



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101449098 B

(45) 授权公告日 2011.02.02

(21) 申请号 200780002376.4

代理人 黄威

(22) 申请日 2007.01.11

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

F21V 9/00 (2006.01)

11/329,294 2006.01.11 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

(56) 对比文件

2008.07.11

US 6350041 B1, 2002.02.26, 全文.

US 6155699 A, 2000.12.05, 全文.

(86) PCT申请的申请数据

WO 2005103562 A2, 2005.11.03, 说明书第

PCT/US2007/000699 2007.01.11

[0215]-[0220] 段、附图 10A-10D.

(87) PCT申请的公布数据

审查员 王睿爽

W02007/082021 EN 2007.07.19

(73) 专利权人 光处方革新有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 儒利奥·C·沙维斯

瓦基迪·发利科夫

胡安·C·米纳诺 巴勃罗·本尼兹

小威廉·A·帕基恩

罗伯托·阿尔瓦雷斯

奥利弗·德罗斯

(74) 专利代理机构 北京金信立方知识产权代理

有限公司 11225

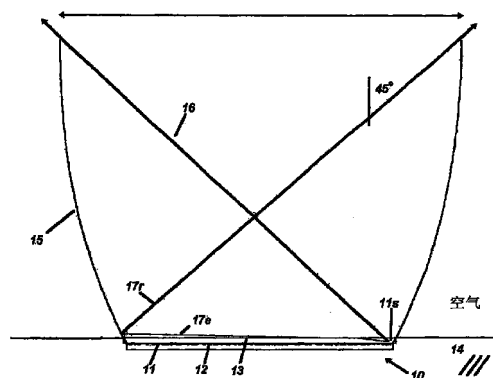
权利要求书 8 页 说明书 52 页 附图 94 页

(54) 发明名称

用于发光二极管的光学歧管

(57) 摘要

本发明公开了在小的有成本效益的包装中、有效结合多个蓝光 LED 输出以照射磷光体从而获得单一实质上均匀的输出的光学歧管。所公开的实施例使用单一或多个 LED 和远程磷光体,中间选择波长的滤光片安排成使得反向散射的光致发光被再循环以增加亮度和输出孔的通量。另外的光阑遮片用于增加磷光体亮度,只有适度的光度损耗。备选非再循环实施例提供平行光束的蓝光和黄光,或分开或组合为白光。



1. 多波长光源,包括:

发射主波长的光的光源;

连接到所述光源并校准其光的输入光学系统;

中间光学系统,所述中间光学系统构造为具有第一端及在另一端具有出口的聚光器;

一个或多个输出端口;

将来自所述输入光学系统的平行光的第一部分引到所述一个或多个输出端口中的至少一个及将来自所述输入光学系统的平行光的第二部分引到所述中间光学系统的所述第一端的一个或多个反射镜;

形成在所述出口上的磷光体片,所述磷光体片材料的成分使其响应于所述光源产生的光的激发而发光,所述磷光体片发射的光返回通过并离开所述中间光学系统以到达所述一个或多个输出端口中的至少一输出端口。

2. 根据权利要求 1 的多波长光源,其中所述光源包括至少一发光二极管 LED。

3. 根据权利要求 2 的多波长光源,其中所述至少一 LED 为顶发射 LED 或实质上顶发射的 LED。

4. 根据权利要求 1-3 任一所述的多波长光源,其中所述磷光体片具有薄缘和两个表面,即接收来自所述中间光学系统的光的内表面及相对的外表面;

所述磷光体片还透射来自所述光源的光;

高度反射的表面覆盖所述磷光体片的所述外表面,使得已由所述磷光体片的所述外表面发射的光改为连同所述内表面发射的光一起返回通过并离开所述中间光学系统。

5. 根据权利要求 4 的多波长光源,其中所述高度反射的表面被提供有散热片。

6. 根据权利要求 1 所述的多波长光源,其中所述一个或多个输出端口包括至少两个输出端口,及光输出为来自不同所述输出端口的两个或多个空间上分开的不同光谱组成的光束。

7. 根据权利要求 6 的多波长光源,其中光输出为来自不同所述输出端口的两个或多个空间上分开的光束,至少包括一与来自所述光源的所述光相同光谱组成的光束及一与所述磷光体片发射的所述光相同光谱组成的光束。

8. 根据权利要求 1 所述的多波长光源,其中所述光源和所述磷光体片位于同一平面上。

9. 根据权利要求 1 所述的多波长光源,其中所述光源和所述磷光体片位于同一轴上。

10. 根据权利要求 1 所述的多波长光源,其中所述输入光学系统和所述中间光学系统位于公共轴上。

11. 根据权利要求 1 所述的多波长光源,其中所述输出端口可关于轴旋转。

12. 根据权利要求 11 的多波长光源,其中所述光的所述第一部分及所述磷光体片发射的光沿所述旋转轴进入所述可旋转输出端口。

13. 根据权利要求 1 所述的多波长光源,其中所述输入光学系统具有比所述中间光学系统小的受光角。

14. 根据权利要求 1 所述的多波长光源,其中一个或多个漫射器加宽所述光的所述第一部分的光束发散角。

15. 根据权利要求 1 所述的多波长光源,其中至少一所述输入光学系统和所述中间光

学系统的至少一聚光器具有长方形截面。

16. 根据权利要求 1 所述的多波长光源,其中所述光源是光源阵列,所述出口为出口阵列,及所述磷光体片为磷光体片阵列。

17. 根据权利要求 1 所述的多波长光源,其中所述光源和所述磷光体片被提供有散热片。

18. 根据权利要求 1 所述的多波长光源,构造成部分再循环及部分非再循环。

19. 根据权利要求 1 所述的多波长光源,其中所述一个或多个反射镜包括定位成反射所述平行光的一部分及被所述平行光的另一部分错过的反射镜。

20. 根据权利要求 1 所述的多波长光源,还包括:

发射主波长的光的第二光源;及

引导来自所述第二光源的光并校准所述光通过一个或多个所述反射镜的第二输入光学系统;

其中所述一个或多个反射镜将来自所述第二光源的平行光传到所述中间光学系统。

21. 根据权利要求 20 的多波长光源,其中来自第一所述光源的所述光的所述第一部分与所述光的所述第二部分的比例不同于来自所述第二光源的所述光的所述第一部分与所述光的所述第二部分的比例。

22. 根据权利要求 20 的多波长光源,可用作可变色温光源。

23. 根据权利要求 20 所述的多波长光源,其中第一所述光源为光源阵列,所述第二所述光源为光源阵列,所述出口为出口阵列,及所述磷光体片为磷光体片阵列。

24. 根据权利要求 23 的多波长光源,其中:

所述磷光体片阵列包括一个或多个绿光磷光体片;

所述第一或第二光源阵列包括一个或多个红光光源;及

对于所述第一光源阵列中的每一红光光源,接收来自所述红光光源的光的所述反射镜为长通滤光片,其透射来自所述一个或多个红光光源的红光及将来自绿光磷光体的所述一个或多个磷光体片的光反射到所述输出端口。

25. 根据权利要求 24 的多波长光源,其中所述第一和第二光源及所述磷光体片被提供有散热片。

26. 根据权利要求 20 所述的多波长光源,

其中所述一个或多个反射镜包括一个或多个倾斜的短通滤光片,其将波长小于规定波长的所述平行光传到所述输出端口,所述规定的波长位于第一所述光源的光谱内;

其中所述一个或多个倾斜的短通滤光片将来自所述第二光源的波长小于规定波长的平行光传到所述中间光学系统,所述规定的波长位于所述第二光源的光谱内;

其中所述中间光学系统将所述磷光体片发射的光返回到所述一个或多个倾斜的短通滤光片中的至少一个,及所述至少一倾斜的滤光片将所述发射的光反射到所述输出端口。

27. 根据权利要求 20 所述的多波长光源,其中

所述一个或多个反射镜包括一个或多个倾斜的短通滤光片,其将波长小于规定波长的所述平行光传到所述输出端口,所述规定的波长位于第一所述光源的光谱内;

所述第二输入光学系统将所述光校准到一个或多个倾斜的长通滤光片;

所述一个或多个倾斜的长通滤光片将波长小于规定波长的平行光反射到一个或多个

全波长折转反射镜,所述规定的波长位于所述第二光源的光谱内;

所述全波长折转反射镜将所述平行光反射到所述中间光学系统;

其中所述中间光学系统将所述磷光体片发射的光返回到至少一所述全波长折转反射镜,所述至少一全波长折转反射镜将所述发射的光引到至少一所述倾斜的短通滤光片,及所述至少一倾斜的短通滤光片将所述发射的光反射到所述输出端口。

28. 根据权利要求 20 所述的多波长光源,其中

所述一个或多个反射镜包括一个或多个倾斜的短通滤光片,其将波长小于规定波长的所述平行光传到所述输出端口,所述规定的波长位于第一所述光源的光谱内;

所述第二输入光学系统将来自所述第二光源的所述光校准到一个或多个倾斜的全波长折转反射镜;

所述一个或多个倾斜的全波长折转反射镜将波长小于规定波长的平行光反射到一个或多个另外的全波长折转反射镜,所述规定的波长位于所述第二光源的光谱内;

所述另外的全波长折转反射镜将所述平行光反射到所述中间光学系统;

其中所述中间光学系统将所述磷光体片发射的光返回到至少一所述另外的全波长折转反射镜,所述至少一另外的全波长折转反射镜将所述发射的光引到至少一所述倾斜的短通滤光片,及所述至少一倾斜的短通滤光片将所述发射的光反射到所述输出端口。

29. 根据权利要求 28 的多波长光源,其中所述倾斜的短通滤光片截面为三角形。

30. 根据权利要求 1 所述的多波长光源,

其中所述一个或多个反射镜包括一个或多个倾斜的滤光片,其反射来自所述输入光学系统的波长小于规定波长的平行光并将较长波长传到输出端口,所述规定的波长位于所述光源的光谱内使得所述滤光片用作光谱分束器;

其中所述中间光学系统将所述磷光体片发射的光返回到所述一个或多个滤光片;

还包括一个或多个全波长反射镜,其将从所述一个或多个滤光片接收的所发射的光重定向到所述输出端口。

31. 根据权利要求 1 所述的多波长光源,

其中所述反射镜包括一个或多个倾斜的滤光片,其将波长小于规定波长的光部分传到所述输出端口及部分反射较短波长及透射较长波长,所述部分透射和反射波长位于所述光源的光谱内使得所述滤光片用作光谱分束器;

一个或多个倾斜的光学短通滤光片透射波长小于规定波长的光及反射较长波长的光;

所述磷光体片发射的光返回到一个或多个所述倾斜的短通滤光片,其将所述磷光体片发射的光反射到所述输出端口。

32. 根据权利要求 31 的多波长光源,其中所述中间光学系统还包括至少一折转反射镜及一个或多个将未被所述短通滤光片反射的较短波长的光重定向回到所述磷光体片的反射镜。

33. 根据权利要求 1 所述的多波长光源,

其中所述一个或多个反射镜包括至少一倾斜的滤光片,其部分透射及部分反射率规定波长短的光;

所述规定波长位于所述光源的光谱内使得所述滤光片用作光谱分束器;

所述滤光片透射率所述规定波长长的波长及使所述部分透射的光能被引到短波长输出端口；

所述中间光学系统包括一个或多个倾斜的长通滤光片；

所述磷光体片发射的光返回到所述长通滤光片；

所述长通滤光片透射所述磷光体片发射的光并将所述光引到长波长输出端口。

34. 根据权利要求 1 所述的多波长光源，

其中所述一个或多个反射镜包括一个或多个倾斜的光学反射镜，所述反射镜将所述光反射到一个或多个分束滤光片，所述滤光片部分透射及部分反射率规定波长短的所述光；

所述规定波长位于所述光源的光谱内使得所述滤光片用作所述光谱内的光谱分束器；

所述滤光片透射率所述规定波长长的波长并使所述部分反射的光能被引到输出端口；

所述光源还包括一个或多个倾斜的光学短通滤光片，其透射波长小于规定波长的光及反射较长波长的光；

所述中间光学系统包括一个或多个倾斜的反射镜；

由所述磷光体片发射的光返回到所述短通滤光片；

所述短通滤光片反射所述发射的光及将所述光引到所述输出端口。

35. 根据权利要求 1 所述的多波长光源，

其中所述一个或多个反射镜包括一个或多个倾斜的光学反射镜，其将所述光的一部分反射到一个或多个长通滤光片；

所述长通滤光片将比规定波长短的光反射到所述输出端口；

其中所述规定波长位于所述光源的光谱内，及所述滤光片透射率所述规定波长长的波长；

所述中间光学系统连接来接收从所述倾斜光学反射镜反射的光的其余部分；

所述中间光学系统包括一个或多个长通滤光片，其将来自所述倾斜反射镜的光的所述其余部分反射到所述出口；

由所述磷光体片发射的光返回到所述长通滤光片；

其中所述长通滤光片透射所述发射的光及将所述发射的光引到所述输出端口。

36. 根据权利要求 1 所述的多波长光源，

其中所述一个或多个反射镜包括一个或多个滤光片，其部分透射和部分反射率规定波长短的所述光；其中

所述规定波长位于所述光源的光谱内，使得所述滤光片用作光谱分束器；及

所述光谱分束器反射率所述规定波长长的波长并成角为将所述部分透射的光引到一个或多个漫射器，所述漫射器加宽所述部分透射的光的光束发散角，所述光束引到一个或多个短通滤光片；

其中所述短通滤光片能透射并将所述光引到输出端口；

所述中间光学系统包括一个或多个倾斜的长通滤光片；

有所述磷光体片发射的光返回到所述长通滤光片；

其中所述长通滤光片透射所述磷光体片发射的光并将所述磷光体片发射的光引到一

个或多个辅助折转反射镜；

其中所述辅助折转反射镜将发射的光重定向到所述短通滤光片，所述短通滤光片将所述磷光体片发射的光反射到所述输出端口。

37. 根据权利要求 1 所述的多波长光源，

其中所述一个或多个反射镜包括一个或多个光学反射镜，其将所述平行光的一部分重定向到所述输出端口；

所述中间光学系统包括一个或多个倾斜的短通滤光片；

所述磷光体片透射来自所述光源的光；

由所述磷光体片发射的光返回到所述短通滤光片；

其中所述短通滤光片反射所述磷光体片发射的光并将所述光引到所述输出端口。

38. 根据权利要求 36 的多波长光源，其中所述输出端口包括短波输出端口和长波输出端口。

39. 根据权利要求 1 所述的多波长光源，

其中所述输入光学系统引导来自所述至少一光源的光的一部分通过短波输出端口；

其中所述中间光学系统包括一个或多个倾斜的长通滤光片，其重定向来自所述一个或多个反射镜的所反射的光；

其中由所述磷光体片发射的光返回到所述长通滤光片，及所述长通滤光片将所述磷光体片发射的光传到与所述短波输出端口邻接的长波输出端口。

40. 多波长光源，包括：

发射主波长的光的至少一光源；

反射规定波长的光并透射其它波长的滤光片；

引导来自所述至少一光源的光通过所述滤光片的输入校准光学系统；

连接来接收来自所述滤光片的所述光吞吐量的输出光学系统，所述输出光学系统构造为聚光器并在相对端上具有出口；

形成在所述出口上的磷光体片，所述磷光体具有发光成分，响应于所述至少一光源产生的光的激发发射所述滤光片反射波长的光；

其中所述磷光体片包括光学上连接到所述光学输出系统的所述出口的合成材料；所述合成材料包括沉积在适当的透明衬底上并从大的合成片切割的磷光体层；及所述磷光体片具有两个表面，即接收来自所述输出光学系统的光的内表面及相对的外表面；

其中所述磷光体片透射来自所述至少一光源的光，使得所述磷光体片的所述外表面可用作所述光源的发射器，或者所述磷光体片发射的光被返回通过所述输出光学系统继而到达输出端口；及

其中所述输出光学系统具有校准来自所述磷光体片的反向散射发光的形状，其通过将所述反向散射的发光引到所述滤光片继而其被反射回到所述出口进行校准。

41. 根据权利要求 40 的多波长光源，其中所述至少一光源包括至少一发光二极管 LED。

42. 根据权利要求 41 的多波长光源，其中所述至少一 LED 为顶发射 LED 或实质上顶发射的 LED。

43. 根据权利要求 41 或 42 的多波长光源，其中

所述至少一 LED 发射蓝光；

所述滤光片包括短通蓝光滤光片；及

所述磷光体片具有发射较长波长的成分，响应于所述至少一 LED 产生的所述蓝光的所述激发发光，所述发光的光谱分布数学上与所述蓝光结合以提供白光光源。

44. 根据权利要求 40 所述的多波长光源，其中所述磷光体片具有非均匀厚度。

45. 根据权利要求 40 所述的多波长光源，其中所述磷光体片具有薄缘，其中所述缘和所述磷光体片的所述外表面的部分由具有高于 90% 的反射率的反射壁遮蔽。

46. 根据权利要求 45 的多波长光源，其中所述反射壁可用于通过所述外表面的所述遮蔽增加所述光源的亮度，所述反射壁使得遮蔽的光再循环到其余通光孔径中。

47. 根据权利要求 45 的多波长光源，其中所述磷光体片上方的所述输出面具有不规则形状的边界。

48. 根据权利要求 47 的多波长光源，其中所述不规则形状的边界为汽车头灯光束图案的形状。

49. 根据权利要求 40 任一所述的多波长光源，其中所述磷光体片被提供有散热片。

50. 根据权利要求 40 任一所述的多波长光源，其中所述输入校准光学系统不是圆形对称系统，其中所述输出聚光器为非成像聚光器且为圆形对称，所述输出聚光器对来自所述输入校准光学系统的光输出的接收具有等于所述光输出的最大斜角的受光角。

51. 根据权利要求 40 任一所述的多波长光源，其中所述输出光学系统包括在其内表面具有高镜面反射率的二次曲面反射器及平凸透镜或透镜阵列，所述透镜的平面接受来自所述滤光片的光。

52. 根据权利要求 51 的多波长光源，其中所述二次曲面反射器被提供有散热片。

53. 多波长光源，包括：

发射主波长的光的至少一光源；

反射规定波长的光并透射其它波长的滤光片；

引导来自所述至少一光源的光通过所述滤光片的输入校准光学系统；

连接来接收来自所述滤光片的所述光吞吐量的输出光学系统，所述输出光学系统构造为聚光器并在相对端上具有出口；

形成在所述出口上的磷光体片，所述磷光体具有发光成分，响应于所述至少一光源产生的光的激发发射所述滤光片反射波长的光；

所述磷光体片具有接收来自所述输出光学系统的光的内表面、相对的外表面、及薄缘，其中所述缘和所述磷光体片的所述外表面的部分由具有高于 90% 的反射率的反射壁遮蔽；

其中所述磷光体片透射来自所述至少一光源的光，使得所述磷光体片的所述外表面可用作所述光源的发射器；

其中所述输出光学系统具有校准来自所述磷光体片的反向散射发光的形状，其通过将所述反向散射的发光引到所述滤光片继而其被反射回到所述出口进行校准。

54. 根据权利要求 53 的多波长光源，其中所述滤光片在所述输入校准光学系统和所述输出光学系统之间，其中所述输出光学系统连接来接收来自所述滤光片的光吞吐量并将所述光传到所述磷光体片。

55. 根据权利要求 53 的多波长光源，其中所述滤光片在所述输出光学系统和所述磷光

体片之间。

56. 根据权利要求 53-55 任一所述的多波长光源,其中所述反射壁可用于通过所述外表面的所述遮蔽增加所述光源的亮度,所述反射壁使得遮蔽的光再循环到其余通光孔径中。

57. 根据权利要求 53 所述的多波长光源,其中所述磷光体片具有非均匀厚度。

58. 根据权利要求 53 所述的多波长光源,其中所述至少一光源包括至少一发光二极管。

59. 根据权利要求 58 的多波长光源,其中所述发光二极管为顶发射发光二极管。

60. 根据权利要求 53 所述的多波长光源,其中所述磷光体片上方的所述输出面具有不规则形状边界。

61. 根据权利要求 60 的多波长光源,其中所述不规则形状边界为汽车头灯光束图案的形状。

62. 根据权利要求 53 所述的多波长光源,其中所述磷光体片被提供有散热片。

63. 根据权利要求 53 所述的多波长光源,其中所述输入校准光学系统为多边形系统,其中所述输出聚光器为非成像输出聚光器且为圆形对称,所述输出聚光器对来自所述输入校准光学系统的光输出的接收具有等于所述光输出的最大斜角的受光角。

64. 根据权利要求 53 所述的多波长光源,

其中所述输出光学系统包括在其内表面具有高镜面反射率的二次曲面反射器及平凸透镜或透镜阵列,所述透镜平面接受来自所述滤光片的光。

65. 根据权利要求 64 的多波长光源,其中所述二次曲面反射器被提供有散热片。

66. 根据权利要求 53 所述的多波长光源,其中

所述至少一 LED 发射蓝光;

所述滤光片包括短通蓝光滤光片;及

所述磷光体片具有响应于所述光源产生的所述蓝光的所述激发发射较长波长发光的成分,所述发光的光谱分布数学上与所述蓝光结合以提供白光光源。

67. 多波长光源,包括:

发射主波长的光的至少一光源;

反射规定波长的光并透射其它波长的滤光片;

引导来自所述至少一光源的光通过所述滤光片的输入校准光学系统,该输入校准光学系统包括一个或多个多边形输入准直器;

连接来在一端接收来自所述滤光片的所述光吞吐量的输出光学系统,所述输出光学系统构造为聚光器并在相对端上具有出口,其中所述输出聚光器为非成像输出聚光器且为圆形对称,所述输出聚光器对来自所述输入校准光学系统的光输出的接收具有等于所述光输出的最大斜角的受光角;

形成在所述出口上的磷光体片,所述磷光体具有发光成分,响应于所述至少一光源产生的光的激发发射所述滤光片反射波长的光;

所述磷光体片具有两个表面,即接收来自所述输出光学系统的光的内表面及相对的外表面;

其中所述磷光体片透射来自所述至少一光源的光,使得所述磷光体片的所述外表面可

用作所述光源的发射器；及

其中所述输出光学系统具有校准来自所述磷光体片的反向散射发光的形状，其通过将所述反向散射的发光引到所述滤光片继而其被反射回到所述出口进行校准。

68. 根据权利要求 67 的多波长光源，其中所述输入校准光学系统为正方形，及其中所述一个或多个准直器包括一个或多个正方形 CPC，所述输出光学系统的所述受光角至少是所述一个或多个正方形 CPC 的受光角的两倍以用于平行于所述正方形一侧的轴平面中的光。

69. 根据权利要求 68 的多波长光源，其中所述输出光学系统的所述受光角至少为约 15° ，所述一个或多个正方形 CPC 的所述受光角最多为约 10° 。

70. 根据权利要求 67-69 任一所述的多波长光源，其中所述输出聚光器不与所述输入光学系统连接的部分用具有至少 90% 的反射率的反射器覆盖。

71. 根据权利要求 67 所述的多波长光源，其中所述至少一光源包括至少一发光二极管。

72. 根据权利要求 67 所述的多波长光源，

其中所述输出光学系统包括在其内表面具有高镜面反射率的二次曲面反射器及平凸透镜或透镜阵列，所述透镜平面接受来自所述滤光片的光。

用于发光二极管的光学歧管

[0001] 相关申请交叉引用

[0002] 本申请要求 2006 年 1 月 11 日由 Chaves 等申请的、题为“OPTICALMANIFOLD FOR LIGHT-EMITTING DIODES”的美国专利申请 11/329, 294 的优先权, 其内容通过引用而全部组合于此。

[0003] 第 11/329, 294 号申请是 2005 年 4 月 25 日由 Chaves 等申请的、题为“OPTICALMANIFOLD FOR LIGHT-EMITTING DIODES”的美国专利申请 11/115, 055 的部分继续申请, 其内容通过引用而全部组合于此。

[0004] 第 11/115, 055 要求 2005 年 3 月 3 日申请的、题为“OPTICALMANIFOLD FOR LIGHT-EMITTING DIODES”的美国临时专利申请 60/658, 713 的利益, 其通过引用而全部组合于此。

[0005] 第 11/115, 055 要求 2004 年 9 月 29 日申请的、题为“OPTICALMANIFOLD FOR LIGHT-EMITTING DIODES”的美国临时专利申请 60/614, 565 的利益, 其通过引用而全部组合于此。

[0006] 第 11/115, 055 要求 2004 年 9 月 22 日申请的、题为“OPTICALMANIFOLD FOR LIGHT-EMITTING DIODES”的美国临时专利申请 60/612, 558 的利益, 其通过引用而全部组合于此。

[0007] 第 11/115, 055 要求 2004 年 4 月 23 日申请的、题为“OPTICALMANIFOLD FOR LIGHT-EMITTING DIODES”的美国临时专利申请 60/564, 847 的利益, 其通过引用而全部组合于此。

[0008] 关于联邦政府资助的研究和开发的声明

[0009] 本发明部分由美国国家能源技术实验室第 DE-FC26-05NT42341 奖金支持。美国政府对本发明具有某些权利。

[0010] 发明背景

技术领域

[0011] 本发明总体上涉及光源, 特别是使用一个或多个发光二极管 (LED) 的光聚集 / 分配系统。

背景技术

[0012] 发光二极管 (LED) 是用途广泛、便宜、及效率高的光源。对于低光应用如野营照明, 一个或多个 LED 即可提供足够的光。然而, 为利用 LED 用于要求更多光的应用, 如汽车前灯, 则必须结合多个 LED 的输出。现有技术中的 LED 在合并多个发射极芯片的发光输出方面并不令人满意。物理芯片邻接的确可产生较大的光源, 但热量排除的限制降低了总亮度。同样, 在相邻的发射极之间几乎没有光照度的连续性, 从而在各个发射体之间留下暗黑区域。LED 可从很多提供商购买到, 且在市场上可获得的 LED 中, 发射极本身已具有各种亮度变化。例如, 一些提供商 (如加利福尼亚州 San Jose 的 OSRAM 公司和加利福尼亚州 Santa

Barbara 的 Cree 公司) 制造了具有引线 and 焊接区的高功率 LED, 其阻挡来自发射芯片上面的光。相反, 加利福尼亚州 San Jose 的 Lumileds 公司的高功率 LED 作为倒装芯片的例子, 其没有引线或焊接区, 而是在正面阻挡光发射。然而, 即使这些 LED, 其跨发射极均具有很大的亮度变化。例如, Lumileds 的 Luxeon I 和 Luxeon III LED, 从中心到边缘的亮度变化达因子 10, 并在一芯片与下一芯片之间具有随机的光栅。这样的不合需要的光栅, 无论是在倒装芯片上还是前引线芯片上, 均可在准直或聚光透镜的光束中产生有害的人工因素。尽管可在这些透镜上方放置漫射器, 但漫射器将损耗 15% 的光并使得光束边缘模糊。一种更有效的源极均化方法, 其保持明显的边缘, 应是光照光学领域很有意义的进展。尽管薄膜 LED 已大大改善了传统基于衬底的 LED 的均匀性, 但其之所以总是具有非均匀的光照度有根本的原因, 因为其固有地、向下通过活性、光生成层的非均匀电流分布。使用较大的焊接电极将在其与 LED 的接合点处产生更多无用的表面复合, 从而必须保持电极是小电极。相反, 在此描述的光学变换器重视电流馈电的来者位置, 放大非均匀性。由于 LED 的未经处理的锯齿边缘将倒装表面复合, 电流不被允许到达它们, 从而 LED 在到其边缘的所有方向均不能被照亮。提供可减轻 LED 固有的亮度不均匀性的光学变换器应是优点。

[0013] 除了使得单源均匀以外, 需要更好的光学方法来结合空间上分开的 LED 芯片的输出, 当严密封装时其更容易冷却。这样的光源结合装置在光学上应产生具有明显边缘的均匀亮度。除了更容易的热管理以外, 还需要光源结合, 其使得任何 LED 的各种变化甚至失效将不引人注意。

[0014] 现有技术中的 LED 还在用于 LED 中的磷光体的几何结构方面不太令人满意, 所述 LED 如产生白光的 LED。直接涂在 1mm 蓝色芯片上的四分之一毫米 (250 微米) 或更厚的磷光体涂层必然增加源面积, 有时增加达因子 4, 因而降低了亮度。磷光体在这样的小芯片上的应用必然导致跨每一芯片及芯片之间的色温变化。同样, 导致大量磷光体输出反向散射。即, 其不经济地照回芯片内, 而芯片有相当吸收性。最后, 磷光体必须经受芯片的高工作温度, 及有差异的热膨胀引起附着问题, 从而如果磷光体松掉则大大降低输出。尽管较薄的磷光体层具有较少的应力问题及更大的亮度, 但只有一家制造商 Lumileds 公司具有先进的磷光体沉积技术可用于其白光 LED 的共形 25 微米涂覆, 比其余制造商的要薄 10 倍。(来自其它公司的实验室样品已被展示, 但这些方法到目前为止尚未被证实可商业化)。即使这样, 设备将跨其表面及芯片之间改变色温。

[0015] 如果磷光体能位于远离 LED 的位置将是有利的。具体地, 如果 LED 器件中的磷光体层位于足够远的位置从而不受 LED 自身温度变化的影响将是有利的。这样的磷光体目标可以是与分开的 LED 芯片的结合区一样小, 从而使亮度最大化。传统的白光 LED 阵列遭受色温的变化。为克服该问题, 制造商采用成本高昂的装箱 (binning) 程序。然而, 目前最新的 LED 仍有相当的色温变化, 即使使用密封箱也是如此。此外, 由于装得紧紧的 LED 阵列必须具有一个或多个芯片宽度的间隔, 磷光体在整个阵列上的简单应用将导致冲淡的、高度不均匀的亮度。

[0016] 自 LED 实现更高的白光亮度, 同时具有均匀性和颜色一致性, 对 LED 进入一般照明应用市场非常关键, LED 的更低的功耗和更长的寿命将大大有利于节能。更大和更有效的磷光体涂层可被使用, 如果它们可与其蓝光源分开的话。这样的进步将使汽车前灯特别受益, 而目前的白光 LED 如应用于汽车其亮度至多勉强够格。实际上, 跨光束的色温变化可导

致多余的蓝光,其对眼科而言非常危险。

[0017] 在一些应用中,从单一较大的源产生大量较小尺寸的源是有利的。这在由于光学元件太厚和/或太大而使得光学设计很难铸模时非常有用。如果所述大的单一源被分成多个具有相同总面积的较小尺寸的源,则相同的透镜设计可用于每一这样的源,正好按比例缩小到可模制的大小。可能还希望这些较小的源比较大的本源更均匀,或它们具有规定的亮度输出。

[0018] 在其它应用中,将单一源或多个源的形状改变成另一形状是有用的,如从正方形改变成实质上具有相等面积的长方形,反之亦然。这对于类似于 LED 头灯这样的应用是有用的,其需要产生高宽比(长比宽)在 2 : 1 到 6 : 1 之间的长方形源。当然,这样的方法必须尽可能地保持源亮度。

[0019] 最后,希望具有极为有效的、用于生产白光 LED 光源的装置,其不使用磷光体,其通过将两个或多个不同波长的 LED 结合为单个同质源进行。传统上,这种方法已使用三种不同颜色的 LED 来实现白光,所述三种颜色 LED 通常是红、绿和蓝光 LED。然而,传统的光学方法没有通过使用这样的 RGB 光源产生长方形或正方形均匀光源。具有通过结合三种以上 LED 波长而产生光源的装置是有利的。另外,具有能产生光源色度可调节的光源的装置是有用的。

发明内容

[0020] 在此描述的光学歧管实施例提供将多个 LED 或其它光源输出有效结合为单一输出的能力,所述光学歧管实质上是可由介质材料制成的、同质的、小的、有成本效益的管壳。光学歧管可用于结合多个相同颜色 LED 的输出以提供高通量和高强度输出光束,或者可用于产生多波长光束。例如,红、绿和蓝光 LED 可被结合以实现“白光”输出。所公开的实施例还使用单一 LED 或多个 LED 以及布置在远处的磷光体涂层,使得反向散射光致发光被再循环到输出。光学歧管使用非成像光学的原理,其被设计来实质上减轻 LED 发射表面上的亮度变化,并提供实质上均匀的光源。此外,这些光学歧管可用于使用正方形形状的 LED 产生多种非正方形形状的光源,包括长方形和非对称高通量光源。这些高通源可用于许多应用,如固态照明汽车前灯。例如,对于该应用,希望具有长宽比为 4 : 1 的、均匀、长方形、基于 LED 的光源。这可以使用在此描述的光学歧管实现。一般意义上的固态照明及具体的发光二极管,受益于在此描述的光学变换器,可发现新的应用。例如,为提供白光 LED,公开了用于将一个或多个蓝光芯片的光传送到空间上分开的磷光体的光学系统。于是,这样的磷光体目标可以与分开的芯片的结合区一样小,从而使亮度最大化。磷光体层位于足够远从而不受 LED 本身温度变化的影响。

[0021] 在此描述的光学变换器总体上涉及使用非成像光学的原理、因新型光学歧管的出现而满足上述照明工程需要。非成像光学的边缘光线原理提出源光束扩展量最小增长的表面,非成像光学的中心量。光束扩展量是源面积 A_s 和源的输出的投影立体角的积乘以包围源的光学介质的折射率 n 的平方:

$$[0022] \quad E = n^2 A_s \sin^2 \theta$$

[0023] 其中 θ 是立体圆锥角的偏位角,立体圆锥角等价于源的辐射图。散射 Lambertian 发射到 2π 球面度由 $\theta = 90^\circ$ 表示。该散射输出是 LED 芯片自身的发射的特征。

[0024] 理想的光学系统光束扩展量守恒,从而理想的准直管的扩大的输出面积导致窄射束角内的高强度,而日光聚光器的焦斑的小尺寸导致自其宽射束角有效增加的通量。

[0025] 在此描述的光学变换器提供新型的光学歧管,其提供平行光束的光束扩展量有限的光照、多个光源的光束扩展量有限的结合、及光束扩展量有限的磷光体利用。通过在此描述的光学变换器而有效地实现这些重要的任务标志着 LED 发展的新阶段。例如,除磷光体以外的其它光致发光材料也可与在此描述的光学变换器一起使用,其较直接布置在 LED 上更容易,所述光致发光材料如光致发光半导体 AlInGaP。

[0026] 在此公开的一些实施例仅利用全内反射,因而不需要在其表面施加金属反射体涂层。另一些实施例包括注模分部,这些分部可组合为完整的歧管以从几个较小尺寸的 LED 芯片的发射产生大的“虚拟芯片”。虚拟芯片较实际芯片具有更好的亮度和颜色均匀性,并可用有效限制的角输出进行配置。同样,受控制的非均匀性可与所述角限制一起进行设计,使得通过将投影透镜的焦面放在歧管输出上而满足强度规定。

[0027] 光程的可逆性使得在此公开的实施例可同样用于通过将大的源转换为几个较小的源而使其分散,与用单一 LED 照明汽车仪表板上的多个仪器仪表一样。使用在此描述的光学变换器,很容易获得备用 LED,其也支持仪表板的光学歧管。

附图说明

[0028] 为更完整地理解本发明,参考下面结合附图的详细描述,其中:

[0029] 图 1A 为具有相邻复合抛物线聚光器 (CPC) 反射器的薄膜 LED 的截面图。

[0030] 图 1B 为图 1A 中的上部发射 LED 的放大截面图,其漫反射器与活性外延层接触。

[0031] 图 2A 为与 10° 填充电介质的 CPC 光接触进行浸入的薄膜 LED 的截面图,其示出了 CPC 的底部。

[0032] 图 2B 为图 2A 的填充电介质的 CPC 的底部的截面图,其示出了全部 10° 电介质 CPC。

[0033] 图 2C 为组合图 2A 和 2B 中所示的截面的光学歧管的截面图,包括用于高效率光引出的高折射率 CPC 和用于校准的低折射率 CPC。

[0034] 图 2D 为图 2C 中部分示出的整个 CPC 的截面图。

[0035] 图 3A 为浸入小半球的薄膜 LED 的截面图。

[0036] 图 3B 为浸入最小可能的球形透镜的薄膜 LED 的截面图。

[0037] 图 3C 为浸入电路板上的典型结构团的薄膜 LED 的截面图。

[0038] 图 4A 为两个薄膜 LED 和棱镜耦合器的截面图。

[0039] 图 4B 为利用图 4A 中所示的棱镜耦合器的光学歧管的截面图,包括两个浸入在较小的 CPC 中的薄膜 LED,每一薄膜 LED 均带有棱镜耦合器,还包括大的 CPC。

[0040] 图 5 为用于两个 LED 的反射光学歧管反射器的截面图,每一 LED 具有馈入单一、更大的矩形 CPC 的 CPC,其提供输出。

[0041] 图 6A 为 2:1 电介质光耦合器的截面图。

[0042] 图 6B 为与图 6A 类似的电介质耦合器的截面图,其还包括混合棒。

[0043] 图 6C 为具有 CPC 输入的混合光学歧管及在空气中具有角度受限的输出的锥形体的截面图。

- [0044] 图 6D 为包括锥形体或特制反射镜和复合透镜的光学歧管的截面图。
- [0045] 图 6E 为与图 6E 类似的结构截面图,但使用复合菲涅耳透镜。
- [0046] 图 6F 为包括复合 TIR 透镜的光耦合器的截面图。
- [0047] 图 6G 为使用多个(如 55 个)圆形对称透镜的六边形平铺光学歧管的平面图,其可用如图 6A-6F 例示的任何透镜实施。
- [0048] 图 6H 为复合 TIR 透镜输入侧的透视图。
- [0049] 图 6I 为图 6H 的复合 TIR 透镜的输出侧的透视图。
- [0050] 图 7A 为光束扩展量有限的通量从圆顶 LED 传入空气中的图象的侧视图。
- [0051] 图 7B 为另一光束扩展量有限的通量从圆顶 LED 传入空气中的图象的侧视图。
- [0052] 图 7C 为另一光束扩展量有限的通量从圆顶 LED 传入空气中的图象的侧视图。
- [0053] 图 7D 为具有二向色滤光片的双准直透镜的侧视图,还包括涂覆磷光体的表面。
- [0054] 图 7E 为另一具有二向色滤光片的双准直透镜的侧视图,也包括涂覆磷光体的表面。
- [0055] 图 7F 为另一具有二向色滤光片的双准直透镜的侧视图,包括离轴 LED 和离轴磷光体系统。
- [0056] 图 7G 为另一具有二向色滤光片的双准直透镜的侧视图,包括离轴 LED 三合一阵列和离轴磷光体三合一阵列系统。
- [0057] 图 7H 为与离轴 LED 和磷光体系统一起使用的另一双准直透镜的侧视图。
- [0058] 图 7I 为具有远程磷光体的交叉 CEC 的截面图。
- [0059] 图 8A 为包括多个按 $2 \times 2:1$ 结构布置的正方形 CPC 的光学歧管的侧视图。
- [0060] 图 8B 为包括 $2 \times 2:1$ 结构正方形 CPC 的光学歧管的端视图。
- [0061] 图 9A 为用于 8 个 LED 和 $2:1$ 矩形输出的 $2 \times 4:1$ 光学歧管的侧视图,还包括混合棒。
- [0062] 图 9B 为另一用于 8 个 LED 和 $2:1$ 矩形输出的 $2 \times 4:1$ 光学歧管的侧视图,还包括混合棒。
- [0063] 图 10A 为 4×4 光学歧管输入侧的透视图,其通过蓝通滤光片馈给 16 个蓝光 LED 的输出。
- [0064] 图 10B 为图 10A 的歧管从输出侧的透视图,其中蓝通后的光被聚光在高度均匀磷光体小片上。
- [0065] 图 10C 为磷光体、单片陶瓷、光学连接到 CPC 的特写分解透视图。
- [0066] 图 10D 为图 10A 的光学歧管的透视图中的射线跟踪,其示出了磷光体的光输出怎样由滤光片返回,大大增加了磷光体效率和亮度。
- [0067] 图 10E 为在图 10A 的光学歧管中安装在绿光磷光体上面的红光半导体的分解透视图。
- [0068] 图 10F 为由红光和蓝光 LED 馈给的歧管,还包括涂覆磷光体的表面。
- [0069] 图 10G 为由红光和蓝光 LED 馈给的歧管的磷光体端的另一图。
- [0070] 图 10H 为单片陶瓷浸入于其中的电介质圆顶的特写分解图,还包括涂覆磷光体的表面。
- [0071] 图 10I 为从另一视角的特写分解图,其示出接收磷光体的圆顶缺口。

- [0072] 图 11A 为自蓝光 LED 的光输出的光谱图,还包括传输曲线。
- [0073] 图 11B 为黄光磷光体的吸收和发射光谱的曲线图,还包括蓝通滤光片的传输曲线。
- [0074] 图 11C 为绿光磷光体的吸收和发射光谱曲线图,还包括红通滤光片的传输曲线。
- [0075] 图 12 为角压缩器的截面图。
- [0076] 图 13A 为包括角转向器的现有技术的图。
- [0077] 图 13B 为图 13A 中所示的现有技术的射线跟踪。
- [0078] 图 13C 为光学歧管的角旋转器的截面图。
- [0079] 图 13D 为与图 13C 类似的角旋转器的另一实施例。
- [0080] 图 13E 为图 13D 中所示的角旋转器的射线跟踪。
- [0081] 图 14 为包括两个经修改的角旋转器的光源移动器 (shifter) 的截面图。
- [0082] 图 15A 为半宽度光源移动器的截面图。
- [0083] 图 15B 为全宽度光源移动器的截面图。
- [0084] 图 15C 示出了可怎样改变光源移动器的几何形状以使能进行不同的横向光位移。
- [0085] 图 16 为光源绞扭器的截面图。
- [0086] 图 17 为 2:1 光学歧管的截面图。
- [0087] 图 18 为具有类似于图 17 的外形的矩形 2:1 光学歧管的透视图。
- [0088] 图 19 为具有类似于图 17 的外形的正方形 1:2 光学歧管的透视图。
- [0089] 图 20A 为具有不同输入颜色的 3:1 光学歧管的截面图。
- [0090] 图 20B 为图 20A 的 3:1 光学歧管的另一实施例,LED 之间的间隔更大。
- [0091] 图 21 为具有共面输入的 4:1 光学歧管的截面图,每一输入具有一个角旋转器。
- [0092] 图 22 为另一具有共面输入的 4:1 光学歧管的截面图,每一输入具有两个角旋转器。
- [0093] 图 23 为 4:1 光学歧管的另一实施例的截面图,具有用于浸入的输入的角压缩器。
- [0094] 图 24 为按大约圆弧形布置的光学歧管的截面图。
- [0095] 图 25 为降低半径的弧上的光学歧管的截面图。
- [0096] 图 26A 为具有中间角旋转器的 $2 \times 2:1$ 光学歧管的透视图。
- [0097] 图 26B 为具有图 26A 中所示中间角旋转器的 $2 \times 2:1$ 光学歧管的透视图。
- [0098] 图 26C 为更公然分支的 $2 \times 2:1$ 歧管的视图。
- [0099] 图 26D 为 $3 \times 3:1$ 歧管的视图。
- [0100] 图 27A 为 $4 \times 4:1$ 分支的光学歧管的透视图。
- [0101] 图 27B 为图 27A 中所示的 $4 \times 4:1$ 分支的光学歧管从另一角度看的透视图。
- [0102] 图 28A 为 $4 \times 4:1$ 绞扭分支光学歧管的透视图。
- [0103] 图 28B 为图 28A 中所示的 $4 \times 4:1$ 绞扭分支光学歧管从另一角度观看的透视图。
- [0104] 图 29 为任意分支的光学歧管的另一实施例的透视图。
- [0105] 图 30 为亮度移动器的透视图。
- [0106] 图 31A 为定义单片光束扩展量挤压器 (etendue-squeezer) 的光学歧管的另一实施例的分解透视图。
- [0107] 图 31B 为图 31A 的分解图中所示的单片光束扩展量挤压器合成后的透视图。

- [0108] 图 31C 为图 31A 和 31B 中所示的单片光束扩展量挤压器的另一透视图。
- [0109] 图 32 为单片 9:1 光束扩展量挤压器的透视图。
- [0110] 图 33A 为具有光学无活性表面的亮度传输管道的截面图。
- [0111] 图 33B 为与图 33A 实施例类似的角旋转亮度管道的截面图。
- [0112] 图 34 为具有对称放置的端口的角旋转亮度管道的截面图。
- [0113] 图 35 为具有无活性表面的 4:1 管道的截面图。
- [0114] 图 36 为具有两个无活性表面的双向对称管道的截面图。
- [0115] 图 37A 为合成系统的截面图,其包括四个具有图 35 结构的结合管道。
- [0116] 图 37B 为另一合成系统中的光学歧管的另一实施例的截面图。
- [0117] 图 37C 为合成系统中光学歧管的另一实施例的截面图,还包括涂覆磷光体的表面。
- [0118] 图 38A 为照明另一 CPC 的电介质 CPC 的截面图。
- [0119] 图 38B 为图 38A 的另一结构的截面图。
- [0120] 图 39A 为包括电介质 CPC 的另一光学歧管的截面图,其示出了以 90° 连接两个 CPC 的缺点。
- [0121] 图 39B 为包括两个如图 39A 中那样的电介质 CPC 的另一光学歧管的截面图,其示出了气隙怎样防止射线漏出。
- [0122] 图 40 为利用磷光体反向发射的交替结构的截面图。
- [0123] 图 41 为如图 40 那样的另一交替结构的截面图,还包括涂覆磷光体的表面。
- [0124] 图 42 为图 41 的另一交替结构的截面图,还包括涂覆磷光体的表面。
- [0125] 图 43 为图 42 的自由空间版的截面图,还包括涂覆磷光体的表面。
- [0126] 图 44 为将组合器添加到图 43 的交替结构的截面图,还包括涂覆磷光体的表面。
- [0127] 图 45 为交替结构的截面图,其包括带有一个光源(不是三个)的折射输出区的正交三色自由空间组合器,以提供多波长输出。
- [0128] 图 46 为交替结构的截面图,其包括如图 45 中的正交组合器以提供多波长输出,但具有四棱镜滤光片结构。
- [0129] 图 47 为提供多波长输出的交替结构的截面图,其包括具有窄角输出的正交棱镜组合器。
- [0130] 图 48 为示出具有窄角输出的平行三色组合器的交替结构的截面图。
- [0131] 图 49 为包括具有输出区 n 倍于一输入的自由空间平行组合器的交替结构的截面图。
- [0132] 图 50 为可用于结合多个不同颜色 LED 以提供多波长光输出的交替结构的截面图,包括具有两个横向 CPC 的棱镜组合器。
- [0133] 图 51A 为包括具有三个平行布置的横向 CPC 的棱镜组合器的交替结构的截面图,以结合光并提供多波长光输出。
- [0134] 图 51B 为歧管的截面图,其使用不同颜色的 LED 和涂覆磷光体的表面产生多波长输出。
- [0135] 图 51C 为歧管的交替结构的截面图,其使用不同颜色的 LED 和涂覆磷光体的表面产生多波长输出。

- [0136] 图 52 为包括两倍宽度亮度移动器的光学歧管的交替结构的截面图。
- [0137] 图 53A 为三重光学歧管的平面图。
- [0138] 图 53B 为图 53A 的三重光学歧管的侧视图。
- [0139] 图 54A 为从图 53A 和 53B 的歧管发射的远场强度的等值线图。
- [0140] 图 54B 为从图 53A 和 53B 的歧管发射的远场强度图的中心水平和垂直面。
- [0141] 图 55 为来自图 53A 和 53B 的歧管的输出面的空间输出的等值线图。
- [0142] 图 56A 为三重光学歧管的另一实施例的透视图,连同电路板上的三个输入 LED。
- [0143] 图 56B 为图 56A 的光学歧管的透视图,还包括自由形态射束成形透镜。
- [0144] 图 56C 为图 56B 的光学歧管和射束成形透镜的透视图,以及其照在射束成形反射器上的输出的射线跟踪。
- [0145] 图 57 为包括四个如图 56C 中所示结构的透视图,例如形成完成指示的汽车灯。
- [0146] 图 58A 为用于产生射束亮度图形状的出口孔的非对称歧管的透视图,其符合汽车前灯照明要求。
- [0147] 图 58B 为图 58A 的非对称歧管的另一透视图。
- [0148] 图 59 示出了交叉 CPC 的结构。
- [0149] 图 60A 为交叉 CPC 远程磷光体系统的侧视图。
- [0150] 图 60B 示出了离开交叉 CPC 远程磷光体系统的射线。
- [0151] 图 61 为边角射线怎样超出接收圆圈的方向 - 空间图。
- [0152] 图 62A 为能流数学图。
- [0153] 图 62B 为能流的波长组成。
- [0154] 图 62C 为远程磷光体性能曲线。
- [0155] 图 63A 为具有圆形 CPC 的 4:1 远程磷光体系统。
- [0156] 图 63B 为图 63A 的远程磷光体系统的另一图。
- [0157] 图 64A 为遮蔽白光、亮度增加的远程磷光体的截面图。
- [0158] 图 64B 为图 64A 的远程磷光体的立体图。
- [0159] 图 65A 为具有分开的蓝光和黄光输出的远程磷光体。
- [0160] 图 65B 为具有白光输出的远程磷光体。
- [0161] 图 65C 为远程磷光体的变体,其中 LED 和磷光体共面。
- [0162] 图 65D 为远程磷光体的变体,其中 LED 和磷光体共面且具有分开的蓝光和黄光输出。
- [0163] 图 65E 为远程磷光体的变体,其中 LED 和磷光体片共面且具有白光输出。
- [0164] 图 66A 为图 65A、65B 和 65D 的滤谱器特性。
- [0165] 图 66B 为图 65A、65B 和 65D 的另一滤谱器特性。
- [0166] 图 66C 为图 65C 的滤谱器特性。
- [0167] 图 66D 为图 65E 的滤谱器特性。
- [0168] 图 67 为实际滤光片的光谱透射率的图。
- [0169] 图 68A 为 10° 正方形 CPC 馈给 15° 正方形 CPC 的图。
- [0170] 图 68B 为长方形交叉 CPC 的图。
- [0171] 图 69A 为具有冷却的共面 LED 和磷光体片的远程磷光体,其具有重合但失配的蓝

光和黄光输出。

[0172] 图 69B 为具有补偿漫射体的远程磷光体。

[0173] 图 69C 为具有较小输出反射镜的远程磷光体。

[0174] 图 70 为具有空间及角度重合的蓝光和黄光输出的非再循环远程磷光体系统。

[0175] 图 71 为具有 16 个蓝光 LED 和 4 个磷光体的远程磷光体,所有 LED 和磷光体均共面,产生空间和角度一致的聚合白光输出光束。

[0176] 图 72A 和图 72B 为具有锥形及透镜而不是大的电介质 CPC 的远程磷光体的立体图。

[0177] 图 73A 为侧向发射远程磷光体系统的截面图,其中 LED 和磷光体片大约位于同一轴上。

[0178] 图 73B 为具有空间上分开的连续短和长波输出端口的远程磷光体系统的截面图。

[0179] 图 73C 为图 73A 的侧向发射远程磷光体系统的另一实施例。

[0180] 图 74 为 T 形远程磷光体系统,其白光输出的色温可控。

[0181] 图 75 示出了类似的系统,但 LED 和磷光体片在同一平面内。

[0182] 图 76 为图 75 的另一实施例,其中两个 LED 和磷光体片在同一平面内。

[0183] 图 77 为使用图 75 教示的原理并具有八个蓝光 LED 和四个磷光体片的远程磷光体系统的立体图。

[0184] 图 78 为具有可调色温的、使用两个蓝光 LED 的远程磷光体系统的截面图。

[0185] 图 79 为具有可调色温的、使用部分再循环的黄光的远程磷光体系统的截面图。

[0186] 图 80 为同样远程磷光体系统的变体的截面图。

[0187] 在几个图中,同一附图标记指同一组件。

具体实施方式

[0188] 本发明将在下面结合附图进行描述,其中同一附图标记代表相同或相似的元件。

[0189] 术语和缩写词表

[0190] 下述术语和缩写词用于具体实施方式的整个描述中:

[0191] 角旋转器 将亮度从一平面传送到另一倾斜于第一平面的设备

[0192] CEC 复合椭圆形聚光器

[0193] CPC 复合抛物线形聚光器

[0194] 交叉 CPC 在两个正交方向具有二维 CPC 外形的三维结构

[0195] 二向色滤光片 具有两个不同的传输峰值的滤光片

[0196] LED 的圆顶 由透明介质材料制成的、近似球状的 LED 罩

[0197] 边缘光线原理 非成像光学的基本原理,藉此来自孔边缘的规定的光线集被保证传送到另一孔的边缘,但第一孔不被成像在第二孔上

[0200] 光束扩展量 熵的光学表示,定义为源面积 A_s 和源的输出的投影立体角的积乘以包围源的光学介质的折射率 n 的平方

[0202] ITO 铟锡氧化物

[0203] LED 发光二极管,将低压直流转换为窄的光谱带中的光的

[0204]		直流转换器
[0205]	照明器	20 世纪的新语,代替 19 世纪使用的“发光体”,用以描述光源及功能上相关的光控制装置,如反射器或灯罩
[0206]		
[0207]		
[0208]	亮度移动器	将亮度传送到不同横向坐标的设备
[0209]	NA	数值孔径
[0210]	磷光体	响应于外部激发而发光的光致发光材料,通常在激发中止后仍继续
[0211]		
[0212]	磷光体片	具有给定大小和形状并包含磷光体的构件。其可包括磷光体或分布在密封剂如硅酮液中的磷光体。磷光体片也可制造为合成材料,其中磷光体层(具有或没有密封剂)在批量生产过程中沉积在适当的透明衬底上,如片或薄膜
[0213]		
[0214]		
[0215]		
[0216]		
[0217]	PMMA	聚甲基丙烯酸甲酯,透明丙烯酸塑料的聚合物成分
[0218]	RIIR 透镜	具有指定顺序的折射(R)和内部反射(I)表面的透镜系统
[0219]	镜系统	
[0220]	SMS	产生双表面光学设备的光学设计方法,所述光学设备将两个指定的输入波前变换为两个指定的输出波前,如美国专利申请 10/269,479、10/880,386 和美国专利 6,639,733、6,867,929 中公开的那样
[0221]		
[0222]		
[0223]		
[0224]	薄膜 LED	包括非常薄的层且从其顶面发射其几乎 100%的放射线的 LED
[0225]		
[0226]	TIR	全内反射
[0227]	波前	传播电磁场中的固定相表面
[0228]	概述	
[0229]	为说明的目的,“光学歧管”类似于引擎的排气歧管。在光学歧管中,提供了多个通道,其或将多个光输出结合为单一输出,或将单一输出跨空间分配。该术语可指光纤扇入和扇出设备,如 Simmons 等人的美国专利 6,850,684、6,847,774、6,832,032、6,655,848、6,556,754 和 6,549,710 中所公开的。这种多输入、多输出功能是不同于照明的有效分布的信息任务。在光纤说法中,这样的分布有时称为“扇入”和“扇出”,表示将几个光程连接为一个。	
[0230]	当考虑可逆性时,“扇入”和“扇出”之间的区别非常重要。也就是说,一些这样的光纤设备在功能上不能互换,因为在反向光程上的一些光可能散开并在内部损耗。然而,具有能可逆传送光的系统是有利的,从而其实施可用于两个方向。因而,在此描述的光学歧管的实施例可用于两种光分布:从高功率源到应用的多点及将许多源光结合为一个大的、与其输入源具有相同亮度的合成源。	
[0231]	术语“光学歧管”已由 Campbell 等人用在美国专利 4,362,361 中,但在那里该术语指部分反射涂层,当其在板内挖通道时其重复允许小部分激光束逃避反射,从而多个光束被合成一个光束。这种使用不同于传统意义上的使用,因为“光学歧管”现在指分支多对	

一光程。

[0232] 美国专利 6,186,650 公开了分支光波导的“光学歧管”，并说明了几个实施例。然而，可以认为这些结构的实际光线跟踪有相当的分散，如该专利的图 19A 和图 19B 所示。此外，可以相信，该现有技术的光束扩展量不守恒，其输出大大弱于输入。这是因为端口的弄成方形的终端将导致在那里导向的光的大部分将向后反射。

[0233] 光束扩展量，与熵类似，是光学无序的度量，其基本上等于空间范围和角范围的积。增加光的光束扩展量可被认为是将功变为废热的光学等价行为，其中光学功是发光亮度，废热是该光的无用分散。一旦不可避免的反射和散射被引起时，“光束扩展量受限的”光学设备以几乎最初的亮度传送光。在此描述的光学变换器是光束扩展量受限的变换器，因为输入面积-角乘积被保留用于通过其的光。在此描述的光学变换器的一些实施例从多个源接收光以产生大的、高度均匀的合成源，其将证明在照明领域中非常有用。其它实施例将形成分布式照明系统，如车辆仪表板，其既保持光度又保持光束扩展量，使得在完成照明任务时只需要较少的 LED 光源。

[0234] 光束扩展量受限的光学元件的一个例子是复合抛物线形聚光器 (CPC)，由 Winston 在美国专利 4,002,499 中公开。另一例子是复合椭圆形聚光器 (CEC)，由 Winston 在美国专利 3,957,031 中公开。这两种聚光器均可用作在此描述的光学变换器的构件。最近的例子是 Fein 在美国专利 6,819,687 中公开的角转向元件，其仅在角度在临界角之下时才是光束扩展量有限的 ($NA < 1$)。设计来与光纤照度的角限制一起使用，该设备具有非常大的局限性，而在此描述的光学变换器的、与其外表类似但几何结构不同的角转向部件远优胜过该设备。Fein 的设备为 $NA = 0.5$ 范围的光纤照度，从而当光在 $NA = 1$ 中时，光将漏出该设备 ($NA = 1$ 是在此描述的光学变换器的范围。) 在此描述的光学变换器具有 $NA = 1$ 的范围，因为这使其能够传送四倍于 $NA = 0.5$ 系统如 Fein 的系统的辐照度。Fein 的设备的一局限在于其设计极限是 $NA = 1$ ，因为其主要应用是生物医学设置中的直角转向，对此，在 $NA = 0.5$ 时使用两个 45° 旋转器。相反，在此描述的光学变换器的实施例的角旋转部件在 $N = 1$ 的任何转向角其传送的光具有非常小的漏光，从而在此说明的 90° 角旋转器很容易扩展到包括适于螺旋形结构的 360° 设备，如果这样的新需求出现的话。这种灵活性使在此描述的光学变换器实施例能够用于跨光结合和光分布的整个应用，且具有最大通量，某些东西仍由现有技术完成。这种灵活性还由在此描述的光学歧管的实施例例证，其包括两个相对的、用作亮度移动器的角旋转器，系统的另一有用的元件可任意分支分布式照明的图案。

[0235] 在此提供的另一改进涉及光学变换器的可制造性。在现有技术中，如 Fein 例示的技术，所有表面必须旋光作用在所述光学角转向设备上。这使其很难在不损害旋光作用表面的情况下具有注入点。在此描述的光学变换器通过沿设备的长度方向提供无旋光表面而克服了该问题，所述无旋光表面可用于注入点。无旋光表面可用作保持设备的手段，且它们可自由地修改为各种形状，而不会影响设备的旋光表面的形状。无旋光表面由角旋转器内的光线分布图故意产生，提供与光场的无相互作用包封，在其内可制造无损附属装置。

[0236] 描述

[0237] 通过参考下面对本发明及附图的详细描述可更好地理解在此描述的光学变换器的特征和优点。下面的描述提出了其中使用本发明原理的例证性实施例。

[0238] 在此描述的光学歧管从多个固态源接收光并将其结合为具有和输入总和一样的光束扩展量的、单一虚拟源输出。当光源具有不同的主波长时,输出光具有其比色混合物的色度。由于光的可逆性,同样形状的歧管可用于将来自单一大固态光源的光在多个虚拟源之间分散。

[0239] 具体地,两种固态光源用于在此描述的光学变换器:薄 LED 和圆顶封装的高功率 LED。它们的封装几何结构意味着不同的注入装置结构用于在此描述的光学变换器。现有技术包括几种类型的注入器装置,包括 CPC 和浸没透镜,以及传统的圆顶封装。

[0240] 图 1A 为包括薄膜式 LED10 的光学歧管的截面图,LED10 包括发光层 11、反射装置 12 和窗口 13。LED10 嵌入在保护性透明环氧树脂或凝胶 14 中。所述凝胶的例子为马萨诸塞州 Fairhaven 的 NyeOptical Products 生产的 Nyogel OC431A,其具有 1.46 的折射率及使其保持在适当位置的触变粘度。外部的 CPC 反射器 15 准确地位于环氧树脂 14 的表面上,从而其正好跨在 LED10 上方的窗口 13 上,通常为 1mm 的跨越。在此描述的光学歧管的一个优点在于其允许较大(或多个)LED 的更有效的冷却。冷却较大或多个芯片的困难在于在此描述的光学变换器的动机之一。(电气和热量排除装置未示出。)

[0241] 薄膜式 LED,如图 1A 中所示的 LED10,从器件的上表面发射其几乎 100% 输出通量。这样的器件已在实验室中制造出来,并已为公众所知,如德国 Regensburg 的 OSRAM 半导体公司,其在 2005 年年中已开始商业化生产红、黄、绿、蓝 LED。目前,加利福尼亚州 San Jose 的 OSRAM 公司提出了多种薄膜式发射器技术,包括磷化铟镓铝 (InGaAlP) 和氮化铟镓 (InGaN)。OSRAM 半导体公司迄今为止示出的所有发射体系结构均在其上表面上使用丝焊。目前这些器件中的发射层厚度在 0.1 微米级且整个芯片深度在 2-5 微米。因此,自这些器件的侧向发射非常小,从而它们可理想地适于用于本发明的许多实施例。

[0242] 图 1A 还示出了发射边缘射线 16 的源点 11s,其正好通过 CPC15 的上边缘。同样还示出了水平发射的边缘射线 17e,从而截接反射器 15 的底部,其从底部反射入射线 17r 中,之后其正好通过 CPC15 的上边缘。所示为 45° 设计角。其应用于直接射线 16 和反射线 17r。双箭头 18 指由 CPC15 产生的虚拟源的宽度。该宽度为发射层 11 的宽度的 $1/\sin 45^\circ$ 倍,从而保持光束扩展量。

[0243] 尽管图 1A 所示 CPC15 为中空金属反射器,其也可填充以电介质如铸入环氧树脂。如果 45° 设计角被稍微降低到临界角 (40°),CPC 将变为略高于 45° 设计角的情形,因跨 CPC15 顶部的平面大气干扰,极端射线 16 和 17r 将被折射到水平方向。这样的填充的 CPC 将以等于透明填充材料的折射率的横向放大率使 LED 与空气连接。(面积增加 n^2 因子。)对于更大的放大率,需要更窄的设计角。当该角度降低到时 10°,由于全内反射足够,将无需反射器 15,如图 2 中所示。

[0244] Berg 和 Saul 的美国专利 3,739,217 示教了从高折射率体内引出光可通过使高折射率层的前发射表面或后表面粗糙而得以增加,该粗糙后的后表面与反射层相接。然而,Berg 等的专利既未指出反射器材料也未指明反射器是否应与高折射率体的所有表面直接接触。Berg 等的专利似乎在图 2 和 3 中指示在图示的体和后反射器之间有气隙。

[0245] 图 1B 为图 1A 的 LED10 的放大图,其示出发射层 11 包括位于中间的薄活性层 11a(大约 0.1 微米)、在其上部的 InGaN 层 11u、和在其下部的层 11b。窗口 13 具有倾斜角 13w 以防止光漏出。图 1B 还示出了提高上发射 LED(或主要采取上发射的 LED)的发光引

出效率的方法,其中导电反射层 12 还用于向外延层 11 供电,由此其为直接接触。粗糙表面 11i 为接触表面。所述粗糙化可通过化学刻蚀或其它公知方法在外延层 11 上进行。一旦外延层被粗糙化,反射层 12 可通过真空、溅射或其它沉积方法沉积于其上。

