



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108292007 A

(43)申请公布日 2018.07.17

(21)申请号 201680066890.3

(74)专利代理机构 北京连和连知识产权代理有限公司 11278

(22)申请日 2016.09.09

代理人 杨帆

(30)优先权数据

62/216,503 2015.09.10 US

15/203,384 2016.07.06 US

(51)Int.Cl.

G02B 6/00(2006.01)

G02B 6/02(2006.01)

G02B 6/032(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2018.05.10

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2016/050953 2016.09.09

(87)PCT国际申请的公布数据

W02017/044751 EN 2017.03.16

(71)申请人 巴尔·姆昆德·达尔

地址 美国马里兰州巴尔的摩市罗林大街阿吉拉公司1450

(72)发明人 巴尔·姆昆德·达尔

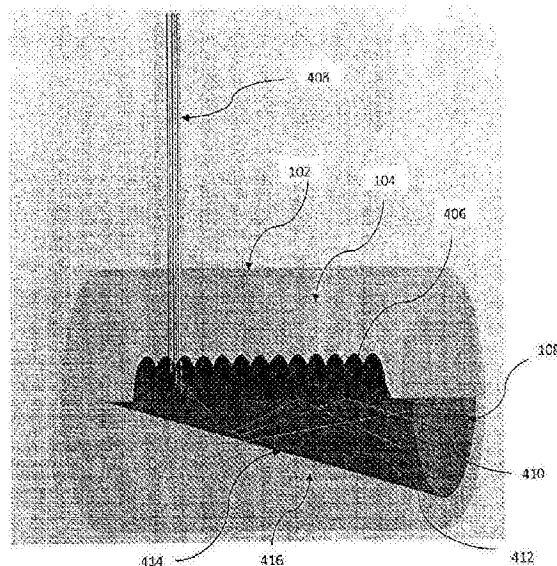
权利要求书7页 说明书24页 附图35页

(54)发明名称

导光装置及其制造方法

(57)摘要

一种导光装置及其制造方法,该装置能够重新定向在大的入射角度范围内照射在该装置上的光,并且可以在不使用跟踪系统的情况下聚集光。该装置使用全内反射和近全内反射(近TIR)临界角的折射条件将光捕获在装置内。



1. 一种具有一个或多个层的导光装置;所述一个或多个层以堆叠结构配置;所述一个或多个层中的每个层具有第一表面和第二表面、第一侧和第二侧,所述第一侧和所述第二侧限定纵向轴线,所述纵向轴线位于所述第一表面和所述第二表面之间;每个所述层包括:

第一光学透明部分,所述第一光学透明部分包括具有第一折射率的第一光学介质;所述第一光学透明部分包括所述第一表面;以及

第二光学透明部分,所述第二光学透明部分包括具有第二折射率的第二光学介质,所述第一光学透明部分和所述第二光学透明部分之间的界面限定形状;所述第二光学透明部分包括所述第二表面;所述形状、所述第一折射率和所述第二折射率配置为使得来自光源的从至少一个所述层的所述第一侧进入的光在所述界面处以一定角度偏转,以在所述光照射在发射表面和外部介质之间的界面上时,使所述光呈现基本上准直在预定角度;所述发射表面是所述一个或多个层的层的所述第一表面或所述第二表面中的一个,所述发射表面处于与所述外部介质的界面处;所述一个或多个层的一个层的至少一个第一侧配置用于接收来自第一光源的光;具有作为外表面和所述发射表面之一的表面的至少一个光学透明部分的折射率被选择为使得从所述光源接收到的未照射到所述形状上的光被全反射;

其中所述形状包括下列中的至少一个:斜棱镜阵列、面的角度在1至89度范围内的对称V形槽棱镜阵列、或者每个面的角度在1至89度的范围内的不对称V形槽棱镜阵列、或者每个面的角度在1至89度范围内的不对称V形槽棱镜阵列。

2. 根据权利要求1所述的导光装置,其中所述一个或多个层包括一个层;其中所述形状包括斜棱镜阵列。

3. 根据权利要求2所述的导光装置,进一步包括反射层;所述外部介质设置在所述反射层和所述第二表面之间;其中所述第一表面位于所述外部介质和所述第一光学介质之间并且是所述发射表面;其中所述第一折射率被选择为使得从所述光源接收的未照射到所述形状上的光在照射到所述第一表面上时被全反射。

4. 根据权利要求1所述的导光装置,其中所述一个或多个层包括至少三个层;其中第一层的第一表面是所述外部介质和所述第一层的第一光学介质之间的表面,所述第一层的所述第一光学介质具有第一折射率;其中由所述第一层中的所述第一光学介质和第二光学介质之间的界面所限定的形状是对称V形槽棱镜或不对称V形槽棱镜中的一个的第一阵列;其中第二层的第一表面设置在所述第一层的第二表面上并且是所述第一层的所述第二光学介质和所述第二层的第一光学介质之间的表面;所述第一层的所述第二光学介质具有第二折射率;所述第二层的所述第一光学介质具有第三折射率;由所述第二层中的所述第一光学介质和所述第二光学介质之间的界面限定的形状是斜棱镜阵列;其中第三层的第一表面设置在所述第二层的第二表面上并且是所述第二层的所述第二光学介质和所述第三层的第一光学介质之间的表面;所述第二层的所述第二光学介质具有第四折射率;所述第三层的所述第一光学介质具有第五折射率;由所述第三层中的所述第一光学介质和所述第二光学介质之间的界面所限定的形状是对称V形槽棱镜或不对称V形槽棱镜之一的第二阵列;其中所述第三层的所述第二光学介质具有第六折射率;并且其中所述第三层的第二表面设置在所述第三层的所述第二光学介质和所述外部介质之间。

5. 根据权利要求4所述的导光装置,进一步包括反射层;所述外部介质设置在所述反射层和所述第三层的所述第二表面之间;其中所述第一层的所述第一表面位于所述外部介质

和所述第一层的所述第一光学介质之间并且是所述发射表面；其中所述第一折射率被选择为使得从所述光源接收的未照射在由所述第一层中的所述第一光学介质和所述第二光学介质之间的界面所限定的形状上的光在照射到所述第一表面上时被全反射。

6. 一种显示设备，所述显示设备包括图像形成部件以及权利要求1所述的导光装置，所述导光装置被设置用于照射所述图像形成部件。

7. 根据权利要求6所述的显示设备，其中所述一个或多个层包括一个层；其中所述形状包括斜棱镜阵列。

8. 根据权利要求7所述的显示设备，进一步包括反射层；所述外部介质设置在所述反射层和所述第二表面之间；其中所述第一表面位于所述外部介质和所述第一光学介质之间并且是所述发射表面；其中所述第一折射率被选择为使得从所述光源接收的未照射到所述形状上的光在照射到所述第一表面上时被全反射。

9. 根据权利要求6所述的显示设备，其中所述一个或多个层包括至少三个层；其中第一层的第一表面是外部介质和所述第一层的所述第一光学介质之间的表面，所述第一层的所述第一光学介质具有第一折射率；其中由所述第一层中的所述第一光学介质和所述第二光学介质之间的界面限定的形状是对称V形槽棱镜或不对称V形槽棱镜中的一个的第一阵列；其中第二层的第一表面设置在所述第一层的第二表面上并且是所述第一层的所述第二光学介质和所述第二层的第一光学介质之间的表面；所述第一层的所述第二光学介质具有第二折射率；所述第二层的所述第一光学介质具有第三折射率；由所述第二层中的所述第一光学介质和所述第二光学介质之间的界面限定的形状是斜棱镜阵列；其中第三层的第一表面设置在所述第二层的第二表面上并且是所述第二层的第二光学介质和所述第三层的第一光学介质之间的表面；所述第二层的所述第二光学介质具有第四折射率；所述第三层的所述第一光学介质具有第五折射率；由所述第三层中的所述第一光学介质和所述第二光学介质之间的界面限定的形状是对称V形槽棱镜或不对称V形槽棱镜中的一个的第二阵列；其中所述第三层的所述第二光学介质具有第六折射率；并且其中所述第三层的第二表面设置在所述第三层的第二光学介质和所述外部介质之间。

10. 根据权利要求9所述的显示设备，进一步包括反射层；所述外部介质设置在所述反射层和所述第三层的所述第二表面之间；其中所述第一层的所述第一表面位于所述外部介质和所述第一层的所述第一光学介质之间并且是所述发射表面；其中所述第一折射率被选择为使得从所述光源接收的未照射在由所述第一层中的所述第一光学介质和所述第二光学介质之间的界面限定的形状上的光在照射到所述第一表面上时被全反射。

11. 根据权利要求6所述的显示设备，进一步包括照明结构，所述照明结构设置在根据权利要求1所述的导光装置下方，所述照明结构包括：

光导，所述光导配置用于接收来自第二光源的光；

光漫射层，所述光漫射层设置在所述光导和权利要求1所述的导光装置之间；以及

至少一个微棱镜片，所述至少一个微棱镜片设置在所述漫射层和权利要求1所述的导光装置之间。

12. 根据权利要求11所述的显示设备，其中所述一个或多个层包括一个层；其中所述形状包括斜棱镜阵列。

13. 根据权利要求12所述的显示设备，进一步包括反射层；所述外部介质设置在所述反

射层和所述第二表面之间；其中所述第一表面位于所述外部介质和所述第一光学介质之间并且是所述发射表面；其中所述第一折射率选择为使得从所述光源接收的未照射到所述形状上的光在照射到所述第一表面上时被全反射。

14. 根据权利要求11所述的显示设备，其中所述一个或多个层包括三个层；其中第一层的第一表面是外部介质和所述第一层的所述第一光学介质之间的表面，所述第一层的所述第一光学介质具有第一折射率；其中由所述第一层中的所述第一光学介质和所述第二光学介质之间的界面限定的形状是对称V形槽棱镜或不对称V形槽棱镜中的一个的第一阵列；其中第二层的第一表面设置在所述第一层的第二表面上并且是所述第一层的所述第二光学介质和所述第二层的第一光学介质之间的表面；所述第一层的所述第二光学介质具有第二折射率；所述第二层的所述第一光学介质具有第三折射率；由所述第二层中的所述第一光学介质和所述第二光学介质之间的界面限定的形状是斜棱镜阵列；其中第三层的第一表面设置在所述第二层的第二表面上并且是所述第二层的所述第二光学介质和所述第三层的第一光学介质之间的表面；所述第二层的所述第二光学介质具有第四折射率；所述第三层的所述第一光学介质具有第五折射率；由所述第三层中的所述第一光学介质和所述第二光学介质之间的界面限定的形状是对称V形槽棱镜或不对称V形槽棱镜中的一个的第二阵列；其中所述第三层的所述第二光学介质具有第六折射率；并且其中所述第三层的第二表面设置在所述第三层的第二光学介质和外部介质之间。

15. 根据权利要求14所述的显示设备，进一步包括反射层；所述外部介质设置在所述反射层和所述第三层的所述第二表面之间；其中所述第一层的所述第一表面位于所述外部介质和所述第一层的所述第一光学介质之间并且是所述发射表面；其中所述第一折射率被选择为使得从所述光源接收的未照射在由所述第一层中的所述第一光学介质和所述第二光学介质之间的界面限定的形状上的光在照射到所述第一表面上时被全反射。

16. 根据权利要求11所述的显示设备，进一步包括设置在所述图像形成部件和权利要求1所述的导光装置之间的反射偏振器。

17. 根据权利要求11所述的显示设备，其中所述第二光源和所述第一光源是相同的光源；并且其中所述相同的光源被夹在权利要求1所述的导光装置和所述照明结构之间。

18. 根据权利要求6所述的显示设备，进一步包括设置在所述图像形成部件和权利要求1所述的导光装置之间的反射偏振器。

19. 根据权利要求11所述的显示设备，进一步包括设置在所述导光装置下方的偏振旋转层。

20. 根据权利要求19所述的显示设备，其中所述一个或多个层包括一个层；其中所述形状包括斜棱镜阵列。

21. 根据权利要求20所述的显示设备，进一步包括反射层；所述外部介质设置在所述反射层和所述偏振旋转层之间。

22. 根据权利要求19所述的显示装置，其中所述一个或多个层包括至少三个层；其中第一层的第一表面是所述外部介质和所述第一层的所述第一光学介质之间的表面，所述第一层的所述第一光学介质具有第一折射率；其中由所述第一层中的所述第一光学介质和所述第二光学介质之间的界面限定的形状是对称V形槽棱镜或不对称V形槽棱镜中的一个的第一阵列；其中第二层的第一表面设置在所述第一层的第二表面上并且是所述第一层的第二

光学介质和所述第二层的第一光学介质之间的表面；所述第一层的所述第二光学介质具有第二折射率；所述第二层的所述第一光学介质具有第三折射率；由所述第二层中的所述第一光学介质和所述第二光学介质之间的界面限定的形状是斜棱镜阵列；其中第三层的第一表面设置在所述第二层的第二表面上并且是所述第二层的第二光学介质和所述第三层的第一光学介质之间的表面；所述第二层的所述第二光学介质具有第四折射率；所述第三层的所述第一光学介质具有第五折射率；由所述第三层中的所述第一光学介质和所述第二光学介质之间的界面限定的形状是对称V形槽棱镜或不对称V形槽棱镜中的一个的第二阵列；其中所述第三层的所述第二光学介质具有第六折射率；并且其中所述第三层的第二表面设置在所述第三层的第二光学介质和所述外部介质之间。

23. 根据权利要求22所述的显示设备，进一步包括反射层；所述外部介质设置在所述反射层和所述偏振旋转层之间。

24. 一种导光装置，所述导光装置具有一个或多个直角棱镜部分，所述直角棱镜部分具有至少两个对角相对的斜边，所述一个或多个部分构成堆叠结构；所述一个或多个部分的每个部分具有第一表面和第二表面；每个所述部分包括：

第一光学透明子部分，所述第一光学透明子部分包括具有第一折射率的第一光学介质，所述第一光学透明子部分包括所述第一表面；

第二光学透明子部分，所述第二光学透明子部分包括具有第二折射率的第二光学介质；位于所述第一光学透明子部分和所述第二光学透明子部分之间的表面限定三维形状；所述三维形状是中心对称的；所述三维形状、所述第一折射率和所述第二折射率配置为使来自光源的从所述至少两个对角相对的斜边中的一个入射的光在所述表面处以一定角度偏转，以在所述照明进行到位于发射表面和外部介质之间的界面上时，使所述光呈现基本准直在预定角度；所述发射保存为所述一个或多个子部分中的子部分的第一或第二表面中的一个；所述发射表面处于与所述外部介质的界面处；所述一个或多个子部分的所述至少两个对角相对的斜边中的至少一个配置用于接收来自第一光源的光；具有作为外表面和所述发射表面之一的表面的至少一个光学透明部分的折射率被选择为使得从所述光源接收的未照射到所述形状上的光被全反射；

其中当在从所述第一表面延伸到所述第二表面并且垂直于所述第一表面和所述第二表面的平面中观察时对应于所述三维形状的二维形状包括下列中的至少一个：斜棱镜阵列、面的角度处于1至89度范围内的对称V形槽棱镜阵列、或每个面的角度处于1至89度的范围内的不对称V形槽棱镜阵列、或每个面的角度处于1至89度范围内的不对称V形槽棱镜阵列。

25. 根据权利要求24所述的导光装置，其中所述一个或多个部分包括一个部分；其中所述二维形状包括斜棱镜阵列。

26. 根据权利要求25所述的导光装置，进一步包括反射层；所述外部介质设置在所述反射层和所述第二表面之间；其中所述第一表面位于所述外部介质和所述第一光学介质之间并且是所述发射表面；其中所述第一折射率被选择为使得从所述光源接收的未照射在所述形状上的光在照射到所述第一表面上时被全反射。

27. 一种显示设备，所述显示设备包括图像形成部件；以及权利要求24所述的导光装置，所述导光装置设置用于照射所述图像形成部件。

28. 一种具有一个或多个棱镜部分的导光装置,所述棱镜包括多个梯形子棱镜,所述多个梯形子棱镜组装在一起以构成矩形棱镜;相邻的所述梯形子棱镜之间的空间包括介质,所述介质的折射率低于所述多个梯形子棱镜中的一个的任何部分的折射率;所述多个梯形子棱镜组装在一起,使得一个所述梯形子棱镜的较大基部组装在另一个梯形子棱镜的较小基部旁;所述一个或多个部分构成堆叠结构;所述一个或多个部分的每个部分具有第一表面和第二表面;每个所述部分包括:

第一光学透明子部分,所述第一光学透明子部分包括具有第一折射率的第一光学介质,所述第一光学透明子部分包括所述第一表面;以及

第二光学透明子部分,所述第二光学透明子部分包括具有第二折射率的第二光学介质;所述第一光学透明子部分和所述第二光学透明子部分之间的表面限定三维形状;在每个所述梯形子棱镜中的三维形状在以三角形的顶点为中心的圆弧中对称,所述三角形包括所述每个梯形子棱镜的梯形的两个基部;所述一个或多个子部分中的一个梯形子棱镜的每个较小基部被配置用于接收来自第一光源的光;所述三维形状、所述第一折射率和所述第二折射率被配置为使得来自所述光源的从所述每个较小基部中的一个进入的光以一定角度在所述表面处偏转,以在照明进行到发射表面和外部介质之间的界面上时,使所述光呈现基本准直在预定角度;所述发射保存为所述一个或多个子部分中的子部分的第一或第二表面中的一个;所述发射表面处于与所述外部介质的界面处;具有作为外表面和所述发射表面之一的表面的至少一个光学透明部分的折射率被选择为使得从光源接收的未照射到所述形状上的光被全反射;

其中当在从所述第一表面延伸到所述第二表面并且垂直于所述第一表面和所述第二表面并且从其中一个所述梯形子棱镜的一个基部到另一基部设置的平面中观察时,对应于所述三维形状的二维形状包括下列中的至少一个:斜棱镜阵列、面的角度在1至89度范围内的对称V形槽棱镜阵列、或者每个面的角度在1至89度范围内的不对称V形槽棱镜阵列、或者每个面的角度在1至89度范围内的不对称V形槽棱镜阵列。

29. 根据权利要求28所述的导光装置,其中所述一个或多个部分包括一个部分;其中所述二维形状包括斜棱镜阵列。

30. 根据权利要求29所述的导光装置,进一步包括反射层;所述外部介质设置在所述反射层和所述第二表面之间;其中所述第一表面位于所述外部介质和所述第一光学介质之间并且是所述发射表面;其中所述第一折射率被选择为使得从所述光源接收的未照射到所述形状上的光在照射到所述第一表面上时被全反射。

31. 一种显示设备,所述显示设备包括图像形成部件;以及权利要求28所述的导光装置,所述导光装置被设置用于照射所述图像形成部件。

32. 一种具有一个或多个直圆柱体部分的导光装置,所述一个或多个部分构造成堆叠结构;所述一个或多个部分的每个所述部分具有第一表面和第二表面;每个所述部分包括:

第一光学透明子部分,所述第一光学透明子部分包括具有第一折射率的第一光学介质,所述第一光学透明子部分包括所述第一表面;以及

第二光学透明子部分,所述第二光学透明子部分包括具有第二折射率的第二光学介质;所述第一光学透明子部分和所述第二光学透明子部分之间的表面限定三维形状;所述三维形状是中心对称的;所述一个或多个子部分中的至少一个子部分的外表面配置为在沿

着所述直圆柱体的外表面的周向的多个位置处接收光;所述多个位置的每个位置处的光由多个第一光源中的一个第一光源提供;所述三维形状、所述第一折射率和所述第二折射率被配置为使得来自所述光源的从所述多个位置中的一个位置进入的光在所述表面处以一定角度偏转,以在所述照明进行到发射表面和外部介质之间的界面上时,使所述光呈现为基本准直在预定角度;所述发射保存为所述一个或多个子部分中的子部分的第一或第二表面中的一个;所述发射表面处于与所述外部介质的界面处;具有作为外表面和所述发射表面之一的表面的至少一个光学透明部分的折射率被选择为使得从所述光源接收的未照射在所述形状上的光被全反射;

其中当在从所述第一表面延伸到所述第二表面并且垂直于所述第一表面和所述第二表面并且从所述直圆柱体的外表面径向地延伸到中心的平面中观察时,对应于所述三维形状的二维形状包括下列中的至少一个:斜棱镜阵列、面的角度在1至89度范围内的对称V形槽棱镜阵列、或者每个面的角度在1至89度范围内的不对称V形槽棱镜阵列、或者每个面的角度在1至89度范围内的不对称V形槽棱镜阵列。

33. 根据权利要求32所述的导光装置,其中所述一个或多个部分包括一个部分;其中所述二维形状包括斜棱镜阵列。

34. 根据权利要求33所述的导光装置,进一步包括反射层;所述外部介质设置在所述反射层和所述第二表面之间;其中所述第一表面位于所述外部介质和所述第一光学介质之间并且是所述发射表面;其中所述第一折射率被选择为使得从所述光源接收的未照射到所述形状上的光在照射到所述第一表面上时被全反射。

35. 一种显示设备,所述显示设备包括图像形成部件;以及权利要求32所述的导光装置,所述导光装置设置用于照射所述图像形成部件。

36. 根据权利要求32所述的导光设备,其中所述直圆柱体的所述一个或多个部分中的每一个包括多个三棱镜子部分,所述三棱镜子部分从所述直圆柱体的外表面的外周延伸到所述直圆柱体中的径向内部位置;每个所述三棱镜子部分的顶点位于所述径向内部位置处;所述多个三棱镜子部分中的每一个包括具有第三折射率的第三光学透明介质;所述第三折射率高于所述第一折射率和所述第二折射率;沿着周向的多个位置配置用于接收来自所述一个第一光源的光,所述第一光源位于所述多个三棱镜子部分的两个三棱镜子部分之间;所述第三折射率被选择为使得从所述一个第一光源接收的照射到所述三棱镜子部分之一与所述第一光学介质或所述第二光学介质之间的界面上的光被全内反射。

37. 根据权利要求36所述的导光装置,其中所述一个或多个部分包括一个部分;其中所述二维形状包括斜棱镜阵列。

38. 根据权利要求37所述的导光装置,进一步包括反射层;所述外部介质设置在所述反射层和所述第二表面之间;其中所述第一表面位于所述外部介质和所述第一光学介质之间并且是所述发射表面;其中所述第一折射率被选择为使得从所述光源接收的未照射到所述形状上的光在照射到所述第一表面上时被全反射。

39. 一种显示设备,所述显示设备包括图像形成部件;以及权利要求38所述的导光装置,所述导光装置被设置用于照射所述图像形成部件。

40. 一种导光装置,所述导光装置具有一个或多个中空的直圆柱体部分,所述中空的直圆柱体的一个或多个部分构成堆叠结构;所述一个或多个部分的每个部分具有第一表面和

第二表面;每个所述部分包括:

第一光学透明子部分,所述第一光学透明子部分包括具有第一折射率的第一光学介质,所述第一光学透明子部分包括所述第一表面;以及

第二光学透明子部分,所述第二光学透明子部分包括具有第二折射率的第二光学介质;所述第一光学透明子部分和所述第二光学透明子部分之间的表面限定三维形状;所述三维形状是中心对称的;所述一个或多个子部分的至少一个子部分的内表面配置为在沿着所述直圆柱体的内表面的周向的多个位置处接收光;所述多个位置的每个位置处的光由多个第一光源的一个第一光源提供;所述三维形状、所述第一折射率和所述第二折射率配置为使得来自所述光源的从所述多个位置中的一个位置进入的光在所述表面处以一定角度偏转,以在所述照明进行到发射表面和外部介质之间的界面上时,使所述光呈现基本准直在预定角度;所述发射保存为所述一个或多个子部分中的子部分的第一或第二表面中的一个;所述发射表面处于与所述外部介质的界面处;具有作为外表面和发射表面之一的表面的至少一个光学透明部分的折射率被选择为使得从所述光源接收的未照射到所述形状上的光被全反射;

其中当在从所述第一表面延伸到所述第二表面并且垂直于所述第一表面和所述第二表面并且从所述直圆柱体的外表面径向地延伸到中心的平面中观察时对应于所述三维形状的二维形状包括下列中的至少一个:斜棱镜阵列、面的角度在1至89度范围内的对称V形槽棱镜阵列、或者每个面的角度在1至89度范围内的不对称V形槽棱镜阵列、或者每个面的角度在1至89度范围内的不对称V形槽棱镜阵列。

41. 根据权利要求40所述的导光装置,其中所述一个或多个部分包括一个部分;其中所述二维形状包括斜棱镜阵列。

42. 根据权利要求41所述的导光装置,进一步包括反射层;所述外部介质设置在所述反射层和所述第二表面之间;其中所述第一表面位于所述外部介质和所述第一光学介质之间并且是所述发射表面;其中所述第一折射率被选择为使得从所述光源接收的未照射到所述形状上的光在照射到所述第一表面上时被全反射。

43. 一种显示设备,所述显示设备包括图像形成部件,以及权利要求40所述的导光装置,所述导光装置被设置用于照射所述图像形成部件。

导光装置及其制造方法

背景技术

[0001] 本教导涉及一种导光装置及其制造方法。更具体地,本教导涉及一种用于收集光并且输送所收集的光的导光装置及其制造方法。

[0002] 如光导管、光纤和平面波导的导光装置已经利用全内反射(TIR)原理用于在光密介质和光疏介质之间的界面处引导光束的传播。传统上,光导管(或光纤)需要在光的角度落入要在其中引导光的管的接收锥体内的情况下将光从管(或光纤)的端部泵入其中。除了光传播之外,导光装置也被用作太阳能聚光器以将光聚集在小区域中。然而,由于太阳相对于地球的持续不断地运动,太阳能聚光器需要跟踪系统,这是由于太阳能聚光器仅在太阳相对于太阳能聚光器的某些固定的小角度范围内工作。而且,许多这样的导光装置是相当笨重的。

[0003] 相应地,需要开发一种不使用跟踪系统就能够聚光的新型导光装置。还需要一种能够重新定向在大范围的入射角度内照射在该装置上的光的新型导光装置。

发明内容

[0004] 下文公开了一种导光装置及其制造方法,该装置能够在不使用跟踪系统(低集中度)或有限使用跟踪系统(高集中度)的情况下将来自侧方的在宽入射角度范围照射在该装置上的光重新定向并且将光聚集。

[0005] 本公开中呈现的一种创新构思也依赖于斯涅尔定律中的特殊行为,其在现有技术中尚未明确地被利用。当光以比全内反射的临界角稍小(1-3度)的角度从致密介质入射到稀疏介质上时,折射角变化相对于入射角变化是高度敏感的。例如,对于玻璃/空气界面,低于临界角的入射角减少1度,可将折射角度改变12度。进一步降低1度可将折射角度改变5度。在本公开中,结合众所周知的在光学界面处的折射和全内反射的效应,利用了近全内反射条件(在此称为近TIR)的这种异常光弯曲效应。

[0006] 在一方面,本公开提供了一种具有限定纵向轴线的芯体的导光装置。芯体包括第一光学透明部分,第一光学透明部分包括具有第一折射率的第一光学介质;以及第二光学透明部分,第二光学透明部分包括具有第二折射率的第二光学介质,第一光学透明部分和第二光学透明部分之间的界面限定形状。该形状、第一折射率和第二折射率配置为使得进入芯体的光以一定角度在界面处偏转,以在光照射在芯体包层(cladding)界面上时,使光以至少等于全内反射的临界角的角度照射在芯体包层界面上。

