

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103477258 A

(43) 申请公布日 2013. 12. 25

(21) 申请号 201280014375. 2

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2012. 02. 03

G02B 6/24 (2006. 01)

(30) 优先权数据

61/439, 124 2011. 02. 03 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2013. 09. 22

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2012/023818 2012. 02. 03

(87) PCT申请的公布数据

W02012/106624 EN 2012. 08. 09

(71) 申请人 3SAE 科技公司

地址 美国田纳西州

(72) 发明人 罗伯特·G·威利

(74) 专利代理机构 北京友联知识产权代理事务

所（普通合伙） 11343

代理人 尚志峰 汪海屏

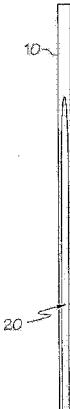
权利要求书2页 说明书6页 附图7页

(54) 发明名称

侧泵浦光纤、侧泵浦光纤制造方法和使用其的光学装置

(57) 摘要

提供了一种侧泵浦光纤和一种制造侧泵浦光纤的方法。多个泵浦光纤可以在不同位置连接至信号光纤侧。该方法包括在泵浦(或侧泵浦)光纤中形成纵向、锥状、凹形的口袋切口，将信号光纤插入口袋切口，接着将侧泵浦光纤在口袋切口处耦合至中心光纤。作为实例，可使用上述方法和侧泵浦光纤制造光学放大器和激光器。



1. 一种制作侧泵浦光纤装置的方法,包括:

在泵浦光纤中制作纵向、锥状、凹形的口袋切口;

将信号光纤插入所述口袋切口;以及

将所述泵浦光纤的所述口袋切口耦合至所述信号光纤。

2. 根据在此任意其他权利要求所述的方法,进一步包括:

通过重复权利要求 1 中的用于多个泵浦光纤中的每个泵浦光纤的方法步骤,将所述多个泵浦光纤耦合至所述信号光纤。

3. 根据在此任意其他权利要求所述的方法,进一步包括:

将所述多个泵浦光纤中的至少两个泵浦光纤沿所述信号光纤的长度方向在不同位置耦合至所述信号光纤。

4. 根据在此任意其他权利要求所述的方法,其中,所述耦合包括:

在所述口袋切口处,将所述泵浦光纤熔接至所述信号光纤的包层。

5. 根据在此任意其他权利要求所述的方法,其中,所述信号光纤是单模光纤。

6. 根据在此任意其他权利要求所述的方法,进一步包括:

在与所述泵浦光纤的耦合处,将所述信号光纤的直径维持恒定。

7. 根据在此任意其他权利要求所述的方法,进一步包括:

以大于 0 度和不大于约 10 度的口袋切口角度制作所述口袋切口。

8. 根据在此任意其他权利要求所述的方法,进一步包括:

将所述口袋切口角度制作成约 2 度。

9. 根据在此任意其他权利要求所述的方法,进一步包括:

将所述口袋切口制作成轻微偏轴的凹形切口。

10. 根据在此任意其他权利要求所述的方法,进一步包括:

制作所述口袋切口,使其长度大于 0mm 并且不大于约 10mm。

11. 根据在此任意其他权利要求所述的方法,进一步包括:

通过使用 CO₂ 激光器切割所述泵浦光纤来制作所述口袋切口。

12. 根据在此任意其他权利要求所述的方法,进一步包括:

通过使用金刚石绳锯来切割所述泵浦光纤来制作所述口袋切口。

13. 一种制作侧泵浦光纤装置的方法,包括:

在多个泵浦光纤的每个泵浦光纤中制作纵向、锥状、凹形的口袋切口;

对于每个泵浦光纤,将中心光纤插入所述口袋切口;以及

将每个泵浦光纤的所述口袋切口耦合至所述中心光纤的一侧,包括将所述多个泵浦光纤中的至少两个泵浦光纤沿所述中心光纤的长度方向在不同位置连接至所述中心光纤。

14. 一种侧泵浦光纤装置,包括:

信号光纤;以及

其中形成有纵向、锥状、凹形的口袋切口的泵浦光纤,

其中所述泵浦光纤耦合至所述信号光纤的包层。

15. 根据在此任意其他权利要求所述的装置,进一步包括:

多个泵浦光纤,其中形成有口袋切口,所述多个泵浦光纤中的每个泵浦光纤均耦合至所述信号光纤,其中,所述多个泵浦光纤中的至少两个泵浦光纤沿所述信号光纤的长度方

向在不同位置耦合至所述信号光纤。

16. 根据在此任意其他权利要求所述的装置,其中,所述泵浦光纤在所述口袋切口处熔接至所述信号光纤的包层。
17. 根据在此任意其他权利要求所述的装置,其中,所述信号光纤是单模光纤。
18. 根据在此任意其他权利要求所述的装置,其中,所述口袋切口以大于 0 度和不大于约 10 度的角度切出。
19. 根据在此任意其他权利要求所述的装置,其中,所述口袋切口角度为约 2 度。
20. 根据在此任意其他权利要求所述的装置,其中,所述口袋切口为轻微偏轴的凹形切口。
21. 根据在此任意其他权利要求所述的装置,其中,所述口袋切口的长度大于 0mm 并且不大于约 10mm。
22. 根据在此任意其他权利要求所述的装置,其中,所述信号光纤掺杂有稀土元素,包括以下至少一种 : 钕、镱、钕、镝、镨和铥。
23. 根据在此任意其他权利要求所述的装置,其中,所述侧泵浦光纤形成掺杂的光纤放大器。
24. 根据在此任意其他权利要求所述的装置,其中,所述侧泵浦光纤形成光纤激光器。

侧泵浦光纤、侧泵浦光纤制造方法和使用其的光学装置

[0001] 相关申请的交叉参考

[0002] 本申请基于 35USC119 (e) 要求 2011 年 2 月 3 日提交的美国临时专利申请 61/439,124、名称为 SIDE PUMP FIBER, METHOD OF MAKING SAME, AND OPTICAL DEVICES USING SAME 的优先权，其全部通过引用结合于此。

