



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114142333 A

(43) 申请公布日 2022.03.04

(21) 申请号 202111193308.9 *G01S 17/08* (2006.01)

(22) 申请日 2021.10.13 *G01S 7/484* (2006.01)

(71) 申请人 闽都创新实验室 *G01S 7/486* (2020.01)

地址 350108 福建省福州市闽侯县上街镇
海西高新区科技园高新大道8号

申请人 中国科学院福建物质结构研究所

(72) 发明人 陈雨金 黄艺东 林炎富 黄建华
龚兴红 罗遵度

(74) 专利代理机构 北京元周律知识产权代理有
限公司 11540

代理人 毛薇

(51) Int. Cl.

H01S 3/16 (2006.01)

H01S 3/11 (2006.01)

H01S 3/0941 (2006.01)

权利要求书1页 说明书3页

(54) 发明名称

一种脉冲激光器及其应用

(57) 摘要

本申请公开了一种1.55微米脉冲激光器及其应用,包括泵浦源、输入镜、增益介质、调Q元件和输出镜;泵浦源与输入镜、增益介质、调Q元件和输出镜依次沿光路同轴设置;增益介质包括化学式为 $\text{Er}_x\text{Yb}_y\text{R}_{(1-x-y)}\text{Al}_3(\text{BO}_3)_4$ 的晶体,其中 $x=0.5\sim 3.0\text{at.}\%$, $y=5\sim 30\text{at.}\%$,R选择Sc、Y、Gd、Lu元素中的至少一种,具有高的热导率,能实现高的脉冲重复频率且提高输出激光的稳定性。泵浦源为脉冲工作模式,泵浦脉冲周期为 $2\sim 100\text{ms}$,泵浦脉冲宽度为 $0.05\sim 3\text{ms}$ 。该脉冲激光器作为便携式激光测距仪的探测光源,扫描速度高,接收信号的数据量大,极大提高测距仪的测量精度并拓展其应用范围。

1. 一种1.55微米脉冲激光器,其特征在于,包括泵浦源、输入镜、增益介质、调Q元件和输出镜;

所述泵浦源与输入镜、增益介质、调Q元件和输出镜依次沿光路同轴设置;

所述增益介质包括化学式为 $\text{Er}_x\text{Yb}_y\text{R}_{(1-x-y)}\text{Al}_3(\text{BO}_3)_4$ 的晶体,其中 $x=0.5\sim 3.0\text{at.}\%$, $y=5\sim 30\text{at.}\%$,R选择Sc、Y、Gd、Lu元素中的至少一种;

所述泵浦源采用脉冲工作模式,泵浦脉冲周期为 $2\sim 100\text{ms}$,泵浦脉冲宽度为 $0.05\sim 3\text{ms}$;

所述调Q元件在1.55微米波段处的初始透过率为 $80\%\sim 95\%$;

所述输出镜在1.55微米波段处的透过率为 $10\%\sim 30\%$ 。

2. 根据权利要求1所述的脉冲激光器,其特征在于,1.55微米波段激光经所述调Q元件和所述输出镜后的损耗合计为 $15\%\sim 40\%$ 。

3. 根据权利要求1所述的脉冲激光器,其特征在于,所述输入镜、增益介质、调Q元件和输出镜采用光胶或键合方式结合。

4. 根据权利要求1所述的脉冲激光器,其特征在于,所述脉冲激光器包括聚焦耦合镜,所述聚焦耦合镜设置在所述泵浦源和所述输入镜之间,用于将所述泵浦源的出射光聚焦在所述增益介质上。

5. 根据权利要求1所述的脉冲激光器,其特征在于,所述泵浦源为半导体激光器;所述泵浦源可产生976纳米或940纳米波段激光。

6. 根据权利要求1所述的脉冲激光器,其特征在于,所述输入镜在976纳米或940纳米激光波段处的透过率高于 90% ,在1.55微米波段处的透过率低于 0.5% 。

7. 根据权利要求1所述的脉冲激光器,其特征在于,所述调Q元件包括 $\text{Co}^{2+}:\text{MgAl}_2\text{O}_4$ 晶体。

8. 根据权利要求1所述的脉冲激光器,其特征在于,所述输入镜为在端面镀有输入介质膜的蓝宝石晶体或 $\text{RAl}_3(\text{BO}_3)_4$ 晶体;

所述输出镜为在端面镀有输出介质膜的蓝宝石晶体或 $\text{RAl}_3(\text{BO}_3)_4$ 晶体。

9. 根据权利要求1所述的脉冲激光器,其特征在于,所述增益介质包括输入端面;所述输入镜为镀有输入介质膜的增益介质的输入端面;

