



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108474914 B

(45) 授权公告日 2021.02.02

(21) 申请号 201680075502.8

M·米基耶莱托 S·R·帕皮尔

(22) 申请日 2016.12.22

(74) 专利代理机构 北京泛华伟业知识产权代理有限公司 11280

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108474914 A

代理人 王勇

(43) 申请公布日 2018.08.31

(51) Int.Cl.

(30) 优先权数据

G02B 6/36 (2006.01)

PA201570876 2015.12.23 DK

(56) 对比文件

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2018.06.22

JP 2011232706 A, 2011.11.17

JP 2011232706 A, 2011.11.17

JP 2005043638 A, 2005.02.17

(86) PCT国际申请的申请数据

EP 1096285 A2, 2001.05.02

PCT/DK2016/050459 2016.12.22

US 4575181 A, 1986.03.11

(87) PCT国际申请的公布数据

W02017/108060 EN 2017.06.29

EP 2479594 A1, 2012.07.25

WO 9935524 A2, 1999.07.15

(73) 专利权人 NKT光子学有限公司

JP 2008020741 A, 2008.01.31

US 2007172174 A1, 2007.07.26

地址 丹麦比克勒

US 2010124393 A1, 2010.05.20

(72) 发明人 T·T·奥克塞卓德 J·K·朗格塞
C·雅各布森 M·D·马克

审查员 王鑫

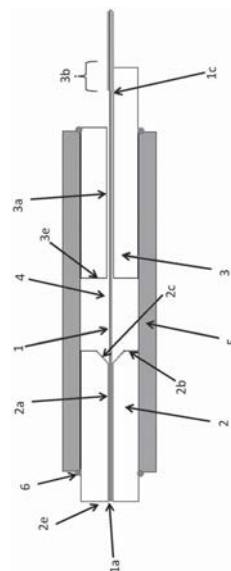
权利要求书9页 说明书18页 附图24页

(54) 发明名称

光子晶体光纤组件

(57) 摘要

本发明包括光子晶体光纤 (PCF) 组件, 其包括PCF和至少一个套圈结构。PCF具有中心轴线并且包括纤芯区域和包层区域以及具有第一光纤端部的第一光纤端部段。套圈结构具有中心轴线并安装到第一光纤端部段。套圈结构包括围绕第一光纤端部段的内套圈布置和外套圈布置。内套圈布置包括在第一光纤端部近侧的内套圈前段和在第一光纤端部的远侧的内套圈后段, 并且内套圈段中的每一个具有内径并且在至少一段长度上完全围绕PCF。内套圈后段在锚固长度段上锚固至第一光纤端部段, 并且内套圈前段支撑在第一光纤端部近侧的第一光纤端部段。



1. 一种光子晶体光纤组件,其包括光子晶体光纤和至少一个套圈结构,所述光子晶体光纤具有中心轴线并且包括纤芯区域和包层区域以及具有第一光纤端部的第一光纤端部段,所述套圈结构具有中心轴线并且被安装到所述第一光纤端部段,所述套圈结构包括围绕所述第一光纤端部段的内套圈布置和外套圈布置,所述内套圈布置包括在所述第一光纤端部近侧的内套圈前段以及在所述第一光纤端部远侧的内套圈后段,所述内套圈段中的每一个具有内径并且在其至少一段长度上完全围绕所述光子晶体光纤,所述内套圈后段在锚固长度段中被锚固至所述第一光纤端部段,并且所述内套圈前段支撑所述第一光纤端部近侧的所述第一光纤端部段,其中所述第一光纤端部段具有至少一个模剥离器长度段,并且所述内套圈前段和所述内套圈后段中的至少一个具有雕刻部,所述雕刻部暴露所述光子晶体光纤的所述模剥离器长度段。

2. 根据权利要求1所述的光子晶体光纤组件,其中所述组件还包括布置在所述内套圈前段和所述第一光纤端部段之间的对准套筒,以使得所述内套圈前段经由所述对准套筒支撑所述第一光纤端部近侧的所述第一光纤端部段。

3. 根据权利要求2所述的光子晶体光纤组件,其中,所述内套圈前段在预选择的轴向位置中围绕并保持所述对准套筒,所述内套圈前段的所述内径略大于所述对准套筒的最大外径。

4. 根据权利要求2或权利要求3所述的光子晶体光纤组件,其中,所述内套圈前段经由所述对准套筒并且通过将所述对准套筒机械地保持在轴向位置中来支撑所述第一光纤端部段。

5. 根据权利要求4所述的光子晶体光纤组件,其中所述对准套筒在所述第一光纤端部近侧围绕所述光子晶体光纤。

6. 根据权利要求2或权利要求3所述的光子晶体光纤组件,其中所述对准套筒通过具有至少沿着其支撑段的适合于所述第一光纤端部段的外径的内径来支撑所述第一光纤端部段。

7. 根据权利要求2或权利要求3所述的光子晶体光纤组件,其中所述对准套筒通过在其整个长度上或在所述支撑段中塌陷到所述第一光纤端部段上而支撑所述第一光纤端部段。

8. 根据权利要求2或权利要求3所述的光子晶体光纤组件,其中所述对准套筒由玻璃制成。

9. 根据权利要求2或权利要求3所述的光子晶体光纤组件,其中所述对准套筒对于 $1\mu\text{m}$ 的光具有高达1.45的折射率。

10. 根据权利要求2或权利要求3所述的光子晶体光纤组件,其中所述对准套筒是向下掺杂的二氧化硅。

11. 根据权利要求2或权利要求3所述的光子晶体光纤组件,其中所述对准套筒具有小于所述包层区域的有效折射率的折射率。

12. 根据权利要求2或权利要求3所述的光子晶体光纤组件,其中,所述对准套筒保持在所述内套圈前段内,而在所述对准套筒和所述内套圈前段之间没有任何中间材料。

13. 根据权利要求1-3中任一项所述的光子晶体光纤组件,其中所述内套圈前段和所述内套圈后段不直接固定到彼此。

14. 根据权利要求1-3中任一项所述的光子晶体光纤组件,其中,所述内套圈前段直接

地支撑所述第一光纤端部近侧的所述第一光纤端部段。

15. 根据权利要求1-3中任一项所述的光子晶体光纤组件,其中所述套圈结构包括密封焊料元件,所述密封焊料元件布置成围绕所述第一光纤端部段以在所述第一光纤端部段和所述内套圈后段之间形成环形气密密封件,所述密封焊料元件被布置为比所述内套圈后段的所述锚固长度段更靠近前环形段。

16. 根据权利要求1-3中任一项所述的光子晶体光纤组件,其中,所述光子晶体光纤在从所述内套圈后段的所述锚固段到所述第一光纤端部的所述第一光纤端部段中没有聚合物涂层。

17. 根据权利要求1-3中任一项所述的光子晶体光纤组件,其中,所述内套圈前段由在200nm与4 μ m之间的波长处至少部分透明的材料制成。

18. 根据权利要求1-3中任一项所述的光子晶体光纤组件,其中,所述内套圈后段由熔融或结晶石英或由金属或合金制成。

19. 根据权利要求1-3中任一项所述的光子晶体光纤组件,其中,所述外套圈布置由金属、陶瓷或玻璃制成。

20. 根据权利要求1-3中任一项所述的光子晶体光纤组件,其中,所述外套圈布置被固定到所述内套圈布置的所述内套圈前段和所述内套圈后段中的每一个,以将它们相对于彼此保持在固定位置,以使得所述光子晶体光纤的所述第一光纤端部段被支撑为在所述套圈结构内基本上笔直。

21. 根据权利要求1-3中任一项所述的光子晶体光纤组件,其中,所述第一光纤端部段在基本上不施加产生施加于所述光纤的压力的应力的情况下安装在所述套圈结构中。

22. 根据权利要求1-3中任一项所述的光子晶体光纤组件,其中,所述第一光纤端部段安装在所述套圈结构中,而没有超出至包括所述锚固的所述内套圈后段的一个或多个结合的至所述光纤的任何直接结合。

23. 根据权利要求1-3中任一项所述的光子晶体光纤组件,其中,所述套圈结构包括布置在所述第一光纤端部前面的端盖,所述端盖与所述内套圈前段间隔一定距离或没有距离地安装。

24. 根据权利要求23所述的光子晶体光纤组件,其中所述端盖固定到所述外套圈布置的所述外套圈前段,所述外套圈布置包括所述外套圈前段和外套圈后段,其中所述外套圈后段固定至所述内套圈后段和所述内套圈前段,并且所述外套圈前段固定至所述内套圈前段。

25. 根据权利要求23所述的光子晶体光纤组件,其中所述端盖是抗反射涂覆的二氧化硅端盖。

26. 根据权利要求1-3中任一项所述的光子晶体光纤组件,其中所述光子晶体光纤是中空纤芯光纤或实心纤芯光纤。

27. 根据权利要求1-3中任一项所述的光子晶体光纤组件,其中所述光子晶体光纤具有小于100 μ m的纤芯直径。

28. 根据权利要求23所述的光子晶体光纤组件,其中,所述光子晶体光纤是中空纤芯光纤,并且所述端盖被固定到所述外套圈布置的所述外套圈前段,以在所述端盖和所述内套圈前段之间提供端盖空间。

29. 根据权利要求28所述的光子晶体光纤组件,其中,所述内套圈布置包括进入所述端盖空间以用于注射和/或抽出流体的通道。

30. 根据权利要求1-3中任一项所述的光子晶体光纤组件,其中,所述内套圈前段具有后端,所述后端的至少径向外部分相对于所述套圈结构的中心轴线成角度,以外耦合在所述内套圈布置中传播的光。

31. 根据权利要求1-3中任一项所述的光子晶体光纤组件,其中所述内套圈前段具有后端,所述后端的至少径向内部部分相对于所述中心轴线成角度以形成漏斗形状。

32. 根据权利要求1-3中任一项所述的光子晶体光纤组件,其中所述内套圈前段具有后端,所述后端涂覆有反射涂层以背向反射光。

33. 根据权利要求1-3中任一项所述的光子晶体光纤组件,其中所述内套圈前段具有前端,所述前端涂覆有反射涂层以保护所述套圈结构以防止入射光和/或背向反射光。

34. 根据权利要求1-3中任一项所述的光子晶体光纤组件,其中,所述内套圈后段具有前端,所述前端相对于所述套圈结构的中心轴线成角度和/或所述前端涂覆有反射涂层以防止入射光和/或背向反射光。

35. 根据权利要求1-3中任一项所述的光子晶体光纤组件,其中,所述模剥离器长度段包括在所述模剥离器长度段处与所述光纤接触地施加的模剥离高折射率材料和/或散射层,和/或所述光纤在所述模剥离器长度段中具有至少 $0.1\mu\text{m}$ 的粗糙度Ra值。

36. 根据权利要求35所述的光子晶体光纤组件,其中,所述光子晶体光纤的所述模剥离器长度段被定位在所述内套圈前段和所述内套圈后段之间。

37. 根据权利要求35所述的光子晶体光纤组件,其中所述雕刻部部分地围绕所述光纤,以使得它延伸至少20度。

38. 根据权利要求1-3中任一项所述的光子晶体光纤组件,其中所述套圈结构包括布置为与所述内套圈前段的外表面直接接触的模剥离器涂层。

39. 根据权利要求3所述的光子晶体光纤组件,其中,所述套圈结构包括围绕所述外套圈布置的外部对准套,所述外部对准套包括用于对准的部件,用于在所述轴向方向(z方向)上的对准和/或用于旋转对准。

40. 根据权利要求39所述的光子晶体光纤组件,其中,所述用于对准的部件包括一个或多个凸缘。

41. 根据权利要求39或权利要求40所述的光子晶体光纤组件,其中所述用于对准的部件包括用于旋转光纤定向的标记。

42. 根据权利要求39所述的光子晶体光纤组件,其中,所述套圈结构被配置成用于通过冷却流体来冷却所述外套圈布置和/或所述外部对准套,所述外部对准套包括用于所述冷却流体的具有至少一个入口和至少一个出口的通道。

43. 根据权利要求1-3中任一项所述的光子晶体光纤组件,其中所述组件还包括一个或多个传感器。

44. 根据权利要求1-3中任一项所述的光子晶体光纤组件,其中,所述组件包括连接到所述光子晶体光纤的第二端部段的第二套圈结构。

45. 根据权利要求1所述的光子晶体光纤组件,其中在所述第一光纤端部段处的光子晶体光纤中心轴线和所述套圈结构中心轴线基本平行。

46. 根据权利要求1所述的光子晶体光纤组件,其中在所述第一光纤端部段处的所述光子晶体光纤中心轴线和所述套圈结构中心轴线重合。

47. 根据权利要求2所述的光子晶体光纤组件,其中所述对准套筒布置成在所述第一光纤端部处围绕并支撑所述第一光纤端部段。

48. 根据权利要求3所述的光子晶体光纤组件,其中所述内套圈前段的所述内径比所述对准套筒的最大外径在直径上大从 $0.1\mu\text{m}$ 至 2mm 。

49. 根据权利要求3所述的光子晶体光纤组件,其中所述内套圈前段的所述内径比所述对准套筒的最大外径在直径上大从 $1\mu\text{m}$ 至 1mm 。

50. 根据权利要求3所述的光子晶体光纤组件,其中所述内套圈前段的所述内径比所述对准套筒的最大外径在直径上大从 0.1mm 至 0.01mm 。

51. 根据权利要求4所述的光子晶体光纤组件,其中所述对准套筒的端部和所述内套圈前段的端部在垂直于所述套圈结构中心轴线的平面中对准。

52. 根据权利要求4所述的光子晶体光纤组件,其中所述第一光纤端部、所述对准套筒的端部和所述内套圈前段的端部在垂直于所述光子晶体光纤中心轴线的平面中对准。

53. 根据权利要求5所述的光子晶体光纤组件,其中所述第一光纤端部和所述对准套筒的端部在垂直于所述光子晶体光纤中心轴线的平面中对准。

54. 根据权利要求5所述的光子晶体光纤组件,其中所述对准套筒在所述轴向方向上的长度为至少 1mm 。

55. 根据权利要求5所述的光子晶体光纤组件,其中所述对准套筒在所述轴向方向上的长度为从 2mm 至 5cm 。

56. 根据权利要求5所述的光子晶体光纤组件,其中所述对准套筒在所述轴向方向上的长度为从 5mm 至 2cm 。

57. 根据权利要求6所述的光子晶体光纤组件,其中所述对准套筒的支撑段的内径比所述第一光纤端部段的外径大至多 0.5mm 。

58. 根据权利要求6所述的光子晶体光纤组件,其中所述对准套筒的支撑段的内径比所述第一光纤端部段的外径大至多 0.1mm 。

59. 根据权利要求6所述的光子晶体光纤组件,其中所述对准套筒的支撑段的内径比所述第一光纤端部段的外径大至多 0.01mm 。

60. 根据权利要求7所述的光子晶体光纤组件,其中所述对准套筒是毛细管,所述毛细管已经被应用于围绕所述光子晶体光纤并且在作为至少其中间段的其支撑段中通过热量塌陷,由此布置成支撑所述光子晶体光纤的第一光纤端部段。

61. 根据权利要求60所述的光子晶体光纤组件,其中所述对准套筒在没有任何中间材料的情况下熔融到所述光纤。

62. 根据权利要求8所述的光子晶体光纤组件,其中所述玻璃是石英玻璃和/或硼硅酸盐玻璃。

63. 根据权利要求62所述的光子晶体光纤组件,其中所述石英玻璃是熔融石英玻璃、熔融石英和/或掺杂二氧化硅。

64. 根据权利要求62所述的光子晶体光纤组件,其中所述硼硅酸盐玻璃是包含96%二氧化硅和4%三氧化硼的硼硅酸盐玻璃。

65. 根据权利要求2或3所述的光子晶体光纤组件,其中所述对准套筒对于1-2 μm 范围内的光具有高达1.45的折射率。

66. 根据权利要求10所述的光子晶体光纤组件,其中所述对准套筒是掺杂有氟和/或硼的二氧化硅。

67. 根据权利要求12所述的光子晶体光纤组件,其中所述对准套筒机械地保持和/或熔融到所述内套圈前段。

68. 根据权利要求13所述的光子晶体光纤组件,其中所述内套圈前段和所述内套圈后段被布置成在轴向方向上具有中间间隙。

69. 根据权利要求13所述的光子晶体光纤组件,其中所述间隙在所述内套圈前段和所述内套圈后段之间提供轴向方向上的距离。

70. 根据权利要求69所述的光子晶体光纤组件,其中所述距离在从1mm至10cm的范围内。

71. 根据权利要求69所述的光子晶体光纤组件,其中所述距离在从5mm到2cm的范围内。

72. 根据权利要求14所述的光子晶体光纤组件,其中,通过将所述第一光纤端部近侧的所述第一光纤端部段机械地保持在轴向位置,所述内套圈前段直接地支撑所述第一光纤端部近侧的所述第一光纤端部段。

