



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109273973 B

(45) 授权公告日 2020.10.27

(21) 申请号 201811350963.9

H01S 3/083 (2006.01)

(22) 申请日 2018.11.14

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109273973 A

CN 103701019 A, 2014.04.02

CN 104749689 A, 2015.07.01

CN 106129786 A, 2016.11.16

(43) 申请公布日 2019.01.25

US 9684223 B2, 2017.06.20

(73) 专利权人 浙江大学

CN 107154576 A, 2017.09.12

CN 107359497 A, 2017.11.17

地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

审查员 程灿

(72) 发明人 李宇航 童利民 王利镇 康仪 郭欣

(74) 专利代理机构 杭州求是专利事务有限公司 33200

代理人 陈昱彤

(51) Int. Cl.

H01S 3/067 (2006.01)

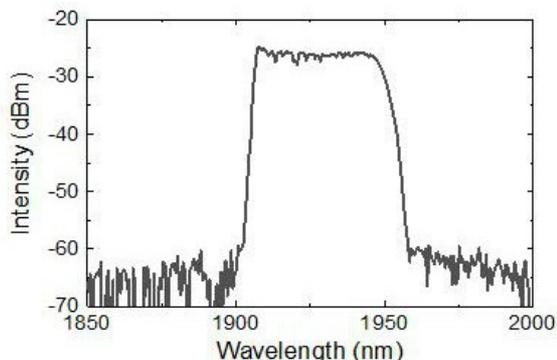
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54) 发明名称

一种2微米波段的耗散孤子激光器

(57) 摘要

本发明公开了一种2微米波段的耗散孤子激光器,包括泵浦源、波分复用器、隔离器、光谱滤波器、增益光纤、光纤偏振控制器、光纤偏振分束器和微纳光纤,所述波分复用器、隔离器、光谱滤波器、增益光纤、光纤偏振控制器、光纤偏振分束器和微纳光纤串联成回路而构成激光谐振腔,其中,所述回路中的微纳光纤为一段以上,至少一段所述微纳光纤的腰段的直径为800 nm~1600 nm、长度为5 mm~1 m,且至少一段微纳光纤的腰段的长度满足:L1:(L-L1)=1:3.5~50。其中,L1表示微纳光纤的腰段的长度,L指回路中所有光纤的长度之和。本发明输出的光谱具有数十纳米谱宽且光谱平坦,解决了现有技术长期以来未能解决的技术难题。



1. 一种2微米波段的耗散孤子激光器,包括泵浦源、波分复用器、隔离器、光谱滤波器、增益光纤、光纤偏振控制器、光纤偏振分束器和微纳光纤,所述微纳光纤包含腰段、拉锥过渡区和尾纤,所述波分复用器、隔离器、光谱滤波器、增益光纤、光纤偏振控制器、光纤偏振分束器和微纳光纤串联成回路而构成激光谐振腔,其特征在于:所述回路中的微纳光纤为一段以上,至少一段所述微纳光纤的腰段的直径为800 nm~1600 nm、长度为5 mm~1 m,且至少一段微纳光纤的腰段的长度满足以下公式(1):

$$L1:(L-L1) = 1:3.5\sim 50 \quad (1)$$

式(1)中,L1表示微纳光纤的腰段的长度,L表示回路中所有光纤的长度之和。

2. 根据权利要求1所述的2微米波段的耗散孤子激光器,其特征在于:至少一段所述微纳光纤的腰段和拉锥过渡区予以封装。

3. 根据权利要求1或2所述的2微米波段的耗散孤子激光器,其特征在于:所述增益光纤是掺铥、掺铟或铥铟共掺的光纤。

4. 根据权利要求1或2所述的2微米波段的耗散孤子激光器,其特征在于:所述光谱滤波器的中心波长大于等于1750 nm且小于等于2200 nm、带宽大于等于10 nm且小于等于60 nm。

5. 根据权利要求3所述的2微米波段的耗散孤子激光器,其特征在于:所述光谱滤波器的中心波长大于等于1750 nm且小于等于2200 nm、带宽大于等于10 nm且小于等于60 nm。

