



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110383117 A

(43)申请公布日 2019.10.25

(21)申请号 201880007318.9

(22)申请日 2018.01.26

(30)优先权数据

62/499,423 2017.01.26 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2019.07.17

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2018/015553 2018.01.26

(87)PCT国际申请的公布数据

W02018/102834 EN 2018.06.07

(71)申请人 迪吉伦斯公司

地址 美国加利福尼亚

(72)发明人 J·D·沃德恩 A·J·格兰特

M·M·波波维奇

(74)专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所 11038

代理人 汪晶晶

(51)Int.Cl.

G02B 5/18(2006.01)

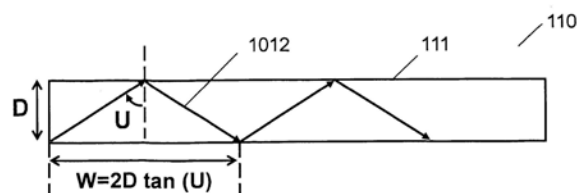
权利要求书6页 说明书24页 附图17页

(54)发明名称

具有均匀的输出照明的波导设备

(57)摘要

描述了波导设备的各种实施例。能够将去条带化光学器件结合到波导设备中,这能够帮助提供均匀的输出照明。因此,各种波导设备能够输出基本上平坦的照明分布,从而消除或减轻条带化效应。



1. 一种波导设备,包括:
至少一个光学基板;
至少一个光源;
至少一个光耦合器,能够将具有角度带宽的来自光源的入射光耦合到所述至少一个光学基板内的全内反射TIR中,使得由在输入光栅处确定的每个光入射角度限定独特的TIR角度;
至少一个光提取器,用于从光学基板提取光;以及
去条带化光学器件,能够减轻被照射的光瞳的条带化效应,使得提取的光是具有减轻的条带化的基本平坦的照明分布。
2. 如权利要求1所述的波导设备,其中提取的光具有小于10%的空间不均匀性。
3. 如权利要求1所述的波导设备,其中提取的光具有小于20%的空间不均匀性。
4. 如权利要求1所述的波导设备,其中去条带化光学器件是有效输入孔径,使得:当光学基板具有厚度D时,输入孔径被配置为在光学基板中提供TIR角度U,并且角度U由 $2D \tan(U)$ 计算。
5. 如权利要求4所述的波导设备,其中去条带化光学器件提供光的衍射效率、光学透射、偏振或双折射中的至少一个的沿着TIR路径的空间变化。
6. 如权利要求1所述的波导设备,其中去条带化光学器件是选自至少一个输入光栅和至少一个输出光栅的至少一个光栅,并且其中所选择的至少一个光栅被配置为具有多个光栅,使得每个光栅提供小的光瞳偏移以减轻条带化。
7. 如权利要求1所述的波导设备,其中去条带化光学器件是选自至少一个输入光栅和至少一个输出光栅的至少一个光栅,并且其中所选择的至少一个光栅被配置为堆叠的可切换光栅,所述堆叠的可切换光栅在施加电压时接通,从而偏移光瞳以减轻条带化效应。
8. 如权利要求1所述的波导设备,其中去条带化光学器件是选自至少一个输入光栅和至少一个输出光栅的至少一个光栅,并且其中所选择的至少一个光栅被配置为可切换光栅元件的阵列,所述可切换光栅元件的阵列能够在施加电压时接通具体元件,从而偏移光瞳以减轻条带化效应。
9. 如权利要求8所述的波导设备,其中所选择的至少一个光栅具有多个全反的K向量。
10. 如权利要求1所述的波导设备,其中去条带化光学器件是选自至少一个输入光栅和至少一个输出光栅的至少一个光栅,并且其中所选择的至少一个光栅被配置为多个无源光栅层,所述无源光栅层被配置为偏移光瞳以减轻条带化效应。
11. 如权利要求1所述的波导设备,其中去条带化光学器件是部署在光学基板内的一个或多个折射率层,使得所述一个或多个折射率层根据射线角度或射线位置中的至少一个来影响光学基板内的光射线路径,从而偏移光瞳以减轻条带化效应。
12. 如权利要求11所述的波导设备,其中所述一个或多个折射率层中的至少一个折射率层是梯度折射率GRIN介质。
13. 如权利要求1所述的波导设备,还包括在光学基板的边缘的至少一部分上的至少一个反射表面,并且其中去条带化光学器件是与所述至少一个反射表面相邻部署的一个或多个折射率层,使得所述一个或多个折射率层被配置为偏移光瞳以减轻条带化效应。
14. 如权利要求1所述的波导设备,其中去条带化光学器件是部署在光学基板内的一个

或多个折射率层,使得所述一个或多个折射率层被配置为偏移光瞳以减轻条带化效应。

15. 如权利要求1所述的波导设备,其中去条带化光学器件是具有前缘的输入光栅,能够耦合入射光,使得:对于任何给定的入射光方向,由输入光栅提供光的射线束相对于输入光栅的前缘的独特位移,从而偏移光瞳以减轻条带化效应。

16. 如权利要求1所述的波导设备,其中去条带化光学器件是被配置为具有衍射效率的变化的输入光栅,使得:入射光的多个准直入射射线路径如由射线路径输入角度确定的被衍射到不同的TIR射线路径中,使得对于所述多个准直入射射线路径中的每一个,投影的光瞳能够在光学基板内的独特位置处形成,以减轻条带化效应。

17. 如权利要求16所述的波导设备,其中衍射效率的变化沿着主波导方向变化。

18. 如权利要求16所述的波导设备,其中衍射效率的变化在输入光栅的孔径上在两个维度上变化。

19. 如权利要求1所述的波导设备,其中去条带化光学器件是部署在光学基板内的部分反射层,使得部分反射层将入射光分离成透射光和反射光,从而偏移光瞳以减轻条带化效应。

20. 如权利要求1所述的波导设备,其中去条带化光学器件是部署在光学基板内的偏振修改层,使得偏振修改层将入射光分离成透射光和反射光,从而偏移光瞳以减轻条带化效应。

21. 如权利要求1所述的波导设备,其中去条带化光学器件是选自至少一个输入光栅和至少一个输出光栅的至少一个光栅,并且其中所选择的至少一个光栅被配置为提供至少两条分离的波导路径,其对于任何入射光角度消除提取的光的光不均匀性,从而减轻条带化效应。

22. 如权利要求21所述的波导设备,其中所选择的光栅具有与至少一个折叠光栅出射光瞳扩展器结合使用的交叉倾斜光栅。

23. 如权利要求1所述的波导设备,其中去条带化光学器件是微型显示器内提供可变的有效数值孔径NA的光学部件,该有效数值孔径能够沿着至少一个方向空间上变化,从而偏移光瞳以减轻条带化效应。

24. 如权利要求1所述的波导设备,其中去条带化光学器件是在或者至少一个输入光栅或者至少一个输出光栅中的至少一个光栅内的多个光栅层,使得所述多个光栅层被配置为抹去任何固定的图案噪声,从而导致光瞳的偏移以减轻条带化效应。

25. 如权利要求1所述的波导设备,其中去条带化光学器件是被配置为选择性可切换元件的阵列的输入光栅,使得将输入光栅配置为切换光栅阵列,在垂直和水平方向上提供光瞳切换,从而偏移光瞳以减轻条带化效应。

26. 如权利要求1所述的波导设备,其中去条带化光学器件是多个折射率层,其提供衍射效率、光学透射、偏振和双折射中的至少一个的沿着每条TIR路径的空间变化,以根据基板内的射线角度或射线位置中的至少一个影响波导基板内的射线路径,从而导致光瞳的偏移以减轻条带化效应。

27. 如权利要求26所述的波导设备,其中所述多个折射率层结合不同折射率的粘合剂。

28. 如权利要求26所述的波导设备,其中所述多个折射率层结合选自包括对准层、各向同性折射层、GRIN结构、抗反射层、部分反射层和双折射拉伸聚合物层的组的层。

29. 如权利要求1所述的波导设备,其中去条带化光学器件是投影空间上变化的数值孔径的微型显示器,所述空间上变化的数值孔径偏移光瞳以减轻条带化效应。

30. 如权利要求1所述的波导设备,其中去条带化光学器件是倾斜的微型显示器,其被配置为投影倾斜的矩形出射光瞳,使得出射光瞳的横截面随场角变化,使得减轻条带化效应。

31. 如权利要求1所述的波导设备,其中去条带化光学器件是倾斜的微型显示器,其被配置为使光射线成角度以针对每个入射光角度在沿着光学基板的不同位置处形成各种投影光瞳,使得沿着一个扩展轴减轻条带化效应。

32. 如权利要求1所述的波导设备,其中光学基板具有厚度D,并且其中去条带化光学器件是耦合到光学基板的棱镜,使得来自光源的出射光瞳的角度与光学基板中的TIR角度之间的线性关系导致沿着TIR射线路径的相继光提取之间没有间隙,这在TIR路径角度是由 $2D \tan(U)$ 限定的U时发生。

33. 如权利要求1所述的波导设备,其中去条带化光学器件是与光学基板的边缘相邻的光吸收膜,使得入射光的否则会产生条带化的部分被移除,从而减轻条带化效应。

34. 如权利要求1所述的波导设备,其中光学基板具有厚度D,并且其中去条带化光学器件是与包含输入光栅并与光学基板相邻部署的输入基板的边缘相邻部署的第一光吸收膜以及与和输入基板相对地与光学基板相邻附连的第二基板的边缘相邻部署的第二光吸收膜,使得在TIR路径角度是由 $2D \tan(U)$ 限定的U时发生入射光导致沿着TIR射线路径的相继光提取之间没有间隙。

35. 如权利要求34所述的波导设备,其中光学基板的厚度为3.4mm,第二基板的厚度为0.5mm,并且输入基板包含夹着输入光栅的两个0.5mm厚的玻璃基板。

36. 如权利要求1所述的波导设备,其中去条带化光学器件是输入光栅,其被配置为使得光在任何给定的入射光方向上相对于输入光栅的边缘具有独特的位移,以偏移光瞳,从而消除或减轻条带化效应。

37. 如权利要求1所述的波导设备,其中该设备被集成到选自头戴式显示器HMD和平视显示器HUD的组的显示器中。

38. 如权利要求37所述的波导设备,其中用显示器的出射光瞳定位人眼。

39. 如权利要求37所述的波导设备,其中该设备结合眼动仪。

40. 如权利要求1所述的波导设备,还包括输入图像生成器,所述输入图像生成器进一步包括光源、微型显示器面板和用于准直光的光学器件。

41. 如权利要求1所述的波导设备,其中光源是至少一个激光器。

42. 如权利要求1所述的波导设备,其中光源是至少一个发光二极管LED。

43. 如权利要求1所述的波导设备,其中光耦合器是输入光栅。

44. 如权利要求1所述的波导设备,其中光耦合器是棱镜。

45. 如权利要求1所述的波导设备,其中光提取器是输入光栅。

46. 一种彩色波导设备,包括:

至少两个光学基板,彼此堆叠;

至少一个光源;

至少一个光耦合器,能够将具有角度带宽的来自光源的入射光耦合到所述至少一个光

学基板内的全内反射TIR中,使得由在输入光栅处确定的每个光入射角度限定独特的TIR角度;

至少一个光提取器,用于从光学基板提取光;以及

至少两个输入光阑,每个输入光阑在不同的光学基板内,每个光学基板在不同的平面中,并且每个输入光阑包括外部二向色部分以偏移光瞳并减轻彩色条带化。

47.如权利要求46所述的彩色波导设备,其中每个输入光阑还包括内部相位补偿涂层以补偿相移。

48.如权利要求47所述的彩色波导设备,其中补偿涂层包括SiO₂。

49.一种减轻波导设备的输出照明中的条带化的方法,包括:

从光源产生入射光;

使入射光通过光耦合器,以将入射光耦合到光学基板中,使得耦合光在光学基板内经历全内反射TIR;以及

经由光提取器从光学基板提取TIR光以产生输出照明;

其中光通过波导设备的去条带化光学器件,使得去条带化光学器件减轻输出照明的条带化效应。

50.如权利要求49所述的方法,其中输出照明具有小于10%的空间不均匀性。

51.如权利要求49所述的方法,其中输出照明具有小于20%的空间不均匀性。

52.如权利要求49所述的方法,其中去条带化光学器件是有效输入孔径,使得:当光学基板具有厚度D时,输入孔径被配置为在光学基板中提供TIR角度U,并且角度U由 $2D \tan(U)$ 计算。

53.如权利要求52所述的方法,其中去条带化光学器件提供光的衍射效率、光学透射、偏振或双折射中的至少一个的沿着TIR路径的空间变化。

54.如权利要求49所述的方法,其中去条带化光学器件是选自至少一个输入光栅和至少一个输出光栅的至少一个光栅,并且其中所选择的至少一个光栅被配置为具有多个光栅,使得每个光栅提供小的光瞳偏移以减轻条带化。

55.如权利要求49所述的方法,其中去条带化光学器件是选自至少一个输入光栅和至少一个输出光栅的至少一个光栅,并且其中所选择的至少一个光栅被配置为堆叠的可切换光栅,所述堆叠的可切换光栅在施加电压时接通,从而偏移光瞳以减轻条带化效应。

56.如权利要求49所述的方法,其中去条带化光学器件是选自至少一个输入光栅和至少一个输出光栅的至少一个光栅,并且其中所选择的至少一个光栅被配置为可切换光栅元件的阵列,所述可切换光栅元件的阵列能够在施加电压时接通具体元件,从而偏移光瞳以减轻条带化效应。

57.如权利要求56所述的方法,其中所选择的至少一个光栅具有多个全反的K向量。

58.如权利要求49所述的方法,其中去条带化光学器件是选自至少一个输入光栅和至少一个输出光栅的至少一个光栅,并且其中所选择的至少一个光栅被配置为多个无源光栅层,所述无源光栅层被配置为偏移光瞳以减轻条带化效应。

59.如权利要求49所述的方法,其中去条带化光学器件是部署在光学基板内的一个或多个折射率层,使得所述一个或多个折射率层根据射线角度或射线位置中的至少一个来影响光学基板内的光射线路径,从而偏移光瞳以减轻条带化效应。

60. 如权利要求59所述的方法,其中所述一个或多个折射率层中的至少一个折射率层是梯度折射率GRIN介质。

61. 如权利要求49所述的方法,其中波导设备还包括在光学基板的边缘的至少一部分上的至少一个反射表面,并且其中去条带化光学器件是与所述至少一个反射表面相邻部署的一个或多个折射率层,使得所述一个或多个折射率层被配置为偏移光瞳以减轻条带化效应。

62. 如权利要求49所述的方法,其中去条带化光学器件是部署在光学基板内的一个或多个折射率层,使得所述一个或多个折射率层被配置为偏移光瞳以减轻条带化效应。

63. 如权利要求49所述的方法,其中去条带化光学器件是具有前缘的输入光栅,能够耦合入射光,使得:对于任何给定的入射光方向,由输入光栅提供光的射线束相对于输入光栅的前缘的独特位移,从而偏移光瞳以减轻条带化效应。

64. 如权利要求49所述的方法,其中去条带化光学器件是被配置为具有衍射效率的变化的输入光栅,使得:入射光的多个准直入射射线路径如由射线路径输入角度确定的被衍射到不同的TIR射线路径中,使得对于所述多个准直入射射线路径中的每一个,投影的光瞳能够在光学基板内的独特位置处形成,以减轻条带化效应。

65. 如权利要求64所述的方法,其中衍射效率的变化沿着主波导方向变化。

66. 如权利要求65所述的方法,其中衍射效率的变化在输入光栅的孔径上在两个维度上变化。

67. 如权利要求49所述的方法,其中去条带化光学器件是部署在光学基板内的部分反射层,使得部分反射层将入射光分离成透射光和反射光,从而偏移光瞳以减轻条带化效应。

68. 如权利要求49所述的方法,其中去条带化光学器件是部署在光学基板内的偏振修改层,使得偏振修改层将入射光分离成透射光和反射光,从而偏移光瞳以减轻条带化效应。

69. 如权利要求49所述的方法,其中去条带化光学器件是选自至少一个输入光栅和至少一个输出光栅的至少一个光栅,并且其中所选择的至少一个光栅被配置为提供至少两条分离的波导路径,其对于任何入射光角度消除提取的光的光不均匀性,从而减轻条带化效应。

70. 如权利要求69所述的方法,其中所选择的光栅具有与至少一个折叠光栅出射光瞳扩展器结合使用的交叉倾斜光栅。

71. 如权利要求49所述的方法,其中去条带化光学器件是微型显示器内提供可变的有效数值孔径NA的光学部件,该有效数值孔径能够沿着至少一个方向空间上变化,从而偏移光瞳以减轻条带化效应。

72. 如权利要求49所述的方法,其中去条带化光学器件是在或者至少一个输入光栅或者至少一个输出光栅中的至少一个光栅内的多个光栅层,使得所述多个光栅层被配置为抹去任何固定的图案噪声,从而导致光瞳的偏移以减轻条带化效应。

73. 如权利要求49所述的方法,其中去条带化光学器件是被配置为选择性可切换元件的阵列的输入光栅,使得将输入光栅配置为切换光栅阵列,在垂直和水平方向上提供光瞳切换,从而偏移光瞳以减轻条带化效应。

74. 如权利要求49所述的方法,其中去条带化光学器件是多个折射率层,其提供衍射效率、光学透射、偏振和双折射中的至少一个的沿着每条TIR路径的空间变化,以根据基板内

的射线角度或射线位置中的至少一个影响波导基板内的射线路径,从而导致光瞳的偏移以减轻条带化效应。

75. 如权利要求74所述的方法,其中所述多个折射率层结合不同折射率的粘合剂。

76. 如权利要求74所述的方法,其中所述多个折射率层结合选自包括对准层、各向同性折射层、GRIN结构、抗反射层、部分反射层和双折射拉伸聚合物层的组的层。

77. 如权利要求49所述的方法,其中去条带化光学器件是投影空间上变化的数值孔径的微型显示器,所述空间上变化的数值孔径偏移光瞳以减轻条带化效应。

78. 如权利要求49所述的方法,其中去条带化光学器件是倾斜的微型显示器,其被配置为投影倾斜的矩形出射光瞳,使得出射光瞳的横截面随场角变化,使得减轻条带化效应。

79. 如权利要求49所述的方法,其中去条带化光学器件是倾斜的微型显示器,其被配置为使光射线成角度以针对每个入射光角度在沿着光学基板的不同位置处形成各种投影光瞳,使得沿着一个扩展轴减轻条带化效应。

80. 如权利要求49所述的方法,其中光学基板具有厚度D,并且其中去条带化光学器件是耦合到光学基板的棱镜,使得来自光源的出射光瞳的角度与光学基板中的TIR角度之间的线性关系导致沿着TIR射线路径的相继光提取之间没有间隙,这在TIR路径角度是由 $2D \tan(U)$ 限定的U时发生。

81. 如权利要求49所述的方法,其中去条带化光学器件是与光学基板的边缘相邻的光吸收膜,使得入射光的否则会产生条带化的部分被移除,从而减轻条带化效应。

82. 如权利要求49所述的方法,其中光学基板具有厚度D,并且其中去条带化光学器件是与包含输入光栅并与光学基板相邻部署的输入基板的边缘相邻部署的第一光吸收膜以及和输入基板相对地与光学基板相邻附连的第二基板的边缘相邻部署的第二光吸收膜,使得在TIR路径角度是由 $2D \tan(U)$ 限定的U时发生入射光导致沿着TIR射线路径的相继光提取之间没有间隙。

83. 如权利要求82所述的方法,其中光学基板的厚度为3.4mm,第二基板的厚度为0.5mm,并且输入基板包含夹着输入光栅的两个0.5mm厚的玻璃基板。

84. 如权利要求49所述的方法,其中去条带化光学器件是输入光栅,其被配置为使得光在任何给定的入射光方向上相对于输入光栅的边缘具有独特的位移,以偏移光瞳,从而消除或减轻条带化效应。

85. 如权利要求49所述的方法,其中该方法由选自头戴式显示器HMD和平视显示器HUD的组的显示器执行。

86. 如权利要求85所述的方法,其中用显示器的出射光瞳定位人眼。

87. 如权利要求85所述的方法,其中显示器结合眼动仪。

88. 如权利要求49所述的方法,其中波导设备还包括输入图像生成器,所述输入图像生成器进一步包括光源、微型显示器面板和用于准直光的光学器件。

89. 如权利要求49所述的方法,其中光源是至少一个激光器。

90. 如权利要求49所述的方法,其中光源是至少一个发光二极管LED。

91. 如权利要求49所述的方法,其中光耦合器是输入光栅。

92. 如权利要求49所述的方法,其中光耦合器是棱镜。

93. 如权利要求49所述的方法,其中光提取器是输入光栅。

具有均匀的输出照明的波导设备

技术领域

[0001] 本公开涉及波导设备,更具体地涉及具有均匀输出照明的波导。

背景技术

[0002] 波导光学器件目前正被考虑用于一系列显示器和传感器应用,对此,波导设备将多个光学功能集成到薄、透明、轻质的基板中的能力是至关重要的。这种新做法刺激新产品的发展,包括用于增强现实 (AR) 和虚拟现实 (VR) 的近眼 (near-eye) 显示器、用于航空和公路运输的紧凑型平视显示器 (HUD) 以及用于生物测量和激光雷达 (LIDAR) 应用的传感器。

