

文章编号: 0258-7025(2002)Supplement-0239-02

不同材料在平-ARR 腔的被动调 Q^{*}

吴逢铁 张文珍 王加贤 张建荣

(华侨大学应用物理系, 泉州 362011)

摘要 在 Nd:YAG 激光器中引入抗共振环(ARR)结构,将调 Q 材料 BDN 染料片和 LiF:F₂⁻ 色心晶体置于 ARR 中心,获得输出能量分别为 98.3 mJ 和 82.5 mJ,能量起伏 1.44% 和 0.88% 的高稳,大能量调 Q 单脉冲输出。同时和普通平-平腔进行实验比较并对结果进行初步分析。

关键词: 抗共振环, 调 Q 激光器, BDN 染料片, LiF:F₂⁻ 色心晶体

中图分类号 TN248.1⁺3 文献标识码 A

Passively Q-switching with Different Materials in Plane-ARR Resonator

WU Feng-tie ZHANG Wen-zhen WANG Jia-xian ZHANG Jian-rong

(Department Of Applied Physics, Huaqiao University, Quanzhou 362011)

Abstract Using an Anti-resonant Ring (ARR) in the Nd:YAG laser, and inserting the BDN dye film and LiF:F₂⁻ color center crystal into the center of ARR, a high stability and high energy single Q-switched laser pulses with output energy of 98.3 mJ and 82.5mJ, and energy fluctuation of 1.44% and 0.88% meanwhile, the experiments in the plane-plane resonator were compared and results were analyzed.

Key words anti-resonant ring; Q-switched laser; BDN dye film; LiF:F₂⁻ color center crystal

1 引言

被动调 Q 激光由于不需外加驱动电源,价格低廉,操作简易,即插即用使其得到广泛应用。然而由于其自身的动力学过程,调 Q 材料不稳定性等诸多因素,使得激光输出能量起伏较大而难以满足许多应用的要求。如何提高被动调 Q 激光的输出稳定性,是一个倍受关注的问题,这也是本文研究的重点。

作者曾探讨过新型调 Q 材料 Cr⁴⁺:YAG 在凸抗共振环(ARR)非稳腔中获得高稳激光输出并理论分析了 ARR 结构稳定激光输出的作用^[1,2]。为了验证上述实验和理论的可靠性。本文利用常用的 BDN 染料片和 LiF:F₂⁻ 色心晶体作为调 Q 材料,将调 Q 材料置于 ARR 中心。在平-ARR 腔获得稳定的高能量调 Q 单脉冲输出,同时实验比较了传统的平-平腔被动调 Q,并对实验结果进行分析。

2 实验条件与结果

调 Q 材料 BDN 染料片和 LiF:F₂⁻ 色心晶体尺寸分别为:10.8 mm×12.4 mm×0.1mm,10.4 mm×10.4 mm×30 mm;通光长度分别为:0.1 mm 和 30 mm;对 1.06 mm 的小倍号透过率分别为 43% 和 11%。实验装置简图如图 1 所示。采用平-ARR 介稳腔。M₁ 为 1.06 mm 平面全反镜, M₂, M₃, M₄ 构成 ARR(分析可知当 ARR 的分束镜满足对光能量的透射比为 1 时,ARR 等效为一平面全反镜)。激光器有效腔长 L = 900 mm,输出镜 M₀ 为 50/50。

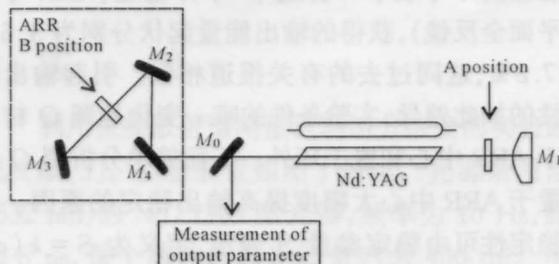


图 1 实验装置简图

Fig. 1 Scheme of experimental setup

* 福建省自然科学基金(A00180018、F9810013)资助课题。

激光工作物质 Nd:YAG 晶体, 尺寸为 $\phi 4.5 \text{ mm} \times 99 \text{ mm}$, 端面磨斜 2° , 用双脉冲氙灯抽运, 工作重复频率为 1 Hz。调 Q 材料置于 ARR 环内尽可能放在其中心对称位置以增强光栅效应。作为对比实验将调 Q 材料置于平镜前 A 处。

实验时, 控制抽运电压并由 HP54502A 型 400 MHz 数字式存储示波器监视激光输出波形和测定输出脉宽。当输出为单个调 Q 脉冲时对输出能量进行测定(测定数据为 10 次以上的平均值), 同时