73. 根据权利要求14所述的光子晶体光纤组件,其中所述内套圈前段的端部和所述第一光纤端部在垂直于所述光子晶体光纤中心轴线的平面中对准。

74. 根据权利要求15所述的光子晶体光纤组件,其中所述内套圈后段的所述锚固长度段不是完全环形的。

75. 根据权利要求74所述的光子晶体光纤组件,其中所述内套圈后段的所述锚固长度段围绕所述光子晶体光纤延伸20度至350度。

76. 根据权利要求74所述的光子晶体光纤组件,其中所述内套圈后段的所述锚固长度段围绕所述光子晶体光纤延伸180度。

77. 根据权利要求17所述的光子晶体光纤组件,其中,所述内套圈前段由熔融或结晶石英制成。

78. 根据权利要求17所述的光子晶体光纤组件,其中,所述内套圈前段由对于1 μm 的光具有1.45的折射率的基本上未掺杂的二氧化硅制成。

79. 根据权利要求19所述的光子晶体光纤组件,其中,所述玻璃是二氧化硅。

80. 根据权利要求20所述的光子晶体光纤组件,其中,所述外套圈布置通过粘合剂、焊料和/或熔融或激光焊接来固定到所述内套圈布置。

81. 根据权利要求23所述的光子晶体光纤组件,其中,所述端盖直接固定到所述内套圈前段或所述外套圈布置的外套圈前段。

82. 根据权利要求25所述的光子晶体光纤组件,其中所述端盖是或包括透镜。

83. 根据权利要求26所述的光子晶体光纤组件,其中所述第一光纤端部具有金属或抗反射涂层。

84. 根据权利要求27所述的光子晶体光纤组件,其中所述光子晶体光纤具有50 μm 或更小的纤芯直径。

85. 根据权利要求27所述的光子晶体光纤组件,其中所述光子晶体光纤具有从5 μm 至40

μm 的纤芯直径。

86. 根据权利要求28所述的光子晶体光纤组件,其中,所述中空纤芯具有塌陷的端部部分以及在第一光纤端部上的金属或抗反射涂层。

87. 根据权利要求29所述的光子晶体光纤组件,其中,所述通道由所述内套圈前段和所述内套圈后段中的每一个中的至少一个附加通孔提供。

88. 根据权利要求87所述的光子晶体光纤组件,其中,所述附加通孔基本平行于所述套圈结构的轴线。

89. 根据权利要求88所述的光子晶体光纤组件,其中,所述附加通孔包括位于所述内套圈后段的出口处的阀门布置。

90. 根据权利要求30所述的光子晶体光纤组件,其中,所述后端的径向半环形或环形外部部分相对于所述套圈结构的中心轴线成角度,以外耦合在所述内套圈布置中传播的光。

91. 根据权利要求32所述的光子晶体光纤组件,其中所述光是在所述套圈中传播的光。

92. 根据权利要求38所述的光子晶体光纤组件,其中所述模剥离器涂层包含在所述内套圈前段和所述外套圈布置之间。

93. 根据权利要求30所述的光子晶体光纤组件,其中,所述套圈结构包括围绕所述外套圈布置的外部对准套,所述外部对准套包括用于对准的部件,用于在所述径向方向(x、y方向)上的对准和/或用于旋转对准。

94. 根据权利要求40所述的光子晶体光纤组件,其中,所述凸缘是用于利用定位控制进行安装的凸缘。

95. 根据权利要求41所述的光子晶体光纤组件,其中,所述用于对准的部件包括用于PM定向的标记。

96. 根据权利要求43所述的光子晶体光纤组件,其中,所述一个或多个传感器是用于监测温度、用于监测连接器性能和/或用于监测光纤损坏的一个或多个光学传感器和/或电传感器和/或化学传感器。

97. 根据权利要求44所述的光子晶体光纤组件,其中,所述第二套圈结构为如根据前述权利要求中任一项所述的套圈结构。

98. 一种包括根据前述权利要求中任一项所述的光子晶体光纤组件的激光系统。

99. 根据权利要求98所述的激光系统,其中所述激光系统包括激光源,所述光子晶体光纤组件光学地连接到所述激光源,用于接收来自所述激光源的光并适于将所述光传输到用户设备的光利用站。

100. 根据权利要求98或权利要求99所述的激光系统,其中所述激光源被配置用于产生激光脉冲。

101. 根据权利要求100所述的激光系统,其中所述激光源具有从30fs到30ps的泵浦持续时间。

102. 根据权利要求100所述的激光系统,其中所述激光源具有在所述激光源的出口处确定的峰值功率,峰值功率为至少5kW。

103. 根据权利要求100所述的激光系统,其中所述激光源是锁模激光器

104. 根据权利要求98或权利要求99所述的激光系统,其中所述光子晶体光纤是中空纤芯光子晶体光纤。

105. 根据权利要求104所述的激光系统,其中所述光子晶体光纤被配置用于引导光波长的连续谱。

106. 根据权利要求104所述的激光系统,其中所述中空纤芯光子晶体光纤包括外包层区域和由所述外包层区域围绕的N个中空管,其中所述中空管中的每一个熔融到所述外包层以形成限定内包层区域的环和由所述内包层区域围绕的所述中空纤芯区域。

107. 根据权利要求106所述的激光系统,其中所述中空管彼此不接触。

108. 根据权利要求98或权利要求99所述的激光系统,其中所述光子晶体光纤是实心纤芯光子晶体光纤。

109. 根据权利要求98或权利要求99所述的激光系统,其中所述光子晶体光纤具有从 $3\mu\text{m}$ 至 $100\mu\text{m}$ 的纤芯区域直径。

110. 根据权利要求99所述的激光系统,其中具有所述套圈结构的所述第一光纤端部适于连接到所述用户设备。

111. 根据权利要求100所述的激光系统,其中所述激光源是飞秒激光源。

112. 根据权利要求101所述的激光系统,其中所述激光源具有从100fs到10ps的泵浦持续时间。

113. 根据权利要求102所述的激光系统,其中所述峰值功率为至少10kW。

114. 根据权利要求102所述的激光系统,其中所述峰值功率为至少30kW。

115. 根据权利要求102所述的激光系统,其中所述峰值功率为至少50kW。

116. 根据权利要求103所述的激光系统,其中所述锁模激光器是主动锁模激光器或被动锁模激光器。

117. 根据权利要求103所述的激光系统,其中所述锁模激光器包括一个或多个放大器。

118. 根据权利要求104所述的激光系统,其中所述中空纤芯光子晶体光纤被配置用于引导包括在从200nm至 $4.5\mu\text{m}$ 范围内的至少一个波长的光。

119. 根据权利要求104所述的激光系统,其中所述中空纤芯光子晶体光纤被配置用于引导包括在从1000nm至1100nm范围内的至少一个波长的光。

120. 根据权利要求105所述的激光系统,其中所述光波长的连续谱跨越至少 $0.1\mu\text{m}$ 。

121. 根据权利要求105所述的激光系统,其中所述光波长的连续谱跨越至少 $0.3\mu\text{m}$ 。

122. 根据权利要求105所述的激光系统,其中所述光波长的连续谱跨越至少 $0.5\mu\text{m}$ 。

123. 根据权利要求106所述的激光系统,其中N为6至12。

124. 根据权利要求106所述的激光系统,其中N为7。

125. 根据权利要求107所述的激光系统,其中所述中空管布置为与相邻中空管基本上等距离。

126. 根据权利要求108所述的激光系统,其中所述实心纤芯光子晶体光纤是包含多个非实心和/或实心包层内含物的微结构化的实心纤芯光子晶体光纤。

127. 根据权利要求108所述的激光系统,其中所述实心纤芯光子晶体光纤被配置用于引导包括在从200nm至 $4.5\mu\text{m}$ 范围内的至少一个波长的光。

128. 根据权利要求108所述的激光系统,其中所述实心纤芯光子晶体光纤被配置用于引导包括在从1000nm至1100nm范围内的至少一个波长的光。

129. 根据权利要求109所述的激光系统,其中所述光子晶体光纤具有从 $10\mu\text{m}$ 至 $50\mu\text{m}$ 的

纤芯区域直径。

130. 根据权利要求109所述的激光系统,其中所述光子晶体光纤具有从10 μ m至30 μ m的纤芯区域直径。

131. 一种适用于根据权利要求1-97中任一项所述的光子晶体光纤组件的相关套圈元件的组,所述套圈元件的组包括

- 用于形成内套圈布置的内套圈前段和内套圈后段;以及
- 外套圈布置,

其中所述内套圈前段、所述内套圈后段和所述外套圈布置中的每一个都具有长度和中心轴线并且包括与相应中心轴线平行或重合的主中空通孔,所述相关套圈元件的组还包括具有长度和中心轴线的对准套筒,并且包括平行于所述中心轴线或与所述中心轴线重合的主中空通孔。

132. 根据权利要求131所述的相关套圈元件的组,其中,所述元件相关联,以使得所述对准套筒能够定位在所述内套圈前段的所述主中空通孔中,并且所述内套圈前段和所述内套圈后段能够被安装在所述外套圈布置的所述主中空通孔中以形成所述内套圈布置。

133. 根据权利要求131或权利要求132所述的相关套圈元件的组,其中所述对准套筒是毛细管,并且其中所述对准套筒的所述主中空通孔具有2mm或更小的内径。

134. 根据权利要求131或权利要求132所述的相关套圈元件的组,其中,所述对准套筒在轴向方向上的长度为至少1mm。

135. 根据权利要求131或权利要求132所述的相关套圈元件的组,其中,所述组还包括端盖,所述端盖被配置为通过安装到所述内套圈前段或安装到所述外套圈布置的外套圈前段而布置在所述内套圈前段的前面。

136. 根据权利要求131或权利要求132所述的相关套圈元件的组,其中所述内套圈前段和所述内套圈后段中的每一个包括用于提供流体通道的一个或多个附加通孔。

137. 根据权利要求131或权利要求132所述的相关套圈元件的组,其中所述内套圈前段具有后端,所述后端的至少径向外部分相对于所述内套圈前段的中心轴线成角度和/或所述后端涂覆有反射涂层。

138. 根据权利要求131或权利要求132所述的相关套圈元件的组,其中所述内套圈前段具有前端,所述前端涂覆有反射涂层。

139. 根据权利要求131或权利要求132所述的相关套圈元件的组,其中所述内套圈后段具有前端,所述前端相对于所述内套圈后段的中心轴线成角度和/或所述前端涂覆有反射涂层。

140. 根据权利要求131或权利要求132所述的相关套圈元件的组,其中所述内套圈前段和所述内套圈后段中的至少一个具有进入其主中空通孔中的雕刻部。

141. 根据权利要求131或权利要求132所述的相关套圈元件的组,其中所述组还包括与所述外套圈布置相关联的外部对准套,以使得它能够布置成围绕所述外套圈布置。

142. 根据权利要求133所述的相关套圈元件的组,其中所述对准套筒的所述主中空通孔具有1mm或更小的内径。

143. 根据权利要求133所述的相关套圈元件的组,其中所述对准套筒的所述主中空通孔具有0.5mm或更小的内径。

144. 根据权利要求133所述的相关套圈元件的组,其中所述对准套筒能够在其长度的至少一部分上塌陷。

145. 根据权利要求134所述的相关套圈元件的组,其中,所述对准套筒在轴向方向上的长度为2mm至5cm。

146. 根据权利要求135所述的相关套圈元件的组,其中,所述端盖为防反射涂覆的二氧化硅端盖。

147. 根据权利要求136所述的相关套圈元件的组,其中所述附加通孔基本平行于相应内套圈段的轴线。

148. 根据权利要求147所述的相关套圈元件的组,其中在所述内套圈后段的出口处的附加通孔包括阀门布置。

149. 根据权利要求140所述的相关套圈元件的组,其中所述雕刻部具有在环形方向上延伸至少20度的延伸部。

150. 根据权利要求141所述的相关套圈元件的组,其中所述外部对准套包括用于对准的部件。

151. 一种包括根据权利要求98-130中任一项所述的激光系统的设备,其中所述光子晶体光纤组件被配置用于将光传输到所述设备的光接收站。

152. 根据权利要求151所述的设备,其中所述设备是被配置用于照射目标的照明设备。

153. 根据权利要求152所述的设备,其中所述照明源适于荧光成像;荧光寿命成像 (FLIM);全内反射荧光 (TIRF) 显微术;荧光共振能量转移 (FRET);脉冲交错激发促进共振能量转移 (PIE-FRET);宽带光谱;纳米光子学;流式细胞术;工业检查;衰荡光谱;分析光谱学;单分子成像和/或其组合。

154. 根据权利要求151所述的设备,其中所述设备是微加工设备,用于材料加工。

155. 根据权利要求151所述的设备,其中所述设备是手术设备。

156. 根据权利要求152所述的设备,其中所述照明设备选自显微镜、分光镜或内窥镜。

157. 根据权利要求153所述的设备,其中所述工业检查为计量学。

158. 根据权利要求153所述的设备,其中所述衰荡光谱为气体传感。

159. 根据权利要求153所述的设备,其中所述分析光谱学为高光谱光谱学、作物分析和飞行时间光谱学 (TCSPC)。

160. 根据权利要求159所述的设备,其中所述作物分析为水果的作物分析。

161. 根据权利要求154所述的设备,其中所述微加工设备用于钻孔、标记、切割和/或划线。

162. 根据权利要求155所述的设备,其中所述设备是用于眼科手术的设备。

光子晶体光纤组件

技术领域

[0001] 本发明涉及包括光子晶体光纤 (PCF) 和至少一个套圈结构的光子晶体光纤 (PCF) 组件。本发明还包括激光系统和包括这种激光系统的设备。此外,本发明包括一组相关套圈元件。

背景技术

[0002] 本文称为PCF的光子晶体光纤属于包括影响运动光子的光学纳米或微结构的一类光纤。PCF (有时称为多孔光纤、孔辅助光纤、微结构光纤或微结构化光纤) 至少部分地通过微结构的布置来获得其波导特性,例如以空气 (或气体) 孔或具有与周围背景材料不同的折射率的固体微结构的形式。存在很多不同的孔/微结构布置,导致PCF具有非常不同的特性。

[0003] PCF的示例包括在US 6,985,661、US 8,938,146或US 7,792,408中所述的PCF。

[0004] 特别是由于微结构和可选地中空微结构和/或中空纤芯,这种PCF的终止通常是相当困难的。

[0005] 传统阶跃折射率光纤 (即包括具有均匀折射率的纤芯和具有较低折射率的周围包层的光纤,其在纤芯-包层界面处提供折射率的急剧降低) 的终端结构是公知的。US 4,737,011公开了一种用于大纤芯阶跃折射率光纤的连接器的设计,其设计成使得泵入光纤端部的高功率光在燃烧或熔化连接器材料方面具有低风险。该连接器包括具有金属插头主体的支架和径向向内布置的套筒,该套筒具有适于在离光纤的端面一定距离处支撑光纤的支撑部分,并且其中支撑部分采用透明或半透明的耐热无机物质,例如陶瓷材料或蓝宝石,其熔点为1500°C或更高并且具有比光纤的包层高的折射率。没有描述光纤如何安装在连接器中。

[0006] 一般期望终止光纤,以使其易于操作并且充分地防止尘土、湿气和热量。

[0007] PCF的小直径和纤芯直径以及其典型地高柔韧性要求PCF的终端在端点处保持在机械刚性结构 (通常称为套圈或套圈结构) 中,以实际上用于精确的光束传输系统。

[0008] US 7,242,835公开了一种光纤终端组合,其包括光纤,该光纤具有用于传输可损伤光纤的高能光学信号的光纤芯以及围绕纤芯的结构化区域,用于将光信号引导到纤芯中,结构化区域的特征在于内径小于由设置在纤芯周围的薄壁所限定的纤芯的多个通道;在包围光纤末端的光纤的端部处的具有用于定位光纤的开口的套圈,该光纤末端与阻挡结构配合以阻止光信号撞击在光纤的微结构化区域上;以及设置在光纤端部上的阻挡结构,其开口与光纤芯配合,阻挡结构阻止光信号撞击在光纤的微结构化区域上。

[0009] US 7,373,062公开了一种光纤,其包括中空光纤芯,其中中空光纤芯的两个光纤端部的前表面是开放的,并且每个光纤端部由保护元件以防尘方式包围。保护元件在其光纤端部前的前面包括窗口,以将光耦合至中空光纤芯以及从中空光纤芯解耦光。

[0010] US 7,306,376公开了一种单片光学套圈,其中光纤通过熔融结合终止以形成单片单元,该单片单元使光学损失最小化,并且通常能够传输高功率激光辐射,优选地500W和更高的数量级,而不损坏光纤和套圈。端盖、光纤和易熔粉末由具有基本上相同物理特性的材料组成,以使得当全部熔融在一起时,如此形成的结构是单片的并且光路是透明的。

[0011] 上面公开的现有技术的光纤终端通常难以安装到光纤上并且经常导致光纤的损坏或导致z方向(光纤的轴向方向)上的不良对准和/或导致光纤与另一个元件耦合不良的光纤的差的锚固。

发明内容

[0012] 本发明的目的是提供一种PCF的端部终止结构,其减少了上述缺陷中的至少一个。

[0013] 在一个实施例中,目的是提供一种PCF的端部终止结构,其提供PCF和套圈在z方向上的良好对准并且组装相对简单。

[0014] 在一个实施例中,目的是提供一种PCF的端部终止结构,其在终止端部提供对PCF的安全保护,特别是防止灰尘、湿气和/或热量。

[0015] 在一个实施例中,目的是提供一种PCF的端部终止结构,其提供用于剥离包层模式的新选项。

[0016] 在一个实施例中,目的是提供即使在PCF以相对高的功率(例如5KW以上的功率)操作的情况下也具有长寿命的PCF的端部终止结构。

[0017] 这些和其他目的已经通过如权利要求书中限定的以及如下所述的本发明或其实施例解决。

[0018] 已经发现,本发明或其实施例具有许多其他优点,这对于本领域技术人员而言从以下描述中将是清楚的。

[0019] 术语“z方向”是指轴向方向,而术语“轴向地”是指沿轴线。

[0020] 短语“径向距离”是指从考虑中的所述结构(例如PCF、套圈结构或其元件)的中心轴线沿径向确定的距离。短语“径向方向”是从中心轴线径向向外的方向,并且“径向地”相对于轴线在径向方向上。