技术领域

[0003] 本发明的概念涉及光纤领域，以及更具体地涉及包层泵浦光纤领域。

背景技术

[0004] 典型的包层泵浦光纤装置包括单模纤芯和多个包层。包围纤芯的内包层通常是具有大横截面积(相对于纤芯)和高数值孔径(NA)的石英包层。其通常是非圆形的(例如，是矩形或星形)，以确保内包层模将良好地与纤芯重叠。外包层通常由低折射率聚合物构成。纤芯的折射率大于内包层的折射率，内包层的折射率大于外包层的折射率。

[0005] 包层泵浦光纤的主要优势在于其能够在单模光纤中将来自低亮度光源的光转换成高亮度的光。由于其大横截面积和高 NA，来自低亮度光源(诸如二极管阵列)的光可以被耦合进内包层。在包层泵浦激光器或放大器中，纤芯掺杂有诸如 Er 的稀土。包层中的光与纤芯交互，并被稀土掺杂物吸收。如果光信号通过泵浦纤芯，其将被放大。或者，如果提供光反馈(例如通过提供光栅的光学谐振腔)，包层泵浦光纤将以反馈波长起到激光振荡器的作用。

[0006] 授予 DiGiovanni 等人的美国专利 No. 5,864,644 教导了光从多个半导体发射器经由熔接至包层泵浦光纤的锥状光纤束耦合至包层泵浦光纤。各个半导体板带发射器可以被耦合进各个多模光纤。各个光纤可以紧密堆积成形的方式束在一起，加热至熔融温度，拉伸成锥状，并接着熔接至包层泵浦光纤。该锥状物接着被涂覆诸如低折射率聚合物的包层材料。另外，包含单模芯的光纤可被包含在光纤束中。单模芯可被用来将光耦合进或耦合出包层泵浦光纤的单模芯。

[0007] 图 1 至图 5 示出用来制造侧泵浦光纤的现有方法，其与美国专利 No. 5,864,644 一致。在该实例中，9 个外光纤 A 与中心信号光纤组合。更特别地，图 1 示出了 9 个 200/220 μm (0.22NA) 泵浦光纤 A 围绕 420 μm 芯棒 B (其用作间隔物) 设置。使用现有的抛光机器 C 对 9 个光纤 A 的端部进行抛光，以产生平面—或者是具有相同长度的光纤，见图 2。

[0008] 在图 3 中，9 个光纤 A 的经过抛光端部被连结至熔融石英细管 D。细管是中空的，且具有 405 μm 的内径和 900 μm 的外径。在图 4 中，细管通过氢氟酸进行锥化，直到内径和外径大致相同。在该步骤之前，可将塞子插入中空细管 D 的中心，以使椎体从外径到内径在塞子 E 处。细管 D 因此可被用作合成器。

[0009] 在图 5 中，塞子 E 被去除，且 400 μm 的信号光纤 F 被插入穿过细管 D 的中空中心，并穿过 9 个外部光纤 A。结果，9 个外光纤 A 围绕中心信号光纤 F。来自外光纤 A 的泵浦激光被侧泵入细管(或合成器) D 内的信号光纤 F。光学上，其能够很好地工作。然后，对于每

个泵浦光纤 A，在合成器 D 处存在两个(2)连接点，泵浦光纤 A 至合成器 D 和合成器 D 到信号光纤 F。每个连接点均经历一些光损失，并产生热量。由于来自 9 个不同源光纤 A 的光被泵入在合成器 D 处的单个光纤 F，在合成器 D 中有多个连接点，全部产生热量。这样将在合成器 D 中形成热点。另外，这一方法是不可特别扩展的，因此，仅仅固定数目的泵浦光纤 A 可与这样的合成器 D 一起使用。

发明内容

[0010] 根据本发明的一个方面，提供了一种制造侧泵浦光纤设备的方法。该方法包括：在泵浦光纤中制造一纵向、锥状、凹形的口袋切口(pocket cut)，将信号光纤插入该口袋切口，并将该泵浦光纤的口袋切口耦合至信号光纤，例如，信号光纤的包层。

[0011] 在不同实施例中，该方法可进一步包括通过对多个泵浦光纤中的每个泵浦光纤重复上述方法步骤，将多个泵浦光纤耦合至信号光纤。

[0012] 在不同实施例中，该方法可进一步包括将多个泵浦光纤中的至少两个泵浦光纤沿信号光纤的长度方向在不同位置耦合至信号光纤。

[0013] 在不同实施例中，耦合可以包括将泵浦光纤在口袋切口处熔接至信号光纤的包层。

[0014] 在不同实施例中，信号光纤可以是单模光纤。

[0015] 在不同实施例中，该方法可进一步包括在与泵浦光纤耦合时保持信号光纤的直径恒定。

[0016] 在不同实施例中，该方法可以包括以大于 0 度但不大于约 10 度的口袋切口角度制作口袋切口。

[0017] 在不同实施例中，该方法可进一步包括以约 2 度的口袋切口角度制作口袋切口。

[0018] 在不同实施例中，该方法可进一步包括将口袋切口制作成轻微偏轴的凹形切口。

[0019] 在不同实施例中，该方法可进一步包括制作长度大于 0mm 并不大于约 10mm 的长度的口袋切口。

[0020] 在不同实施例中，该方法可进一步包括通过使用 CO₂ 激光器切割泵浦光纤来制作口袋切口。

[0021] 在不同实施例中，该方法可进一步包括通过使用金刚石绳锯切割泵浦光纤来制作口袋切口。

[0022] 根据本发明的另一方面，提供了一种制造侧泵浦光纤设备的方法。该方法包括：在多个泵浦光纤中制造纵向、锥状、凹形口袋切口，用于每个泵浦光纤，将中心光纤插入口袋切口，并将每个泵浦光纤的口袋切口耦合进中心光纤的一侧，包括将多个泵浦光纤中的至少两个泵浦光纤沿中心光纤的长度方向在不同位置与中心光纤连结。

