

# 1.319 $\mu\text{m}$ 连续固体锁模激光器

陈越峰 张世文

(华北光电技术研究所, 北京 100015)

**摘 要** 报道了 1.319  $\mu\text{m}$  Nd:YAG 连续锁模激光器的技术研究. 激光器的谐振腔为低热敏腔, 用声光振幅调制器作为锁模元件, 泵浦腔具有较高的泵浦效率和输出稳定性, 获得了重复频率~100 MHz, 平均功率~0.54 W, 脉宽<170 ps 的光脉冲.

**关键词** 超短脉冲, 主动锁模 Nd:YAG 激光器.

由于 1.319  $\mu\text{m}$  位于普通熔石英光纤的零色散波长附近, 于是这一波段上的锁模激光器成为光纤领域里不可缺少的光脉冲源<sup>[1,2]</sup>, 而且 1.319  $\mu\text{m}$  Nd:YAG 锁模激光器与固体激光器的高功率、长寿命等优点结合起来, 对于超快过程光谱、非线性光学、光纤通讯等诸多方面<sup>[3~7]</sup>更具应用价值.

## 1 实验装置

实验装置如图 1 所示.

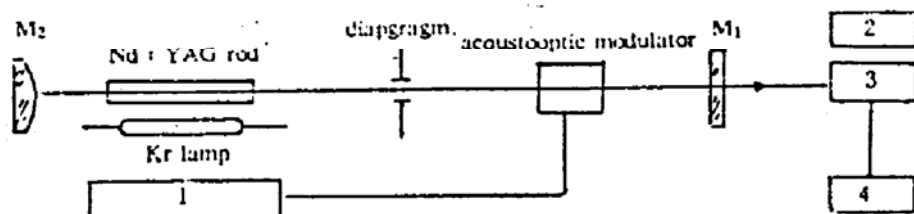


Fig. 1 The schematic diagram of the experimental setup

1. frequency synthesizer, 2. optical power meter, 3. Ge detector, 4. 2467-type oscilloscope

### 1.1 声光振幅调制器

声光调制器是 Nd:YAG 锁模激光器的关键部件, 本文所用的声光调制器的换能器是 Y 36°切割的铌酸锂晶体, 熔石英作为声光作用介质. 用一匹配网络使声光器件的输入阻抗等于驱动电源的输出阻抗以最大限度地利用驱动源提供的电功率, 并消除有害的谐波, 改善驱动频率的波形.

### 1.2 谐振腔

在连续波固体激光器中, 激光介质的热效应严重地影响着激光输出特性. 根据内含类透

镜介质的热稳性谐振腔理论<sup>[8,9]</sup>,从透镜光斑的热扰不敏感出发,把谐振腔设计成热不灵敏腔.其腔参数为: $R_1 = \infty, R_2 = -1 \text{ m}$ .该腔在实验中有明显的功率热稳峰,是实际的运转工作点.

### 1.3 泵浦腔

本文采用单椭圆柱金属泵浦腔,传统的泵浦腔是将冷却水从水嘴输入后直接正对棒或灯的套管,水流冲击力较大,易引起棒或灯的抖动而导致激光器输出不稳定.本文设计研制的泵浦腔,可以缓解冷却水的直接冲力,使水流较平稳地进入到灯和棒套中,从而使激光器的输出稳定性有所提高.这种泵浦腔的另一个特点是,棒两端支点的距离较常用泵浦腔缩短了 60 mm 左右,从而改善了棒的机械稳定性,进而提高了激光输出稳定性.

此外,锁模激光器要求在抑制高阶模振荡的同时以尽可能大的  $\text{TEM}_{00}$  模体积运转,因此,激光介质和光栏孔径的尺寸,调制器参数和位置、光栏的位置以及输出镜的透过率等都要依据理论和实验来确定.影响器件效率的因素也要进行考虑:灯、棒匹配,泵浦腔种类和参数;谐振腔腔型;最佳输出耦合等等.为了提高激光器输出稳定性,还要求激光主电源有较高的可靠性和稳定性,冷却水流量也要适当.

## 2 实验结果

### 2.1 1.319 $\mu\text{m}$ 锁模运转的实验条件

平凸谐振腔,输出镜  $R_1 = \infty$ ,其透过率  $T_m = 6\%$ ,全反镜  $R_2 = -1 \text{ m}$ ;Nd:YAG 棒尺寸为  $\phi 5 \times 80 \text{ mm}$ ,5 KV8 型 Kr 灯放电电弧直径约 5 mm,工作电流 22 A;声光振幅调制器的工作频率  $f_m = 49.953 \text{ MHz}$ ,频率稳定度  $\sim 10^{-7}$ ,输入电信号功率  $\sim 2 \text{ W}$ ;小孔光栏直径  $\sim 1.5 \text{ mm}$ ;激光主电源注入功率 3.08 kW.腔参数为:几何腔长  $L_g = 139.0 \text{ cm}$ ;输出镜到激光头中心的距离  $L_1 = 860 \text{ mm}$ ;声光调制器位于紧贴输出镜  $R_1$  处;小孔光栏位于紧靠调制器处.

实现 1.319  $\mu\text{m}$  锁模运转的一个关键是充分抑制 1.06  $\mu\text{m}$  光振荡,为此,在 Nd:YAG 棒两端面镀 1.319  $\mu\text{m}$  增透膜,从而使在连续运转状况下,1.06  $\mu\text{m}$  光不可能产生振荡.

