



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114072975 A

(43) 申请公布日 2022. 02. 18

(21) 申请号 202080048951.X

(22) 申请日 2020.07.03

(30) 优先权数据

P201930623 2019.07.04 ES

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2022.01.04

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/ES2020/070430 2020.07.03

(87) PCT国际申请的公布数据

W02021/001591 ES 2021.01.07

(71) 申请人 西班牙高等科研理事会

地址 西班牙马德里

(72) 发明人 J·D·阿尼亚·卡斯塔尼翁

F·加拉齐

(74) 专利代理机构 广州嘉权专利商标事务所有
限公司 44205

代理人 郑勇

(51) Int.Cl.

H01S 3/00 (2006.01)

H01S 3/10 (2006.01)

H01S 3/11 (2006.01)

H01S 3/30 (2006.01)

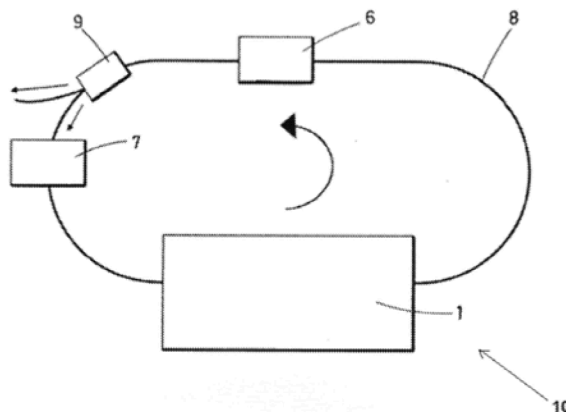
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

用于在激光器中生成高功率超短脉冲的系统和方法

(57) 摘要

本发明涉及用于生成超短脉冲的系统(1)和方法,所述系统(1)旨在插入具有特定强度脉冲信号的调节器(7)的环形激光器(10)中。所述系统(1)包括光学衰减器(2)和分布式放大装置,所述光学衰减器(2)允许在所述光学引导部段(3)的输入处对所述脉冲信号的强度进行调整,所述分布式放大装置插入所述光学引导件(3)中以便在其中管理所述信号的功率成为可能,由此使得所述信号作为孤子或自相似脉冲传播而没有不必要的失真,即使所述激光器腔室的长度增加,从而增加了所述脉冲信号的功率并使得超越此类激光器(10)的常规功率限值成为可能。



1. 一种在激光器中生成高功率超短脉冲的系统(1),所述系统(1)旨在插入激光器(10)中,所述激光器(10)包括脉冲信号的调节器(7),所述调节器(7)选自调制器或可饱和吸收器,所述系统(1)在所述调节器(7)之后插入所述激光器(10)中,其特征在于,其包括:

光学衰减器(2),所述光学衰减器(2)允许来自所述调节器(7)的脉冲信号的强度被调整,使得其接近于孤子或自相似脉冲生成器的强度,

光学引导件(3),所述信号通过所述光学引导件(3)传送,所述光学引导件(3)位于所述光学衰减器(2)之后,以及

分布式放大装置,所述分布式放大装置插入所述光学引导件(3)中,所述分布式放大装置调节通过所述光学引导件(3)传播的所述信号的强度。

2. 根据权利要求1所述的系统(1),其中所述脉冲信号为孤子类型。

3. 根据权利要求1所述的系统(1),其中所述脉冲信号为抛物线的。

4. 根据权利要求1所述的系统(1),其中所述脉冲信号为三角形的。

5. 根据权利要求1所述的系统(1),其中所述激光器(10)为环形激光器。

6. 根据权利要求1所述的系统(1),其中所述光学引导件(3)为光学纤维。

7. 根据权利要求1所述的系统(1),其中所述放大装置为基于拉曼效应的分布式放大装置。

8. 根据权利要求7所述的系统(1),其中基于拉曼效应的所述分布式放大装置包括至少一个连续波激光器(4),所述连续波激光器(4)位于所述光学引导件(3)的一个端部处,所述连续波激光器(4)将信号引入所述光学引导件(3)内侧并且以用于产生拉曼放大所需的波长进行操作。

