



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108711730 A

(43)申请公布日 2018.10.26

(21)申请号 201810496306.9

(22)申请日 2018.05.22

(71)申请人 四川思创优光科技有限公司

地址 610000 四川省成都市高新区天府五街200号1栋A区9楼904

(72)发明人 梁小宝 李琦 孙梦至

(74)专利代理机构 成都市集智汇华知识产权代理事务所(普通合伙) 51237

代理人 李华 温黎娟

(51) Int. Cl.

H01S 3/094(2006.01)

H01S 3/067(2006.01)

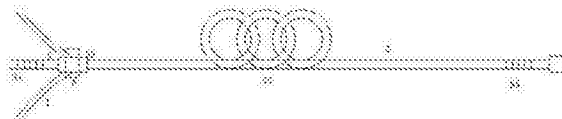
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

一种高稳定性光纤激光器

(57)摘要

本发明公开一种高稳定性光纤激光器,包括设置于谐振腔内的合束器,泵浦光纤的第一锥形段与信号光纤上的耦合区熔融耦合形成合束器,谐振腔中的增益光纤吸收泵浦光纤经合束器送入谐振腔的泵浦光,形成激光后输出,本申请公开的合束器位于谐振腔内,避免了过高功率的泵浦光直接注入光纤光栅,提升了激光器的稳定性,使单谐振腔激光器能够输出更高功率的激光;相较于端面泵浦技术,本发明中泵浦光纤与信号光纤侧面熔融耦合,信号插损几乎为零,极大地提高了泵浦效率,因此显著减少了耦合时产生的热量,提高了激光器的光光转换效率,保证光纤激光器高功率输出,同时使光纤激光器的稳定性得以进一步提升。



1. 一种高稳定性光纤激光器,包括谐振腔(3),其特征在于,所述谐振腔(3)内设置有合束器(32),泵浦光纤(1)的第一锥形段与信号光纤(2)上的耦合区(25)侧面熔融耦合形成合束器(32),谐振腔(3)中的增益光纤(33)与所述合束器(32)熔接,用于吸收泵浦光纤(1)经合束器(32)送入谐振腔(3)的泵浦光,形成激光后经谐振腔(3)输出。

2. 根据权利要求1所述的一种高稳定性光纤激光器,其特征在于,所述谐振腔(3)包括第一光纤光栅(31)和第二光纤光栅(34),所述第一光纤光栅(31)与第二光纤光栅(34)之间设置有所述增益光纤(33)。

3. 根据权利要求2所述的一种高稳定性光纤激光器,其特征在于,所述合束器(32)设置于所述第一光纤光栅(31)与增益光纤(33)之间,或设置于所述第二光纤光栅(34)与增益光纤(33)之间;

所述合束器(32)中耦合的泵浦光纤(1)用于单向提供泵浦光。

4. 根据权利要求2所述的一种高稳定性光纤激光器,其特征在于,所述合束器(32)分别设置于所述第一光纤光栅(31)与增益光纤(33)之间和所述增益光纤(33)与第二光纤光栅(34)之间,所述合束器(32)中耦合的泵浦光纤(1)用于双向提供泵浦光。

5. 根据权利要求3或4所述的一种高稳定性光纤激光器,其特征在于,所述第一光纤光栅(31)和/或所述第二光纤光栅(34)的一侧还设置有包层功率剥离器(35)。

6. 根据权利要求1所述的一种高稳定性光纤激光器,其特征在于,所述泵浦光纤(1)包括由内至外依次设置的第一纤芯(11)、第一包层(12)和第一涂覆层(13),所述泵浦光纤(1)去除一段第一涂覆层(13)后经过预拉锥形成第一锥形段、连接段和第二锥形段,所述第一锥形段通过与所述信号光纤(2)上的耦合区(25)熔融耦合,形成所述合束器(32)。

7. 根据权利要求6所述的一种高稳定性光纤激光器,其特征在于,所述信号光纤(2)为无源双包层光纤,由内至外依次包括:第二纤芯(21),第二包层(22),第三包层(23)和第二涂覆层(24),所述信号光纤(2)上去除一段第二涂覆层(24)和第三包层(23)后形成所述耦合区(25)。