[0007] 在一个实施例中,形状包括第一半角的第一截顶圆锥,其中第一截顶圆锥的中心轴线与芯体的纵向轴线基本重合。

[0008] 在一个实施例中,芯体进一步包括第三光学透明部分,第三光学透明部分包括第三光学介质,第三光学透明部分与第二光学透明部分交界以限定中心圆柱体。第三光学介质可以是空气或真空。第二光学介质可以与第三光学介质相同。

[0009] 在一个实施例中,该形状进一步包括第二半角的第二截顶圆锥,该第二截顶圆锥的中心轴线与芯体的纵向轴线基本上重合。第二半角大于第一半角。第一截顶圆锥的下基

部圆周与第二截顶圆锥的下基部圆周相重合。第一和第二截顶圆锥的上基部圆周与中心圆柱体的弯曲侧面基本重合。第一截顶圆锥的下基部圆周与第二截顶圆锥的下基部圆周基本重合。

[0010] 在一个实施例中,第一半角的范围在约0.05度到约75度,并且第二半角的范围在约2度到约85度。

[0011] 在一个实施例中,第二截顶圆锥包括半圆锥截顶圆锥,并且第一截顶圆锥包括半圆锥截顶圆锥。

[0012] 在一个实施例中,第一光学介质的第一折射率在约1.4至约2.4的范围内,并且第二光学介质的第二折射率在约1.3至约2.2的范围内。

[0013] 在一个实施例中,该形状包括多个第一半角的第一截顶圆锥和多个第二半角的第二截顶圆锥,其中第一和第二截顶圆锥的中心轴线与芯体的纵向轴线基本上重合。第一截顶圆锥中的一个包括上基部圆周,该上基部圆周与第二截顶圆锥中的相邻截顶圆锥的上基部圆周重合。

[0014] 在一方面中,本公开提供了一种导光装置,其包括限定纵向轴线的芯体;以及芯体上的包层。包层包括具有第一折射率的第一光学介质和嵌入光学介质中的内含结构。内含结构包括具有第二折射率的第二光学介质。内含结构限定第一光学介质和第二光学介质之间的界面。内含结构、第一折射率和第二折射率配置为使得入射到界面上的光被全内反射并且以相对于纵向轴线成预定的掠射角传播。光从与基本垂直于纵向轴线的法线方向成预定的角度范围入射到包层上。

[0015] 在一个实施例中,界面具有圆锥形、半圆锥形、抛物圆锥形和椭圆形中的一种。内含结构的表面可以是纹理化的,并且第二光学介质可以是空气。内含结构可以具有半圆锥形状。芯体可以具有半圆柱形状,并且芯体可以是锥形的。

[0016] 在一个实施例中,包层的横截面具有由下列构成的组中选择的形状的外周:圆、N边形、椭圆、半圆和两个圆弧的有界形状,其中N是范围从3到100的自然数。在一个实施例中,包层的第一光学介质的第一折射率范围从约1.3到约1.8。

[0017] 在一个实施例中,芯体包括至少一种光学透明介质,并且圆柱芯体的光学透明介质的折射率大于包层的第一光学介质的折射率。

[0018] 在一个实施例中,芯体包括:第一光学透明部分,其包括具有第三折射率的第三光学介质;以及第二光学透明部分,其包括具有第四折射率的第四光学介质;第三光学透明部分和第四光学透明部分之间的界面限定形状;该形状、第三折射率和第四折射率配置为使得进入芯体的光在界面处以一定角度偏转,以在光照射在芯体包层界面上时,使光以至少等于全内反射的临界角的角度照射在芯体包层界面上。

[0019] 在一个实施例中,该形状包括第一半角的第一截顶圆锥,其中第一截顶圆锥的中心轴线与芯体的纵向轴线基本上重合。圆柱形芯体进一步包括第三透明部分,第三透明部分包括第三光学介质,第三透明部分与第二透明部分交界以限定中心圆柱。该形状进一步包括第二半角的第二截顶圆锥,第二截顶圆锥的中心轴线与圆柱芯体的纵向轴线基本上重合。

[0020] 在一方面,本发明提供了一种导光装置,其包括限定纵向轴线的芯体、芯体上的包层以及包层上的超包层(super-cladding layer)。包层配置为使入射到包层上的光偏转,

光以与基本垂直于纵向轴线的法线方向成预定角度范围入射到包层上。光被偏转到相对于纵向轴线形成掠射角的方向。超包层包括接收入射光的第一光学透明介质。第二光学透明介质与第一光学透明介质交界以限定异质界面。异质界面包括多个双锥形状。

[0021] 在一方面,本公开提供了一种包括超包层的导光装置,其中超包层包括接收入射光的第一光学透明介质;以及与第一光学透明介质交界以限定异质界面的第二光学透明介质,其中异质界面包括多个形状;多个形状中的每个形状配置用于将与基本上垂直于纵向轴线的法线方向成第一预定角度范围入射在超包层上的光束偏转到第二预定角度范围。

[0022] 在一个实施例中,导光装置还包括限定纵向轴线的芯体;设置在芯体上的包层,其中包层配置用于使入射到包层上的光偏转,光从与基本上垂直于纵向轴线的法线方向成第二预定角度范围内入射;光被偏转到相对于纵向轴线形成掠射角的方向。多个形状包括多个双锥形状;并且其中两个相邻的双锥形状的表面所对的角度在约2度至约30度的范围内。

[0023] 在一个实施例中,第一光学透明介质的折射率在约1.3至约2.4的范围内,并且第二光学透明介质的折射率在约1.3至约2.4的范围内。第一光学透明介质和第二光学透明介质的折射率差可以在约0.01至约0.30的范围内。超包层配置用于将具有相对于法线方向约 ± 30 度以内的入射角的光束转换为具有相对于法线方向约 ± 5 度或更小度数以内的角度的光束。

[0024] 在一个实施例中,芯体包括第三光学透明部分,第三光学透明部分包括具有第一折射率的第一光学介质;以及第四光学透明部分,第四光学透明部分包括具有第二折射率的第二光学介质;第三光学透明部分和第四光学透明部分之间的界面限定形状;该形状、第一折射率和第二折射率配置为使得进入芯体的光在界面处以一定角度偏转,以在光照射在芯体-包层界面上时,使光以至少等于全内反射的临界角的角度照射在芯体包层界面上。

[0025] 在一个实施例中,该形状包括第一半角的第一截顶圆锥,其中第一截顶圆锥的中心轴线与芯体的纵向轴线基本上重合。

[0026] 在一个实施例中,包层包括具有第一折射率的第三光学透明部分和嵌入在第三光学介质中的内含结构;内含结构包含具有第二折射率的第四光学介质;内含结构限定第三光学介质和第四光学介质之间的界面;内含结构、第一折射率和第二折射率配置为使得入射到界面上的光被全内反射并且以相对于纵向轴线成预定掠射角传播;光从与基本垂直于纵向轴线的法线方向成预定的角度范围入射。掠射角可以在约0.1度至约40度的范围内。

[0027] 在一个方面,本公开提供了一种太阳能板,其包括用于接收太阳光的导光装置,该导光装置包括多个平行光导管以及光学连接到平行光导管的端部的光伏电池。每个光导管包括限定纵向轴线和基本上垂直于纵向轴线的法线方向的芯体;在芯体上的包层,其中包层配置用于将太阳光从相对于法线方向的第一预定角度范围(在示例性实施例中约 ± 5 度)转换为相对于纵向轴线形成掠射角的方向;以及包层上的准直层,其中准直层配置用于将太阳光从相对于法线方向在第二预定角度范围(在示例性实施例中为约 ± 30 度)内的入射角度转换为相对于法线方向在第一预定角度范围(在示例性实施例中为约 ± 5 度)内的角度。

[0028] 在一个实施例中,太阳能板进一步包括位于导光装置下方的反射器,该反射器用于将逸出的光反射回导光装置。

[0029] 在一个实施例中,导光装置由多种光学介质的多层堆组成,使得每种介质之间的

界面由具有每个界面的棱镜面的预定角度的斜棱镜阵列组成。构成特定界面的斜棱镜的面的角度被选择为使得以固定角度范围进入导光装置的光在近TIR或近法向入射或TIR或折射的条件下照射,以便获得宽角度范围的输入光在光导中的高效光耦合。在一方面,限定芯体的斜棱镜阵列界面被设计为使得光在近TIR条件下照射在棱镜的其中一个面上以实现异常光弯曲并且将光的角对称性打破以实现光捕获。

[0030] 在一方面,本公开提供了一种制造导光组件的方法。该方法包括在第一光学透明材料的表面上形成多个凸起;在第二光学透明材料的表面上形成多个凹口;多个凹口中的每个凹口配置为使得所述每个凹口的形状与多个凸起的每个凸起的形状相似,所述每个凹口的尺寸比所述每个凸起的尺寸大;以及将第一光学透明材料的所述表面组装在第二光学透明材料的所述表面上,使得空间设置在表面之间,并且每个凸起的位置对应于每个凹口的位置,从而形成多个内含件。在一个实施例中,空气设置在表面之间的空间中。在一个实施例中,该方法还包括在第一光学透明材料的所述表面上沉积厚度基本恒定的第三光学透明材料层;所述基本上恒定的厚度配置为使得第一光学透明材料的所述表面的形状在沉积之后与第二光学透明材料的所述表面的形状基本上一致;其中在组装之后,第三光学透明材料设置在凸起和凹口之间的空间中。

附图说明

[0031] 结合附图阅读本公开,其中:

[0032] 图1(a)至1(d)示出了根据本公开的不同实施例的具有芯体和包层的导光装置;

[0033] 图2(a)至2(d)示出了根据本公开的不同实施例的具有芯体的导光装置;

[0034] 图3示出了根据本公开的一个实施例的具有芯体、包层和超包层的导光装置;

[0035] 图4(a)和4(b)示出了根据本公开的一个实施例的具有芯体和包层的导光装置的光线轨迹图;

[0036] 图5示出了根据本公开的一个实施例的具有芯体、包层和超包层的导光装置的光线轨迹图;

[0037] 图6(a)至6(c)示出了根据本公开的不同实施例的具有芯体的导光装置的光线轨迹图;

[0038] 图7示出了根据本公开的一个实施例的包括导光装置阵列的太阳能板的透视图;

[0039] 图8(a)至8(g)示出了包括根据本公开的不同实施例的导光装置阵列的系统的不同视图;

[0040] 图8(e1)至8(e4)示出了根据本公开的不同实施例的具有棱镜式异质界面的平面芯层的设计变形;

[0041] 图9(a)至9(f)示出了根据本公开的不同实施例的平面导光装置;

[0042] 图9(a1)至9(a3)示出了根据本公开的不同实施例的平面聚光器的可选构造;

[0043] 图9(b1)示出了由相互之间成特定界面几何形状的多层聚合物组成的平面聚光器的示例性设计;

[0044] 图9(b2)至9(b5)是图9(b1)所示设计的示例性光线轨迹模拟;

[0045] 图10(a)至10(c)示出了根据本公开的不同实施例的关于材料选择的策略;

[0046] 图11(a)和11(b)示出了根据本公开的一个实施例的用于制造导光装置的方法;

- [0047] 图11 (c) 是根据本公开的一个实施例的制造方法的流程图；
- [0048] 图11 (d) 是根据本公开的一个实施例的平面光导的制造方法的流程图；
- [0049] 图12 (a) 示出了根据本公开的一个实施例的使用导光装置的智能窗户；
- [0050] 图12 (b) 示出了根据本公开的一个实施例的使用导光装置的照明装置；
- [0051] 图12 (b1) 示出了根据本公开的一个实施例的照明设备；
- [0052] 图12 (b2) 示出了图12 (b1) 的照明设备的操作；
- [0053] 图12 (b2-a) 示出了使用不对称和对称V形槽界面的一个实施例；
- [0054] 图12 (b3) 示出了根据本公开的另一实施例的照明设备；
- [0055] 图12 (b4) 示出了根据本公开的又一实施例的照明设备；
- [0056] 图12 (b5) 示出了根据本公开的实施例的照明设备在发光显示器中的应用；
- [0057] 图12 (b6) 示出了根据本公开的实施例的照明设备在发光显示器中的另一应用；
- [0058] 图12 (b7) 示出了使用如本专利公开中所述的侧光式 (edge-lit) 导光准直器的另一实施例；
- [0059] 图12 (b8) 示出了具有斜角的矩形光导的实施例的俯视图；
- [0060] 图12 (b9) 示出了具有斜角的矩形光导的另一实施例的俯视图；
- [0061] 图12 (b10) 示出了用于将光准直到两个轴上的实施例的俯视图；
- [0062] 图12 (b11) 示出了如本专利公开中所述的圆形侧光式光导的俯视图；
- [0063] 图12 (b12) 示出了图12 (b11) 所示的实施例的变形的圆形光导的俯视图；
- [0064] 图12 (b13) 示出了如本专利公开中所述的内侧光式光导的俯视图；
- [0065] 图12 (c) 示出了使用根据本公开的一个实施例的导光装置的用于室内照明的光学收集器；
- [0066] 图12 (d) 示出了使用根据本公开的一个实施例的导光装置的太阳能热设备；
- [0067] 图12 (e) 示出了使用根据本公开的一个实施例的导光装置的位于光伏设备和模块上的光学层压制品；
- [0068] 图12 (f) 示出了使用根据本公开的一个实施例的导光装置的用于发光聚光器的光捕获光学器件；以及
- [0069] 图12 (g) 示出了使用根据本公开的一个实施例的导光装置的用于激光器的光泵送的设备。

具体实施方式

[0070] 下文公开了在光以宽角度范围照射到装置上时将光收集到这些教导的导光装置中的方法和系统。

[0071] 在一个示例中, 本文描述了一种装置和方法, 其用于从光导管的侧面沿着管的长度将光泵入光导管, 从而实现在管上的均匀照明, 当光沿着管的长度行进时, 光最终累积在光导管的芯体内。这可以用来将光集中到芯体内。

[0072] 下文的详细描述是当前想到的实施这些教导的最佳模式。该描述并非限制性的, 而仅仅是为了说明这些教导的一般原理的目的, 这些教导的范围由所附权利要求最佳限定。虽然与不同实施例相关地描述了本教导, 但应当认识到的是, 这些教导还能够有所附权利要求的精神和范围内具有各种进一步的和其他实施例。

[0073] 如本文所使用的,除非上下文另有明确规定,否则单数形式“一(a/an)”和“该”包括复数形式。

[0074] 除非另有说明,否则说明书和权利要求中使用的表示成分数量、反应条件等的所有数字应理解为在所有情况下均由术语“约”修饰。此外,术语“约”等修饰的任何数量应该理解为包括该数量的 $\pm 10\%$ 的范围。

[0075] 如本文所用,“光”是指电磁辐射,并且不限于波长的仅可见范围。

[0076] 术语“光导管”、“光纤”和“光管”在下文用于描述本公开的导光装置并且在此可互换使用。采用术语光管将实施例限制为特定的几何形状。

[0077] 术语“近TIR”在此用于描述光从致密介质以最多比全内反射的临界角小7度的角度入射到稀疏介质的情况。

[0078] 在此使用的“斜三角形”是所有边具有不同长度的三角形。在此使用的“斜棱镜”是其横截面是斜三角形的棱镜。如在此所用的“斜梯形”是通过截平斜三角形而形成的梯形。

[0079] 在这些教导的系统的一个实施例中,通过将宽入射角度的光累积到光导管阵列的芯体中而使光集中到光导管的紧凑的设计中。由于这些教导的光学方法可以解决白天以及一年中的入射角的变化,因此这消除了对太阳跟踪系统的需求。如在下文中所描述的,使用这些教导的设计元件的这种侧面泵送的光管和平面聚光器可以用于许多应用,例如太阳能板、产生电力的智能窗户、室内照明、太阳热能、侧面泵送激光器等。

[0080] 在一个或多个实施例中,这些教导的导光装置包括限定纵向轴线的芯体、在芯体上的包层,包层包含具有第一折射率的第一光学介质以及嵌入光学介质的内含结构,该内含结构包括具有第二折射率的第二光学介质,内含结构限定第一光学介质和第二光学介质之间的界面,内含结构、第一折射率和第二折射率配置为使入射到界面上的光被全内反射并且相对于纵向轴线以预定的掠射角传播;该光以与法向成预定的角度范围入射,法向基本上垂直于纵向轴线。

[0081] 在一个示例中,这些教导的导光装置包括:限定纵向轴线的芯体、芯体上的包层,包层包括具有第一折射率的第一光学介质和嵌入光学介质中的内含结构,该内含结构包括具有第二折射率的第二光学介质,该内含结构限定第一光学介质和第二光学介质之间的界面,内含结构、第一折射率和第二折射率配置为使光在近TIR条件或TIR条件下入射到界面上并且经受明显的偏转。由于光的角度对称性的破坏,这导致光捕获在芯体内。应注意的是,即使TIR条件破坏光的对称性并且有助于初始将光捕获在芯体中,但是当使用这种光捕获机制时,光的长距离传播并非最佳的。当将近TIR用作光捕获机制时,初始光捕获和捕获光的传播都是最佳的。

[0082] 在一个示例中,界面的形状是圆锥形、半圆锥形、抛物线圆锥形和椭圆形中的一种。

[0083] 在另一示例中,内含结构的表面是有纹理的。

[0084] 在又一示例中,第二光学介质是空气,但这些教导不限于仅该示例。

[0085] 尽管在下面所示的实施例中,包层和芯体被示出为圆柱体,但许多其他几何形状也在这些教导的范围内。例如,包层和芯体可以是圆形、N边形、椭圆形、半圆形或两个圆弧的有界形状中的一种。在一个实施例中,N是范围从3到100的自然数。

[0086] 在又一示例中,内含结构具有半圆锥形状,并且芯体具有半圆柱形状。在一个实施

例中,包层的第一光学介质的第一折射率在约1.3至约2.2的范围内。

[0087] 尽管在下面所示的实施例中,圆锥体(或圆锥体或半圆锥体的阵列)显示为具有圆形基体。但是,隐含的是,基体可以是椭圆或多边形或抛物线。

[0088] 除非另有说明,光学部件的尺寸和光学层的厚度可以在0.5微米至10米的范围内。光导的长度可以是0.5微米及以上,并且可以具有沿着长度不存在光学部件的部分。

[0089] 图1(a)至1(d)示出了根据本公开的不同实施例的导光装置,导光装置具有芯体108和包层104。如图1(a)至图1(d)所示,导光装置102(或光管102或光纤102)包括包层104和芯体108。一般的方法是将光入射到光管102的外表面上并且将光转换成相对于光管102的纵向轴线110的掠入射。该掠入射光然后进入光纤102的芯体108,芯体108包括将光捕获在芯体108内并且沿着芯体108内的光纤102的长度传播的光学元件。

[0090] 如图1(a)至1(d)所示,包层104包括具有锥形的空气内含件106的单块光学透明介质。该介质的折射率介于1.3和2.4之间。锥形的半角选择为在致密介质/空气界面处的全内反射的临界角附近。也就是说,当光以垂直于光纤102的轴线110的角度入射时,光被反射并且相对于光管102的轴线110成掠入射。锥形的较高半角有助于在更宽的角度范围内获得光,这是由于小于轴线的法线角度的光也可以被全内反射。图2(a)至2(d)示出了根据本公开的不同实施例的具有芯体108的导光装置。该芯层光学器件将光捕获在芯体108内并且允许光基本没有任何损失地传播。

[0091] 再次参考图1(a)至图1(d),其中所示的不同元件如下进一步详细描述。

[0092] 在图1(a)所示的实施例中,圆柱表示泵送和传播光的光纤或光导管或光管102。在此该结构称为光管102。应该理解的是,圆柱体A1的横截面不一定是圆形的。相反地,圆柱体A1的横截面可以是例如n边形(其中n可以在3至100之间)、或者椭圆形、或者半圆形、或者由两个圆弧界定。

[0093] 在图1(a)所示的实施例中,光管102具有纵向轴线110。

[0094] 在图1(a)所示的实施例中,垂直于光管102的中心轴线110的线提供了另一轴线。在该实施例中使用正交坐标系,以使x轴线总是沿着纵向轴线110定向,并且y轴线表示为径向轴线112。径向平面定义为光管102的横截面并且与y-z平面对齐。(应该指出的是,该符号并非这些教导的限制。)

[0095] 在图1(a)所示的实施例中,光管102的包层104由材料(光学透明介质)制成。在一个示例中,包层中的光学透明材料的折射率在约1.3至约2.2的范围内。

[0096] 在图1(a)所示的实施例中,在包层104中存在内含件106,内含件106可以具有锥形的截面形状。在所示的实施例中,内含件是空气内含件。(应该注意的是,可以使用用作内含件的其他光学材料。)可以理解的是,这种内含件106的形状的变化是可行的。该包层106的目的在于,在任何光照射到空气内含件106和包层104的光学透明介质之间的致密材料/空气界面的情况下,经历全内反射的光成相对于光管102轴线110的掠射角(在一个实施例中为40-0.1度)。

[0097] 在图1(a)所示的实施例中,存在光管102的芯体108,其在下面进一步描述。该芯层108包括以特定几何形状设置的一个或多个光学透明介质,其中芯体108中的至少一种介质的折射率高于包层材料的折射率。芯体108中的至少一种材料可以是激光介质或者由具有光吸收特性的发光材料组成。

[0098] 在图1(a)-1(b)所示的实施例中,入射到光管102侧面上的光线以高于全内反射临界角的角度入射到光学介质-空气内含件界面。

[0099] 在图1(a)-1(b)所示的实施例中,从光学介质-空气内含件界面反射的光线以掠射角(在一个示例中范围从约35度到约零度)入射到芯体上。

[0100] 在图1(b)所示的实施例中,空气内含件与图1(a)的内含件相似。图1(b)中所示的实施例的形状是抛物锥体平截头形。也就是说,锥体的纵向截面看起来像是抛物线的一部分。在将宽孔径角的光引导到芯体102中时,该结构似乎是最优的结果。

[0101] 在图1(c)所示的实施例中,示出了具有与图1(b)的形状类似的形状的空气内含件。如在纵截面上看到的,图1(c)的锥体轮廓是凸抛物线。可以理解的是,图1(c)的其他不同形状是可行的,例如椭圆柱体。

[0102] 在图1(d)所示的实施例中,具有纹理表面122的圆锥形的空气内含件118包括一个或多个纹理特征。纹理特征的形状可以是例如半圆形、四分之一圆、1/8圆弧等。纹理表面122也可以是抛物线或椭圆的截面。而且,顶部表面122和底部表面124既可以是凹形的,也可以是凸形的,顶部凸形/底部凹形,或者顶部凹形/底部凸形。这些纹理表面122和124还可以包括具有彼此不同的斜率和/或与锥体本身的斜率不同的斜率的直线。在一个单独的锥形空气内含件118的表面上可以有2-10个这样的纹理特征。上表面的纹理可以不同于下表面的纹理。在一个实施例中,表面122和124上的纹理特征整体可以构成螺旋形的空气内含件。

[0103] 此外,虽然没有示出,但可以理解的是,锥形空气内含件106、114、116或者118的底面和顶面不平行,以使顶面122是较高角度的锥形,而底面124是较低角度的锥形。每个锥形表面的轮廓可以是上文所述的任何形状。

[0104] 此外,虽然未示出,但可以理解的是,底面相对于中心轴线的角度可以是90度。由此,空气内含件106、114、116和118由圆形基部(其平面垂直于中心轴线的表面)和锥形表面限定。锥形表面可以具有如上所述的任何形状。

[0105] 此外,可以理解的是,空气内含件不需要是空气或真空的。例如,空气内含件可以填充有折射率低于包层104的材料的折射率的光学透明介质。

[0106] 包层104的外径与芯体108的外径之比可以在包层材料的折射率的范围内。由此,该比率应该在约1.3至约2.0的范围内。

[0107] 在一个或多个其他实施例中,芯体包括第一光学透明部分、第二光学透明部分和界面,第一光学透明部分包括具有第一折射率的第一光学介质,第二光学透明部分包括具有第二折射率的第二光学介质,位于第一光学透明部分和第二光学透明部分之间的界面限定形状,该形状、第一折射率和第二折射率配置为使进入芯体的光以一定角度在界面处偏转,以在光照射到芯体-包层界面上时使光以至少等于全内反射的临界角的角度照射在芯体包层界面上。

[0108] 在一个或多个其他实施例中,芯体包括第一光学透明部分、第二光学透明部分和界面,第一光学透明部分包括具有第一折射率的第一光学介质,第二光学透明部分包括具有第二折射率的第二光学介质,位于第一光学透明部分和第二光学透明部分之间的界面限定形状,该形状、第一折射率和第二折射率配置为使进入芯体的光以与近TIR的角度至少相等的角度照射到第一光学透明部分和第二光学透明部分之间的界面上并且被偏转,以使它

最终被捕获在芯体中。

[0109] 参考图2(a)至图2(d),其中示出了这些教导的系统中的芯体的不同实施例,如下文进一步详细描述。

[0110] 这些教导的芯体108的光学设计背后的一个策略是通过在两种或更多种异质材料之间产生不对称的界面(相对于圆柱形表面)来改变芯体108中的光的角度。光在这些不对称的异质界面处被反射(通过全内反射,TIR)或被折射,以当光再次照射包层-芯体的圆柱界面时,使入射角在包层-芯体界面处大于全内反射的临界角。下面描述的不同光学元件(如图2(a)至图2(d)所示)说明了该方法的示例。这种设计的一个特征是相同的光学元件必须初始捕获进入芯体108的光,然后在其沿着光管102的长度传播期间与捕获的光多次相互作用而未促使其离开芯体108。将光捕获在芯体内的另一种策略是将芯体中的异质界面的角度选择为使光以略小于(0.1到7度)全内反射(近TIR条件)的临界角的角度入射到该界面上。如前文所述,当光接近全内反射时,会有大量的光线弯曲。在返回的途中,光束通过界面时不会遇到近TIR的相同条件,并且因此角度不会恢复到原来的角度。由此光的角度对称性在芯体中被破坏,导致光被捕获在芯体中。

[0111] 在图2(a)至图2(d)所示的实施例中,芯体108具有类似于在图1(a)-1(d)中所述的芯体108的圆柱形状。(应该指出的是,这并非是对这些教导的限制,芯体的包层不是圆柱形的芯体包层的实施例也在这些教导的范围内。)芯体108包括至少一种光学透明介质,其折射率(在约1.4至约2.4的范围内)总是高于包层介质的折射率并且与可以是圆柱形的包层形成边界。

[0112] 在一个示例中,第一光学介质202是呈锥形的高折射率材料。第二光学介质208是空气内含件或折射率不同于第一光学介质202的折射率的材料,其可以呈锥形。第二光学介质208的折射率优选小于第一光学介质202的折射率,以在第一光学介质202和第二光学介质208之间的界面处存在全内反射的可能性。界面的半角在约0.05度至约20度的范围内。半角被选定为在从包层104入射到芯体108上的光处于较浅的角度的情况下被降低。即使在光的入射角较浅时界面的较高角度也可以将光引导到芯体108中。因此,在5-20度的范围内略微更高的角度是优选的。

[0113] 当锥形界面的角度陡峭时,异质界面边界206非常快地减小到一点。相应地,界面边界可以包括沿着光管的长度在两种异质材料之间重复的锥形界面206,以使光可以保持传播,如图2(c)所示。

[0114] 参考图2(c)和图2(d),第二光学介质208与第一光学介质202相交。虽然异质界面206捕获光,但它仍会导致一些光泄漏到芯体108以及由此的光管102之外。如图2(c)和图2(d)所示的设计可以实现更好的性能以及被捕获光的基本上无损的传播。从横截面轮廓可以看出,芯体108的两种光学介质202和208之间的异质界面206具有“嵌套锥形形状”,以使一个锥体具有比另一个更大的角度。这可以在大于1米的光管102长度上实现芯体108中光的几乎完全无损捕获和传播。