[0246] 反射层 12 的材料特性必须准确地指定以与外延层的特性匹配。例如,当需要导电反射层的情况下,金属材料是最佳选择,但其折射率必须具有适当的复值以获得高漫反射率。例如,对于使用 GaInN 或 GaN 外延层的蓝光 LED, GaInN 和 GaN 的可见波长折射率为约 2.54。计算这样的金属层的反射率包括在费涅反射等式中使用复折射率,使得候选材料的折射率的实数和虚数部分均为临界值。以零入射角入射的射线的反射率可提供用于选择适当材料的度量。实现所述分析的适当等式为:

$$[0247] \quad R = [(N_{epi} - N_s)^2 + k_s^2] / [(N_{epi} + N_s)^2 + k_s^2]$$

[0248] 其中

[0249] R 为在外延和金属层的分界面零入射的反射率;

[0250] N_{epi} 为外延层的折射率;

[0251] N_s 为金属折射率的实数部分;及

[0252] k_s 为金属折射率的虚数部分。

[0253] 假设外延层具有 2.54 的折射率,金属需要低实数部分和高虚数部分。银在从 450nm($k = 2.47$) 到 700nm($k = 4.52$) 的波长范围具有低的实数部分 (0.12) 和非常高的虚数部分。在 550nm 时,厚的银层具有约 0.12 的折射率(实数)和 3.34 的虚数值。将这些值带入前述等式得出 0.93 的反射率。作为比较,铝层在与 GaIn 接触时具有低得多的反射率,因为其在 550nm 时具有 0.76 的实数值和 5.32 的虚数值。这样,对于零入射角射线,在两种材料的分界面的反射率可用同一等式计算为 0.80。这是非常大的区别,特别是对于与该层的反射率具有非线性关系的器件的引出效率,因为外延内的内部射线在或被吸收或从外延层引出之前经历许多边界反射。因此,该底部分界面的反射率的小改善可在 LED 的外量子效率方面产生大的改善。

[0254] 这样的反射层也可使用多层方法用介质材料制成,特别是工业通用的 Bragg 反射器。然而,为向半导体供电,称为 vias 的导电通路必须通过该非传导层引入在某一地方。然而,介质层的使用可增加器件的内阻因而增加给定施加电压产生的内部热量。此外,大家都知道很难设计对大范围波长和入射角均具有高反射率的 Bragg 反射器。这对于在管芯上采用保形磷光体涂覆的 LED 更是问题。因此,银可被视为优于介质反射器的解决方案,因为其在入射角和波长的情况下均表现良好。

[0255] 美国专利 6,784,462 示教了怎样通过在银层前面组合四分之一波长的氧化铟锡(ITO)层而制造用于 LED 的、具有非常高反射率的“全向”后反射器。然而,在'462 专利中的薄膜方法假设银和 ITO 层是光滑的,排除了 LED 底部即“外延层”的任何适当粗糙,因为其通过真空中的原子束制造在衬底的上面。由于高折射率材料立方体内的广泛光陷阱,标准 LED 几何结构,要实现最大引出效率,其必须在反射器与外延层接触的分界面具有粗糙表面。这是实现高漫反射率所需要的,其使得捕集的光将被任意改方向从而有另一机会漏出。此外,ITO 较银具有低得多的电导,这对于某些设计而言是一个缺点。

[0256] 使捕集的光被吸收之前散射出去需要或底部漫射器或顶部散射层与图 1A 的层 11u 合并。也可使用两种方法的结合。然而,当同时使用顶部和底部散射层因而降低器件的

引出效率时,会在器件中引入太多的散射。可见,如果不在层 11u 内引入顶部散射,如美国专利 6,784,462 中描述的完美反射器将不如在此描述的银漫反射器。此外,在许多情况下,希望在层 11u 的顶部具有光滑分界面,因而不能在其分界面或其顶部发射表面的下面引入散射或漫反射层。在这些情况下,后部漫反射器证明最有利并已在此叙述,其将胜过甚至 100%完美的镜面反射器。

[0257] 此外,如果不适当地保护以使其免与空气或腐蚀材料(其很容易与硫反应)接触,银将损耗其反射率,从而其必须用适当的保护层密封。通常,如果银夹在外延层和适当的衬底如锗之间,则不会发生该材料的显著降级,因为其已被气密。如果需要边缘保护,半导体设计领域的技术人员已知有许多适当的材料可使用。

[0258] 关于由银制成的粗糙后反射器的问题,通过使用公知的 Monte-Carlo 射线跟踪技术对其进行的计算机仿真表明在此描述的光学变换器将因在 LED 中具有该特征而大大受益,特别是那些在下面公开的重复利用磷光体的发射的实施例中。

[0259] 当然,该粗糙的银反射器可大大有利于薄膜式 LED,无论是否与在此描述的光学变换器结合使用。再次参考图 1B,另一所述 LED 光学改进是降低下外延层 11b 的吸收比,其中大部分光度损耗发生在外延层 11 内。作为外延,该层通常沉积在蓝宝石晶体上。在制造薄膜式 LED 时,从蓝宝石去除外延晶片。(从蓝宝石衬底去除 InGaN 晶片所需要的过程的主要内容已由 OSRAM-Opto 的 K. Streubel 博士在 2004 年 10 月 20-22 日在美国加利福尼亚州圣地亚哥举行的 Intertech LED2004 会议上在题为“Thinfilm Technology for LightEmitting Diodes”的演讲中描述,其通过引用而全部组合于此。)

[0260] 下层的吸收对其功能而言不是必须的,似乎限于表面原子晶面,与该层的 5000nm 总厚度不相称的几十纳米。根据德国 UIm 大学的 S. Schad 和 B. Neubert 的研究,见 UIm 大学光电子学系 2003 年的年度报告中题为“Absorption in InGaN-on-Sapphire BasedLight-Emitting Diodes”的论文,其通过引用而全部组合于此,InGaN 型 LED 的第一薄层生长在蓝宝石衬底上,大约 65nm,在蓝光波长时其负责 InGaN LED 的大部分吸收比。它们推理认为生长在衬底上的其余半导体材料高度透明。这些平面非常靠近蓝宝石从而它们的晶体结构和吸收比大大增加。在一些实施例中,层 11a 和 11u 均不具有这种薄的吸收层。可用磁流变抛光准确去除该应变子层,从而大大降低吸收比,进而提高 LED 的外量子效率。

[0261] 提高该效率的另一可能是导致图 1B 的前端层 11u 具有体积散射特征,而不是典型的完全透明。使用射线跟踪模型的研究表明将 100/mm 的散射系数引入层 11u 将使得 SMD 型 LED 的效率增加大约 40%,其中层 11u 没有任何明显的散射且没有磷光体层与其接触。类似的改善也可在圆顶型单色 LED 中发生。如果散射系数增加到 200/mm,只有非常微小的改善。反之,如超过该水平,其达到性能从最大开始降级的点。当与已经描述的粗糙后反射器方法结合使用时,在前端层中应用散射手段通常对性能没有有利影响。如果糙化后反射器与具有 10/mm 散射系数的层 11u 结合使用,引出效率只有非常微小的改善。超过该前端散射的水平,性能将低于只使用单一方法的情况。

[0262] 当 LED 的引出效率为高时,在此公开的重获反向散光的光学歧管可被大大增强。具体地,在此描述的远程磷光体实施例在外量子效率方面将优于现有技术,特别是保形磷光体 LED。在此公开的新的光学系统当与上部发射或实质上上部发射 LED 结合使用时其性能将得以大大改善,特别是那些采用具有合适散射的反射背面层的 LED。

[0263] 图 2A 为填充电介质的 CPC 的底部的截面。如图 1A 中一样,薄膜式 LED10 被浸入透明电介质 14 中。光学上与透明电介质 14 连续的是填充电介质的 CPC20,由 CPC 表面 21 形成,其通过全内反射单独工作,因而不需要反射涂层。在实际实施中,CPC20 应单独制造并在光学上与透明电介质 14 连结,刚才上面的薄膜式 LED10。

[0264] 图 2B 为图 2A 的填充电介质的 CPC 的底部的截面,其示出了整个 CPC20,具有成形为 10° 输出角的抛物线形轮廓 21,这是 CPC 仅使用全内反射的最宽可能。轮廓 21 的上边缘 211 为虚拟源 22 的外缘。CPC20 内的电介质继续向右而成为另外的实施方式(未在图 2 中示出),由图 5 中的 CPC54 和较大的 CPC53 例示。

[0265] 在一些实施例中,CPC20 的折射率高于包括图 1B 的透明电介质 14 的环氧树脂材料的折射率。例如,珠宝级的立体氧化锆具有 2.2 的折射率,与钻石相似。即使目前其比聚合物塑料光学器件昂贵,这样的高折射率透明材料在将来必将经济可用。其对于形成光学上与薄膜式 LED 连结的 CPC 以形成在此描述的光学变换器实施例是有利的。在二氧化钛薄膜的高折射率(~ 2.5)与 LED 材料匹配的同时,薄膜的高吸收比使其不适于形成 CPC。来自华盛顿红外材料集团的海军研究实验室的溶胶凝胶材料正被开发以进行浇铸或以晶锭形式,其可用折射率为空前的 2.4-3 高值,足够与 LED 材料匹配的折射率。另外,这些高折射率材料可被设计和制造以在可见光波长时具有非常低的吸收比系数,与最高光度 PMMA 材料类似。这可以消除使目前 LED 困扰的光陷阱和高菲涅耳反射率。图 2C 为使用这种方法的变化的一光学歧管的截面图,其中用两个 CPC 代替 CPC20。第一 CPC2002 与 LED2001 接触,并由与半导体折射率匹配的溶胶凝胶材料制成,第二、上面的 CPC2003 由较低折射率材料制成,如 PMMA。第一 CPC2002 设计用于部分校准并全部反射第二 CPC2003,CPC2003 执行另外的校准。图 2C 中所示的布置大大增加了来自管芯的通量的全部引出。由此,LED2001 在其底部应具有镜面反射层,与图 1B 的漫反射镜不同。包围硅酮材料 2004,具有 1.4 的低折射率,是用于浇铸 CPC2002 的初始模子,其后为小的 CPC2002 提供结构支撑,减轻其与上表面 LED2001 连接处的应力。CPC2001 按折射率比为 2.5 : 1.4 进行设计,完全以全内反射方式工作。其出口面为与较大 CPC2003 的平界面 2005。边缘射线 2006R 和 2006L 被示出由 CPC2001 的上缘反射,之后由分界面 2005 折射为 70° 边缘射线 2007R 和 2007L。它们由 CPC2003 内部反射为最后校准的射线 2008R 和 2008L。与它们相邻的是边缘射线 2008E,源自射线 2006R 和 2006L,其通过分界面 2005 直接折射之后全内反射离开 CPC2003 的壁。

[0266] 图 2D 为图 2C 中部分示出的整个 CPC2003 的截面图,包括边缘射线 2008E 的最终位置。

[0267] 图 2C 和 2D 的器件的另一实施例在 LED2001 和 CPC2002 之间的分界面包括薄的、高匹配折射率层。在这种情况下,匹配折射率磷光体层经如电泳沉积方法沉积在 LED 上(带电胶状粒子或分子在施加的电场的影响下迁移穿过溶液通常由浸入的电极提供,也称为电泳)。一种方法是在磷光体和 LED 的上表面之间提供高接触面积的方法。LED2001、小 CPC2002 和磷光体的折射率应精密匹配,最好在 0.1 的偏差之内。这样,对于在上部无活性表面具有 2.5 折射率的 InGaN LED,磷光体和小 CPC 的材料应具有在 2.4 和 2.5 之间的折射率。基于该器件的实施例不使用或不需短通滤光片如下面图 10B 实施例中所示的短通滤光片 105 为来自 LED 的反向散光设陷阱。当折射率匹配时,光将在磷光体和 LED 背面反射镜之间再循环。

[0268] 图 3A 为嵌入在圆顶 30 中的薄 LED10 的截面图,圆顶为商业封装的典型结构。圆顶 30 被示为最小的可能大小,对于环氧树脂的折射率 ($n = 1.54$),与所有从 LED10 发射的射线避开全内反射一致。LED10 为正方形,并可在截面图中看见。点 10d 标记 LED10 的拐角半径。超过该半径,部分射线将不能出到圆顶外面。假想的示例性射线 31 被内部反射,因为其起点太靠近半球 30 的表面。

[0269] 图 3B 为浸入在球形透镜 33 中的 LED10 的截面图。几乎水平的边缘射线 34e 被折射到外部射线 34r,其表示 30° 的偏转。该角度降低对快速光学系统聚集光束是有用的。在实践中,球 33 应被胶粘到透明衬底 14 上。由于其象差,这样的透镜将稍微增加光束扩展量。其大于图 3A 的半球,但其大小被类似地确定,使得其正好允许通过 LED10 的拐角发射的所有射线能够未经反射的漏出。

[0270] 图 3C 为电路板 37 上的薄 LED36 的截面图,其浸入在环氧树脂团 38 中,其简明的形状源自环氧树脂十分便于大规模生产的特征。不利的是,其拦住一些光。然而,这种形状与大规模生产十分调和,从而在此描述的光学变换器的其它元件可被成形为与其连结。

[0271] 图 4A 为棱镜耦合器 40 的截面图,其具有适于棱镜材料的临界角 α_c 的内角。薄 LED41 跨气隙 41a 发送 Lambertian 发射,其中其被限制在上边缘射线 41e 和下边缘射线 41L 之间。薄 LED42 跨气隙 42a 发射并进入棱镜 40,其中其 Lambertian 发射变成被限制在角 α_c 的一半以内,在上边缘射线 42e 和下边缘射线 42L 之间。内角 40A 为 $2\alpha_c$ 的目的在射线 41e 被看见内反射离开气隙 42 加入射线 42L 时变得很明显。因此,内部反射的光填充入射光边缘射线外的角度空间。

[0272] 图 4B 为使用图 4A 中所示的棱镜耦合器的光学歧管 44 的截面图。光学歧管 44 包括电介质 CPC44c 和结合棱镜块 44b。薄 LED45 浸入在电介质 CPC45c 中,其在气隙 45a 处更宽,跨该气隙将 Lambertian 光照入歧管 44,其中折射将其限制在临界角 α_c 。类似的方法也用于 LED46、CPC46c 和气隙 46a。之后,棱镜耦合器通过 45a 和 46a 接收跨越 $2\alpha_c$ 角的两个辐射输入并将它们在 44b 变为全 Lambertian 式样 (约 $\pm 90^\circ$ 全角)。CPC44c 在块 44b 处扩大其宽度指到其出口面 44a。这使得所有光在 Lambertian 发射 44e 时均能退出,从而形成“虚拟芯片”。在 44b 的出口表面将拦住超过临界角 α_c 的光,从此使用 CPC44c。

[0273] 图 5 为用于两个 LED51 和 52 作为输入的反射光学歧管的截面图,分别具有馈入单一、更大矩形 CPC53 进行输出的小 CPC54 和 55。这是结合两个发光二极管的输出的简单方式。反射光学歧管 50 接收第一 LED 芯片 51 和第二 LED 芯片 52 的光输出。歧管 50 包括上部复合抛物线形聚光器 (上部 CPC) 53 和分别接收芯片 51 和 52 的光的下部复合抛物线形聚光器 (下部 CPC) 54 和 55。分界线 50d 描绘 CPC53 的输入平面和 CPC54 及 55 的输出平面。输出开口 56 将两个 LED 的结合输出发射到约 $\pm 90^\circ$ 。

[0274] CPC54 的运行由边缘射线 57 示出,其为来自芯片 51 的几乎水平的射线的曲面法线 58 附近的反射。在线 50d 反射之后,边缘射线 57 到输出开口 58 的边缘,由虚线的退出线表示,因此其被反射回到水平方向,不幸地,这使得所述虚线稍微不明显。

[0275] 在此描述的光学变换器的另外的实施例通过使用图 5 的聚类抽样原理是可能的,其被建立在图 1A 的反射器上。图 6A 到 6I 的一系列图图示了聚类的另外一些实施例。

[0276] 图 6A 为光学歧管 610 的截面图,其基于如图 2 中所示的电介质 CPC。歧管 610 包括输入 CPC611 和 612 及输出 CPC613。LED 被安装在入口 611L 和 612L,且它们的结合输出

形成在出口 613E。分界线 610D 是输入和输出 CPC 之间的边界。光的可逆性表明可以是大的 LED 照入出口 613E,并使得光在入口 611L 和 612L 发射。

[0277] 图 6B 为光学歧管 620 的截面图,包括输入电介质 CPC621 和 622 及更大的输出 CPC623。输入 CPC621 还包括混合棒 621M,正好从源 621L 向内,其具有可能用于引导的光的最小宽度。这有助于消除源 621L 中的非均匀性,以确保出口 623E 的均匀亮度。

[0278] 图 6C 为光学歧管 620 的一实施例的截面图,包括电介质 CPC 输入歧管 621 和 622,及特制的反射镜 623,其与透镜表面 620S 共同用于在出口 623E 的空气中产生光束扩展量受限的输出。

[0279] 图 6D 为光学歧管的另一实施例 630 的截面图,包括反射输入锥形体 631 和 632、输出锥形体 633、及透镜 634。来自 LED631L 和 632L 的光在输出端口 633E 结合。

[0280] 图 6E 为光学歧管的另一实施例 640 的截面图,包括反射输入反射镜 641 和 642,输出反射镜 643、及菲涅耳透镜 644。来自 LED641L 和 642L 的光在输出端口 643E 结合。为了清晰,菲涅耳透镜 644 的厚度被放大,在实际实施中可能更薄。

[0281] 图 6F 为光学歧管的另一实施例 650 的截面图,包括输入 TIR 透镜 651 和 652 及输出 TIR 透镜 653。输入 LED651L 和 652L 使其输出在聚焦区 653E 结合。图 6A-6E 的界面可以矩形或圆形几何结构体现。然而,TIR 透镜为内在圆形对称,需要对它们进行一些修整以镶嵌为阵列。

[0282] 图 6G 为复合透镜 660 的平面图,包括 55 个六边形、修整的、圆形对称输入装置,如图 6A-6F 例示的装置。每一透镜 661 聚焦在 LED662 上。

[0283] 图 6H 为自光学歧管 670 的输入侧的透视图,包括 7 个圆形 TIR 透镜 671,每一透镜聚集在 LED672 上并接收其光。

[0284] 图 6I 为图 6H 的光学歧管 670 自其另一侧的透视图,示出了输出 TIR 透镜 673 和出口区 673E。

[0285] 一旦本发明的原理被理解,前述元件的许多其它组合可进行明确地表达。例如,图 6A 中的大输出电介质 CPC610 可用图 6F 的大的修整后的 TIR 透镜 653 代替。在这种情况下,输出图象被形成在空气中。该后面的结构具有优点,因为整个光学系统在长度上更短且在某些情况下,TIR 透镜较长的 CPC 或交叉 CPC 更容易铸模,成本更低。

[0286] 在所有上面的结构中,组件或可被铸模为单独的件然后连结在一起,或可被铸模为一件。

[0287] 迄今为止,所示的光学歧管的实施例已使用薄的通常扁平的 LED 为输入源,且许多实施例依赖于靠近扁平发射芯片放置光学歧管的扁平输入。在如图 4-6 所示的实施例中,图 3A 中所示的圆顶 LED 仅可由图 6F-6I 的 TIR 透镜用作输入。对于一些其它歧管结构,将亮度从圆顶引出并将其成像在空气中是必要的,当然,在芯片浸入在折射率 n 的情况下,其在尺寸上将表现为 n 倍大于其它情况。

[0288] 图 7A 为光束扩展量有限的通量从圆顶 LED 传入空气中的图象的侧视图。图 7A 示出了高功率 LED 管壳 700,包括管座 701、发射芯片 702、和透明圆顶 703。固体介质双透镜 710 包括下部透镜 711 和同样的上部透镜 712,方向相对并沿线 710D 连结,两个透镜均关于轴 710A 圆形对称。下部透镜 711 包括中央双曲透镜 711h 和周围的通用笛卡尔椭圆形反射器 711t,其校准传出中柱 711c 的光。双曲透镜 711h 用作入口,被聚焦在 LED 芯片 702 的

中心。上部透镜 712 包括中央双曲透镜 712h 和周围的全内反射表面 712t。光以 $\pm 90^\circ$ 会聚在芯片图象 710E 上,另一光学歧管可从这里接收输入光。示例性的主光线 715 具有自芯片 702 的极角 β 并等于在图象 710E 的极角 β' 。当这样的透镜被精确制造和布置时,图象 710E 的光束扩展量没有增加而高于光源的光束扩展量,且光源亮度不均匀性被消除,因为图象上的点从光源上的许多点接收光。这种非成像作用通过侧面 711t 和 712t 的反射镜反转作用实现,其像道威棱镜一样作用以旋转消除全内反射的光。

[0289] 图 7B 为另一光束扩展量有限的通量从圆顶 LED 传入空气中的图象的侧视图。图 7B 示出了两小平面双 TIR 透镜 720 的截面图,安装在 LED 管壳 700 上。下部 TIR 透镜 721 包围圆顶 703 并校准芯片 702 的光,跨分界面 720d 将其送入上部 TIR 透镜 722,其继而将光聚焦在出口图象 720E 上。透镜 720 关于 LED 管壳 700 的轴 720A 圆形对称。示例性的主光线 725 与轴 720A 对向相等的 β 和 β' 角。该优选实施例的制造光学准确度必须高,以使图象 720E 具有和芯片 702 一样的光束扩展量。图象 720E 的面积相比芯片 702 有增加,其正比于 LED 702 嵌入于其中的圆顶 703 的材料折射率的平方。

[0290] 图 7C 为 SMS 设计的 RIIR 透镜 730 的侧视图,关于中心轴 730a 旋转对称,并具有将其分为下部透镜 731 和上部透镜 732 的赤道平面 730d。中央透镜 731c 聚集从 LED 芯片 702 向上去的光,并将其校准到中央透镜 732c,中央透镜 732c 继而将其聚焦在出口图象 730e 上。包围中央透镜 731c 的是铃状表面 731e,适于将光从芯片 702 分布在全内反射表面 732r 上,其将光校准在下部全内反射表面 731r 上,随即会聚在铃形表面 732e 上,铃形表面将光聚焦在出口图象 730e 上。示例性的主光线 725 以极角 β 退出芯片 702 的中心以在进入表面 731e 被折射 [R]、在上表面 732r 内部反射 [I]、在下表面 731r 内部反射 [I]、最后通过出口表面 732e 折射 [R],因此透镜 730 是 RIIR 透镜。透镜 730 的表面的连续性意味着正方形 LED 芯片 702 将在 730E 具有正方形图象,只有非常小的光束扩展量增加。这是因为所有 RIIR 光程如 725 和 726 具有相等的光程长度,从而确保准确确定图象 730e 的边界(尽管是在空气中),因而尺寸上 n 倍大于芯片 702(使用折射率包围芯片)。因为透镜 730 是非成像透镜,芯片 702 的亮度不均匀性被涂抹。该透镜相较图 7A 和 7B 的透镜更紧凑,因而图 7C 中所示的实施例对于某些目的更优于图 7A 和 7B 的实施例。

[0291] 另外的实施例图示在图 7D 和 7E 中,但具有下面结合图 11 所述的特征,即用于再利用磷光体发射的蓝通二向色滤光片,定位与图 7A、7B 和 7C 中的赤道平面 710D、720d 和 730d 叠合。图 7D 为通过双透镜系统 740 的截面图。LED 管壳 700 包括底座 701、蓝光发射芯片 702(也被示在右边的平面图中)、填充凝胶的圆顶 703。光学上连接到圆顶 703 的是折射率为约 1.5 的透镜 741。光学上依次与其相连的是折射率为 1.34 的硅酮透镜 742。在透镜系统 740 的赤道平面中是蓝通二向色滤光片 743,其再利用目的将在下面的图 11 中论述。在其上面是硅酮透镜 744,具有与下面的硅酮透镜 742 实质上一样的形式。除了增加圆顶 745d 以外,最上面的透镜 745 在形式上与下面的透镜 741 一样,在圆顶内浸入远程磷光体 746(也被示在右边的平面图中)。硅酮透镜 742 和 744 分别通过透镜 741 和 745 内的全内反射一致作用于直接射线 747。射线 748 从中心线 749 以角 β 进行发射,并以相等的角 β' 照在磷光体 746 上。

[0292] 图 7E 为穿过双透镜系统 750 的侧视图,在功能上类似于图 7D 的系统,具有类似的 LED。填充凝胶的圆顶 703 在光学上连接到下面的透镜 751,包括全内反射外侧面 751t、内

准直透镜 751c、及光学无活性圆柱形壁 751w。蓝通二向色滤光片 753 在系统 750 的赤道平面中。倒置的上部透镜 755 在形式上与下面的透镜 751 一样,但增加了圆顶 755d,磷光体 756 浸入于其中。磷光体 756 也被示在平面图的右边,照蓝光发射芯片 702 的样子。射线 758 相对于中心对称轴 759 以角 β 进行发射,并以相等的入射角 β' 照在磷光体 756 上。

[0293] 图 7F 为穿过双透镜系统 760 的侧视图,其类似于图 7E 所示的双透镜。在该实施例中,LED766 被移位到器件轴 777 的旁边,使得 LED766 的一边缘在轴 777 上。磷光体层 765 位于透镜 760 的成像聚焦位置,但在器件轴 777 的相对 LED766 的另一侧。双透镜 764 清晰地将 LED766 成像在磷光体层 765 上,随即一些射线被导入固体介质光学部件 762 中,其余射线被反向散射到滤光片 761。滤光片 761 重定向所有反向散射的射线并以与磷光体层 765 一样的高度将其成像在成像焦点位置,但在器件轴的另一侧。这些射线被引向固体介质光学部件 762 中,随即它们被从该器件进行指向。最后的光学部件 762 将来自 765 的蓝白色和黄色混合为均匀的白色。射线 763 说明与本实施例相关联的关键原理。双透镜 764 通过应用 SMS 设计方法进行设计。该器件理论上较图 7E 中的实施例具有更低的潜在亮度,因为光源的虚拟面积更大。然而,其较图 7E 采用的方法具有优点,因为在反向散射的射线能退出器件之前只有一次再利用。

[0294] 图 7G 是类似于图 7F 描述的光学系统。在该实施例中,单一 LED 和单一磷光体目标被用三合一 LED775 和三合一磷光体目标 774 代替。器件的原理和运行类似于图 7F 中所示的器件。双透镜 773 清晰地将 LED775 成像在磷光体目标 774 上,在其上一些射线被引导到固体电介质光学部件 776 中,其它射线 772 被反向散射到滤光片 771。滤光片 771 重新引导反向散射的射线并将其成像在与磷光体目标 774 相对的空间上。

[0295] 图 7H 所示为使用与图 7F 和 7G 所示实施例的单次再循环相同原理的实施例,但光学体系结构稍微不同。在该方法中,滤光片 787 通过光学部件 782 的下半部分和上半部分嵌入在其整个面上。光学部件 782 的每一半具有外部固体介质 TIR 元件 785、内部折射透镜对 786 和 784,透镜对之间有气隙。这些光学特征共同在单一 LED/ 磷光体对或管芯和磷光体阵列的磷光体上提供 LED 管芯的受控偏移成像。分界面 783 可具有与其连接的第二介质光学部件如图 7F 的 762,以引出直接和再循环的射线。

[0296] 图 7I 为远程磷光体系统 790 的截面图,包括 LED 芯片 791、高折射率复合椭圆形聚光器 (CEC) 792、及高折射率磷光体层 793。对于正方形或长方形 LED,一实施例为交叉 CEC。最新的高折射率 (2.4-2.8) 磷光体为硫化-硒化锌 (zinc-selenide-sulfide),可从 Phosphor-Tech Corporation 获得,象能够高组装密度的电泳沉积,折射率由硒硫比控制。另一高折射率 CPC 可用作类似于图 2C 的 CPC2002 的上层 793。该实施例在 LED791 的后面包括镜面反射器,最好是美国专利 6,784,462 中所述的银或混合银/ITO 全向反射器,所述专利通过引用而全部组合于此。这将以良好的效率反射磷光体的向后的发射,有助于使其前向亮度几乎翻倍。

[0297] 图 1A-2D 涉及在此描述的光学变换器的光聚集。它们示出了对在附图中的平面中延伸的射线起作用的二维剖面。在实践中,3 维系统通过与其平面正交地突出这样的剖面而形成。该突出距离的厚度通常等于或稍大于正方形芯片的宽度。这将导致在射线的突出方向损耗而不是在被突出剖面的平面中损耗。作为代替,可使用双向交叉 CPC,与正交方向中使用的具有相同的外形。这在图 8A、8B、9A、10A 和 10B 中图示。由于这些实施例内的光

通路的多通道特性,高系统效率的关键是使用具有适当低吸收比的透明材料。例如,聚碳酸酯,习惯采用的注塑塑料,具有太多的吸收从而这些实施例将有严重的损耗,而丙烯酸衍生物则不会有此问题。

[0298] 图 8A 为光学歧管 80 的透视图,填充电介质的 $2 \times 2:1$ 多 CPC 实施例。其包括四个输入交叉 CPC81 和输出交叉 CPC82,所有 CPC 的截面为正方形,如分界线 80d 处所见。这四个交叉 CPC 中的每一个的截面类似于图 2B 的截面。从而浸入的 LED83 将使其所有光跨平面 80d 送入交叉 CPC82。

[0299] 图 8B 为光学歧管 80 的另一透视图,还示出了出口表面 84,其必须连接到具有类似折射率的另一器件,否则部分聚集的光将通过内部反射返回。可将歧管 80 与下面所示的一些实施例结合。

[0300] 图 9A 为 $2 \times 4:1$ 光学歧管 90 的透视图,包括从相应的多个浸入 LED92 接收光的多个输入交叉 CPC91、从多个交叉 CPC91 接收光的矩形混合部分 93、及从矩形混合部分接收光的矩形输出交叉 CPC94。

[0301] 图 9B 为图 9A 中所示的歧管 90 的另一透视图,还包括输出交叉 CPC94 的大致矩形的输出表面 95。混合部分 93 的几何形状在图 68B 中详细示出。

[0302] 关于在此描述的光学变换器的这些及其它多端口实施例,图 2C 的高折射率 CPC 方案可被实施以硅酮层 2004,其扩大为包括多个缺口以形成多模高折射率 CPC 从而查看多个 LED。因此,高折射率浇铸的溶胶凝胶方法可适应在此描述的光学变换器的许多不同实施例。

[0303] 图 10A 为 $4 \times 4:1$ 光学歧管 100 的透视图,包括多个(在该实施例中为 16 个)正方形电介质输入交叉 CPC101、对应的多个分别连接到交叉 CPC 的浸入 LED102、及连接来全体接收来自每一交叉 CPC 的光输出的近似正方形的输出电介质交叉 CPC103。同样还示出了浸入的正方形滤光片 105,安装用于蓝光 LED102 的情况。在一些实施例中,正方形滤光片 105 将是跨输出 CPC103 的输入面施加的蓝通反射器,之后光学连接到输入交叉 CPC101 的阵列。这样的蓝通反射器可以本领域技术人员所公知的几种方式构建,如在适当的衬底上沉积薄膜多层电介质或其它材料,及通过单层或多层反射或透射全息涂覆。在 1981 年的公开物 (Miles、Webb 和 Griffith 在 *Optics Letters* 第 6 卷 12 期 (1981 年 12 月) 616-618 页的题为“半球形视场、非成像窄带滤谱器”)中,两个中空反射 CPC 被面对面地使用以将光校准到窄带滤谱器中,继而聚光所过滤的光。相反,在此描述的光学变换器的实施例使用电介质 CPC 代替中空 CPC。另一区别在于使用短通滤光片或带通滤光片(而不是窄带滤光片),通过该滤光片透射短的波长而反射长的波长。对于许多应用,具有比工作频率范围低的截止频率的带通滤光片可被当作与短通滤光片等效的滤光片。图 10A 的实施例具有多个输入 CPC,而不是单个 CPC。如图 10C 中所示,聚光器 CPC103 具有磷光体目标 106。聚光器 CPC103 结合来自 16 个 LED 的输入并将其均匀在磷光体目标 106 位于其上的单个出口表面上。图 10A 的新颖性在于滤光片 105 的功能,这未由 Miles 等人公开,其反射磷光体 105 的反向发射,如图 10D 中所示。这是在此描述的光学变换器的再循环原理,其是具有新颖性的特征。

[0304] 图 10B 为图 10A 中所示的光学歧管 100 的另一透视图,其另外包括大致为矩形的出口面 104。

[0305] 图 10C 为在出口面 104 的出口 CPC103 的特写图,其示出了因突变远离其安装在 104 上的实际位置的薄磷光体层 106。磷光体层接收交叉 CPC103 的全部浸入 Lambertian 光学输出。有利地是,来自蓝光 LED102 的光的均匀总和不会由于任一 LED 的涨落或故障而损耗均匀性。有利地,不需要各个 LED 的波长装箱,从而质量控制有能力保持多个 LED 中的任一个的平均中心波长为常数。

[0306] 图 10A、10B 和 10C 所示的光学歧管还具有从磷光体结构产生的优点,这对于传统施加在各个蓝光芯片上的磷光体层是不可能的。在传统的白光 LED 中,蓝光芯片接收半流体粘合剂中的粉末磷光体浆滴。所述浆滴在制造期间在沉积于蓝光芯片上之后干燥(或被 UV 固化)。传统方法的缺点很多。首先,薄的、厚度受控的磷光体共形层的沉积非常难实现在 1mm 高功率 LED 发射器的表面上,其被认为是制造 LED 时使用的材料、其沉积表面的小尺寸、及许多可用于在发射表面沉积固定厚度层的技术可能损害 LED 的事实的结果。其次,磷光体层遭受高热条件,因为其最接近 LED,这将导致涂层的加速热降解或因源自失配热膨胀的力而有形损害磷光体 /LED 分界面。磷光体频谱发射曲线,将在下面结合图 11A、11B 和 11C 描述,随温度升高而移到更长的波长,导致不合需要的 LED 颜色温度依赖性。该技术还有其它问题为本领域技术人员所知,包括上述控制颜色温度的困难。

[0307] 相反,图 10C 示出了在此描述的光学变换器在其在陶瓷制品内烘烤后怎样直接利用磷光体,大的均匀厚度的薄片,如 25-60 微米。之后,大片可很方便地用激光器切划或劈成层 106 大小的片,其在 4-6mm 的范围内。当然,同样厚度但较大的磷光体片可被用在较大的光学歧管中以用于更大的白光亮度。该方法在亮度和色温方面提供高均匀性,这是由于对磷光体厚度的更大控制及缺少热循环。

[0308] 图 10D 为图 10A、10B 和 10C 的光学歧管 100 内的射线跟踪,示出了蓝通滤光片层 105 的功能,其跨输出交叉 CPC103 的输入面安装。来自 LED102 的蓝光通过蓝通滤光片层 105 并到达磷光体层 106。磷光体层 106 发射示例性的带黄色 Lambertian 分布射线 110r。光学可逆性意味着交叉 CPC103 将压缩磷光体层 106 内侧的全角范围内的 Lambertian 发射,由射线 110r 代表。当该发射反射离开蓝通滤光片 105 时,其窄角使其将被返回到磷光体 106。也就是说,大的 CPC103 将所有射线的离轴角降低到 10° 以下。这些返回的射线将在磷光体层 106 内散射,但不会被吸收,而是具有另外的 50% 漏出磷光体层 106 的外侧的机会。该特征使白光亮度几乎双倍于将磷光体直接涂在蓝光 LED 上的亮度。大的 CPC103 由于其非成像本质将产生出众的均匀性。在此描述的光学歧管的一些实施例的另一新颖特征在于通过磷光体厚度的精确且均匀的应用而精确控制色温。均匀蓝光照明和大的光致发光层的结合是新颖的。

[0309] 可以相信,可利用光致发光半导体如来自 AlInGaP 晶片的薄片在由蓝光照明时产生红光。由于该材料是透明的,其可覆盖在绿色磷光体上并用以代替黄色磷光体。当半导体的量子效率大于黄色磷光体的量子效率时使用绿色磷光体是有利的。图 10E 示出了这样的结构的例子,其示出了带出口面 104 的大 CPC103。绿色磷光体 106P 连结于其上,薄的红色半导体层 106S 安装在绿色磷光体上。

[0310] 另一使用绿色磷光体的方式是用红色 LED 光源。图 10F 为光学歧管 1000 的透视图,其包括通过平面滤光片 1005 馈给大 CPC1003 的 16 个小 CPC1001。在该例子中,LED 中的四个 1002R 为红色,其余 12 个 LED1002B 为蓝色。图 10G 为歧管 1000 的另一图,其示出

了在大 CPC1003 出口平面的绿色磷光体 1006。所示滤光片 1005 包括较小的红通滤光片 1005R 和 L 形状的蓝通滤光片 1005B。滤光片 1005R 位于四个红色 LED1002R 的上方,而滤光片 1005B 位于 12 个蓝色 LED1002B 的上方。该复合滤光片具有图 10D 中射线 110r 所示的再循环作用。

[0311] 另一问题源自磷光体材料的折射率,对于一些当前使用的磷光体 106,其被认为是约 1.8。这将因全内反射而导致光被拦在磷光体中。图 10H 是类似于图 10C 的分解图,但添加可使从磷光体的光引出增加的光学系统。图 10H 示出了电介质交叉 CPC103、单片陶瓷磷光体 106、和电介质半球 108,其安在磷光体上。

[0312] 图 10I 为该装配的另一图,其还示出了半球 108 的赤道表面 108',包括接收磷光体 106 并在光学上连结到那里的正方形缺口 109。这种布置通过产生磷光体的放大图象增加光引出。然而,当磷光体散射为高时,人们相信这样的圆顶不太有用。在那样的情况下,由扁平磷光体层拦住的光将经与滤光片 105 或 1005 的相互作用而再散射和再循环,直到其或被引出或被吸收为止,所述滤光片可以是蓝通、短通、或带通滤光片。如果适当地设计短通滤光片,其应具有 0.99 的反射率并具有可以忽略的吸收比。假设选择用于光学部件的再循环部分的材料也具有低吸收比(如 PMMA),则在多次散射中损耗的通量很小,在该系统中引出的光会较高。这将使得亮度实质上高于圆顶情形下的亮度,虽然整个光度有稍微降低(5-10%)。通常需要适当材料的扁平保护罩保护磷光体层。适当的材料包括环氧树脂、PMMA、聚碳酸酯,例如具有比磷光体低的折射率的其它材料。

[0313] 图 11A 为分光光度计绘图 110 中滤光片 105 的输出曲线图,包括跨越极限可见光谱的水平波长坐标 111,从 400 到 800 纳米。垂直坐标 112 绘出相对强度或透射率。线 113 示出用作图 10A 的蓝通滤光片 105 的短通滤光片的例子的光谱透射率。上面的线 113h 接近 100%,因为滤光片 105 通常具有仅稍低于可注模塑料如聚碳酸酯的折射率。例如,一种适合这种滤光片的适当材料为 PYREX 晶片。

[0314] 图 11A 还绘出了透射率图 113,其示出了在左侧 485nm 和右侧 495nm 之间的陡峭悬崖 113c。具有透射率和反射率突变的短通滤光片可在市场上买到,跨很宽范围的中心波长,如从加利福尼亚州 SantaRosa 的 JDS Uniphase Corporation 获得。适当的短通滤光片在规定的波长之下具有高透射率(通常高于 90%,即使在包括菲涅耳损耗的空气中)及对于仅高于传输截止波长 5nm 开始的波长具有高反射率(高于 99%)。此外,这些滤光片可保持高达 150nm 的高反射率带宽。最后,这些短通滤光片当夹在电介质光学部件之间或在空气中时可满足这些用于射线入射角为 10° 或更小的规约。中心波长本身在正入射时证明并被描述为随滤光片内的入射角的余弦变化,如理论所指出的那样。绘图线 114 描绘蓝光 LED 的典型分光光度计绘图。只有很少一部分 114f 在透射率曲线 113 的外面。然而,这样的光谱过滤对角度敏感,波长偏移 115 示出 27° 偏位入射的效果。这表明绘图 114 将被偏移足够多从而使得所有蓝光将被反射。图 10A 的输入 CPC 具有 10° 出射角,其仅导致约 $495(1-\cos 10^\circ) = 7\text{nm}$ 的偏移,悬崖 113c 的宽度的一半。这仅增加 1%到 2%的反射损耗。

[0315] 图 11B 为类似于图 11A 的曲线图,但具有不同的光谱绘图 110B,其示出了滤光片透射率图的重要性,且并列磷光体吸收曲线 115(虚线)和磷光体发射曲线 116。吸收曲线 115 几乎与图 11A 的蓝光 LED 发射曲线 114 重合,并全部在曲线 113 的传输侧。发射曲线 116 几乎全部在曲线 113 的反射侧,这是导致图 10D 的白光射线 110r 返回的原因,其确保自

磷光体 106 向内发射的白光的再循环。

[0316] 图 11C 示出了与图 11A 和 11B 类似的曲线,但具有不同的光谱图 1110,其示出了图 10G 中复合滤光片 1005 的光谱作用。图 10G 的蓝通滤光片 1005B 具有图 11C 中的传输曲线 1113。虚线曲线 1115 为绿色磷光体的激发函数,实线曲线 1116 为其发射函数。图 10G 的红通滤光片 1005R 具有图 11C 中的传输曲线 1117。图 10G 的红光 LED1002R 具有图 11C 的光谱分布 1118。两种滤光片均反射曲线 1116 的绿色磷光体发射波长,从而使能在大 CPC 内再循环磷光体反向发射。

[0317] 用于该应用的滤光片可通过将 PYREX 晶片用作衬底并在该衬底的一侧上使用公知汽相沉积方法沉积许多材料薄层而进行制造。适当的 PYREX 晶片很容易从康宁、康宁(纽约)公司获得,其厚度大约为 0.3mm,尺寸公差为 $\pm 0.05\text{mm}$ 。这种材料在可见光范围内具有 1.47 的平均折射率。制造这种器件的沉积方法、设计过程和需要的材料均可从现有技术中获得。例如,在前面提及的 PYREX 晶片上使用 45 层二氧化硅和五氧化钽交替薄层,对于 400–495nm 的波长,滤光片可被设计达到高于 85% 的最小透射率,同时在约 515–700nm 的波长范围内具有高于 98% 的反射率。这样的器件可被制成大晶片,然后按照需要的形状切割成较小的片以匹配滤光片 105 的大小。这种方法可相当地降低滤光片的成本。其它甚至更有效的设计也很容易从工业来源获得,如可从加利福尼亚州 Santa Rosa 的 JDS Uniphase 获得的器件,其使用多种非常确实的方法、材料和设计过程。

[0318] 希望浸入 LED 的 Lambertian 分布被压缩到临界角,但扩大光束扩展量守恒方式的面积。图 12 示出了分布变换元件 120,其具有由终点 123 和 124 标记的宽角度($\pm 90^\circ$)端口 121,及空间上更宽但角度更窄的端口 122,由终点 125 和 126 标记。点 127 是终点 123 和 125 之间的元件 120 表面上的点,自该点的一与构成元件 120 的透明介质成临界角 θ 的射线将正好在相对侧上的终点 126 离开元件 120。点 128 与点 127 直接相对。从终点 123 到点 127,元件 120 的外形为椭圆,聚焦在相对点 124 和 126。在终点 125 和 127 之间为抛物线形,聚焦在点 124,且轴平行于从点 127 延伸到点 126 的射线。相对侧,从终点 124 到点 128 及从点 128 到终点 126,被相应成形。在点 127 和 128 的左边是 CEC(复合椭圆形聚光器),其右边为 CPC。分布变换元件 120 的窄角度输出用作另外实施例的适当输入。该装置相对于具有 2θ 出口角的简单 CPC 的优点在于 TIR 更易于实现在底部边缘 123 和 124。

[0319] 对于在此描述的光学变换器的光学歧管的构件块同等重要的是光束扩展量守恒的方式,从而以高 NA(通常约为 1)传输亮度,同时对其混合以获得高均匀性和不变色。NA 可使用下述等式之一计算:

$$[0320] \quad NA = n \sin(\pi/2 - \theta_c) = n \sqrt{1 - 1/n^2}$$

[0321] 其中 θ_c 为材料的临界角, n 为材料的折射率。该等式用于确定系统的 NA,其中输入射线束已经在电介质内。在这种情况下,等式中的 n 值大于 1.0。

[0322] 关于照明传输的现有技术如 Fein 的美国专利 6,189,687 中所示,特别是其图 1F。该角转向结构只可与传统的反射器一起使用,因为对于进入的任意射线 TIR 将失效。对于所有 TIR 操作,Fein 在其图 3B 中具有 45° 转向的器件。具有类似几何结构的光学部件在此重画在图 13A 中,以帮助识别在此公开的角旋转器相对于其的区别和优点。

[0323] 图 13A 示出了 Fein 的角转向器 1350 的结构,具有相互呈 45° 角方向的端口 1351

和 1352。其使用结构角 θ ，该角为临界角 $\theta_c = \sin^{-1}(1/n)$ 的余角，对于 $n = 1.495$ ， $\theta = 49^\circ$ 。这对应于引导的光的最大角，或大体上 $NA = 1$ 。内壁 1353 为 TIR 可用于其的平面镜，从端口 1351 上的点 F1 延伸到端口 1352 上的点 F2。外壁 1354 包括从端口 1351 上的点 P1 延伸到点 P2 的抛物线形弧，聚焦在点 F2 且轴在近乎垂直于线 F2-P1 的方向（如图 13A 中所见的顺时针方向）与入口孔 1351 的法线成 θ 角，从点 P2 延伸到点 P3 的抛物线形弧，焦点为 F1 和 F2，从点 P3 延伸到端口 1352 上的点 P4 的抛物线形弧，聚焦在点 F1，其轴与垂直于出口孔 1352 的方向成 θ 角。当以大约 $NA = 1$ 限制光射线时，作图线 1355 以同样方式自外壁 1354 反射。

[0324] 尽管这些作图线用于 NA 大约等于 1 的情况，Fein 的图 3B 的器件实际上不能仅经全内反射传输这样的辐射。这在图 13B 中图示，其图示角转向器 1310 的射线跟踪。边缘射线 1357 与垂直于入口孔的方向成一定角度，其是该器件的材料的临界角的余角。它们中只有一个即射线 1357e 被反射。所有其余的、折射传输的射线 1357r 构成漏光和部分器件失效。更完全的射线跟踪表明仅在射线入射角小于等于连接点 F1 和 P4 的线与垂直于图 13A 的入口孔的线之间的角度时才可获得 100% 传输。在图 13A 的例子中，该角度大约为 3 度。一些入射角大于 3 度的射线将漏到光学部件的外面。如果所有光借助于全内反射重定向，很明显 Fein 描述的器件即其图 3B 所示的器件仅适于旋转高度校准的光源。

[0325] 角旋转器用在满足所有射线全内反射（相当于最高可能 NA ）的光学歧管中。图 13C 为角旋转器 130 的截面图，具有第一端口 131 和第二端口 132，其为 2θ 角宽度的光的完全交换。该角度两倍于旋转器 130 的透明材料的临界角的余角。第二端口 132 在自端口 131 平面的 β 角处，通常在大约 45° 的方便值，使两个角旋转器能够传输大约直角弯曲的亮度，实质上没有损耗，对简单的圆形或正方形截面的现有技术而言，这种情形必将导致不可避免的损耗。

[0326] 在图 13C 中，扁平侧壁 133 延伸在椭圆形段 134 的焦点 F1 和 F2 之间，其由扁平侧壁 135 和 136 侧翼包围。侧壁 135 的方向垂直于入口孔 131，侧壁 136 的方向垂直于出口孔 132。射线 137 经单次全内反射从焦点 F1 延伸到焦点 F2，射线 138 经单次全内反射从端口 131 点 F1 的对边延伸到端口 132 点 F2 的对边。这示出了角旋转器 130 怎样将 $\pm\theta$ 内的所有射线从第一端口 131 传到第二端口 132，没有任何漏光。这种非成像光学结构有助于消除其接收的任何亮度非均匀性。这种消除是因为第二端口 132 上的每一点从整个端口 131 及从角旋转器 130 的壁反射接收光。由于图象正好是另一类型的亮度非均匀性，这就是为什么本实施例及其它实施例在此称为“非成像”的原因。

[0327] 图 13D 是与图 13C 类似的角旋转器 1300 的截面图，包括曲率中心在点 C 的外弧 1301 和中心也在点 C 的内弧 1302。简单的曲线 1303 终止于弧 1302 的两端，简单的曲线 1304 终止与弧 1301 的两端。曲线 1303 和 1304 共同定义端部 1305 和 1306。它们的双向特性由相对定向的射线 1307 和 1308 表示，以外入射角 α 和内角 β 分别自弧 1301 和 1302 全内反射。端部未被显示为折射射线，因为它们预期将与如在此公开的其它光学歧管连接。

[0328] 图 13E 也示出了角旋转器 1300，但具有边缘射线的平行通路的完全集 1309 和 1310，其定义角度限制，旋转器 1300 在角度限制内将经全内反射通过大弧传送所有光度。

[0329] 图 14 是光学移动器 140 的截面图，包括第一角旋转器 141 和相对方向的第二角旋转器 142。为装配在一起，已通过去除与图 13C 的平段 135 类似的段而对两个旋转器进行

修改。因而,段 F_1-F_3 比输入光宽。移动器 140 的净效应是横向偏移输入亮度分布的 1.5 倍宽,当然,其被限制在构成其的透明材料的临界角范围内。在移动器 140 内的多次内部反射意于消除进入其的任何亮度非均匀性。

[0330] 图 15A 为光学移动器 150 的截面图,也用于没有角度旋转的横向亮度偏移。第一端口 151 跨点 F_1' 和 F_2 。第二端口 152 跨点 F_1 和 F_2' 并从端口 151 偏移一半宽度,如虚线 150L 所示。当端口之一与空气接界时,进入端口的光必须在 150 的透明材料的临界角 θ 内。直线段 $F_1'P_1$ 垂直于端口 152,直线段 $F_2'P_2$ 垂直于端口 151。抛物线 F_1P_1 焦点在 F_2 且轴平行于射线 r_1 。抛物线 F_2P_2 焦点在 F_1 且轴平行于射线 r_2 。作为非成像光学器件,如先前结合图 13C 所述,元件 150 意于消除进入其的任何亮度非均匀性。

[0331] 图 15B 为光学移动器 155 的截面图,用于横向亮度偏移其全部宽度,如线 155L 所示。第一端口 156 跨越从轴 155L 一端处的点 15BPT1 到点 15BPT2。第二端口 157 跨越从点 15BPT3 到轴 155L 另一端处的点 15BPT4。如先前所述,光被限制在构成移动器 155 的透明材料的临界角 15BA1 范围内。这在图 15B 中示作在从点 15BPT3 到 15BPT7 的射线确定的线和轴 155L 之间形成的锐角。移动器 155 的周界部分由直线组成,从点 15BPT2 到点 15BPT5 及从点 15BPT3 到点 15BPT6,这些线垂直于端口 156 和 157。抛物线段 158 从点 15BPT5 延伸到点 15BPT4,且其焦点在点 15BPT1 及轴平行于点 15BPT7 和 15BPT3 确定的射线。抛物线段 159 从点 15BPT6 延伸到点 15BPT1,且其焦点在点 15BPT4 及其轴也平行于点 15BPT7 和 15BPT3 确定的射线。

[0332] 图 15C 为图 15B 中所述光学移动器 155 的截面图。通过以下述方式相对于左手侧(段 15BPT1-15BPT3-15BPT4)移动装置的右手侧(段 15BPT1-15BPT2-15BPT4),即点 15BPT1 总是在左抛物线 159 上及第一端口 156 被移到位置 15BPT1*-15BPT2*,在保持其孔径张角的同时,光的横向位移可改变为任何值。

[0333] 图 15A 和 15B 示出了沿亮度横向偏移的可能值的连续区间的两种变化。更大的偏移仅需要比图 15B 的 155 更长的移动器。

[0334] 图 16 为光学绞扭器 160 的透视图,其具有第一矩形端口 161 和方向垂直于其的第二端口 162。螺线 163 是四个形成 160 的拐角的螺线之一。还示出了跨气隙 160g 放置的 Lambertian LED165,使得器件 160 内的光被限制在其材料的临界角内,从面 161 到 162 的传送几乎没有损耗。

[0335] 图 17 为组合了角旋转器的光学歧管 170 的截面图。具体地,图 17 示出了角旋转器可怎样被限制以制造光学歧管 170。LED171 和 172 跨相应的气隙 171g 和 172g 将它们的光照入各自的角旋转器 173 和 174,后者根据直线段 175 的长度定位。出射口 176 的整个宽度从两个 LED 接收光。

[0336] 图 18 为组合在三维设计内的光学歧管 170 的实施例的透视图。Lambertian LED181 和 182 照入歧管 180 及其照入的光从出射口 183 流出。来自每一 LED 的光实质上遍布 183 的整个宽度。在图 18 中,二维外形通过使用正交通路方向挤压在三维立体中。或者,所述挤压可以为具有 1 或 2 度斜度角的锥形以有助于去除来自注模的部分。在该方法中,开始或结束侧面将小于其它侧面,这被认为将仅导致器件性能的很小降低。

[0337] 图 19 为具有正方形输入扣 191 的光学歧管 190 的透视图。相续的角旋转器 192 和 193 馈给矩形输出口 194。直的矩形部分 195 馈给相续的角旋转器 196 和 197,继而矩形

输出口 198。部分 195 的长度适于使端口 198 位于与端口 194 一样的平面内。

[0338] 图 20A 为光学歧管 200 的示意图,包括从红光 LED R 接收光的横向移动器 201、从绿光 LED G 接收光的混合棒 202、及从蓝光 LED B 接收光的横向移动器 203。管道 204 接收它们的混合光。在歧管 200 内,所有光均不限制在临界角 θ 内,因为,如先前所述,LED 跨小气隙如图所示的 201g 照射。

[0339] 图 20B 是光学歧管 205 的示意图,与歧管 200(图 20A)类似,具有由三个分支 207-209 馈给的输入管道 206。然而,为达到更多分开的光源,歧管 205 更大。输入分支 207 和 208 中的每一个包括两个相反定向的角旋转器。上面的分支 207 被示作包括向上弯曲的第一角旋转器 207a 和向下弯曲的后继角旋转器 207b,虚线 207d 连接它们。上面的分支 207 用于红光 LED R,下面的分支 208 用于蓝光 LED B,而更长的混合棒 209 用于绿光 LED G。

[0340] 图 21 为 4:1 光学歧管 210 的截面图,具有共面输入口 211、角旋转器 212、及其整个跨度从每一输入口接收光的输出口 213。然而,类似狭缝的裂缝 214 在实际实践中将被稍微圆角化,即用更宽的圆头代替这样的长裂缝的尖头,可能千分之几英寸宽,角旋转器 212 在所述裂缝处并入光学歧管 210 的组合器内。

[0341] 射线跟踪已表明这样的违背理想形式的实践仅导致百分之几的损耗,且跨出口面只有很小的均匀性偏差。这样的设计修改太小以致于按这些图的绘图比例不容易看见,且它们的执行成本较小。部分地,这是由于在此描述的光学变换器的大整合能力,藉此,输入光的大空间变化将导致非常小的输出均匀性偏离。例如,LED 上的暗黑结合区将导致仅 5% 的均匀性偏离,远小于商业显示器的非正式的 50% 极限。

[0342] 图 22 示出了 4:1 光学歧管 220,具有共面 LED221、双角旋转器 222 和出射口 223。在图 22 中,共面 LED221 之间的间隔大于图 21 的那些 LED 之间的间隔。

[0343] 图 21 和 22 的 LED 跨气隙将其 Lambertian 光注入,使得在歧管内光被限制在临界角内。图 23 示出了 4:1 光学歧管 230,共面 LED231 浸入在角变换器 232 中,与图 12 那一样。来自它们的光依次进行到角旋转器 233、出射口 234。根据在此示教的原理,输入口之间的距离可被调节到任何需要的距离,同时允许这些端口位于同一平面上。当设计用于位于同一电路板上的多个 LED 的特定歧管组合器时这种能力特别有用,因为良好热管理所需的 LED 之间的距离很容易进行调节。

[0344] 图 24 所示为弓形 4:1 光学歧管 240,具有输入口 241、角旋转器 242 和出射口 243。外壁 244、245 和 246 及内壁 247 为同心在点 C 的圆弧。半径 R 必须足够大以防止漏出这些弓形壁。本发明所有实施例实际上均有可能,该器件的明显折痕可通过削角或圆角进行修改,或二者结合,对传送效率或输出均匀性没有任何明显影响。

[0345] 图 25 为弓形 4:1 光学歧管 250 的示意图,包括四个输入口 251,每一输入口具有小的角旋转器 252,及包括一共用输出口 253。小的角旋转器 254、中等大小的角旋转器 255 和大的角旋转器 256 使歧管 250 能够具有从小半径 257、到中间半径 258、到大曲率半径 259 的曲率半径变化。这些半径及分支内间隔由包括特定歧管的各个角旋转器的旋转角和相对大小控制。

[0346] 图 26A 为 2×2:1 光学歧管 260 的透视图,具有非共面正方形输入口 261,每一输入口具有小的角旋转器 262。每对旋转器 262 将矩形分布馈给大的角旋转器 263。在图 26A 中,四个端口 261 中的每一个已被放置在任意不同的平面中,但也可容易地放在同一平面

中。

[0347] 图 26B 为图 26A 的 $2 \times 2:1$ 光学歧管 260 的透视图,还示出了由矩形角旋转器 263 馈给的正方形出射口 264,角旋转器 263 由在垂直于旋转器 263 所在平面的平面中起作用的角旋转器 262 馈给。

[0348] 图 26C 为 $4:1$ 歧管 2650 的透视图,包括由两个角旋转器 2652 馈给的输出口 2651,每一角旋转器由一对在正交平面中的角旋转器 2653 馈给。这四个旋转器中的每一个通过两个以上旋转器形成四个分支 2655 中的一个。

[0349] 图 26D 为 $9:1$ 歧管 2660 的透视图,具有与图 26C 的 2655 一样的转角分支 2665,但具有更大的输出口 2661。在转角分支 2665 之间是中央分支 2666 和侧向分支 2667,其包括上部角旋转器 2667A 和下部角旋转器 2667B,由光管 2667P 连接。中央光管 2668 在该 3×3 光学管道阵列的最中间。

[0350] 图 27A 为更精心制作的 $4 \times 4:1$ 光学歧管 270 的透视图,其具有 16 个共面输入口 271,每一输入口具有双角旋转器 272。每列四个双角旋转器馈给大的双角旋转器 273。

[0351] 图 27B 为图 27A 的 $4 \times 4:1$ 光学歧管 270 的另一透视图,其示出了正方形的输出口 274。

[0352] 图 28A 为 $4 \times 4:1$ 光学歧管 280 的透视图,其具有 16 个共面输入口 281,每一输入口具有馈给第二角旋转器 283 的双角旋转器 282,第二角旋转器位于双角旋转器 282 所在平面旋转 90° 的平面中。这些双角旋转器中的四个的列馈入四个绞扭器 284,之后馈给大的角旋转器 285。

[0353] 图 28B 为图 28A 的歧管 280 从另一角度的透视图,其示出了正方形的出射口 286。

[0354] 为举例说明在此描述的光学歧管的多用途性,图 29 为光学歧管 290 的透视图,其与可用于照明汽车仪表板的仪器的光学歧管类似。为了可靠性,双输入 LED291 馈入歧管 290,一种可能用作主要照明器,第二种用作备用或日间照明器。或者,两个 LED 可具有不同的颜色从而以信号告知完全不同的条件。输入光在混合棒 292 中拆分,大约一半去向 4×4 输出阵列 293,另一半继续拆分并馈给矩形输出口 294。

[0355] 在此描述的光学歧管的另一优点在于其不仅改变进入其的光的极限角而且改变进入其的亮度的空间形状的能力,具体地,从正方形变为长方形。图 15A 和 15B 的亮度移动器可用于该目的,使能产生拉长的亮度分布。

[0356] 图 30 为亮度移动器 300 的透视图,形成自宽度 w 的侧面 301(在端口 302),通过 $w/2$ 的正交扫描,使得第一端口 302 为 $2:1$ 矩形。第二端口 303 被偏移 $w/2$,如图 15A 所示。

[0357] 图 31A 为另一实施例的分解透视图。上面的四分之一宽度移动器 300U 跨线 300Ud 与 $w/2$ 宽的正交移动器 305U 连接,向下偏移 $w/4$ 。几乎一样但倒置的下移动器 300L 与移动器 305L 连接,以侧移 $w/2$ 及向上偏移 $w/4$ 。

[0358] 图 31B 为图 31A 分解图中所示单片光束扩展量挤压器 310 的透视图。在图 31B 中,正方形输入面 311 被分为上管道 311U 和下管道 311L,还分叉以形成 $4:1$ 矩形输出面(未示出)。如先前所述,该器件作用于其透明材料临界角内的光。

[0359] 图 31C 为图 31B 中所示光束扩展量挤压器 310 的另一透视图,其示出了 $4:1$ 矩形输出面 312,还示出了其宽度 $2w$ 和高度 $w/2$ 。

[0360] 图 32 为单片 $9:1$ 光束扩展量挤压器 320 的透视图,包括:左上光管道 321、中央矩

形管道 322、右下光管道 323。这些光管道将正方形正面端口 324 分为三个部分,每一部分具有 3 : 1 的比,其被移位并重新连接为 9:1 拉长的矩形管道 325。矩形 325 的形状可用作 9 个小光管道的扇出或光源的合成光源,特别是在涂覆磷光体时。

[0361] 在此描述的光学歧管的许多实施例的实际问题在于将用于把歧管安装在适当位置的固定点放在哪里。当表面为光学活性表面时,将安装夹持机构放在那里将导致光损害,其通过光转向从其去往的目的地损耗。因此,必须安排一些光学无活性表面作为歧管的一部分。

[0362] 在图 33A 中,每一项的名称符合这样的规则:其以图号 (33A) 开始,之后为确定对象类型的代码 (PT 代表点、P 代表抛物线、E 代表椭圆、FM 代表平面镜、R 代表光射线),然后是个别确定每一项的数字。其余的项没有任何确定对象类型的代码,只有图号 (33A) 和数字。图 33A 为具有输入端口 33A1 和输出端口 33A2 的光管道 330 的截面图,两个端口均具有有限的入射角 θ 。管道 330 的侧面包括焦点在点 33APT12、轴平行于光线 33AR1 并从点 33APT1 延伸到点 33APT2 的抛物线弧 33AP1。点 33APT2 在通过点 33APT15 的直线上并在相对于入口孔 33A1 的法线成 θ 角的方向上。侧壁以焦点在 33APT15 和 33APT12 的椭圆弧 33AE1 继续,其从点 33APT2 延伸到点 33APT3。抛物线弧 33AP2 从点 33APT3 延伸到点 33APT5,其焦点在点 33APT12 及轴平行于射线 33AR2。椭圆弧 33AE2 焦点在 33APT13 和 33APT12,及从点 33APT5 延伸到点 33APT6。椭圆弧 33AE3 焦点在 33APT13 和 33APT16,及从点 33APT6 延伸到点 33APT8。平面镜 33AFM1 完成光导的左侧,其从点 33APT8 延伸到点 33APT9。点 33APT8 通过使垂直于出口 33A2、通过点 33APT9 的直线与另一通过点 33APT10 的直线相交获得,且其与出口 33A2 的法线成 θ 角。点 33APT16 在连接点 33APT8 和 33APT10 的直线上。在右手侧,光导以抛物线弧 33AP3 开始,其焦点为 33APT16 及轴平行于射线 33AR4,并从点 33APT10 延伸到 33APT12。轮廓以非光学有效曲线 33A3 继续,其可以是给定的任何形状,只要不与连接点 33APT12 和 33APT13 的直线相交即可。抛物线弧 33AP4 焦点在点 33APT1,其轴平行于射线 33AR3 并从点 33APT13 延伸到点 33APT14。平面镜 33AFM2 完成设计并从点 33APT14 延伸到点 33APT15。

