



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102263366 A

(43) 申请公布日 2011. 11. 30

(21) 申请号 201110172106. 6

(22) 申请日 2011. 06. 24

(71) 申请人 西北大学

地址 710069 陕西省西安市太白北路 229 号

(72) 发明人 任兆玉 白杨 郭家锡 张豪磊

白晋涛

(74) 专利代理机构 西安西达专利代理有限责任

公司 61202

代理人 谢钢

(51) Int. Cl.

H01S 3/0941 (2006. 01)

H01S 3/115 (2006. 01)

H01S 3/10 (2006. 01)

H01S 3/30 (2006. 01)

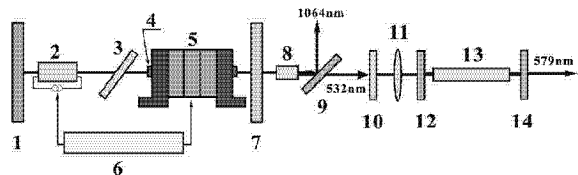
权利要求书 2 页 说明书 4 页 附图 1 页

(54) 发明名称

全固态激光器泵浦的 579nm 黄光拉曼激光器

(57) 摘要

本发明公开了一种全固态激光器泵浦的 579nm 黄光拉曼激光器,其入射平面 1064nm 全反射镜的水平光路上依次设置有 BBO 晶体电光调 Q 开关、布儒斯特镜、激光增益介质、脉冲 LD 侧面泵浦模块、1064nm 激光输出镜、LBO 倍频晶体、45° 分光镜、λ/2 波片、聚焦透镜、579nm 黄光激光反射镜、KGW 拉曼晶体和 579nm 黄光激光输出镜。本发明采用脉冲半导体激光(LD)侧面泵浦多晶 Nd:YAG 陶瓷棒、BBO 晶体电光调 Q、同步延迟脉冲信号触发、LBO 晶体腔外倍频等关键技术,获得了产生峰值功率高达 370kW、窄脉冲宽度小于 15ns 的 532nm 绿光激光,利用该波段激光端面泵浦 KGW 拉曼晶体,从而可以获得重复频率 1kHz、脉冲宽度 10ns 左右、峰值功率超过 200kW 的高峰值功率、窄脉冲宽度的 579nm 黄色拉曼激光输出。



1. 一种全固态激光器泵浦的 579nm 黄光拉曼激光器,其特征在于,入射平面 1064nm 全反射镜(1)的水平光路上依次设置有 BBO 晶体电光调 Q 开关(2)、布儒斯特镜(3)、激光增益介质(4)、脉冲 LD 侧面泵浦模块(5)、1064nm 激光输出镜(7)、LBO 倍频晶体(8)、45° 分光镜(9)、 $\lambda/2$ 波片(10)、聚焦透镜(11)、579nm 黄光激光反射镜(12)、KGW 拉曼晶体(13)和 579nm 黄光激光输出镜(14);同步延迟脉冲信号发生器(6)向脉冲 LD 侧面泵浦模块(5)的电源和 BBO 晶体电光调 Q 开关(2)的驱动电源提供延迟触发脉冲信号。

2. 根据权利要求书 1 所述的全固态激光器泵浦的 579nm 黄光拉曼激光器,其特征在于, BBO 晶体电光调 Q 开关(2)使用 BBO 电光晶体,重复率在 1Hz-1000Hz 之间连续可调。

3. 根据权利要求书 1 所述的全固态激光器泵浦的 579nm 黄光拉曼激光器,其特征在于,激光增益介质(4)为多晶 Nd:YAG 陶瓷棒,棒的直径为 3mm,棒的长度为 65mm。

4. 根据权利要求书 1 所述的全固态激光器泵浦的 579nm 黄光拉曼激光器,其特征在于,脉冲 LD 侧面泵浦模块(5)为脉冲 808nm 半导体激光三向泵浦模块,脉冲重复率在 1-1000Hz 范围内可调。

5. 根据权利要求书 1 所述的全固态激光器泵浦的 579nm 黄光拉曼激光器,其特征在于,1064nm 激光输出镜(7)针对 1064nm 基频光的透过率 $T=40\%$ 。