8. 根据权利要求7所述的一种高稳定性光纤激光器,其特征在于,在所述耦合区(25)内,所述第一包层(12)与第二包层(22)熔融耦合。

9. 根据权利要求6所述的一种高稳定性光纤激光器,其特征在于,所述第一锥形段上任意两径向截面的第一纤芯(11)和第一包层(12)截面面积之比相等,所述第一锥形段上的所述第一包层(12)和第一纤芯(11)沿轴向方向具有截面面积均匀过渡的趋势。

10. 根据权利要求9所述的一种高稳定性光纤激光器,其特征在于,所述第一锥形段的锥形角不大于 1° 。

一种高稳定性光纤激光器

技术领域

[0001] 本发明涉及光纤激光器领域,具体涉及一种高稳定性光纤激光器。

背景技术

[0002] 泵浦耦合器是光纤激光器和光纤放大器中使用的重要器件,具有在不影响主光路传输的前提下,通过泵浦光纤将单路或者多路LD泵浦光引导进入光纤中为激光器提供所需的泵浦功率的优点。

[0003] 现有的泵浦耦合器产品的制作工艺一般是将由中间信号光光纤和周围泵浦光纤构成的光纤束进行拉锥,直到锥腰直径和双包层光纤直径一样时,将光纤束从锥腰处切断并和双包层光纤进行端面熔接。如ZL201410224237.8公开了一种基于光纤腐蚀的 $(N+1) \times 1$ 光纤端面泵浦合束器,该专利中公开的信号输入光纤需要与泵浦光纤烧结连接使其成为一光纤束后沿径向切平,再将光纤束与输出双包层光纤通过端面连接。

[0004] 这类结构虽然能够比较有效的把泵浦光耦合入双包层光纤中,但较大功率的泵浦光从端面进入内包层,容易造成端面的热损伤,因此,限制了进入内包层的泵浦光功率的增加,从而限制了光纤激光器输出功率的进一步提高。

[0005] 为克服上述问题,本技术领域内应拥有侧面泵浦耦合技术,现有的侧面泵浦耦合方式主要有:V槽侧面泵浦耦合、嵌入反射镜式泵浦耦合、角度磨抛侧面泵浦耦合等,其中:

[0006] V槽侧面泵浦耦合通过在信号光纤上开设V型槽与泵浦光纤实现耦合,由于V槽嵌入内包层,因此对于内包层内传输的泵浦光有较大损耗,不利于多点注入式泵浦功率的扩展;

[0007] 嵌入反射镜式泵浦耦合方式是在V槽刻蚀方式上的改进,但与V槽侧面泵浦法相似,在内包层中刻槽会影响泵浦光的传输,耦合形成的合束器损耗高,因此嵌入透镜式泵浦耦合难以用于双包层光纤的多点泵浦。

[0008] 角度磨抛侧面泵浦耦合是将端面按一定角度磨抛好的泵浦光纤用折射率相近的光学胶胶合在双包层光纤的内包层上,并固定好两纤的相对位置,泵浦光即可由泵浦光纤侧面耦合进入双包层光纤的内包层。通常该技术要求泵浦光纤端面的磨抛角较大,对于光纤端面磨抛工艺提出了很高的要求,为保证耦合效率,需要在很小的抛磨角度下保持磨抛后泵浦光纤的完整性是很困难的,若泵浦光纤破损则会导致泵浦光的泄露,这是其限制耦合高功率泵浦光的主要原因。另外此种侧面耦合器的制作工艺复杂,成品率低,不利于工厂批量化生产;其次,在高泵浦功率下,光学胶难以承受其功率密度会导致挥发或分解,使耦合效率下降。

[0009] 此外,由于上述耦合方式形成的合束器泵浦耦合效率低或信号损耗高,导致合束器在高功率输出时发热严重,容易损坏,因此,需要将合束器设置于谐振腔外。由于合束器设置于谐振腔外,造成泵浦光直接注入光纤光栅,而光纤光栅的制作工艺决定了其无法承受过高的泵浦功率,因此该结构限制了单谐振腔光纤激光器向更高功率发展。