[0363] 图 33B 为与图 13D 所示类似的角旋转亮度管道 3300 的截面图,其具有由角 3381 指示的全 90° 光旋转。受光角和出口角 33B4 为相同的值。在该图的命名法中,MP 代表宏焦 (macrofocal) 抛物线 (如 D. Spencer 在 1965 年 1 月的“the Optical Society of America”期刊第 55 卷、第 1 期、第 5-11 页、题为“Macrofocal Conies as Reflector Contours”的论文所定义),C 代表圆。侧壁以从点 33BPT1 延伸到点 33BPT2 的宏焦抛物线 33BMP1 为开始。其反射平行于射线 33BR2 的射线,正切于中心为 33BPT8 及半径等于从点 33BPT8 到点 33BPT3 的距离的圆形焦散面 33B2。光导以圆形反射镜 33BC1 继续,其中心为 33BPT8 及从点 33BPT2 延伸到点 33BPT7。内壁由从点 33BPT5 延伸到点 33BPT4 的平面镜 33BFM1 组成。该平面镜垂直于出口孔。Macrofocal 抛物线 33BMP2 从点 33BPT4 延伸到点 33BPT3 并反射平行于射线 33BR1 的射线,就像它们正切于圆周 33B3 一样,其为焦散面 33B2 的延伸。该反射镜的行为由射线 33BR1 例示,在反射后其表现为从正切点 33BPT6 到圆周 33B3。轮廓由非光学有效表面 33B6 完成,其可以是给定的任何形状,只要其不与中心在 33BPT8 并从点 33BPT3 到 33BPT9 的圆形焦散面 33B2 相交即可。光学部件相对于垂直线 33B5 对称。由于反射镜 33BC1 为圆形反射镜,33B2 为圆形焦散面,二者具有相同的中心,光学部件提供的旋转可通

过改变角 33B1 而容易地改变（相应降低 33BC1 和 33B2 的弧长度及旋转侧面反射镜），同时保持其余几何形状不改变。

[0364] 图 34 为光管道 340 的截面图，其具有对称放置的端口 341 和 342。其下部轮廓左边包括抛物线形反射镜 34P1，该反射镜从点 34PT1 延伸到 34PT2、焦点在 34PT3 及轴平行于 34R1。上部轮廓左边包括垂直于端口 341、从点 34PT6 延伸到点 34PT5 的平面镜段 34FM1。之后，其以从点 34PT5 到点 34PT4 的抛物线形反射镜 34P2 继续，所述反射镜焦点在 34PT1 及轴平行于射线 34R1。所述轮廓由非光学有效曲线 343 完成，其可以是给定的任何形状，只要不与连接点 34PT4 和 34PT3 的直线相交即可。受光角等于出口角并由射线 34R1 和连接点 34PT1 及 34PT5 的线之间的角确定。设计相对于垂直线 344 对称。

[0365] 图 35 为具有多个输入口 351 及出射口 352 的光管道 350 的截面图。输入口 351 垂直于平面镜 35FM3 和 35FM1。装置的受光角由从点 35PT2 到点 35PT12 的线和射线 35R1 之间的角确定。二者与平面镜 35FM3 和 35FM1 成相同的角。出口角由连接点 35PT8 和 35PT10 的线及包含点 35PT9 和 35PT7 的线之间的角确定。平面镜 35FM1 从点 35PT1 延伸到点 35PT2。光导外周以抛物线弧 35P1 继续，其从点 35PT2 延伸到点 35PT3、焦点在 35PT11、轴平行于射线 35R1。椭圆弧 35E1 从点 35PT3 延伸到 35PT4 并具有焦点 35PT12 和 35PT11。抛物线弧 35P2 从点 35PT4 延伸到点 35PT6，其焦点在 35PT12 及轴平行于射线 35R2。椭圆弧 35E2 在点 35PT6 和 35PT7 之间延伸且其焦点在 35PT12 和 35PT9。抛物线 35P3 从点 35PT7 延伸到点 35PT8，其焦点在 35PT12 及轴平行于从点 35PT7 到点 35PT7 的射线。在另一侧，光导轮廓以从点 35PT9 延伸到点 35PT10 的平面镜 35FM2 为开始。抛物线弧 35P4 从点 35PT10 延伸到 35PT11，其焦点在点 35PT8 及轴平行于射线 35R2。设计由从点 35PT11 延伸到点 35PT12 的非光学有效表面 353 结束，其可以是给定的任何形状，只要不与连接点 35PT11 和 35PT12 的直线相交即可。

[0366] 图 36 为亮度管道 360 的截面图，具有关于从点 36PT1 到点 36PT2 的虚线的双向对称的结构，并具有端口 363。光学部件 361 和 362 与光学部件 350 一样，其中平面镜 35FM1 和 35FM3 及端口 351 均已去除。图 36 中从点 36PT1 到 36PT2 的线与图 35 中从点 35PT2 到点 35PT12 的线相同。

[0367] 图 37A 为包括图 35 的系统 350 的扩展光学歧管的截面图，四部分歧管 371 由四个 LED372 馈给。光学歧管 371 包括图 36 的四个部分 360，及角旋转器 374 和角变换器 375，这些被示为通过箭头 376 连到管道 350。光学无活性表面 373 可用于安装及用于注模中的注入门和脱模销的定位。

[0368] 图 37B 为光学歧管的另一实施例的透视图。图 37B 中的光学歧管 3700 结合先前图中的元件。在图 37B 中，光学歧管 3700 包括四个输入口 3701（每一个具有 CPC3703）及仅具有它们的结合光束扩展量的单一输出 3702，使得进入输入口的所有光将被传出出射口。每一输入口 3701 馈给角旋转器 3704 之一，外形与图 33A 的实施例中的一样。旋转器馈给组合器 3705，与图 22 的一样，其继而与大的旋转器 3706 连接。结构梁 3707 与旋转器 3704 的光学无活性凸缘连接，在不同于凸缘 3708 的平面提供可靠安装。

[0369] 图 37C 为另一组合的截面图，其示出了两个具有远程磷光体的单独双透镜 LED3750，与图 7E 的一样，包括蓝通二向色滤光片 3755，可见磷光体反向发射的再循环射线 3756。每一磷光体馈给角旋转器 3770，它们的光度在输出口 3780 结合。托架 3775 提供坚

实的支撑,使得磷光体 3760 不会接受结构负荷。

[0370] 图 38A 为具有源 S1 的电介质 CPC 的截面图,发射边缘射线 383 照射具有接收器 R1 的电介质 CPC382。跨 S1 的非均匀性将被消除以在 R1 给出均匀分布。弯曲的正面使该实施例比平面 CPC 短。

[0371] 图 38B 为另一结构的电介质 CPC 的截面图。因为边缘射线的自由空间传播对位置误差不能容忍,图 38B 示出了确保光传送的备选结构。具有光源 S2 的平面电介质 CPC385 照射电介质块 387,其继而照射具有接收器 R2 的 CPC386。在使用该 CPC 结构的光学部件中,对于一些实施例,需要气隙 388。抗反射涂层可被施加到块 387 靠近气隙的面以使因菲涅耳反射引起的损害最小。

[0372] 图 39A 和 39B 为包括电介质 CPC 的另一方案的截面图。当需要 90° 转向时,图 39A 的结构表明棱镜耦合器可怎样用于传输通量。CPC39A3 从源 39A1 收集光并将其对准在对角线反射镜 39A5 上,对角线反射镜将所述光向 CPC 39A4 反射,CPC 39A4 将光聚集在接收器 39A2 上。然而,这种几何结构不是完美的结构,离光源的部分射线 39AR3 将透过光学部件的侧壁,与射线 39AR1 和 39AR2 的情形一样。图 39B 的光学部件为类似的结构,但为图 39A 的改进。在该实施例中,CPC39B3 从源 39B1 收集光并通过气隙 39B6 对准。对角线反射镜 39B5 反射该光使其通过气隙 39B7、进入 CPC 39B4,CPC 39B4 继而将所述光聚集在接收器 39B2 上。光学部件内的光线通路由光线 39BR1 例示。气隙 39B7 在从 CPC 39B3 出来的辐射流线的方向上,气隙 39B6 在由反射镜 39B5 反射的光及 CPC 39B4 的光的流线方向上。这种结构使能完美地将光从源 39B1 几何传输到接收器 39B2。由于气隙处的菲涅耳损耗从而将有一些光损耗,因此,可采用抗反射涂层将损耗降低到可以忽略的水平。

[0373] 图 40 为光学歧管的另一结构的截面图。参考图 10D 的再循环磷光体反向发射所示及所述的方法利用蓝通滤光片,其将该反向发射返回到磷光体。这种方法利用磷光体的低吸收特性。图 40 的结构可用于对其自己的发射波长没有有效吸收的磷光体。电介质 CPC401 具有与其连接的蓝光 LED402,其直接输出被示作边缘射线 403。该蓝光不受阻止的通过对角线蓝通滤光片 404 并进入电介质 CPC405 以照射磷光体小片 406。磷光体反向发射向滤光片 404 进发并被反射入第三电介质 CPC407,其具有出口面 408。平部 407f 用于将入射角限制到小于临界角 α_c ,对于包括 CPC407 的电介质材料的折射率 n , $\alpha_c = \sin^{-1}(1/n)$ 。

[0374] 图 41 为光学歧管的另一结构的截面图。图 41 示出了与图 40 类似的结构,包括具有蓝光 LED412 与其连接的电介质 CPC411。CPC411 具有对角线出口面 413,蓝通滤光片覆盖在那里。光学连接到面 413 的是对角线棱镜 414。与棱镜 414 相邻的是电介质 CPC415,在其出口面上具有磷光体小片 416。磷光体反向发射通过棱镜 414,自对角线出口面 413 反射入电介质 CPC417。这种反射的反向发射在 CPC417 的出口面形成虚拟源 418。展开图示出了平部 417f 怎样用于将在面 418 上的入射角限制到临界角 α_c 。

[0375] 图 42 为光学歧管的另一结构的截面图。图 42 示出了与图 41 类似的结构。电介质 CPC421 连到蓝光 LED422 并具有蓝通反射镜覆盖于其上的对角线出口面 423,其光学上连到棱镜 424。电介质 CPC425 从 LED422 接收蓝光并将其聚集在磷光体 426 上。磷光体反向发射通过棱镜 424 反射入对角线棱镜 427。第三电介质 CPC428 从棱镜 427 接收反向发射并通过出口面 429 聚集。

[0376] 图 43 为图 42 的自由空间版的截面图。弯曲的上电介质 CPC431 连到蓝光 LED432,

并通过蓝通滤光片 433 将其光发送给第二电介质 CPC434, 在 434 出口面具有磷光体小片 435。磷光体反向发射由滤光片 433 反射到反射镜 436, 随即反射入第三 CPC437, 在那里其通过出口面 438 聚集。

[0377] 图 44 为类似图 43 的光学歧管的另一结构的截面图。图 44 具有 CPC441、蓝光 LED442、蓝通滤光片 443、第二 CPC444、磷光体小片 445、对角线反射镜 446、及第三 CPC447。Y 形组合器 448 具有两倍于磷光体小片 445 的面积的输出面 449。

[0378] 图 45 为可用于组合多个不同颜色的 LED 以提供多波长光输出的光学歧管的截面图。当将多个不同颜色的 LED 组合为白光合成时, 如果输出区与任一颜色的输入区大约一样而不是它们的和则是有利的, 因为这将增加亮度, 例如增加约 3 的因子。(应注意, 严格来说, 如果 LED 被嵌入在适于所有光从输出区出射到空气中的固体介质中, 则输出区的大小必须比输入区大等于介质材料折射率的平方的因子。) 图 45 示出了实现此的一种方式。示出了三个曲面电介质 CPC, 包括红光 CPC451、绿光 CPC452 和蓝光 CPC453。对应的 LED 光源 R、G、B 与其各自的 CPC 光接触, 即没有气隙。对角线滤光片 454 仅反射红光。第二对角线滤光片 453' 仅反射蓝光。从而所有三种颜色被覆盖并发送到第四 CPC455, 其将它们的光在出口面 456 结合为白光合成。出口面 456 实际上怎样比面 R、G 或 B 大一因子, 其至少等于包括四个 CPC451、452、453 和 455 的介质材料的折射率 n 。(该因子仅适用二维情形。在三维情形下, 出口面的面积将大 n^2 。) 然而, 第四 CPC455 不同于其它, 因为其还独自包括基部直线部分, 其用于将面 456 上的入射角限制到最大为临界角 α_c 。其尖端的几何形状与图 40 中的特写 407f 中所示的类似。折射射线出口面 456 将高达 90° 。

[0379] 图 46 为可用于组合多个不同颜色的 LED 以提供多波长光输出的光学歧管的另一结构的截面图。图 46 示出了红光电介质 CPC461、绿光 CPC462、和蓝光 CPC463。第一对角线滤光片 464 仅反射红光, 第二对角线滤光片 465 仅反射蓝光。棱镜块 466 装配自四个较小的棱镜, 这些滤光片覆盖在它们之上。第四电介质 CPC467 接收三个重叠辐射输入并将它们在出口面 468 结合为单一白光输出, 其边缘 n 倍于三种颜色的 CPC 的边缘之一的大小。直部 467f 将入射射线限制到临界角 α_c 。

[0380] 图 47 为与图 46 类似的光学歧管的另一结构的截面图。当需要具有窄角的白光合成时, 第四 CPC 可被省却。同样, 在棱镜块和绿光 CPC 之间不是绝对必须气隙。图 47 示出了该结果, 红光电介质 CPC471 和蓝光电介质 CPC473 与前述一样, 但绿光 CPC472 具有双对角线出口面。红光反射器 474 和蓝光反射器 475 被应用于对角线子棱镜 476、477 和 478 的面。结合的白光输出 479 具有 α 射束宽度, 其是三个 CPC 的内角 θ 的 Snellian 合成。

[0381] 图 48 为可用于组合多个不同颜色的 LED 以提供多波长光输出的光学歧管的另一结构的截面图。如果 LED 可在同一平面, 则将更方便。因而, 图 48 示出了多个平行电介质 CPC, 包括红光 CPC481、绿光 CPC482 和蓝光 CPC483。第一和第二对角线反射器-棱镜 484 和 485 也被示出。子棱镜 486、487 和 488 与前述一样, 提供白光输出 489。

[0382] 图 49 为可用于组合多个不同颜色的 LED 以提供多波长光输出的光学歧管的另一结构的截面图。共面光源的自由空间版也是可能的。图 49 示出了具有混合棒 491m 和注入器 491i 的红光 CPC491、绿光弯曲上 CPC492、具有与 CPC491 一样结构的蓝光 CPC493。侧面 CPC491 和 493 设计成接受限制到临界角中的辐射, 所述临界角由来自 LED 的光的方向和折射如这些 CPC 的电介质材料内的光的方向确定。对于光学上连接到光学部件的 LED(使用

胶水或凝胶),混合棒 491m 和 493m 的上部尖端需要小的 CPC 变换 LED 的 Lambertian 辐射,使得其限制到混合棒的临界角内,因此所述辐射可沿混合棒向下传输,而没有侧向损耗。在这种情形下,侧面 CPC491 和 493 设计成接受限制在临界角内的光,而中间 CPC492 设计成接受由中央 LED 发射的全部 Lambertian 辐射。对角线反射镜 494 将红光偏转在红光反射器 496 上,同时反射镜 495 将蓝光偏转在蓝光反射器 497 上。第四 CPC498 将这些射束在出口面 499 结合为白光输出,平部 498f 将在 499 的入射角限制到临界角 α_c 。

[0383] 图 50 为可用于组合多个不同颜色的 LED 以提供多波长光输出的光学歧管的另一结构的截面图。在图 50 中,光学歧管具有带对角线出口面的红光 CPC501、绿光 CPC502、及蓝光 CPC503。棱镜 504 在其对角线面具有红通绿光反射器。过渡棱镜 505 接收结合的红、绿光并光学上连接到棱镜 506,棱镜 506 在其对角线上具有蓝光反射器,且白光输出 507 从其出射。

[0384] 图 51A 为使用共面光源的光学歧管的另一结构的截面图。图 51A 的实施例包括红光电介质 CPC511、绿光电介质 CPC512 和蓝光电介质 CPC513。对角线反射镜棱镜 514 反射红光向下通过过渡棱镜 515。光学上连到棱镜 515 的是具有绿光反射器覆盖在其对角线上的对角线棱镜 516,其发送绿光通过过渡棱镜 517。光学上连到棱镜 517 的是具有蓝光反射器覆盖在其对角线上的对角线棱镜 518。白光输出 519 以射束宽度 α 出射棱镜 519 的底部。LED 之间的距离可通过独立延伸光导 515 和 / 或 517 而容易改变。

[0385] 现在参考图 51B。在一些实施例中,可在于此描述的光学变换器的蓝光激发实施例中采用两种不同的磷光体。具有良好量子效率的绿光磷光体可产生与蓝光激发 LED 相同辐射输出的绿光 LED 一样的光度,但其更宽的波长范围更有利于颜色再现。第二磷光体可以是传统的黄光磷光体,非常像现在白光 LED 中使用的磷光体,但被掺杂以减少其发射的红光部分。这是有利的,因为红光波长当通过光致发光产生时具有大的 Stokes 损耗。而是,红光 LED 与两种磷光体混合以产生极好的白光光源。图 51B 示出了产生多波长光输出的光学歧管结构的截面图。具体地,图 51B 的光学系统包括白光 LED 歧管 5100,并包括两个蓝光 LED5101 和红光 LED5102 作为发光输入。蓝光 LED5101 馈给 CPC5103,其将它们的光校准在蓝通二向色滤光片 5104 上,滤光片 5104 位于 CPC5105 的上面。绿光磷光体 5106 和黄光磷光体 5107 使其反向发射由滤光片 5104 再循环,且它们的增强的正向发射由小的 CPC5108 收集,其继而馈给角旋转器对 5109。每一第二旋转器馈给输出混合棒 5110,其在出射口 5111 传送均匀的亮度和均匀的白色度。

[0386] 图 51C 为产生多波长光输出的光学歧管的另一结构的截面图。图 51C 的实施例仅具有绿光磷光体。图 51C 的光学系统包括具有馈给 CPC5152 的输入蓝光 LED5151 的歧管 5150,其接触蓝通滤光片 5153。CPC5154 在其小端具有绿光磷光体 5155。磷光体 5155 馈给 CPC5156,其将磷光体的光校准在对角线红光反射滤光片 5157 上。蓝光 LED5158 馈给 CPC5159,其发送校准的蓝光通过滤光片 5157。红光 LED5150 馈给 CPC5161,其将校准的光发送在滤光片 5157 上,滤光片 5157 随即将该光沿大的 CPC5162 反射 90° 。大的 CPC5162 混合来自小的 CPC5156、5159 和 5161 的光,并将它们传到角变换器 5163,其使它们的角变窄从而折射出出口面 5164。

[0387] 在此描述的光学变换器结合多个 LED 光源的能力使能使用和结合三种以上波长。因为人眼的色差令人不安地将 RGB 视频的红色和蓝色图象分开,可添加淡黄色和青色以减

少这样的效应。例如,图 51A 的堆叠结构可被扩充以额外两个用于淡黄色和青色光源的 CPC 和滤光片。

[0388] 现在参考图 52,其为光学歧管的另一结构的截面图。返回亮度移动器的主题并继续图 15A 的半宽横向移动器 150 及图 15B 的全宽移动器 155 的顺序,图 52 的实施例包括能够双倍宽度横向偏移的亮度移动器 520。如图所示,光被限制到从轴 520a 画到出射口 521 上的角 θ 。输入口 522 具有更小的宽度并相对于出射口 521 横向偏移。输入和输出口之间大小有差异的原因在于输入口 522 完全接受来自 LED 的 Lambertian 光,而输出口 521 发射限于角 θ 的光。左侧面包括从点 F4 延伸到点 P1 的平部 523、焦点在 F3 且轴平行于线 r1 的延伸于点 P1 和 P2 之间的抛物线形弧 524、及焦点在 F2 和 F3 的从点 P2 延伸到焦点 F1 的椭圆形弧 525。右侧面包括焦点在 F1 且轴平行于线 r1 的、从点 F2 延伸到点 F3 的抛物线形弧 526。

[0389] 图 53A 为三重光学歧管 530 的平面图,其包括图 52 的左亮度移动器 531(成像在左边)、中间亮度管道 532、及图 52 的右亮度移动器 533,所有三个均具有各自的输入口 531i、532i、和 533i,且在该例子中,每一输入口具有约 1.2mm 的宽度。两个移动器沿这两个移动器(图 52 的 523)的直部的长度方向与中间管道 532 啮合。中间管道在其入口具有 CPC 侧面 532c,其约 3.12mm 高且使光与角 534 对准。该角与侧向光移动器的角匹配,如图 52 中所示的角 θ 。之后,离开 CPC532c 的光由光管 532f 传送。在该例子中,所得的光学系统的结合的出口表面 530e 具有约 7.2mm 的宽度。

[0390] 图 53B 为图 53A 中所示三重光学歧管 530 的侧视图,其示出在该例子中其宽度为约 2.33mm。图 53A 中的所有三个歧管在正交于图 53A 的侧面的方向具有 CPC 侧面 530c。该 CPC 侧面的高度为约 2.28mm 并具有出口角 536。因此,中间管道 532f 的入口部分利用电介质交叉 CPC 以将垂直和水平出射角调整到符合需要的规格。三倍歧管垂直和水平方向的输出角(角 534 和 536)可相互独立设置。

[0391] 图 54A 为从图 53A 和 53B 的歧管发射的远场强度的等值线图 540,水平角轴 541 从 50° 左(50L)延伸到右(50R),垂直轴 542 从 50° 上(50U)延伸到下(50D)。等值线 540c 表明强度水平高达 3.25 瓦特每球面度。等值线具有约 $\pm 30^\circ$ 的水平边界。等值线的垂直边界不太陡峭,为约 $\pm 40^\circ$ 。

[0392] 图 54B 为将从图 53A 和 53B 的歧管发射的水平强度概图示为实线 546 和将垂直强度概图示为虚线 547 的图 545。两个概图具有明确的边界和陡峭的边缘。尽管馈给歧管的 LED 的个体差异,但它们的整个形态完全可再现。

[0393] 图 55 为图 53A 和 53B 中所示歧管实施例的输出面 530e 的空间亮度图 550,按毫米绘制。图 53A 的 LED531i、532i 和 533i 被模拟中央暗黑区,很强形式的输入非均匀性。尽管如此,图 550 相比馈给歧管的 LED 具有显著的均匀性,并具有陡峭的明确的边缘。这种分布几乎不受 LED 的通常定位容差或它们亮度个体差异的影响。其均匀性和清晰度也优于其它高亮度光源如白炽灯丝或电弧。等值线在真正边缘被标记为 $15,000\text{W}/\text{m}^2$,在中心高于 60,000。这种高功率强度来自输入的单一辐射瓦特。

[0394] 图 56A、56B 和 56C 示出了三重光学歧管的另外的结构。图 56A 为三重光学歧管 560 连同三个输入 LED561、562 和 563 的透视图,所有输入 LED 均在电路板 564 上。

[0395] 图 56B 为如图 56A 的三重光学歧管 560 的透视图,还示出了球根状自由形态透镜

565,其成形歧管 560 的发光输出。

[0396] 图 56C 为如图 56A 的光学歧管 560 的透视图,还示出了弯曲的矩形反射镜 566,其用于从透镜 565 的发光输出 567 形成准直射束 568。射束 568 满足汽车头灯照明规定或其它要求。

[0397] 图 57 为一组四个光源 570 的透视图。

[0398] 图 58A 和 58B 示出了产生用于汽车照明特别是汽车头灯应用的非对称射束的另一方法。图 58A 示出了具有图 53A 的三重歧管 530 的形狀的非对称歧管 580 的外向透视图,还包括与主管道 582 啮合的辅助管道 581。图 58B 为另一透视图。管道 582 在出口表面 583 的截面形状的外边界与远场汽车头灯射束亮度或强度图的形状大致匹配。管道 582 在一个或多个方向可沿其长度成锥形以调节出口表面 583 上各个点的强度。580 在垂直和水平方向的角输出也可由三重歧管 580m 的设计调整。自出口表面 583 的输出接着还可由采用成像或非成像原理的辅助光学部件调整。

[0399] 返回图 10A 和 10B,小的电介质交叉 CPC101 和大的电介质交叉 CPC103 均为基本 CPC 轮廓的双向扫描,如图 1A、2B 和 2C 中所示。图 59 将交叉 CPC 的几何结构示为具有相同平面截面 593 的两个槽即相互垂直的直线扫描 CPC591 和 592 的立体交叉 590。由于每一槽具有恒定不变的截面 593,从孔 594 发射的任何光将在槽 592 的受光角内离开所述槽 592,假定所述槽甚至比图 59 中所示的还要长。问题在于,尽管所述槽光学上理想,但它们的交叉 590 光学上不理想。在浅截面 593 的情况下,与完美相差无几,但更深的构造是另一问题。

[0400] 图 60A 示出了级联交叉 CPC60,其由左侧交叉 CPC61 和右侧交叉 CPC62 组成。它们按大端对大端定向,在面 60m 连接在一起。光在面 60s 进入,在此也称为入射口,及在相对的面 60r 接收光,在此也称为出口。射线跟踪模拟表明在 60s 进入的光以几乎 100% 的几何效率传送到连接面 60m,如 CPC 常识所预期的那样。然而,当所述光进入右侧 CPC62 时,损耗很严重。这未在先前关于非成像光学部件的描述中报告,及这启发几个下面描述的优选实施例。

[0401] 图 60B 示出了同样的级联交叉 CPC60,但充满光线 63,所述光线从图 60A 的源 60s 向右发射。从右边的泄漏射线 64A 明显可见 10% 的损耗,及从左边的泄漏射线 64B 明显可见另外的 5% 损耗。泄漏射线 64A 损失是由于射线的 TIR 失败,其使图 60A 的右侧交叉 CPC62 的壁多重交叉。泄漏射线 64B 首先由右侧交叉 CPC62 向后反射,从而进入左侧交叉 CPC61 并最终按如图所示射出。该 15% 的损耗对于寻求改善传统磷光体转换 LED 的照明系统是不可接受的。

[0402] 交叉 CPC 结构的相关低效率在于图 10D 中所示的再循环功能。然而,实际的射线痕迹表明该过程的效率仅为 89%。这对于整个再循环不是好的兆头,因此,由于所述过程依赖于图 10D 中所示过程的多次重复,每重复一次即侵蚀再循环光强度的 11%。

[0403] 这些相关低效率是交叉 CPC 特有的。它们源于在任一 CPC 槽(图 59 中所示)的 2D 受光角内的射线,但 3D 中的射线在其外面。这可在图 61 中看见,其表示用于射线-方向图 6101 的显示的角度-空间图 6100,代表离开交叉 CPC 大端的光。可看见射线限制在任一轴的 10° 内的方向。然而,圆周 6110 也具有半径 10° ,但可看见大量射线在其外面,如图 6100 的各角落所示。这些射线是由于所述的低效率,因为它们中的许多射线均损失。参

考图 60A 的 3D 几何结构, CPC61 和 62 具有正方形截面并在正方形平面区 60m 交汇。CPC61 在正方形平面区 60m 的各角落的流线不垂直于 60m。CPC62 的流线也是如此, CPC62 的流线与 CPC61 的流线对称。因此, 这些流线不匹配。同样, 由两 CPC 形成在 60m 的各点处的边缘射线圆锥指向不同方向, 这将导致 CPC62 拒绝由 CPC61 射入其内的部分光。只有在由第一 CPC 发射并由第二 CPC 接受的光的相空间中的交叉将被透射。

[0404] 在公开本后续申请的进一步改进之前, 上述低效率的全部负面影响必须算术地说明。图 62A 示意性地示出了远程磷光体系统 6200, 其包括作为光源的蓝光 LED6201、第一 CPC6202、中线二向色滤光片 6203、第二 CPC6204 及远程磷光体片 6205。总的来说, 所述磷光体片相当薄, 具有两个表面, 一个表面从 CPC 接收光, 在下文中称为内表面, 相对侧在下文中称为外表面。还示出了通量图 6210, 虚线 6211 代表 LED6201, 虚线 6212 代表滤光片 6203, 虚线 6213 代表磷光体片 6205。图 6210 使用下述数学符号:

[0405] L = 从蓝光 LED6201 进入 CPC6202 的光通量。

[0406] T = 对于光学部件 6202 和 6204, 从 LED6201 到磷光体片 6205 的蓝光透射率, 但不包括与滤光片 6203 相关的损耗。

[0407] R = 再循环因子, 反向散射的光的部分由 CPC6204 再循环回到磷光体片 6205。交叉 CPC 具有 89% 的值。

[0408] ρ_L = LED6201 的综合反射率。70% 的值表明更高质量的 LED。

[0409] ρ_y = 滤光片 6203 对磷光体发射波长的综合反射率。

[0410] τ_b = 滤光片 6203 对 LED 蓝光波长的透射率。

[0411] P_b = 散射回到第二 CPC6204 的部分。

[0412] P_T = 透过磷光体片 6205 的光部分, 其将进一步从磷光体的前面透射出。除了反向散射损耗之外, 该变量还包括蓝-黄转换损耗及菲涅耳反射 (如果在磷光体片 6205 上方有罩, 包括相关损耗)。关于发明人著述引用的现有技术, 见 2005 年 8 月在美国加利福尼亚州圣迭戈举行的 Nonimaging Optics and Efficient Illumination Systems II 的 Proc. SPIE Vol. 5942 中由 B. Parkyn、J. Chaves、W. Falicoff 所著 "Remote phosphor with recycling blue-pass mirror" 及 W. Falicoff、J. Chaves、B. Parkyn 所著 "PC-LED luminance enhancement due to phosphor scattering", 其通过引用而全部引入在此, 其中使用相同的符号 P_T , 仅看作反向散射因子, 不包括磷光体转换损耗。

[0413] x = 在磷光体转换之后剩余的总能量部分, 其中 $x = b + yQS_e$ 。b 为剩余的未转换蓝光部分, y 为转换的黄光部分, Q 为磷光体的量子效率, S_e 为小数磷光体 Stokes 效率。

[0414] 在前述引用的发明人现有技术中, 他们开发了使用变量 ρ_F 的等式, 其被规定为滤光片的综合反射率。由于 ρ_F 与波长大大相关, 对于黄光接近于 1 而对于蓝光接近于 0, 决定使用参数 ρ_y 更准确地表示黄光的再循环系统。当再循环的黄光量远大于再循环的蓝光量时, 该单一参数更准确地处理实际系统性能。例如, 如果假定黄光: 蓝光为 2:1, 其中黄光被完全反射, ρ_F 仅为 0.65, 而 ρ_y 在这些条件下为 1.0。

[0415] 根据 Rensselaer Polytechnic 的一个小组进行的研究 (Narendran 等, "Extracting phosphor photons to improve whiteLED efficiency", Rapid Research Letters, 2005, www.pss-rapid.com), 其通过引用而全部引入于此, 从 YAG 磷光体层反射的蓝光完全不变, 近似所有磷光体厚度和密度的 12%。在与发明人之一的私下交流

中,Narendran 教授表明其论文中的该值包括来自衬底(两个表面)菲涅耳反射,磷光体层放在所述衬底上进行测试。他估计来自 YAG 磷光体层(其自身)的适于产生白光的蓝光反射在 5%和 7%之间。如果正是如此,则黄光和蓝光之间的平衡将更接近于 10:1。从而滤光片综合反射率 ρ_F 的现实值为 90%。然而,这依然大大低于发明人指出的、滤光片 6203 的约 99%的黄光反射率值。

[0416] 在于此所述的简化分析中,假定行经滤光片的未反射黄光连同未透过滤光片的蓝光一起损失。这些假设使预测模型稍微不利,因为在黄光未被滤光片反射的情况下,其部分将由于 LED 反射率而再循环。

[0417] 色平衡要求约 2/3-3/4 的蓝光被吸收。好的磷光体将该吸收的光的 90-95%转换为黄光发射。然而,由于该发射的光子能量较低,更多发光的黄光仅具有在磷光体吸收相同蓝光波长时应具有的辐射测量通量的 80-85%。因而,即使所有蓝光和黄光均从前面出来及没有反向散射, P_T 的最大值为 $0.33+0.67*0.9*0.85 = 0.84$ 。通常,对于黄光磷光体发射 $P_B = 50-60\%$,从而 P_T 通常大大低于 0.5。

[0418] 小的 5-10 微米大小的典型磷光体粉末悬浮给定约 100/mm 的散射系数。这样的散射强度导致反向散射部分 P_B 将为约 55%或更多,因为对于更低的色温需增加额外的磷光体厚度。因而,如果 P_B 为 55%及色平衡为 2/3 黄光,且磷光体量子数和 Stokes 系数分别为 90%和 80%,则 P_T 为 26.3%。

[0419] 模拟表明变量 P_T 随磷光体厚度增加而降低,其值从 15%到 80%,尽管后面的值针对不切实际的薄磷光体而言。当需要更大的黄光优势时,出现更低的值,二者均用于更大的发光效能及色温的舒适减少。

[0420] 图 62A 的图 6210 表明进入系统 6200 的初始通量 L ,其具有透射率 T 。这不包括滤光片中的损耗,而仅包括光学元件中的损耗。还考虑蓝光通过滤光片的损耗,在中途拦截磷光体片 6205 的通量在较低的通量水平 $LT\tau_b$ 。对于交叉 CPC 类型,该系统透射率 T 为 89%(下面不同的优选实施例将具有 99%的透射率)。在其通过磷光体时,部分蓝光被转换为黄光,但损失部分能量,从而保留部分,其为参数 x 。总的来说,对于量子效率 η_q (约 90%)和 Stokes 效率(约 80%),转换 2/3 的蓝光导致 $x = 1/3+0.72(2/3) = 0.81$ 。蓝光和黄光通量被多次散射,从而变量 P_T 测量它们在该第一通路的组合输出通量。显然但很重要地,应注意,参数 x 还必须等于 P_T 和 P_B 的和。因此,在第一次通过时从源进入空气中的通量为 $LT\tau_bP_T$ 。该项将被添加到其它组成部分以确定来自远程磷光体系统 6200 的通量总量。

[0421] 返回箭头 $LT\tau_bP_B$ 6220 表明重新进入 CPC6204 的通量,向左流到滤光片 6203。该通量的部分 I_Y 为黄光,另一部分 I_b 为蓝光,其中 $I_b = 1-I_Y$ 。

[0422] 通量的黄光部分将被反射,反射率 ρ_Y 相对于返回的白光。这产生反射通量箭头 $LTP_B\tau_bI_Y\rho_Y$ 6221。CPC6204 具有作用于其的再循环因子 R ,给出所接收的黄光返回通量箭头 $LT\tau_bP_BI_Y\rho_YR$ 6224。然而,该黄光在其通过磷光体层进行磷光体转换时不损失能量。因此,对于与该黄光相关联的每次通过, P_T 的值需要增加与参数 x 和 P_T 有关的因子。该针对 P_T 的倍增调节因子等于 $\{1+(1-x)/P_T\}$ 。通过使 P_T 乘以该因子, P_T 被使得等于 $1-P_B$ 。因此,该第一再循环黄光通过,来自系统的通量因而为 $LT\tau_bP_BI_Y\rho_YR(1-P_B)$,如通量箭头 6226 所指。在每一随后的通过时,提取的量将为 $P_BR\rho_Y$ 乘以先前通过的值。因此,与该黄光再循环相关联的通量可被当作无穷级数的和:

$$[0423] \quad \alpha \sum_{n=0}^{\infty} r^n = \frac{\alpha}{1-r}, \text{其中, } \alpha = LT \tau_b P_B I_Y \rho_Y R(1-P_B), r = P_B R \rho_Y$$

[0424] 如果滤光片 6203 对蓝光具有透射率 τ_b , 则返回通量的蓝光部分在行经滤光片 6203 之后为通量箭头 6222 所示的 $LT \tau_b P_B \tau_b I_b$, 这将使其到达 LED6201 时通量减少与其初始通过一样的透射率 T 。部分 ρ_L 由 LED5201 反射, 并按通量箭头 $LT^2 \tau_b P_B I_B \tau_b \rho_L$ 6223 向右开始其返回。该蓝光通量将再次减少透射率 T , 从而产生返回的蓝光通量箭头 $LT \tau_b P_B I_B \tau_b^2 \rho_L T^2$ 6225。在这种情况下, 为确定通量中行经磷光体的部分, 必须使所述值乘以 P_T 。因此, 透过磷光体的该次通过的通量为 $LT \tau_b P_B I_B \tau_b^2 \rho_L T^2 P_T$, 如通量箭头 6227 所示。在每一随后的通过时, 提取的量将为 $P_B T^2 \rho_L \tau_b^2$ 乘以前一次通过的值。因此, 与该蓝光再循环相关联的通量也被看作无穷级数的和:

$$[0425] \quad \alpha \sum_{n=0}^{\infty} r^n = \frac{\alpha}{1-r}, \text{其中, 在该情形下, } \alpha = LT \tau_b P_B I_B \tau_b^2 \rho_L T^2 P_T, r = P_B T^2 \rho_L \tau_b^2$$

[0426] 之后, 总光输出 L_0 是第一通过分量、黄光再循环分量和蓝光再循环分量的和。表达式变为:

$$[0427] \quad L_0 = LT \tau_b P_T + \frac{LTP_B R \rho_Y \tau_b I_Y (1-P_B)}{1-P_B R \rho_Y} + \frac{LT^3 \rho_L P_B \tau_b^3 I_B P_T}{1-T^2 \rho_L \tau_b^2 P_B}$$

[0428] 用值替代大交叉 CPC ($T = 85\%$, $R = 89\%$), 连同其余系统值 ($P_B = 55\%$, $P_T = 26.3\%$, $I_Y = 2/3$, $\rho_b = 1$, $\rho_Y = 1$, $\rho_L = 0.7$, $Q = 0.90$, $S_e = 0.85$), 系统效率 $\eta_E = L_0/L$ 仅为 53%, 不比传统的高性能共形磷光体 LED 好多少, 交叉 CPC 的低效率是主要原因。

[0429] 为了建模彻底性, 该一般等式可被容易地修改以处理多种情形。在 LED 和 CPC 光学部件的接口处有连接损耗的情况下, 将向前方向的这些部分连接损耗指定为 F_{coupling} , 向后方向的指定为 B_{coupling} , 这将等式变化为:

$$[0430] \quad L_0 = LTF_{\text{coupling}} \tau_b P_T + \frac{LTF_{\text{coupling}} P_B R \rho_Y \tau_b I_Y (1-P_B)}{1-P_B R \rho_Y} + \frac{LT^3 F_{\text{coupling}}^2 B_{\text{coupling}} \rho_L P_B \tau_b^3 I_B P_T}{1-T^2 F_{\text{coupling}} B_{\text{coupling}} \rho_L \tau_b^2 P_B}$$

[0431] 在所有光均为黄光 ($I_Y = 1$) 及 $\rho_Y = 1$ 的特定情况下, 没有光回到 LED, 从而 $I_B = 0$ 且没有连接损耗:

$$[0432] \quad L_0 = LTP_T + \frac{LTP_B R(1-P_B)}{1-P_B R}$$

[0433] 如果远程磷光体系统非对称, 即连到 LED 的光学部件不同于连到磷光体的光学部件, 则从蓝光芯片到磷光体的光透射率 T_{LP} 不同于从磷光体到 LED 的光透射率 T_{PL} 。在这种情况下, L_0 的表达式为:

$$[0434] \quad L_0 = LT_{LP} \tau_b P_T + \frac{LT_{LP} P_B R \rho_Y \tau_b I_Y (1-P_B)}{1-P_B R \rho_Y} + \frac{LT_{LP}^2 T_{PL} \rho_L P_B \tau_b^3 I_B P_T}{1-T_{LP} T_{PL} \rho_L \tau_b^2 P_B}$$

[0435] 最大化 L_0 可被计入辐射或光度计量单位中。在辐射测量中, 蓝光到黄光的转换损耗仅计算为减量, 但这些损耗在相比蓝光大大增加的黄光功效面前变得不重要。进一步的光转换产生进一步的流明及更低的色温。这通过加厚磷光体实现, 这对于传统共形磷光体 LED 是不利的, 因为其增加了从磷光体向后进入 LED 的反向散射。本发明使能使用更厚的磷光体而没有这些反向散射损耗, 这是由于独特的黄光再循环。

[0436] 先前基于图 62A 的数学处理使用单一概率 P_T 指示对于给定蓝光输入的组合黄光和蓝光输出。在进一步的详细描述中,图 62B 图解地示出了磷光体片 6235,并代表更详细的磷光体建模方法,受如 Lotus123 或 Microsoft Excel 电子表格程序的作用,通过其每一行可代表单一波长带(一纳米或 1nm,足够窄)。对于每一蓝光波长 λ_b ,通常延伸 400–500 纳米,有初始通量 $F(\lambda_b)$,被示为进入图 62A 的磷光体片 6205 的后表面 R。这代表 LED 源的蓝光波长的光谱分布,以全 Lambertian 角分布在整个后表面 R 上均匀遍布。该功能对应于图 11A 的曲线 114。

[0437] 在图 62B 中,更多的项如下:

[0438] $P_A(\lambda_b)$ 为波长为 λ_b 的蓝光由磷光体吸收的概率。该功能也称为激发光谱。

[0439] $P_{bF}(\lambda_b)$ 为波长为 λ_b 的蓝光进入磷光体片 6235 并使其前进到前表面 F 及离开所述层的概率。该光计入前面提及的数量 P_T 。

[0440] $P_{bR}(\lambda_b)$ 为波长为 λ_b 的蓝光离开后表面 R 的概率。

[0441] $\rho_R(\lambda_b)$ 为波长为 λ_b 的再循环蓝光的效率。再循环的光加入原始通量 $F(\lambda_b)$ 。

[0442] η_Q 为磷光体的量子效率,引起发射的所吸收蓝光部分。

[0443] λ_b/λ_y 为蓝光与发射的黄光波长比。这称为 Stokes 比。由于吸收和发射发生在不连续的光子数量中,刺激蓝光的较高能量 hc/λ_b 与辐射黄光的较低能量 hc/λ_y 之间的差损失为热量。

[0444] $F_y(\lambda_b)$ 为由波长为 λ_b 的所吸收蓝光产生的黄光的总通量。

[0445] $P_{yF}(\lambda_b)$ 为由波长为 λ_b 的蓝光产生的黄光通量立即离开前表面 F 的概率。该概率与波长有关,因为不同波长的不同蓝光吸收量导致黄光发射点的不同空间分布,因而不同的离开概率。强烈吸收的波长使得发射靠近后表面 R,从而降低离开前表面 F 的概率。

[0446] $P_{yR}(\lambda_b)$ 为由波长为 λ_b 的蓝光产生的黄光通量立即离开后表面 R 的概率。

[0447] Σ_b 指示所有蓝光波长的总和以给出离开后表面 R 的总黄光通量。

[0448] $\rho_R(\lambda_y)$ 为黄光的再循环效率。由于远程磷光体中与波长有关的滤光片,这比蓝光的再循环效率 $\rho_R(\lambda_b)$ 高。

[0449] $F(\lambda_y)$ 为所有再循环的黄光的总通量。由于没有黄光吸收,下面的两个概率与波长有关:

[0450] P_{Fy} 为进入后表面 R 的黄光离开前表面 F 的概率。

[0451] P_{Ry} 为进入后表面 R 的黄光离开后表面的概率。该光的再循环未被示出,因为其已在图 62A 中描述。

[0452] 这些概率与磷光体材料展现的散射程度及其激发光谱有关。它们可由 Monte-Carlo 计算机例程中的公知光子迁移方法进行计算。先前的与颜色无关的概率是蓝光项 $P_{bF}(\lambda_b)$ 和黄光项 $P_{yF}(\lambda_b)$ 的和,基于所有蓝光波长 λ_b 求和。

[0453] 公知的色度学方法,如由 Wyszecki&Stiles, Wiley 在 1982 年“Color Science”第 162 页所阐述的方法,其通过引用而全部包含于此,表明来自磷光体的蓝光和黄光输出通量怎样数学组合为可计算色度的单一白色,相关的色温如前述文献的 224 页所述。磷光体的化学成分将确定其发光光谱及其通量与未吸收蓝光的任何比例所得的颜色。所述光谱在此描述为近似黄光,因为其外部特征如此。

[0454] 图 62C 示出了一个所述计算机模拟的结果。图表 6250 具有列举 P_T 的值的水平轴

6251 及列举与颜色无关的提取效率 $\eta_E = L_0/L$ 的值的纵轴 6252。曲线 6253 给出特定 P_T 值的提取效率的值,假定磷光体散射系数为 100/mm。点 A 说明具有共形磷光体和平坦窗口的常规白光 LED。点 B 说明同样的 LED 但其具有圆顶。点 C 说明具有平坦窗口的远程磷光体,点 D 说明同样的远程磷光体但其具有圆顶。这表明本发明远程磷光体方法的优点。

[0455] 如上所述,正方形 CPC 在磷光体反向发射的再循环及蓝光通量传送给磷光体方面欠缺。这些分析突出表明在本发明远程磷光体实施例的整个光学链上均需要极高的光学效率。因此,圆形对称 CPC 或其它光学部件可用于具有远程磷光体的大元件以明显提高效率,如图 6D、6E、6F、6G 和 6H 所示实施例中的大的圆形对称光学部件。图 63A 和图 63B 示出了包括蓝光 LED6301、小的长方形 CPC6302 和大的圆形对称 CPC6303 的远程磷光体系统。正方形 6304 由小 CPC6302 的顶端形成并在其处放置蓝通滤光片(不可见)。反射镜涂层 6306 将所有光,蓝光或黄光,反射回到远程磷光体 6305。由于建模考虑,圆角 6302f 形成公共下表面,其连接 CPC6302 的外表面。由发明人进行的射线跟踪模拟表明如果四个 CPC6302 中的两个在相邻 CPC 的两个共同表面之间具有小的圆角(半径在 0.25mm 级),则系统的该性能不受影响。

[0456] 根据图 61 中所述的理由,圆形对称 CPC6303 具有 15° 的受光角,从而来自小 CPC 的所有光均被接受。与 10° 圆周 6110 不同, 15° 圆周包括由点 6101 表示的所有方向。这导致 99.5% 的透射,而不是图 10A 中正方形 CPC 系统的 89%。然而,远程磷光体片 6306 为圆形且几倍于 LED6301 的组合面积。因而,该更有效的结构已降低亮度,因为磷光体片的面积大于初始四个 LED 的面积。

[0457] 使大的再循环光学部件的受光角大于馈给其的较小光学部件有另一优点。众所周知,这样的滤光片的透射率波长随着受光角增加而向更短的波长偏移。也就是说,反射开始起作用的波长将向更短的波长偏移。如果再循环光学部件的受光角大于 CPC 或其它光学部件的受光角,从远程磷光体经再循环光学部件回到滤光片的辐射将以更大的平均入射角到达滤光片。这对于捕获重叠蓝光 LED 和磷光体发射的辐射非常有用。从 10° 光学部件到 15° 光学部件,可使滤光片向后方向的有效反射向蓝光增加 5-10nm。

[0458] 在这种情形下,具有 15° 受光角的 CPC6303 具有 97.5% 的理论再循环因子 R,这远高于交叉 CPC 的 85%。在先前所有交叉 CPC 系统的例子中,其效率(包括磷光体转换损耗)被估计为 53%。在等式中使用如前所述一样的值但 $T = 99\%$ 及 $R = 97.5\%$,远程磷光体系统 6300 的估计效率变为 69%。考虑磷光体转换损耗相当大(16%),远程磷光体 6300 的理论系统效率为 0.69 除以 0.84,即 82%。由发明人进行的远程磷光体 6300 的 Monte-Carlo 射线跟踪建模甚至展现更好的效率(接近 90%),使用商用射线跟踪包 LightTools,其同样考虑波长接波长效率而不是单一集总数字。尽管程序还包括电介质材料内吸收的有害影响,这是不太完美的滤光片透射和反射曲线。清楚的是,圆形 CPC 方法提供较交叉 CPC 更出众的性能,且较现有技术磷光体转换白光 LED 有很大改善。

[0459] 在图 63A 所示实施例的 4×4 结构中,大的电介质 CPC 在大小和重量方面变得不实用。在这种情形下,对于包括图 63A 的系统的实施例,图 6C 的锥形体-透镜结构可为备选实施例,如图 72A 所示。

[0460] 图 64A 为远程磷光体 6400 的截面图,图 64B 为其立体图,其包括磷光体片 6401、具有正方形切口 6402c 的不透明漫射反射层 6402、及具有斜缘 6403e 的透明衬底 6403,所

述斜缘与图 63B 的大 CPC6303 的斜度匹配。当然,这将降低总光输出,因为更大量的光必被再循环且具有一些损耗,但所增加的亮度值得这样的牺牲。同样,切口 6402c 可以是任意形状,包括不规则的形状,即不同于简单凸曲线或多边形的形状,如字母数字字符。磷光体片 6401 在发射正方形 6402c 内具有一般厚度(如 50 微米)及在漫射反射器 6402 下方具有更大的厚度。这导致其上的大部分蓝光转换为黄光,所述黄光可比初始蓝光更有效地再循环。然而,使漫射反射器 6402 下面的层与发射正方形内的磷光体一样厚或比其薄也是可能的,因为漫射器下面的有效磷光体通路长度加倍。在图 64A 中,透明衬底 6403 具有中央正方形隆起 6403r 以支持磷光体片 6401 的中心厚度。这样的结构也适于透明磷光体,从其提取光很困难,因为其折射率更高(约 1.8,而 CPC 为 1.5)。然而,非均匀的磷光体厚度也可通过其它手段调节,如漫射反射器 6402 具有唇缘,其包围在漫射器区域下面的磷光体内边周围。在该方法中,向下的唇缘在发射磷光体层的小的外边区终止,因而使透明衬底 6403 的底部可制成平坦的底部。该方法还具有优点,厚的磷光体层的侧向发射的部分被反射回到其自身,可能提高磷光体的外部发射部分的均匀性。一旦本领域技术人员理解与本发明有关的基本发明,可容易地预见其它方法。

[0461] 除了字符之外,其它不规则或任意形状如车灯发射图案也可被描绘以成像在远场内,选择非均匀磷光体厚度以产生空间可变的亮度。

[0462] 作为图 63A、63B、64A 和 64B 结构的备选实施例,蓝通滤光片可直接放在磷光体片 6401 的下面。之后,磷光体片 6401 被包在反射黄光的材料盒中,但由切口 6402c 形成的输出端口除外。之后,通过输出端口 6402c 的黄光发射极高。既不由磷光体片 6401 吸收又不通过输出端口 6402c 发射的蓝光从漫射反射层 6402 反射回去,例如,所述漫射反射层可以是具有大于 99% 反射率的二氧化碳粉末。如图 64A 中所见,反射层 6402 覆盖磷光体层 6401 的薄缘及外面,从而不需要在反射层 6402 和蓝通滤光片之间留下间隙。由于短通滤光片对入射角的敏感性,以大于约 40° 或 45° 的入射角入射在滤光片上的蓝光被反射回到磷光体片 6401。具有低于 15° 入射角的蓝光被 CPC6303 接收,用作准直器并返回到 LED6301,其将约 75% 的光反射回系统。入射角在 15° 和约 30° 之间的蓝光在光学系统内反射且最终大部分返回到磷光体片 6401。因而,基本上,只有已通过磷光体 6401 两次及已由反射器 6402 散射到约 30° 和约 40° 之间的入射角的蓝光加上由磷光体自身散射回的同样角度范围内的少量光从系统损失,实现高效率。

[0463] 图 64A 和 64B 的结构是磷光体形状的一般概念的例子,其在本发明的多个实施例中使用,所述磷光体形状从单块件切割并粘附到透明衬底上。或者,磷光体片可被制成合成材料,其中磷光体层在批量生产过程中沉积在适当的透明衬底上如片或薄膜。这样的合成磷光体可被制成大的片然后使用已知方法切割为多个零件。之后,所述零件被粘附到再循环光学部件的端部。这种类型的合成磷光体方法可与在此描述的任何实施例或其派生结合。最后,磷光体层 6401 可经喷墨印刷或本领域技术人员已知的其它方法直接沉积在透明衬底 6403 的表面上,所述方法如美国乔治亚州 PhosphorTech of Lithia Springs 开发和使用的电泳沉积方法。

[0464] 回到图 62C,其示出了图 64A 和 64B 的漫射罩的好处,可能希望通过降低源面积而不明显降低提取效率生产更高亮度的源。如果提取效率的降低少于面积的减少,则这是可能的。该面积减少导致 P_t 的降低,其表现为曲线 6253。对于具有共形磷光体源的 LED,如果

曲线 6253 的导数小于 1, 尽管有一些流明损耗, 但亮度将增加。例如, 参看图 62C 中建模的远程磷光体系统的效率曲线的斜度, 所述曲线有多个部分出现这种情况。如果将曲线上点 D 的 P_T 值减半, P_T 从大约 0.22 降为 0.11。然而, 效率仅从 0.66 下降到大约 0.58。从而, 当 P_T 降低 50% 时效率仅下降 12%。在这种情形下, 以输出损耗 8% 为代价, 亮度可增加 76%。

[0465] 显然的是, 如果用理想的漫射罩使磷光体反射面积的大小降低一半, 这将使未覆盖发射磷光体的 P_T 值也降低一半。在这样的理想系统中, P_T 的值等于 P_T 的初始值乘以发射磷光体面积与覆盖及未覆盖磷光体的总面积之比。如果漫射罩不是理想的反射器, 当然在系统中将有额外的损耗。然而, 有具有 99% 漫射反射率的材料可用, 其由美国特拉华州 W. L. Gore & Associates 生产。同样, 有具有陶瓷或其它填充物 (如二氧化钛) 的注模塑性材料可用, 其在可见波长具有与 Gore 材料类似的漫射反射率。这些混合塑性材料的优点在于它们可用于以低成本制造高度精确的零件。这样的材料目前用于制造背光中使用的混合室。具有与上述材料类似的反射率的高反射率镜面反射镜也可用, 且还可用作罩。美国明尼苏达州的 3M Corporation 在它们的 Vikuiti 生产线中生产薄膜, 该薄膜适于这种应用。同样, 高反射率全向镜面反射器可用在许多光学厂商的多种衬底上。制造所述反射器的公司之一是加利福尼亚州的 JDS Uniphase。

[0466] 该增加亮度的新方法还可用于非常高效率的 LED (其被期望在近期商用), 具有或没有磷光体, 如果这些器件的内部损耗非常低的话。使用高度反射的反射镜, 通过将向器件后部发射的光折转成向前, LED 已几乎使活性层 (其通常各向同性发射) 的亮度加倍。在理想 LED 中 (没有损耗机制), 前表面上的孔径光阑, 如镜面或漫射反射镜, 将增加所述器件的亮度。同样, 在具有共形磷光体的 PC LED 的情况下, 不需要磷光体层位于漫射罩的下方, 因为所述器件预计将同等地反射所有波长。此外, 该方法不限于特定颜色或波长的 LED。

[0467] 目前显然的是, 高于在此所述的亮度增强的使用, 本发明的远程磷光体实施例相对现有商用 PC LED 具有确定的优点。图 62C 中的两个点 A 和 B 表示对分别具有平坦和圆顶罩的高性能 PC LED 其效率随 P_T 变化而变化。这些代表 PC LED 领域的状态。如果将这样的 LED 建模为 P_T 的函数, 可以看出, 它们的效率曲线 (落在同一曲线上) 在 P_T 的有用值处非常陡。减少这些 LED 的反射面积实际上降低了亮度并大大降低了提取效率。

[0468] 覆盖磷光体片 6401 的部分的漫射反射器 6402 可设想变为磷光体片的完全包围罩, 实质上去除图 64B 中所示的正方形切口。相反, 图 65A 为远程磷光体系统 6500 一部分切掉的立体图, 其包括辐射到第一准直器 6502 (在此示为圆形 CPC) 内的蓝光 LED 6501, 所述准直器使其光在输出顶面 6502t 准直。长通二向色反射器 6503 位于与准直器 6502 成 45 度角处, 其将所有短波长蓝光向下反射到第二 CPC 6504 中, 同样为圆形及具有同样的 10° 受光角。该“最蓝”光到达厚的磷光体片 (未示出), 所述厚磷光体片由白光反射器 6505 封闭, 从而实质上所有这样的蓝光被完全转换为效能高得多的黄光。光致发光黄光向上发射到 CPC 6504 内, 并被校准在传统全波长对角线反射器 6506 上, 其后形成黄光输出光束 6507。通过滤光片 6503 的较长蓝光波长将形成蓝光输出光束 6508。这些蓝光和黄光光束可由图 40-50 的任一多波长方法重新结合。它们分开使用可分开空间调制, 以用彩色图象将重新结合的光束形成图案。空间调制器, 如液晶显示器, 对图象形成领域的技术人员是公知的。

[0469] 图 65A 的延伸圆柱 6509 是所述器件的实际外表面的典型情形, 其中滤光片 6503 夹在分开的片状透明电介质圆柱和实体电介质三角柱 6506p 之间, 这防止来自 CPC 6502 和

6504 的准直的光被偏转（经滤光片 6503 表面处的折射）。实体电介质三角柱 6506p 还能支持反射器 6506。实施例 6500 还可构造成具有开放反射器，在这种情形下，实体电介质三角柱 6506p 不再需要。

[0470] 图 65A 的白光反射器 6505 也可在其中包含用于管理磷光体转换过程中产生的热量的装置。这样的装置的许多变化，其可经被动或主动冷却原理起作用，对热工程领域的技术人员是公知的。远程磷光体相对传统共形磷光体具有热优点，因为其与源的热量隔离。进一步地，源也具有热优点，因为更少的黄色磷光体光返回到磷光体部分吸收，随之发生的热量也更少。同样，磷光体自身产生的热量不被增加到源的热量中。该热量可被例示，对于产生 300mW 蓝光的 1 瓦特 LED，产生 700mW 的热量。如果该蓝光的三分之二被吸收，即 200mW，则其约 10% 变为磷光体中的热量，剩下 180mW 用于激励。黄光的较长波长意味着所述激励只有 85%（153mW）变为光能，其余 15%（27mW）为热量，从而总热负荷为 47mW。在共形磷光体中，至少三分之一的黄光在芯片中吸收，总共 100mW 的额外热量，比单独芯片的情况增加 14%。在远程磷光体中， $47\text{mW}/\text{mm}^2$ 的热通量等于 50sun，因而将需要额外的冷却措施，因为空气自由对流太弱（ 30°C 温差去除 1sun 热量）从而不能单独通过磷光体片自身的表面冷却磷光体片。图 63A 和 63B 的圆形 CPC6303 上的磷光体片面积相对 LED 增加 5%，则其热负荷降低到 10sun。尽管如此，忽略该问题将导致磷光体过热条件，如果没有去除多余热量的装置，这将危及由注塑塑料制成的电介质 CPC 的结构完整性。或者，电介质光学部件 6303 可由高工作温度材料制成，其比用于光学组件的典型塑料具有更高的传导性和热扩散能力。例如，石英具有 $3\text{W}/\text{m}^\circ\text{K}$ 的热传导率，而丙烯酸树脂的热传导率为 $0.18\text{W}/\text{m}^\circ\text{K}$ 。同样，玻璃的热扩散系数远高于塑料，石英比塑料高 10 倍以上。对于基于电介质的远程磷光体实施例，可采用其它手段从远程磷光体去热。再次回到图 64A 和 64B，罩 6402 可以是多层罩，内反射层由高热传导率陶瓷材料制成，外层由铜或其它高传导率材料制成，适当保护以免受环境影响。陶瓷和 / 或铜层可延伸到比孔径更宽的地方，甚至可包括热交换结构件如散热片。也可采用主动冷却，如在大多数个人计算机中发现的那样，用高度可靠的微型风扇强迫空气流动。

[0471] 再次回到图 65A，用漫射白光反射器 6505 完全包围磷光体片的外表面的另一优点存在于透明磷光体使用具有非常小散射的单晶形成的情况。该材料的高折射率（1.8）导致广泛的光截留，当光必须经过其时，这使得其比散射磷光体更没用。但使用与透明磷光体接触的漫射反射器，通过反射器的散射消除光截留。因而，磷光体周围的漫射反射器相对使用透明磷光体的现有技术特别有利，所述透明磷光体可从北卡罗来纳州 Charlotte 的 Baikowski International Corporation 购得。这很重要，因为所述磷光体比传统散射磷光体具有更高的量子效率（95% 对 90%）。同样，透明磷光体非常硬和结实，与传统磷光体的粉末形式不同。因此，为了更好的光学接触，可将其放入注模然后在其上模制反射白光罩。

[0472] 图 65A 的二向色反射器 6503 由图 66A 描述，其所示的图表 6600 具有代表以纳米为单位的波长的横轴 6601 及左边代表反射率和相对强度的纵轴 6602R、右边代表透射率的纵轴 6602T，在这样的非吸收滤光片中，这些总计为 1 的反射率。滤光片反射率函数 6603，其描述长通滤光片 6503 的波长特性，包括延伸到 465nm 的全反射部分 6603h。该波长仅稍长于蓝光 LED 光谱 6604 的 458nm 峰值。滤光片函数 6603 的陡峭部分 6603c 在 475nm 时几乎下降到零。位于 6603c 右边的蓝光光谱部分 6604 将成为图 65A 的输出光束 6508 的一部

分。该光具有来自图 65A 的蓝光 LED6501 的所有蓝光波长的最高效能。然而,其现色性并不差。也就是说,仅使用越过 470nm(而不是图 11B 中滤光片的 500nm)的蓝光将保持良好的色度色移及良好的现色性。当蓝光照过磷光体片时,约一半的未吸收蓝光非常短,相比超过 470nm 的蓝光波长,接近紫光的波长效能低 10 倍以上。因而,使用部分波长用于透射及使用所有其余波长用于发光相比使用所有蓝光波长的情形具有出众的效能,使用所有蓝光波长的情形忽略了效能的巨大差异。

[0473] 图 65B 为另一远程磷光体系统 6510 的侧视图。蓝光 LED6511 辐射到第一准直器 6512 内形成蓝光光束 b。倾斜的反射镜 6513,其对较长波长透明及部分反射蓝光波长,反射短波长的蓝光,类似于图 65A 的滤光片 6503。该短波长光被示为光束 s,其进入第二聚光器 6514(在该图中示为 CPC)并被聚集在磷光体片 6515 上,磷光体片底部由白光反射器(未示出)包围,使得所有黄光向上行并由 CPC6514 校准为黄光光束 y。对角线黄光反射器 6516 以与长波蓝光输出光束 bL 一致的方向发出黄光光束 y,二者包括具有均匀亮度和色度白光窄角($\pm 10^\circ$)输出光束。辅助反射镜 6517 再循环未吸收的短波蓝光使其回到 CPC6514 内。LED6511 的正方形形状及其随后的 CPC6512 的不完全填充是该优选实施例遭受的位于亮度减量。同样还示出了用于 LED6511 的大热交换器 6518 及用于磷光体片 6515 的小热交换器 6519。虚线 6510g 指示类似于图 39B 的间隙 398 和 399 的小间隙,并可用较低折射率的材料如硅酮填充,因为它们的功能仅为倾斜射线。使用这样的材料而不是气隙大大降低了在法线入射与其交叉的任何射线的菲涅耳反射率。例如,如果 CPC6502 和 CPC6504 的材料折射率大约为 1.49,则硅酮液体或凝胶应具有大约 1.43 的折射率。

[0474] 滤光片 6513 也可是长通滤光片,其对部分或所有蓝光波长具有部分反射能力。图 66B 所示图表 6610 具有代表以纳米为单位的波长的横轴 6611 及左边代表反射率的纵轴 6612R 和右边代表透射率的纵轴 6612T。反射率函数 6613 包括水平段 6613,其表明滤光片 6513 怎样在较长波长时透明及对蓝光 LED6511 的波长反射 70%,从而 30%的蓝光将透过滤光片 6513 并直接退出所述器件。其余 70%的蓝光将被滤光片 6513 反射,最终到达磷光体片 6515。从磷光体转换的黄光返回到蓝光短通滤光片 6516 并由滤光片 6516 反射和退出所述器件。反射镜 6517 将到达其的任何蓝光再循环回到磷光体片 6515 进行可能的转换。

