

实用化 XeCl 准分子激光器气体寿命的实验研究

方晓东

戴静华

(中科院安徽光机所,合肥,230031) (中国科技大学化学物理系,合肥,230026)

摘要: 气体寿命是影响准分子激光器输出稳定的一个重要因素。我们在一台实用化 XeCl 准分子激光器上实验,定量给出了微量补充 HCl 气体对激光输出的影响,并且给出了激光气体长时间的工作寿命曲线。

关键词: XeCl 准分子激光器 气体寿命

Experimental study on gas lifetime of XeCl excimer laser

Fang Xiaodong

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

Dai Jinghua

(Department of Chemistry Physics, USTC)

Abstract: Gas life is an important factor for operation of excimer laser. The gas lifetime of the XeCl excimer laser is mainly dependent on the ingredient of halogen gas and the actinic absorption. In experimental study, HCl gas was added when laser output reduced to 70%. Finally, the relationship of laser output and HCl additive was obtained. The experimental results show that the gas lifetime can be prolonged with the HCl gas additive.

Key words: XeCl excimer laser gas lifetime

一、引 言

实用准分子激光器要求激光输出长时间稳定。由于准分子激光器在放电过程中,激光混合气体中的卤族施主反应十分激烈,导致气体劣化和激光输出下降。其主要原因是:(1)反应中减少了卤族气体;(2)反应产生的不纯物对光的吸收和对镜片的污染。人们在延长准分子气体寿命^[1-3]和防止气体污染和材料腐蚀^[4-6]等方面做了许多工作。

对于 XeCl 准分子激光器,在放电区,HCl 在放电条件下与金属材料发生反应,生成金属和非金属氯化物等杂质,HCl 在紫外光作用下还与非金属材料(包括 O 型密封圈)作用形成含氯烃等。这些固相或易挥发、易分解的生成物造成对光学镜片的污染和对光的吸收,同时消耗了 HCl。为了防止气体的劣化,保持功率稳定,商品器件中采取了以下措施:(1)合理选择放电区金属与非金属材料;(2)在放电腔和储气筒内安装镜片防污染装置和气体净化装置;(3)钝化处理,即在激光器初次使用时,先用浓度较低的 HCl 气体处理储气筒和放电腔内部,用以除去 H₂O 和 CO₂,并在构件表面形成氯化物薄膜;(4)定期清理光学镜片和放电腔。采取这些措施之后,在激光器工作过程中定量地补充 HCl 是维持激光器输出稳定的一个重要方法。

文献[4]给出一台激光器放电几百万次之后输出功率变化情况。忽略气态污染物的吸收,

光学镜片上积聚的污染物对激光输出下降的影响是2%~3%，而激光输出下降的主要因素是HCl的消耗。

我们在一台实用化 XeCl 准分子激光器上做补充 HCl 气体改善激光输出的实验，给出 HCl 的添加量对激光输出的影响以及激光气体长时间工作的寿命曲线。

二、实 验

我们在一台实用化激光器(图1)上做实验。这台激光器单脉冲最大能量输出 200mJ, 重复频率 0~100Hz 可调。电极采用黄铜镀镍, 预电离电极是不锈钢针, 放电腔体材料为聚酰胺(尼龙)。用石英做谐振腔输出片。密封圈材料均为氟橡胶。整个储气筒和放电腔容积 40L。储气筒内安装了高压静电吸尘的气体净化装置。谐振腔片附近安装了产生横向流动气流的气镜片保护装置。

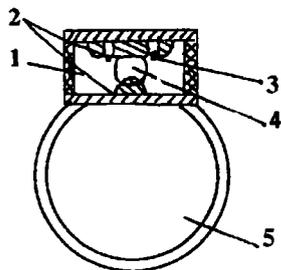


Fig. 1 Cross sectional profile of a laser head
1 - resonator 2 - electrodes
3 - preionization pins
4 - resonator mirror
5 - gas storage tank

激光器在第一次做 XeCl 准分子放电前, 先进行钝化处理。过程是将 100mbar 的 HCl 和 1atm 的 He 的混合气体充入储气筒, 存放 12h。重复这个过程 4d 至 5d。

钝化过程结束后, 即可做 XeCl 激光实验。选择最佳气体配比, 使激光输出最佳。我们采用 HCl : Xe : He = 10mbar : 80mbar : 2.4bar。总气压约 2.4bar。这时激光单脉冲输出能量达 200mJ。

