



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110380324 B

(45) 授权公告日 2020.11.17

(21) 申请号 201910687777.2

H01S 3/109 (2006.01)

(22) 申请日 2019.07.29

审查员 吴蕾蕾

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 110380324 A

(43) 申请公布日 2019.10.25

(73) 专利权人 清华大学

地址 100083 北京市海淀区清华园

专利权人 浙江大学

(72) 发明人 李宇航 童利民 王利镇 康仪

郭欣

(74) 专利代理机构 北京高沃律师事务所 11569

代理人 杜阳阳

(51) Int. Cl.

H01S 3/067 (2006.01)

H01S 3/108 (2006.01)

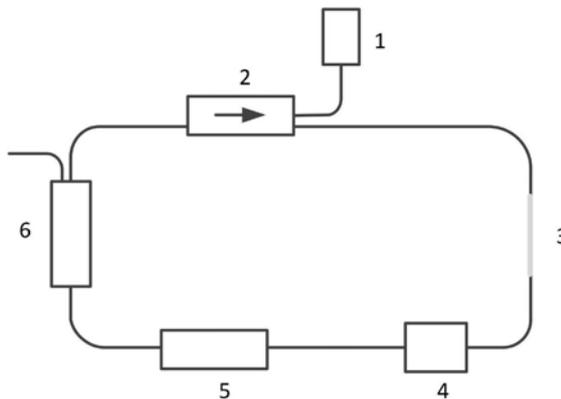
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

一种超短脉冲光纤激光器

(57) 摘要

本发明公开一种超短脉冲光纤激光器,包括:泵浦光源和激光谐振腔,所述激光谐振腔包括波分复用器、隔离器和光谱滤波器构成的混合器件、增益光纤、光纤偏振控制器、微纳光纤和偏振分束器,波分复用器、隔离器和光谱滤波器构成的混合器件、增益光纤、光纤偏振控制器、微纳光纤和偏振分束器依次串联构成回路,泵浦光源发出泵浦光依次经过波分复用器、隔离器和光谱滤波器构成的混合器件、增益光纤、光纤偏振控制器、微纳光纤和偏振分束器;微纳光纤腰段的直径为750nm~850nm,长度为5mm~500mm。本发明的激光器能够同时产生2微米波段超宽光谱和三倍频红光。



1. 一种超短脉冲光纤激光器,其特征在于,包括:泵浦光源和激光谐振腔,所述激光谐振腔包括波分复用器、隔离器和光谱滤波器构成的混合器件、增益光纤、光纤偏振控制器、微纳光纤和偏振分束器,所述波分复用器、隔离器和光谱滤波器构成的混合器件、所述增益光纤、所述光纤偏振控制器、所述微纳光纤和所述偏振分束器依次串联构成回路,所述泵浦光源发出泵浦光依次经过所述波分复用器、隔离器和光谱滤波器构成的混合器件、所述增益光纤、所述光纤偏振控制器、所述微纳光纤和所述偏振分束器;所述微纳光纤腰段的直径为750nm~850nm,长度为5mm~500mm;所述光谱滤波器的中心波长为1800nm-2100nm,带宽为20nm-100nm。

2. 根据权利要求1所述的超短脉冲光纤激光器,其特征在于,所述波分复用器、隔离器和光谱滤波器构成的混合器件、所述增益光纤、所述光纤偏振控制器、所述微纳光纤和所述偏振分束器依次通过光纤串联构成回路。

3. 根据权利要求1所述的超短脉冲光纤激光器,其特征在于,所述增益光纤为掺铥、掺钬或铥钬共掺的光纤。

4. 根据权利要求1所述的超短脉冲光纤激光器,其特征在于,所述微纳光纤的腰段和拉锥过渡区均进行封装。

5. 根据权利要求1所述的超短脉冲光纤激光器,其特征在于,所述微纳光纤的数量至少为一段。

一种超短脉冲光纤激光器

技术领域

[0001] 本发明涉及激光器领域,特别是涉及一种超短脉冲光纤激光器。

背景技术

[0002] 超短脉冲光纤激光器在材料处理、激光医疗、激光雷达、原子分子的光谱检测和精密测量领域有广泛的应用,引起了研究者的极大关注。特别是具有超宽光谱的超短脉冲激光器可以直接用作宽带光源,或者是作为超连续光产生的种子光,来进一步获得性能更佳的超连续光谱,从而用于光谱学的研究。

