



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109564328 A

(43)申请公布日 2019.04.02

(21)申请号 201780047474.3

(22)申请日 2017.09.29

(30)优先权数据

2016-191454 2016.09.29 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2019.01.30

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2017/035474 2017.09.29

(87)PCT国际申请的公布数据

W02018/062484 JA 2018.04.05

(71)申请人 古河电气工业株式会社

地址 日本东京都

(72)发明人 渡边健吾 武笠和则 斋藤恒聪

野村义树

(74)专利代理机构 北京清亦华知识产权代理事务所(普通合伙) 11201

代理人 宋融冰

(51)Int.Cl.

G02B 6/26(2006.01)

G02B 6/02(2006.01)

G02B 6/032(2006.01)

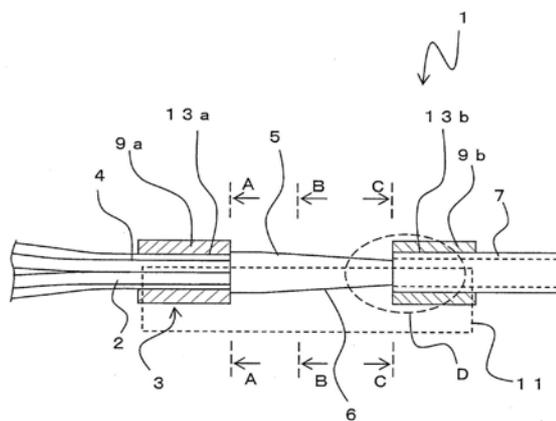
权利要求书2页 说明书10页 附图11页

(54)发明名称

光连接结构、光模块

(57)摘要

光纤束部(3)的端面光连接有锥形波导(5)。锥形波导(5)具有外径以锥形状变化的锥形部(6)。光纤束部(3)与锥形波导(5)的大径侧的端面光连接。锥形波导(5)整体以大致均匀的折射率构成。锥形波导(5)的小径侧的端面光连接有输出光纤(7)。输出光纤(7)与光纤束部(3)同样,也插通并固定于毛细管(9b)的孔(13b)中。在光纤束部(3)、锥形波导(5)以及输出光纤(7)配置于同一轴且光连接的状态下,毛细管(9a、9b)分别固定于保持部件(11)。锥形波导(5)以从保持部件(11)浮置的状态被保持,且锥形波导(5)的外侧面与保持部件(11)为非接触。



1. 一种光连接结构,其特征在于,具备:
锥形波导,其具有外径以锥形状变化的锥形部;
光纤束部,其与所述锥形波导的大径侧的端面光连接,并且由多根光纤芯线集合而构成;以及
输出光纤,其与所述锥形波导的小径侧的端面光连接,
所述光纤束部和所述输出光纤分别固定于毛细管,
各个所述毛细管固定于保持部件,
所述锥形波导的外侧面与所述保持部件为非接触。
2. 根据权利要求1所述的光连接结构,其特征在于,
所述保持部件是大致圆筒状部件,所述锥形波导的外侧面隔开间隙地由所述保持部件覆盖。
3. 根据权利要求1所述的光连接结构,其特征在于,
所述光纤束部是捆束有多根光纤芯线的光纤束结构。
4. 根据权利要求1所述的光连接结构,其特征在于,
所述锥形波导整体以大致均匀的折射率构成。
5. 根据权利要求1所述的光连接结构,其特征在于,
在所述锥形波导的内部的至少一部分设置有空气包层。
6. 根据权利要求1所述的光连接结构,其特征在于,
所述锥形波导具备纤芯和覆盖所述纤芯的包层。
7. 根据权利要求1所述的光连接结构,其特征在于,
所述锥形波导具有渐变折射率型的折射率分布。
8. 根据权利要求1所述的光连接结构,其特征在于,
所述输出光纤是空芯光纤。
9. 根据权利要求8所述的光连接结构,其特征在于,
所述空芯光纤是空芯光子带隙光纤。
10. 根据权利要求9所述的光连接结构,其特征在于,
所述空芯光子带隙光纤是Kagome光纤。
11. 根据权利要求8所述的光连接结构,其特征在于,
在所述锥形波导的小径侧的端部近旁形成有预定长度的大致相同直径的直线部,所述直线部的一部分插入于所述空芯光纤中。
12. 根据权利要求1所述的光连接结构,其特征在于,
所述锥形波导与所述输出光纤经由中间光纤光连接。
13. 根据权利要求12所述的光连接结构,其特征在于,
所述输出光纤是空芯光纤,所述中间光纤的一部分插入于所述空芯光纤中。
14. 一种光模块,其特征在于,具备:
锥形波导,其具有外径以锥形状变化的锥形部;
光纤束部,其与所述锥形波导的大径侧的端面光连接,并且由多根光纤芯线集合而构成;
输出光纤,其与所述锥形波导的小径侧的端面光连接;以及

壳体,其容纳所述锥形波导,
所述光纤束部与所述输出光纤分别固定于毛细管,
各个所述毛细管固定于所述壳体,
所述锥形波导的外侧面与所述壳体为非接触,
所述壳体的内部封入有流体,或者所述壳体的内部为真空状态。

15. 根据权利要求14所述的光模块,其特征在于,
在所述壳体上连接有流道,且流体能够在所述壳体的内部循环。

16. 根据权利要求14所述的光模块,其特征在于,
各个所述毛细管由握持部件握持,所述握持部件与所述壳体的内表面接合。

光连接结构、光模块

技术领域

[0001] 本发明涉及向输出光纤激光等高功率光的输出光纤的光连接结构等。

背景技术

[0002] 为了捆束多根光纤芯线并将光耦合到输出光纤,需要将包含所有光纤芯线的区域集中于比输出光纤的纤芯小的区域。因此,在光纤芯线的线束与输出光纤之间光连接有锥形波导(例如专利文献1)。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本特开2008-191580号公报

发明内容

[0006] 发明要解决的问题

[0007] 这种锥形波导的一个端部具有比包含入射光的所有光纤芯线的光的圆的直径大的纤芯直径,另一个端部成为比输出光纤的纤芯直径小的纤芯直径。如此,通过使用外径以锥形状变化的锥形波导,从而能够将多根光纤芯线的光光耦合到输出光纤。

[0008] 在此,对从锥形波导向输出光纤的光耦合效率进行探讨。将向锥形波导入射的光的入射角度设为 θ_{in} ,将锥形波导的锥形角度设为 θ_{taper} ,将从锥形波导射出的光的射出角度设为 θ_{out} 。在该情况下, $\theta_{in} < \theta_{out}$,为了防止在锥形部的漏光,需要使 $\theta_{out} + \theta_{taper}$ 不超过由锥形波导的数值孔径 NA_{taper} 决定的 $\theta_{max} (= \arcsin(NA_{taper}))$ 。即,需要满足 $\theta_{out} + \theta_{taper} \leq \arcsin(NA_{taper})$ (公式(1))。

[0009] 另外,为了防止输出光纤中的传播光的漏光,需要使 θ_{out} 不超过由输出光纤的数值孔径 $NA_{delivery}$ 决定的 $\theta_{max} (= \arcsin(NA_{delivery}))$ 。即,需要满足 $\theta_{out} \leq \arcsin(NA_{delivery})$ (公式(2))。

[0010] 在此,为了将最大限度的功率的光导入到纤芯直径以及数值孔径已知的输出光纤中,需要扩大锥形波导入口的纤芯直径,直至输出光纤中传播光不漏光的公式(2)的条件中成为 $\theta_{out} = \arcsin(NA_{delivery})$ (公式(3))为止。

[0011] 另一方面,由于需要在锥形波导中不漏光,因此若将公式(3)代入公式(1)并进行整理,则成为 $NA_{taper} \geq \sin[\arcsin(NA_{delivery}) + \theta_{taper}]$ (公式(4))。由于 θ_{taper} (例如 1° 左右)相对于 θ_{out} (例如 $10 \sim 30^\circ$)足够小,因此根据公式(4),为了将最大限度的功率的光导入到输出光纤,只要使 NA_{taper} 比 $NA_{delivery}$ 稍大即可。

[0012] 在此,作为普通的锥形波导,采用了现有的二氧化硅基的波导结构,这种锥形波导的 NA_{taper} 是0.35左右(非折射率差3%),即使在使用低折射率的树脂作为包层的情况下, NA_{taper} 也只能够实现0.5左右。因此,即使在输出光纤的数值孔径足够大的情况下,在使用现有的二氧化硅基的锥形波导时,由于纤芯与包层的折射率差不足,因此也不能将光耦合至输出光纤的极限。

[0013] 本发明是鉴于这种问题而做出的,目的在于提供一种光连接结构等,其能够高效率地向输出光纤导入光。

[0014] 用于解决问题的方案

[0015] 为了达到上述目的,第一发明是一种光连接结构,其具备:锥形波导,其具有外径以锥形状变化的锥形部;光纤束部,其与所述锥形波导的大径侧的端面光连接,并且由多根光纤芯线集合而构成;以及输出光纤,其与所述锥形波导的小径侧的端面光连接,所述光纤束部和所述输出光纤分别固定于毛细管,各个所述毛细管固定于保持部件,所述锥形波导的外侧面与所述保持部件为非接触。

