



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105098589 A

(43) 申请公布日 2015. 11. 25

(21) 申请号 201410198754. 2

(22) 申请日 2014. 05. 13

(71) 申请人 中国人民解放军军械工程学院
地址 050003 河北省石家庄市和平西路 97 号

(72) 发明人 沈洪斌 李刚 毛少娟 王元铂
张维 张磊

(51) Int. Cl.
H01S 3/30(2006. 01)
H01S 3/08(2006. 01)
H01S 3/098(2006. 01)

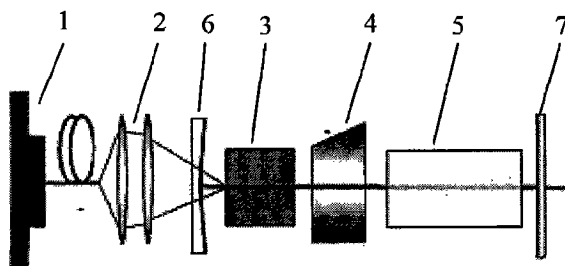
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54) 发明名称

一种双波长拉曼锁模激光器

(57) 摘要

一种双波长拉曼锁模激光器,属固态激光技术领域。包括激光二极管泵浦源、耦合透镜组、谐振腔等,谐振腔内放置激光晶体、拉曼晶体和调Q器件,由温度控制系统对上述晶体和器件保持温度恒定,其特征在于利用Nd:CNGG晶体产生的1059nm、1061nm双波长基频光,经过BaWO₄晶体925cm⁻¹拉曼频移后产生1173nm和1175nm双波长拉曼光;输入镜M1、激光晶体和拉曼晶体端面分别镀有对相应波长的光反射率或透过率不小于99%的介质膜,输出镜M2镀有对1059nm、1061nm波长的光反射率不小于99%的介质膜、对1173nm和1175nm波长的光透过率为10%到15%的介质膜;利用拉曼晶体的受激拉曼散射效应进行锁模,脉冲宽度达到ps量级。这种双波长拉曼锁模激光器体积小、结构简单、光束质量好。在太赫兹波产生以及差分吸收激光雷等方面有着重要应用前景。



1. 一种双波长拉曼锁模激光器,包括激光二极管泵浦源、耦合透镜组、激光晶体、拉曼晶体、调 Q 器件、输入镜 M1、输出镜 M2 和温度控制系统,泵浦源位于耦合透镜组之前,耦合透镜组之后由输入镜 M1 和输出镜 M2 构成谐振腔,谐振腔内依次放置激光晶体、拉曼晶体和调 Q 器件,激光晶体、拉曼晶体和调 Q 器件均置于温度控制系统中以保持上述晶体和器件的温度恒定,其特征在于输入镜 M1 镀有对泵浦光波段光透过率不小于 99%、对 1059nm、1061nm 波长的光和 1173nm、1175nm 波长的光反射率不小于 99%的介质膜;输出镜 M2 镀有对 1059nm、1061nm 波长的光反射率不小于 99%的介质膜,对 1173nm 和 1175nm 波长的光透过率为 10%到 15%的介质膜;激光晶体和拉曼晶体端面分别镀有对 1059nm、1061nm、1173nm 和 1175nm 波长的光透过率不小于 99%的介质膜;激光晶体是掺杂铒离子的钙铈镓石榴石 Nd:CeGG 晶体,由泵浦光泵浦后产生 1059nm、1061nm 的双波长基频光,拉曼晶体是钨酸钡 BaWO₄ 晶体,受基频光激发产生拉曼光, BaWO₄ 晶体 925cm⁻¹ 拉曼频移后产生 1173nm 和 1175nm 双波长拉曼光。由于拉曼晶体的受激拉曼散射效应,拉曼光会产生锁模调制,最终产生双波长的拉曼锁模激光。

