

# 稳定腔偏振抽取单横模 Nd:YAG 激光器

杜金波 李秀华

(电子部十一所)

**提要:** 将振荡与放大光束分离,使其分别抽取工作物质不同部位的贮能,可以获得较高功率和效率,也降低了对工作物质光学均匀性的要求。

## TEM<sub>00</sub> Nd:YAG laser with stable-resonator polarized energy extraction

Du Jinbo, Li Xiuhua

(North China Research Institute of Electro-Optics)

**Abstract:** A new method has been demonstrated in which the amplified beam is no longer coaxial with the oscillation beam. Thus, it extracts energy from different part of the laser rod. A laser beam with Gaussian profile and high power has been obtained. The requirement for optical uniformity of laser rod is not critical.

获得大模体积 TEM<sub>00</sub> 模是发展各类高性能固体激光器的基础。通过在稳定腔内加小孔获得基横模是以牺牲器件效率为代价的。1972年 J. Steffen 提出凹凸热稳腔,使这方面的工作向实用化迈进了一步<sup>[1]</sup>。近几年发展的非稳腔<sup>[2]</sup>、偏振抽取腔和望远镜腔等技术,以及片状结构固体激光器,使固体激光器的功率、效率又提高到一个新的高度。

如图1所示,由全反射镜 M<sub>1</sub> 和 λ/4 波板构成一个带小孔选模的普通电光 Q 开关振荡器。对稳定腔而言,为实现 TEM<sub>00</sub> 模工作,即使将腔长加大到 1m,所利用的工作物质的体积也仅有直径为 2~3mm 的一个小区域(如图中实线所示)。该振荡器输出脉冲到达凸全反射镜 M<sub>2</sub> 后,被反射发散。到达激光棒时,光斑充满工作物质,位于小孔限模

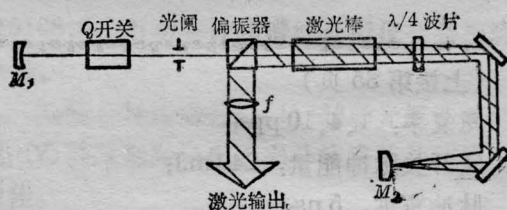


图1 偏振抽取腔工作原理

区域以外的那部分工作物质的贮能也能被抽取出来。由于光束往返通过 λ/4 波板,偏振方向旋转了 90°,被放大的光束到达偏振器时被反射出腔外(图中斜线部分所示)。利用一根工作物质做振荡器又做放大器,保证了 TEM<sub>00</sub> 模工作,又获得大的模体积。但该系统存在以下几个问题:

(1) 输出的是非理想的高斯光束,因为

收稿日期: 1984年10月22日。

在选模小孔范围内的工作物质的贮能在振荡级已基本被抽空,当光束返回放大时,中心部分增益很低,所以偏振抽取出来的光束近似为中空的。

(2) 热应力双折射限制了工作物质贮能的增加和重复率的提高。如图 1 所示,由于工作物质存在应力双折射,由偏振器通过的部分能量经工作物质后会出现一定  $S$  分量,它往返通过  $\lambda/4$  波板后又变为  $P$  分量,在  $M_1$  和  $M_2$  之间便会形成复合腔振荡。应力双折射越严重,振荡阈值就越低,工作物质能获得的贮能就越低。

(3) 振荡级采用平凹腔,腔长拉长,脉宽加宽。鉴于存在上述问题,Quantel 公司的产品改为非稳腔的偏振抽取,获得“梯形高斯”光斑输出,但应力双折射的影响亦然存在。D. C. Hanna 等人又发展了如图 2 所示的望远镜腔的偏振抽取<sup>[9]</sup>。由于在望远镜小透镜和小光束全反射镜上功率密度很高,据报道在输出 150 mJ 时,小透镜出现破坏,限制了输出功率的提高。并且在上述腔形中,由于整个激光棒参予振荡,光束多次往返,光学不均匀性造成对模式畸变影响很大,而获得  $\phi 7$  以上高质量 Nd:YAG 棒有一定困难。

本实验采取了改进措施,获得较好的结果。

(1) 本实验采用了如图 3 所示的结构,振荡级为由  $M_1$  和  $M_2$  构成的凹凸稳定腔,在保证一定模体积的条件下缩短腔长。振荡级在获得 50 mJ 左右能量输出时,脉宽为 5 ns。

(2) 振荡级的凹面镜实际上使用了一个平凸镜,凸面向腔内,镀增透膜,平面向外,未镀膜。对振荡级而言它等效一个凹面镜,但它将束腰变换到平面镜一端。这个平凸镜与腔外的凸面全反镜  $M_3$  构成一个望远系统,把光斑扩大,光束角压缩;经这个望远系统变换后,返回的光束又变为平面波前,省去了腔外的补偿透镜。工作物质的热透镜效应通过望

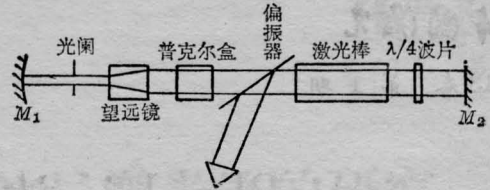


图 2 腔内介入望远镜的偏振抽取

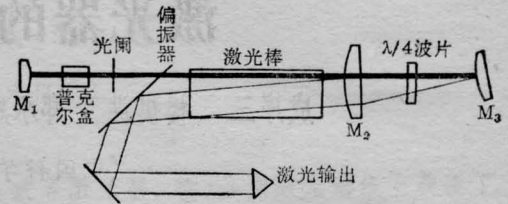


图 3 本实验采用的装置示意图

远系统的失调得到一定补偿。

(3) 利用使  $M_3$  失调的办法,将振荡与返回放大光束在工作物质内分离,从而解决了由于振荡级将贮能抽空造成中心凹陷和应力双折射造成贮能降低的问题。为实现上述要求,在设计振荡器和望远镜系统时,应根据使用工作物质尺寸综合考虑。而在系统调整时应采取正确程序和步骤。

