

3 W 全固态 355 nm Nd:YAG 激光器*

高平均功率全固态调 Q 355 nm 激光器在微电子、激光加工 科研等领域有着广泛应用,如在电路板加工与立体印刷方面。电路板加工要求紫外激光在高重复频率时提供大于 300 μJ 的脉冲能量,立体印刷技术要求的是平均功率(一般在 0.4~1 W 之间)。而一般的激光材料加工要求的平均功率在 5~10 W 水平。美国光谱物理公司用端抽运 Nd:YVO₄ 激光获得了 12 W, 30 kHz 的 355 nm 激光^[1];日本三菱公司获得了 18 W, 25 kHz 的 Nd:YAG 355 nm 激光^[2]。我们采用双棒串接热致双折射补偿谐振腔设计及临界相位匹配的 KTP 和 LBO 晶体,经过初步实验,获得了 3.4 W, 4 kHz 的三倍频输出。

实验装置如下:谐振腔采用双棒串接配置。两个激光头为侧面抽运的 Nd:YAG 二极管阵列,从三向对称抽运,每个激光头所用阵列最大输出功率 180 W, Nd:YAG 棒长 64 mm,直径 3 mm,掺杂 0.6 at.-%。Q 开关是 NEOS 公司生产的,中心频率 27.12 MHz, 1~50 kHz 连续可调。两个激光头之间加 90° 旋光片用来补偿热致双折射。根据最大抽运时激光晶体中的热透镜大小,腔设计时使抽运最大时模体积上升,因此在没有用光阑限模的情况下,不损失激光功率,而获得较好的模式。在 10 kHz 时,1064 nm 最大输出功率为 75 W, $M^2 \approx 3.9$,脉宽小于 80 ns,此时空间强度分布见图 1。4 kHz 时,最大输出为 60 W。采用 KTP II 类临界相位匹配腔外倍频($\theta = 90^\circ, \phi = 23.5^\circ$,晶体尺寸 3 mm × 3 mm × 8 mm),在 4 kHz 时,获得 532 nm 绿光输出达 16.2 W,脉宽小于 40 ns。

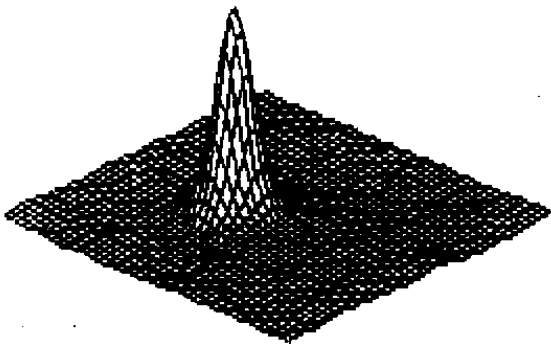


图 1 最大允许注入电流时基频光斑空间强度三维分布
Fig.1 Intensity distribution of fundamental laser beam at maximum input current

三倍频采用 LBO 晶体 II 类临界相位匹配,室温下(300 K)匹配角 $\theta = 42.6^\circ, \phi = 90^\circ$,有效非线性系数 $d_{\text{eff}} = -0.532$ pm/V。此时,走离角为 9.35 mrad,根据 532 nm 光源的功率密度,晶体长度为 15 mm。为防止激光返回,沿 ϕ 方面切了楔角。

LBO 晶体的折射率方程对温度非常敏感^[3],允许温度只有 3.47 K/cm,匹配角以及有效非线性系数随温度变化很大;而且 LBO 晶体的热导率只有 0.035 W/cm·K(YAG 热导率的 1/4)^[4],因此控温是非常重要的。实验中也观察到温度退化效应:电流加大后,三倍频光输出先上升到一个高值,然后逐

步下降一个很大的值。这种现象在加水冷后有很大改观,热稳过程中甚至有一个小幅度上升。

图 2 是绿光与紫外光随基频功率的变化曲线,24 A 时,基频 1064 nm 约 60 W,355 nm 输出达到 3.4 W,基频-三倍频转换效率为 5.6%。

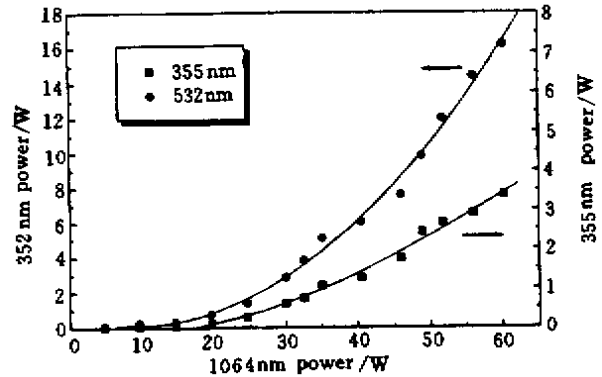


图 2 倍频(532 nm)和三倍频(355 nm)输出与基频(1064 nm)功率的关系

Fig.2 Dependence of SH and TH output on 1064 nm power

值得指出的是,虽然腔内三倍频可能做到更高的效率,但腔外三倍频可能更实用。因为在实际工业应用中常常要求激光波长的方便切换,比如打标机针对不同的材料需要不同的波长,而腔外三倍频与腔内方式相比容易做到切换波长时的即插即用。

参 考 文 献

- 1 N. Hodgson, D. Dudley, L. Gruber *et al.*. Diode end-pumped TEM₀₀ Nd:YVO₄ laser with output power greater than 12 W at 355 nm [C]. Technical Digest of CLEO '2001, p389, CThC4
- 2 S. Konno, T. Kojima, S. Fujikawa *et al.*. High-average-power, high-repetition, diode-pumped third-harmonic Nd:YAG laser [C]. Technical Digest of CLEO '2001, p391, CThC6
- 3 K. Kato. Temperature-tuned 90° phase-matching properties of LiB₃O₅ [J]. *IEEE J. Quantum Electron.*, 1994, **30**(12): 2950~2952
- 4 J. D. Beasley. Thermal conductivities of some novel nonlinear optical materials [J]. *Appl. Opt.*, 1994, **33**(6): 1000~1003

中国科学院物理研究所,北京 100080
冯 衍,毕 勇,张鸿博,姚爱芸,
王桂玲,林学春,汪家升,许祖彦
中国科学院理化技术研究所,北京 100080
朱 镛,陈创天
收稿日期 2001-12-03;
收到修改稿日期 2001-12-30

* 973 计划(项目编号 KJCX1-05)资助项目。