2. 如权利要求 1 所述的一种双波长拉曼锁模激光器,其特征在于所述的激光二极管泵浦源为端面泵浦方式。

3. 如权利要求 1 所述的一种双波长拉曼锁模激光器,其特征在于所述的调 Q 器件为声光调 Q 开关。

4. 如权利要求 1 所述的一种双波长拉曼锁模激光器,其特征在于所述的谐振腔在激光二极管端面泵浦情况下腔内的调 Q 器件和拉曼晶体的相对位置可相互调换。

5. 如权利要求 1 所述的一种双波长拉曼锁模激光器,其特征在于所述的激光晶体的掺杂浓度为 0.5at. %,长度为 4 毫米到 6 毫米。

6. 如权利要求 1 所述的一种双波长拉曼锁模激光器,其特征在于所述的拉曼晶体切割方向为 a- 切,长度为 40 毫米到 45 毫米。

7. 如权利要求 1 所述的一种双波长拉曼锁模激光器,其特征在于所述的谐振腔腔长为 10 厘米至 15 厘米。

8. 如权利要求 1 所述的一种双波长拉曼锁模激光器,其特征在于所述的激光晶体、拉曼晶体和声光调 Q 开关要通过温度控制系统进行冷却,温度范围为 12℃到 20℃。

9. 如权利要求 1 所述的一种双波长拉曼锁模激光器,其特征在于所述的调 Q 器件调 Q 的脉冲重复频率为 1 千赫兹到 10 千赫兹。

10. 如权利要求 1 所述的一种双波长拉曼锁模激光器,其特征在于所述的输入镜 M1 和输出镜 M2 是平面镜或凹面镜的一种。

11. 如权利要求 1 所述的一种双波长拉曼锁模激光器,其特征在于所述的拉曼锁模的脉冲宽度在 10 皮秒到 100 皮秒范围内。

一种双波长拉曼锁模激光器

技术领域

[0001] 本发明涉及一种双波长拉曼锁模激光器,属固态激光技术领域。

背景技术

[0002] 双波长固体激光在双波长激光探针、双波长激光干涉仪、光谱分析、全息测量、医疗器械、差分激光雷达以及太赫兹波等领域有着广泛应用。特别地,双波长间隔在1nm-20nm范围内的双波长激光在太赫兹波产生以及差分吸收激光雷达等方面有着重要应用。这种小间隔双波长激光目前已经有的方法是:一是由普通激光介质的同一跃迁能级的分裂能级形成 [Y. F. Chen. et al., Opt. Lett., Vol. 30, pp. 2107-2110, 2005; L. Guo, et al., Opt. Express, Vol. 18, pp. 9098-9106, 2010], 如 Nd:YAG 中的 1.319 和 1.338 μm 双波长。人们通过耦合输出镜膜层对两个波长透过率的优化设计来平衡两个波长激光的输出或者通过在谐振腔内插入标准具来进行波长调谐。二是专门生长具有“无序性”特征的发射光谱较宽的激光介质,这种激光介质容易产生双波长激光输出 [H. Cai, et al., Opt. Commun. vol. 281, pp. 4401, 2008]。如 Nd:LGGG 晶体 [Appl. Phys. Bvol. 99, pp. 135, 2010]、Nd:Y₃Sc_{1.5}Al_{3.5}O₁₂ 陶瓷 [Opt. Commun. vol. 281, pp. 4401, 2008]、Nd:LuYSiO₅ 晶体 [Opt. Express vol. 19, pp. 3984, 2011]。一般调 Q 运转状态下,脉冲宽度只能达到纳秒量级,要达到更窄的脉宽,需要进行锁模调制,锁模谐振腔的设计需要严格计算、配合多个腔镜,腔长很长,调节复杂,体积较大。

[0003] 受激拉曼散射效应是一种快速的三阶非线性效应,能够使得基频激光实现拉曼频移产生新波长的激光,同时又可以使得产生的拉曼光实现锁模调制,是一种新型的锁模机制 [M. Weitz, et al., Appl. Phys. Lett., Vol. 92, pp. 091122, 2008; H. B. Shen, et al., Opt. Commun. Vol. 311, pp. 177-179, 2013]。拉曼晶体是一种实现受激拉曼散射的高效固体器件,相比较于激光介质的基频光,拉曼激光具有光束净化作用 [J. T. Murray, et al., Opt. Mater. Vol. 11, pp. 353-371, 1999], 产生的拉曼激光光束质量更好 [W. Chen, et al., Opt. Lett. Vol. 37, pp. 1968-1970, 2012], 脉宽更窄 [H. B. Shen, et al., Opt. Express, Vol. 20, pp. 17823-17832, 2012], 并且可以在不加其他锁模器件和专门进行锁模谐振腔设计的情况下,获得皮秒级的拉曼锁模脉冲。因此,拉曼锁模激光器具有体积小、结构简单、光束质量好的优点,人们已经利用该方法实现了单波长的拉曼锁模激光器,双波长的拉曼锁模激光器尚未见报道。

