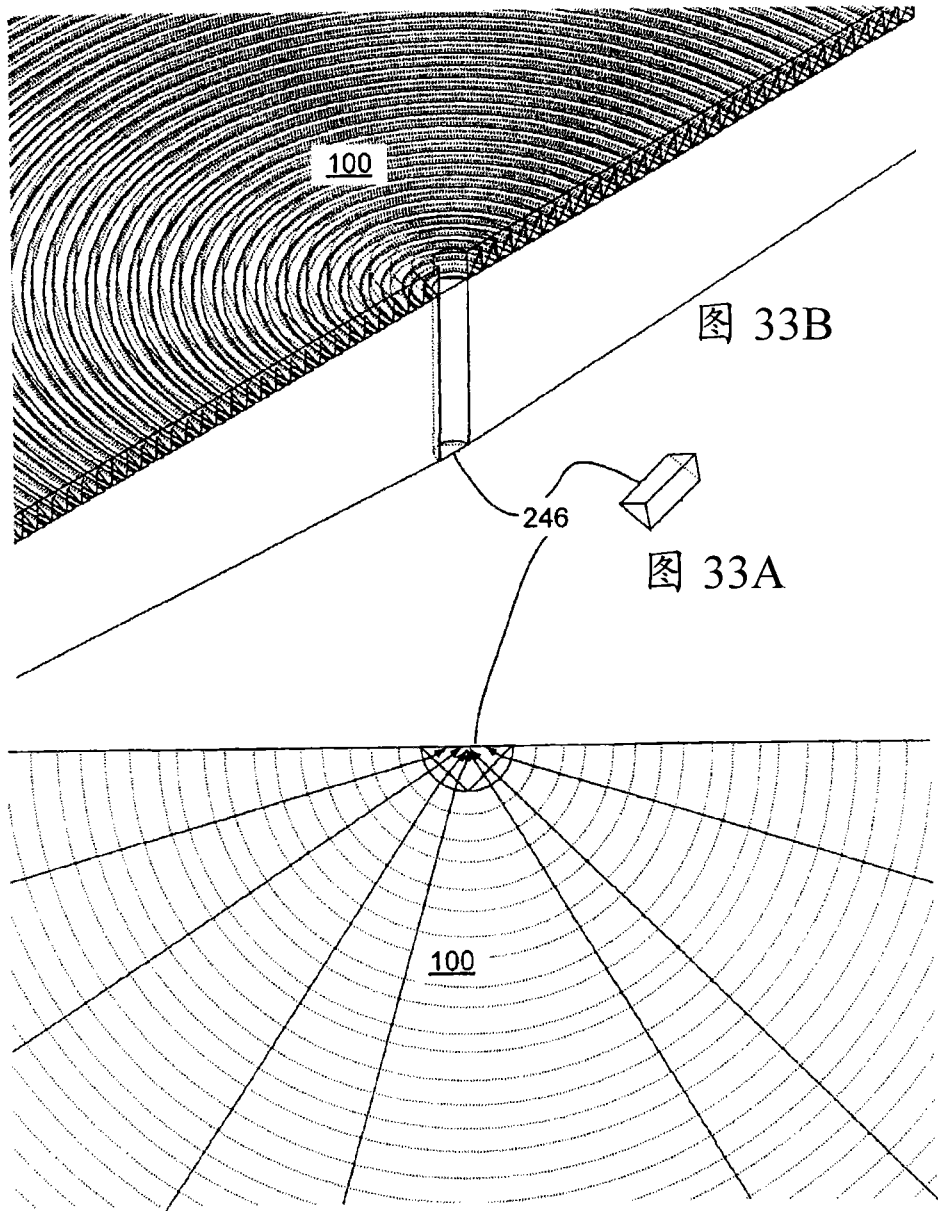


图 33C

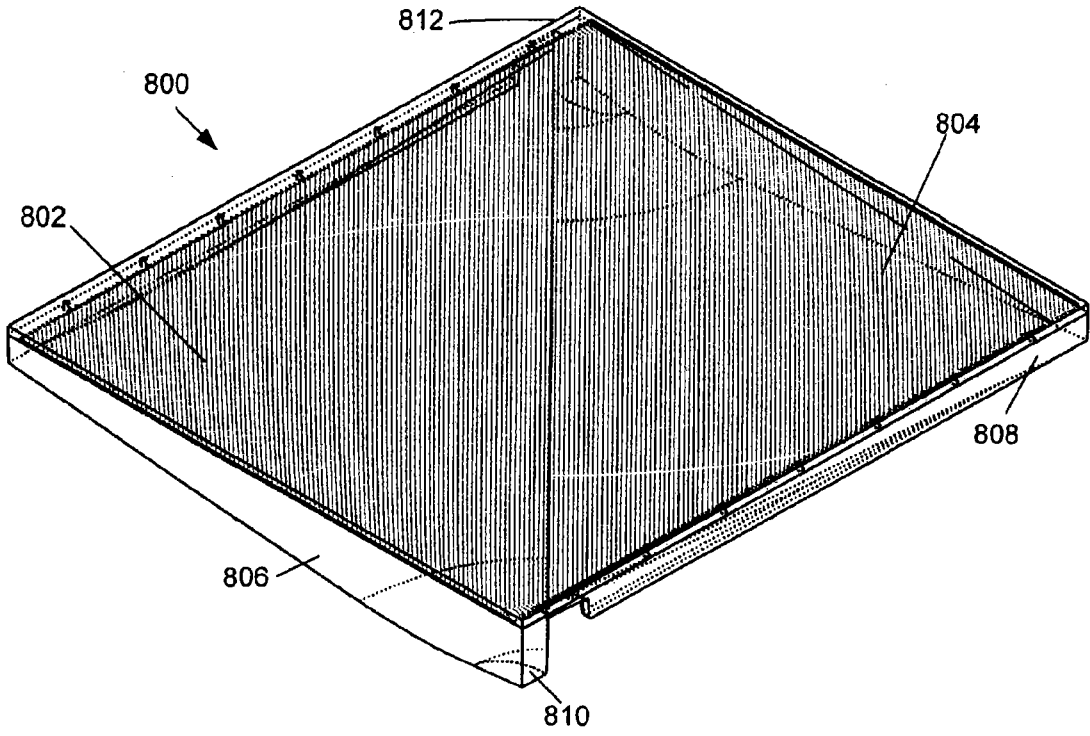


图 33D

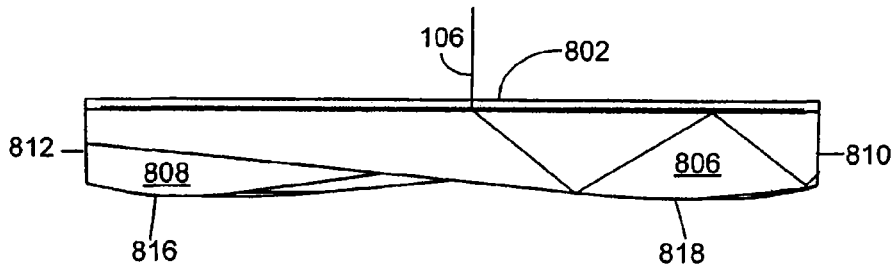


图 33E

