

研究快讯

BBO 四倍频全固态 Nd:YVO₄ 紫外激光器^{*}

何京良 卢兴强 贾玉磊 满宝元

(山东师范大学现代光学实验室, 济南 250014)

祝世宁 朱永元

(南京大学固体微结构物理实验室, 南京 210008)

(2000 年 6 月 21 日收到)

报道了用 BBO 晶体对激光二极管抽运 Nd:YVO₄ 晶体声光调 Q 产生的 1.064 μm 激光进行四倍频, 实现平均功率为 63 mW 准连续波 266 nm 紫外激光运转, 重复频率为 12.5 kHz, 单脉冲能量 5 μJ 、峰值功率达 252 W, 绿光-紫外光转换效率达 11%.

关键词: 266nm 紫外激光, 四倍频, 全固态

PACC: 4255R

1 引 言

紫外相干光源在下一代超高密度光驱、精细材料加工、光印刷、医疗、光谱分析和科学研究等领域有重要的应用. 与传统紫外波段的准分子气体激光器相比, 激光二极管(LD)抽运的固体紫外激光器具有体积小、结构紧凑、效率高和寿命长等优点, 加上作为激励源的激光二极管输出功率迅速提高, 紫外非线性倍频晶体材料(如 CLBO 等)的不断发现, 以及各种倍频技术的日趋成熟, 使全固态紫外激光器取代气体激光器成为现实. 从近两年 CLEO 会议上看^[1-4], 国际上一些大的光电公司和研究单位纷纷投入大量精力来研究开发这种新型全固态紫外激光器件, 输出功率已达到气体激光器的水平^[5], 稳定性也大大提高.

目前对固态紫外激光的获得, 最直接的方法是对掺钕离子固体激光的近红外波进行腔内或腔外频率转换, 产生三次或四次谐波^[6,7]. 但 LD 抽运的连续波固体激光器输出功率不高, 谐波转换效率低. 采用腔内倍频聚焦耦合会使晶体热畸变效应加剧, 造成明显的非线性吸收, 稳定性难以提高; 外腔共振倍频稳定性好, 转换效率也较高, 但对腔匹配条件要求

苛刻, 结构也较为复杂. 本文报道了用 LD 抽运 Nd:YVO₄ 晶体腔内声光调 Q 产生 1.064 μm 准连续波输出, 腔外用 KTP 和 BBO 晶体进行二倍频和四倍频, 产生 266 nm 紫外激光输出.

2 声光调 Q 准连续基频光输出特性

为获得发散角较小的输出光束, 我们采用平-平谐振腔, 泵源为 OPC 公司生产的 OPC-D015-808 半导体激光器, 最大输出功率 15 W, 光纤输出孔径 1.15 mm, 数值孔径 0.11, 中心波长在 808 nm (25 $^{\circ}\text{C}$). 我们设计一准直聚焦系统, 将泵光光斑压缩到 450 μm , 耦合到增益介质 Nd:YVO₄ 上. Nd:YVO₄ 晶体为 3 mm \times 3 mm \times 5 mm, 重量掺杂浓度为 0.7%. 为减少腔内元件的损耗, Nd:YVO₄ 晶体一面兼做腔镜, 镀有 AR@808 nm 和 HR@1.064 μm 双色膜, 另一边镀 AR@1.064 μm . 输出镜是一透过率 $T = 20\%$ 平面镜, 声光 Q 开关型号为 N33080-45-1, 驱动系统超声频率为 80 MHz, 功率 5 W, 脉冲调制重复频率为 DC-50 kHz, 一级衍射效率可达 65% (1.064 μm). 为保证在高增益情况下能有效地实施关闭状态, 我们将声光开关靠近增益介质一端, 腔长长为 140 mm, 但同时也带来了在高抽运功率

^{*} 南京大学固体微结构物理实验室(批准号: 2990603)重点资助的课题.

情况下输出功率下降等问题. 实验中我们设定重复频率为 12.5 kHz (TTL 高电平宽度 76 μ s, 低电平宽度 4 μ s). 当抽运注入功率为 7.9 W 时, 准连续波 1.064 μ m 输出为 1.22 W (静态时连续波输出 1.84 W), 功率开关效率为 66%, 脉冲宽度为 32 ns, 峰值功率约为 3 kW, 单脉冲能量约为 0.1 mJ.

3 BBO 四倍频 266 nm 紫外激光产生

实验装置如下图 1.

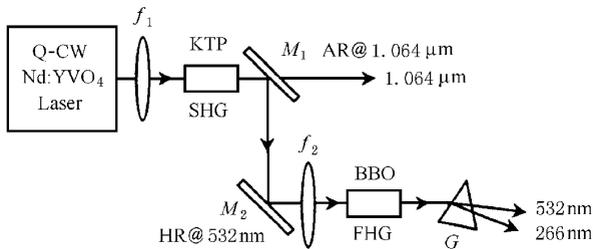


图 1 BBO 四倍频产生紫外激光装置的示意图

基频光源如上节所述, 经一 $f = 50$ mm 的透镜聚焦, 在焦点附近放一 KTP 晶体, 尺寸为 3 mm \times 3 mm \times 9 mm, 两边镀 1.064 μ m/532 nm 双色增透膜, 采用 II 类相位匹配, 在泵光注入功率为 7.9 W、重复频率为 12.5 kHz 时, 绿光输出功率 570 mW, 脉宽 25 ns, 单次通过二次谐波转换效率达 46%. 532 nm 输出为 TEM₀₀ 模, 且输出稳定, 为后边产生高效的四次谐波提供了较好的保证.

