

2焦耳脉冲雪崩放电 XeCl 激光器

楼祺洪 丁爱臻 董景星 魏运荣
(中国科学院上海光学精密机械研究所)

提 要

通过对激光参量最优化选择,采用低电感电容作为激光放电电源获得单位体积、单位大气压的输出能量大于2焦耳。

近年来,为获得高的体功率密度,对稀有气体卤化物、特别是 XeCl 准分子激光器进行了广泛的研究^[1,2]。其体功率密度大致在 $1\text{J}/\text{l}\cdot\text{atm}$ 左右。文献[3]报道了 X 光预电离电子雪崩放电 XeCl 激光器的特性在 0.22 立升的激活体积内,得到 1.2J 的 XeCl 308nm 激光输出能量,每立升、每大气压工作气体的输出能量为 $1.2\text{J}/\text{l}\cdot\text{atm}$ 。本文报道通过参量最佳化后的激光特性,在 0.22 立升激活体积内,得到最大输出能量为 2J 的 XeCl 308nm 激光输出,每立升每大气压工作气体的输出能量为 $2.25\text{J}/\text{l}\cdot\text{atm}$ 。

激光器实验装置如文献[3]所述,它是一台 X 光预电离的脉冲雪崩放电装置。我们在以下几方面作了改进:

1. 改进了 X 光预电离源中大面积电子枪的阴极结构,改善了 X 射线沿激光管长度方向上的分布。采用 FJ-301G2 型 γ -X 射线剂量计的测试结果表明:沿激光管长度 60cm 左右范围内, X 射线剂量最大值和最小值之比由过去的 7 倍^[4]减小到 1.5 倍,从而提高了放电的均匀性。图 1 给出了不存在激光谐振腔时,从放电区端面拍摄的放电等离子体发光的时间积分照片。其中 (a) 表示 X 光预电离不工作时弧光放电的情况, (b) 表示在

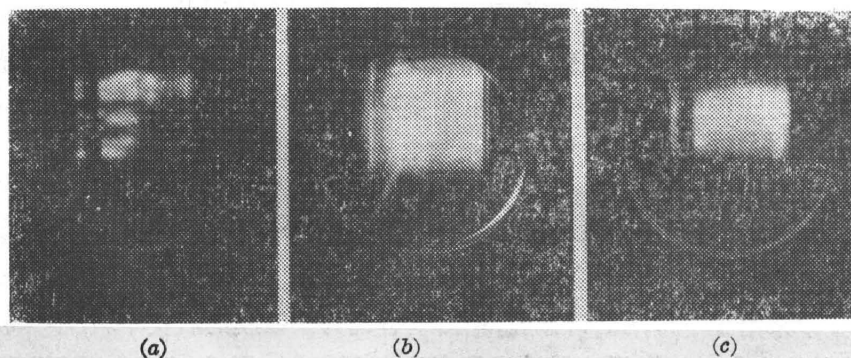


图 1 放电等离子体发光的时间积分照片

Fig. 1 Photographs of the time integrated plasma luminosity of (a) non-uniform discharge without X-ray preionization, and (b), (c) homogeneous discharges in Ne:Xe:HCl gas mixture

Ne:Xe:HCl 混合气体中有均匀分布的 X 光预电离使放电基本上达到均匀。

2. 设计了比文献[3]所用电极更宽的均匀场电极, 并选择适当的掩膜板控制 X 射线预电离的范围。实验结果表明 X 射线预电离的范围就是均匀辉光放电的范围, 图 1(c) 表示在 Ne:Xe:HCl 混合气体中增大放电区宽度以后均匀辉光放电的时间积分照片, 与图 1(b) 相比较, 放电区宽度从 1.5 cm 增大到 2 cm 左右。