一种2微米波段的耗散孤子激光器

技术领域

[0001] 本发明涉及一种2微米波段的耗散孤子激光器,属于激光技术领域。

背景技术

[0002] 2微米波段的激光器在材料处理、激光医疗、人眼安全的激光雷达和遥感,以及原子分子的光谱检测等领域的应用引起了研究者的极大关注。工作在耗散孤子区的光纤激光器可以获得具有高脉冲能量和窄脉宽的超短脉冲。然而耗散孤子激光在谐振腔的总色散为正时才能形成,这对2微米波段来说不易实现。近些年来,2微米波段的耗散孤子激光器已有了一系列的报道,这些工作集中在如何有效地补偿谐振腔中2微米波段负的二阶色散,包括采用基于光栅对的望远镜系统、光纤布拉格光栅和超高数值孔径的光纤等。这些方法要么基于自由空间元件,降低了系统的稳定性与易用性,要么基于特殊光纤,在数值孔径和模场直径方面与普通光纤匹配较差,引入较大的插入损耗。特别地,通过在激光谐振腔内熔接一段或多段超高数值孔径的光纤后可以获得具有很大谱宽的耗散孤子,然而光谱的平坦度不够高,所以脉冲的3 dB谱宽依然较低。这对很多需要平坦光谱的应用是不利的。

[0003] 众所周知,光谱宽且平坦的激光器对产生超短脉冲、多波长波分复用与光谱检测等应用都有重要的意义,然而,对2微米波段的光纤激光器而言,迄今一直未能解决这个技术难题。中国专利文献CA107359497A公开了一种用微纳光纤来调节锁模激光器腔内和腔外色散的方法,将微纳光纤用于色散调控与啁啾补偿。然而,该文献依然未能给出如何解决上述关于光谱宽且平坦这一技术难题的技术方案和技术启示。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种具有宽且平坦的光谱的2微米波段的耗散孤子激光器。

[0005] 为实现上述目的,本发明所采取的技术方案是:本发明2微米波段的耗散孤子激光器包括泵浦源、波分复用器、隔离器、光谱滤波器、增益光纤、光纤偏振控制器、光纤偏振分束器和微纳光纤,所述波分复用器、隔离器、光谱滤波器、增益光纤、光纤偏振控制器、光纤偏振分束器和微纳光纤串联成回路而构成激光谐振腔,其中,所述回路中的微纳光纤为一段以上,至少一段所述微纳光纤的腰段的直径为800 nm~1600 nm、长度为5 mm~1 m,且至少一段微纳光纤的腰段的长度满足以下公式(1):

[0006] $L_1:(L-L_1) = 1:3.5\sim 50$ (1)

[0007] 式(1)中, L_1 表示微纳光纤的腰段的长度, L 表示回路中所有光纤的长度之和。

[0008] 进一步地,本发明至少一段所述微纳光纤的腰段和拉锥过渡区予以封装。

[0009] 进一步地,本发明所述增益光纤是掺铥、掺铟或铥铟共掺的光纤。

[0010] 进一步地,本发明所述光谱滤波器的中心波长大于等于1750 nm且小于等于2200 nm、带宽大于等于10 nm且小于等于60 nm。

[0011] 与现有技术相比,本发明具有如下的优点和有益效果:

[0012] (1)本发明将至少一段腰段直径为800 nm~1600 nm、腰段长度为5 mm~1 m的微

纳光纤接入到2微米波段激光器的谐振腔中,通过微纳光纤和普通光纤的参数优化组合,在至少一段微纳光纤的腰段长度 L_1 与回路中所有光纤的长度之和 L 满足 $L_1:(L-L_1)=1:3.5\sim 50$ 时,在2微米波段内能够同时得到光谱很宽且光谱平坦的耗散孤子,解决了现有技术长期以来未能解决的技术难题。

[0013] (2) 现有技术得到的2微米波段的耗散孤子3 dB谱宽能够达到较宽的水平10~20 nm,但不能同时实现光谱平坦。而本发明激光器输出的耗散孤子脉冲可在光谱3 dB处同时实现谱宽较宽且光谱平坦的技术效果,且谱宽可高达50 nm以上。

[0014] (3) 本发明结构简单,微纳光纤插入损耗很低,与现有光纤系统完全兼容,熔接损耗可忽略不计。

附图说明

[0015] 图1 是本发明的一种结构示意图;