[0023] 根据本发明的另一方面，提供了一种侧泵浦光纤装置。该装置包括信号光纤和在其中形成纵向、锥状、凹形口袋切口的泵浦光纤，其中，该泵浦光纤被耦合至信号光纤的包层。

[0024] 在不同实施例中，该装置可进一步包括多个其中形成有口袋切口的泵浦光纤，多个泵浦光纤中的每个泵浦光纤均耦合至信号光纤，其中，多个泵浦光纤中的至少两个泵浦光纤沿信号光纤的长度方向在不同位置耦合至信号光纤。

- [0025] 在不同实施例中，泵浦光纤可以在口袋切口处熔接至信号光纤的包层。
- [0026] 在不同实施例中，信号光纤可以是单模光纤。
- [0027] 在不同实施例中，口袋切口可以大于 0 度但不大于约 10 度的角度切开。
- [0028] 在不同实施例中，口袋切口角度可以是约 2 度。
- [0029] 在不同实施例中，口袋切口可以是轻微偏轴的凹形切口。
- [0030] 在不同实施例中，口袋切口的长度大于 0mm 并不大于约 10mm。
- [0031] 在不同实施例中，信号光纤可以掺杂有稀土元素，包括以下至少之一：铒、镱、钕、镝、镨和铥。
- [0032] 在不同实施例中，侧泵浦光纤可以形成掺杂光纤放大器。
- [0033] 在不同实施例中，侧泵浦光纤可以形成光纤激光器。
- [0034] 根据本说明书的一个方面，提供了一种制造侧泵浦光纤的方法和使用该侧泵浦光纤的光学装置，例如，光学放大器和激光器。相应地，多个光纤可以在不同位置连接至中心光纤的一侧。该方法包括在泵浦光纤中制造纵向、锥状、凹形的口袋切口，将中心光纤插入口袋切口，并接着将泵浦光纤在口袋切口处熔接至中心光纤。
- [0035] 在不同实施例中，多个光纤可被熔接至中心光纤的包层。
- [0036] 根据该方法，中心光纤的直径是不改变的。
- [0037] 在不同实施例中，中心光纤可以是信号光纤。
- [0038] 在不同实施例中，锥状口袋切口的角度可以是约 1° -10°，优选为约 2°。其它角度也是可能的。
- [0039] 在不同实施例中，泵浦光纤和中心光纤之间角度因此可以同样是约 2°。
- [0040] 在不同实施例中，该方法可包括将多个泵浦光纤结合进中心光纤，其中，泵浦光纤在中心光纤纵向分隔开。
- [0041] 在不同实施例中，多个泵浦光纤中的每个泵浦光纤可以被熔合至中心光纤的最内包层。
- [0042] 在不同实施例中，口袋切口可以是轻微偏轴的凹形切口。
- [0043] 在不同实施例中，口袋直径可以如下：外径最大至 220 μm，内径最大至 200 μm。
- [0044] 在不同实施例中，口袋切口的长度可以约为数毫米，例如，约 2mm-10mm。在某些情况下，口袋切口的长度优选在约 4mm-6mm 的范围内。其它长度也是可能的。
- [0045] 在不同实施例中，通过使用 CO₂ 激光器切割泵浦光纤来制作口袋切口。
- [0046] 可选地，在不同实施例中，可以通过使用金刚石绳锯以预定角度切割泵浦光纤来制作口袋切口。金刚石绳锯可以包括涂覆有金刚石粉的钢丝。金刚石锯的直径可以是约 80mm。

附图说明

[0047] 参考附图和相应的详细描述，本发明将变得更加清楚。这里描述的实施例作为实例，并不用于限定，其中，类似的参考标号表示相同或类似的元件。附图并不用于限于尺寸，而是将重点放在说明本发明的方面。

[0048] 图 1 至图 5 示出了制造侧泵浦光纤的现有技术方法；

[0049] 图 6A 至图 6E 示出了根据本发明的方面的具有口袋切口的侧泵浦光纤的五个不同

视图；

[0050] 图 7 是根据本发明的方面的耦合至中心信号光纤的两个侧泵浦光纤(例如,如图 6A 至图 6E 所示)的实施例的侧视图；

[0051] 图 8 和图 9 是根据本发明的方面的进一步详细示出相对于将侧泵浦光纤与图 7 中的信号光纤的实施例；以及

[0052] 图 10 是示出根据本发明的方面的用口袋切口侧泵浦光纤制作光学装置的方法的实施例的流程图。

具体实施方式

[0053] 下面,将参考附图,通过解释示范性实施例来描述本发明。在描述这些实施例时,为了简洁起见,通常省略了已知的事项、功能或结构的详细描述。

[0054] 应该理解,尽管术语第一、第二等在此可以被用于描述各种元件,这些元件不应被这些术语限制。这些术语被用于在元件之间进行区别,但是不暗示元件要求顺序。例如,在不背离本发明的范围的情况下,第一元件可以被叫做第二元件,以及类似地,第二元件可以被叫做第一元件。如在此所使用的,术语“和 / 或”包括一个或多个所列相关事项中的任一个和所有组合。

[0055] 应该理解,当元件被称为“位于另一元件之上”或“连接”或“耦接”至另一元件时,其可以直接位于另一元件之上或连接或耦接至另一元件,或可能存在中间元件。相反,当元件被称为“直接位于另一元件”或“直接连接”或“直接耦接”至另一元件时,没有中间元件存在。用于描述元件之间的关系的其他词应以类似的方式被解释(例如,“在…之间”相对于“直接在…之间”,“相邻”相对于“直接相邻”等等)。

[0056] 在此使用的术语仅是为了描述特定实施例,不旨在限制本发明。如在此所使用的,单数形式“一”、“一个”和“该”旨在也包括复数形式,除非上下文中清楚表示相反。还应该理解在此使用术语“包括”、“包含”、“具有”和 / 或“含有”时,说明存在规定特征、步骤、操作、元件和 / 或部件,但是不排除存在或附加一个或多个其他特征、步骤、操作、元件、部件和 / 或其组合。