[0021] 术语“基本上”在本文中应该被认为是指普通产品差异和容差被包括在该术语的范围内。

[0022] 术语“约”通常用于包括在测量不确定性内的内容。术语“约”当在范围内使用时在本文中应该被认为是指测量不确定性内的内容包括在该范围内。

[0023] 应该强调的是,术语“包括/包含”当在本文中使用时应被解释为开放术语,即应当被认为是指明具体陈述的特征的存在,诸如元件、单元、整数、步骤、组件及其组合,但不排除一个或多个其他陈述的特征的存在或添加。

[0024] 在整个说明书或权利要求书中,除非上下文另有规定或要求,否则单数包含复数。

[0025] 除非另有说明,所有直径都是横截面直径。

[0026] 根据本发明,已经以PCF组件的形式提供了端部终止结构。

[0027] 本发明的PCF组件包括PCF和至少一个套圈结构。PCF具有中心轴线并且包括纤芯区域和包层区域以及具有第一光纤端部的第一光纤端部段。

[0028] 套圈结构具有中心轴线并安装到第一光纤端部段。套圈结构包括围绕第一光纤端部段的内套圈布置和外套圈布置。根据本发明,已经发现,通过提供具有内套圈布置和外套圈布置的套圈结构,提供了新型的套圈结构,其提供了光纤和套圈结构的更简单的组装。特别是已经发现,通过将内套圈布置成形为包括内套圈前段和内套圈后段,提供了更简单的组装。

[0029] 在一个实施例中,内套圈布置包括在第一光纤端部近侧的内套圈前段和在第一光纤端部远侧的内套圈后段。每个内套圈段具有内横截面直径并且在至少一段长度上完全围绕PCF。内套圈后段在锚固长度段上锚固至第一光纤端部段,并且内套圈前段支撑在第一光纤端部近侧的第一光纤端部段。有利地,内套圈前段不固定或锚固到第一光纤端部段,而是仅支撑第一光纤端部段以确保正确的径向对准。

[0030] 在一个实施例中,短语“第一光纤端部近侧”意指靠近第一光纤端部,优选地邻近第一光纤端部。

[0031] 第一光纤端部段处的PCF中心轴线和套圈结构中心轴线优选地基本平行。PCF可以原则上布置在距套圈结构中心轴线的一定距离处,但是对于大多数应用,期望第一光纤端部段处的PCF中心轴线和套圈结构中心轴线重合,由此使得组装更简单。

[0032] 在组装时,第一光纤端部段被安装并锚固在内套圈后段中。随后,在第一光纤端部段安装在内套圈前段之前或同时,第一光纤端部在z方向上被对准到期望的位置。此后,外套圈布置被安装成将内套圈前段和内套圈后段相对于彼此保持就位,从而固定相对于套圈结构的第一光纤端部对准。通过仅将光纤直接锚固到内套圈后段,可以获得光纤端面的更简单的对准,因为内套圈前段与内套圈后段之间的距离可以适于通过将内套圈前段和内套圈后段安装到外套圈布置,在固定内套圈前段和内套圈后段之间的距离之前,将光纤端面定位在z方向上的期望位置。

[0033] 在一个实施例中,内套圈前段和内套圈后段不是直接固定到彼此的,而是它们仅通过外套圈布置耦合并保持就位。优选地,内套圈前段和内套圈后段被布置成在轴向方向上具有中间间隙。间隙有利地在内套圈前段和内套圈后段之间提供轴向方向上的距离。该距离优选在从约1mm至约10cm、诸如从约5mm至约2cm的范围内。

[0034] 在一个实施例中,内套圈前段与内套圈后段之间的中间间隙部分地围绕PCF延伸,例如以形成半环形间隙。在一个实施例中,间隙完全围绕PCF延伸以形成环形间隙,并且由此在内套圈前段和内套圈后段之间形成一距离。在这两种情况下,第一光纤端部段的一部分不被内套圈布置覆盖。

[0035] 在一个实施例中,组件还包括布置在内套圈前段和第一光纤端部段之间的对准套筒。由此,内套圈前段经由对准套筒支撑在第一光纤端部的近侧的第一光纤端部段。对准套筒优选地布置为在第一光纤端部处围绕并支撑第一光纤端部段。

[0036] 在组装时,对准套筒相对于第一光纤端部在z方向上的期望位置处安装到第一光纤端部段,然后安装内套圈前段。

[0037] 已经发现对准套筒及其使用是非常有益的,因为PCF通常在外径上差别很大,并且因此没有对准套筒将需要各个尺寸的内套圈前段。另外,如下所述,可以提供对准套筒以适配具有不同外径的PCF,例如,通过将定位套筒卷曲在光纤周围以提供足够的支撑。

[0038] 有利地,对准套筒通过在其整个长度上或在其支撑段中塌陷到第一光纤端部段上来支撑第一光纤端部段。因此,用于对准套筒的合适材料包括例如通过施加热量可卷曲或塌陷到第一光纤端部段上的材料。对准套筒有利地不固定或锚固到第一光纤端部段,而是优选地机械地保持就位以提供对荧光团的期望的轴向支撑。

[0039] 在一个实施例中,对准套筒被熔融至PCF。

[0040] 有利地,对准套筒由玻璃制成,优选地石英玻璃,诸如熔融石英玻璃、熔融石英和/

或掺杂二氧化硅,和/或硼硅酸盐玻璃,诸如包含约96%二氧化硅和4%氧化硼的硼硅酸盐玻璃,例如以商品名Vycor™出售的玻璃。

[0041] 掺杂的玻璃可以例如包括氟化物掺杂的二氧化硅、硼掺杂的二氧化硅和/或锗掺杂的二氧化硅。通过掺杂玻璃,玻璃可能变得更加可塑和更容易塌陷。

[0042] 已经发现,有利的是,所述对准套筒由二氧化硅制成,其对于1 μ m的光,诸如对于1-2 μ m范围内的光,折射率高达1.45。

[0043] 在一个实施例中,对准套筒由下掺杂的二氧化硅制成,例如掺杂有氟和/或硼的二氧化硅。

[0044] 在一个实施例中,对准套筒具有小于包层区域的有效折射率的折射率。

[0045] 有利地,对准套筒对于PCF中透射或可透射的光的波长基本上完全透明,由此减少或甚至避免由于吸收光而导致过度加热的风险。

[0046] 对准套筒优选地是毛细管,其被用来围绕PCF并至少在其支撑段(诸如中间段)通过热量而塌陷,从而被布置成支撑PCF第一光纤端部段。这种构造非常简单有效,从而经济可行。

[0047] 通过仅塌陷对准套筒的一段,对准套筒的未塌陷长度部分可以被成形为具有适合内套圈前段的横截面内径的外横截面直径。由此,内套圈前段的内径与未塌陷的对准套筒的外径相关联,并且通过对准套筒的支撑长度段的塌陷,可以将具有不同外径的PCF安装在对准套筒中。

[0048] 有利地,将对准套筒保持在所述内套圈前段内,而在对准套筒和内套圈前段之间没有任何中间材料。在一个实施例中,对准套筒机械地保持和/或熔融至所述内套圈前段。

[0049] 有利地,内套圈前段在预选择的轴向位置围绕并保持对准套筒。内套圈前段的内径有利地通过略大于对准套筒的最大外径而与对准套筒相关联,例如略大于对准套筒以允许对准套筒插入内套圈前段的中空通孔的孔中,例如在直径上比对准套筒大大约0.1 μ m至大约2mm,诸如大约1 μ m至大约1mm,诸如大约0.1mm至大约0.01mm。

[0050] 有利地,对准套筒在第一光纤端部近侧围绕PCF。优选地,第一光纤端部和对准套筒的端部在垂直于PCF中心轴线的平面中对准。

[0051] 对准套筒原则上可以具有任何长度(沿轴向方向确定),诸如高达内套圈前段的长度。在实践中,期望对准套筒相对较短,但是足够长以确保电磁力的支撑。有利地,对准套筒在轴向方向上具有至少约1mm、诸如约2mm至约5cm、诸如约5mm至约2cm的长度。已经发现,对于大多数PCF组件,对准套筒的最佳长度约为10mm。

[0052] 在一个实施例中,对准套筒通过具有至少沿着其支撑段的适于第一光纤端部段的外径的内径来支撑第一光纤端部段。在该实施例中,期望对准套筒的支撑段的内径比内径大至多约0.5mm,诸如至多约0.1mm,诸如至多约0.01mm。在对准套筒卷曲或塌陷到第一光纤端部段上的情况下,未塌陷或未卷曲状态下的对准套筒的内径可以更大,诸如比PCF直径大至多约5mm,诸如大至多约3mm,诸如比PCF直径大至多约1mm。

[0053] 在一个实施例中,经由对准套筒并且通过将对准套筒机械地保持在轴向位置中,内套圈前段支撑第一光纤端部段,并且对准套筒的端部和内套圈前段的端部在垂直于套圈结构中心轴线的平面中对准。优选地,第一光纤端部、对准套筒的端部和内套圈前段的端部在垂直于PCF中心轴线的平面中对准。

[0054] 在套圈的组装中,对准套筒在z方向上移动以实现光纤面在z方向上例如相对于外套圈参考点的期望位置。由此确保在套圈中实现期望的光学焦点。随后,在之前或同时将光纤锚固在后部内套圈段上。

[0055] 在一个实施例中,内套圈前段用对准套筒直接地并且优选地通过将第一光纤端部近侧的第一光纤端部段机械地保持在轴向位置,来支撑在第一光纤端部近侧的第一光纤端部段。优选地,内套圈前段的端部和第一光纤端部在垂直于PCF中心轴线的平面中对齐。有利地,期望内套圈前段的内径比内径大至多约0.5mm,诸如至多约0.1mm,诸如至多约0.01mm。

[0056] 在实际使用中,例如由于在PCF的输入端处进一步的反射和/或入射辐射,可以在包层中引导在PCF的光出射端处的一部分光作为包层模,例如由于光束参数不匹配进入光纤、聚焦透镜缺陷和光学表面上的灰尘/缺陷等,聚焦至PCF光纤中并在PCF光纤中传输的一部分光可能不被纤芯引导,而是可能被引导作为包层模。这些包层模当用于高功率传输时,可能导致非常高的温度。并且特别地,封装在套圈结构内的PCF的终止端处的温度可能变得过高,这可能损坏PCF的聚合物涂层并且由此损坏整个终端和套圈结构与PCF之间的固定。

[0057] 没有耦合到纤芯中的入射辐射的成分将在包层内传播,直到它在被移除(“剥离”)的情况下发散到保护性聚合物涂层。如果输入到光纤中的激光辐射源是高功率激光器,则这些包层模内的辐射的强度能够容易地烧毁保护性聚合物涂层并破坏光纤。一个示例是至工业工件靶材(特别是金属靶材)上的激光辐射,这些辐射以大量的功率被反射回光纤,以使得辐射耦合到包层周边而不是进入光纤的纤芯。出于这个原因,必须在其可能发散到并破坏保护性聚合物涂层之前,在所有光纤终端处移除任何包层模辐射。“模式剥离”是给予用于移除这种包层模的众多技术的名称。

[0058] 这个问题已经通过本发明的一个实施例解决,其中PCF从其锚固长度段到内套圈后段以及至其第一光纤端部没有聚合物。在一个实施例中,套圈结构包括密封焊料元件,该密封焊料元件被布置成围绕第一光纤端部段,以在第一光纤端部段和内套圈后段之间形成环形气密密封件。密封焊料元件被布置成比内套圈后段的锚固长度段更靠近前环形段。此外,内套圈后段的锚固长度段优选地不是完全环形的,由此允许热量在锚固长度段处从PCF发散,并且优选地发散到密封焊料元件。内套圈后段的锚固长度段优选地围绕PCF延伸大约20度至大约350度,诸如大约180度(半环形)。

[0059] 密封焊料元件另外用于保护第一光纤端部以防止灰尘和其他不期望的污染物。在PCF组件包括端盖的情况下,密封焊料元件确保第一光纤端部段从第一光纤端部至密封焊料元件的z方向上的位置的气密密封。有利地,将PCF的任何聚合物涂层从第一光纤端部至密封焊料元件的z方向上的位置从第一光纤端部段剥离。

[0060] 在一个实施例中,第一光纤端部段基本上不向PCF施加压力地安装在所述套圈结构中。对PCF施加压力可能会在光纤中产生应力,这对于许多应用来说是非常不期望的,因为光束质量可能是低质量的,或者应力甚至可能损坏PCF或降低PCF的使用寿命。

[0061] 在一个实施例中,第一光纤端部段安装在所述套圈结构中,而没有超出至包括锚固的内套圈后段的一个或多个结合的至光纤的任何直接结合。

[0062] 在一个实施例中,PCF在从内套圈后段的锚固段至第一光纤端部的第一光纤端部段中没有聚合物涂层。

[0063] 有利地,内套圈前段由在约200nm和约4 μ m之间的波长处至少部分透明的材料制成,例如,熔融或结晶的石英,并且内套圈后段由熔融或结晶的石英或金属或合金制成。在一个实施例中,内套圈前段由对于1 μ m的光具有高达1.45的折射率的基本上未掺杂的二氧化硅制成。

[0064] 通常期望内套圈后段由具有高传导性和低热膨胀的材料制成,以确保高散热。因此,特别期望的是,内套圈后段由金属或金属合金制成,诸如Colsibro®,其为具有少量镍和硅的添加物的高铜合金,其用于增加材料的强度、硬度和耐磨性。

[0065] 外套圈布置主要具有将内套圈布置段相对于彼此保持就位的功能,但有利地,外套圈布置还有助于从套圈结构的散热。

[0066] 有利地,外套圈布置由金属、陶瓷或玻璃制成,例如二氧化硅。

[0067] 在一个实施例中,外套圈布置至少部分透明以允许光逸出到可选的外部对准套,在此其可被吸收。特别地,来自包层模的光被允许经由外套圈布置逸出,可选地,如以下进一步解释剥离的包层模光被允许经由外套圈布置逸出。

[0068] 在一个实施例中,外套圈布置被固定到内套圈布置的内套圈前段和内套圈后段中的每一个,以将它们相对于彼此保持在固定位置,以使得PCF的第一光纤端部段优选地被支撑为在套圈结构内基本笔直。外套圈布置优选地通过粘合剂、通过焊料和/或通过熔融或激光焊接固定到内套圈布置。

[0069] PCF组件可以有利地包括端盖布置,例如,用于保护第一光纤端部免受灰尘、湿气和类似污染物。在一个实施例中,套圈结构包括布置在第一光纤端部前面的端盖。根据PCF的结构和预期用途,端盖可以与内套圈前段以一定距离或没有距离地安装。如下面进一步描述的那样,端盖优选地直接固定到内套圈前段或外套圈布置的外套圈前段。

[0070] 在一个实施例中,端盖固定到外套圈布置的外套圈前段。在该实施例中,外套圈布置优选地包括外套圈前段和外套圈后段,其中外套圈后段固定到内套圈后段和内套圈前段这两者,以将这些内套圈布置段保持在相对位置并且外套圈前段固定到内套圈前段和端盖,由此将端盖相对于第一光纤端部保持就位。

[0071] 端盖可以是现有技术的端盖,例如具有或没有聚焦元件。有利地,端盖是具有抗反射涂层的二氧化硅端盖。在端盖与第一光纤端部相距一定距离安装的情况下,期望端盖在两侧包括防反射涂层。在PCF是中空纤芯PCF的情况下,这是特别期望的。

[0072] 在一个实施例中,端盖是透镜。优选地,透镜在其两侧(即其面向第一光纤端部的一侧及其相对侧)上都包括抗反射涂层。

[0073] PCF原则上可以是任何种类的PCF,诸如上面介绍中讨论的PCF。在一个实施例中,PCF选自中空纤芯光纤,例如带隙光纤、kagome光纤或抗共振反射(ARS)光纤或实心纤芯光纤。

[0074] 在一个实施例中,PCF具有小于100 μ m、优选约50 μ m或更小、诸如约5 μ m至约40 μ m的纤芯直径。

[0075] 在一个实施例中,PCF在其第一光纤端部段处包括中空毛细管光纤的终端段,用于保护PCF的端部免受背向反射。这是通过将一段中空毛细管光纤定位在PCF的前面,例如在对准套筒中或在内套圈前段中来实现的。

[0076] 在一个实施例中,第一光纤端部(面)具有金属或抗反射涂层。

[0077] 在一个实施例中,PCF是中空纤芯光纤,并且端盖被固定到外套圈布置的外套圈前段,以在端盖和内套圈前段之间提供端盖空间。盖空间原则上可以在z方向上确定为非常小,诸如1mm并且至多例如5cm。实际上,由于实际原因,盖空间保持在约1cm以下。

[0078] 在一个实施例中,中空纤芯具有塌陷的端部(例如长度至多2mm,优选地长度至多1mm)和光纤面上的金属或抗反射涂层。在一个实施例中,内套圈布置包括进入端盖空间的通道,用于注入和/或抽出流体,特别是气体。通道优选地由内套圈前段和内套圈后段中的每一个中的至少一个附加通孔提供。附加通孔优选地基本上平行于套圈结构的轴线。优选地,附加通孔包括在内套圈后段的出口处的阀门布置。

[0079] 用于注入和/或抽出流体的通向端盖空间的通道可以有利地用于注入或排出合适的气体,例如以确保无湿气的中空纤芯。合适的气体包括空气、氩气、氮气或包含任何所述气体的混合物。可选地,用于注入和/或抽出流体的盖空间被布置成产生约1毫巴或更小的中空纤芯压力,例如约0.1毫巴或更小的压力,诸如在标准温度下约0.01毫巴或更小的压力。