发明内容

[0010] 有鉴于此,本申请提供一种高稳定性光纤激光器,泵浦光纤和信号光纤耦合形成的合束器位于谐振腔内,避免了过高功率的泵浦光直接注入光纤光栅,提升了激光器的稳定性,使单谐振腔激光器能够输出更高功率的激光;与传统的泵浦技术相比,本申请公开的侧面熔融泵浦结构的信号插损几乎为零,并且极大地提高了泵浦效率,保证光纤激光器高功率输出的同时,使光纤激光器的稳定性得以进一步提升。

[0011] 为解决以上技术问题,本发明提供的技术方案是一种高稳定性光纤激光器,包括谐振腔,所述谐振腔内设置有合束器,泵浦光纤的第一锥形段与信号光纤上的耦合区侧面熔融耦合形成合束器,谐振腔中的增益光纤与所述合束器熔接,用于吸收泵浦光纤经合束器送入谐振腔的泵浦光,形成激光后经谐振腔输出。

[0012] 优选的,所述谐振腔包括第一光纤光栅和第二光纤光栅,所述第一光纤光栅与第二光纤光栅之间设置有所述增益光纤。

[0013] 优选的,所述合束器设置于所述第一光纤光栅与增益光纤之间,或设置于所述第二光纤光栅与增益光纤之间;

[0014] 所述合束器中耦合的泵浦光纤用于单向提供泵浦光。

[0015] 优选的,所述合束器分别设置于所述第一光纤光栅与增益光纤之间和所述增益光纤与第二光纤光栅之间,所述合束器中耦合的泵浦光纤用于双向提供泵浦光。

[0016] 优选的,所述第一光纤光栅和/或所述第二光纤光栅的一侧还设置有包层功率剥离器。

[0017] 优选的,所述泵浦光纤包括由内至外依次设置的第一纤芯、第一包层和第一涂覆层,所述泵浦光纤去除一段第一涂覆层后经过预拉锥形成第一锥形段、连接段和第二锥形段,所述第一锥形段通过与所述信号光纤上的耦合区熔融耦合,形成所述合束器。

[0018] 优选的,所述信号光纤为无源双包层光纤,由内至外依次包括:第二纤芯,第二包层,第三包层和第二涂覆层,所述信号光纤上去除一段第二涂覆层和第三包层后形成所述耦合区。

[0019] 优选的,在所述耦合区内,所述第一包层与第二包层熔融耦合。

[0020] 优选的,所述第一锥形段上任意两径向截面的第一纤芯和第一包层截面面积之比相等,所述第一锥形段上的所述第一包层和第一纤芯沿轴向方向具有截面面积均匀过渡的趋势。

[0021] 优选的,所述第一锥形段的锥形角不大于 1° 。

[0022] 本申请与现有技术相比,其详细说明如下:

[0023] 本申请公开了一种高稳定性光纤激光器,泵浦光纤上具有第一锥形段,所述信号光纤上设置有耦合区,第一锥形段和耦合区熔融耦合形成合束器,合束器位于谐振腔内,泵浦光纤中的泵浦光从耦合区直接送入谐振腔内,经过形成激光后送出。第一锥形段的锥形表面中的一部分与信号光纤侧面的一段耦合区侧面熔融耦合,与端面耦合相比,具有较高的耦合效率,信号光损耗更低,泵浦光纤与信号光纤的隔离度高。同时,通过上述耦合方式,将合束器设置于谐振腔内,避免了泵浦光直接注入光纤光栅,提升了激光器的稳定性,使单谐振腔激光器能够输出更高功率的激光;侧面熔融耦合的耦合方式与V槽侧面泵浦耦合、嵌

入反射镜式泵浦耦合方式相比而言,本申请公开的侧面耦合有效减小了端面耦合时产生的热量,信号光纤的形状受应力和温度影响小,变形量小,对光纤中的信号影响小,可以保持光纤激光器稳定的输出高功率的激光。