9. 根据权利要求7所述的系统(1),其中所述连续波激光器(4)从所述光学引导件(3)的两个端部引入所述信号。

10. 根据权利要求8所述的系统(1),还包括至少一个反射器(5),所述反射器(5)位于所述连续波激光器(4)的任一者和所述光学引导件(3)之间。

11. 根据权利要求1所述的系统(1),其中所述光学引导件(3)具有数百米和数百千米之间的长度。

12. 一种在激光器中生成高功率超短脉冲的方法,所述方法利用根据权利要求1所述的系统(1),其特征在于,所述方法包括以下步骤:

在激光器(10)的脉冲信号进入所述系统(1)之前确定所述脉冲信号的持续时间和能量,

预估所述脉冲信号成为生成孤子或自相似脉冲的信号必须达到的强度,

选择所述信号成为孤子或自相似脉冲的生成器所需的光学引导件(3)类型,

调整所述光学衰减器(2)中所述信号的强度,以与其作为生成孤子或自相似脉冲的信号而进入所述光学引导件(3)所需的强度一致,

通过所述光学引导件(3)传送所述信号,

通过所述分布式放大装置在所述光学引导件(3)中拉曼放大所述信号,以及

提取所述激光器(10)中所生成的超短脉冲信号的一部分。

13. 根据权利要求12所述的方法,其中所述脉冲信号为孤子类型。

14. 根据权利要求12所述的方法,其中所述脉冲信号为抛物线的或三角形的,并且其中

调整所述信号在所述光学衰减器 (2) 处的强度的步骤还包括调整所述信号的幅值以使所述信号的强度恒定。

用于在激光器中生成高功率超短脉冲的系统和方法

技术领域

[0001] 本发明的主要目标为提供在激光器中生成高功率超短脉冲的系统和方法。该系统基于激光器腔室或环状物长度的增加以及分布式放大的使用。

背景技术

[0002] 现今,超快辐射源具有许多应用,诸如材料加工、电信或断层扫描。这带来大量与该领域相关的研究和开发。

[0003] 对于存在的用于实现超快源的不同选项,基于模式锁定的那些选项脱颖而出。锁模激光器利用任意有源技术(例如调制器的使用)或无源技术(诸如可饱和吸收器的使用),以强制执行发射周期性间隔超短脉冲的序列的方案。

[0004] 这种类型的配置可例如在采用环形结构的光纤激光器系统中实现,允许极短脉冲的产生,特别是通过锁定无源模式。

[0005] 对于实现激光器装置中的可饱和吸收器的可能配置,简单且有效的配置是利用半导体可饱和吸收器镜。随着时间推移,业界提出不同材料和结构作为吸收器,诸如,例如石墨烯、碳纳米管、金纳米颗粒、黑磷或拓扑绝缘体,等等。

[0006] 光纤激光器组合了稳定性、高效性、紧凑性和易集成性,仅需要最低维护,并且允许操作输出光束,从而使它们对于广泛种类的应用具有吸引力。

[0007] 尽管存在其优点,但是模式锁定超快光纤激光器的使用仍受限于某些领域,主要是由于其所达到的脉冲能量和峰值功率(其在实践中受限)。这种限制阻碍了其在材料加工或需要使用极高功率的工业应用中的使用。因此,固态激光器通常用于这些类型的应用中。

[0008] 增加模式锁定光纤激光器的脉冲能量的最直接方式是增加腔室的长度,但这种方法的通常结果为,由于分散效应,信号的时间宽度增加至纳秒范围。

[0009] 尽管近期已存在无源模式锁定光纤激光器(利用光子-晶体纤维,其能够实现兆瓦级的峰值功率)的开发,但是这个目标利用常规低成本通信光纤似乎不可实现。

发明内容

[0010] 本发明的目标为用于在优选地具有环形结构的激光器(该激光器)中生成高功率超短脉冲的系统和方法,以用于诸如材料加工、超连续发电、探测大气气体的应用中,或可受益于脉冲的高功率的其它应用中。

[0011] 该系统包括旨在插入至激光器(优选地,环形激光器)中的一系列部件,该激光器包括特定强度的脉冲信号的调节器,该调节器选自调制器或可饱和吸收器,该系统在所述环形激光器中生成了高功率超短脉冲。

