



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104600552 B

(45)授权公告日 2017. 11. 24

(21)申请号 201510058116.5

H01S 3/30(2006.01)

(22)申请日 2015.02.04

H01S 3/082(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104600552 A

(43)申请公布日 2015.05.06

(73)专利权人 厦门大学

地址 361005 福建省厦门市思明南路422号

(72)发明人 贾富强 刘沛 陈浩

(74)专利代理机构 厦门南强之路专利事务所

(普通合伙) 35200

代理人 马应森

(56)对比文件

US 5721748 A, 1998.02.24,

CN 202050155 U, 2011.11.23,

CN 101355224 A, 2009.01.28,

CA 2854652 A1, 2013.05.16,

Eduardo Granados等. “Deep ultraviolet diamond Raman laser”.《OPTICS EXPRESS》.2011,第19卷(第11期),

审查员 朱海

(51) Int. Cl.

H01S 3/094(2006.01)

H01S 3/109(2006.01)

H01S 3/16(2006.01)

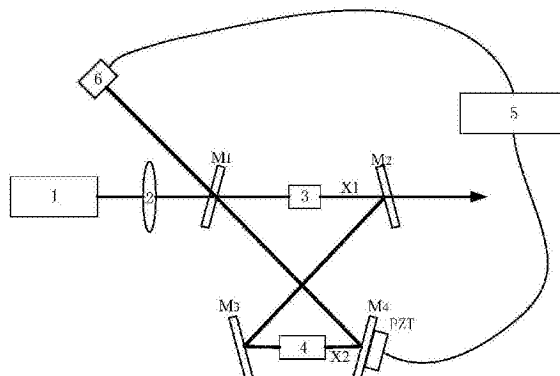
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种单晶金刚石连续波可调谐深紫外激光器

(57)摘要

一种单晶金刚石连续波可调谐深紫外激光器,涉及全固态深紫外激光器。设有456nm单频蓝光激光器、横模匹配透镜、第1~4激光谐振腔镜、激光增益介质、倍频晶体、光电二极管和PDH控制器;所述456nm单频蓝光激光器、横模匹配透镜、第1激光谐振腔镜、倍频晶体、第2激光谐振腔镜从左至右依次设置在第一光轴上,所述第3激光谐振腔镜、激光增益介质、第4激光谐振腔镜从左至右依次设置在第二光轴上;所述光电二极管位于第1激光谐振腔镜左后侧,所述PDH控制器连接光电二极管和第4激光谐振腔镜;第一光轴与第二光轴平行。全固态激光器体积小、效率高、寿命长、光束质量好、易系统集成和易实用化。



1. 一种单晶金刚石连续波可调谐深紫外激光器, 其特征在于设有456nm单频蓝光激光器、横模匹配透镜、第1激光谐振腔镜、第2激光谐振腔镜、第3激光谐振腔镜、第4激光谐振腔镜、激光增益介质、倍频晶体、光电二极管和PDH控制器; 所述456nm单频蓝光激光器、横模匹配透镜、第1激光谐振腔镜、倍频晶体、第2激光谐振腔镜从左至右依次设置在第一光轴上; 所述第3激光谐振腔镜、激光增益介质、第4激光谐振腔镜从左至右依次设置在第二光轴上; 所述光电二极管位于第1激光谐振腔镜左后侧, 所述PDH控制器连接光电二极管和第4激光谐振腔镜; 第一光轴与第二光轴平行。

2. 如权利要求1所述一种单晶金刚石连续波可调谐深紫外激光器, 其特征在于所述第4激光谐振腔镜采用压电陶瓷构成的激光谐振腔镜。

3. 如权利要求1所述一种单晶金刚石连续波可调谐深紫外激光器, 其特征在于所述第1激光谐振腔镜、第2激光谐振腔镜、第3激光谐振腔镜和第4激光谐振腔镜为一组反射镜, 构成拉曼谐振腔。