[0115] 在一个示例性实施例中,当入射到芯体108上的光的角度为约20度时,芯体108中的材料的折射率为约1.6和约1.5(比率=1.067),并且与图2(c)和图2(d)中的角度1和角度2相关的锥体的半角在异质界面处介于约14度至约26度之间。(应该注意的是,本公开内容不仅限于示例性实施例。)当入射光角度增加到约30度时,锥形异质界面206的半角也按比

例增加,同时将它们的差保持在约5-15度范围内。为了使该设计效果最佳,两种材料之间的折射率差必须很小(在约0.01至约0.2的范围内)。在较高的折射率差下,光会开始泄漏到芯体108之外。

[0116] 在一个实施例中,芯体具有第三光学介质,在一种情况下,该第三光学介质可以是空气腔210。在该设计中,芯体108内部具有圆柱形(在一个示例中是空心的)空间。两种材料之间的异质界面的形状与图2(c)和图2(d)中所描述和显示的相同。芯体108的半径与空气腔210的横截面的半径之比在约1.05至约2.0的范围内。该比率的最佳值在芯体介质的折射率值附近。

[0117] 图2(c)和图2(d)示出了具有第一光学介质212和第二光学介质214的另一设计变形。芯体108中的高折射率介质可以具有环形圆柱体的形状,其中包层在其外侧。在该环形圆柱体的内侧上,存在两种光学介质,其形状如图2(c)和图2(d)所示,可选择地具有潜在的第三光学介质222。这两个异质光学介质212和214的折射率差在约0.02至约0.2的范围内。具有较高折射率的介质与高折射率环形圆柱芯体材料接触。在该实施例中,芯体包括三种光学透明光学介质,最外层折射率为约1.5至约2.2,中间层折射率为约1.4至约2.0,中间层具有与折射率在约1.3至约1.9范围内的最内层的锥形界面。在任何情况下,最外芯层具有比其附近的包层104的折射率大0.1的折射率。

[0118] 在此重点指出的是,图2(a)到(c)中芯层纵向截面中的异质界面的轮廓可以由曲线而不是直线组成。这些曲线可以是下列的部分:抛物线、椭圆或圆或自由形式曲线 $y = Ax^n$,其中A是常数,n是0.1至10之间的实数。

[0119] 在一个或多个实施例中,这些教导的导光装置还包括设置在包层上的超包层,其中超包层包括接收入射光的第一光学透明介质和与第一光学透明介质交界以限定异质界面的第二光学透明介质,其中异质界面、第一光学介质和第二光学介质配置为使以第一角度范围入射在超包层上的光束转换成以第二角度范围离开超包层的光束,第一范围比第二范围宽。在一个示例中,异质界面包括许多双锥形状。

[0120] 对于某些实施例,如图1(a)至图1(d)以及图2(a)至图2(d)所示的导光装置可以在没有附加层的情况下很好地工作,从而在相对于中心轴线110的法线约 ± 10 度的角度变化下引导光。然而,许多光源以约 ± 30 度或更大的角度分散发射光。例如,太阳光是平行的,但太阳的位置有 ± 22.5 度的季节变化。在这种情况下,最好的选择是在进入包层和芯层之前引导光。为了泵送与中心轴线110的法线成角度变化(约 ± 30 度)的光,可以使用附加包层(或超包层)作为光准直器。

[0121] 图3示出了根据本公开的一个实施例的具有芯体、包层和超包层的导光装置。

[0122] 超包层302包括图3所示形状的位于两个光学透明介质304和306之间的异质界面310。

[0123] 在一个示例性实施例中,第一光学透明介质304具有在约1.3至约2.2的范围内的折射率。

[0124] 在该示例性实施例中,第二光学透明介质306具有在约1.35至约2.4的范围内的折射率。第一光学介质304的折射率值与包层104的折射率相匹配。为了最佳操作,第一光学介质304和第二光学介质306之间的折射率差在约0.02至约0.25的范围内。

[0125] 如图3所示,在其中所示的示例性实施例中,界面310的形状被描述为重复单元,主

单元由两个背靠背连接的陡锥体组成。(应该注意的是,这些教导不仅限于示例性实施例。)这些锥体的半角在约75-89度的范围内。从横截面图可以看出,这两个锥体的表面在接触点处相互面对的角度308在约2-30度的范围内。

[0126] 超包层302的作用是充当“准直器”,并且将第一预定范围内(在一个示例性实施例中约 ± 30 度)的光束转换为大约垂直于光管102的轴线110的第二预定范围(在示例性实施例中约 ± 5 度或更小)的角度的光。应该注意的是,该方法对于大部分光线但并非全部光线都是有益的。因此,超包层的光学效率很高,但并非100%。

[0127] 图4(a)和图4(b)示出了根据本公开的一个实施例的具有半锥形芯体和半锥形包层的导光装置的光线轨迹图。图5示出了根据本公开的一个实施例的具有半锥形芯体、半锥形包层和半锥形超包层的导光装置的光线轨迹图。图4和图5示出了光线轨迹图,示出了从侧面泵入光管的光路。

[0128] 在图4(a)中,垂直于纵向轴线110的平行光束408进入光管102的包层104。光线408以高于全内反射的临界角的角度在致密介质/空气界面处碰到抛物锥形空气内含件406,产生相对于芯体108的纵向轴线110掠入射的反射光线。光线碰到半锥形异质界面414,并且角度大于光密介质412和光疏介质418之间的全内反射的临界角度,其中光线408偏转为当光线408再次入射在芯体-包层界面上时,在该界面处入射光线的角度超过临界角并且由此包含在芯体内。被捕获的光束被示出为410。在该具体的光线轨迹模拟中,空气用作光疏介质416(折射率=1)。

[0129] 图4(b)示出了如图4(a)所示的相同系统的光线轨迹模拟,但具有多种平行光束。这些光束中的每一种位于同一平面内。该平面与径向轴线112成10度角,该径向轴线本身与光管102的纵向轴线110垂直。从图4(b)中可以看出,大部分光线(410)经由异质界面414和芯体-包层界面处的全内反射而包含在芯体108的致密介质412内。一些光线由于不满足全内反射标准而在芯体包层界面或在异质界面414处泄漏(428)到芯体之外。

[0130] 图5示出了在包层506和芯体108的顶部上使用超包层504的光管102的光线轨迹。如图5所示,半锥形芯体和具有半锥形内含件的半圆柱形包层。超包层504的目的是将与法线(相对于纵向轴线110)成更远角度的入射光线转换成更接近法线(相对于纵向轴线110)的角度。因此该策略产生我们的导光装置的更宽的孔径角。在图5中,光线508、510和512入射到光管102上。这些光线穿过超包层504进入包层506,其中光线在它们碰到抛物线形状包层506的空气内含件时经历全内反射。这些反射的光线然后进入芯体108的致密介质516。在芯体108内,光线在致密介质516和稀疏介质518之间的异质界面520处经历全内反射。异质界面的半锥形状改变反射光线相对于纵向轴线110的角度,由此允许光线在芯体-包层界面处满足全内反射。这产生被捕获在致密介质516或芯体108内的光线514。

[0131] 从图5可以看出,与法线成-22.5度角入射的光线508在碰到包层时被转换成更接近法线的角度,因此被捕获并且被引导进入芯体108。类似地,相对于法线以+12度的角度入射的光线512在穿过超包层302之后也被转换为更接近法线的角度。

[0132] 图6(a)至图6(c)示出了根据本公开的不同实施例的具有芯体的导光装置的光线轨迹图。图6(a)所示的实施例与图2(c)所示的芯体实施例相似。如图6(a)所示,以相对于纵向轴线的法线在预定角度范围内进入芯体的光以将光保持在芯体内传播的方式被反射。

[0133] 在图6(a)中以光线608示出一条这样的光线,光线608以相对于芯体108的纵向轴

线成掠入射角进入芯体。图6 (a) 所示的芯体108包括具有异质界面612的两种光学介质606和604, 异质界面612呈沿着纵向轴线110重复嵌套的锥形形状。从图6 (a) 的芯体108的侧视图和俯视图可以看出, 入射光608被捕获在芯体108内。被捕获和传播的光线610在异质界面612处经历多次折射和反射并且在芯体表面处发生全内反射。在该具体的光线轨迹中, 光线608以相对于纵向轴线110成20度的角度入射。光学介质606的折射率为1.5。光学介质804的折射率是1.6。两个嵌套锥体的半角分别为14度和26度。

[0134] 图6 (b) 和图6 (c) 中所示的实施例类似于图2 (c) 和图2 (d) 中所示的芯体的实施例。

[0135] 图6 (b) 示出了如图2 (d) 所示的芯体108的侧视图和俯视图。芯体108包括三种光学介质614、616和618。在614和616之间的异质界面沿着纵向轴线110呈重复嵌套的锥形形状。在614和618之间的界面的形状是围绕纵向轴线110的圆柱体。在该具体的光线轨迹模拟中, 光学介质618被选择为空气。然而, 该介质可以具有比介质614更高或更低的折射率并且介于1.0至2.2的范围内的折射率。光线620以相对于纵向轴线110的掠射角入射在芯体108上。另外三条光线被示出为围绕芯体108的周向对称地设置, 其相对于芯体108处于相同的掠射角。在进入芯体之后光线620在经过异质界面619处的一系列折射和反射、在614/618边界处的反射以及在芯体108的表面处的反射之后被捕获并且以光线622传播。

[0136] 图6 (c) 示出了包层提供以更接近纵向轴线110的法线的角度进入芯体108的入射辐射的效果, 其结构类似于图6 (b) 中所示的结构。图6 (c) 示出了在被抛物锥形空气内含件630反射后进入芯体108的光线632的俯视图光线迹线。在进入芯体108时, 光线632经历了在两种光学介质614和614之间的异质界面619处的折射和反射、在614/618的圆柱形界面处的反射以及在芯体表面处的反射。所有这些过程沿着芯体的长度捕捉和传播光线, 并且在图中标记为634。关于该具体的模拟, 选择与图6 (b) 中使用的相同的折射率和芯体的设计。

[0137] 图7示出了根据本公开的一个实施例的包括导光装置阵列的太阳能板的透视图。在一个实施例中, 太阳能板包括如上所述的平行光管阵列和连接到平行光管端部的太阳能电池阵列。在一个实施例中, 太阳能板包括可选的背面反射器。图7中所示的平行光管阵列可以是侧面泵送以实现将聚集的光收集在光管端部。背面反射器可以设置在光管阵列的下方, 以确保从光管损失的任何光线能够再次被泵回。

[0138] 如图7所示, 太阳能电池阵列设置在光管阵列的端部。图7中的聚光器阵列是图1 (a) -1 (d) 中的实施例之一。虽然在图7中示出了背面反射器, 但没有背面反射器的实施例也在这些教导的范围内。太阳能电池阵列接收由光管阵列聚集的光。这些太阳能电池可以在每个光管/光纤的端部处的连续的条或单个太阳能电池, 和/或以串联或并联设置封装在一起。这些太阳能电池可以利用光学透明粘合材料 (例如具有与光管的折射率匹配或接近的折射率的环氧树脂或硅树脂) 附接到光管阵列。

[0139] 如果使用来自太阳的光作为光源, 则图7中所示光管阵列的实施例具有即使太阳的位置在天空中变化也将光泵入独立的光管的好处。例如, 如果该阵列被设置成使光管的纵向轴线沿北-南方向定向, 那么从早晨到晚上的太阳的不同位置对于泵送光的几何形状而言是等同的, 并且因此将光引导到光管中的效率归因于我们的光学元件的对称性。而且, 如上所述, 另外的包层可以具有这样的功能, 即具有垂直于光管轴线的较宽孔径角的光也可以被引导到光管中。由此, 即使太阳位置存在季节性变化 (约45度) 时也可以将光泵入光管内。因此, 本公开的导光装置允许使用该光管阵列作为非追踪太阳能聚光器在阵列一端

处收集光。被集中的光可以用于各种目的。一个示例是通过在边缘放置太阳能电池阵列来发电。可以理解的是,其他用途是可行的并且在下文进一步描述。

[0140] 如图7所示,在一个实施例中,可以将单独的圆柱形或半圆柱形聚光器(也称为光管)的阵列组装在一起,以构造导光装置,该导光装置可以将具有宽孔径角的入射光聚集。然而,在其它实施例中,也可以在平面阵列中使用芯体108和包层104的元件,以使芯体和包层之间的界面也是平面的。图8(a)示出了这样的构造,其中包层802呈由半圆锥形空气内含件806的阵列组成的立方体形。每列半圆锥形内含件具有共同的纵向轴线803。如图8(a)所示的芯层804具有楔形的角度在0.5至20度之间的棱镜楔形形状。代替半圆锥形空气内含件,也可以使用该包层802中的两种材料之间的界面,使较高折射率介质位于上部,而较低折射率材料位于下部。该界面的形状由一系列半锥体限定。

[0141] 图8(b)阵列中的包层802的俯视图包括半圆锥形空气内含件806的行和列阵列。每个列包括具有共同纵向轴线803的半圆锥形内含件的阵列。每个纵向轴线之间的间隔等于相同圆锥形内含件的较大直径。这导致阵列中的间隙808。当光通过间隙808进入包层802时,它有可能不会碰到任何锥形内含件806,并且由此将被传输而不是被引导进入芯体。

[0142] 图8(c)示出了类似于鱼鳞设计的圆锥形内含件812的阵列810的俯视图。在这种情况下,单个锥形内含件的所有性能与前文所述的相同。然而,相邻列中的圆锥形内含件交错并且靠近在一起,使得相邻列的纵向轴线114之间的间隔小于单个圆锥形内含件的较大直径。该设计确保碰到包层的所有光入射在锥形内含件812中的一个上并且因此被引导。

[0143] 如前文所述,对于锥形内含件的所有设计变形(包括在致密介质和稀疏介质之间使用锥形异质界面)在图8A-C所示的平面包层的情况下是适用的。

[0144] 尽管图8(a)示出了使用本发明中描述的光导的实施例的平面聚光器,但使用棱镜楔形的芯体限制了聚光比(输入孔面积与输出面积之比)。然而,如图8(d)所示,可以使用包括位于光学介质818和820之间的半圆锥形异质界面822的平面阵列的芯体818。通过使用图2(c)和图2(d)中所述的纵向截面的圆锥形异质界面214的阵列,可以获得这样的异质圆锥形界面822。如图8(c)中关于锥形内含件所描述的,该圆锥形异质界面822也可以位于鱼鳞设计阵列中。此外,前面部分提到的芯体的所有设计变形(包括各种设计参数的所有最优值)也同样适用于此。

[0145] 在一个示例中,本公开的导光装置允许在图8(d)中描述的芯体的平面几何结构中沿长距离且基本上没有损失地进行光捕获和传播,以及沿着该结构的长度连续泵送使高集中度的光积累在芯体中。在该平面芯体中的异质界面可以是“嵌套半锥体”图案的重复,其中两个锥体的半锥角为约0.5-80度和约5-85度。据发现,在该结构中可以实现最佳的波导性能,并且当两个锥体的角度差在约1至20度的范围内时获得光学性能,并且在12度附近获得最佳值。而且,两种材料之间的折射率差应该很小(在约0.01至0.3的范围内),其中约0.07的差获得最佳结果。

[0146] 图8(e)示出了具体的设计变形,其使平面芯体816具有代替半圆锥形的棱镜形状的异质界面828。然而,图8(d)和图8(e)中的纵向截面是相同的。在图8(e)的一个示例性实施例中,两种光学介质824和826具有在1.3至2.4的范围内的折射率。然而,在其他实施例中,要求两种光学介质之间的折射率差在0.01至0.3的范围内。在一个示例性实施例中,棱镜形异质界面828的两个面的水平角度分别在0.5至70度和5至90度的范围内。在其他实施

例中,该要求是这两个角度彼此接近并且它们的差应该在1至40度的范围内。在一种情况下,角度差在4至20度的范围内是优选的。

[0147] 图8(e1)至图8(e4)示出了图8(e)中所述的棱镜形平面芯体横截面的设计的变形。在图8(e1)中示出了横截面的设计,其示出了位于两种光学介质之间梯形阵列形状而不是斜三角形阵列的异质界面。异质界面在图中由重复的平直部分844和成角度的表面846示出。成角度的表面846具有与水平方向成1至70度范围内的角度,并且两个相邻面之间的角度差等于1至50度。当这个角度差在0至30度范围内时获得最佳值。

[0148] 图8(e2)示出了图8(e)中描述的棱镜形平面芯体的横截面的另一种设计变形。在这种情况下,两种光学介质824和826之间的异质界面848被限定为以成角度的面组成,以使每个面在横截面中由不同斜率而并非单个斜率的线限定。这些面与水平方向的角度在1至70度的范围内,以使相邻面之间的角度差在0至30度的范围内。

[0149] 图8(e3)示出了图8(e)中描述的棱镜形平面芯体的横截面的另一设计变形。在这种情况下,两种光学介质824和826之间的异质界面850被限定为在光的传播方向上突出并且是抛物线或椭圆或圆的一部分或另一个圆锥部分。界面结构也可以是自由形式的曲线,即 $y = Ax^n$,其中 n 是0.1到10等之间的实数。

[0150] 图8(e4)示出了图8(e)中描述的棱镜形平面芯体的横截面的另一设计变形。在这种情况下,两种光学介质824和826之间的异质界面通过平直部分852和弯曲部分854的重复来描述。弯曲部分854旨在在光的传播方向上突出并且是抛物线或椭圆或圆的一部分或另一圆锥形部分。弯曲部分也可以是自由曲线,即 $y = Ax^n$,其中 n 是0.1到10等之间的实数。

[0151] 图8(f)示出了具有如图8(e)所述的异质界面828的平面芯体816的光线轨迹模拟。可以看出的是,光束830传播通过平面芯体816而没有从芯体的任何光损失。关于该具体的光线轨迹模拟,可以在大于1米的平面芯体的长度上获得基本上无损的传播。输入光以与包层成20度的角度入射到芯体816上。棱镜两面的角度与水平方向成14度和26度。光学介质824和826的折射率分别为1.6和1.5。当平面芯体816上的入射光与水平方向的角度增加时,棱镜异质界面828的面的角度也需要按比例增加,以确保光被捕获在芯体816内并且在芯体816内传播而没有任何损失。

[0152] 图8(g)示出了平面芯体的具体设计变形,其中纵向截面看起来与图8(d)和图8(e)中所描述的截面类似。然而,如图8(g)所示的平面芯体832在第三维度上具有圆形横截面,如在俯视图看到的。在一个示例性实施例中,入射光线838以与顶面上的法线成70度的角度进入并且具有相对于圆形横截面的径向对称性。光输入孔是顶面,而输出孔是圆柱形842。显而易见的,如果圆柱体842的直径被选择为与圆形输入孔的直径相比非常小,则可以实现明显高的集中度。

[0153] 在此重点注意的是,图8(e1)至图8(e4)中所示的图8(e)的平面芯体的横截面的所有设计变形也适用于图8(g)中的芯体设计的横截面。

[0154] 此外,可以观察到的是,即使该结构是如图8(f)所示的棱镜,该芯体设计也可以工作。在该示例性结构中,光捕获和传播的标准是入射到芯体上的光的角度低于约40度(20度是最佳结果),棱镜的角度应该在约2-30度以及约7-40度的范围内,并且两种材料之间的折射率差在约0.02-0.3(最佳差0.07)的范围内。

[0155] 关于平面芯体的情况,集中度比可以在100至1000X的范围内,并且在入射光的角

度扩展不宽的情况下可以更高。当入射光的孔径角(季节变化)较大时,可以使用范围在0.05度至2度范围内的微全局锥度来捕捉光并且使光传播到芯体中。为了解决入射光的角度扩展,可以利用啁啾(chirping)的概念,其中两个角度系统地变化以实现最佳波导。这意味着平面芯体中两个嵌套半锥体的角度差以小幅度周期性地变化。在一种情况下,对于最佳情况而言,角度之差在每对相继的嵌套半锥体中增加0.5度,直到差为14度。然后角度差以0.5度的相继递减减小到12度。如图8(e)、图8(e1)至8(e4)和图8(f)所述,同样的啁啾概念也适用于具有棱镜面的平面芯体。

[0156] 图9(a)至图9(e)(包括图9(a1)至9(a3))示出了根据本公开的不同实施例的平面导光装置。如图9所示,包层、芯体和超包层的光学元件嵌入在平面材料中以制造太阳能板。显而易见的是,光可以在宽孔径角内被泵入并且被引导到边缘的平面装置是容易制造并且可以找到多种用途。在一个方面,本公开提供了一种使用侧面泵送的光管的平面导光装置的制造方法。

[0157] 图9(a)示出了这样的平面导光装置(901)的操作方案,该导光装置引导以太阳的多个角度(早晨到晚上180度变化和45度季节性变化)入射的入射光。如此,本公开的太阳能聚光器不需要追踪太阳。

[0158] 图9(a)-9(c)中所示的实施例包括具有一系列半圆锥形内含件的包层。该层用于将入射光转化为掠入射。该层的上表面可以是半圆柱形或平面的。该示例性层中的材料可以具有在约1.3至2.0的范围内的折射率,但总是低于芯体中的至少一种材料。

[0159] 也可以在此使用先前示出描述的锥体形状的所有变形。除了使用空气内含件之外,还可以使用两种光学材料之间的锥形异质界面,其中底部的材料具有较低的折射率。折射率差和锥体的角度可以这样选择,即在该界面处存在全内反射,并且因此从该层出射的光的角度是掠射角。

[0160] 在其它实施例中,回音廊模式(whispering gallery mode)圆环谐振器可以用于芯体以替代底部的楔形物,如图9(c)所示。这允许在较宽角度范围内的掠入射光被引导到芯体中。圆形空心空间的直径远大于光波长的直径,并且通常在约1-500微米的范围内。

[0161] 图9(a)示出了使用如本公开所述的导光装置的不同实施例的平面光导901。该聚光器具有宽孔径角,由角度912和角度914表示,其可以用作集中度在2X至16X范围内的非追踪太阳能聚光器,以及在17X-200X范围内的单轴追踪。角度912可以在0到180度的范围内,并且其最大值180度可以表示太阳从早到晚的角度变化。角度914可以在与法线成 ± 45 度的范围内。其典型值 ± 22.5 度表示一年中太阳的季节性角度变化。由912和914表示的立体角度范围内的任何光线将被引导到平面聚光器内并且传播到其边缘。910表示在该孔径角内入射的光线。911表示在平面聚光器901内被引导并且传播的光线。平面聚光器由多层堆组成:超包层908、包层904、芯层906和导光层902,导光层902可以是芯层908的扩展。以串联和并联配置彼此连接的封装太阳能电池916的阵列附接到平面光导901的边缘,并且使用集中光作为输入来产生电力。包括901和916的组件可用作太阳能板,其仅使用小面积的有源太阳能电池并且不需要追踪太阳。

[0162] 包层904由本发明中前面所述的各种实施例组成,并且在结构上类似于图8(a)、8(b)和8(c)中所述的平面包层。平面芯层906具有与图8(d)、8(e)、8(e1)、8(e2)、8(e3)、8(e4)和8(f)中所述的结构相似的结构。如前文所述,导光层902也可以是芯体的其中一种介

质的扩展。该层是玻璃或塑料的光学透明层,其折射率与芯体的致密介质的折射率匹配,并且折射率高于包层904。超包层908是准直层,其获取通过角度 θ 表示角度变化的光线,并且在光处于法线附近具有 $\pm 2.5^\circ$ 的角度变化的情况下将它们转换成光束。超包层908包括图3中描述的光学元件,并且这种光学元件的平面阵列已经在图9(d)和图9(e)中详细描述。

[0163] 图9(a1)示出了平面聚光器901的结构变化,该平面聚光器901由多层堆构成:超包层908、包层904、芯层906和导光层902(导光层902是芯层906的扩展,也可以是基底/机械支撑件)、附接或层压到侧边缘的反射层/膜/镜913、透明保护层909和位于导光层902下方的保护层907。层909可以是玻璃或聚合物,并且可以具有作为其一部分的紫外线吸收剂。层907是折射率小于导光层的玻璃或聚合物,并且通常具有在1.2至1.45范围内的折射率。以串联和并联结构设置的封装太阳能电池阵列916附接到平面聚光器901的边缘并且使用集中的光作为输入来产生电能。包括901和916的该组件可用作太阳能板,该太阳能板仅使用小面积的有源太阳能电池,并且不需要在一天中或随着季节跟踪太阳。

[0164] 图9(a2)示出了与图9(a1)中的结构相区别的平面聚光器的结构,其使得封装的太阳能电池不附接在边缘上。在此,封装的太阳能电池阵列917夹在光学层902/906或906/904或902/907之间或者固定在整个组件下面。

[0165] 图9(a3)示出了平面聚光器的可选构造,其使得靠近聚光边缘的底面如图所示呈锥形。这种方法的目的是提供将来自平面聚光器的光耦合到宽度大于波导边缘的太阳能电池上的可选方式。在图中只有层902是呈锥形的,但整个光学组件可以在边缘呈锥形。锥形角可以在 10° – 80° 的范围内。封装的太阳能电池阵列915连接到该锥形边缘。集中度比率是顶面(输入光)面积与锥面面积(光输出)的比值。通过改变锥形边缘的角度,可以控制该集中度比率。

[0166] 图9(b)是图9(a)所示的平面聚光器901的纵向截面图。此处将包层904示出为位于光密介质918与光疏介质920之间的圆锥形异质界面。在一个示例性实施例中,来自超包层908的入射光与法线成 $\pm 2.5^\circ$,入射光碰到该异质界面并且在进入导光层902和平面芯层906之前被转换为相对于水平方向的掠入射。平面芯层906将光捕获在导光层902内并且在导光层902中传播。导光层902由具有比包层904更高的折射率和折射率更接近平面芯层906的致密介质的玻璃或塑料制成,为聚光器提供机械支撑。

[0167] 图9(b1)示出了平面聚光器的示例性设计的横截面,该聚光器被我们优化为在 $0.5\text{m} \times 1\text{m}$ 的输入面积和 $6\text{mm} \times 1\text{m}$ 的输出面积上大于80%的光收集光学效率。折射率 n_1 、 n_2 和 n_3 的典型值分别为1.5、1.4和1.6。该设计由保护层909、超包层908和构成包层904的两层组成。904的上层中的面的角度与水平方向成 57° 和 90° ,而904下层中的面的角度与水平方向成 30° 和 46° 。芯层906由单个面的角度与水平方向成 17.5° 和 29.5° 的界面限定。同样充当基底的导光层902被选择为具有1.5的折射率。但它可以在1.47至1.6的范围内。在此澄清的是,可以使用每个斜棱镜阵列界面的许多其他折射率和面的角度组合来实现有效的波导,并且该描述是一个这样的最佳组合。在第三维度上,与该横截面正交的界面设计可以是直的(棱镜)或弯曲的(产生完整的圆或圆弧)或半圆锥界面结构,如在本公开中先前所描述的。