[0016] 所述保持部件可以是大致圆筒状部件,所述保持部件以与所述锥形波导的外侧面隔开间隙的方式覆盖整个圆周。

[0017] 所述光纤束部可以是捆束由多根光纤芯线的光纤束结构。

[0018] 所述锥形波导的整体可以以大致均匀的折射率构成。

[0019] 在所述锥形波导的内部的至少一部分可以设置有空气包层。

[0020] 所述锥形波导可以具备纤芯和覆盖所述纤芯的包层。

[0021] 所述锥形波导可以具有渐变折射率型的折射率分布。

[0022] 所述输出光纤可以是空芯光纤。

[0023] 所述空芯光纤可以是空芯光子带隙光纤。

[0024] 所述空芯光子带隙光纤可以是Kagome光纤。

[0025] 可以在所述锥形波导的小径侧的端部近旁形成有预定长度的大致相同直径的直线部,所述直线部的一部分插入于所述空穴芯光纤中。

[0026] 所述锥形波导和所述输出光纤可以经由中间光纤光连接。

[0027] 所述输出光纤可以是空芯光纤,所述中间光纤的一部分插入于所述空芯光纤中。

[0028] 第二发明是一种光模块,其特征在于,具备:锥形波导,其具有外径以锥形状变化的锥形部;光纤束部,其与所述锥形波导的大径侧的端面光连接,并且由多根光纤芯线集合而构成;输出光纤,其与所述锥形波导的小径侧的端面光连接;以及壳体,其容纳所述锥形波导,所述光纤束部和所述输出光纤分别固定于毛细管,各个所述毛细管固定于所述壳体,所述锥形波导的外侧面与所述壳体为非接触,所述壳体的内部封入有流体,或者所述壳体的内部为真空状态。

[0029] 在所述壳体上可以连接有流道,流体能够在所述壳体的内部循环。

[0030] 各个所述毛细管可以由握持部件握持,所述握持部件与所述壳体的内表面接合。

[0031] 发明效果

[0032] 根据本发明,能够提供能够高效率地向输出光纤导入光的光连接结构等。

附图说明

[0033] 图1是表示光连接结构1的概念图。

[0034] 图2a是与光连接结构1的长度方向垂直的剖视图,是图1的A-A线剖视图。

[0035] 图2b是与光连接结构1的长度方向垂直的剖视图,是图1的B-B线剖视图。

[0036] 图2c是与光连接结构1的长度方向垂直的剖视图,是图1的C-C线剖视图。

[0037] 图3a是表示光纤束部3的其他实施方式的图。

- [0038] 图3b是表示光纤束部3的其他实施方式的图。
- [0039] 图4a是表示输出光纤7的实施方式的图。
- [0040] 图4b是表示输出光纤7的实施方式的图。
- [0041] 图5a是表示锥形波导5与输出光纤7的光连接部的实施方式的图。
- [0042] 图5b是表示锥形波导5与输出光纤7的光连接部的实施方式的图。
- [0043] 图5c是表示锥形波导5与输出光纤7的光连接部的实施方式的图。
- [0044] 图6a是锥形波导5a的侧视图。
- [0045] 图6b是图6a的E-E线剖视图。
- [0046] 图7a是锥形波导5b的侧视图。
- [0047] 图7b是图7a的F-F线剖视图。
- [0048] 图8是表示光连接结构1a的概念图。
- [0049] 图9a是与光连接结构1a的长度方向垂直的剖视图,是图8的G-G线剖视图。
- [0050] 图9b是与光连接结构1a的长度方向垂直的剖视图,是图8的H-H线剖视图。
- [0051] 图9c是与光连接结构1a的长度方向垂直的剖视图,是图8的I-I线剖视图。
- [0052] 图10a是表示光连接结构1b的概念图。
- [0053] 图10b是表示光连接结构1c的概念图。
- [0054] 图10c是表示光连接结构1d的概念图。
- [0055] 图11a是表示锥形波导5与输出光纤7的光连接部的其他实施方式的图。
- [0056] 图11b是表示锥形波导5与输出光纤7的光连接部的其他实施方式的图。
- [0057] 图12a是表示光模块30的概念图。
- [0058] 图12b是表示光模块30的概念图。

具体实施方式

[0059] 以下,对光连接结构1进行说明。图1是与光连接结构1的轴向平行的局部剖视图,图2a是图1的A-A线剖视图,图2b是图1的B-B线剖视图,图2c是图1的C-C线剖视图。此外,图1是保持部件11的透视图。光连接结构1主要由光纤束部3、锥形波导5、输出光纤7、毛细管9a、9b、保持部件11等构成。

[0060] 如图2a所述,光纤束部3由多根光纤芯线2集合而构成。多根光纤芯线2插通并固定于毛细管9a的孔13a中。即,光纤束部3固定于毛细管9a中。孔13a例如是圆形,光纤芯线2在孔13a的内部,以相邻的光纤芯线2彼此互相接触的方式以大致最密配置被固定。即,在本实施方式中,光纤束部3是捆束多根光纤芯线2的光纤束结构4。此外,毛细管9a可以是光连接器的套箍。

[0061] 光纤束结构4例如通过在毛细管9a的孔13a中填充粘接剂、溶胶凝胶玻璃、或者水玻璃,插入光纤芯线2并固定之后,抛光端面而形成。此外,作为毛细管9a的材质,例如能够使用石英玻璃、硼硅酸盐玻璃、氧化锆、金属等。

[0062] 此外,光纤束结构4的形态不限于图示的例子。例如,构成光纤束结构4的光纤芯线2的数量不特别限定,除了图示的七芯以外,还能够由十二芯、十九芯等任意的根数构成。另外,所有的光纤芯线2的直径可以不相同,例如,也可以以使中心的光纤芯线2的外径大,且其周围多根小径的光纤芯线2互相接触的方式配置。

[0063] 另外,作为光纤束部3,还可以不是直接捆束光纤芯线2的光纤束结构4。例如,也可以如图3a所示的光纤束部3a那样,在毛细管9a上形成有多个孔13c,将光纤芯线2插通并固定于各个孔13c中。

[0064] 另外,还可以如图3b所示的光纤束部3b那样,使毛细管9a在与轴向垂直的方向上为分割结构。在该情况下,在各个分割片上同时设置有多个V槽13d。在使各个分割片的V槽13d彼此对置而形成的空间中配置有光纤芯线2,并形成光纤阵列。在该情况下,分割片的各个V槽13d彼此互相对置,从而能够与形成多个孔13c的情况同样地发挥功能。如此,只要能够排列并固定多根光纤芯线2,则固定光纤束部的毛细管9a的结构不限定。

[0065] 在光纤束部3的端面光连接有锥形波导5。锥形波导5具有外径以锥形状变化的锥形部6。光纤束部3与锥形波导5的大径侧的端面光连接。此外,光纤束部3与锥形波导5的彼此的端面的光连接,例如既可以是熔接,也可以是由粘接剂、水玻璃等进行的粘接。

[0066] 在此,在图2a中,将与光纤束部3的端面对置的锥形波导5的端面的外径以虚线表示。锥形波导5的大径侧的外径大于光纤束部3中的光的存在区域。因此,能够将各光纤芯线2射出的光不向别处漏出地导入至锥形波导5中。

[0067] 锥形波导5整体以大致均匀的折射率构成。即,锥形波导5不具有如纤芯和包层那样的折射率不同的材质、结构,由相同的材质构成。锥形波导5例如由石英玻璃、硼硅酸盐玻璃等玻璃材料构成。在该情况下,锥形波导5能够通过粉末成型制作。

[0068] 在锥形波导5的小径侧的端面光连接有输出光纤7。输出光纤7也与光纤束部3同样,插通并固定于毛细管9b的孔13b中。毛细管9b例如可以是与毛细管9a相同的结构。

[0069] 在此,如图2c中,以虚线表示在输出光纤7的端面中对置的锥形波导5的端面的外径。锥形波导5的小径侧的外径小于输出光纤7的纤芯15的直径。因此,能够将锥形波导5射出的光不向别处漏出地导入至输出光纤7的纤芯15中。

[0070] 此外,输出光纤7既可以是在纤芯15的外周形成有折射率比纤芯15低的包层的普通的光纤,但如图4a所示,也可以是空芯PBGF (Photonic Band Gap Fiber,光子带隙光纤)。另外,如图4b所示,还可以是空芯Bragg光纤。空芯PBGF在中空的纤芯15的外周上具有分割为多个的空气层。另外,在空芯PBGF光纤的中空的纤芯的外周,高低折射率周期性交替地配置。作为空芯PBGF,经常使用具有Kagome (カゴメ) 晶格形状的中空晶格的Kagome光纤。Kagome光纤的结构例如示出在OPTICS EXPRESS Vol.21, No23, 28597, "Hypocycloid-shaped hollow-core photonic crystal fiber Part I: Arc curvature effect on confinement loss"。Kagome光纤是考虑了分割的形状,能够提高单模传输性并以高峰值功率传输。