[0024] 第一光纤光栅和第二光纤光栅构成谐振腔,之间的增益光纤可以为掺镱光纤、掺铒光纤或掺铥光纤等掺稀土离子光纤,用于利用增益光纤中的振荡功率放大,实现高功率、高能量的激光输出。

[0025] 本申请公开的结构可以提供单向泵浦光,也可以提供双向泵浦光,具有较高的适用性。

[0026] 包层功率剥离器用于除去未被增益光纤吸收的残余泵浦光,保护其相邻的光纤光栅,提高光纤激光器的稳定性,同时极大地提升增益光纤可吸收的泵浦功率,提高本申请激光器的激光输出功率。

[0027] 所述泵浦光纤去除一段第一涂覆层后经过预拉锥形成有依次连接的第一锥形段、连接段和第二锥形段,整体保持连接下的第一锥形段、连接段和第二锥形段更方便在熔融耦合过程中夹持两端,可以有效保证泵浦光纤耦合时固定位置,进而保证耦合效率和良品率。第一锥形段在与所述信号光纤上的耦合区熔融耦合时,第二锥形段仅用于夹持固定,当第一锥形段受热熔融时,第二锥形段没有与信号光纤贴合,连接段在耦合过程中自然断裂,使第一锥形段与信号光纤上的耦合区熔融耦合。泵浦光纤经过剥离一段第一涂覆层后经预拉锥形成第一锥形段,通过上述方式形成的第一锥形段具有均匀光滑平整的耦合表面,改善了耦合表面完全贴合率,保证了耦合效率,预拉锥后的泵浦光纤可以稳定夹持,保证熔融耦合时的耦合效率,极大地提高了泵浦效率。

[0028] 信号光纤为无源双包层光纤,具有较高的圆对称性,强度高,通过剥离信号光纤上一段第二涂覆层和第三包层形成耦合区,耦合区内,所述第一包层与第二包层熔融耦合,保证了泵浦光纤与信号光纤全面耦合,信号插损小,提高了耦合效率。

[0029] 所述第一锥形段通过拉锥成型时保证第一锥形段上任意两径向截面的第一纤芯和第一包层截面面积之比相等,与角度抛磨相比,第一包层始终包裹在第一纤芯的表面,保证了泵浦光的传输效果。

[0030] 第一锥形段的锥形角不大于 1° ,具有较长的耦合区长度,耦合强度高,激光的损伤阈值高,可以大幅提高泵浦光功率。

附图说明

[0031] 图1为实施例1的结构示意图;

[0032] 图2为实施例2的结构示意图;

[0033] 图3为实施例3的结构示意图;

[0034] 图4为实施例4的结构示意图;

[0035] 图5为实施例5的结构示意图;

[0036] 图6为图1-图5中A处的结构放大示意图。

具体实施方式

[0037] 为了使本领域的技术人员更好地理解本发明的技术方案,下面结合附图和具体实

施例对本发明作进一步的详细说明。

[0038] 实施例一

[0039] 如图1和图6所示,本实施例公开了一种高稳定性光纤激光器,包括依次设置的第一光纤光栅(31)、合束器(32)、增益光纤(33)、第二光纤光栅(34),其中:

[0040] 由第一光纤光栅(31)和第二光纤光栅(34)构成的谐振腔(3),所述增益光纤(33)设置于所述第一光纤光栅(31)和第二光纤光栅(34)之间;

[0041] 泵浦光纤(1)和信号光纤(2)侧面熔融耦合构成合束器(32),合束器(32)设置在所述第一光纤光栅(31)和增益光纤(33)之间,所述增益光纤(33)和所述信号光纤熔接。