[0012] 在锁模激光器中,脉冲所包含的能量直接地取决于环状物或激光器腔室的长度,而不会增加该腔室中存在的脉冲数量,从而意味着实现高功率脉冲的明显简单方式可为利用极长腔室。

[0013] 然而,这通常为不可能的,因为在太长的腔室中,所传播脉冲由于分散和非线性效

应而失真,后者取决于信号的强度。

[0014] 控制或甚至防止这种失真的一种方法包括利用特定类型的脉冲,孤子脉冲或孤子。孤子为一种类型的孤波,该孤波在非线性介质中传播而不会失去其形状。这种无变形的传播是由于这样的事实:在孤子中,分散性和非线性效应彼此补偿,从而允许它们在无失真的情况下传播通过非线性介质。

[0015] 对于这种失真进行控制以产生受控脉冲变形的另一种方式包括利用分散性和非线性效应的某些组合,这些组合导致所谓自相似脉冲的形成,诸如所谓抛物线脉冲;尽管这些抛物线脉冲在时域中扩宽,但它们在激光器输出时易受压缩的影响。

[0016] 然而,孤子或自相似脉冲的使用产生了另一个问题,因为该脉冲的传送需要损失的消除或甚至局部过度补偿,这对于长距离明显为不可实现的,诸如用以实现高能量脉冲所需的距离,如上文所指示。

[0017] 为解决这个问题,近年来已提出多个解决方案,以通过拉曼效应放大(利用基于所述放大的增益管理系统)维持沿着光纤所传送的脉冲的功率。例如,已示出的是,允许孤子在长距离上的传送,而无损失或无失真,如在M.Alcon-Camas、A.E El-Taher、H.Wang、P.Harper、V.Karalekas、J.A.Harrison和J.-D. **Ania-Castañón** 的《光学快报(Opt.Lett.)》,2009年,第34期,第3104-3106页的公布“通过超长光纤激光器的长距离孤子传送(Long-distance soliton transmission through ultralong fiber lasers)”可看出。

[0018] 本发明的系统目标(利用先前概念)允许对激光器内侧信号的强度空间分布、非线性效应和分散性特性进行更大控制,从而能够以相比于现有系统的较低成本和复杂性生成高功率脉冲信号。

[0019] 这样,在调节器之后插入激光器中的系统包括插入环状物或激光器腔室中的光学引导部段(例如,光学纤维部段),使得其总长度得以增加。

[0020] 为使引入该光学引导部段中的脉冲信号满足持续时间和功率之间的必需平衡(该必需平衡使得自相似脉冲生成器信号得以生成),该系统还包括光学衰减器,该光学衰减器使得对脉冲信号强度的调整成为可能,使得其在传播通过光学引导件之前获取所需特性。

[0021] 在本发明的不同实施例中,脉冲信号可为孤子类型或任何类型的自相似脉冲,例如抛物线或三角形脉冲。

[0022] 最后,为使光学引导部段(其长度可从数百米至数百千米改变,以允许孤子或自相似脉冲的受控形成和传播),该系统包括增益管理装置(诸如,例如通过拉曼效应的分布式放大装置),该增益管理装置插入光学引导件中,该增益管理装置使得信号强度沿着光学引导件的控制成为可能。

[0023] 本放大装置可为类似于上文所述及的文献“通过超长光纤激光器的长距离孤子传送(Long-distance soliton transmission through ultralong fiber lasers)”中描述的系统,或任何其它分布式放大系统。在此放大光学引导部段的输出处,在需要的情况下,可添加第二衰减器以在脉冲持续行进通过环形激光器之前减小该脉冲的功率。

[0024] 使用孤子脉冲使环状物或激光器腔室长度的增加成为可能,而不会对激光器的信号脉冲的形状和持续时间产生负面影响。也就是说,处于纳秒至阿托秒范围内的脉冲传播通过增加长度的环状物而无需增加其持续时间,使得其能量也增加。

[0025] 关于在激光器中生成高功率超短脉冲的方法,该方法利用了上文所描述的系统,并且包括第一步骤:确定激光器的脉冲信号的持续时间和能量以了解将与之一起工作的起始脉冲。

