

直管氙灯泵浦若丹明 6G 染料 激光器的实验研究

赵梅村 赵隆兴 陆国贤 何慧娟

(中国科学院上海光机所)

An experimental study of the linear flashtube pumped rhodamine 6G dye laser

Zhao Meicun Zhao Longxing Lu Guoxian He Huijuan

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica)

A linear flashtube pumped rhodamine 6G dye laser was built. The laser pulse energy is up to 27mj, and the halfwidth of laser pulse is $1 \mu\text{s}$. Laser efficiency is 0.1%. Spectral width of 40 \AA is obtained by tuning a prism. Pulse repetition rate of 1 and 2 pps was obtained and the performances of the device were studied.

为泵浦小型固体激光物质 $\text{NdP}_5\text{O}_{14}$ 及研究它的激光特性, 我们建立了直管短脉冲氙灯泵浦的若丹明 6G 染料激光器, 并对此激光器进行了实验研究。

1. 实验装置

实验装置如图 1 所示。用极间距离 100 毫米、内径 3 毫米、光脉冲半宽度 2 微秒的直管氙灯作泵浦源。激光染料管与氙灯匹配, 内径 3 毫米, 有效增益长度 100 毫米。为滤除导致激光溶液分解的氙灯紫外光部分, 激光管采用壁厚 3.5 毫米的耐高温玻璃制作。为防止自振, 激光管两窗口有几度的夹角。用塑料泵抽运若丹明 6G 乙醇溶液, 染料溶液在循环过程中进行过滤和冷却。使用金属单椭圆柱聚光腔聚光, 聚光腔和氙灯均须冷却。由于染料分子激光跃迁的高增益, 对谐振腔的要求并不苛刻, 因此选用简单的半共焦腔。

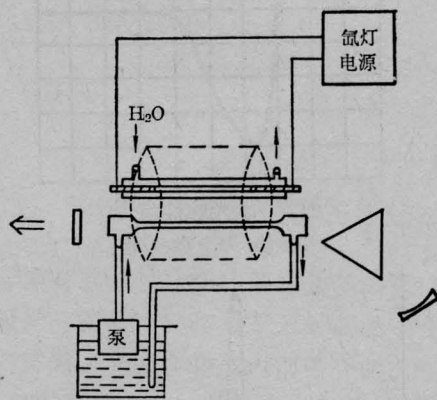


图 1 实验装置示意图

为和五磷酸钽晶体在 5810 \AA 中心波长的吸收峰吻合, 利用一色散棱镜调谐。

因若丹明 6G 激光上能级寿命仅有 5×10^{-9} 秒, 为获得较高激光效率, 要求氙灯脉冲窄, 前沿陡。为此电源放电回路须有小时间常

收稿日期: 1979 年 3 月 17。

数,故采取小容量储能电容(0.4微法),高充电电压(10千伏)。且用电感量小(数十毫微亨)的球隙作开关元件。另外,电源利用恒流充电方案,使充电获高精度,同时也缩小了体积。

2. 输出特性

激光器在不调谐、静态(不抽运)、单次运转时,激光输出能量可达27.7毫焦耳。不调谐,以1次/秒脉冲重复率连续运转时,脉冲激光能量近10毫焦耳。连续运转比单次静态运转输出低的原因是由于染料溶液流动不均匀,导致溶液折射率不均匀,造成激光散射损失,以及塑料泵和循环系统对染料溶液的污染所引起的。激光脉冲半宽度 ≤ 1 微秒(图2),因此最大激光峰值功率约为27千瓦。当氙灯管壁未变黑时,器件泵浦阈值是4焦耳。激光光束发散角约为3毫弧度,器件效率达0.1%。已实现2次/秒和1次/秒的重复率,改进球隙结构后可望实现5次/秒。因 $\text{NdP}_5\text{O}_{14}$ 在 5810\AA 处的吸收带带宽为 200\AA ,所以仅用一块色散棱镜调谐,调谐范围为 $5700\sim 6400\text{\AA}$,谱带半宽为 40\AA (图3)。

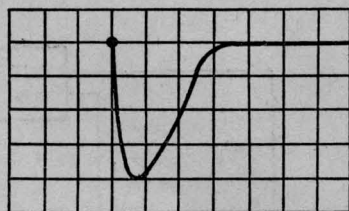


图2 激光脉冲波形
(横坐标: 0.5微秒/格)