[0057] 空间相对术语,诸如“下面”、“以下”、“下”、“以上”、“上”等可用来描述一个部件和 / 或特征相对于另一部件和 / 或特征的关系,例如,如图中所示。应当理解,空间相对术语用来包括除了图中描述的方位之外的使用中和 / 或操作中的装置的不同方向。例如,如果图中的装置被反转,描述为在其他部件和 / 或特征“之下”和 / 或“以下”的部件可被定位为在其他部件和 / 或特征“之上”。该装置否则可被定位(例如,旋转 90 度或其他方位),这里使用的空间相对标识符可被相应解释。

[0058] 侧泵浦光纤、制造侧泵浦光纤的方法和使用其的光学装置被提供。多个泵浦光纤可沿信号光纤在不同位置结合至信号光纤。该方法包括在泵浦(或侧泵浦)光纤中制造或制作一纵向、锥状、凹形的口袋切口(pocket cut),将信号光纤插入该口袋切口,并将该泵浦光纤在口袋切口处耦合至信号光纤。通过将泵浦光纤熔合至信号光纤来实现耦合。

[0059] 图 6A 至图 6E 示出了根据本发明的方面的具有口袋切口 20 的侧泵浦光纤 10 的五个不同视图。假设图 6A 是其中形成有口袋切口 20(或口袋 20)的侧泵浦光纤 10 的顶视图。如所示出的,口袋切口 20 是相当长的带角度的切口,从光纤的端部(深切口)向光纤的剩余

部分(浅切口)成锥。口袋 20 被形成为容纳与中心信号光纤耦合的合适物(formfitting)(参见图 7 至图 9)。两个光纤被在口袋切口 20 的长度上或者在其至少一部分上耦合(例如,熔接)。

[0060] 图 6B 示出了侧泵浦光纤 10 的后视图,图 6C 是侧视图。这些视图示出口袋 20 是一个锥状、凹形的口袋,以相对于光纤或其中心轴的一角度切口。这在图 6D 的侧视图中进一步示出,其中,通过虚线示出口袋切口 20。图 6E 示出端视图。锥状的口袋切口 20 从该视图可以清晰看出。具有这种类型的口袋切口的侧泵浦光纤可被耦合(例如通过熔接)至中心信号光纤,其提供了在信号光纤中放大信号或者产生激光的方法。

[0061] 光纤激光器是其有源增益介质是掺杂有稀土元素(诸如铒、镱、钕、镝和铥)的光纤的激光器。它们与掺杂光纤放大器相对,掺杂光纤放大器用于提供光放大而不是产生激光。掺杂光纤放大器包括如上所述掺杂的中心信号光纤,其中,来自侧泵浦光纤的光激发中心光纤中的光子,以提高它们的能量级别。

[0062] 在本发明中并不需要现有技术中的合成器,原因在于,多个具有本口袋切口 20 的侧泵浦光纤可以直接熔接至中心信号光纤的包层。现有技术中的合成器具有预定的输入光纤与输出光纤的比例,例如,在图 1 至图 5 中为 9 :1。然而,根据本发明并不存在这样的限制。如上所述,或多或少的口袋切口侧泵浦光纤均可以耦合至中心信号光纤。

[0063] 另外,相对于现有技术中的耦合器而言,使用本发明,消除或者至少部分消除了连接点的问题,例如,热量和损失。这是相对于现有技术的重要优势。由于光纤之间的每个连接点均出现光损失、导致热产生的可能性,连接点的消除提供了显著和现实的好处。例如,使用本发明,在侧泵浦光纤 10 和信号光纤 50 之间仅需要 1 个连接点,这就是它们熔接的区域。但是,如果使用现有技术中的合成器,每个泵浦光纤有两个连接点,一个在泵浦光纤和合成器之间,另一个在合成器和信号光纤之间。结果,现有技术中的合成器造成了合成器之间的热点,不仅仅是因为每个泵浦光纤具有 2 个连接点,同样还因为所有连接点均在相同位置—在合成器处,每个连接点均造成热产生。

[0064] 相反,本发明将泵浦光纤在不同位置耦合至信号光纤,具有少量的连接点。由于耦合被间隔开,与使用合成器的全部在一起相反,在本发明中,泵浦光纤和信号光纤之间产生的所有热量均广泛分布在中心光纤的长度方向。因此,根据本发明,避免了热点。

[0065] 图 7 是耦合至中心信号光纤 50 的两个侧泵浦光纤 10 的实施例(如图 6A 至图 6E)。侧泵浦光纤 10 可通过熔接直接耦合至信号光纤 50,作为实例,并不需要合成器。如示出的,多个泵浦光纤 10 被耦合至信号光纤 50,其中泵浦光纤在信号光纤 50 上纵向隔开。

[0066] 多个泵浦光纤 10 中的每个泵浦光纤可被熔接至中心光纤的最内层,例如,在双包层光纤的情况下。根据本发明的方面,此处的中心信号光纤 50 是单模光纤,其直径在与侧泵浦光纤 10 耦合的点处或附近并不减小。这是对例如美国专利 No. 5,864,644 的方法(其导致信号光纤的直径减小)的一种改进。如上所述,单模光纤 50 可例如被掺杂诸如 Er 的稀土掺杂物。

[0067] 图 8 和图 9 示出了在图 6A 至图 7 的示范性实施例中相对于侧泵浦光纤 10 和信号光纤 50 的耦合的进一步细节。图 9 示出了该实施例的图 8 的区域 A 的尺寸信息。在该实施例中,锥状口袋切口的角度为 2°,但是本发明并不局限于这一特别角度。相应地,泵浦光纤 10 和中心信号光纤 50 之间的角度同样可以为约 2°。

