

脉冲稳频 Nd : YAG 环行激光器*

黄茂全 郑晋玲 张宽收 彭堃墀

(山西大学光电研究所, 太原 030006)

提要 我们在实现单频行波运转的脉冲 Nd : YAG 环行激光器基础上, 通过自动搜索补偿和快速稳频环路, 获得脉宽为 0.7 ms, 峰值功率大于 100 W, 频漂小于 1 MHz 的 1.06 μm 稳频激光。

关键词 稳频, 自动搜索, 补偿

Pulsed frequency-stabilized ring Nd : YAG laser

Huang Maoquan, Zheng Jinlin, Zhang Kuanshou, Peng Kunchi

(Institute of Opto-Electronics Researches, Shanxi University, Taiyuan 030006)

Abstract Using an auto-search compensation and quick feedback frequency-stabilized system to the single-axial-mode pulsed ring Nd : YAG laser, we have obtained the output of a frequency-stabilized laser at 1.06 μm with a pulsewidth of 0.7 ms, peakpower of more than 100 W, frequency-stability of less than 1 MHz.

Key words frequency-stabilization, auto-search, compensation

1 引言

稳频脉冲激光技术在高精度气象激光雷达、高分辨率光谱学及脉冲光场压缩态等方面有着重要的用途。

近年来 Q 开关短脉冲单纵模激光技术发展很快, 特别是在激光二极管泵浦的单片高稳定度的 Nd : YAG 单纵模振荡器问世后, 大大促进了 Q 开关非稳腔注入锁定技术的发展, 获得 Q 开关单纵模高功率脉冲输出^[1]。但由于傅里叶频谱展宽的限制, 此技术无法做到窄线宽。

实验表明, 工作在单纵模状态的非调 Q 脉冲激光器, 在输出脉冲的持续时间内频率跳动近达百兆赫。1982 年报道了 Sun. Y. L 和 Byer 使用长脉冲稳频 Nd : YAG 激光器, 获得脉冲宽度为 5 ms, 峰值功率为 100 mW, 频率稳定性优于 0.2 MHz 的激光输出^[2]。

为了开拓脉冲稳频激光器的应用, 我们在保持器件一定的频率稳定性的前提下, 尽力提高

收稿日期: 1991 年 4 月 1 日; 收到修改稿日期: 1991 年 5 月 20 日。

*山西省科学基金资助课题。

输出的功率。最近我们获得脉宽为 0.7 ms, 峰值功率大于 100 W, 频率稳定性优于 1 MHz, 波长为 1.06 μm 的脉冲输出, 稳频的成功率达 80% 以上。

2 设计思想

稳频激光器首先应保证长时间工作在单横模、单纵模状态。我们使用在连续稳频 Nd : YAG 激光器工作中曾经使用过的方法^[3], 使脉冲 Nd : YAG 激光器处于单纵模运转。

由于周期性泵浦引起激光棒折射率的变化, 及谐振腔、光学元件、冷却系统等受到的机械、热、声等扰动的影响, 都可导致一个脉冲持续时间内频率的跳动以及脉冲与脉冲之间频率的较大差异。

为了稳定脉冲激光器的频率, 除了采用热膨胀系数较小的殷钢作为谐振腔支架并装在防震平台上及其它有关措施外, 我们设计并使用了由共焦 F-P 腔、自动搜索补偿器、快速稳频器及双探测器组成的脉冲稳频系统。

对脉冲与脉冲之间频率的差异和周期性泵浦引起的有规律的光程慢变化, 利用共焦 F-P 腔, 自动搜索补偿器驱动 PZT 进行自动搜索, 并对激光器腔长的变化进行补偿, 从而实现初步稳频。

对于其它因素引起的腔长无规则变化, 我们用快速稳频器驱动置于腔内的稳频电光晶体 LN_1 进行适时反馈补偿。由双探测器直接鉴别并给出误差信号, 经过放大, 反馈给电光晶体 LN_1 , 通过 LN_1 的折射率快变化来补偿腔长的快变化以实现精细稳频。

