



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105759358 B

(45)授权公告日 2018.10.12

(21)申请号 201610042379.1

(22)申请日 2016.01.22

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105759358 A

(43)申请公布日 2016.07.13

(73)专利权人 中国人民解放军国防科学技术大学

地址 410073 湖南省长沙市开福区砚瓦池
正街47号中国人民解放军国防科学技术
大学光电科学与工程学院(203室)

(72)发明人 陈子伦 周旋风 许晓军 王泽锋
侯静 张斌 陈胜平

(74)专利代理机构 湖南兆弘专利事务所(普通
合伙) 43008

代理人 赵洪 周长清

(51)Int.Cl.

G02B 6/255(2006.01)

(56)对比文件

GB 2191873 A,1987.12.23,
US 6629784 B1,2003.10.07,
US 2006/0045444 A1,2006.03.02,
CN 102841408 A,2012.12.26,
US 2010/0195195 A1,2010.08.05,
US 2012/0212802 A1,2012.08.23,

审查员 房元锋

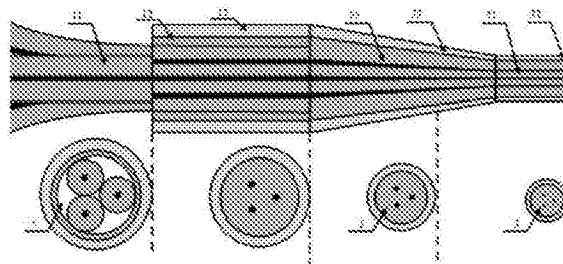
权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54)发明名称

一种全光纤高亮度单模光纤合束器及制作
方法

(57)摘要

本发明公开了一种全光纤高亮度单模光纤合束器及制作方法,该光纤合束器包括依次形成的玻璃套管组束结构、多芯结构和多模光纤,玻璃套管组束结构包括原始单模光纤、等包层折射率玻璃套管和低折射率玻璃套管,等包层折射率玻璃套管位于原始单模光纤的外侧,低折射率玻璃套管则位于等包层折射率玻璃套管的外侧;多芯结构包括多芯光纤及位于多芯光纤外侧的外包层结构,多模光纤包括纤芯及位于纤芯外侧的包层。该方法是用来制作上述光纤合束器的方法。本发明具有能够有效提高光纤合束器的占空比、得到较高输出激光光束质量等优点。



1. 一种全光纤高亮度单模光纤合束器,其特征在于,包括依次形成的玻璃套管组束结构(1)、多芯结构(2)和多模光纤(3),所述玻璃套管组束结构(1)包括原始单模光纤(11)、等包层折射率玻璃套管(12)和低折射率玻璃套管(13),所述等包层折射率玻璃套管(12)位于原始单模光纤(11)的外侧,所述低折射率玻璃套管(13)则位于等包层折射率玻璃套管(12)的外侧;所述多芯结构(2)包括多芯光纤(21)及位于多芯光纤(21)外侧的外包层结构(22),所述多模光纤(3)包括纤芯(31)及位于纤芯(31)外侧的包层(32)。

2. 一种用来制作如权利要求1所述的全光纤高亮度单模光纤合束器的方法,其特征在于,步骤为:

S1: 利用和包层(32)折射率相等的玻璃套管对原始单模光纤进行组束塌缩,得到圆形包层的均匀锥区;

S2: 利用低折射率玻璃套管(13)对步骤S1中得到的均匀锥区进行二次组束塌缩,得到横截面规则的多芯光纤(21)结构;

S3: 对步骤S2得到的多芯光纤(21)结构进行绝热拉锥,在均匀锥区切割作为合束器输出光纤。

3. 根据权利要求2所述的用来制作上述光纤合束器的方法,其特征在于,在进行熔融拉锥时,将玻璃套管组束结构(1)固定在拉伸移动平台(4)上,利用火头(5)推进并调节固定好位置,通过控制第一光纤移动平台(41)和第二光纤移动平台(42)的移动速度,实现预定形状的拉锥。