发明内容

[0004] 为实现体积小、光束质量好、稳定性好的双波长固体锁模激光器,本发明提出一种双波长拉曼锁模激光器。用“无序”激光介质产生的双波长基频光泵浦单块拉曼晶体,产生双波长拉曼激光。由于宽谱线“无序”基频激光介质能够实现激光多模起振,再加之受激拉曼散射非线性过程的作用,可实现双波长拉曼锁模激光的稳定输出。

[0005] 具体技术方案如下:

[0006] 一种双波长拉曼锁模激光器,包括激光二极管泵浦源、耦合透镜组、激光晶体、拉曼晶体、调 Q 器件、输入镜 M1、输出镜 M2 和温度控制系统,泵浦源位于耦合透镜组之前,耦合透镜组之后由输入镜 M1 和输出镜 M2 构成谐振腔,谐振腔内依次放置激光晶体、拉曼晶体和调 Q 器件,激光晶体、拉曼晶体和调 Q 器件均置于温度控制系统中以保持上述晶体和器件的温度恒定,其特征在于输入镜 M1 镀有对泵浦光波段光透过率不小于 99%、对 1059nm、1061nm 波长的光和 1173nm、1175nm 波长的光反射率不小于 99% 的介质膜;输出镜 M2 镀有对 1059nm、1061nm 波长的光反射率不小于 99% 的介质膜,对 1173nm 和 1175nm 波长的光透过率为 10% 到 15% 的介质膜;激光晶体和拉曼晶体端面分别镀有对 1059nm、1061nm、1173nm 和 1175nm 波长的光透过率不小于 99% 的介质膜;激光晶体是掺杂钕离子的钙铈石榴石 Nd:CNGG 晶体,由泵浦光泵浦后产生 1059nm、1061nm 的双波长基频光,拉曼晶体是钨酸钡 BaWO₄ 晶体,受基频光激发产生拉曼光, BaWO₄ 晶体 925cm⁻¹ 拉曼频移后产生 1173nm 和 1175nm 双波长拉曼光。由于拉曼晶体的受激拉曼散射效应,拉曼光会产生锁模调制,最终产生双波长的拉曼锁模激光。

[0007] 所述的激光二极管泵浦源为端面泵浦方式。

[0008] 所述的调 Q 器件为声光调 Q 开关。

[0009] 所述的谐振腔在激光二极管端面泵浦情况下腔内的调 Q 器件和拉曼晶体的相对位置可相互调换。

[0010] 所述的激光晶体的掺杂浓度为 0.5at. %, 长度为 4 毫米到 6 毫米。

[0011] 所述的拉曼晶体切割方向为 a- 切, 长度为 40 毫米到 45 毫米。

[0012] 所述的谐振腔腔长为 10 厘米至 15 厘米。

[0013] 所述的激光晶体、拉曼晶体和声光调 Q 开关要通过温度控制系统进行冷却, 温度范围为 12°C 到 20°C。

[0014] 所述的调 Q 器件调 Q 的脉冲重复频率为 1 千赫兹到 10 千赫兹。

[0015] 所述的输入镜 M1 和输出镜 M2 是平面镜或凹面镜的一种。

[0016] 所述的拉曼锁模的脉冲宽度在 10 皮秒到 100 皮秒范围内。

[0017] 本发明的运转机理为: 泵浦源将电能转化为光能, 通过宽光谱“无序”激光晶体 Nd:CNGG 中的激活离子的吸收和受激辐射, 转变为 1059nm、1061nm 的双波长基频激光, 再通过 a- 切 BaWO₄ 拉曼晶体 925cm⁻¹ 拉曼增益峰转化为 1173nm 和 1175nm 双波长拉曼激光。基频介质 Nd:CNGG 晶体具有无序结构, 使吸收光谱和发射光谱的半宽度很宽, 适于半导体激光二极管泵浦及在锁模激光器中的应用, 能够实现激光多模起振, 再加之拉曼晶体的受激拉曼散射非线性过程的作用, 两者都有助于实现拉曼激光的锁模调制, 在上述条件下实现双波长拉曼锁模激光的稳定输出。