4. 如权利要求1所述一种单晶金刚石连续波可调谐深紫外激光器, 其特征在于所述第1激光谐振腔镜左端面镀制456nm处减反射膜, 第1激光谐振腔镜右端面镀制480~530nm波长范围内高反射膜、456nm处部分反射膜和220~260nm波长范围内减反射膜。

5. 如权利要求1所述一种单晶金刚石连续波可调谐深紫外激光器, 其特征在于所述第2激光谐振腔镜左端面镀制450~530nm高反射膜, 220~260nm减反射膜, 第2激光谐振腔镜右端面镀制220~260nm减反射膜。

6. 如权利要求1所述一种单晶金刚石连续波可调谐深紫外激光器, 其特征在于所述第3激光谐振腔镜右端面镀制450~530nm高反射膜。

7. 如权利要求1所述一种单晶金刚石连续波可调谐深紫外激光器, 其特征在于所述第4激光谐振腔镜左端面镀制450~530nm高反射膜。

8. 如权利要求1所述一种单晶金刚石连续波可调谐深紫外激光器, 其特征在于第4激光谐振腔镜通过压电陶瓷构成。

9. 如权利要求1所述一种单晶金刚石连续波可调谐深紫外激光器, 其特征在于所述激光增益介质采用CVD单晶金刚石, 采用<110>方向的切割, 泵浦光的偏振方向与<111>方向平行。

一种单晶金刚石连续波可调谐深紫外激光器

技术领域

[0001] 本发明涉及全固态深紫外激光器,尤其是涉及基于单频蓝光谐振泵浦的一种单晶金刚石连续波可调谐深紫外激光器。

背景技术

[0002] 激光拉曼光谱(Laser Raman Spectroscopy,LRS)是研究物质分子振动和分子结构的重要工具,随着材料科学、激光、同步加速器技术和纳米技术的重大进展,LSR在物理、化学、生物以及材料科学等领域应用日益广泛。常规LRS以波长大于400nm的激光作为激发源,通常面临荧光干扰和灵敏度不高的困扰,而深紫外激光拉曼光谱(Deep Ultraviolet Laser Raman Spectroscopy,DUVLRS)采用深紫外激发源,当激发波长小于260nm时,可以有效解决荧光干扰问题,且具有更高效率。深紫外激光器是开展深紫外拉曼光谱DUVLRS的核心之一,也是国际光电子领域的科学家和工程技术人员所追求的最重要目标之一。

[0003] 目前商用的深紫外激光器主要有同步辐射源、准分子激光器(157nm、193nm、248nm等)、倍频氩离子气体激光(229nm、238nm、244nm、257nm等)、掺钛蓝宝石($\text{Ti}^{3+}:\text{Al}_2\text{O}_3$)激光器(193~320nm)、Nd:YAG和Nd:YVO4固体激光(266nm)等(Aadhi A,Apurv Chaitanya N, Singh R P,et al.High-power,continuous-wave,solid-state,single-frequency,tunable source for the ultraviolet[J].Optics Letters,2014,39(12):3410-3413.)。而掺钛蓝宝石和倍频氩离子激光器是DUVLSR主要采用的光源,目前这两种激光器大部分被国外厂家垄断,价格居高不下。例如:美国Coherent公司型号为Innova 300C Moto Fred氩离子激光器,输出功率仅为100mW,但价格在12万美元以上,尽管该激光器可以在229nm和264nm之间进行分离调谐,但每次工作的预热时间都长达一个小时以上。而目前唯一可以进行精细调节的掺钛蓝宝石激光器系统,波长范围可以覆盖193~320nm,在部分波长处的功率也仅有几个mW,调谐范围每变化20~30nm需更换晶体,同时这种系统的价格会更高。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供利用单晶金刚石高的受激拉曼增益系数和级联拉曼特性,可实现低阈值连续波拉曼激光运转,通过拉曼激光器腔内倍频与和频,实现可调谐连续深紫外激光输出的一种单晶金刚石连续波可调谐深紫外激光器。

