

双波长 Nd : YAG 脉冲激光器的实验研究 *

林文雄 沈鸿元 曾瑞荣 周玉平 于桂芳 **

(中国科学院福建物构所, 福州 350002)

提要 根据多波长同时振荡条件, 我们建立了大能量 1064 nm 和 1318 nm 同时运转的双波长脉冲 Nd : YAG 激光器。得到了 1064 nm 和 1318 nm 的激光输出能量分别为 0.594 J 和 0.861 J, 效率分别为 0.31% 和 0.45%。实验结果说明了该双波长激光器有较好的时间和空间重迭性。

关键词 Nd : YAG, 脉冲, 双波长

近年来, 双波长激光器成为一个国际上较为热门的研究课题。它广泛用于干涉彩虹全息、精确激光光谱、多光子分子分离、光雷达、非线性频率转换、激光医学等领域。虽然在气体激光器上较易获得多波长激光输出。但比较而言, 固体双波长激光器更为重要, 因为它可以提供更大的输出能量, 而且其覆盖的波段尤为重要。目前这类激光器已见报道的有脉冲 Nd : YAG^[1~3](运转于 1064 nm 和 1318 nm), Nd : YLF^[4](1047 nm 和 1313 nm)。此外还有以 Er³⁺, Nd³⁺ 同时为激活离子的 YAG 激光器^[5], 和以 Ho^{A+}, Nd³⁺ 同时为激活离子的 YAG 激光器^[6]。

我们在前一阶段的工作中, 已建立了同时多波长振荡条件^[7], 并且在 Nd : YAlO₃ 中已实现了连续及脉冲的双波长(1079.5 nm 和 1341.4 nm)同时输出的激光器。对于 Nd : YAG 双波长脉冲激光, 国外虽然已有报道, 但由于双波长工作运转的机理尚存在争议, 为了进一步分析并验证其工作的机理, 在国内, 我们近来首先开展了 Nd : YAG 双波长脉冲激光器的实验研究, 并获得了较好的结果。

根据多波长同时振荡条件^[7], 当存在两条谱线的跃迁, 其中这两种跃迁有共同的上能级(可以是同一上能级上的不同斯托克斯子能级)和不同的下能级, 那么这两条谱线同时实现激光运转, 就必须有相同的振荡阈值, 即

$$\ln(1/r) = 2L[(\sigma/\sigma_i)\alpha_i - \alpha] + (\sigma/\sigma_i)\ln(1/r_i) \quad (1)$$

式中 σ , α 和 r 分别对应于有较大跃迁截面谱线的受激跃迁截面, 单程损耗和输出镜反射率, σ_i , α_i 和 r_i 对应于另一跃迁的参数。这里我们采用的后镜对两种不同的波长均为反射率 $\sim 100\%$ 。式中 L 是 YAG 棒的长度。

根据 Nd : YAG 跃迁截面参数, ${}^4F_{3/2} - {}^4I_{11/2}$ (对应波长 1064 nm)的跃迁截面为 $4.6 \times$

* 本工作得到福建省自然科学基金的资助。

** 参加本工作的还有黄呈辉、曾政东、吴瑞芬、叶启金等。

收稿日期: 1993 年 6 月 7 日, 收到修改稿日期: 1993 年 7 月 19 日

$10^{-19} \text{ cm}^{-2[8,9]}$, ${}^4F_{3/2} - {}^4I_{13/2}$ (对应波长为 1318 nm) 的跃迁截面为 $0.92 \times 10^{-19} \text{ cm}^{-2[9]}$ 。

文献[10]测得的长度为 76 mm Nd:YAG 棒的总损耗为 15.1%，由此算得的单程损耗为 0.0198 /cm。可近似认为 1064 nm 与 1318 nm 激光有相同的单程损耗。实验采用的激光棒尺寸为 $\phi 6 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ 。

根据以上参数,则由方程(1),我们可以计算 Nd:YAG 激光双波长运转的同时振荡条件。

当 1318 nm 反射率为 52.5% 时,可由方程(1)计算得到 1064 nm 反射率为 0.81%。

在我们实验中,采用了一片输出镜,对 1064 nm 的反射率为 0.86%。实验装置如图 1 所示。为了测试对应不同波长的能量,实验中我们用了一片双色滤光片。输出能量是用上海光机所生产的 RT-7100 型能量计测试的。改变注入能量得到的不同的能量输出示于图 2。

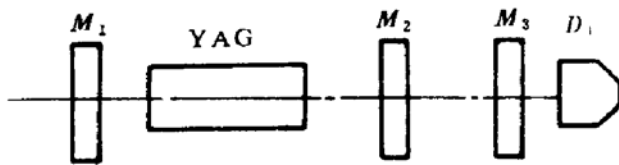


Fig. 1 The setup sketch of the pulsed dual wavelength laser.