[0026] 接下来,估计脉冲信号必须达到的强度(以作为生成孤子或自相似脉冲的信号传播),并且选择所需光学引导件的类型,以使该信号生成孤子或自相似脉冲。

[0027] 然后,在光衰减器中调整脉冲信号的强度,以与信号作为生成孤子或自相似脉冲的信号进入光学引导件所需的强度一致,并且然后,信号传送通过所述光学引导件。

[0028] 在光学引导件内侧,分布式放大用于通过分布式放大装置而控制信号的强度。最后,提取在激光器中所生成的超短脉冲信号的一部分。基于本信号,有可能更精确地调整分布式放大系统以实现具有期望特性的脉冲的生成。

[0029] 在脉冲信号为孤子类型的情况下,光学引导部段必须具有适当分散性质以耐受孤子的传送,并且该放大系统必须限制信号的强度随着所行进距离的变化以维持孤子传送条件。

[0030] 利用另一类型的自相似脉冲,引导件的所需分散特性可为不同的,并且分布式放大系统可提供强度随着距离的单调变化。

[0031] 在所有情况下,光衰减器中信号强度的调整取决于光学引导件的分散性和非线性特性,并且选择光学引导件的类型的步骤还包括确定其长度。

[0032] 这样,基于所描述的系统和方法,有可能的是以一种紧凑、灵活、可靠和低成本方式来克服先前所提出的功率限制的缺点,可用于需要高功率和高能量的窄脉冲的应用。

附图说明

[0033] 为补充描述并且出于帮助使本发明的特征更易于可理解的目的,根据本发明的优选实际示例性实施例,所述描述伴有一组附图,该组附图构成了本发明的整体部分,该附图通过说明和非限制的方式表示下述内容:

[0034] 图1示出了用于生成高能量超短脉冲的系统的第二实施例。

[0035] 图2示出了插入至环形激光器中的系统的一个实施例。

[0036] 图3根据本发明的优选实施例示出了在飞秒环形光纤激光器中所获得的脉冲的时间自相关和频谱的实验曲线。

具体实施方式

[0037] 鉴于上文所描述附图,可观察到用于生成高能量超短脉冲的系统(1)的一个示例性实施例,系统(1)旨在插入至环形激光器(10)中,环形激光器(10)包括特定强度的脉冲信号的调节器(7),系统(1)在调节器(7)之后插入。

[0038] 图1所示的系统(1)包括光学衰减器(2),光学衰减器(2)允许脉冲信号的强度在其引入至长光学引导部段(3)中之前进行调整,光学引导部段(3)位于光学衰减器(2)之后,信号传送通过光学引导部段(3)。

[0039] 引导部段(3)为具有数百米和数百千米之间的长度的光纤,取决于待实现的脉冲信号的能量。光学衰减器(2)在光学引导件(3)的输入处调整脉冲信号的强度,光学引导件(3)具有并入其中的基于拉曼效应的分布式放大装置,该分布式放大装置有可能在信号的

整个传播过程中管理信号的强度,从而允许脉冲信号作为孤子或自相似脉冲而传送通过光学引导件(3),而无不必要的失真。

[0040] 放大装置包括一个或多个连续波激光器(4),连续波激光器(4)位于光学引导件(3)的一个或两个端部处,连续波激光器(4)将信号(在用以产生拉曼放大所需的波长下)从一个或两个端部引入至光学引导件(3)。

[0041] 放大装置还可包括各种数量的反射器(5),反射器(5)可基于光纤布拉格光栅,并且如果包括的话,那么反射器(5)位于连续波激光器(4)和光学引导件之间。图1中的光传播方向由箭头来指示。

[0042] 如图2所反映,系统(1)插入或连接于具有环形结构的脉冲激光器(10)中,脉冲激光器(10)还包括放大装置(6)、可饱和吸收器(7)或调制器,其作用为脉冲信号的生成器并且可以传送或镜像配置进行操作,并且允许超短脉冲信号的形成,该超短脉冲信号将传播通过第二光学引导部段(8),第二光学引导部段(8)连接激光器的所有部件,并且所提出系统(1)插入其中。

[0043] 激光器(10)还包括信号分路器(9),信号分路器(9)允许激光器(10)中所生成信号的一部分的提取,同时其余部分的信号持续在环形激光器(10)内侧循环。图2中的光循环方向由箭头来指示。