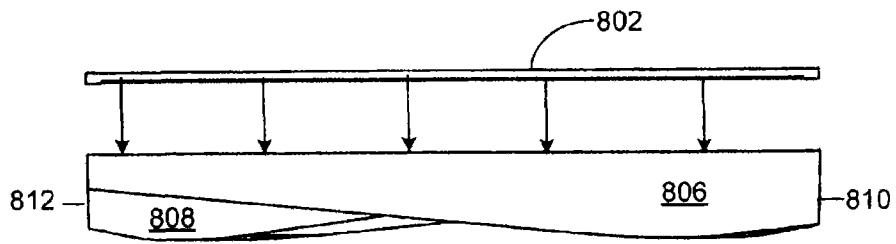


图 33F

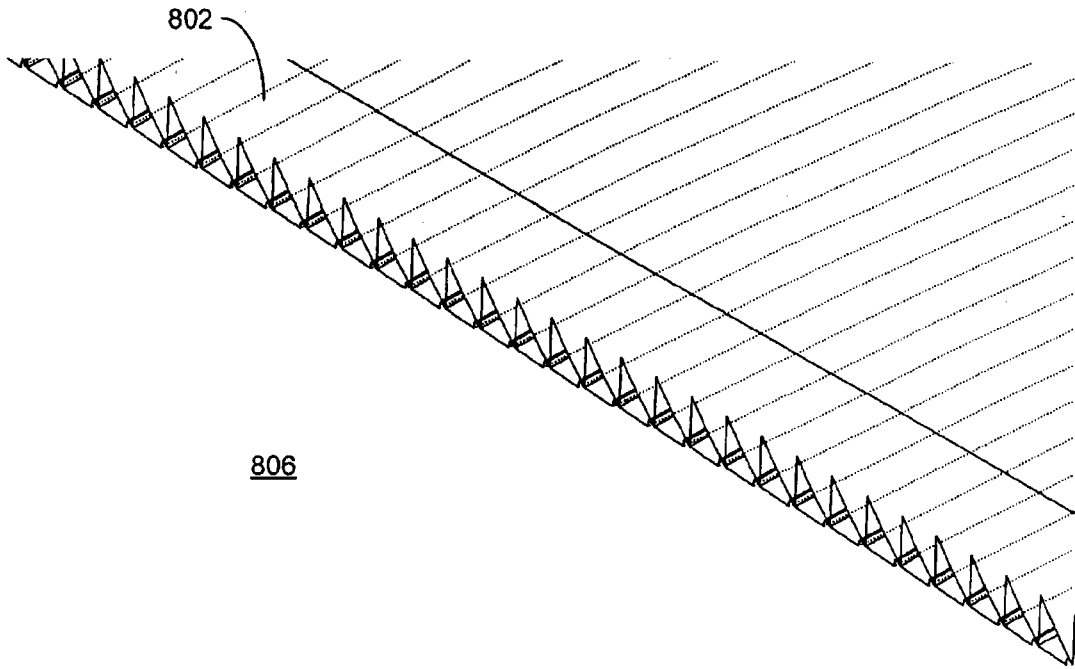


图 33G

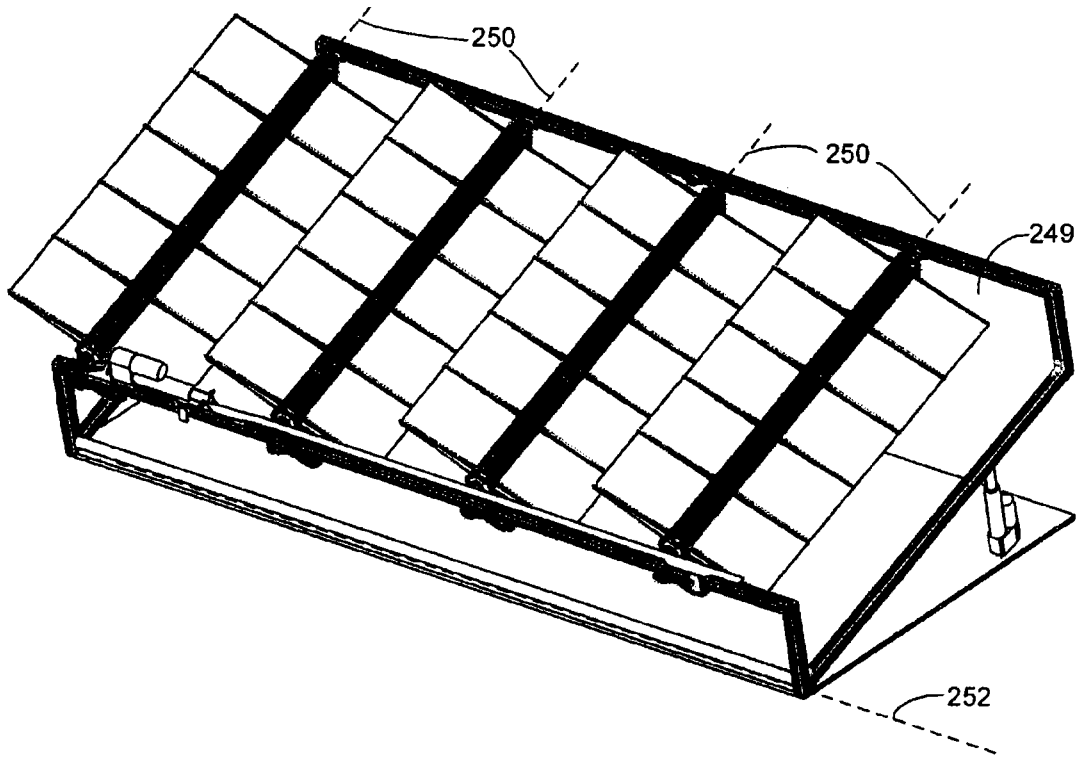


图 34



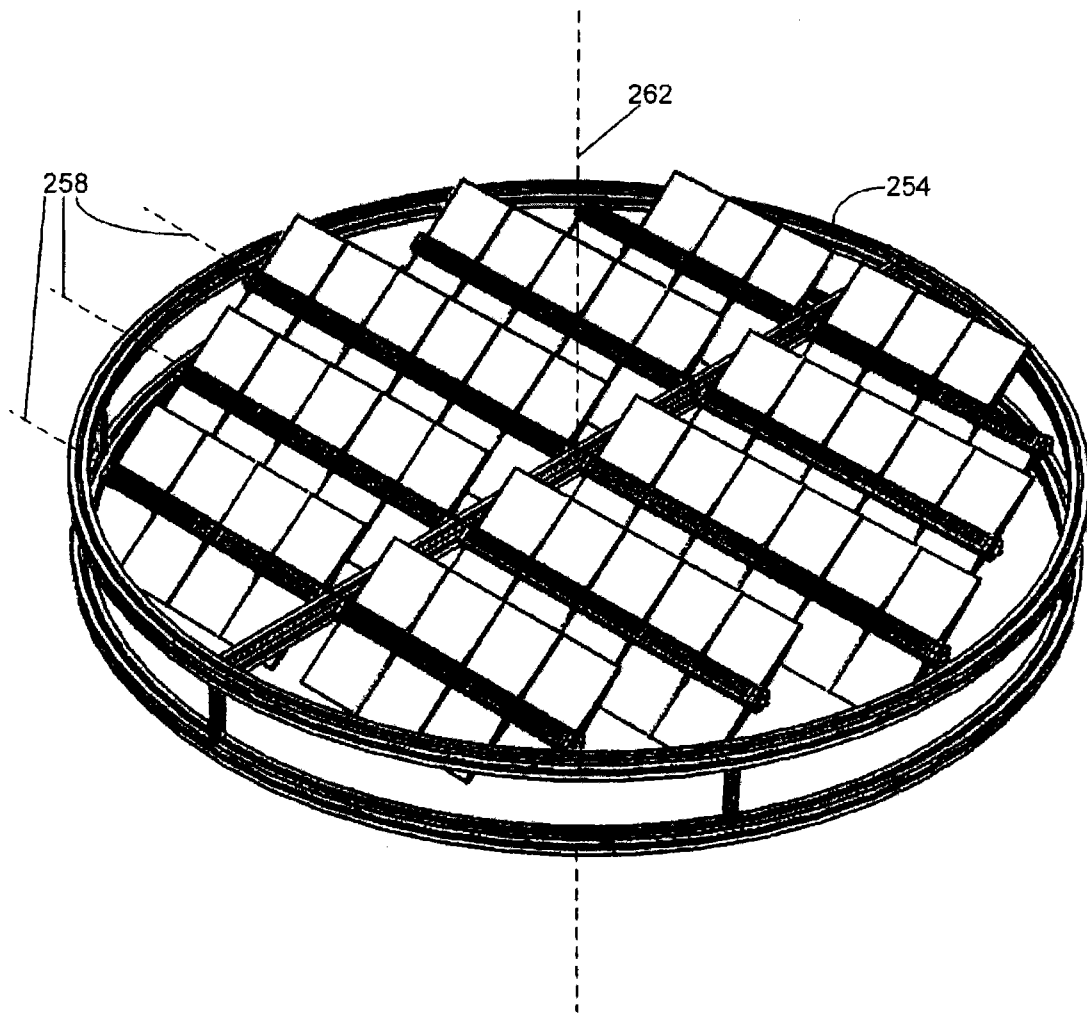


