

重复脉冲 XeCl 激光器的研究

唐士清 胡百军 江英英 龚光源 兰 戈

(中国科学院上海光学精密机械研究所)

用一台小型脉冲 X 射线闪管预电离的重复脉冲准分子激光器, 已能运转在 10-20 次/秒重复率。在单脉冲运转时的脉冲能量超过 250mJ, 5 次/秒运转时平均每个脉冲能量为 200mJ 以上, 10 次/秒运转时每个脉冲能量为 160 mJ。激光放电区的有效体积约 40 cm³, 激光管充气压力最高达 5 atm, 在此气压下放电仍很均匀, 无弧光。进一步提高气压只受激光管机械强度的限制。发现沿激光管的 X 光剂量中间和两端即使相差 1 个数量级仍能均匀放电。

在该器件上, 实验研究了激光混合气体气压、气体组分、同步、放电条件、重复率等各参数对激光输出的影响。实验获得的数据和作出的曲线为进一步提高重复脉冲运转的准分子激光器平均功率提供了可靠的依据。获得的主要结果如下:

1. 在激光混合气体静态条件下, 重复脉冲运转时的激光输出特性。在 1-5 atm 总气压范围内, 随气压的增加, 激光输出增加的趋势直到 5 atm 还未明显减慢。重复率愈高, 平均每个脉冲的能量愈低。重复率运转相对于单脉冲运转的激光输出能量之比; $P = E_{re}/E_{si}$, 5pps 时 $P \approx 0.8$, 10 pps 时, $P \approx 0.6$ 。

2. 不同气体组分、不同气压、不同稀释剂下的激光输出特性。实验曲线证实, 随着气压的增加, HCl 浓度适当降低。发现当初始为 1 atm 时, HCl 浓度取 0.022, 随着总气压的增加, 只需充入稀释剂, 不需添加 HCl, 其激光输出正好成直线增加。实验结果还证实, 用 Ne 稀释比 He 好, 激光输出高 36%。

3. 在重复脉冲运转下, 预电离和主放电的延时同步稳定性是极为重要的, 实验曲线表明, 要获得高的平均功率, 要求延时同步的分散性 < 50ns。

并未出现第二峰。由于高的电子能量, 离子反应速率将是主要的, ArF^* 的生成将主要通过 ArF^* 参加的三体反应。而同轴结构的电子束激励在 Ar 气压比本实验高得多的情况下出现的第二峰, 是由于该结构电子温度比横向的要低得多, 才出现了和 TPA 放电所得资料可以比较的结果。

本实验对 ArF^* 辐射的衰减过程也进行了研究, 测得 F_2 对 ArF^* 的猝灭速率常数为 $1.59 \times 10^{-16} \text{cm}^3 \text{sec}^{-1}$, ArF^* 的自发辐射寿命为 330ns。这些数据是在 Ar 气压足够低, 能够抑制慢的第二衰减成分的条件下列得的。