



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113991417 A

(43) 申请公布日 2022. 01. 28

(21) 申请号 202111268119.3

(22) 申请日 2021.10.29

(71) 申请人 中红外激光研究院(江苏)有限公司

地址 221116 江苏省徐州市徐州高新技术
产业开发区国家安全科技产业园A2栋
3楼

(72) 发明人 沈德元 王飞

(74) 专利代理机构 徐州苏越知识产权代理事务

所(普通合伙) 32543

代理人 刘振祥

(51) Int. Cl.

H01S 3/16 (2006.01)

H01S 3/08 (2006.01)

H01S 3/094 (2006.01)

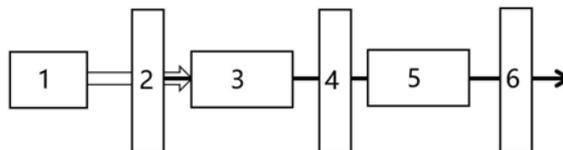
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

1.6 μm 掺铒激光腔内泵浦的2 μm 掺铥固体
激光器

(57) 摘要

一种1.6 μm 掺铒激光腔内泵浦的2 μm 掺铥
固体激光器,输入镜对1.5 μm 激光具有高透射
率,且对于1.6 μm 激光具有高反射率;中间镜对
1.6 μm 激光具有高透射率,且对2 μm 激光具有高
反射率;输出镜对1.6 μm 激光具有高反射率,且
对于2 μm 激光具有部分反射率;输入镜、中间镜
和输出镜沿1.5 μm 泵浦源输出方向设置;输入镜
和输出镜组成1.6 μm 激光谐振腔;中间镜和输出
镜组成2 μm 激光谐振腔;掺铒固体激光介质,其
在接收1.5 μm 激光后产生1.6 μm 激光,其设置在
输入镜和中间镜之间;掺铥固体激光介质,其在
接收1.6 μm 激光后产生2 μm 激光,其设置在中间
镜和输出镜之间。该激光器有利于提高激光效率
和光束质量。



1. 一种 $1.6\mu\text{m}$ 掺铒激光腔内泵浦的 $2\mu\text{m}$ 掺铥固体激光器,包括 $1.5\mu\text{m}$ 泵浦源(1)、输入镜(2)、中间镜(4)和输出镜(6),其特征在于,还包括第一增益介质(3)和第二增益介质(5);

所述输入镜(2)对 $1.5\mu\text{m}$ 激光具有高透射率,同时对于 $1.6\mu\text{m}$ 激光具有高反射率;所述中间镜(4)对 $1.6\mu\text{m}$ 激光具有高透射率,同时对 $2\mu\text{m}$ 激光具有高反射率;所述输出镜(6)对 $1.6\mu\text{m}$ 激光具有高反射率,同时对于 $2\mu\text{m}$ 激光具有部分反射率;

所述输入镜(2)、中间镜(4)和输出镜(6)沿 $1.5\mu\text{m}$ 泵浦源(1)的输出方向依次设置;所述输入镜(2)和输出镜(6)组成 $1.6\mu\text{m}$ 激光谐振腔,以用于实现 $1.6\mu\text{m}$ 激光腔内振荡;所述中间镜(4)和输出镜(6)组成 $2\mu\text{m}$ 激光谐振腔,以用于实现 $2\mu\text{m}$ 激光振荡与输出;

第一增益介质(3)为掺铒固体激光介质,其在接收 $1.5\mu\text{m}$ 激光后产生 $1.6\mu\text{m}$ 激光,其设置在输入镜(2)和中间镜(4)之间的光路上;

所述第二增益介质(5)为掺铥固体激光介质(5),其在接收 $1.6\mu\text{m}$ 激光后产生 $2\mu\text{m}$ 激光,其设置在中间镜(4)和输出镜(6)之间的光路上。

2. 根据权利要求1所述的一种 $1.6\mu\text{m}$ 掺铒激光腔内泵浦的 $2\mu\text{m}$ 掺铥固体激光器,其特征在于,所述 $1.5\mu\text{m}$ 泵浦源(1)为掺铒光纤激光器或者半导体激光器。

3. 根据权利要求1或2所述的一种 $1.6\mu\text{m}$ 掺铒激光腔内泵浦的 $2\mu\text{m}$ 掺铥固体激光器,其特征在于,所述第一增益介质(3)为铒掺杂激光晶体或陶瓷。