M_1 is a mirror which is HR at both 1064 nm and 1318 nm; The reflectivities of M_2 is 0.86% at 1064 nm and 52.5% at 1318 nm; M_3 is the filter used in measuring the energies, and it is HR at 1318 nm and 96% transmittivity at 1064 nm; D_1 is Model RJ-7100 energy meter

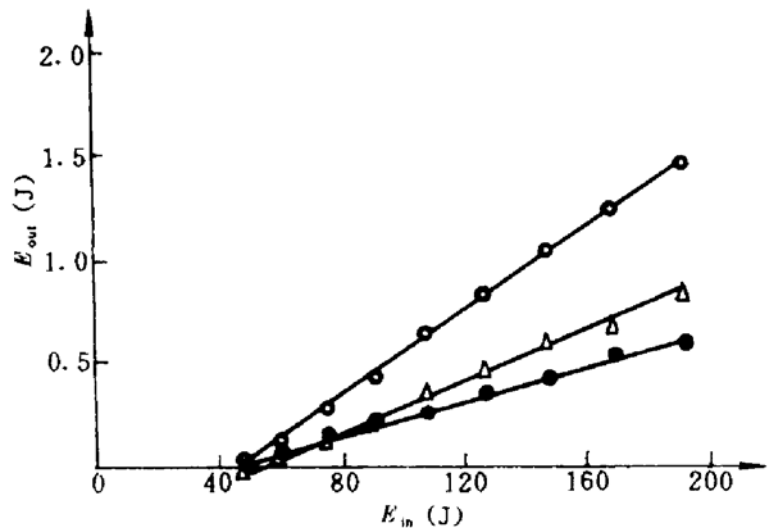


Fig. 2 The curves of the pulsed output energy vs. input energy of Nd:YAG dual wavelength laser

○: total output energy curves of dual wavelength (1064 nm, 1318 nm); △: 1318 nm output energy curve; ●: 1064 nm input energy curve

实验获得的双波长最大输出总能量为 1.455 J, 其中 $E_{1064} = 0.594 \text{ J}$, $E_{1318} = 0.861 \text{ J}$, 能量转换效率分别为 0.31% 及 0.45%。双波长激光工作在长脉冲状态, 重复率为 1 Hz, 1064 nm 激光脉宽为 150 μs , 1318 nm 脉宽为 200 μs , 脉冲能量输出较稳定。

从我们的实验结果, 可以看到由双波长同时振荡条件计算的输出耦合 $R_{1064} = 0.81\%$, $R_{1318} = 52.5\%$, 这与实验中采用的输出耦合度 $R_{1064} = 0.86\%$, $R_{1318} = 52.5\%$ 相当符合。从而说明双波长振荡条件具有较强的指导意义。

为了初步检验该双波长激光输出的时间和空间特性, 实验中我们采用了一块 LiIO_3 晶体作为非线性频率转换晶体, 在转动不到 6° 的范围内, 通过调节 LiIO_3 晶体入射面与激光光束的夹角, 我们分别实现了 1064 nm 的倍频 (532 nm), 1318 nm 的倍频 (659 nm), 以及 1064 nm 和 1318 nm 的和频光 (589 nm)。从和频光的输出模式特性上我们可以初步判断 1064 nm 和 1318 nm 的激光有较好的时间、空间重迭性。

参 考 文 献

- 1 V. E. Nadocheev, O. E. Nanii. *Sov. J. Quant. Electr.*, 1989, **19**(4) : 444~446
- 2 C. G. Bethea. *IEEE J. Quant. Electr.*, 1973, **9** : 254~259
- 3 H. E. Tomaschke, G. A. Henderson *et al.* in Tech. Dig., Conf. Laser and Electro-opt. (Optics Society of America), SERIES, 1990, **9** : 252, Paper CWF5
- 4 W. Vollmar, M. G. Nights *et al.* in Tech. Dig., Conf. Laser and Electro-opt. (Optics Society of America), 1983, May, **17~21** : 188
- 5 W. Q. Shi, R. Kurtz *et al.* *Appl. Phys. Lett.*, 1987, **15** : 1218~1220
- 6 J. Machan, R. Kurtz *et al.* *Appl. Phys. Lett.*, 1987, **15** : 1313~1315
- 7 H. Y. Shen. *Chinese Phys. Lett.*, 1990, **7**(4) : 174~176
- 8 H. Y. Shen, T. Q. Lian *et al.* *IEEE J. Quant. Electr.*, 1989, **25**(2) : 144~146
- 9 S. Singh, R. G. Smith *et al.* *Phys. Rev.*, 1974, **10** : 2566
- 10 Norman, P. Banes, Donald J. Gellemy *et al.* *IEEE J. Quant. Electr.*, 1987, **QE-23** : 1434

Experimental Research on Dual Wavelength Nd : YAG Pulsed Laser

Lin W. X. Shen H. Y. Zheng R. R. Zhou Y. P. Yu G. F.

(Fujian Institute of Matter Structure, Academia Sinica, Fuzhou 350002)

Abstract Upon the basis of oscillation condition of simultaneous multiple wavelength lasing, 1064 nm and 1318 dual wavelength Nd : YAG pulsed laser has been established. The output energies of 0.594 J and 0.86 J with efficiencies of 0.31% and 0.45% for the 1064 nm and 1318 nm respectively have been achieved. From the experimental results, we found this kind of dual wavelength pulsed laser has a quite good spatio-temporal overlapping property.

Key words Nd : YAG, pulsed laser, dual wavelength