[0080] 可选地,用于注入和/或抽出流体的盖空间被布置为产生至多2巴的中空纤芯压力,诸如在标准温度下至多约1.5巴。

[0081] 在一个实施例中,内套圈布置包括进入内套圈前段与内套圈后段之间的间隙中的至少一个通道。该通道有利地是穿过内套圈后段的通道,优选地以例如平行于套圈结构的中心轴线的通孔的形式。注入和/或抽出流体,例如注入和/或抽出上述气体。在一个实施例中,内套圈布置包括进入内套圈前段和内套圈后段之间的间隙中的至少两个通道,用于冲刷该间隙,例如用于干燥间隙和/或用于散热。

[0082] 在一个实施例中,内套圈前段具有后端,其中后端的至少径向外部分相对于套圈结构的中心轴线成角度以外耦合光,诸如在内套圈布置中传播的光。在一个实施例中,内套圈前段具有后端,其中后端的径向外部分中的至少径向外半环形或环形相对于套圈结构的中心轴线成角度以外耦合光。光可以有利地被外耦合以穿过外套圈布置。

[0083] 在一个实施例中,内套圈前段具有后端,其中后端的至少径向内部部分相对于中心轴线成角度以形成漏斗形状。由此PCF可以更简单地安装在内套圈前段中。内套圈前段的后端可以在其围绕光纤的延伸部的一部分中或围绕PCF的整个环形延伸部中成角度。

[0084] 内套圈前段的后端可以有利地涂覆有反射涂层以背向反射光,诸如从第一光纤端部偶然地发射的光和/或在内套圈布置中传播的光。

[0085] 在一个实施例中,内套圈前段具有前端,并且前端涂覆有反射涂层以保护套圈结构免于入射和/或背向反射光。

[0086] 在一个实施例中,内套圈后段具有前端,前端相对于套圈结构的中心轴线成角度,和/或前端涂覆有反射涂层以防止入射光和/或背向反射光。内套圈后段的前端可以在其围绕光纤的延伸部的一部分中或围绕PCF的整个环形延伸部中成角度。

[0087] 如上所述,本发明的PCF组件的套圈结构允许通过反射并直接剥离掉这种包层模来剥离不期望的包层模的多种功能。如以下所解释的,本发明允许剥离不期望的光的进一步的功能。

[0088] 在一个实施例中,第一光纤端部段具有至少一个模剥离器长度段。模剥离器长度段包括在模剥离器长度段处与光纤接触地应用的模剥离高折射率材料和/或散射层,和/或

光纤在模剥离器长度段中具有至少约0.1 μm 的粗糙度Ra值。

[0089] 高粗糙度Ra值可以例如通过蚀刻(例如激光蚀刻或化学蚀刻)或机械研磨来提供。Ra值可以根据ISO 4287、DIN 4762和/或DIN 4768标准来测量。

[0090] 模剥离器长度段减少或完全防止向前传播的包层光。模剥离高折射率材料可以例如是具有例如被掺杂以增加折射率的二氧化硅颗粒的胶,和/或化学玻璃。

[0091] 在一个实施例中,PCF的模剥离器长度段被定位在内套圈前段和内套圈后段之间。

[0092] 在一个实施例中,内套圈前段和内套圈后段中的至少一个具有雕刻部,该雕刻部暴露PCF的模剥离器长度段。

[0093] 有利地,雕刻部优选地部分地围绕光纤,以使得它在围绕PCF的方向上延伸至少约20度,并且例如,高达约350度,优选地约20度至约90度。

[0094] 在一个实施例中,套圈结构包括布置成与内套圈前段的外表面直接接触的模剥离器涂层,模剥离器涂层优选地包含在内套圈前段和外套圈布置之间。

[0095] 在一个实施例中,套圈结构包括围绕外套圈布置的外部对准套,外部对准套优选地包括用于对准的部件,优选地用于沿轴向方向(z方向)的对准和/或用于旋转对准。

[0096] 外部对准套的主要目的是确保套圈结构的刚性和机械强度以及PCF相对于光的发射光束或耦合光束的更简单对准。此外,对于轴向和旋转对准,外部对准套是非常有益的。

[0097] 在一个实施例中,用于对准的部件包括用于在轴向方向(z方向)上对准、用于在径向方向(x,y方向)对准和/或用于旋转对准的部件。

[0098] 有利地,用于对准的部件包括一个或多个凸缘、一个或多个突起、一个或多个凹陷和/或一个或多个标记。

[0099] 优选地,用于对准的部件包括用于利用定位控制来安装的凸缘。

[0100] 在一个实施例中,用于对准的部件包括用于旋转光纤定向,例如用于PM定向的标记。

[0101] 通常期望能够旋转套圈中的光纤,以使得PM轴线相对于套圈外侧上的用于对准的部件对准。这可以例如通过在紧邻锚固件长度段的内套圈后段上具有相应的标记来提供。

[0102] 在一个实施例中,套圈结构被配置用于通过冷却流体冷却外套圈布置和/或外部对准套包括用于冷却流体(诸如水)的具有至少一个入口和至少一个出口的通道。外套圈布置和/或外部对准套中的通道有利地被布置成螺旋地围绕下面的元件以提供良好的散热。通过确保外套圈布置对经由内套圈布置剥离和/或外耦合的光是透明的,该光可以经由外套圈布置逸出并被外部对准套吸收。由此,外部对准套将被加热,但是由于外部对准套被冷却流体冷却,即使当PCF以高功率传输光时,温度也可以保持在可接受的水平。

[0103] 在一个实施例中,组件还包括一个或多个传感器,诸如用于监测温度、用于监测连接器性能和/或用于监测光纤损坏的一个或多个光学传感器和/或电传感器和/或化学传感器。传感器有利地布置在套圈结构中,诸如外套圈布置和/或外部对准套。有利地,传感器是光纤传感器,但是原则上也可以使用非光纤传感器。

[0104] 在一个实施例中,组件包括连接到PCF的第二端部段的第二套圈结构,该第二端部段包括第二光纤端部。第二套圈结构优选地是如上所述的套圈结构,并且如上所述以相应方式安装到PCF的第二端部段。在一个实施例中,PCF的第二端部是光纤拼接的端部和/或其耦合包括自由空间耦合。

[0105] 本发明还包括包含如上所述的PCF组件的激光系统。

[0106] 激光系统有利地包括激光源,并且PCF组件光学地连接到激光源以接收来自激光源的光。在一个实施例中,激光源可以被布置为例如通过熔融至PCF将光直接馈送到PCF。在一个实施例中,激光源被布置用于经由一个或多个光学元件和/或经由自由空间将光馈送到PCF。

[0107] 优选地,PCF组件适于将光传输到设备的光利用站。优选地,具有套圈结构的第一光纤端部适于连接到用户设备。

[0108] 该设备例如是显微镜、手术设备、测量设备(计量学)、材料加工设备、照明设备、其任何组合和/或如下进一步描述的设备。

[0109] 激光源原则上可以是任何种类的激光源,诸如CW激光源或脉冲激光源。这样的激光源在本领域中是公知的,并且在本文中不会进一步详细描述。

[0110] 在一个实施例中,激光源被配置用于产生激光脉冲,优选地,激光源是飞秒激光源或皮秒激光源或纳秒激光源。

[0111] 在一个实施例中,激光源具有从约30fs到约30ps,诸如从约100fs到约10ps的泵浦持续时间。

[0112] 在一个实施例中,激光源具有在激光源的出口处确定的至少约5kW、诸如至少约10kW、诸如至少约30kW、诸如至少约50kW的峰值功率。

[0113] 激光源有利地是锁模激光源。在一个实施例中,激光源是主动锁模激光器。在一个实施例中,激光源是被动锁模激光器。锁模激光器优选地包括一个或多个放大器。

[0114] 在一个实施例中,激光系统被配置为用于超连续谱生成,并且激光源是被布置用于馈送PCF以生成超连续谱的锁模泵浦脉冲光源。PCF优选为适用于超连续谱生成的实心纤芯PCF,诸如在W015144181、W015003715、W015003714、US2015192732和/或US2011013652中描述的PCF。

[0115] 在PCF是实心纤芯PCF的实施例中,期望PCF是包含多个非实心或/或实心包层内含物的微结构化实心纤芯PCF。实心纤芯PCF优选地被配置用于引导包括在约200nm至约4.5 μ m范围内的至少一个波长、优选地在1000nm至约1100nm范围内的至少一个波长的光-优选地单模光。

[0116] 在一个实施例中,PCF是中空纤芯PCF,优选地,中空纤芯PCF被配置用于引导包括在约200nm至约4.5 μ m范围内的至少一个波长、优选地从1000nm到约1100nm的范围内的至少一个波长的光-优选地单模光。

[0117] 在一个实施例中,PCF被配置用于引导光波长的连续谱,优选地跨越至少约0.1 μ m,诸如至少约0.3 μ m,诸如至少约0.5 μ m。

[0118] 在一个实施例中,中空纤芯PCF包括外包层区域和由外包层区域围绕的N个中空管,其中每个中空管熔融至外包层以形成限定内包层区域的环和由内包层区域围绕的中空纤芯区域,优选地N为6-12,更优选地N为7。有利地,中空管彼此不接触,优选地,中空管与相邻中空管大致相等的距离布置。

[0119] 中空纤芯PCF有利地如同申请人的标题为“HOLLOW CORE OPTICAL FIBER AND A LASER SYSTEM”的共同未决申请PA 2015 70877DK中所述。

[0120] 激光系统的PCF有利地具有约3 μ m至约100 μ m、诸如约10 μ m至约50 μ m、诸如约10 μ m至

约30 μ m的纤芯区域直径。

[0121] 本发明还包括适用于如上所述的PCF组件的相关套圈元件的组。

[0122] 该相关套圈元件的组包括用于为PCF提供套圈结构以生成如上所述的PCF组件的所需元件。

[0123] 相关套圈元件的组包括

[0124] • 内套圈前段和内套圈后段,用于形成内套圈布置;以及

[0125] • 外套圈布置,

[0126] 其中所述内套圈前段、内套圈后段和外套圈布置中的每一个具有长度和中心轴线并且包括与相应中心轴线平行或重合的主中空通孔,所述相关套圈元件的组优选地还包括具有长度和中心轴线并且包括与中心轴线平行或重合的主中空通孔的对准套筒。

[0127] 有利地,元件相关联,以使得对准套筒可以定位在内套圈前段的主中空通孔中,并且内套圈前段和内套圈后段可以安装在外套圈布置的主中空通孔中用于形成内套圈布置。由此,该相关套圈元件的组可以与PCF组装到PCF组件。

[0128] 对准套筒有利地是毛细管,其中对准套筒的主中空通孔具有约2mm或更小、诸如约1mm或更小、诸如约0.5mm或更小的内径,对准套筒优选地如上所述在其长度的至少一部分上可塌陷。

[0129] 对准套筒可以有利地如上所述并且由如上所述的材料制成。

[0130] 在一个实施例中,对准套筒的轴向长度优选为至少约1mm,诸如约2mm至约5cm。

[0131] 内套圈前段和内套圈后段以及外套圈布置有利地如上所述并且由如上所述的材料制成。

[0132] 在一个实施例中,该组还包括端盖,该端盖被配置成通过安装到内套圈前段或通过安装到外套圈布置的外套圈前段而布置在内套圈前段的前面。端盖优选地是例如如上所述的具有抗反射涂层的二氧化硅端盖。

[0133] 在一个实施例中,内套圈前段和内套圈后段中的每一个包括用于提供流体通道的一个或多个附加通孔,附加通孔优选地基本上平行于相应内套圈段的轴线,并且可选地在内套圈后段的出口处的附加通孔包括例如如上所述的阀门布置。

[0134] 在一个实施例中,内套圈前段具有后端,后端的至少径向外部分相对于内套圈前段的中心轴线成角度,和/或后端涂覆有反射涂层以便优选地如上所述地外耦合光。

[0135] 在一个实施例中,内套圈前段具有后端,后端的至少径向内部部分相对于中心轴线成角度以形成漏斗形状,从而使得更简单地将PCF插入内套圈前段,例如如上所述。

[0136] 有利地,内套圈前段具有前端,前端涂覆有反射涂层。

[0137] 在一个实施例中,内套圈后段具有前端并且前端相对于内套圈后段的中心轴线成角度,和/或前端涂覆有反射涂层,优选地如上所述。

[0138] 在一个实施例中,内套圈前段和内套圈后段中的至少一个具有到其主中空通孔内的雕刻部,所述雕刻部优选地具有环形方向上的延伸部,该延伸部延伸至少约20度,诸如至多约350度,诸如至多约90度。

[0139] 在一个实施例中,该组还包括与外套圈布置相关的外部对准套,以使得它可以被布置成围绕外套圈布置,例如如上所述。外部对准套优选地包括例如如上所述的用于对准的部件。

[0140] 有利地,外套圈布置和/或外部对准套包括用于冷却流体的具有至少一个入口和至少一个出口的通道,例如如上所述。

[0141] 本发明还包括一种包括如上所述的激光系统的设备,其中PCF组件被配置用于将光传输到设备的光接收站。

[0142] 该设备原则上可以是任何种类的设备,在其操作中使用激光。在一个实施例中,该设备是被配置用于照射目标的照明设备,该照明设备优选地选自显微镜、分光镜或内窥镜。

[0143] 在一个实施例中,照明源适用于荧光成像;荧光寿命成像 (FLIM);全内反射荧光 (TIRF) 显微术;荧光共振能量转移 (FRET);脉冲交错激发促进共振能量转移 (PIE-FRET);宽带光谱;纳米光子学;流式细胞术;工业检查,诸如计量学;衰荡光谱,诸如气体传感;分析光谱学,例如高光谱光谱学,例如水果的作物分析和飞行时间光谱学 (TCSPC);单分子成像和/或其组合。

[0144] 在一个实施例中,该设备是微加工设备,优选用于材料加工,例如钻孔、标记、切割和/或划线。

[0145] 在一个实施例中,该设备是手术设备,诸如用于眼科手术(眼科学)的设备。

[0146] 除非存在不组合这些特征的特定原因,否则如上所述的包括范围和优选范围的本发明的所有特征和本发明的实施例可以在本发明的范围内以各种方式进行组合。

附图说明

[0147] 参考附图,通过以下对本发明实施例的说明性和非限制性的详细描述,将进一步阐明本发明的上述和/或附加目的、特征和优点。

[0148] 图1是根据本发明的PCF组件的第一实施例的截面图,其中所述后端的径向内部部分相对于中心轴线成角度以形成漏斗形状。

[0149] 图2是根据本发明的PCF组件的第二实施例的截面图,其中内套圈后段具有进入内套圈前段和内套圈后段之间的间隙的通道。

[0150] 图3是根据本发明的PCF组件的第三实施例的截面图,其中PCF在其第一光纤端部段处具有模剥离器段,并且内套圈前段具有暴露PCF的所述模剥离器长度段的雕刻部。

[0151] 图4是根据本发明的PCF组件的第四实施例的截面图,其中PCF在其第一光纤端部段处具有模剥离器段并且内套圈后段具有暴露PCF的所述模剥离器长度段的雕刻部。

[0152] 图5是根据本发明的PCF组件的第五实施例的截面图,其中内套圈前段的后端的一部分相对于套圈结构的中心轴线成角度以外耦合在内套圈布置中传播的光。

[0153] 图6是根据本发明的PCF组件的第六实施例的截面图,其中内套圈后段的后端在其整个环形延伸部中相对于套圈结构的中心轴线成角度以外耦合在内套圈布置中传播的光。

[0154] 图7是根据本发明的PCF组件的第七实施例的截面图,其中PCF在其第一光纤端部段处具有在内套圈前段和内套圈后段之间的间隙中的模剥离器段。

[0155] 图8是根据本发明的PCF组件的第八实施例的截面图,其中PCF组件包括安装到内套圈前段的端盖。

[0156] 图9是根据本发明的PCF组件的第九实施例的截面图,其中PCF组件包括安装到外套圈前段的端盖。

- [0157] 图9c是作为图9所示的第九实施例的变型的PCF组件的截面图。
- [0158] 图10是根据本发明的PCF组件的第十实施例的截面图,其中PCF组件包括外部对准套。
- [0159] 图11是根据本发明的PCF组件的第十一实施例的截面图,其中PCF组件包括对准套筒。
- [0160] 图12是根据本发明的PCF组件的第十二实施例的截面图,其中PCF组件包括对准套筒并且PCF包括一段中空纤芯毛细管。
- [0161] 图12a是图12的PCF组件的对准套筒和被支撑的第一光纤端部段的放大截面图。
- [0162] 图13是根据本发明的PCF组件的第十三实施例的截面图,其中PCF组件包括具有塌陷的支撑段的对准套筒。
- [0163] 图13a是图13的PCF组件的对准套筒和被支撑的第一光纤端部段的放大截面图。
- [0164] 图14a、14b、14c和14d示出了PCF光纤端部段的示意性截面图。
- [0165] 图15是本发明实施例的激光系统和用户设备的示意图。
- [0166] 图16是本发明实施例的设备和用户设备的示意图。
- [0167] 图17a和17b是本发明实施例的设备和用户设备的示意图,其中激光系统是超连续谱激光系统。
- [0168] 这些图是示意性的,并且为了清楚起见可以简化。在整个过程中,相同的附图标记用于相同或相应的部分。

具体实施方式

[0169] 图1的PCF组件包括光子晶体光纤(PCF)组件PCF,其具有第一光纤端部段1和套圈结构,该第一光纤端部段1具有第一光纤端部1a。套圈结构包括内套圈布置,该内套圈布置包括在第一光纤端部1a近侧的内套圈前段2和在第一光纤端部1a远侧的内套圈后段3。内套圈前段2和内套圈后段3分别包括与内套圈前段2和内套圈后段的中心轴重合的中空通孔2a、3a。PCF的第一光纤端部段安装在所述中空通孔2a、3a中,以使得内套圈布置围绕第一光纤端部段。