[0475] 图 65C 示出了另一远程磷光体系统,其在同一平面具有磷光体片和 LED。远程磷光体系统 6520 包括蓝光 LED6521、在该图中示为 CPC6522 的圆形对称光学部件、对角线全波长反射镜 6523、对角线青光反射带通滤光片 6524、在该图中示为 CPC6526 的具有对角线全波长反射镜 6525 的第二圆形对称光学部件、及对角线黄光反射器 6528。

[0476] 图 65C 的青光反射器 6524 具有图 66A 的滤光片反射率曲线 6605,使得其透射激励磷光体的短波长蓝光及因而发射的黄光,其具有曲线 6606 所示的光谱分布。反射器 6524 仅将长波长蓝光反射到由其及反射镜 6528 向上反射的黄光形成的白光输出光束。图 65C 的平面镜再循环滤光片 6524 向下发送到其的任何光并将这些光发送回到滤光片,滤光片继而改变所述光的方向使之回到反射镜 6525,所述光最终终止于磷光体片 6515,在那里所述光具有另一被转换的机会。

[0477] 图 65C 的滤光片 6524 也可是长通滤光片,如图 66C 所示,其所示的图表 6630 具有代表以纳米为单位的波长的横轴 6631 及代表反射率的纵轴 6632。滤光片函数 6633 包括指示对部分或全范围的蓝光波长部分反射 30%的水平段 6633h,如先前所述,及包括陡峭

的截止陡壁 6633c。虚线 6636 示出了图 65C 的黄光滤光片 6528 对于磷光体的谱函数 6635 的反射率。

[0478] 图 65C 的包括滤光片 6528、6524 和反射镜 6529 的组件可关于连接反射镜 6523 和 6525 的中心的线确定的轴旋转。如果该组件关于所述轴旋转 90 度,则退出远程磷光体系统 6520 的光将在垂直于初始方向的方向。如果希望远程磷光体系统 6520 的高度最小,如有时建筑凹室应用所要求的那样,这是非常有用的构造。同样,机械旋转节可包含在 6520 内以使能旋转定位该组件,使得输出光束的方向可关于所述轴调节。

[0479] 图 65D 示出了图 65A 的备选远程磷光体实施例,其中磷光体片和 LED 大约位于同一平面上。图 65D 示出了远程磷光体系统 6530,包括具有热管理器件 6531 的蓝光 LED6532。来自 LED6532 的蓝光被导入第一准直器 6533(在该图中示为 CPC),其将光对准在倾斜的长通二向色滤光片 6534 上,该滤光片具有与图 65A 的滤光片 6503 一样的特性,如图 66A 所述。二向色滤光片 6534 位于与准直器 6533(在该图中示为 CPC)成 45 度角处,将所有短波长的蓝光向左反射到第二倾斜的长蓝通二向色滤光片 6536(不可见)内。滤光片 6536 具有与滤光片 6534 一样的波长特性。滤光片 6536 将短波长蓝光向下反射到光学部件 6537,其继而将光聚集在厚的磷光体片 6538 上,所述磷光体片由白光反射器 6539 包围,使得实质上所有这样的蓝光均被转换为效能高得多的黄光。白光反射器 6539 包括热管理元件如具有散热片的热交换器。转换的黄光向上发射到光学部件 6537 并被对准在倾斜的长蓝通滤光片 6536 上,其后形成黄光输出光束 6540。通过滤光片 6534 的较长波长的蓝光将形成蓝光输出光束 6541。蓝光和黄光光束可由图 40-50 的任一多波长方法重新结合。同样还示出了实体电介质三角柱 6542,其具有侧面 6535。棱柱 6542 防止来自准直器 6533 和 6537 的平行光在滤光片 6534 和 6536 的表面偏转。或者,实施例 6530 可被构造成具有开放反射器,在这种情形下,棱柱 6542 不再需要。

[0480] 图 65E 是图 65B 所示实施例的备选结构,但 LED 和磷光体片位于同一平面上。图 65E 示出了远程磷光体系统 6545,包括具有热管理器件 6561 的蓝光 LED6550。来自 LED6550 的蓝光被导入第一圆形对称准直器 6551(在该例子中示为 CPC),其将光对准在长通滤光片 6555 中,对来自蓝光 LED6550 的部分或所有波长蓝光部分反射。滤光片 6555 让预定部分的蓝光通过并将剩余部分的蓝光反射到全波长反射器 6556。未被滤光片 6555 反射的蓝光,作为平行蓝光光束 b6557 退出。到达全波长反射器 6556 的光向下转 90 度进入圆形对称聚光器 6559(在该例子中示为 CPC),在那里光到达厚的磷光体片 6560,该磷光体片的底部由白光反射器包围(未示出),从而所有黄光均向上行并由 6559 对准。全波长反射镜 6556 改变该平行光的方向使其到达蓝光短通滤光片 6553(与所述反射镜成 45 度角),将磷光体片发射的所有黄光和较长波长作为平行黄光光束 y 6558 反射出所述装置。蓝光光束 b 6557 及黄光光束 y 6558 结合以产生白光。反射镜 6554 再循环未被滤光片 6553 经全波长反射器 6556 和光学部件 6559 反射回到磷光体片 6560 的蓝光以进行可能的转换。虚线 6562 指示在不同组件之间需要气隙的地方,所述气隙与图 39B 的间隙 398 和 399 类似。

[0481] 图 66D 所示图表 6640 具有代表以纳米为单位的波长的横轴 6641 及代表反射率的纵轴 6642。滤光片函数 6643,其对应于图 65E 的滤光片 6555,包括指示对部分或全范围的蓝光波长部分反射 70%的水平段 6643h 及包括陡峭的截止陡壁 6643c。虚线 6646 是图 65E 的滤光片 6553 的反射函数,成形为配合磷光体光谱 6645。

[0482] 热管理器件 6561 被示作蓝光 LED6550 和磷光体片 6560 共用。然而,在实践中,在该器件中可以有热中断,使得磷光体片不接收大量从 LED 回来的热量,反之亦然。

[0483] 远程磷光体系统的效率与其二向色滤光片的效用有关。为说明一个真实滤光片例子的性能,实际的光谱透射率测量数据已由其制造商 - 美国加利福尼亚州的 JDS Uniphase 使得可用。所述性能及与该滤光片有关的其它规约由发明人提供给该公司,以在图 63A 和 63B 中所示实施例中由发明人设计的实际远程磷光体系统中起作用。图 67 所示图表 6700 具有代表浸入波长的横轴 6701 及代表透射率的纵轴 6702。理论性能由实线 6703 指示,测得的性能由虚线 6704 指示。同样还示出了虚线 6705,其表示在 $n = 1.5$ 的电介质内在 10° 入射角测得的性能,和本发明几乎一样。透射光谱区 T 包括 99.3-99.9% 的值。反射光谱区 R 包括 99.9% 的反射率,具有不可测量的小的吸收。这论证了本发明的可行性。

[0484] 虽然圆形 CPC 的效率出众,但可能在非再循环设计中使用正方形 CPC,以图 48 的方式使用波长变化的滤光片。为避免正方形与圆形失配,可能改变图 60A 的结构并导致大 CPC62 具有更大的受光角如 14° 或 15° ,分别导致 98% 和 99% 的传送效率(而 10° 时为 85%)。图 68A 为远程磷光体系统 680 的立体图,包括蓝光 LED681、 10° 电介质交叉 CPC682、蓝通滤光片 683、 15° 电介质交叉 CPC684 及磷光体片 685,所述磷光体片比 LED681 大 50%。不幸地, CPC683 对于来自磷光体片 685 的再循环光仅具有 90% 的效率 R。因而,下述更实际的非再循环设计使用 10° 和 15° 正方形 CPC,它们被示为具有单一 LED 和磷光体片,但多个蓝光 LED 同样可被示出,如图 10A。

[0485] 图 68B 为长方形截面的 CPC6810。延伸在边缘 6812 和 6817 之间的面及延伸在边缘 6814 和 6816 之间的相对面成形为线性挤压的 CPC 轮廓。同样,延伸在边缘 6813 和直线 6819 之间的面及延伸在边缘 6811 和直线 6820 之间的相对面成形为线性挤压的 CPC 轮廓。直线 6819 和边缘 6815 之间的表面及直线 6820 和边缘 6818 之间的相对表面为平坦表面。

[0486] 图 69A 为远程磷光体系统 690 的侧视图。蓝光 LED691 照入 CPC692,其将光对准到具有 $\pm \alpha$ (在此为 10°) 散度的蓝光光束 b。对角线反射镜 693 将这些射线横向发送到上部对角线反射蓝光的反射镜 695,其将一部分蓝光向外反射,还发送到对角线反射蓝光的反射镜 694,其改变光的方向使其向下到达更小的第二 CPC697,所述第二 CPC 是与图 68B 中所述类似的长方形截面的 CPC。磷光体片 698 接收由对角线反射蓝光的反射镜 694 反射的蓝光并将其转换为黄光, CPC697 将其对准到通过反射镜 694 和 695 的黄光输出光束 y (具有更大的散度 $\pm \beta$, 在此为 15°)。大的热交换器 699L 冷却蓝光 LED691,而小的热交换器 699S 冷却磷光体片 698。虚线指示与图 39B 的间隙 398 和 399 类似的微小气隙。该结构具有光学缺陷,黄光和蓝光输出光束将不适当地组合,因为它们具有不同的散度 α 和 β 。更小尺寸的上部反射蓝光的反射镜 695 意味着光束在空间上不均匀。

[0487] 图 69B 示出了同样的系统,但增加了全息漫射器 690d,其使来自 CPC692 的 $\pm 10^\circ$ 蓝光加宽,使得其发散角等于来自 CPC697 的 $\pm 15^\circ$ 。反射蓝光的反射镜 695 必须足够长以将所有这样的蓝光向出口反射。现在,两个光束将在远场结合以形成白光。然而,在近场,两个光束不重合。

[0488] 图 69C 示出了同样的系统,但上部蓝光反射镜被示为分为两个更小的反射镜 695s。进一步地,拆分为小的以至不能辨别的多个反射镜将给出空间上均匀的白光输出。

[0489] 图 70 示出了远程磷光体系统 7000。由大的热交换器 7011 冷却的蓝光 LED7010 照

入第一 CPC7020, 其将光对准到具有 $\pm 10^\circ$ 散度的射线 b。对角线反射镜 7030 透射该光的部分, 其后, 所述光由漫射器 7040 扩展到 $\pm 15^\circ$ 散度。之后, 其通过反射黄光的对角线反射镜 7050 并退出。对角线反射镜 7030 还将射线 b 的一部分横向反射到反射蓝光的对角线反射镜 7070, 其将它们向下反射到第二 CPC7080, 第二 CPC 继而将它们聚集到磷光体片 7090 (由热交换器 7091 冷却) 上。对角线反射镜 7030 可以是常规的分束器 (约 2/3 反射、1/3 透射), 也可是如图 66D 中所示的分束蓝光反射镜, 其为部分反射短波长的长通滤光片。由于第二 CPC7080 具有与第一 CPC7020 相等的孔径但具有更大的受光角, 磷光体片 7090 也成比例地更大。相比第一 CPC7020, 棒 7081 补偿第二 CPC7090 的更短的高度。虚线指示与图 39B 的间隙 398 和 399 类似的微小气隙。由磷光体片 7090 产生的光致发光黄光照入 CPC7080, 其将所述黄光形成具有 $\pm 15^\circ$ 散度的射线 y, 射线通过反射蓝光的对角线反射镜 7070 并到达对角线折转反射镜 7060, 从而横向反射到反射黄光的对角线反射镜 7050, 其将射线向上反射以与蓝光输出结合从而形成空间及角度均匀的白光输出。虚线指示用较低折射率材料如硅酮填充的气隙。它们的 74° 临界角足以反射倾斜射线。

[0490] 图 71 为基于图 70 的实施例的远程磷光体系统 7100 的立体图, 将多个蓝光 LED 和多个磷光体片的输出组合为单一、高度均匀的窄角白光光束。例如, 这样的系统可有利地应用于汽车头灯。蓝光 LED7110 排成 4×4 阵列, 每一 LED 连接到小的交叉 CPC7120, 继而所有 CPC 连接到长方形混合管道 7130。对角线部分蓝光反射镜 7140 位于其上, 所述反射镜将部分蓝光横向反射到对角线蓝光反射镜 7150, 从那里向下到大 CPC7160, 该 CPC 将蓝光聚集到磷光体片 7170 上。它们的黄光由大 CPC7160 平行校正并通过对角线蓝光反射镜 7150 到达对角线折转反射镜 7180 并因而向内横向反射。对角线蓝通黄光反射镜 7190 以与蓝光重合的方式发出黄光 (其由漫射器 7195 加宽) 以形成白光输出光束。所有 LED 和磷光体片方便地位于同一平面中。

[0491] 在经更大量的蓝光 LED 获取更高的功率时, 对于图 63A 和 63B 的实施例, 电介质 CPC 被证明体积太大且昂贵。而可使用图 6C 的锥形体和透镜方案。因而, 图 72A 示出了远程磷光体系统 7200, 具有 32 个蓝光 LED7201, 每一 LED 具有其自己的交叉电介质 CPC7202, 在滤光片和反射镜平面 7203 上排成不完全正方形。该结构使所述平面的 77% 可被覆盖, 不同于完全正方形情形的 64%。大的反射锥形体 7205 被示为一部分切掉, 以显示具有正方形中心孔 7207 的磷光体片 7206, 所述孔具有与 32 个 LED7201 一样的面积。锥形体 7205 具有金属底座, 连接到径向热交换器散热片 7210。锥形体 7205 不限于使用反射箔所要求的锥形截面, 其也可具有特制截面, 如可用注模制造。非成像光学部件领域的技术人员已知的所述特制形状通常连同透镜 7204 一起设计, 如图 72B 中所示。这样的组合透镜 / 反射器光学部件可接近理论极限运行。为了实现这样的高性能, 折射透镜应被完全涂覆多层及反射器对所需波长应具有接近 100% 的反射率。涂覆多层的高透射率透镜可从多个来源获得。不可展表面上的非常高反射率的涂层可从工业源获得。同样, 一些高反射率薄膜如可从美国明尼苏达州 3M 公司获得的薄膜已成功模制成不可展形状。这样的薄膜也可用于制造锥形反射器, 如锥形体 7205, 因为锥形体是可由扁平薄膜制成的可展表面。

[0492] 图 72B 为远程磷光体系统 7200 的另一立体图, 其示出的小的交叉电介质 CPC7202、反射器锥形体 7205、折射透镜 7204 及热交换器散热片 7210。同样还示出了中心磷光体孔 7207, 其由漫射反射器 7206 包围, 由连接到散热片 7210 的高度传导的材料支撑, 所述材料

用于从磷光体片 7206 传导去除 5 瓦特的无用热量。该系统应能够产生约 4000 流明,亮度为 40 candela/mm²,仅次于弧光灯。

[0493] 图 73A 示出了侧向发射远程磷光体系统的优选实施例,其具有分开的短和长波输出端口。图 73A 的远程磷光体系统 7300 使用图 68A 的原理,其中第二光学部件的受光角大于连接到蓝光 LED 的光学部件的受光角。在该实施例中,第二光学部件具有长方形截面,而第一光学部件具有正方形截面。远程磷光体系统 7300 包括蓝光 LED7301,其辐射到具有受光角 7302 的第一交叉 CPC7313(或具有正方形截面的其它准直器),所述 CPC 将来自蓝光 LED7301 的光对准到倾斜的反射镜 7305 及具有受光角 7308 的光学链,从而将光聚集到具有高度反射的罩和热交换器(二者均未示出)的远程磷光体片 7309 上。到达倾斜的反射镜 7305 的所述蓝光的一部分被反射及重定向到短波长输出端口,其光束输出由箭头 7311 指示。未到达反射镜 7305 的蓝光部分通过所述光学链,该链由倾斜的短通滤光片 7306(如图 11A 所示)及长方形交叉 CPC7314(或具有长方形截面的其它聚光器)组成。CPC7314 具有所述比交叉 CPC7313 的受光角 7302 大的受光角 7308。从磷光体片 7309 发出的光由长方形交叉 CPC7314 向倾斜的短通滤光片 7306 对准,其将黄光及较长波长反射到长波长输出端口,该端口的光束输出由箭头 7312 指示。长方形截面 CPC7314 具有上部直部 7310u 和下部直部 7310l 及正交方向的扩展部分(未示出),如图 68B 的几何结构。由箭头 7311 指示的短波蓝光的光束角可被扩散以与来自长波长输出端口的光的光束角匹配。这些蓝光和黄光光束可由图 40-50 的任一多波长方法重新结合。实施例 7300 的一个优点在于所述装置不需要任何气隙并可制造为单件。LED7301 和磷光体片 7309 在垂直方向较薄,使其适于需要该属性的应用。或者,所述装置可被构造成具有几个气隙及所有光学表面被完全涂覆多层。

[0494] 图 73B 为远程磷光体系统的优选实施例,其具有分开的邻接蓝光和黄光输出端口。图 73B 的远程磷光体系统 7320 使用图 68A 的原理,其中第二光学部件的受光角大于连接到蓝光 LED 的光学部件的受光角。在该实施例中,第二光学部件具有长方形截面,而第一光学部件具有正方形截面。远程磷光体系统 7320 包括蓝光 LED7321,其辐射到第一交叉 CPC7329(或每端具有正方形截面的其它准直器),所述 CPC 将来自蓝光 LED7321 的光对准到倾斜的反射镜 7323 及漫射器 7324。到达漫射器 7324 的蓝光部分(粗线)被扩展并作为光束输出 7326 离开短波长输出端口。由反射镜 7323 反射的蓝光部分被倾斜的黄通滤光片 7325 再次向长方形截面聚光器 7330 反射,示为底部上的 CPC 部分及顶部的直部。聚光器 7330 的受光角等于或大于交叉 CPC7329 的输出角。交叉 CPC7330 将蓝光聚集到具有高度反射的罩(未示出)及热交换器 7328 的远程磷光体片 7322 上。从磷光体片 7322 向上发出的光由长方形交叉 CPC7330 向倾斜的长通滤光片 7325 对准,其将黄光和较长波长传输到平坦输出端口 7331 以形成黄光光束 7327。对角线棱柱 7332 光学上连接到滤光片 7325,使得在黄光光束 7327 离开滤光片的倾斜表面时不被偏转。而是其以法线入射离开,因而未被偏转。长方形截面 CPC7330 具有与图 68B 中所示类似的几何结构。漫射器 7324 扩展蓝光光束,使得其孔径张角与来自准直器 7330 的黄光的张角匹配。

[0495] 图 73C 为图 73A 所示远程磷光体系统侧向发射实施例的备选结构,其具有一个共用输出端口。图 73C 的远程磷光体系统 7340 使用图 68A 的原理,其中第二光学部件的受光角大于连接到蓝光 LED 的光学部件的受光角。在该实施例中,第二光学部件具有长方形截面,而第一光学部件具有正方形截面。远程磷光体系统 7340 包括蓝光 LED7341,其辐射

到具有受光角 7342 的第一交叉 CPC7347 (或每端具有正方形截面的其它准直器), 所述 CPC 将来自蓝光 LED7341 的光对准到倾斜的反射镜 7344 及具有受光角 7343 的光学链, 从而将光聚集到具有高度反射的罩和热交换器 (二者均未示出) 的远程磷光体片 7342 上。反射镜 7344 可双重弯曲和 / 或空间上漫射, 使得反射在其上的蓝光的孔径张角从 7342 增加到 7343。到达倾斜的反射镜 7344 的所述蓝光的一部分被重定向到输出端口, 其光束输出由箭头 7345 指示。未到达反射镜 7344 的蓝光部分通过所述光学链, 该链由倾斜的短通滤光片 7348 及长方形交叉 CPC7346 (或每端具有长方形截面的其它聚光器) 组成。CPC7346 具有所述比交叉 CPC7347 的受光角 7342 大的受光角 7343。从磷光体片 7342 发出的光由长方形交叉 CPC7346 向倾斜的短通滤光片 7348 对准, 其将黄光及较长波长反射到所述输出端口, 该端口的光束输出由箭头 7345 指示。实施例 7340 的一个优点在于所述装置不需要任何间隙并可制造为单件。或者, 所述装置可被构造成在 CPC7347 的较宽端和 CPC7346 的较宽端具有间隙及在间隙处的所有光学表面或被完全涂覆多层 (在气隙的情况下) 或用较低折射率材料如硅酮填充。这种修改使所述输出端口尺寸最小。

[0496] 上述远程磷光体系统的色温是有多多少蓝光被不同滤光片放出的结果。由于滤光片具有不可改变的谱反射函数, 该色温不易于调节。因而, 下述五个优选实施例具有增加第二蓝光 LED 的手段, 使得来自第一蓝光 LED 的所有光完全由磷光体吸收。之后, 随着第二 LED 的输出增加或第一 LED 的输出降低, 色温上升, 所述第一 LED 的输出向磷光体提供能量。

[0497] 图 74 示出了远程磷光体系统 7400, 包括第一蓝光 LED7401、光学上连接到第一 LED 的具有 10° 聚集的第一准直器 7402 (示作 CPC)、第二蓝光 LED7403、光学上连接到第二 LED 的具有 15° 聚集且方向正交于第一准直器 7402 的第二准直器 7404、倾斜的短通滤光片 7405 (如图 11A 所示)、从第一准直器 7402 接收光线 b1 并将它们聚集到具有高度反射的罩和热交换器 (二者均未示出) 的磷光体片 7407 上的聚光器 7406 (示作 CPC)。在射线 b1 的光刺激下, 磷光体 7407 辐射黄光, 其由聚光器 7406 (用作相反方向射线的准直器) 校准为光束 y。倾斜的短通滤光片 7405 反射与直接来自第二准直器 7404 的射线 b2 重合的所述黄光。相对于第一准直器 7401 的输出改变第二蓝光 LED7403 的输出将导致重合输出光束 y 和 b2 的白光的色温的伴发变化。

[0498] 图 75 示出了类似的系统, 但两个 LED 和磷光体片便利地在同一平面中。远程磷光体系统 7500 包括第一蓝光 LED7501、光学上连接到第一 LED 的将光校准到 10° 的第一准直器 7502 (示为交叉 CPC)、倾斜的长通滤光片 7503、倾斜的全波长反射镜 7504、具有 15° 受光角的聚光器 7505 (示为交叉 CPC)、具有高度反射的罩和热交换器 (二者均未示出) 的远程磷光体片 7506、第二 LED7507、将光校准到 15° 的准直器 7508、扩展器 - 混合器部分 7509、倾斜的短通滤光片 7510、及具有窄隙 7512 的五个对角线棱柱块 7511, 所述窄隙优选使用低折射率硅酮填充。平行白光输出光束 7520 由两个重合光束组成, 即来自磷光体的黄光及来自第二蓝光 LED7507 的蓝光。其色温由两个蓝光 LED 的相对输出控制。

[0499] 图 76 示出了图 75 的备选实施例, 其中两个 LED 和磷光体片位于同一平面中, 但输出光束位置在中央。远程磷光体系统 7600 包括第一蓝光 LED7601、光学上连接到第一 LED 的将光校准到 10° 的第一准直器 7610 (示为交叉 CPC)、倾斜的全波长反射镜 7605 和 7606、具有 15° 受光角的聚光器 7609 (示为交叉 CPC)、具有高度反射的罩和热交换器 (二者均未示出) 的远程磷光体片 7603、第二 LED7602、将光校准到 15° 的准直器 7612、扩展器 - 混合

器部分 7604、倾斜的短通滤光片 7607、及具有窄隙 7611 的五个对角线棱柱块 7613, 所述窄隙优选使用低折射率硅酮填充。平行白光输出光束 7608 由两个重合光束组成, 即来自磷光体的黄光及来自第二蓝光 LED7602 的蓝光。其色温由两个蓝光 LED 的相对输出控制。

[0500] 图 71 的实施例示出了 LED 阵列和磷光体片阵列通过图 70 实施例教示的原理的逻辑延伸可怎样被组合为单一输出装置。所述逻辑延伸可应用于在此教示的所有远程磷光体系统实施例, 但具有分开的短波和长波输出端口的那些实施例如图 65A 和 65B 所示实施例除外。在这些情形下, LED 阵列和磷光体片阵列可被调节, 但需要有至少两个输出端口。

[0501] 为进一步说明具有单一输出端口的远程磷光体实施例可怎样逻辑延伸到包括组件阵列, 为此提供图 77 所示的实施例。该实施例基于图 75 教示的原理。图 77 示出了具有位于同一平面上的八个 LED 和四个磷光体片的系统。远程磷光体系统 7700 包括第一阵列蓝光 LED7702、光学上连接到所述第一阵列的将光校准到 10° 的第一阵列四个准直器 7706 (示为交叉 CPC)、倾斜的长通滤光片 7709、倾斜的全波长反射镜 7708、具有 15° 受光角的四个聚光器的阵列 7707 (示为交叉 CPC)、四个远程磷光体片的阵列 7701, 每一远程磷光体片具有高度反射的罩和热交换器 (二者均未示出)、第二四个 LED 的阵列 7703、将光校准到 15° 的四个准直器的阵列 7704、扩展器-混合器部分 7705、倾斜的短通滤光片 7710、及具有窄隙 7713 的五个对角线棱柱块 7711, 所述窄隙优选使用低折射率材料如硅酮填充。来自单一输出端口的平行白光输出光束 7712 由两个重合光束组成, 即来自磷光体的黄光及来自第二蓝光 LED 阵列 7703 的蓝光。其色温由两个蓝光 LED 阵列的相对输出控制。

[0502] 图 77 的实施例也可采用其它混合结构。例如, 四个远程磷光体片的阵列 7701 可被组合为一个磷光体片, 其通过将四个聚光器的阵列 7707 转换为单一准直器实现。该原理在图 71 中由大 CPC7160 图示, 其中两个大 CPC7160 中的每一个接受来自四个蓝光 LED 的光。

[0503] 具有远程磷光体系统是有益的, 其中白光的色温容易调整为包括值范围。这样的远程磷光体系统使其色温能够调整以满足或制造过程期间或随后在现场的技术要求。同样, 这些系统可包括测量装置的当前色温的反馈环路, 并可被构造成具有将该色温调节为所需值或调节到值范围内的电子装置。这是有利的, 因为蓝光 LED 可在其寿命期限内改变特性。图 78、79 和 80 的实施例示出了实现该目标的几种方式。图 78 示出了怎样使用与图 73C 类似的非再循环远程磷光体系统实现所述目标, 而图 79 和 80 的实施例使用新的原理, 即黄光部分再循环及部分非再循环。可能构造这样的系统以获得非常高的亮度。

[0504] 图 78 示出了远程磷光体系统 7800, 其使所发射的白光的色温可调, 这通过调节两个蓝光 LED 的通量输出的比实现。该实施例基于图 73C 中教示的原理, 在该实施例中, 蓝光 LED7341、准直器 7347 和倾斜的短通滤光片 7348 分别由 LED7801 及 7802、准直器 7807 及 7808、和倾斜的短通滤光片 7803 代替。由蓝光 LED7801 发射的蓝光由反射镜/漫射器 7805 部分反射, 所述反射镜/漫射器使该光扩散使得其与来自准直器 7810 的黄光的孔径张角匹配。同样还示出了可选混合部分 7809, 用于使从准直器 7810 接收的光均匀。黄光磷光体 7804 接收来自蓝光 LED7802 和 7801 的光, 因此所发射白光的黄光分量取决于两个蓝光 LED 的输出。然而, 所发射白光的蓝光分量近源自蓝光 LED7801 的蓝光在反射镜/漫射器 7805 处的反射。相对于蓝光 LED7802 改变蓝光 LED7801 的输出使能相当大地控制所反射白光 7806 的色温。

[0505] 图 79 示出了远程磷光体系统 7900, 其具有可调的色温及采用具有部分再循环和

部分非再循环的混合系统。远程磷光体系统 7900 包括三个蓝光 LED7903 及两个磷光体片 7901 和 7902,所有这五个元件均共平面。接收来自中央蓝光 LED7903 的蓝光的准直器 7917 被构造成使得其受光角等于聚光器 7914 和 7912 的受光角。在该实施例中,该受光角被设为 15° ,及 7917、7914 和 7912 的外形被示为 CPC。实施例 7900 还包括右边的三角形短通滤光片 7908、全波长折转反射镜 7904 和 7905、倾斜的长通滤光片 7906 和 7907、完全涂覆多层(在气隙情况下)或填充低折射率材料的间隙 7910、及输出端口 7911。来自中央 LED7903 的蓝光由准直器 7917 校准,其将所述蓝光引到混合器部分 7916,所述混合器部分也可构造为与图 75 的部分 7509 类似的扩展器-混合器部分。来自混合器部分 7916 的蓝光透过低折射率间隙(示为虚线)及三角形短通滤光片 7908,继而退出输出端口 7911。来自右边和左边蓝光 LED7903 的光分别由准直器 7913 和 7915 及长通滤光片 7907 和 7906 校准,继而每一蓝光光束由全波长折转反射镜 7905 和 7904 引入具有出口的光学链,所述出口具有远程磷光体片。每一磷光体片将具有高度反射的罩且通常具有热管理装置(二者均未示出)。在这点上,7900 的每一半与图 75 的实施例一样运行,因为磷光体转换的光被校准和重定向到全波长折转反射镜 7905 或 7904,继而水平方向反射。在图 75 的实施例中,所有水平的光均被引到输出端口。在系统 7900 中,只有到达三角形短通滤光片 7908 的射线才退出输出端口。未退出的水平方向的光行进到装置的另一半,继而被全波长反射镜反射,最终聚集到相对的磷光体片上。到达磷光体片 7901 和 7902 的黄光及较长波长光将被散射、校准和重定向朝向三角形短通滤光片 7908,继而其一部分或退出输出端口或被再次再循环。

[0506] 由三角形短通滤光片 7908 截取的光部分可通过选择准直器 7917 和扩展器-混合器 7916 的适当形状和受光角进行调节。例如,如果准直器 7917 和混合器 7916 用准直器 7508 和扩展器-混合器 7509 代替,则每次通过时由短通滤光片 7908 截取的光部分将为 50%。系统 7900 的色温可通过相对于为磷光体转换设计的两个蓝光 LED 的通量改变 7903 的中央蓝光 LED 的通量输出进行调节。

[0507] 为实现系统 7900 的最大效率,每一组件的光学传输效率均很高非常重要,特别是在再循环模式下更是如此。这可在正方形截面准直器/聚光器中通过使用比交叉 CPC 更理想的光学部件实现,所述光学部件通常由具有恒定折射率的材料制成。非成像光学部件领域的技术人员已知有几种方法可满足该条件。一种方法是在交叉 CPC 的壁中引入波纹,通过使用优化算法改变这些波纹的形状实现解决方案。另一种方法是设计光学部件,假设其没有恒定的折射率。可变折射率解决方案在 Elsevier 于 2005 年出版的、R. Winston、J. C. Minano 和 P. Benitez 所著 *Nonimaging Optics* 书的第 6 章给出,其通过引用而全部包含于此。在这两种方法中,光学部件的每一端均为正方形,而中间部分可以也可不是正方形。基于非成像光学部件领域技术人员已知的这些及其它方法的光学准直器和聚光器可用于在此描述的任何实施例。

[0508] 图 80 示出了远程系统 8000,其为图 79 的备选实施例,其中不需要全波长折转反射镜 7904 和 7905。该实施例相比图 79 的实施例具有进一步的优点,即组件的数量可以更少。远程磷光体系统 8000 包括蓝光 LED8012、正方形截面准直器 8010,二者均在左侧,还包括具有准直器 8004 的可调蓝光 LED8001、磷光体片 8003(具有高度反射的罩及散热片,未示出)及相关联的正方形截面聚光器 8005、可选混合室 8006、全波长反射镜 8008、倾斜的短通滤光片 8002、输出端口 8007 及间隙(示为虚线)。输出端口 8007 的通量由通量箭头 8011 表

示,其是可调蓝光 LED8001 和反射的黄光及来自短通滤光片 8002 的较长波长的组合输出。由短通滤光片 8002 反射的未退出输出端口 8007 的光由全波长反射镜 8008 反射并回到短通滤光片 8002,继而其被反射到可选混合室 8006、聚光器 8005 的光学链,最后回到磷光体片 8003。磷光体片 8003 接收该未退出的光,使其散射和再循环。

[0509] 图 80 的实施例被构造成具有两个蓝光 LED8012,但通过将更多成对的元件 8010 和 8005 添加到竖直的堆叠可容易地进行扩展。同样,蓝光 LED8001 也可构造为更大的 LED 阵列,这通过应用图 77 实施例的原理添加更多的 LED 和准直器 8004 实现。

[0510] 图 77 示出了具有多个 LED 和磷光体片的优选实施例,足以使得易于预见具有更大数量的 LED 和磷光体片的优选实施例,其很难清楚地图示,如图 72A 所示。这些磷光体片发射绿光而不是传统的黄光类型也是可能的,及增加一些红光 LED 也是可能的,如上结合图 10E 所述。部分蓝光 LED 刺激绿光磷光体而其它蓝光 LED 直接贡献输出光束也是可能的。红光 LED 或可位于图 77 的第二 LED 阵列 7703 中,在这种情形下,正位于红光 LED 上方的短通滤光片 7710 必须改为长通滤光片以使红光能被透射而反射绿光磷光体的波长。或者,红光 LED 可位于第一 LED 阵列 7701 内。后一方法不需要系统改变滤光片。

[0511] 绿光磷光体相比图 40-51 的优选实施例中使用的绿光 LED 更有利,这是因为其出众的效能(绿光 LED 目前比蓝光 LED 具有低得多的外部量子效率,从而绿光磷光体的转换损耗小很多)及因为其具有更宽的波长范围。这导致更好的现色性及眼睛纵向彩色色差的较小颜色分离,其在如投影电视和背光的成像应用的传统窄带 RGB LED 中产生明显的伪影。这样的波长扩展在所述方法中使用蓝光和红光 LED 也可能实现,其通过使用 450nm 和 472nm 蓝光 LED,许多红光波长中的几个可用,如 610、625 和 640nm。这样的多波长光源可颜色连续模式运行,具有红光、绿光和蓝光输出,每一输出单独供电三分之一的电视帧时间以照亮单色空间调光器,如 LCD。这些具有比传统白光彩色 LCD(3-5%) 高得多的吞吐量(30-50%),所述传统白光彩色 LCD 具有低效率颜色滤光片,其浪费了大多数输入白光。

[0512] 为增加亮度,图 77 的多 LED 方法可应用于图 79 和图 80 的再循环结构,图 79 和图 80 仅示出了单一 LED。LED 的有力冷却使它们能被过驱动以获得最大光度,而高效再循环使能使用甚至比图 79 中的孔更小的孔,而不过多牺牲总光度。该方法使能实现弧光灯的亮度等级($300\text{cd}/\text{mm}^2$ 平均值),而没有弧光灯那样的成本、体积、易碎性、高温及短寿命。弧光灯还需要混合及冷凝光学部件(最多普普通通的光学效率)以克服其非均匀的亮度及缺乏清晰边界,从而导致低很多的可使用亮度。然而,本发明在窄角($\pm 15^\circ$)光束中传递最大亮度,其具有高空间均匀性及非常清晰的边界,且光学效率不低于弧光灯。此外,固态照明系统对一般照明提供可调输出色度及对投影电视提供颜色连续照明,而没有现有技术 RGB LED 系统的不利窄带光谱。

[0513] 本说明书描述了各个光学部件及将它们结合为构件块的几个实施例。这些元件及它们的组合的一个共同主题是通过光束扩展量守恒保持光源亮度,其使用了非成像光学原理的新应用。

[0514] 前面对目前实施在此描述的光学变换器的最佳模式的描述并不构成对本发明的限制,其仅用于描述本发明的一般原理的目的。本发明的范围由权利要求确定。

[0515] 本领域的那些技术人员应该意识到的是,根据这些示教,可实施另外的实施例,而不背离本发明的精神或范围。本发明仅由下面的权利要求限定,当连同上面的说明书和附