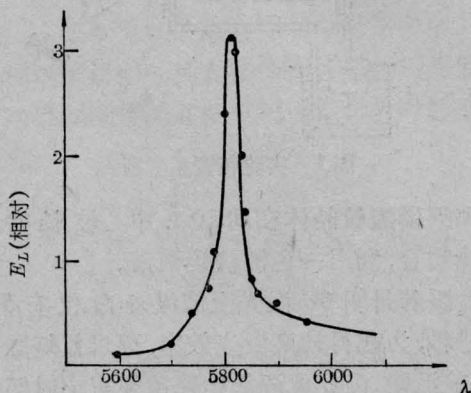


图3 用一块棱镜调谐的激光谱带

3. 实验观察

(1) 输出能量和染料溶液浓度的关系

在输出反射镜透过率为26%、储能20焦耳的条件下,测量的激光输出能量对染料溶液浓度的依赖关系如图4所示。

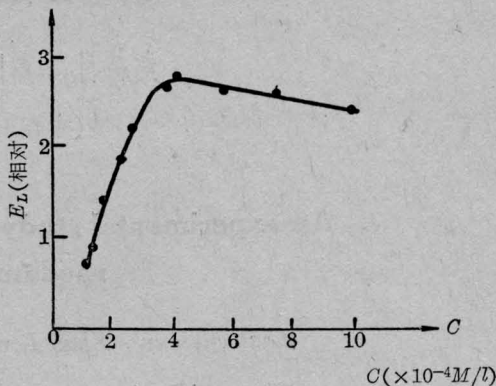


图4 激光输出与染料溶液浓度的关系曲线

由图可见,浓度从 1×10^{-4} 克分子/升增至 4×10^{-4} 克分子/升时,激光输出能量是随染料浓度的增加而增长的。而当染料浓度大于 4×10^{-4} 克分子/升时,激光输出能量随染料浓度的增加而降低。最佳浓度约为 4×10^{-4} 克分子/升。

(2) 输出能量和输出耦合的关系

在泵浦能量等于阈值泵浦能量的(a)5.7倍和(b)2.6倍两种情况下,分别测量了激光输出能量-输出反射镜透过率曲线(见图5)。

(下转第21页)

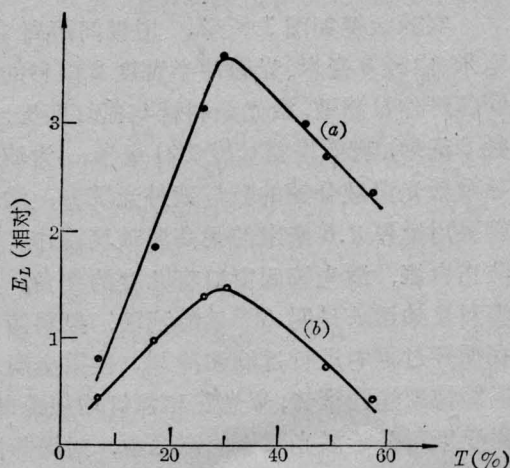


图5 激光输出——器件输出耦合关系

照速度平均的电子激发截面, \bar{V} 为电子平均速度。

由于放电电流沿轴向分布是不均匀的, 电子所激发的 N_2 激发态粒子数也不相同, 因而反转粒子数密度亦即增益在 A 端最大, 沿管轴向 B 端逐渐减少。考察一下从 A 端向 B 端传播的光波。由于单位体积单位时间内受激辐射产生的光子数 W 为

$$W = \frac{IB}{C} N_0$$

式中 I 为光强, B 为爱因斯坦系数, C 为光速, N_0 为激光上能级粒子数。虽然 A 端 N_0 最大, 但由于光强很弱, 受激辐射几率显然很低。随着光向 B 端传播, 光强逐渐增强, 但如前所说, N_0 也逐渐减少, 在 B 端光强最大, 而 N_0 最小, 因此从 A 向 B 传播而形成的激光比较弱, 相反地, 从 B 端向 A 端传播的光, 其光强随着传播距离逐渐增强, 而且 N_0 也逐渐增大, 因此受激辐射几率在光传播过程中越来越大, 这就使该方向形成的激光变得很强。

我们在激光管某端安置一镀铝的全反射

镜测量另一端激光的输出, 实验结果如表 2 所示。在这种情况下, A 端激光输出比 B 端大约增强了 30% 左右。此结果同样可用上述的分析加以解释。当然若 A 端电极间距过小, 使得其 E/P 值过大, 不利于激发激光上能级, 即 A 端的粒子数反转密度将会减少, 此时 A 端输出就不一定会比 B 端强。

表 2

电压(千伏)	10.7		
气压(托)	30	40	50
A 端输出光强	65	98	80
B 端输出光强	59	75	73

参 考 文 献

- [1] H. E. B. Andersson *et al.*; *Opt-Electr.*, **6**, 225 (1974).
- [2] L. E. Kline *et al.*; *Phys. Rev.*, **A5**, 794 (1972).
- [3] A. J. Schwab *et al.*; *IEEE J. Quant. Electr.*, **QE-12**, No. 3, 183 (1976).

(上接第 32 页)

两种情况的最佳透过率都是 30%。最佳透过率较高是由于染料分子 $S_1 \sim S_0$ 跃迁光增益系数大 (10^3 厘米⁻¹) 的缘故。

(3) 输出能量随预电离电流的变化

当储能 20 焦耳、输出反射镜透过率为 26% 时, 所测得的激光能量-预电离电流曲线如图 6。我们发现预电离电流在 0.1~0.5 安培范围内变化时, 激光输出能量随预电离电流的增加作线性增长。其原因是预电离电流的增加改善了氙灯放电的均匀性, 因而提

高了氙灯光效, 使激光输出能量提高。

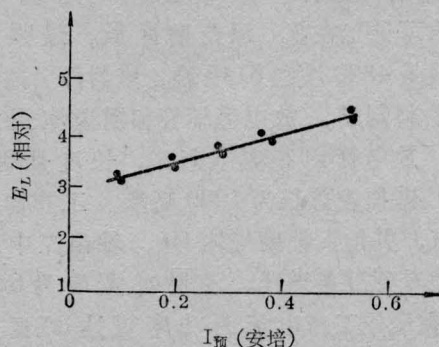


图 6 激光输出能量——氙灯预电离电流的关系曲线