[0068] 口袋切口 20 是轻微偏轴的凹形切口,例如,小于约 10%。在该实施例中,口袋 20 的直径如下:内径为 $200 \mu m$,外径为 $220 \mu m$ 。在该实施例中,中心信号光纤 50 的外径为 $130 \mu m$ 。口袋切口 20 的长度可以是约为数毫米。在该实施例中,口袋 20 的长度为约 4.66mm。使用已知连接系统和方法,可在口袋 20 处加热光纤 10 和 50,以将两个光纤接在一起。

[0069] 口袋 20 可以不同方式形成。在第一实施例中,使用 CO₂ 激光器切割泵浦光纤 10 来形成口袋切口 20。这里,必须稳定定位泵浦光纤 10,必须建立激光束和光纤之间的理想角度,因此,激光器可接触光纤,以按照理想角度和尺寸(例如直径)来精确制作切口。为了这些目的,可以使用光纤保持夹,在光纤保持器中固定光纤。

[0070] 可选地,可以使用金刚石绳锯来形成口袋切口,通过锯切运动,以预定角度对泵浦光纤进行切割。金刚石绳锯可包括涂覆有金刚石粉的钢丝。金刚石锯的直径可以是约 80mm,例如,用于在上述作为实例讨论的光纤 10 中制作口袋切口 20。在该实施例中,光纤可以被固定在具有光纤保持夹的光纤保持器中。

[0071] 图 10 是示出根据本发明的方面的用口袋切口侧泵浦光纤制作光学装置(例如,放大器或激光器)的方法 100 的实施例的流程图。在步骤 102,在泵浦光纤中制作纵向、锥状和凹形的口袋切口,如上所述。以预定角度 α 制作切口,例如,其中, $0 < \alpha \leq 10^\circ$ 。在其它实施例中,可以采用超过 10° 的其它角度。在步骤 104,将信号光纤插入口袋切口。在步骤 106,泵浦光纤和信号光纤在口袋切口处连接在一起。侧泵浦光纤和中心信号光纤之间的角度可以为 α ,或者约为 α 。连接区域接着可以通过已知的或随后开发出来的涂覆技术涂覆。

[0072] 尽管上面描述了被认为是最佳模式和 / 或其他优选的实施例,但是应该理解,可以对其进行各种修改,并且本发明或多个发明可以以各种模式和实施例实施,并且可以被应用在多个应用中,仅部分这些应用在此已经被描述。所附权利要求旨在要求其字面描述及其所有等同物,包括落在每个权利要求的范围内的修改和变形。