[0003] 光纤激光器由于制作简单、机械性能稳定、对环境要求较低、无需复杂的散热系统、使用方便而且免维护,因此成为近些年激光器的重要发展方向。基于光纤产生超宽光谱的技术经常通过具有较强的非线性的光纤或波导而实现,这对泵浦、非线性光纤和波导都有较高要求。如果能利用激光器较大的腔内功率直接产生超宽光谱,则可以降低系统的功耗,简化超宽光谱光源,提高系统的集成度与稳定性。

[0004] 另一方面,由于受光纤中掺杂元素的限制,直接从光纤激光振荡器产生可见波段的激光还鲜有报道。利用激光器腔内的高功率脉冲在腔内光纤中传播时产生非线性频率变换,从而获得可见光波段的激光,是一种新的光纤可见光光源。这种光源不仅系统简单,功耗较低,而且这对一些特殊的应用有重要的作用。比如光纤的偏频锁定经常需要经过激光器腔外的相干放大和非线性频率变换,而通过激光器直接产生非线性频率变换则能大大简化实验系统,并提高系统的集成度和稳定性。

[0005] 中国专利文献CN107359497A和CN109273973A公开了用微纳光纤来调节锁模激光器腔内和腔外色散的方法,利用微纳光纤实现宽光谱以及制备平坦的耗散孤子激光器的方法。然而,依然未能给出如何获得超宽谱的超短脉冲,以及同时获得可见光输出的技术方案与技术启示。

发明内容

[0006] 本发明的目的是提供一种超短脉冲光纤激光器,利用微纳光纤同时具有色散调控和高非线性的特性,可以在2微米波段获得具有超宽光谱的超短脉冲激光的同时,还在腔内高功率的作用下实现了腔内的非线性频率变化,获得飞秒脉冲的三次谐波,从而在微纳光纤中产生了可见光。

[0007] 为实现上述目的,本发明提供了如下方案:

[0008] 一种超短脉冲光纤激光器,包括:泵浦光源和激光谐振腔,所述激光谐振腔包括波分复用器、隔离器和光谱滤波器构成的混合器件、增益光纤、光纤偏振控制器、微纳光纤和偏振分束器,所述波分复用器、隔离器和光谱滤波器构成的混合器件、所述增益光纤、所述光纤偏振控制器、所述微纳光纤和所述偏振分束器依次串联构成回路,所述泵浦光源发出泵浦光依次经过所述波分复用器、隔离器和光谱滤波器构成的混合器件、所述增益光纤、所述光纤偏振控制器、所述微纳光纤和所述偏振分束器;所述微纳光纤腰段的直径为750nm~

850nm,长度为5mm~500mm。

[0009] 可选的,所述波分复用器、隔离器和光谱滤波器构成的混合器件、所述增益光纤、所述光纤偏振控制器、所述微纳光纤和所述偏振分束器依次通过光纤串联构成回路。

[0010] 可选的,所述光谱滤波器的中心波长为1800nm-2100nm,带宽为20nm-100nm。

[0011] 可选的,所述增益光纤为掺铥、掺铟或铥铟共掺的光纤。

[0012] 可选的,所述微纳光纤的腰段和拉锥过渡区均进行封装。

[0013] 可选的,所述微纳光纤的数量至少为一段。

[0014] 根据本发明提供的具体实施例,本发明公开了以下技术效果:

[0015] 利用微纳光纤同时具有色散调控和高非线性的特性,可以在2微米波段获得具有超宽光谱的超短脉冲激光的同时,还在腔内高功率的作用下实现了腔内的非线性频率变化,获得飞秒脉冲的三次谐波,从而在微纳光纤中产生了可见光。

