

小型长寿命 XeCl 准分子激光器

刘 达 伟

(中国科学院力学研究所)

提要: 报道了一种改进电晕预电离结构的小型 XeCl 准分子激光器的工作参数和寿命的研究结果。

A compact long lifetime XeCl excimer laser

Liu Dawei

(Institute of Mechanics, Academia Sinica)

Abstract: Investigations on operating parameters and lifetime of a small XeCl excimer laser using an improved corona type preionizer are reported.

快放电泵浦 XeCl 准分子激光器以其较高的能量转换效率、较长的运转寿命和使用腐蚀性较小的气体而日益受到重视。本文在 E. A. Ballik 等人工作的基础上^[1], 使用一种改进的电晕预电离结构^[2], 对一台小型 XeCl 准分子激光器的工作参数, 特别是如何延长寿命进行了试验研究。

图 1 是本试验使用的激光器装置图。采用 Blumlein 型快放电电路, 两端电容由厚度为 0.16 cm 的环氧印刷线路板组成, 电容

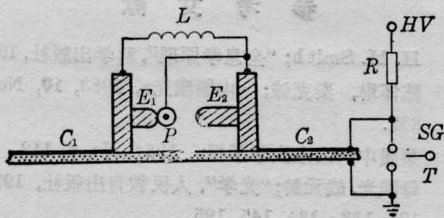


图 1 小型电晕预电离 XeCl 准分子激光器装置图

量 $C_1 = C_2 = 1.2 \text{ nF}$ 。激光腔体是由丙烯酸材料加工而成。腔体内体积仅 33 ml。放电电极 E_1 与 E_2 长 10 cm, 固定在镀镍铜板腔侧壁上。增益区体积约 2 ml。激光谐振腔间距 17 cm, 全反镜为镀铝石英镜, 输出镜则是一片熔融石英玻璃片。触发球隙 SG 是充氮火花隙开关。电晕预电离电极 P 用钨丝穿过石英玻璃管制成, 置于电极 E_1 前端面, 与 E_2 保持相同电位。由于采用新的电晕预电离设计, 使得在相同工作条件下, 可产生稳定均匀放电的放电通道长度增加。与通常采用的网阴极型电晕预电离结构和侧边式电晕预电离结构相比^[1~4], 放电通道长度从 4~5 mm 增加到 7 mm 以上。每个脉冲输出能量也几乎增加一倍。

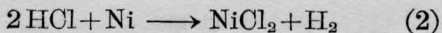
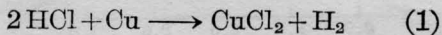
进行了系统的试验以确定最佳的激光输

收稿日期: 1984年10月25日。

出参数和最长的运转寿命。图2是激光输出能量与HCl充气比例的关系。曲线a是改进的电晕预电离的结果，b~d是单侧边预电离的结果。对不同的预电离结构，最佳HCl含量略有不同，对单侧边、网阴极和前端面电晕预电离，HCl的最佳浓度分别为0.25%、0.2%和0.15%。对于Xe气由图3可见，从0.1%到1.5%相当大的范围内，激光器输出能量变化不大。图4给出两种不同HCl浓度下激光输出与充电电压的关系，对较低的HCl浓度，激光器可以在更低的充电电压下工作。激光输出随充气压力在3~8atm范围内变化不大，大约在5atm时有最佳值。

准分子器件至今没能得到非常广泛应用的主要原因是其相对短的寿命和使用腐蚀性的有毒气体。迄今，已有少数几篇文章涉及了延长准分子激光器寿命的工作^[5~7]，他们分别使用了分子阱、闭环流动系统、添加低浓度氢气等方法。文献[1]通过增接贮气罐以及仔细选择激光腔材料，有效地延长了激光器的寿命。为了叙述和比较的方便，本文把输出功率降到最大输出时的一半累计的运转时间称为该器件的寿命。实验数据均是在充电电压15kV，充气气压5atm，脉冲重复频率10次/s，充气气比为He/0.25% HCl/0.5% Xe时取得的。

对寿命影响的主要原因是卤族施主HCl在静止和放电状态产生化学反应而造成的。HCl浓度较小，又不断被消耗。某些有害气体和化合物的形成，又增加了增益介质的损耗，这是造成器件寿命缩短的原因。试验中发现，由于非常高的放电电流密度（通常高达1000 A/cm²以上），致使放电电极材料大量溅射。溅射的电极材料和“新鲜”的电极表面很容易形成如下化学反应：



生成的金属卤化物不但消耗了卤族施主，又污染了激光腔体和谐振腔镜片，这种情况在

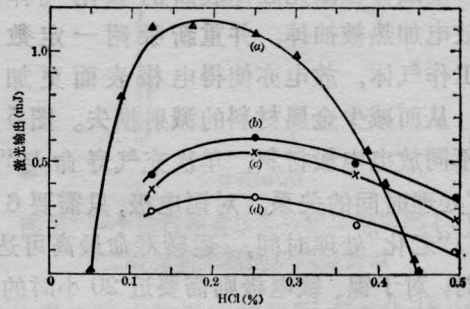


图2 每脉冲激光输出能量与HCl充气比例的关系

(a)—改进的前端面预电离的结果，充气压力为5atm，Xe为0.5%，充电电压15kV；(b)~(d)—单侧边预电离结果，充气压力5atm，Xe为0.5%，充电电压分别为20kV、15kV和12kV