3 实验与结果

实验装置如图 1 所示。

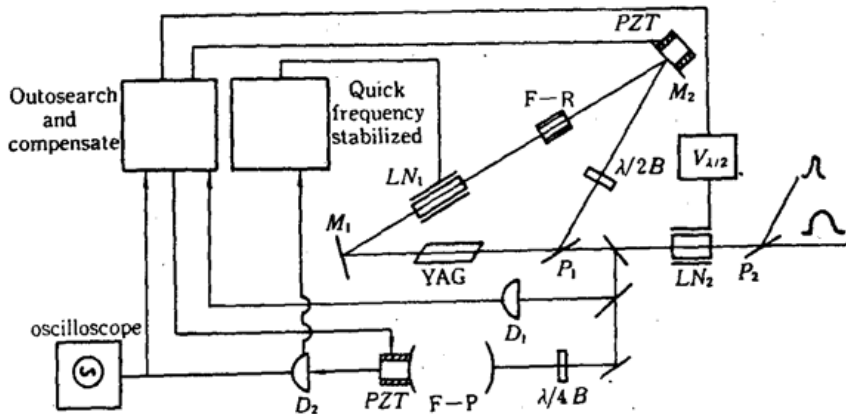


Fig. 1 Layout of pulsed frequency-stabilized laser

环形腔总长为 110 cm, YAG 棒直径为 3 mm, 长为 70 mm。 M_1, M_2 为全反平面镜, P_1 为偏振片作腔内起偏兼腔输出镜, B 为波片。法拉第旋转器 $F-R, B$ 和 P_1 构成光单向器, 适当调整可使激光器工作于单向行波状态。 LN_1 为 x 方向通光、 z 方向加压的电光稳频晶体。电光晶体 LN_2 和偏振片 P_2 用来截去激光输出的瞬态尖峰部分。F-P 为共焦参考腔, 曲率半径为 102 mm, 高反射镜的反射率大于 99%, 理想清晰度为 300, 实验中测得清晰度为 100。

首先使激光器处于单纵模运转。可以观察共焦腔的透射峰加以判别,如图 2 所示。共焦腔的自由光谱范围为 735 MHz,利用图 2 可知示波器显示屏上 1 ms 对应频率 1200 MHz。

透过共焦腔的光强不仅取决于激光频率与共焦腔中心频率的偏差,而且与激光输出功率的波动有关。为了消除功率波动的影响,我们调整放电网络参数直到获得近似矩形的激光输出。如图 3 所示。图形前部是由尖峰效应所致。

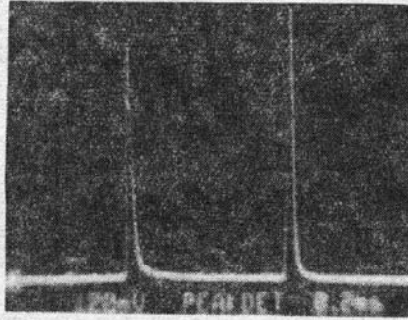


Fig. 2 Transmission curve of the confocal cavity

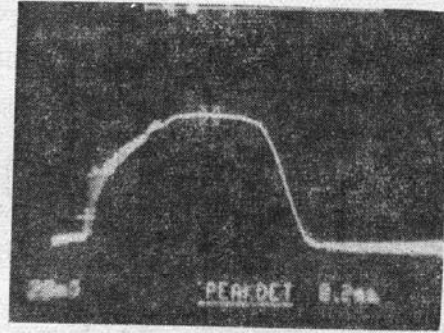


Fig. 3 Profile of the laser output

图 4 是利用双探测器和用锯齿波电压扫描的 F-P 共焦腔得到的鉴频曲线。激光稳频稳在鉴频曲线的中心点。由图 4 知,鉴频曲线峰峰值之间的宽度为 $20 \mu\text{s}$,则峰峰值间频率宽度为 24 MHz,而峰峰值幅度为 108 mV,所以电信号幅度与频率的关系为 1 mV 对应 0.22 MHz。

