

高重复频率 XeCl 准分子激光器

南英子 吴海林 王长山 耿秀兰 步云凯
(中国科学院长春光学精密机械研究所)

提 要

本文报道一台高重复频率 XeCl 准分子激光器的结构及其特性。采用接地栅金属陶瓷闸流管开关和气体横向流动系统及自动紫外火花预电离的放电结构。该激光器最高单脉冲能量为 200 mJ, 最高重复脉冲频率为 107 Hz, 最大平均功率 18 W。

关键词: XeCl 准分子激光器; 高重复频率。

一、引 言

七十年代中期稀有气体卤化物准分子激光器问世以来, 目前已向大能量、高平均功率、改变光脉冲宽度等方面发展, 其中紫外预电离快放电泵浦的 XeCl 准分子激光器以其高重复频率、高平均功率、长寿命等优点而日益受到重视。我们根据激光光谱、激光同位素分离、激光刻划、激光化学、半导体材料处理、医学等方面的需要开始研制高重复频率的 XeCl 准分子激光器。

二、器件的结构

激光器采用电容转移能量型放电网络和紫外火花自动预电离方式进行激励。电路示于图 1。用谐振充电电源对储能电容 C_1 充电, 当闸流管导通时, 电流通过预电离针对阴极放电得到预电离火花, 电流通过阴极往电容 C_2 充电, 当 C_2 的充电电压到介质的击穿电压时, 两电极之间产生大面积辉光放电, 使介质得到激励。

实现高重复频率下运转的关键之一是放速响应、高电压、高电流的开关元件。本激光器采用接地栅闸流管作为脉冲开关, 当阴极和栅极之间加负触发信号时迫使阴极附近的电子进入阳极和栅极之间, 可实现大电流稳定放电, 而且由于电感小, 电流上升快而提高输出能量及重复频率。本实验中使用的闸流管参数为: 阳极电压 35 kV, 电流上升时间 7 ns, 峰值电流 20 kA。为提高重复频率采用气体横向流动方式, 这是本器件的又一个特点。磁耦合马达带动离心风机, 使工作气体由储气筒出来以 4.2 m/s 速度均匀地流过电极表面, 其速度不均匀度为 $\pm 15\%$ 。冷却系统的热交换器传热系数为 $2.37 \times 10^{-3} \text{ cal/sec} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{degree}$, 100 cm^3/s 时介质的平衡温度 34°C 。而且用磁耦合马达易密封, 不易污染工作气体。

此外, 该系统中选择聚四氟乙烯为放电管材料; 均匀电场张氏电极^[1]作为阳极, 阴极为

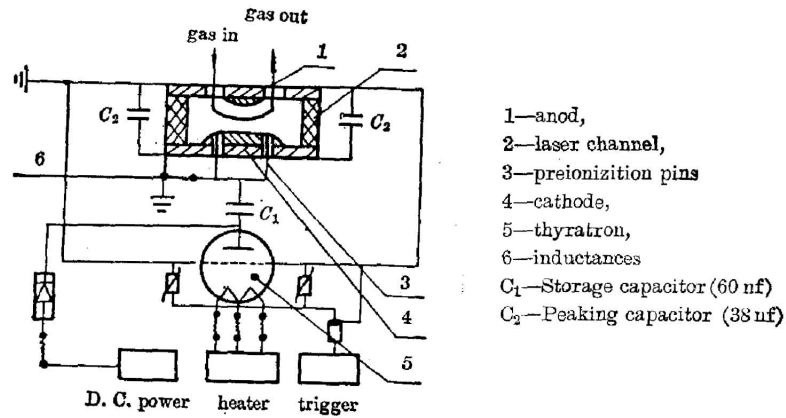


Fig. 1 Schematic diagram of circuit

平板, 两电极间距为 2.3 cm; 在阴极两侧各设有一排预电离针; 激光腔采用了平—平腔, 镀铝全反射镜和石英平板为输出镜。

三、激光器性能

1. 运转最佳化

图 2 是激光单脉冲能量随放电电压变化曲线, 从图中可以看出激光能量与放电电压成线性关系, 但电压提高到 30 kV 以上时输出能量有所下降。放电电压到 31 kV 时最高单脉冲能量是 207 mJ。图 3 是平均功率随脉冲重复频率的变化曲线。重复频率 107 c/s 时, 最高平均功率 18 W。由 1 c/s 到 80 c/s 频率范围内, 平均功率随着频率的增加而线性地增加, 到 107 c/s 时, 平均功率比线性部分约降 8%。