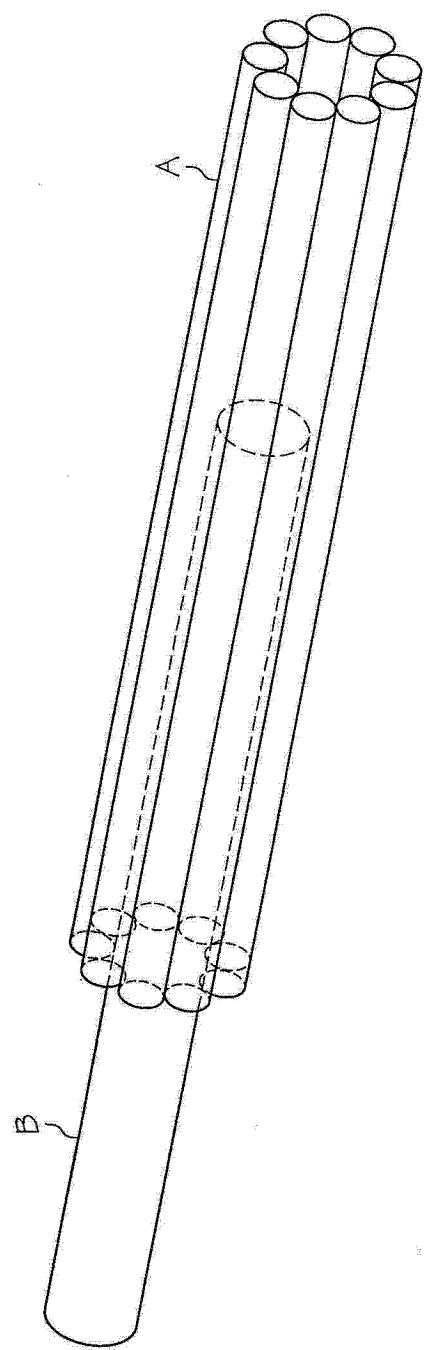


FIG. 1

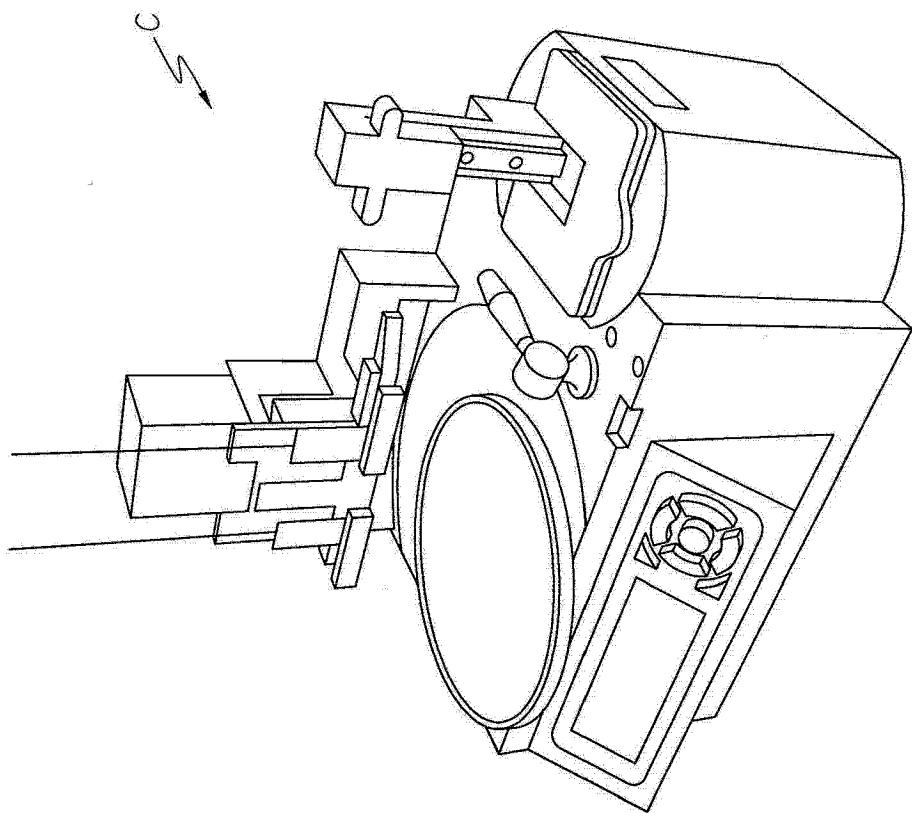


FIG. 2

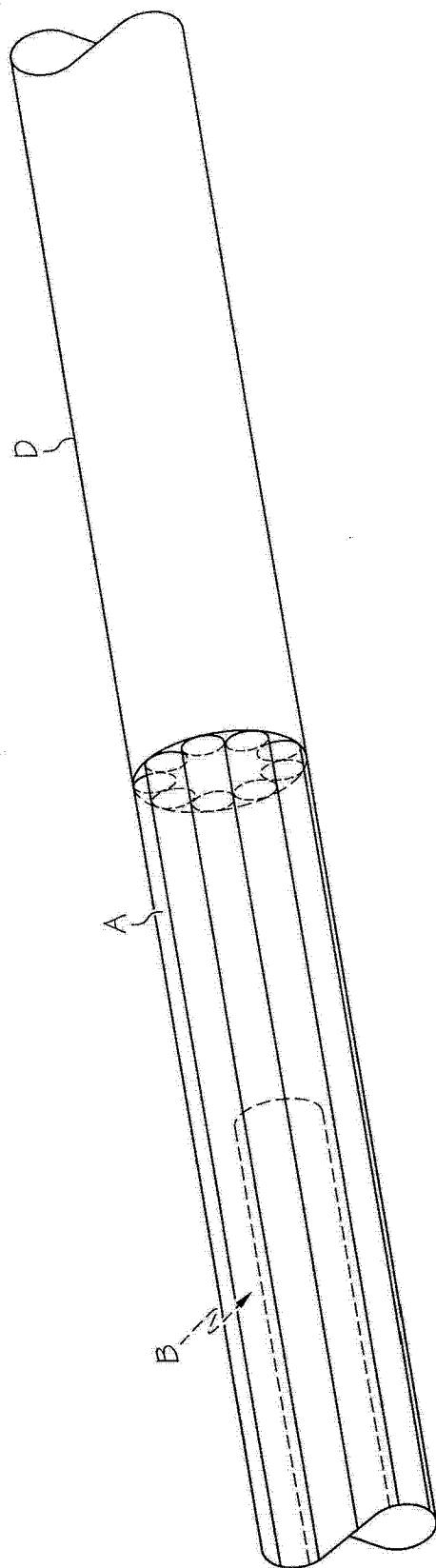


FIG. 3

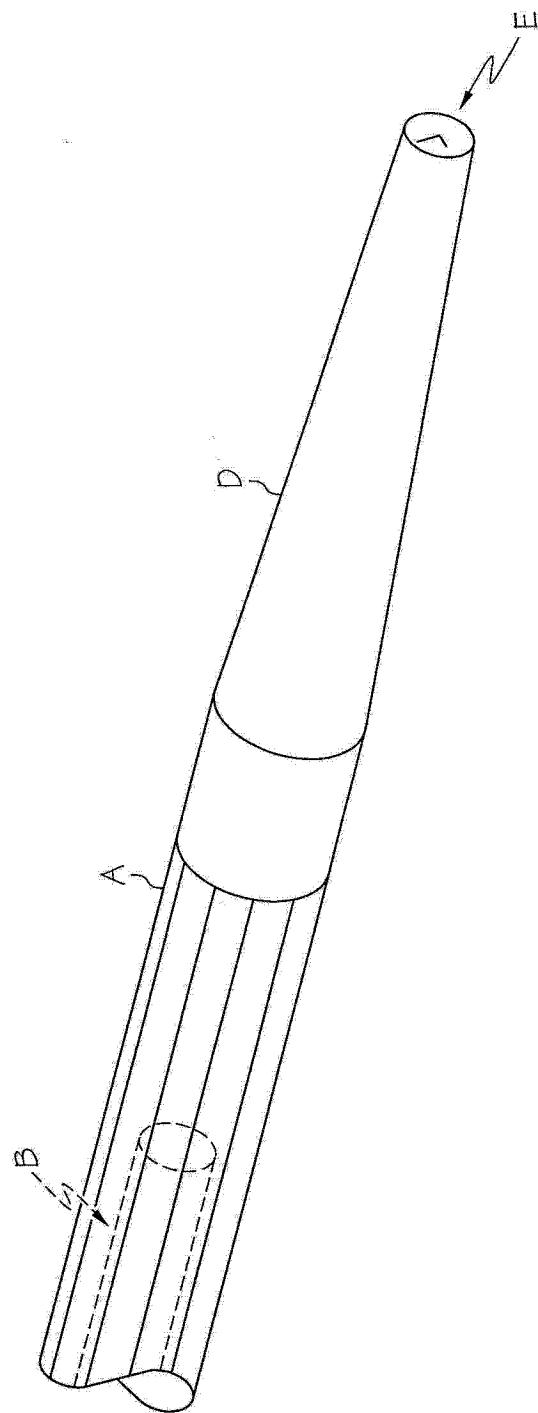


FIG. 4