图 35

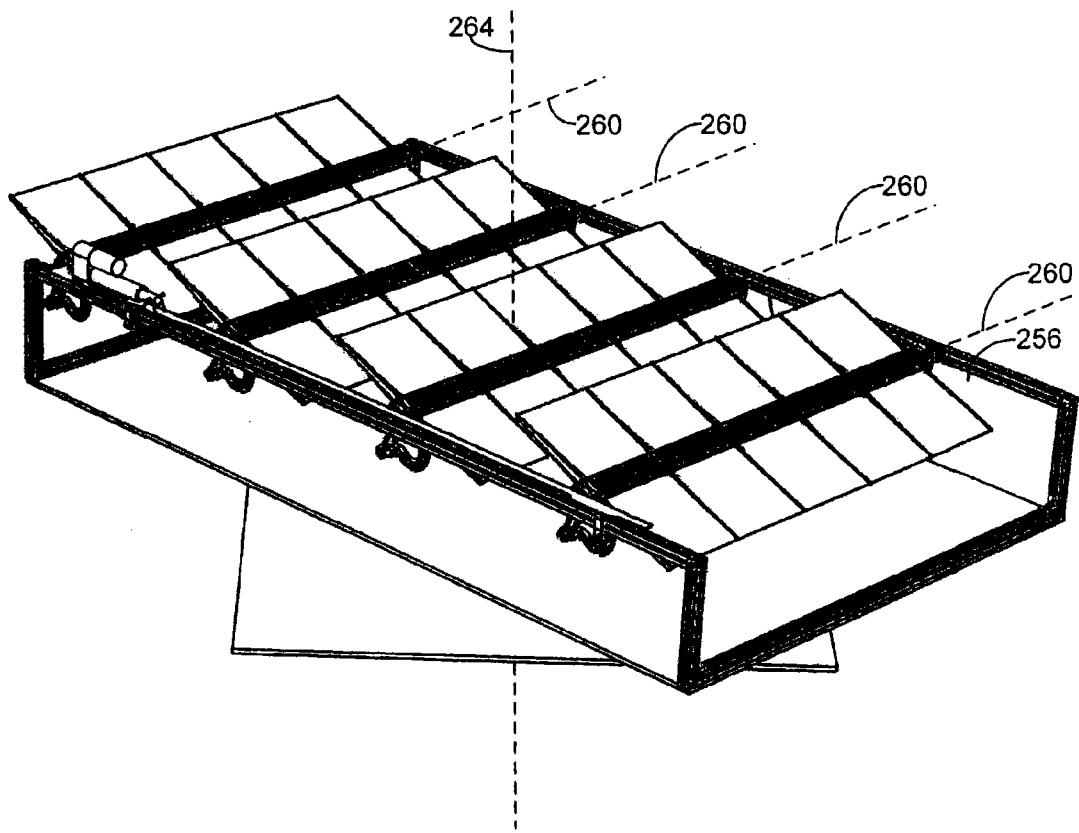


图 36

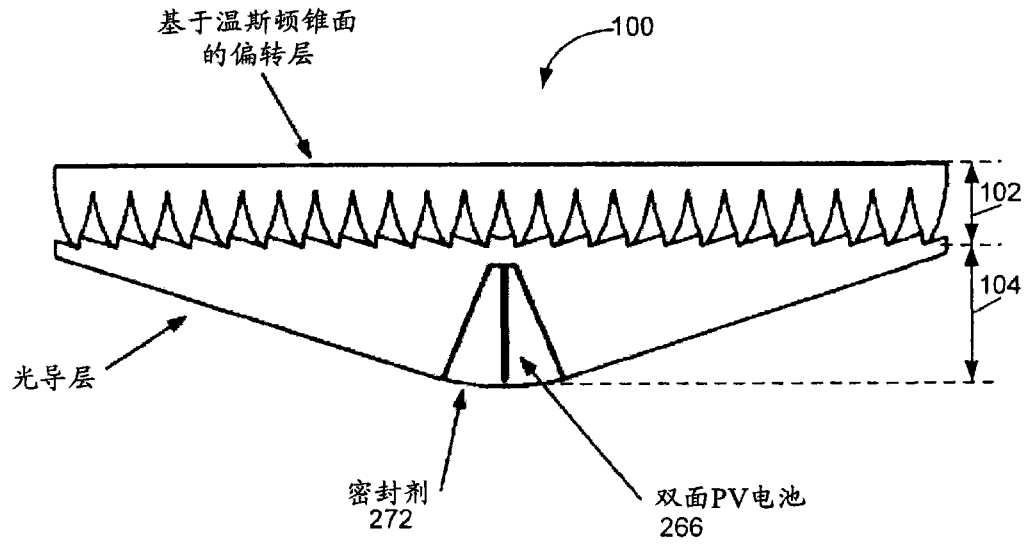


图 37

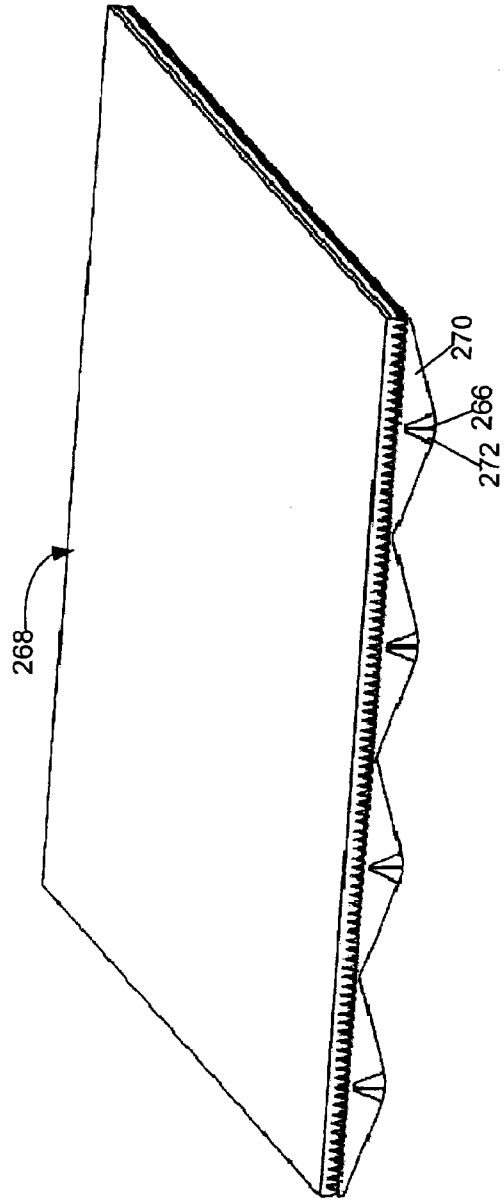


图 38