[0168] 图9(b2)示出了平面聚光器的一个示例性设计以及光线轨迹模拟。这种设计类似

于图9 (b1) 所示的设计,不同之处在于该设计是针对具有 ± 0.5 度发散光束的光源所创建的并且同样使用接近于法线的入射在界面之间来实现包层中的最大光弯曲。从图中可以看出,我们使用4组包层将发散光逐渐弯曲成掠入射。当光束弯曲到较低的角度时,其发散度从光源处的 ± 0.5 度增加到马上进入芯体之前的 ± 5 度的发散度。图9 (b3) 示出了该设计中每个界面处详细的光线轨迹,大比例的光线轨迹模拟的结果如图9 (b4) 所示。如图9 (b3) 所示,我们使用TIR作为CL1和CL2层轻微弯曲的机制。对于CL3和CL4层,由于TIR的使用要求两种光学介质之间的折射率差为0.005,这会带来实际困难,因此使用近TIR作为实现大的光弯曲的机制。发散光束以掠入射进入芯体并且经历近TIR以实现光在芯体中的捕获,如本公开的前面部分中所述。对于这种设计,如图9 (b3) 所示的 n_1 、 n_2 和 n_3 的最佳值分别为1.54、1.41和1.57。如图9 (b4) 所示,当光束发散度为 ± 0.5 度的多个光源照射导光装置的整个300mm长度时,大比例光线轨迹模拟显示81%的光收集效率。芯体的宽度为5mm,并且大部分光被收集在芯体中,产生60倍的集中度比率。

[0169] 图9 (b5) 示出了平面聚光器的示例性设计的光线轨迹模拟,该平面聚光器由具有接近法向入射输入光束的两种光学介质($n_1=1.54$ 、 $n_2=1.41$)之间的单个斜棱镜阵列界面组成。这种设计可以看作是图8 (e) 的延伸,其中光是掠入射的。图9 (b5) 中的这种设计比多层堆简单许多,但存在的问题是它需要非常平行的光束(光束发散度为0.1度)以在0.5-1米的距离上获得高的光收集效率。

[0170] 图9 (C) 示出了夹在上部包层904和导光层902之间的微环形谐振器层926以及底部的平面芯层906的使用。微环形谐振器层用于解决超包层和包层的低效率,以使超出由角度914表示的角度范围的入射光成为相对于水平方向的掠入射。环形谐振器由高折射率光学介质的环形管组成,其嵌入具有较低折射率介质的光学介质(优选空气)中。在平面聚光器901的这种配置中,异质界面平面芯体阵列906的面的角度从正角反转为负。由此在这种情况下被捕获光的路径被反转为在 $-x$ 方向上。

[0171] 图9 (d) 示出了如前面的图9 (a) -9 (c) 所标记的平面超包层908的设计。超包层908的目的是用作被动准直层,其将由角度914所描述的角度变化内的任何光转换成接近竖直的窄范围的角度(优选地为 ± 2.5 度)。在此所示的光学元件是图3所示的光学元件的延伸。在图3中,超包层中的异质界面示出为具有围绕包层的重复双锥形形状,并且其纵向截面看起来像一组陡峭的等腰三角形。当我们移动到平面聚光器901时,围绕纵向轴线的对称性不再重要,因此该层可以具有棱镜形状。如图9 (d) 所示,超包层的性能可以通过在三角形正下方添加抛物形异质界面来增强,从而产生“油滴”的形状。在“油滴”图形936顶部上的光学介质934是折射率低于光学介质936并且折射率与光学介质938相近似情况的光学介质。在一个实施例中,超包层的上述设计的原则是光密介质936和每种光疏介质934和938之间的折射率差处于0.02到0.2的范围内。在一个示例中,优选值约为0.02到0.07。等腰三角形需要陡峭以在一个示例性实施例中使顶角在1至25度的范围内,最佳值在5至7度左右。在三角形正下方的抛物线应该是陡峭的抛物线,其所应关注的设计策略是应该紧邻通过三角形异质曲面折射的光束的会聚点。

[0172] 也可行的是使在上述横截面中限定等腰三角形的成角度的面940成为曲线而非直线的一部分。这段曲线可以是抛物线或椭圆的一部分或由 $y = Ax^n$ 限定的一段曲线,其中A是常数,n是0.1到10之间的实数。

[0173] 图9(e)示出了用于准直入射光950的超包层的横截面,入射光950介于 ± 22.5 度入射角至接近法线(即垂直于面板表面952的法线)取向。包层的输出是近法向的光962,光962具有小的角度扩展(± 2.5 度或更小)以供如图9(a)和9(b)所述的平面包层和平面芯体光学元件使用。

[0174] 超包层包括四个主要元件:三层截头三棱镜阵列954、954、958,之后是抛物透镜微阵列960,所有这些都嵌入在低折射率材料964内。

[0175] 每个三棱镜层是一个周期性阵列,重复单元包含一个小三角形和一个大三角形,两者在顶部截断以露出水平表面,其允许法向(或接近法向)的光线通过而不受干扰。这使得该单元成为梯形。然而,为了简便,该单元在本文中仍然被称为三角形或截顶三角形。交替的小三角形和大三角形的这种配置用于确保一个重复单元不在另一个的“阴影”中。

[0176] 入射光照射棱镜的成角度的面并且经历折射,向法线方向移动。单个棱镜层中的三角形的形状以及层的相对对齐被选择为仅影响与法线有大的角度偏差的光线的路径,同时使接近法线的光线不受干扰地通过。

[0177] 超包层的性能有三个关键要求:

[0178] 在一个三棱镜层和下一个三棱镜层的重复元件之间存在偏移。在没有这种偏移的情况下,入射光线不是朝向法向单调准直,而是在朝向法向和远离法向移动之间交替。

[0179] 每个三棱镜层的尺寸是其上面的层的两倍大。在没有这种放大的情况下,最初沿法线的光线被偏转远离法线。

[0180] 构成三棱镜的材料和周围介质之间的折射率有小差异。在一个具体示例中,构成954、954、958和964的材料折射率分别为1.552、1.563、1.571和1.583。尽管可以使用不同的材料来制作不同的三棱镜层,但这不是必需的,并且所有的层可以由相同的两种材料组制成。唯一关键的因素是它们的折射率差很小(在0.01到0.1的范围内)。

[0181] 三个三角形层之后是抛物面凹透镜微阵列,其将光进一步“准直”到更接近法向。在这种结构中,透镜面968和968是标称抛物面,但其他表面形状也同样有效。这个抛物面层被用来进一步准直光束,并且类似于图9(d)中描述的抛物面异质界面。

[0182] 图9(f)示出了图9(e)中结构的一个实施例的数据。图9(f)表示图9(e)中的结构的一个实施例在输入角度范围是与法向成 ± 22.5 度时的输出光线的角度范围。从图9(f)可以看出,输出光束的角度发散是 ± 22.5 度。在这个具体的模拟中,我们发现在 ± 22.5 度的角度范围内的97.5%的输入光被准直成角度范围 ± 2.5 度的输出光束。

[0183] 用于制造如本发明所述的导光装置的材料可以是玻璃、基于碳骨架的聚合物、塑料、小的有机分子、如硅酮和硅氧烷的基于硅原子骨架的聚合物。也可以选择使用硅氧烷与其它聚合物和小分子的混合物以获得特定的机械性能以及光学性质,如折射率和分散度。如下文所述,这些材料可以以液体形式使用并与少量加入的交联剂在施加热或紫外光之后获得固体、半固体、弹性体或凝胶状层。同样地,氟化聚合物和氟化硅酮和硅氧烷可以具体用于实现比相同聚合物的基体非氟化形式更低的折射率。类似地,聚合物的表面处理形式可以用于实现比相同聚合物的非硫化形式更高的折射率。在本公开的一些用途中,也可以使用具有不同折射率的一些液体,例如水、矿物油、有机溶剂、氟化液体等。同样地,对于本公开中描述的不同实施例而言,我们可以使用各种折射率(1.4至2.2)的玻璃。在某些情况下,我们可以使用具有使玻璃成型的低熔化温度的玻璃。

[0184] 在聚合物(或玻璃)/空气界面处的折射会导致白光分裂,这归因于不同波长(色散关系)下致密介质的折射率变化,但空气的折射率保持不变。然而,如果折射发生在具有不同折射率(n_1 和 n_2)使 n_1/n_2 的比率对于每种波长是恒定的两种光密材料的界面处,那么每种波长的光被折射相同的量值,因此没有色差发生。在本公开的光学模拟中,将材料选择为使较高折射率的材料具有较高的色散(阿贝数较低),而折射率较低的材料具有较低的色散(阿贝数较高)。由于许多较高折射率材料具有较低阿贝数,因此该策略也导致可用材料的更广泛选择。图10(a)示出了本公开的导光装置中关于材料选择的规定。

[0185] 也可以通过选择性掺杂少量(0.01%至0.00001%)吸收特定部分光谱中的光的染料和发色团的光学介质来使用具有设计的折射率的材料。该策略为一种或两种材料产生调整的折射率与波长分布,这可以产生针对光谱的仅某些部分进行波导。也可以选择通过混合具有不同折射率与波长分布的两种材料来设计折射率与波长分布的材料。图10(b)示出了使用上述材料选择策略的波导的示例。在此,我们选择通过将包层的材料组合选择为使 n_1/n_2 随着波长从400nm到800nm波长缓慢下降来设置“截点”。在800nm时, n_1/n_2 比率低于入射光在异质界面处经历全内反射所需要的阈值。因此800nm光(及超过的光)在路径有轻微的偏转的情况下透过包层并且因此对波导过程没有贡献。图10C示出了包层中的预定材料组合的光的波导和透射随光波长变化的数据。从图中可以看出,超过800nm的100%的光透射(完全没有波导),而超过1m长时有明显的波导并且在400-800nm范围内时在边缘有60%的光集中度。

[0186] 在芯层中可以使用类似的策略使 n_1/n_2 比率与芯层中的材料不同,并且这将导致选定波长的光从芯体泄漏以及在光谱中剩余波长的光的波导。

[0187] 如本发明所述的导光装置可以通过广泛使用的注塑工艺或模铸或冲压或压印工艺来制造。需要制造部件的阴性设计的模具。可交联的液体聚合物或凝胶可以倾入模具中,在其固化后就将其剥离。模具也可以是圆柱形滚筒的形状,其旋转动作可用于以连续成型-剥离、高速卷对卷工艺制备部件。制造过程还可涉及在玻璃基材或另一聚合物基材上注塑聚合物。它也可以涉及在玻璃基材上使用液体硅橡胶(LSR)成型。可以使用上述方法的组合来获得玻璃上的光学材料的多层堆。

[0188] 在一个实施例中,本公开提供了一种用于制造上述导光装置中的包层或芯体的方法。如图11(a)所示,第一光学透明材料具有在其上形成的具有公部分1102(多个凸起)的表面。第一光学透明材料可以与第二光学透明材料接合。第二光学透明材料具有在其上形成有母部分1104(多个凹部或凹口)的表面。在一个实施例中,公部分和母部分被构造成具有相似的形状,并且母部分被构造成比公部分大,以在它们组装在一起之后在其之间为空气内含件1106留下空间。每个凸起的位置对应于每个凹口的位置,从而形成多个内含件。该制造方法可用于制造包含空气内含件的任何光导组件,例如图1(a)所示的芯体108和包层104。

[0189] 在一个示例性实施例中,关于包层,公部分具有在其表面上的半圆锥形凸起,并且母部分具有在该表面上的半圆锥形凹口。在该示例性实施例中,凹口在每个维度上的尺寸稍大(5-50微米)。当两个部件组装在一起制成一个部件时,在成品部件内夹住空气内含件,该空气内含件的尺寸等于凸起和凹口的尺寸差。

[0190] 在一个实施例中,该方法还包括在第一光学透明材料的表面上沉积第三光学透明

材料层。第三光学透明材料层可以具有基本恒定的或变化的厚度,其配置为使第一光学透明材料的表面在沉积之后的形状与第二光学透明材料表面的形状基本一致。在组装之后,第三光学透明材料设置在凸起和凹口之间的空间内。

[0191] 在一个实施例中,公部分1102在其表面上具有半圆锥形凸起,并且母部分1104在其表面上具有半圆锥形凹口。凹口在每个维度上的尺寸稍大(5-50微米)。当第一光学透明材料和第二光学透明材料被组装在一起而制成一件时,在成品部件内夹住空气内含件,该空气内含件的尺寸等于凸起和凹口的尺寸差。

[0192] 为了获得完整的锥形组件,两个这样的具有半锥体的部件可以组装在一起以形成具有全锥体内含件的部件。为了使成品部件中的空气内含件具有特殊几何形状(如螺旋空气内含件),锥形凸起和凹口可以具有表面纹理。凸起具有凹形表面纹理,而凹口具有凸形表面纹理。如果纹理的横截面需要为全圆形,则凹表面纹理和凸表面纹理中的每一个可以是半圆形。此外,也可以具有如90度弧、45度弧等圆弧状的凹表面纹理和凸表面纹理。

[0193] 在另一种情况下,在内含件不是空气内含件而是与第一和第二光学透明材料不同的第三光学透明材料的内含件的情况下,预定厚度的第三光学透明材料层沉积在公部分上。预定厚度等于公部分中的凸起与母部分中的凹口之间的大致尺寸差。当两部分组装在一起时,第三光学透明材料的内含件设置在公部分和母部分之间。

[0194] 第一和第二光学透明材料以及内含件的尺寸选择为获得相对于纵向轴线的法线在角度范围内入射到组件上的光的预定偏转。

[0195] 在又一实施例中,该实施例包括具有特定形状的两材料的边界(异质界面)的两种不同材料。在制造这样的实施例时,利用具有要制备的异质界面形状的模具使用上述成型方法来制备第一光学层。然后用第二光学材料填充成型层以形成由具有预定形状的异质界面的两种不同光学材料组成的最终层。

[0196] 尽管本公开的导光装置已被描述为太阳能聚光器,但应理解的是,本公开的其它应用也是可行的。

[0197] 图9(a)-9(e)的各种变形中的平面聚光器使用具有位于材料之间呈预定几何形状的异质界面的不同光学透明材料层。尽管将该导光装置中的层设定为固体以保持机械完整性,但一种或多种光学透明材料可以是液体。这些液体层可以夹在固体层之间,物理封装以防止其泄漏并且执行与相同折射率的固体材料相同的光学功能。

[0198] 而且,在本发明的一些表现形式中,可以存在空气内含件。由于全内反射需要在致密介质和稀疏介质之间的界面,所以从包层和芯体腔内的空气内含件注入和取出光学流体会导致光波导的损失。在我们的设计中可以用这个概念来制造智能窗户,当波导打开时(腔内没有液体)产生电力,当波导关闭时(腔中填充液体)充当透明窗户。

[0199] 在将光学液体层用作较低折射率的本发明的表现形式中,TIR发生在致密固体介质和稀疏液体介质的界面处。如果将该液体泵出设备并且用折射率等于致密介质的另一液体代替该液体,则会阻止两种材料界面处的TIR,并且光被传输而不是被引导。因此,利用光学流体在我们的导光装置中的流入和流出,可以显示具有对光的光透射(和引导)的有效控制的发电智能窗户。

[0200] 图12(a)示出了使用如本发明所述的导光装置的智能窗户的构思。本申请的可选变形可以是在由根据本发明中描述的一个或多个光学层组成的窗户上使用层压件。光学层

的设计可以优化成使光到达窗户的边缘,在窗户的边缘可以使用太阳能电池阵列来产生电力。可选地,光学层的设计可以使来自太阳的光(以掠入射)进入光导,行进一小段距离,然后离开光导,而环境光传输透过层压在窗户玻璃上的光学层。这会产生减少来自阳光的眩光的效果,同时保持窗户的视觉质量。

[0201] 使用光的可逆性原理,本公开的导光装置可以用作照明设备。将光源放置在导光装置的其中一个边缘上,使得由光源发射的光被引导到芯体中并且逐渐泄漏到导光装置之外。在这种情况下,导光装置的输出是其顶面,其提供输出光线具有较宽的角度发散度的均匀照明。图12(b)示出了用作放置在导光装置的边缘上的光源的发光二极管阵列。

[0202] 通过用光纤阵列代替导光装置的边缘上的太阳能电池,如图9(a)中所描述的平面太阳能聚光器可以用于室内照明应用。在导光装置的边缘收集的集中的光可以被泵入连接到边缘的单根光纤。这些光纤然后将光送到建筑物内的照明装置,以利用自然日光照明来照亮内部。

[0203] 太阳能热能:平面聚光器可用于将集中光引导到真空管太阳能热水器上。集中光使管比普通热水器热得多。由于在更高的管温下热力学效率更高,这将使得热水器更高效。该方案还可用于太阳能热应用中,其中热流体在穿过级联聚光器的边缘的管内流动。例如,我们的计算表明,如果穿过管的热流体的质量流速保持为 0.06kg/s ,则此方案中 $1\text{m}\times 1\text{m}$ 区域的10个面板级联可以将热流体加热到400度的温度。

[0204] 图12(e)示出了已经在我们的导光装置中示出的光捕获光学器件的示意图,该光学器件用在光伏器件的顶部以捕获未被吸收离开光伏器件的光。这种光捕获光学器件依靠两种光学材料的异质界面处的全内反射。光学压制层通过将高角度光子的角度转换成位于致密材料/空气界面的全内反射锥体内的角度而将光重新引导回到光伏器件上。光学压制件也可具有如图8(e)和8(e1)至8(e4)所示的平面芯层的设计。

[0205] 发光聚光器的问题之一是发光材料以所有角度发射光而并非只有位于TIR锥体内的发射光包含在板内。超出TIR锥体发射的光损失而导致发光聚光器的性能降低。这些TIR损失将通过层压设计的光学层多层堆来克服,该设计的光学层多层堆使用本发明所述的导光装置中的芯体设计所用的原理将发射超出TIR锥体的光的角度改变成更浅的角度。如图12F所示的光学层的设计由两种光学聚合物组成,这两种光学聚合物的折射率差小于0.1并且具有由夹角在 10° - 15° 范围内的阵列斜三棱镜组成的界面结构。斜三角形的角度被选择为在两种聚合物界面处实现TIR并且捕获超出常规TIR锥体发射的光。小的夹角和低折射率差对于以最小的损失传播所捕获的光是有效的。

[0206] 本文公开的实施例不依赖于任何光学介质的双折射,或者修改任何层或部分的折射率或者任何层或部分的折射率各向异性。没有任何光学介质的双折射或者改变任何层或部分的折射率或任何层或部分的折射率各向异性的实施例都在这些教导的范围内。

[0207] 图12(g)示出了本发明中所述的导光装置的集中光输出用作激光器设备中激光介质光泵送的输入。光导的输入可以是入射在平面聚光器顶面上的太阳光或二极管激光器阵列。现有技术中已经提出了实现超出激光阈值的激光介质的光学泵送的各种方案。光学泵送激光需要紧凑几何形状中的高功率源。如图12(g)所示,在导光装置边缘集中的光输出是实现该目标的有效方法。

[0208] 图12(b1)示出了在前面部分并且尤其是在图12b中作为当光从光导的边缘输入时

的准直装置的光导的表现形式。光源1201b1 (在一个实施例中为LED) 将输入光1203b1发射到光导中。在该具体图中, 光导由斜棱镜阵列界面1205b1组成, 其使得棱镜的两个面都与水平方向成0至89度范围内的角度。这两种光学介质12009b1、12011b1具有在1.3至2.4范围内的折射率。与介质12011b1相比, 介质12091b1具有更高的折射率。输出的基本上准直的光束1207b1从光导的表面出现。在此使用的基本上准直指在 $\pm 10^\circ$ 内准直。

[0209] 图12 (b2) 示出了图12 (b1) 中描述的光导中的光线轨迹示例。光源1201b2 (在一个实施例中为LED) 将输入光发射到光导中。该光线在光导中传播, 直到光满足在两种光学介质 (即介质1209b2和介质1207b2) 之间的界面处进行全内反射的标准, 并且以特定角度离开该光导。其余的光线保持在光导中移动直到它们也满足TIR标准。通过选择斜棱镜阵列界面1203b2的不同面的角度, 我们可以控制输出耦合的准直光1205b2漏出光导前面的特定角度。如果我们选择输出耦合的面较浅, 则从前面发射光的角度也较浅。对于以前面的法向角度的准直光的发射而言, 输出耦合面应该在60度 (± 5 度) 的范围内。

[0210] 与从光源发射的处于相对于纵向轴线的较窄角度的光相比, 由光源发射的与纵向轴线成较宽角度的光在距离光源更短的距离处满足TIR标准。因此, 来自光源的以不同角度发射的光将在不同距离处从光导散开。然而, 发射的角度和距离之间的这种关系不是线性的, 因此对于朗伯型光源而言, 根据与边缘 (因而是光源) 的距离而变化的前表面的发射强度是不均匀的。

[0211] 必须注意到该过程的另一方面, 当光在光导内传播时, 它在两种光学介质之间的界面处经历折射, 并且有时也遇到近TIR条件。在这些相互作用中, 也会发生菲涅耳反射。当光接近法向入射时, 菲涅耳反射是标称的, 但当这些界面处的入射角较高时它趋于更高的强度。如果这些菲涅耳反射的角度与输出耦合的角度不同或者并非浅到足以保持在光导中向前传播, 那么这些菲涅耳反射会累积地成为实质光学损耗的来源。斜棱镜设计确保菲涅耳反射在输出耦合光的角度范围内, 或者足够浅以保持在光导中向前传播。这保持了与平均光线成 ± 10 度范围内的输出耦合光的准直。

[0212] 在光导中仅具有斜棱镜阵列界面的缺点在于沿着光导的长度存在输出耦合光的非均匀发射。而且, 来自角度非常接近纵向轴线的/sources的一些光从未达到非最佳至足以从光导选择耦合。图12b2-a示出了一种方法, 其中可以创建不对称和对称的V形槽界面以使光在光导中逐渐成为非最佳的。如该可选设计中所示的, 侧光式光导由多层聚合物组成。该设计的特点是由平面界面所界定的光学介质, 其可称为芯体。其中一个界面是用于光输出耦合的斜棱镜阵列界面并且另一个界面用于使光在光导中成为非最佳的。后一个界面可以是对称的V形槽阵列界面、不对称的V形槽阵列界面或斜棱镜阵列界面。

[0213] 尽管斜棱镜阵列界面显示出高的光准直性能, 但一个缺点是难以通过高通量制造方法制造。图12 (b3) 示出了侧光式光导内界面的可选配置, 其使得光输出耦合界面是V形槽界面 (对称或不对称)。光源1201b3 (在一个实施例中为LED) 将输入光1203b1发射到光导中。V形槽界面分隔两种介质1203b3/1205b3、12011b3/12013b3。斜棱镜阵列与其他介质1207b3/1209b3分离。其优点是V形槽界面更容易制造。但缺点是菲涅耳反射不一定在光发射的方向上, 或者对于沿前方的光传播而言足够浅。一些菲涅耳反射沿反方向发送。

[0214] 图12 (b4) 是侧光式光导准直器的可选设计, 其中不同光学介质的多层堆配置为平面界面、对称V形槽界面、不对称V形槽界面和斜棱镜阵列界面的组合。其中这些界面中的一

个是光输出耦合界面,而其余界面的目的是确保来自前表面的准直光的均匀发射。

[0215] 图12(b5)示出了将侧光式光导准直器作为LCD显示器的背光的应用。LCD显示组件1207b5是标准的LCD配置。在光导1209b5下方有可选的反射器12011b5,其将任何散射光反射回光导内。光源1201b5(在一个实施例中为LED)将输入光发射到光导1209b5中。输出的基本上准直的光束1205b5从光导的表面出现。

[0216] 图12(b6)示出了如本专利公开中所述的侧光式光导准直器的可选使用情况。在这种情况下,这些教导的准直光导1207B6夹在LCD层1205b6和现有技术中描述的在更宽角度范围发射光的传统光导之间。这种传统的导光结构典型地由光导12015b6、漫射器12013b6、微棱镜膜1209b6、12011b6等组成。代替这种传统的宽角光源,可以存在以宽角度范围发射光的另一照明源。该应用情况利用了我们的光导对其后方来的光是透明的事实。因此,当我们的准直光导打开时,LCD显示器由方向性很强的光点亮,因此提供了节能、亮度和隐私的组合。当我们的光导关闭时,其下方的光源被点亮时,LCD将以漫射光照亮,从而降低亮度并且可在广泛的角度观看。

[0217] 图12(b7)示出了本专利公开中所述的侧光式光导准直器的可选的使用情况。在这种情况下,在LCD层和侧光式光导准直器之间放置偏振再循环膜(例如但不限于,由3M出售的DBEF膜)。s偏振光穿过该层,但p偏振光被反射回来。该反射的p偏振光穿过光导(由于其透明特性)并且遇到光导下面的偏振旋转器和反射层。p偏振光穿过下面的层被转换为s偏振。因此,当被反射回来时,该光也通过偏振再循环膜。因此,在这种方法中,几乎所有的准直光在进入LCD层之前都会转换成s偏振。

[0218] LED发出在两个方向(x轴和y轴)上都发散的光。通过前面部分提到的所有描述,如果微结构棱镜阵列界面是线性的,则光被准直在仅一个轴线上。对于许多实际应用而言,光需要准直到两个轴上。因此,必须将光导的设计和/或微结构的设置进行修改以使光准直到两个轴上。图12(h8)-12(b13)描述了将光准直到两个轴上的方法。

[0219] 图12(b8)示出了具有如所示的斜角的矩形光导的可选设计的俯视图。用于将光输入光导的LED放置在这四个斜角上。图中以弧线表示的线代表横截面在图12(b1)-12(b4)中详细描述的事的微观结构。这些界面的横截面可以是斜角、V形槽或不对称V形槽设计。由于这些界面相对于LED光源的中心对称性,光被准直到两个轴上。

[0220] 图12(b9)示出了矩形光导的可选设计的俯视图。如图所示,矩形光导被分成梯形段,梯形段组装在一起形成矩形。相邻梯形之间非常细小的间距由空气或折射率低于梯形的介质组成。LED放置在梯形的较小边缘处。图中弧形的虚线表示界面的微观结构,该界面的横截面在图12(b1)-12(b4)中详细描述。这些界面横截面可以是斜角、V形槽或不对称V形槽设计,如前文详述的。由于光导的微观结构,发生第一轴上的光的准直。光在第二轴上的准直通过下列两种方式发生:首先利用凹槽的弧形形状,其次利用在梯形边缘处经历TIR。由此实现了在两个轴上的光的准直。

[0221] 图12(b10)示出了在两个轴上准直光的可选方法的俯视图。基本的前提是,我们依次而不是同时对每个轴上的光进行准直。如图所示,LED被放置在第一光导的边缘上,第一光导将光准直在一个轴线上。插图示出了此光导的微观结构。从这个光导输出的光输入到第二光导上。第二光导的设计与图12(b1)至12(b4)中所描述的相同,以在光从光导的顶面输出耦合时也被准直在第二轴线上。

[0222] 可以想到的是,这两个光导也可以在彼此的顶部堆放,其间具有光密介质,而不是顺序放置。微观结构特征由如图12(b1)至12(b4)所述的线性斜棱镜阵列、V形槽或不对称V形槽组成。每个光导层的微观结构特征被设计成使它们与另一层中的光导层正交。

[0223] 图12(b11)示出了圆形侧光式光导的俯视图,其中LED放置在圆形光导的外周上。在图中以同心圆表示的虚线代表界面的微观结构,界面的横截面在图12(b1)-12(b4)中详细描述。这些界面的横截面可以是斜角、V形槽或不对称V形槽设计。由于这些界面相对于LED光源的中心对称性,因此光被准直在两个轴上。