[0071] 各个输出光纤7的纤芯15也都是中空的,通过利用这种空芯光纤,从而能够增大输出光纤7的数值孔径(例如 $NA_{\text{delivery}}=0.7$ 以上)。即,能够传播更大功率的光。此外,在以下说明中,除非另有说明,否则将对具有中空的纤芯15的情况进行说明。另外,在以下的图中,对输出光纤7的纤芯15的周围的结构省略图示。

[0072] 图5a是锥形波导5与输出光纤7的光连接部的放大图。在纤芯15为中空的情况下,优选在锥形波导5的射出端面上设置反射防止膜17。光反射防止膜17例如是 MgF_2 、 ZrO_2 等膜。如图所示,通过将锥形波导5的小径侧的端面位置与输出光纤7的端面位置对准而配置,从而能够将锥形波导5射出的光导入至纤芯15内。

[0073] 另外,如图5b所示,还可以在锥形波导5的小径侧端部近旁形成预定长度的大致相同直径的直线部19。例如,锥形波导5在大径侧与小径侧两个端部近旁均形成有外径基本不变化的直线部19。在该情况下,在直线部19彼此之间形成有外径以固定的比例变化的锥形部6。

[0074] 另外,如图5c所示,还可以将锥形波导5的小径侧的端部近旁的直线部19的一部分插入到为空芯光纤的输出光纤7的纤芯15中。在该情况下,锥形波导5的直线部19的外侧面可以与纤芯15的内侧面接触。通过如此,锥形波导5的配置稳定,能够防止漏光。由于在高输出且绿色光、青色光、紫外光等波长较短的激光中,漏光被树脂制的粘接剂等吸收而成为发热的原因,因此利用本发明防止漏光尤其有效。

[0075] 此外,在输出光纤7是普通的光纤的情况下,与光纤束部3与锥形波导5的光连接同样,能够通过熔接或粘接将锥形波导5与输出光纤7光连接。

[0076] 如图1所示,在光纤束部3、锥形波导5以及输出光纤7配置于同一轴上且光连接的状态下,毛细管9a、9b均固定于保持部件11。如图2a~图2c所示,保持部件11上形成有V槽,毛细管9a、9b配置于V槽内并固定。即,毛细管9a、9b的直径相同。

[0077] 另一方面,锥形波导5的外径小于毛细管9a、9b的外径。因此,锥形波导5以从保持部件11浮置的状态被保持,锥形波导5的外侧面与保持部件11为非接触。即,锥形波导5与其他固定结构不接触,周围形成有空气层。

[0078] 在此,在锥形波导5以均匀的折射率构成的情况下,存在于锥形波导5的侧面的外周的空气作为空气包层发挥功能。通常,与玻璃相比,空气等气体的折射率足够小,因此锥形波导5的折射率与覆盖锥形波导5的外侧面的气体的折射率的折射率差变大。因此,能够使锥形波导5的数值孔径($NA_{\text{delivery}} \approx 1$)大于输出光纤7的数值孔径($NA_{\text{delivery}} \approx 0.7$)。因此,能够将光耦合至输出光纤7的极限。

[0079] 此外,锥形波导5还可以不仅以均匀的折射率构成。图6a是表示锥形波导5a的图,图6b是图6a的E-E线剖视图。在锥形波导5a的内部的至少一部分形成有大致圆形的空气包层21。空气包层21从大径侧的端部连续地形成至小径侧的端部近旁。空气包层21沿着锥形波导5的锥形部6的外径变化,直径朝向小径侧端部逐渐变小。此外,在锥形波导5的小径侧端部未形成空气包层21,截面为完整的实心。

[0080] 在该情况下,来自光纤束部3的光导入至空气包层21的内部的实心部。即,由空气包层21包围的部位作为纤芯而发挥功能(以下,将由空气包层21包围的部位仅称作“纤芯部”)。此外,在小径侧端部,空气包层21的直径变小,光不能封堵于纤芯部以后,锥形波导的周围的空气层作为空气包层而发挥功能,抑制光漏出到锥形波导的外部。通过如此,能够得到高数值孔径。另外,能够抑制由于尘埃等附着于纤芯部的外周面而导致的漏光和发热。尤其,在高功率且绿光、蓝光、紫外光等波长短的激光中,具有更大的抑制漏光和发热的效果。

[0081] 图7a是表示锥形波导5b的图,图7b是图7a的F-F线剖视图。锥形波导5b在锥形波导5b的整个长度上形成有空气包层21。在该情况下,纤芯部与覆盖纤芯部的外周部由支撑部22连接。例如,在纤芯部的外周部沿周向以预定的间隔设置支撑部22,利用支撑部22连接纤芯部和覆盖纤芯部的外周部,从而能够保持纤芯部和覆盖纤芯部的外周部之间的间隙(空气包层21)。在此,通过使支撑部22的厚度为在纤芯部传播的光的波长以下,从而即使存在支撑部22,也能够抑制光从支撑部22漏出。

[0082] 另外,图示省略,但还可以使用具有纤芯和覆盖纤芯的包层的实心的锥形波导,在该情况下,通过加热熔融光纤,能够形成锥形波导。

[0083] 另外,作为锥形波导,在纤芯与包层的界面,可以不是折射率发生变化的阶跃折射率型的折射率分布,而是折射率连续变化的渐变折射率型的折射率分布。通过如此,使锥形波导内的光集中于锥形波导的中心部。

[0084] 此外,在锥形波导为具有纤芯和包层的实心的情况下,纤芯与包层的折射率差比具有上述空气包层21的情况下的纤芯部与空气包层的折射率差小,因此,光可能会向包层漏出。但是,对于漏出到包层的光,由于锥形波导的周围的空气层作为空气包层发挥功能,因此也抑制了光漏出到锥形波导的外部。因此,利用锥形波导能够将光从光纤束部3高效率地传播到输出光纤7。

[0085] 以上,根据本实施方式,光纤束部3以及输出光纤7固定于毛细管9a、9b,毛细管9a、9b固定于保持部件11。另外,锥形波导5与光纤束部3接合。因此,光纤束部3、锥形波导5以及输出光纤7均能够在光连接的状态下固定。

[0086] 另外,此时,锥形波导5的外侧面不与保持部件11以及其他固定结构接触。即,在锥形波导5的整个外侧面形成有空气层。因此,能够使锥形波导5的外周作为空气包层发挥作用。因此,能够增大构成锥形波导5的材质的折射率与空气的折射率的差,并且能够增大锥形波导5的数值孔径,从而能够最小限度地抑制损失,将大功率的光光连接到输出光纤。

[0087] 另外,由于光纤束部3是光纤束结构,因此能够最密地配置光纤芯线2。因此,能够高效率地将光导入至锥形波导5。

[0088] 另外,即使不使用整体为大致均匀的折射率的锥形波导5,而使用在内部具有空气包层21的锥形波导5a、5b,也能够得到同样的效果。另外,在该情况下,能够抑制尘埃等附着于纤芯部。

[0089] 另外,通过使用具有渐变折射率型的折射率分布的锥形波导,从而能够将在锥形波导传播的光聚集于中心部。因此,例如能够难以受到附着于锥形波导的外侧面上的尘埃等的影响。

[0090] 另外,若输出光纤7的纤芯15是具有中空纤芯的空芯光纤,则能够增大输出光纤7的数值孔径。另外,在锥形波导5的小径侧的端部近旁形成直线部19,通过将直线部19的前端的一部分插入于空芯中,从而能够抑制输出光纤7与锥形波导5的轴偏移等。

[0091] 接下来,对第二实施方式进行说明。图8是表示第二实施方式的光连接结构1a的概念图,图9a是图8的G-G线剖视图,图9b是图8的H-H线剖视图,图9c是图8的I-I线剖视图。此外,在以下说明中,对发挥与光连接结构1相同功能的结构,附注与图1~图7相同的附图标记,省略重复的说明。另外,在以下的说明中,对使用了锥形波导5的例子进行说明,但也能够使用锥形波导5a、5b。

[0092] 光连接结构1a是与光连接结构1大致相同的结构,但在使用保持部件11a这一点上不同。保持部件11a是大致圆筒状部件。此外,保持部件11a可以沿着长度方向具有分割。

[0093] 毛细管9a、9b固定在保持部件11a的内部。如前面所述,由于锥形波导5的外径小于毛细管9a、9b的外径,因此保持部件11a与锥形波导5为非接触。即,保持部件11a隔开间隙地覆盖锥形波导5的外侧面。

[0094] 根据第二实施方式,能够得到与第一实施方式同样的效果。另外,由于锥形波导5

的外侧面由保持部件11a覆盖,因此能够抑制因尘埃等附着于锥形波导5的外侧面而导致的漏光和发热。尤其,在高输出且绿光、蓝光、紫外光等波长较短的激光中,具有更大的抑制发热的效果。

[0095] 此外,保持部件11a是无分割部的完整的筒形状,在覆盖锥形波导5的整个圆周的情况下,由于保持部件11a的两端被毛细管9a、9b堵塞,因此能够切实地防止异物混入到保持部件11a的内部。另外,在该情况下,代替空气,也能够将水等液体、其他气体等流体封入到锥形波导5与保持部件11a之间的空间。

[0096] 接下来,对第三实施方式进行说明。图10a是表示第三实施方式的光连接结构1b的概念图。光连接结构1b是光连接结构1a基本相同的结构,但在使用中间光纤23的这一点上不同。