[0003] 波导设备提供许多在HMD和HUD中具有吸引力的特征。它们薄而透明。通过记录多个全息图并平铺由每个全息图形成的视场区域,能够获得宽视场。

发明内容

[0004] 若干实施例针对一种波导设备,该波导设备包括:至少一个光学基板、至少一个光源;至少一个光耦合器、至少一个光提取器、去条带化光学器件 (debanding optics)。该至少一个光耦合器能够将具有角度带宽的来自光源的入射光耦合到该至少一个光学基板内的全内反射 (TIR) 中,使得由在输入光栅处确定的每个光入射角度限定独特的TIR角度。该至少一个光提取器从光学基板提取光。去条带化光学器件能够减轻被照射的光瞳 (pupil) 的条带化效应,使得提取的光是具有减轻的条带化的基本平坦的照明分布。

[0005] 在更多实施例中,提取的光具有小于10%的空间不均匀性。

[0006] 在进一步的实施例中,提取的光具有小于20%的空间不均匀性。

[0007] 在进一步更多实施例中,去条带化光学器件是有效输入孔径,使得:当光学基板具有厚度D时,输入孔径被配置为在光学基板中提供TIR角度U,并且角度U由 $2D \tan(U)$ 计算。

[0008] 在甚至更多实施例中,去条带化光学器件提供光的衍射效率、光学透射、偏振或双折射中的至少一个的沿着TIR路径的空间变化。

[0009] 在更进一步的实施例中,去条带化光学器件是选自至少一个输入光栅和至少一个输出光栅的至少一个光栅。所选择的至少一个光栅被配置为具有多个光栅,使得每个光栅提供小的光瞳偏移以减轻条带化。

[0010] 在更进一步的实施例中,去条带化光学器件是选自至少一个输入光栅和至少一个输出光栅的至少一个光栅。所选择的至少一个光栅被配置为堆叠的可切换光栅,该堆叠的可切换光栅在施加电压时接通,从而偏移光瞳以减轻条带化效应。

[0011] 在更进一步的实施例中,去条带化光学器件是选自至少一个输入光栅和至少一个输出光栅的至少一个光栅。所选择的至少一个光栅被配置为可切换光栅元件的阵列,该可切换光栅元件的阵列能够在施加电压时接通具体元件,从而偏移光瞳以减轻条带化效应。

[0012] 在更进一步的实施例中,所选择的至少一个光栅具有多个全反的 (rolled) K向量。

[0013] 在更进一步的实施例中,去条带化光学器件是选自至少一个输入光栅和至少一个输出光栅的至少一个光栅。所选择的至少一个光栅被配置为多个无源光栅层,该无源光栅

层被配置为偏移光瞳以减轻条带化效应。

[0014] 在更进一步的实施例中,去条带化光学器件是部署在光学基板内的一个或多个折射率层(index layer),使得该一个或多个折射率层根据射线角度或射线位置中的至少一个来影响光学基板内的光射线路径,从而偏移光瞳以减轻条带化效应。

[0015] 在更进一步的实施例中,一个或多个折射率层中的至少一个折射率层是梯度折射率(GRIN)介质。

[0016] 在更进一步的实施例中,波导设备还包括在光学基板的边缘的至少一部分上的至少一个反射表面。去条带化光学器件是与该至少一个反射表面相邻部署的一个或多个折射率层,使得该一个或多个折射率层被配置为偏移光瞳以减轻条带化效应。

[0017] 在更进一步的实施例中,去条带化光学器件是部署在光学基板内的一个或多个折射率层,使得该一个或多个折射率层被配置为偏移光瞳以减轻条带化效应。

[0018] 在更进一步的实施例中,去条带化光学器件是具有前缘(leading edge)的输入光栅,能够耦合入射光,使得:对于任何给定的入射光方向,由输入光栅提供光的射线束相对于输入光栅的前缘的独特位移,从而偏移光瞳以减轻条带化效应。

[0019] 在更进一步的实施例中,去条带化光学器件是被配置为具有衍射效率的变化的输入光栅,使得:入射光的多个准直入射射线路径如由射线路径输入角度确定的被衍射到不同的TIR射线路径中,使得对于该多个准直入射射线路径中的每一个,投影的光瞳能够在光学基板内的独特位置处形成,以减轻条带化效应。

[0020] 在更进一步的实施例中,衍射效率的变化沿着主波导方向变化。

[0021] 在更进一步的实施例中,衍射效率的变化在输入光栅的孔径上在两个维度上变化。

[0022] 在更进一步的实施例中,去条带化光学器件是部署在光学基板内的部分反射层,使得部分反射层将入射光分离成透射光和反射光,从而偏移光瞳以减轻条带化效应。

[0023] 在更进一步的实施例中,去条带化光学器件是部署在光学基板内的偏振修改层,使得偏振修改层将入射光分离成透射光和反射光,从而偏移光瞳以减轻条带化效应。

[0024] 在更进一步的实施例中,去条带化光学器件是选自至少一个输入光栅和至少一个输出光栅的至少一个光栅。所选择的至少一个光栅被配置为提供至少两条分离的波导路径,其对于任何入射光角度消除提取的光的光不均匀性,从而减轻条带化效应。

[0025] 在更进一步的实施例中,所选择的光栅具有与至少一个折叠光栅出射光瞳扩展器结合使用的交叉倾斜光栅。

[0026] 在更进一步的实施例中,去条带化光学器件是微型显示器内提供可变的有效数值孔径(NA)的光学部件,该有效数值孔径能够沿着至少一个方向空间上变化,从而偏移光瞳以减轻条带化效应。

[0027] 在更进一步的实施例中,去条带化光学器件是在或者至少一个输入光栅或者至少一个输出光栅中的至少一个光栅内的多个光栅层,使得该多个光栅层被配置为抹去任何固定的图案噪声,从而导致光瞳的偏移以减轻条带化效应。

[0028] 在更进一步的实施例中,去条带化光学器件是被配置为选择性可切换元件的阵列的输入光栅,使得将输入光栅配置为切换光栅阵列,在垂直和水平方向上提供光瞳切换,从而偏移光瞳以减轻条带化效应。

[0029] 在更进一步的实施例中,去条带化光学器件是多个折射率层,其提供衍射效率、光学透射、偏振和双折射中的至少一个的沿着每条TIR路径的空间变化,以根据基板内的射线角度或射线位置中的至少一个影响波导基板内的射线路径,从而导致光瞳的偏移以减轻条带化效应。

[0030] 在更进一步的实施例中,多个折射率层结合不同折射率的粘合剂。

[0031] 在更进一步的实施例中,多个折射率层结合选自包括对准层、各向同性折射层、GRIN结构、抗反射层、部分反射层和双折射拉伸聚合物层的组的层。

[0032] 在更进一步的实施例中,去条带化光学器件是投影空间上变化的数值孔径的微型显示器,该空间上变化的数值孔径偏移光瞳以减轻条带化效应。

[0033] 在更进一步的实施例中,去条带化光学器件是倾斜的微型显示器,其被配置为投影倾斜的矩形出射光瞳,使得出射光瞳的横截面随场角变化,使得减轻条带化效应。

[0034] 在更进一步的实施例中,去条带化光学器件是倾斜的微型显示器,其被配置为使光射线成角度以针对每个入射光角度在沿着光学基板的不同位置处形成各种投影光瞳,使得沿着一个扩展轴减轻条带化效应。

[0035] 在更进一步的实施例中,光学基板具有厚度D,并且去条带化光学器件是耦合到光学基板的棱镜,使得来自光源的出射光瞳的角度与光学基板中的TIR角度之间的线性关系导致沿着TIR射线路径的相继光提取之间没有间隙,这在TIR路径角度是由 $2D \tan(U)$ 限定的U时发生。

[0036] 在更进一步的实施例中,去条带化光学器件是与光学基板的边缘相邻的光吸收膜,使得入射光的否则会产生条带化的部分被移除,从而减轻条带化效应。

[0037] 在更进一步的实施例中,光学基板具有厚度D,并且其中去条带化光学器件是与包含输入光栅并与光学基板相邻部署的输入基板的边缘相邻部署的第一光吸收膜以及与和输入基板相对地与光学基板相邻附连的第二基板的边缘相邻部署的第二光吸收膜,使得在TIR路径角度是由 $2D \tan(U)$ 限定的U时发生入射光导致沿着TIR射线路径的相继光提取之间没有间隙。

[0038] 在更进一步的实施例中,光学基板的厚度为3.4mm,第二基板的厚度为0.5mm,并且输入基板包含夹着输入光栅的两个0.5mm厚的玻璃基板。

[0039] 在更进一步的实施例中,去条带化光学器件是输入光栅,其被配置为使得光在任何给定的入射光方向上相对于输入光栅的边缘具有独特的位移,以偏移光瞳,从而消除或减轻条带化效应。

[0040] 在更进一步的实施例中,设备被集成到选自头戴式显示器(HMD)和平视显示器(HUD)的组的显示器中。

[0041] 在更进一步的实施例中,用显示器的出射光瞳定位人眼。

[0042] 在更进一步的实施例中,设备结合眼动仪(eye tracker)。

[0043] 在更进一步的实施例中,波导设备还包括输入图像生成器,该输入图像生成器进一步包括光源、微型显示器面板和用于准直光的光学器件。

[0044] 在更进一步的实施例中,光源是至少一个激光器。

[0045] 在更进一步的实施例中,光源是至少一个发光二极管(LED)。

[0046] 在更进一步的实施例中,光耦合器是输入光栅。

- [0047] 在更进一步的实施例中,光耦合器是棱镜。
- [0048] 在更进一步的实施例中,光提取器是输入光栅。
- [0049] 若干实施例针对一种彩色波导设备,其包括至少两个光学基板、至少一个光源、至少一个光耦合器、至少一个光提取器和至少两个输入光阑。该至少两个光学基板彼此堆叠。该至少一个光耦合器能够将具有角度带宽的来自光源的入射光耦合到该至少一个光学基板内的全内反射TIR中,使得由在输入光栅处确定的每个光入射角度限定独特的TIR角度。该至少一个光提取器从光学基板提取光。该至少两个输入光阑各自在不同的光学基板内,每个光学基板在不同的平面中,并且每个输入光阑包括外部二向色(dichroic)部分以偏移光瞳并减轻颜色条带化。
- [0050] 在更多实施例中,每个输入光阑还包括内部相位补偿涂层以补偿相移。
- [0051] 在进一步的实施例中,补偿涂层包括SiO₂。
- [0052] 若干实施例针对一种减轻波导设备的输出照明中的条带化的方法。该方法从光源产生入射光。该方法使入射光通过光耦合器,以将入射光耦合到光学基板中,使得耦合光在光学基板内经历全内反射(TIR)。该方法还经由光提取器从光学基板提取TIR光以产生输出照明。光通过波导设备的去条带化光学器件,使得去条带化光学器件减轻输出照明的条带化效应。
- [0053] 在更多实施例中,输出照明具有小于10%的空间不均匀性。
- [0054] 在进一步的实施例中,输出照明具有小于20%的空间不均匀性。
- [0055] 在更进一步的实施例中,去条带化光学器件是有效输入孔径,使得:当光学基板具有厚度D时,输入孔径被配置为在光学基板中提供TIR角度U,并且角度U由 $2D \tan(U)$ 计算。
- [0056] 在甚至更多实施例中,去条带化光学器件提供光的衍射效率、光学透射、偏振或双折射中的至少一个的沿着TIR路径的空间变化。
- [0057] 在更进一步的实施例中,去条带化光学器件是选自至少一个输入光栅和至少一个输出光栅的至少一个光栅。所选择的至少一个光栅被配置为具有多个光栅,使得每个光栅提供小的光瞳偏移以减轻条带化。
- [0058] 在更进一步的实施例中,去条带化光学器件是选自至少一个输入光栅和至少一个输出光栅的至少一个光栅。所选择的至少一个光栅被配置为堆叠的可切换光栅,该堆叠的可切换光栅在施加电压时接通,从而偏移光瞳以减轻条带化效应。
- [0059] 在更进一步的实施例中,去条带化光学器件是选自至少一个输入光栅和至少一个输出光栅的至少一个光栅。所选择的至少一个光栅被配置为可切换光栅元件的阵列,该可切换光栅元件的阵列能够在施加电压时接通具体元件,从而偏移光瞳以减轻条带化效应。
- [0060] 在更进一步的实施例中,所选择的至少一个光栅具有多个全反的K向量。
- [0061] 在更进一步的实施例中,去条带化光学器件是选自至少一个输入光栅和至少一个输出光栅的至少一个光栅。所选择的至少一个光栅被配置为多个无源光栅层,该无源光栅层被配置为偏移光瞳以减轻条带化效应。
- [0062] 在更进一步的实施例中,去条带化光学器件是部署在光学基板内的一个或多个折射率层,使得该一个或多个折射率层根据射线角度或射线位置中的至少一个来影响光学基板内的光射线路径,从而偏移光瞳以减轻条带化效应。
- [0063] 在更进一步的实施例中,一个或多个折射率层中的至少一个折射率层是梯度折射

率 (GRIN) 介质。

[0064] 在更进一步的实施例中,波导设备还包括在光学基板的边缘的至少一部分上的至少一个反射表面。去条带化光学器件是与该至少一个反射表面相邻部署的一个或多个折射率层,使得该一个或多个折射率层被配置为偏移光瞳以减轻条带化效应。

[0065] 在更进一步的实施例中,去条带化光学器件是部署在光学基板内的一个或多个折射率层,使得该一个或多个折射率层被配置为偏移光瞳以减轻条带化效应。

[0066] 在更进一步的实施例中,去条带化光学器件是具有前缘的输入光栅,能够耦合入射光,使得:对于任何给定的入射光方向,由输入光栅提供光的射线束相对于输入光栅的前缘的独特位移,从而偏移光瞳以减轻条带化效应。

[0067] 在更进一步的实施例中,去条带化光学器件是被配置为具有衍射效率的变化的输入光栅,使得:入射光的多个准直入射射线路径如由射线路径输入角度确定的被衍射到不同的TIR射线路径中,使得对于该多个准直入射射线路径中的每一个,投影的光瞳能够在光学基板内的独特位置处形成,以减轻条带化效应。

[0068] 在更进一步的实施例中,衍射效率的变化沿着主波导方向变化。

[0069] 在更进一步的实施例中,衍射效率的变化在输入光栅的孔径上在两个维度上变化。

[0070] 在更进一步的实施例中,去条带化光学器件是部署在光学基板内的部分反射层,使得部分反射层将入射光分离成透射光和反射光,从而偏移光瞳以减轻条带化效应。

[0071] 在更进一步的实施例中,去条带化光学器件是部署在光学基板内的偏振修改层,使得偏振修改层将入射光分离成透射光和反射光,从而偏移光瞳以减轻条带化效应。

[0072] 在更进一步的实施例中,去条带化光学器件是选自至少一个输入光栅和至少一个输出光栅的至少一个光栅,并且其中所选择的至少一个光栅被配置为提供至少两条分离的波导路径,其对于任何入射光角度消除提取的光的光不均匀性,从而减轻条带化效应。

[0073] 在更进一步的实施例中,所选择的光栅具有与至少一个折叠光栅出射光瞳扩展器结合使用的交叉倾斜光栅。

[0074] 在更进一步的实施例中,条带化光学器件是微型显示器内提供可变的有效数值孔径 (NA) 的光学部件,该有效数值孔径能够沿着至少一个方向空间上变化,从而偏移光瞳以减轻条带化效应。

[0075] 在更进一步的实施例中,去条带化光学器件是在或者至少一个输入光栅或者至少一个输出光栅中的至少一个光栅内的多个光栅层,使得该多个光栅层被配置为抹去任何固定的图案噪声,从而导致光瞳的偏移以减轻条带化效应。

[0076] 在更进一步的实施例中,去条带化光学器件是被配置为选择性可切换元件的阵列的输入光栅,使得将输入光栅配置为切换光栅阵列,在垂直和水平方向上提供光瞳切换,从而偏移光瞳以减轻条带化效应。

[0077] 在更进一步的实施例中,去条带化光学器件是多个折射率层,其提供衍射效率、光学透射、偏振和双折射中的至少一个的沿着每条TIR路径的空间变化,以根据基板内的射线角度或射线位置中的至少一个影响波导基板内的射线路径,从而导致光瞳的偏移以减轻条带化效应。

[0078] 在更进一步的实施例中,多个折射率层结合不同折射率的粘合剂。

[0079] 在更进一步的实施例中,多个折射率层结合选自包括对准层、各向同性折射层、GRIN结构、抗反射层、部分反射层和双折射拉伸聚合物层的组的层。

[0080] 在更进一步的实施例中,去条带化光学器件是投影空间上变化的数值孔径的微型显示器,该空间上变化的数值孔径偏移光瞳以减轻条带化效应。

[0081] 在更进一步的实施例中,去条带化光学器件是倾斜的微型显示器,其被配置为投影倾斜的矩形出射光瞳,使得出射光瞳的横截面随场角变化,使得减轻条带化效应。

[0082] 在更进一步的实施例中,去条带化光学器件是倾斜的微型显示器,其被配置为使光射线成角度以针对每个入射光角度在沿着光学基板的不同位置处形成各种投影光瞳,使得沿着一个扩展轴减轻条带化效应。

[0083] 在更进一步的实施例中,光学基板具有厚度D,并且去条带化光学器件是耦合到光学基板的棱镜,使得来自光源的出射光瞳的角度与光学基板中的TIR角度之间的线性关系导致沿着TIR射线路径的相继光提取之间没有间隙,这在TIR路径角度是由 $2D \tan(U)$ 限定的U时发生。

[0084] 在更进一步的实施例中,去条带化光学器件是与光学基板的边缘相邻的光吸收膜,使得入射光的否则会产生条带化的部分被移除,从而减轻条带化效应。

[0085] 在更进一步的实施例中,光学基板具有厚度D,并且去条带化光学器件是与包含输入光栅并与光学基板相邻部署的输入基板的边缘相邻部署的第一光吸收膜以及与和输入基板相对地与光学基板相邻附连的第二基板的边缘相邻部署的第二光吸收膜,使得在TIR路径角度是由 $2D \tan(U)$ 限定的U时发生入射光导致沿着TIR射线路径的相继光提取之间没有间隙。

[0086] 在更进一步的实施例中,光学基板的厚度为3.4mm,第二基板的厚度为0.5mm,并且输入基板包含夹着输入光栅的两个0.5mm厚的玻璃基板。

[0087] 在更进一步的实施例中,去条带化光学器件是输入光栅,其被配置为使得光在任何给定的入射光方向上相对于输入光栅的边缘具有独特的位移,以偏移光瞳,从而消除或减轻条带化效应。

[0088] 在更进一步的实施例中,该方法由选自头戴式显示器(HMD)和平视显示器(HUD)的组的显示器执行。

[0089] 在更进一步的实施例中,用显示器的出射光瞳定位人眼。

[0090] 在更进一步的实施例中,显示器结合眼动仪。

[0091] 在更进一步的实施例中,波导设备还包括输入图像生成器,该输入图像生成器进一步包括光源、微型显示器面板和用于准直光的光学器件。

[0092] 在更进一步的实施例中,光源是至少一个激光器。

[0093] 在更进一步的实施例中,光源是至少一个发光二极管(LED)。

[0094] 在更进一步的实施例中,光耦合器是输入光栅。

[0095] 在更进一步的实施例中,光耦合器是棱镜。

[0096] 在更进一步的实施例中,光提取器是输入光栅。

[0097] 通过引用并入

[0098] 以下相关的已授权专利和专利申请通过引用整体并入本文:标题为COMPACT EDGE ILLUMINATED DIFFRACTIVE DISPLAY的美国专利No.9,075,184;标题为OPTICAL DISPLAYS