一种全光纤高亮度单模光纤合束器及制作方法

技术领域

[0001] 本发明主要涉及到光纤激光器领域,特指一种基于低折射率玻璃套管拉锥法的全光纤高亮度单模光纤合束器。

背景技术

[0002] 光纤激光器具有转换效率高、光束质量好、结构紧凑、易散热、工作稳定性好等优点,已经广泛应用于工业和国防领域。然而,受光纤非线性效应及光学热损伤等机制的限制,单根光纤激光器的输出功率不可能无限提升。为了获得更大的光纤激光输出,对多个中等功率的光纤激光进行合束是一种有效手段,其中所需的关键器件就是光纤合束器。相比于空间结构的光束合成方案,全光纤结构的光纤合束器具有结构简单紧凑、使用灵活等优点,能够避免空间光路调节,其功率的提升仅受限于光纤合束器本身。应用光纤合束器合束已经成为大功率光纤激光输出的有效选择方案,但是普通光纤合束器由于光纤组束无法实现很高的占空比,会引起光束质量退化从而降低激光亮度。

[0003] 全光纤结构的光纤合束器是在熔融拉锥光纤束(Taper Fused Fiber Bundle, TFB)的基础上制备的光纤器件。它是将一段光纤剥去涂覆层,然后以一定方式排列在一起,在高温中加热使之熔化,同时向相反方向拉伸光纤束,光纤加热区域熔融成为熔锥光纤束。在锥腰切断后,将锥区输出端与一根输出光纤熔接,进而在输出端得到合束后的激光。

[0004] 具体而言,传统合束器主要包括光纤组束、熔融拉锥、熔接点和输出光纤等部分。首先将多根单模光纤进行组束,在横截面上获得预期的结构。然后通过熔融拉锥使得组束后的光纤紧密熔融在一起,形成规则的圆形结构。最后,将光纤束在均匀熔融拉锥区切割,与输出光纤进行熔接。在实际需求中,还要对整个结构进行封装,完成光纤合束器的制作。

[0005] 传统的光纤合束器都是多模光纤输出,这是由光纤组束较低的占空比决定的,而光纤组束的占空比是由原始光纤的包层纤芯比决定的。采用多模光纤作为输出光纤,就是利用输出光纤模式多、模场直径大的特点,来实现和光纤组束的光场匹配。这种合束器尽管可以实现很低的损耗,但由于是多模光纤输出,激光亮度急剧下降。

[0006] 为了提高光纤合束器在组束时的占空比,一种常用的方法是利用化学酸腐蚀法对包层进行腐蚀来减小包层尺寸,进而减小组束时纤芯直径的距离,增大合束器的占空比。但是这种方法存在两个缺陷:一是化学酸腐蚀以后的光纤质地变差,不便于后期处理;二是纤芯光场的分布特性决定包层尺寸无法无限制地减小。如何在不对原始光纤包层进行腐蚀而增大光纤合束器的占空比,进而获得大功率激光输出的同时实现高亮度,进一步扩大其应用范围,是亟待解决的关键问题。

发明内容

[0007] 本发明要解决的技术问题就在于:针对现有技术存在的技术问题,本发明提供一种能够有效提高光纤合束器的占空比、得到较高输出激光光束质量的全光纤高亮度单模光纤合束器及制作方法。

[0008] 为解决上述技术问题,本发明采用以下技术方案:

[0009] 一种全光纤高亮度单模光纤合束器,包括依次形成的玻璃套管组束结构、多芯结构和多模光纤,所述玻璃套管组束结构包括原始单模光纤、等包层折射率玻璃套管和低折射率玻璃套管,所述等包层折射率玻璃套管位于原始单模光纤的外侧,所述低折射率玻璃套管则位于等包层折射率玻璃套管的外侧;所述多芯结构包括多芯光纤及位于多芯光纤外侧的外包层结构,所述多模光纤包括纤芯及位于纤芯外侧的包层。

[0010] 本发明进一步提供一种用来制作上述光纤合束器的方法,其步骤为:

[0011] S1:利用和包层折射率相等的玻璃套管对原始单模光纤进行组束塌缩,得到圆形包层的均匀锥区;

[0012] S2:利用低折射率玻璃套管对步骤S1中得到的均匀锥区进行二次组束塌缩,得到横截面规则的多芯光纤结构;

[0013] S3:对步骤S2得到的多芯光纤结构进行绝热拉锥,在均匀锥区切割作为合束器输出光纤。

[0014] 作为本发明方法的进一步改进:在进行熔融拉锥时,将玻璃套管组束结构固定在拉伸移动平台上,利用火头推进并调节固定好位置,通过控制第一光纤移动平台和第二光纤移动平台的移动速度,实现预定形状的拉锥。

[0015] 与现有技术相比,本发明的优点在于:

[0016] 1、本发明的一种全光纤高亮度单模光纤合束器及制作方法,有效提高了光纤合束器的占空比,得到较高的输出激光光束质量;避免了对原始光纤包层的腐蚀处理,增加了合束器的强度。

[0017] 2、本发明的一种全光纤高亮度单模光纤合束器及制作方法,整个合束器没有熔接点,避免了熔接操作;

[0018] 3、本发明的一种全光纤高亮度单模光纤合束器及制作方法,整个拉锥区域都是绝热拉锥,能量耗散较少,降低了散热处理的难度。

附图说明

[0019] 图1是本发明的总体结构示意图。

[0020] 图2是本发明玻璃套管法光纤束熔融拉锥示意图。

[0021] 图3是本发明两步法消除包层梅花瓣结构流程示意图。

[0022] 图4是玻璃套管空气孔塌缩前后的光纤束横截面示意图。

[0023] 图5是合束器在不同拉锥比例时对应的本征模式示意图。

[0024] 图6是合束器在低阶模式入射条件下的光场演化示意图。

[0025] 图7是低阶模式入射条件下合束器在不同拉锥比例处的光束质量因子。

[0026] 图例说明:

[0027] 1、玻璃套管组束结构;2、多芯结构;3、多模光纤;11、原始单模光纤;12、等包层折射率玻璃套管;13、低折射率玻璃套管;21、多芯光纤;22、外包层结构;31、纤芯;32、包层。4、拉伸移动平台;41、第一光纤移动平台;42、第二光纤移动平台;5、火头。

具体实施方式

[0028] 以下将结合说明书附图和具体实施例对本发明做进一步详细说明。

[0029] 如图1所示,本发明的全光纤高亮度单模光纤合束器,为基于低折射率玻璃套管拉锥法的全光纤高亮度单模光纤合束器,它包括依次形成的玻璃套管组束结构1、多芯结构2和多模光纤3,其中玻璃套管组束结构1包括原始单模光纤11、等包层折射率玻璃套管12和低折射率玻璃套管13,等包层折射率玻璃套管12位于原始单模光纤11的外侧,低折射率玻璃套管13则位于等包层折射率玻璃套管12的外侧;多芯结构2包括多芯光纤21及位于多芯光纤21外侧的外包层结构22,多模光纤3包括纤芯31及位于纤芯31外侧的包层32。

[0030] 本发明通过对熔融拉锥光纤束进行绝热拉锥,使得在光纤合束器的整个过程中保持低阶模式,随着拉锥程度增加,纤芯31之间的距离逐渐减小,合束器占空比提高,多芯超模激发。当纤芯31尺寸进一步减小,多芯超模截止而激发低阶包层模式,从而实现高亮度的光纤合束器输出。

[0031] 为此,本发明进一步提供一种上述光纤合束器的制作方法,具体步骤为:

[0032] S1:利用和包层32折射率相等的玻璃套管对原始单模光纤进行组束塌缩,得到圆形包层的均匀锥区。

[0033] S2:利用低折射率玻璃套管13对步骤S1中得到的均匀锥区进行二次组束塌缩,得到横截面规则的多芯光纤21结构。

[0034] S3:对步骤S2得到的多芯光纤21结构进行绝热拉锥,在均匀锥区切割作为合束器输出光纤。

[0035] 如图2所示,为本发明的玻璃套管法光纤束熔融拉锥示意图。将玻璃套管组束结构1固定在拉伸移动平台4上,火头5推进并调节固定好位置,通过控制第一光纤移动平台41和第二光纤移动平台42的移动速度,实现预定形状的拉锥。

[0036] 如图3所示,为本发明在具体应用实例中采用两步法消除包层梅花瓣结构的流程图示意图。第一步用等包层折射率玻璃套管12对原始单模光纤进行组束,通过图2所示的熔融拉锥法得到规则的圆形结构;第二步在第一步的基础上加上低折射率玻璃套管13,通过图2所示的熔融拉锥法得到预定的多模光纤3。

[0037] 如图4所示,为本发明在具体应用实例中玻璃套管空气孔塌缩前后的光纤束横截面示意图。其中图4(a)为玻璃套管空气孔塌缩前的光纤组束横截面示意图;图4(b)为玻璃套管空气孔塌缩后多芯光纤结构横截面示意图。其中,原始单模光纤包层半径为 r ,玻璃套管厚度为 d ,得到的多芯光纤结构包层半径为 R 。

[0038] 如图5所示,为本发明合束器在不同拉锥比例时对应的本征模式示意图。其中图5(a)为LP₀₁模;图5(b)和图6分别为两种形态的LP₁₁模。其中拉锥比例定义为: $TR=R_t/R$ (R_t 为对应位置处的包层半径, R 为空气孔完全塌缩但未进行拉锥时的包层直径)。

[0039] 如图6所示,为本发明合束器在低阶模式入射条件下的光场演化示意图。其中图6的第一行为LP₀₁模;图6的第二行和图6的第三行分别为两种形态的LP₁₁模。

[0040] 如图7所示,为在具体应用实例中,低阶模式入射条件下合束器在不同拉锥比例处的 M^2 因子。

[0041] 以上仅是本发明的优选实施方式,本发明的保护范围并不仅局限于上述实施例,凡属于本发明思路下的技术方案均属于本发明的保护范围。应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理前提下的若干改进和润饰,应视为本发明的保护