附图说明

[0016] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0017] 图1为本发明超短脉冲光纤激光器组成结构示意图;

[0018] 图2为本发明超宽谱超短脉冲激光光谱图;

[0019] 图3为本发明红光光谱图;

[0020] 图4为在不同微纳光纤直径中的基频光与三次谐波的位相匹配情况示意图;

[0021] 图5为封装好的微纳光纤示意图。

具体实施方式

[0022] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0023] 本发明的目的是提供一种超短脉冲光纤激光器,利用微纳光纤同时具有色散调控和高非线性的特性,可以在2微米波段获得具有超宽光谱的超短脉冲激光的同时,还在腔内高功率的作用下实现了腔内的非线性频率变化,获得飞秒脉冲的三次谐波,从而在微纳光纤中产生了可见光。

[0024] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0025] 图1为本发明超短脉冲光纤激光器组成结构示意图。如图1所示,一种超短脉冲光纤激光器,包括:泵浦光源1和激光谐振腔,所述激光谐振腔包括波分复用器、隔离器和光谱滤波器构成的混合器件2、增益光纤3、光纤偏振控制器4、微纳光纤5和偏振分束器6,所述波分复用器、隔离器和光谱滤波器构成的混合器件2、所述增益光纤3、所述光纤偏振控制器4、所述微纳光纤5和所述偏振分束器6依次通过光纤串联构成回路,所述泵浦光源1发出泵浦

光依次经过所述波分复用器、隔离器和光谱滤波器构成的混合器件2、所述增益光纤3、所述光纤偏振控制器4、所述微纳光纤5和所述偏振分束器6；所述微纳光纤5的腰段的直径为750nm~850nm，长度为5mm~500mm。所述增益光纤3为掺铥、掺铱或铥铱共掺的光纤。所述光纤偏振控制器4用于改变光纤中光的偏振态。所述偏振分束器6用于分离光纤中的两个偏振分量。本发明中的光纤可以采用保偏光纤也可以采用非保偏光纤。

[0026] 所述泵浦光源1是单模耦合输出，中心波长在793nm附近，或在1150nm附近，或在1550-1580nm波段，或在1750-1980nm波段，对应于掺杂离子 Tm^{3+} 或 Ho^{3+} 的吸收带。

[0027] 所述波分复用器、隔离器和光谱滤波器构成的混合器件2工作于泵浦光源波段，用于将泵浦光耦合进谐振腔，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中的光谱滤波器用于限制通光带宽，以获得稳定的超短脉冲输出，所述光谱滤波器的中心波长为1800nm-2100nm，带宽为20nm-100nm。

[0028] 所述微纳光纤5的腰段和拉锥过渡区均进行封装。所述微纳光纤5的数量至少为一段。特定参数的微纳光纤是实现本发明内容的关键器件，它可以使得本发明超短脉冲光纤激光器在2微米波段具有超宽的光谱范围，同时可以在微纳光纤中产生有效的三次谐波，从而在偏振分束器6处输出具有超宽光谱的超短脉冲和红光。

[0029] 本发明将至少一段腰段直径为750nm-850nm，腰段长度为5mm-500mm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2微米波段能得到3dB光谱宽度约100nm，光谱范围大于500nm的超短脉冲输出，从而提供了一种在2微米波段具有超宽光谱的光源。而且本发明还能实现腔内3倍频的红光输出。

[0030] 此外，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。

[0031] 实施例1：

[0032] 激光器谐振腔内的光纤有单模光纤（包括增益光纤）和微纳光纤两种。腔内单模光纤的总长度为3.3m。在谐振腔中接入特定的微纳光纤后，通过调整单模光纤的长度以及泵浦光源1的功率来获得超宽光谱的超短脉冲激光。激光锁模状态的启动通过设置光纤偏振控制器4的状态，以及泵浦光源1的功率来实现，得到的典型的超宽光谱图如图2所示。图2为本发明超宽谱超短脉冲激光光谱图，从图2中可以看出，在微纳光纤5的参数与普通光纤的参数匹配理想时，可以得到3dB谱宽为100nm光谱范围大于500nm的超宽谱超短脉冲激光输出。