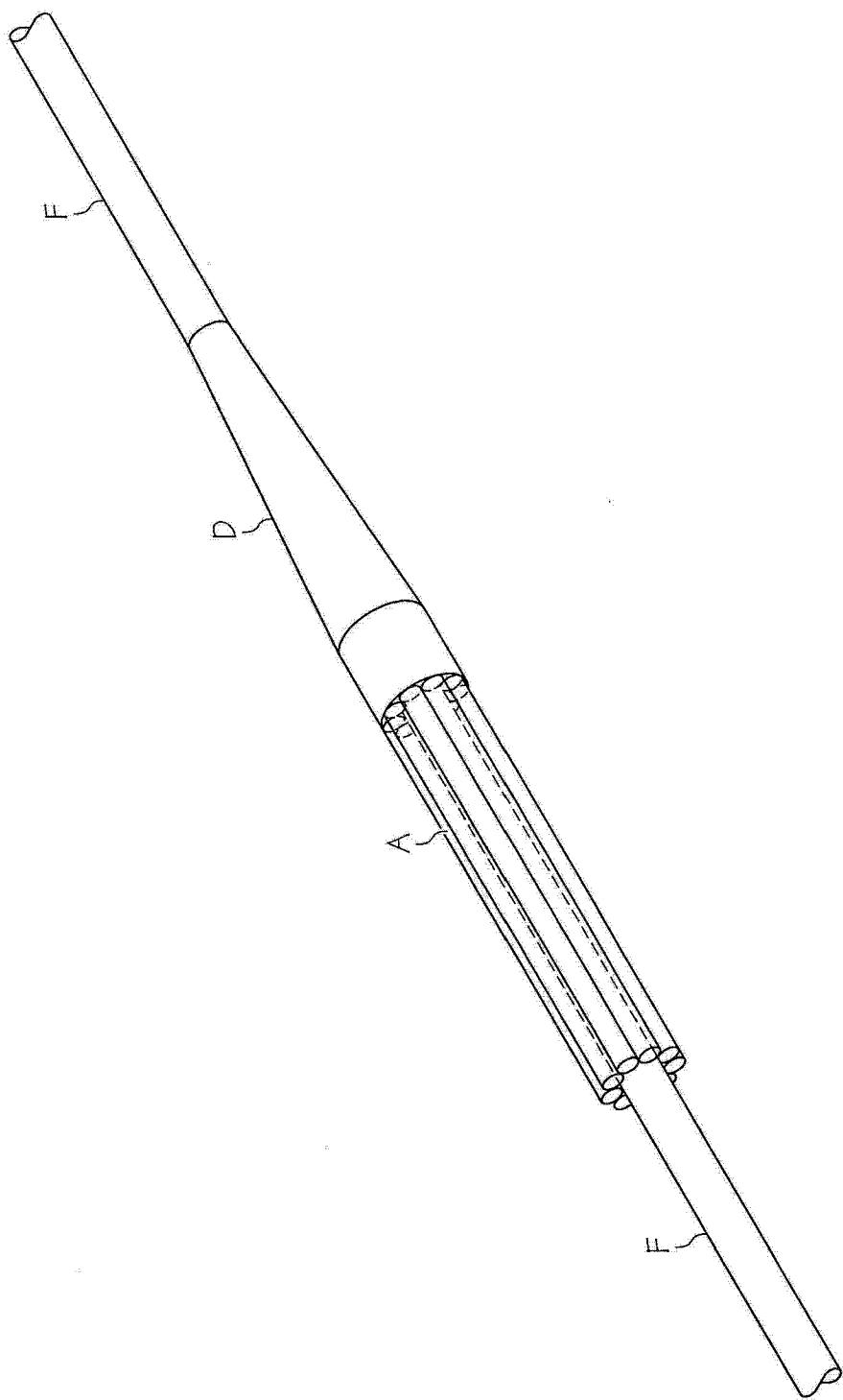


FIG. 5

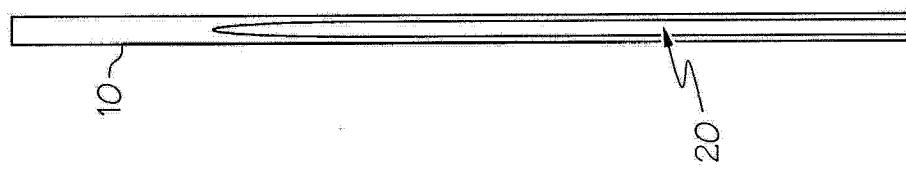


FIG. 6A

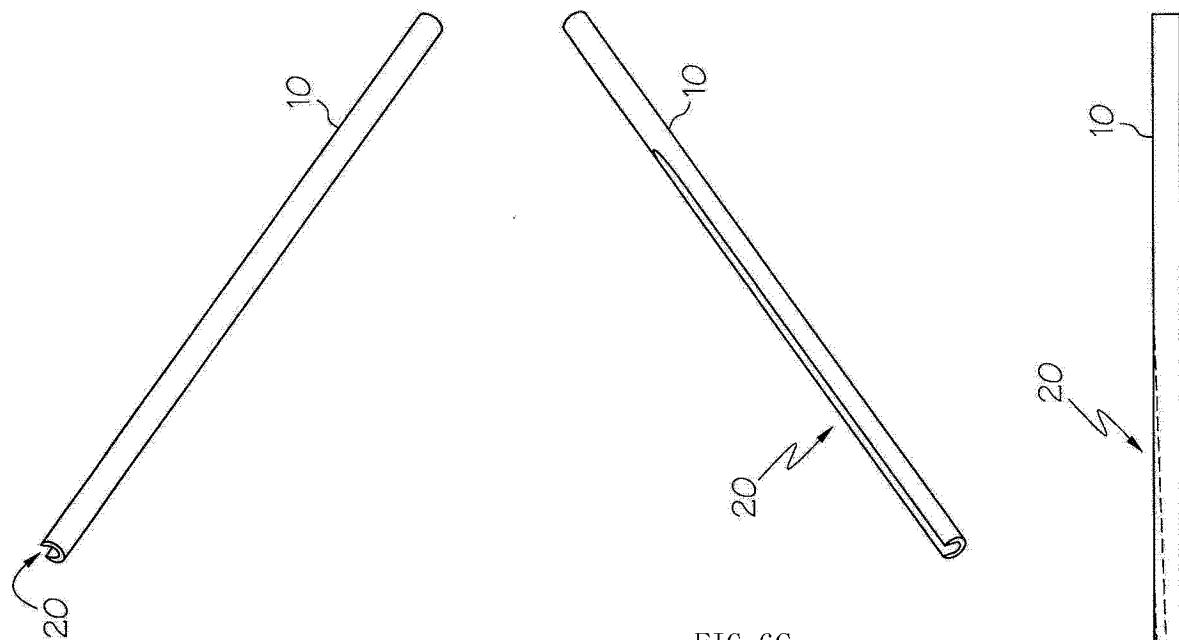


FIG. 6C

FIG. 6B

FIG. 6D

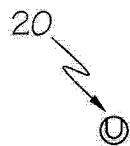