[0224] 图12(b12)示出了圆形光导的俯视图,该设计的变形在图12(b11)中示出。该设计变形独特的另一特征是在外环光导上存在一排梯形,外环光导具有比与其相邻的区域更高的折射率,如图所示。LED尤其仅设置在这些梯形的边缘。图中用同心圆表示的虚线代表界面的微观结构,界面的横截面在图12(b1)-12(b4)中详细描述。这些界面的横截面可以是斜角、V形槽或不对称V形槽设计。由于梯形界面处的TIR以及之后由于这些界面相对于LED光源的中心对称性而首先实现了光准直。

[0225] 图12(b13)示出了年轮状侧光式光导的俯视图。与图12(b11)和12(b12)相比,该设计的关键区别特征在于LED被放置在年轮的较小内圆周上。图中显示为同心圆的虚线表示界面的微观结构,界面的横截面在图12(b1)-12(b4)中详细描述。这些界面的横截面可以是斜角、V形槽或不对称V形槽设计。由于这些界面相对于LED光源的中心对称性,因此光被准直在两个轴上。

[0226] 光源开关位于这些教导的导光装置和另一照明结构之间的实施例在本领域的范围内,并且可以使用以及致动快门,如在美国专利3814211中所公开的,通过引用并且出于所有目的将其整体、或最近使用致动的微镜和第二镜结合于此。致动的微镜公开于例如2004年5月由Bin Mi提交给凯斯西储大学电子工程与计算机科学系的“静态和电动致动成形MEMS镜”的博士论文,通过引用并且出于所有目的将其全部并入本文。

[0227] 为了描述和限定本教导的目的,应当指出的是,术语“基本上”在本文中用于表示可归因于任何定量比较、值、测量或其他表示的固有不确定性程度。术语“基本上”在本文中也用于表示定量表示在不引起所述主题的基本功能的变化变化的情况下从所述参考变化的程度。

[0228] 尽管已经详细提供了本公开的实施例,但应该理解的是,本公开的方法和装置仅用于示例和说明的目的而提供。本领域技术人员可以在不脱离如所附权利要求限定的本公开的精神和范围的情况下进行各种变化和/或修改。

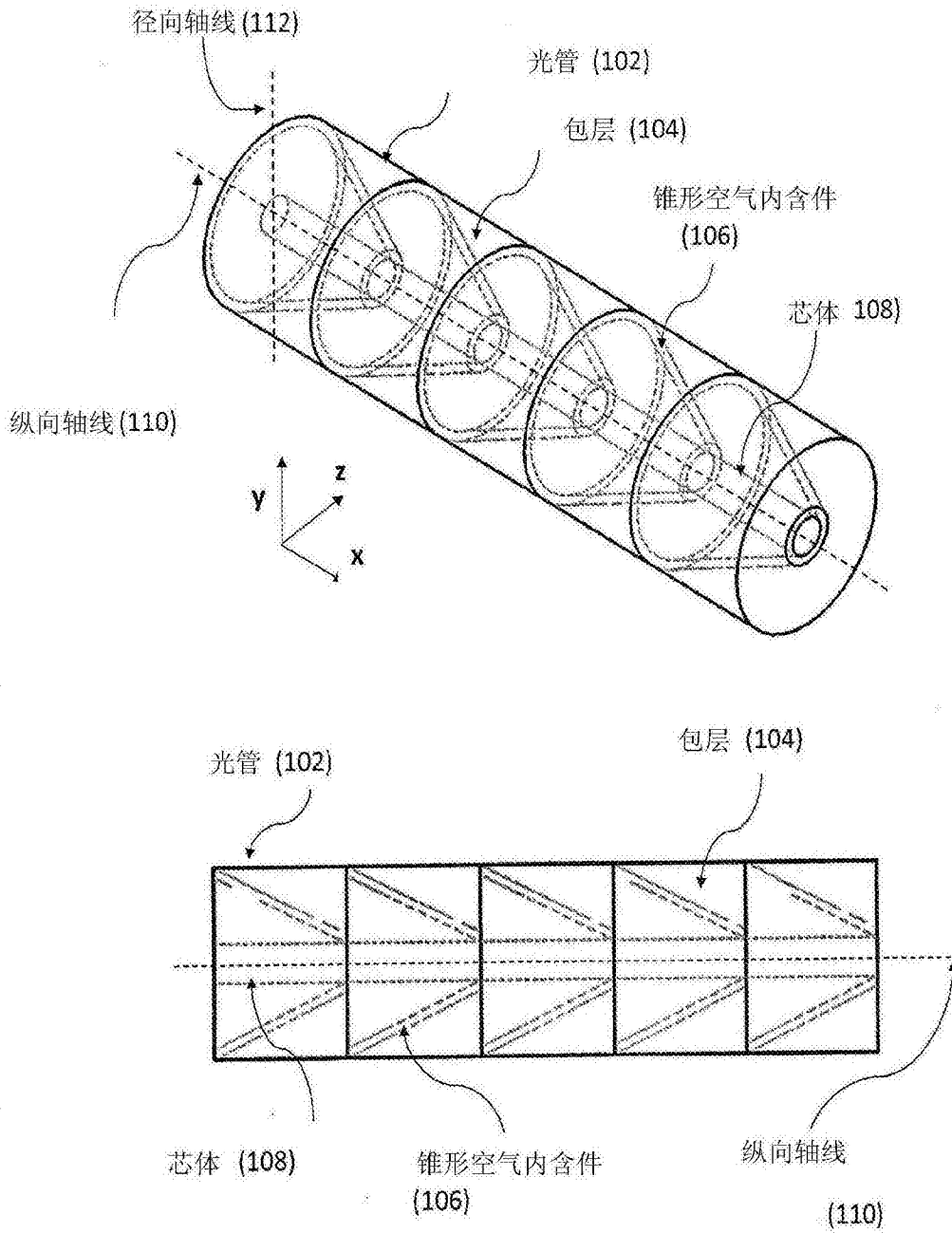


图1 (a)

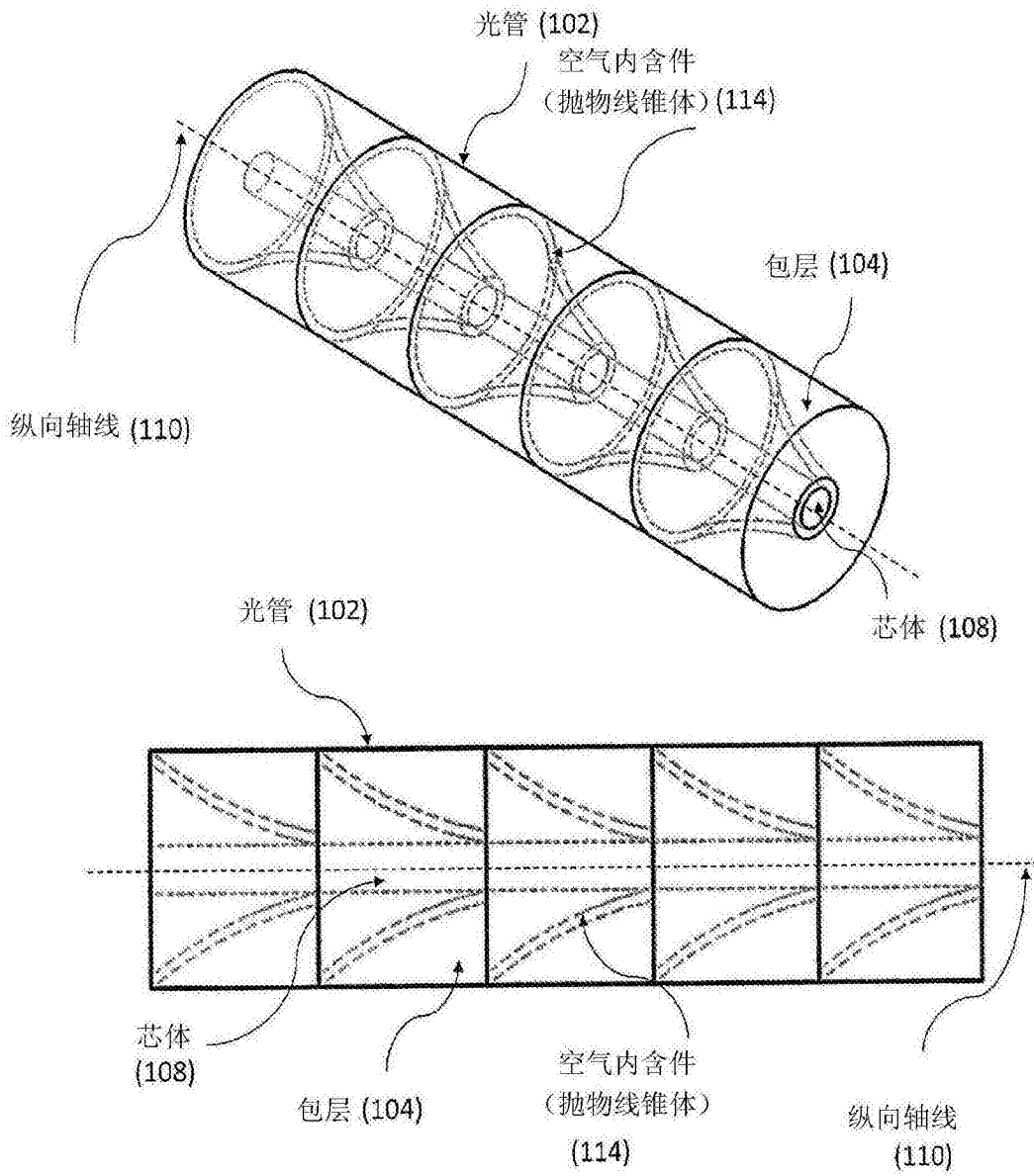


图1 (b)

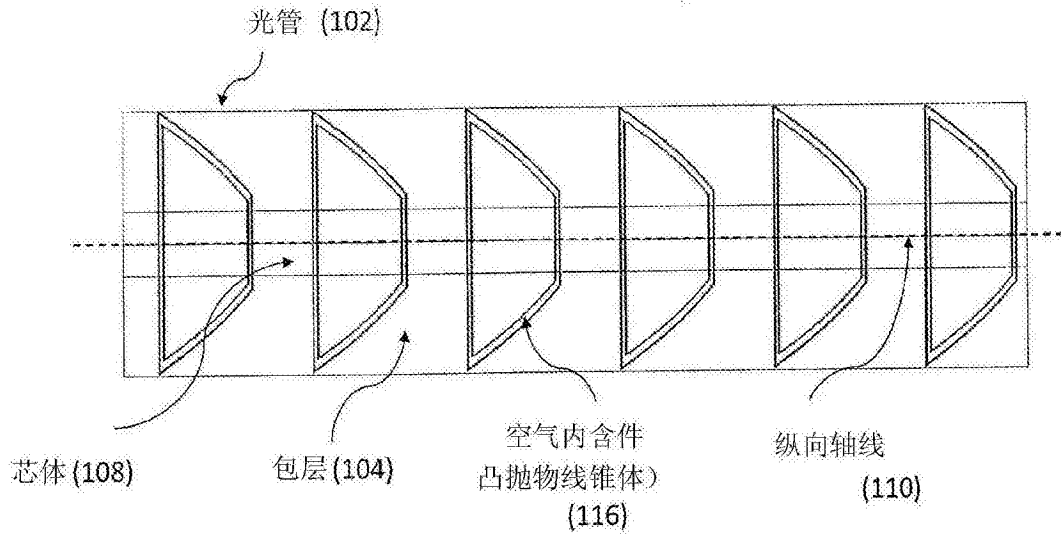


图1 (c)

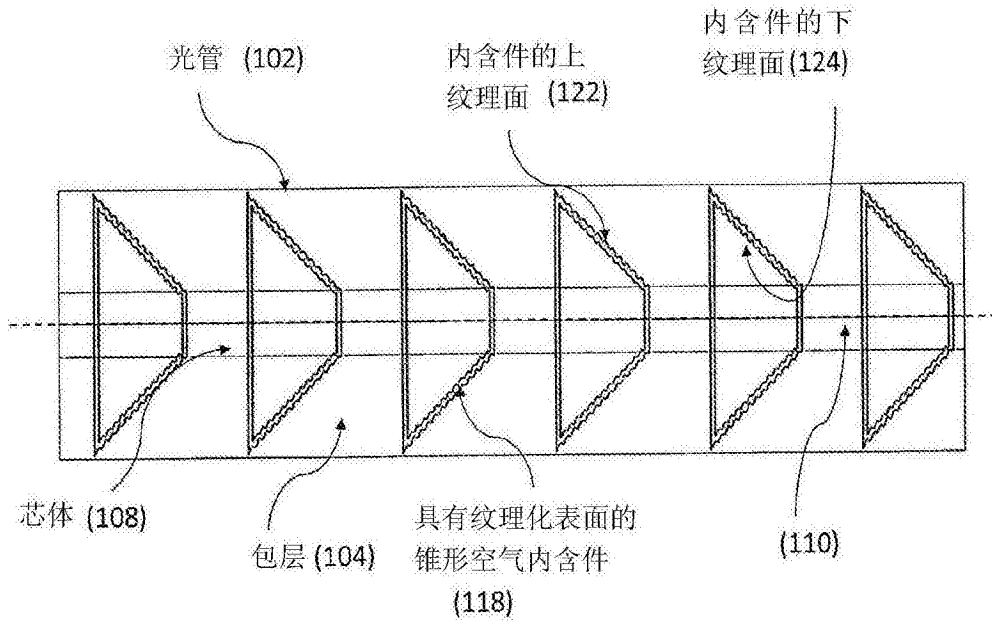


图1 (d)

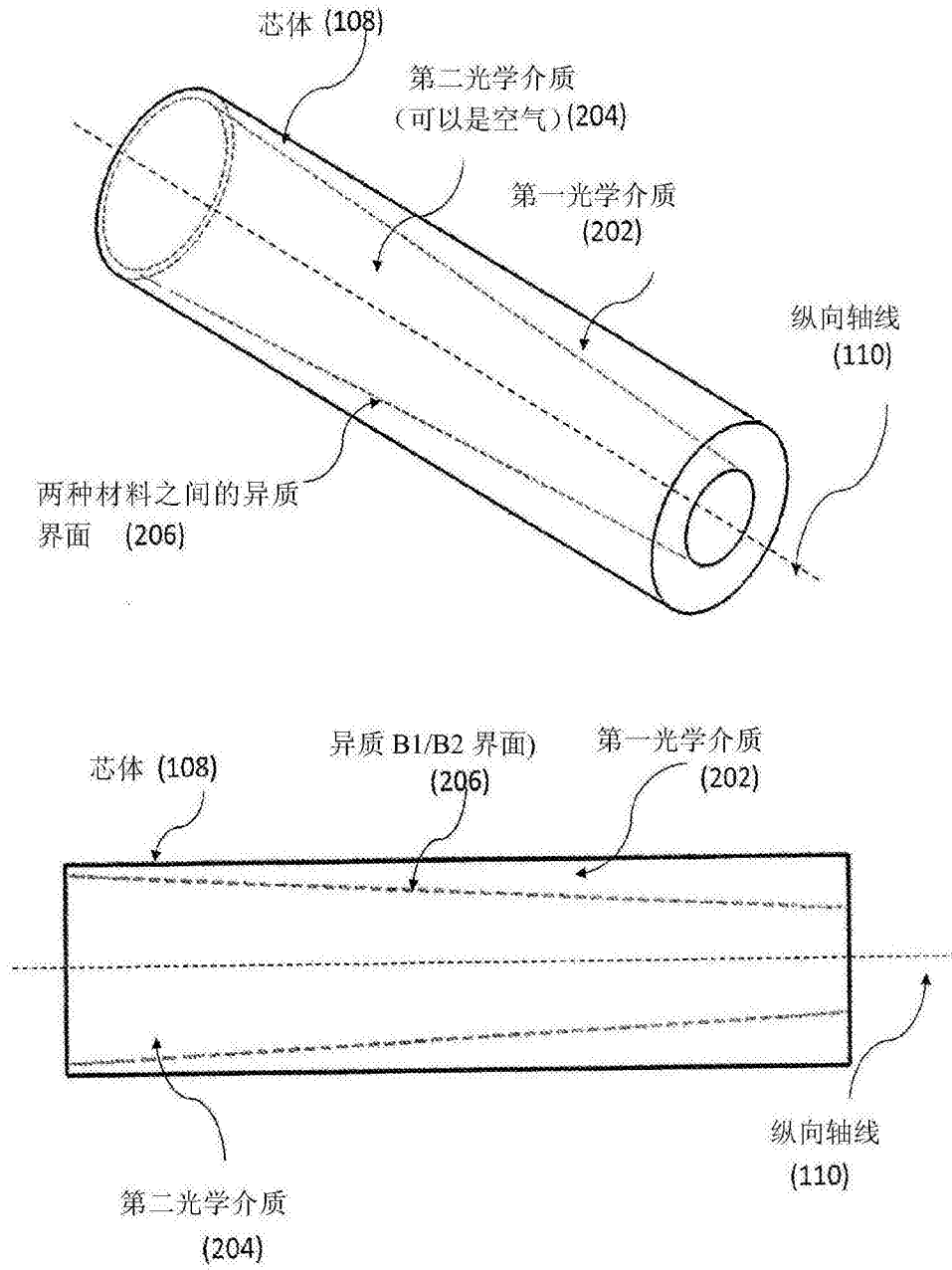


图2(a)

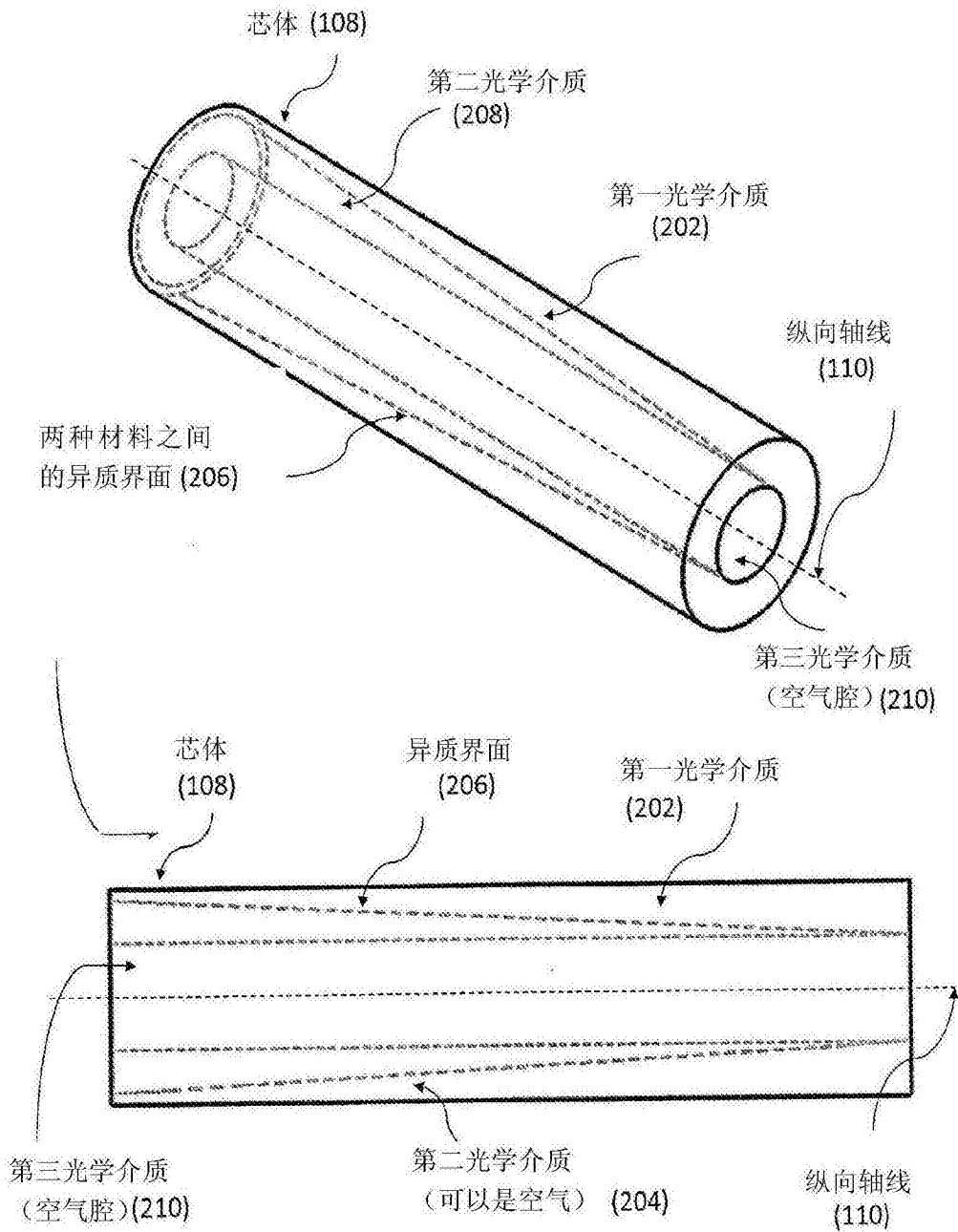


图2 (b)

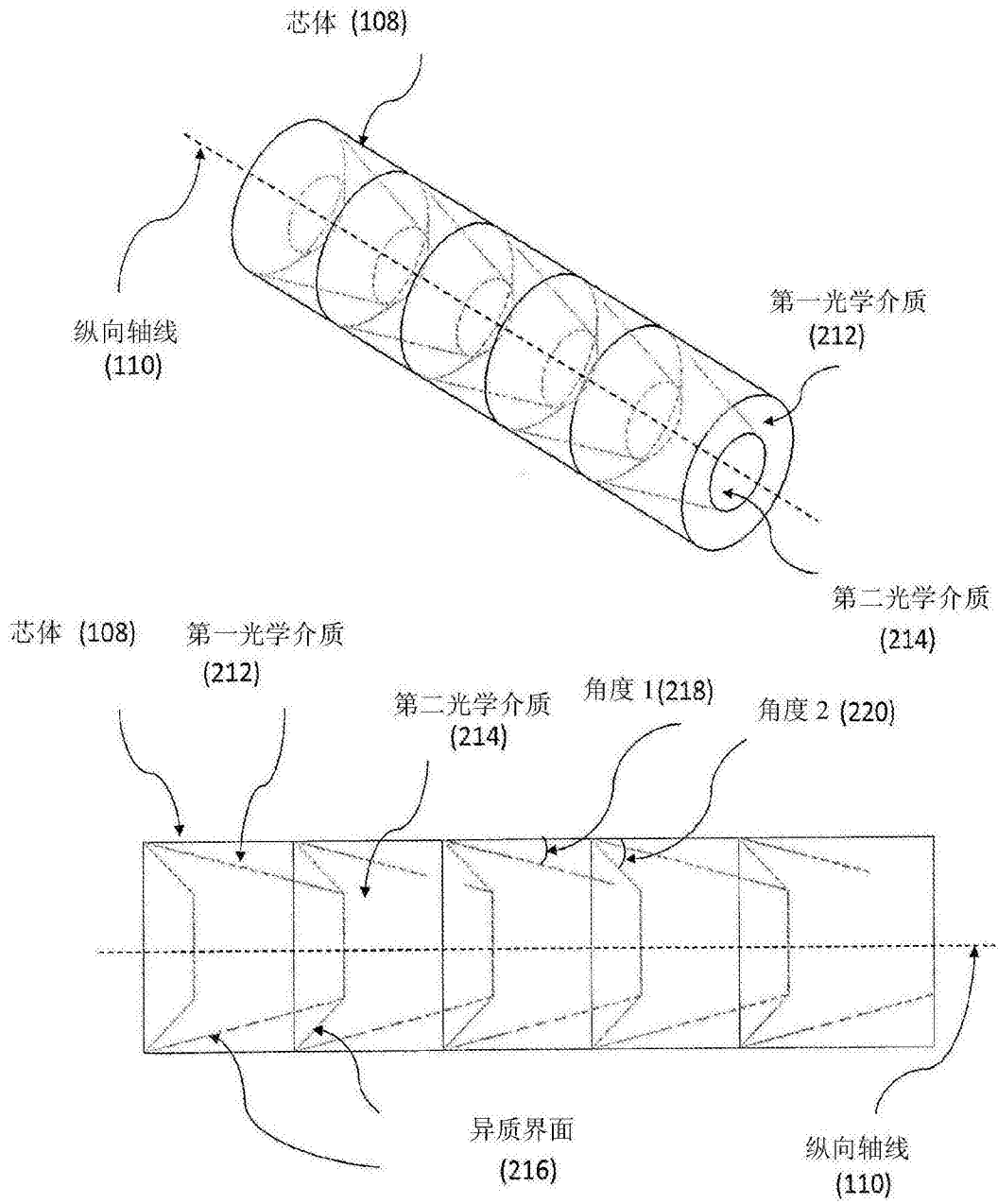


图2(c)

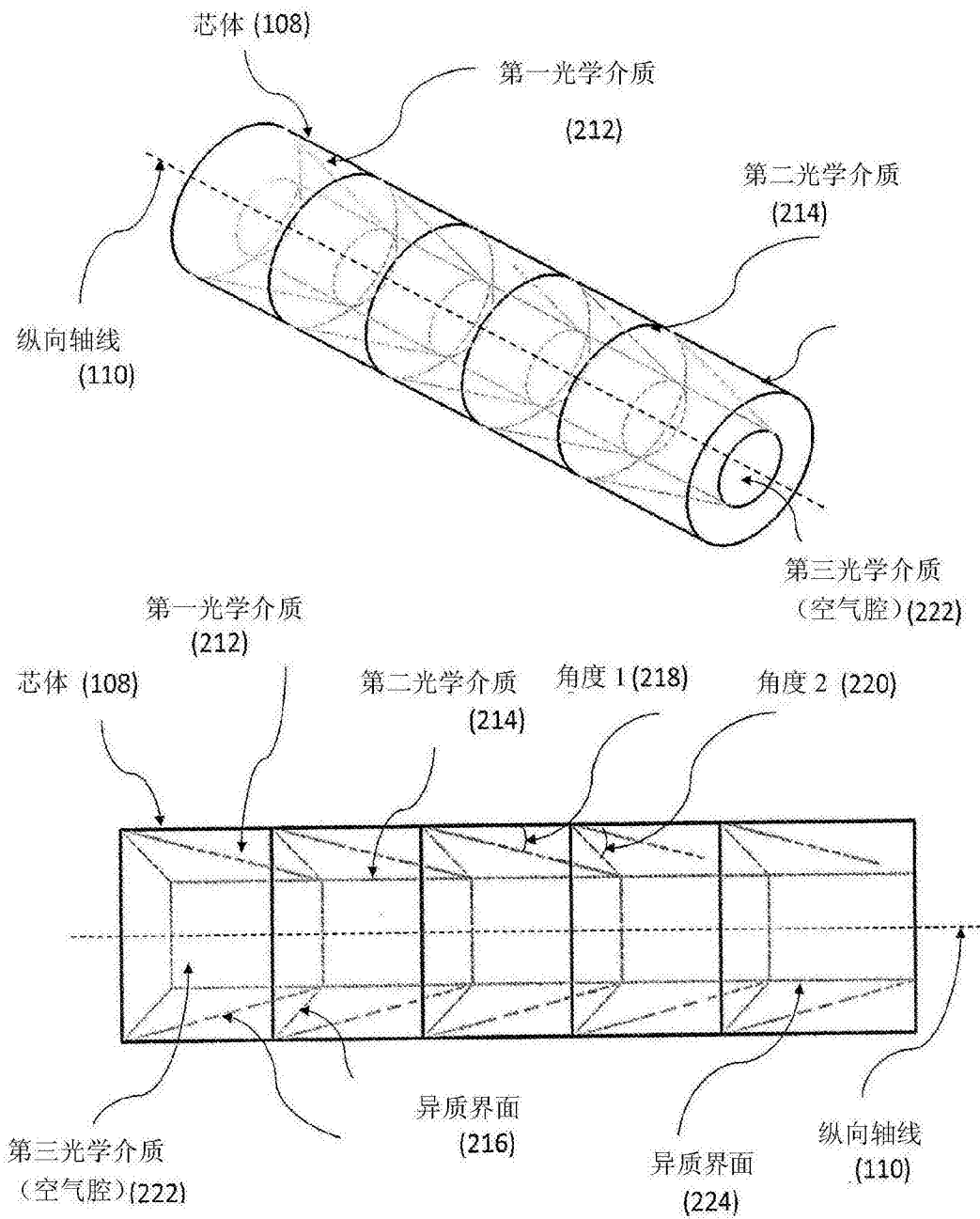


图2(d)