[0005] 本发明设有456nm单频蓝光激光器、横模匹配透镜、第1激光谐振腔镜、第2激光谐振腔镜、第3激光谐振腔镜、第4激光谐振腔镜、激光增益介质、倍频晶体、光电二极管和PDH(Pound-Drever-Hall)控制器;所述456nm单频蓝光激光器、横模匹配透镜、第1激光谐振腔镜、倍频晶体、第2激光谐振腔镜从左至右依次设置在第一光轴上,所述第3激光谐振腔镜、激光增益介质、第4激光谐振腔镜从左至右依次设置在第二光轴上;所述光电二极管位于第1激光谐振腔镜左后侧,所述PDH控制器连接光电二极管和第4激光谐振腔镜;第一光轴与第二光轴平行。

[0006] 所述第4激光谐振腔镜可采用压电陶瓷构成的激光谐振腔镜。

[0007] 所述第1激光谐振腔镜、第2激光谐振腔镜、第3激光谐振腔镜和第4激光谐振腔镜为一组不同曲率的反射镜,构成拉曼谐振腔。

[0008] 所述第1激光谐振腔镜左端面镀制456nm处减反射膜,第1激光谐振腔镜右端面镀制480~530nm波长范围内高反射膜、456nm处部分反射膜和220~260nm波长范围内减反射膜。

[0009] 所述第2激光谐振腔镜左端面镀制450~530nm高反射膜,220~260nm减反射膜,第2激光谐振腔镜右端面镀制220~260nm减反射膜。

[0010] 所述第3激光谐振腔镜右端面镀制450~530nm高反射膜。

[0011] 所述第4激光谐振腔镜左端面镀制450~530nm高反射膜。第4激光谐振腔镜通过PZT(压电陶瓷)构成,通过陶瓷晶体在电压作用下的伸缩特性,控制谐振腔的谐振频率,满足注入蓝光的频率和谐振外腔的本征频率有交集。

[0012] 所述激光增益介质可采用CVD单晶金刚石,采用<110>方向的切割,泵浦光的偏振方向与<111>方向平行。

[0013] 本发明采用456nm单频蓝光激光器用作泵浦源,其泵浦光输出456nm单频光,泵浦光经过横模匹配透镜后对激光增益介质进行外腔谐振泵浦。所述第1激光谐振腔镜、第2激光谐振腔镜、第3激光谐振腔镜和第4激光谐振腔镜为一组不同曲率的反射镜,构成拉曼谐振腔,利用增益介质高的受激拉曼增益系数和级联拉曼特性,实现低阈值连续波拉曼激光运转,形成单频蓝光谐振泵浦连续波拉曼激光器和级联拉曼激光器,通过拉曼激光器腔内倍频与和频,实现可调谐深紫外激光输出。

[0014] 本发明采用CVD单晶金刚石作激光增益介质,采用<110>方向的切割,泵浦光的偏振方向与<111>方向平行,以获得更低的激光阈值和高的拉曼增益系数。采用90°垂直入射,所述激光增益介质双端面镀制450~530nm和220~260nm波长范围内的减反射膜,以降低插入损耗,获得更低的激光阈值。

[0015] 本发明在谐振腔的各反射镜镀制沉积低损耗的介质光学薄膜,除输入镜对入射光的具有一定的耦合透射率,所有的腔镜镀制宽反射带宽光学薄膜,镀制各阶拉曼散射的高反射膜以及基频光的高反射膜,保证该外腔是满足基频光和拉曼光的高Q值谐振腔。

[0016] 所述光电二极管用作误差信号检测,所述PDH控制器连接光电二极管和第4激光谐振腔镜,利用Pound-Drever-Hall激光频率稳定方案来同步入射激光频率和外部谐振腔的谐振频率一致。

[0017] 本发明采用BBO晶体作为倍频晶体,采用临界相位匹配或非临界相位匹配。BBO晶体与腔内光束之间的夹角可调节,由于不同波长拉曼光在参与腔内和频(ISFM)时,BBO晶体接受角和相位匹配角之间存在角度差,因此通过改变BBO晶体与腔内光束之间的夹角,可实现可调谐紫外输出。晶体切割角度取合适的中间值,以降低插入损耗。所述倍频晶体增透膜设计时以宽入射角度和宽波长容差为原则,双端面镀制450~530nm和220~260nm波长范围内的减反射膜,降低BBO晶体的插入损耗,保证在较宽的角度范围内都能实现高效ISFM。