图观看时,其包括所有这样的实施例和修改。

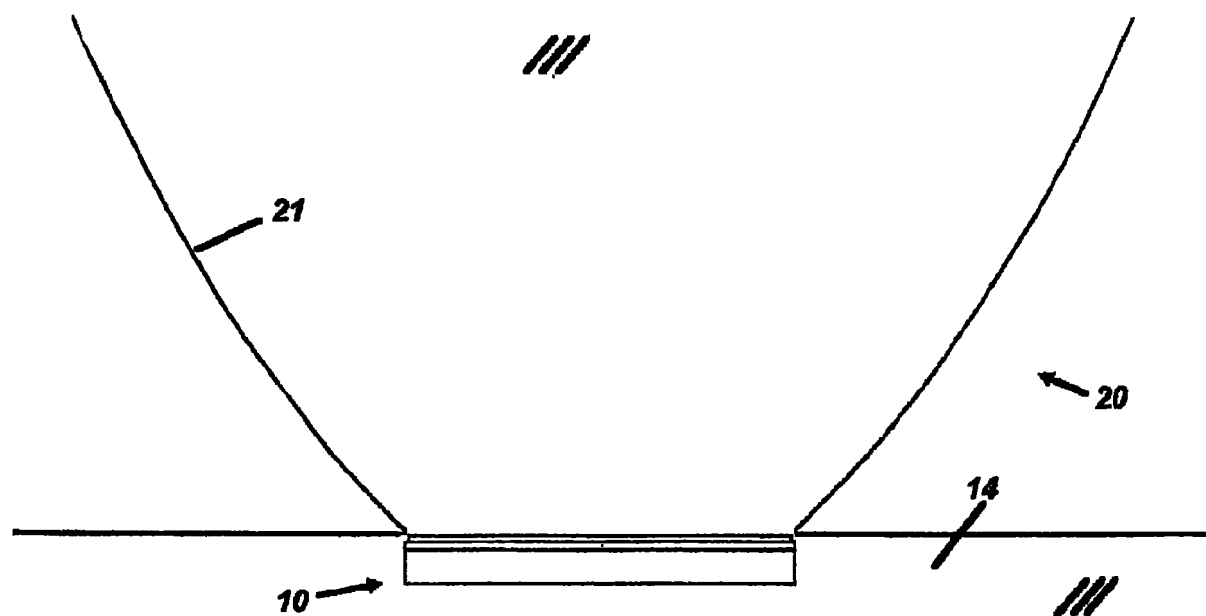


图 2A

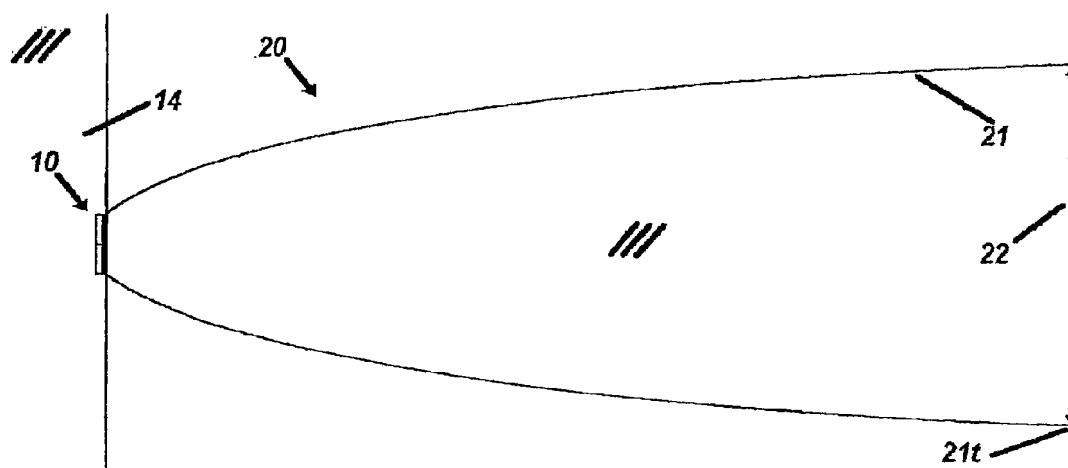


图 2B

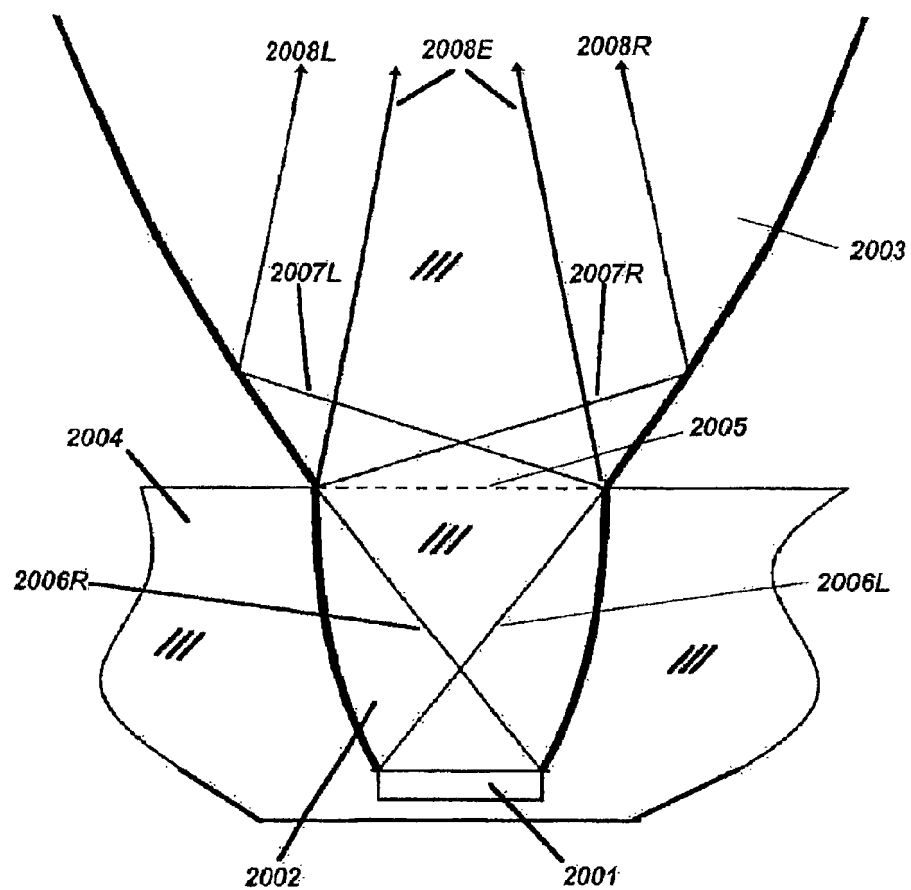


图 2C

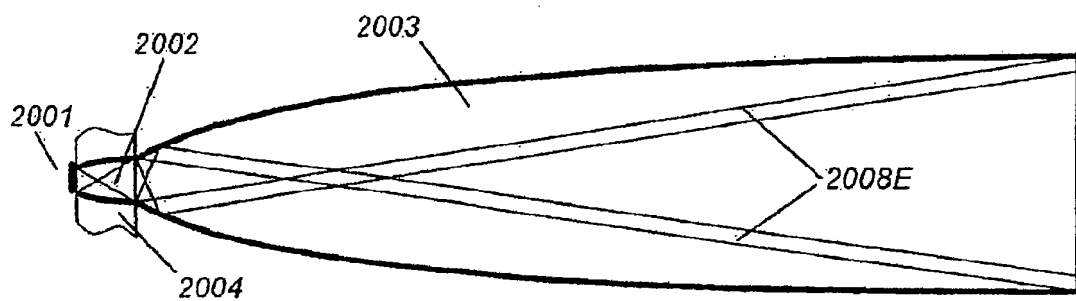


图 2D

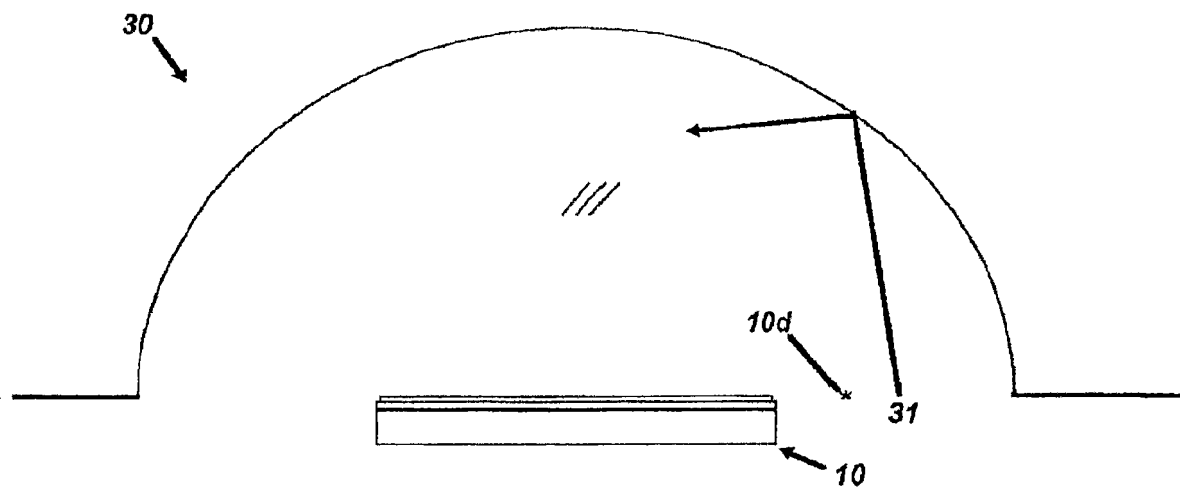


图 3A

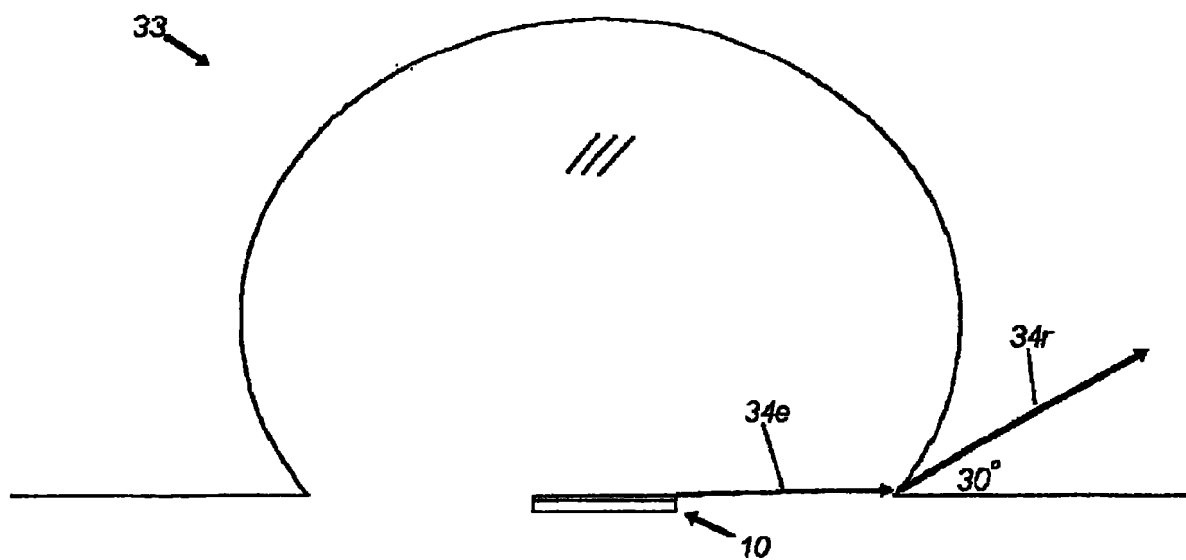


图 3B

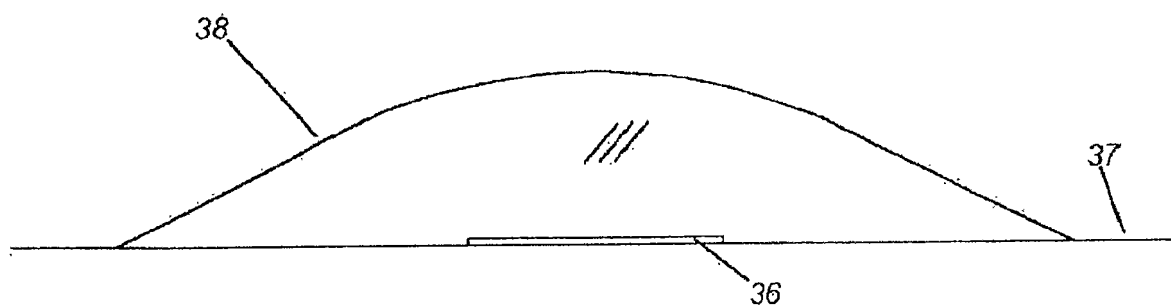


图 3C

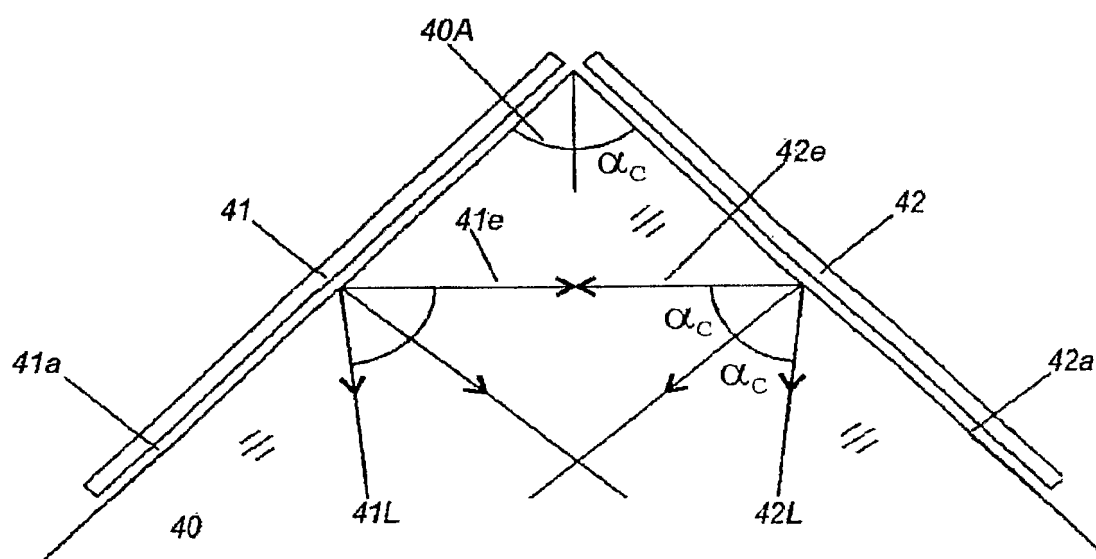


图 4A

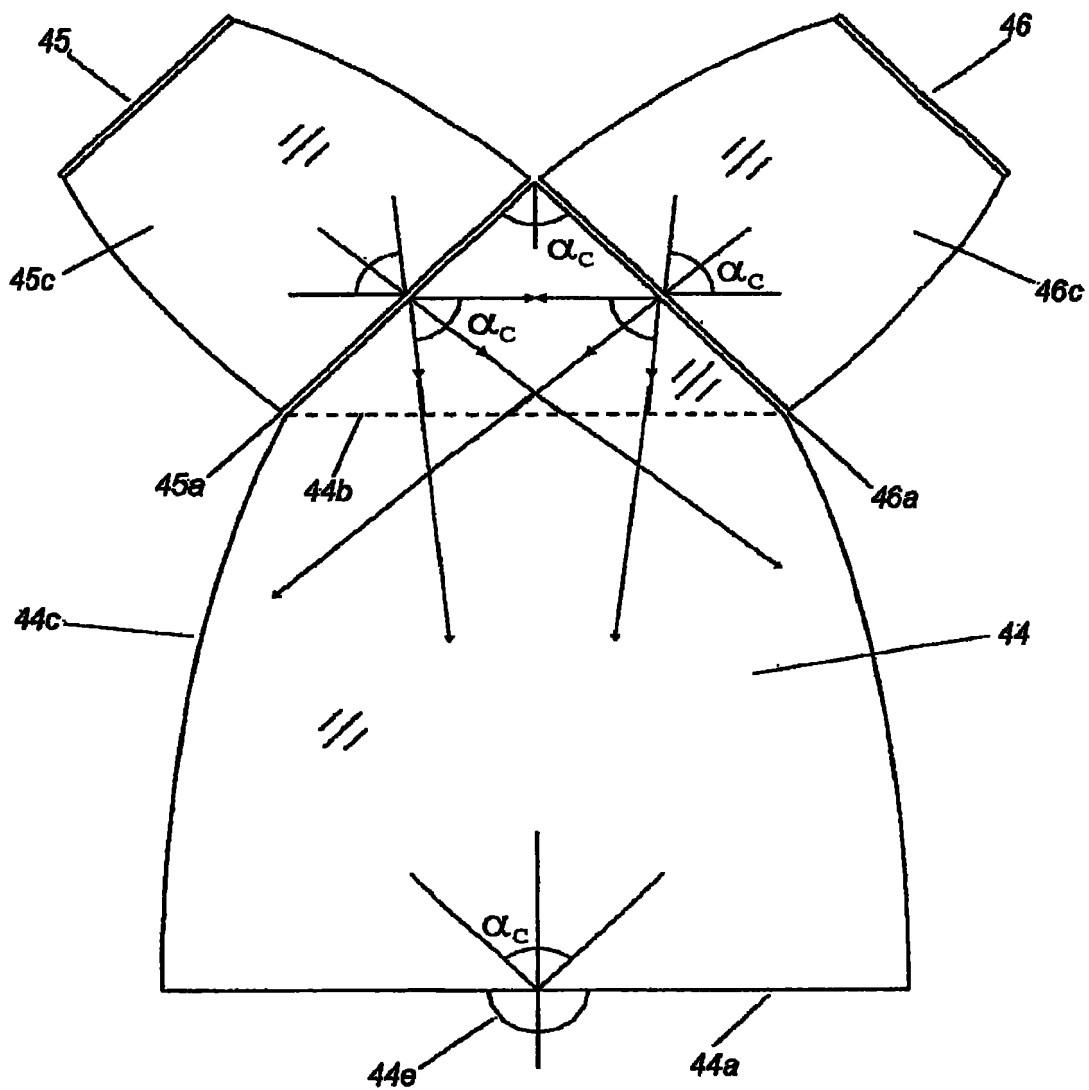


图 4B

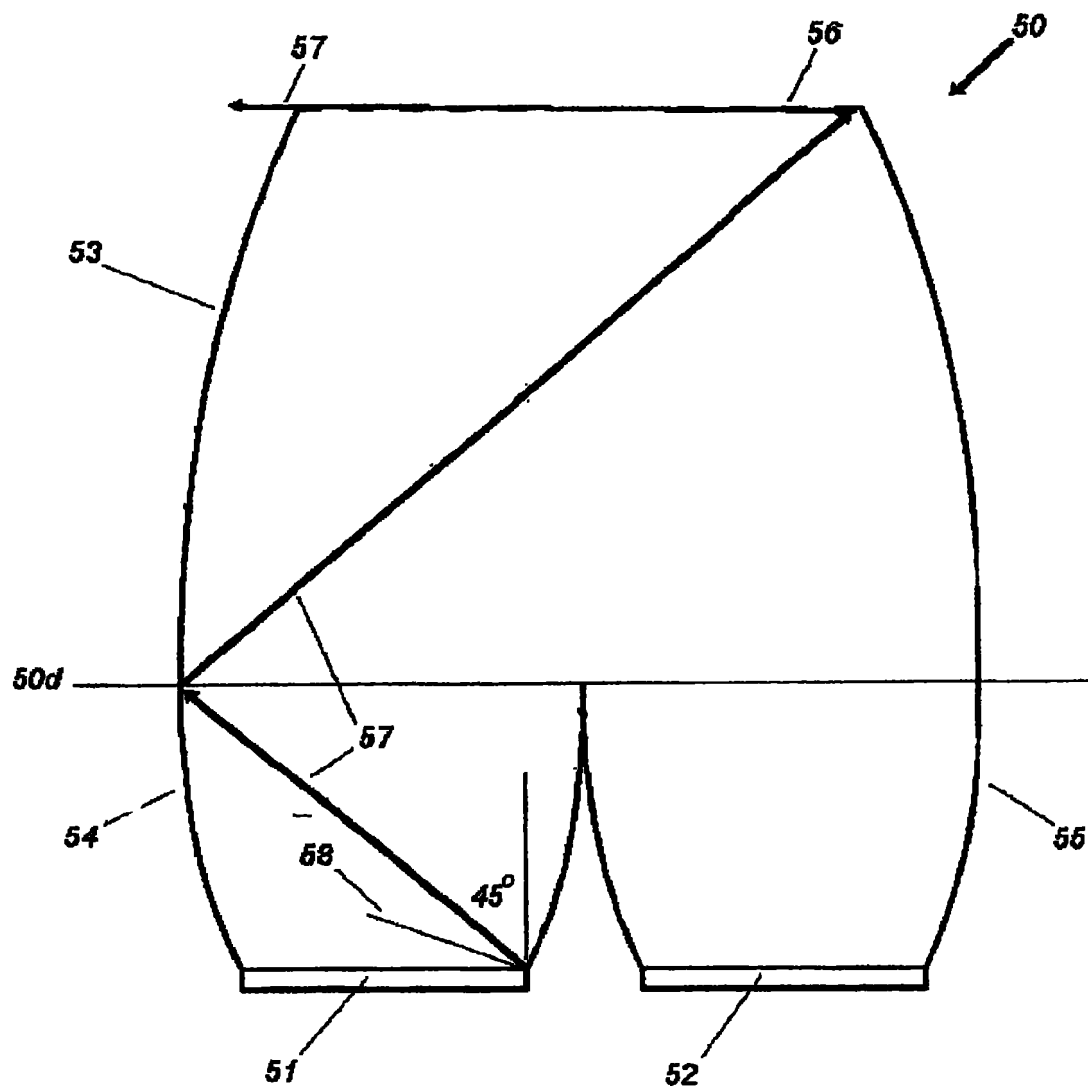


图 5

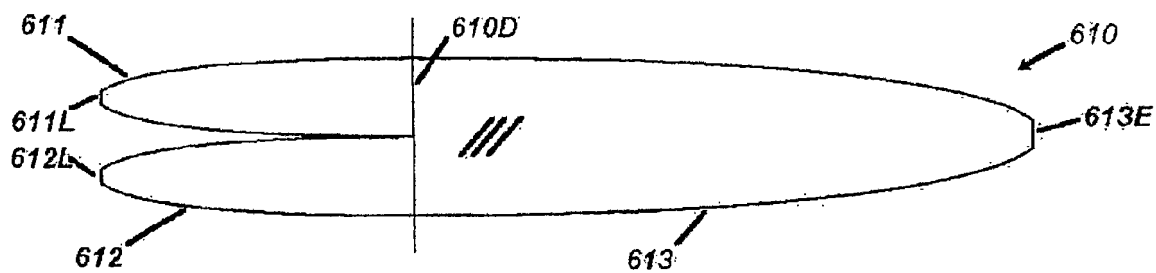


图 6A

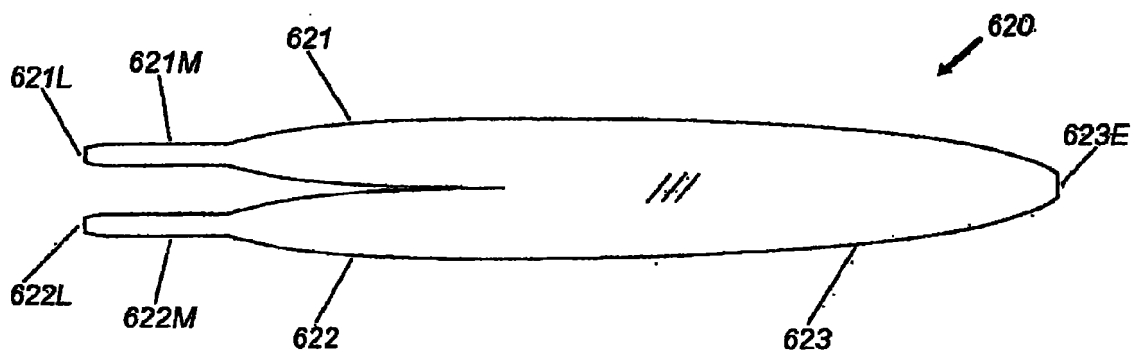


图 6B

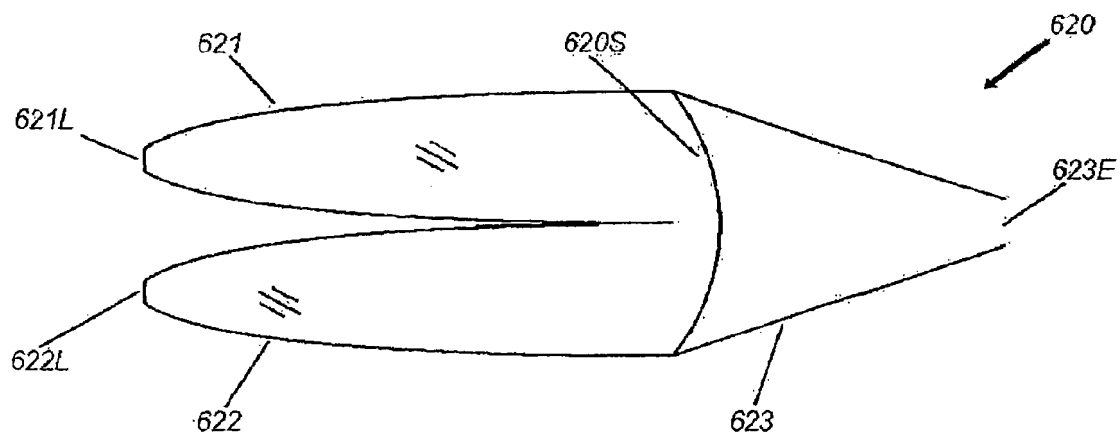


图 6C

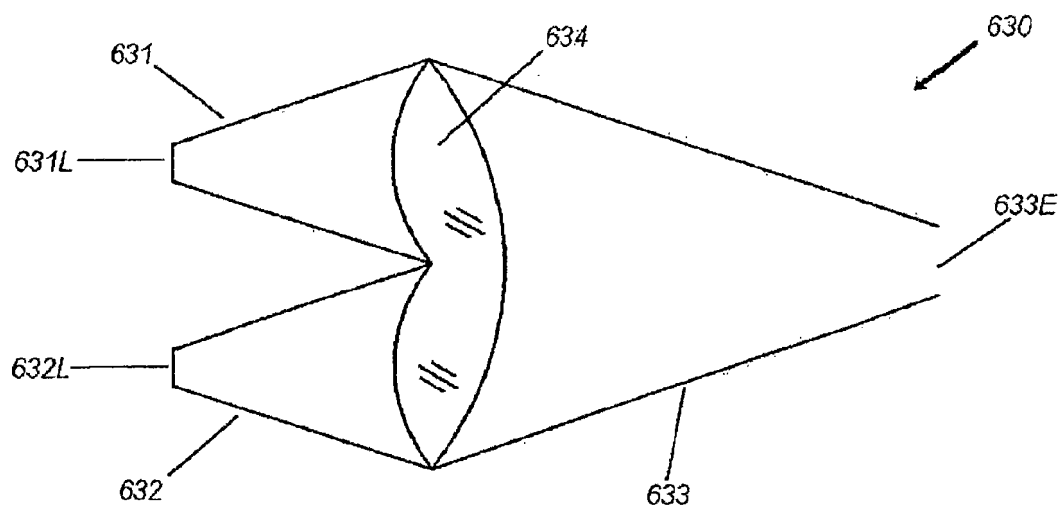


图 6D

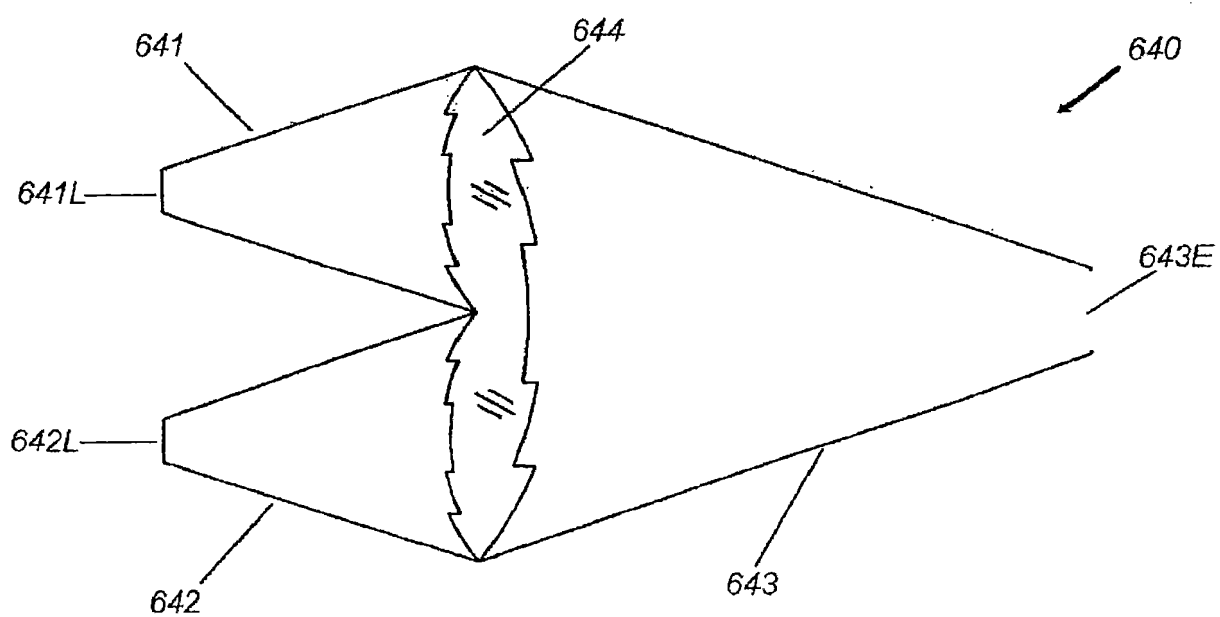


图 6E

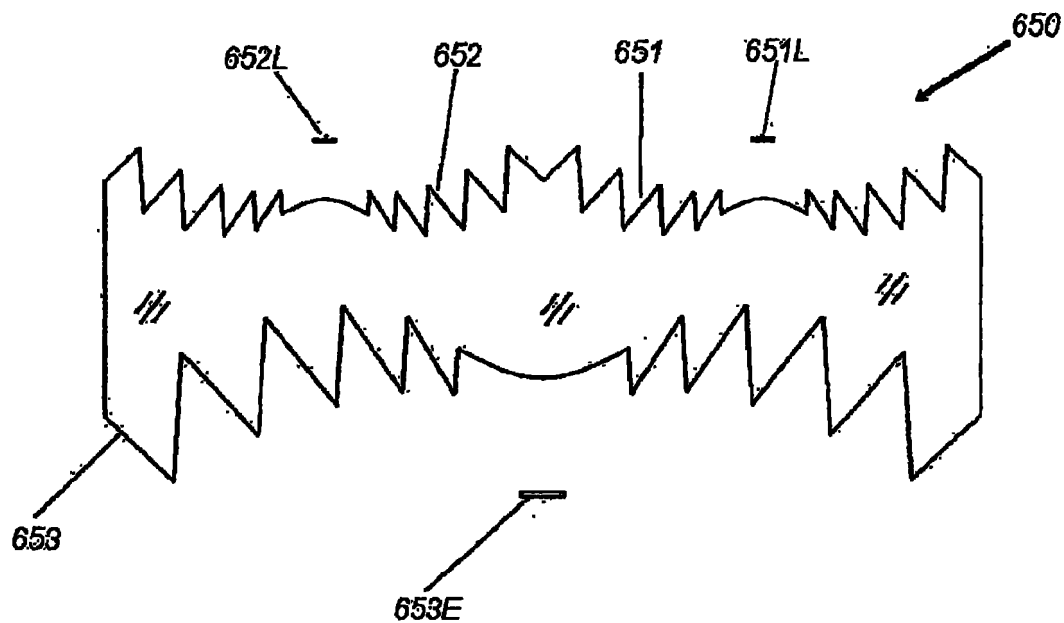


图 6F

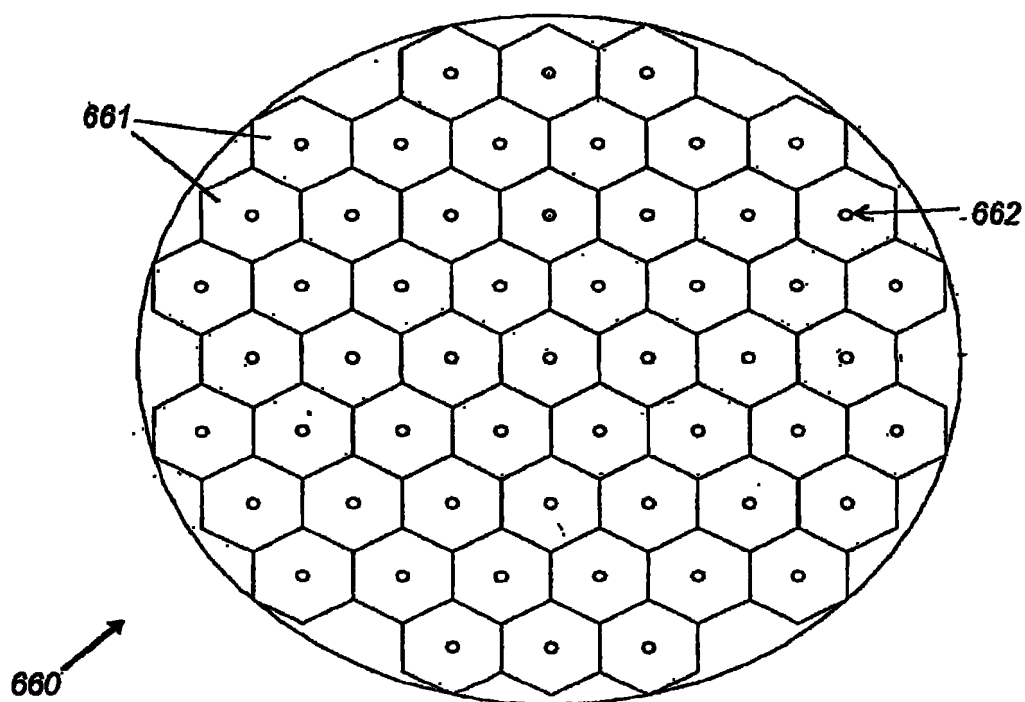


图 6G

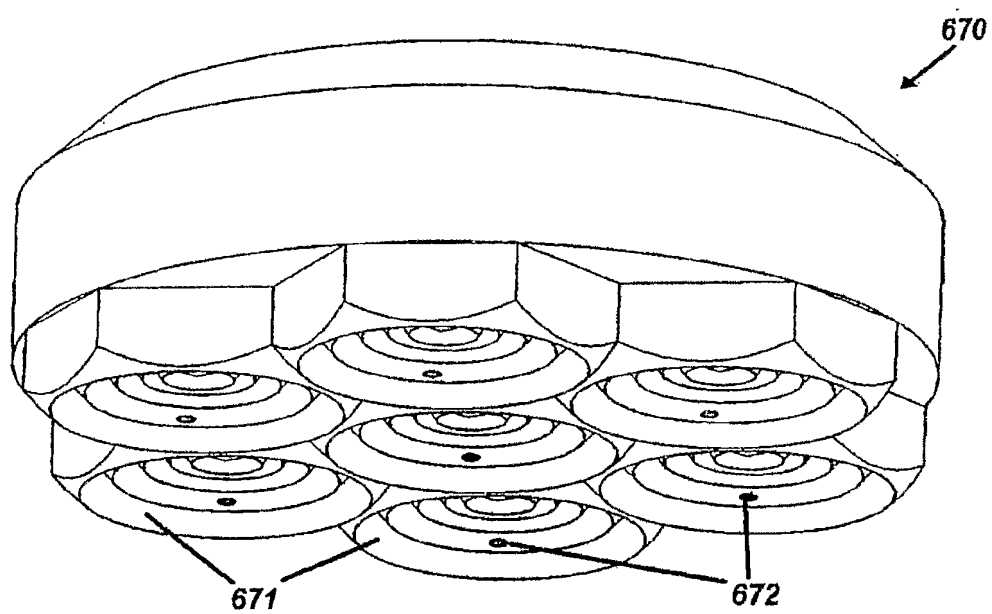


图 6H

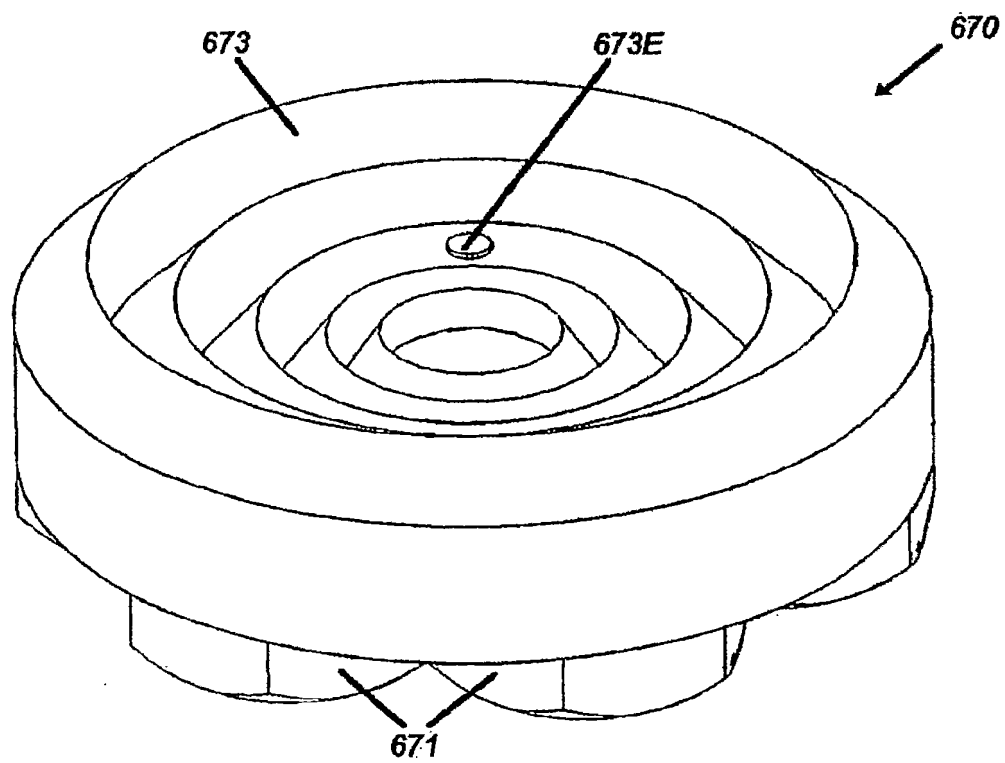


图 6I

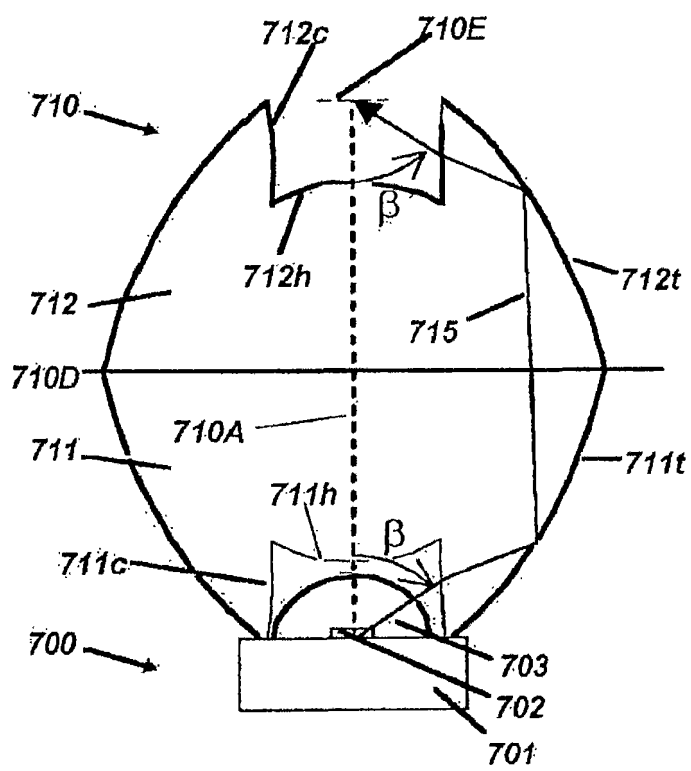


图 7A

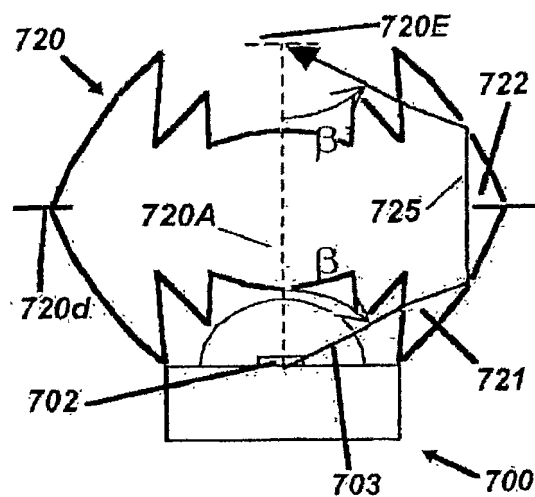


图 7B

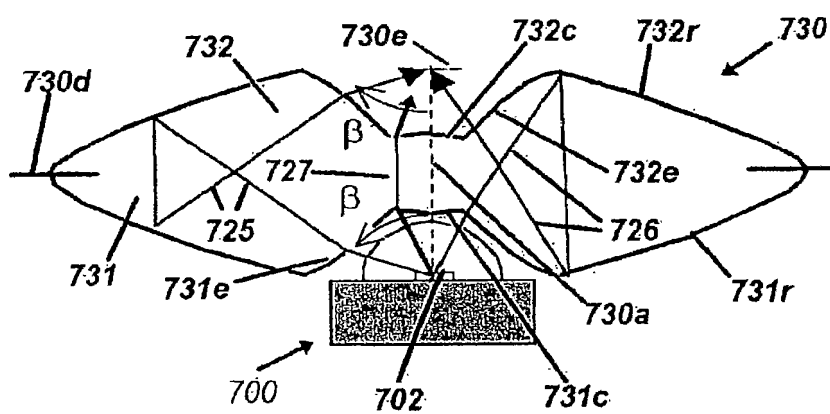


图 7C

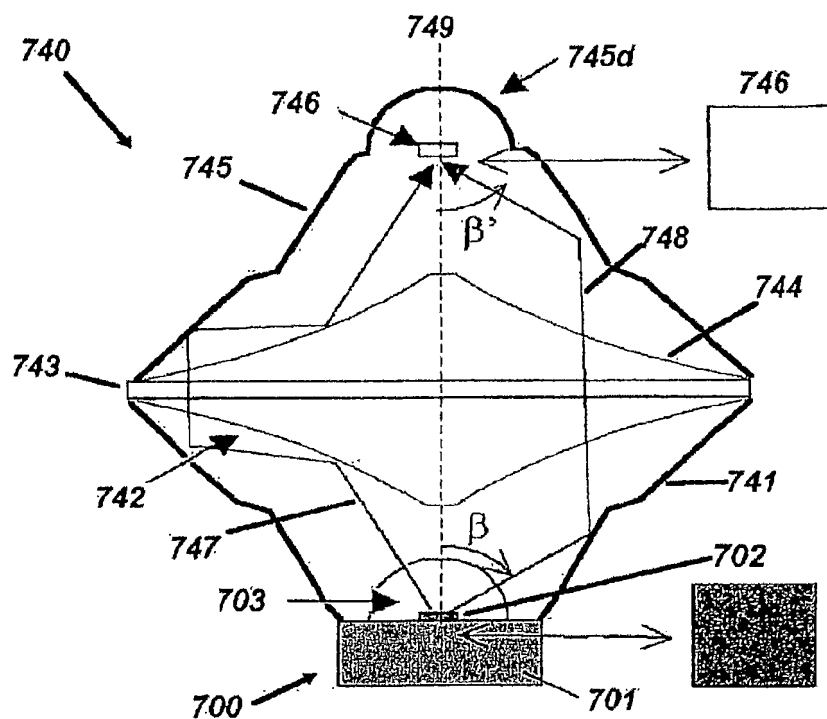


图 7D

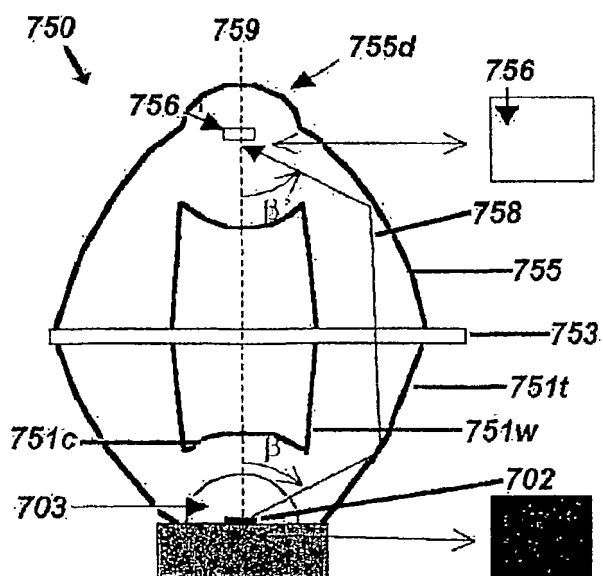


图 7E

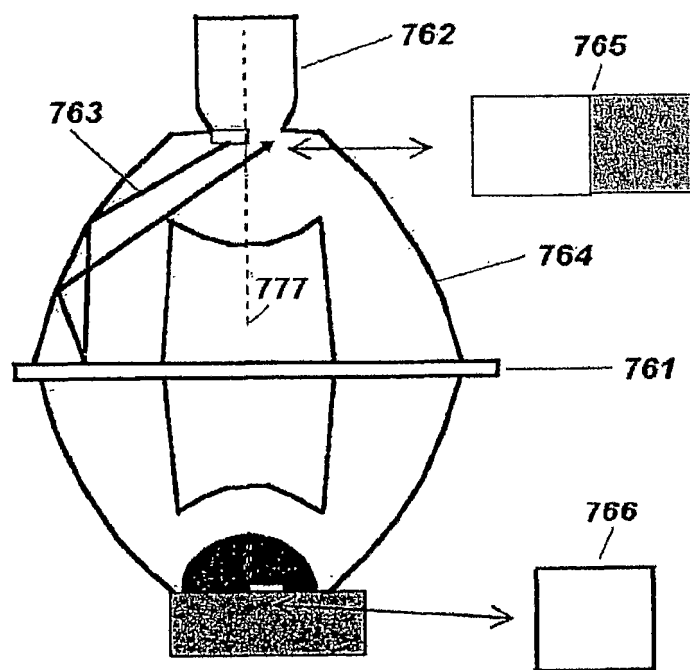


图 7F

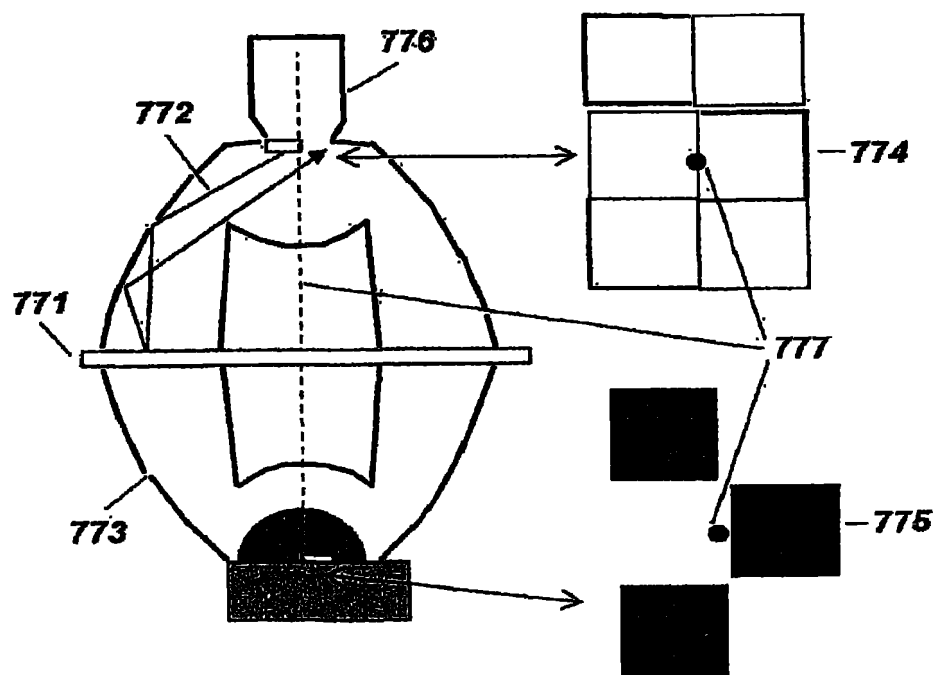


图 7G

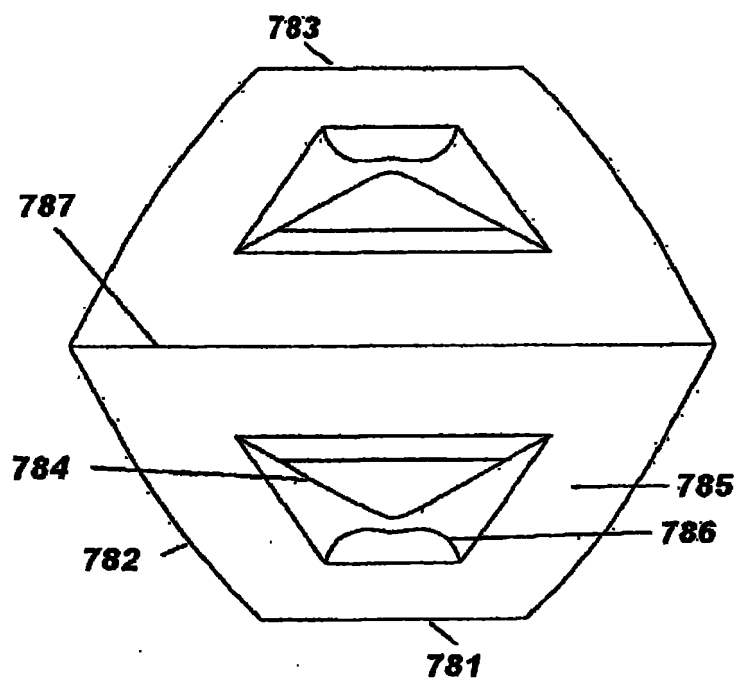


图 7H

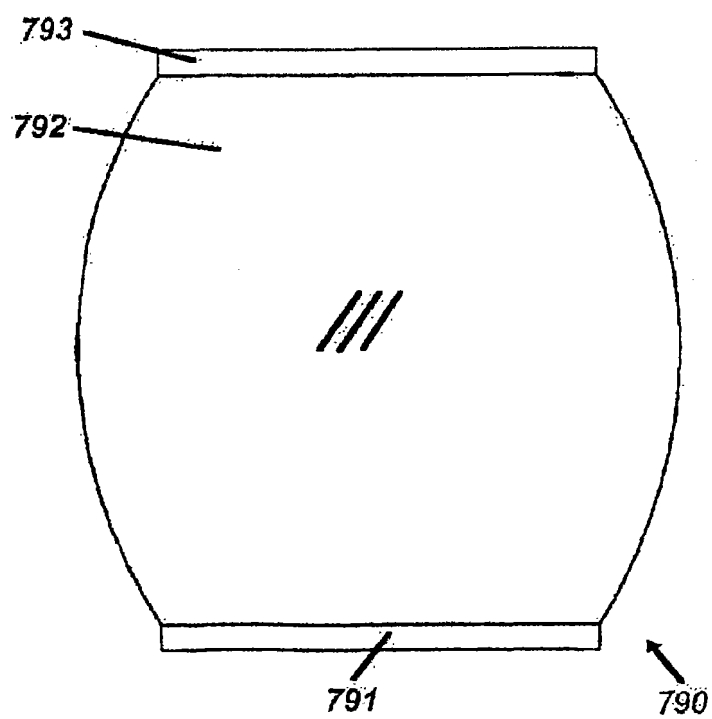


图 7I

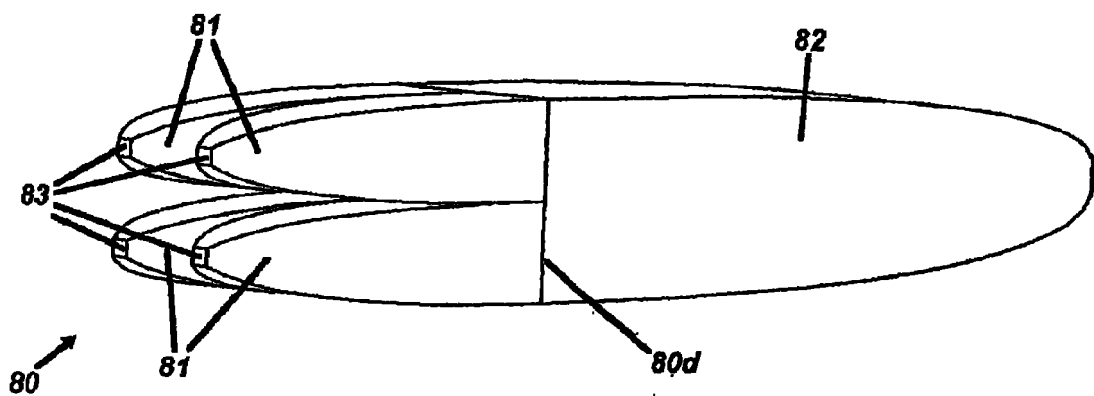


图8A

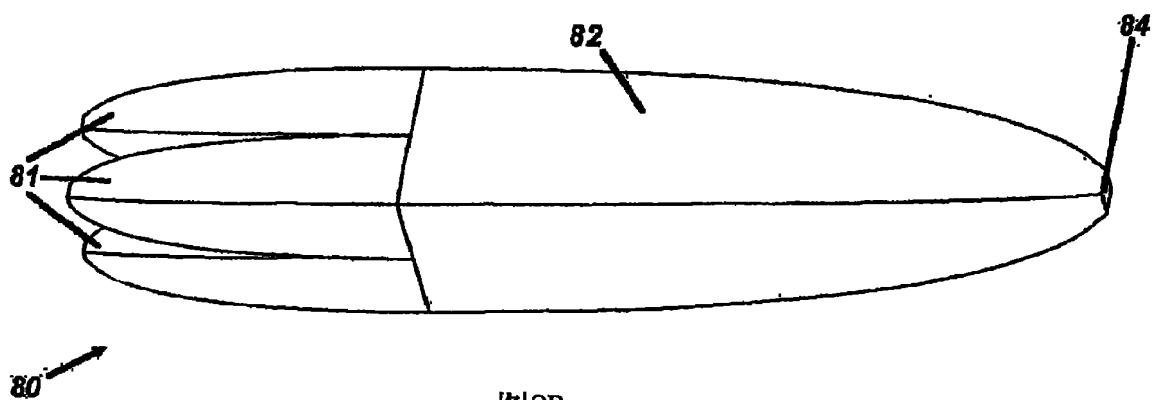


图8B

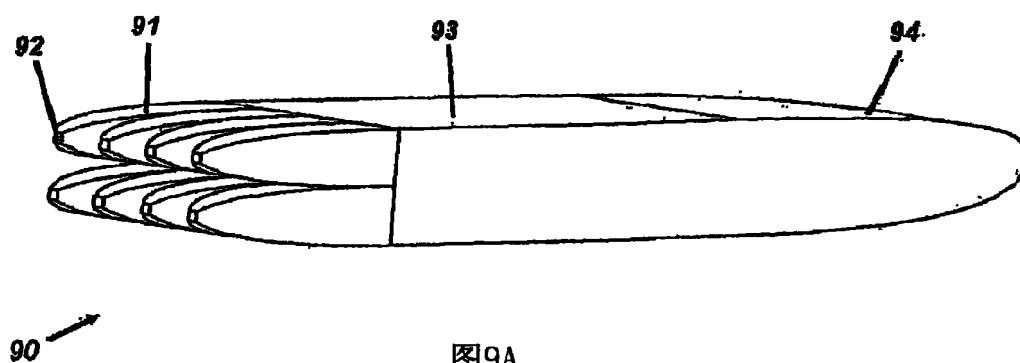


图9A

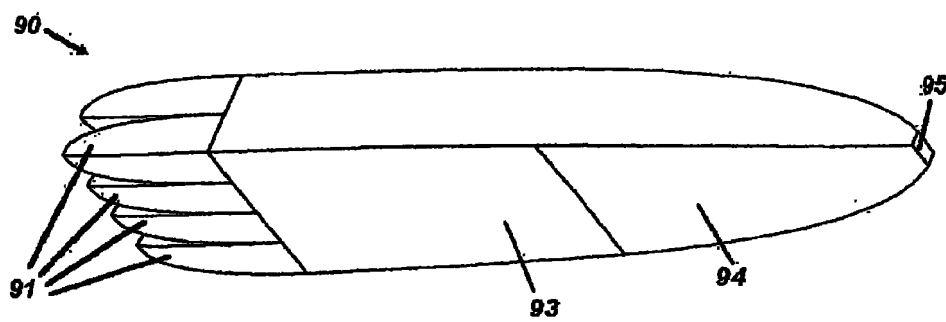


图9B

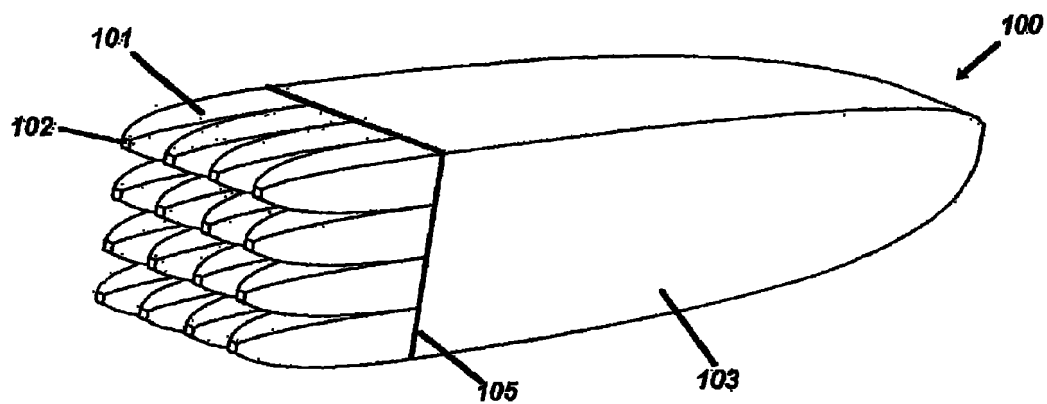


图10A

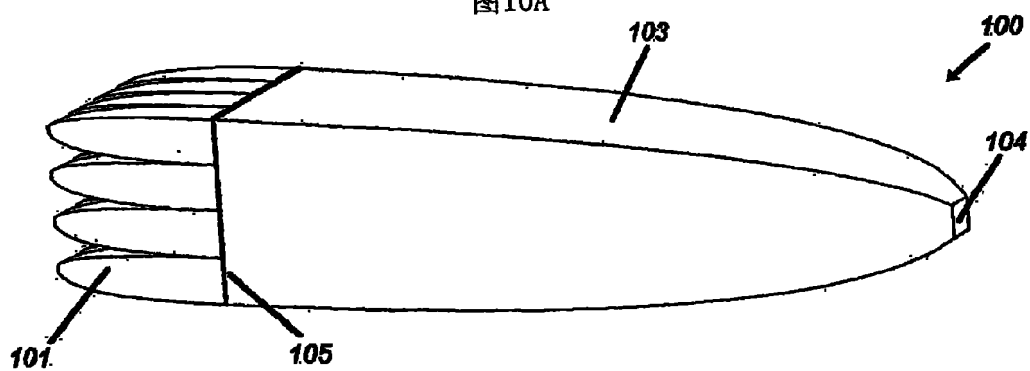


图10B

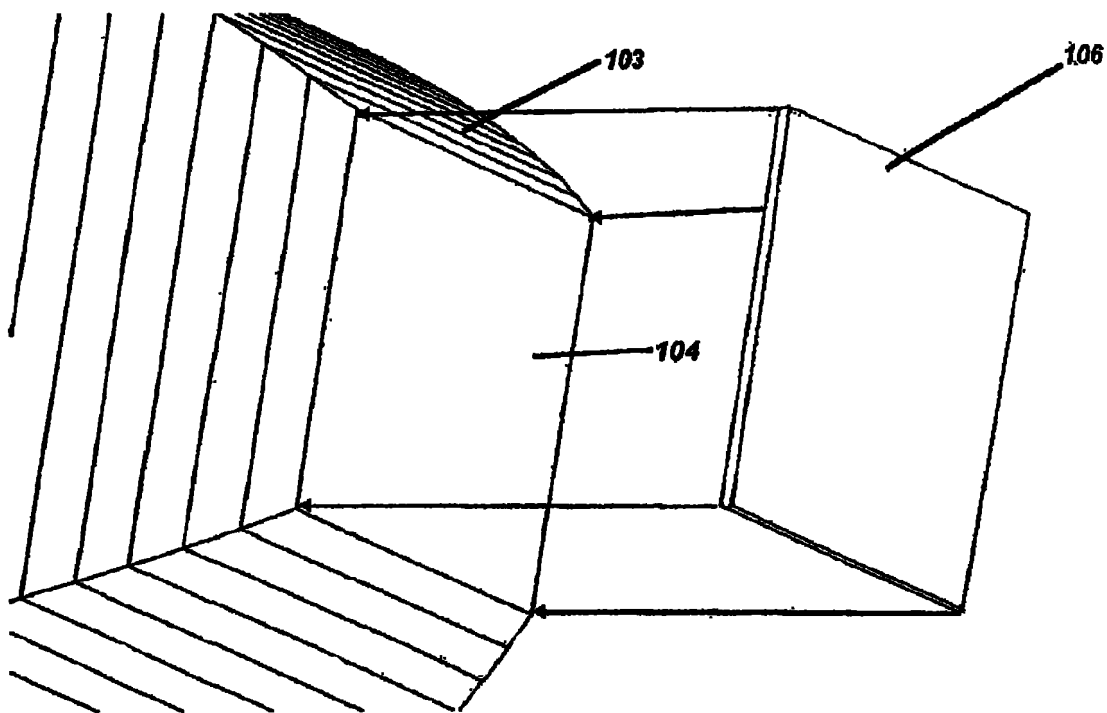


图 10C

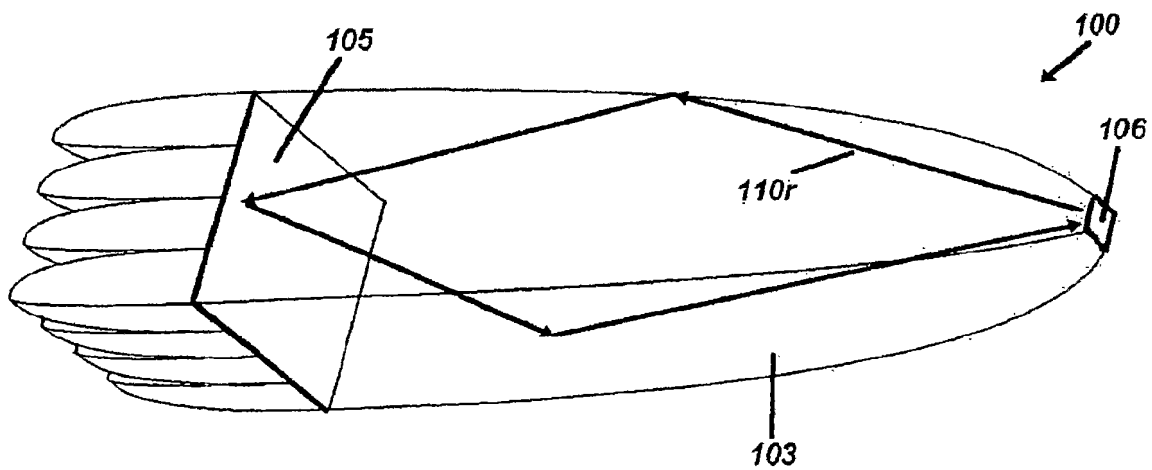


图 10D

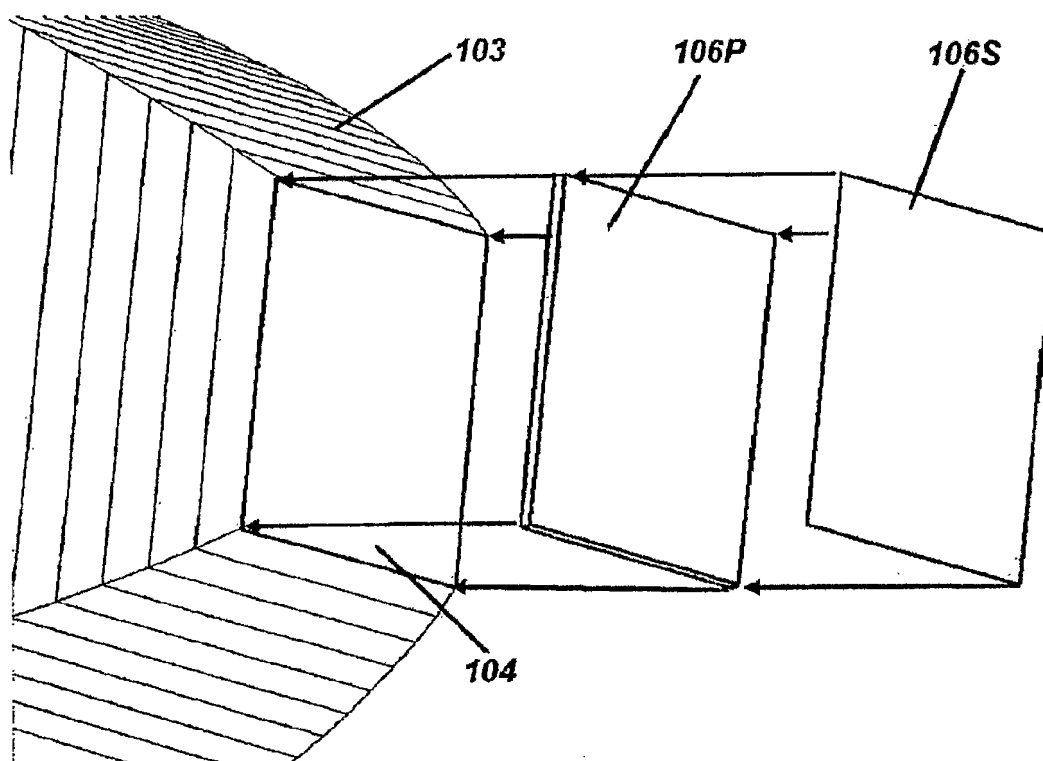


图 10E

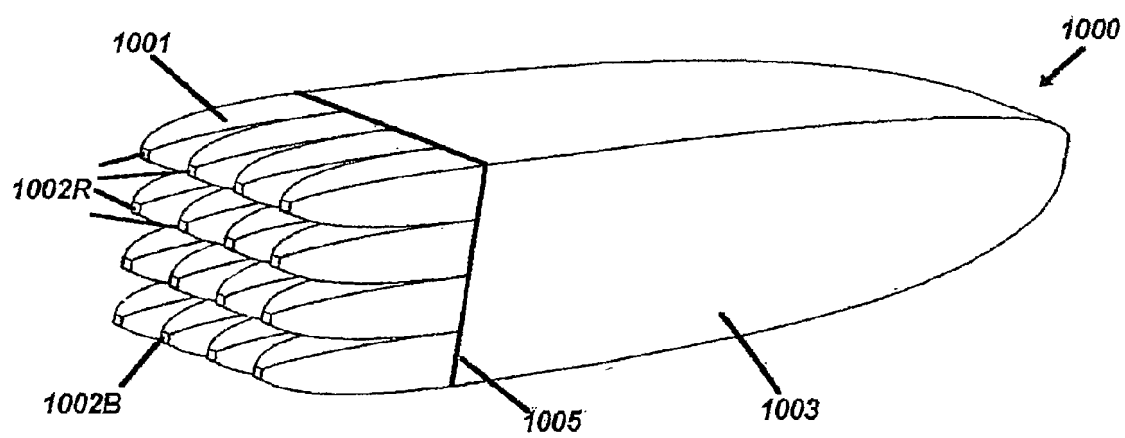


图 10F

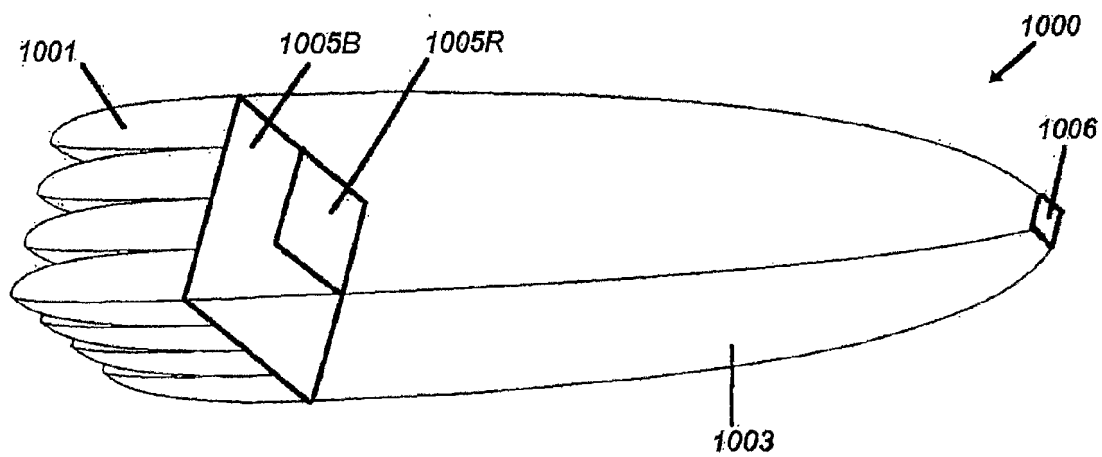