所述调Q元件包括输出端面;

所述输出镜为镀有输出介质膜的调Q元件的输出端面。

10. 一种权利要求1~9中任意一项所述的脉冲激光器作为便携式激光测距仪的应用。

一种脉冲激光器及其应用

技术领域

[0001] 本申请涉及一种脉冲激光器及其应用,尤其涉及一种人眼安全1.55微米波段微型脉冲激光器,属于激光器件技术领域。

背景技术

[0002] 人眼安全1.55微米波段激光测距仪广泛应用于遥感、测量和军事等领域。便携式激光测距仪需要一个小型化、成本低和性能稳定的1.55微米波段固体脉冲激光器输出探测光束。为了精确测量几公里距离内的目标,脉冲激光应具有万瓦级的高峰值功率、纳秒级的窄脉冲宽度和良好的输出光束质量。目前,被动调Q钕镜双掺磷酸盐玻璃微型激光可以实现高的峰值输出功率和窄的脉冲宽度,已被广泛用作1.55微米波段便携式激光测距仪的探测光束。然而,由于磷酸盐玻璃低热导率(约 $0.8\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$)所导致的严重热效应,钕镜双掺磷酸盐玻璃激光在高峰值功率工作时的脉冲重复频率一般比较低(通常为10Hz)。高重复频率可以实现高的扫描速度,并增加接收信号的数据量,从而极大提高测距仪的测量精度并拓展其应用范围。因此,开发出一种可在百赫兹重复频率下工作的高峰值功率1.55微米微型脉冲激光器对激光测距仪而言很有必要。

发明内容

[0003] 本申请提供了一种具有百赫兹级重复频率、万瓦级峰值功率和纳秒级脉冲宽度的人眼安全1.55微米波段微型脉冲激光器,能够解决现有该波段便携式激光测距仪探测光束脉冲重复频率低的问题。

[0004] 根据本申请的一个方面,提供一种1.55微米脉冲激光器,包括泵浦源、输入镜、增益介质、调Q元件和输出镜;

[0005] 所述泵浦源与输入镜、增益介质、调Q元件和输出镜依次沿光路同轴设置;

[0006] 所述增益介质包括化学式为 $\text{Er}_x\text{Yb}_y\text{R}_{(1-x-y)}\text{Al}_3(\text{BO}_3)_4$ 的晶体,其中 $x=0.5\sim 3.0\text{at.}\%$, $y=5\sim 30\text{at.}\%$,R选择Sc、Y、Gd、Lu元素中的至少一种;

[0007] 所述泵浦源采用脉冲工作模式,泵浦脉冲周期为 $2\sim 100\text{ms}$,泵浦脉冲宽度为 $0.05\sim 3\text{ms}$;

[0008] 所述调Q元件在1.55微米波段处的初始透过率为 $80\%\sim 95\%$;

[0009] 所述输出镜在1.55微米波段处的透过率为 $10\%\sim 30\%$ 。

[0010] 1.55微米波段激光经所述调Q元件和所述输出镜后的损耗合计为 $15\%\sim 40\%$ 。

[0011] 所述输入镜、增益介质、调Q元件和输出镜采用光胶(晶体抛光后表面镀膜加压加热)或键合(晶体抛光后直接加热加压)方式结合。

[0012] 所述脉冲激光器包括聚焦耦合镜,所述聚焦耦合镜设置在所述泵浦源和所述输入镜之间,用于将所述泵浦源的出射光聚焦在所述增益介质上。所述增益介质置于泵浦光的聚焦点附近,不超出泵浦源出射光束的瑞利长度范围,增益介质中泵浦激光的腰斑直径为 $100\sim 350\text{微米}$ 。