[0097] 锥形波导5与输出光纤7经由中间光纤23光连接。即,中间光纤23的一个端部与锥形波导5的小径侧端面光连接,另外,中间光纤23的另一个端部与输出光纤7的端面(纤芯15)光连接。此外,中间光纤23由纤芯和覆盖纤芯的包层构成,中间光纤23的纤芯直径大于锥形波导5的小径侧的外径,且小于输出光纤7的纤芯直径。

[0098] 此外,作为中间光纤23,也可以具有空气包层。在该情况下,例如,如图7b的截面形状那样,只要空气包层的内面侧与外面侧由支撑部22连接即可。

[0099] 中间光纤23固定于毛细管23a中。中间光纤23的两端面在毛细管23a的两端面露出。即,中间光纤23与毛细管23a是所谓的截线。毛细管23a与毛细管9a、9b外径相同,且分别与保持部件11a接合并固定。

[0100] 如前面所述,为了从光纤束部3向输出光纤7高效率地导入光,优选设定为,锥形波导5的数值孔径>中间光纤23的数值孔径>输出光纤7的数值孔径。例如,锥形波导5的数值孔径大约为0.95,中间光纤23的数值孔径大约为0.8,输出光纤7的数值孔径大约为0.7左右即可。

[0101] 此外,锥形波导5与中间光纤23例如通过熔接或者粘接剂连接。另外,输出光纤7(毛细管9b)与中间光纤23(毛细管9b)例如通过熔接或者粘接剂连接。此外,在输出光纤7是空芯光纤的情况下,在与输出光纤7对置的中间光纤23的端面形成有光反射防止膜17。

[0102] 光连接结构1b例如以如下的方式制造。首先,将光纤束部3(光纤束结构4)固定于毛细管9a中。同样地,将中间光纤23固定于毛细管23a中。然后,将端面互相抛光后的光纤束部3和锥形波导5光连接。同样地,将端面互相抛光的中间光纤23和锥形波导5光连接。

[0103] 接下来,将这些插入到保持部件11中,并将毛细管9a、23a固定于保持部件11a中。最后,将固定于毛细管9b中的输出光纤7插入到保持部件11a中,并将输出光纤7和中间光纤23光连接,将毛细管9b固定于保持部件11a中。通过以上,能够得到光连接结构1b。

[0104] 如此,通过使用中间光纤23,从而与将锥形波导5与输出光纤7直接光连接的情况相比,光连接结构的制造容易。尤其在输出光纤7为空芯光纤的情况下,在保持部件11a内很难进行锥形波导5的小径侧端部与输出光纤7的纤芯15的光轴调整,但通过使用中间光纤23,从而使作业变得容易。

[0105] 此外,作为使用了中间光纤23的光连接结构,还可以是如图9b所示的光连接结构1c。光连接结构1c的结构与光连接结构1b大致相同,但中间光纤23的保持方法不同。

[0106] 在光连接结构1c中,中间光纤23固定于保持输出光纤7的毛细管9b中。即,中间光

纤23与输出光纤7的外径大致相同。中间光纤23的一个端面在毛细管9b的端部露出。中间光纤23的另一个端面在毛细管9b的内部与输出光纤7光连接。此外,锥形波导5与中间光纤23的光连接以及中间光纤23与输出光纤7的光连接,与光连接结构1b相同。

[0107] 光连接结构1c例如以如下方式进行制造。首先,将光纤束部3(光纤束结构4)固定于毛细管9a中。同样地,将中间光纤23与输出光纤7光连接,并固定于毛细管9b中。然后,将端面互相抛光的光纤束部3和锥形波导5光连接。同样地,将端面互相抛光的中间光纤23和锥形波导5光连接。

[0108] 接下来,将这些插入到保持部件11中,并将毛细管9a、9b固定于保持部件11a中。通过以上,能够得到光连接结构1c。这样通过使用中间光纤23,从而与直接在保持部件11a内进行输出光纤7的中空纤芯与锥形波导5的小径侧端部的光轴调整的情况相比,作业变得容易。

[0109] 另外,作为使用了中间光纤23的光连接结构,还可以是如图9c所示的光连接结构1d。光连接结构1d的结构与光连接结构1b大致相同,但中间光纤23的保持方法不同。

[0110] 在光连接结构1d中,中间光纤23未固定于毛细管中,而是通过熔接或者粘接与锥形波导5的小径侧端部连接。在本实施方式中,中间光纤23的前端的一部分插入到中空光纤的输出光纤7的中空纤芯中。如此,还可以将中间光纤23的前端插入到输出光纤7的纤芯15中而进行光连接。

[0111] 根据第三实施方式,能够得到与第一实施方式相同的效果。另外,通过使用中间光纤23,从而使光连接结构的制造变得容易。

[0112] 此外,在输出光纤7为空芯光纤的情况中,在插入锥形波导5或中间光纤23的前端的一部分的情况下,还可以缩减输出光纤7的端部的直径。

[0113] 图11a是表示如光连接结构1d那样,将中间光纤23的前端插入到输出光纤7的纤芯15中的状态的图。在中间光纤23的外径相对于纤芯15足够大的情况下,中间光纤23的前端位置在纤芯15内可能晃动。因此,可以在中间光纤23的前端插入到输出光纤7中的状态下,缩减输出光纤7以及毛细管9b的端部的直径,并将输出光纤7与中间光纤23熔接。通过如此,能够由输出光纤7的端部支撑中间光纤23的端部。

[0114] 另外,如图11b所示,这种结构也能够应用于不使用中间光纤23而将锥形波导5的小径侧端部的直线部19的前端插入到输出光纤7中的情况。即,可以在直线部19的前端插入到输出光纤7中的状态下,缩减输出光纤7以及毛细管9b的端部,并将输出光纤7与直线部19熔接。通过如此,能够由输出光纤7的端部支撑直线部19的端部。

[0115] 接下来,对第四实施方式进行说明。图12a是表示光模块30的图。光模块30由光纤束部3、锥形波导5、输出光纤7、毛细管9a、9b、握持部件35a、35b、壳体31等构成。即,光模块30将包括锥形波导5的上述光连接结构的一部分的结构容纳于壳体31的内部。

[0116] 毛细管9a由大致筒状的握持部件35a握持并固定。毛细管9b由大致筒状的握持部件35b握持并固定。握持部件35a、35b的外径大致相同。握持部件35a、35b与壳体31的内表面接合并固定。即,毛细管9a、9b分别经由握持部件35a、35b固定于壳体31。此外,也可以不使用握持部件35a、35b,将毛细管9a、9b直接固定于壳体31。

[0117] 如上所述,锥形波导5的外径小于毛细管9a、9b的外径。因此,锥形波导5的外侧面与壳体31的内表面为非接触,并且锥形波导5的外侧面与其他固体结构不接触。

[0118] 在锥形波导5的外侧面与壳体31的内表面之间的空间封入有流体33。流体33例如可以是空气、氮气、氩气等气体,也可以是纯水等液体。若是气体或液体,则由于折射率比例如玻璃制的锥形波导5的折射率足够小,因此能够增大锥形波导5的数值孔径。

[0119] 此外,代替在壳体31的内部封入流体33,可以将壳体31的内部进行排气而使其成为真空状态。通过如此,也能够防止锥形波导5与其他固体结构接触,增大锥形波导5的数值孔径。

[0120] 此外,握持部件35a、35b例如是金属制或玻璃制。在握持部件35a、35b是玻璃制的情况下,毛细管9a、9b与握持部件35a、35b通过例如由CO₂激光器进行的熔接或粘接而固定。另外,在握持部件35a、35b是金属制的情况下,毛细管9a、9b与握持部件35a、35b通过例如由YAG激光器进行的熔接或粘接而固定。

[0121] 另外,壳体31例如是金属制。在该情况下,握持部件35a、35b与壳体31例如通过由CO₂激光器、YAG激光器进行的熔接或粘接而固定。此外,握持部件35a、35b可以为高粘度的树脂(硅酮等)或橡胶制。

[0122] 在此,将毛细管9a、9b、握持部件35a、35b、壳体31等互相固定之后,向其一部分照射激光等,也能够使部件变形。例如,在固定各部件之后,由于要进行光轴调整,因此为了将毛细管9a、9b、锥形波导5等的部件的位置、朝向进行微调,向握持部件35a、35b等照射激光而使其变形,从而能够对各部分的配置等进行微调。

[0123] 另外,在壳体31的内部封入流体33的情况下,如图12b所示的光模块31a那样,可以在壳体31上连接流道37。流道37与壳体31的内外连通,例如形成一对入口侧和出口侧。流道37与未图示的泵等连接,能够使流体33在壳体31的内部循环。通过如此,能够进行壳体31的内部的光连接结构的冷却。

[0124] 根据第四实施方式,能够得到与第一实施方式相同的效果。另外,由于光连接结构容纳于壳体31的内部,因此能够防止尘埃等附着于锥形波导5的外侧面。另外,能够利用壳体31保护内部的光连接结构。