[0170] 内套圈后段3在锚固长度段3b中锚固至所述第一光纤端部段1,并且从PCF的点1c至第一光纤端部,PCF没有聚合物涂层。内套圈前段2通过将在第一光纤端部近侧的所述第一光纤端部段机械地保持在轴向位置而支撑第一光纤端部1a近侧的第一光纤端部段1。如可以看到的,内套圈前段的前部和第一光纤端部在垂直于PCF中心轴线的平面中对准。

[0171] 套圈结构还包括布置成围绕内套圈布置的外套圈布置5。外套圈布置5固定至内套圈前段2和内套圈后段3中的每一个,以将它们相对于彼此保持在固定位置并在其间形成间隙4。外套圈布置5在其每个端部处通过焊料6固定到内套圈布置的相应段2、3。

[0172] PCF的第一光纤端部段有利地在内套圈前段2和内套圈后段3之间的间隙4中保持相对笔直。在可替代的未示出的实施例中,PCF具有在内套圈前段2和内套圈后段3之间的剩余长度。

[0173] 内套圈前段2的后端的径向内部部分2c相对于中心轴线成角度以形成漏斗形状,这使得在组装期间将PCF 1供给到内套圈前段更简单。内套圈前段2的后端的径向外部部分2d有利地涂覆有成角度的反射涂层以背向反射在内套圈布置中传播的光。

[0174] 此外,内套圈前段2的前端2e优选地涂覆有反射涂层以保护套圈结构以防止入射和/或背向反射光,并且内套圈后段的前端3e优选地涂覆有反射涂层以防止入射和/或背向反射光。

[0175] 图2的PCF组件包括光子晶体光纤(PCF)组件PCF,其具有第一光纤端部段11和套圈结构,该第一光纤端部段11具有第一光纤端部11a。套圈结构包括内套圈布置,该内套圈布置包括在第一光纤端部11a近侧的内套圈前段12和在第一光纤端部11a远侧的内套圈后段13。内套圈后段13在锚固长度段13b中锚固至第一光纤端部段11,并且从PCF的点11c至第一光纤端部,PCF没有聚合物涂层。套圈结构还包括外套圈布置15,该外套圈布置15被固定到内套圈前段12和内套圈后段13中的每一个,以将它们相对于彼此保持在固定位置。内套圈后段的前端3e优选地涂覆有反射涂层以防止入射光和/或背向反射光。

[0176] 内套圈后段13的前端13e相对于套圈结构的中心轴线成角度,以形成用于外耦合套圈光的向外面向的小面。外套圈布置15优选地对于外耦合光基本上是透明的。内套圈后段13还包括进入内套圈前段12和内套圈后段15之间的间隙14中的通道13f。如上所述,该通道可用于向间隙14填充流体或从间隙14抽出流体。

[0177] 图3的PCF组件包括具有第一光纤端部段21和套圈结构的光子晶体光纤(PCF)组件PCF,第一光纤端部段21具有第一光纤端部21a。套圈结构包括内套圈布置,该内套圈布置包括在第一光纤端部21a近侧的内套圈前段22和位于第一光纤端部21a的远侧并围绕第一光纤端部段21的内套圈后段23。

[0178] 内套圈后段23在锚固长度段23b中锚固至所述第一光纤端部段21,并且从PCF的点21c至第一光纤端部,PCF没有聚合物涂层。通过将在第一光纤端部近侧的所述第一光纤端部段机械地保持在轴向位置,内套圈前段22支撑在第一光纤端部21a近侧的第一光纤端部段21。

[0179] 套圈结构还包括固定到内套圈前段22和内套圈后段23中的每一个以将它们相对于彼此保持在固定位置并在其间形成间隙24的外套圈布置25。外套圈布置25在其每个端部处通过焊料26固定到内套圈布置的相应段22、23。

[0180] 内套圈后段23的前端23e相对于套圈结构的中心轴线成角度,以形成向外面向的小面,用于外耦合在内套圈布置中传播的光并减少背向反射。内套圈后段23还包括进入内套圈前段22和内套圈后段25之间的间隙24中的通道23f。如上所述,通道可用于向间隙24填充流体或从间隙24抽出流体。PCF在其第一光纤端部段21处具有模剥离器段27,并且内套圈前段22具有暴露PCF模剥离器长度段27的雕刻部27a。

[0181] 传感器28安装到在露出PCF模剥离器长度段的雕刻部27a上方的外套圈布置25,以监测模剥离器27的外耦合效率。

[0182] 图3的PCF组件包括光子晶体光纤(PCF)组件PCF,其具有与套圈结构组装的第一光纤端部段31,该套圈结构包括内套圈布置,该内套圈布置包括在第一光纤端部近侧的内套圈前段32和在第一光纤端部远侧并围绕第一光纤端部段31的内套圈后段33。

[0183] 内套圈后段33被锚固到第一光纤端部段31,并且从PCF的点31c至第一光纤端部,PCF没有聚合物涂层。通过将在第一光纤端部近侧的所述第一光纤端部段机械地保持在轴向位置,内套圈前段32支撑在第一光纤端部31a近侧的第一光纤端部段31。

[0184] 套圈结构还包括固定到内套圈前段32和内套圈后段33中的每一个的外套圈布置

35,以将它们相对于彼此保持在固定位置并在其间形成间隙34。外套圈布置35在其每个端部处通过焊料36固定到内套圈布置的相应段32、33。

[0185] PCF在其第一光纤端部段31处具有模剥离器段37,并且内套圈后段33具有暴露PCF模剥离器长度段37的雕刻部37a。

[0186] 传感器38安装到在露出PCF模剥离器长度段的雕刻部37a上方的外套圈布置35,以监测模剥离器37的外耦合效率。

[0187] 图5的PCF组件包括光子晶体光纤(PCF)组件PCF,其具有与套圈结构组装的第一光纤端部段41,该套圈结构包括内套圈布置,该内套圈布置包括在第一光纤端部近侧的内套圈前段42和在第一光纤端部远侧并围绕第一光纤端部段41的内套圈后段43。

[0188] 内套圈后段43被锚固到第一光纤端部段41,并且从PCF的点41c至第一光纤端部,PCF没有聚合物涂层。通过将第一光纤端部近侧的所述第一光纤端部段机械地保持在轴向位置,内套圈前段42支撑在第一光纤端部41a近侧的第一光纤端部段41。

[0189] 套圈结构还包括固定到内套圈前段42和内套圈后段43中的每一个上的外套圈布置45,以将它们相对于彼此保持在固定位置并在其间形成间隙44。外套圈布置45在其每个端部处通过焊料46固定到内套圈布置的相应段42、43。

[0190] PCF在其第一光纤端部段41处具有模剥离器段47,并且内套圈后段43具有暴露PCF模剥离器长度段47的雕刻部47a。

[0191] 内套圈后段43的前端43e相对于套圈结构的中心轴线成角度,以形成用于外耦合在内套圈布置中传播的光并且减少光的背向反射的向外面向的小面。部分42b(例如内套圈前段的后端的半环形部分)相对于套圈结构的中心轴线成角度,以外耦合在内套圈布置中传播的光,并且减少光的背向反射。剩余部分42c是不成角度的,而是具有基本上垂直于中心轴线的小面。内套圈前段的后端的未成角度的部分42c有利地涂覆有用于减少光的背向反射的反射涂层。

[0192] 两个传感器48a、48b分别在套圈前段的后端上方和暴露PCF模剥离器长度段的雕刻部47a上方安装到外套圈布置45,以分别监测内套圈前段的成角度的部分42b和模剥离器47的外耦合效率。

[0193] 图6的PCF组件是图5的PCF组件的变型,其修改是内套圈前段的后端的整个后端42b相对于套圈结构的中心轴线成角度以外耦合在内套圈布置中传播的光并减少光的背向反射。

[0194] 图7的PCF组件包括光子晶体光纤(PCF)组件PCF,其具有与套圈结构组装的第一光纤端部段51,该套圈结构包括内套圈布置,该内套圈布置包括在第一光纤端部近侧的内套圈前段52和在第一光纤端部远侧并围绕第一光纤端部段51的内套圈后段53。

[0195] 内套圈后段53锚固到第一光纤端部段51,并且从PCF的点51c至第一光纤端部51a,PCF没有聚合物涂层。内套圈前段52通过将第一光纤端部近侧的第一光纤端部段机械地保持在轴向位置而支撑在第一光纤端部51a近侧的第一光纤端部段51。

[0196] 套圈结构还包括固定到内套圈前段52和内套圈后段53中的每一个的外套圈布置55,以将它们相对于彼此保持在固定位置并在其间形成间隙54。外套圈布置55在其每个端部处通过焊料56固定到内套圈布置的相应段52、53。

[0197] PCF在其第一光纤端部段51处具有位于内套圈前段52和内套圈后段53之间的模剥

离器段57。

[0198] 图8的PCF组件包括具有第一光纤端部段61的光子晶体光纤(PCF)组件PCF,第一光纤端部段61与包括内套圈布置的套圈结构组装,该内套圈布置包括在第一光纤端部近侧的内套圈前段62和在第一光纤端部远侧并围绕第一光纤端部段61的内套圈后段63。

[0199] 内套圈后段63在锚固长度段63b中锚固到第一光纤端部段61,并且从PCF的点61c至第一光纤端部61a,PCF没有聚合物涂层。

[0200] 套圈结构包括密封焊料元件66a,该密封焊料元件66a布置成围绕第一光纤端部段61以在第一光纤端部段61和内套圈后段63之间形成环形气密密封件66a,密封焊料元件66a被布置成比内套圈后段的锚固长度段63b更靠近前环形段62。如图所示,内套圈后段63的锚固长度段63b不是完全环形的,内套圈后段的锚固长度段63优选地围绕PCF延伸从约20度至约350度,例如约180度。

[0201] 套圈结构还包括固定到内套圈前段62和内套圈后段63中的每一个上的外套圈布置65,以将它们相对于彼此保持在固定位置并在其间形成间隙64。外套圈布置65在其每个端部处通过焊料66固定到内套圈布置的相应段62、63。

[0202] 套圈结构还包括布置在第一光纤端部61c的前面并且优选地与第一光纤端部61c直接接触的端盖67。端盖67直接固定到内套圈前段。如上所述,在PCF是实心纤芯PCF的情况下,该实施例是特别有利的。

[0203] 图9的PCF组件包括具有第一光纤端部段71的光子晶体光纤(PCF)组件PCF,第一光纤端部段71与包括内套圈布置的套圈结构组装,该内套圈布置包括在第一光纤端部近侧的内套圈前段72和在第一光纤端部远侧并围绕第一光纤端部段71的内套圈后段73。

[0204] 内套圈后段73在锚固长度段73b中锚固到第一光纤端部段71,并且从PCF的点71c至第一光纤端部71a,PCF没有聚合物涂层。

[0205] 套圈结构包括密封焊料元件76a,该密封焊料元件76a布置成围绕第一光纤端部段71以在第一光纤端部段71和内套圈后段73之间形成环形气密密封件76a,密封焊料元件76a布置成比内套圈后段的锚固长度段73b更靠近前环形段72。

[0206] 密封焊料元件确保第一光纤端部段71从第一光纤端部71c到密封焊料元件76a的z方向上的位置的气密密封。

[0207] 套圈结构还包括外套圈布置75、75a,该外套圈布置75、75a包括外套圈前段75a和外套圈后段75。外套圈后段75固定至内套圈前段72和内套圈后段73中的每一个以将它们相对于彼此保持在固定位置并在其间形成间隙74。外套圈后段75在其每个端部处通过焊料76固定到内套圈布置的相应段72、73,并且外套圈前段75a通过焊料76固定到内套圈前段72。

[0208] 套圈结构还包括布置在第一光纤端部71c的前面的端盖77。端盖77与内套圈前段72间隔一定距离地安装,由此在端盖77与内套圈前段72之间形成端盖空间78。端盖固定在外套圈布置的外套圈前段75a。由此,外套圈布置的外套圈前段75a将端盖77相对于内套圈前段72和第一光纤端部段71c保持在期望位置。如上所述,在PCF是中空纤芯PCF的情况下,该实施例是特别有利的。

[0209] 内套圈布置72、73包括进入端盖空间78的通道,用于注入和/或抽出流体。通道由内套圈前段72和内套圈后段73中的每一个中的附加通孔72f、73f提供。有利地,未示出的阀门布置被布置为确保对通孔72f、73f和端盖空间78的期望的打开/关闭功能。

[0210] 图9a所示的PCF组件与图9的PCF组件的不同之处在于端盖是透镜77a,优选地,透镜77a在其两侧都包括抗反射涂层。

[0211] 图10的PCF组件包括光子晶体光纤(PCF)组件PCF,其具有与套圈结构组装的第一光纤端部段81,该套圈结构包括内套圈布置,该内套圈布置包括在第一光纤端部近侧的内套圈前段82和在第一光纤端部远侧并围绕第一光纤端部段81的内套圈后段83。

[0212] 内套圈后段83在锚固长度段83b中锚固至第一光纤端部段81,并且从PCF的点81c至第一光纤端部81a,PCF没有聚合物涂层。

[0213] 套圈结构包括密封焊料元件86a,该密封焊料元件86a被布置成围绕第一光纤端部段81以在第一光纤端部段81与内套圈后段83之间形成环形气密密封件86a。

[0214] 密封焊料元件86a确保了第一光纤端部段81从第一光纤端部81c到密封焊料元件86a的z方向上的位置的气密密封。

[0215] 外套圈后段85固定到内套圈前段82和内套圈后段83中的每一个,以将它们相对于彼此保持在固定位置并且在其之间形成间隙。外套圈后段85通过焊料86在其每个端部固定至内套圈布置的相应段82、83,并且外套圈前段85a通过焊料86固定至内套圈前段82。

[0216] 套圈结构还包括布置在第一光纤端部81c前面的端盖87。端盖87与内套圈前段82间隔一定距离地安装,由此在端盖87和内套圈前段82之间形成端盖空间88。端盖固定到外套圈布置的外套圈前段85a。

[0217] 套圈结构包括围绕外套圈布置85、85a的外部对准套89,外部对准套优选地包括用于对准的部件89a、89b,在所示实施例中包括用于对准的凸缘89a和用于旋转对准(例如用于旋转光纤定向)的凸起89b。

[0218] 图11的PCF组件包括光子晶体光纤(PCF)组件PCF,其具有与套圈结构组装的第一光纤端部段91,该套圈结构包括内套圈布置,该内套圈布置包括在第一光纤端部近侧的内套圈前段92和在第一光纤端部远侧并围绕第一光纤端部段91的内套圈后段83。

[0219] 该组件还包括设置在内套圈前段92和第一光纤端部段91之间以完全围绕第一光纤端部段91的对准套筒90,以使得内套圈前段92经由对准套筒90支撑在第一光纤端部91a近侧的第一光纤端部段91。在图11所示的实施例中,对准套筒90是毛细管的短段。

[0220] 对准套筒90的前端、内套圈前段92的前端和第一光纤端部91a在垂直于套圈结构中心轴线的平面中对准。

[0221] 内套圈后段93在锚固长度段93b中锚固至第一光纤端部段91,并且从PCF的点91c至第一光纤端部91a,PCF没有聚合物涂层。

[0222] 套圈结构包括密封焊料元件96a,其被布置为围绕第一光纤端部段91以在第一光纤端部段91和内套圈后段93之间形成环形气密密封件96a。

[0223] 外套圈后段95固定到内套圈前段92和内套圈后段93中的每一个,以将它们相对于彼此保持在固定位置并在其之间形成间隙。外套圈后段95在其每个端部处通过焊料96固定到内套圈布置的相应段92、93,并且外套圈前段95a通过焊料96固定到内套圈前段92。

[0224] 套圈结构还包括布置在第一光纤端部91c前面的端盖97。端盖97与内套圈前段92间隔一定距离地安装。端盖固定到外套圈布置的外套圈前段85a。

[0225] 套圈结构包括围绕外套圈布置95、95a的外部对准套99,外部对准套优选地包括用于对准的部件99a、99b。

[0226] 传感器98安装在外部对准套99上,用于监测连接器性能和/或监测光纤损坏。

[0227] 图12和图12a的PCF组件包括光子晶体光纤(PCF)组件PCF,其具有与套圈结构组装的第一光纤端部段101,该套圈结构包括内套圈布置,该内套圈布置包括在第一光纤端部近侧的内套圈前段102以及在第一光纤端部远侧并围绕第一光纤端部段101的内套圈后段103。

[0228] 该组件还包括布置在内套圈前段102和第一光纤端部段101之间以完全包围第一光纤端部段101的对准套筒100,以使得内套圈前段102经由对准套筒100支撑在第一光纤端部101a近侧的第一光纤端部段101。在图11所示的实施例中,对准套筒100是毛细管的短段。对准套筒100和被支撑的第一光纤端部段101在图12a中被放大,并且可以看出,PCF包括另一光纤101b的短段,其有利地是中空纤芯毛细管101b的一段。

[0229] 对准套筒100的前端、内套圈前段102的前端和第一光纤端部101a在垂直于套圈结构中心轴线的平面中对准。

[0230] 内套圈后段103在锚固长度段103b中锚固到第一光纤端部段101,并且从PCF的点101c至第一光纤端部101a,PCF没有聚合物涂层。

[0231] 套圈结构包括密封焊接元件86a,该密封焊接元件86a布置成围绕第一光纤端部段101,以在第一光纤端部段101和内套圈后段103之间形成环形气密密封件106a。

[0232] 外套圈后段105固定到内套圈前段102和内套圈后段103中的每一个,以将它们相对于彼此保持在固定位置并在其之间形成间隙。外套圈后段105通过焊料106在其每个端部固定到内套圈布置的相应段102、103,并且外套圈前段105a通过焊料106固定到内套圈前段102。

[0233] 套圈结构还包括布置在第一光纤端部101c前面的端盖107。端盖107与内套圈前段102间隔一定距离地安装。端盖固定在外套圈布置的外套圈前段105a。