[0018] 本发明实现的双波长锁模激光器基于受激拉曼散射效应, 原理新颖, 体积较小, 调试方便。

[0019] 本发明实现的双波长锁模激光两个波长的间隔较小, 在通过差频产生太赫兹波以及差分吸收激光雷等方面有广阔应用前景。

附图说明

[0020] 图 1 为本发明实施例 1 的结构示意图。

[0021] 其中:1、泵浦源,2、耦合透镜组,3、激光晶体,4、调Q器件,5、拉曼晶体,6、输入镜M1,7、输出镜M2。

具体实施方式

[0022] 下面结合附图和实施例对本发明做进一步说明,但不限于此。

[0023] 实施例1:

[0024] 本发明实施例1如图1所示,包括激光二极管泵浦源1、耦合透镜组2、激光晶体3、调Q器件4、拉曼晶体5、输入镜(M1)6、输出镜(M2)7和温度控制系统,泵浦源1位于耦合透镜组2之前,耦合透镜组2之后由输入镜(M1)6和输出镜(M2)7构成谐振腔,谐振腔内依次放置激光晶体3、调Q器件4和拉曼晶体5,激光晶体3、调Q器件4和拉曼晶体5均置于温度控制系统中以保持上述晶体和器件的温度恒定,其特征在于输入镜(M1)6镀有对泵浦光波段光透过率为99%、对1059nm、1061nm波长的光和1173nm、1175nm波长的光反射率为99%的介质膜;输出镜(M2)7镀有对1059nm、1061nm波长的光反射率为99%的介质膜,对1173nm和1175nm波长的光透过率为10%的介质膜;激光晶体3和拉曼晶体5端面分别镀有对1059nm、1061nm、1173nm和1175nm波长的光透过率为99%的介质膜;激光晶体3是掺杂钕离子的钙铈石榴石Nd:CNGG晶体,由泵浦光泵浦后产生1059nm、1061nm的双波长基频光,拉曼晶体5是钨酸钡BaWO₄晶体,受基频光激发产生拉曼光,BaWO₄晶体925cm⁻¹拉曼频移后产生1173nm和1175nm双波长拉曼光。由于拉曼晶体的受激拉曼散射效应,拉曼光会产生锁模调制,最终产生双波长的拉曼锁模激光。

[0025] 所述的泵浦源是808nm光纤耦合输出的半导体激光器,光纤直径为400微米,泵浦方式是端面泵浦,耦合透镜比率是1:1。

[0026] 所述的输入镜M1是凹面镜,曲率半径为-500毫米,输出镜M2是平面镜。

[0027] 所述的激光晶体的掺杂浓度为0.5at.%,长度为5毫米。

[0028] 所述的拉曼晶体切割方向为a-切,长度为40毫米。

[0029] 所述的谐振腔腔长为10厘米。

[0030] 所述的调Q器件为主动调Q的声光调Q开关,采用重复频率为1千赫兹。

[0031] 所述的激光晶体、拉曼晶体和声光调Q开关要通过温度控制系统进行冷却,温度为15℃。

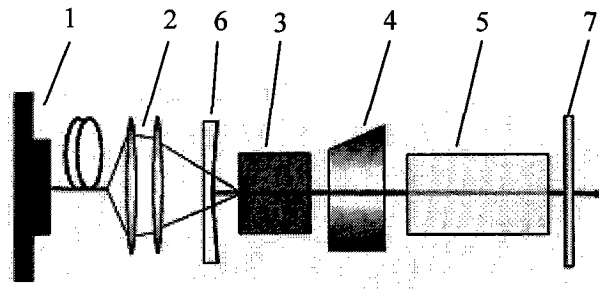


图 1