[0125] 另外,通过在内部封入流体并使其循环,从而能够冷却内部的光连接结构。

[0126] 以上,参照附图对本发明的实施方式进行了说明,但本发明的技术范围不受上述实施方式的限制。应该理解的是,显然,本领域技术人员在权利要求书记载的技术思想的范围内能够想到各种变化例或修改例,这些也当然属于本发明的技术范围内。

[0127] 附图标记说明

[0128] 1、1a、1b、1c、1d:光连接结构

[0129] 2:光纤芯线

[0130] 3、3a、3b:光纤束部

[0131] 4:光纤束结构

[0132] 5、5a、5b:锥形波导

[0133] 6:锥形部

[0134] 7:输出光纤

[0135] 9a、9b:毛细管

[0136] 11、11a:保持部件

[0137] 13a、13b、13c:孔

- [0138] 13d:V槽
- [0139] 15:纤芯
- [0140] 17:光反射防止膜
- [0141] 19:直线部
- [0142] 21:空气包层
- [0143] 22:支撑部
- [0144] 23:中间光纤
- [0145] 23a:毛细管
- [0146] 30、30a:光模块
- [0147] 31:壳体
- [0148] 33:流体
- [0149] 35a、35b:握持部件
- [0150] 37:流道

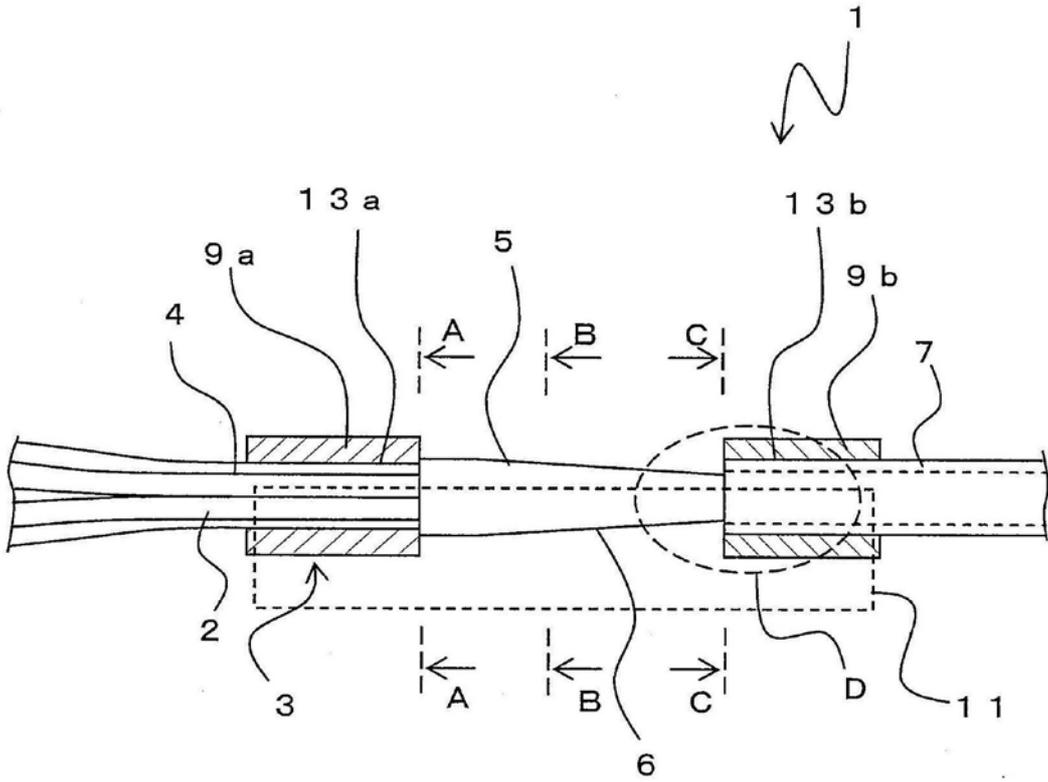


图1

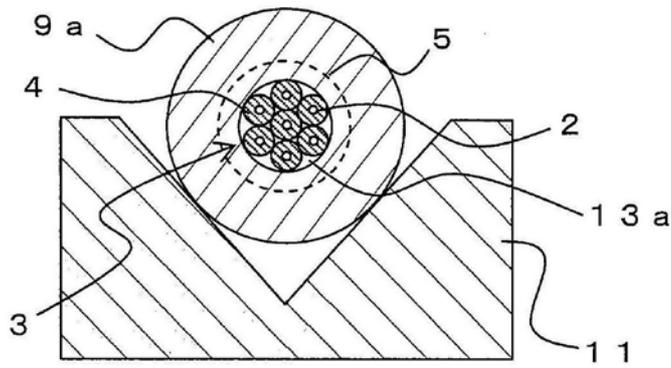


图2a

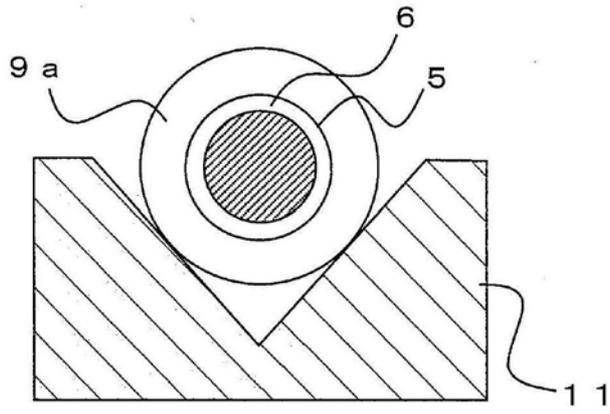


图2b

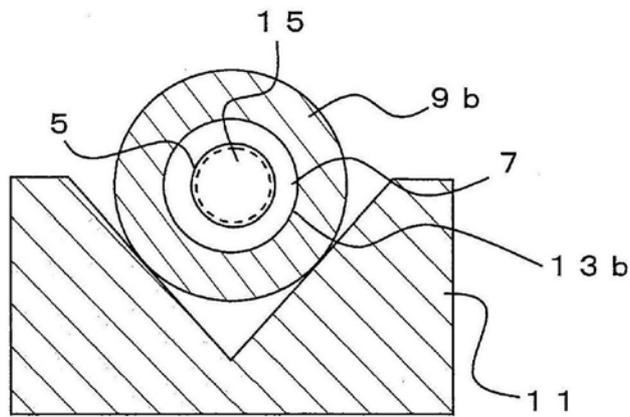


图2c

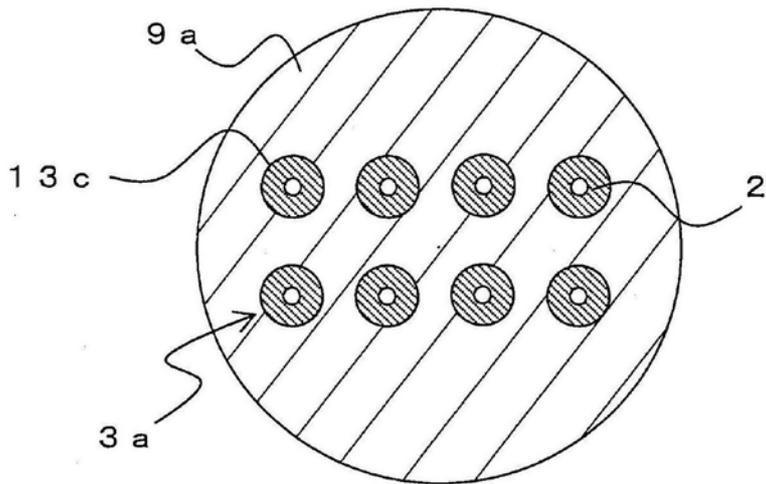


图3a

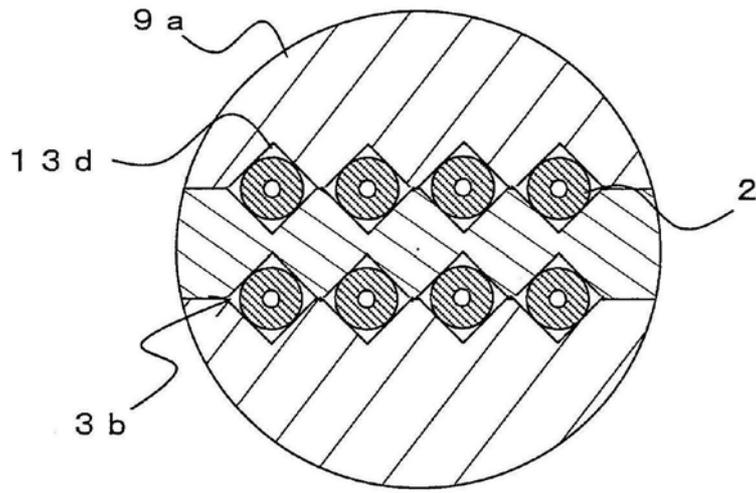


图3b

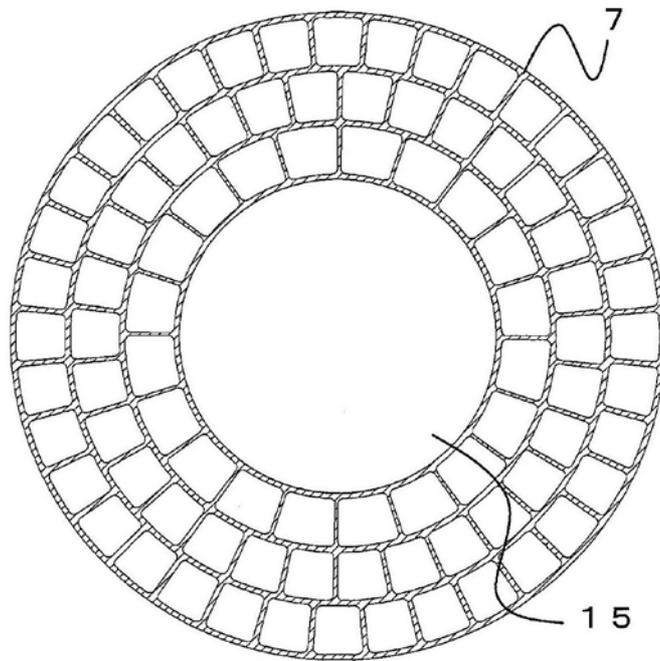


图4a