6. 根据权利要求书 1 所述的全固态激光器泵浦的黄光拉曼激光器,其特征在于,LBO 倍频晶体(8)为 I 类角度相位匹配 LBO 晶体,晶体用铝箔包裹后放入水冷散射铝块中。

7. 根据权利要求书 1 所述的全固态激光器泵浦的 579nm 黄光拉曼激光器,其特征在于,579nm 黄光激光反射镜(12)为平面镜,对 532nm 增透,对 555nm、579nm 高反, $T>90\%@532nm$ & $R>97\%@555nm$ & $R>97\%@579nm$ 。

8. 根据权利要求书 1 所述的全固态激光器泵浦的 579nm 黄光拉曼激光器,其特征在于,KGW 拉曼晶体(13)晶体尺寸为 $4\times 4\times 40mm^3$,晶体沿 b 轴切割,晶体两个光学端面镀有 450nm-650nm 增透膜,晶体用铝箔包裹后放入水冷散射铝块中。

9. 根据权利要求书 1 所述的全固态激光器泵浦的 579nm 黄光拉曼激光器,其特征在于,579nm 黄光输出镜(14)为平面镜,对 532nm、555nm 高反,对 579nm 部分透射, $R>99.5\%@532nm$ & $R>97\%@555nm$ & $T>50\%@579nm$ 。

10. 权利要求书 1 所述的全固态激光器泵浦的 579nm 黄光拉曼激光器产生激光方法,包括以下步骤:

1)激光增益介质(4)吸收脉冲 LD 侧面泵浦模块(5)提供的 808nm 半导体激光能量后,产生受激荧光辐射,辐射的荧光在平面全反射镜(1)与 1064nm 激光输出镜(7)之间的光学元件构成的谐振腔内放大后形成稳定的 1064nm 脉冲基频光振荡;

2)由同步延迟脉冲信号发生器(6)向脉冲 LD 侧面泵浦模块(5)的电源和 BBO 晶体电光调 Q 开关(2)的驱动电源提供脉冲信号,通过调节两个信号的延迟触发时间,保证 LD 发射 808nm 脉冲泵浦光与 BBO 晶体退压精确同步,获得重复率在 1-1000Hz、窄脉冲宽度的 1064nm 脉冲激光输出;

3)1064nm 基频光由 1064nm 激光输出镜(7)耦合输出,并单次经过 LBO 倍频晶体(8)的二次非线性频率转换,变化为 532nm 的倍频绿光;未转化的 1064nm 基频光和 532nm 倍频光沿光路传播,经过 45° 分光镜(9)后,1064nm 基频光被反射,沿垂直光轴方向传播,532nm 倍频绿光透射,仍沿光轴传播,并依次通过 $\lambda/2$ 波片(10)、聚焦透镜(11)、579nm 黄光激光反

射镜(12)、KGW 拉曼晶体(13),最终到达 579nm 黄光输出端镜(14);

4) 532nm 的倍频光经聚焦透镜(11) 聚焦后的焦点位于 KGW 拉曼晶体(13) 的中心位置附近,当焦点附近的峰值功率密度达到 KGW 拉曼晶体(11)的一阶斯托克斯光受激拉曼散射阈值时,532nm 的倍频光迅速产生拉曼频移,获得 555nm 的一阶斯托克斯黄光;555nm 一阶斯托克斯黄光在由 579nm 黄光激光反射镜(12)、KGW 拉曼晶体(13) 和 579nm 黄光激光输出镜(14) 构成的拉曼谐振腔内振荡并积累能量,当一阶斯托克斯黄光在焦点附近的峰值功率密度达到 KGW 晶体的二阶斯托克斯光产生的阈值时,发生拉曼级联效应,555nm 的一阶斯托克斯光迅速转化为 579nm 的二阶斯托克斯黄光,579nm 二阶斯托克斯黄光激光经 579nm 黄光激光输出镜(14) 耦合输出。