FIG. 6E

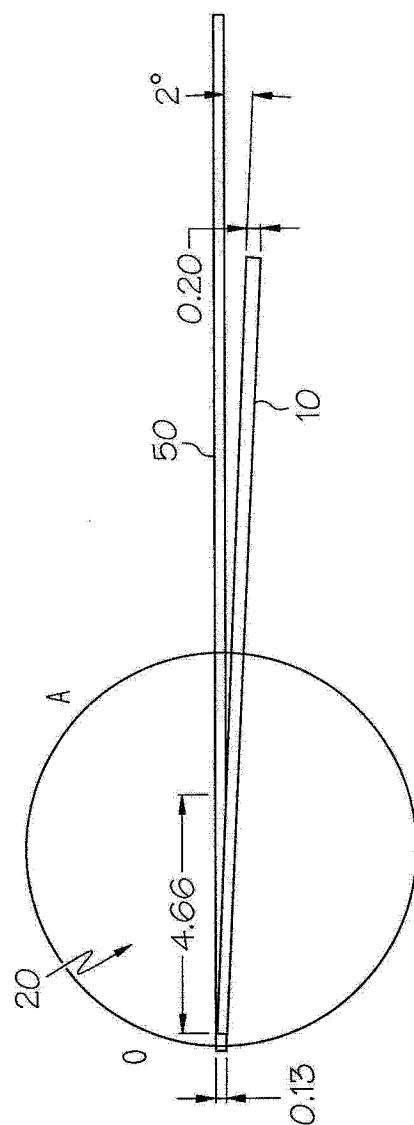
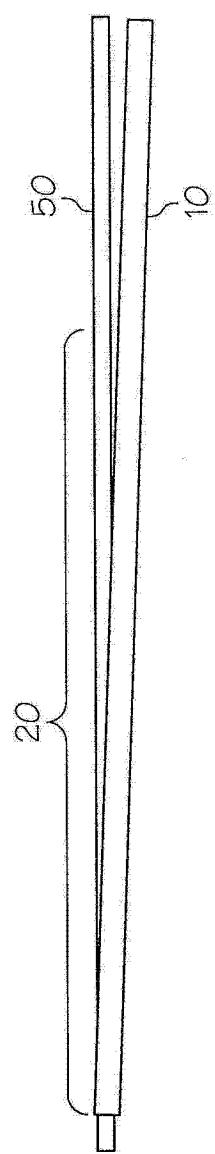
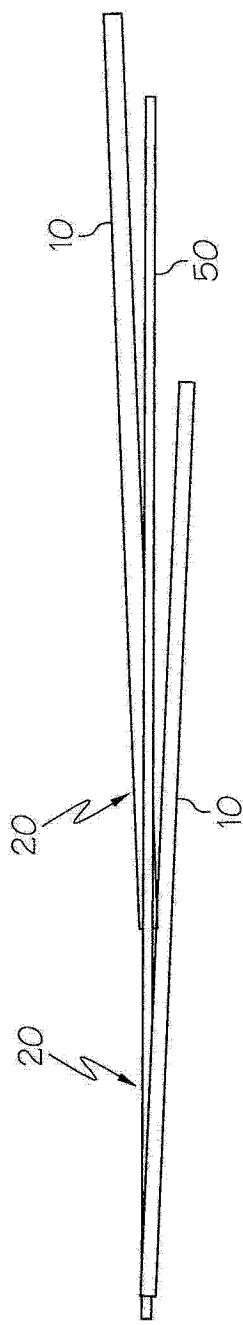


FIG. 8

FIG. 9

FIG. 7

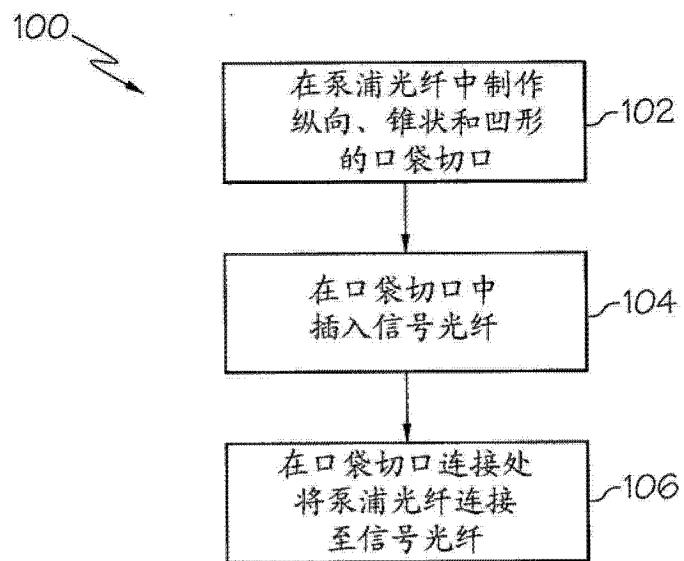


FIG. 10