- [0013] 所述泵浦源为半导体激光器;所述泵浦源可产生976纳米或940纳米波段激光。
- [0014] 所述输入镜在976纳米或940纳米激光波段处的透过率高于90%,在1.55微米波段处的透过率低于0.5%。
- [0015] 所述调Q元件包括 $\text{Co}^{2+}:\text{MgAl}_2\text{O}_4$ 晶体。
- [0016] 所述输入镜为在端面镀有输入介质膜的蓝宝石晶体或 $\text{Al}_3(\text{BO}_3)_4$ 晶体;
- [0017] 所述输出镜为在端面镀有输出介质膜的蓝宝石晶体或 $\text{Al}_3(\text{BO}_3)_4$ 晶体。
- [0018] 可选地,所述增益介质包括输入端面;所述输入镜为镀有输入介质膜的增益介质的输入端面;
- [0019] 所述调Q元件包括输出端面;
- [0020] 所述输出镜为镀有输出介质膜的调Q元件的输出端面。
- [0021] 根据本申请的一个方面,提供一种上述的脉冲激光器作为便携式激光测距仪的应用。
- [0022] 本申请能产生的有益效果包括:
- [0023] 本申请采用 $\text{Er}_x\text{Yb}_y\text{R}_{(1-x-y)}\text{Al}_3(\text{BO}_3)_4$ 晶体作为1.55微米波段微型脉冲激光器的增益介质。相对于目前广泛应用的钕镜双掺磷酸盐玻璃而言,该晶体比玻璃具有更高的热导率,能够实现更高的脉冲重复频率且提高输出激光的稳定性。采用该微型脉冲激光器作为便携式激光测距仪的探测光源,可以实现高的扫描速度,并增加接收信号的数据量,从而极大提高测距仪的测量精度并拓展其应用范围。

具体实施方式

- [0024] 下面结合实施例详述本申请,但本申请并不局限于这些实施例。
- [0025] 本申请的实施例中检测方法如下:脉冲激光能量采用激光能量计(探头型号PE9-C,表头型号为Centauri,均为Ophir-Spiricon公司产品)测量;脉冲激光重复频率和脉冲宽度采用示波器(光电探测器型号为Thorlabs公司的DET08C,示波器型号为Agilent公司的DSO6102A)探测,脉冲峰值功率为脉冲能量除以脉冲宽度。
- [0026] 本申请的实施例中,泵浦源、 $\text{Co}^{2+}:\text{MgAl}_2\text{O}_4$ 晶体、蓝宝石晶体、 $\text{Er}_x\text{Yb}_y\text{R}_{(1-x-y)}\text{Al}_3(\text{BO}_3)_4$ 、 $\text{Al}_3(\text{BO}_3)_4$ 晶体、输入镜和输出镜均为市购。
- [0027] 实施例1
- [0028] 976nm半导体激光器泵浦 $\text{Er}_{0.015}\text{Yb}_{0.12}\text{Y}_{0.865}\text{Al}_3(\text{BO}_3)_4$ 晶体实现100Hz重复频率、25kW峰值输出功率和1.9ns脉冲宽度的1.52 μm 微型脉冲激光。具体如下:
- [0029] 将 $\text{Er}_{0.015}\text{Yb}_{0.12}\text{Y}_{0.865}\text{Al}_3(\text{BO}_3)_4$ 晶体切割出通光截面为 $3 \times 3\text{mm}^2$,通光方向厚度为1.5mm的c切块状样品,将该块状晶体样品的通光端面进行激光级抛光。调Q元件采用 $\text{Co}^{2+}:\text{MgAl}_2\text{O}_4$ 晶体,通光截面为 $3 \times 3\text{mm}^2$,通光方向厚度为1.5mm,通光端面进行激光级抛光,该调Q晶体在1.52微米处的初始透过率为90%。输入介质膜镀在一块通光截面为 $3 \times 3\text{mm}^2$ 和通光方向厚度为1.0mm的蓝宝石晶体端面作为输入镜,输入镜在976nm波长处透过率 $T \geq 90\%$,在1.52 μm 波长处透过率 $T \leq 0.1\%$ 。输出介质膜镀在另一块通光截面为 $3 \times 3\text{mm}^2$ 和通光方向厚度为1.0mm的蓝宝石晶体端面作为输出镜,输出镜在1.52 μm 波长处透过率 $T = 15\%$ 。1.52 μm 波长激光经调Q晶体和输出镜后的损耗合计约为25%。将上述输入镜、增益介质、调Q晶体和输出镜采用光胶方式依次紧贴在一起后固定在中间有通光孔的铜座上。泵浦源采用脉冲工

作模式的976nm半导体激光器,泵浦脉冲周期为10ms,泵浦脉冲宽度为0.5ms,该泵浦激光通过聚焦耦合镜聚焦到增益介质中,增益介质中泵浦激光的腰斑直径为260微米。利用该半导体激光端面泵浦 $\text{Er}_{0.015}\text{Yb}_{0.12}\text{Y}_{0.865}\text{Al}_3(\text{BO}_3)_4$ 晶体,在25W峰值入射功率泵浦下,得到100Hz重复频率、25kW峰值输出功率和1.9ns脉冲宽度的1.52 μm 微型脉冲激光。