的美国专利No.8,233,204;标题为METHOD AND APPARATUS FOR PROVIDING A TRANSPARENT DISPLAY的PCT申请No.US2006/043938;标题为WEARABLE DATA DISPLAY的PCT申请No.GB2012/000677;标题为COMPACT EDGE ILLUMINATED EYEGLOSS DISPLAY的美国专利申请No.13/317,468;标题为HOLOGRAPHIC WIDE ANGLE DISPLAY的美国专利申请No.13/869,866;标题为TRANSPARENT WAVEGUIDE DISPLAY的美国专利申请No.13/844,456;标题为WAVEGUIDE GRATING DEVICE的美国专利申请No.14/620,969;标题为ELECTRICALLY FOCUS TUNABLE LENS的美国临时专利申请No.62/176,572;标题为WAVEGUIDE DEVICE INCORPORATING A LIGHT PIPE的美国临时专利申请No.62/177,494;标题为METHOD AND APPARATUS FOR GENERATING INPUT IMAGES FOR HOLOGRAPHIC WAVEGUIDE DISPLAYS的美国临时专利申请No.62/071,277;标题为NEAR EYE DISPLAY USING GRADIENT INDEX OPTICS的美国临时专利申请No.62/123,282;标题为WAVEGUIDE DISPLAY USING GRADIENT INDEX OPTICS的美国临时专利申请No.62/124,550;标题为OPTICAL WAVEGUIDE DISPLAYS FOR INTEGRATION IN WINDOWS的美国临时专利申请No.62/125,064;标题为OPTICAL WAVEGUIDE DISPLAYS FOR INTEGRATION IN WINDOWS的美国临时专利申请No.62/125,066;标题为HOLOGRAPHIC WAVEGUIDE LIGHT FIELD DISPLAYS的美国临时专利申请No.62/125,089;标题为LASER ILLUMINATION DEVICE的美国专利No.8,224,133;标题为LASER ILLUMINATION DEVICE的美国专利US8,565,560;标题为HOLOGRAPHIC ILLUMINATION SYSTEM的美国专利No.6,115,152;标题为CONTACT IMAGE SENSOR USING SWITCHABLE BRAGG GRATINGS的PCT申请No.PCT/GB2013/000005;标题为IMPROVEMENTS TO HOLOGRAPHIC POLYMER DISPERSED LIQUID CRYSTAL MATERIALS AND DEVICES的PCT申请No.PCT/GB2012/000680;标题为HOLOGRAPHIC WAVEGUIDE EYE TRACKER的PCT申请No.PCT/GB2014/000197;标题为APPARATUS FOR EYE TRACKING的PCT/GB2013/000210;标题为APPARATUS FOR EYE TRACKING的PCT申请No.GB2013/000210;标题为HOLOGRAPHIC WAVEGUIDE OPTICALTRACKER的PCT/GB2015/000274;标题为“SYSTEM AND METHOD OF EXTENDING VERTICAL FIELD OF VIEW IN HEAD UP DISPLAY USING A WAVEGUIDE COMBINER”的美国专利No.8,903,207;标题为COMPACT WEARABLE DISPLAY的美国专利No.8,639,072;标题为COMPACT HOLOGRAPHIC EDGE ILLUMINATED EYEGLOSS DISPLAY的美国专利No.8,885,112;标题为HOLOGRAPHIC WAVEGUIDE DEVICES FOR USE WITH UNPOLARIZED LIGHT的美国临时专利申请No.62/390,271;标题为METHOD AND APPARATUS FOR PROVIDING A POLARIZATION SELECTIVE HOLOGRAPHIC WAVEGUIDE DEVICE的美国临时专利申请No.62/391,333;标题为WAVEGUIDE DISPLAY APPARATUS的美国临时专利申请No.62/493,578;标题为APPARATUS FOR HOMOGENIZING THE OUTPUT FROM A WAVEGUIDE DEVICE的美国临时专利申请No.62/497,781;标题为WAVEGUIDE DISPLAY的PCT申请No.PCT/GB2016000181;以及标题为ENVIRONMENTALLY ISOLATED WAVEGUIDE DISPLAY的PCT/GB2016/00005。

附图说明

[0099] 参考以下附图将更全面地理解描述,这些附图作为本发明的示例性实施例被呈现,并且不应被解释为完整地叙述本发明的范围,其中:

[0100] 图1A提供了一个实施例中表现出条带化的波导的示意性横截面视图。

- [0101] 图1B提供了示出一个实施例中将从波导提取的光集成以提供去条带化照明的图。
- [0102] 图2提供了波导的细节的示意性平面图,例示了在一个实施例中发生去条带化的几何光学条件。
- [0103] 图3提供了示出一个实施例中用于提供光瞳偏移手段的光学层的光学特点的空间变化的图。
- [0104] 图4提供了一个实施例中可使用可切换输入光栅的波导的示意性横截面视图。
- [0105] 图5提供了一个实施例中可使用可切换输出光栅的波导的示意性横截面视图。
- [0106] 图6A提供了一个实施例中可使用可切换输入光栅阵列的波导的示意性横截面视图。
- [0107] 图6B提供了一个实施例中示出全反的K向量的可切换光栅的细节。
- [0108] 图7提供了一个实施例中的可切换输入光栅阵列的示意性平面图。
- [0109] 图8提供了波导的细节的示意性横截面视图,其中去条带化光学器件是部署在波导基板的反射表面上的光学射束修改层。
- [0110] 图9提供了波导的细节的示意性横截面视图,其中去条带化光学器件是部署在波导基板内的光学射束修改层。
- [0111] 图10提供了一个实施例中的波导的细节的示意性横截面视图,其中去条带化光学器件是输入光栅,根据射束入射角度来改变输入射束与输入光栅的前缘的间隔。
- [0112] 图11提供了一个实施例中的波导的细节的示意性横截面视图,其中去条带化光学器件在取决于射束入射角度的位置处在波导内提供投影的光瞳。
- [0113] 图12提供了一个实施例中的波导的细节的示意性横截面视图,其中去条带化光学器件是部分反射层。
- [0114] 图13提供了一个实施例中的波导的细节的示意性横截面视图,其中去条带化光学器件是偏振旋转层。
- [0115] 图14提供了一个实施例中的波导的示意性平面图,其中去条带化光学器件是为输入光的不同偏振提供通过波导的分离光路的光栅。
- [0116] 图15提供了一个实施例中的微型显示器的细节的示意性横截面视图,其中去条带化光学器件在微型显示器面板的主方向上提供可变数值孔径。
- [0117] 图16A提供了一个实施例中可使用堆叠的切换输入光栅的波导的示意性横截面视图。
- [0118] 图16B提供了一个实施例中的波导的细节的示意性横截面视图,其中去条带化光学器件是可切换输入光栅阵列。
- [0119] 图16C提供了一个实施例中的波导的细节的示意性横截面视图,其中去条带化光学器件是部署在波导基板内的光学射束修改层。
- [0120] 图16D提供了一个实施例中的波导的细节的示意性横截面视图,其中去条带化光学器件是在主方向上提供可变数值孔径的微型显示器面板。
- [0121] 图16E提供了一个实施例中的波导的细节的示意性横截面视图,其中去条带化光学器件是倾斜的输入图像生成器,其提供出射光瞳。
- [0122] 图16F提供了一个实施例中的波导的细节的示意性横截面视图,其中去条带化光学器件是倾斜的输入图像生成器,其提供出射光瞳和各种投影光瞳。
- [0123] 图16G提供了一个实施例中的波导的细节的示意性横截面视图,其中去条带化光

学器件是倾斜的输入图像生成器和耦合棱镜。

[0124] 图16H提供了一个实施例中的波导的细节的示意性横截面视图,其中去条带化光学器件是具有光吸收边缘的多个附加基板。

[0125] 图17提供了一个实施例中的波导的细节的示意性横截面视图,其中去条带化光学器件是具有光吸收边缘的多个附加基板。

[0126] 图18提供了一个实施例中的波导的细节的示意性横截面视图,其中去条带化光学器件是倾斜的输入图像生成器和耦合棱镜。

[0127] 图19提供了一个实施例中用于平衡彩色显示中的颜色配准的涂层结构的示意性横截面。

[0128] 图20提供了波导的细节的示意性横截面视图,其中去条带化光学器件是使输入射束的横截面从其边缘偏离的输入光栅。

具体实施方式

[0129] 现在转向附图,根据各种实施例,示出了与近眼显示器或平视显示器系统有关的系统和方法。多个实施例针对用在近眼显示器或平视显示器系统中的波导设备。许多波导设备中存在的常见难题是输出照明中影响其均匀性的条带化。因此,提供了具有均匀输出照明的波导设备的各种实施例。在波导设备的许多实施例中,结合了去条带化光学器件以消除或减轻条带化效应。

[0130] 许多实施例还针对能够有利地用在波导设备中的全息波导技术。在一些实施例中,全息波导技术用于头盔安装显示器或头戴式显示器(HMD)和平视显示器(HUD)。在若干实施例中,全息波导技术用在许多应用中,包括航空电子应用和消费者应用(例如,增强现实眼镜等)。在多个实施例中,眼睛位于显示器的出射光瞳或眼箱内。

[0131] 在许多实施例中,波导设备使用单个波导层在两个正交方向上提供光瞳扩展。根据各种实施例,通过设计输出光栅以使衍射效率从波导基板的输入端附近的低值变化到输出光栅的最远端的高值,实现输出的均匀性。在多个实施例中,输入图像数据由波导光学基板外部的微型显示器提供,并借助于输入光栅耦合到基板。根据多个实施例,微型显示器是反射阵列并经由分束器被照射。反射的图像光被准直,使得图像的每个像素在独特的方向上提供平行射束。

[0132] 根据多个实施例,波导设备将图像内容高效地耦合到波导中,并且使得波导图像没有色散和亮度不均匀性。防止色散并实现更好的准直的一种方式是使用激光器。但是,使用激光器会遭受光瞳条带化伪影,其在输出照明中表现出来,导致图像均匀性的破坏。当在全内反射(TIR)波导中复制(扩展)准直的光瞳时,能够形成条带化伪影。当每次射束与光栅相互作用而衍射出波导的一些射束表现出间隙或重叠时,就会发生条带化,从而导致照明纹波。纹波的程度是场角、波导厚度和孔径厚度的函数。如本文描述的各种实施例中所描绘的,通过实验和模拟发现,通过利用诸如发光二极管(LED)之类的宽带源的色散,可以平滑条带化的效应。但是,LED照明并非完全没有条带化问题,特别是对于更高的波导厚度与波导输入孔径比。而且,LED照明倾向于导致庞大的输入光学器件并且导致波导设备的厚度增加。因此,本文描述的波导设备的多个实施例具有紧凑且高效的去条带化光学器件,用于均匀化来自全息图的光输出以防止条带化变形。

[0133] 条带化效应导致输出照明的不均匀性。如在若干原型测试中发现的,来自波导设备的实际照明应当实现小于20%并且优选地不大于10%的不均匀性以提供可接受的可视图像。实现低不均匀性需要权衡其它系统要求,尤其是图像亮度。权衡难以用精确的术语来限定,并且非常取决于应用。由于许多用于减少不均匀性的光学技术一般会导致一些光损失,因此输出图像亮度可能会降低。随着人类视觉系统对不均匀性的敏感度随着光水平而增加,对于需要高光通量以实现高的显示与背景场景对比度的诸如汽车HUD之类的显示器而言,不均匀性问题变得更加尖锐。因此,在一些实施例中,提取的光具有小于10%的空间不均匀性。在多个实施例中,提取的光具有小于20%的空间不均匀性。

[0134] 现在将参考附图进一步描述本发明的若干实施例。出于解释本发明的各种实施例的目的,可以省略或简化光学设计和视觉显示领域的技术人员已知的光学技术的众所周知的特征,以免模糊各种实施例的基本原理。将使用光学设计领域的技术人员通常采用的术语来呈现各种实施例的描述。除非另有说明,否则关于射线或射束方向的术语“轴上”是指平行于轴的传播,该轴与关于各种设备描述的光学部件的表面垂直。在以下描述中,术语光、射线、射束和方向可以互换使用并且彼此相关联以指示电磁辐射沿着直线轨迹(rectilinear trajectories)的传播方向。术语光和照明可以关于电磁频谱的可见光和红外频带使用。如本文所使用的,在一些实施例中,术语光栅可以涵盖由光栅的集合组成的光栅。

[0135] 波导设备

[0136] 根据多个实施例,波导设备包括至少一个光学基板、至少一个光源、用于将光从源耦合到光学基板中的至少一个光耦合器,以及用于从光学基板提取光以形成输出照明的至少一个光提取器。图1A中描绘的是波导设备的实施例。因此,波导设备(100)包括至少一个光学基板(101)、至少一个输入光栅(102)和至少一个输出光栅(103)。具有最大孔径W的输入光栅(102)将光(射线箭头1000-1002)从光源(104)耦合到波导基板(101)内的全内反射(TIR)路径(1004)。如图1A所示的输入光栅(102)和输出光栅(103)能够以诸如本文所述的光栅配置之类的任何适当的配置存在。

[0137] 在多个实施例中,波导设备包括输入图像生成器,其还包括具有光源、微型显示器面板和用于准直光的光学器件的输入图像生成器。在一些实施例的描述中,输入生成器被称为图片生成单元(PGU)。在一些实施例中,源可以被配置为提供未用图像信息调制的一般照明。在许多实施例中,输入图像生成器投影在微型显示器面板上显示的图像,使得每个显示器像素被转换成基板波导内的独特角度方向。在各种实施例中,准直光学器件包括至少透镜和镜子。在许多实施例中,透镜和镜子是衍射的。在一些实施例中,光源是至少一个激光器。在许多实施例中,光源是至少一个LED。在许多实施例中,在输入图像生成器内使用不同光源的各种组合。

[0138] 应当理解的是,可以根据本发明的各种实施例使用多个输入图像生成器,诸如例如,在标题为HOLOGRAPHIC WIDE ANGLE DISPLAY的美国专利申请No.13/869,866和标题为TRANSPARENT WAVEGUIDE DISPLAY的美国专利申请No.13/844,456中描述的那些。在许多实施例中,输入图像生成器包含分束器,用于将光引导到微型显示器上并将反射光朝着波导发送。在若干实施例中,分束器是记录在全息聚合物分散液晶(HPDLC)中的光栅。在多个实施例中,分束器是偏振分束器立方体。在一些实施例中,输入图像生成器结合去斑器

(despeckler)。任何合适的去斑剂都可以用在各种实施例中,诸如在标题为LASER ILLUMINATION DEVICE的美国专利No.US8,565,560中描述的那些。

[0139] 在多个实施例中,光源还结合一个或多个透镜,用于修改照明射束的角度特点。在许多实施例中,图像源是微型显示器或基于激光的显示器。光源的若干实施例利用LED,其可以提供比激光器更好的均匀性。如果使用激光照明,那么照明条带化效应的风险更高,但仍然可以根据如本文所述的各种实施例消除或减轻。在多个实施例中,来自光源的光被偏振。在多个实施例中,图像源是液晶显示器(LCD)微型显示器或硅上液晶(LCoS)微型显示器。

[0140] 在一些实施例中,输入图像生成器光学器件包括偏振分束器立方体。在许多实施例中,输入图像生成器光学器件包括已施用分束器涂层的倾斜板。在多个实施例中,输入图像生成器光学器件结合充当偏振选择性分束器的可切换布拉格光栅(SBG)。结合SBG的输入图像生成器光学器件的示例在标题为HOLOGRAPHIC WIDE ANGLE DISPLAY的美国专利申请No.13/869,866和标题为TRANSPARENT WAVEGUIDE DISPLAY的美国专利申请No.13/844,456中公开。在许多实施例中,输入图像生成器光学器件包含用于控制照明光的数值孔径的衍射光学元件或折射部件和弯曲反射表面中的至少一个。在多个实施例中,输入图像生成器包含用于控制照明光的波长特点的频谱滤波器。在若干实施例中,输入图像生成器光学器件包含用于控制杂散光的孔径、掩模、滤光器和涂层。在一些实施例中,微型显示器结合了鸟浴(birdbath)光学器件。

[0141] 回到图1A中描绘的实施例,外部源(102)提供在角度带宽中的准直射(1002)。TIR路径中的光(1004)与输出光栅(103)相互作用,每当TIR光满足光栅衍射条件时提取光的一部分。在布拉格光栅的情况下,提取在满足布拉格条件时发生。例如,与TIR角度U对应的光TIR射线路径(1004)被输出光栅衍射到输出方向(1005A)。根据基本几何光学应当明显看出,由输入光栅处的每个光入射角度限定独特的TIR角度。光被提取,并且如所描绘的那样形成三个提取射束,提取射束被各自描绘为两侧是两个光射线(1005B和1005C;1006A和1006B;1007A和1007B)。完全准直的间隙(1006C和1007C,描绘为交叉影线)将在相邻射束提取之间存在,从而导致条带化效应。根据多个实施例,通过如本文所述的多个去条带化光学器件消除或最小化造成条带化的射束间隙。例如,去条带化光学器件配置光,使得输入光栅具有取决于TIR角度U的有效输入孔径 W' 。

[0142] 在许多实施例中,波导设备结合能够偏移光瞳的去条带化光学器件,以配置耦合到波导中的光,使得输入光栅具有依据TIR角度变化的有效输入孔径。去条带化光学器件的效果是通过输出光栅从波导进行的相继光提取集成,以便为输入光栅处的任何光入射角度提供基本平坦的照明分布。在一些实施例中,通过组合各种类型的光学射束修改层来实现去条带化光学器件,光学射束修改层包括(但不限于)光栅、部分反射膜、液晶配向层、各向同性折射层和梯度折射率(GRIN)结构。应当理解的是,术语“射束修改”是指3D空间中的幅度、偏振、相位和波前位移依据入射光角度的变化。在每种情况下,根据若干实施例,射束修改层提供有效孔径,对于输入光栅处的任何光入射角度,该有效孔径在输出光栅上给出均匀提取。在许多实施例中,射束修改层与用于根据输入角度控制输入光的数值孔径的手段结合使用。在一些实施例中,射束修改层与用于提供波长分集(wavelength diversity)的技术结合使用。

[0143] 图1B提供了例示光瞳偏移光学器件对沿着标记为Z的主传播方向(参考图1A中所示的坐标系)的来自波导的光输出(标记为I)的影响的图表。示出了与输入光方向对应的三次相继提取的强度分布(1008A-1008C)。强度分布的形状由射束修改层的处方(prescription)控制。在多个实施例中,对强度分布进行集成以提供基本平坦的强度分布。例如,强度分布(1008A-1008C)被集成为平坦分布(1009)。

[0144] 波导设备中使用的输入耦合器和提取器

[0145] 波导设备目前在一系列显示器和传感器应用中受到关注。虽然对设备的大部分早期工作都是针对反射全息图,但是透射设备证明了作为光学系统构建块更通用。因此,许多实施例针对在波导设备中光栅的使用,其中光栅可用于光瞳的输入或输出。在许多实施例中,输入光栅是一种类型的光输入耦合器,用于将来自源的光耦合到波导中。在许多实施例中,输出光栅是一种类型的光提取器,用于从波导提取光以形成输出照明。在若干实施例中,波导设备利用布拉格光栅(也称为体光栅)。布拉格光栅具有高效率,几乎没有光被衍射成更高阶。通过控制光栅的折射率调制,可以改变衍射阶和零阶中的光的相对量,该特性用于制造用于在大光瞳上提取光的有损波导光栅。

[0146] 如本文所使用的,在一些实施例中术语光栅可以涵盖由光栅的集合组成的光栅。例如,在一些实施例中,输入光栅和/或输出光栅分别包括多路复用成单个层的两个或更多个光栅。在全息术文献中已经确立了能够将多于一个全息处方记录到单个全息层中。记录这种多路全息图的方法是本领域技术人员已知的。在一些实施例中,输入光栅和/或输出光栅分别包括两个重叠的光栅层,这两个光栅层接触或由一个或多个薄光学基板垂直分开。在许多实施例中,光栅层夹在侧面玻璃或塑料基板之间。在若干实施例中,两个或更多个光栅层可以形成堆叠,在该堆叠内,在外部基板和空气界面处发生全内反射。在多个实施例中,波导设备可以仅包括一个光栅层。在一些实施例中,将电极施加到基板的面上以在衍射和透明状态之间切换光栅。根据许多实施例,堆叠还包括附加层,诸如分束涂层和环境保护层。