全固态激光器泵浦的 579nm 黄光拉曼激光器

技术领域

[0001] 本发明涉及一种高峰值功率、窄脉冲宽度的全固态 579nm 黄光拉曼激光器,属于激光技术领域。

背景技术

[0002] 550nm-600nm 黄光波段激光在医疗、演示、卫星导引、水下探测等领域具有不可替代的应用价值。目前产生此波段的激光器有铜蒸汽激光器、染料黄光激光器、半导体激光器、双波长和频激光器。铜蒸汽激光器结构复杂、转换效率低,为了获得铜蒸汽,须采用电热装置将铜加热到 1500° C 的温度,必须使用能耐高温并有良好真空气密性能的氧化铝材料做外壳,并在其外面绕上电热丝来加热管内金属。这种激光器工作温度相当高,存在着严重的工艺问题。染料黄光激光器功率低、安全性差、染料有毒且易退化、能量消耗高、性能不稳定、激光循环冷却系统复杂等缺点制约了它的发展。半导体激光器理论上可产生 477nm-600nm 波段内的任何波长的激光,但是对于每个目标波长,半导体发光材料都要经过特殊的设计,成本高昂。双波长和频激光器方面,主要是利用非线性晶体在谐振腔内对掺铈工作物质的 1.06 μm 和 1.31 μm 谱线和频产生 590nm 附近的谱线,输出波长单一,输出功率和转换效率较低,应用范围有限。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于提供一种高峰值功率、窄脉冲宽度的全固态 579nm 黄光拉曼激光器,本发明采用外置拉曼谐振腔型和高峰值功率、窄脉冲宽度的 532nm 绿光激光端面泵浦 KGW 拉曼晶体实验方案,532nm 绿光激光经过 KGW 拉曼晶体拉曼频移后获得脉冲重复频率 1kHz、脉冲宽度 10ns 左右、峰值功率超过 200kW 的高峰值功率、窄脉冲宽度的 579nm 黄色拉曼激光输出。本发明具有体积小、效率高、结构紧凑、工作安全的优点,克服了现有技术的不足。

[0004] 实现本发明的技术方案是这样解决的:

一种全固态激光器泵浦的 579nm 黄光拉曼激光器,其入射平面 1064nm 全反射镜(1)的水平光路上依次设置有 BBO 晶体电光调 Q 开关(2)、布儒斯特镜(3)、激光增益介质(4)、脉冲 LD 侧面泵浦模块(5)、1064nm 激光输出镜(7)、LBO 倍频晶体(8)、45° 分光镜(9)、 $\lambda/2$ 波片(10)、聚焦透镜(11)、579nm 黄光激光反射镜(12)、KGW 拉曼晶体(13)和 579nm 黄光激光输出镜(14);同步延迟脉冲信号发生器(6)向脉冲 LD 侧面泵浦模块(5)的电源和 BBO 晶体电光调 Q 开关(2)的驱动电源提供延迟触发脉冲信号。

[0005] 所述的 BBO 晶体电光调 Q 开关(2)使用 BBO 电光晶体,重复率在 1Hz-1000Hz 之间连续可调。

[0006] 所述的激光增益介质(4)为多晶 Nd:YAG 陶瓷棒,棒的直径为 3mm,棒的长度为 65mm。

[0007] 所述的脉冲 LD 侧面泵浦模块(5)为脉冲 808nm 半导体激光三向泵浦模块,脉冲重

复率在 1-1000Hz 范围内可调。

[0008] 所述的 1064nm 激光输出镜(7) 针对 1064nm 基频光的透过率 $T=40\%$ 。

[0009] 所述的 LBO 倍频晶体(8) 为 I 类角度相位匹配 LBO 晶体, 晶体用铝箔包裹后放入水冷散射铝块中。

[0010] 所述的 579nm 黄光激光反射镜(12) 为平面镜, 对 532nm 增透, 对 555nm、579nm 高反, $T>90\% @ 532nm$ & $R>97\% @ 555nm$ & $R>97\% @ 579nm$ 。

[0011] 所述的 KGW 拉曼晶体(13) 晶体尺寸为 $4 \times 4 \times 40mm^3$, 晶体沿 b 轴切割, 晶体两个光学端面镀有 450nm-650nm 增透膜, 晶体用铝箔包裹后放入水冷散射铝块中。

[0012] 所述的 579nm 黄光输出镜(14) 为平面镜, 对 532nm、555nm 高反, 对 579nm 部分透射, $R>99.5\% @ 532nm$ & $R>97\% @ 555nm$ & $T>50\% @ 579nm$ 。