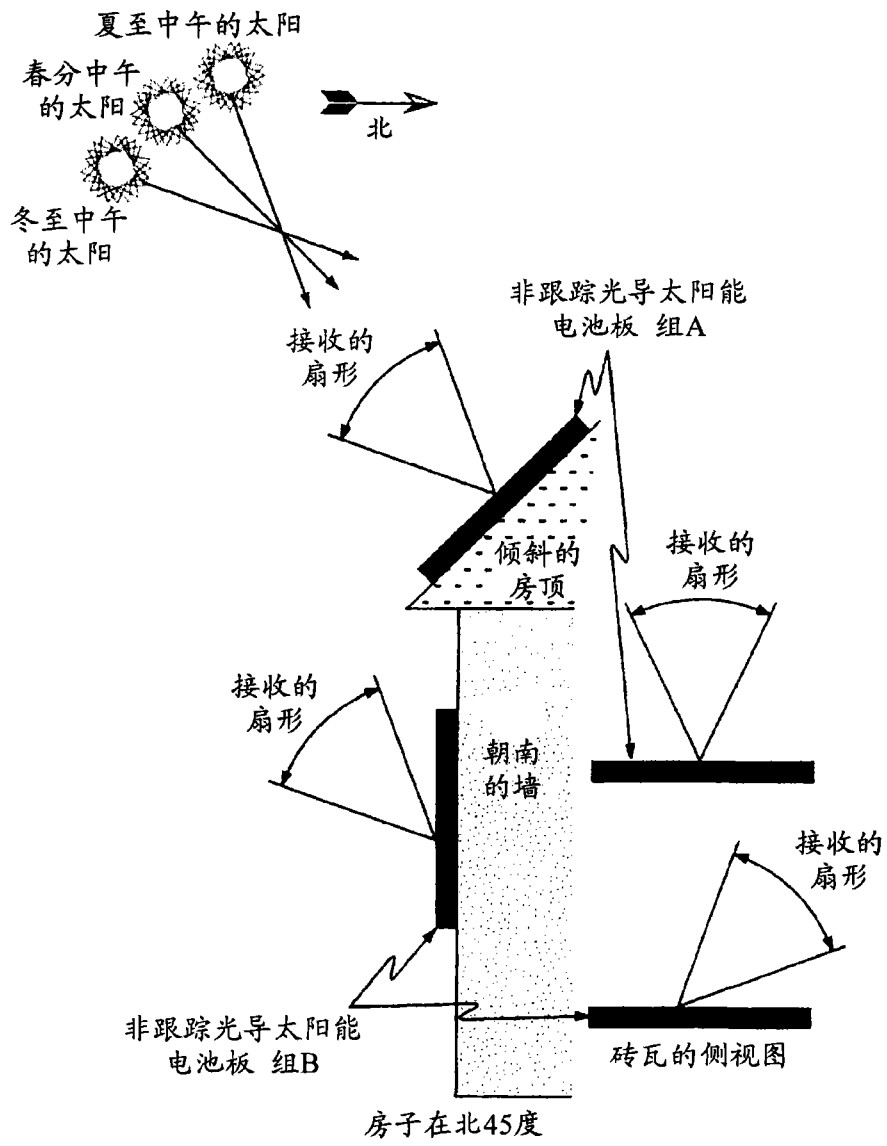


图 39

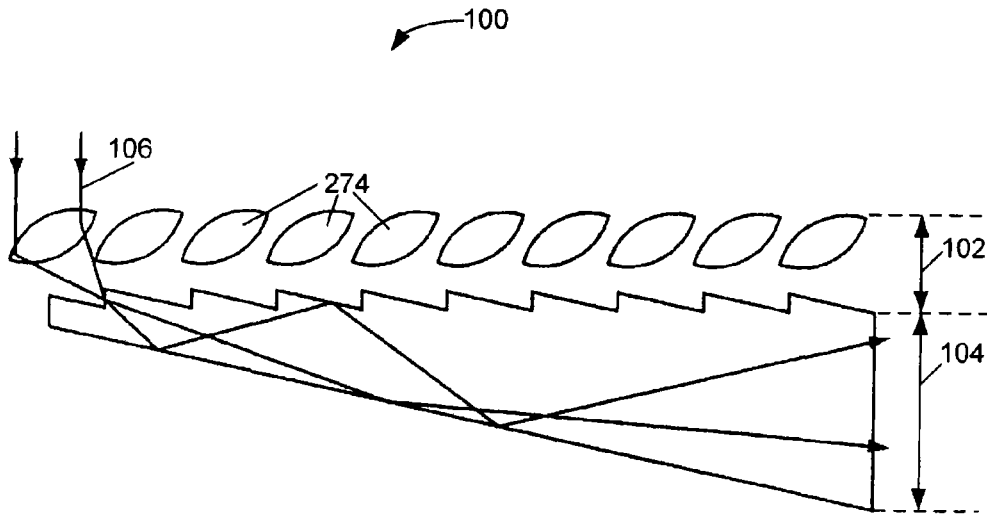


图 40

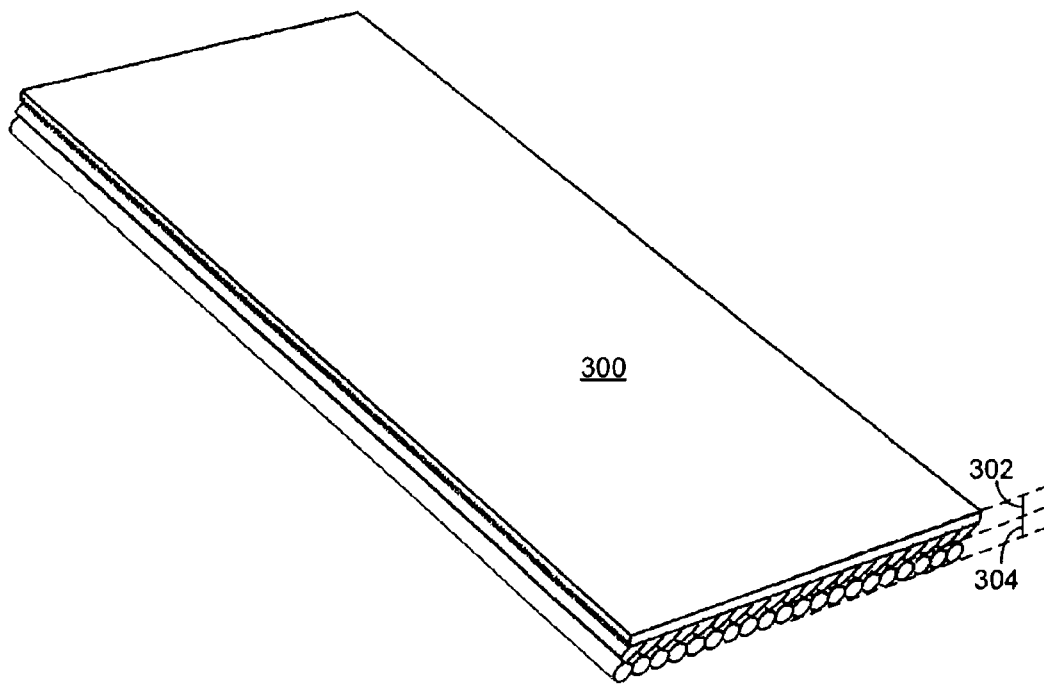


图 41A

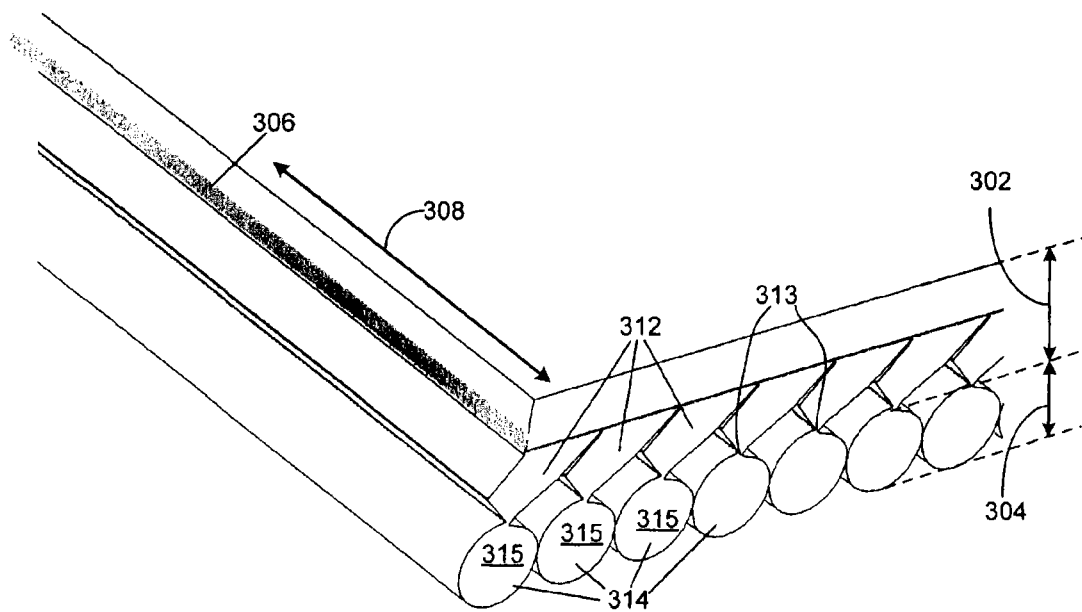