[0147] 在许多实施例中,光栅层被分解成分离的层。根据各种实施例,多个层被层压在一起成为单个波导基板。在一些实施例中,光栅层由包括输入耦合器、折叠光栅和输出光栅(或其部分)的若干个片制成,该若干个片层叠在一起以形成单个基板波导。在许多实施例中,波导设备的片通过光学胶或折射率与片匹配的其它透明材料分开。在许多实施例中,对于输入耦合器、折叠光栅和输出光栅中的每一个,经由单元(cell)制作工艺通过创建具有期望的光栅厚度的单元并且用可切换布拉格光栅(SBG)材料真空填充每个单元来形成光栅层。在许多实施例中,对于输入耦合器、折叠光栅和输出光栅,通过在玻璃板之间以一定间隙定位多个玻璃板来形成单元,该间隙限定了期望的光栅厚度。在许多实施例中,一个单元可以被制成为具有多个孔,使得分离的孔填充有不同的SBG材料袋。根据各种实施例,任何居间空间由分离材料(例如,胶水、油等)分开以限定分离的区域。在多个实施例中,SBG材料被旋涂到基板上,并且然后在材料固化后用第二基板覆盖。通过使用折叠光栅,根据一些实施例,波导显示器有利地比显示信息的先前系统和方法需要更少的层。此外,通过使用折叠光栅,光可以在由波导外表面限定的单个矩形棱镜中的波导内通过全内反射行进,同时实现双光瞳扩展。在许多实施例中,输入耦合器和光栅可以通过以下方法产生:在基板内以一定角度干涉两个光波以产生全息波前,从而产生以期望角度在波导基板中设定的亮条纹和

暗条纹。在许多实施例中,通过跨光栅区域扫描或步进记录激光束,以逐步的方式记录给定层中的光栅。在一些实施例中,使用当前在全息印刷工业中使用的母版制作(mastering)和接触复制工艺来记录光栅。

[0148] 根据许多实施例,输入光栅和输出光栅被设计为具有共同的表面光栅节距。在一些实施例中,输入光栅组合多个光栅,该多个光栅被定向成使得每个光栅将入射的非偏振光的偏振衍射到波导路径中。在许多实施例中,输出光栅组合多个光栅,该多个光栅被定向成使得来自波导路径的光被组合并耦合出波导为非偏振光。每个光栅由3D空间中的至少一个光栅向量(或K向量)表征,该至少一个光栅向量在布拉格光栅的情况下被限定为垂直于布拉格条纹的向量。光栅向量确定对于给定的输入和衍射角范围的光学效率。

[0149] 一类重要的光栅被称为可切换布拉格光栅(SBG),其用在根据许多实施例的各种波导设备中。通常,全息聚合物分散液晶(HPDLC)用于SBG中。在许多实施例中,HPDLC包括混合物液晶(LC)、单体(monomer)、光敏引发剂染料(photoinitiator dye)和共引发剂(coinitiator)。通常,混合物还包括表面活性剂。专利和科学文献包含可以用于制造SBG的材料系统和工艺的许多示例。两个基本专利是:Sutherland的美国专利No.5,942,157和Tanaka等人的美国专利No.5,751,452。两个文件均描述了适用于制造SBG设备的单体和液晶材料组合。透射SBG的已知属性之一是LC分子倾向于垂直于光栅条纹平面对准。LC分子对准的效果是透射SBG高效地衍射P偏振光(即,具有在入射平面中的偏振向量的光),但对于S偏振光(即,具有垂直于入射平面的偏振向量的光)具有几乎零的衍射效率。由于当入射光和反射光之间的夹角小时,任何光栅对于P偏振的衍射效率下降到零,因此不能在近掠(near-grazing)入射时使用透射SBG。

[0150] 在多个实施例中,通过首先在平行玻璃板之间放置可光聚合单体和液晶材料的混合物的薄膜来制造SBG。一个或两个玻璃板支撑用于在膜上施加电场的电极。在多个实施例中,电极至少部分地由透明的氧化铟锡膜制成。根据多个实施例,然后通过用两个相互相干的激光射束照射液晶材料(通常称为浆)来记录体积相位光栅,该激光射束干涉形成倾斜的条纹光栅结构。在记录过程期间,单体聚合并且混合物经历相分离,从而产生由液晶微滴密集填充的区域,穿插有透明的聚合物区域,从而产生HPDLC。根据若干实施例,HPDLC设备的交替的液晶富有区域和液晶耗尽区域形成光栅的条纹平面。得到的体积相位光栅可以表现出非常高的衍射效率,根据各种实施例,可以通过施加在膜上的电场的幅度来控制衍射效率。当经由透明电极向光栅施加电场时,LC液滴的自然朝向改变,从而减少了条纹的折射率调制并使全息衍射效率降低到非常低的水平。通常,SBG元件在30 μ s内切换为透明,以更长的弛豫时间切换成接通。要注意的是,根据许多实施例,可以借助于在连续范围内施加的电压来调节设备的衍射效率。设备在没有施加电压时表现出接近100%的效率并且在施加足够高的电压时表现出接近零的效率。在HPDLC设备的某些实施例中,磁场可以用于控制LC朝向。在HPDLC设备的某些实施例中,LC材料与聚合物的相分离能够以不产生可辨别的液滴结构的程度实现。在许多实施例中,SBG也用作无源光栅,其可以提供独特的高折射率调制的益处。

[0151] 根据许多实施例,SBG用于为自由空间应用提供透射或反射光栅。SBG的各种实施例被实现为其中HPDLC形成或者波导芯或者靠近波导的渐逝耦合层的波导设备。在许多实施例中,用于形成HPDLC单元的平行玻璃板提供全内反射(TIR)光导结构。根据若干实施例,

当可切换光栅以超出TIR条件的角度衍射光时,光从SBG耦合出。

[0152] 在基于SBG的波导设备的许多实施例中,光栅形成在由透明基板夹在中间的单个层中。在多个实施例中,波导仅是一个光栅层。在结合可切换光栅的各种实施例中,透明电极被施加到夹着可切换光栅的基板层的相对表面。在一些实施例中,单元基板由玻璃制成。示例性玻璃基板是标准Corning Willow玻璃基板(折射率1.51),其厚度可低至50微米。在多个实施例中,单元基板是光学塑料。

[0153] 应当理解的是,布拉格光栅也可以记录在其它材料中。在若干实施例中,SBG记录在均匀的调制材料中,诸如具有分散在液体聚合物中的固体液晶的基质的POLICRYPS或POLIPHEN。在多个实施例中,SBG是不可切换的(即,无源的)。不可切换的SBG可以具有优于常规全息光聚合物材料的优点:由于其液晶组分而能够提供高折射率调制。Caputo等人的美国专利申请公开No.US2007/0019152和Stumpe等人的PCT申请No.PCT/EP2005/006950中公开了示例性均匀调制液晶聚合物材料系统。这两篇文献都通过引用整体并入本文。均匀调制光栅的特征在于高折射率调制(以及因此高衍射效率)和低散射。在许多实施例中,至少一个光栅是表面起伏(relief)光栅。在一些实施例中,至少一个光栅是薄(或Raman-Nath)全息图。

[0154] 在多个实施例中,光栅记录在反向模式HPDLC材料中。反向模式HPDLC与常规HPDLC的不同之处在于,光栅在没有施加电场时是无源的,并在存在电场时变成衍射的。反向模式HPDLC可以基于标题为IMPROVEMENTS TO HOLOGRAPHIC POLYMER DISPERSED LIQUID CRYSTAL MATERIALS AND DEVICES的PCT申请No.PCT/GB2012/000680中公开的任何配方和处理。根据各种实施例,光栅可以记录在任何上述材料系统中,但是以无源(不可切换)模式使用。制造处理与用于可切换光栅的制造处理相同,但省略了电极涂覆阶段。LC聚合物材料系统鉴于其高折射率调制而被非常期望。在一些实施例中,光栅记录在HPDLC中但不可切换。

[0155] 在一些实施例中,光栅编码光焦度(optical power)以调节输出的准直。在许多实施例中,输出图像处于无穷远处。在许多实施例中,输出图像可以形成在距眼箱几米的距离处。

[0156] 在若干实施例中,输入光栅可以由另一种类型的输入耦合器代替。在特定实施例中,输入光栅用棱镜或反射表面代替。在多个实施例中,输入耦合器可以是全息光栅,诸如可切换或不可切换的SBG光栅。输入耦合器被配置为从显示源接收准直光并且使光经由第一表面和第二表面之间的全内反射在波导内行进。

[0157] 在全息术文献中已经确立了可以将多于一个全息处方记录到单个全息层中。用于记录这种多路全息图的方法是本领域技术人员已知的。在一些实施例中,输入光栅或输出光栅中的至少一个组合两个或更多个角度衍射处方以扩展角度带宽。在许多实施例中,输入光栅或输出光栅中的至少一个组合两个或更多个频谱衍射处方以扩展频谱带宽。在许多实施例中,彩色多路光栅用于衍射两种或更多种原色(primary color)。

[0158] 如本文所述,许多实施例以单色操作。但是,根据本发明的各种实施例,彩色波导包括单色波导的堆叠。在许多实施例中,波导设备使用红色、绿色和蓝色波导层。在若干实施例中,波导设备使用红色和蓝色/绿色层。在一些实施例中,光栅都是无源的,即,不可切换的。在多个实施例中,至少一个光栅是可切换的。在多个实施例中,每层中的输入光栅是

可切换的,以避免波导层之间的颜色串扰。在一些实施例中,通过在红色和蓝色以及蓝色和绿色波导的输入光栅区域之间部署二向色滤光器来避免颜色串扰。

[0159] 在多个实施例中,光用波长带宽表征。在许多实施例中,波导设备能够使光的波长带宽多样化。根据各种实施例,布拉格光栅(本身是频谱带宽受限的设备)最高效地与诸如LED和激光器之类的窄带光源一起使用。根据许多实施例,当光栅处方和入射光射线角度满足布拉格方程时,布拉格光栅以高效率衍射两个不同的波长带。根据多个实施例,全色波导利用分离的具体波长层,诸如红色、绿色和蓝色衍射波导层。在许多实施例中使用两层解决方案,其中一层衍射三种原色中的两种。在许多实施例中,布拉格光栅的自然频谱带宽足以使颜色串扰最小化。但是,为了更严格地控制颜色串扰,可以使用诸如集成在波导层之间并且通常与输入光栅重叠的二向色滤光器和窄带滤光器之类的附加部件。

[0160] 去条带化光学器件

[0161] 在许多实施例中,去条带化光学器件是有效输入孔径,使得:当光学基板具有厚度D时,输入孔径被配置为在光学基板中提供TIR角度U,并且角度U由 $2D \tan(U)$ 计算。图2中提供了结合波导形式的去条带化光学器件的波导设备(110)的实施例,该波导设备包括波导基板(111)和TIR(1012),使得存在零条带化的条件。在许多实施例中,当针对TIR角度U和波导基板厚度D的有效输入孔径由 $2D \tan(U)$ 给出时,发生零条带化的条件,即,沿着TIR射线路径的相继光提取之间没有间隙。

[0162] 在一些实施例中,去条带化光学器件提供光的衍射效率、光透射、偏振或双折射中的至少一个的沿着TIR路径的空间变化。典型的空間变化(120)在图3中由曲线(1020)提供,其中Y轴指的是任何上述参数的值(例如,衍射效率),并且X轴是波导内的射束传播方向。在多个实施例中,空间变化是二维的(在波导的平面中)。

[0163] 在一些实施例中,去条带化光学器件是被配置为具有多个光栅的至少一个光栅,使得每个光栅提供小的光瞳偏移以消除或减轻条带化。在许多实施例中,当堆叠内光栅之间的间隔被设计成对于每个角度提供光瞳偏移时,多个光栅的堆叠实现小的光瞳偏移。在多个实施例中,通过透明基板分离能够使光瞳偏移的光栅。在若干实施例中,能够使光瞳偏移的光栅是无源的。可替代地,在一些实施例中,当施加电压时接通光栅。在一些实施例中,布置多个光栅以具有横向相对位移,提供光瞳偏移。在许多实施例中,多个光栅以二维阵列配置,其中光栅元件的不同子阵列根据入射角度切换到它们的衍射状态。在一些实施例中,光栅被配置为阵列的堆叠。在各种实施例中,为不同的波长带提供分离的光栅。在多个实施例中,光栅被多路复用。

[0164] 在许多实施例中,光栅具有跨波导的主平面变化的光栅参数。在一些实施例中,改变衍射效率以控制衍射的光的量相对于作为零阶光的沿着波导传输的光的量,从而使得从波导提取的光的均匀性能够被微调。在若干实施例中,至少一个光栅的K向量具有全反的K向量,其具有被优化的方向以微调从波导提取的光的均匀性。在各种实施例中,改变光栅的折射率调制以微调从波导提取的光的均匀性。在许多实施例中,改变光栅的厚度以微调从波导提取的光的均匀性。

[0165] 在多个实施例中,去条带化光学器件是被配置为堆叠的可切换光栅的至少一个光栅,其在施加电压时接通,从而偏移光瞳以消除或减轻条带化效应。图4中描绘的是具有光学基板(131)的波导设备(130)的实施例,光学基板(131)具有堆叠的可切换输入光栅(132A

和132B) 和不可切换的输出光栅(133)。电压源(134)通过电连接(135A和135B)耦合到输入光栅(132A和132B)以接通输入光栅(132A和132B),从而提供光瞳偏移。图5中描绘的是波导设备(141)的实施例,其中波导设备(141)具有不可切换的输入光栅和具有堆叠的光栅层的可切换输出光栅(143A和143B)。电压源(144)通过电连接(145A和145B)耦合到输出光栅(143A和143B)以接通输出光栅(143A和143B),从而提供光瞳偏移。在各种实施例中,在堆叠的光栅之间存在薄基板层,以提供至少一些分离。

[0166] 在一些实施例中,去条带化光学器件是被配置为可切换光栅元件的阵列的至少一个光栅,其能够在施加电压时接通具体元件,从而偏移光瞳以消除或减轻条带化效应。图6A中描绘的是具有光学基板(151)的波导设备(150)的实施例,光学基板(151)包含输入光栅(152A和152B)和输出光栅(157),每个输入光栅具有多个光栅元件(153A-156A和153B-156B)。波导设备还包括通过电连接(159A和159B)耦合到每个输入光栅(152A和152B)的电压源(158),电连接(159A和159B)被配置为单独地接通每个元件(例如,156A和156B)以偏移光瞳。虽然未示出,但应当理解的是,电压源可以连接到每个元件以产生可切换元件的阵列。此外,虽然图6A仅描绘了被配置为阵列的输入光栅,但是应当理解的是,根据本发明的多个实施例,输出光栅也可以是元件的阵列,其中每个元件被配置为可切换的。

[0167] 在各种实施例中,光栅具有多个全反的K向量。K向量是垂直于光栅平面(或条纹)对准的向量,其确定对于给定的输入和衍射角度范围的光学效率。根据多个实施例,全反的K向量允许光栅的角度带宽被扩展而不需要增加波导厚度。图6B中描绘的是具有四个全反的K向量(K_1-K_4)的光栅(152C)的实施例。在多个实施例中,光栅被配置为可切换元件的二维阵列。例如,如图7中所描绘的,光栅被配置为可切换元件(例如,161)的二维阵列(160)。

[0168] 在许多实施例中,去条带化光学器件是被配置为多个无源光栅层的至少一个光栅,其被配置为偏移光瞳以消除或减轻条带化效应。根据各种实施例,当波导设备结合多个无源光栅层时,基本体系架构类似于结合有源光栅层的一些实施例(例如,参见图4和图5),但没有电压源。在一些实施例中,在不可切换模式下使用SBG以利用由许多液晶聚合物材料系统提供的更高折射率调制是有利的。在许多实施例中,去条带化光学器件是被配置为偏移光瞳以消除或减轻条带化效应的至少一个多路复用的光栅。

[0169] 在一些实施例中,波导设备包括折叠光栅,以提供出射光瞳扩展。应当理解的是,可以根据本发明的各种实施例使用各种折叠光栅。可以在多个实施例中使用的各种折叠光栅的示例在标题为WAVEGUIDE DISPLAY的PCT申请No. PCT/GB2016000181中公开,或者如本文引用的其它参考文献中所述。根据若干实施例,折叠光栅结合多个光栅,用于光瞳偏移以消除或减轻条带化效应,其中每个光栅提供小的光瞳偏移。

[0170] 在许多实施例中,去条带化光学器件是部署在光学基板内的一个或多个折射率层,使得该一个或多个折射率层根据射线角度或射线位置中的至少一个来影响光学基板内的光射线路径,从而偏移光瞳以减轻条带化效应。在一些实施例中,至少一个折射率层是GRIN介质。应当理解的是,可以根据本发明的各种实施例使用各种GRIN 介质,诸如标题为NEAR EYE DISPLAY USING GRADIENT INDEX OPTICS的美国临时专利申请No. 62/123,282和标题为WAVEGUIDE DISPLAY USING GRADIENT INDEX OPTICS的美国临时专利申请No. 62/124,550中描述的各种GRIN介质的示例。

[0171] 在多个实施例中,去条带化光学器件是与光学基板的边缘的至少一个反射表面相

邻部署的一个或多个折射率层,使得该一个或多个层被配置为提供光瞳偏移以消除或减轻条带化效应。图8中描绘的是具有光学基板(171)的波导设备(170)的实施例,光学基板(171)包含输入光栅(172)和输出光栅(173),其中一个或多个堆叠的折射率层(174)与波导的上反射表面相邻部署,使得该一个或多个折射率层提供光瞳偏移。在许多实施例中,去条带化光学器件是部署在光学基板内的一个或多个折射率层,使得该一个或多个层被配置为提供光瞳偏移以消除或减轻条带化效应。例如,图9中描绘的是具有光学基板(181)的波导设备(180)的实施例,光学基板(181)包含输入光栅(182)和输出光栅(183),其中一个或多个堆叠的折射率层(184)部署在光学基板(181)内,使得该一个或多个层(184)被配置为提供光瞳偏移。在一些实施例中,波导设备结合去条带化光学器件,该去条带化光学器件包括部署在光学基板内的一个或多个折射率层,以及也与光学基板的至少一个反射表面相邻部署的一个或多个折射率层。

[0172] 在若干实施例中,去条带化光学器件是具有前缘的输入光栅,能够耦合入射光,使得:对于任何给定的入射光方向,输入光栅提供光的射束相对于输入光栅的前缘的独特位移,从而偏移光瞳以消除或减轻条带化效应。图10中描绘的是具有光学基板(191)的波导设备(190)的实施例的细节,光学基板(191)包含具有前缘(193)的输入光栅(192)。描绘了针对两个不同输入角度的准直输入射线路径(1090和1091)以及对应的衍射射线(1092和1093)。描绘了两个射线集合的边缘与输入光栅的前缘的间隔(1094和1095)。在一些实施例中,取决于入射光的场角,射线束的相对于输入光栅的边缘的光位移导致射束的一部分落在输入光栅孔径之外,因此不会被衍射到光学基板内的TIR路径中。根据各种实施例,合适的吸收膜俘获非衍射光。因此,当TIR角度 U 和波导基板厚度 D 由 $2D \tan(U)$ 给出时,能够调节射束宽度以满足去条带化条件,如关于图2更详细地描述的。将在后续部分中更详细地讨论这种实施例的示例(参见图20)。

[0173] 在许多实施例中,去条带化光学器件是配置为具有衍射效率的变化的输入光栅,使得入射光的多个准直入射射线路径被衍射到如由射线路径输入角度确定的不同的TIR射线路径中,使得对于多个准直入射射线路径中的每一条,投影的光瞳能够在光学基板内的独特位置处形成,以消除或减轻条带化效应。图11中描绘的是具有光学基板(201)的波导设备(200)的实施例的细节,光学基板(201)包含输入光栅(202)。两个不同输入角度的准直入射线路径(1100和1101)被输入光栅(202)衍射,使得衍射射线(1102和1103)各自遵循沿着光学基板(201)的TIR路径。每条TIR射线路径(1104和1105)基于入射角度在独特位置中形成投影的光瞳(1106和1107),并且使得条带化效应被消除和/或减轻。

[0174] 在一些实施例中,衍射效率的变化沿着主波导方向变化,以至少部分地提供光瞳偏移以消除或减轻条带化效应。在许多实施例中,衍射效率的变化在输入光栅的孔径上在两个维度上变化。

[0175] 在一些实施例中,去条带化光学器件是部署在光学基板内的部分反射层,使得部分反射层将入射光分离成透射光和反射光,从而偏移光瞳以消除或减轻条带化效应。图12中描绘的是具有光学基板(211)的波导设备(210)的实施例的细节,光学基板(211)包含部分反射层(212),能够将入射光(1110)分离成透射光(1000)和反射光(1111)。透射光和反射光(1000和1111)各自遵循沿着波导基板(211)的TIR路径,从而导致光瞳偏移以消除或减轻条带化效应。

[0176] 在许多实施例中,去条带化光学器件是设置在光学基板内的偏振修改层,使得偏振修改层将入射光分离成透射光和反射光,从而偏移光瞳以消除或减轻条带化效应。例如,图13提供了具有光学基板(221)的波导设备(220)的实施例的细节,光学基板(221)包含部分反射的偏振修改层(222),偏振修改层(222)将具有偏振向量(1123)的入射光(1120)分离成具有由于偏振修改层(222)的延迟(retarding)效应产生的偏振向量(1124)的透射光(1121)和反射光(1122)。透射光(1121)和反射光(1122)遵循沿着光学基板(221)的TIR路径,从而导致光瞳偏移以消除或减轻条带化效应。在一些实施例中,通过在至少一个维度上拉伸聚合物材料来形成偏振修改层。在特定实施例中,偏振修改层是聚合物材料,诸如双折射聚酯、聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)或聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)。聚合物材料能够以单个层使用,或者两种或更多种能够以堆叠的形式组合。