图 10G

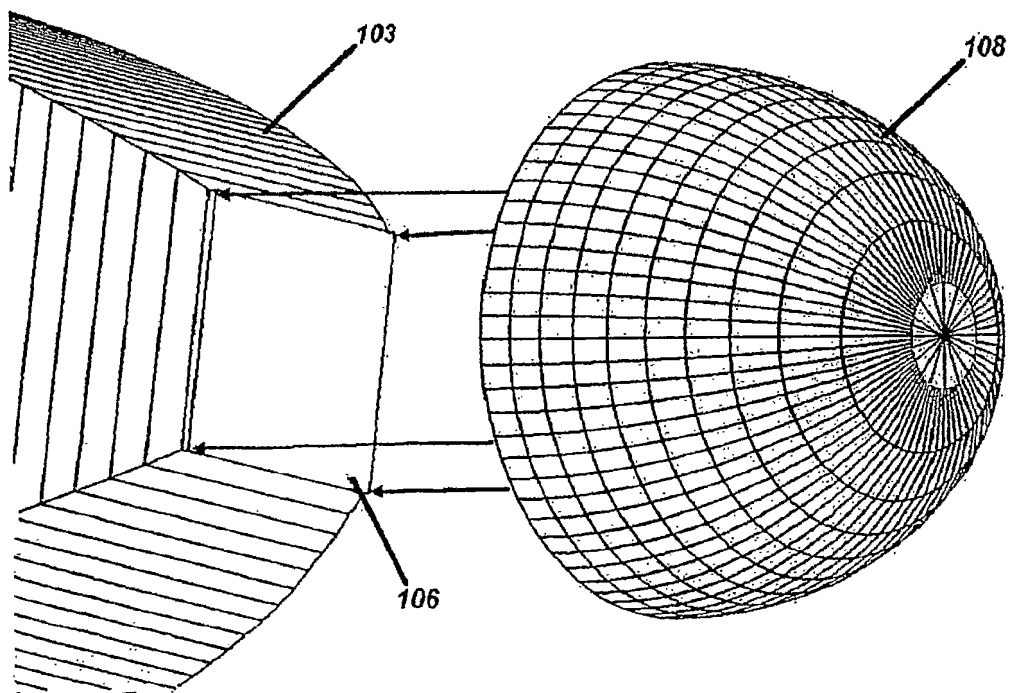


图 10H

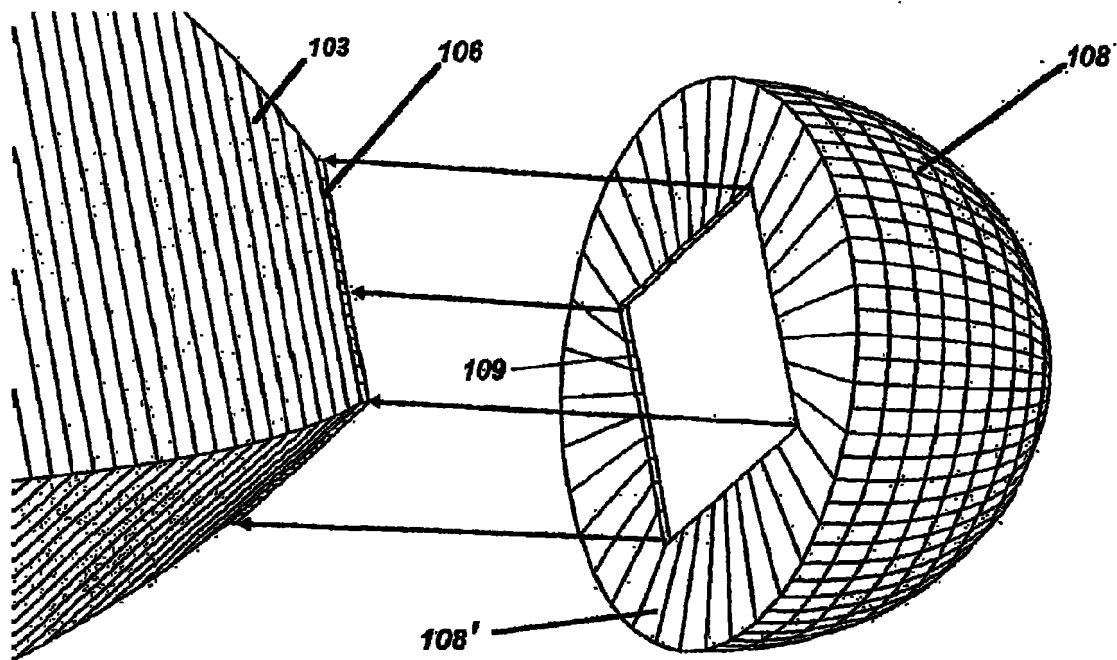


图 10I

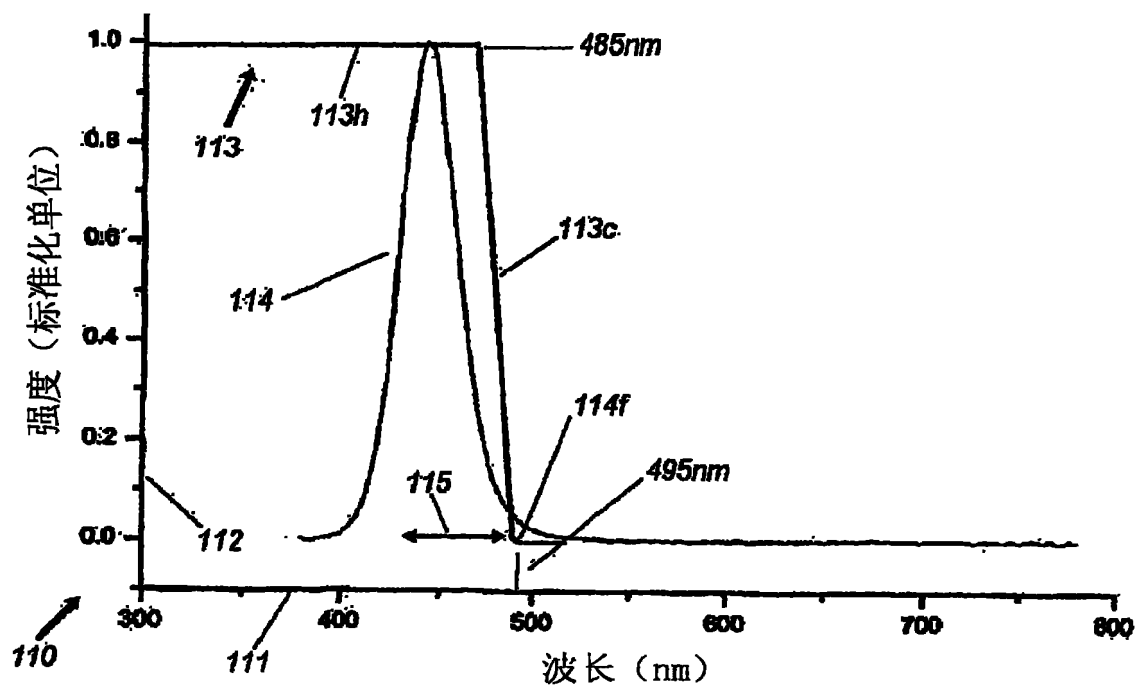


图 11A

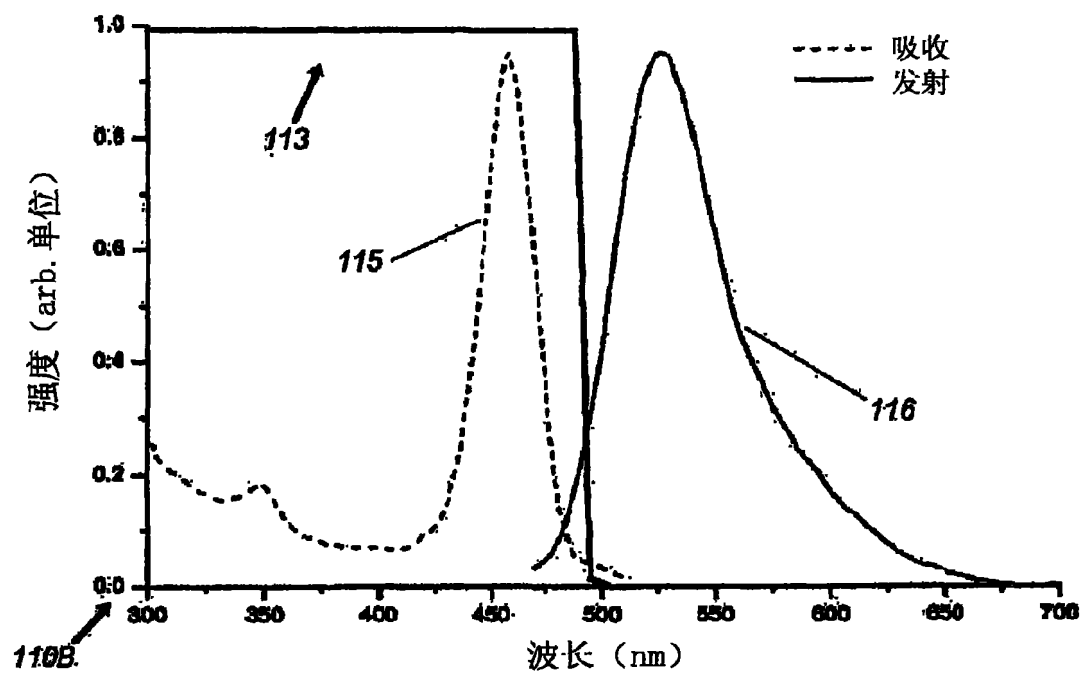


图 11B

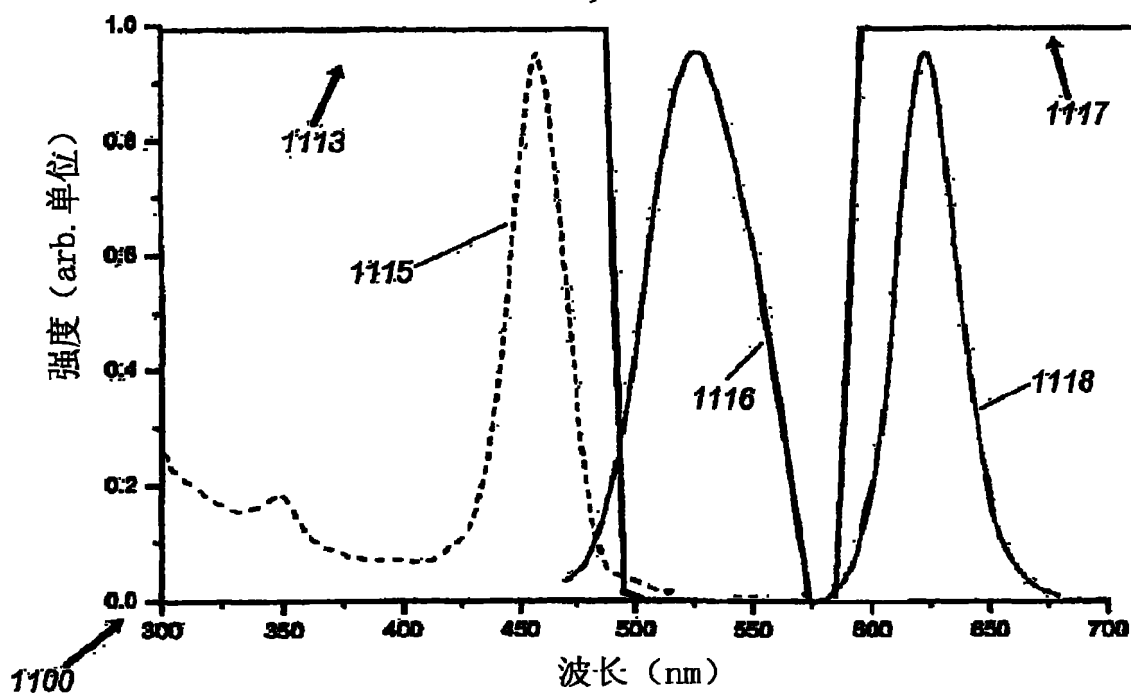


图 11C

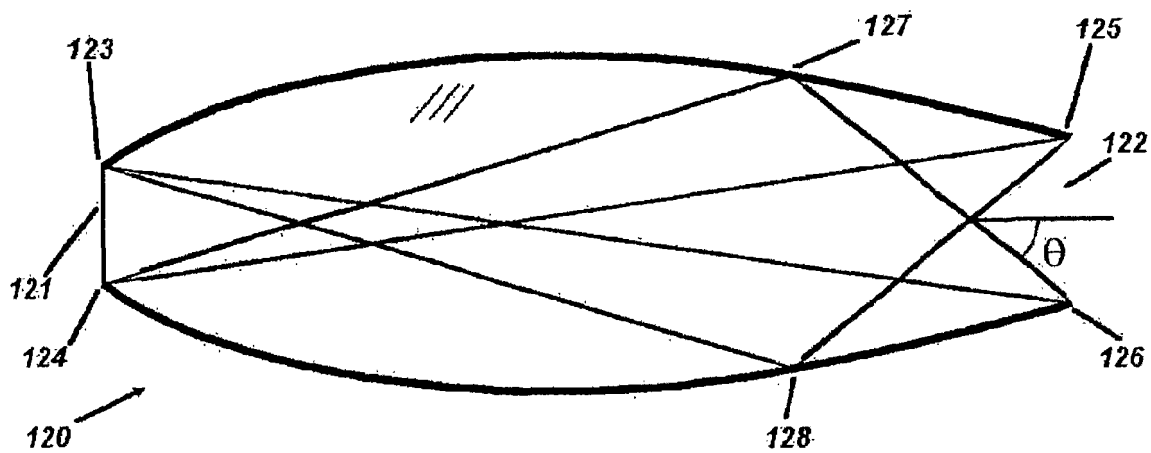


图 12

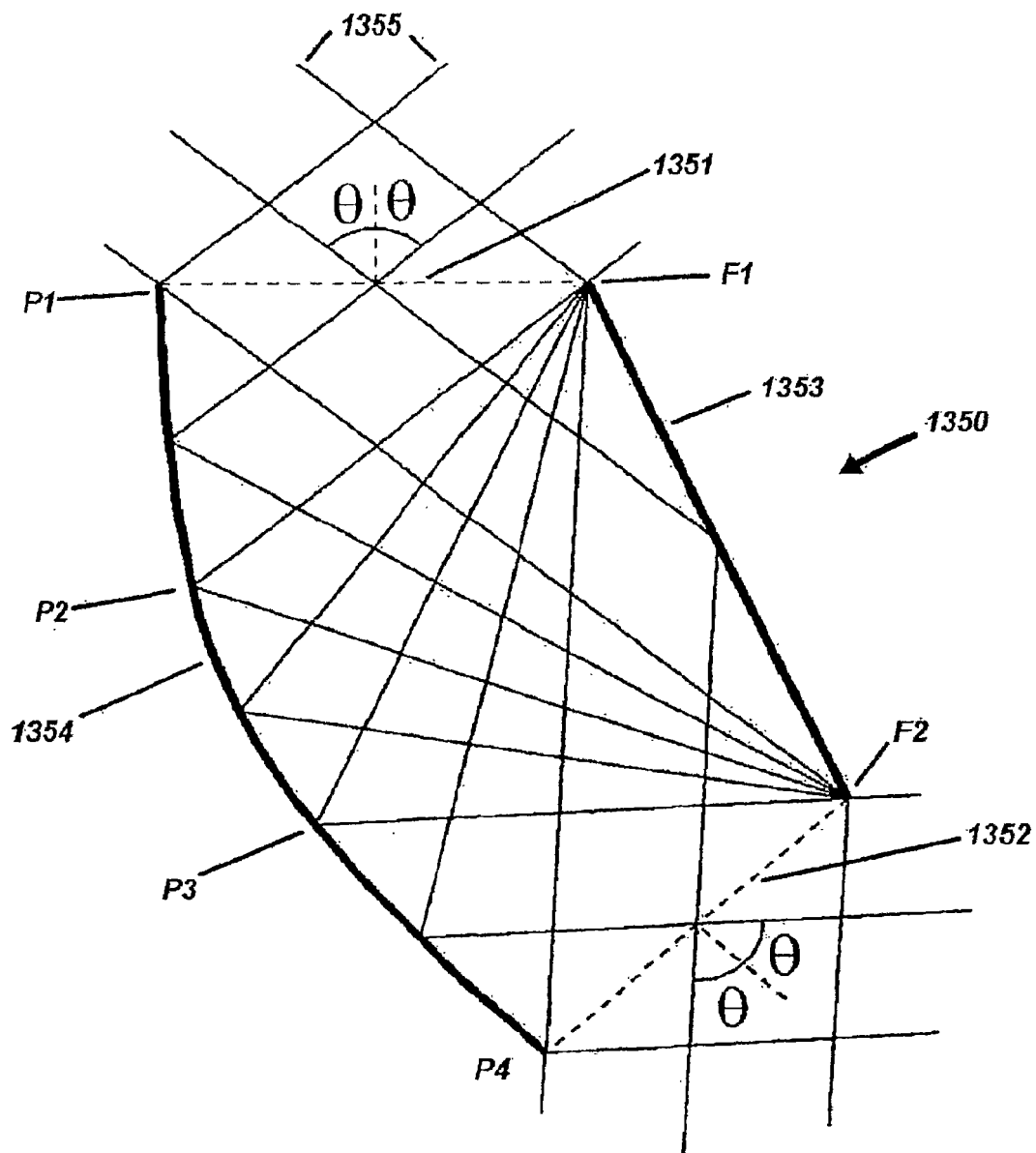


图 13A

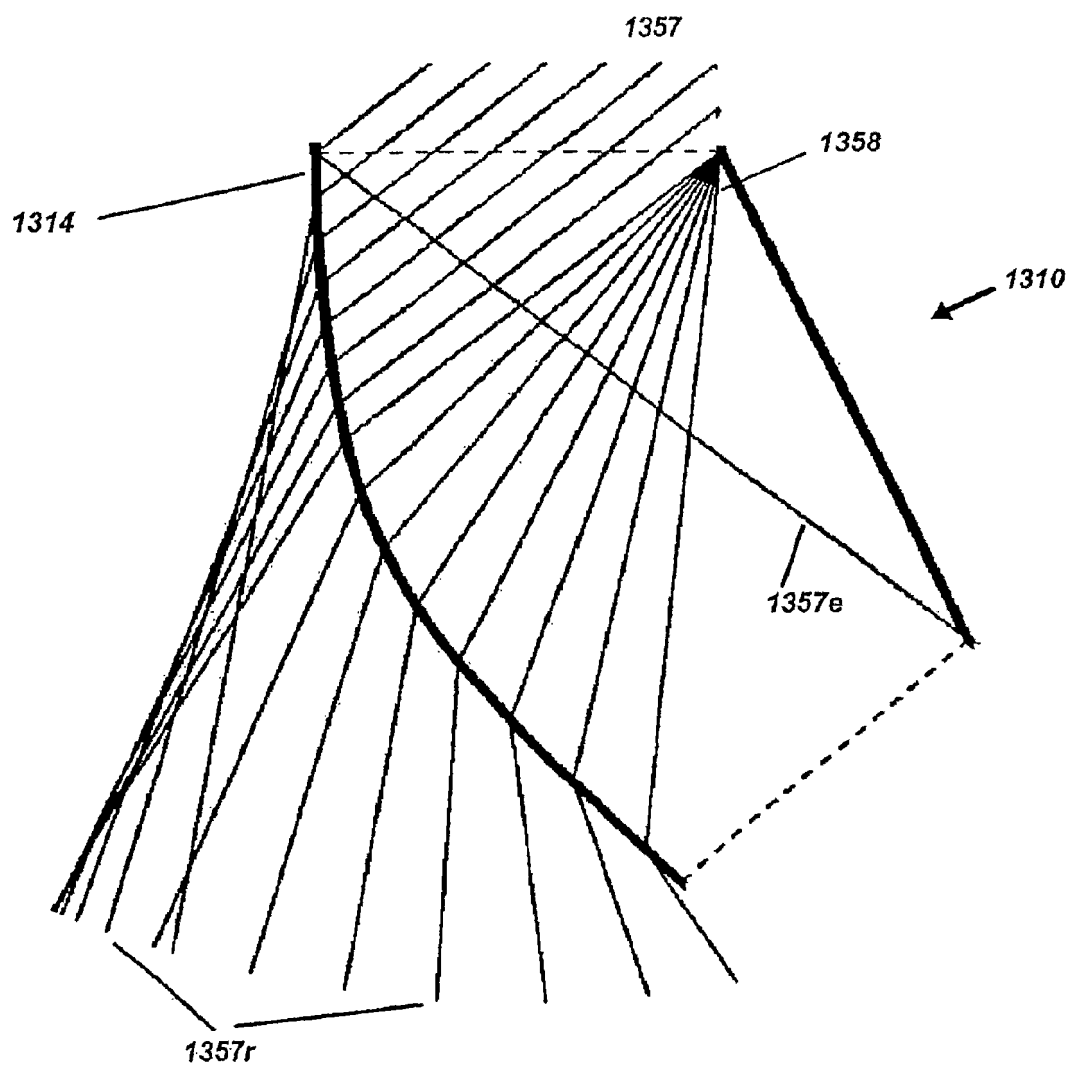


图 13B

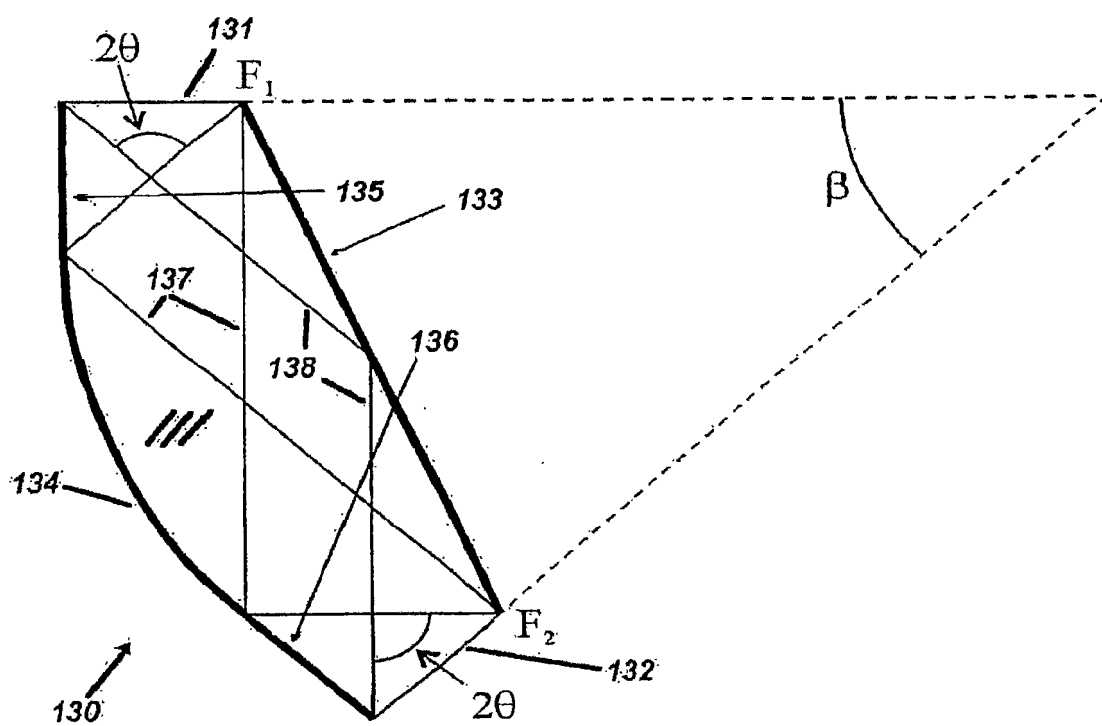


图 13C

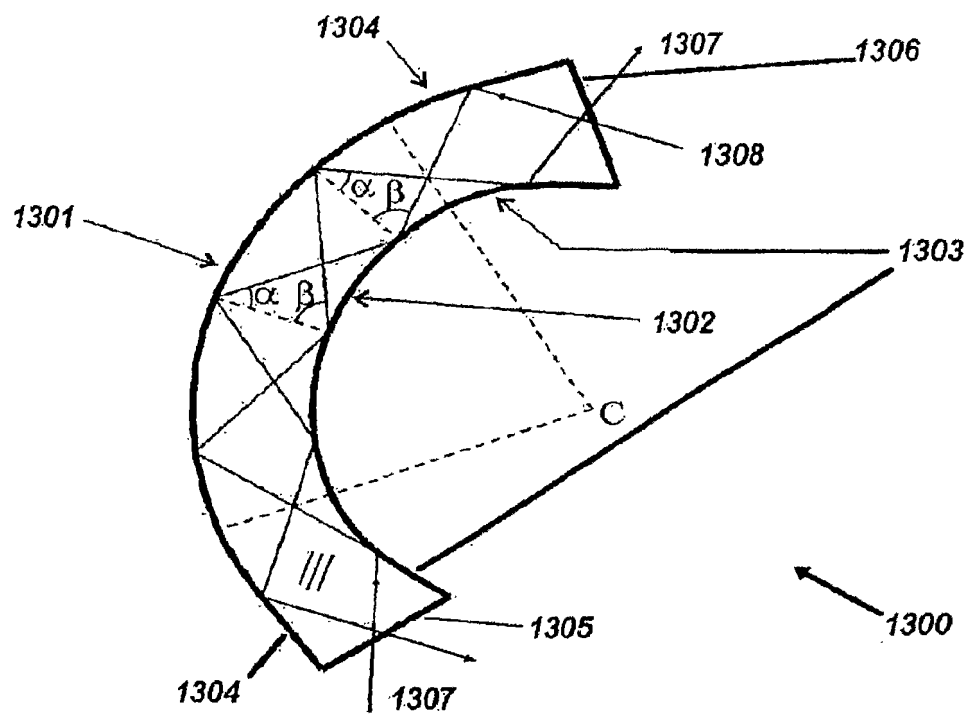


图 13D

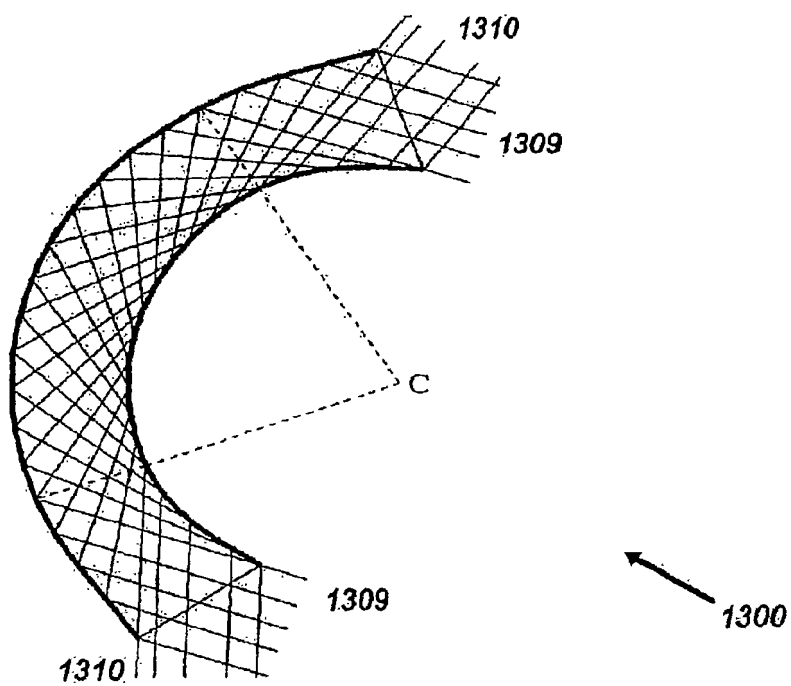


图 13E

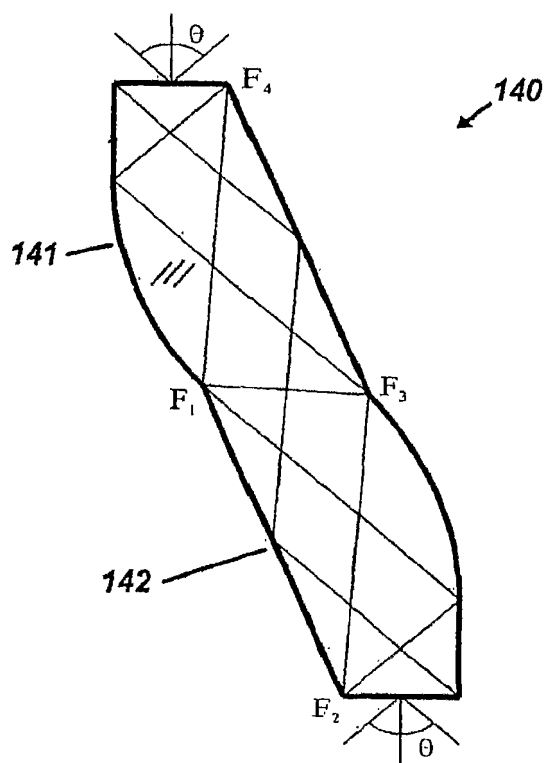


图 14

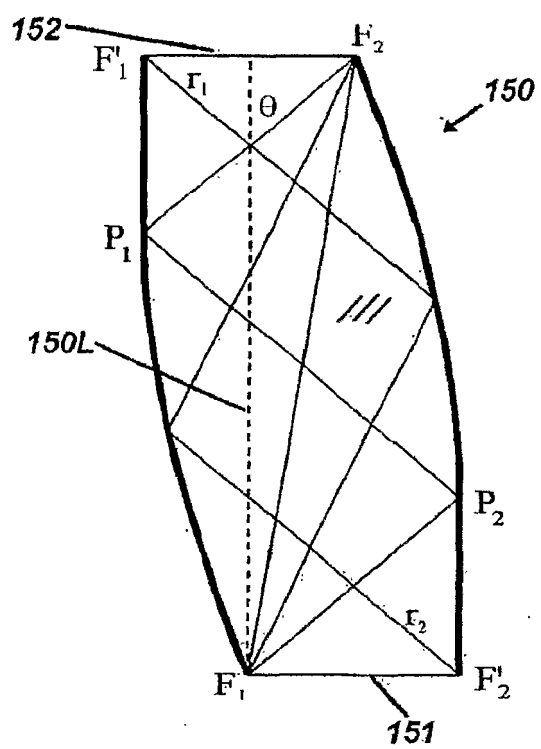


图 15A

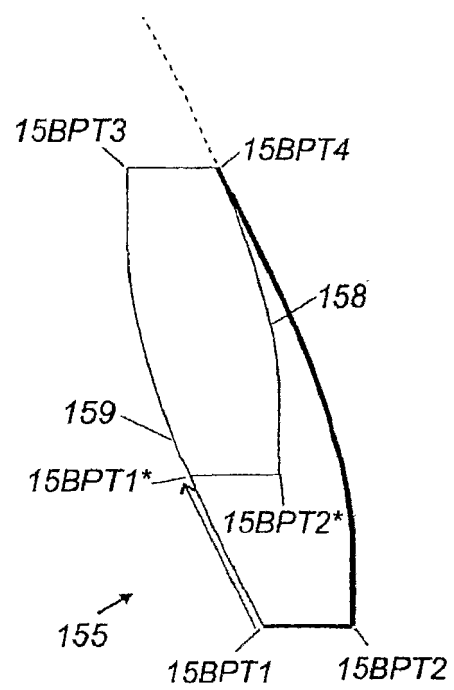


图 15C

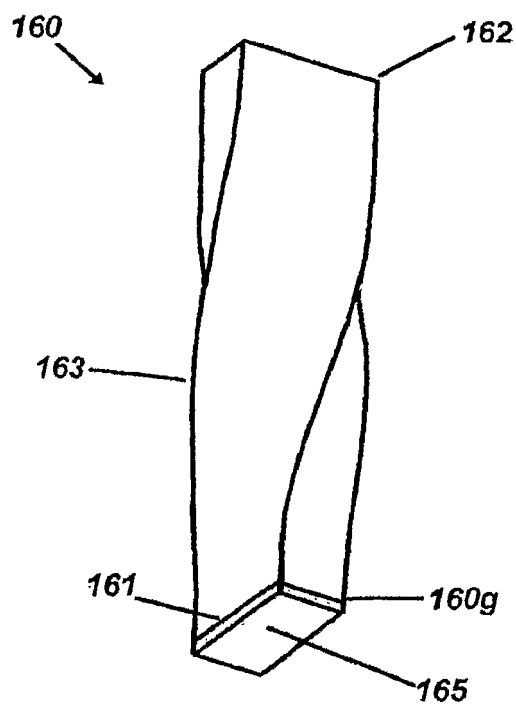


图 16

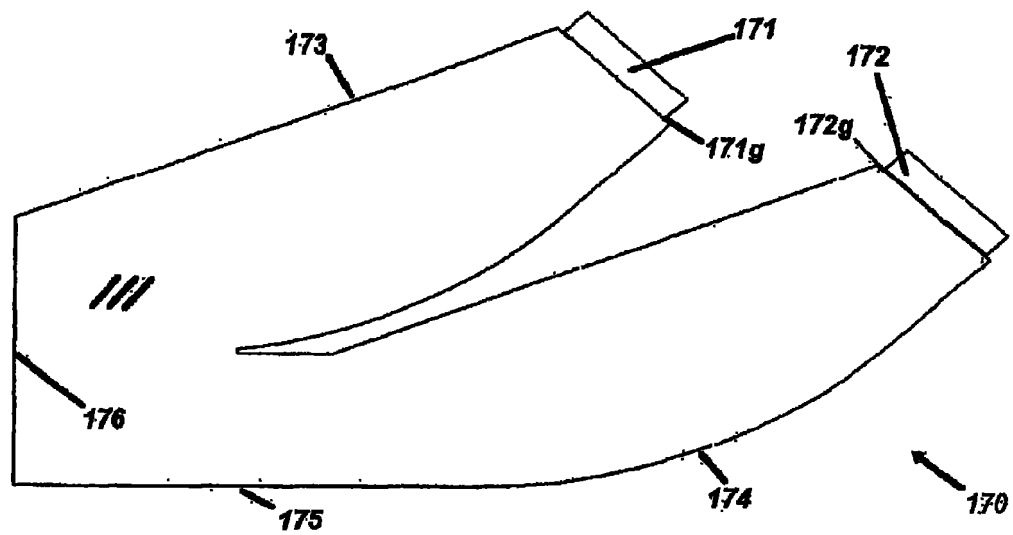


图17

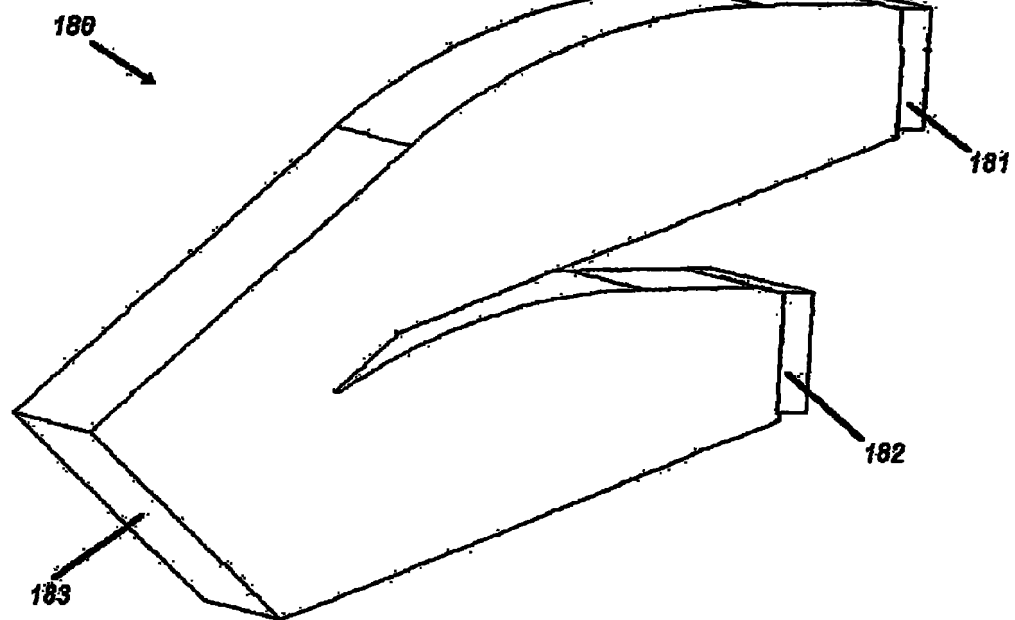


图18

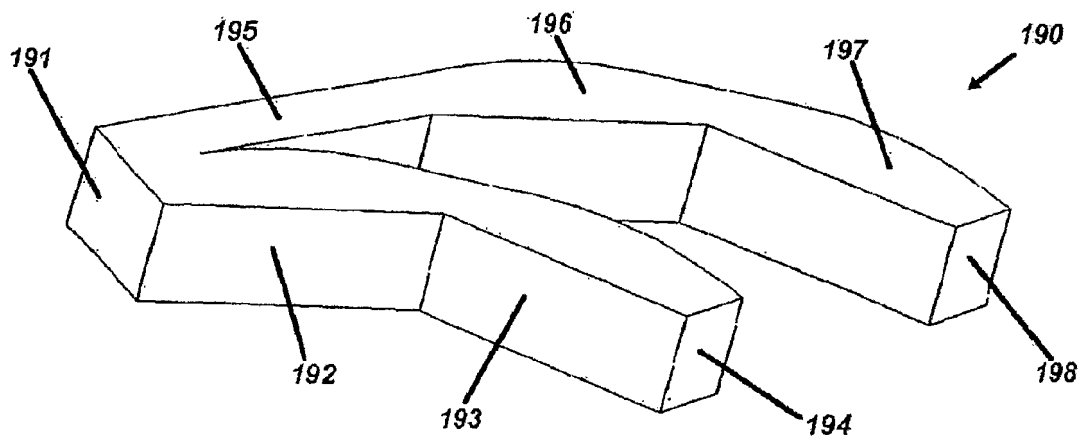


图 19

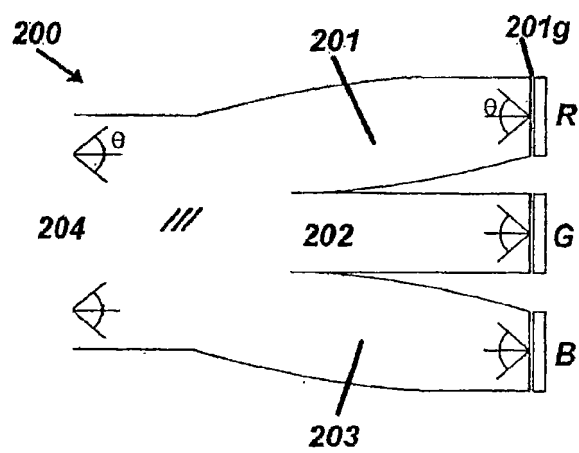


图 20A

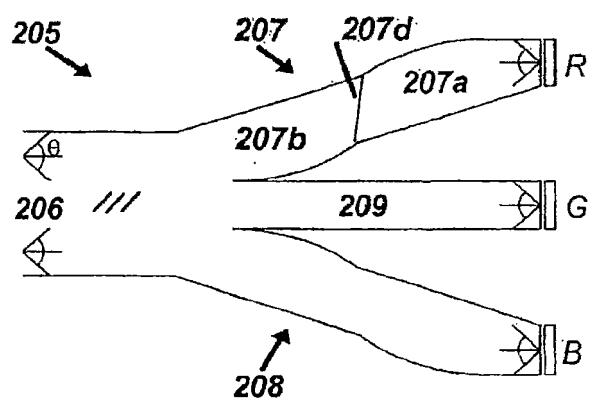


图 20B

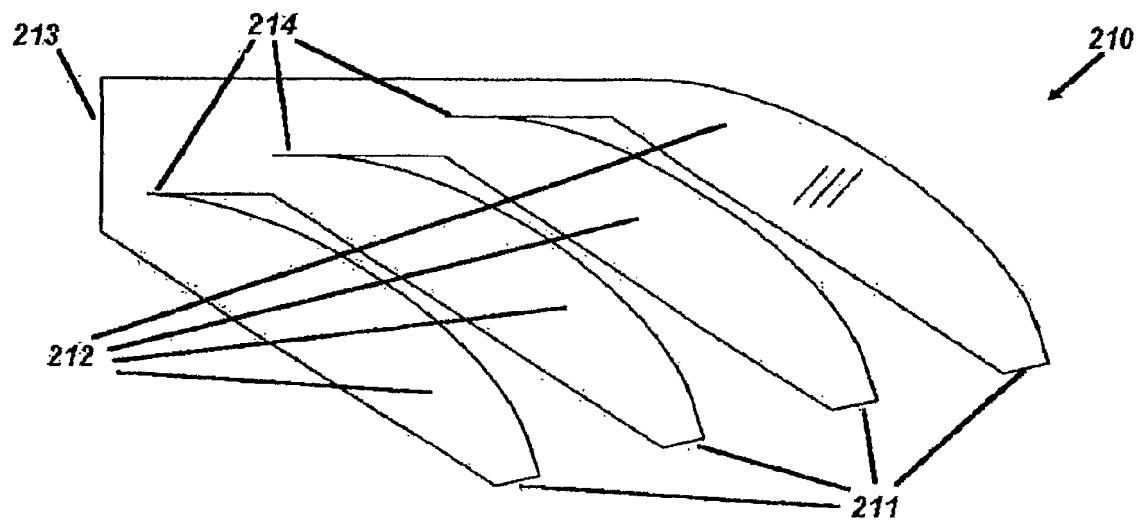


图 21

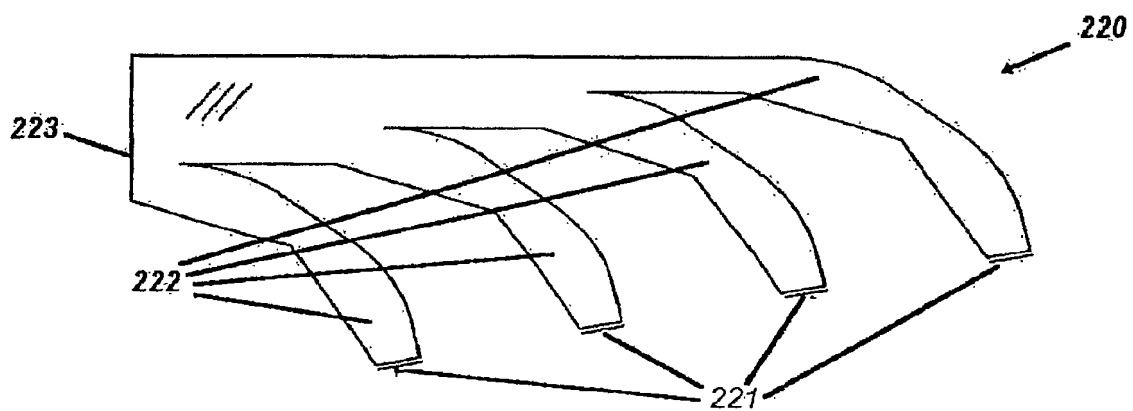


图 22

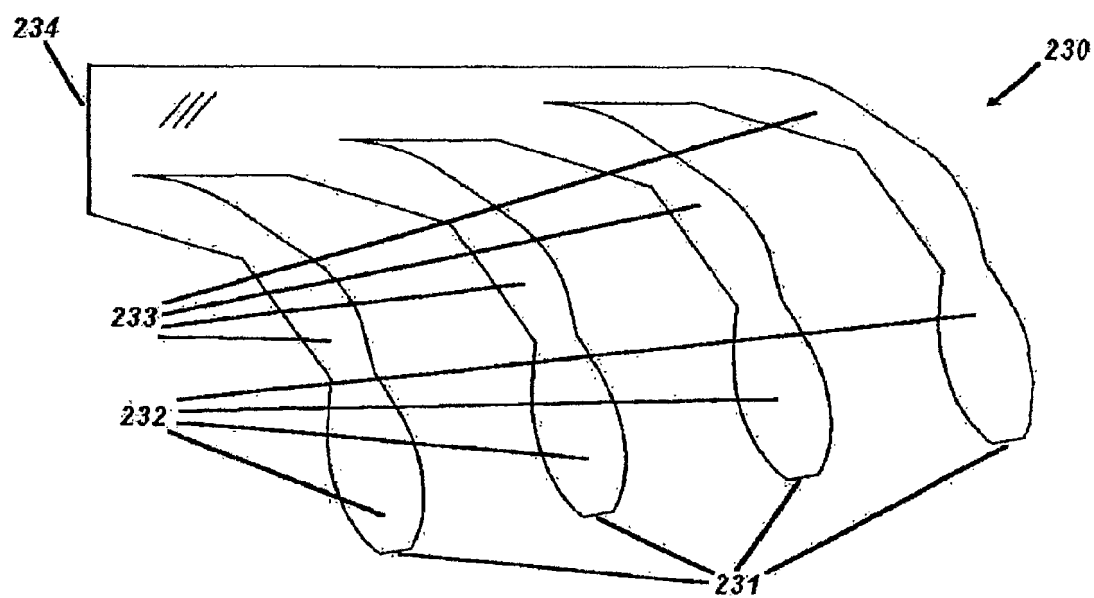


图 23

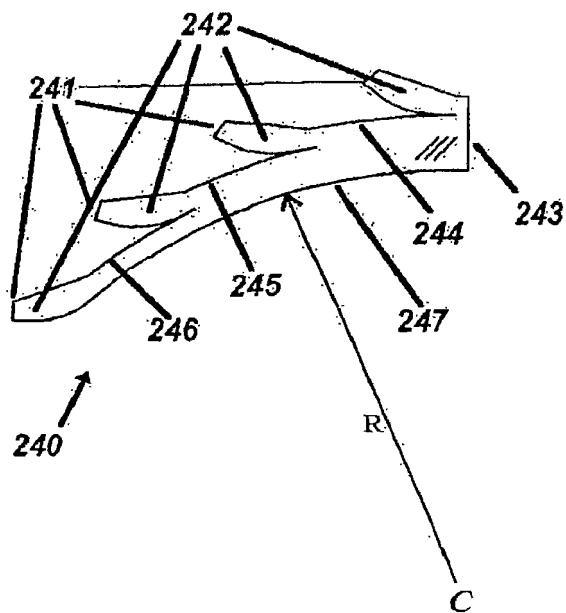


图 24

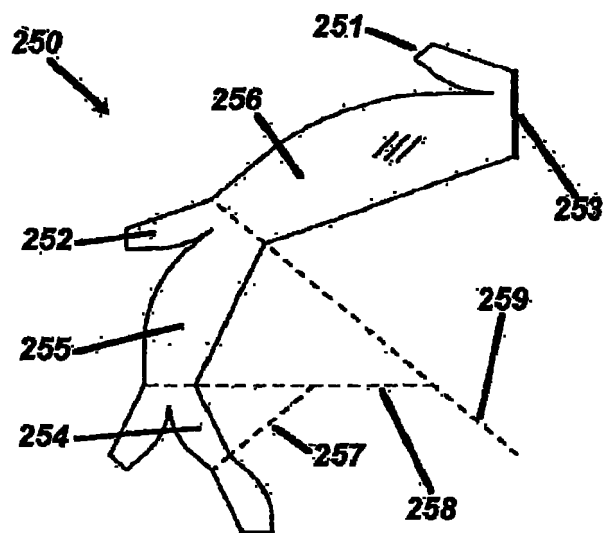


图 25

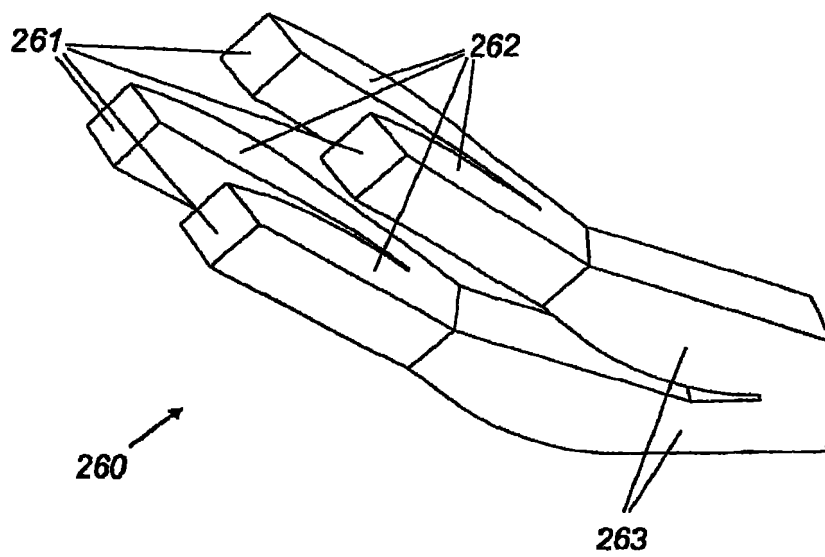


图 26A

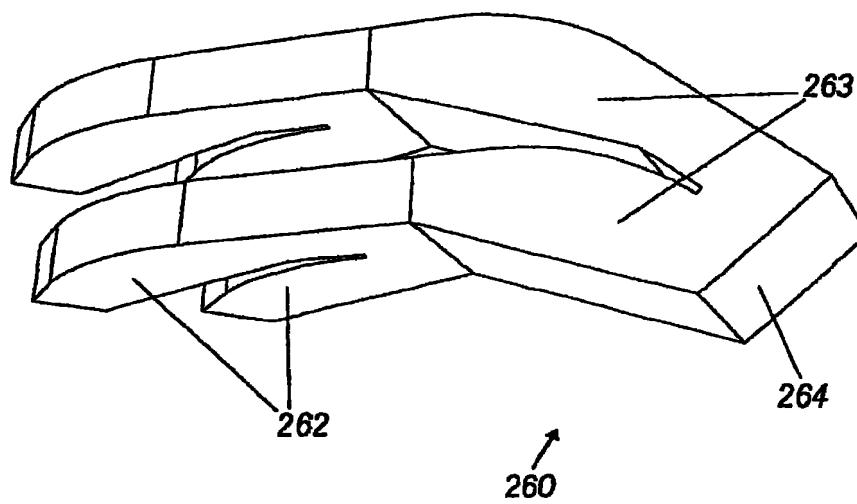


图 26B

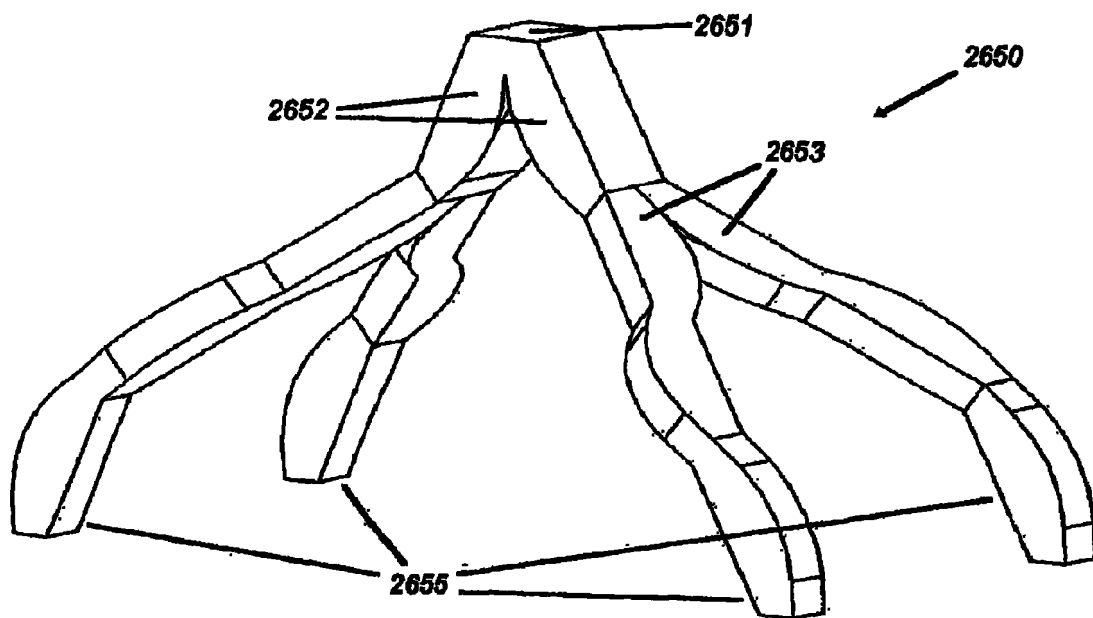


图 26C

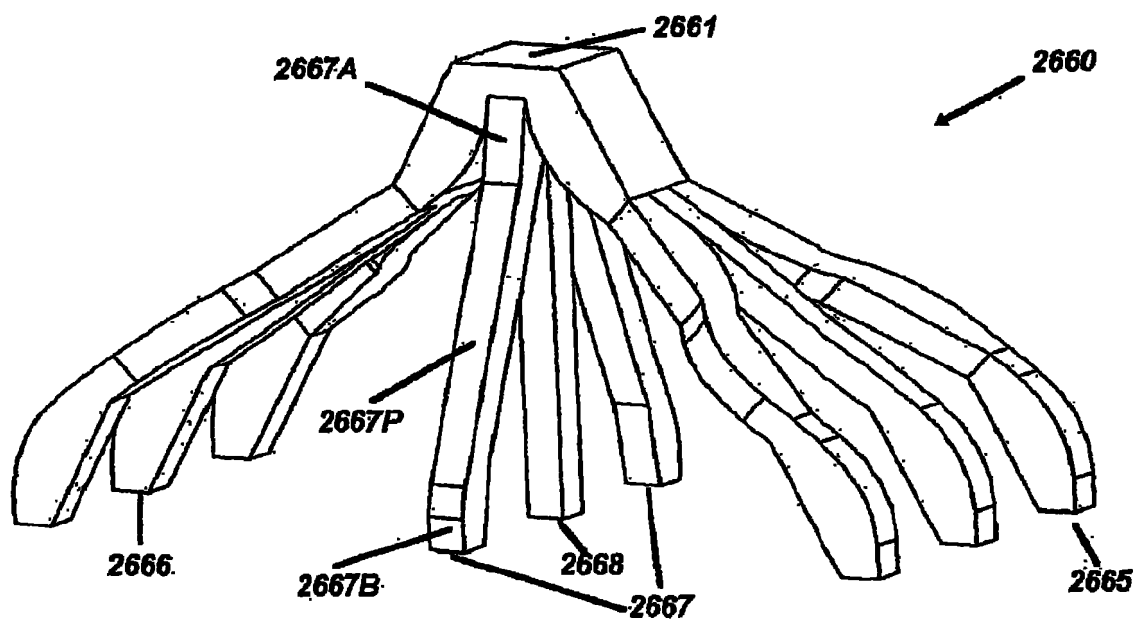


图 26D

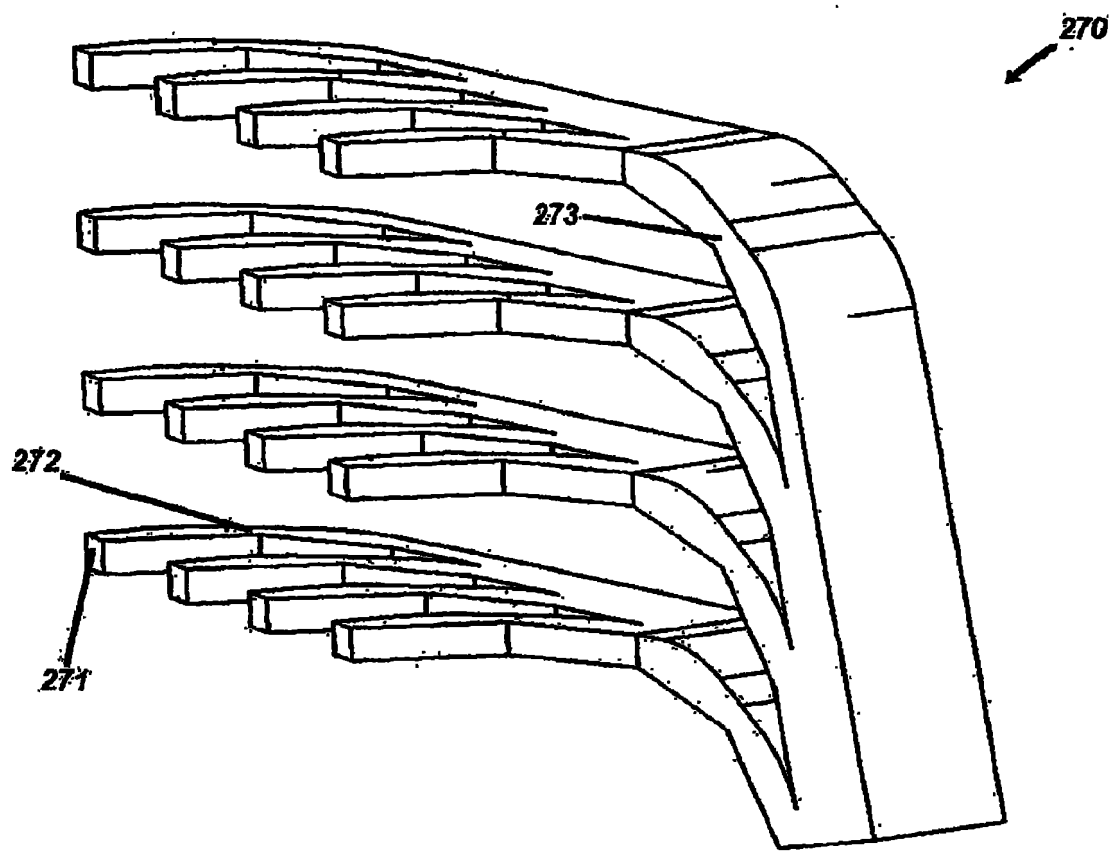


图 27A

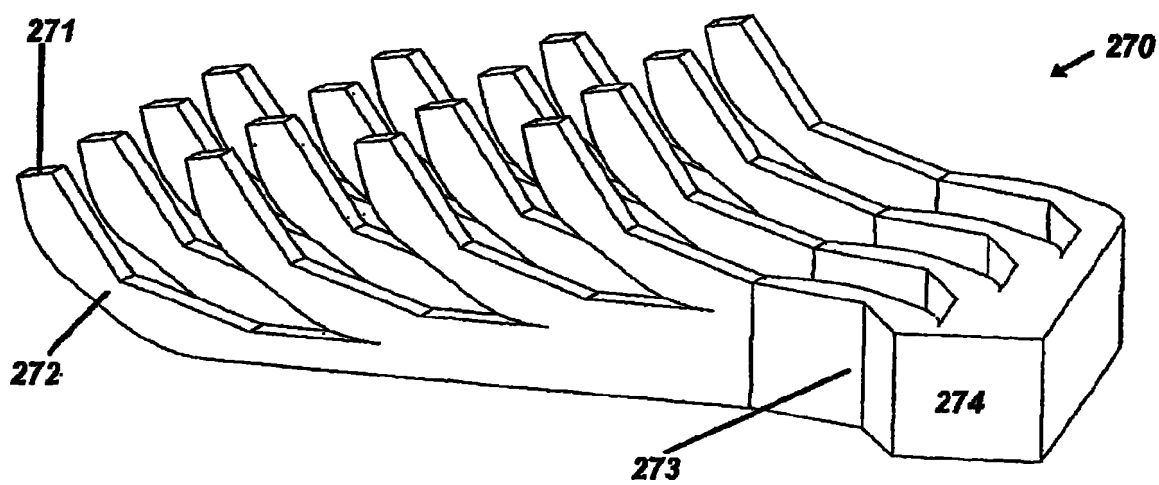


图 27B

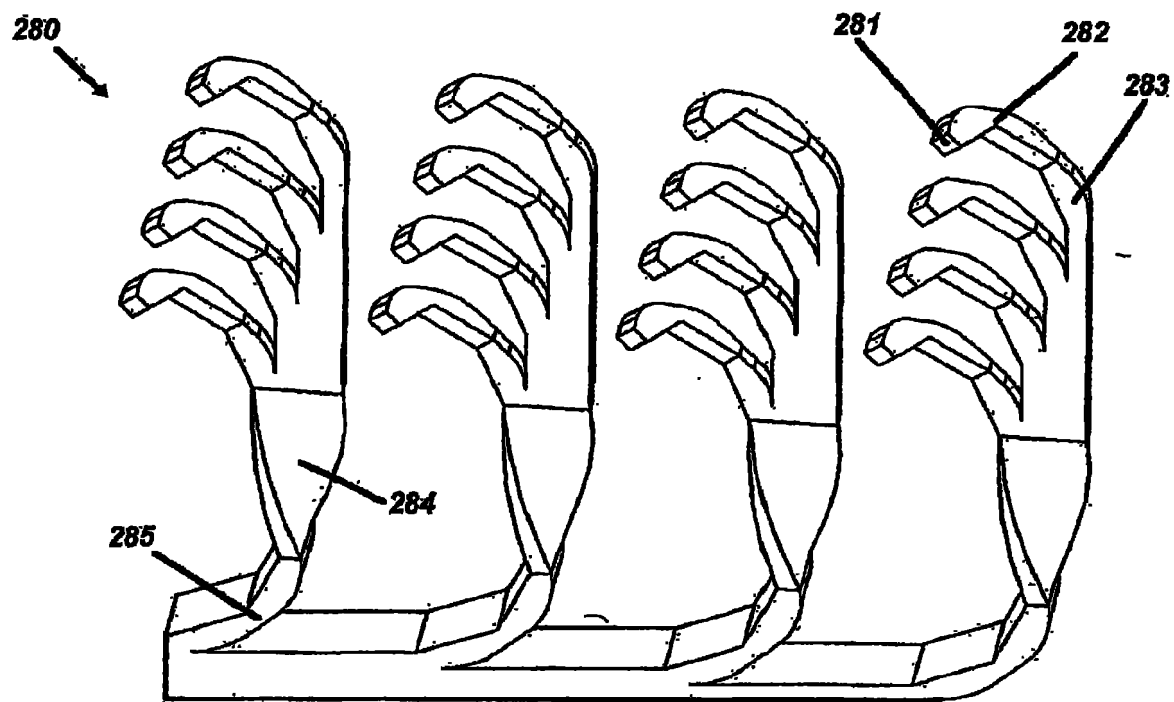


图 28A

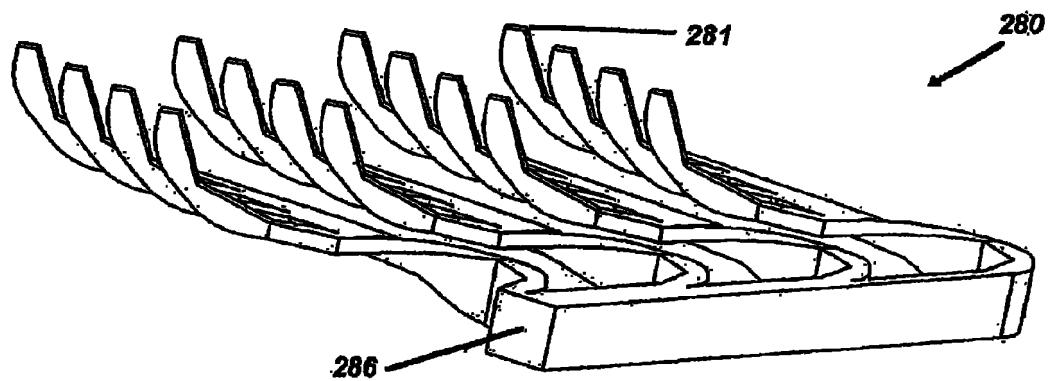


图 28B

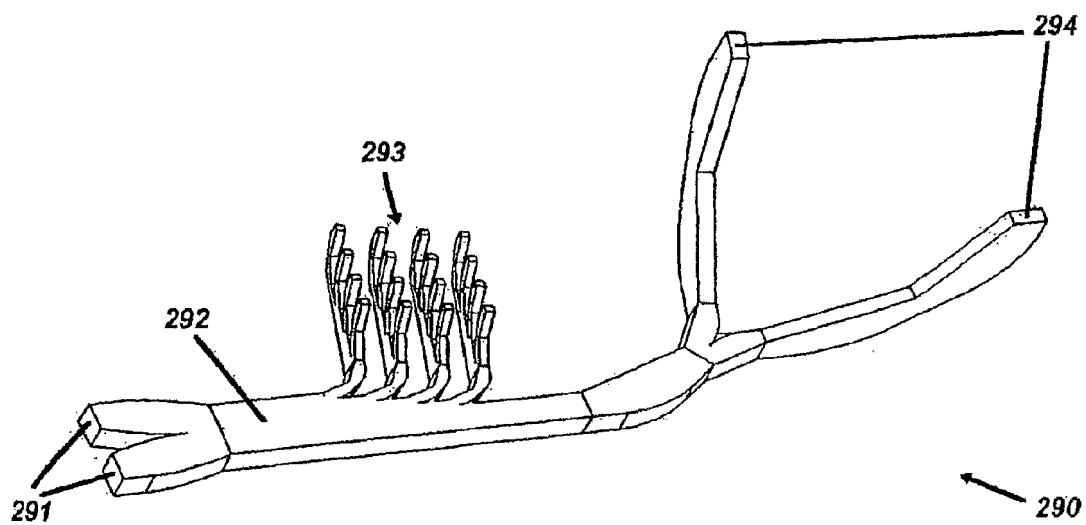


图 29

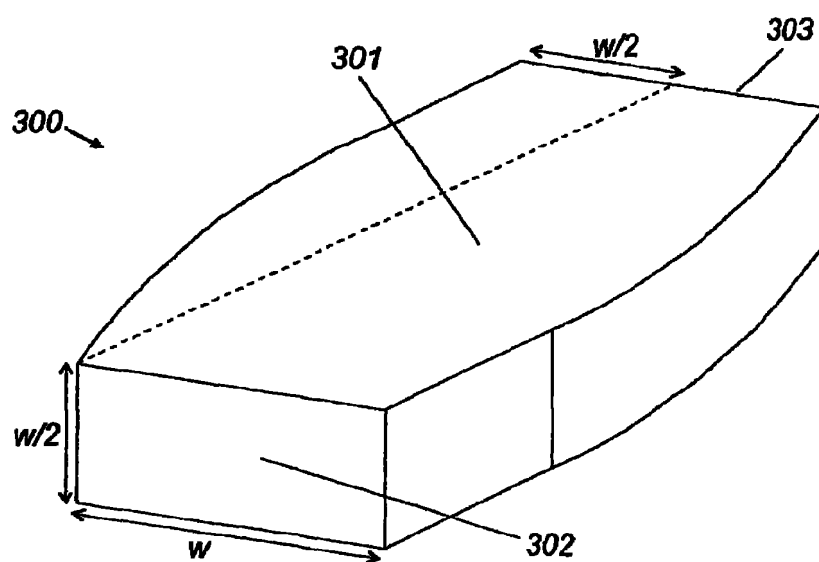


图 30

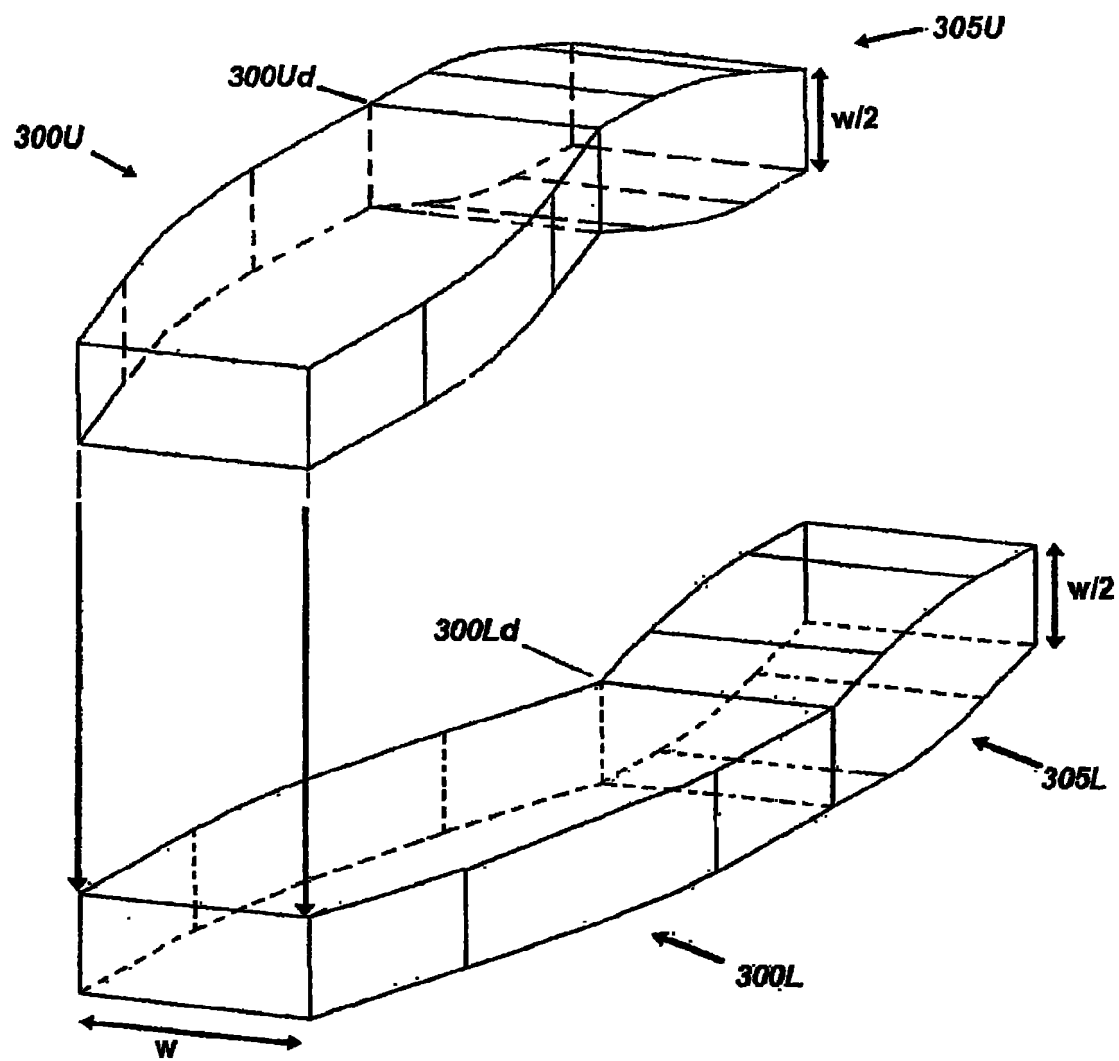


图 31A

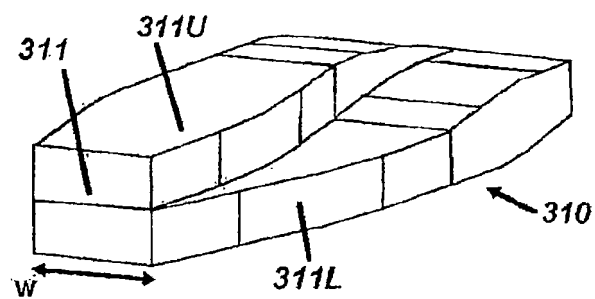


图 31B

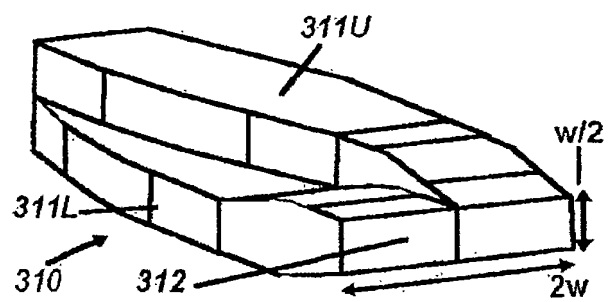


图 31C

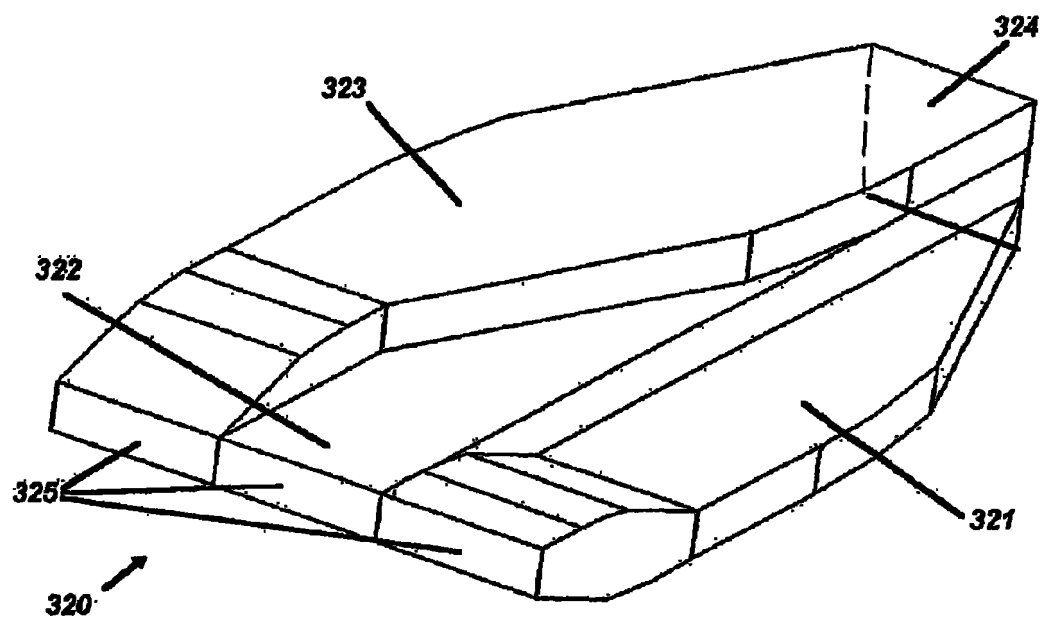