4. 根据权利要求3所述的一种 $1.6\mu\text{m}$ 掺铒激光腔内泵浦的 $2\mu\text{m}$ 掺铥固体激光器,其特征在于,所述第二增益介质(5)为铥掺杂激光晶体或陶瓷。

5. 根据权利要求3所述的一种 $1.6\mu\text{m}$ 掺铒激光腔内泵浦的 $2\mu\text{m}$ 掺铥固体激光器,其特征在于,所述第一增益介质(3)为Er:YAG晶体或Er:LuYAG晶体。

6. 根据权利要求4所述的一种 $1.6\mu\text{m}$ 掺铒激光腔内泵浦的 $2\mu\text{m}$ 掺铥固体激光器,其特征在于,所述第二增益介质(5)为Tm:YAG晶体或Tm:LuYAG晶体。

1.6 μm 掺铒激光腔内泵浦的2 μm 掺铥固体激光器

技术领域

[0001] 本发明属于固体激光技术领域,具体涉及一种1.6 μm 掺铒激光腔内泵浦的2 μm 掺铥固体激光器。

背景技术

[0002] 固体激光器功率提升过程中激光工作物质加剧的热效应是限制其性能提升的关键问题之一。随着泵浦功率的增加工作物质内部热效应也随之加剧,导致诸如热透镜、热致双折射等负面效应,使得输出功率降低,同时激光光束的空间分布及光束质量趋于恶化。共振泵浦(又称为同带泵浦或谐振泵浦)目前缓解高功率激光器热效应的主要手段之一。在共振泵浦激光器中,泵浦过程与激光产生过程对应相同上、下激光能级,并分别利用上、下能级不同子能级间的跃迁完成泵浦光吸收与激光发射过程,因此泵浦光子能量与激光光子能量相差较小,量子效率就比较高,故而在激光介质中沉积的量子缺陷热就比较少,有利于固体激光器激光功率提升并保持良好的光束质量。

[0003] 对于单掺铒固体激光介质,利用 $^4\text{I}_{13/2}$ 、 $^4\text{I}_{15/2}$ 能级斯塔克分裂形成的能带,可构建基于2个能带之间子能级的准三能级或者准四能级系统。用1.5 μm 的泵浦光实现1.6 μm 的激光发射,理论上可以达到90%以上的量子效率(如1532nm激光泵浦Er:YAG发射1645nm波长激光时量子效率为93%),激光系统中热效应的影响将大大降低。

[0004] 掺铥固体激光介质产生2 μm 激光对应 $^3\text{F}_4 \rightarrow ^3\text{H}_6$ 跃迁过程。该波长激光器通常采用的泵浦方案如下:利用~800nm波段高功率半导体激光器将 Tm^{3+} 离子抽运到激发能级 $^3\text{H}_4$ 上,此激发态离子与之附近的处于基态的 Tm^{3+} 离子通过交叉弛豫过程同时跃迁至第一激发态 $^3\text{F}_4$ 能级上。在这种泵浦方案中,由于吸收一个泵浦光子可以同时产生两个激光上能级离子,量子效率接近于2,但是为了产生有效的交叉弛豫过程,要求掺杂浓度比较高,因此废热沉积密度也比较高,进而增加了激光材料中的热效应,受激光系统中热效应的影响,激光效率和光束质量都有一定幅度的降低,同时,还限制了激光功率定标放大能力。

发明内容

[0005] 针对上述现有技术存在的问题,本发明提供1.6 μm 掺铒激光腔内泵浦的2 μm 掺铥固体激光器,该激光器可以有效提高斯托克斯量子转换效率,能减少激光材料中的热效应、降低激光系统中热效应的影响,有利于提高激光效率和光束质量,同时,有利于保证激光功率定标放大能力。

[0006] 为了实现上述目的,本发明提供一种1.6 μm 掺铒激光腔内泵浦的2 μm 掺铥固体激光器,包括1.5 μm 泵浦源、输入镜、中间镜、输出镜、第一增益介质和第二增益介质;

[0007] 所述输入镜对1.5 μm 激光具有高透射率,同时对于1.6 μm 激光具有高反射率;所述中间镜对1.6 μm 激光具有高透射率,同时对2 μm 激光具有高反射率;所述输出镜对1.6 μm 激光具有高反射率,同时对于2 μm 激光具有部分反射率;