[0018] 本发明提出以大功率456nm单频蓝光激光器作为外腔谐振泵浦光源,单晶金刚石作为激光增益介质,采用“8”字型拉曼谐振腔和膜系设计,可获得连续波可见光拉曼激光器,通过BBO晶体腔内倍频和角度调节,实现较好性能的可连续可调谐228~260nm深紫外激光输出。

[0019] 本发明的突出效果将在具体实施方式中进一步说明。

[0020] 本发明提供的单晶金刚石深紫外拉曼激光器,波长可调谐范围覆盖228~260nm,激光为连续波输出,同时,本发明为一种全固态激光器DPSSL(Diode Pumped Solid State Lasers),具有全固态激光器体积小、效率高、寿命长、光束质量好、易系统集成和易实用化等诸多特性,从而获得了一种结构紧凑、成本相对较低的UV-C波段可调谐连续波深紫外激光器。

附图说明

[0021] 图1为本发明实施例的结构组成示意图。

具体实施方式

[0022] 以下实施例将结合附图对本发明作进一步说明。

[0023] 如图1所示,本发明实施例设有456nm单频蓝光激光器1、横模匹配透镜2、第1激光谐振腔镜M1、第2激光谐振腔镜M2、第3激光谐振腔镜M3、通过压电陶瓷构成的第4激光谐振腔镜M4、激光增益介质4、倍频晶体3、光电二极管6和PDH控制器5;所述456nm单频蓝光激光器1、横模匹配透镜2、第1激光谐振腔镜M1、倍频晶体3、第2激光谐振腔镜M2从左至右依次设置在第一光轴X1上,所述第3激光谐振腔镜M3、激光增益介质4、第4激光谐振腔镜M4从左至右依次设置在第三光轴X3上;所述光电二极管6位于第1激光谐振腔镜M1左后侧,所述PDH控制器5连接光电二极管6和第4激光谐振腔镜M4。第一光轴X1与第三光轴X3平行。

[0024] 本发明实施例采用456nm单频蓝光激光器用作泵浦源,其泵浦光输出456nm单频光,泵浦光经过横模匹配透镜后对激光增益介质进行外腔谐振泵浦。

[0025] 第1激光谐振腔镜M1、第2激光谐振腔镜M2、第3激光谐振腔镜M3和第4激光谐振腔镜M4为一组不同曲率的反射镜,构成拉曼谐振腔。当泵浦功率大于SRS阈值以后,在金刚石拉曼腔中将实现456nm、485.5nm和519nm多波长连续波同时谐振,形成单频蓝光谐振泵浦的连续波金刚石拉曼激光器和级联拉曼激光器。拉曼腔中不同波长在参与ISFM时,BBO晶体接受角和相位匹配角之间存在角度差,改变BBO晶体与腔内光束之间的夹角,可以实现228~260nm可分离调谐的连续波深紫外输出。

[0026] CVD单晶金刚石作激光增益介质,采用<110>方向的切割,泵浦光的偏振方向与<111>方向平行,以获得更低的激光阈值和高的拉曼增益系数。采用90度垂直入射,所述激光增益介质双端面镀制450~530nm和220~260nm波长范围内的减反射膜,以降低插入损耗,获得更低的激光阈值。

[0027] 谐振腔的各反射镜镀沉积低损耗的介质光学薄膜,除输入镜对入射光的具有一定的耦合透射率,所有的腔镜镀制宽反射带宽光学薄膜,镀制各阶拉曼散射的高反射膜以及基频光的高反射膜,保证该外腔是满足基频光和拉曼光的高Q值谐振腔。

[0028] 第1激光谐振腔镜左端面镀制456nm处减反射膜,第1激光谐振腔镜右端面镀制480~530nm波长范围内高反射膜、456nm处部分反射膜和220~260nm波长范围内减反射膜。