[0234] 套圈结构包括围绕外套圈布置105、105a的外部对准套109,外部对准套优选地包括用于对准的部件109a、109b。

[0235] 传感器108安装到外部对准套109上,用于监测连接器性能和/或用于监测光纤损坏。

[0236] 图13和图13a的PCF组件包括光子晶体光纤(PCF)组件PCF,其具有与套圈结构组装的第一光纤端部段111,该套圈结构包括内套圈布置,该内套圈布置包括在第一光纤端部近侧的内套圈前段112以及在第一光纤端部的远侧并围绕第一光纤端部段111的内套圈后段113。

[0237] 该组件还包括设置在内套圈前段112和第一光纤端部段111之间以完全围绕第一光纤端部段111的对准套筒110,以使得内套圈前段112经由对准套筒110支撑在第一光纤端部111a近侧的第一光纤端部段111。对准套筒110通过在支撑长度段110b中塌陷到第一光纤端部段111上来支撑第一光纤端部段111。在对准套筒110的未塌陷部分110a中,对准套筒110具有与内套圈前段112的内径相关的外径。

[0238] 内套圈后段113在锚固长度段113b中锚固到第一光纤端部段111,并且从PCF的点111c至第一光纤端部111a,PCF没有聚合物涂层。

[0239] 套圈结构包括密封焊料元件86a,该密封焊料元件86a布置成围绕第一光纤端部段111以在第一光纤端部段111与内套圈后段113之间形成环形气密密封件116a。

[0240] 外套圈后段115被固定到内套圈前段112和内套圈后段113中的每一个,以将它们相对于彼此保持在固定位置并且在其之间形成间隙。外套圈后段115在其每个端部处通过焊料116固定到内套圈布置的相应段112、113,并且外套圈前段115a通过焊料116固定到内套圈前段112。

[0241] 套圈结构还包括与内套圈前段112间隔一段距离地安装的端盖117。端盖固定到外套圈布置的外套圈前段115a。

[0242] 套圈结构包括围绕外套圈布置115、115a的外部对准套119,外部对准套优选地包括用于对准的部件119a、119b。

[0243] 图14a中所示的PCF端部段是中空纤芯PCF并且包括中空纤芯121和具有多个包层孔122的周围包层。在第一光纤端部123处,PCF在光纤面(光纤端部)上具有金属或抗反射涂层,用于防止入射光和/或背向反射。

[0244] 图14b中所示的PCF端部段是中空纤芯PCF并且包括中空纤芯131和具有多个包层孔132的周围包层。在邻近第一光纤端部133的短端部分处—例如,具有高达约2毫米长的长度1的端部部分—PCF包层孔已塌陷或以其他方式密封。中空纤芯131未被密封。

[0245] 图14c示出了图14b所示的中空纤芯PCF的另一视图。由于密封的包层孔133,可以看出,在PCF中透射的光没有完全限制在长度为1的端部部分中,并且光以锥形144扩散出去。为了缓和此,透镜可以例如布置在第一光纤端部133的前面。

[0246] 在图14e中,图14c所示的中空纤芯PCF还具有用于防止入射光和/或背向反射的金属涂层133a。

[0247] 图15所示的激光系统包括激光源141和光纤传输线缆142,光纤传输线缆142用于将来自激光源141的光传输到用户设备144。光纤传输线缆142包括如上所述具有与用户设备相关的一个或多个低损耗传输带的中空纤芯PCF作为其波导。如所指出的,光纤传输线缆142可能相当长,同时仍然能够以基模向用户设备144以高效率 and 低损耗传输单模光。光纤传输线缆142具有第一端部143a和第二端部143b。在所示实施例中,第一端部143a和第二端部143b中的每一个安装在如上所述的套圈结构中以分别连接至用户设备144和激光源141。

[0248] 图16的设备包括连接到用户设备114的图15的激光系统。

[0249] 图17a和17b的设备包括传输脉冲光的激光源151和产生超连续谱的PCF的线缆152,线缆152被设置用于产生和传输超连续光到用户设备154。光纤传输线缆152包括如17b所示的实心纤芯PCF作为其波导,其包括围绕实心纤芯155的多个微结构166。

