

2.94 μm YAG:Er³⁺ 激光器的研究

张秀荣 吴光照 马笑山 李粉玉 祁长鸿

(中国科学院上海光机所, 201800)

Study of 2.94 μm YAG:Er³⁺ crystal laser

Zhang Xiurong, Wu Guangshao, Ma Xiaoshan, Li Fenyu, Qi Changhong
(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica, Shanghai)

Abstract: The laser characteristics at 2.94 μm in YAG:Er³⁺ crystal were investigated. The internal cavity amplification, loss, threshold, directionality and output energy characteristics curve were measured. When the input was 288 J ($T=28.5\%$), 2J/pulse energy was obtained ($\eta_{slope}=1\%$, $P_{th}=110\text{J}$), when the output at transmittance $T=0\%$, the laser threshold was 69J.

Key words: laser character, threshold, output energy characteristics curve

本文报道了 YAG:Er³⁺ 的 2.94 μm 激光器的研制结果, 包括激光腔镜损伤、腔内激光放大率、激光阈值、斜率效率、内耗及能量输出特性等, 当输入能量为 288J ($T=28.5\%$) 时, 获得 2J/pulse 的激光输出。

一、实验装置

采用平-平谐振腔、双灯泵浦, 镀银的椭圆聚光筒。二支氙灯尺寸均为 $\phi 8 \times 100 \text{ mm}$, YAG:Er³⁺ 激光棒大小为 $\phi 6 \times 96 \text{ mm}$, 铒的掺杂浓度为 50at%, 输出端采用不同透过率的腔镜, 其实验装置如图 1。

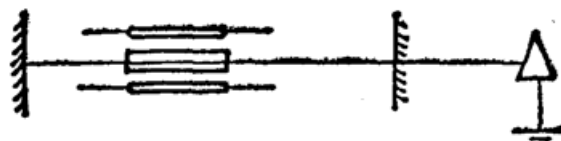


Fig. 1 Diagram of YAG:Er³⁺ crystal laser

二、实验结果和分析

2.1 YAG:Er³⁺ 的 2.94 μm 激光输出特性及效率

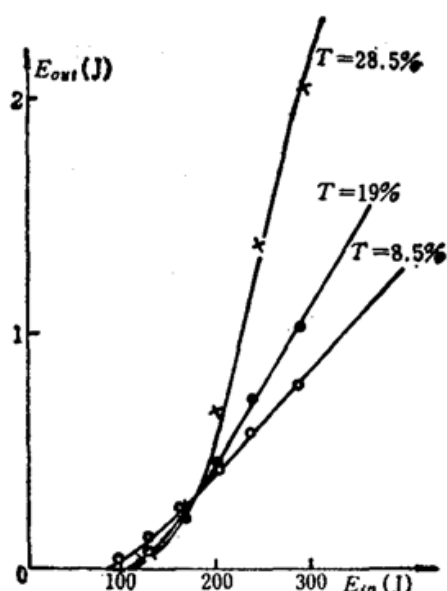


Fig. 2 Laser output character curve of YAG:Er³⁺ crystal ($\phi 6 \times 96$ mm, 300 K)

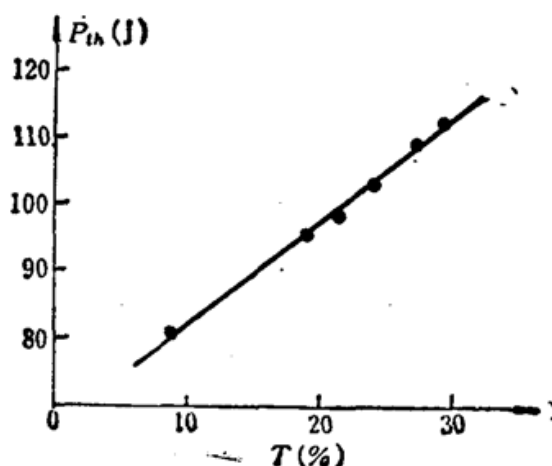


Fig. 3 Dependence of the threshold (P_{th}) on the output transmittance ($\phi 6 \times 96$ mm YAG:Er³⁺ crystal)

图 2 表明,当输出端透过率 $T=28.5\%$ 时,激光输出总体效率为 $\eta_{\text{总}}=0.7\%$, $\eta_{\text{斜}}=1\%$,阈值为 110 J;当透过率 $T=19\%$ 时,阈值为 100 J, $\eta_{\text{总}}=0.3\%$, $\eta_{\text{斜}}=0.55\%$;当透过率 $T=8.5\%$ 时,阈值为 94 J, $\eta_{\text{总}}=0.25\%$, $\eta_{\text{斜}}=0.3\%$ 。采用 Al_2O_3 做基片的全反膜和 CaF 做基片的半透膜。在相同的条件下,选择最佳耦合输出是必要的。

最佳耦合输出只能使输出能量有所改善,而阈值则显著地增高,如图 3 所示。

考虑最佳耦合输出的同时,也应考虑总体损耗,因为根据激光振荡的要求^[1], $T/A=1\sim 2$ 之间, T 为输出镜的透过率, $A_{\text{总}}=A_i+A_s$, $A_i=1-T_{\text{rod}}$, T_{rod} 为激光棒的透过率, A_s 为腔镜的吸收。

2.2 YAG:Er³⁺ 激光棒内耗的测量:

激光棒自身的内耗是影响激光输出的重要因素之一。采用文献[2]报道的用激光阈值测定内耗的方法,测量了 $\phi 6 \times 96$ mm YAG:Er³⁺ 激光棒的内耗,结果如图 4 所示。从图 4 中看到曲线的斜率 $K=0.76$ 。对于双灯重复频率器件, K 值是偏低的。损耗系数 $\alpha=0.027 \text{ cm}^{-1}$ ($\alpha=d/2l$, $d \leq 0.3$, $l=9.6 \text{ cm}$) 外推阈值 $P_{th}=69 \text{ J}$ 。