[0008] 所述输入镜、中间镜和输出镜沿1.5 μm 泵浦源的输出方向依次设置;所述输入镜和

输出镜组成1.6 μm 激光谐振腔,以用于实现1.6 μm 激光腔内振荡;所述中间镜和输出镜组成2 μm 激光谐振腔,以用于实现2 μm 激光振荡与输出;

[0009] 第一增益介质为掺铒固体激光介质,其在接收1.5 μm 激光后产生1.6 μm 激光,其设置在输入镜和中间镜之间的光路上;

[0010] 所述第二增益介质为掺铥固体激光介质,其在接收1.6 μm 激光后产生2 μm 激光,其设置在中间镜和输出镜之间的光路上。

[0011] 作为一种优选,所述1.5 μm 泵浦源为掺铒光纤激光器或者半导体激光器。

[0012] 作为一种优选,所述第一增益介质为铒掺杂激光晶体或陶瓷。

[0013] 作为一种优选,所述第二增益介质为铥掺杂激光晶体或陶瓷。

[0014] 作为一种优选,所述第一增益介质为Er:YAG晶体或Er:LuYAG晶体。

[0015] 作为一种优选,所述第二增益介质为Tm:YAG晶体或Tm:LuYAG晶体。

[0016] 本发明中,通过在输入镜和输出镜组成的1.6 μm 激光谐振腔之中引入中间镜,并使中间镜与和输出镜组成2 μm 激光谐振腔,可以将1.6 μm 激光谐振腔与2 μm 激光谐振腔空间上部分分离。这样,1.6 μm 激光谐振腔可以实现1.6 μm 激光腔内振荡,2 μm 激光谐振腔可以实现2 μm 激光振荡与输出。在此基础上,利用外部的1.5 μm 泵浦源与1.6 μm 激光谐振腔中的掺铒固体激光介质相配合可以高效率的获得1.6 μm 激光,这样可以获得高效率、高功率、高亮度、可定标放大的1.6 μm 激光输出,解决了由于缺少1.6 μm 高功率泵浦源而限制激光功率定标放大能力的问题。同时,通过1.6 μm 激光作为泵浦源与2 μm 激光谐振腔中的掺铥固体激光介质相配合可以产生2 μm 激光,由于这一过程对应的跃迁过程为 ${}^3\text{H}_6 \rightarrow {}^3\text{F}_4$,因而这一泵浦方案允许应用低掺杂浓度的掺铥固体材料,可以在一定程度上减少激光材料中的热效应,进一步的提高了激光效率和光束质量,同时,可以有利于保证激光功率定标放大能力,此外,还降低了掺杂浓度的要求。本发明采用1.5 μm 泵浦源共振泵浦掺铒固体激光介质产生1.6 μm 激光,进而进一步利用1.6 μm 激光腔内共振泵浦方式泵浦掺铥固体激光介质产生2 μm 波段激光输出。这样,通过两次共振泵浦机制可以利用1.5 μm 泵浦源最终产生2 μm 激光,从而充分利用了共振泵浦技术量子效率高的优势,以及基于腔内泵浦结构功率密度高且光束质量好的特点。同时,该方案相对于传统0.8 μm 泵浦掺铥激光介质获得2 μm 激光输出的方案,由于泵浦起始波长为1.5 μm ,因而可以有效提高斯托克斯量子转换效率,为获得高功率、高效率2 μm 激光输出提供了新的有效技术方案。整个泵浦过程中,起始波长为1.5 μm 泵浦源,再利用1.6 μm 激光谐振腔配合掺铒固体激光介质产生1.6 μm 激光,进一步利用2 μm 激光谐振腔配合掺铥固体激光介质产生2 μm 激光,因而该该激光器通过1.5 μm 泵浦源、掺铒固体激光介质和掺铥固体激光介质的相互配合,可以有效提高斯托克斯量子转换效率,能减少激光材料中的热效应、降低激光系统中热效应的影响,有利于提高激光效率和光束质量,同时,有利于保证激光功率定标放大能力,为获得高功率、高效率2 μm 激光输出提供了新的有效技术方案。