图 41B

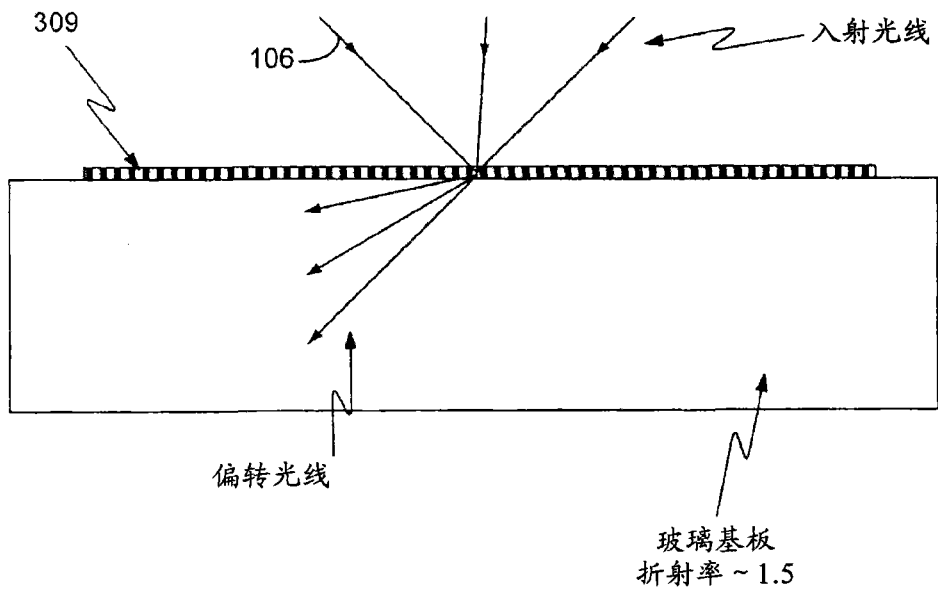


图 42A

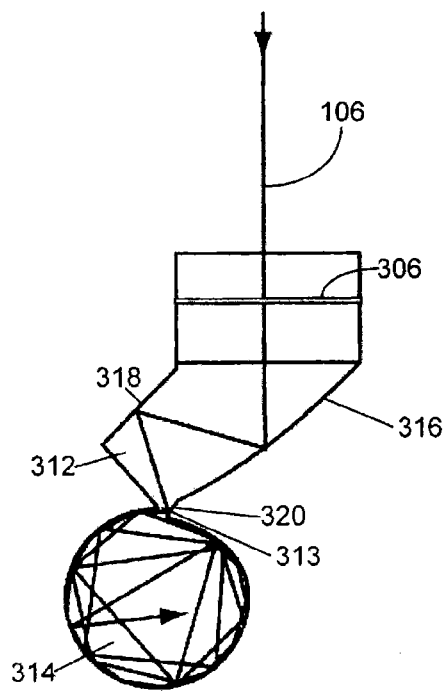


图 42B



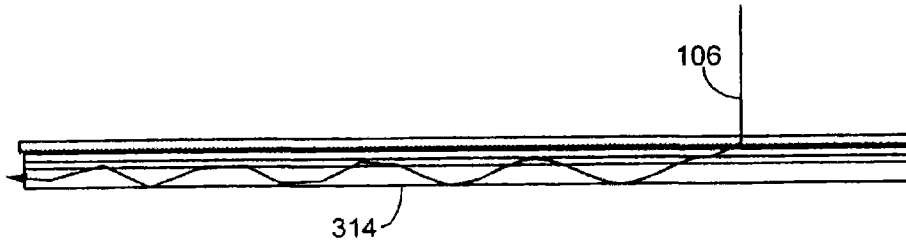