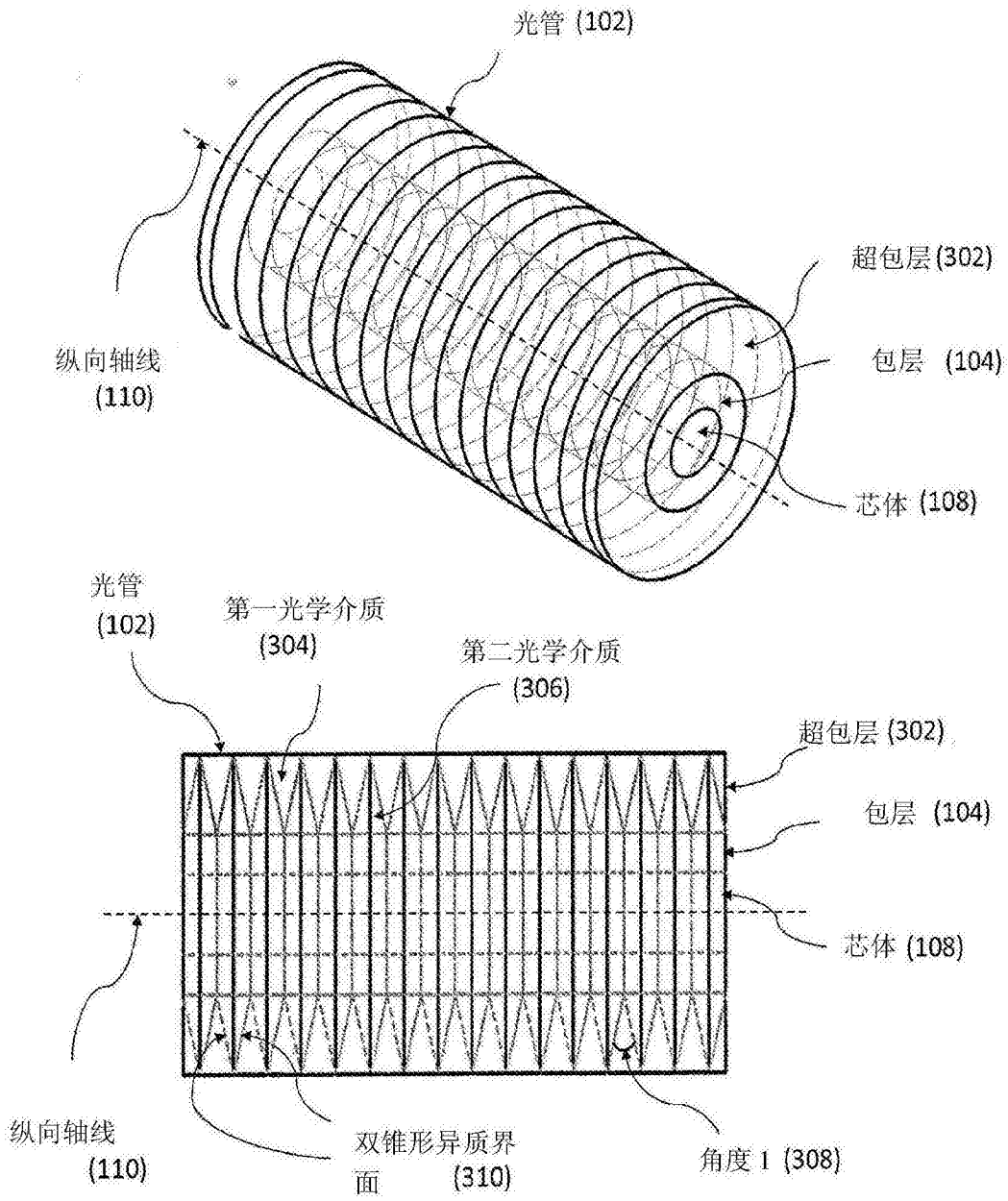


图3

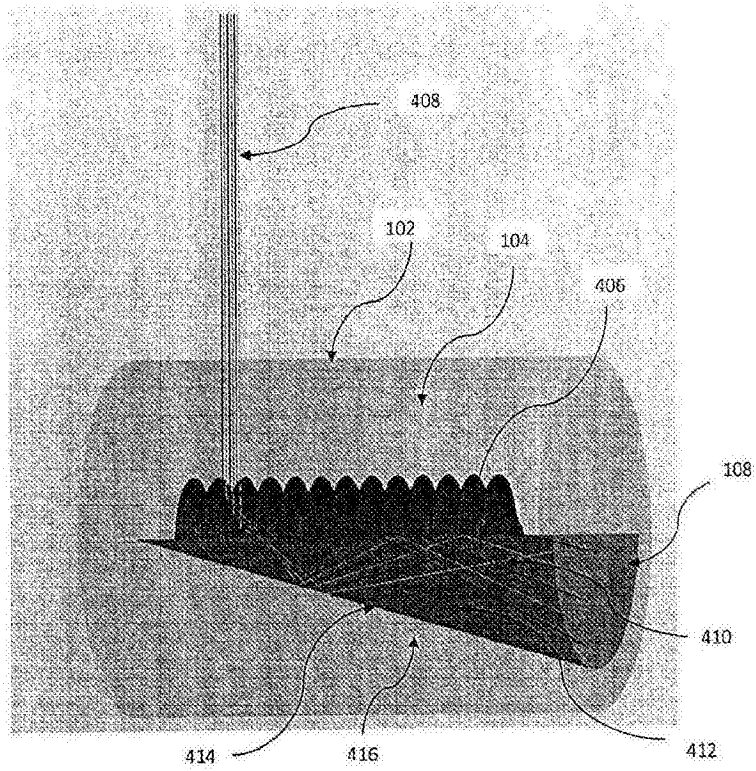


图4 (a)

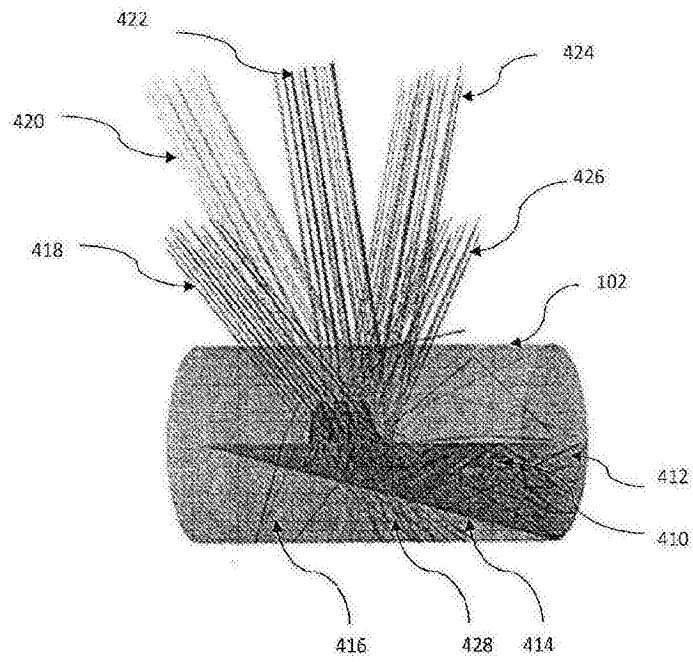


图4 (b)

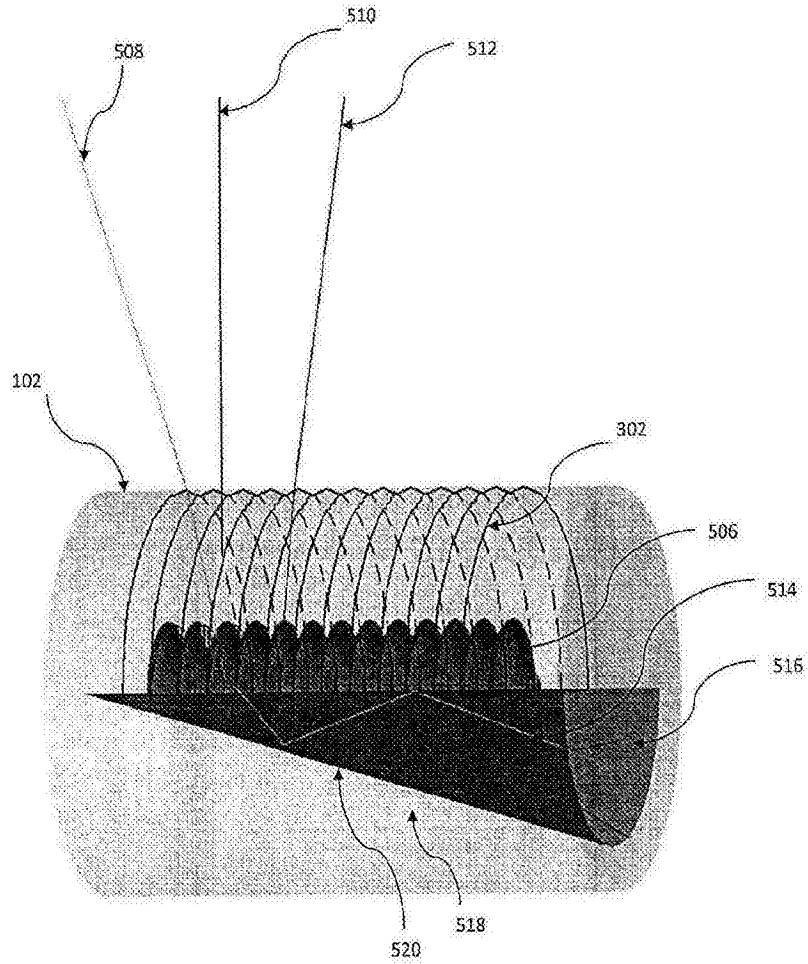


图5

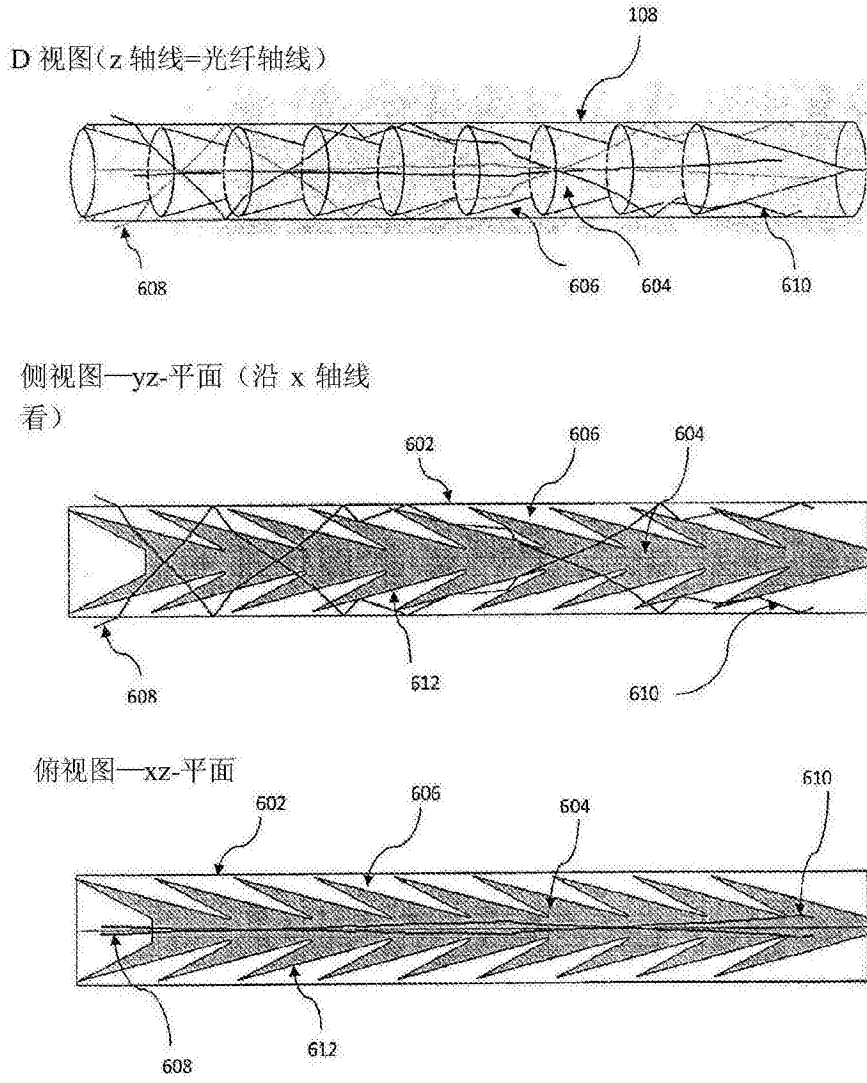
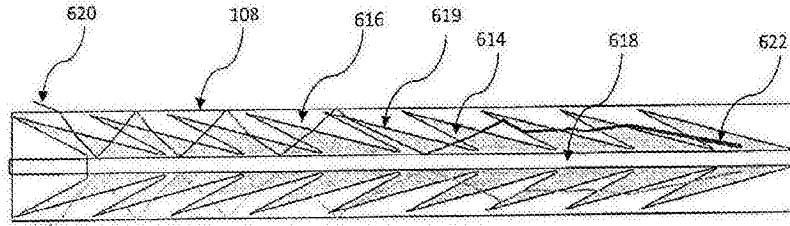


图6 (a)

侧视图 (xy 平面)



俯视图 (xz 平面)

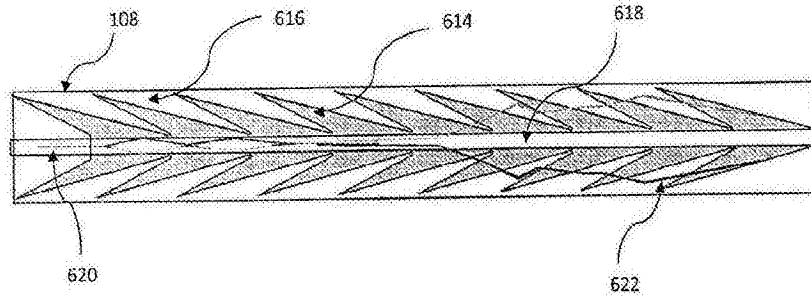


图6 (b)

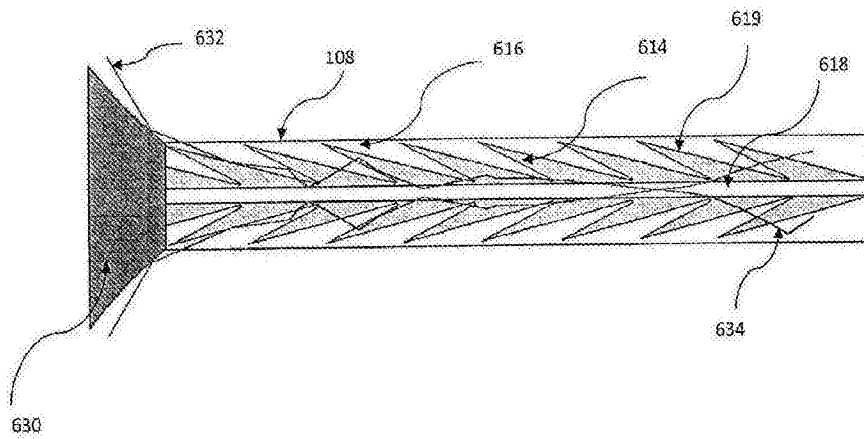


图6 (c)

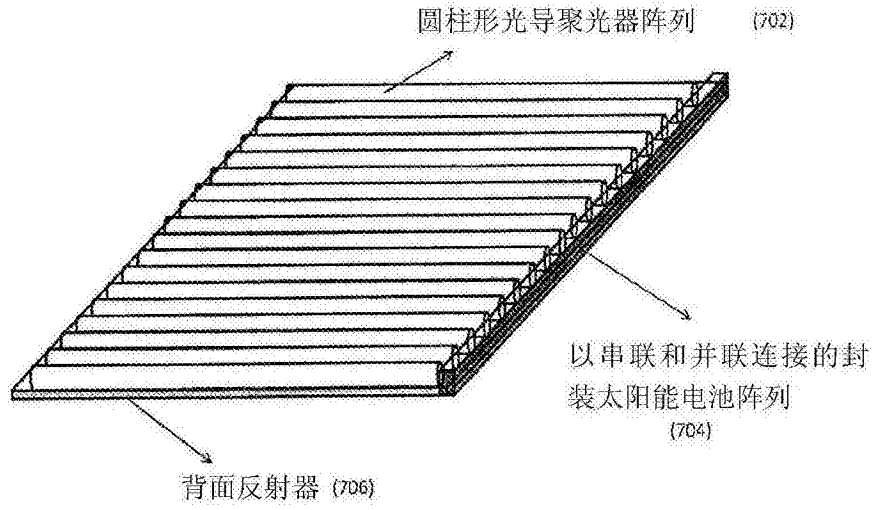


图7

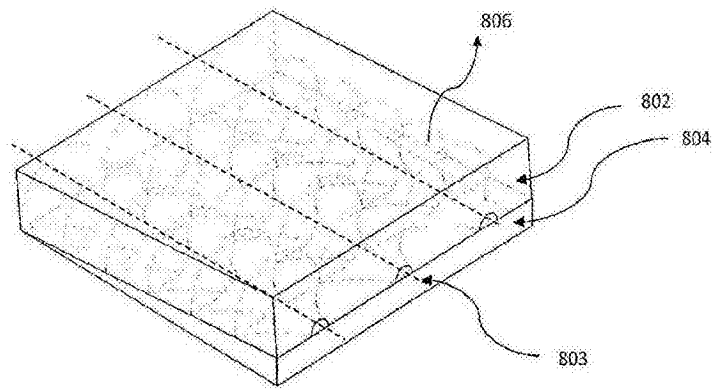


图8 (a)

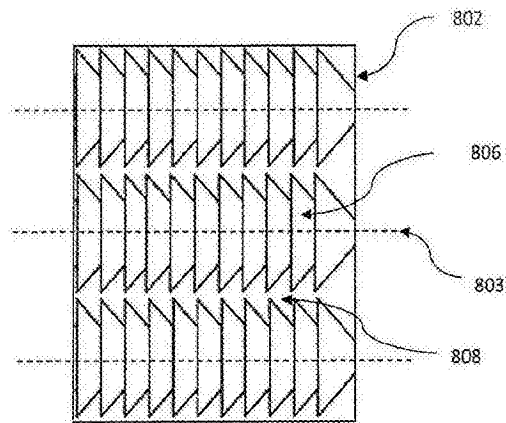


图8 (b)

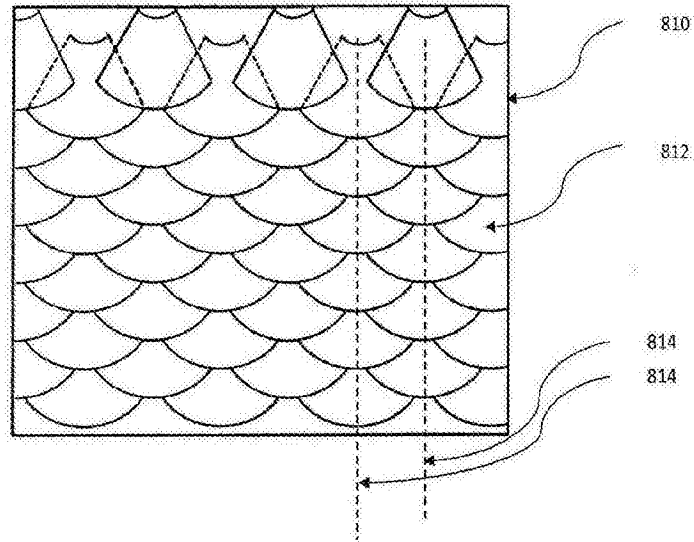


图8(c)

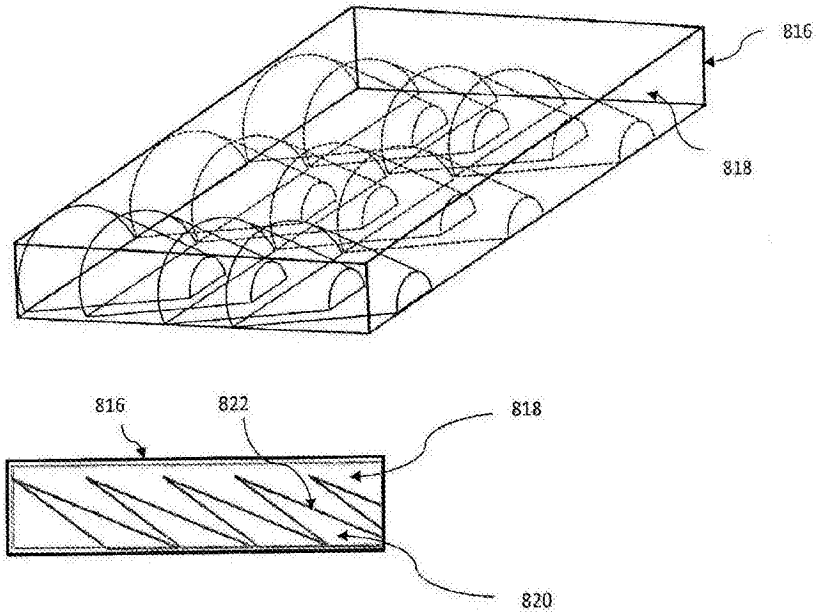


图8(d)

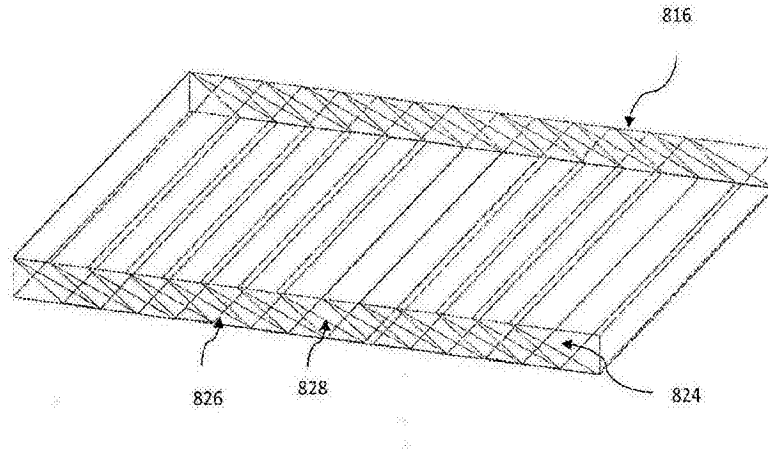


图8(e)

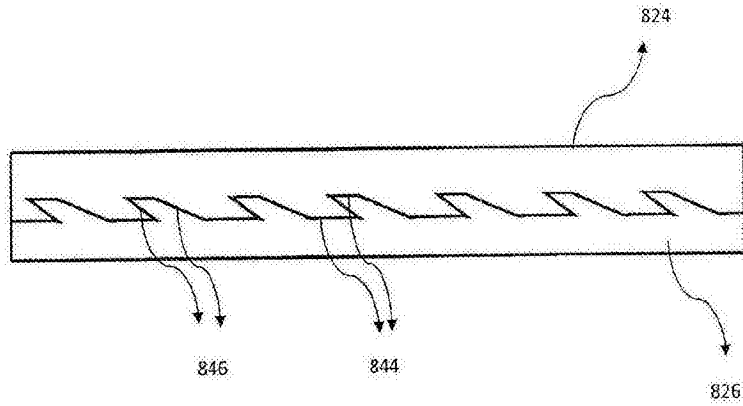


图8(e1)

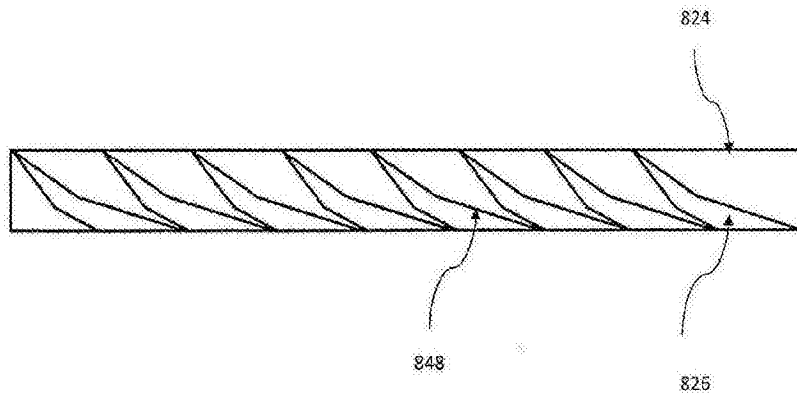


图8(e2)

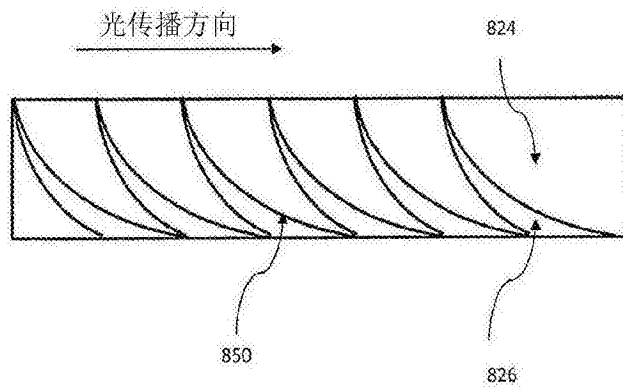


图8 (e3)

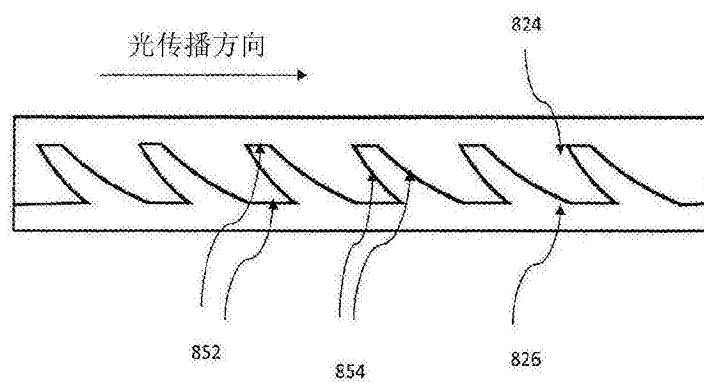


图8 (e4)