图 32

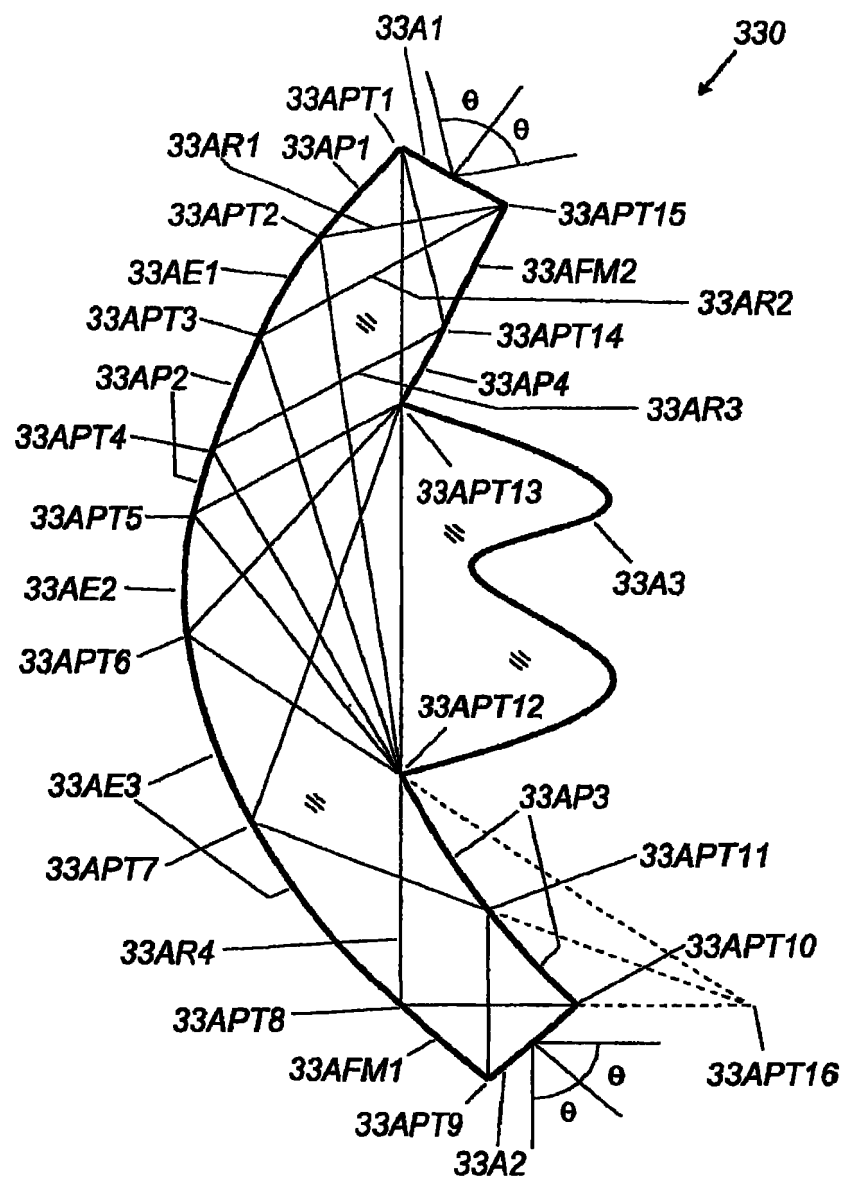


图 33A

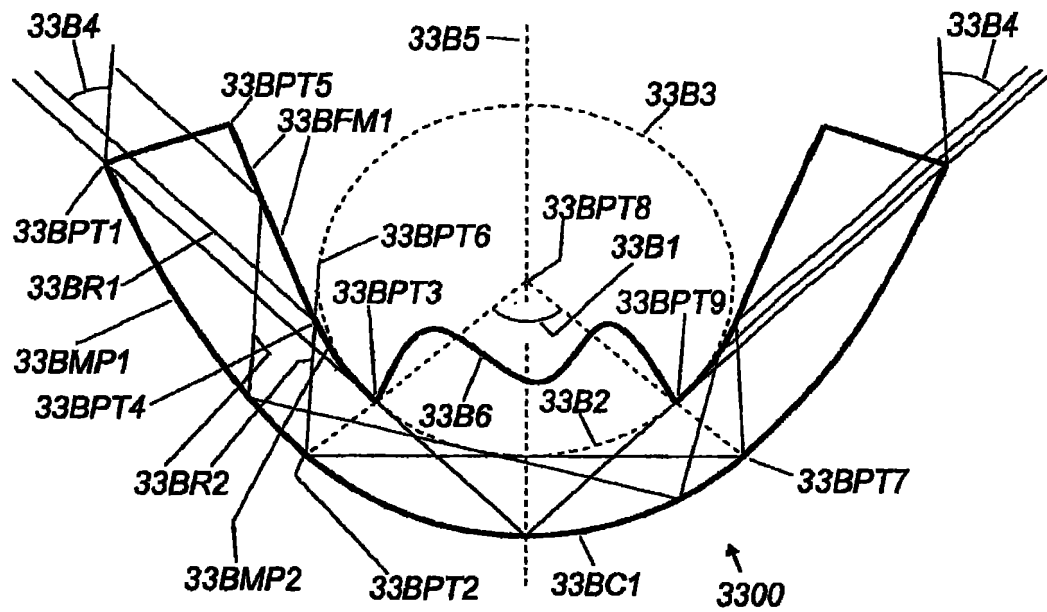


图 33B

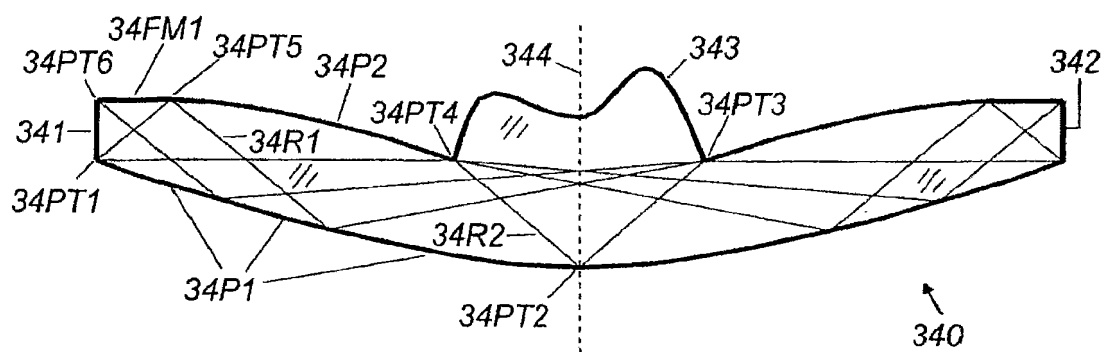


图 34

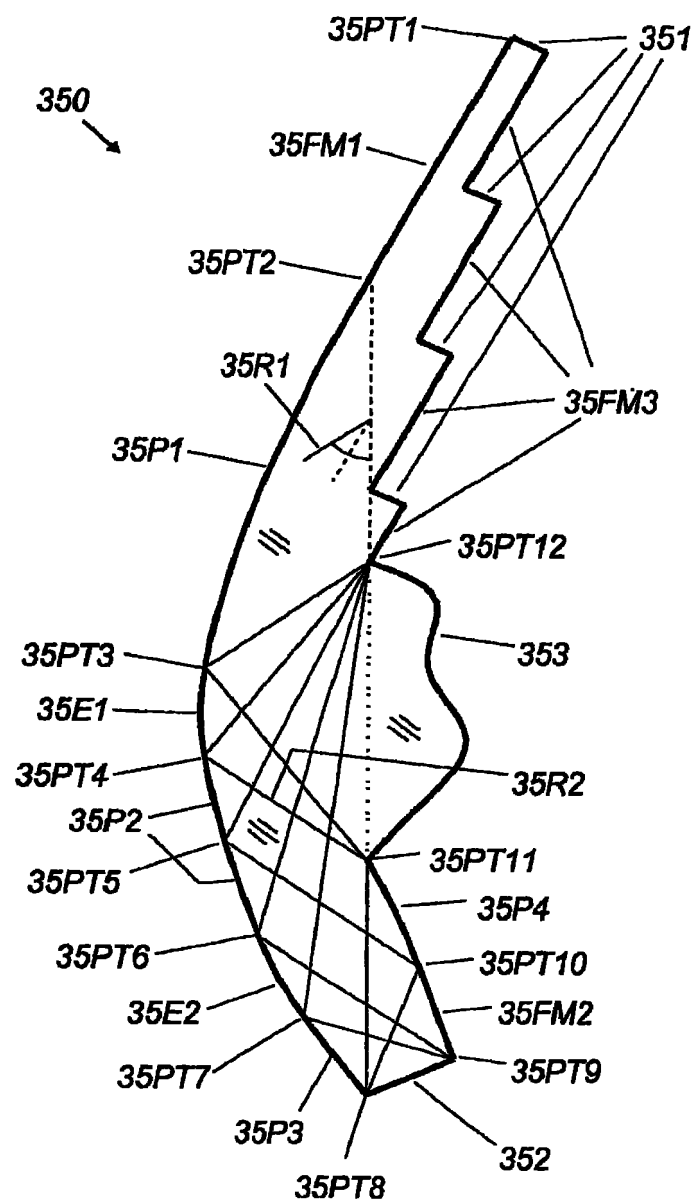


图 35

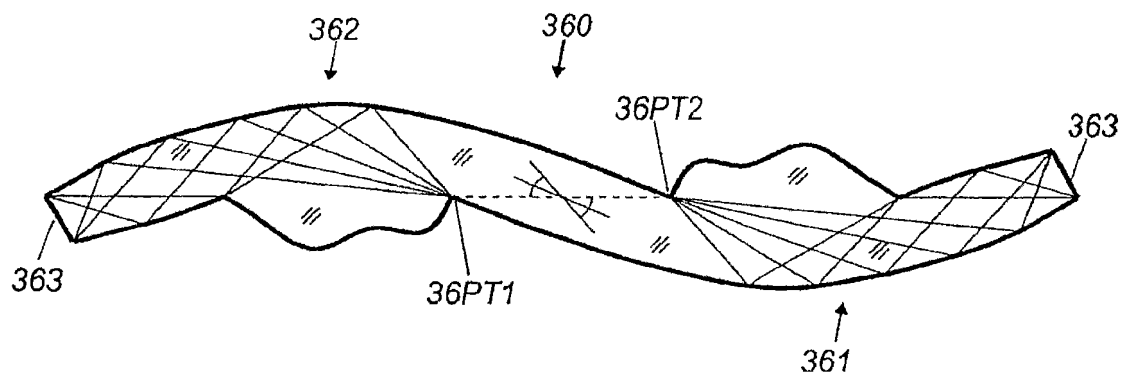


图 36

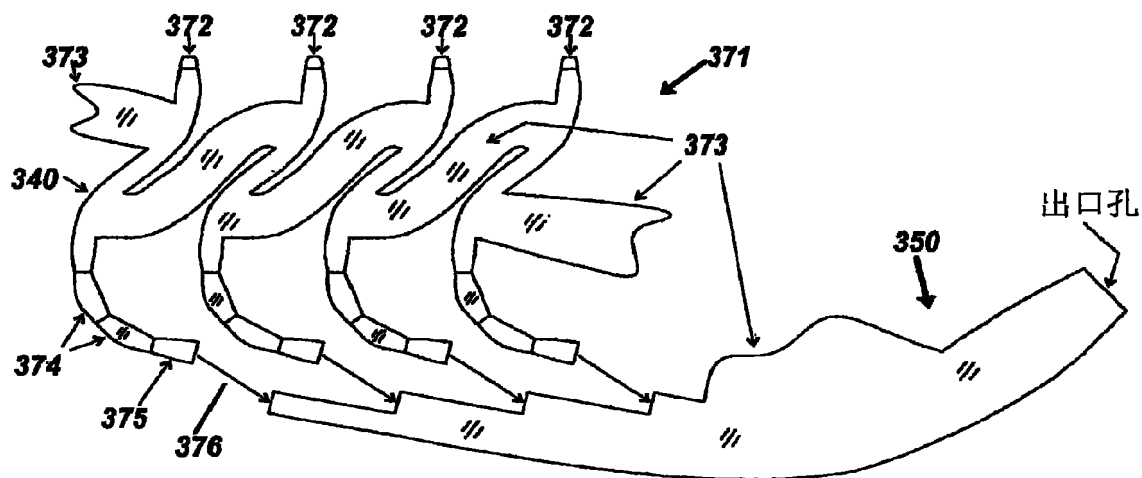


图 37A

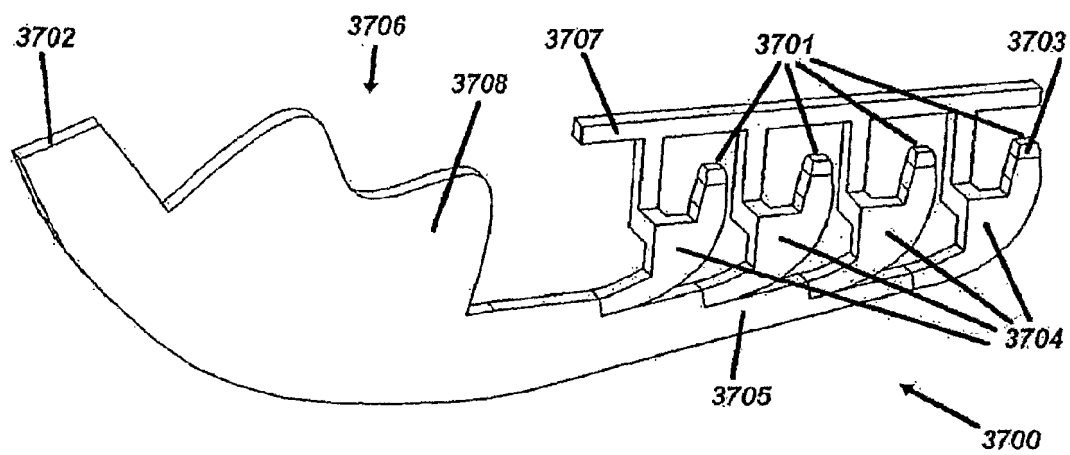


图 37B

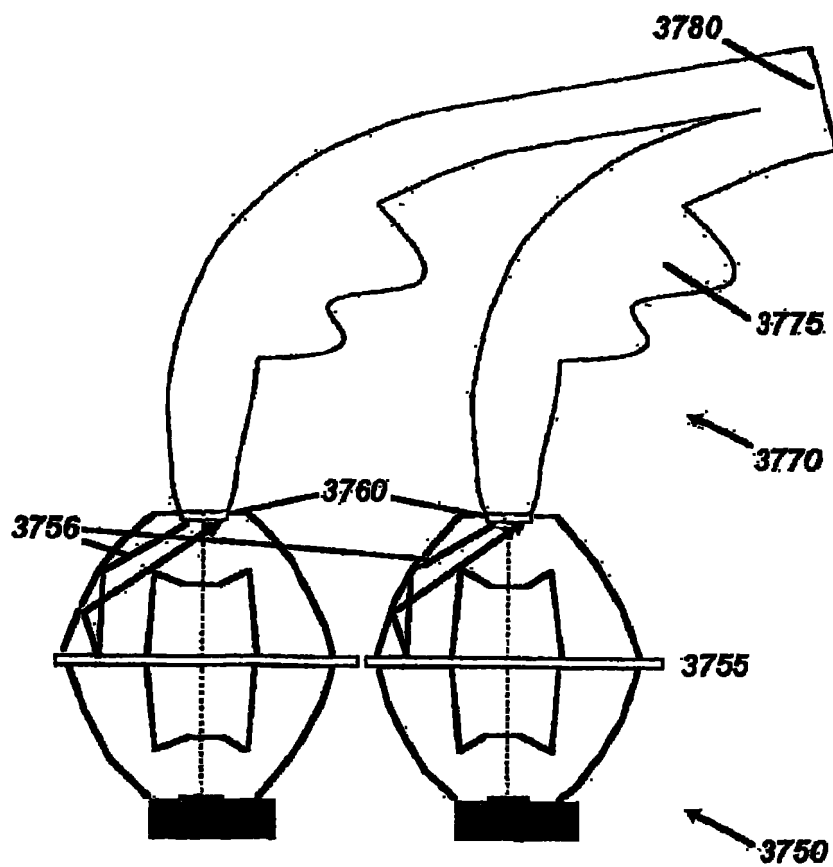


图 37C

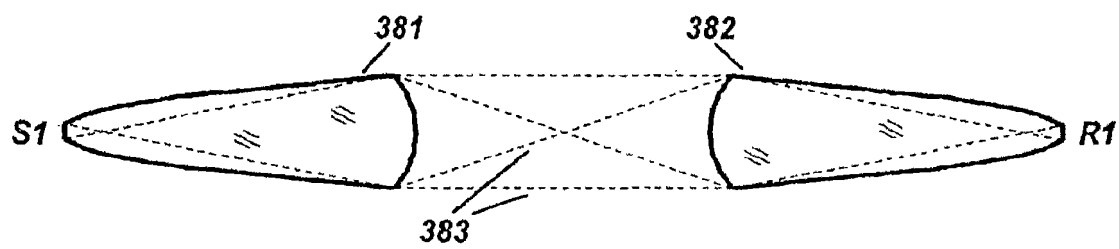


图 38A

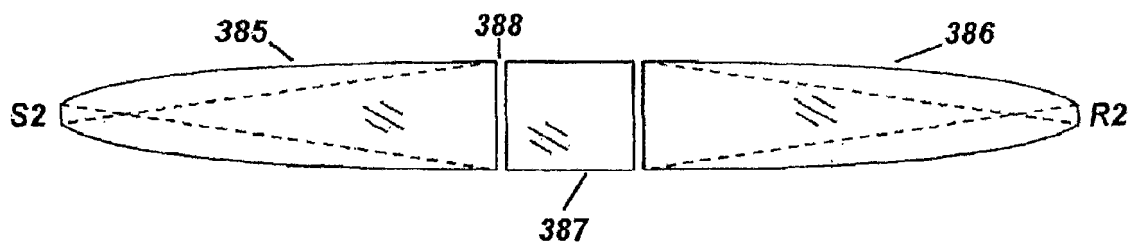


图 38B

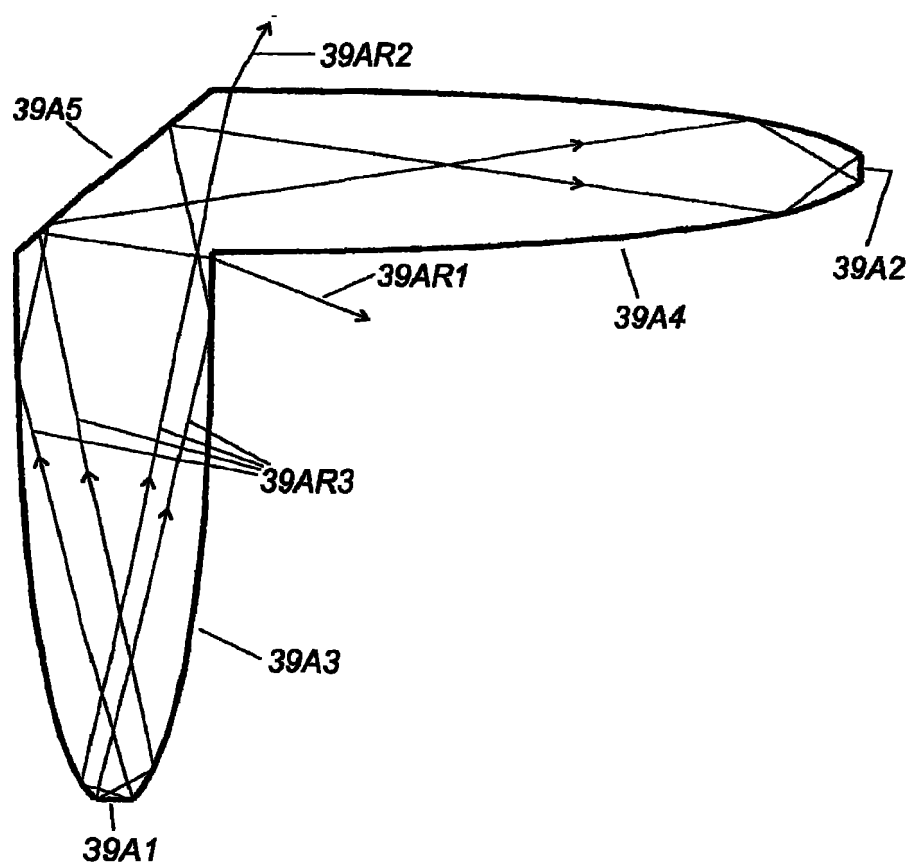


图 39A

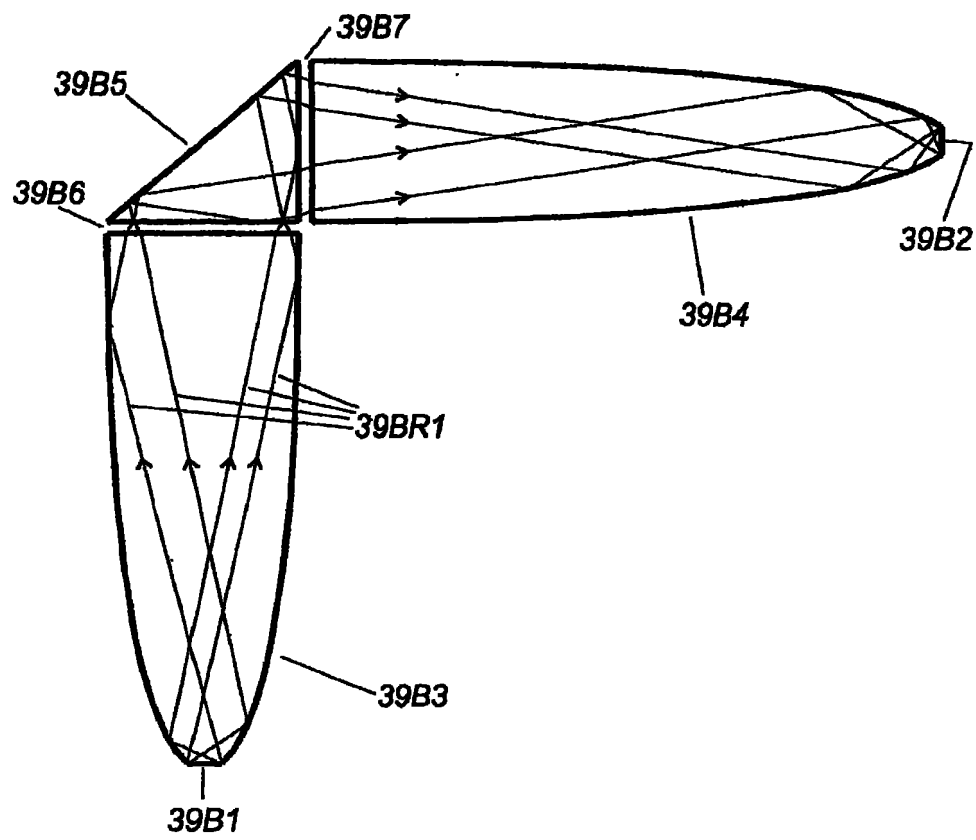


图 39B

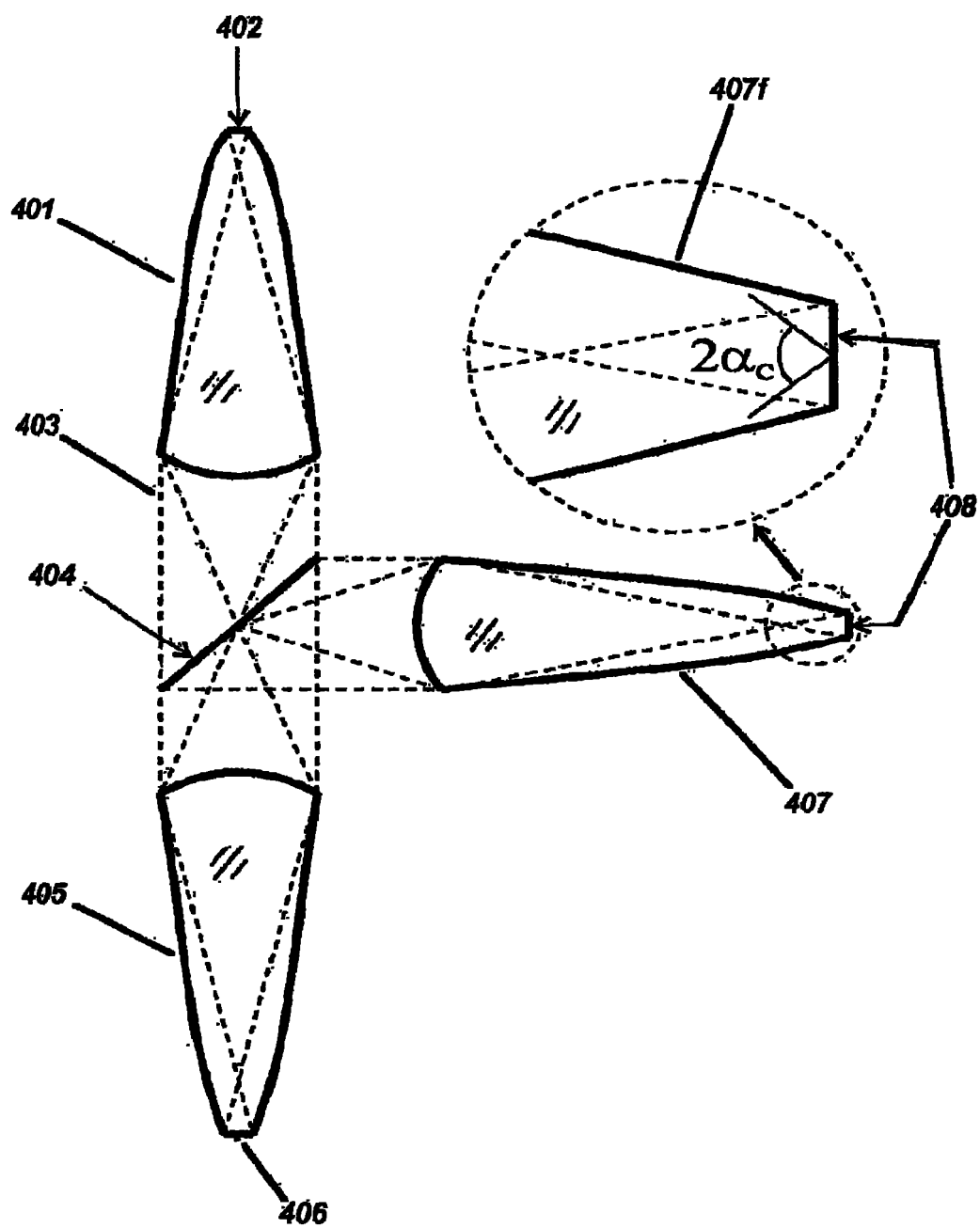


图 40

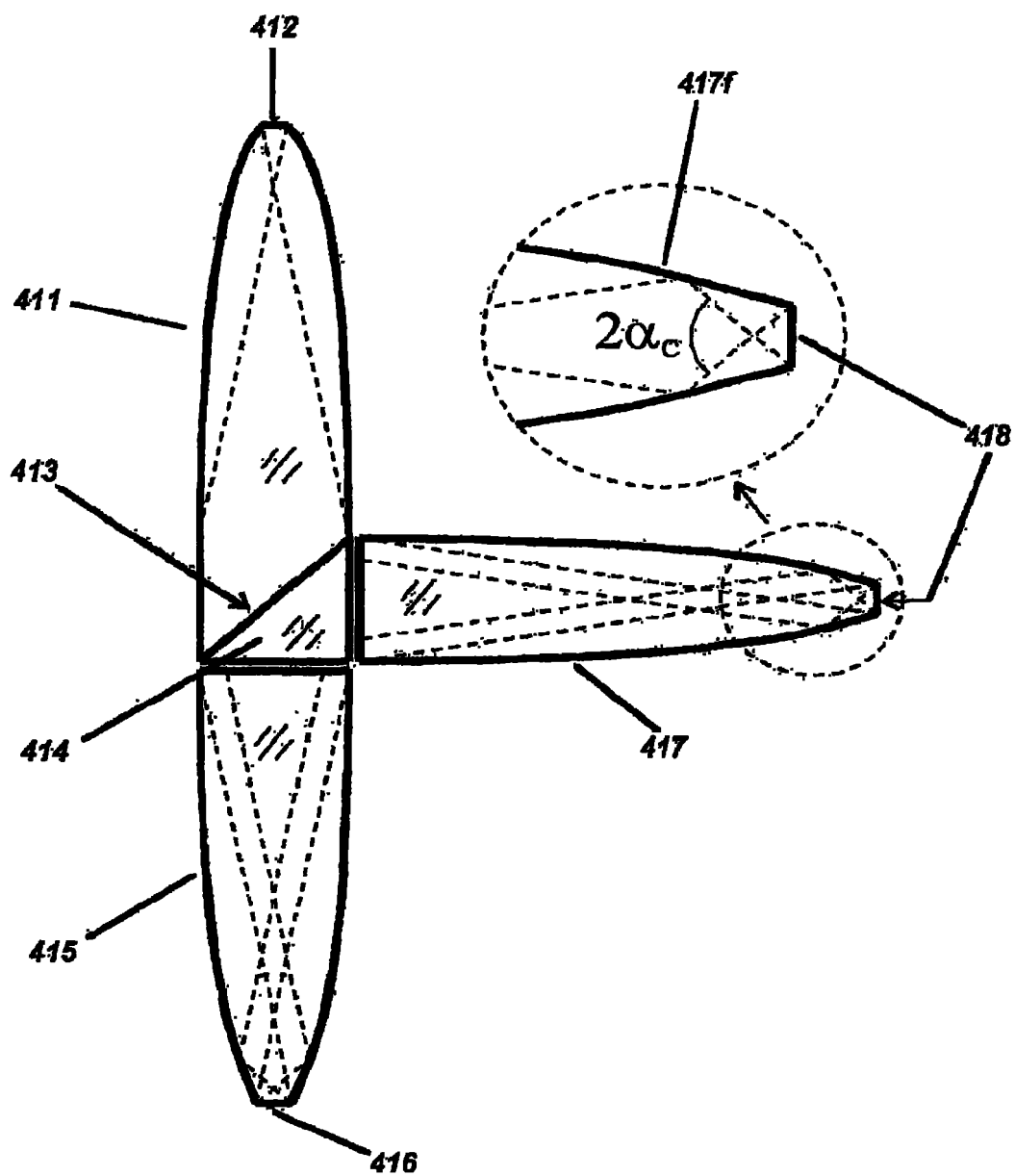


图 41

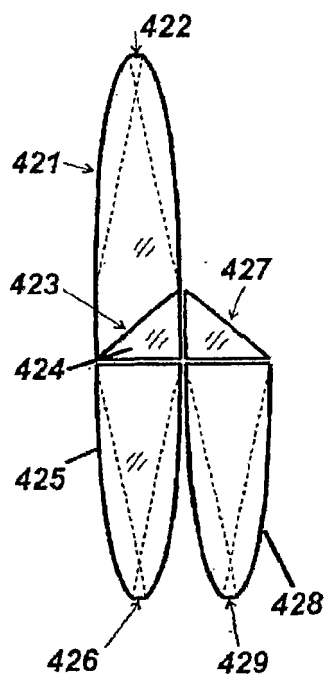


图 42

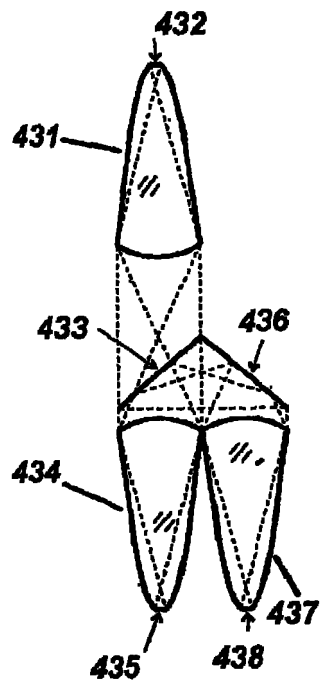


图 43

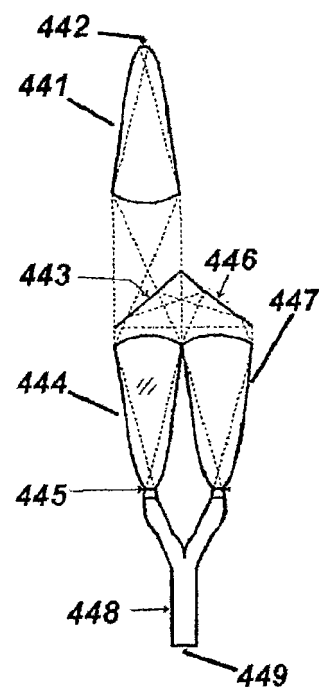


图 44

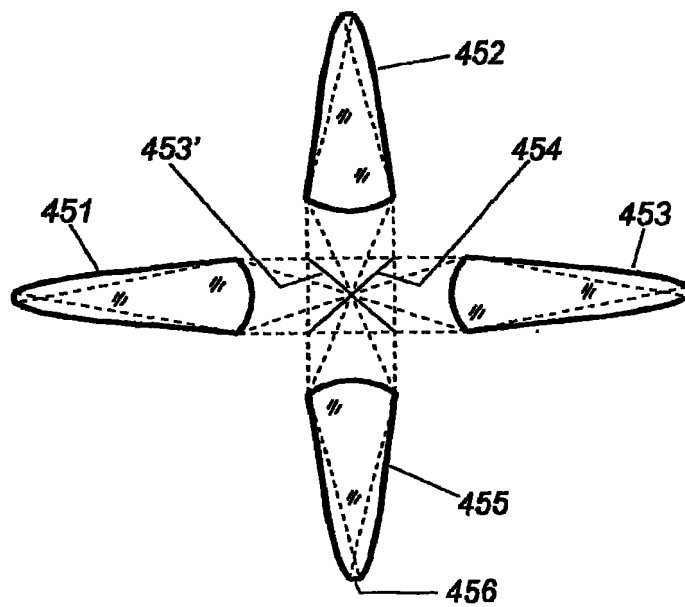


图 45

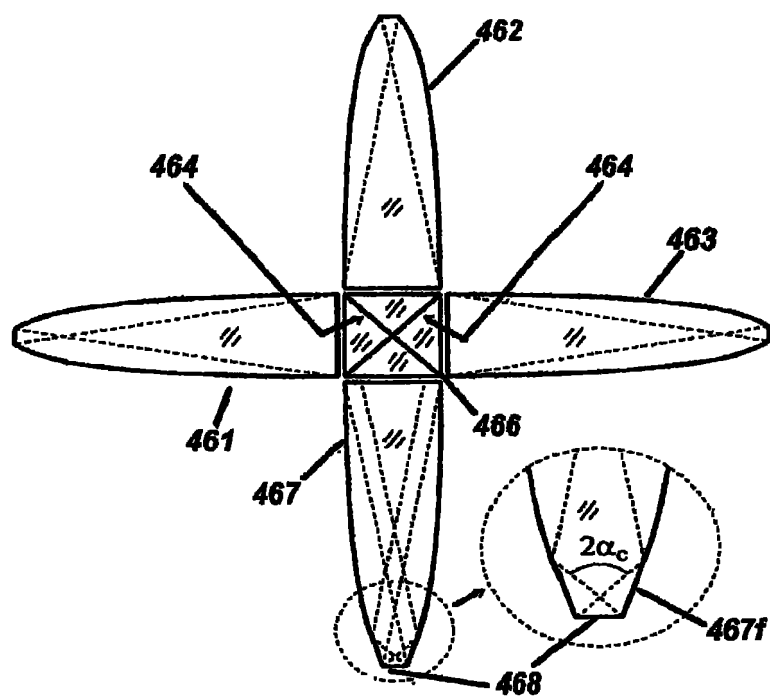


图 46

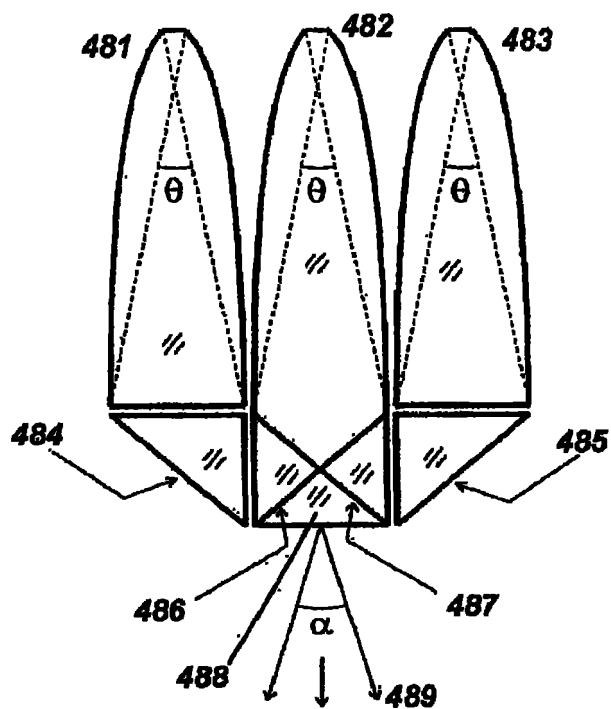


图 48

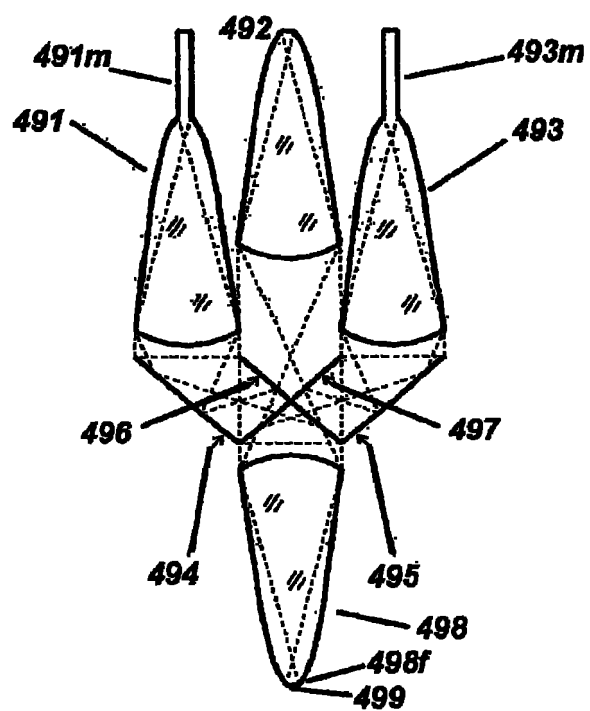


图 49

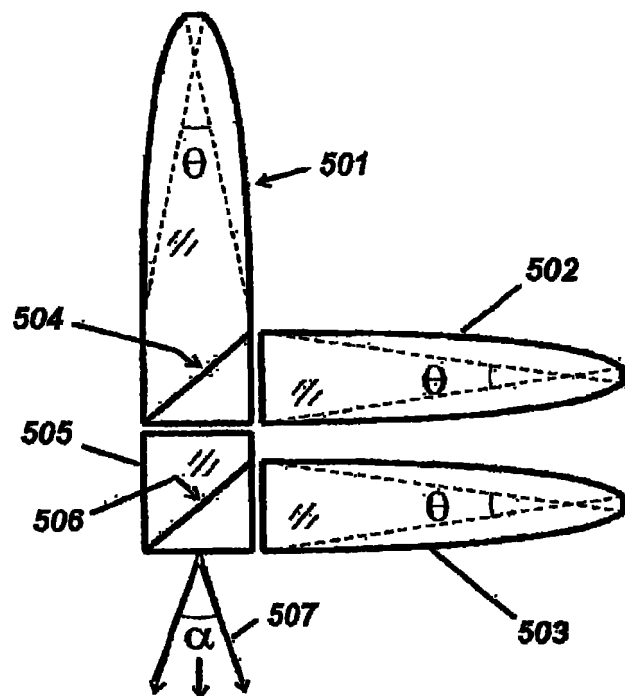


图 50

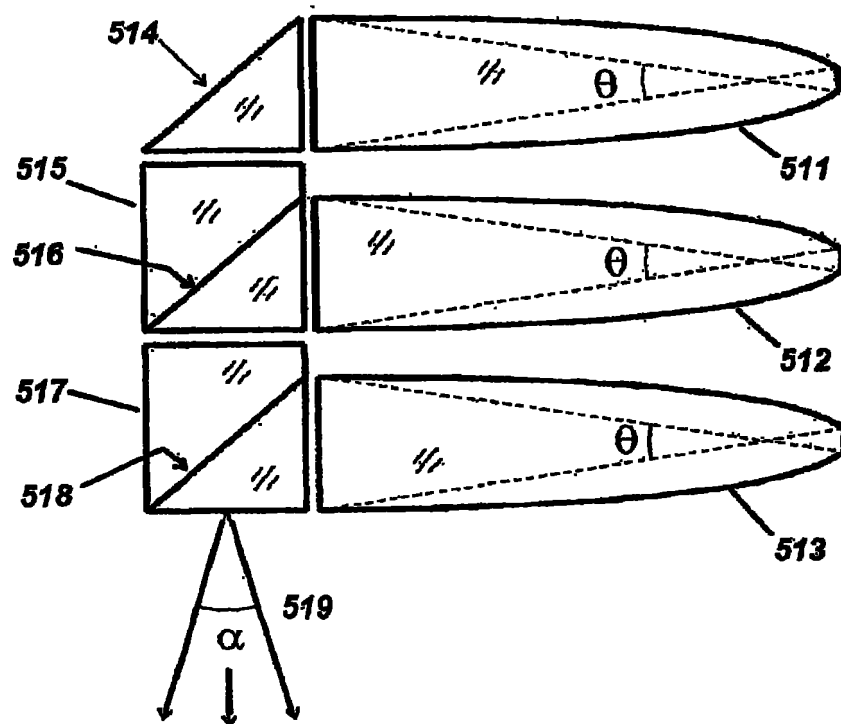


图 51A

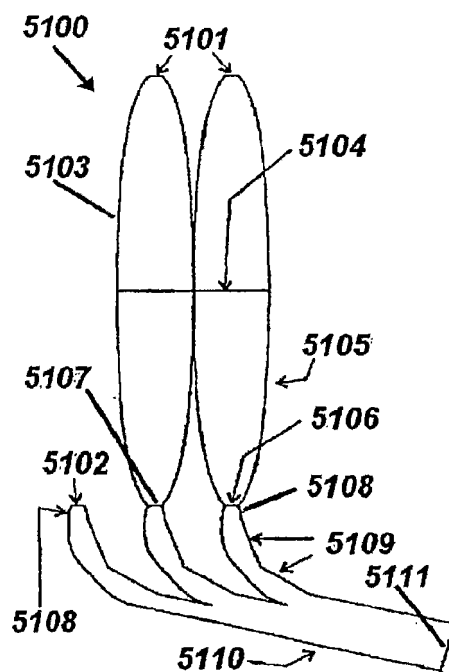


图 51B

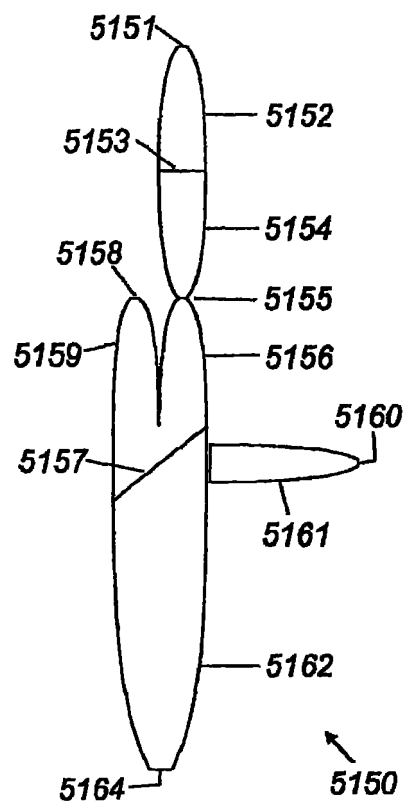


图 51C

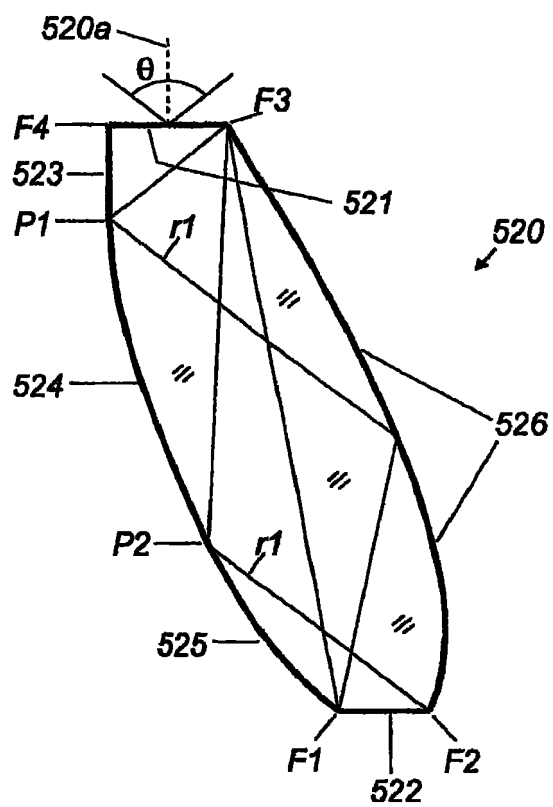


图 52

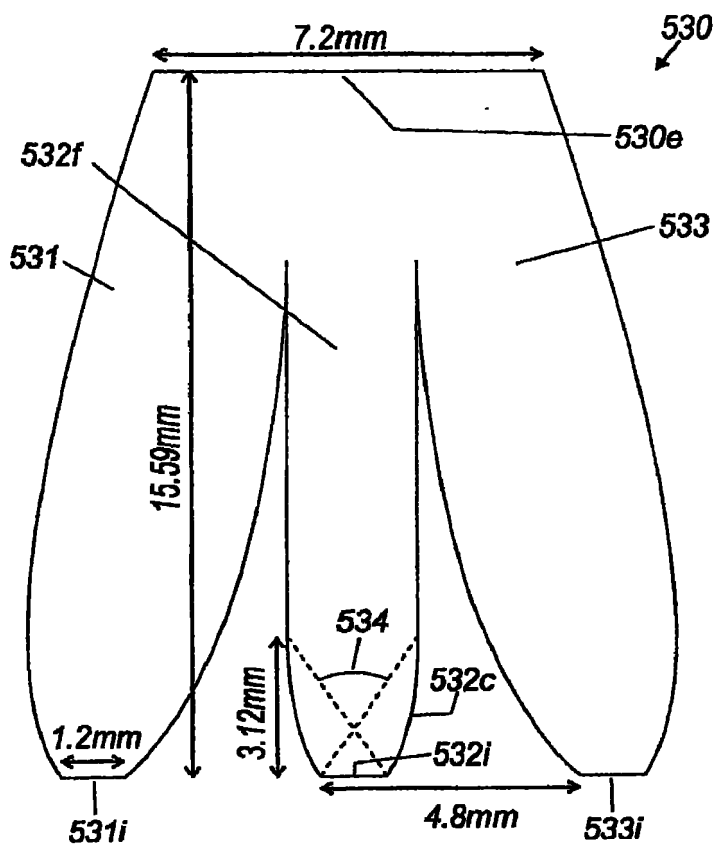


图 53A

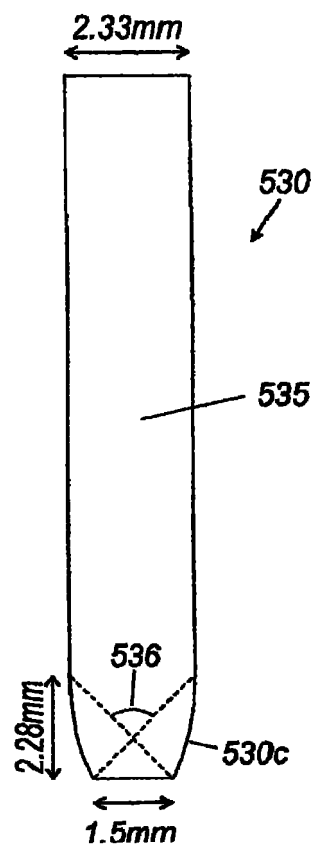


图 53B

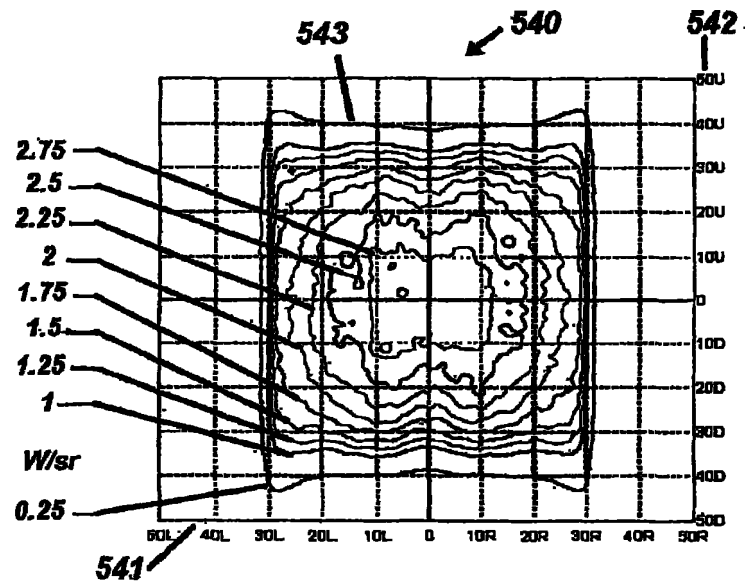


图 54A

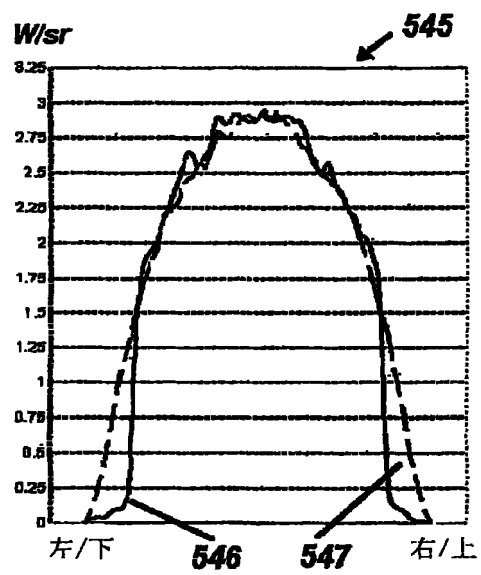


图 54B

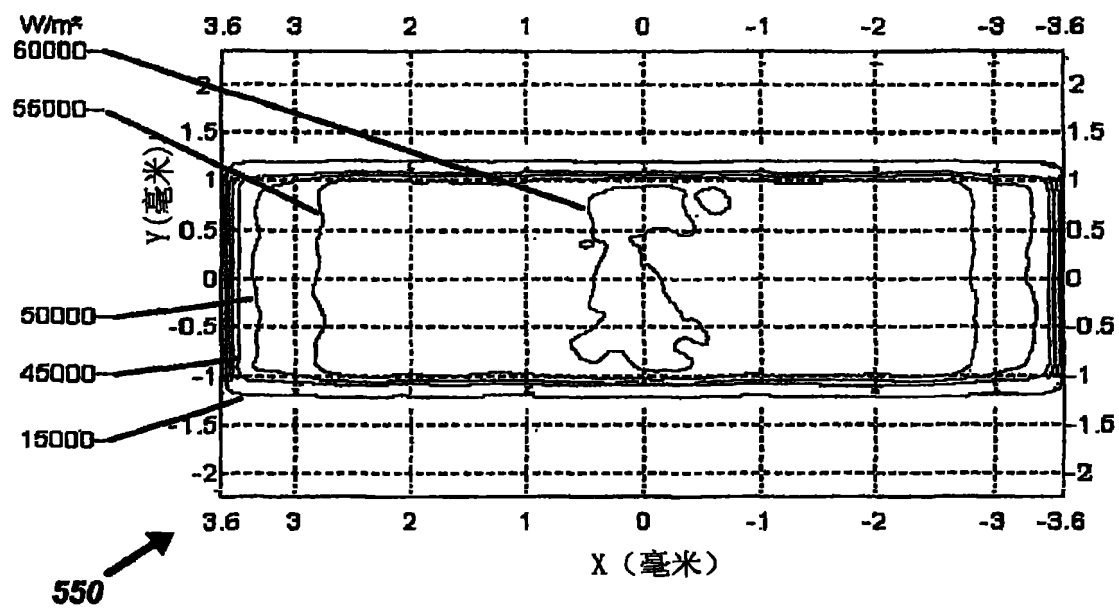


图 55

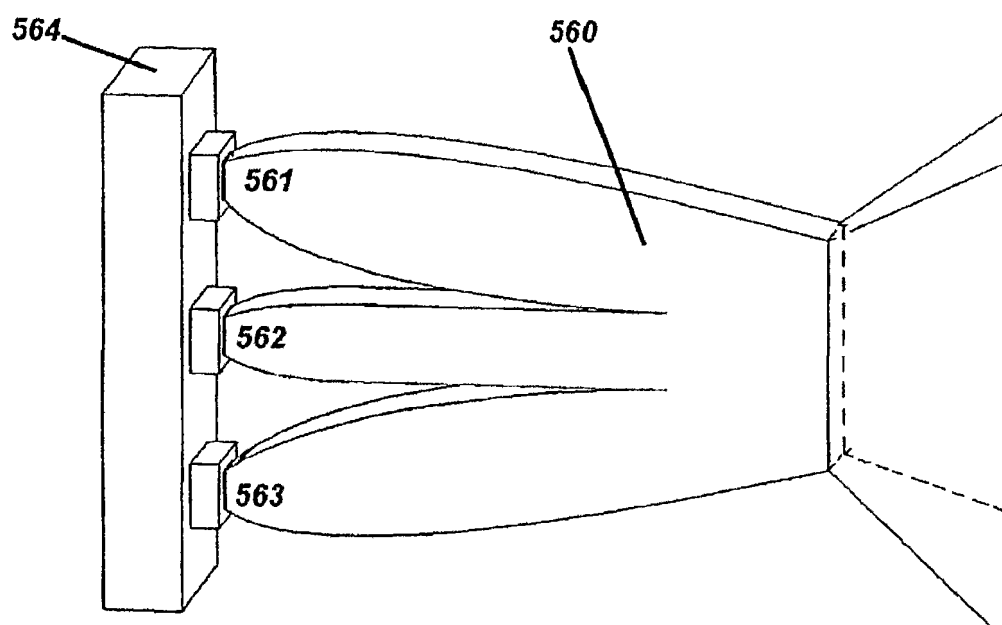


图 56A

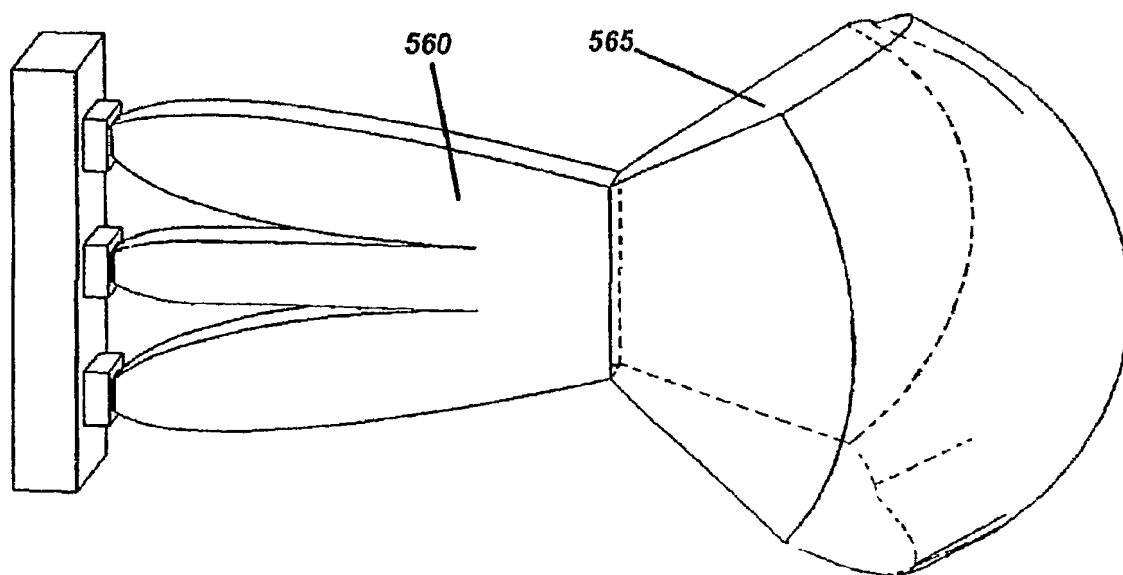


图 56B

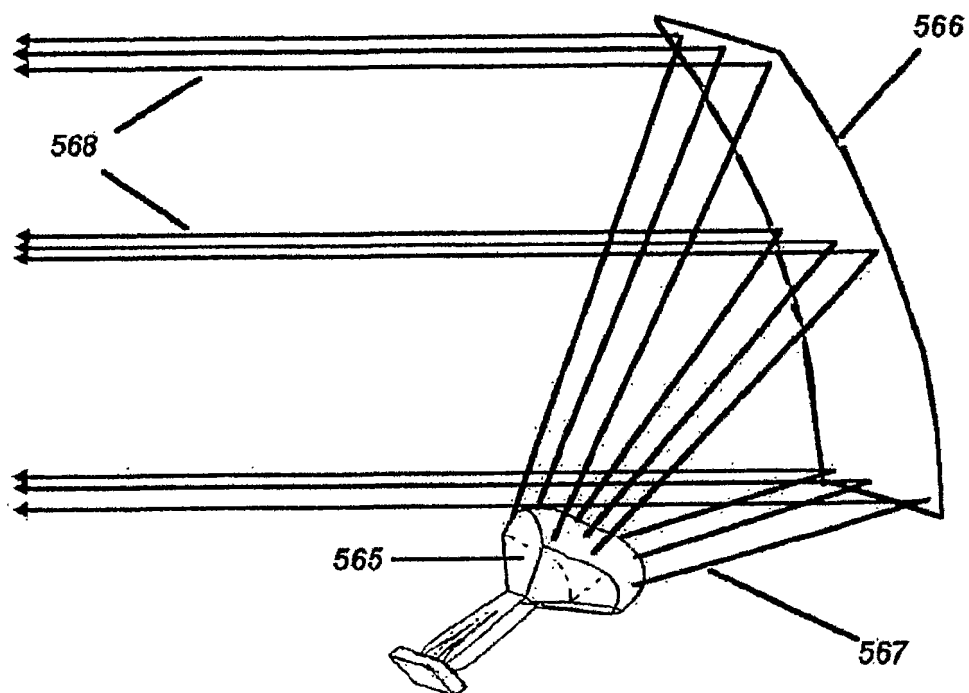


图 56C

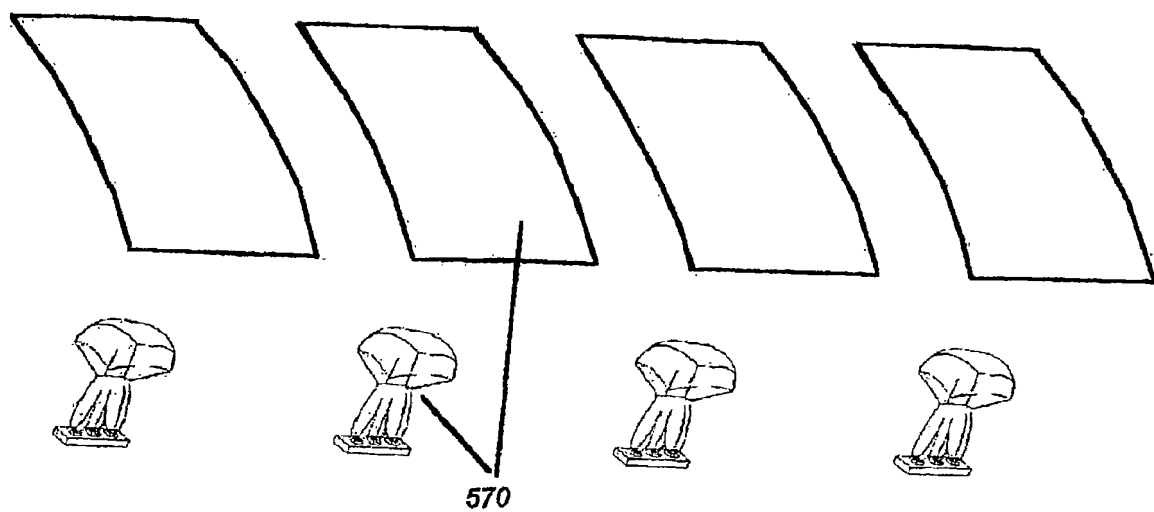


图 57

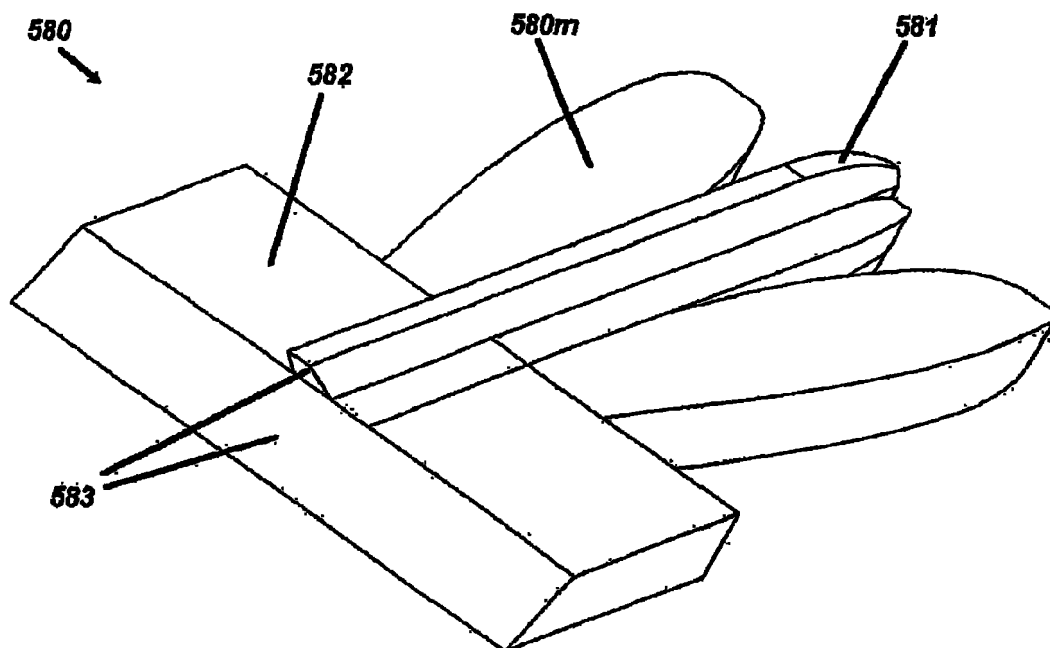


图 58A

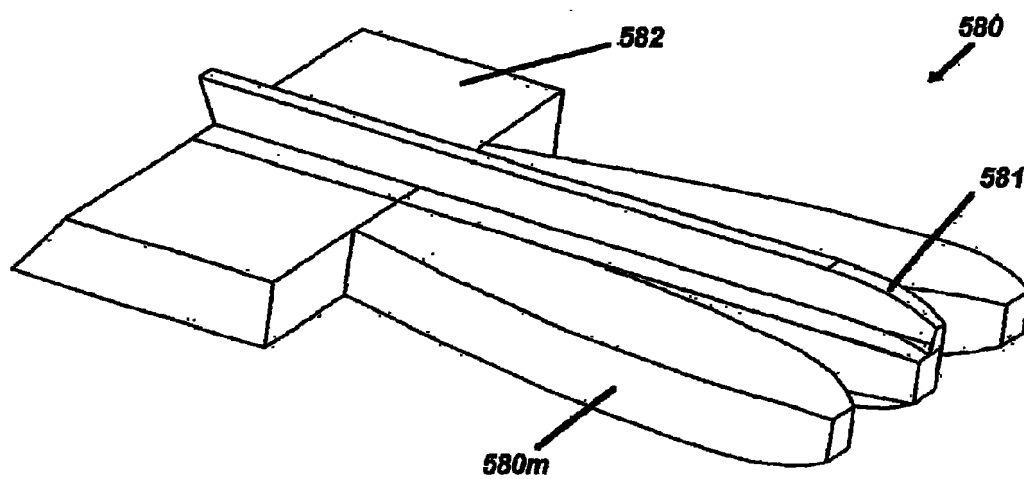


图 58B

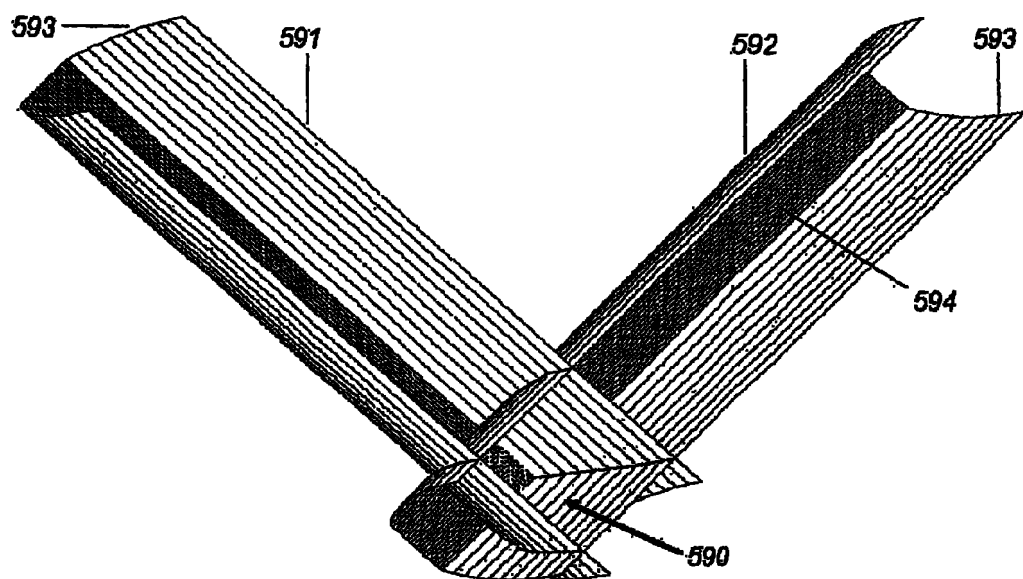


图 59