[0044] 本脉冲激光器(10)还可包括多个额外部件,包括但不限于:连接器、隔离器、偏振器、频率滤波器、衍射光栅、信号扩散、放大和压缩系统(啁啾脉冲放大),而所述部件的存在未影响图1所示的系统(1)。

[0045] 图3根据本发明的优选实施例示出了在飞秒环形光纤激光器中所获得的脉冲的时间自相关和频谱的实验曲线,增加了类似于公布“通过超长光纤激光器的长距离孤子传送(Long-distance soliton transmission through ultralong fiber lasers)”所描述的10km光纤部段和分布式拉曼放大系统。

[0046] 虚线表示数字设置,示出所获得脉冲信号的脉冲特性类似于孤子的特性。脉冲的峰值功率大于0.6MW并且其持续时间为约350fs,远远高于迄今为止通过常规光纤环形激光器系统可实现的性能(没有外部放大系统)。

[0047] 此外,用于在激光器中生成高功率超短脉冲的方法利用了上文所描述的系统(1),并且包括第一步骤:确定激光器(10)的脉冲信号的持续时间和能量以了解将与之一起工作的信号类型。

[0048] 接下来,估计脉冲信号必须达到的强度(以作为孤子进行传送),并且还选择所需光学引导件(3)的类型,以使该脉冲信号成为孤子类型。

[0049] 下一步骤包括调整光学衰减器(2)中的脉冲信号的强度,以与进入光学引导件(3)的孤子脉冲信号所需的强度一致。一旦强度已得到调整,信号则通过光学引导件(3)传送。