[0030] 实施例2

[0031] 976nm半导体激光器泵浦 $\text{Er}_{0.015}\text{Yb}_{0.12}\text{Y}_{0.865}\text{Al}_3(\text{BO}_3)_4$ 晶体实现200Hz重复频率、19kW峰值输出功率和2.0ns脉冲宽度的1.52 μm 微型脉冲激光。具体如下:

[0032] 将实施例1中的976nm半导体激光器泵浦脉冲周期调整为5ms,泵浦脉冲宽度调整为0.3ms,增益介质中泵浦激光的腰斑直径调整为200微米。利用该半导体激光端面泵浦 $\text{Er}_{0.015}\text{Yb}_{0.12}\text{Y}_{0.865}\text{Al}_3(\text{BO}_3)_4$ 晶体,在26W峰值入射功率泵浦下,得到200Hz重复频率、19kW峰值输出功率和2.0ns脉冲宽度的1.52 μm 微型脉冲激光。

[0033] 实施例3

[0034] 976nm半导体激光器泵浦 $\text{Er}_{0.015}\text{Yb}_{0.12}\text{Y}_{0.865}\text{Al}_3(\text{BO}_3)_4$ 晶体实现50Hz重复频率、15kW峰值输出功率和2.0ns脉冲宽度的1.52 μm 微型脉冲激光。具体如下:

[0035] 将实施例1中的976nm半导体激光器泵浦脉冲周期调整为20ms,泵浦脉冲宽度调整为2.0ms,增益介质中泵浦激光的腰斑直径调整为200微米。利用该半导体激光端面泵浦 $\text{Er}_{0.015}\text{Yb}_{0.12}\text{Y}_{0.865}\text{Al}_3(\text{BO}_3)_4$ 晶体,在13W峰值入射功率泵浦下,得到50Hz重复频率、15kW峰值输出功率和2.0ns脉冲宽度的1.52 μm 微型脉冲激光。

[0036] 实施例4

[0037] 976nm半导体激光器泵浦 $\text{Er}_{0.015}\text{Yb}_{0.12}\text{Y}_{0.865}\text{Al}_3(\text{BO}_3)_4$ 晶体实现100Hz重复频率、9kW峰值输出功率和4.5ns脉冲宽度的1.59 μm 微型脉冲激光。具体如下:

[0038] 将实施例1中的976nm半导体激光器泵浦脉冲宽度调整为0.3ms,增益介质中泵浦激光的腰斑直径调整为200微米,采用在1.59微米处初始透过率为95%的 $\text{Co}^{2+}:\text{MgAl}_2\text{O}_4$ 晶体作为调Q元件。利用该半导体激光端面泵浦 $\text{Er}_{0.015}\text{Yb}_{0.12}\text{Y}_{0.865}\text{Al}_3(\text{BO}_3)_4$ 晶体,在22W峰值入射功率泵浦下,得到100Hz重复频率、9kW峰值输出功率和4.5ns脉冲宽度的1.59 μm 微型脉冲激光。

[0039] 实施例5

[0040] 将 $\text{Er}_{0.01}\text{Yb}_{0.2}\text{Lu}_{0.79}\text{Al}_3(\text{BO}_3)_4$ 晶体替换实施例1~4中的 $\text{Er}_{0.015}\text{Yb}_{0.12}\text{Y}_{0.865}\text{Al}_3(\text{BO}_3)_4$ 晶体,实验结果与实施例1~4类似。

[0041] 实施例6

[0042] 将 $\text{Er}_{0.02}\text{Yb}_{0.15}\text{Gd}_{0.83}\text{Al}_3(\text{BO}_3)_4$ 晶体替换实施例1~4中的 $\text{Er}_{0.015}\text{Yb}_{0.12}\text{Y}_{0.865}\text{Al}_3(\text{BO}_3)_4$ 晶体,实验结果与实施例1~4类似。

[0043] 对比例1

[0044] 将 $\text{Er}_{0.004}\text{Yb}_{0.04}\text{Y}_{0.956}\text{Al}_3(\text{BO}_3)_4$ 晶体替换实施例1~4中的 $\text{Er}_{0.015}\text{Yb}_{0.12}\text{Y}_{0.865}\text{Al}_3(\text{BO}_3)_4$ 晶体,完全无法实现脉冲激光运转;无法复现实例1~4的效果。

[0045] 以上所述,仅是本申请的几个实施例,并非对本申请做任何形式的限制,虽然本申请以较佳实施例揭示如上,然而并非用以限制本申请,任何熟悉本专业的技术人员,在不脱离本申请技术方案的范围,利用上述揭示的技术内容做出些许的变动或修饰均等同于等效实施案例,均属于技术方案范围内。