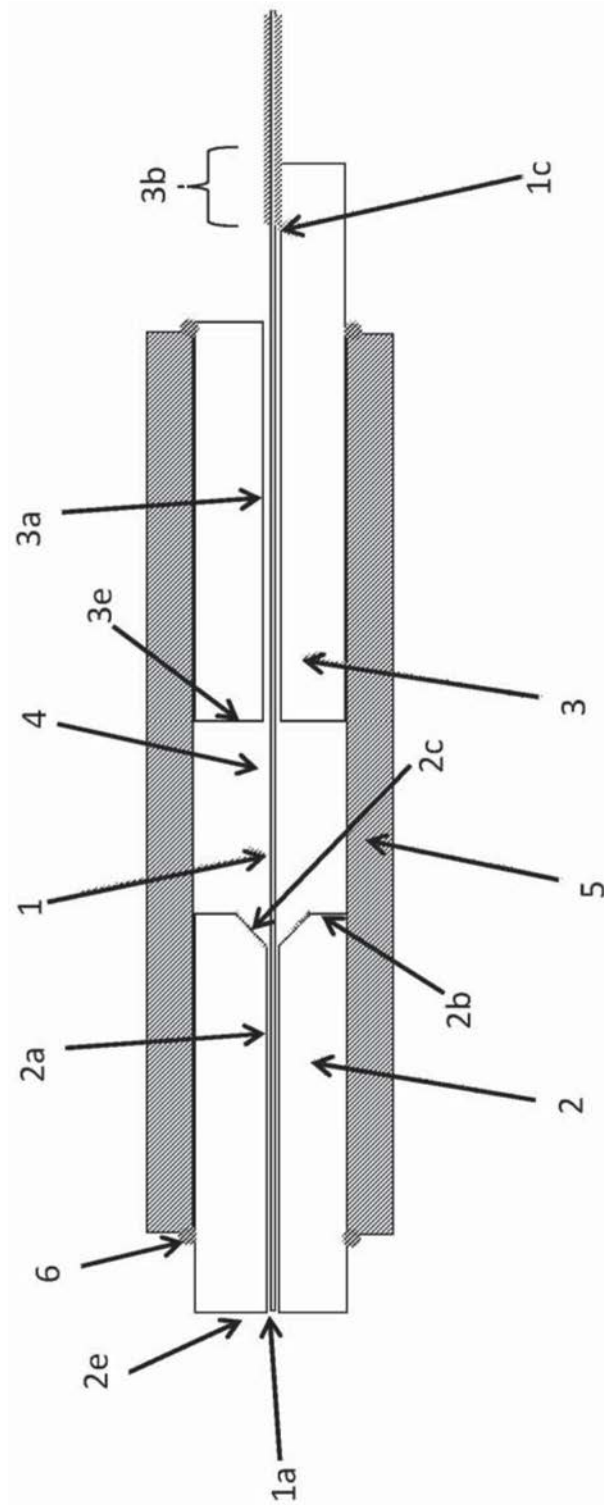


图1

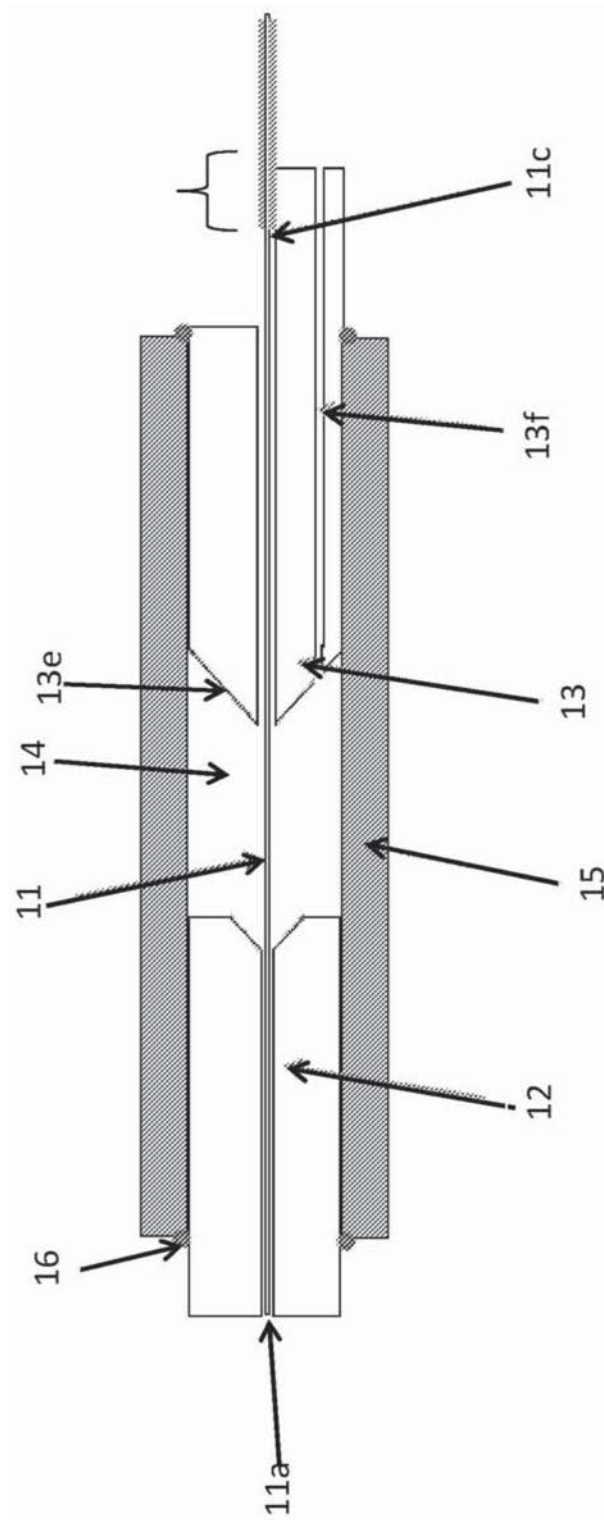


图2

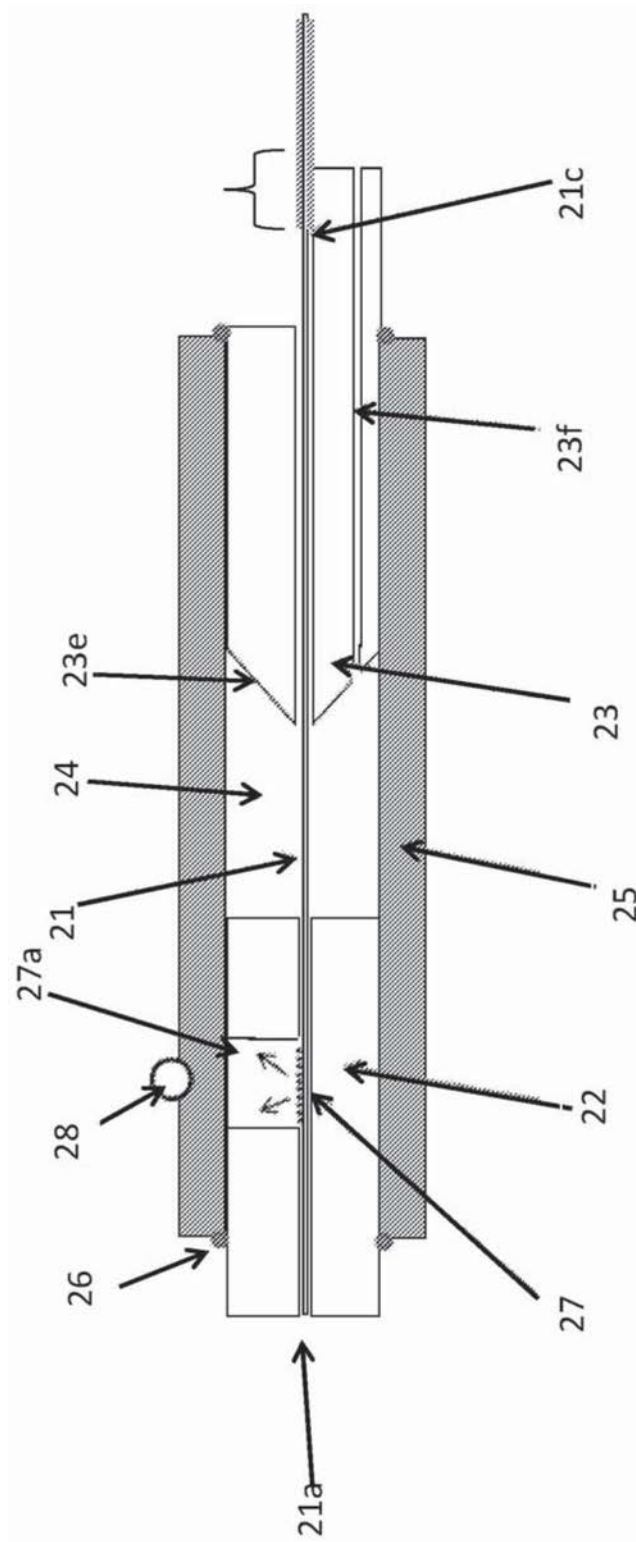


图3

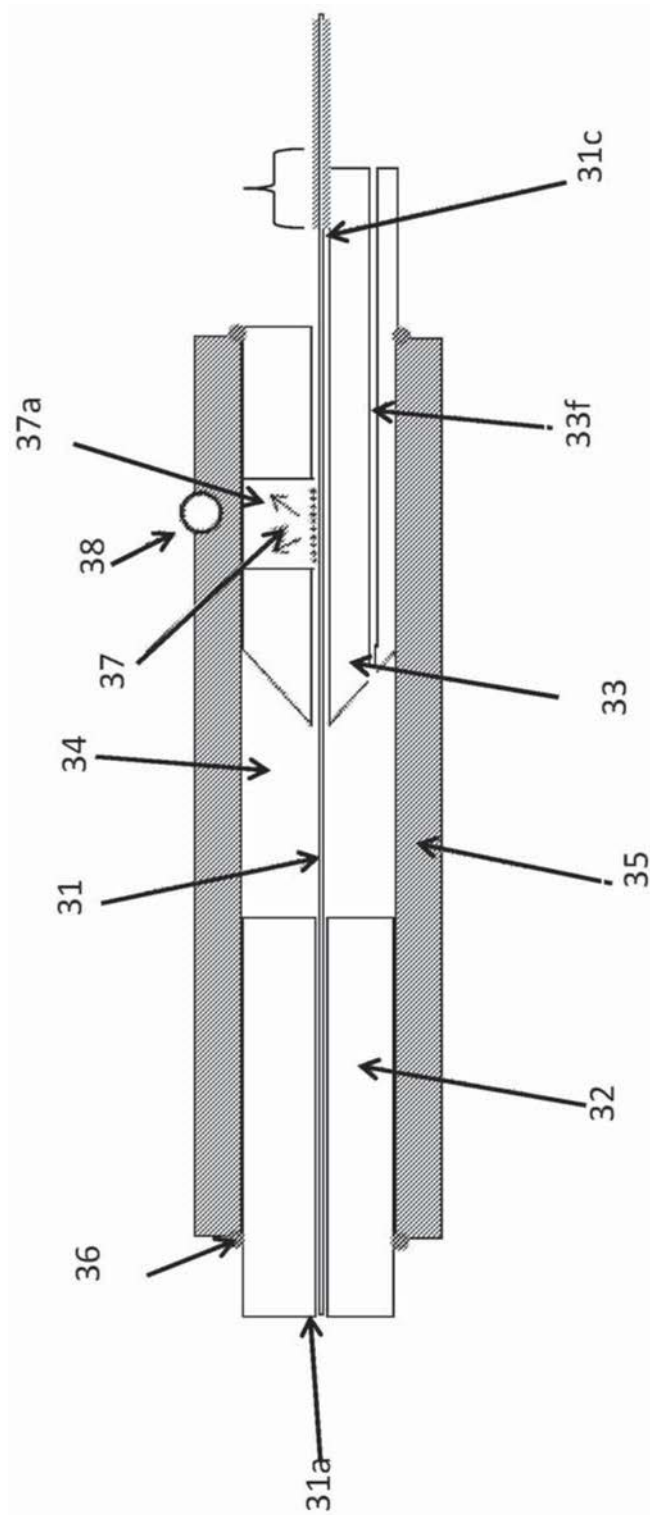


图4

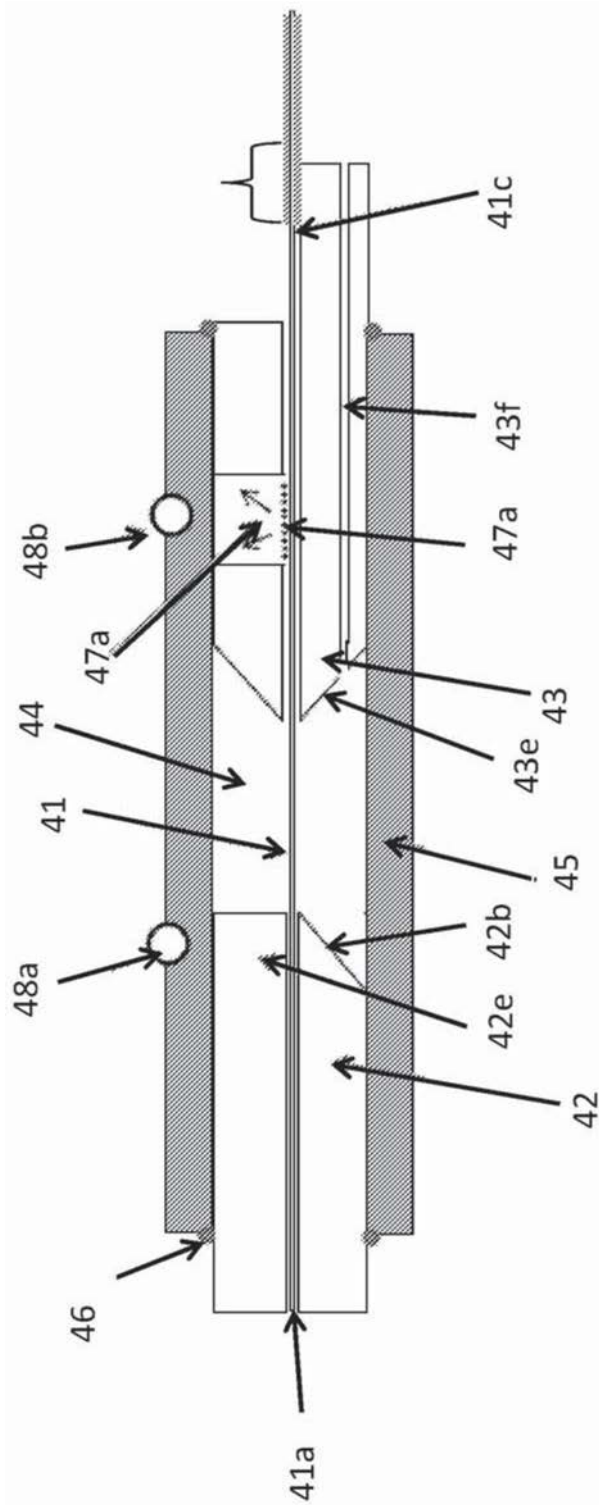


图5

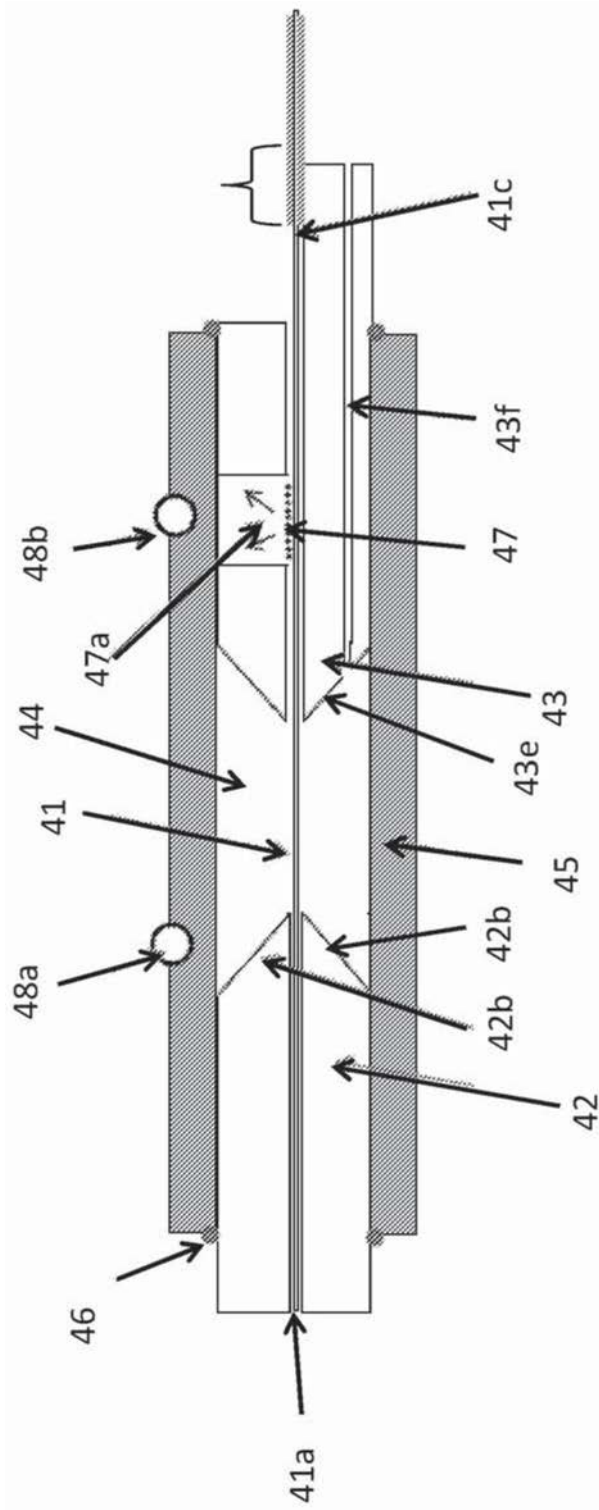


图6

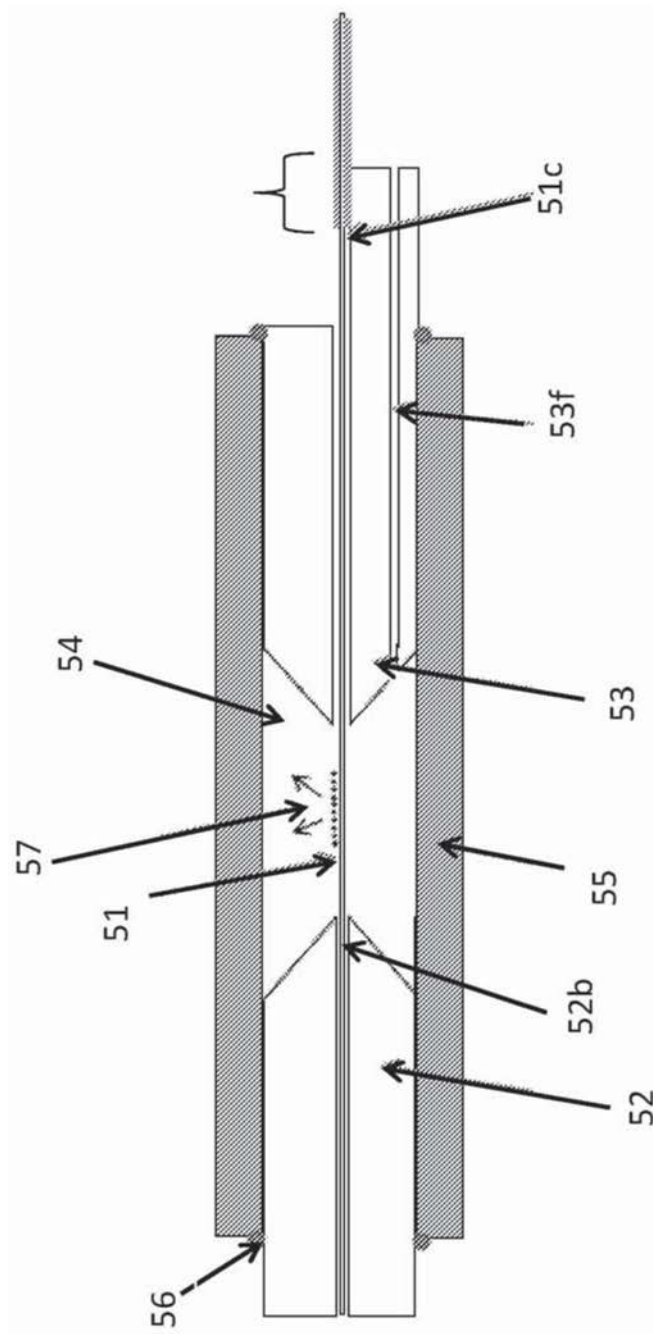


图7

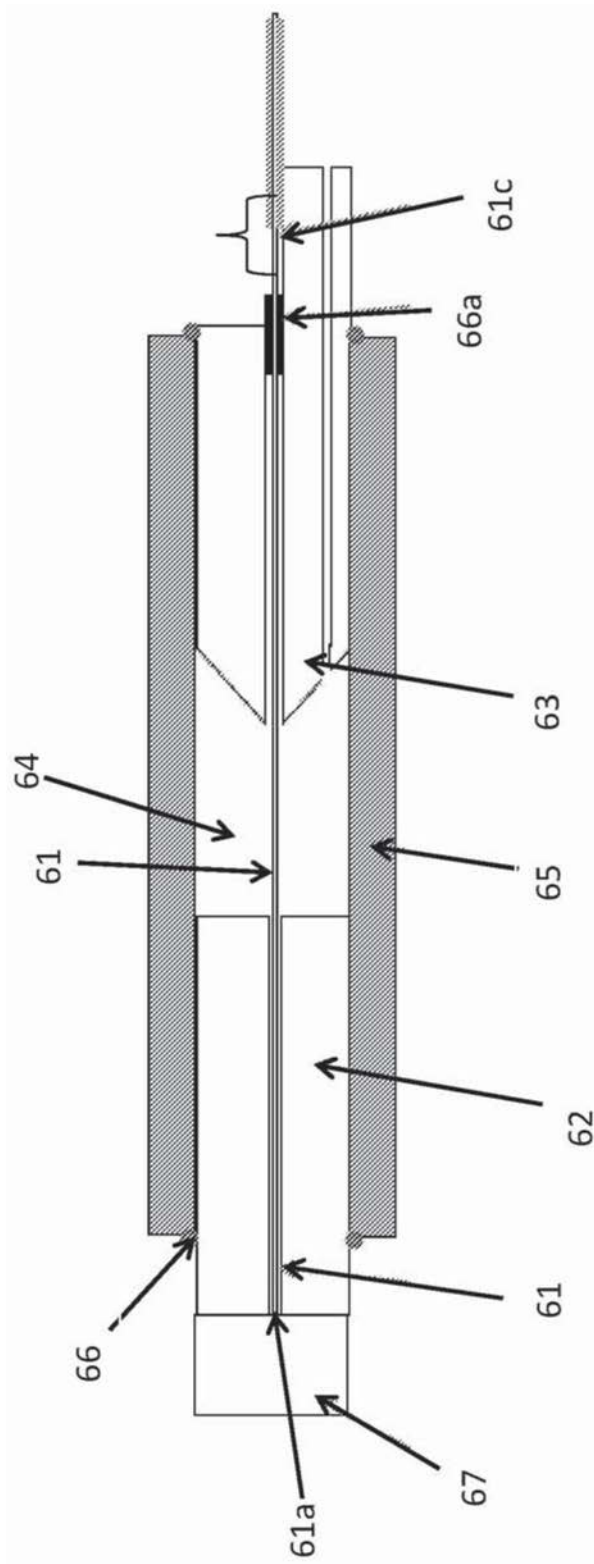


图8

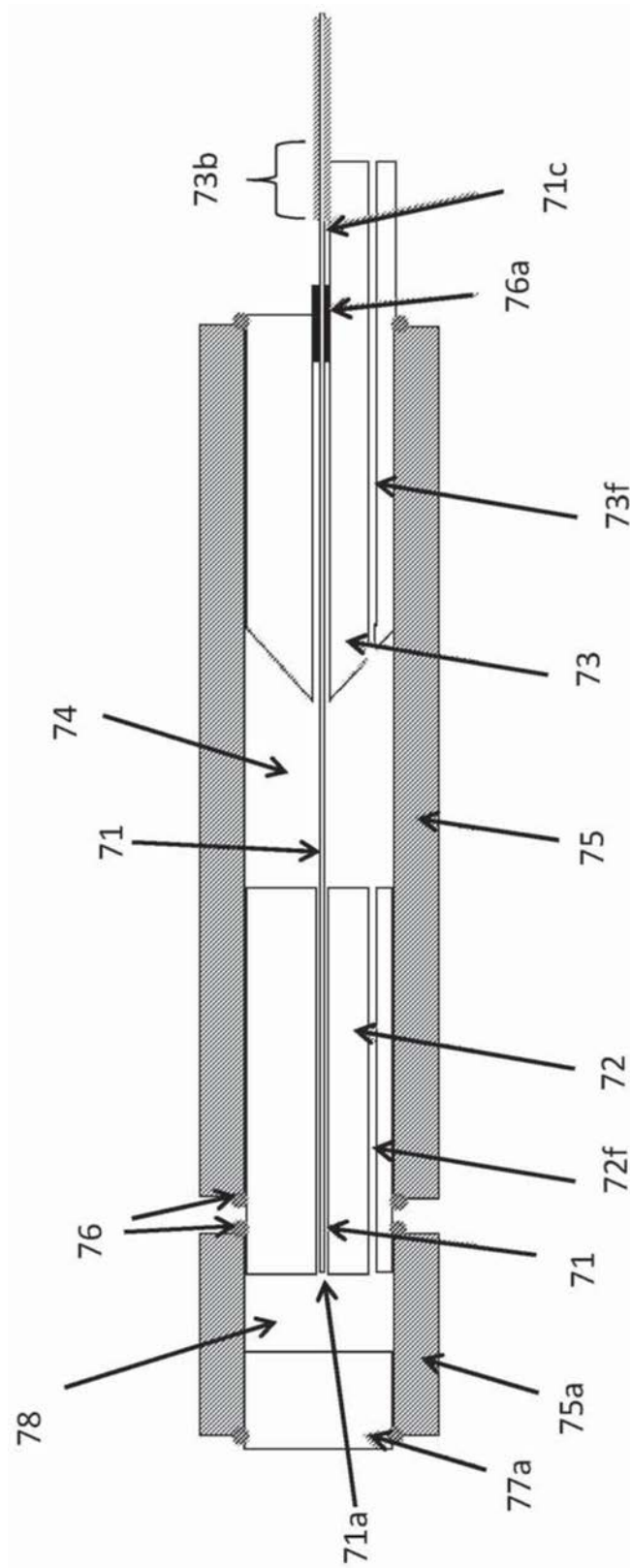


图9

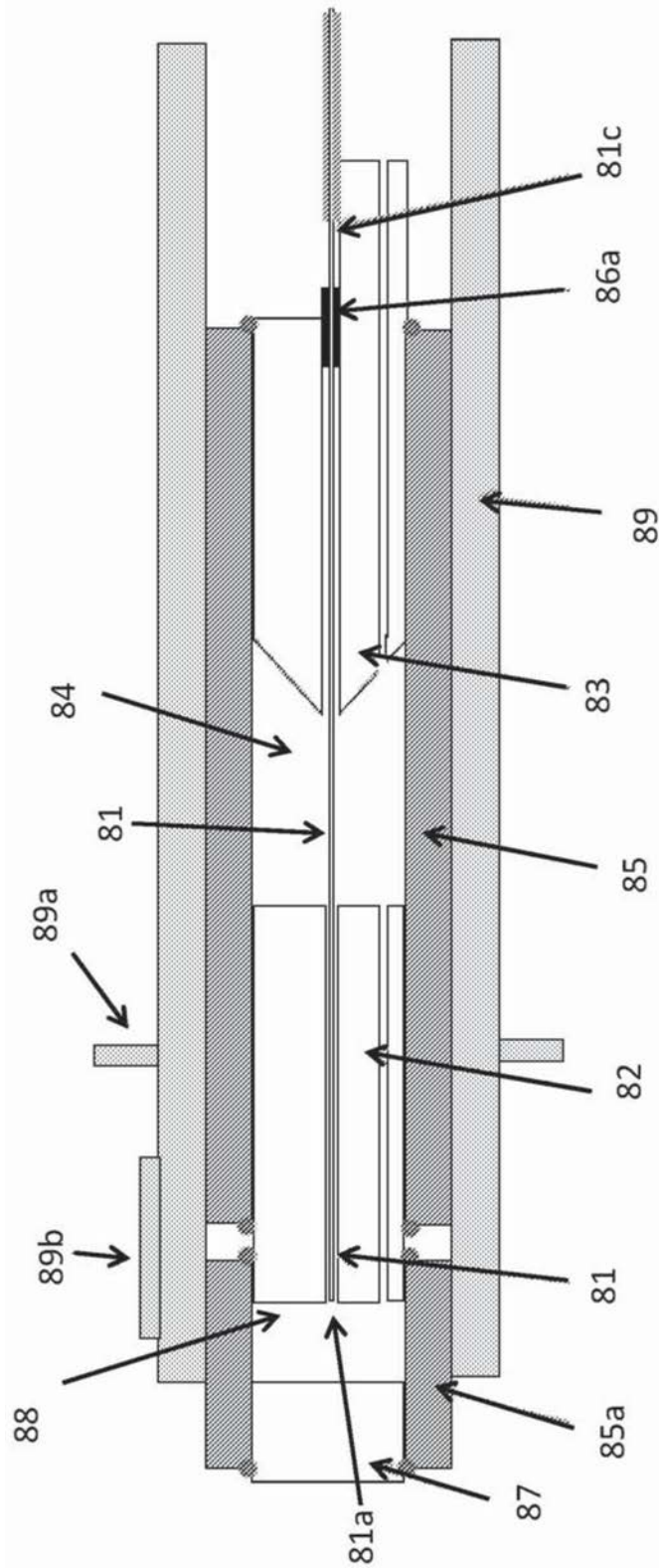


图10

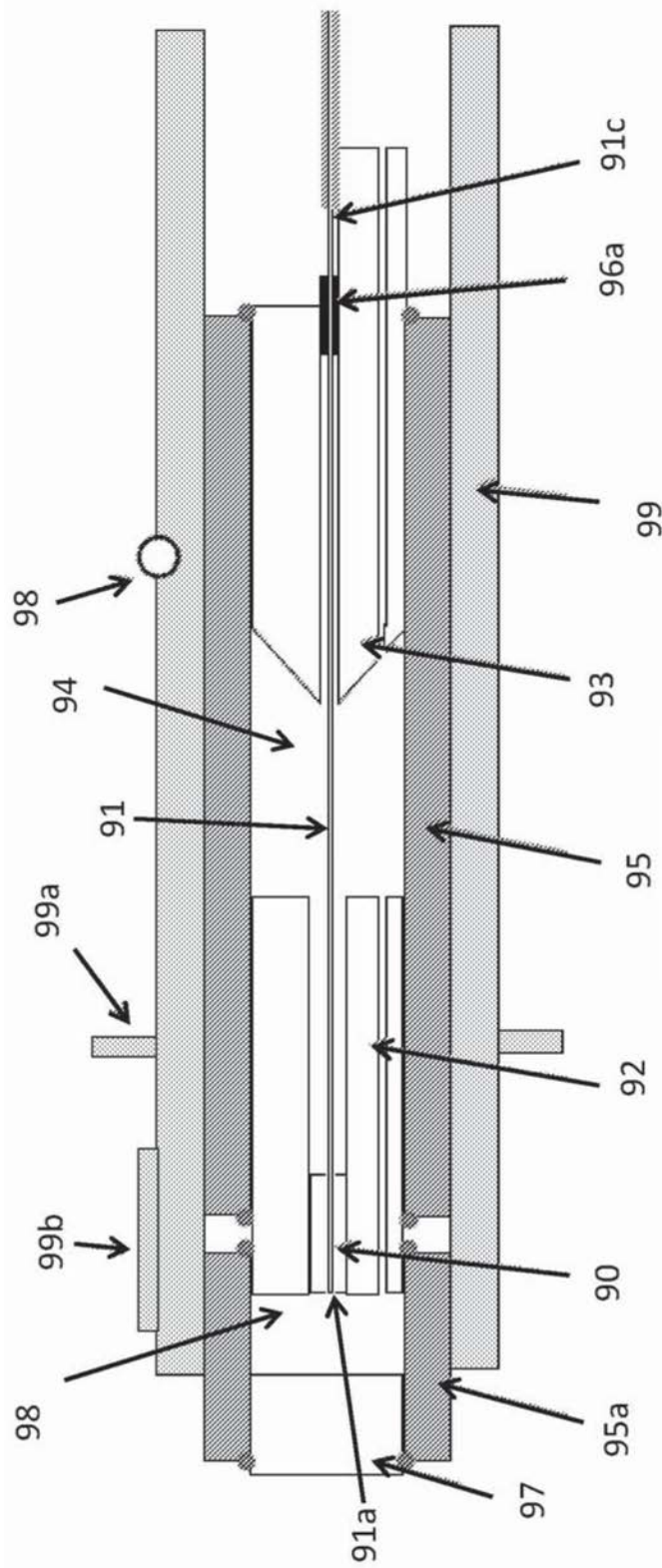


图11