图 42D

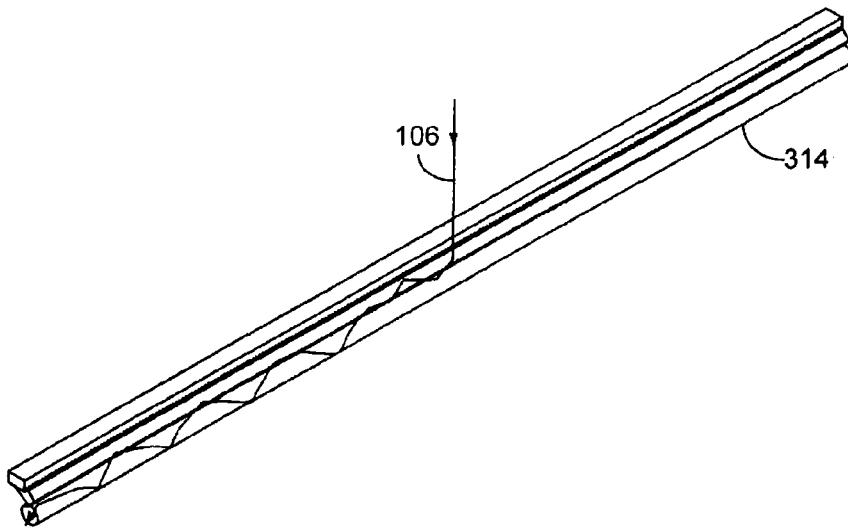


图 42C

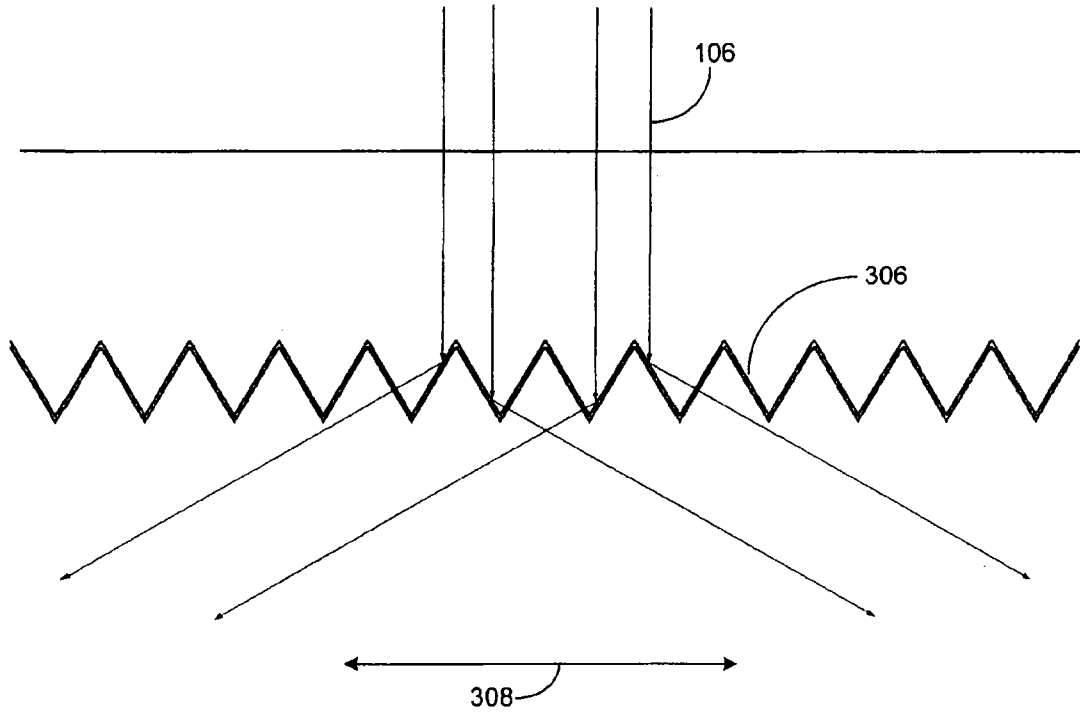


图 43

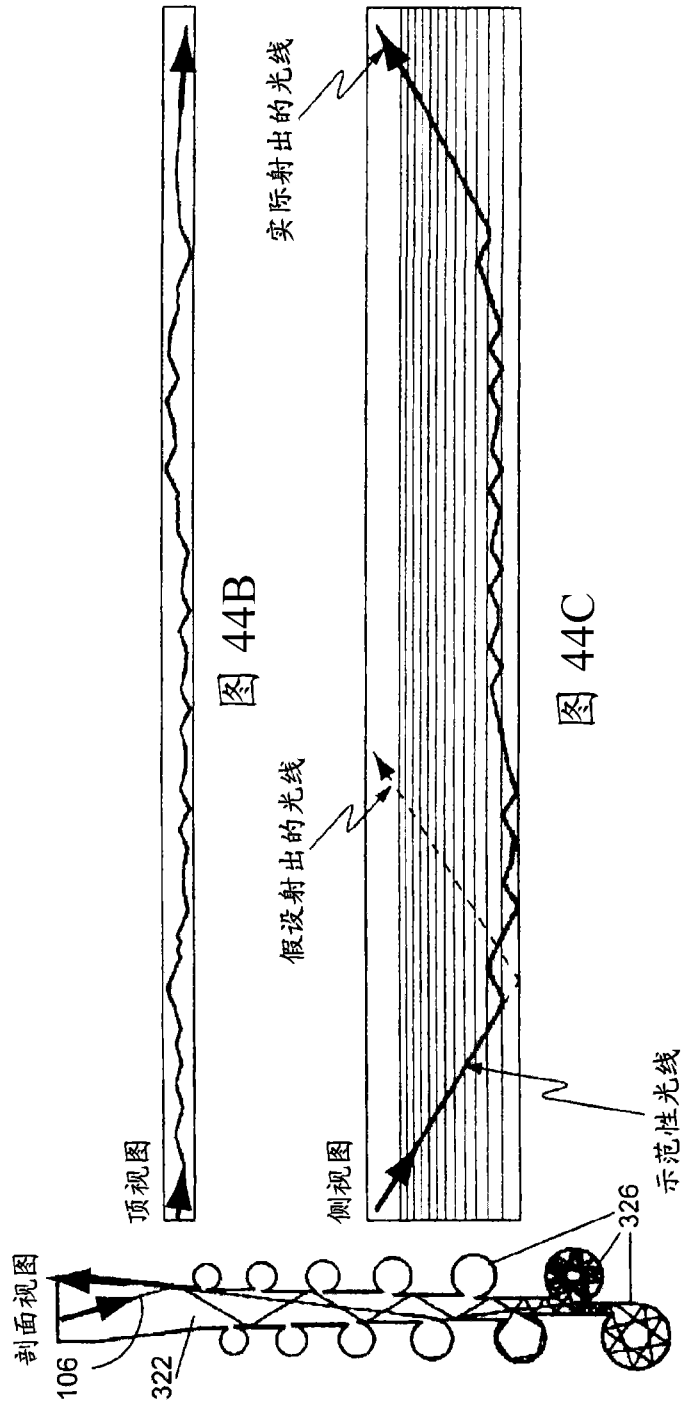


图 44A