[0013] 上述全固态激光器泵浦的 579nm 黄光拉曼激光器产生激光方法, 包括以下步骤:

1) 激光增益介质(4) 吸收脉冲 LD 侧面泵浦模块(5) 提供的 808nm 半导体激光能量后, 产生受激荧光辐射, 辐射的荧光在平面全反射镜(1) 与 1064nm 激光输出镜(7) 之间的光学元件构成的谐振腔内放大后形成稳定的 1064nm 脉冲基频光振荡;

2) 由同步延迟脉冲信号发生器(6) 向脉冲 LD 侧面泵浦模块(5) 的电源和 BBO 晶体电光调 Q 开关(2) 的驱动电源提供脉冲信号, 通过调节两个信号的延迟触发时间, 保证 LD 发射 808nm 脉冲泵浦光与 BBO 晶体退压精确同步, 获得重复率在 1-1000Hz、窄脉冲宽度的 1064nm 脉冲激光输出;

3) 1064nm 基频光由 1064nm 激光输出镜(7) 耦合输出, 并单次经过 LBO 倍频晶体(8) 的二次非线性频率转换, 变化为 532nm 的倍频绿光; 未转化的 1064nm 基频光和 532nm 倍频光沿光路传播, 经过 45° 分光镜(9) 后, 1064nm 基频光被反射, 沿垂直光轴方向传播, 532nm 倍频绿光透射, 仍沿光轴传播, 并依次通过 $\lambda/2$ 波片(10)、聚焦透镜(11)、579nm 黄光激光反射镜(12)、KGW 拉曼晶体(13), 最终到达 579nm 黄光输出端镜(14);

4) 532nm 的倍频光经聚焦透镜(11) 聚焦后的焦点位于 KGW 拉曼晶体(13) 的中心位置附近, 当焦点附近的峰值功率密度达到 KGW 拉曼晶体(11) 的一阶斯托克斯光受激拉曼散射阈值时, 532nm 的倍频光迅速产生拉曼频移, 获得 555nm 的一阶斯托克斯黄光; 555nm 一阶斯托克斯黄光在由 579nm 黄光激光反射镜(12)、KGW 拉曼晶体(13) 和 579nm 黄光激光输出镜(14) 构成的拉曼谐振腔内振荡并积累能量, 当一阶斯托克斯黄光在焦点附近的峰值功率密度达到 KGW 晶体的二阶斯托克斯光产生的阈值时, 发生拉曼级联效应, 555nm 的一阶斯托克斯光迅速转化为 579nm 的二阶斯托克斯黄光, 579nm 二阶斯托克斯黄光激光经 579nm 黄光激光输出镜(14) 耦合输出。

[0014] 本发明的优点与积极效果: (1) 采用脉冲半导体激光(LD)侧面泵浦多晶 Nd:YAG 陶瓷棒、BBO 晶体电光调 Q、同步延迟脉冲信号触发、LBO 晶体腔外倍频等关键技术, 获得了产生峰值功率高达 370kW、窄脉冲宽度小于 15ns 的 532nm 绿光激光, 利用该波段激光端面泵浦 KGW 拉曼晶体, 从而可以获得重复频率 1kHz、脉冲宽度 10ns 左右、峰值功率超过 200kW 的高峰值功率、窄脉冲宽度的 579nm 黄色拉曼激光输出; (2) 采用外腔直型拉曼谐振腔设计。受激拉曼散射过程(SRS) 在独立的拉曼谐振腔内进行, SRS 非弹性散射引起拉曼晶体的热透镜效应不会对 1064nm 基频光谐振腔的输出稳定性造成影响, 激光增益介质的热效应也不会影响拉曼谐振腔的输出稳定性。独立的拉曼谐振腔更为灵活, 可以通过光学耦合系统与

现有的 532nm 绿光激光器相结合,而不用对泵浦激光器做任何改动;(3) 532nm 激光端面泵浦 KGW 晶体。532nm 激光是偏振倍频光,采用此波长激光作为泵浦光避免了使用额外的起偏元件所引入的插入性损耗,泵浦效率高。