二次谐波经 M_1 , M_2 镜反射和 f_2 透镜聚焦后入射到 BBO 晶体, BBO 晶体放在 f_2 的焦点附近, 尺寸为 4 mm \times 4 mm \times 7 mm, 两边镀 532/266 nm 双色增透, 采用 I 类相位匹配 ($\theta = 47.6^\circ$) 经棱镜分光后可获得紫外输出. 在抽运功率为 7.9 W、重复频率 12.5 kHz 时, 我们获得平均功率为 63 mW 的 266 nm 紫外输出, 其单脉冲能量 5 μ J, 脉宽约为 20 ns, 峰值功率为 252 W, 绿光—紫外单次通过功率转换效率为 11%, 功率输出稳定, 在 30 min 内测得其稳定度优于 2%. 图 2 给出了在不同重复频率情况下 266 nm 输出功率与抽运注入功率的关系.

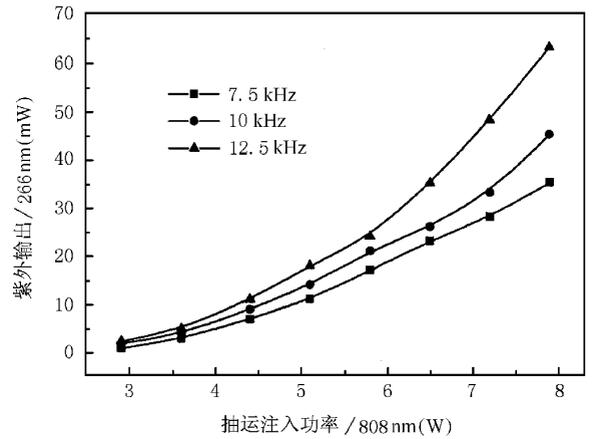


图 2 紫外光输出在不同重复频率下与抽运功率的关系

4 结 论

利用 BBO 四倍频特性, 我们实现了全固态 Nd:YVO₄ 激光近红外到紫外的频率变换, 获得准连续 266 nm 平均输出功率 63 mW, 同时还获得 1.064 μ m 和 532 nm 输出, 其输出功率分别为 547 mW 和 518 mW. 实验中我们还发现随着注入抽运功率进一步加大 (超过 8 W) 时, 266 nm 输出光模式变差, 输出功率下降, 其中一个原因可能是 BBO 晶体在 266 nm 附近的光折变效应造成了对 266 nm 的强烈吸收; 另一个原因是 Nd:YVO₄ 晶体的热透镜效应引起谐振腔工作状态偏离了稳定区. 如何在高抽运功率下提高四次谐波的效率, 目前正在实验研究中.

- [1] Tetso, Kojima *et al.*, CLEO '99, CTUB6 (1999), 64.
- [2] E. Zanger, R. Mueller *et al.*, CLEO '99, CTUG4 (1999), 68.
- [3] B. Kohler, T. Andres *et al.*, CLEO '2000, CTUA8 (2000), 142.
- [4] J. Sakuma, N. Kitatochi *et al.*, CLEO '2000, CTUA10, (2000), 142.
- [5] Tetsuo Kojima, Susuma Konno *et al.*, Opt. Lett., 25(2000), 58.
- [6] K. Kondo, M. Oka *et al.*, Opt. Lett., 23(1998), 195.
- [7] Jocchim, Knittel, A. H. Kung, Opt. Lett., 22(1997), 366.

ALL-SOLID-STATE Nd :YVO₄ UV LASER AT 266 nm BY FOURTH HARMONIC USING A BBO CRYSTAL*

HE JING-LIANG LU XING-QIANG JIA YU-LEI MAN BAO-YUAN

(*Laboratory of Modern Optical ,Shandong Teachers ' University ,Jinan 250014 ,China*)

ZHU SHI-NING ZHU YONG-YUAN

(*Laboratory of Solid State Microstructures ,Nanjing University ,Nanjing 210008 ,China*)

(Received 21 June 2000)

ABSTRACT

We have demonstrated a diode-pumped Q-switched Nd :YVO₄ laser that produced ultraviolet output at 266 nm by using BBO single pass fourth harmonic generation. When the incident pumping power was 7.9 W ,we obtained 63 mW output and IR-UV energy conversion as great as 11% at 12.5 kHz repetition rate with per pulse energy of 5 μJ and peak power of 252 W.

Keywords : 266nm ultraviolet laser , fourth harmonic ganeration , all-solid-state

PACC : 4255R

* Project supported by the Laboratory of Solid State Microstructures ,Nanjing University (Grant No. 2990603).