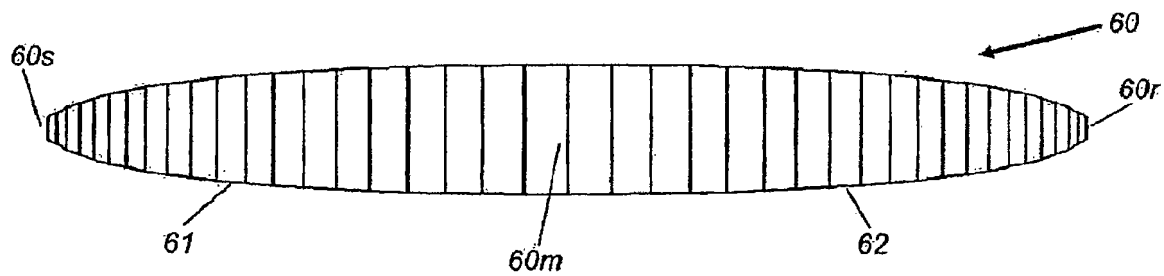


图 60A

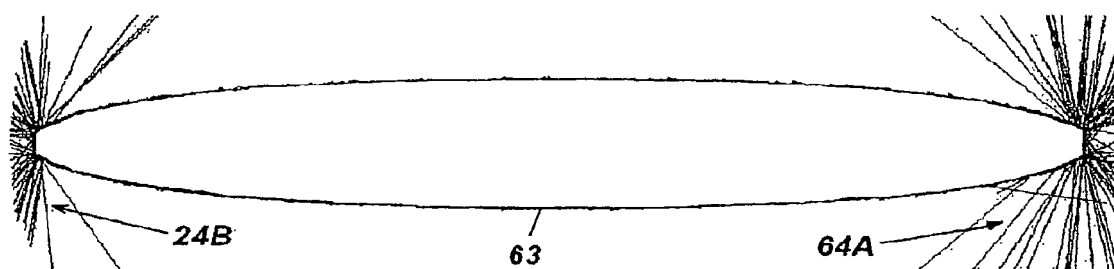


图 60B

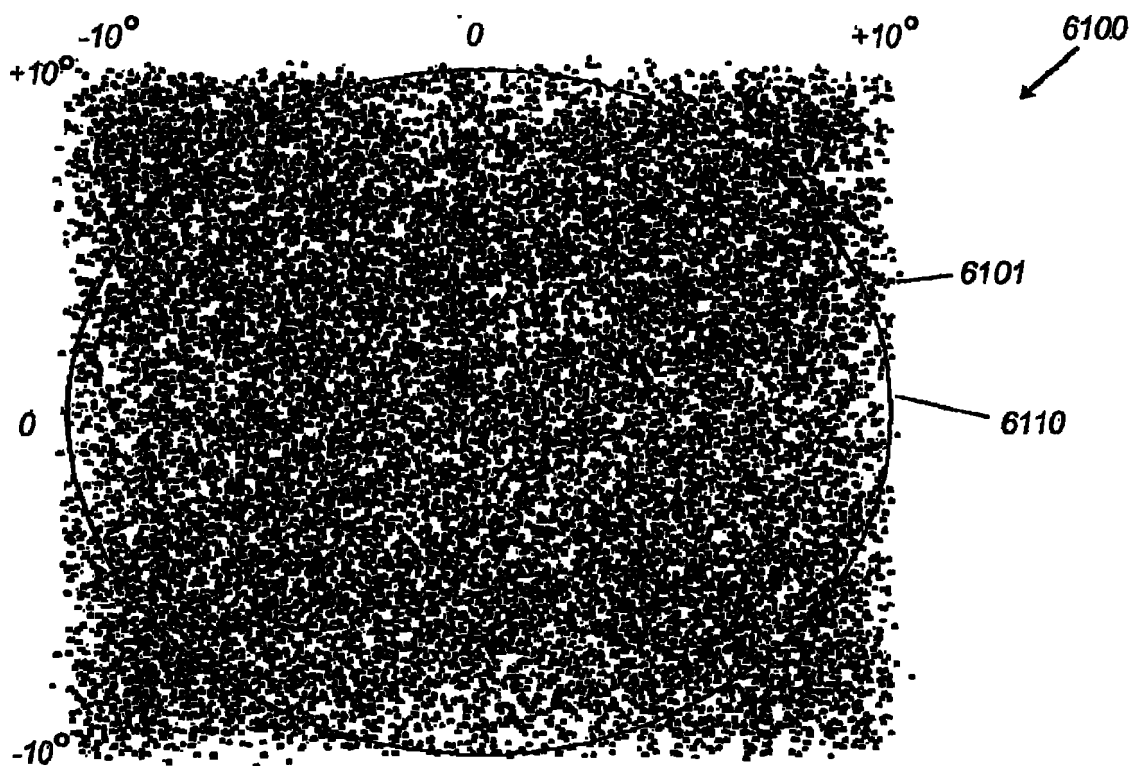


图 61

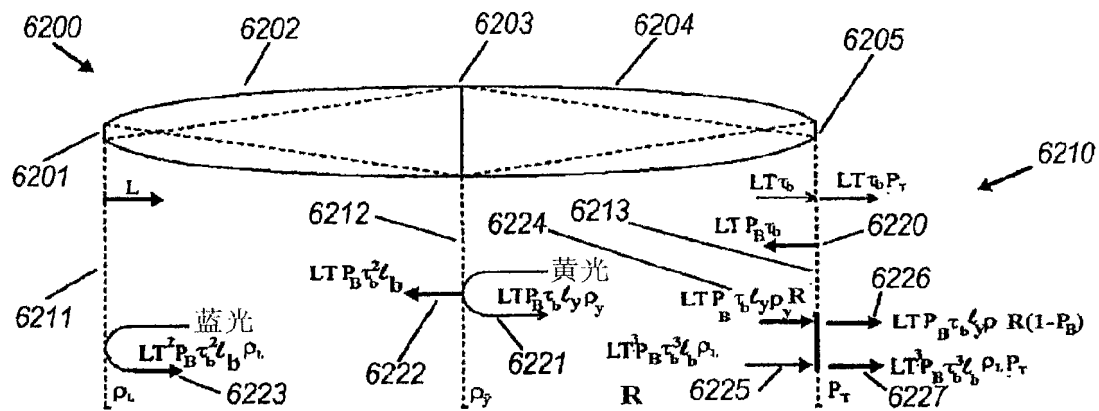


图 62A

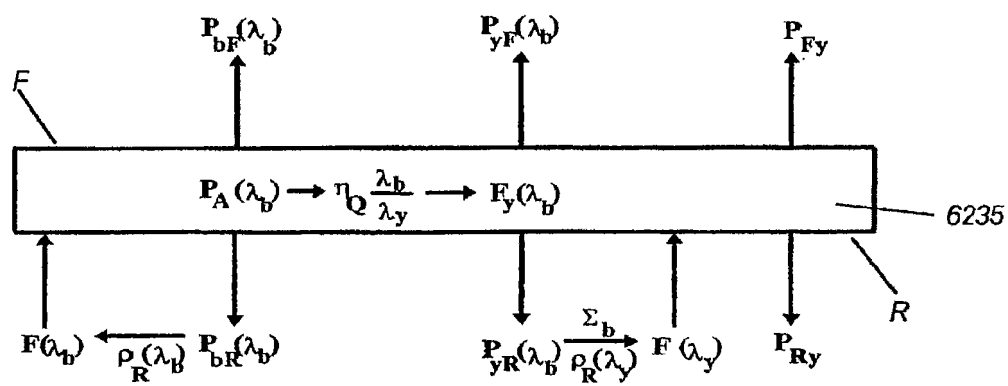


图 62B

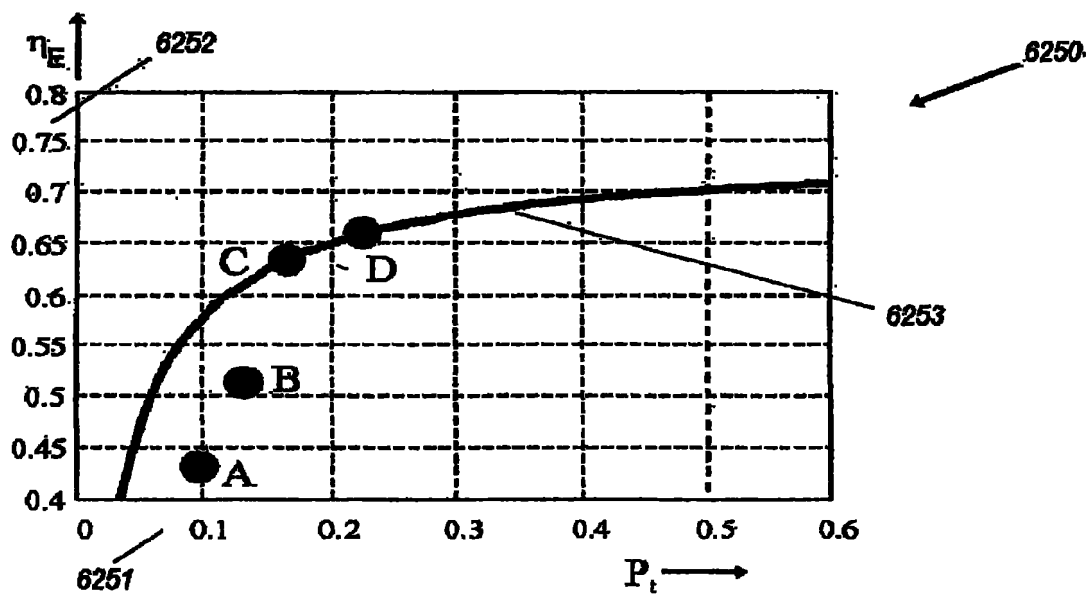


图 62C

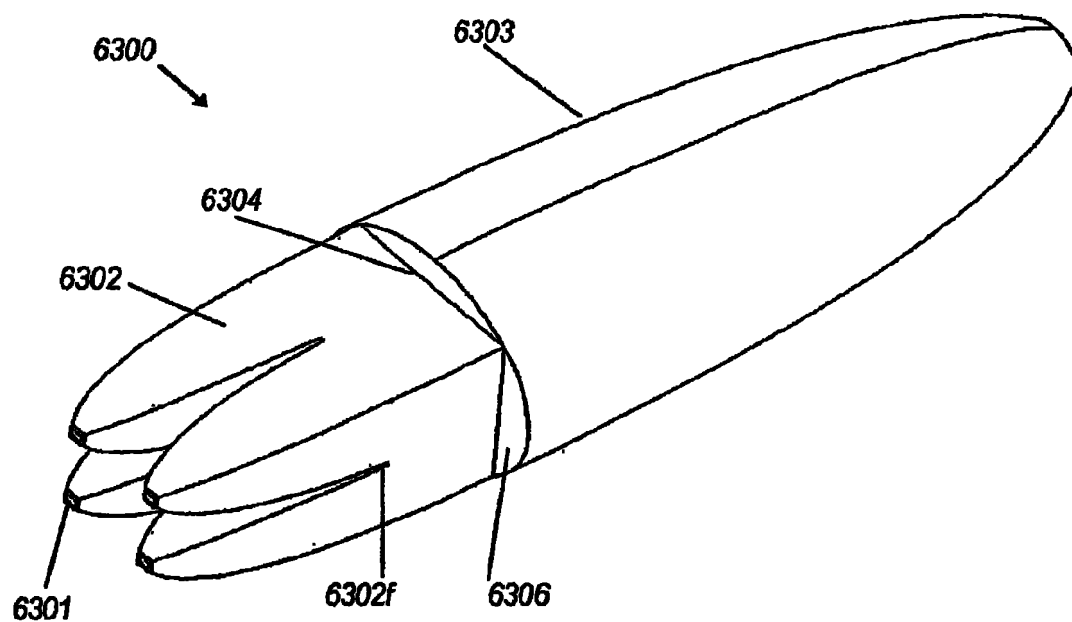


图 63A

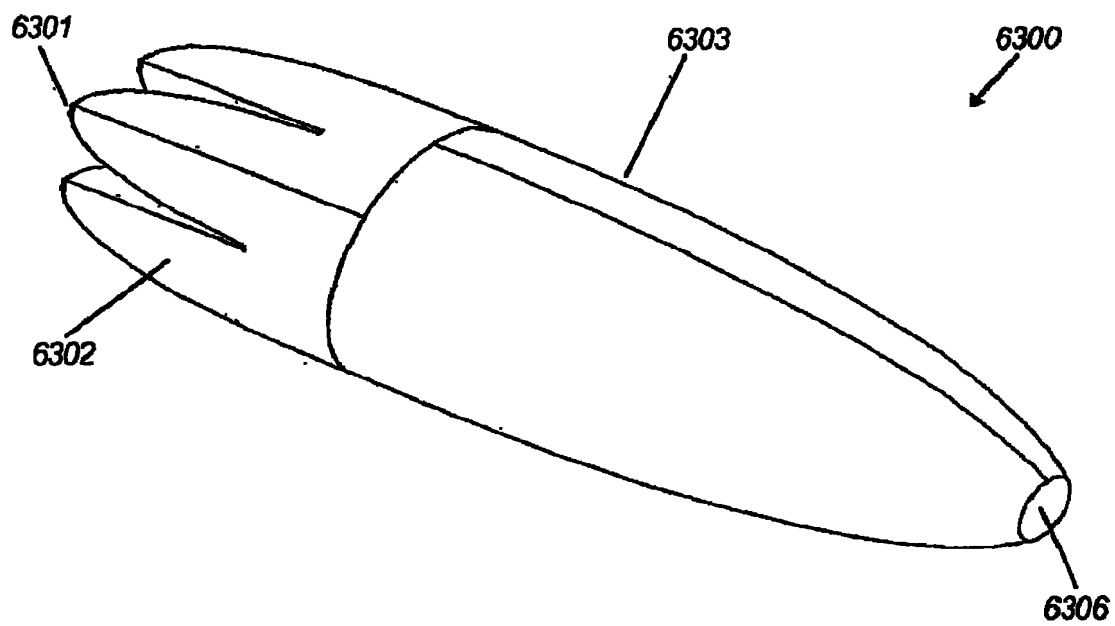


图 63B

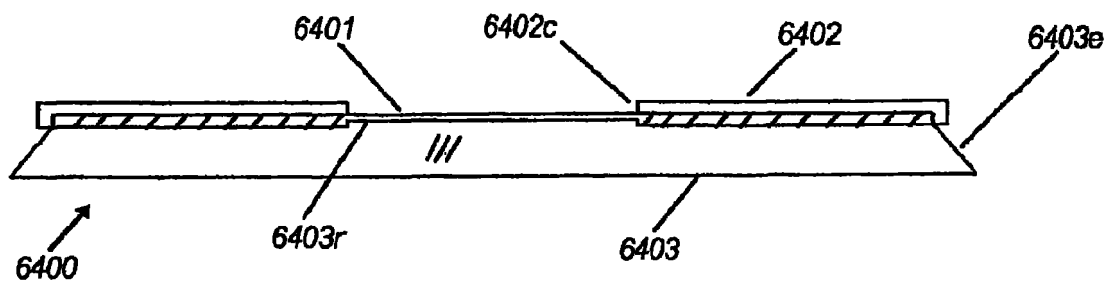


图 64A

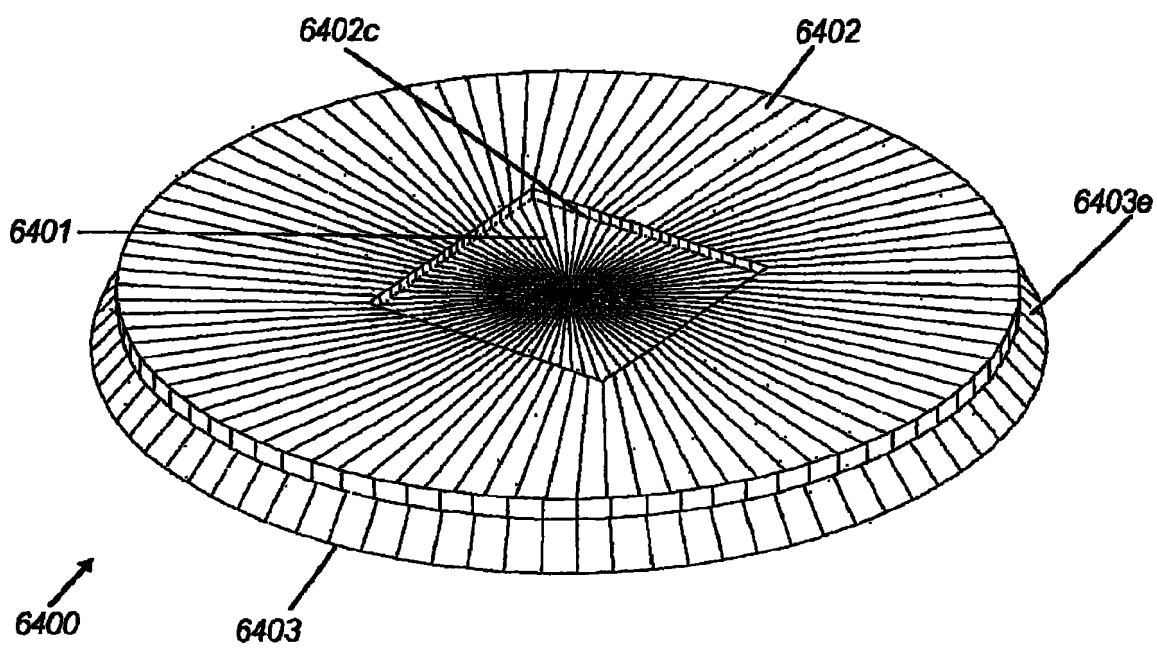


图 64B

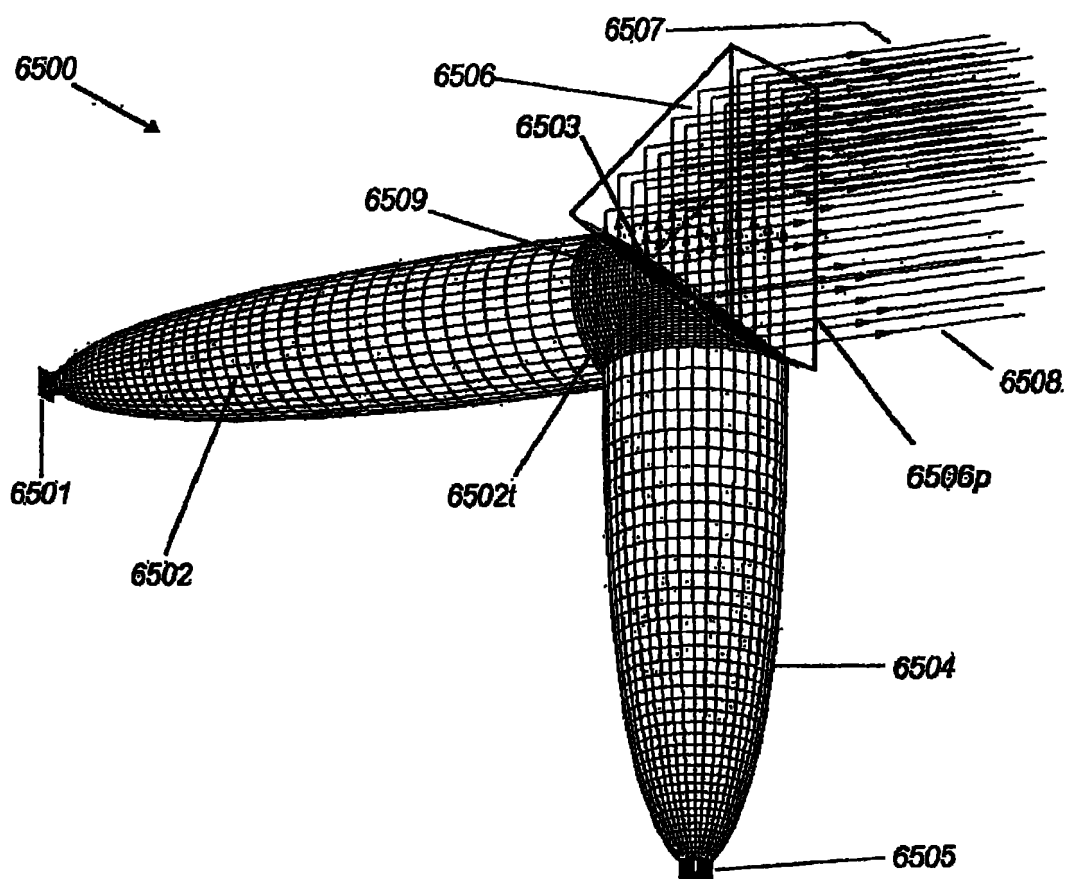


图 65A

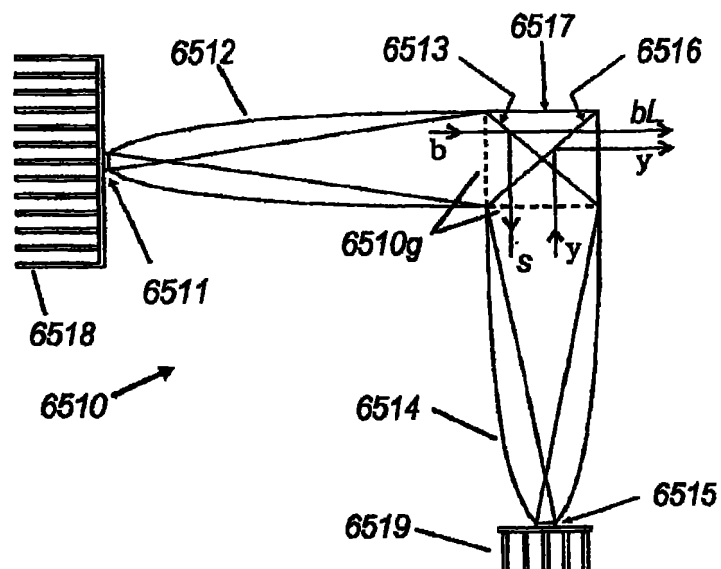


图 65B

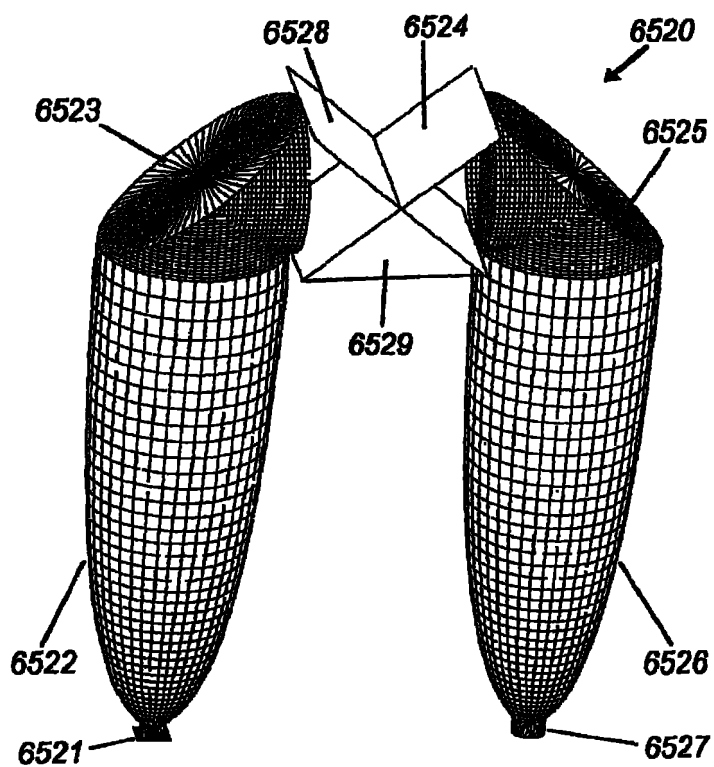


图 65C

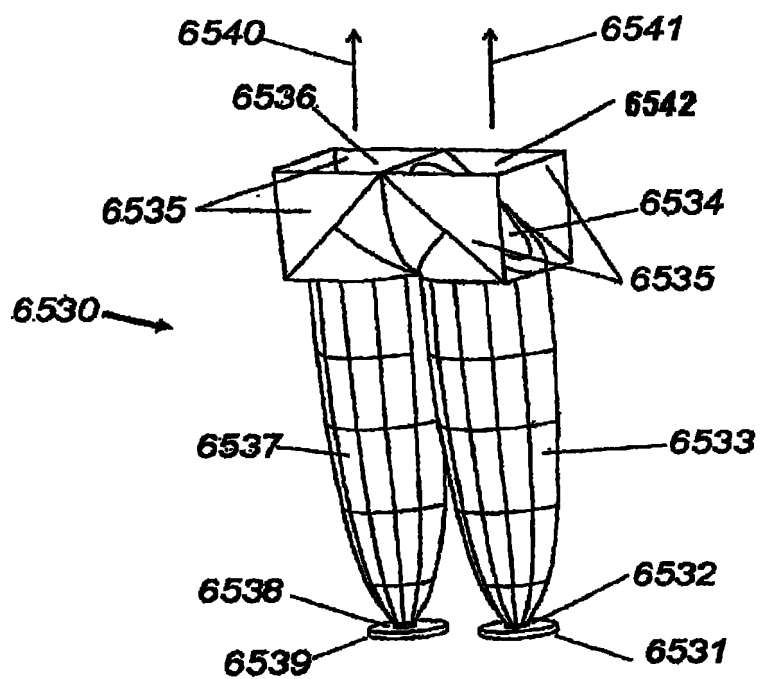


图 65D

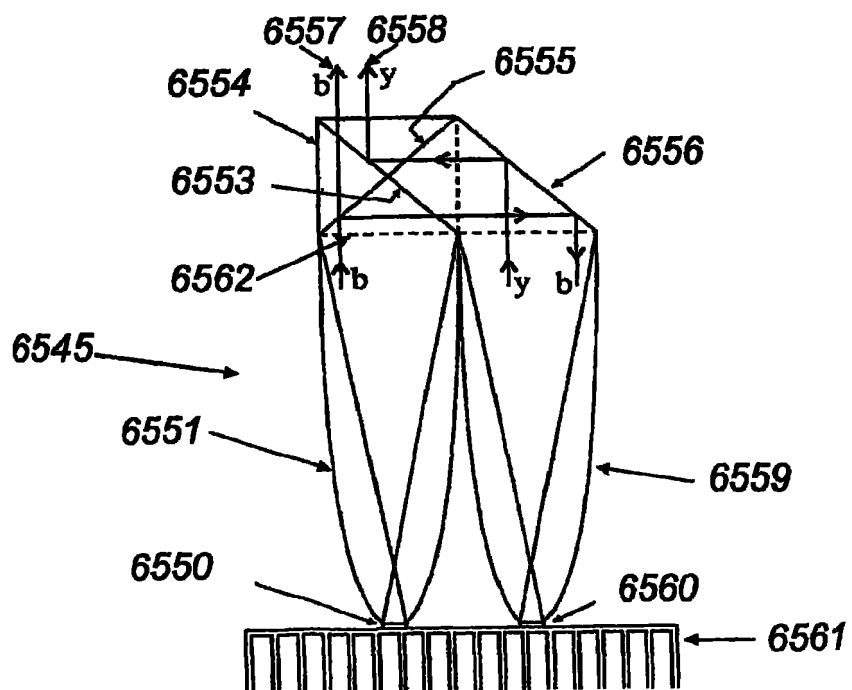


图 65E

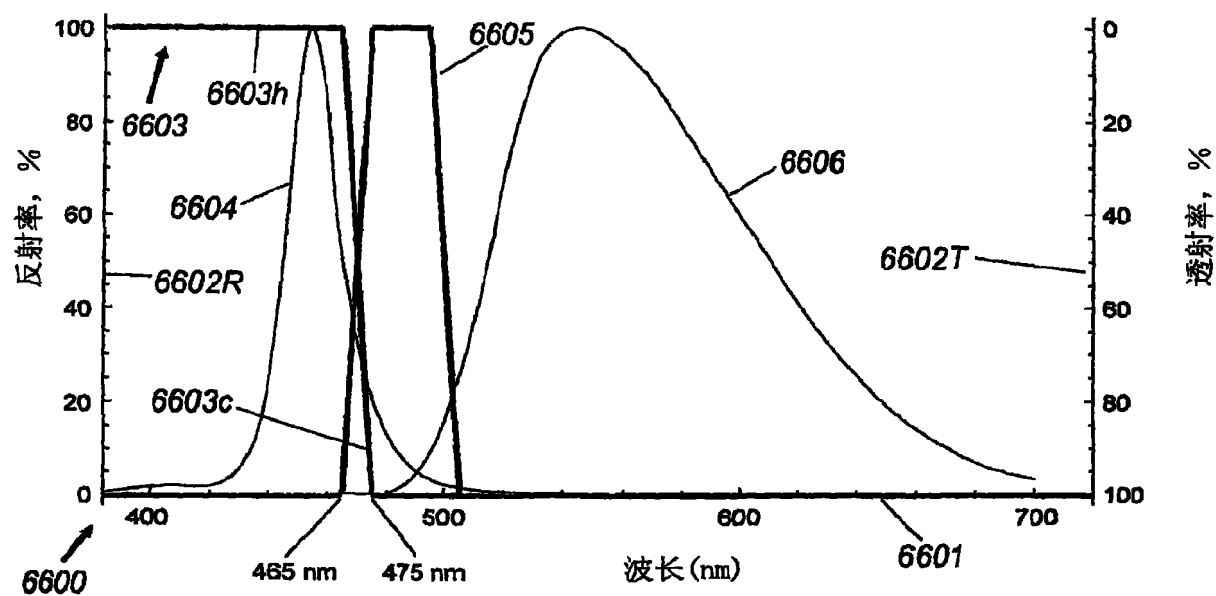


图 66A

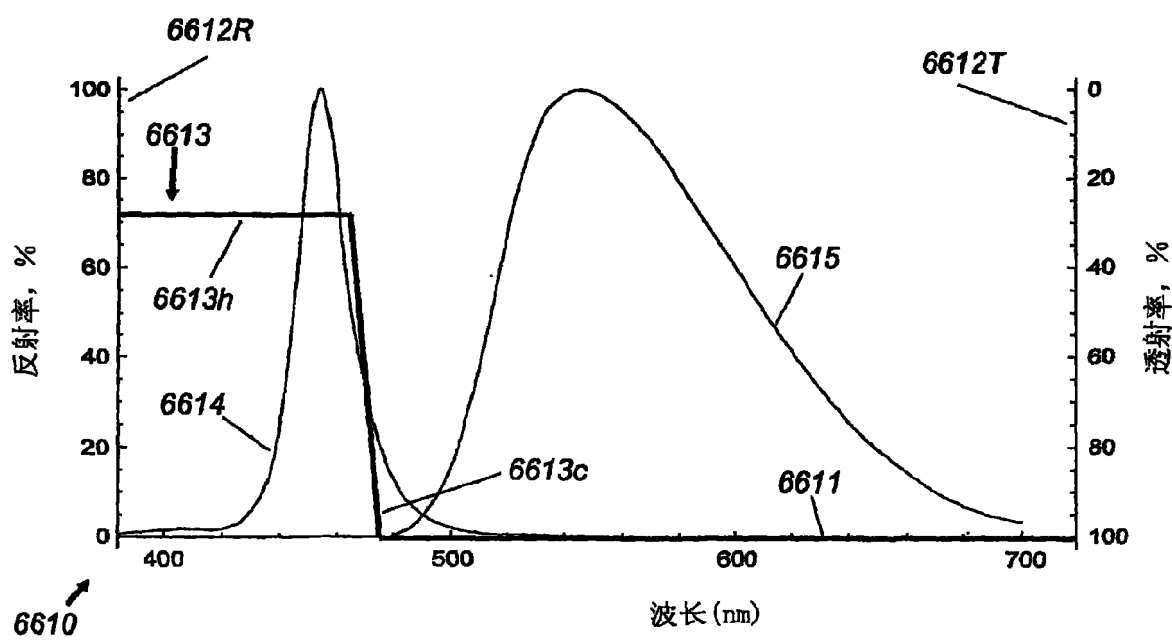


图 66B

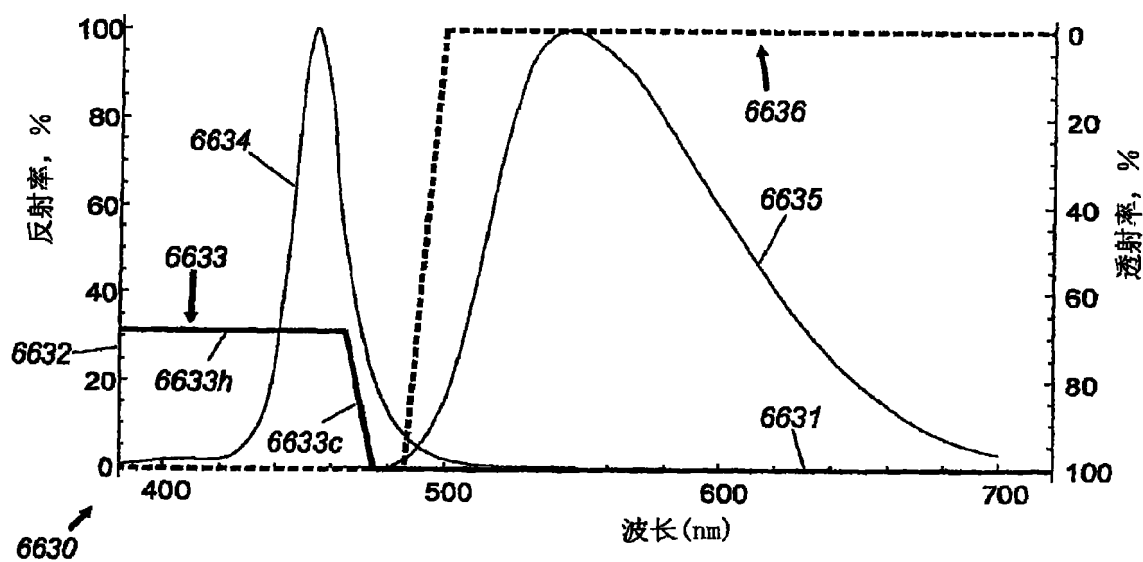


图 66C

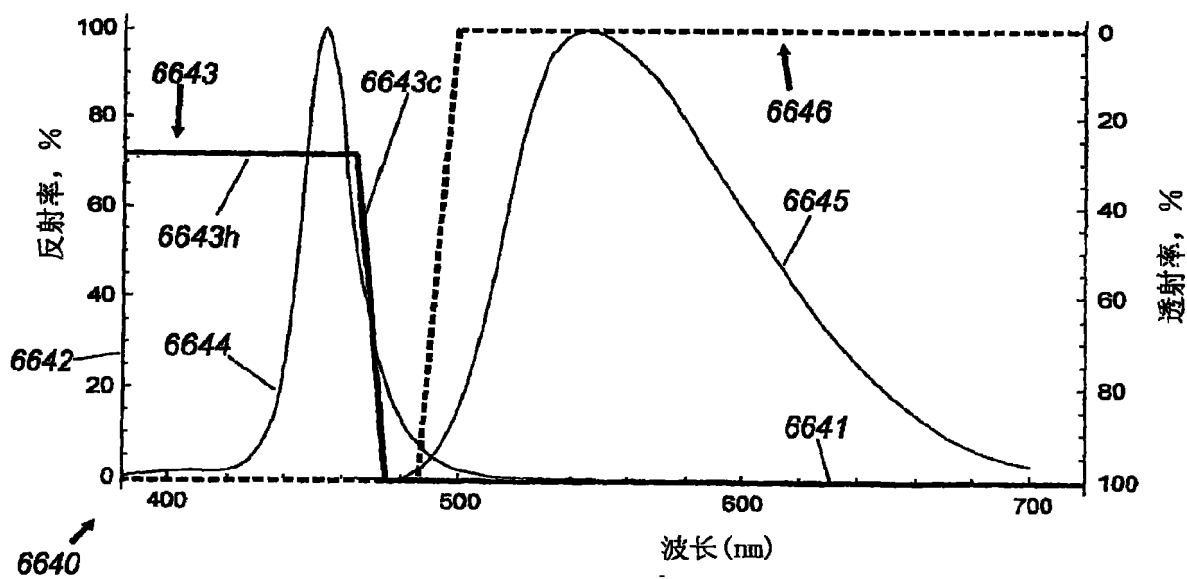


图 66D

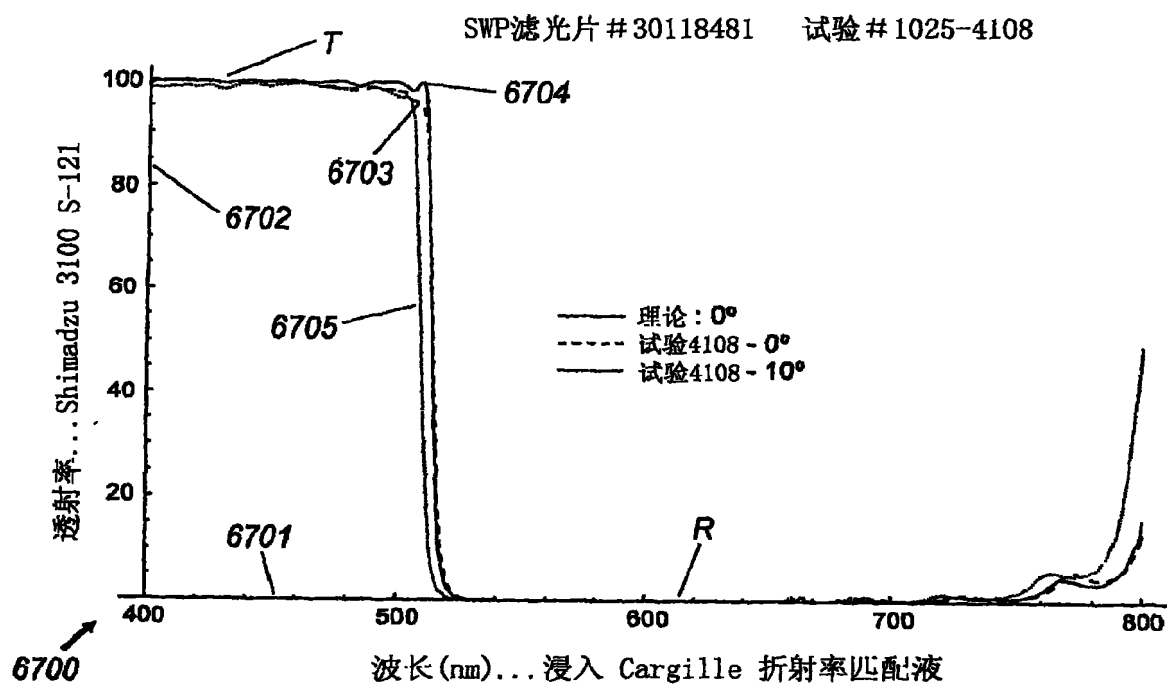


图 67

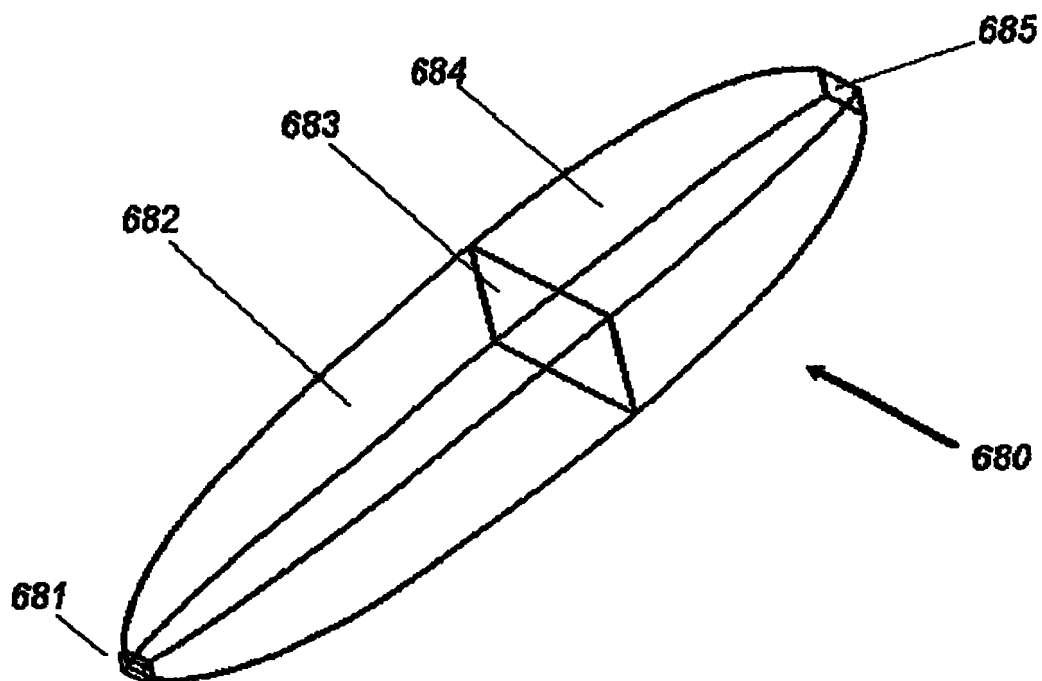


图 68A

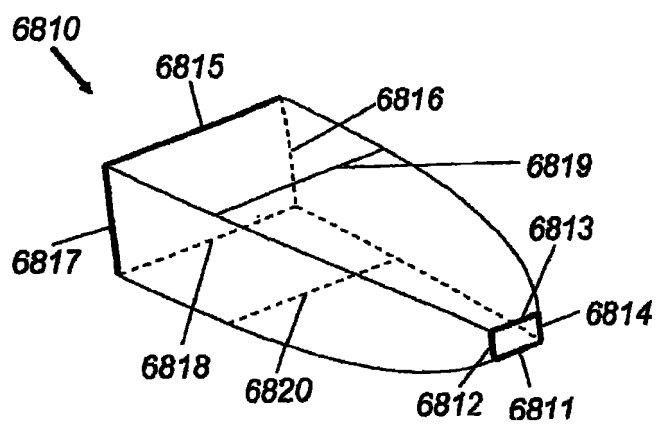


图 68B

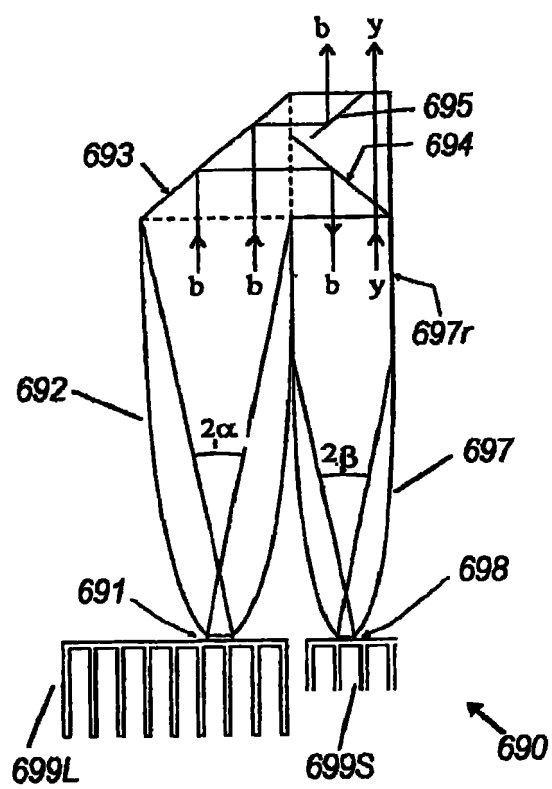


图 69A

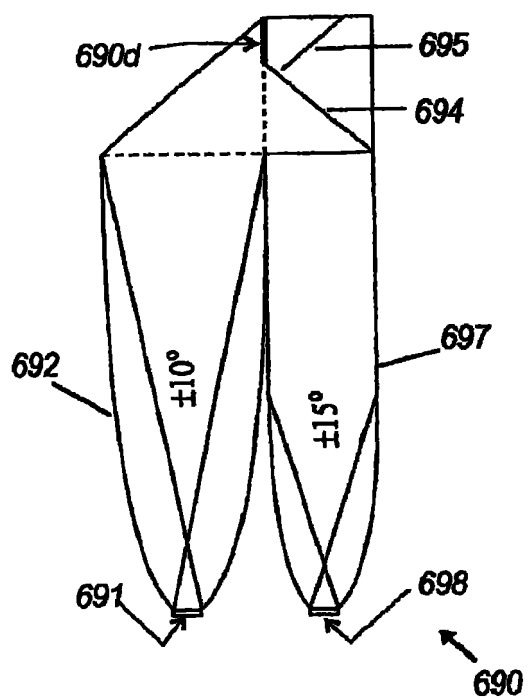


图 69B

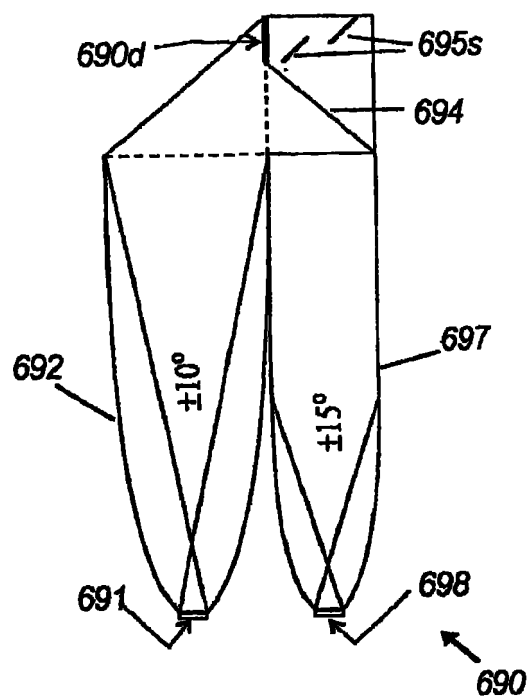


图 69C

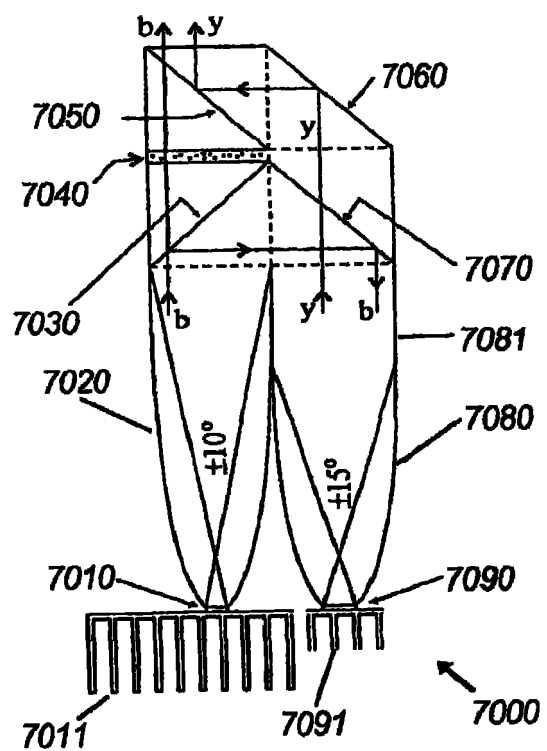


图 70

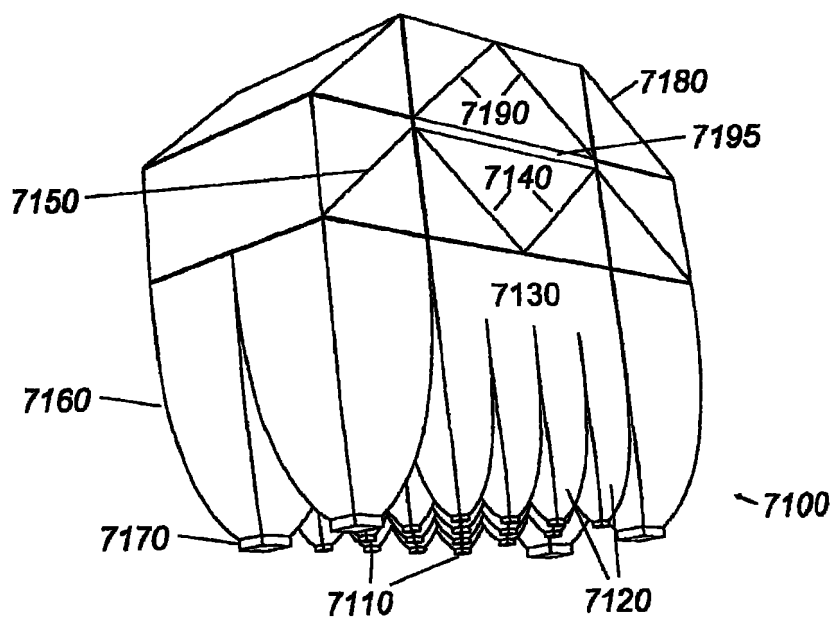


图 71

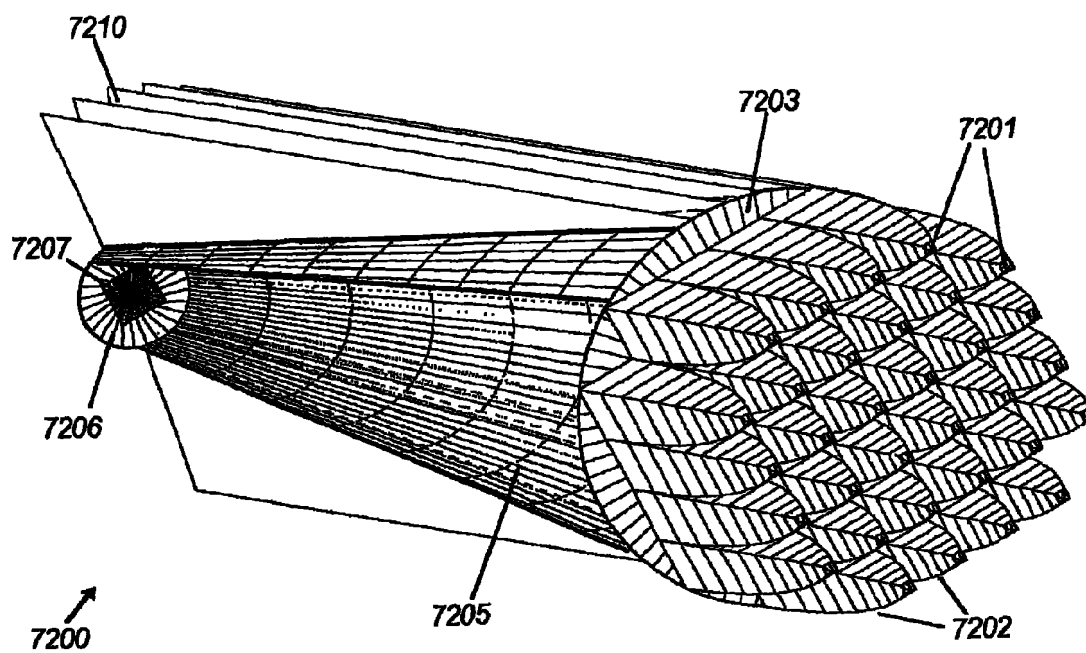


图 72A

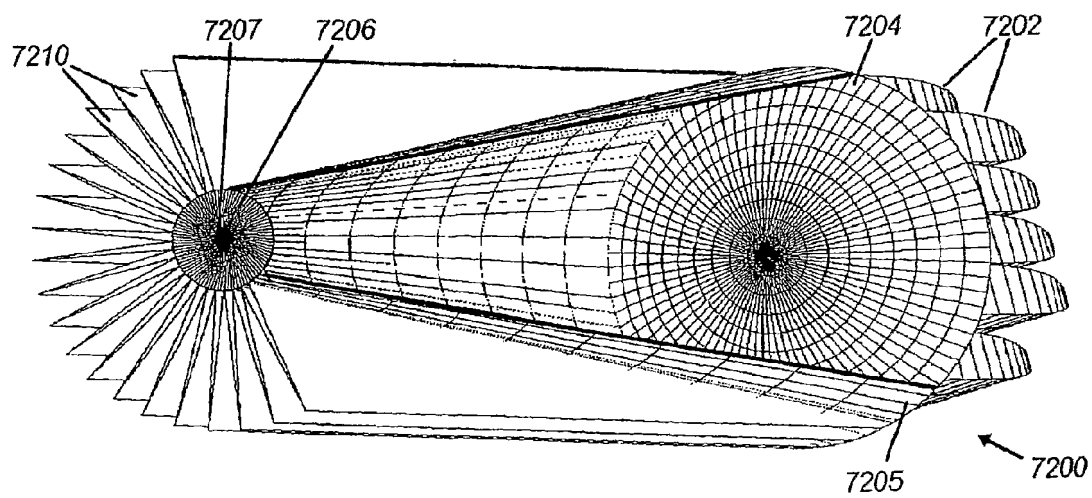


图 72B

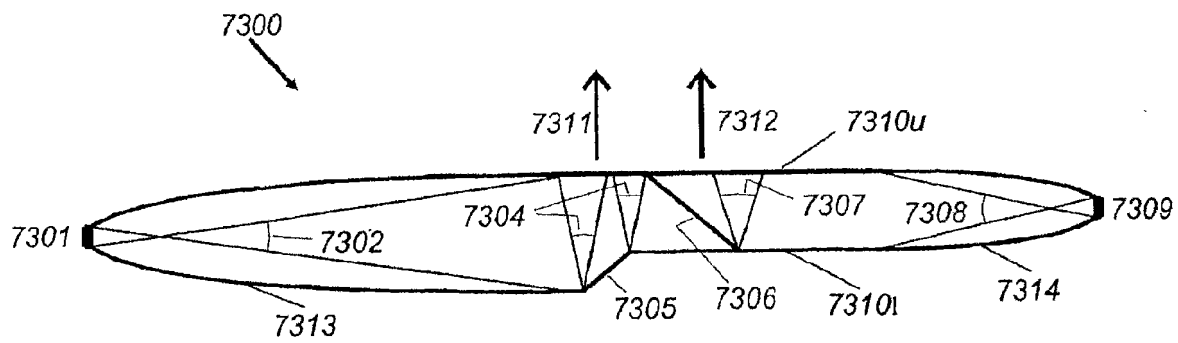


图 73A

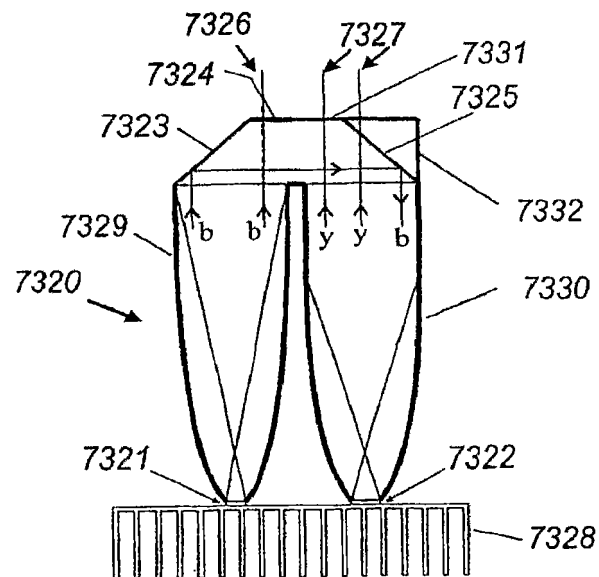


图 73B

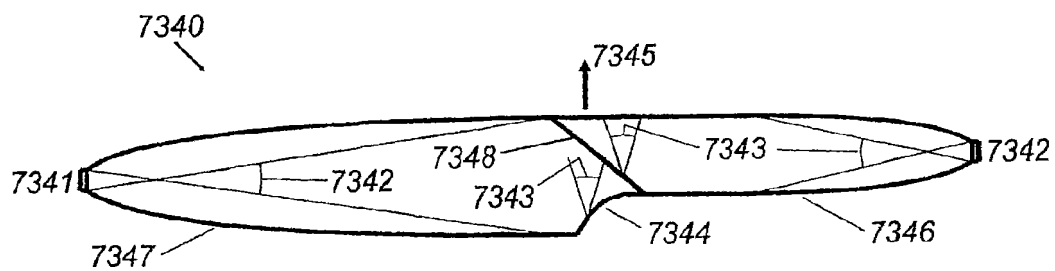


图 73C

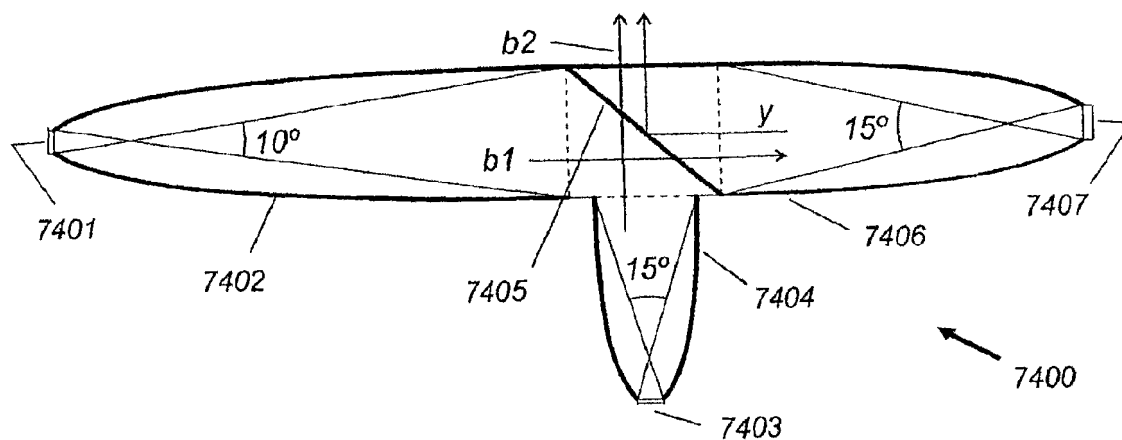


图 74

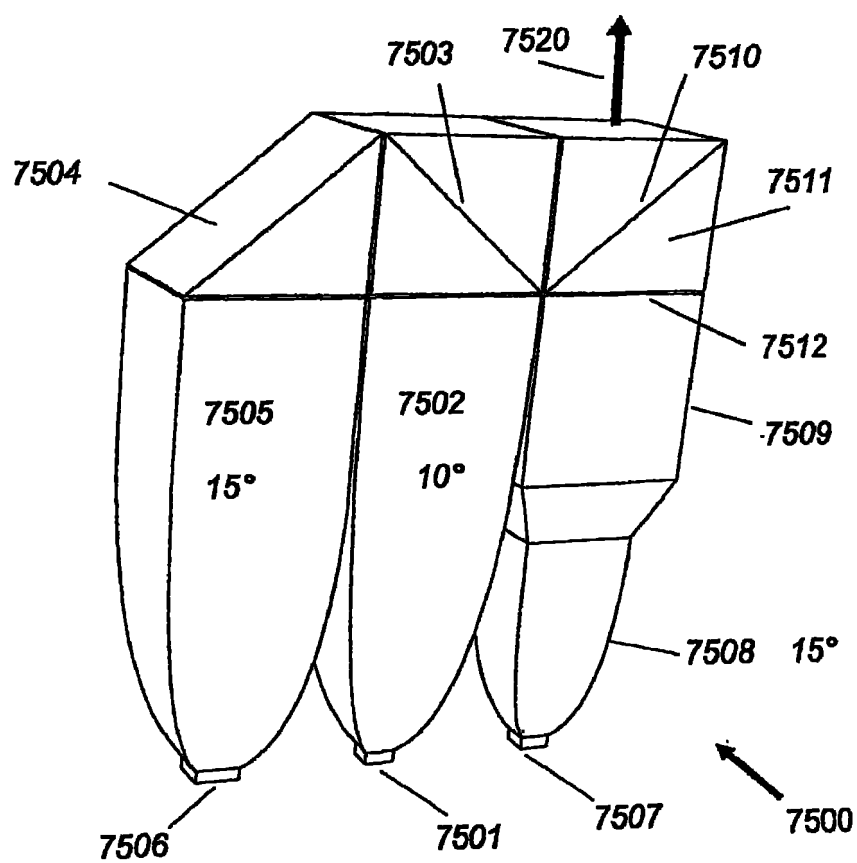


图 75

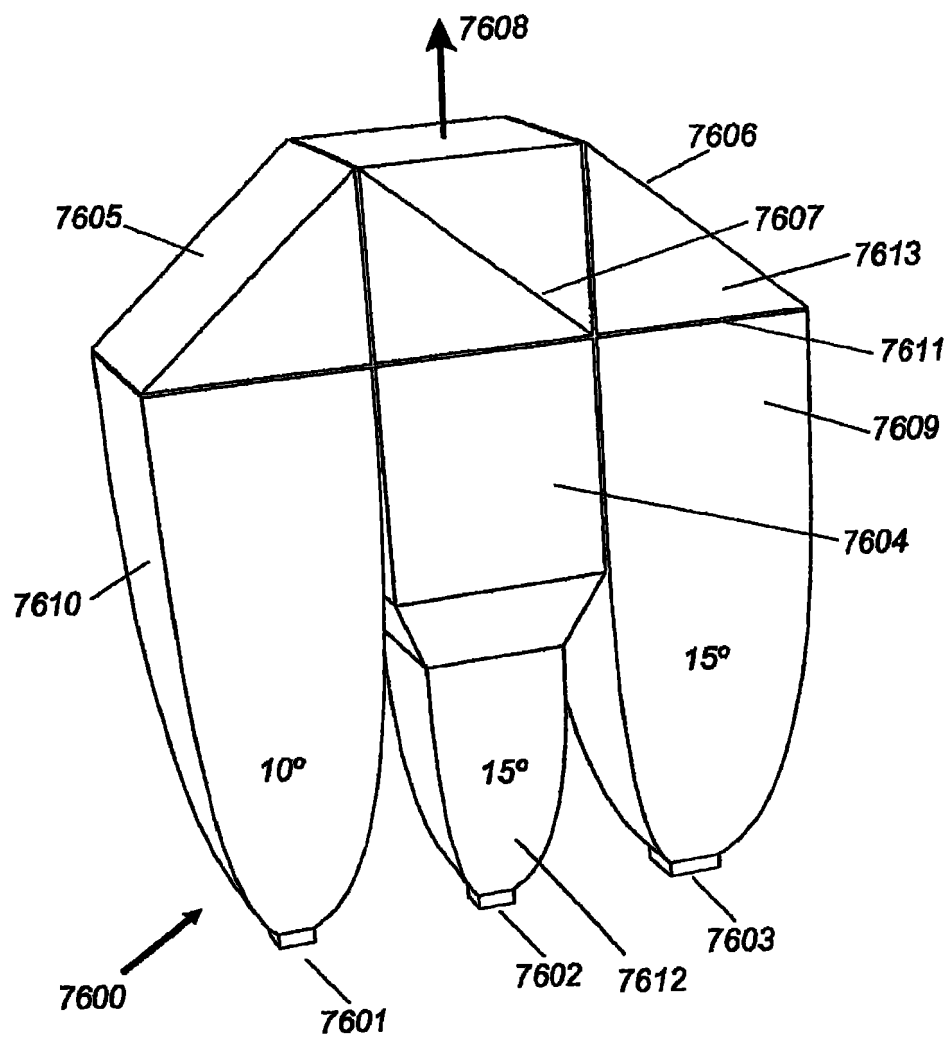


图 76

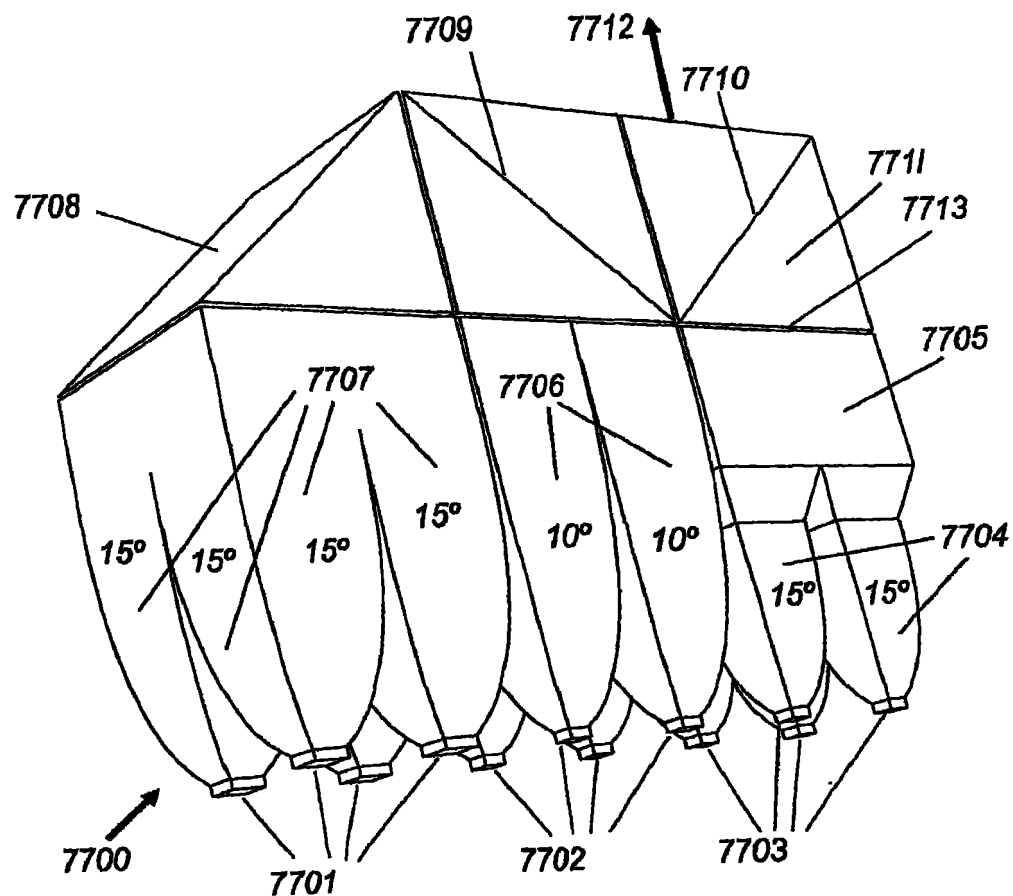


图 77

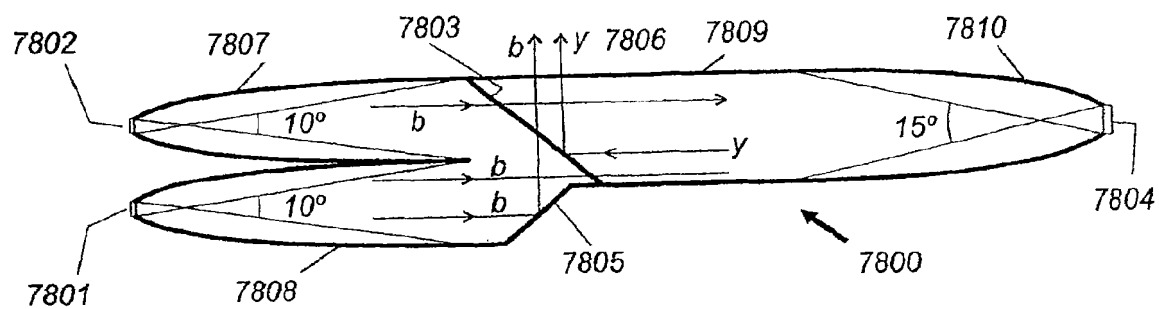


图 78

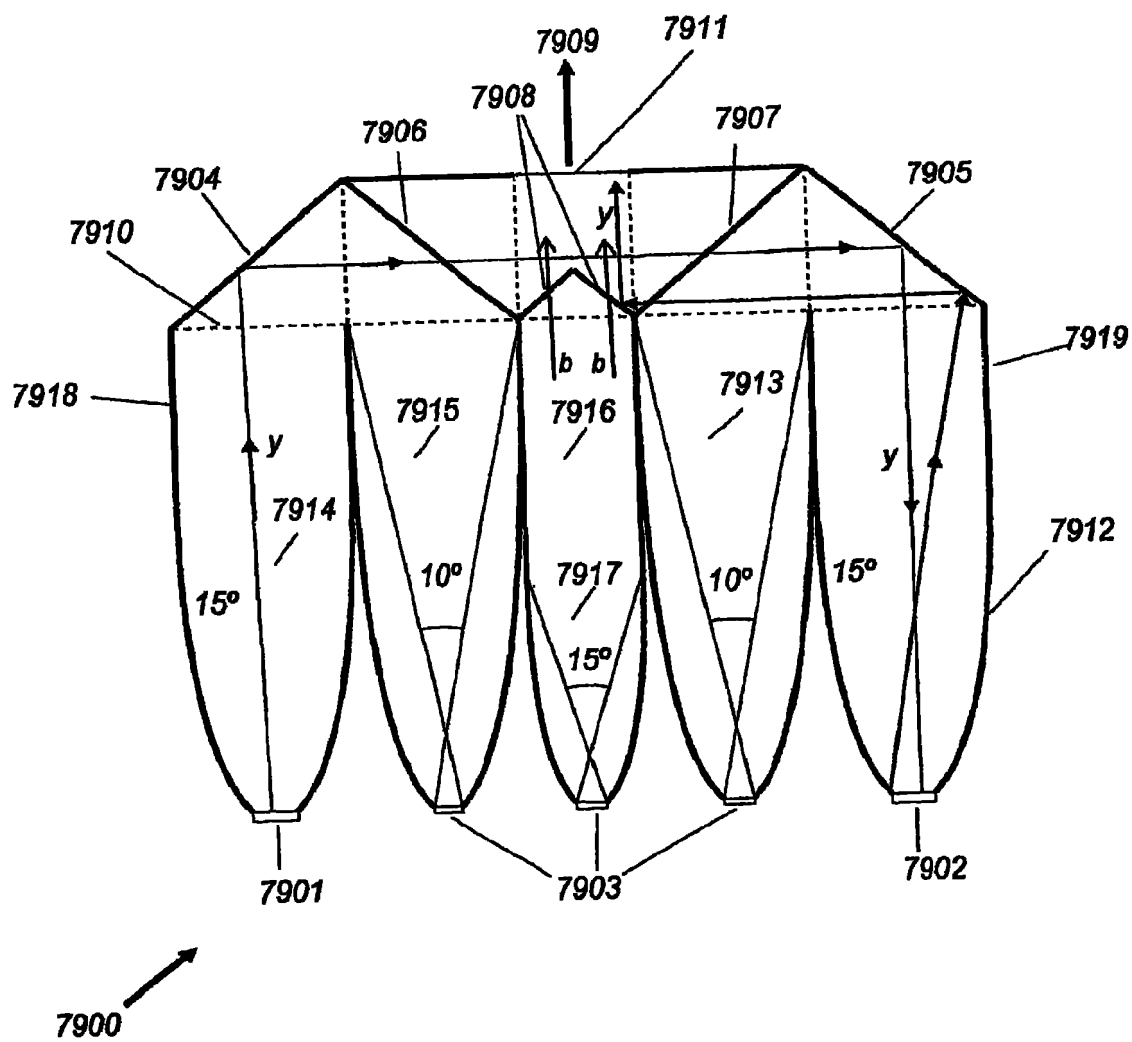


图 79

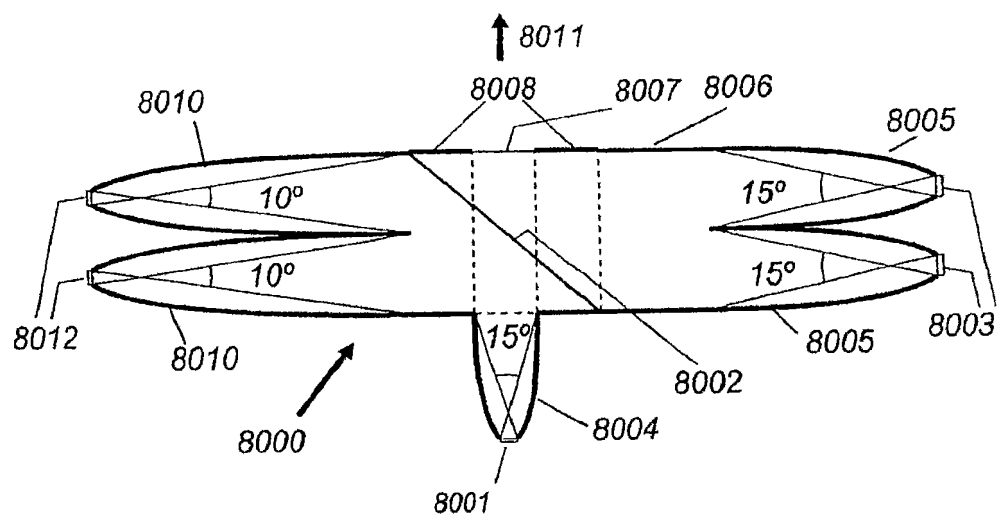


图 80