### 2.2 锁模运转状况

用响应时间  $< 100 \text{ ps}$  的 ZGT-20 型快速锗雪崩光电探测器与美国 Taktronix 公司出品的 2467 型示波器观察锁模输出情况,用激光功率计测量激光器的输出功率.

图 2~图 5 为在 2467 型示波器上用相机照下的波形图.其中,图 2 给出了呈最佳状态的锁模脉冲序列波形.利用腔长的微调机构缓慢增加或减小腔长,当腔长改变到一定值时,脉冲波形已明显变差,脉冲幅度降低,从而得到正、负失谐时的锁模脉冲,如图 3、图 4 所示.

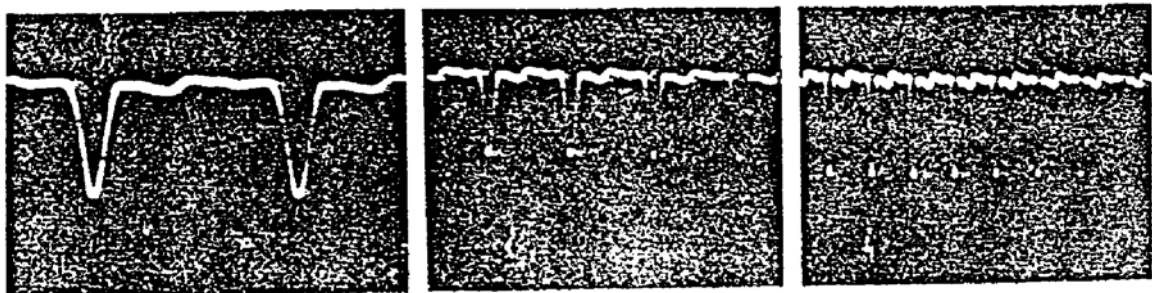


Fig. 2 The stable mode-locked pulse array pattern



Fig. 3 The positive-mistuning mode-locked pulse array pattern



Fig. 4 The negative-mistuning mode-locked pulse array pattern

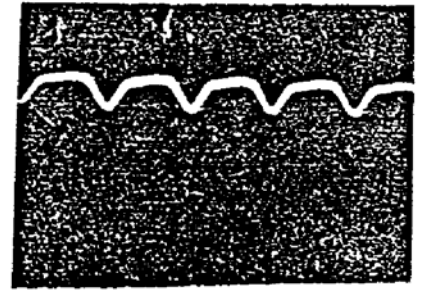


Fig. 5 The self-mode-locked pulse array pattern

图 5 是 150 cm 腔长下不稳定的自锁定脉冲序列。

最后, 对锁模脉冲宽度进行粗略估算, 其脉宽约为  $\sim 170$  ps, 实际脉宽应比此值小。测得最佳锁模输出功率  $\sim 0.54$  W。测得正、负失谐量基本一致, 约为  $\sim 600$   $\mu\text{m}$ , 而理论计算值约为几十  $\sim$  几百  $\mu\text{m}$ 。

理想锁模对激光器的结构设计及运转条件要求十分严格。本文的 1.319  $\mu\text{m}$  连续锁模激光系统的成功运行, 表明本文对这种激光系统的理论分析与设计基本上正确。

### 参 考 文 献

- [1] L. F. Mollenauer, R. H. Stolen, The soliton laser. *Opt. Lett.*, 1984, 9(1): 13~15
- [2] E. P. Ippen, H. A. Haus; L. Y. Liu Additive pulse mode locking. *J. Opt. Soc. Am. B*, 1989, 6(9): 1736~1745
- [3] A. Yariv, Quantum Electronics. John Wiley sons, Inc. (New York), 1975
- [4] R. G. Smith, Optical power handling capacity of low loss optical fibers as determined by stimulated Raman and Brillouin scattering. *Appl. Opt.*, 11(11): 2489~2494
- [5] R. H. Stolen, Chinlon Lin, Self-phase-modulation in silica optical fibers. *Phys. Rev. A*, 17(4): 1448~1453
- [6] R. R. Alfano, P. P. Ho, Self-cross-, and induced-phase modulations of ultrashort laser pulse propagation. *IEEE, J. Quant. Electron.*, 1988, 24(2): 351
- [7] M. N. Islam, L. F. Mollenauer, R. H. Stolen *et al.*, Cross-phase modulation in optical fibers. *Opt. Lett.*, 1987, 12(8): 625~627
- [8] H. Kogelnik, Imaging of optical modes-resonators with internal lenses. *The Bell System Technical Journal*, 1965, 3(3): 457
- [9] V. Magni, Resonators for solid-state lasers with large-volume fundamental mode and high alignment stability. *Appl. Opt.*, 1986, 25(1): 107

## A 1.319 $\mu\text{m}$ CW Nd:YAG Mode-Locking Laser

Chen Yuefeng      Zh ng Shiwen

(The North China Research Institute of Electro-Optics, Beijing 100015)

(Received 11 March 1993; revised 2 August 1993)

**Abstract** In this paper, a study of 1.319  $\mu\text{m}$  CW Nd:YAG mode-locking laser is reported. The pulse width of less than 170 ps with repetition rates around 100 MHz and average power of 0.54 W are obtained. This kind of short pulse solid-state lasers with 1.3~1.5  $\mu\text{m}$  infrared wavelength has effective application in optic fibre communication and transmission.

**Key words** ultra short pulse, active mode-locking Nd:YAG laser.