附图说明

[0015] 图 1 为本发明的结构示意图。

具体实施方式

[0016] 下面结合图 1 对本发明作进一步说明。

[0017] 参见附图 1 所示,入射平面 1064nm 全反射镜(1)的水平光路上依次设置有 BBO 晶体电光调 Q 开关(2)、布儒斯特镜(3)、激光增益介质(4)、脉冲 LD 侧面泵浦模块(5)、同步延迟脉冲信号发生器(6)、1064nm 输出镜(7)、LBO 倍频晶体(8)、45° 分光镜(9)、 $\lambda/2$ 波片(10)、聚焦透镜(11)、579nm 黄光激光反射镜(12)、KGW 拉曼晶体(13)、579nm 黄光激光输出镜(14)。

[0018] 1064nm 全反射镜(1)对 1064nm 基频光高反, $R > 99.8\% @ 1064\text{nm}$;

BBO 晶体电光调 Q 开关(2)使用 $4 \times 4 \times 12\text{mm}^3$ 的 BBO 电光晶体,为退压工作方式, $\lambda/4$ 波电压(@ 1064nm)为 $3.4 \pm 0.2 \text{KV}$,下降沿 $f < 10\text{ns}$,延时在 $30 \mu\text{s} - 300 \mu\text{s}$ 范围内连续可调,重复率在 1Hz-1000Hz 之间连续可调,同时 BBO 晶体两个通光端面均镀制 1064nm 基频光 p- 偏振高透膜;

布儒斯特镜(3)置于 BBO 晶体电光调 Q 开关(2)和脉冲 LD 侧面泵浦模块(5)之间,镜面与谐振腔通光轴之间的夹角为 33.7° ,两个镜面均镀制 1064nm 增透膜, $T > 99.8\% @ 1064\text{nm}$;

激光增益介质(4)为多晶 Nd:YAG 陶瓷棒,棒的直径为 3mm,棒的长度为 65mm,棒的两个端面均镀制 1064nm 增透膜, $T > 99.8\% @ 1064\text{nm}$;

脉冲 LD 侧面泵浦模块(5)为脉冲 808nm 半导体激光(LD)三向泵浦模块,相邻两个 LD 阵列夹角为 120° ,脉冲重复率在 1-1000Hz 范围内可调;

同步延迟脉冲信号发生器(6)向脉冲 LD 侧面泵浦模块(5)的电源和 BBO 晶体电光调 Q 开关(2)的驱动电源提供脉冲信号,通过调节两个信号的延迟触发时间,保证 LD 发射 808nm 脉冲泵浦光与 BBO 晶体退压精确同步;

1064nm 输出镜(7)对 1064nm 基频光的透过率为 $T = 40\% @ 1064\text{nm}$;

LBO 倍频晶体(8)为 I 类角度相位匹配 LBO 晶体,晶体尺寸为 $4 \times 4 \times 12\text{mm}^3$,晶体两个通光端面镀制 1064nm 和 532nm 增透膜, $T > 99.5\% @ 1064\text{nm}$ & $T > 97\% @ 532\text{nm}$,晶体用铝箔包裹后放入水冷散射铝块中;

45° 分光镜(9)对 1064nm 高反,对 532nm 高透, $R > 95\% @ 45^\circ 1064\text{nm}$ & $T > 95\% @ 45^\circ 532\text{nm}$;

$\lambda/2$ 波片(10)对 532nm 高透, $T > 95\% @ 532\text{nm}$;

聚焦透镜(11)的焦距 $f = 100\text{mm}$,并对 532nm 高透, $T > 99.8\% @ 532\text{nm}$;

579nm 黄光激光反射镜(12)为平面镜,对 532nm 增透,对 555nm、579nm 高反, $T > 90\% @ 532\text{nm}$ & $R > 97\% @ 555\text{nm}$ & $R > 97\% @ 579\text{nm}$;

KGW 拉曼晶体(13)的尺寸为 $4 \times 4 \times 40\text{mm}^3$,晶体沿 b 轴切割,晶体两个光学端面镀有

450nm-650nm 增透膜,晶体用铝箔包裹后放入水冷散射铝块中;

579nm 黄光输出镜(14)为平面镜,对 532nm、555nm 高反,对 579nm 部分透射, $R>99.5\%@532\text{nm}$ & $R>97\%@555\text{nm}$ & $T>50\%@579\text{nm}$ 。