附图说明

[0017] 图1是本发明的结构示意图。

[0018] 图中:1、1.5 μm 泵浦源,2、输入镜,3、第一增益介质,4、中间镜,5、第二增益介质,6、输出镜。

具体实施方式

[0019] 下面结合附图对本发明作进一步说明。

[0020] 如图1所示,一种1.6 μm 掺铒激光腔内泵浦的2 μm 掺铥固体激光器,包括1.5 μm 泵浦源1、输入镜2、中间镜4、输出镜6、第一增益介质3和第二增益介质5;

[0021] 所述输入镜2对1.5 μm 激光具有高透射率(透射率大于98%),同时对于1.6 μm 激光具有高反射率(反射率大于99.8%);所述中间镜4对1.6 μm 激光具有高透射率(透射率大于98%),同时对2 μm 激光具有高反射率(反射率大于99.8%);所述输出镜6镀有对1.6 μm 激光具有高反射率(反射率大于99.8%),同时对于2 μm 激光具有部分反射率(反射率在85%-95%);

[0022] 所述输入镜2、中间镜4和输出镜6沿1.5 μm 泵浦源1的输出方向依次设置;所述输入镜2和输出镜6组成1.6 μm 激光谐振腔,以用于实现1.6 μm 激光腔内振荡;所述中间镜4和输出镜6组成2 μm 激光谐振腔,以用于实现2 μm 激光振荡与输出;

[0023] 第一增益介质3为掺铒固体激光介质,其在接收1.5 μm 激光后产生1.6 μm 激光,其设置在输入镜2和中间镜4之间的光路上;

[0024] 所述第二增益介质5为掺铥固体激光介质5,其在接收1.6 μm 激光后产生2 μm 激光,其设置在中间镜4和输出镜6之间的光路上。

[0025] 作为一种优选,所述1.5 μm 泵浦源1为掺铒光纤激光器或者半导体激光器。

[0026] 作为一种优选,所述第一增益介质3为铒掺杂激光晶体或陶瓷。

[0027] 作为一种优选,所述第二增益介质5为铥掺杂激光晶体或陶瓷。

[0028] 作为一种优选,所述第一增益介质3为Er:YAG晶体或Er:LuYAG晶体。

[0029] 作为一种优选,所述第二增益介质5为Tm:YAG晶体或Tm:LuYAG晶体。

[0030] 工作原理:

[0031] 1.5 μm 泵浦源1发出的1.5 μm 泵浦光透过输入镜2进入并照射到第一增益介质3上,第一增益介质3受激辐射出光子,沿谐振腔轴线方向的光子在输入镜2和输出镜6间来回反射,进而反复激发第一增益介质3使其辐射出更多的光子,由于受激辐射光在往返运行,第一增益介质3被反复利用,谐振腔轴线方向受激辐射光就越来越强。众多光子汇聚成1.6 μm 激光,1.6 μm 激光在1.6 μm 激光谐振腔内反复穿过第二增益介质5,第二增益介质5受激辐射出2 μm 激光,2 μm 激光在中间镜4和输出镜6之间来回反射,第二增益介质5中更多的粒子受激辐射出光子,多数的2 μm 激光在中间镜4和输出镜6之间继续来回反射增幅能量,少数的2 μm 激光透过输出镜6射出作为工作介质使用。

[0032] 实施例:

[0033] 以Er:YAG、Tm:YAG晶体为例,进一步说明本方案实施过程。

[0034] 根据Er:YAG的吸收光谱,1.5 μm 泵浦源选择1532nm掺铒光纤激光器,用以泵浦Er:YAG晶体产生1617nm激光。Er:YAG晶体放置于输入镜2与中间镜4之间,Tm:YAG放置于中间镜4与输出镜6之间。输入镜2的镀膜情况为对1532nm具备高透过率($T > 98\%$),同时对1617nm激光具备高反射率($R > 99.8\%$)。中间镜4的镀膜情况为对1617nm具备高透过率($T > 98\%$),同时对2015nm激光具备高反射率($R > 99.8\%$)。输出镜6的镀膜情况为对1617nm具备高反射率($T > 99.8\%$),同时对2015nm激光具备高部分反射率(如 $R = 95\%$)。从以上腔镜的镀膜情况可以看到,输入镜2与输出镜6构成Er:YAG晶体1617nm激光谐振腔,且该两个腔镜均对1617nm具