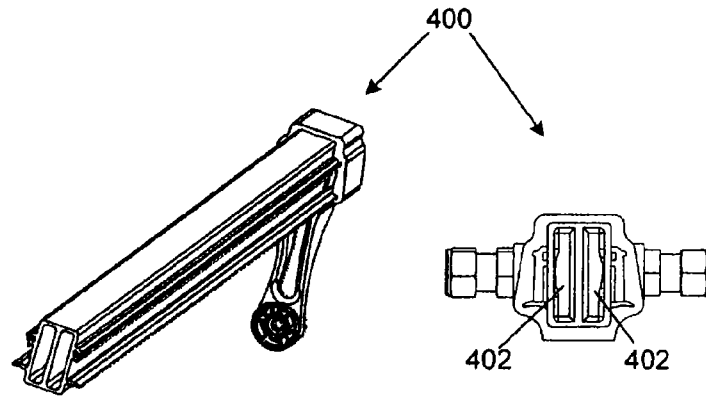


图 45A

图 45B

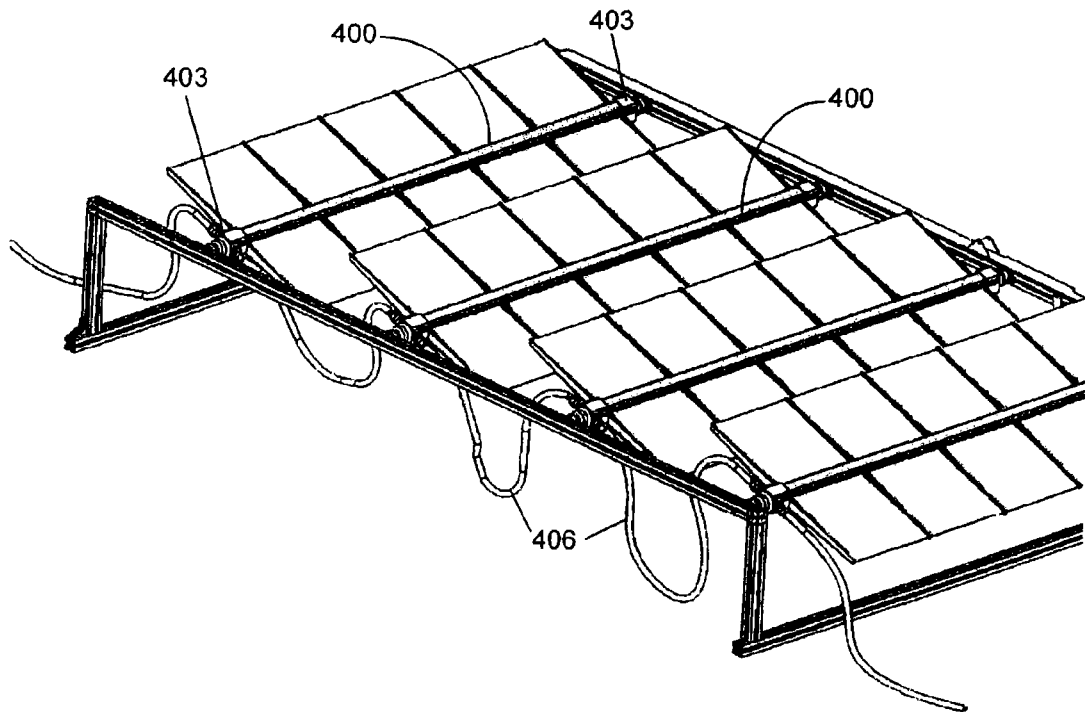


图 46

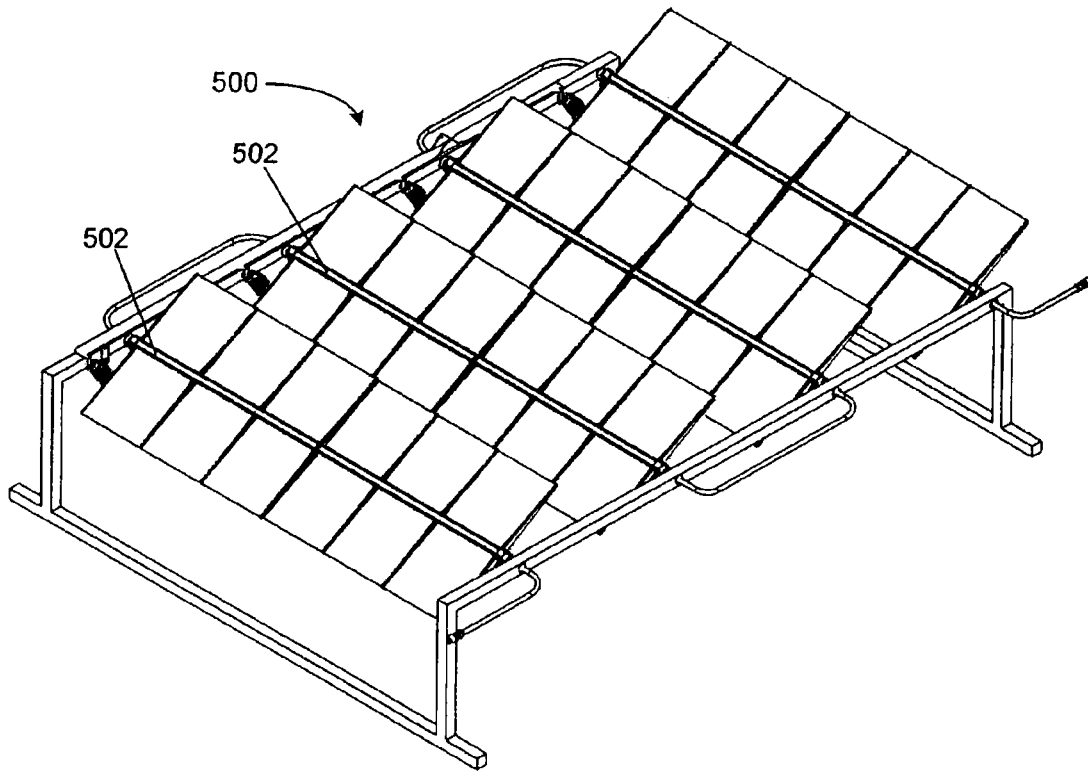


图 47

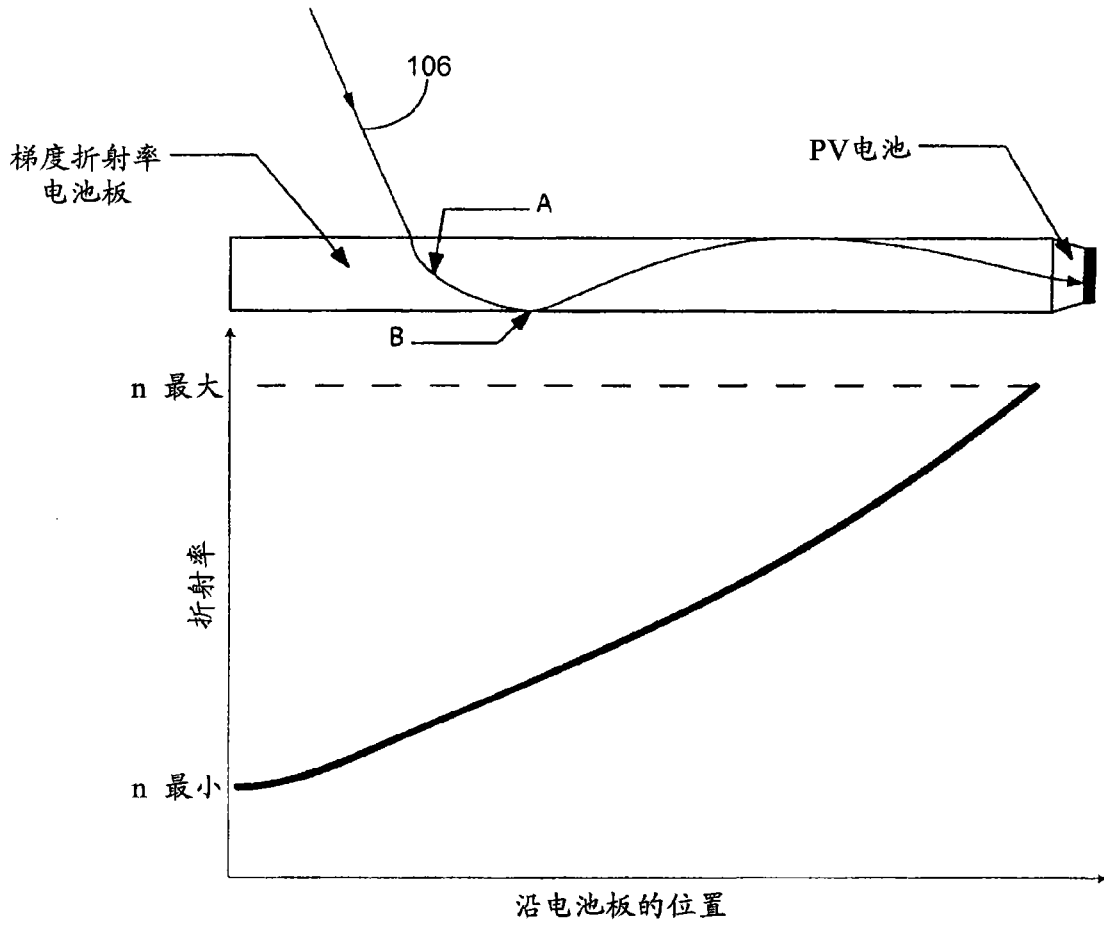