由于放电过程中 HCl 的消耗和杂质的产生, 伴随气体劣化使能量下降。我们采取补充 HCl 的方法来稳定激光输出, 提高气体寿命。

图2曲线是添加 HCl 对激光输出的影响。预先配置好的激光气体, 激光输出达 200mJ。经过多次放电和若干天存放, 当激光输出能量降到原来的 70% 时, 开始进行添加 HCl 实验。每次补充加进储气筒的 HCl 压力为 2mbar, 然后测激光能量。随着 HCl 的加入, 激光输出能量增大, 当 HCl 添加到一定量时, 能量达到最大, 接近原来的最佳值。这时继续添加 HCl 又会导致能量下降。图中虚线是重复实验的结果, 即激光能量在第一次实验添加 HCl 达到最大能量输出后, 能量再次下降 30% 时, 重复上述实验得到的结果。两次实验曲线基本相似。这个实验过程可以继续重复做下去。但每次激光输出的最大值在降低。

图3是激光器在特定使用条件下长时间的气体寿命曲线。配置好气体使激光器达到最佳输出, 然后以一固定放电频率(我们选 1Hz)每天放电 1.4×10^4 次, 1d~2d 测一次能量并补充 HCl 使能量输出提高到最大。激光输出在 60d 时下降到起始时激光最佳输出的 50%。

以上实验均忽略了光学镜片的污染和腔内杂质吸收对能量输出的影响。

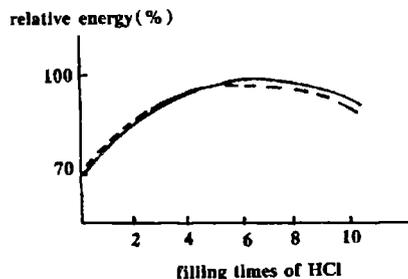


Fig. 2 Dependence of HCl additive on laser output (20mbar HCl additive)

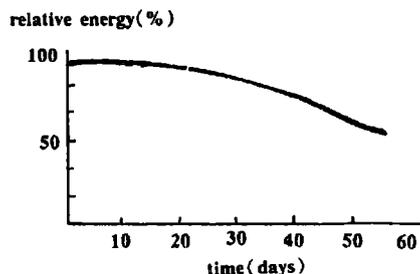


Fig. 3 Diagram of gas lifetime of long duration

三、讨 论

1. 准分子激光器的气体寿命依赖于放电条件。实用化准分子激光器应该在它的应用条件下来研究气体寿命。我们实验选择激光器每天以 1Hz 频率放电 4h。单脉冲能量保持大于 100mJ。因此实验结果具有实用价值。

2. 图 2 曲线相对于能量最大输出是一较平缓部分,即要得到最大能量输出 HCl 添加量有一个选择范围,只要 HCl 的添加量在这个范围内即可。实际操作时易于控制。

3. 通过合理添加 HCl 来延长气体寿命,减少了昂贵气体 Xe 的用量。从而降低实用激光器的工作成本。

4. 激光器充电电压与激光输出具有密切关系^[7]。对于实用化激光器,将提高电压来实现增益补偿的手段和补充 HCl 延长气体寿命的手段综合使用,通过计算机控制,可以使激光输出功率曲线在相当一段时间内近似保持为水平线,达到长时间稳定输出。在工业应用中,相对于一定的使用条件,用这种方法可以预置激光输出的情况,满足不同的使用要求。

参 考 文 献

- 1 Miler J L, Dickie J, Swingle J *et al.* A P L, 1979;35:912
- 2 Burlamacch L. A P L, 1979;34:33
- 3 Mckee T J, James D J, Nip W S *et al.* A P L, 1980;36:943
- 4 Roger T. L F, 1981;17(10):65
- 5 前田三男. 激光研究(日). 1983;11(5):38
- 6 刘达伟. 中国激光, 1985;12:672
- 7 王华胜,倪晋智,汪建业 *et al.* 光学学报, 1989;9:871



作者简介:方晓东(附照片),男,1963年11月出生。硕士,助理研究员。主要从事激光物理、激光技术领域研究工作。

戴静华,女,1955年3月出生。实验师。主要从事激光化学领域研究工作。

收稿日期:1994-10-11 收到修改稿日期:1995-01-08

· 简 讯 ·

二极管泵浦上转换光纤激光器产生大于 100mW 的蓝光

上转换激光器是一种趋于实用的由二极管激光器泵浦的固体蓝光光源。在美国加州的 SDL 公司的 Steve Sanders 与合作者在 1995 年巴尔的摩召开的 CLEO 会议的邮戳截止期后论文 CPD23 中报导,上转换光纤激光器产生 106mW 的蓝光。由 0.5W 可调谐的二极管激光器对(可调谐到 1130nm)泵浦一根掺铋的 ZBLAN 氟化物光纤。透镜聚焦泵浦光进入一根 3μm 光纤纤芯 2.5m 长掺铋 0.1% 的 ZBLAN 氟化物光纤。他们观察到的阈值为 80mW, 当用 890mW 泵浦时,在 482nm 波长可产生 106mW 输出,光转换总效率达 12%。在 1137nm 波长泵浦时斜效率提高到 30%。上转换池豫需要稳定的波长,用高功率二极管很难实现。SDL 公司的工作人员相信这种二极管的制造技术会引起更多人的注意。

於祖兰,巩马理 供稿