经过自动搜索补偿稳频后,F-P 共焦腔透射曲线如图 5 所示。在示波器显示屏上强度波动小于 25 mV,对应的频率稳定性小于 6 MHz。

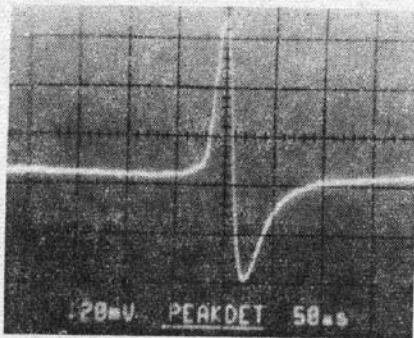


Fig. 4 Curve of frequency-discrimination

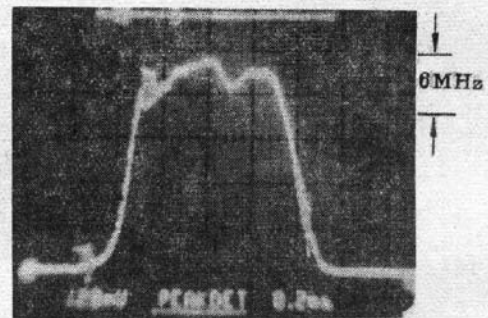


Fig. 5 Transmission curve of confocal cavity with compensation

经过精细稳频后,F-P 共焦腔透射曲线如图 6 所示。为避开尖峰效应,用电光开关 P_2 、 LN_2 截去瞬态尖峰部分,获得脉冲宽度为 0.7 ms 的稳频激光。

由图 6 看出,在示波器显示屏上的强度波动小于 4 mV,对应的频率稳定性小于 1 MHz。激光的输出能量为 90 mJ,脉宽为 0.7 ms,输出功率为 130 W。实验中稳频的成功率大于 80%。

调整好的扫描和补偿电压曲线如图 7 所示。其中,电压探极为 10:1 探极。则电压扫描速率为 150 V/ms,电压补偿速率为 10 V/ms。由于 1 ms 对应于 1200 MHz,利用电压扫描速率换算得 1 V 对应于 8.17 MHz。由电压补偿速率知,一个脉冲持续时间内补偿电压变化为 7 V,对应的频率跳动为 57 MHz。脉冲与脉冲之间的频率跳动可由锯齿波扫描中透射峰出现位置的跳

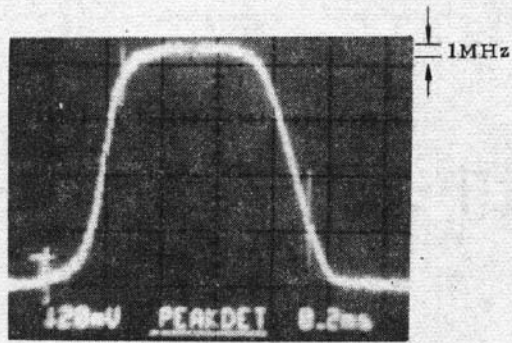


Fig. 6 Transmission curve of confocal cavity with frequency-stabilized system

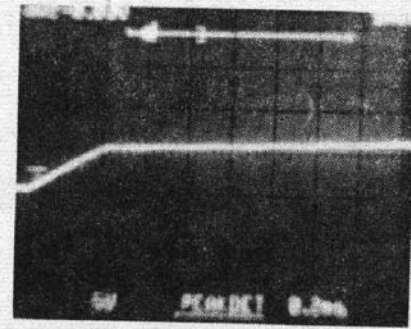


Fig. 7 Curve of scanning and compensating voltage

动得到。多次观察表明脉冲与脉冲间的频率跳动可以从数百兆赫到数千兆赫。

参 考 文 献

- 1 B. Perry, *Photonics Spectra*, **21**(1), 79(1987)
- 2 Y. L. Sun, R. L. Byer, *Opt. Lett.*, **7**(9), 408(1982)
- 3 彭堃堦 *et al.*, *中国激光*, **16**(8), 449(1989)