

对自激活激光晶体  $\text{NdAl}_3(\text{BO}_3)_4$  高重复率运转的研究

杨爱萍 刘恩泉 侯学元 李宇飞 孙渝明

(山东大学光学系, 济南, 250100)

刘耀刚 王继扬 邵宗书

(山东大学晶体材料所, 济南, 250100)

**摘要:** 本文利用脉冲氙灯和连续氙灯, 对  $\text{NdAl}_3(\text{BO}_3)_4$  激光晶体分别作了激光单脉冲、高重复率脉冲及连续激光运转的研究。首次实现了闪光灯泵浦  $\text{NdAl}_3(\text{BO}_3)_4$  晶体高重复率激光运转。

**关键词:** 高重复率激光,  $\text{NdAl}_3(\text{BO}_3)_4$

Study on high repetition rate laser operation of  $\text{NdAl}_3(\text{BO}_3)_4$  crystals

Yang Aiping, Liu Enquan, Hou Xueyuan, Li Yufei, Sun Yuming

(Optics Department, Shandong University, Jinan)

Liu Yaogong, Wang Jiyang, Shao Zongshu

(Institute of Crystal Material, Shandong University, Jinan)

**Abstract:** The single pulse, high repetition rate and CW laser operation of  $\text{NdAl}_3(\text{BO}_3)_4$  crystal pumped with xenon and krypton flashlamps were studied and the high pulse repetition laser output from a NAB crystal pumped with flashlamps was obtained for the first time.

**Key words:** NAB, high repetition rate laser,  $\text{NdAl}_3(\text{BO}_3)_4$  crystals

## 一、前 言

硼酸铝钕  $\text{NdAl}_3(\text{BO}_3)_4$  晶体(简称 NAB), 是一种高钕离子浓度自激活激光晶体, 其优良的激光及物化性能<sup>[1,2]</sup>, 很早就引起了人们的高度重视并进行了许多 NAB 晶体激活特性的研究工作<sup>[3~5]</sup>。最近, 文献[1]报道了闪光灯泵浦 NAB 单脉冲及调 Q 脉冲激光输出特性, 然而, 闪光灯泵浦高重复率及连续 NAB 激光器的研究工作至今未见报道。目前, 人们在进一步改进 NAB 晶体的同时, 正致力于用激光二极管阵列泵浦小型 NAB 晶片以及闪光灯泵浦 NAB 高重复率、连续激光器件的研究, 力图实现小型、高效、连续 NAB 激光运转, 以供日益发展的工农业、军事、科学技术之需要。

本文报道了闪光灯泵浦 NAB 晶体单脉冲、重复率脉冲及连续激光器的研究结果; 首次实现 1 pps 到 20 pps 高重复率激光运转; 单脉冲激光最大输出能量达 2.745 J; 对闪光灯泵浦 NAB 晶体连续激光运转进行了初步的探讨。实验表明, NAB 晶体激光输出能量大, 转换效率高、机械强度及热导性能良好, 是一种小型固体激光器件较理想的工作物质。

## 二、闪光灯泵浦 NAB 晶体重复频率脉冲激光运转

### 2.1 单脉冲激光运转

采用平行平面谐振腔，用  $\phi 6 \times 40 \text{ mm}$  氙灯泵浦  $\phi 4.5 \times 30 \text{ mm}$  NAB 晶体，装置见图 1，输出端反射镜透射率为 2% 时，测得 NAB 晶体激光器阈值泵浦能量为 3.96 J。改变输入能量和输出镜  $R_1$  的透射率；用 Sciencetech-362 型能量计测量上述 NAB 激光棒输出能量，其结果见图 2。尺寸仅为  $\phi 4.5 \times 30 \text{ mm}$  的 NAB 晶体最大输出能量达 2.745 J，总体转换效率为 1.273%，斜率效率为 1.52%。