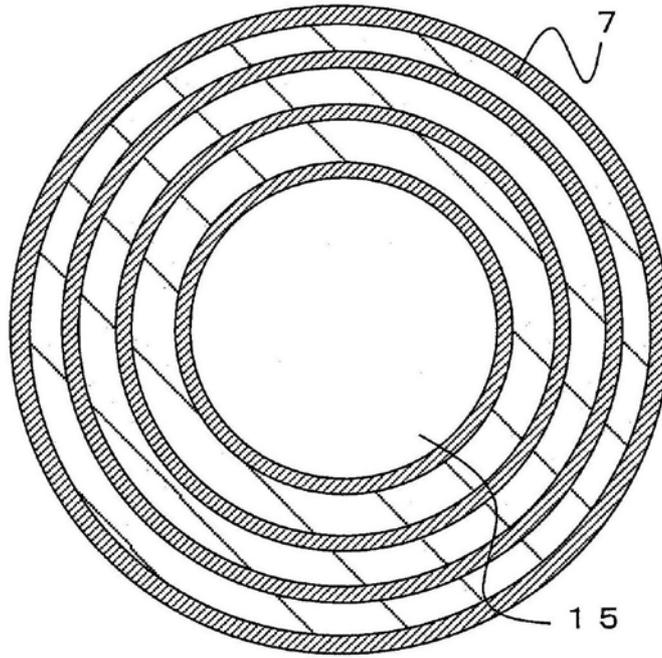


图4b

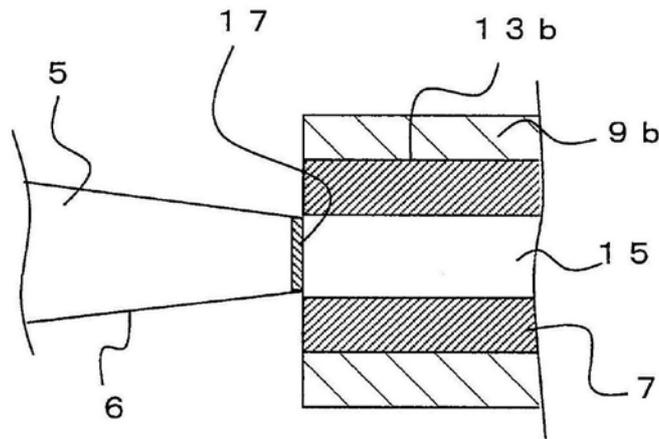


图5a

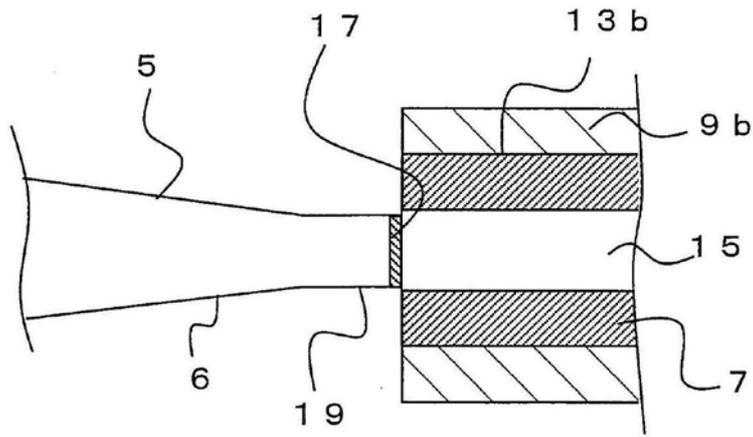


图5b

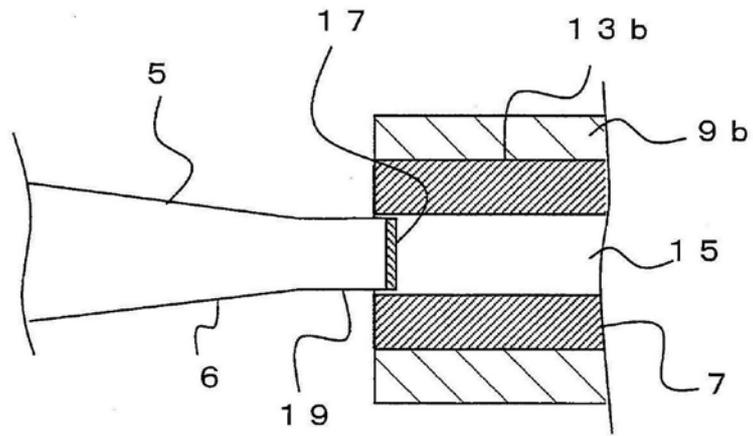


图5c

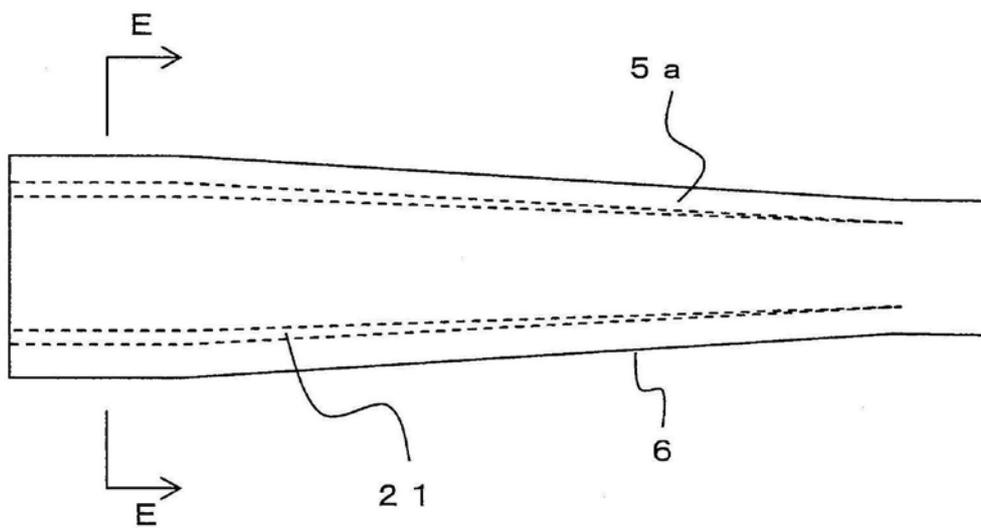


图6a

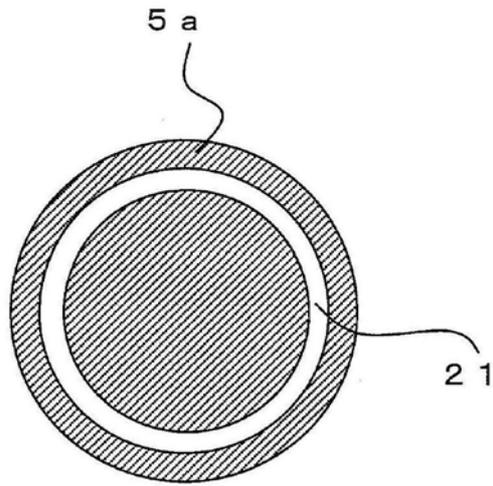


图6b

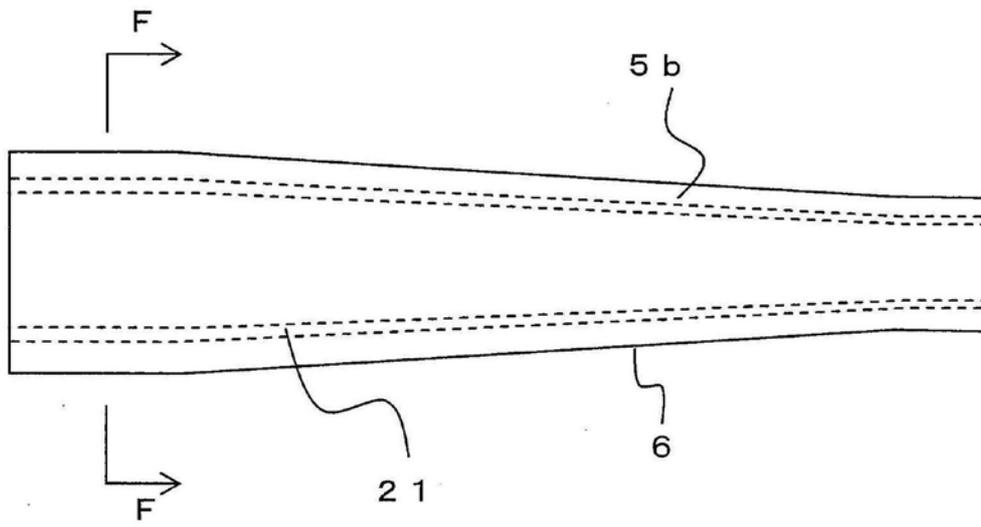


图7a

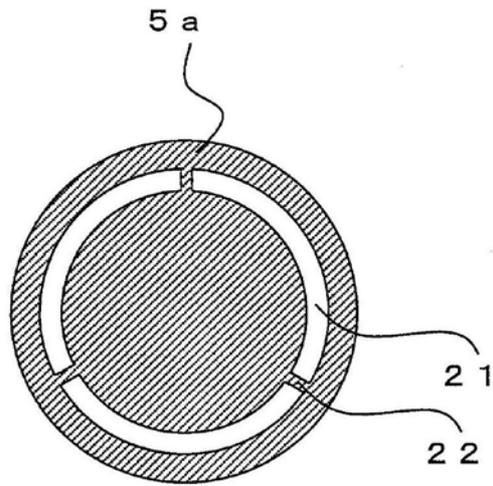


图7b

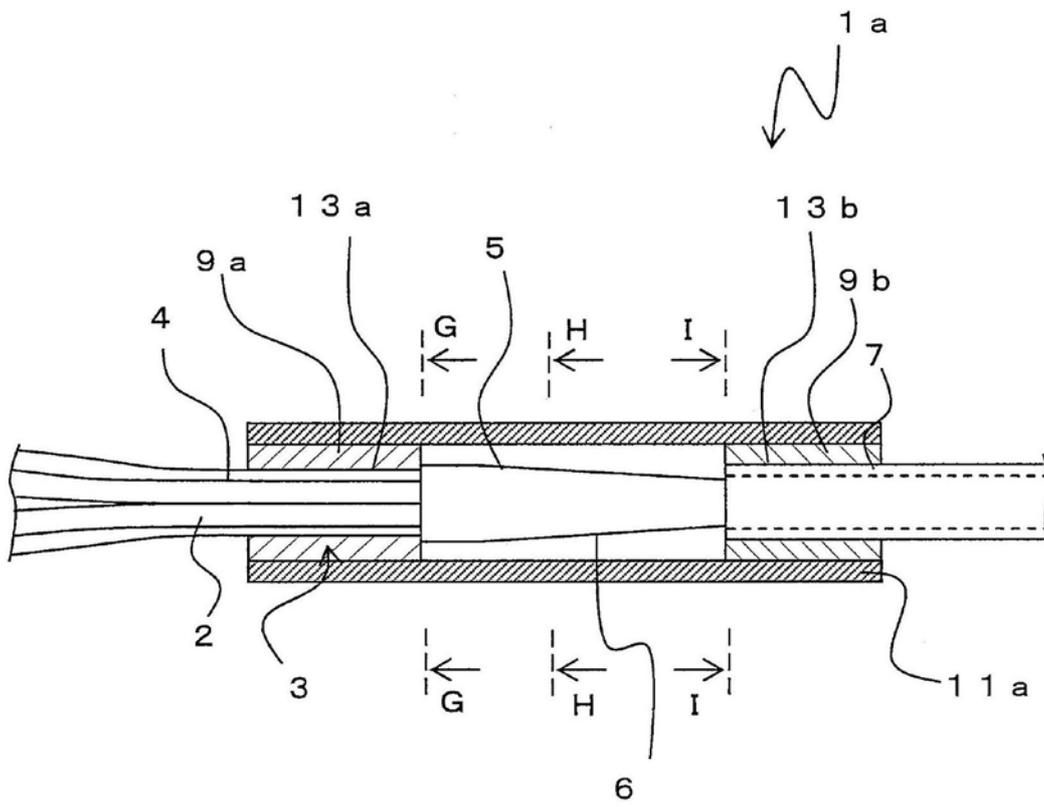


图8

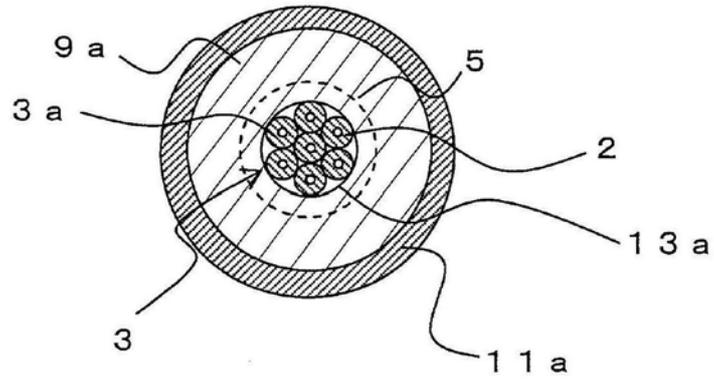