[0177] 在许多实施例中,去条带化光学器件是配置为提供至少两条分离的波导路径的至少一个光栅,其针对任何入射光角度消除所提取的光的光不均匀性,从而消除或减轻条带化效应。在若干实施例中,去条带化光学器件包括具有与至少一个折叠光栅出射光瞳扩展器结合使用的交叉倾斜光栅的至少一个光栅,被配置为提供光瞳偏移以消除或减轻条带化效应。图14中描绘的是波导设备(230)的实施例,波导设备(230)具有耦合到输入图像生成器(232)的光学基板(231)。光学基板(231)包含具有交叉倾斜光栅(233A和233B)的输入光栅(233)、包含光栅(235)的第一折叠光栅出射光瞳扩展器(234)、包含光栅(237)的第二折叠光栅出射光瞳扩展器(236),以及具有交叉倾斜光栅(238A和238B)的输出光栅(238)。输入光栅(233)在方向(1130)上接收来自输入图像生成器(232)的光,使得该方向垂直于输入光栅(233)的表面。在许多实施例中,光栅中的交叉光栅在光学基板的平面中具有大约90度的相对角度。但是,应当注意的是,其它角度可以在实践中使用,并且仍然落入本发明的各种实施例中。

[0178] 在若干实施例中,去条带化光学器件是光栅系统,使得输入光栅和输出光栅各自组合具有对于正交偏振态的峰值衍射效率的交叉光栅。在一些实施例中,由输入光栅和输出光栅产生的偏振态是S偏振的和P偏振的。在许多实施例中,由输入光栅和输出光栅产生的偏振态是圆偏振的相反感觉。若干实施例利用记录在液晶聚合物系统中的光栅(诸如SBG),它们可以由于其固有的双折射并且表现出强的偏振选择性而具有优点。但是,应当注意的是,能够被配置为提供独特偏振状态的其它光栅技术可以使用,并且仍然落入本发明的各种实施例中。

[0179] 返回到图14,沿着方向(1130)入射在输入光栅(233)上的输入光的第一偏振分量被光栅(233B)引导到沿着方向(1131)的TIR路径中,并且第二偏振分量被第二光栅(233A)引导到沿着方向(1132)的第二TIR路径中。沿着TIR路径(1131和1132)行进的光通过折叠光栅(234和236)在光学基板(231)的平面中扩展,并衍射到朝着输出光栅(238)的第二TIR路径(1133和1134)中。输出光栅(238)的交叉倾斜面(238A和238B)将来自第二TIR路径(1133和1134)的光衍射到均匀的输出路径(1135)中,使得条带化效应消除或减轻。在一些实施例中,设计光栅处方以提供引导光与光栅的双重交互,这可以增强折叠光栅角度带宽。可以使用双重交互折叠光栅的多个实施例,诸如在标题为WAVEGUIDE GRATING DEVICE的美国专利申请No. 14/620,969中描述的光栅。

[0180] 在若干实施例中,去条带化光学器件是微型显示器内提供可变有效数值孔径(NA)

的光学部件,该可变有效数值孔径(NA)能够沿着至少一个方向空间上变化来偏移光瞳以消除或减轻条带化效应。图15中描绘的是输入图像生成器(240)的实施例,该图像生成器(240)被设计为具有从微型显示器(241)面板的一侧的高NA平滑变化到另一侧的低NA的数值孔径(NA)变化,以提供光瞳偏移。出于解释的目的,与微型显示器相关的NA在本文中被限定为与来自微型显示器表面上的点的图像射线锥相对于垂直于微型显示器的轴的最大角度的正弦成比例。如图15中所示,微型显示器(241)的NA由光学部件(242)在空间上改变,这使得NA在微型显示器的至少一个主要维度上变化,如由延伸光射线(1140-1142)所指示的。应当理解的是,用于改变NA的光学部件可以是任何适当的光学部件,诸如标题为WAVEGUIDE DISPLAY的PCT申请No. PCT/GB2016000181中描述的任何光学部件。在多个实施例中,微机电系统(MEMS)阵列用于在微型显示器显示面板上空间上改变(NA)。在许多实施例中,MEMS阵列在空间上改变从微型显示器面板反射的光的NA。在许多实施例中,MEMS阵列利用数据投影仪中使用的技术。

[0181] 在若干实施例中,微型显示器是反射设备。在一些实施例中,微型显示器是透射设备,诸如例如硅上透射液晶(LCoS)设备。在许多实施例中,输入图像生成器具有拥有背光和可变NA部件的透射微型显示器面板。当采用背光时,根据各种实施例,照明光通常具有均匀的NA,照亮微型显示器的后表面,照明光传播通过可变NA部件并且被转换成输出图像调制光,其中NA角度沿着微型显示器的主轴变化。

[0182] 在多个实施例中,在微型显示器中采用发射式显示器(emissive display)。在微型显示器内使用的发射式显示器的示例包括但不限于LED阵列和发光聚合物阵列。在一些实施例中,输入图像生成器结合发射式微型显示器和空间上变化NA部件(spatially-varying NA component)。根据各种实施例,来自采用发射式显示器的微型显示器的光通常在显示器的发射表面上具有均匀的NA,照亮空间上变化NA部件并且被转换成输出图像调制光,其中NA角度在显示孔径上变化。

[0183] 在许多实施例中,去条带化光学器件是在至少一个光栅内的多个光栅层,使得该多个光栅层被配置为抹去任何固定的图案噪声,从而导致光瞳偏移,以消除或减轻条带化效应。图16A中描绘的是波导设备(250)的实施例,波导设备(250)具有光学耦合到光学基板(252)的图片生成单元(PGU)(251),光学基板(252)经由输出光栅(253)提取光。光学基板(252)包含堆叠的输入光栅(254和255)和未示出的折叠光栅。来自PGU(251)的输入光(1150)通过输入光栅(254和255)耦合到波导基板(252)中,从而抹去任何固定的图案噪声,并衍射到TIR路径(1151)中,然后通过输出光栅(253)衍射成提取的光(1152),从而导致光瞳偏移以消除或减轻条带化效应。在一些实施例中,多个光栅被组合成多路光栅。

[0184] 在若干实施例中,去条带化光学器件是被配置为选择性可切换元件的阵列的输入光栅,使得将输入光栅配置为在垂直和水平方向上提供光瞳切换的切换光栅阵列,从而偏移光瞳以消除或减轻条带化效应。在许多实施例中,单独的光栅元件被设计为将在预定义输入射束角度范围内入射的光衍射到相应的TIR角度范围中。图16B中描绘的是具有PGU(261)的波导设备(260)的实施例,PGU(261)光学耦合到经由输出光栅(253)提取光的光学基板(262)。光学基板(262)包含选择性可切换元件(265)的可切换输入光栅阵列(264)。输入光(1160)通过提供垂直和水平方向上的光瞳偏移的输入光栅(264)耦合到光学基板(262)中,被衍射到TIR路径(1161)中,然后通过输出光栅(263)衍射到提取光(1162)中,其

中消除或减轻了条带化效应。

[0185] 在许多实施例中,去条带化光学器件是多个折射率层,该多个折射率层提供衍射效率、光透射、偏振和双折射中的至少一个的沿着每个TIR路径的空间变化,以根据基板内的射线角度或射线位置中的至少一个影响波导基板内的射线路径,从而导致光瞳偏移,以消除或减轻条带化效应。在若干实施例中,多个折射率层结合不同折射率的粘合剂,尤其是影响高角度反射。在一些实施例中,多个折射率层结合诸如对准层、各向同性折射层、GRIN结构、抗反射层、部分反射层或双折射拉伸聚合物层之类的层。图16C中描绘的是波导设备(270)的实施例,波导设备(270)具有光学耦合到光学基板(272)的PGU(271),光学基板(272)经由输出光栅(273)提取光。光学基板(272)包含输入光栅(274)和至少一个折射率层(275)。输入光(1170)通过输入光栅(275)耦合到光学基板(272)中并衍射到穿过造成空间变化的折射率层(275)的TIR路径中(1171)中,然后通过输出光栅(273)衍射成提取的光(1172),从而导致光瞳偏移以消除或减轻条带化效应。

[0186] 在一些实施例中,去条带化光学器件是投影空间上变化的NA的微型显示器,其偏移光瞳以消除或减轻条带化效应。在若干实施例中,NA可以在两个正交方向上变化。图16D中描绘的是具有PGU(281)的波导设备(280)的实施例,PGU(281)光学耦合到经由输出光栅(283)提取光的光学基板(282)。光学基板(282)包含输入光栅(285)。输入光(1180)通过输入光栅(285)耦合到光学基板(282)中并衍射到TIR路径(1181)中,然后通过输出光栅(283)衍射成提取的光(1182)。PGU(281)具有由NA修改层(287)覆盖的微型显示器(286),NA修改层(287)能够在空间上改变NA并将光改变成变化的射束分布(1184-1186),从而导致光瞳偏移以消除或减轻条带化效应。根据各种实施例,PGU还结合其它部件,诸如例如投影透镜和/或分束器。

[0187] 在许多实施例中,去条带化光学器件是倾斜的微型显示器,被配置为投影倾斜的矩形出射光瞳使得出射光瞳的横截面随场角变化,使得消除或减轻条带化效应。在多个实施例中,出射光瞳在输入光栅上改变位置。根据各种实施例,这种技术可以用于解决在一个射束扩展轴中的条带化。图16E中描绘的是波导设备(290)的实施例,波导设备(290)具有光学耦合到光学基板(292)的PGU(291),光学基板(292)经由输出光栅(293)提取光。从倾斜的PGU出射光瞳(295)射出的输入光(1190)经由输入光栅(294)耦合到波导中并衍射到TIR路径(1191)中,然后通过输出光栅(293)衍射成提取的光(1192),从而消除或减轻条带化效应。

[0188] 在若干实施例中,去条带化光学器件是倾斜的微型显示器,被配置为使光射线成角度以针对入射光的每个方向在沿着光学基板的的不同位置处形成各种投影光瞳,使得沿着一个扩展轴减轻条带化效应。图16F中描绘的是波导设备(300)的实施例,波导设备(300)具有光学耦合到光学基板(302)的PGU(301),光学基板(302)经由输出光栅(303)提取光。从倾斜的PGU出射光瞳(305)射出的输入光(1200)通过输入光栅(304)耦合到波导中并衍射到TIR路径(1201)中。对于入射光的每个方向,被引导的光在沿着基板(302)的不同位置处形成依赖于射束角度的投影光瞳(1203-1205),然后通过输出光栅(303)衍射成提取的光(1202),从而消除或减轻条带化效应。

[0189] 在许多实施例中,去条带化光学器件是耦合到光学基板的棱镜,使得来自光源的出射光瞳的角度与光学基板中的TIR角度之间的线性关系导致沿着TIR射线路径的相继光

提取之间没有间隙,这在TIR路径角度是由 $2D \tan(U)$ 限定的U时发生。在许多实施例中,输入光栅由耦合棱镜代替。在若干实施例中,输入光通过倾斜的PGU光瞳提供。根据各种实施例,通过选择棱镜角度和协作PGU光瞳倾斜,在整个视场范围内,有可能实现离开PGU出射光瞳的角度与波导中的TIR角度之间的近似线性关系,同时满足针对TIR角度U和波导基板厚度D的有效输入孔径由 $2D \tan(U)$ 给出时的去条带化条件。图16G中描绘的是波导设备(310)的实施例,波导设备(310)具有光学耦合到光学基板(312)的PGU(311),光学基板(312)经由输出光栅(313)提取光。从倾斜的PGU出射光瞳(315)射出的输入光(1210)通过棱镜(314)耦合到光学基板(312)中,从而导致TIR路径(1211),然后通过输出光栅(293)衍射成提取的光(1192),从而消除或减轻条带化效应。在一些实施例中,由于棱镜引起的色散由衍射表面补偿。在许多实施例中,棱镜耦合器具有被设计为根据角度对光进行整形的折射表面孔径。根据许多实施例,通过挡板(baffling)或光吸收涂层从主光路中消除未透射通过棱镜进入波导的射束边缘处的光。

[0190] 在一些实施例中,去条带化光学器件是与光学基板的边缘相邻的光吸收膜,使得入射光的否则将产生条带化的部分被移除,从而消除或减轻条带化效应。图16H中描绘的是波导设备(320)的实施例,波导设备(320)被设计为沿着射束扩展的一个轴进行射束偏移。波导设备具有耦合到包含输出光栅(323)和输入光栅(324)的波导(322)的PGU(321)、具有施加于其一个边缘的光吸收膜(326)的基板(325)、具有施加于其一个边缘的光吸收膜(328)的基板(327),基板(325和327)夹着波导(322)的包含输入光栅的部分。输入射束上限处的输入射线(1221)被输入光栅(324)衍射到TIR路径(1223)中并被施加于基板(325)的光吸收膜(326)吸收,从而消除或减轻条带化效应。输入射束下限处的输入射线(1222)被输入光栅(32)衍射到TIR路径(1224)中并被施加于基板(327)的光吸收膜(328)吸收,从而消除或减轻条带化效应。输入射束的中心部分附近的输入射线(1220)被输入光栅(324)衍射到TIR路径(1225)中,该路径不与光吸收膜(326和328)中的任一个相互作用,并继续在TIR下传播,直到它被输出光栅(323)提取到输出射束(1226)中。

[0191] 在许多实施例中,去条带化光学器件是与包含输入光栅并与光学基板相邻部署的输入基板的边缘相邻部署的第一光吸收膜以及与和输入基板相对地与光学基板相邻附连的第二基板的边缘相邻部署的第二光吸收膜,使得在TIR路径角度是由 $2D \tan(U)$ 限定的U时发生入射光导致沿着TIR射线路径的相继光提取之间没有间隙。图17中描绘的是波导设备(330)的实施例,波导设备(330)被配置为使得输入光栅(334)部署在输入基板(333)内,输入基板(333)与基板(332)一起夹着波导(331)。具有外围射线(1231和1232)的给定视场方向的输入射束(1230)的横截面进入输入光栅(334)。由射线(1233和1234)界定的输入射束部分被衍射到射束路径(1236)中并被施加于上基板(332)的边缘的吸收膜(335)拦截。由射线(1232和1235)界定的输入射束部分被衍射到射束路径(1237)中,在上基板(332)的外表面处经历TIR并被施加于输入基板边缘的吸收膜(336)拦截。由射线(1231和1233)以及(1234和1235)界定的输入射束部分被衍射到相应的TIR路径(1239和1240)以及(1241和1242)中,这些路径在射束横截面区域(1243)和之后的所有射束横截面处都没有展现出间隙或重叠,从而利用TIR角度U和波导基板厚度D由 $2D \tan(U)$ 给出而消除条带化。在一些特定实施例中,波导的厚度为3.4mm,上基板的厚度为0.5mm,并且下基板包含夹着输入光栅的两个0.5mm厚的玻璃基板。基于这种几何形状以及TIR角度U和波导基板厚度D由 $2D \tan(U)$

给出的去条带化条件,估计吞吐效率 (throughput efficiency) 大致为 $1-2*0.5/(2*3.4) = 84\%$,在视场内有一些小的变化。

[0192] 在利用输入基板的一些实施例中,输入光栅在接合到主波导的分离的单元中实现,因此简化了氧化铟锡 (ITO) 涂层。在利用输入基板的许多实施例中,结合了基于形成投影光阑和倾斜PGU出射光瞳的射束偏移技术,以在正交方向上提供去条带化。

[0193] 图18中描绘的是波导设备340的实施例的细节,波导设备340具有波导部分(341)、具有以相对角度(1250)倾斜的两个折射面的棱镜(342)和PGU(未绘出)的出射光瞳(343),出射光瞳(343)相对于参考轴(1252)以一角度(1251)倾斜。

[0194] 在一些实施例中,棱镜通过小气隙与波导分离。在许多实施例中,棱镜通过低折射率材料的薄层与波导分离。

[0195] 返回到图18,来自出射光瞳(343)的光束(1253和1254)与两个不同场角对应,折射通过棱镜(342)作为射束(1255和1256),然后耦合到波导(341)内的TIR路径(1257和1258)中。描绘了与棱镜相邻的波导表面处的射束宽度(1259A和1259B)。通过选择合适的棱镜角度值、PGU出射光瞳倾斜角度、棱镜折射率、波导折射率和波导厚度,利用由 $2D \tan(U)$ 给出TIR角度U和波导基板厚度D,光对于所有场角被去条带化,同时对于视场中的任何射线在PGU出射光瞳处的场角和波导内的TIR角度之间提供近似线性关系。

[0196] 在结合彩色波导的多个实施例中,需要在不同的波导中产生投影的光阑,每个波导在不同的平面上,使得波导形成堆叠。这些光阑的不对准导致输出图像的颜色分量与波导的不对准,从而导致颜色条带化。根据各种实施例,一种解决方案是波导输入光阑,其具有外部二向色部分以对颜色条带化提供一定补偿以及内部相位补偿涂层(例如, SiO_2)以补偿由于输入光阑引起的相移。在一些实施例中,波导输入光阑具有外部二向色部分,但缺少相位补偿涂层。根据若干实施例,波导输入光阑在与波导的输入表面相邻的薄透明板上形成,与输入光栅重叠。在多个实施例中,波导输入光阑部署在光栅内的层内。在许多实施例中,波导输入光阑部署成与波导外表面直接相邻。

[0197] 当光瞳投影在沿着光学基板的不同位置处时,根据各种实施例,在分离的红色、绿色和蓝色透射光学基板层内的不同平面中产生彩色显示应用投影光阑。在一些实施例中,波导输入光阑包括外部二向色部分以偏移光瞳并消除或减轻颜色条带化,以及内部部分中的内部相位补偿涂层以补偿相移。在许多实施例中,内部相位补偿涂层是 SiO_2 。图19中描绘的是波导输入光阑(350)的实施例,波导输入光阑(350)具有外部二向色部分(352和353)和内部相位补偿 SiO_2 涂层(351),以偏移光瞳并消除或减轻颜色条带化。

[0198] 在许多实施例中,去条带化光学器件是输入光栅,该输入光栅被配置为使得光在任何给定的入射光方向上具有相对于输入光栅的边缘的独特的位移,以偏移光瞳,从而消除或减轻条带化效应。光的位移导致光束的一部分落在输入光栅孔径之外,因此不会被衍射到波导内部的随场角变化的TIR路径中。在若干实施例中,非衍射光可以被合适的吸收膜俘获。在许多实施例中,可以通过位移来调节射束宽度以满足TIR角度U和波导基板厚度D由 $2D \tan(U)$ 给出的去条带化条件。图20中描绘的是具有光学基板(361)的波导设备(360)的实施例的细节,光学基板(361)包含输入光栅(362)。对于两个不同输入角度的准直输入射线路径(1090和1091)与(1092和1093)被衍射成射线(1094和1095)与(1096和1097)。对于每个输入射束角度,输入射束的一部分错过输入光栅(362)并且作为每个射束的离开射线

(1098和1099)无偏射的通过波导基板(361)。在许多实施例中,施加于波导表面的光吸收膜俘获非衍射光。

[0199] 应当理解的是,可以组合本文所述的去条带化的各种实施例。在若干实施例中,去条带化的实施例可以与沿着主波导方向改变输入光栅的衍射效率的技术组合。此外,在许多实施例中,在每个射束扩展方向上执行去条带化的实施例。因此,在一些实施例中,两个或更多个采用去条带化解决方案的实施例被组合以提供在两个维度中的去条带化。在波导设备在两个维度中操作的多个实施例中,设备包括允许在两个维度中去条带化的折叠光栅。

[0200] 在多个实施例中,波导显示器集成在窗户内,例如,用于公路车辆应用的挡风玻璃集成的HUD。应当理解的是,任何适当的窗户集成的显示器可以集成到波导显示器中并且落入本发明的各种实施例中。窗户集成的显示器的示例在标题为OPTICAL WAVEGUIDE DISPLAYS FOR INTEGRATION IN WINDOWS的美国临时专利申请No.62/125,064和标题为OPTICAL WAVEGUIDE DISPLAYS FOR INTEGRATION IN WINDOWS的美国临时专利申请No.62/125,066中描述。