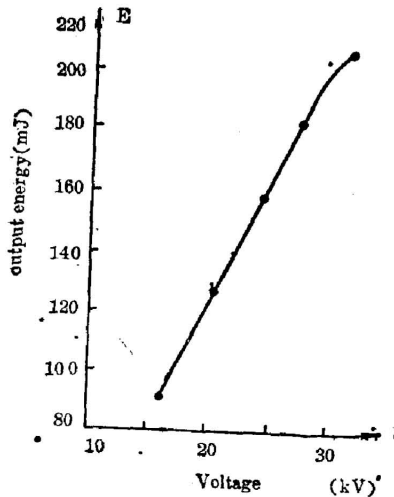


Fig. 2 Output energy vs discharge voltage

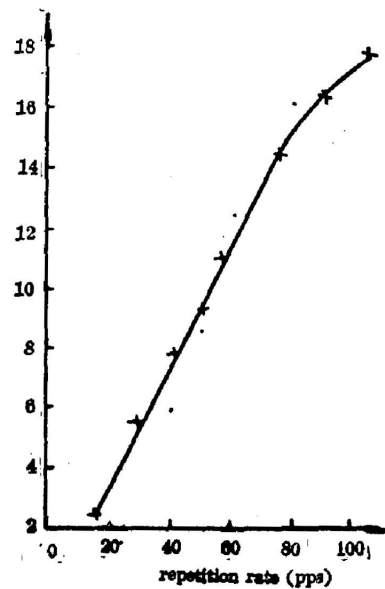


Fig. 3 Average power vs repetition rate

2. 降激光器寿命特性

影响激光器的寿命因素很多,其中主要因素是光学元件的污染和材料的腐蚀。镍是在放电条件下抗腐蚀性能较强的材料^[2]。因此,必须把储气筒内壁、扇片、热交换器、电极等元件都经过镀镍处理。经过2天的寿命实验结果表明,该激光器运转寿命大于 10^6 pulse 而且对高重复频率 XeCl 准分子激光器而言,光学元件的污染比材料腐蚀影响大。图4是运转 10^6 pulse 之后的光学输出窗的透过曲线,从图由可以看到透过率从原来的88%下降到45%,能量的下降与理论计算大致附合,因此对高重复频率器件中影响寿命的主要因素是光学元件的污染。

3. 激光脉宽和其它特性

我们使用 GD-10 强流二极管和 100 MHz 记忆示波器测量脉冲波形。图5是不同频率下的光脉冲波形。图5(a)是单脉冲波形,图5(b)是100 c/s 时光脉冲波形。由波形照片可以看出光脉冲波形半宽度为 20 ns。

利用打靶法测光束发散度,在最大脉冲能量时测得 1.1×3.3 m rad、光斑大小为 11×20 mm²。

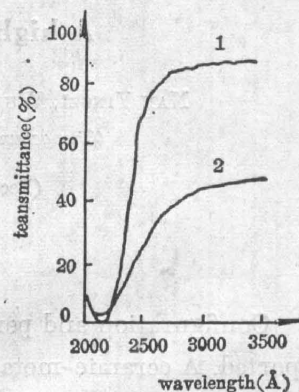
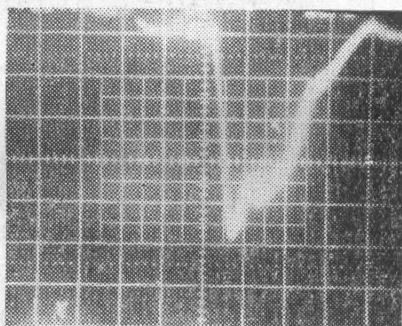
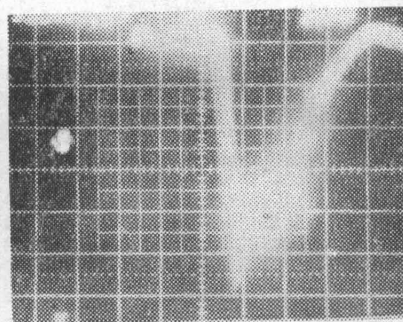


Fig. 4 Curve of optical transmittance after operation at 1×10^6 shots (1. Area of non-optical speck, 2. Area of optical speck)



(a) single



(b) 100 cs

Fig. 5 Shape of pulse

参 考 文 献

- [1] T. Y. Chang; *Rev. Scient. Instrum.*, 1973, 47, No. 4 (Apr), 405.
- [2] Roger Tennant; *Laser Focus*, 1981, 17, No. 10 (Oct), 65.

A high repetition rate XeCl excimer laser

NAN YINGZI, WU HAILIN, WANG CHANSHAN, GENG XIULAN AND LI YINKAI
(*Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica*)

(Received 27 October 1986; revised 23 February 1987)

Abstract

Configuration and performances of a high repetition rate XeCl excimer laser are reported. A ceramic-metal grounded grid thyatron used as pulse switch, a transverse flow system, and a structure of fast transverse discharge of UV preionization are adopted in the laser system. The maximum output pulse energy is 200 mJ, maximum average power is 18 W at a repetition rate of 107 Hz.

Key Words: XeCl excimer laser; high repetition rate.