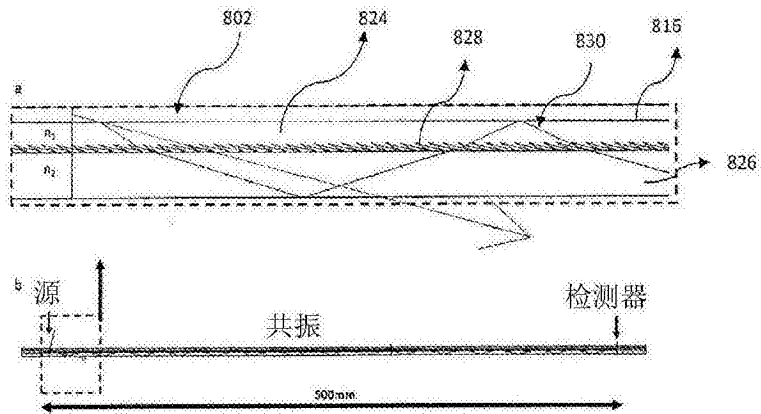


图8 (f)

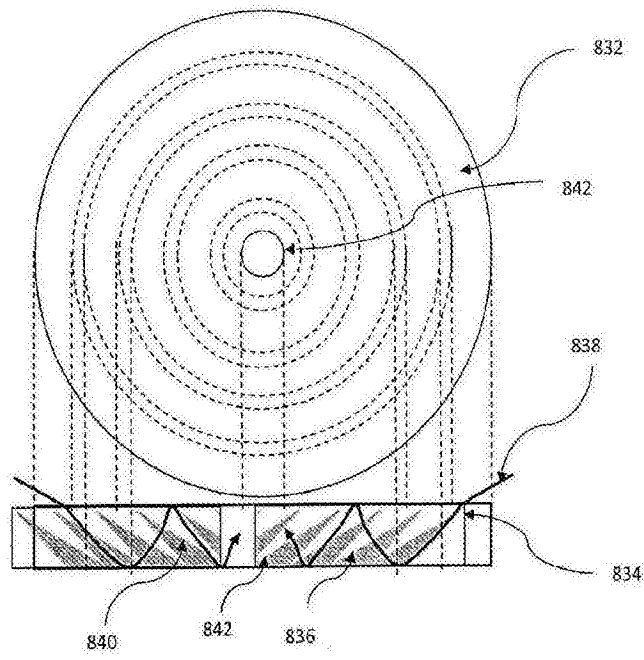


图8(g)

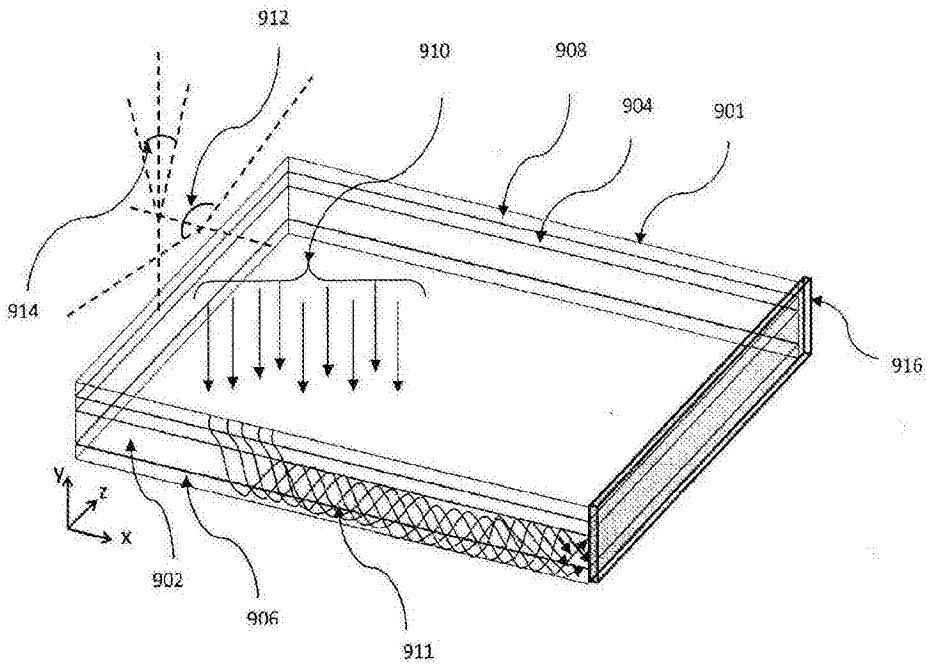


图9(a)

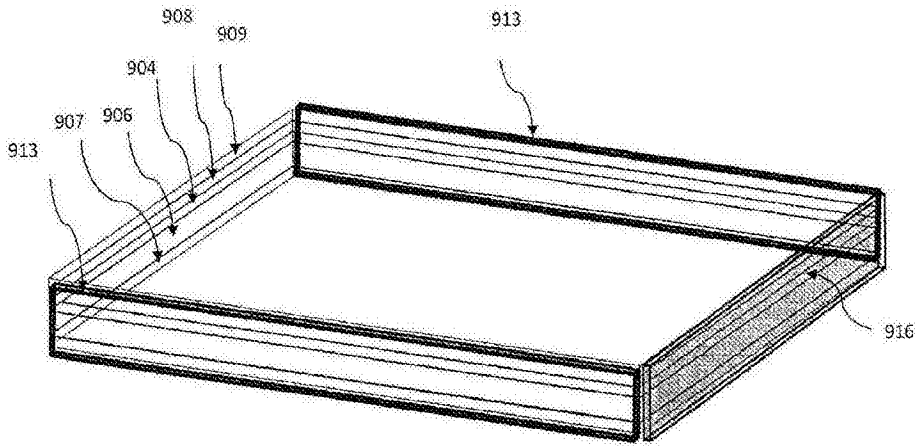


图9 (a1)

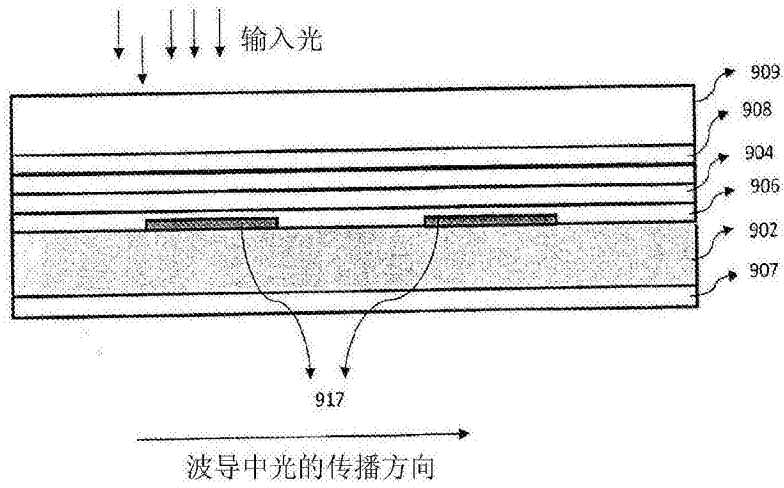


图9 (a2)

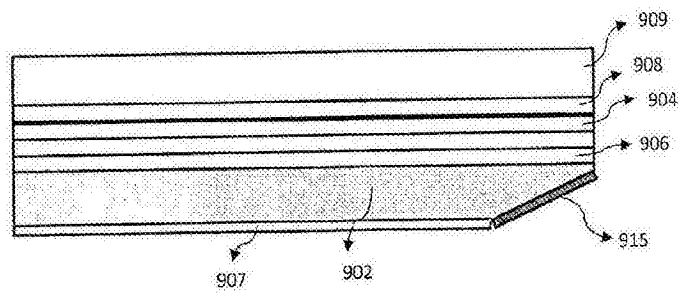


图9 (a3)

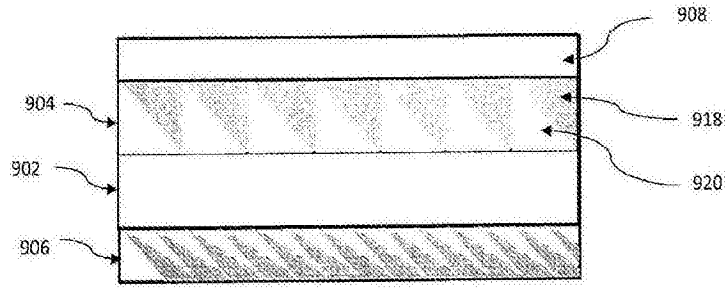


图9 (b)

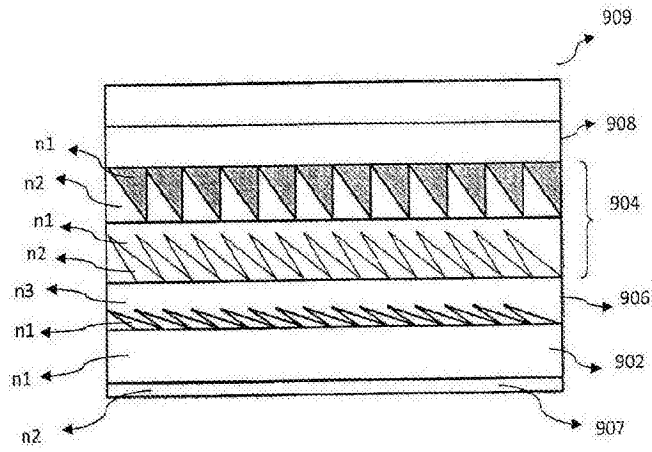
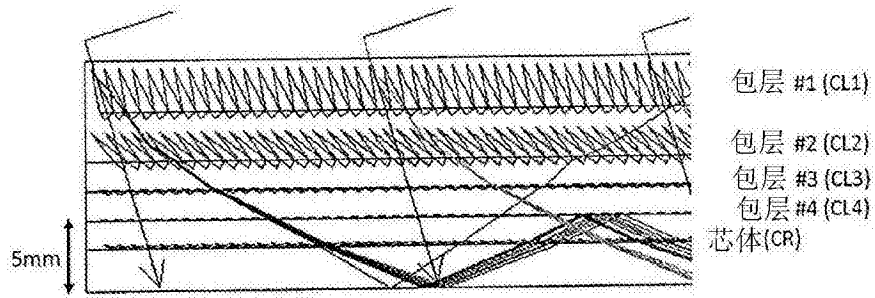


图9 (b1)



在上面所示设计中的包层内的每个界面的不同参数的定义

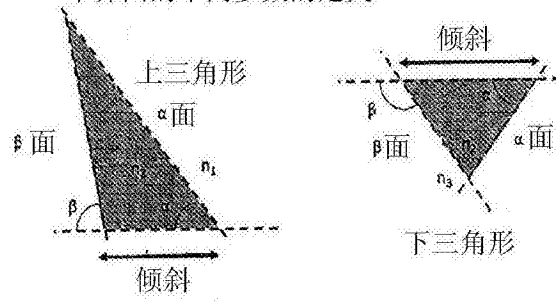


图9 (b2)

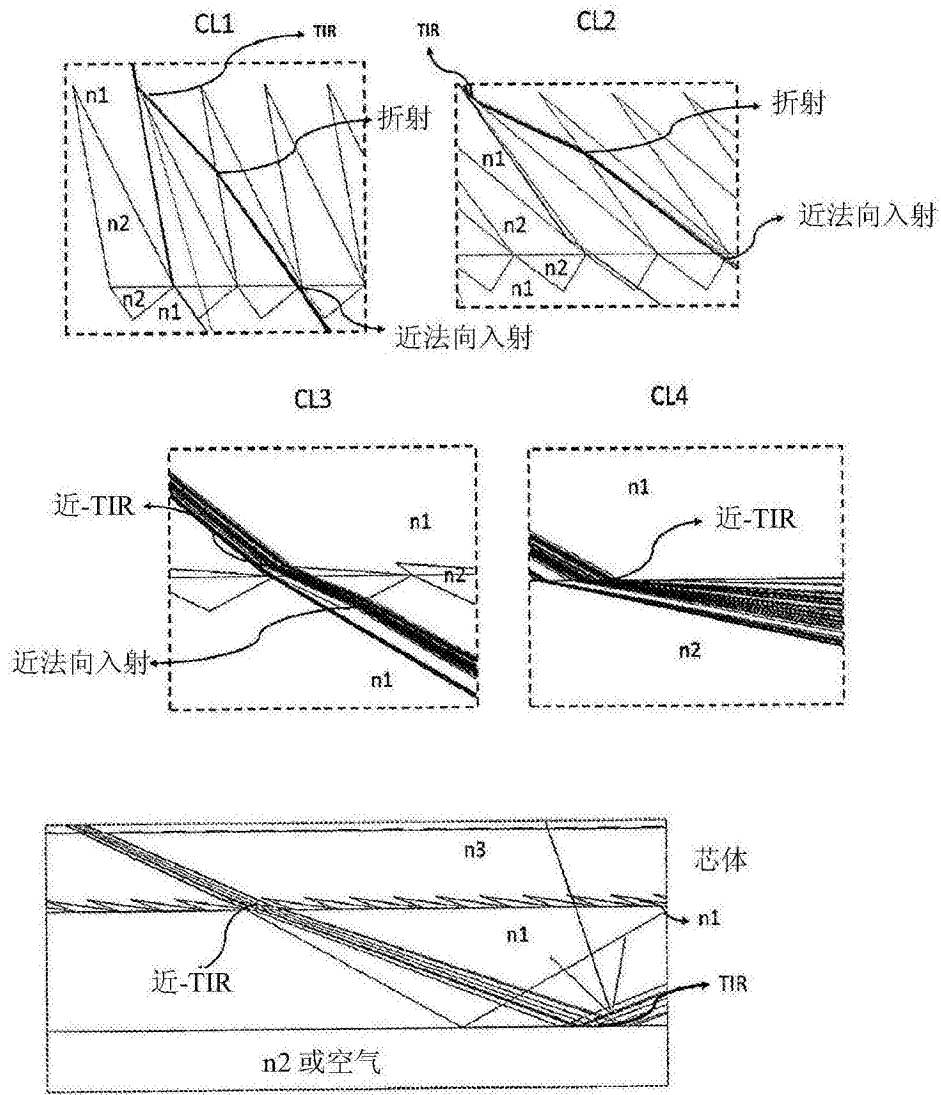


图9 (b3)

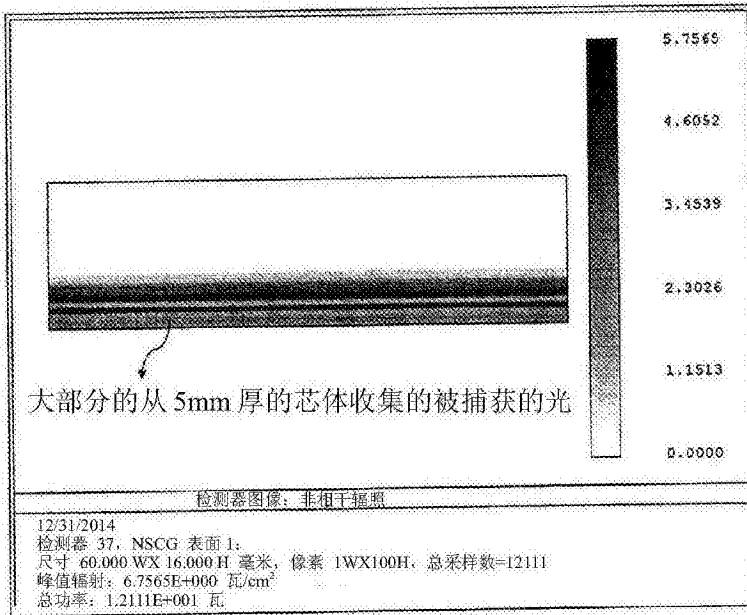
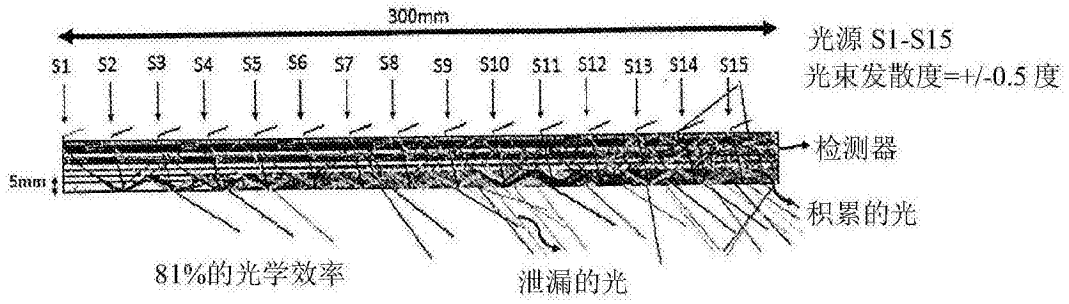


图9 (b4)

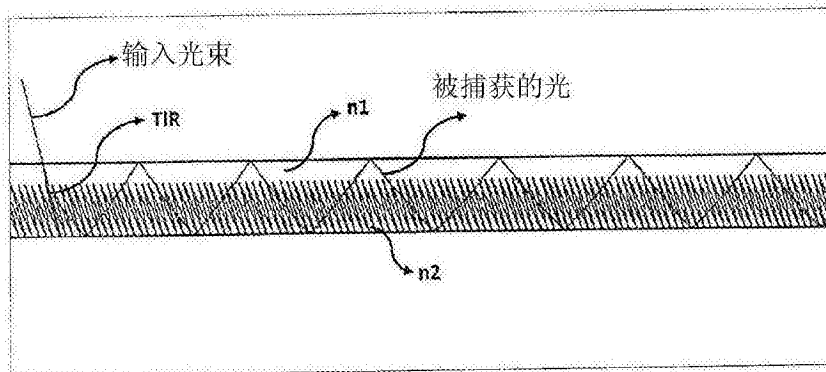


图9 (b5)

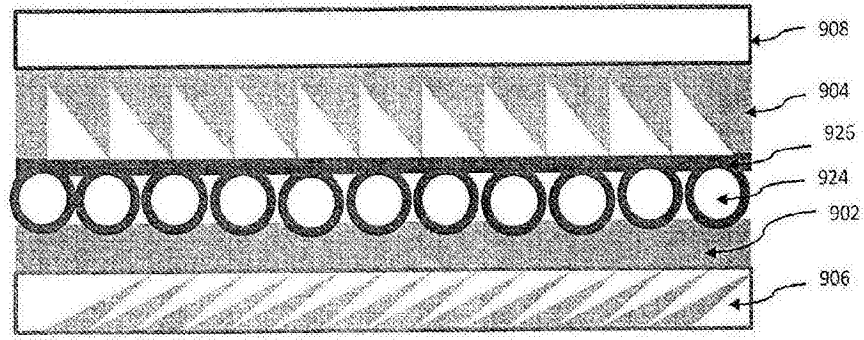


图9(c)

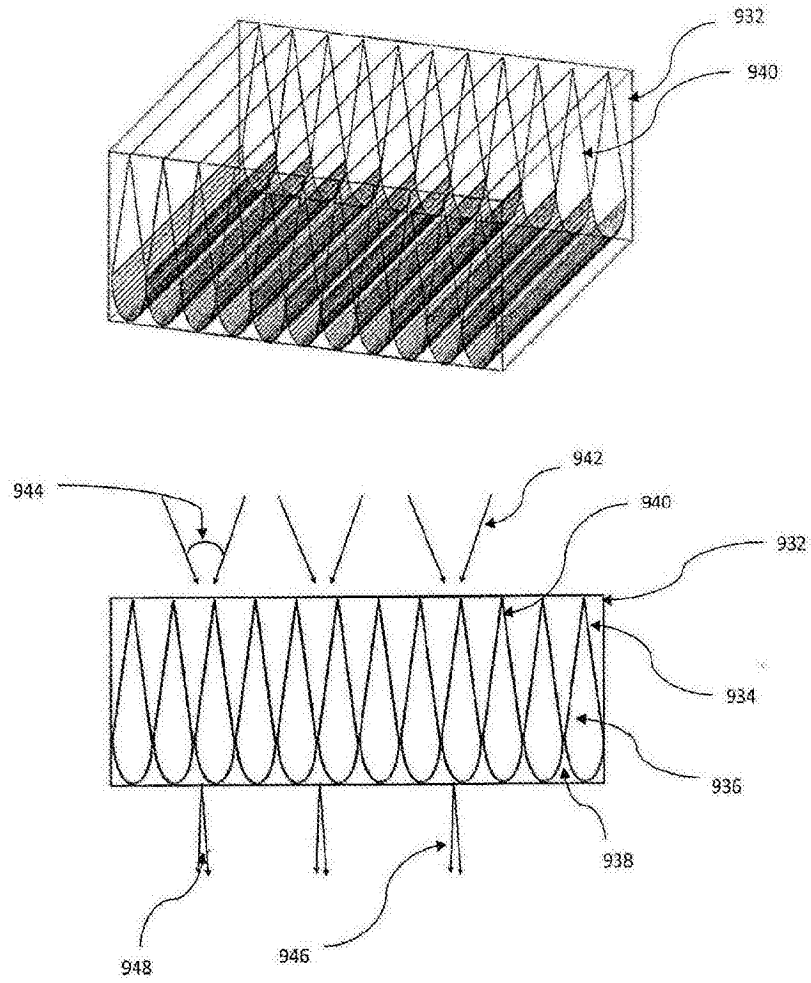


图9(d)

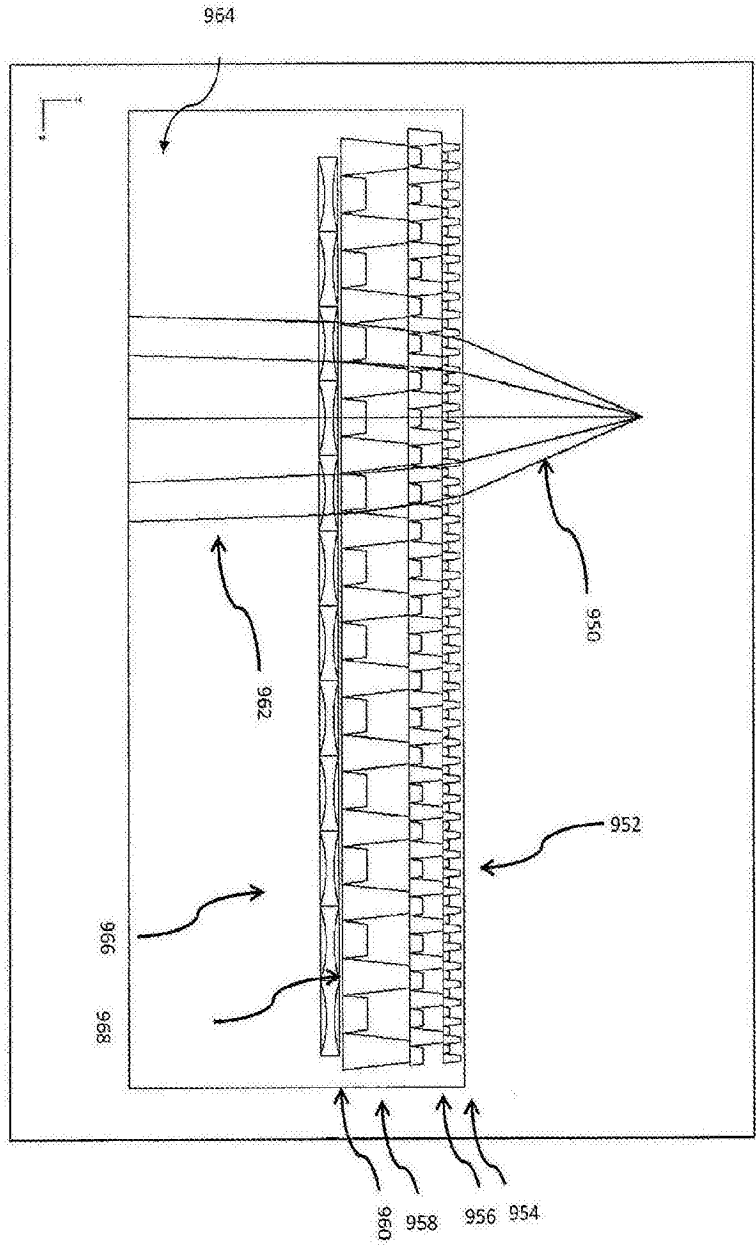


图9(e)

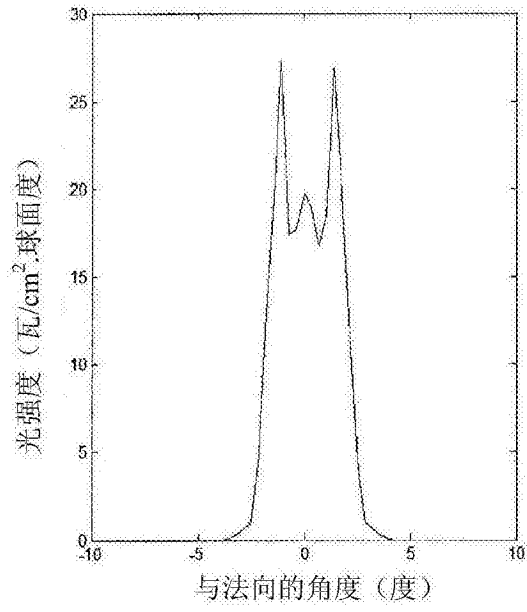


图9 (f)

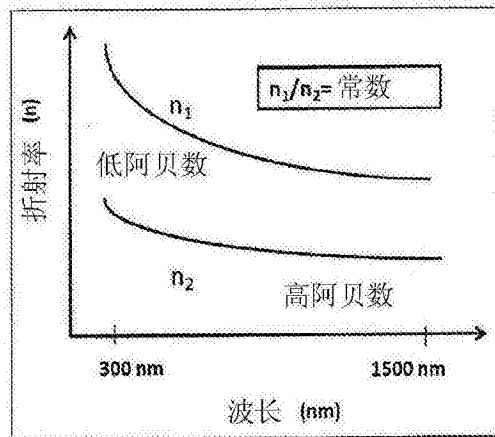


图10 (a)

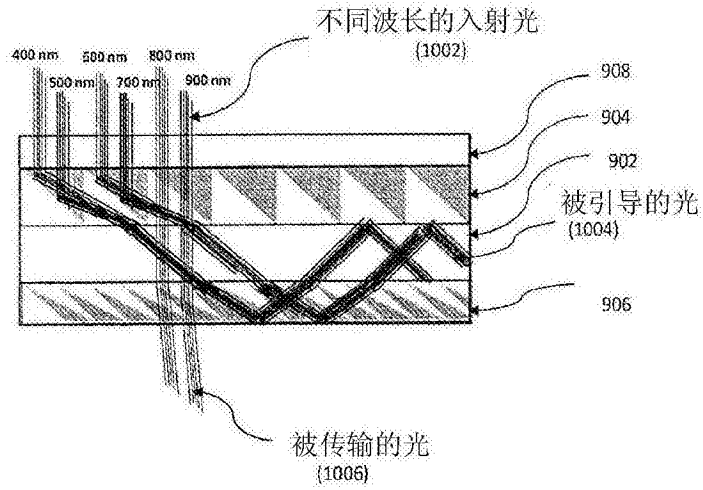


图10 (b)

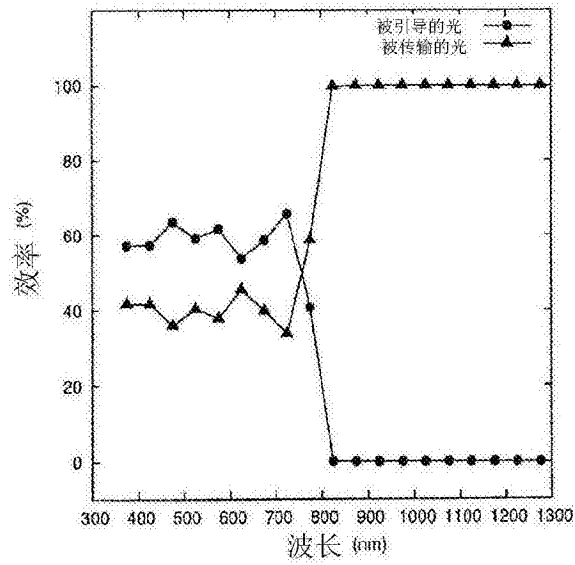


图10 (c)