### 2.2 重复率 1 pps 激光运转

实验装置见图 3，采用平行平面谐振腔，双椭圆玻璃聚光腔双灯泵浦，常温去离子水冷却。

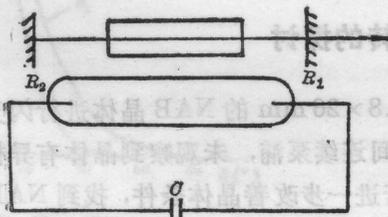


图 1 单灯泵浦 NAB 激光器

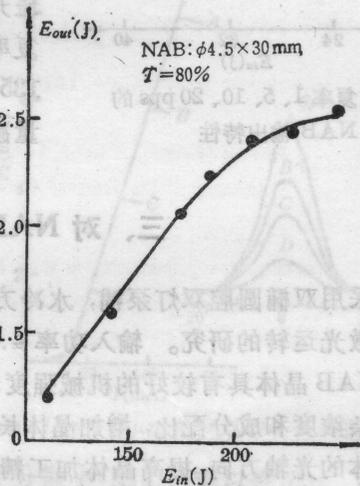


图 2 NAB 单脉冲输出特性

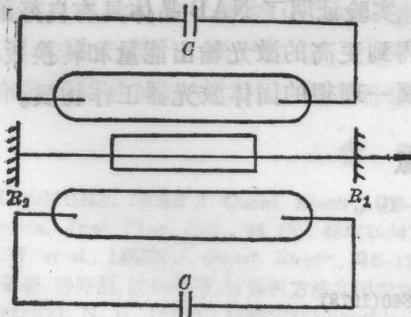


图 3 双灯泵浦 NAB 重复率脉冲激光器

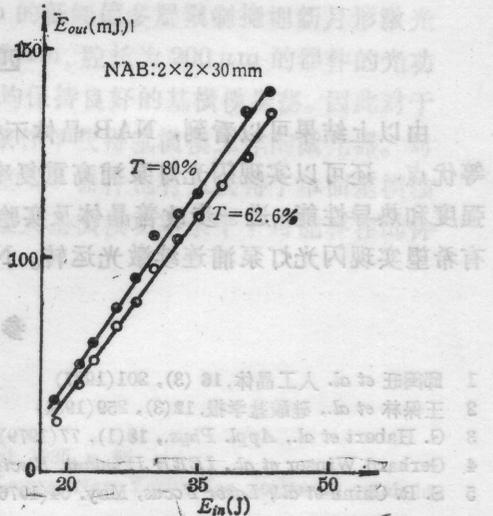


图 4 重复率 1 pps NAB 脉冲激光输出特性

改变输入能量及输出镜透过率, 用 Scientech-362 型能量计测量  $2 \times 2 \times 30$  mm NAB 晶体激光输出, 由于受输入能量的限制, 得到最大输出能量 140 mJ, 总体转换效率 3.5%, 斜率效率 4.3%, 见图 4。工作一小时后, 水温稍有上升, 输出较稳定。

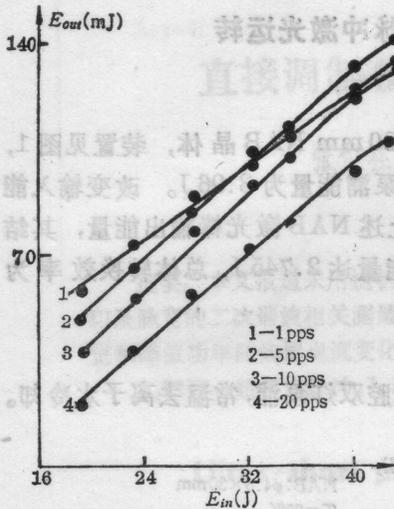


图 5 重复率 1、5、10、20 pps 的 NAB 输出特性

### 2.3 高重复率激光运转

实验装置见图 3。NAB 晶体尺寸  $\phi 3.5 \times 30$  mm, 输出镜透过率  $T_1 = 20\%$ , 改变泵浦能量, 分别测量重复频率 1 pps、5 pps、10 pps、20 pps 时激光输出能量, 结果见图 5。在此同时, 观察激光输出光斑, 实验表明, 重复率小于 10 pps 时, 随重复率的增加光斑及输出能量变化不大; 当重复率增加到 20 pps 时, 输出能量稍有降低, 光斑开始呈现热透镜效应。例如: 输入能量为 43.2 J, 重复率 1、5、10 pps 时, 每个激光脉冲输出能量分别为 135、142 和 132 mJ; 重复率增至 20 pps, 每个脉冲输出能量减为 110 mJ。

## 三、对 NAB 晶体连续运转的探讨

我们采用双椭圆腔双灯泵浦, 水冷方式冷却, 对  $\phi 3.8 \times 26$  mm 的 NAB 晶体进行闪光灯泵浦连续激光运转的研究。输入功率 4.5 kW 左右长时间连续泵浦, 未观察到晶体有异样改变, 说明 NAB 晶体具有较好的机械强度和热导性能。若进一步改善晶体条件, 找到 NAB 晶体最佳掺杂浓度和成分配比, 增加晶体长度, 改进晶体质量, 在加工晶体时尽可能使晶体通光方向沿晶体的光轴方向, 提高晶体加工精度等, 并改进闪光灯、聚光腔使之与晶体大小匹配, 则很有希望实现 NAB 晶体闪光灯泵浦连续激光运转。

## 四、结 论

由以上结果可以看到, NAB 晶体不但具有单脉冲激光泵浦阈值低、输出能量大、效率高优点, 还可以实现闪光灯泵浦高重复率激光运转。实验证明了 NAB 晶体具有良好的机械强度和热导性能, 进一步改善晶体及实验条件, 可望得到更高的激光输出能量和转换效率, 并有希望实现闪光灯泵浦连续激光运转。NAB 晶体实属一理想的固体激光器工作物质。

## 参 考 文 献

- 1 邱国旺 *et al.*, 人工晶体, **16** (3), 201(1987)
- 2 王保林 *et al.*, 硅酸盐学报, **12**(3), 259(1984)
- 3 G. Habert *et al.*, *Appl. Phys.*, **18**(1), 77(1979)
- 4 Gerhard Winzer *et al.*, *IEEE J. Quant. Electr.*, **QE-14**(11), 840(1978)
- 5 S. R. Chinn *et al.*, *Laser Focus*, May, 64(1976)