

棒和调制器的位置对 Nd:YAG 锁模激光器的影响

陈同生

蓝信钜 刘耀兰

(湖北师范学院物理系, 黄石, 435002) (华中理工大学激光研究所, 武汉, 430074)

摘要: 本文研究了激光棒和调制器在谐振腔中的位置对 Nd:YAG 激光器单模锁模输出的影响, 并给出了获得稳定基模最大功率输出时, 激光棒在谐振腔中的最佳位置区域。

关键词: 锁模激光器 单模

Effect of rod and modulator position on output properties of mode-locked Nd:YAG laser

Chen Tongsheng

Nan Xingju, Liu Yaonan

(Dep. of Physics, Hubei Normal University)

(Institute of Laser, HUST)

Abstract: The subject of this paper is to emphasize the results of experimental study of relationship of the position of rod and modulator with output power, mode volume and power stability of mode-locked Nd:YAG laser. The optimal position of laser rod is given.

Key words: mode-locked laser single mode

一、引言

锁模技术是获得超短激光脉冲的主要方法, 而单模运转是获得稳定锁模必备的条件。在固体锁模激光的各种应用中, 都要求激光器稳定工作在基模状态。为了充分利用激光棒, 激活介质中的 TEM_{00} 模体积应最大, 但又必须保证激光器的机械和光学干扰的稳定性。另外, 由激光棒的热聚焦效应引起的干扰和泵浦干扰则始终影响谐振腔的稳定性, 泵浦干扰还会引起激光棒焦长的变化, 这会严重影响 TEM_{00} 模体积, 从而影响激光器的输出。

激光棒在谐振腔中的位置对激活介质中的 TEM_{00} 模体积有很大影响, V. Magni 和 S. DE Silvestri^[1,2] 对此作了理论和实验研究。我们主要从实验上研究了 YAG 锁模激光器中激光棒的位置和调制器的位置对 TEM_{00} 模, 即激光器输出功率大小和稳定性的影响, 并给出了激光棒的最佳位置区域, 这与 S. DE Silvestri^[2] 的实验结果一致。

9 Yuhara T, Tada K, Li Y Sh. J Appl Phys, 1992; 71(8): 3966

作者简介: 陈云琳, 女, 1966年5月20日出生。硕士研究生。现攻读凝聚态物理专业。

收稿日期: 1994-12-05



二、实验装置

实验装置如图 1 所示。图中, M_1 为输出镜, 反射率为 85%, M_2 为全反镜, 反射率为 99.9%, F 为选模光栏, 且直径为 1.6mm, M 为声光调制器, 以 $Y-36^\circ$ 的 $LiNbO_3$ 作换能器, 其长度为 60mm, Kr 为氩灯, \odot 为泵浦电源, N 为 $\varnothing 4mm \times 100mm$ 的 Nd:YAG 激光棒, D 为探测器。

其谐振腔采用反射率为 99.9% 的全反镜 M_2 和反射率为 85% 的输出镜 M_1 组成。激光棒为 $\varnothing 4mm \times 100mm$ 的 Nd:

YAG 棒, 腔内插入 $\varnothing 1.6mm$ 的光栏选模, 并采用声光调制器 M 完成锁模损耗调制, 以 $Y-36^\circ$ 的 $LiNbO_3$ 作换能器, 其长度为 60mm。装置 (I) 中的调制器紧靠全反镜 M_2 , 而装置 (II) 中的调制器紧靠输出镜 M_1 。

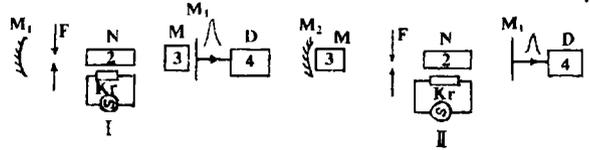


Fig. 1 Experimental setup
1 - aperture 2 - laser rod 3 - modulator 4 - detector

三、实验结果和讨论

l_1 和 l_2 分别是激光棒中点位置与 M_2 和 M_1 之间的几何距离, 对应的光学长度即光程分别为 l_1' 和 l_2' 。定义

$$\gamma' = l_1' / l_2' \quad (1)$$

实验中 M_1 与 M_2 之间距离为

$$l = l_1 + l_2 = 640mm$$

对应的光程

$$l' = l_1' + l_2' = 750mm$$

且对第一类装置有

$$l_1' = l_1 + (n_1 - 1) \cdot 60 + (n_2 - 1) \cdot 50 \quad (2)$$

式中, $n_1 = 1.50$ 是换能器的折射率, n_2 是 Nd:YAG 的折射率, $n_2 = 1.81$ 。对第二类装置有

$$l_1' = l_1 + (n_2 - 1) \cdot 50 \quad (3)$$

在一定的条件下, 激光器输出最大平均功率 \bar{P}_{max} 越大, 则激活介质中的 TEM_{00} 模体积越大, 即激光棒的利用率越高。我们在不同泵浦电流条件下, 对多种不同 γ' 值时的激光器输出平均功率 \bar{P} 进行了测量, 如附表所示, I 为泵浦电流。