[0201] 在许多实施例中,波导显示器包括梯度折射率(GRIN)波导部件,用于在输入图像生成器和波导之间中继图像内容。示例性GRIN波导部件在标题为NEAR EYE DISPLAY USING GRADIENT INDEX OPTICS的美国临时专利申请No.62/123,282和标题为WAVEGUIDE DISPLAY USING GRADIENT INDEX OPTICS的美国临时专利申请No.62/124,550中描述。在若干实施例中,波导显示器结合用于在一个方向上提供射束扩展的光管。光管的示例在标题为WAVEGUIDE DEVICE INCORPORATING A LIGHT PIPE的美国临时专利申请No.62/177,494中描述。在一些实施例中,输入图像生成器可以基于激光扫描仪,如标题为COMPACT EDGE ILLUMINATED DIFFRACTIVE DISPLAY的美国专利No.9,075,184中所公开的。本发明的各种实施例用于广泛的显示器,包括(但不限于)用于AR和VR的HMD、头盔式显示器、投影显示器、平视显示器(HUD)、俯视显示器(HDD)、自动立体显示器以及其它3D显示器。多个实施例应用于波导传感器,诸如例如眼动仪、指纹扫描仪、LIDAR系统、发光器和背光源(back light)。

[0202] 在一些实施例中,波导设备结合眼动仪。应当理解的是,可以使用多个眼动仪,并且仍然落入本发明的各种实施例,包括标题为HOLOGRAPHIC WAVEGUIDE EYE TRACKER的PCT/GB2014/000197、标题为HOLOGRAPHIC WAVEGUIDE OPTICAL TRACKER的PCT/GB2015/000274,以及标题为APPARATUS FOR EYE TRACKING的PCT申请No.GB2013/000210中描述的眼动仪。

[0203] 应当强调的是,附图是示例性的并且尺寸被夸大了。例如,SBG层的厚度被夸大了。基于任何上述实施例的光学器件可以使用塑料基板来实现,该塑料基板使用标题为IMPROVEMENTS TO HOLOGRAPHIC POLYMER DISPERSED LIQUID CRYSTAL MATERIALS AND DEVICES的PCT申请No.PCT/GB2012/000680中公开的材料和工艺。在一些实施例中,双扩展波导显示器可以是弯曲的。

[0204] 如各种示例性实施例中所示的系统和方法的配置和布置仅仅是例示性的。虽然在本公开中仅详细描述了几个实施例,但是许多修改是可以的(例如,各种元件的尺寸、维度、结构、形状和比例、参数的值、安装布置、材料的使用、颜色、朝向等的变化)。例如,元件的位置可以颠倒或以其它方式变化,并且离散元件的性质或数量或位置可以更改或改变。因此,

所有这些修改都旨在包括在本公开的范围之内。根据替代实施例,可以改变或重新排序任何处理或方法步骤的次序或顺序。在不脱离本公开的范围的情况下,可以在示例性实施例的设计、操作条件和布置中进行其它替换、修改、改变和省略。

[0205] 等同的原则

[0206] 从以上讨论可以推断出,根据本发明的实施例,能够以各种布置实现上述概念。因此,虽然已经在某些具体方面描述了本发明,但是对于本领域技术人员来说,许多其它修改和变化是明显的。因此,应当理解的是,本发明能够以不同于具体描述的方式实践。因此,本发明的实施例应当在所有方面都被认为是例示性而非限制性的。