2.3 2.94 μm 激光器介质膜片的研究

我们采用不同材料基片,如 Al_2O_3 、 CaF 单晶、熔石英及 K_8 玻璃做基片,改变不同涂层材料作为全反和半透腔镜。用 K_8 玻璃镀金膜做全反镜,非常容易打坏。用 CaF 直角棱镜做全反腔镜,调节困难,输出不高,用熔石英镀全反腔镜也容易坏,而且输出能量很低。最后改用 Al_2O_3 基片镀全反膜和半透膜片,获得 2 J/Pulse 能量输出。图 5 给出不同材料基片介质膜组成的谐振腔获得的不同输出激光能量。

从图 1 中看到输出镜透过率愈大,输出能量愈高,斜率效率也愈大,而在图 5 中看到激光输出特性不完全如此。这个矛盾现象是由于采用了不同材料基片的介质膜造成的。图 5(a) 采用 Al_2O_3 基片做全反镜, CaF 基片做输出镜,激光器相同条件下, $T=19\%$ 比 $T=8.5\%$ 的输出能量高,在图 5(b) 中采用 CaF 基片做全反镜, Al_2O_3 基片做输出镜,而 $T=21\%$ 的输出能量

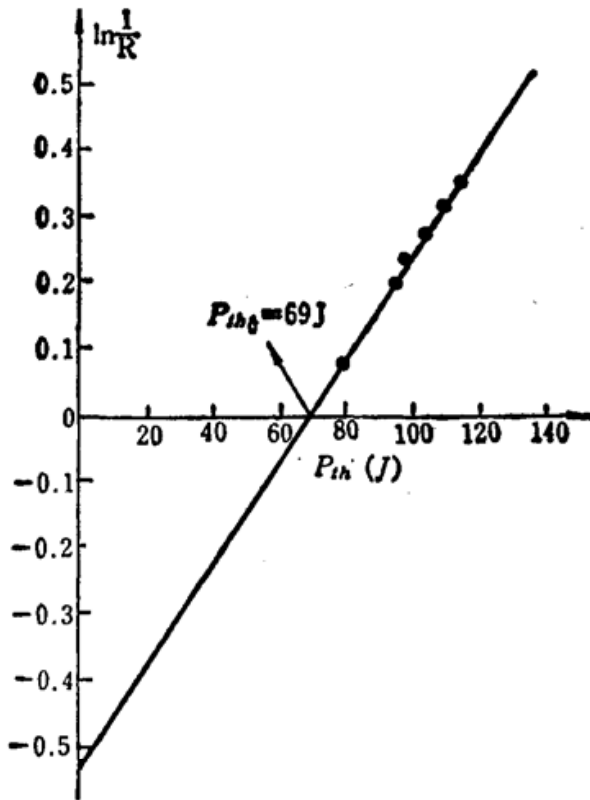


Fig. 4 Internal loss curve of YAG:
Er³⁺ crystal ($\phi 6 \times 96 \text{mm}$)

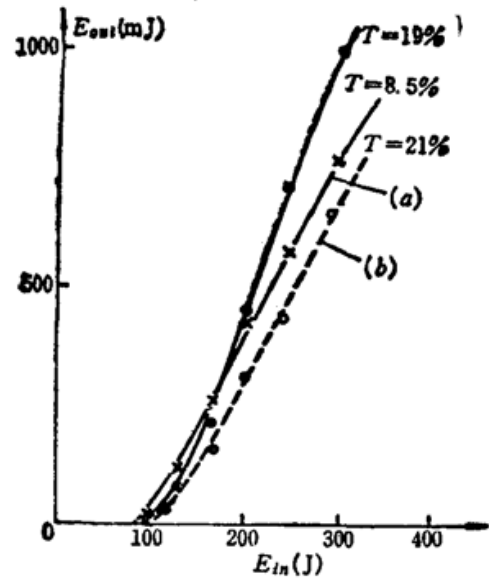


Fig. 5. (a) Laser output energy characteristics of YAG:Er³⁺ crystal ($\phi 6 \times 96 \text{mm}$), using Al₂O₃ mirror ($T=0$) and CaF mirror ($T=19\%$, 8.5%)

(b) Laser characteristics of output energy for YAG:Er³⁺ crystal ($\phi 6 \times 96 \text{mm}$), using CaF mirror ($T=0$) and Al₂O₃ mirror ($T=21\%$)

比 $T=19\%$ 和 $T=8.5\%$ 的低。这也说明了介质膜基片材料对 $2.94 \mu\text{m}$ 激光能量输出有影响。

2.4 平-平谐振腔内放大率和耦合输出的一致性

从表 1 中看到透过率愈高,放大率愈大,使谐振腔输出光束加大,输出能量则愈高,当然,阈值也相应地提高。

Table 1 Correspondence in different transmittance with internal cavity amplification and laser threshold and output energy for $\phi 6 \times 96 \text{mm}$ YAG:Er³⁺ crystal

Transmittance $T(\%)$	Amplification M	Threshold $P_{th}(J)$	Input energy $E_{in}(J)$	Output energy $E_{out}(mJ)$
8.5	1.04	80	288	777
21	1.12	97	288	794
24	1.14	104	288	813
28.5	1.18	110	288	1400

感谢范瑞瑛、陆月妹提供了介质膜片。

参 考 文 献

- 1 天津大学精仪系编译,激光技术,科学技术出版社,1972
- 2 D. Finolay, R. A. Olay, *Phys. Lett.*, **20**, 1~6 (1966)

(收稿日期:1990年11月19日)