采用上述改进措施后,达到如下技术水平:

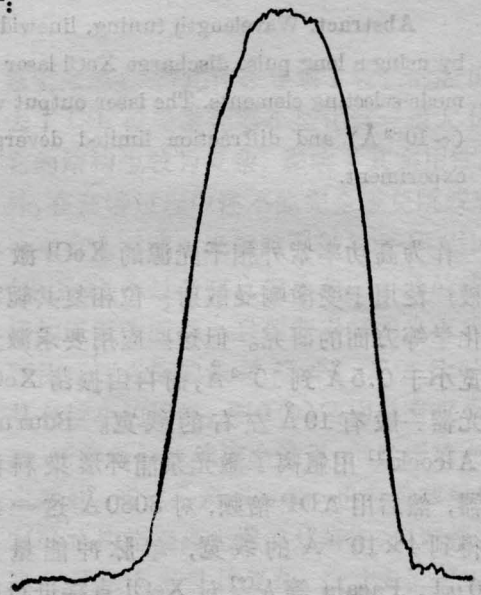


图 4 远场光斑黑度扫描曲线

(下转第 33 页)

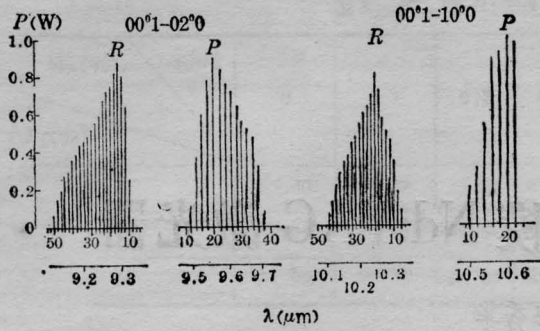


图7 所记录的激光谱线的输出功率

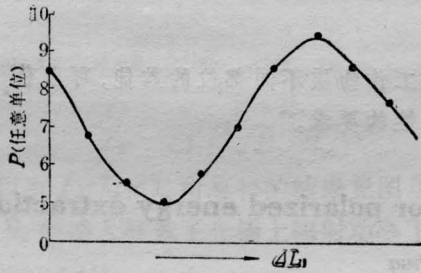


图8 输出功率与  $\Delta L_1$  的关系

曲线。

激光器的远场图样比较清晰，没有变形和高阶模。器件的长期功率波动为  $\pm 1.5\%$ 。

激光器已正常使用6个月，没有变坏的迹象，其间隔置了3个月，点燃后仍能正常出光。

(上接第35页)

重复率：1、4、10 pps；

Q 开关脉冲能量：240 mJ；

脉冲宽度：5 ns；

包含 87% 能量的光束全角：0.55 mrad；

光斑能量分布：高斯型(如图4)；

稳定度(250 个脉冲均方差)：<10%；

KDP II 型匹配倍频输出：86 mJ；

倍频效率：36%。

由于振荡级小孔仅  $\phi 1.4$ ，在此小区域内 YAG 棒不均匀性影响可忽略。返回放大由于是单次通过，棒的不均匀性影响要比处于振荡级为小。图5为本实验使用过的 Nd:YAG 棒的干涉图。

作者感谢杜银南、何太舒同志在电源上

激光输出功率  $00^\circ 1-02^\circ 0$  带并不比  $00^\circ 1-10^\circ 0$  带明显小，其原因是  $00^\circ 1-02^\circ 0$  带的波长比  $00^\circ 1-10^\circ 0$  带短，所以波导损耗来得小<sup>[1]</sup>。对占优势的  $EH_{11}$  模， $9.2 \mu\text{m}$  的损耗约为  $10.6 \mu\text{m}$  的 80%。

### 参 考 文 献

- [1] E. A. J. Marcetili, R. A. Schmeltzer; *BSTJ*, 1964, **43**, 1783.
- [2] P. W. Smith; *Appl. Phys. Lett.*, 1971, **19**, 123.
- [3] T. J. Bridges *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1972, **20**, 403.
- [4] 木村滋等;《电波研究所季报》, 1976, **22**, 151.
- [5] A. M. Holohan *et al.*; *Infrared Phys.*, 1983, **23**, 149.
- [6] A. V. Lerberghe *et al.*; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1978, **QE-14**, 481.
- [7] J. Schafer *et al.*; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1982, **QE-18**, 87.
- [8] H. Sielman, A. Waksberg; *Rev. Sci. Instrum.*, 1982, **53**, 1544.
- [9] G. Merkle, J. Heppner; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1983, **QE-19**, 1663.
- [10] C. J. Ernst, W. J. Wittman; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1971, **QE-7**, 484.
- [11] R. L. Abrams; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1972, **QE-8**, 838.
- [12] J. J. Degnan.; *J. Appl. Phys.*, 1974, **45**, 257.



图5 本实验曾使用的 Nd:YAG 棒干涉图 ( $\phi 8 \times 124$ )

提供的协助，赵振香、王秀鸾同志为光场分布提供了黑度测量。

### 参 考 文 献

- [1] J. Steffen *et al.*; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1972, **QE-8**, 239.
- [2] R. L. Herbst, R. L. Byer; *Opt. Commun.*, 1975, **21**, 5.
- [3] D. C. Hanna *et al.*; *Opt. Commun.*, 1981, **37**, 359; *Opt. and Quant. Electr.*, 1981, **13**, 493.