[0029] 第2激光谐振腔镜左端面镀制450~530nm高反射膜,220~260nm减反射膜,右端面镀制220~260nm减反射膜。

[0030] 第3激光谐振腔镜右端面镀制450~530nm高反射膜。

[0031] 第4激光谐振腔镜左端面镀制450~530nm高反射膜。第4激光谐振腔镜通过PZT(压电陶瓷)构成,通过陶瓷晶体在电压作用下的伸缩特性,控制谐振腔的谐振频率,满足注入蓝光的频率和谐振外腔的本征频率有交集。

[0032] 所述光电二极管用作误差信号检测,所述PDH控制器连接光电二极管和第4激光谐振腔镜,利用Pound-Drever-Hall激光频率稳定方案来同步入射激光频率和外部谐振腔的谐振频率一致。

[0033] 所述倍频晶体采用BBO晶体,采用临界相位匹配或非临界相位匹配。BBO晶体与腔内光束之间的夹角可调节,由于不同波长拉曼光在参与ISFM时,BBO晶体接受角和相位匹配角之间存在角度差,因此通过改变BBO晶体与腔内光束之间的夹角,可实现可调谐紫外输出。晶体切割角度取合适的中间值,以降低插入损耗。所述倍频晶体增透膜设计时以宽入射角度和宽波长容差为原则,双端面镀制450~530nm和220~260nm波长范围内的减反射膜,降低BBO晶体的插入损耗,保证在较宽的角度范围内都能实现高效ISFM。

[0034] 图1中,大功率456nm单频蓝光激光器作为外腔谐振泵浦光源,单晶金刚石作为激光增益介质,采用“8”字型拉曼谐振腔和膜系设计,可获得连续波可见光拉曼激光器,通过BBO晶体腔内倍频和角度调节,实现较好性能连续可调谐228~260nm深紫外激光输出。

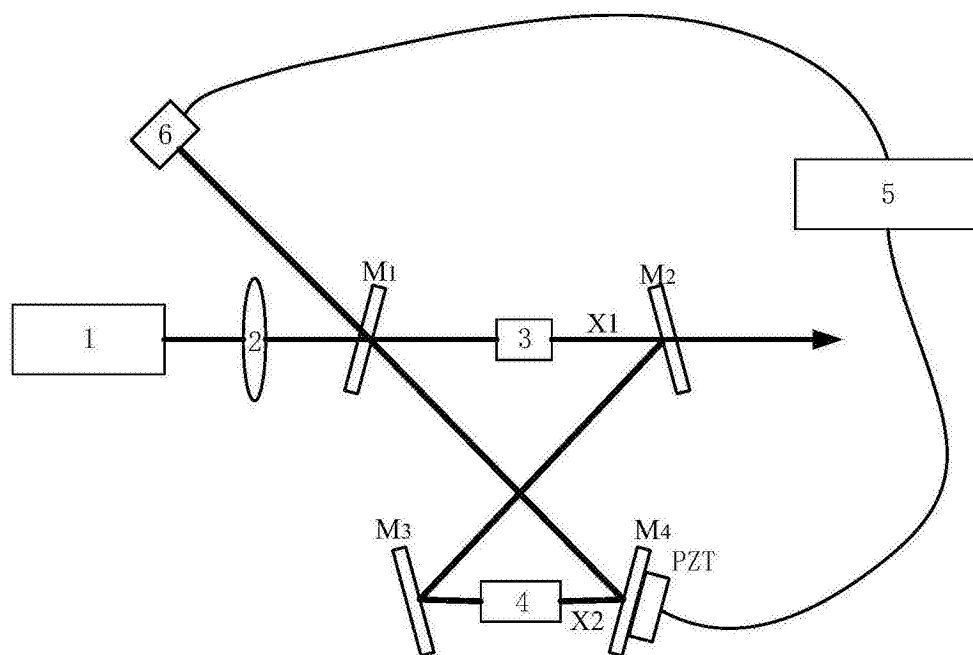


图1