[0016] 图2 是利用本发明的实施例1得到的耗散孤子光谱图;

[0017] 图3是利用本发明的实施例2得到的耗散孤子光谱图;

[0018] 图4是利用本发明的实施例3得到的耗散孤子光谱图;

[0019] 图5是封装好的微纳光纤示意图。

具体实施方式

[0020] 图1示出了本发明2微米波段的耗散孤子激光器的一种实施例的结构示意图,它包括泵浦源1和激光谐振腔。混合器件2、增益光纤3、光纤偏振控制器4、光纤偏振分束器5和微纳光纤6串联,构成激光谐振腔的回路,其中,混合器件2由波分复用器、隔离器和光谱滤波器构成,泵浦源1通过集成在混合器件2中的波分复用器耦合进入激光谐振腔。

[0021] 泵浦源1的中心波长通常可在793纳米附近、1150 nm附近、1550~1580 nm、1750~1980 nm等波段处选择,对应于掺杂离子 Tm^{3+} 或 Ho^{3+} 的吸收带。集成在混合器件2中的波分复用器可用于将泵浦光耦合进激光谐振腔,根据所需的泵浦光与信号光的波段来选择,例如793 nm/1950 nm、1150 nm/2100 nm、1550 nm/1950 nm、1950 nm/2100 nm等。混合器件2中的隔离器保证了2微米激光的单向传播。混合器件2中的光谱滤波器可用于限制产生超短脉冲的光谱以及脉宽,它作为耗散孤子激光器中的元件,可提高锁模的稳定性,光谱滤波器的中心波长可优选在1750 nm ~2200 nm之间,带宽可优选在10 nm~60 nm之间。增益光纤可优选掺铥、掺铈、或铥铈共掺的光纤。光纤偏振控制器4可用于改变光纤中光的偏振态。光纤偏振分束器5可用于分离光纤中的两个偏振分量。

[0022] 本发明中,微纳光纤是实现2微米波段耗散孤子激光器的输出光谱谱宽较大且光谱平坦的关键器件,微纳光纤的腰段参数与普通光纤的长度需要满足特定条件。具体地说,在构成激光谐振腔的回路中,微纳光纤为一段以上,至少一段所述微纳光纤的腰段的直径为800 nm~1600 nm、长度为5 mm~1 m,且至少一段微纳光纤的腰段的长度满足以下公式(1):

[0023] $L_1:(L-L_1) = 1:3.5\sim 50$ (1)

[0024] 式(1)中, L_1 表示微纳光纤的腰段的长度, L 表示回路中所有光纤的长度之和。

[0025] 本发明中,回路中的所有光纤的长度之和是指包括整个微纳光纤(含微纳光纤的

腰段7、拉锥过渡区9和微纳光纤的尾纤8)的长度、增益光纤的长度以及所有器件(例如波分复用器、隔离器、光谱滤波器、光纤偏振控制器、光纤偏振分束器等各器件)的尾纤长度在内的构成回路的所有光纤的长度之和。需要说明的是,若构成激光谐振腔的回路中除了波分复用器、隔离器、光谱滤波器、光纤偏振控制器、光纤偏振分束器等器件以及微纳光纤和增益光纤之外还存在其他器件或光纤,则它们的长度也应计入到L中。如果微纳光纤已经制备好,其腰段的参数已经确定,则可以通过调整单模光纤的长度来满足 $L_1:(L-L_1) = 1:3.5\sim 50$ 的条件,从而实现光谱较宽且较平坦的耗散孤子。可见,本发明简单易操作。

[0026] 作为本发明的优选实施方式,可事先将微纳光纤的腰段7和拉锥过渡区9封装好(如图5所示)。微纳光纤的尾纤8保证了它可与其他光纤器件通过常用的熔接工艺实现极低损耗的相连。微纳光纤的封装外壳10则可以防止灰尘和其他污染物粘于微纳光纤表面,也保证了微纳光纤具有较好的机械强度。

[0027] 以下以具体的实施例对本发明的技术方案进行详细的说明。

[0028] 实施例1:

[0029] 本实施例中,耗散孤子激光器的结构如图1所示。微纳光纤的腰段的直径为1微米、腰段长度 L_1 为10 cm,光谱滤波器的中心波长为1925 nm,带宽为45 nm;在由混合器件2、增益光纤3、光纤偏振控制器4、光纤偏振分束器5和微纳光纤6串联构成激光谐振腔的回路中,除微纳光纤的腰段外,微纳光纤的拉锥过渡区、微纳光纤的尾纤、增益光纤3以及所有器件尾纤的长度之和 $L-L_1$ 为3.85 m,即 $L_1:(L-L_1)$ 为1:38.5。

[0030] 耗散孤子激光锁模状态的启动通过设置光纤偏振控制器4的状态以及泵浦光1的功率来达到。从图2可看出,在微纳光纤的参数与普通光纤的长度优化组合后,可以得到3 dB谱宽约50 nm且光谱平坦的耗散孤子激光。本实施例激光器的输出光谱宽且平坦。

[0031] 实施例2:

[0032] 本实施例中,耗散孤子激光器的结构如图1所示。其中,微纳光纤的腰段长度 L_1 为5 mm、腰段直径为800 nm。在由混合器件2、增益光纤3、光纤偏振控制器4、光纤偏振分束器5和微纳光纤6串联构成激光谐振腔的回路中,除微纳光纤的腰段7外,微纳光纤的拉锥过渡区9、微纳光纤的尾纤8、增益光纤3以及所有器件尾纤的长度之和 $L-L_1$ 为0.25 m,即 $L_1:(L-L_1)$ 为1:50。光谱滤波器的中心波长为1750 nm,带宽为10 nm。由图3可以看出,本实施例激光器的输出光谱的3 dB带宽约13 nm,并且很平坦。

[0033] 实施例3:

[0034] 本实施例中,耗散孤子激光器结构如图1所示。其中,微纳光纤的腰段长度 L_1 为1 m、直径为1600 nm。在由混合器件2、增益光纤3、光纤偏振控制器4、光纤偏振分束器5和微纳光纤6串联构成激光谐振腔的回路中,除微纳光纤的腰段7外,微纳光纤的拉锥过渡区9、微纳光纤的尾纤8、增益光纤3及所有器件尾纤的长度之和 $L-L_1$ 为3.9 m,即 $L_1:(L-L_1)$ 为1:3.9。光谱滤波器的中心波长为2200 nm,带宽为60 nm。由图4可以看出,本实施例激光器的输出光谱较宽,为60 nm,且光谱平坦。