[0042] 泵浦光纤(1)中的一段去除第一涂覆层(13)后,经过加热预拉锥形成有第一锥形段、连接段和第二锥形段,第一锥形段、连接段和第二锥形段依次连接,依次连接的第一锥形段、连接段和第二锥形段更方便在熔融耦合过程中夹持两端,可以有效保证泵浦光纤耦合时固定位置,保证耦合效率和良品率。第一锥形段在与所述信号光纤上的耦合区熔融耦合时,第二锥形段仅用于夹持固定,当第一锥形段受热熔融时,第二锥形段没有与信号光纤贴合,连接段在耦合过程中自然断裂。通过预拉锥形成的第一锥形段中,第一纤芯(11)呈锥形,所述第一包层(12)包裹在第一纤芯(11)的外周面上,且第一锥形段中的第一包层(12)的厚度均匀变化,使所述第一锥形段上任意两径向截面的第一纤芯(11)和第一包层(12)截面面积之比相等,且所述第一锥形段上的所述第一包层(12)和第一纤芯(11)沿轴向方向始终均具有截面面积均匀过渡的趋势。

[0043] 所述信号光纤(2)为无源双包层光纤,由内至外依次包括:第二纤芯(21),第二包层(22),第三包层(23)和第二涂覆层(24),所述信号光纤(2)上去除一段第二涂覆层(24)和第三包层(23)后形成所述耦合区(25);

[0044] 所述第一锥形段与所述耦合区(25)侧面熔融耦合,具体的,在所述耦合区(25)内,所述第一包层(12)与第二包层(22)熔融耦合形成合束器(32),第一包层(12)与第二包层(22)熔融耦合,使泵浦光纤中的泵浦光直接送入信号光纤中。与端面泵浦技术相比,端面泵浦需要将信号光纤截断后再熔接输出光纤,激光在熔接处的数值孔径变大,导致一部分信号光泄露产生热量,熔接处的热量超出合束器的承受限度,进而影响光纤激光器功率的进一步提升;同时,一部分信号光从纤芯泄露到包层,影响光转换效率,导致信号光纤无法输出足够功率的激光,本申请通过侧面耦合泵浦的形式,使泵浦光在第一包层(12)与第二包层(22)之间均匀耦合,有效减小了端面耦合时产生的热量,使光纤激光器功率得以进一步提升,同时,泵浦光纤侧面与信号光纤熔融固定耦合,减少信号光泄露,提高了激光器的光光转换效率。

[0045] 泵浦光纤(1)中的泵浦光直接送入谐振腔(3)内,避免了高功率泵浦光直接注入光纤光栅,提高了激光器的稳定性。第一锥形段的锥形表面中的一部分与信号光纤(2)表面的耦合区(25)耦合,无需物理改变信号光纤(2)的形状,对光纤中的信号影响小,可以保持光纤激光器稳定的输出高功率的激光。

[0046] 所述第一锥形段在预拉锥过程中形成的锥形角不大于 1° ,当第一锥形段与耦合区(25)熔融耦合时,光滑平整的锥形表面可以与耦合区(25)保持良好的接触,提高耦合效率,此外,第一锥形段的锥形角保证了耦合面积,既提高了耦合强度,保证激光器的稳定性,同时,较小的锥形角保证了光纤在熔融耦合过程中受热区域温度的稳定性,减小信号光纤因

为受热和应力变化造成的变形,提高了产品的传输性能和稳定性。

[0047] 所述增益光纤(33)为双包层掺镱光纤、掺铒光纤或掺铥光纤等掺稀土离子光纤,泵浦光纤(1)通过向信号光纤(2)中注入泵浦光,经合束器(32)送入增益光纤(33)中,利用增益光纤(33)中的振荡功率放大,实现高功率、高能量的激光输出。

[0048] 以实施例一为基础,本申请的技术方案还包括其他单向泵浦的实施例,同向的合束器(32)可以设置有一个或多个,每一合束器(32)中的信号光纤(2)上可以耦合有一个或多个泵浦光纤(1),本领域技术人员可以在实施例1的基础上直接替换得到,故本申请的附图中并未示出,这些实施例的改进也应视为本发明的保护范围。

[0049] 实施例二

[0050] 如图2所示,本实施例公开了一种高稳定性光纤激光器,与实施例1不同之处在于,本实施例公开的光纤激光器包括依次设置的第一光纤光栅(31)、增益光纤(33)、合束器(32)、第二光纤光栅(34),其中:

[0051] 由第一光纤光栅(31)和第二光纤光栅(34)构成的谐振腔(3),合束器(32)设置于增益光纤(33)和第二光纤光栅(34)之间,所述合束器(32)中耦合的泵浦光纤(1)用于反向提供泵浦光。

[0052] 实施例三

[0053] 如图3所示,本实施例公开了一种高稳定性光纤激光器,与实施例1不同之处在于,本实施例公开的光纤激光器包括依次设置的第一光纤光栅(31)、合束器(32)、增益光纤(33)、合束器(32)和第二光纤光栅(34),其中:

[0054] 由第一光纤光栅(31)和第二光纤光栅(34)构成的谐振腔(3),所述增益光纤(33)设置于所述第一光纤光栅(31)和第二光纤光栅(34)之间;

[0055] 在所述第一光纤光栅(31)和增益光纤(33)之间、增益光纤(33)和第二光纤光栅(34)之间分别设置有合束器(32),泵浦光纤(1)和信号光纤(2)在合束器(32)中耦合,所述增益光纤(33)两侧的所述合束器(32)中耦合的泵浦光纤(1)用于双向提供泵浦光。

[0056] 本实施例中所述增益光纤(33)为掺镱光纤、掺铒光纤或掺铥光纤等掺稀土离子光纤。

[0057] 以实施例三为基础,本申请的技术方案还包括其他双向泵浦的实施例,双向的合束器(32)可以设置有一个或多个,每一合束器(32)中的信号光纤(2)上可以耦合有一个或多个泵浦光纤(1),本领域技术人员可以在实施例二的基础上直接替换得到,故本申请的附图中并未示出,这些实施例的改进也应视为本发明的保护范围。

[0058] 实施例四

[0059] 如图4所示,本实施例公开的光纤激光器与实施例一不同之处在于:本实施例公开的光纤激光器包括依次设置的第一光纤光栅(31)、包层功率剥离器(35)、合束器(32)、增益光纤(33)和第二光纤光栅(34),其中包层功率剥离器(35)用于除去未被增益光纤(33)吸收的残余泵浦光,有效避免光纤光栅被损坏,提高光纤激光器的稳定性。

[0060] 以实施例四为基础,本申请的技术方案还包括其他单向泵浦的实施例,单向的合束器(32)可以为正向泵浦,也可以为反向泵浦,激光器上可以设置有一个或多个合束器(32),每一合束器(32)中的信号光纤(2)上可以耦合有一个或多个泵浦光纤(1)。本领域技术人员可以结合实施例四得到,故本申请的附图中并未示出该反向泵浦的实施例的结构

图,这些实施例的改进也应视为本发明的保护范围。

[0061] 实施例五

[0062] 如图5所示,本实施例公开的光纤激光器与实施例三的区别在于,本实施例公开的光纤激光器包括依次设置的第一光纤光栅(31)、包层功率剥离器(35)、合束器(32)、增益光纤(33)、合束器(32)、包层功率剥离器(35)和第二光纤光栅(34)。

[0063] 如图6所示,本申请各实施例中公开的泵浦光纤(1)经剥离一段第一涂覆层(13)后,将剥离第一涂覆层(13)的部分经过加热拉锥形成第一锥形段、连接段和第二锥形段。当第一锥形段吸收热量与信号光纤(2)的耦合区(25)熔融耦合时,连接段自然断裂。该第一锥形段上的所述第一包层(12)和第一纤芯(11)沿轴向方向均具有截面面积均匀过渡的趋势。所述信号光纤(2)为无源双包层光纤,由内至外依次包括:第二纤芯(21),第二包层(22),第三包层(23)和第二涂覆层(24),所述信号光纤(2)上去除一段第二涂覆层(24)和第三包层(23)后形成所述耦合区(25);在所述耦合区(25)内,所述第一包层(12)与第二包层(22)熔融耦合形成合束器(32),使泵浦光纤(1)中的泵浦光直接送入信号光纤中。