范围。

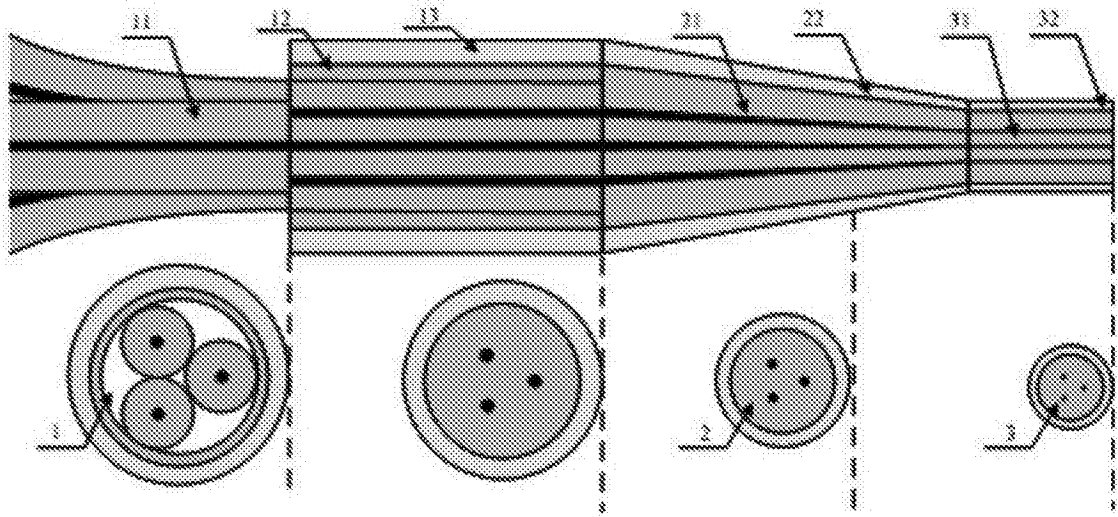


图1

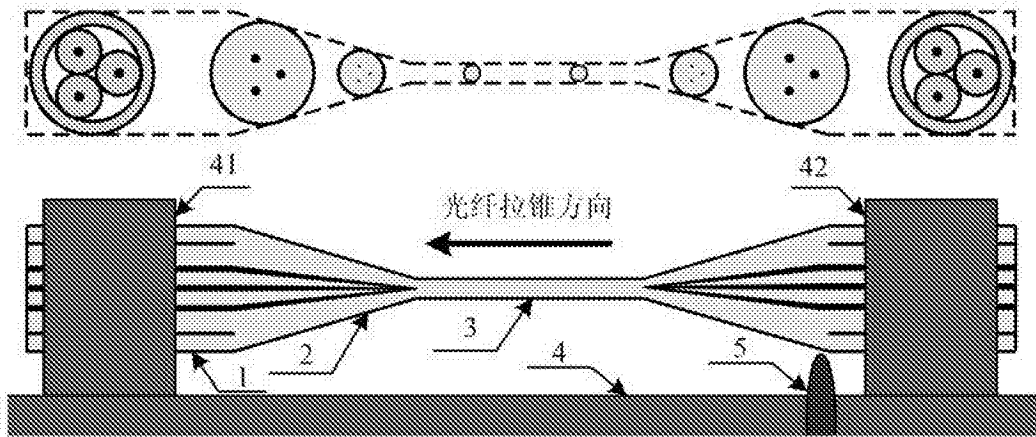


图2

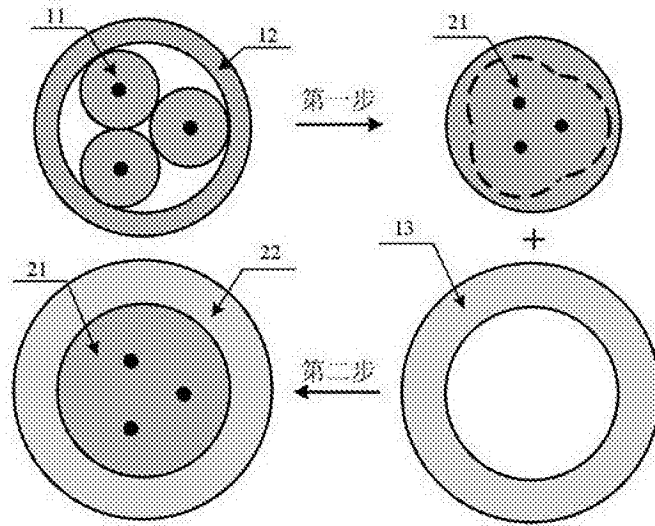


图3