[0050] 在光学引导件内侧,通过分布式放大装置,信号的拉曼放大用于控制其强度。最后,提取在激光器(10)中所生成的超短脉冲信号的一部分供其应用使用。

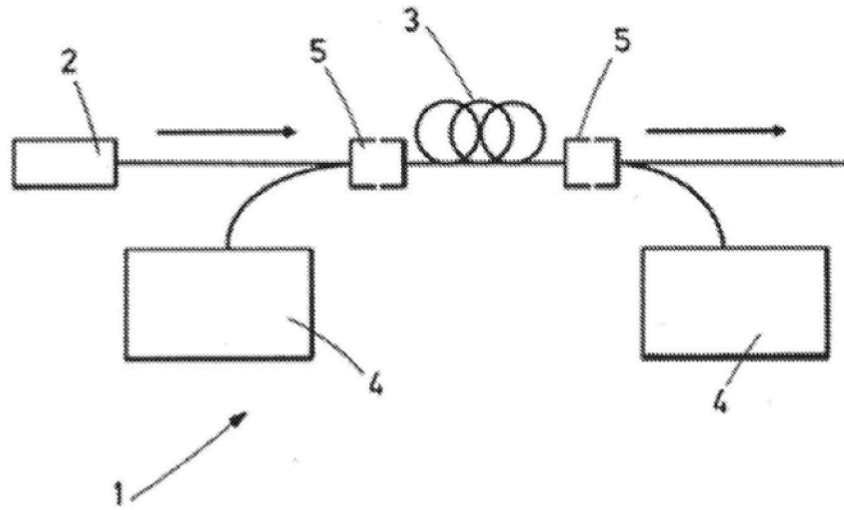


图1

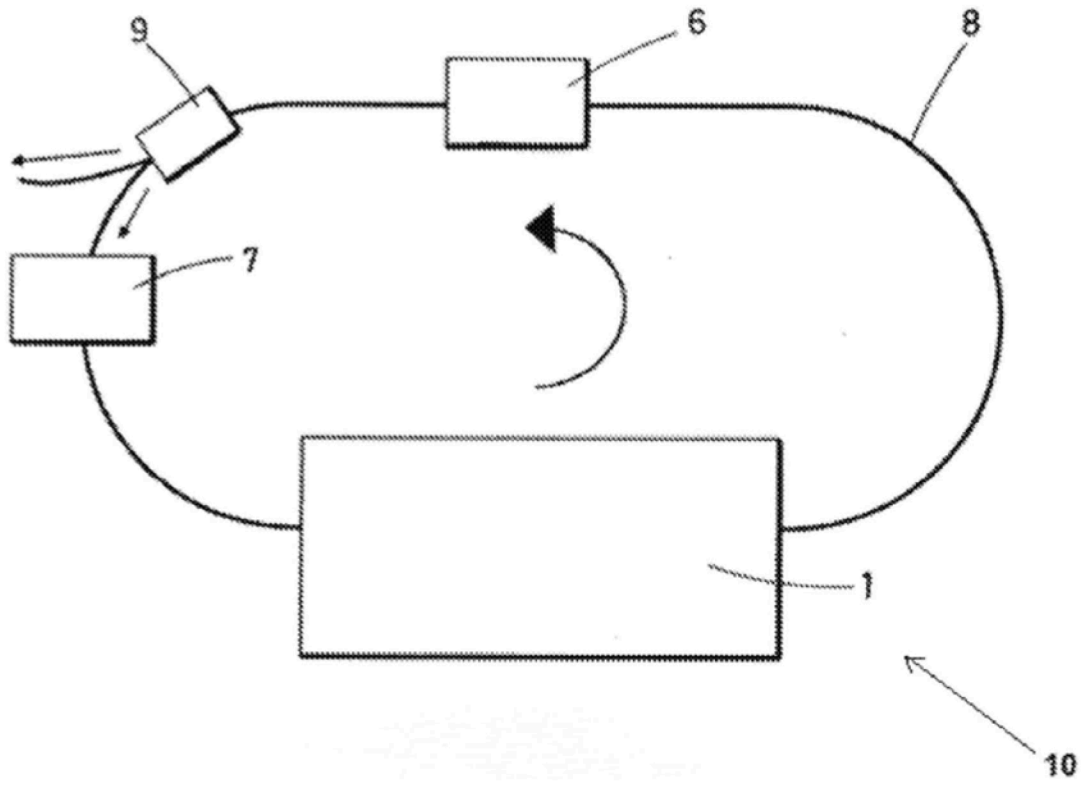


图2

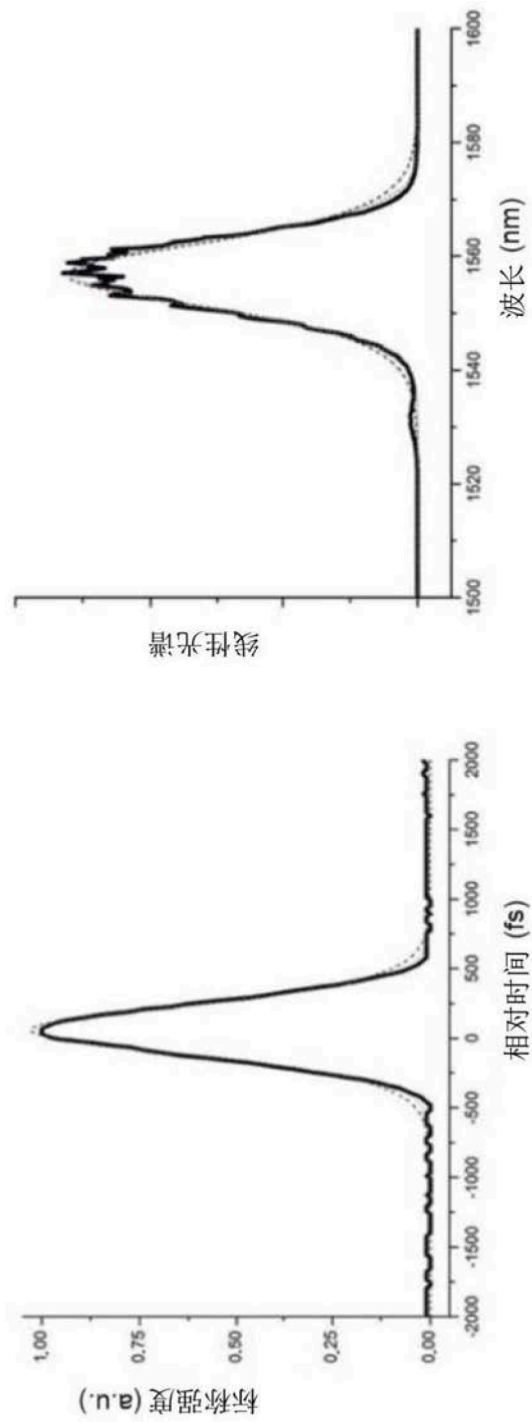


图3