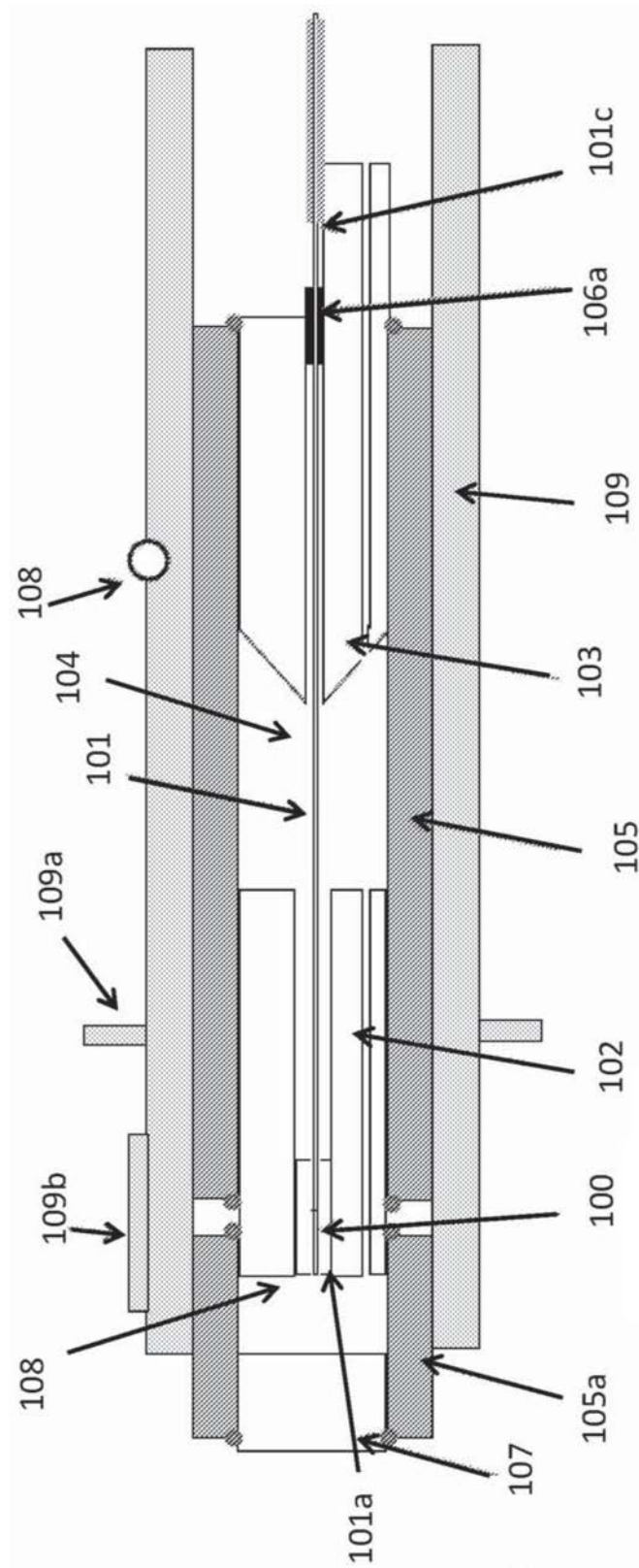


图12

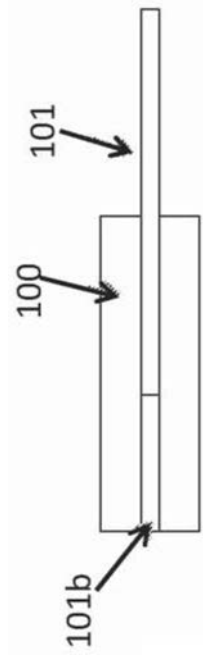


图12b

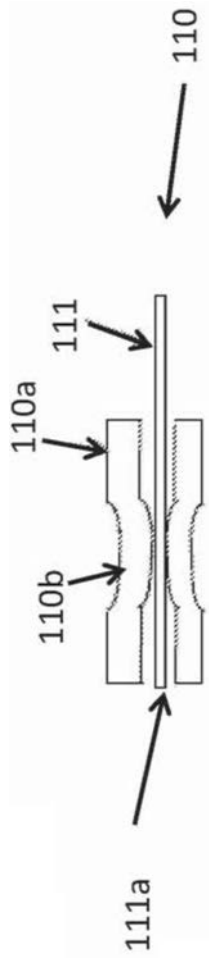


图13b

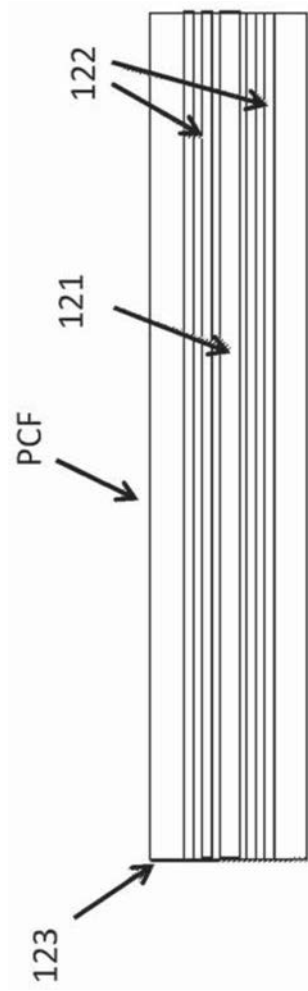


图14a

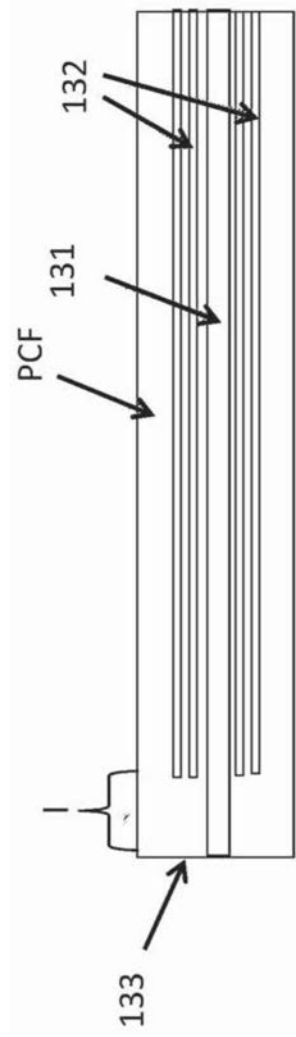


图14b

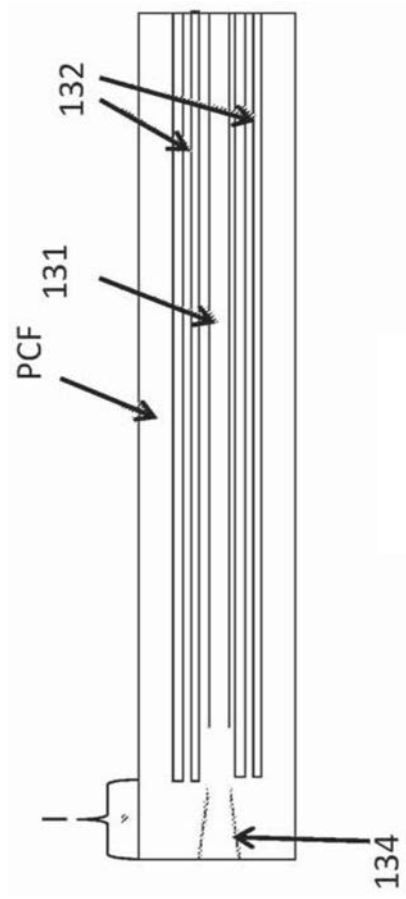


图14c

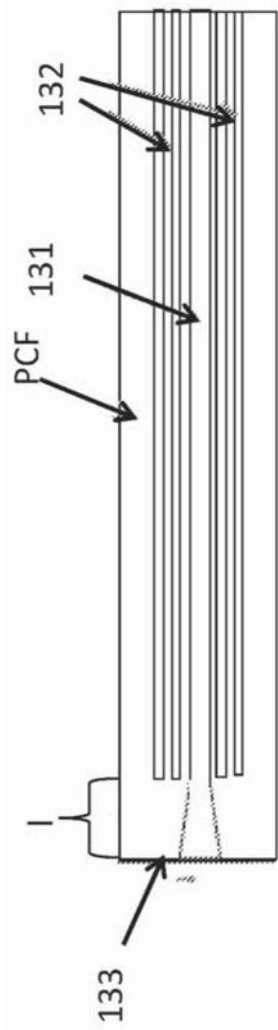


图14d

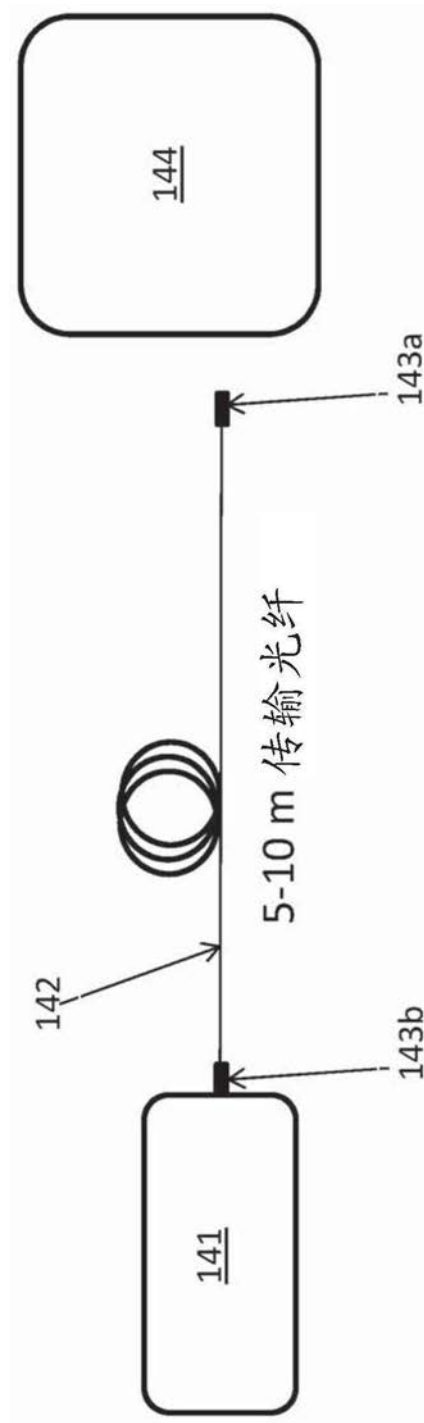


图15

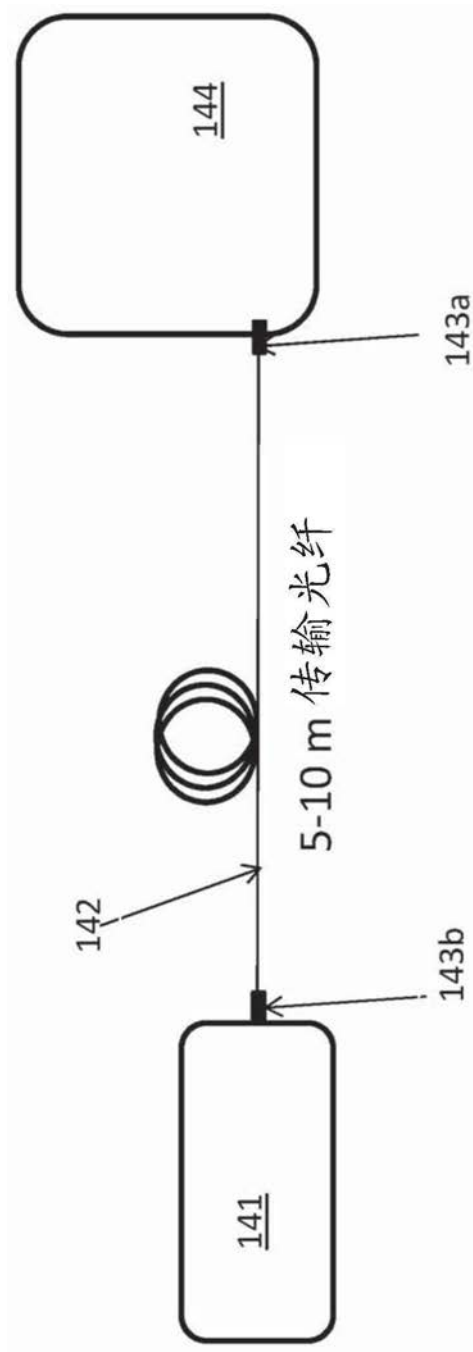


图16

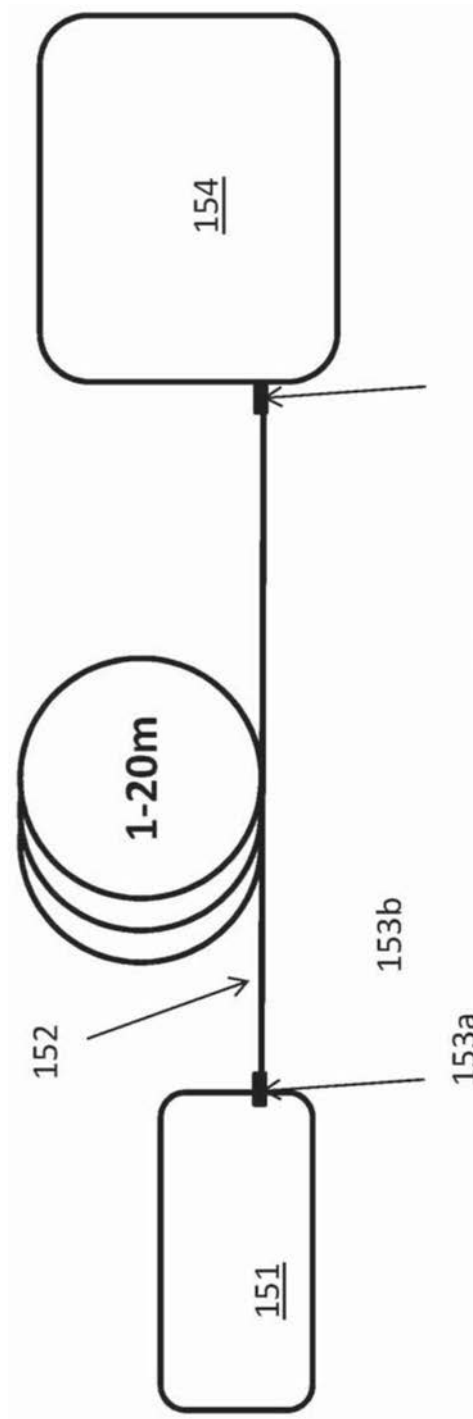


图17a

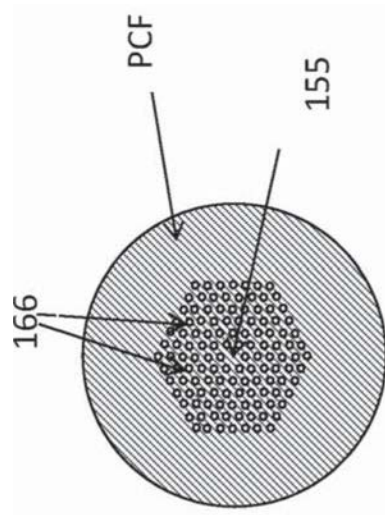


图17b