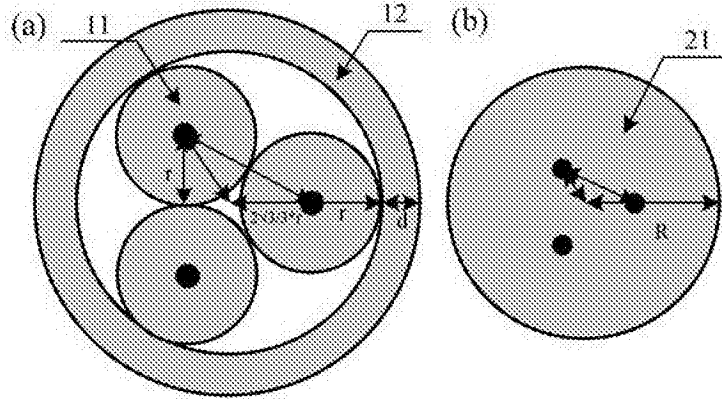


图4

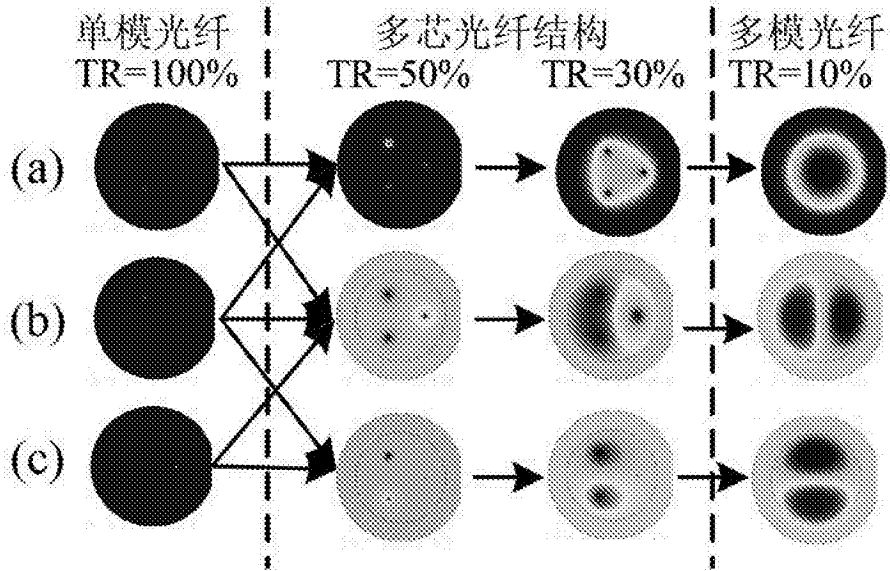


图5

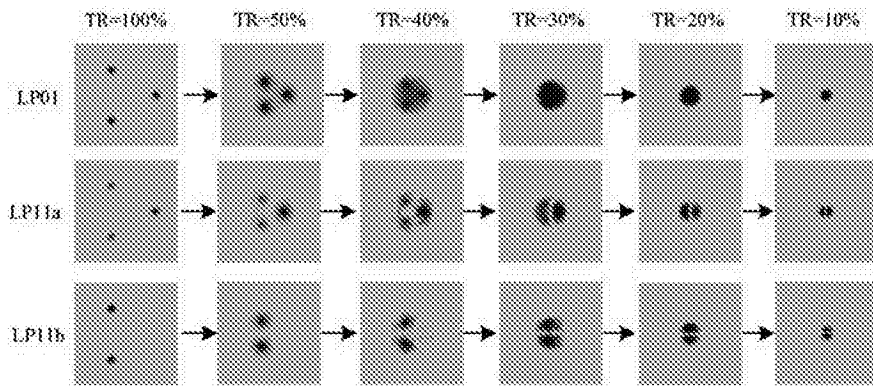


图6

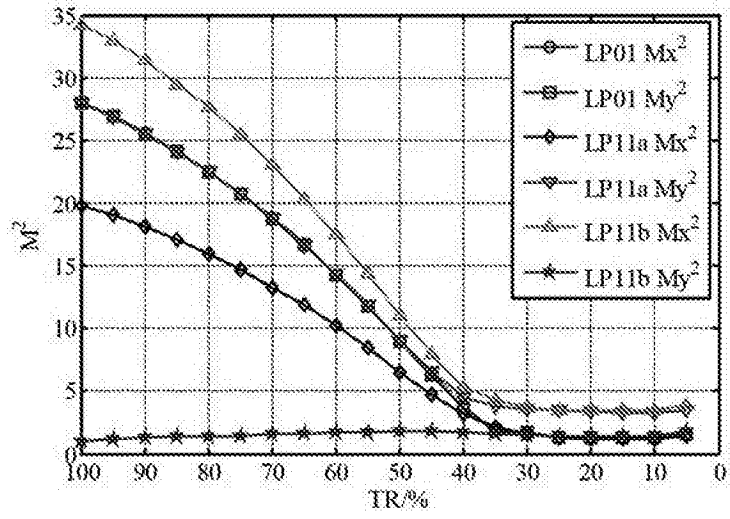


图7