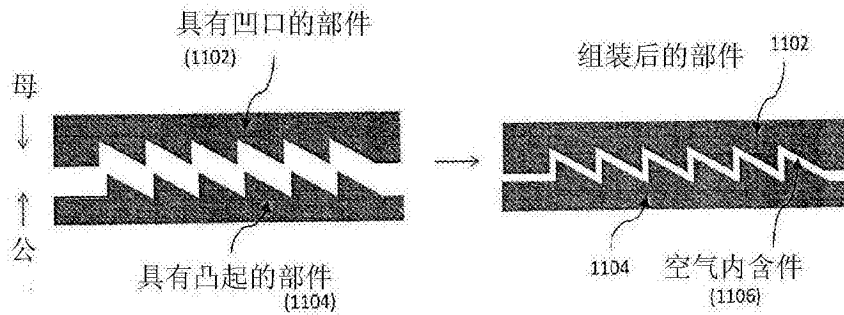


图11 (a)

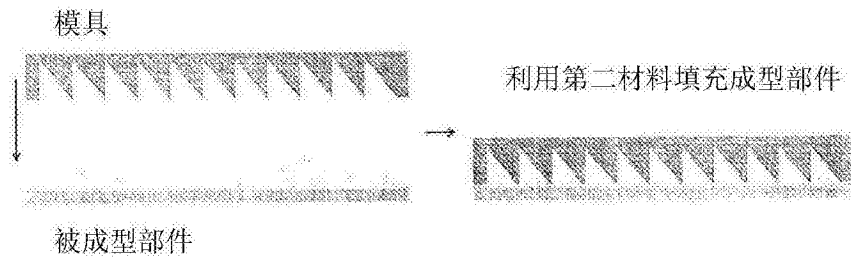


图11 (b)

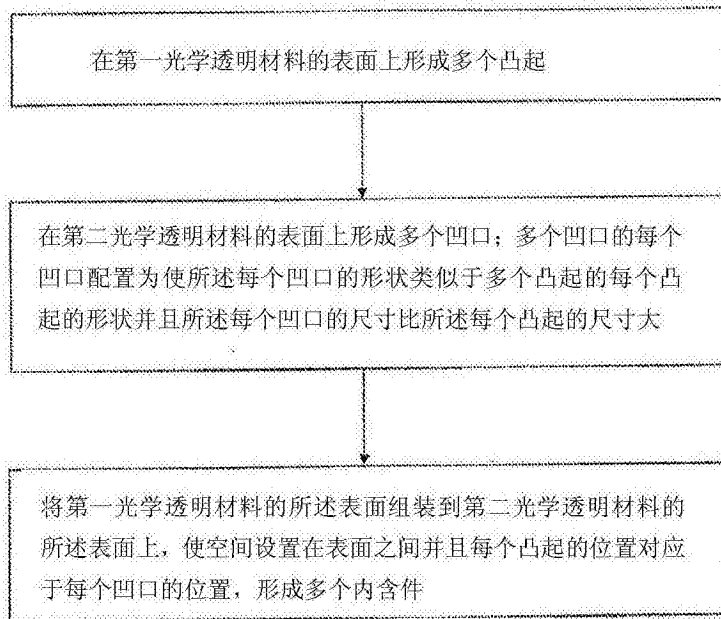


图11 (c)

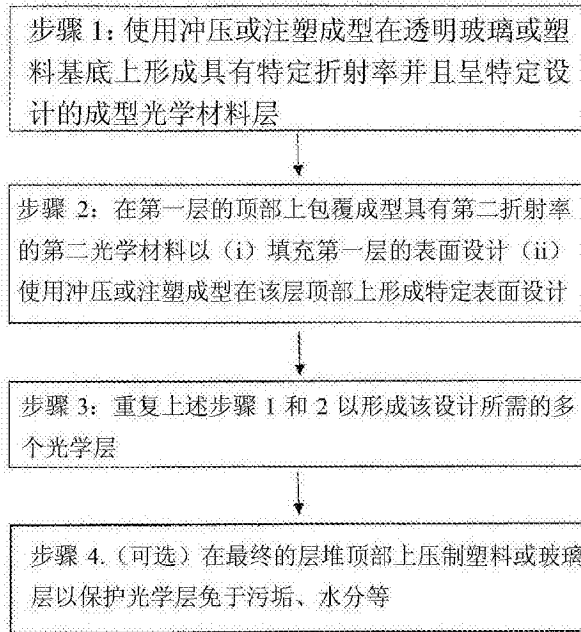


图11 (d)

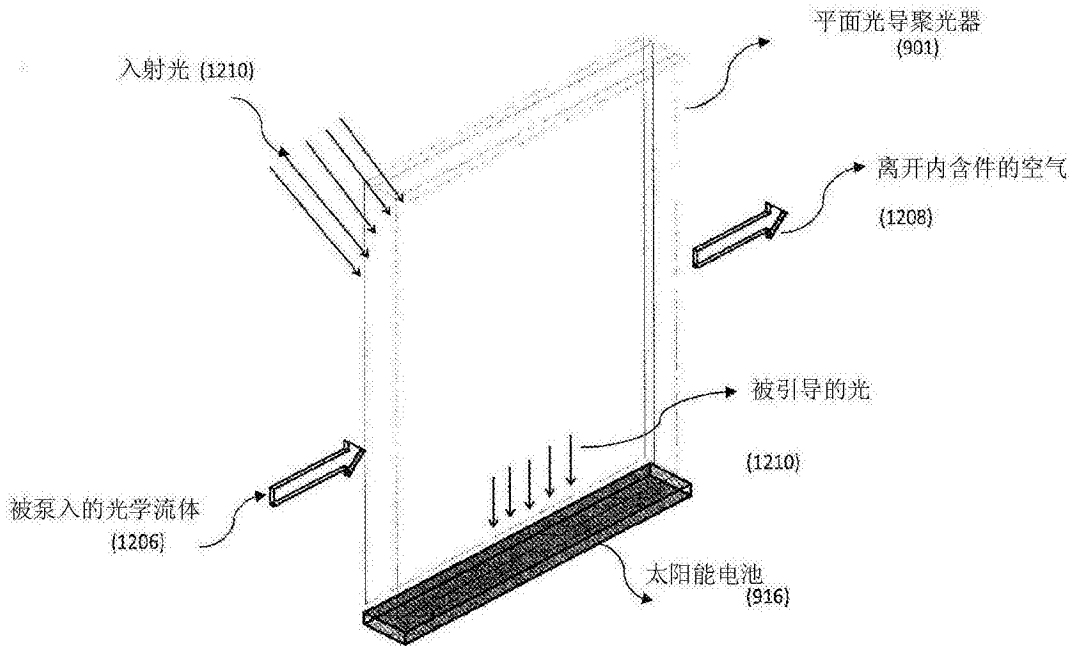


图12 (a)

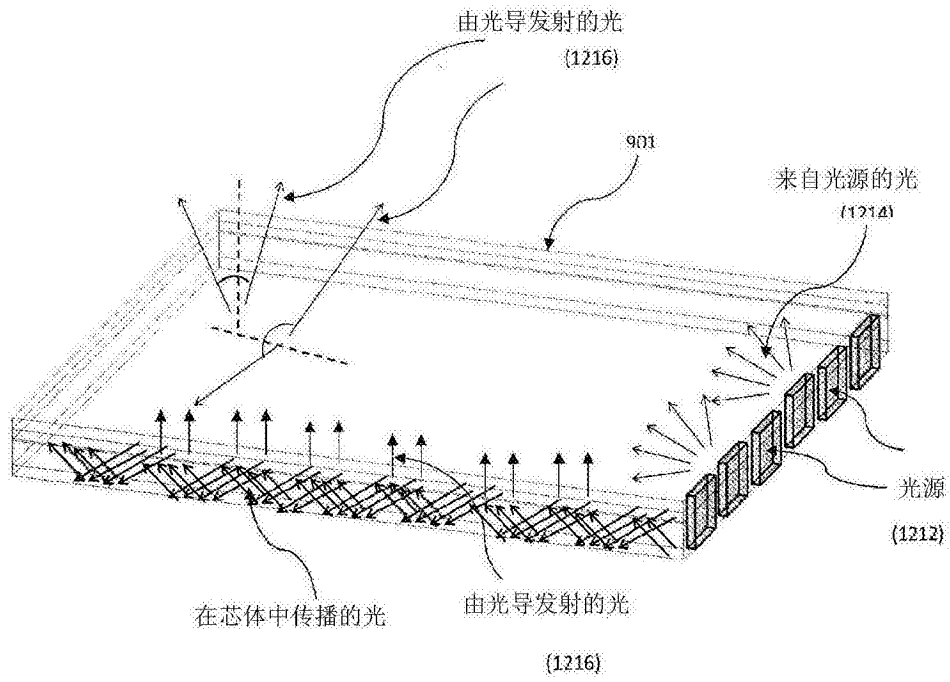


图12 (b)

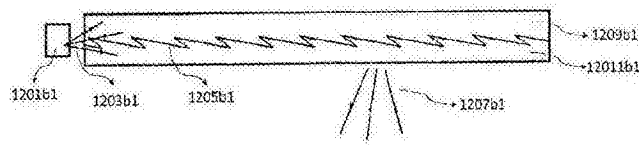


图12 (b1)

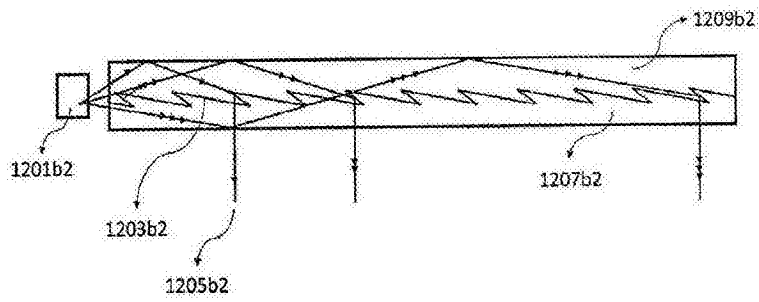


图12 (b2)

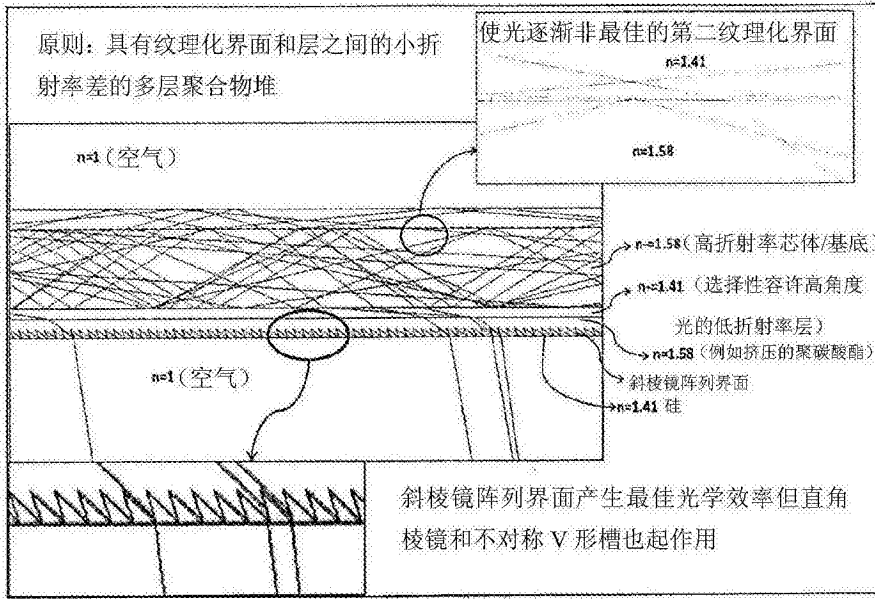


图12 (b2-a)

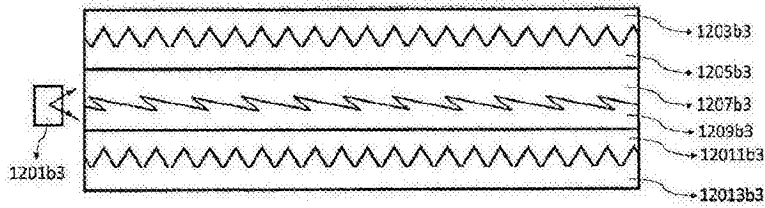


图12 (b3)

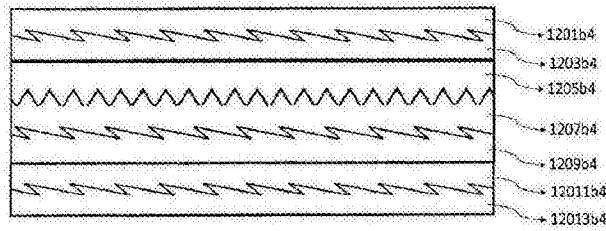


图12 (b4)

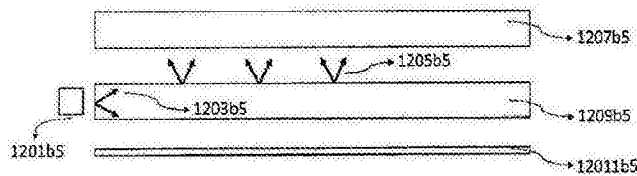


图12 (b5)

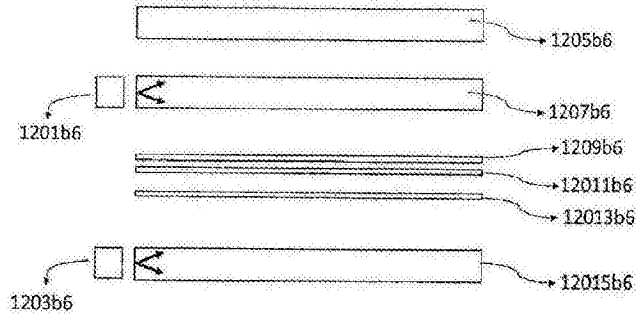


图12 (b6)

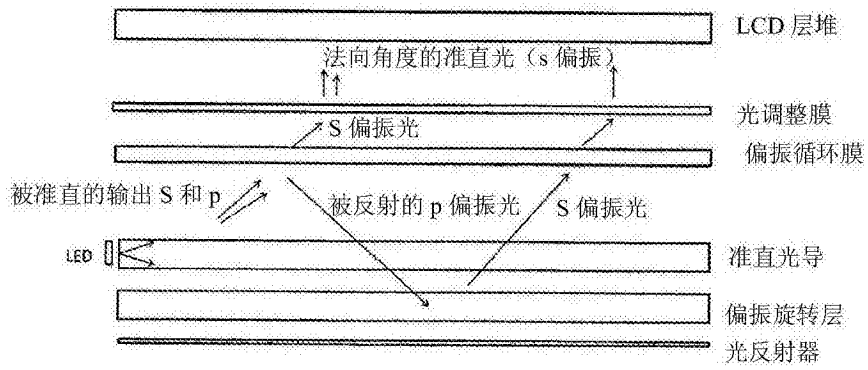


图12b7

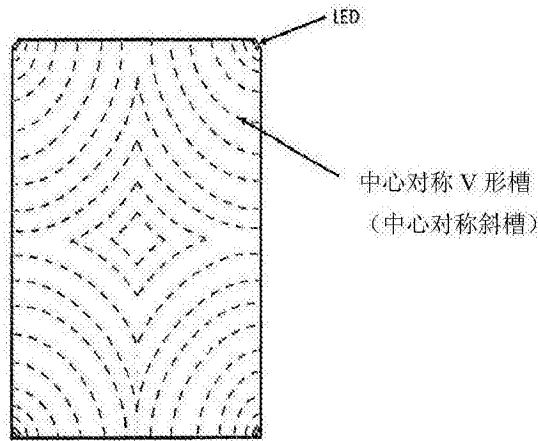


图12 (b8)

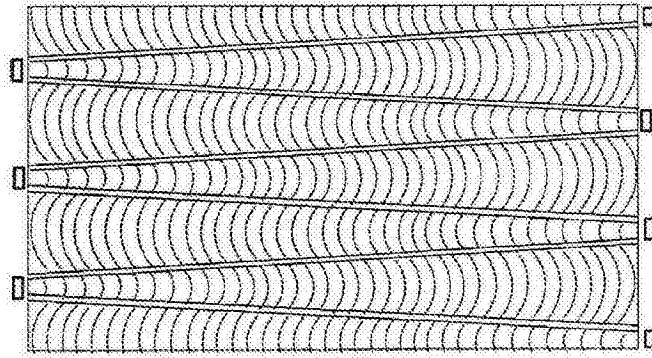
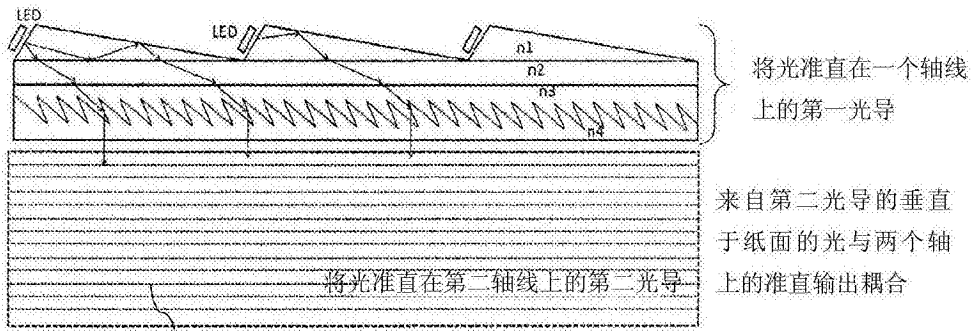


图12b9



微棱镜界面俯视图, 它们的侧视图与图 12 (b1) -12 (b4) 相同

图12b10

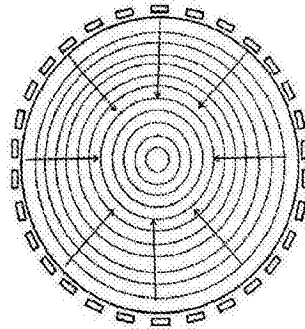


图12b11

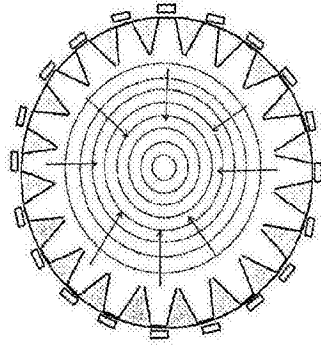


图12b12

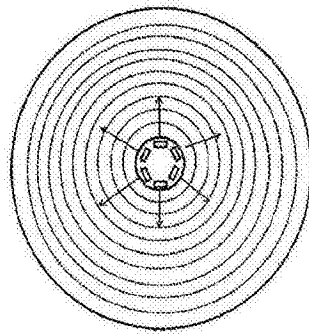


图12b13

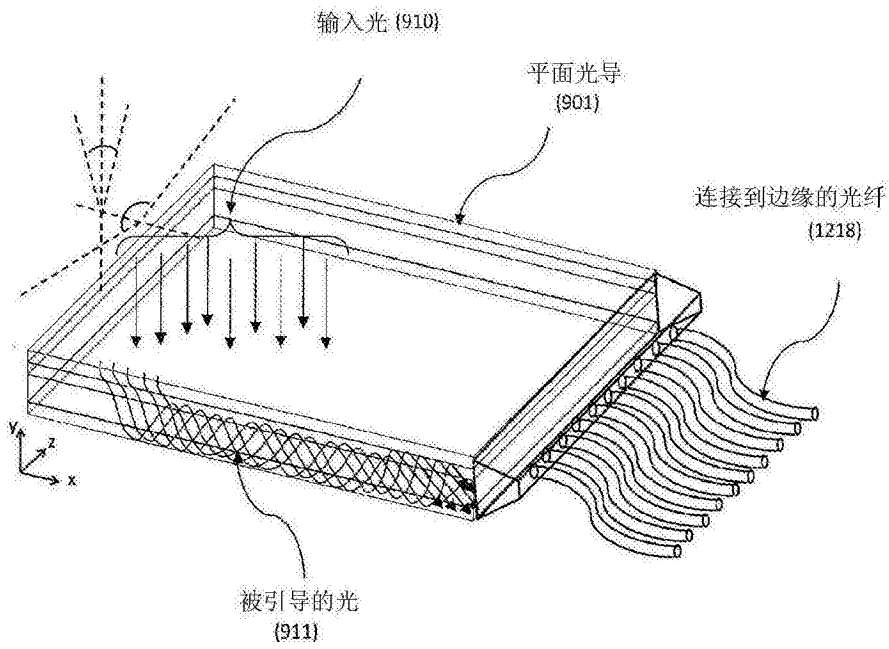


图12(c)

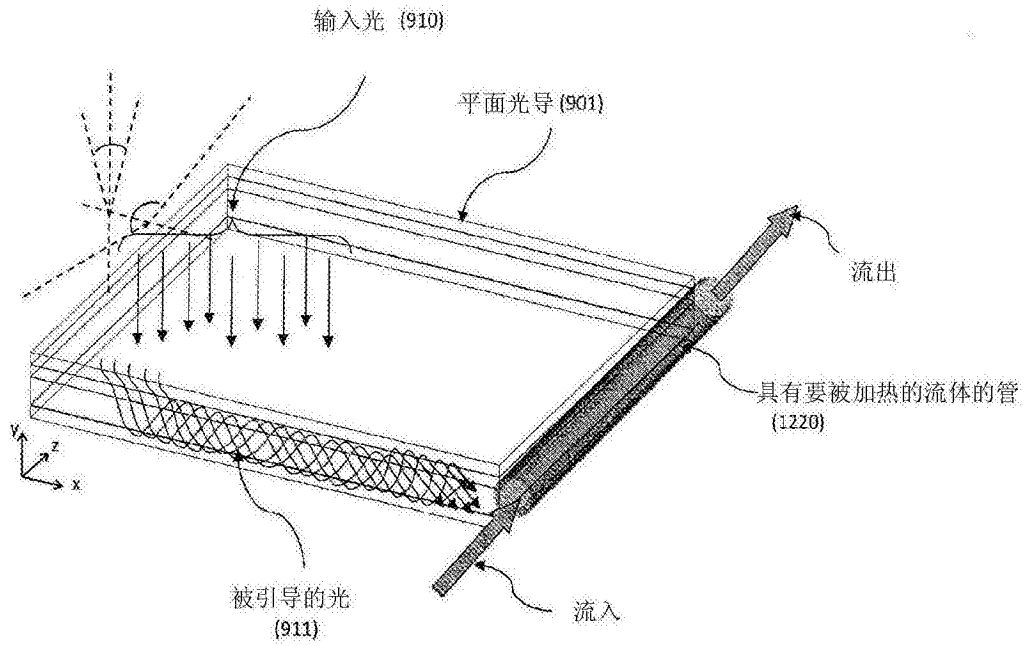
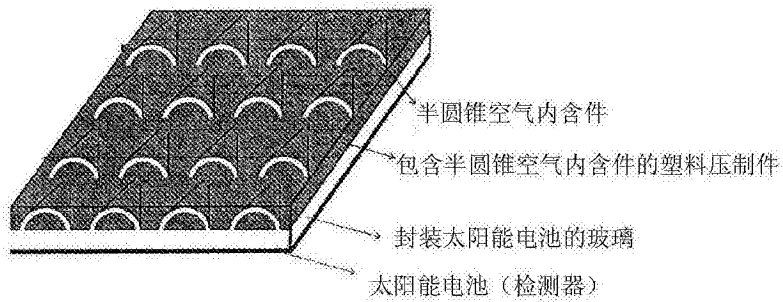


图12(d)



横截面（主视图）



具有半圆柱形表面纹理的压制件的俯视图。每个半圆柱包含沿其轴线的半圆锥形空气内含件阵列。
（我们之后想到代替半圆柱纹理的平面上表面）

纵截面（侧视图）

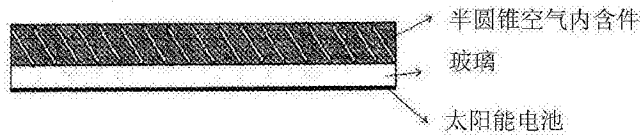


图12(e)

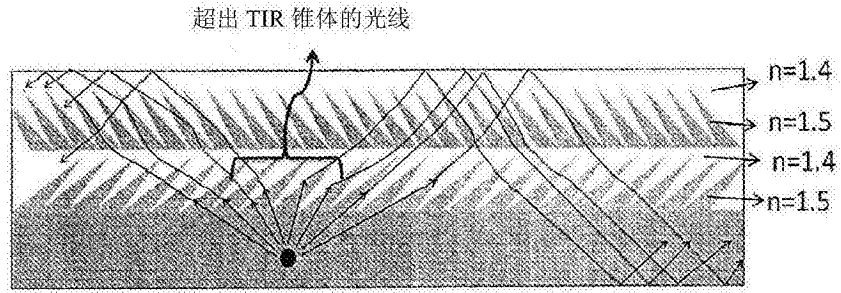


图12(f)

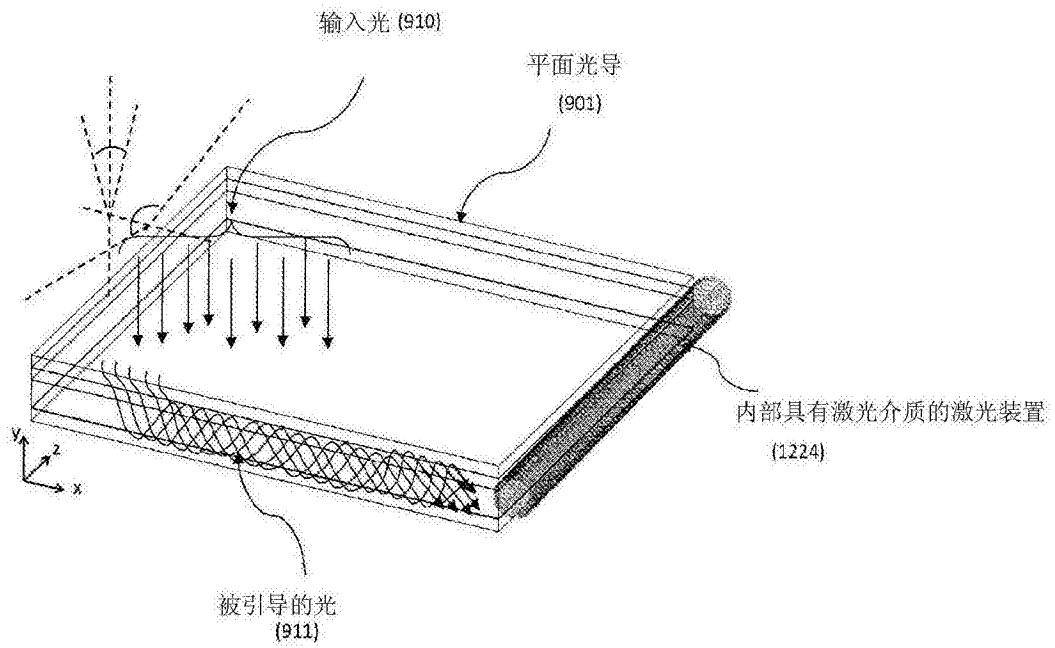


图12(g)