[0033] 在获得上述超宽光谱的超短脉冲激光输出的同时，还能在偏振分束器6处获得红光输出。图3为本发明红光光谱图。这是由于微纳光纤在调节色散的同时，还具有很强的光场约束能力，并且在特定参数范围内可以实现2微米波段和其三次谐波的位相匹配。图4为在不同微纳光纤直径中的基频光与三次谐波的位相匹配情况示意图；图4中给出了微纳光纤的直径在750nm到850nm范围内，可以获得从1860nm到2100nm的波长范围内和对应的三次谐波从620nm到700nm的波长范围内的位相匹配。

[0034] 图5为封装好的微纳光纤示意图。微纳光纤5通过绝热拉锥与普通单模光纤7不间断相连。普通单模光纤7保证了它可以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。

[0035] 本说明书中各个实施例采用递进的方式描述,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处,各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。

[0036] 本文中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的装置及其核心思想;同时,对于本领域的一般技术人员,依据本发明的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处。综上所述,本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

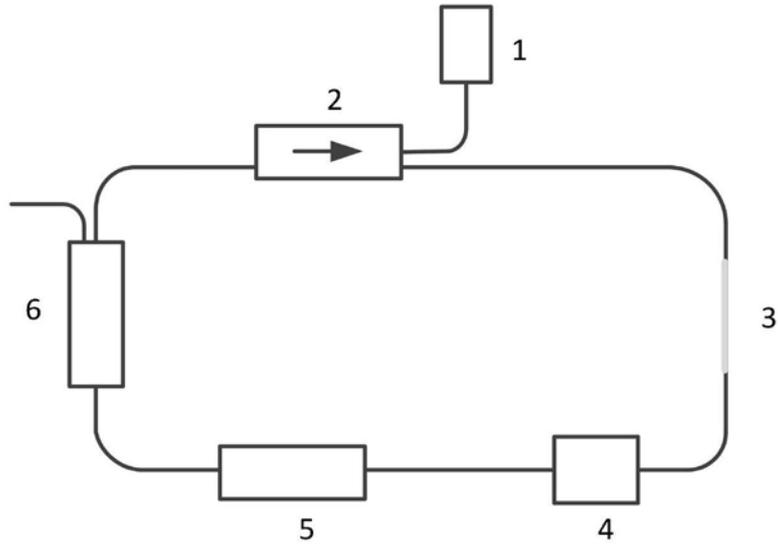


图1

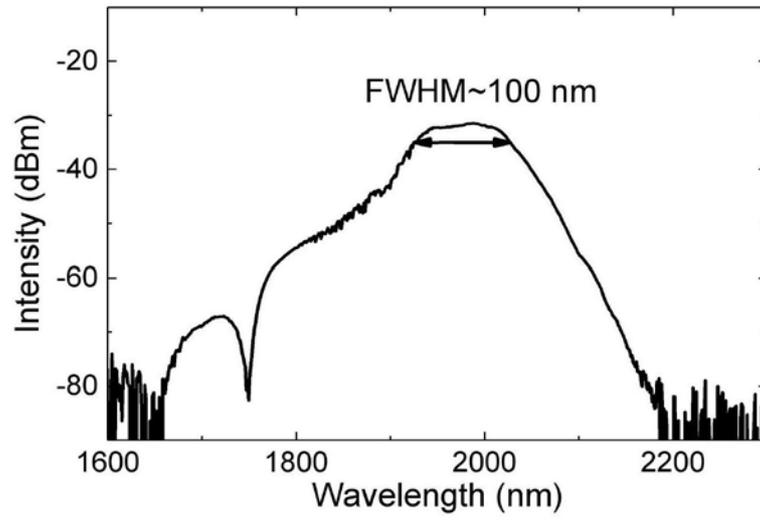


图2

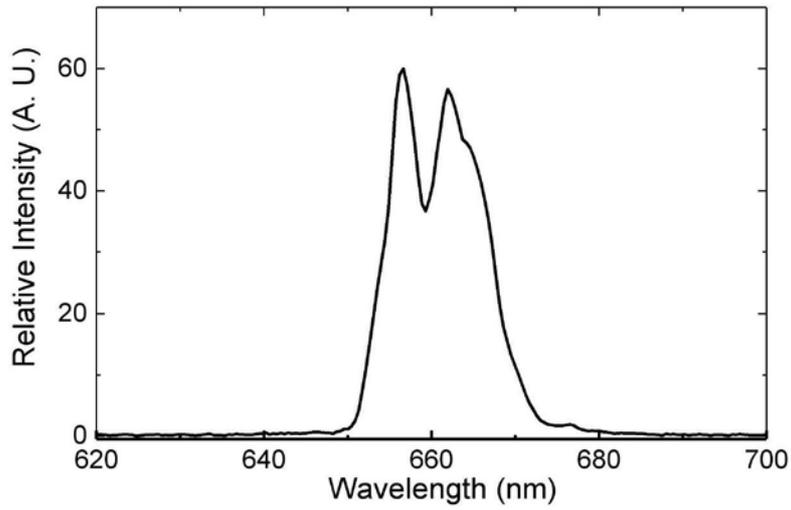


图3

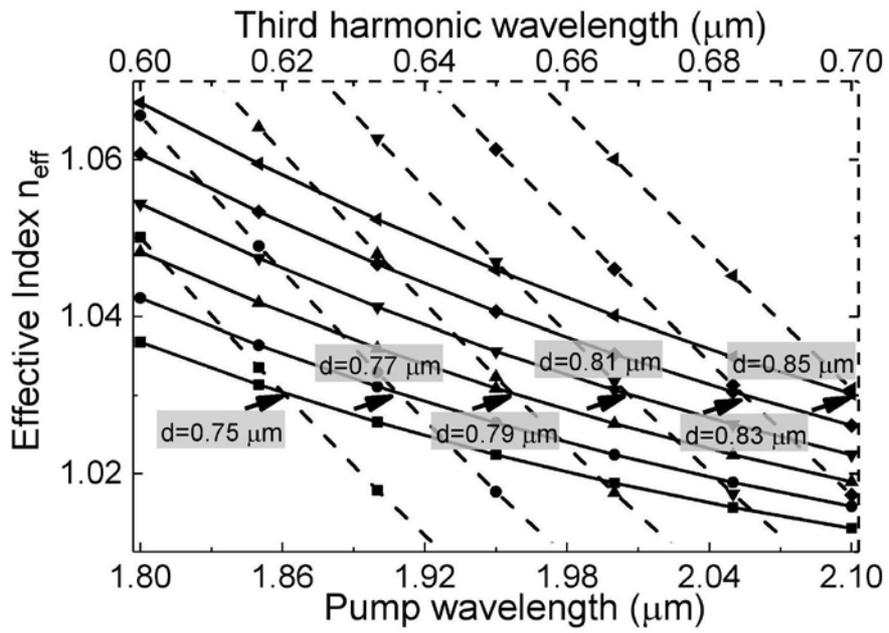


图4

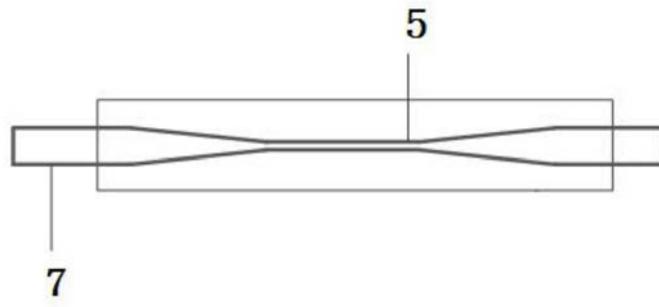


图5