[0064] 现有的角度磨抛侧面泵浦耦合方式是将端面按一定角度磨抛好的泵浦光纤用折射率相近的光学胶胶合在双包层光纤的内包层上,并固定好两纤的相对位置,泵浦光即可由泵浦光纤侧面耦合进入双包层光纤的内包层。由于泵浦光纤截面尺寸较小,现有的角度磨抛侧面泵浦耦合方式很难保证耦合表面的光滑平整,导致泵浦光纤与信号光纤的耦合效果差,进而降低了耦合效率限制了泵浦光功率,而本申请公开的泵浦光纤通过预拉锥成型,易于加工保证第一锥形段具有圆锥的表面,提高耦合时第一锥形段与锥形区的贴合效果。

[0065] 以上仅是本发明的优选实施方式,应当指出的是,上述优选实施方式不应视为对本发明的限制,本发明的保护范围应当以权利要求所限定的范围为准。对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明的精神和范围内,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

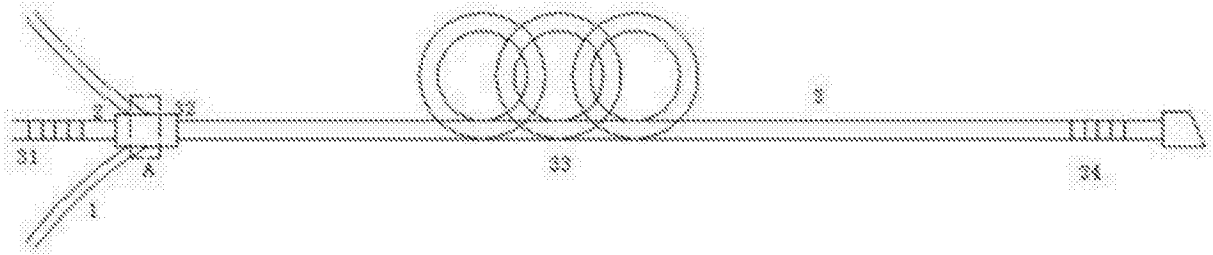


图1

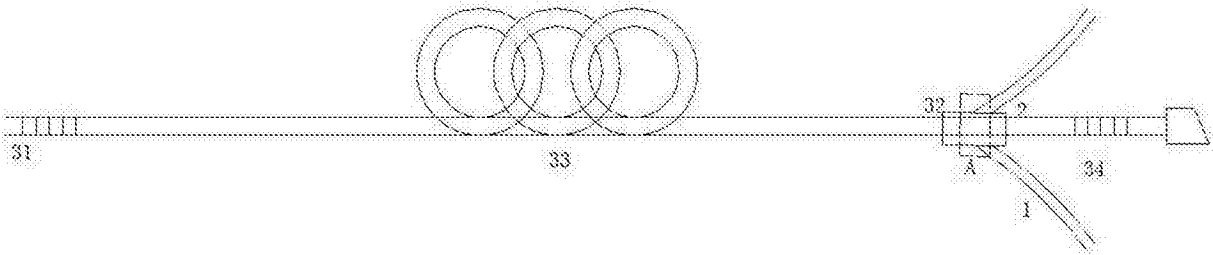


图2

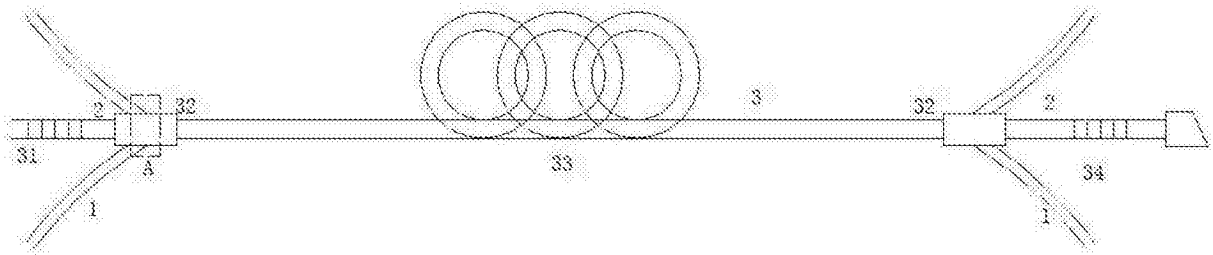


图3

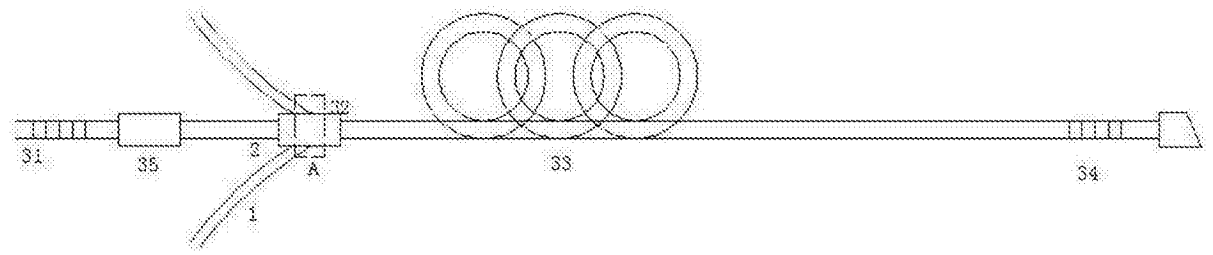


图4

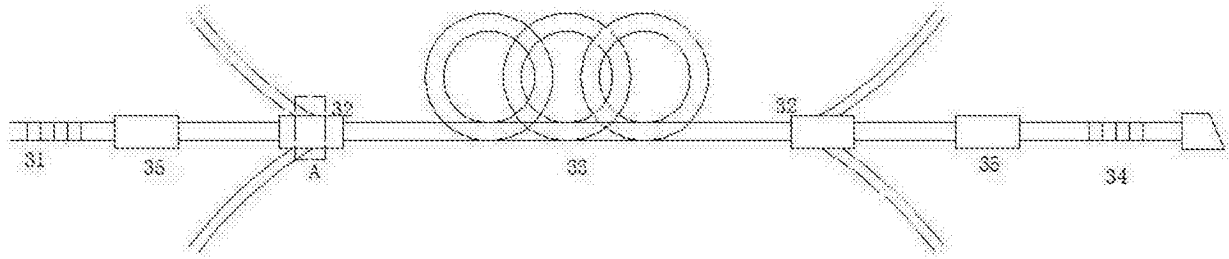


图5

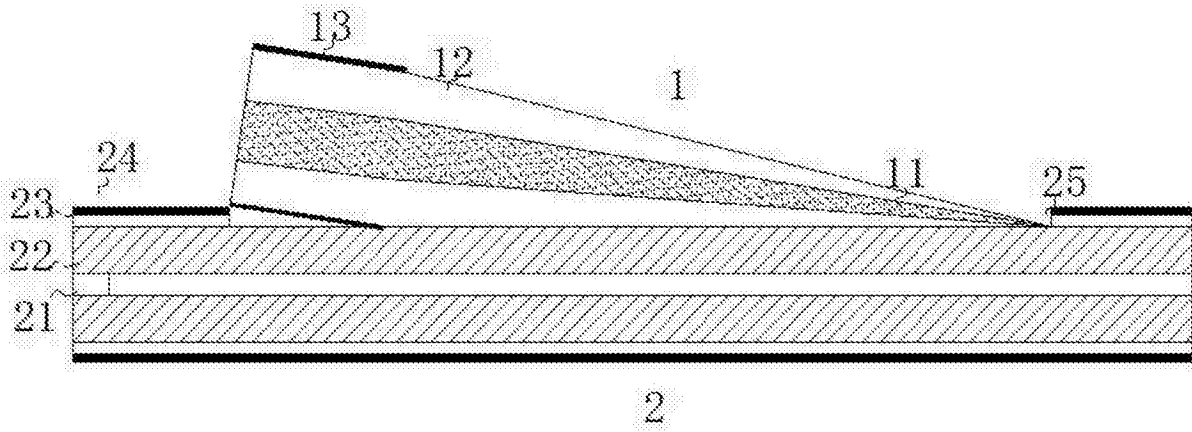


图6