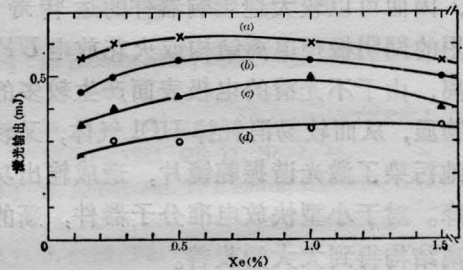


图3 激光输出能量与Xe含量的关系

充气气压为5atm，HCl为0.25%，充电电压为(a)20kV；(b)15kV；(c)13kV；(d)12kV

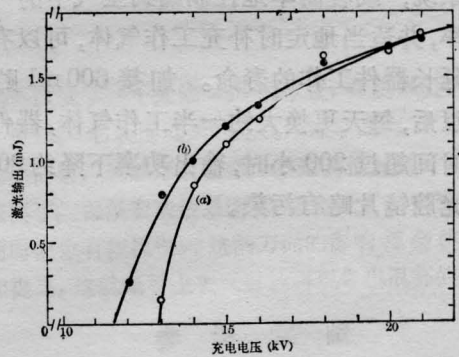


图4 激光输出与充电电压的关系

充气气压为5atm，Xe为0.5%，曲线(a)、(b)相应于HCl浓度为0.25%和0.15%

使用铜作为电极材料时更加严重。为此要选用溅射率较小与HCl反应速率较慢的材料，如镍或钛。放电器件组装好以后必须经过放电“老化”处理。即在放电加热处理条件

下,使残存在激光腔体表面的吸附气体通过放电加热被抽掉,并重新吸附一定数量的工作气体,放电亦使得电极表面更加光滑,从而减少金属材料的溅射损失。图5是对不同放电电极材料,单次充气寿命与“老化”处理时间的关系。对铜电极,只需要6小时总“老化”处理时间,运转寿命最高可达2小时;对于镍、钛电极则需要近20小时的总处理时间,单次充气工作寿命可达6小时以上。图6是单次充气的激光输出时间变化过程的典型曲线。试验中使用了大约2倍的最佳HCl含量以达到较长的工作寿命。

对不同的预电离结构,有不同的溅射速率,因而可以较大地影响器件的运转寿命。常用的网阴极预电离结构或火花放电UV预电离,由于不光滑的电极表面产生较多的溅射物质,从而较易消耗掉HCl气体,又较严重地污染了激光谐振腔镜片,造成输出功率下降。对于小型快放电准分子器件,新的预电离结构得到大大的改善。

由于整个激光腔体体积很小,每小时所消耗的气体是微不足道的。在较长单次充气寿命基础上,使用较大贮气罐的闭环慢流动系统,或者简单地控制漏到空气中的气体速率,并适当地定时补充工作气体,可以有效地延长器件工作的寿命。加接600ml贮气罐以后,每天更换大约一半工作气体,器件工作时间超过200小时,输出功率下降约20%,激光腔镜片略有污染。

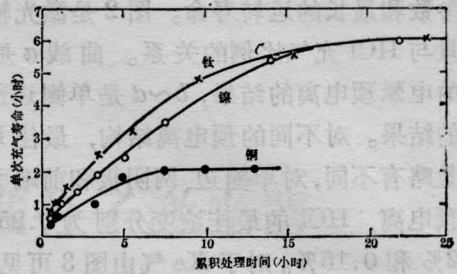


图5 单次充气寿命与放电老化处理总时的关系 (使用的电极材料分别为铜、镍和钛)

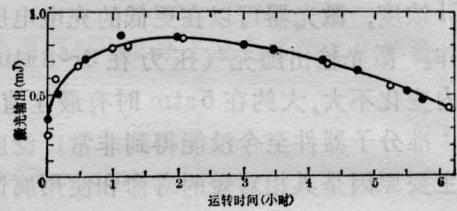


图6 单次充气激光输出随时间的变化
充气压力为5atm, 充电电压15kV, 重复频率10次/秒, 充气气比为He/0.4% HCl/0.5% Xe

参 考 文 献

- [1] E. A. Ballik; Private communication (1982).
- [2] 刘达伟;《物理学报》, 1984, **33**, 1512.
- [3] P. C. Sze, Z. Seggmiller; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1981, **QE-27**, 81.
- [4] T. S. Fahlen; *J. Appl. Phys.*, 1978, **49**, 455.
- [5] J. L. Miller *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1979, **35**, 912.
- [6] L. Burlamacch; *Appl. Phys. Lett.*, 1979, **34**, 33.
- [7] T. J. Mckee *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1980, **36**, 943.