图9a

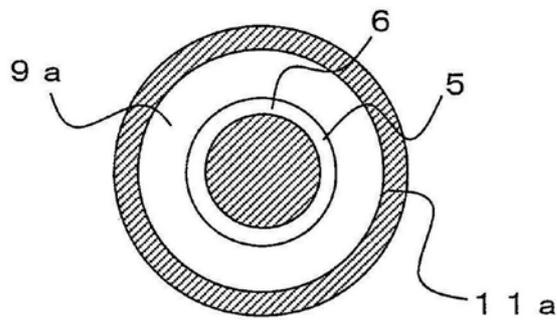


图9b

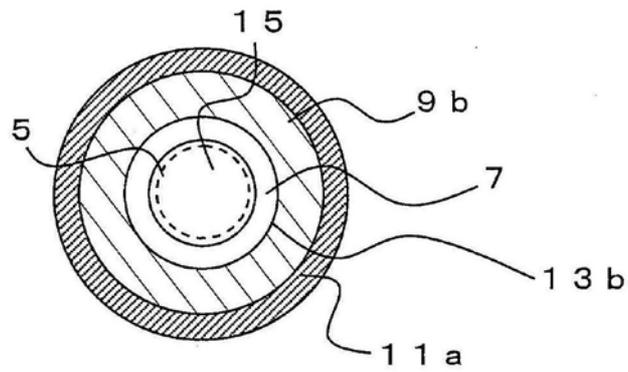


图9c

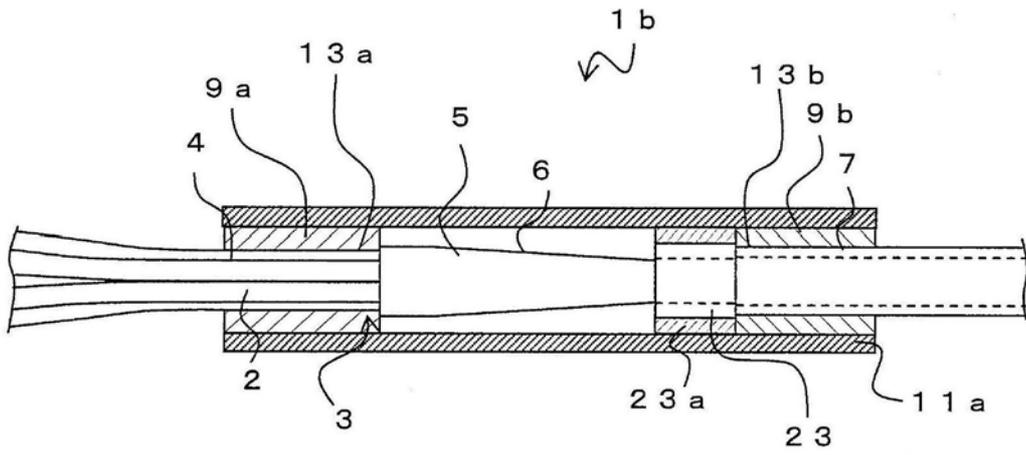


图10a

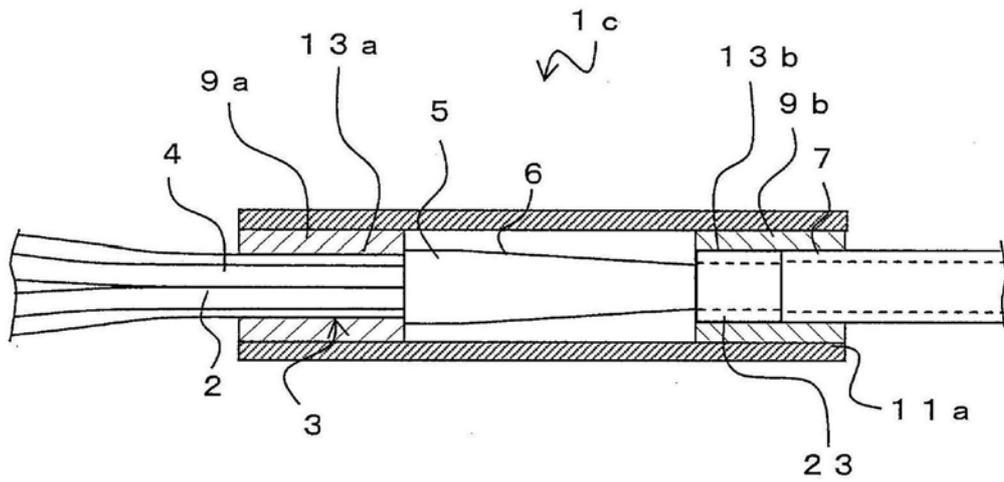


图10b

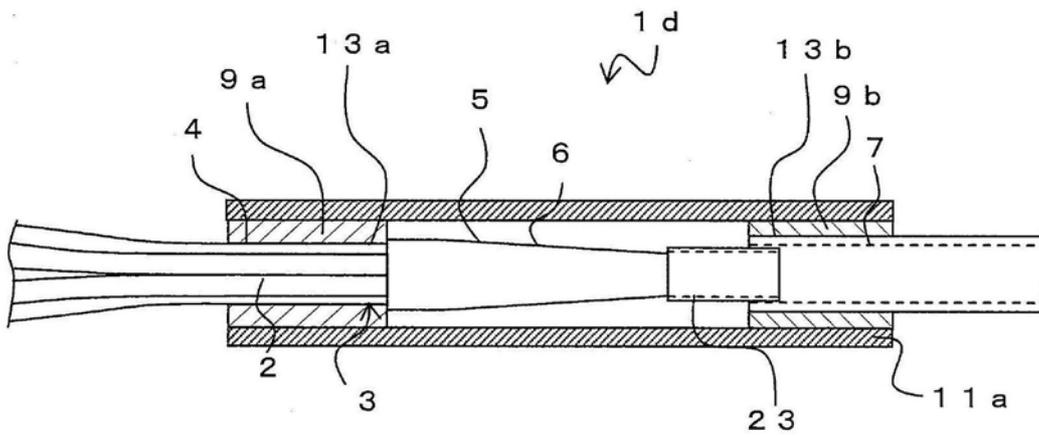


图10c

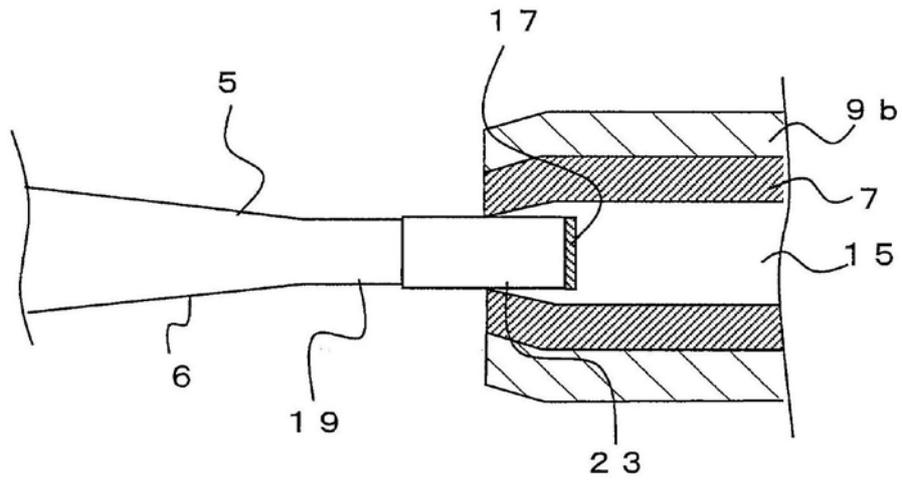


图11a

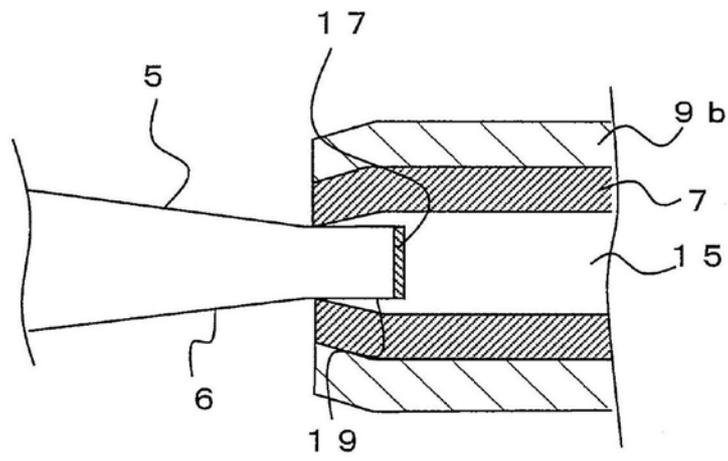


图11b

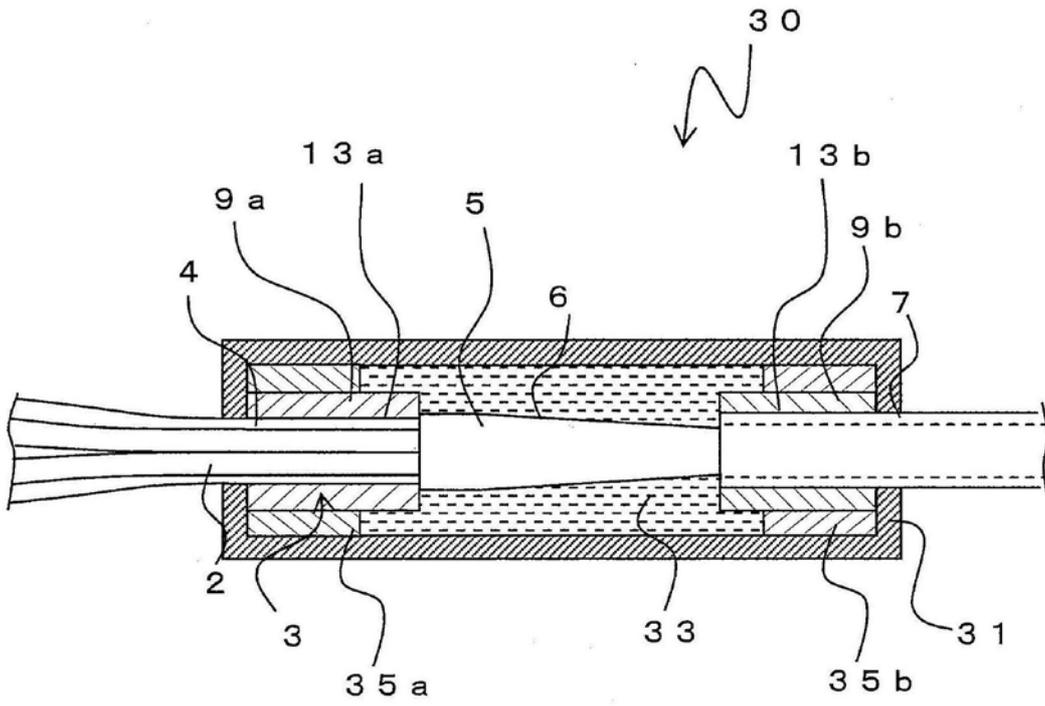


图12a

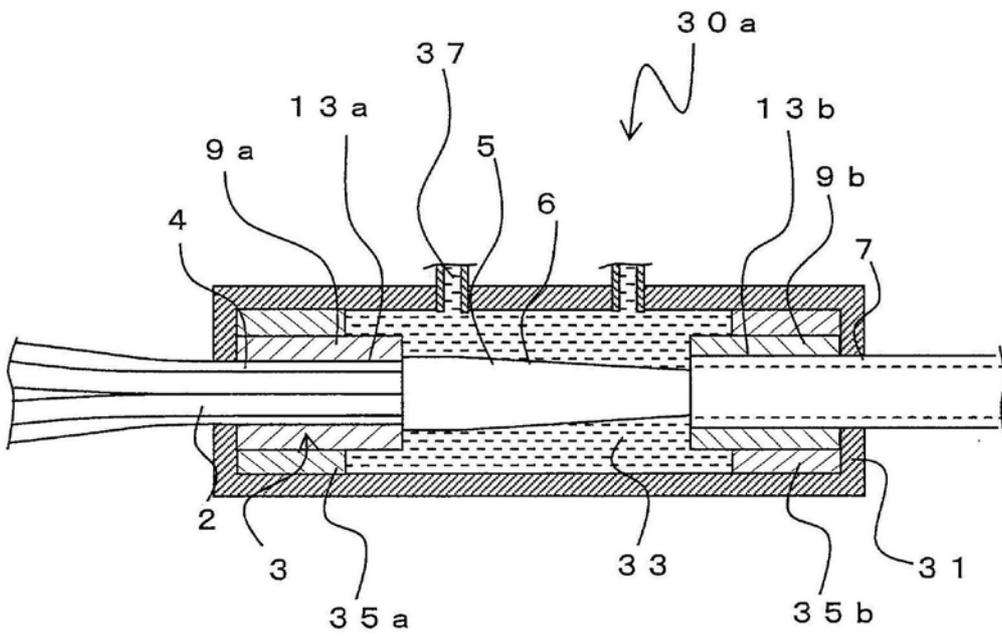


图12b