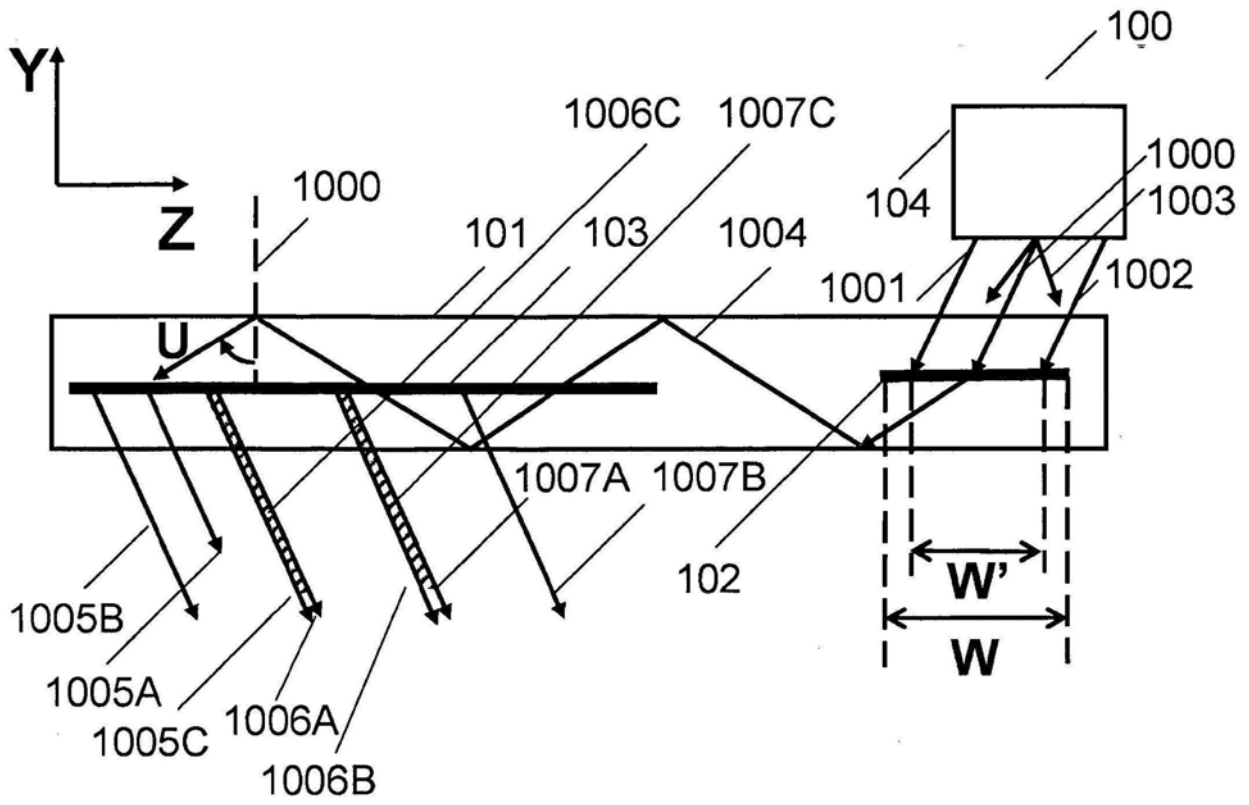


图1A

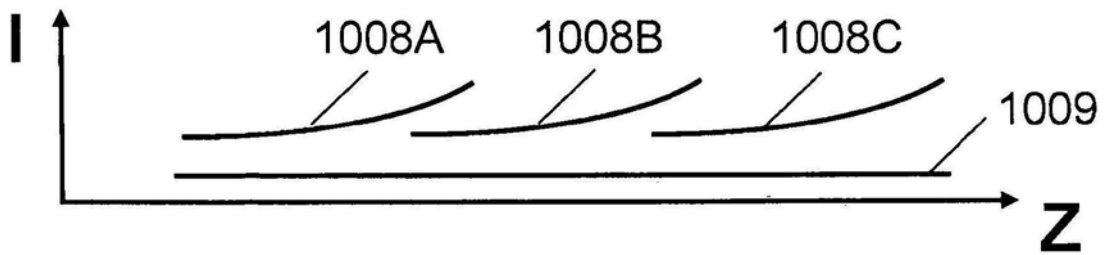


图1B

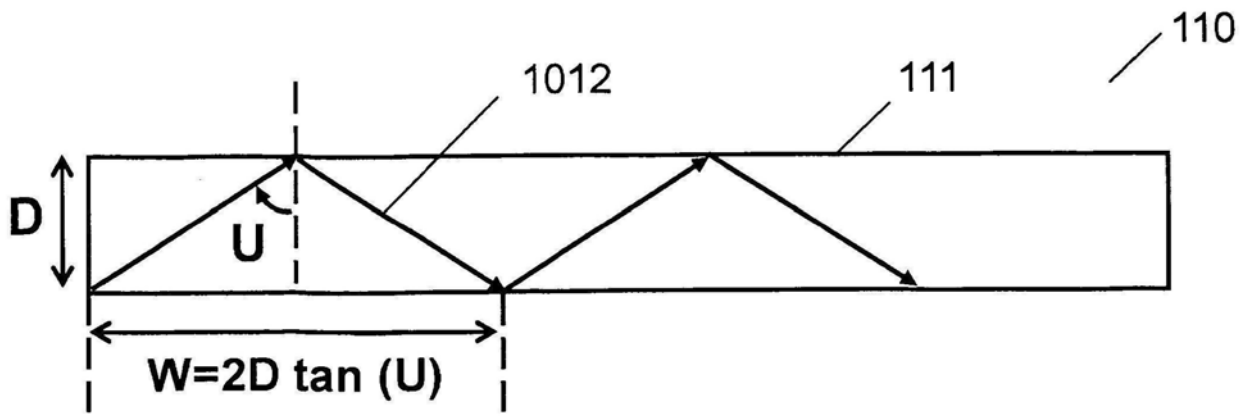


图2

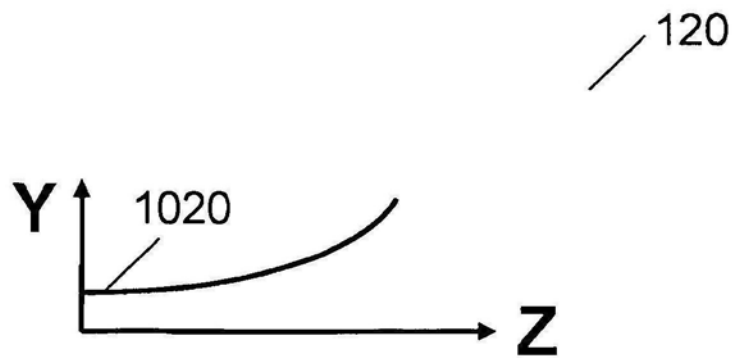


图3

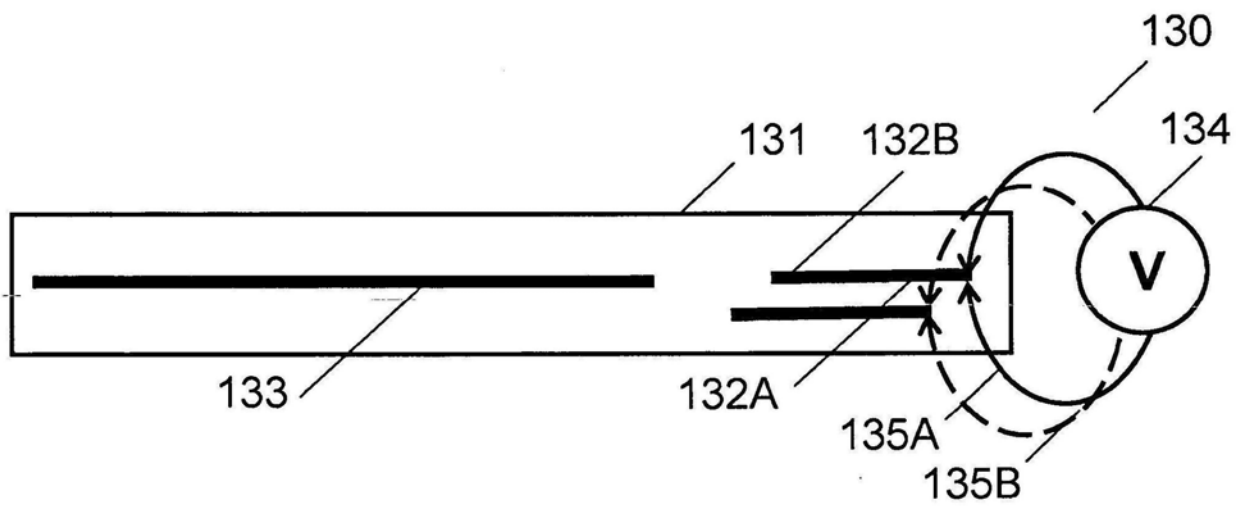


图4

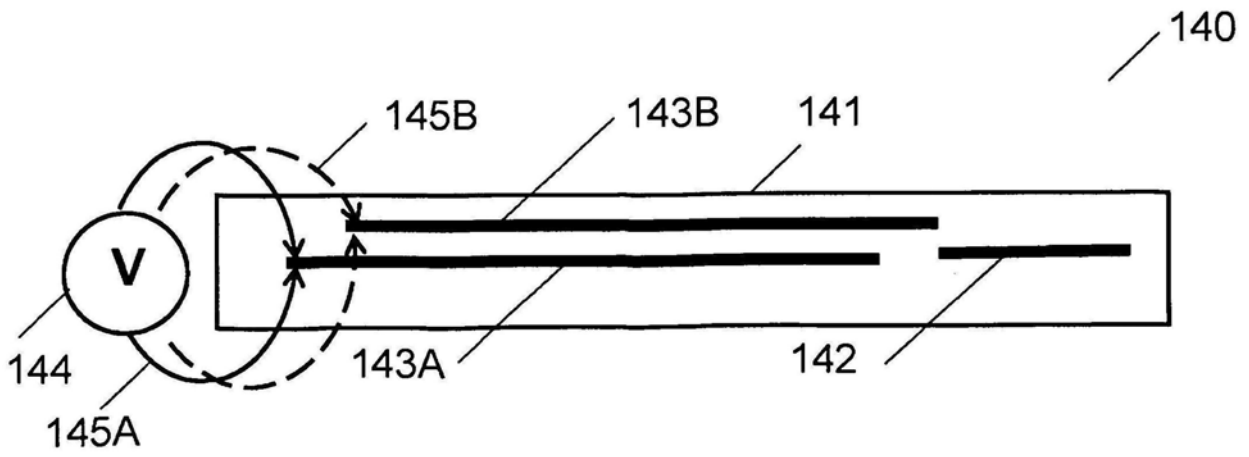


图5

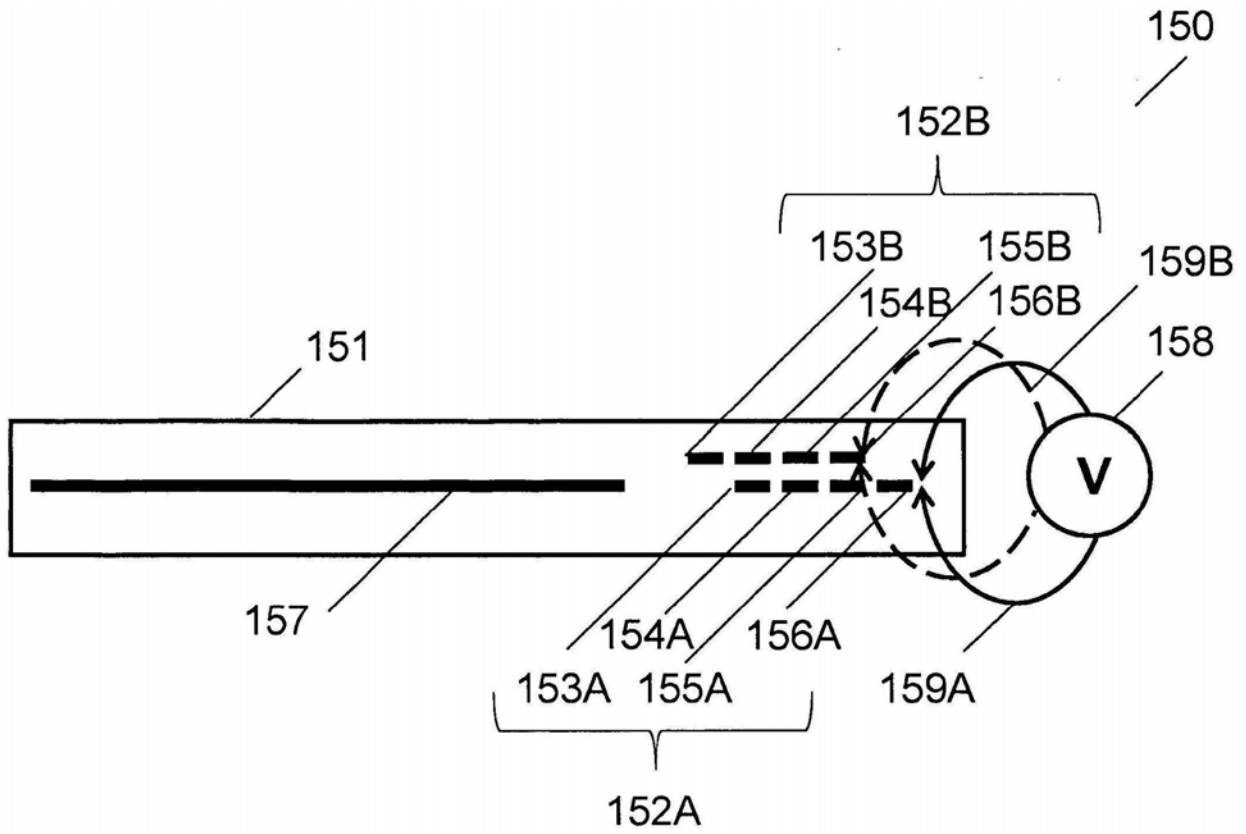


图6A

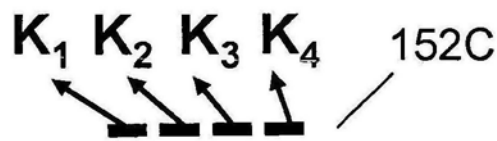


图6B

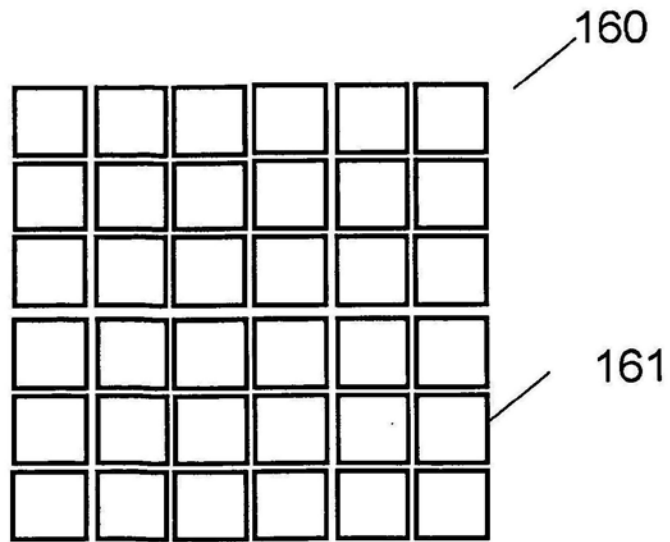


图7

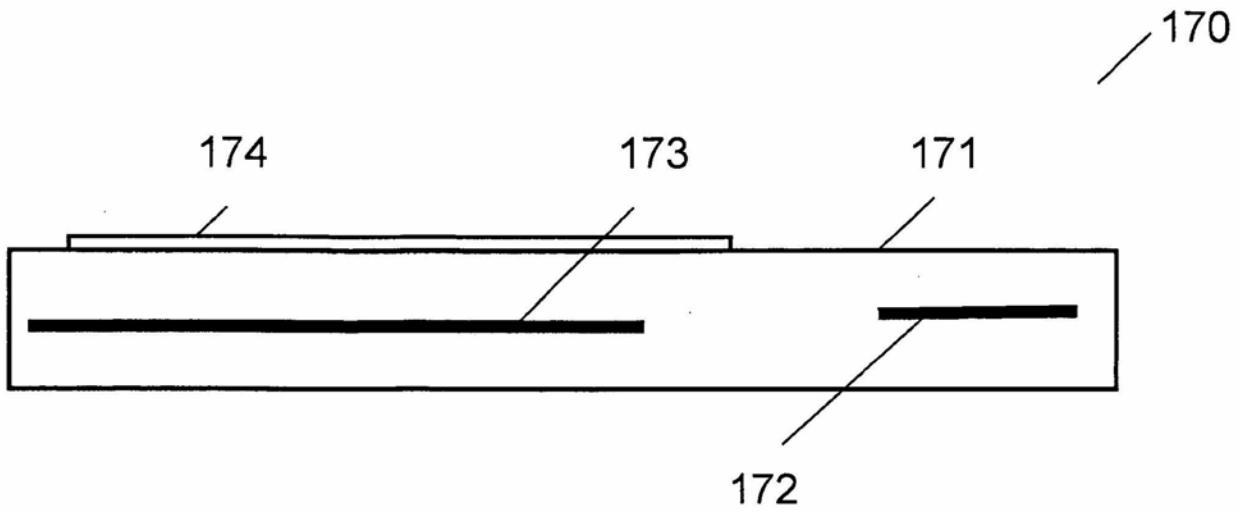


图8

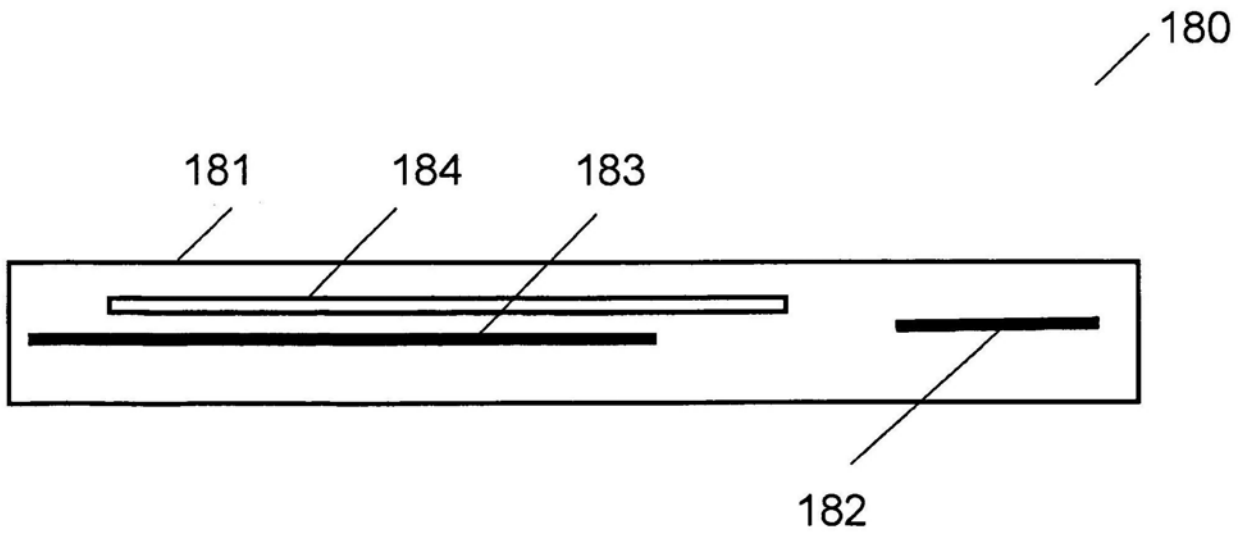


图9

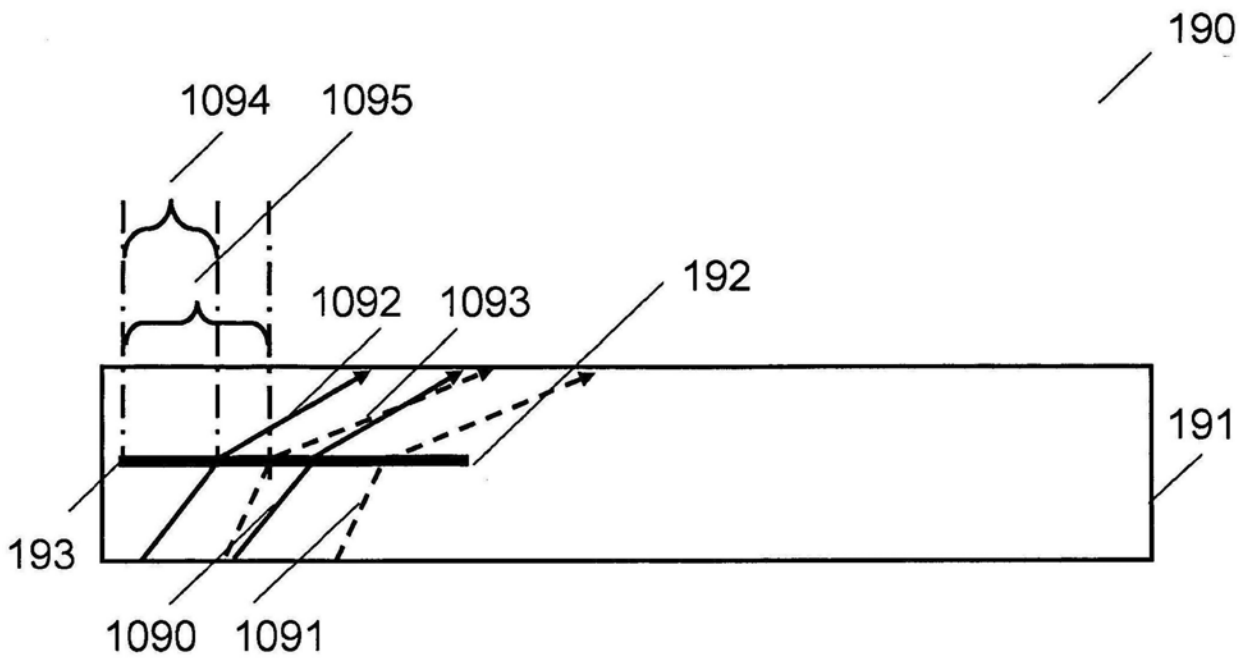


图10

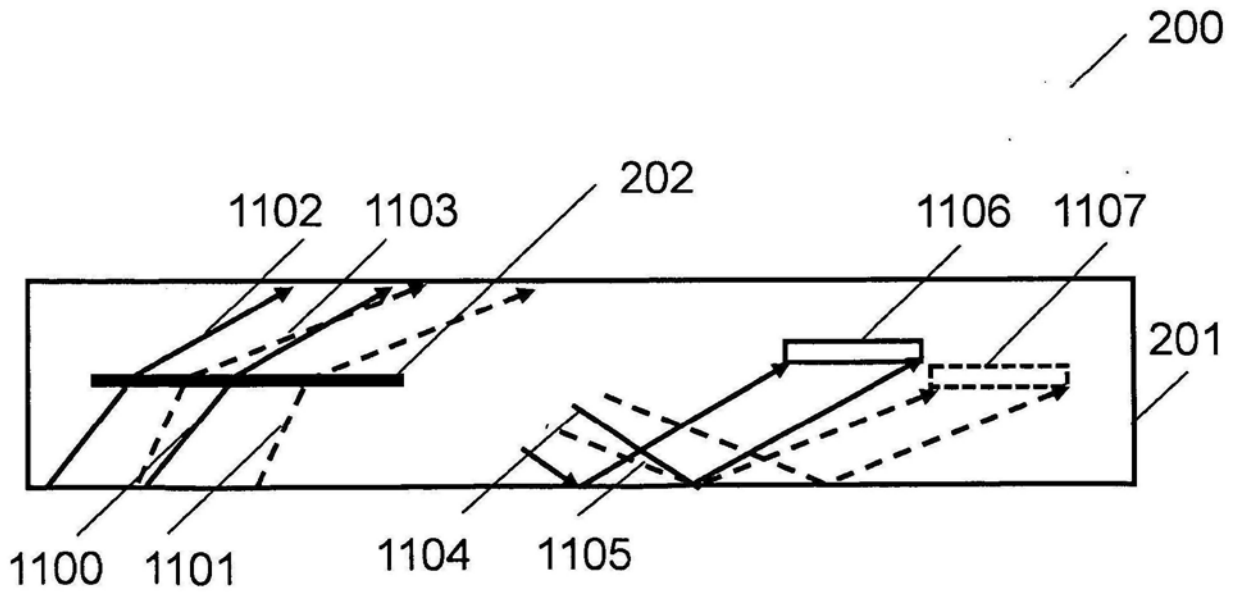


图11

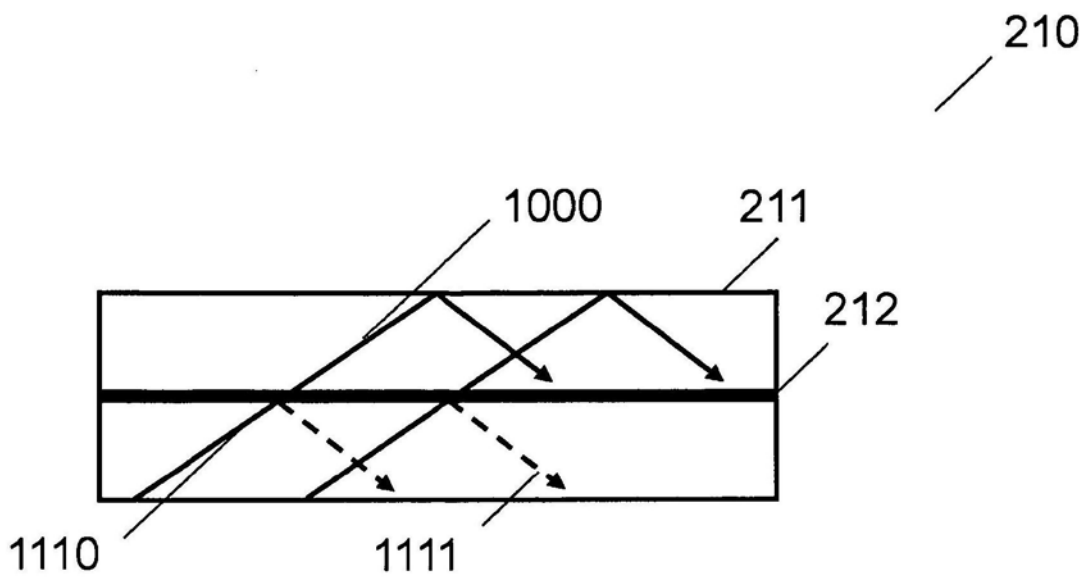


图12

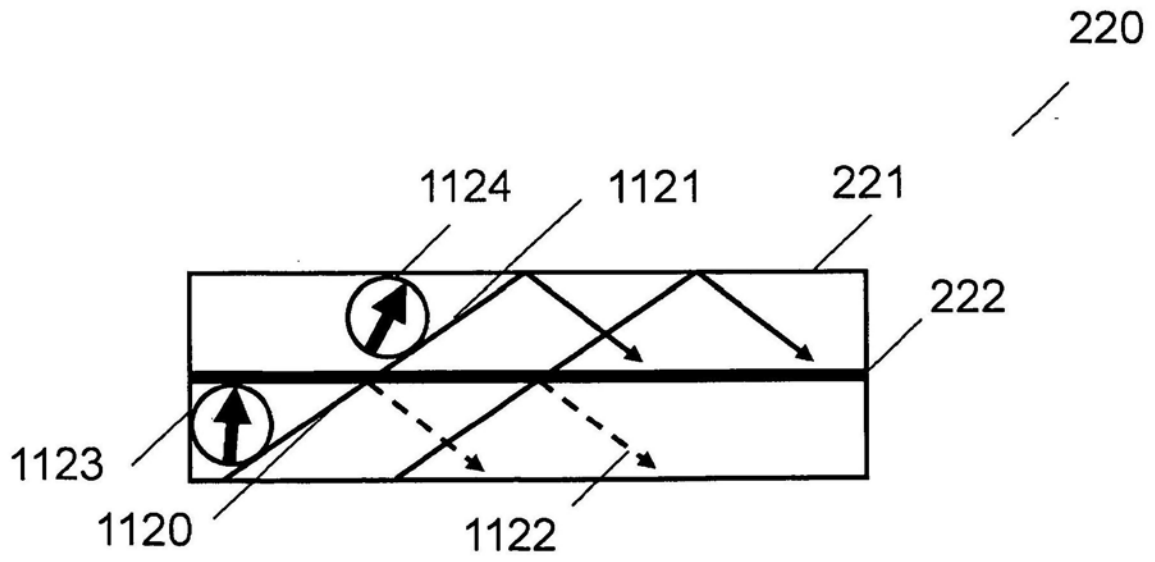