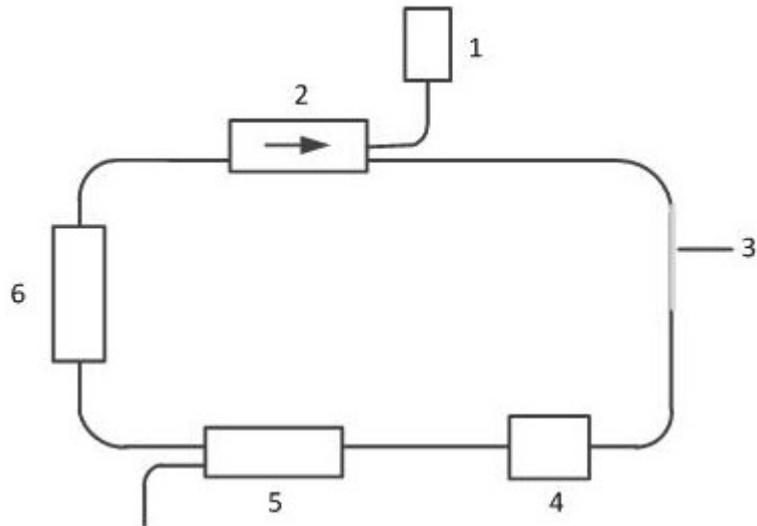


图1

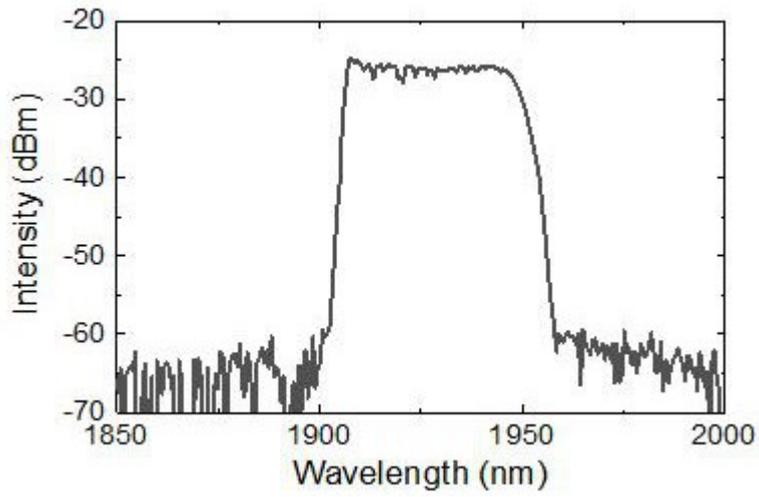


图2

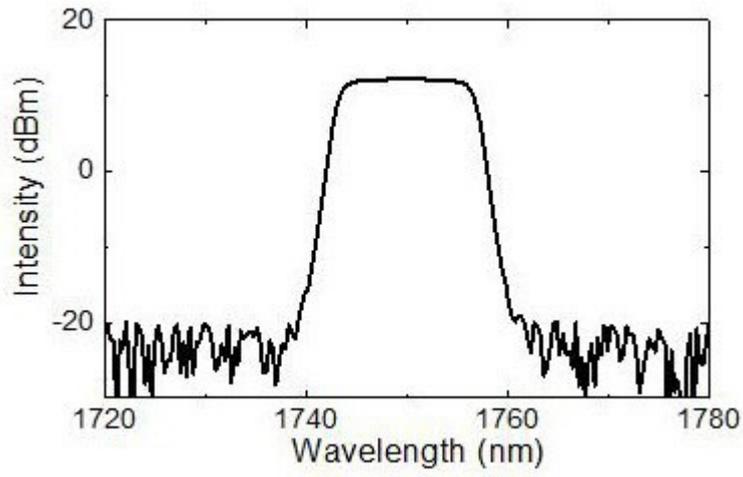


图3

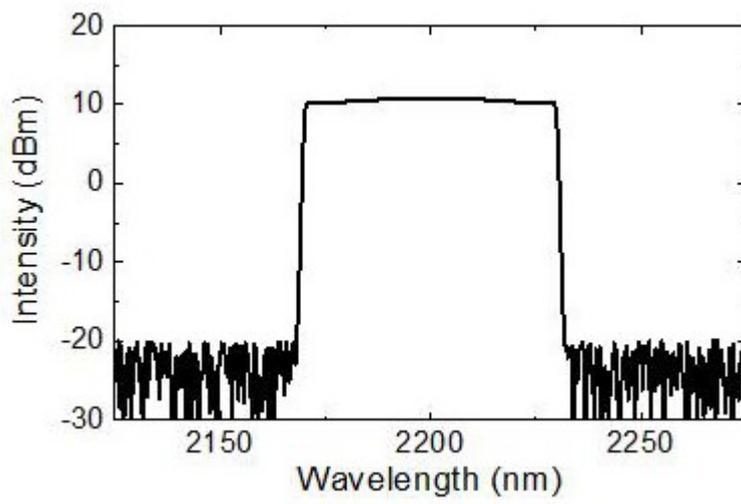


图4

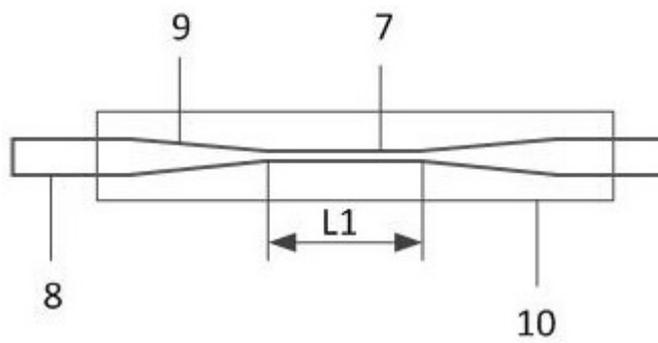


图5