Table Summary of measured average power when laser rod is placed at the position I and II of Fig. 1

		I							II						
		I(A)							I(A)						
$l_1(mm)$	310	320	330	350	360	370	380	335	345	365	375	385	395	405	
$l_1'(mm)$	380	390	400	420	430	440	450	375	385	405	415	425	435	445	
γ'	1.027	1.083	1.143	1.273	1.344	1.419	1.5	1	1.055	1.174	1.239	1.308	1.381	1.459	
$\bar{P}(W)$	2.60	2.80	3.30	3.10	2.80	2.70	2.30	12	1.60	1.80	2.30	2.40	2.10	2.00	1.40
$\bar{P}(W)$	4.80	5.10	5.62	5.40	5.70	5.00	4.40	15	3.25	3.80	4.40	4.30	4.50	4.00	3.00
$\bar{P}(W)$	5.70	6.15	6.50	8.60	8.00	7.22	6.20	18	7.60	8.20	8.50	9.20	8.30	7.50	6.60
$\bar{P}(W)$	4.80	6.60	7.25	6.80	7.61	6.80	5.80	19	7.40	8.00	8.40	8.60	7.80	7.30	6.10
$\bar{P}(W)$	3.10	5.10	5.30	4.40	5.20	4.40	3.80	20	3.80	4.20	5.10	4.40	3.80	4.10	2.85
$\bar{P}_{max}(W)$	5.70	6.60	7.25	8.80	8.10	7.30	6.20		7.60	8.20	8.70	9.30	8.30	7.55	6.60

从附表可以得到如下结论:

1. 激光棒在谐振腔中的位置对激光器输出的平均功率 \bar{P} 和最大平均功率 \bar{P}_{max} 有重大影响。当 $\gamma' = 1.1 \sim 1.35$ 时, \bar{P}_{max} 较大, 特别是 $\gamma' = 1.20 \sim 1.30$ 时, \bar{P}_{max} 最大。这与 Silvestri^[2] 的研究结果一致。

2. 调制器的位置对 \bar{P}_{max} 也有影响。其中第 II 类装置即调制器紧靠输出镜时, 可获得较大的 \bar{P}_{max} 。其理论有待进一步研究。

3. 对不同的 γ' 值, 输出平均功率 \bar{P} 对泵浦电流的灵敏性不同。图 2 I, II 分别对两类装置作出了对应三种不同 γ' 值的 $\bar{P}-I$ 曲线。由此可以看出, 对于能获得的 \bar{P}_{max} 越大时, 平均功率 \bar{P} 对泵浦电流的稳定性越差, 即对泵浦源的稳定性要求越高。这也与 Silvestri^[2] 的研究结果相吻合。

4. 激光棒的位置对激光器的泵浦阈值和上限饱和阈值都有影响, 对此我们将进行详细研究。

激光棒在谐振腔中的位置直接影响锁模激光器的输出特性, 本文为获得稳定的, 单模锁模最大输出提供了参考。

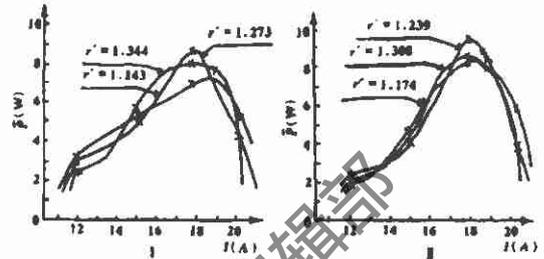


Fig. 2 Experimental curve of average power

参考文献

- 1 Magni V. Appl Opt, 1986;25(1):107
- 2 Silvestri S, Laporta P, Magni V. Opt. Commun, 1986;57(5):339

作者简介: 陈同生, 男, 1964年4月出生。硕士。现在湖北师范学院物理系从事教学工作。

收稿日期: 1992.10.31 收到修改稿日期: 1994.11.18



· 简 讯 ·

1500 瓦高频 CO₂ 激光器研究成功

鉴于射频激励价格昂贵和射频对环境是否有污染的争议, 而无声放电激励不易获得稳定可靠放电等原因, 华中理工大学采用 Al₂O₃ 陶瓷介质 ($\epsilon = 10$), 通过 1~2MHz 高频放电激励方法, 研制成功了我国第一台千瓦级 (低阶模) 实用化的高频激励 CO₂ 激光器样机, 其主要技术参数达到了国际先进水平。由于电极被介质 (Al₂O₃) 被覆, 放电空间的电子和离子无法直接进入电极, 因此杜绝了电弧放电的产生, 而形成均匀稳定的辉光放电, 提高了激光器的可靠性; 另一方面采取了脉冲调制的方法, 该激光器又可满足脉冲、间歇或连续三种不同运行方式, 从而可用于激光加工的不同要求; 又由于它具有较好的光束质量 (TEM₀₁ 模), 因此可用于材料的切割和焊接。与同类型激光器相比, 它具有较大的竞争优势和良好的应用前景。

许德胜 供稿