[0019] 工作过程:

激光增益介质(4)吸收脉冲 LD 侧面泵浦模块(5)提供的能量后,产生 1064nm 受激荧光辐射,辐射的荧光在 1064nm 平面全反射镜(1)与 1064nm 激光输出镜(7)之间构成的谐振腔内振荡放大后形成稳定的 1064nm 基频光。同时同步延迟脉冲信号发生器(6)向脉冲 LD 侧面泵浦模块(5)的电源和 BBO 晶体电光调 Q 开关(2)的驱动电源提供脉冲信号,通过调节两个信号的延迟触发时间,保证 LD 发射 808nm 脉冲泵浦光与 BBO 晶体退压精确同步;

1064nm 基频光单次经过 LBO 倍频晶体(8),经过 LBO 倍频晶体的二次非线性频率变化,产生峰值功率高达 370kW、窄脉冲宽度小于 15ns 的 532nm 倍频光;1064nm 基频光和 532nm 倍频光出射 LBO 倍频晶体(8)后,经过 45° 分光镜(9)时,1064nm 基频光被反射,沿垂直光轴方向传播,532nm 倍频光被透射,仍沿光轴传播,并依次通过 $\lambda/2$ 波片(10)、聚焦透镜(11)、579nm 黄光激光反射镜(12)、KGW 拉曼晶体(13),最终到达 579nm 黄光激光输出镜(14);高功率、窄脉冲宽度的 532nm 倍频光被端面泵浦到 KGW 拉曼晶体(13)内(焦点位于拉曼晶体中心附近),当焦点附近的峰值功率密度达到 KGW 晶体(13)的一阶受激拉曼散射阈值时,532nm 的倍频光迅速拉曼频移变化为 555nm 的一阶斯托克斯光;555nm 一阶斯托克斯光在由 579nm 黄光激光反射镜和 579nm 黄光激光输出镜之间构成的拉曼谐振腔内振荡并积累能量,当拉曼谐振腔内积累的 555nm 一阶受激斯托克斯光的峰值功率密度达到 KGW 拉曼晶体(13)的二阶受激斯托克斯光产生的阈值时,发生拉曼级联效应,555nm 的一阶斯托克斯光迅速转化为 579nm 的二阶斯托克斯光,二阶斯托克斯光经过 579nm 黄光输出镜(14)输出腔外;

当脉冲 LD 侧面泵浦模块(5)的电源泵浦电流为 60A,重复频率为 1kHz 时,获得了 579nm 黄光激光最大平均输出功率达到 2.1W,脉冲宽度为 10.3ns、峰值功率超过 200kW。

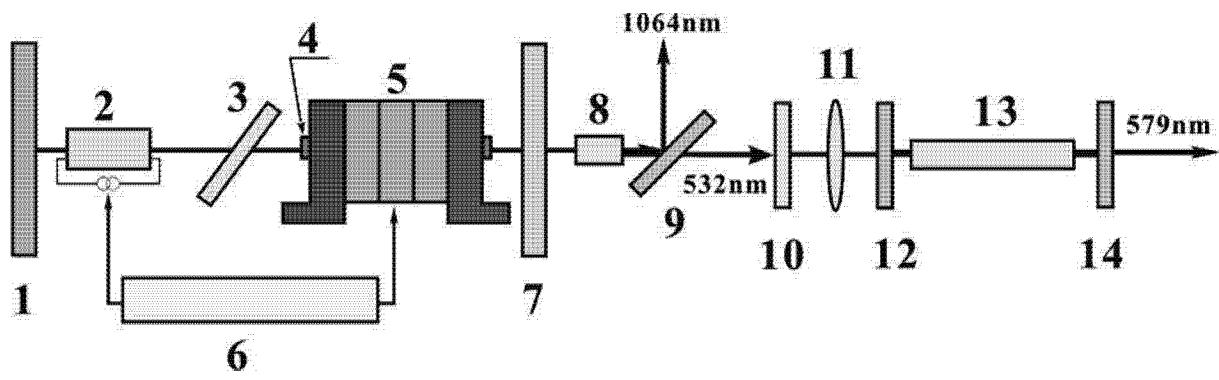


图 1