图13

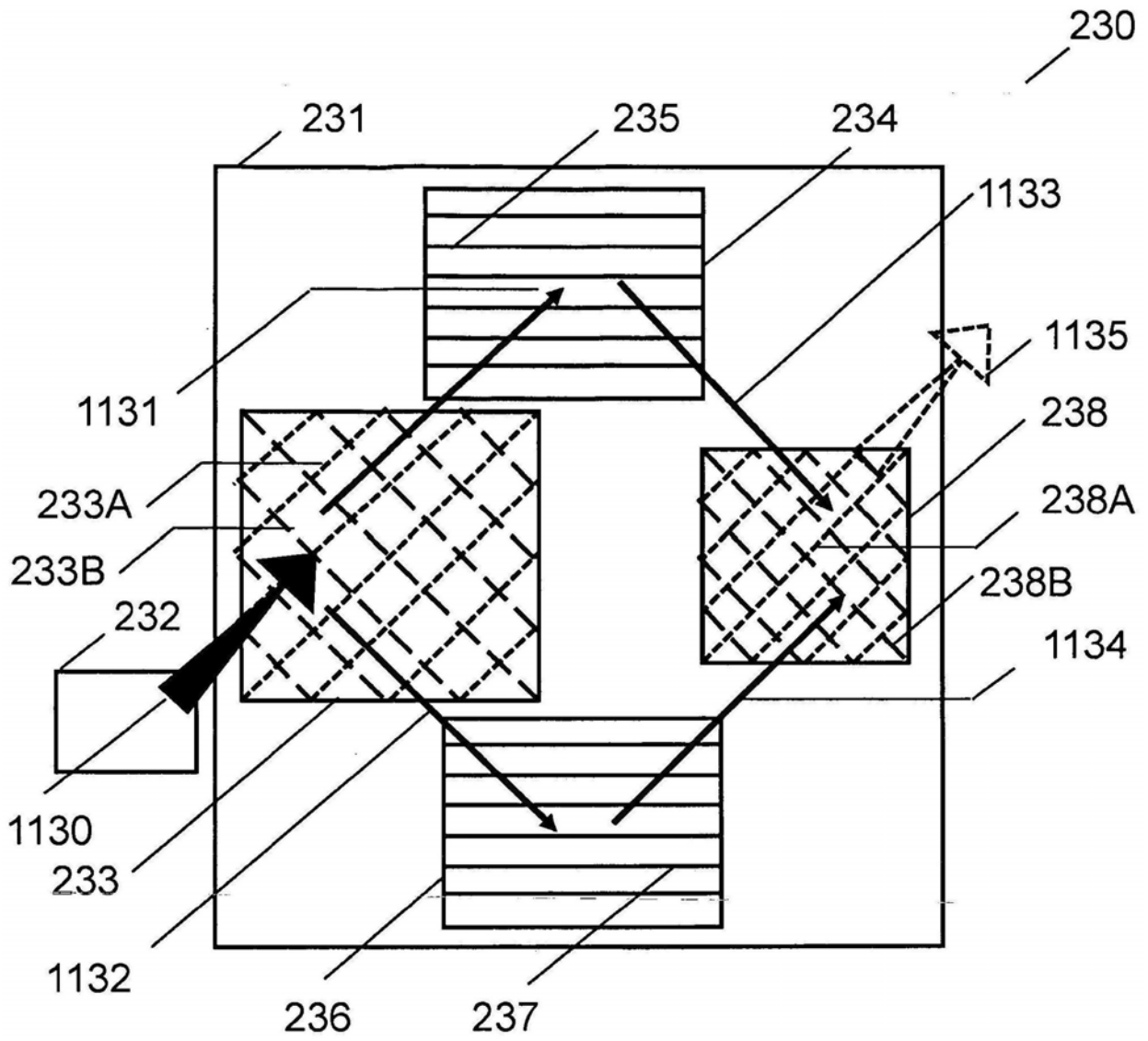


图14

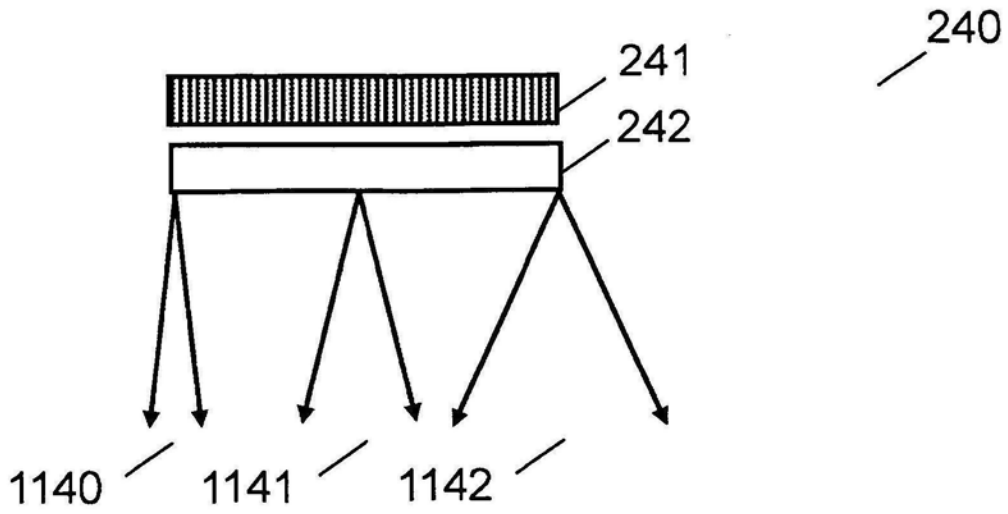


图15

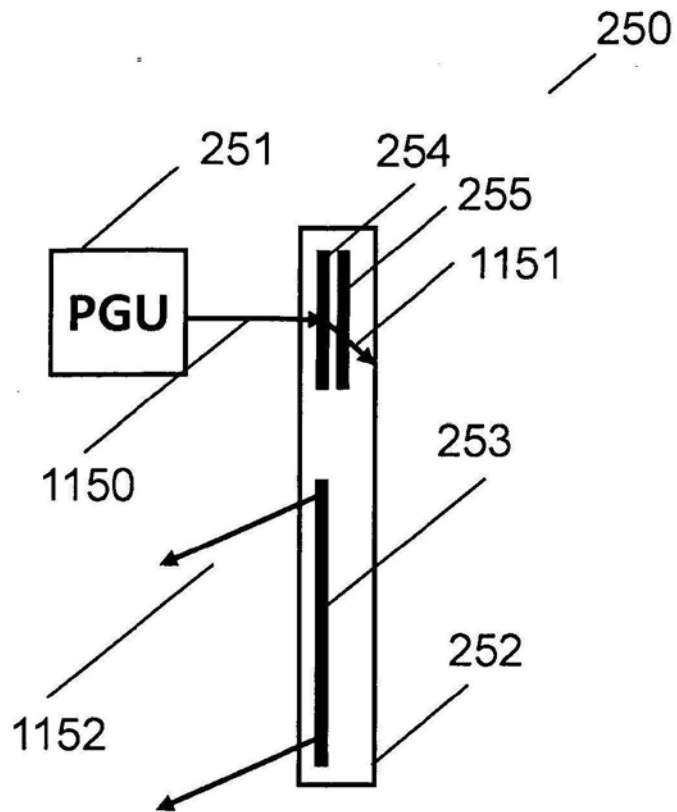


图16A

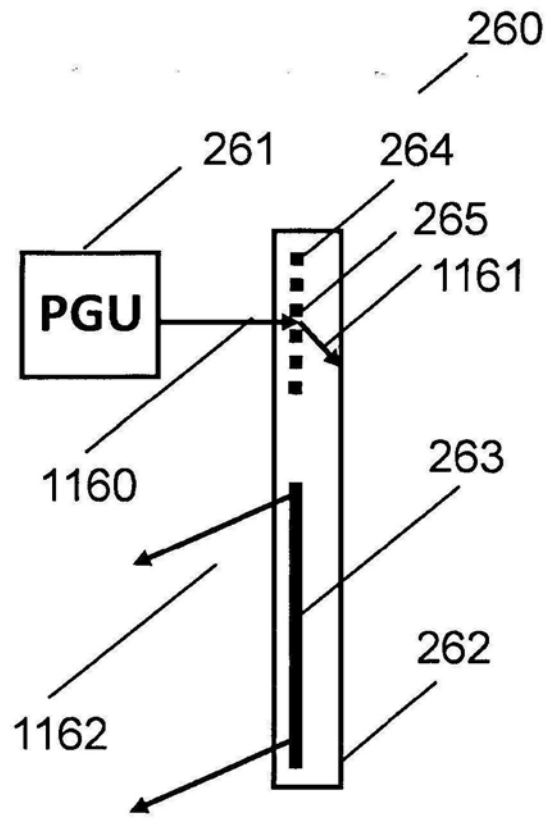


图16B

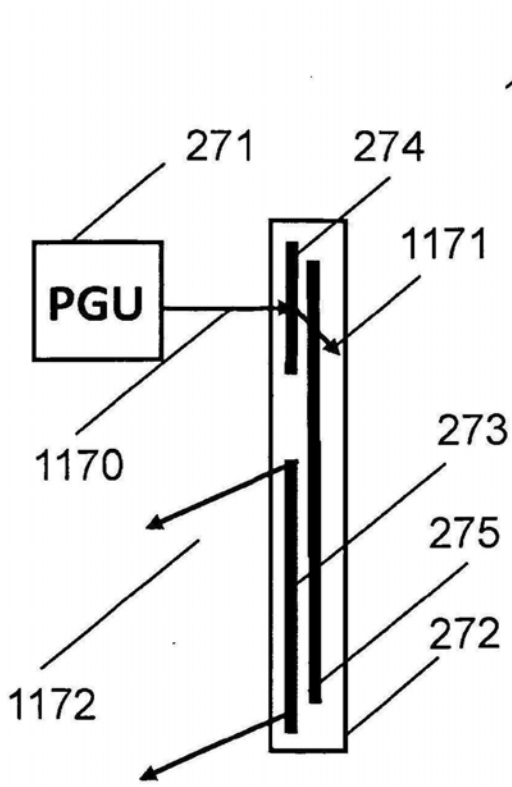


图 16C

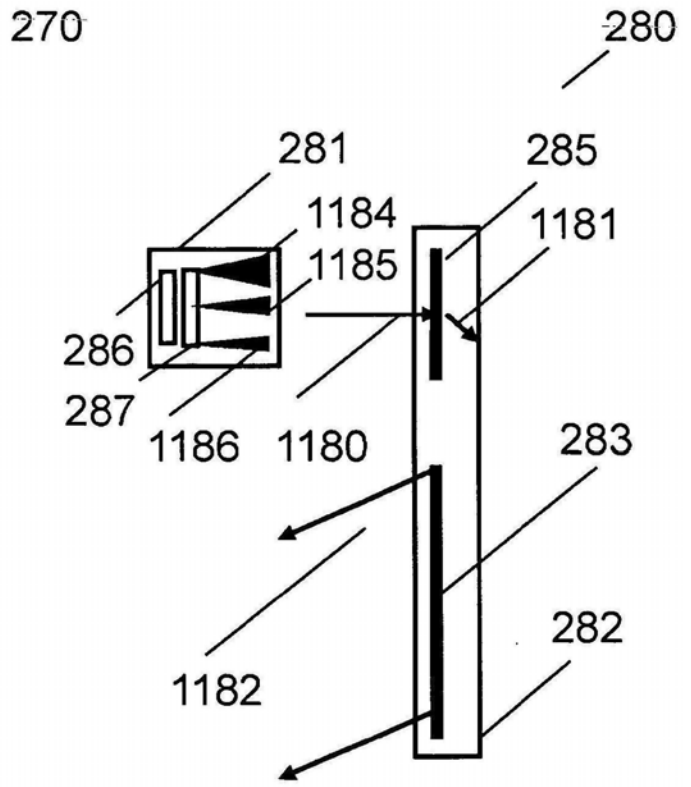


图 16D

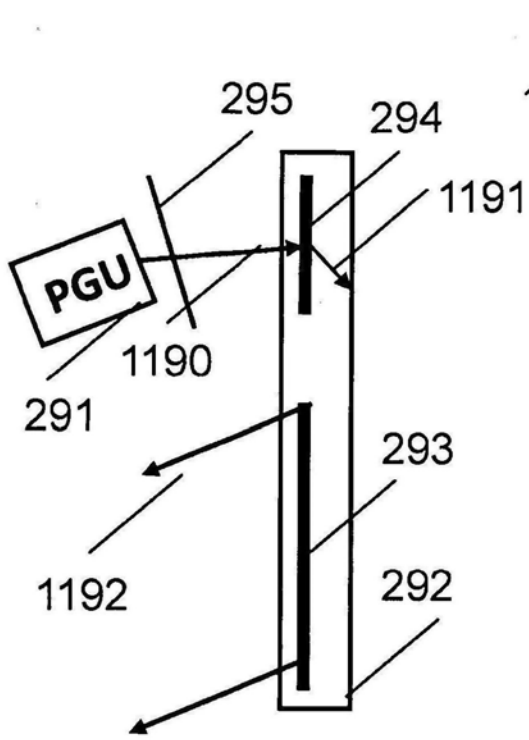


图 16E

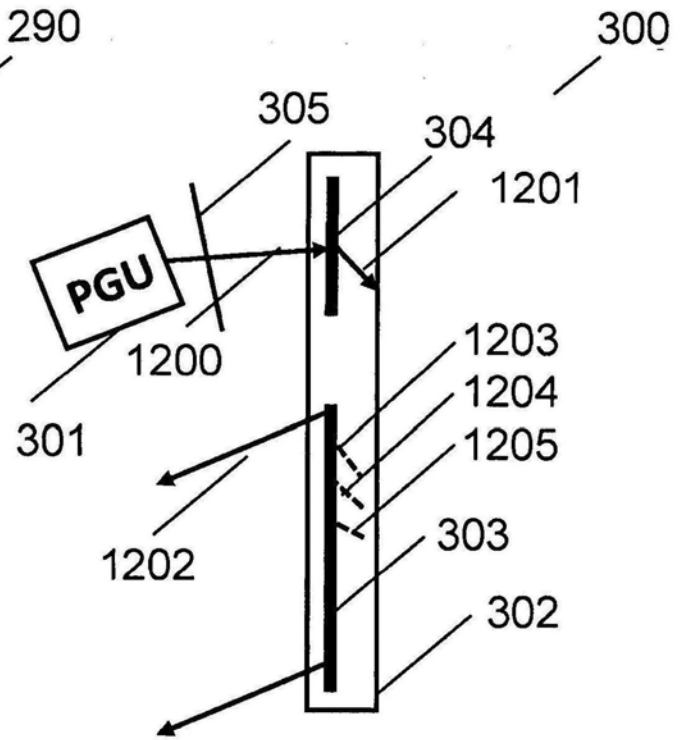


图 16F

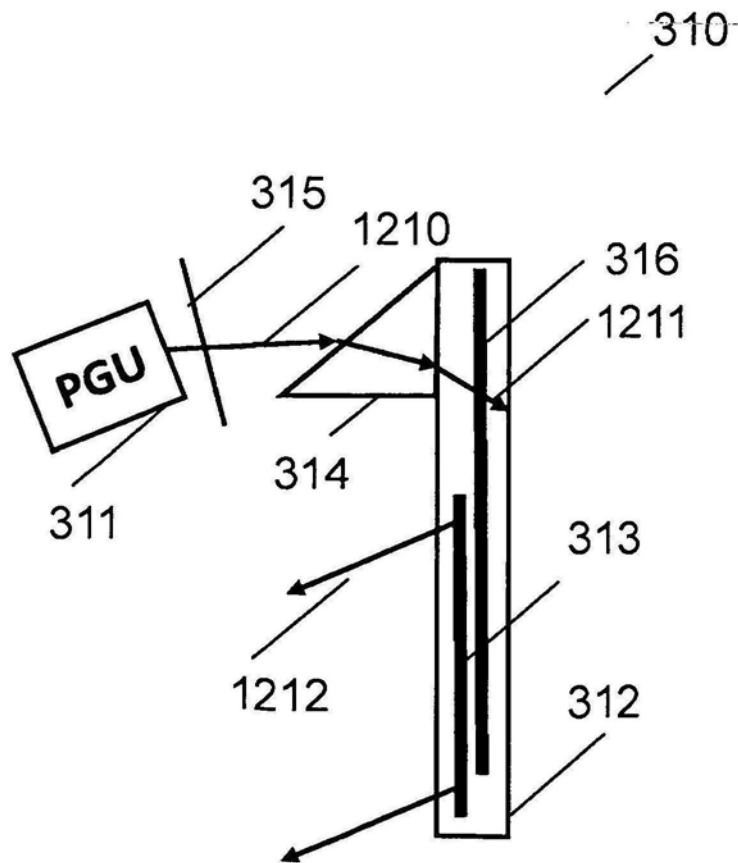


图16G

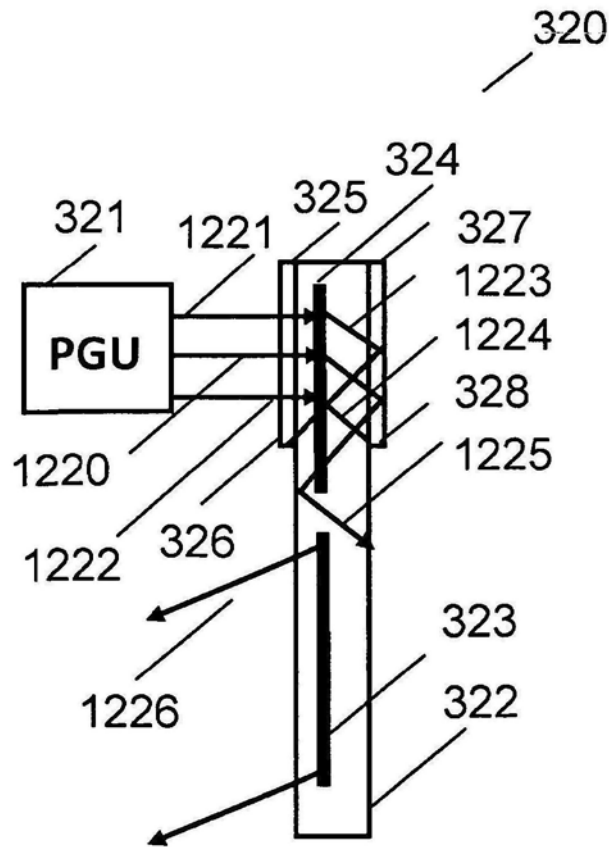


图16H

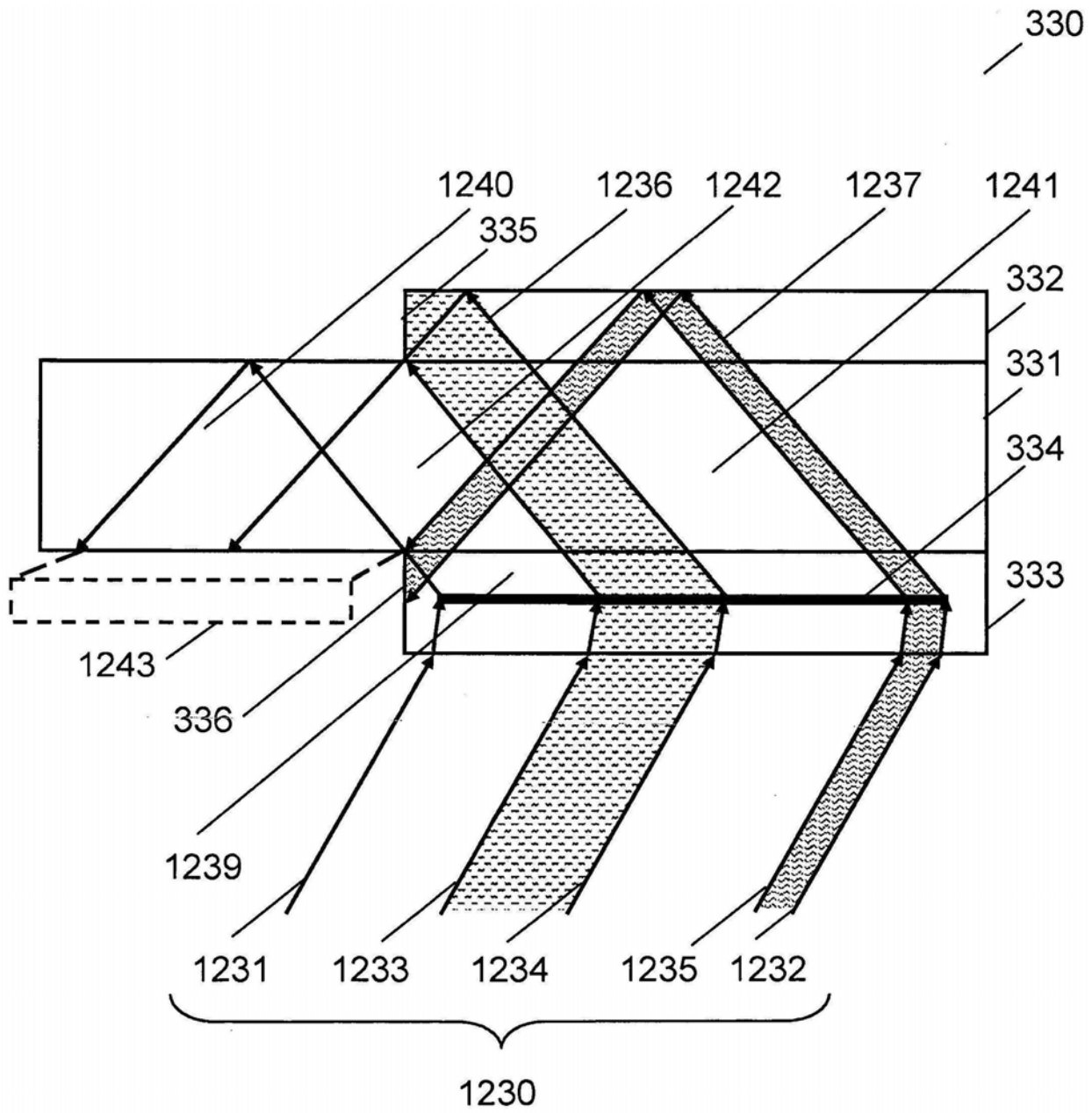


图17

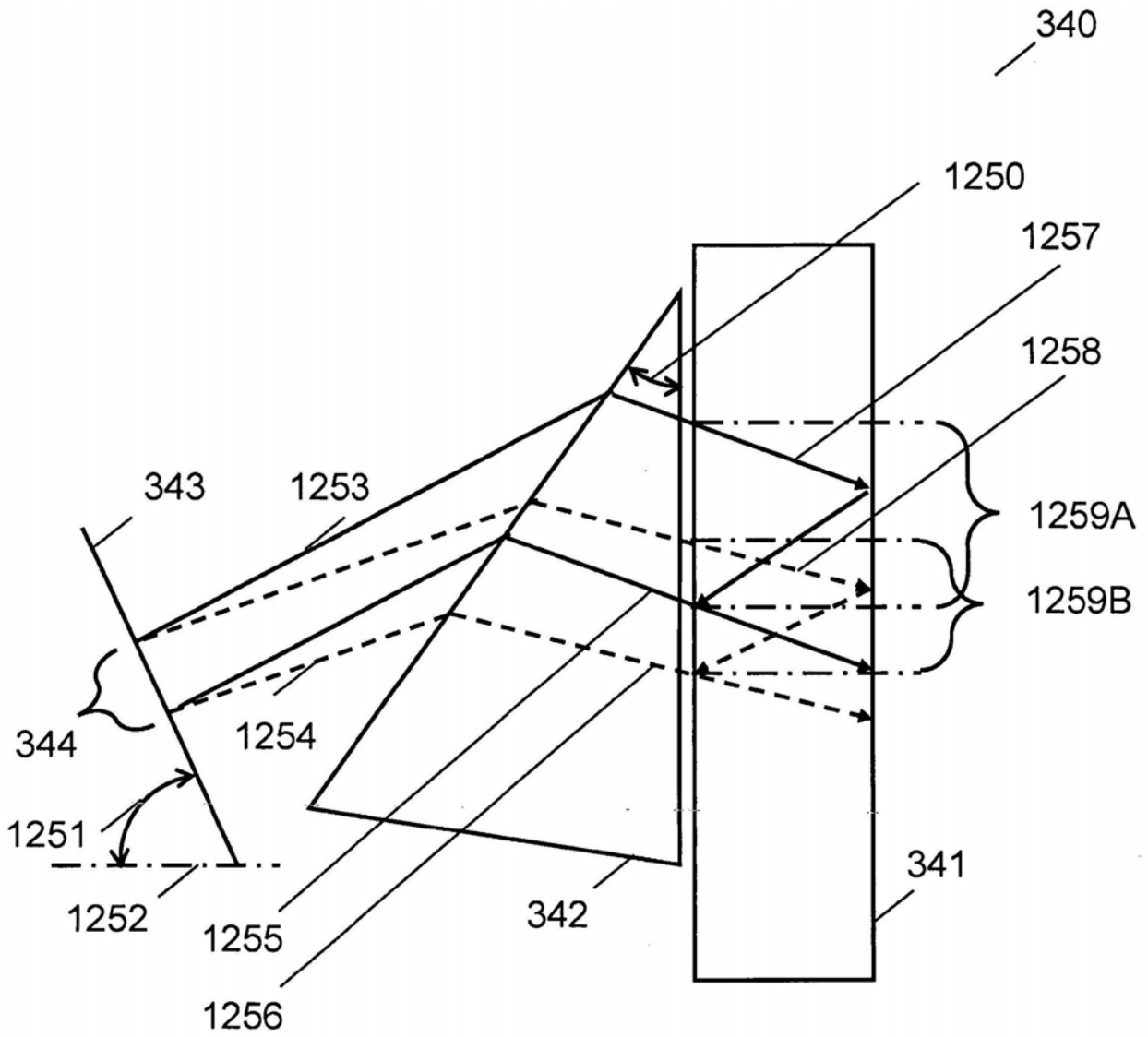


图18

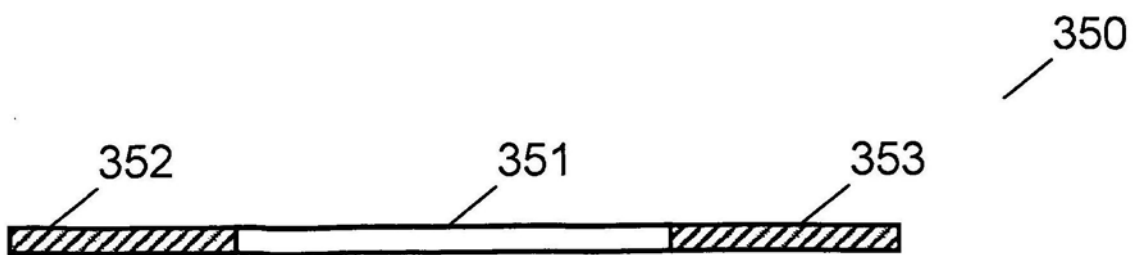


图19

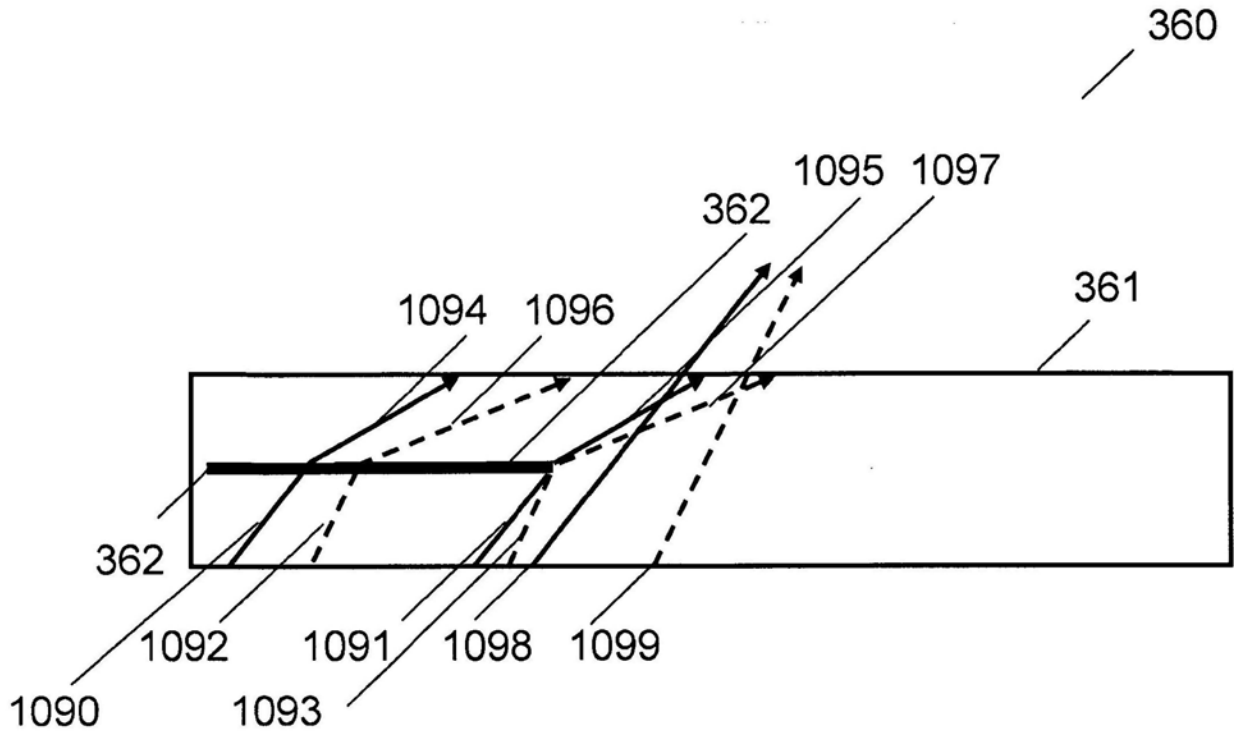


图20