图 48

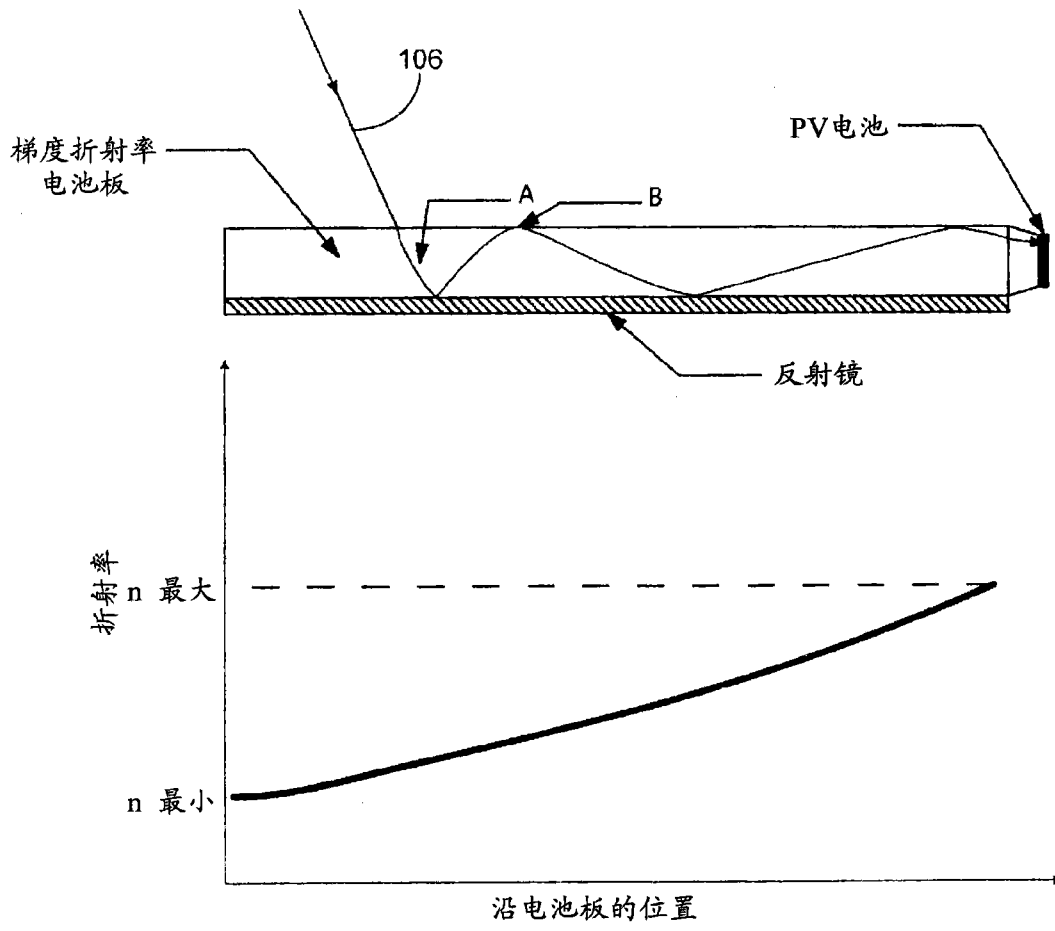


图 49



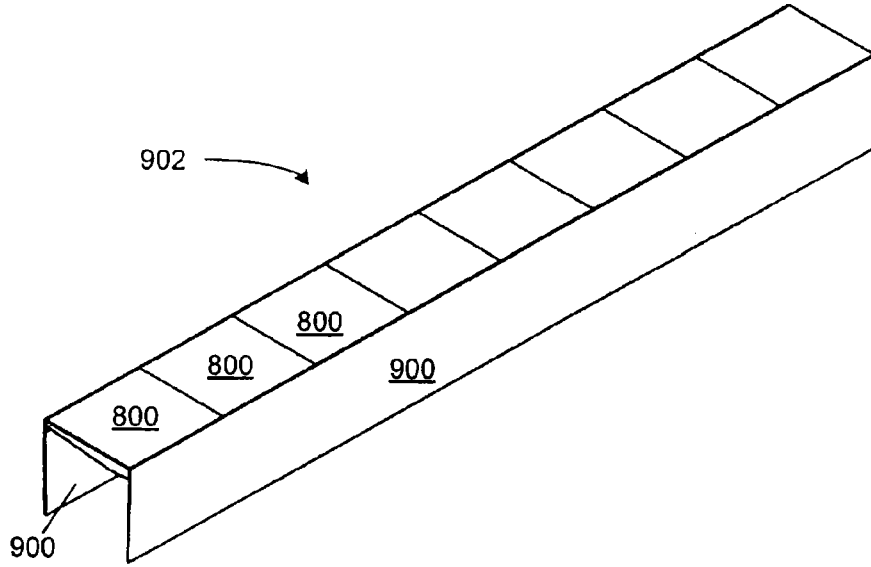


图 50A

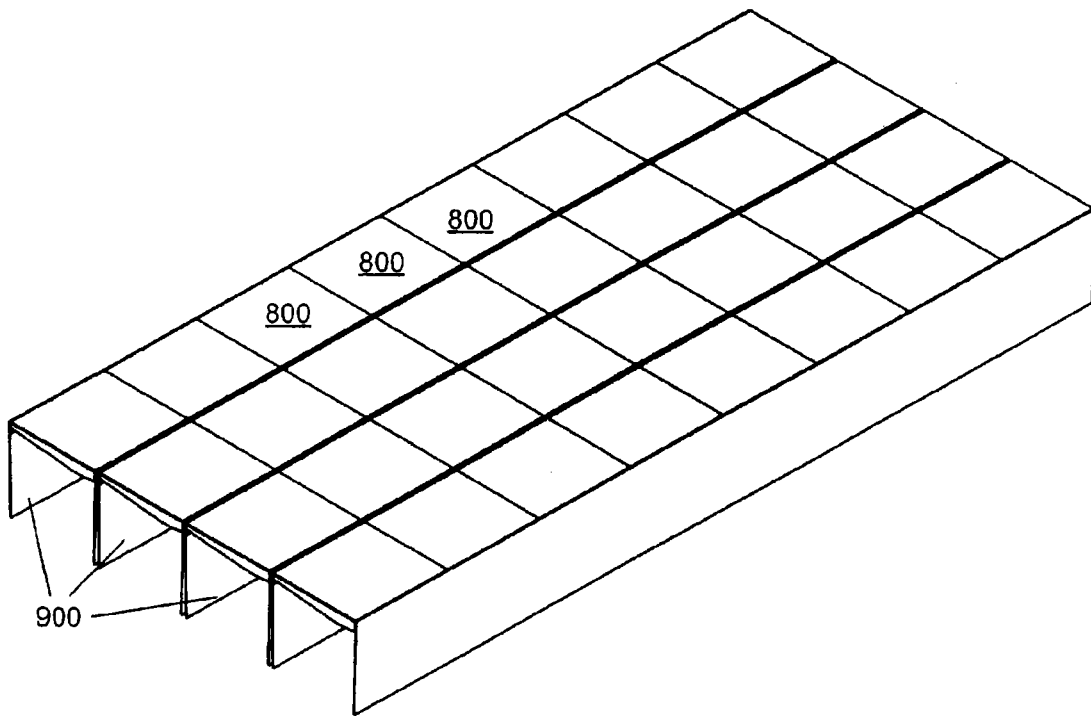


图 50B