3. 以低电感电容器组(总容量为 54 nF)代替水传输线组成的脉冲形成网络, 在这以前, 我们曾使用国产纸膜混介电容代替水传输线, 由于这种电容器电感量较大, 其输出体功率密度仅为 $0.7 \text{ J/l}\cdot\text{atm}$ 。本文使用低电感的陶瓷电容, 大大减小了回路电感。由此使电容器组的等效阻抗下降到 0.3Ω , 使它能与放电区的阻抗更接近匹配状况。对比水传输线的特性阻抗为 0.6Ω , 采用低电感电容器组以后, 能增大注入激光放电区的能量。图 2 给出激光放电过程中 X 光预电离源中电子枪电压、电子枪电流、激光放电电压和激光脉冲波形随时间的变化。其中放电电压分别用 1:200 和 1:100 电阻分压器测量, 放电电流用自制的罗柯夫斯基线圈测量, 而激光脉冲波形则由快速平面光电二极管和 OK-19 高压示波器测量。图中正弦波表示频率为 10 MHz 的时标。

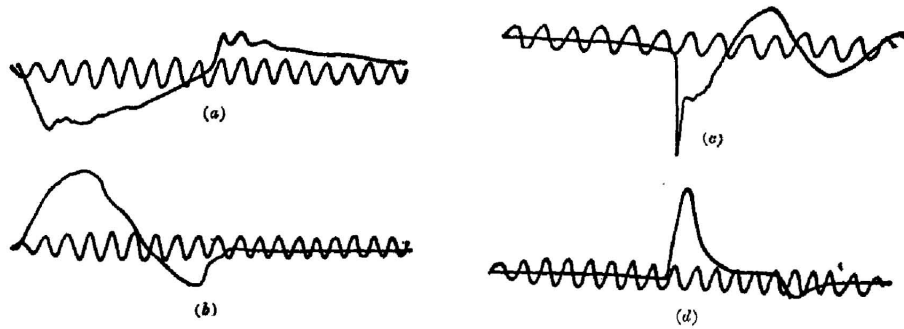


图 2 (a) 电子束电压, (b) 电子束电流, (c) 激光放电电压和 (d) XeCl 激光输出的典型波形(时标: 10 MHz)

Fig. 2 Typical waveforms of (a) E-beam voltage, (b) E-beam current, (c) laser discharge voltage and (d) laser output of XeCl (time scale: 10 MHz)

4. 对各种参量实现最佳化。这些参量包括混合气体的比例、气体总压力、激光放电与 X 光预电离之间的时间延迟等等, 使激光输出能量最高达 2J。此时气体混合比为 Ne:Xe:HCl = 3000:28:4(Torr); 激光放电与 X 光预电离之间的延迟时间为 500 ns; 混合气体总压力为 4 个大气压。X 光预电离的电子枪电压峰值为 100 kV, 激光电源中低电感电容器组的脉冲最大电压为 80 kV, 由此求得器件的能量效率为 2%, 体功率密度达 $2.25 \text{ J/l}\cdot\text{atm}$ 。此文献[3]的值提高近 50%。

以上实验中采用了平行平面谐振腔, 输出耦合镜为未镀膜石英平板, 根据初步测量结果, 光束发散角约为 3 mrad , 激光脉冲半宽度约为 100 ns。用 $f=100 \text{ cm}$ 石英透镜聚焦, 在焦斑处的功率密度可达 $2 \times 10^8 \text{ W/cm}^2$ 。在 1 米长的高压 H_2 池中已成功地实现了二极反斯托克斯和四级斯托克斯受激喇曼散射。

郑承恩、江森、姜阅清和丁泽安同志参加了部分工作, 谨此致谢。

参 考 文 献

- [1] K. Midorikawa *et al.*; "Topical meeting on excimer laser", Jan. 10~12, 1983. Incline Village Nevada. USA paper MA-8.
- [2] C. R. Tallman *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1983, **42**, No. 2 (Jan), 149.
- [3] S. C. Lin *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1981, **38**, No. 5(Mar), 328.
- [4] 楼祺洪等;《中国激光》, 1985, **12**, No. 1 (Jan).
- [5] 郑承恩等;《中国激光》, 1984, **11**, No. 10 (Oct), 593.
- [6] 丁爱臻等;《中国激光》, 1984, **11**, No. 8 (Aug), 503.

A 2-J pulse avalanche XeCl excimer laser

LOU QIHONG DING AIZHEN DONG JINXING AND WEI YUNRONG
(*Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica*)

(Received 12 February 1985)

Abstract

Based on optimization of parameters of an avalanche XeCl laser, we have obtained output pulse energy of 2J/1-atm by using low-inductance capacitors and the laser discharge power supply.