备高反射率,可以获得高的1617nm腔内功率密度。中间镜4与输出镜6构成Tm:YAG晶体2015nm激光谐振腔,并通过输出镜6实现2015nm激光的输出。

[0035] 本发明中,通过在输入镜和输出镜组成的1.6 μm 激光谐振腔之中引入中间镜,并使中间镜与和输出镜组成2 μm 激光谐振腔,可以将1.6 μm 激光谐振腔与2 μm 激光谐振腔空间上部分分离。这样,1.6 μm 激光谐振腔可以实现1.6 μm 激光腔内振荡,2 μm 激光谐振腔可以实现2 μm 激光振荡与输出。在此基础上,利用外部的1.5 μm 泵浦源与1.6 μm 激光谐振腔中的掺铒固体激光介质相配合可以高效率的获得1.6 μm 激光,这样可以获得高效率、高功率、高亮度、可定标放大的1.6 μm 激光输出,解决了由于缺少1.6 μm 高功率泵浦源而限制激光功率定标放大能力的问题。同时,通过1.6 μm 激光作为泵浦源与2 μm 激光谐振腔中的掺铒固体激光介质相配合可以产生2 μm 激光,由于这一过程对应的跃迁过程为 $^3\text{H}_6 \rightarrow ^3\text{F}_4$,因而这一泵浦方案允许应用低掺杂浓度的掺铒固体材料,可以在一定程度上减少激光材料中的热效应(如1617nm激光泵浦Tm:YAG发射2015nm波长激光时量子效率为80%),进一步的提高了激光效率和光束质量,同时,可以有利于保证激光功率定标放大能力,此外,还降低了掺杂浓度的要求。本发明采用1.5 μm 泵浦源共振泵浦掺铒固体激光介质产生1.6 μm 激光,进而进一步利用1.6 μm 激光腔内共振泵浦方式泵浦掺铒固体激光介质产生2 μm 波段激光输出。这样,通过两次共振泵浦机制可以利用1.5 μm 泵浦源最终产生2 μm 激光,从而充分利用了共振泵浦技术量子效率高的优势,以及基于腔内泵浦结构功率密度高且光束质量好的特点。同时,该方案相对于传统0.8 μm 泵浦掺铒激光介质获得2 μm 激光输出的方案,由于泵浦起始波长为1.5 μm ,因而可以有效提高斯托克斯量子转换效率,为获得高功率、高效率2 μm 激光输出提供了新的有效技术方案。整个泵浦过程中,起始波长为1.5 μm 泵浦源,再利用1.6 μm 激光谐振腔配合掺铒固体激光介质产生1.6 μm 激光,进一步利用2 μm 激光谐振腔配合掺铒固体激光介质产生2 μm 激光,因而该该激光器通过1.5 μm 泵浦源、掺铒固体激光介质和掺铒固体激光介质的相互配合,可以有效提高斯托克斯量子转换效率,能减少激光材料中的热效应、降低激光系统中热效应的影响,有利于提高激光效率和光束质量,同时,有利于保证激光功率定标放大能力,为获得高功率、高效率2 μm 激光输出提供了新的有效技术方案。

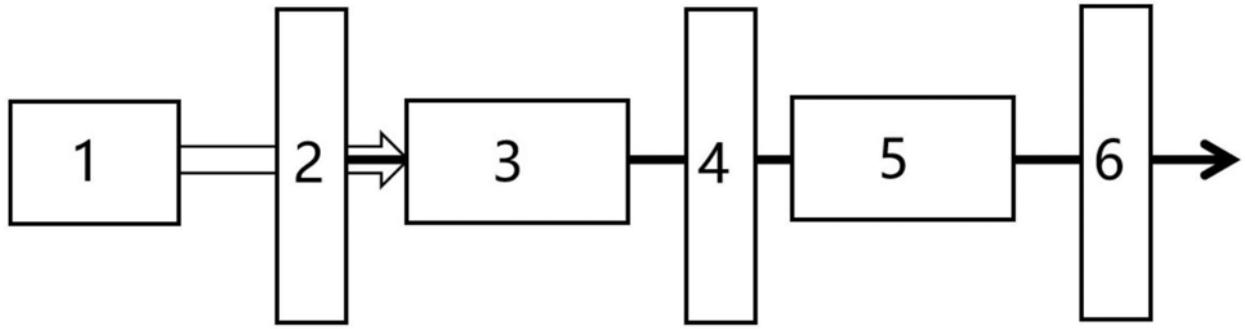


图1