在各种不同实验中保持相同的抽运能量。不同调 Q 材料在腔内不同位置的实验结果由表 1 给出。图 2 为典型的调 Q 单脉冲示波器照片。激光能量由 PT-1 型激光能量计测定。同时由相对误差公式

$$\frac{\Delta E}{\bar{E}} = \left[\sum_{i=1}^n |E_i - \bar{E}| \right] / n\bar{E} \times 100\%$$

算出输出能量起伏, 式中 n 为测量次数, E 为所测能量的平均值, 而 E_i 为单次测量的能量值。

表 1 实验结果

Table 1. Experimental results

Q-switched materials	position	average energy /mJ	pulsewidth /ns	energy fluctuation
BDN	center of ARR	98.3	50	1.44%
BDN	in front of plane mirror	62.4	25	3.6%
LiF:F ₂ ⁻	center of ARR	82.5	50	0.88%
LiF:F ₂ ⁻	in front of plane mirror	54.6	25	7.3%

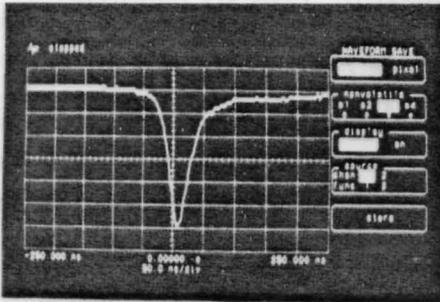


图 2 调 Q 单脉冲示波器照片

Fig. 2 Oscilloscope photograph of single Q-switched pulse (50 ns/div)

3 实验结果分析

实验结果表明, 在谐振腔中引入 ARR 结构, 并将调 Q 材料置于 ARR 中心, 非常有效地稳定了被动调 Q 激光的输出。在 BDN 染料片和 LiF:F₂⁻ 色心晶体中分别获得能量起伏为 1.44% 和 0.88% 的高稳激光输出。而当调 Q 材料置于平镜前 A 处, 该腔型实际等效于一普通平-平介稳腔 (ARR 等效一平面全反镜), 获得的输出能量起伏分别为 3.6% 和 7.3%, 这同过去的有关报道相似。引起输出稳定性的如此差异, 实验条件的唯一变化是调 Q 材料置于 ARR 中心和置于环外。下面简单分析调 Q 材料置于 ARR 中心大幅度提高输出稳定的原因。激光稳定性可由稳定参量 S 表示, 定义为 $S = k(\sigma_a / \sigma_g)$, 其中 k 为光束在增益处光束面积和光束在吸收介质处的光束面积之比, σ_a 为可饱和吸收体吸收截面, σ_g 为增益介质放大横截面, 理论计算表^[3], 与

单脉冲单向通过可饱和吸收体相比, 两脉冲在可饱和和吸收体处对撞 (即饱和吸收体置于 ARR 中心) 等效于可饱和吸收介质的吸收横截面增大 3 倍, 这将使光束的稳定性大大提高 (S 参量大大提高)。

从另一方面来看, 当 BDN 或 LiF 置于 ARR 中心, 两等光强, 相向传播的光脉冲在可饱和吸收体处相撞, 相干迭加同时对饱和吸收体进行漂白, 假如由于某种因素引起相向传播的光脉冲幅度不一致, 那么在漂白过程中, 吸收体对幅度高的脉冲有较大损耗, 如果两脉冲从增益介质处得到相同增益, 这种随机因素造成的幅度不一致会很快消除而趋于一致, 这就进一步稳定了激光输出。

以上的分析指出, 引入 ARR 结构, 等值反方向传播的光脉冲在可饱和吸收体处精确对撞引起的瞬态光栅效应对稳定激光输出起着至关重要的作用。

实验结果还指出, 当可饱和吸收体置于 ARR 中心, 可获得较高的输出能量, 但其脉冲宽度较大。

参 考 文 献

- 1 Wu Fengtie, Zhang Wenzhen. Study on Cr⁴⁺:YAG Q-Switched Laser with Convex-ARR Unstable Resonator. *Chinese J. Lasers* (中国激光), 2001, A28(1): 1~3 (in Chinese)
- 2 Wu Fengtie, Zhang Wenzhen. The function of anti-resonant Ring (ARR) in stabilizing passively Q-switched laser. *Acta Photonica Sinica* (光子学报), 2001, 30(7): 798~800 (in Chinese)
- 3 M. S. Stix, E. P. Ippen. Pulse shaping in passively mode-locked ring dye laser. *IEEE J. Quantum Electron.*, 1983, QE-19(4): 520~526