

紫外光预电离 ArF 和 KrF 准分子激光器

上官诚 袁才来 叶超 窦爱荣

(中国科学院上海光机所)

提要: 本文报导紫外光预电离 ArF 和 KrF 准分子激光器的实验研究。输出激光能量 ArF 105 毫焦耳、KrF 185 毫焦耳。文中讨论了各种参数对激光性能的影响。

A UV-preionized ArF and KrF excimer laser

Shang Guancheng Yuan Cailai Ye Chao Dou Airong

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

Abstract: UV-preionized ArF and KrF excimer lasers are reported. Maximum pulse energies of 105 mJ in ArF and 185 mJ in KrF were extracted. In this paper we discuss the effect of various parameters on laser performances.

紫外光预电离稀有气体卤化物准分子激光器能输出中等能量的紫外波段激光辐射^[1~3], 并且器件结构简单, 体积较小, 因此在泵浦染料激光器、激光同位素分离、激光化学、非线性光学等方面具有广泛应用的前景。

我们初期研制了楔形电极玻璃结构的准分子激光器, 用 NF_3 作为氟原子施主, 于 1979 年 6 月获得了 1.5 毫焦耳脉冲能量的 ArF 准分子激光^[4], 最近我们改进了器件设计, 并用 F_2 代替 NF_3 , 性能有了大幅度提高, 现详述于下。

激光器件结构

激光器的截面图示于图 1, 放电室由玻璃钢筒(俗称环氧筒)做成, 其内径为 8.4 厘米, 长 94 厘米。电极是张氏均匀场型面电极^[4], 材料用黄铜, 抛光镀镍; 电极宽度 3 厘

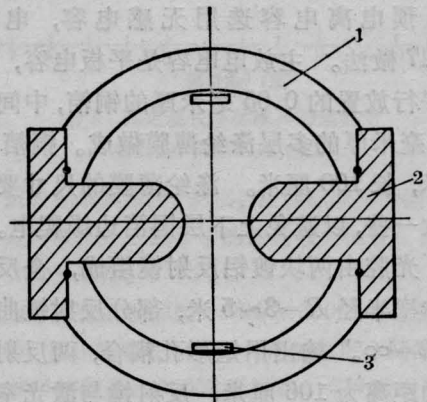


图 1 激光器截面图

1—放电室; 2—电极; 3—预电离火花隙板

米, 中间有效平区宽 5 毫米, 有效放电长度 80 厘米, 两电极之间距离为 2.1 厘米。电极与放电室用螺钉连接, 防氟 O 形垫圈密封。一般情况下真空度达 10^{-3} 托量级。

预电离由火花隙所产生的紫外光来实

收稿日期: 1980 年 3 月 26 日。

现。火花隙板放置在电极的上下两侧，离主放电电极中心 3.8 厘米。火花隙板的基板是 90 厘米长、1.5 厘米宽、0.3 厘米厚的玻璃板。火花隙由 29 个 27 毫米长、5 毫米宽、0.1 毫米厚的镍片用环氧树脂粘贴在玻璃板上构成。每个小镍片之间的距离为 1 毫米。图 2 所示两种构型的火花隙都能获得良好的结果。构型 (a) 玻璃基板的另一面粘贴 5 毫米宽 0.1 毫米厚的长条镍片，与每个小镍片构成小电容。而构型 (b) 则没有。

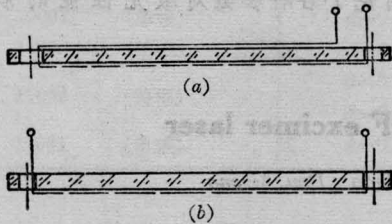


图 2 预电离火花隙板示意图

球隙开关是这类激光器件的关键技术之一。我们使用自行设计加工的同轴型低电感球隙，金属外壳，能承受高的充气压力。电极间距可调，通常电极间距调整为 2 毫米左右。

预电离电容选用无感电容，电容量 0.047 微法。主放电电容是平板电容，由两块平行放置的 0.05 毫米厚的铜箔，中间夹有 0.1 毫米厚的多层涤纶薄膜做成。铜箔宽 80 厘米，长 100 厘米。涤纶薄膜的尺寸要比铜箔大一些，以避免上下层铜箔边缘爬电。

光腔由两块镀铝反射镜组成，全反射镜的曲率半径 $R=3\sim 5$ 米，部分反射镜曲率半径 $R=\infty$ 。输出用矩形孔耦合，两反射镜之间的距离为 106 厘米，反射镜与激光室之间用防氟 O 圈密封。

运转条件和激光特性

放电电路选用 LC 反转电路，其原理图示于图 3 上。 C_1 和 C_2 的量值分别为 12 毫微法和 25 毫微法， SG_1 和 SG_2 分别为预电离火花隙开关和主放电火花隙开关。在器件

运转之前，球隙开关要充以适当压力的氮气（视充电电压而定），然后给预电离电容 C 和主放电电容 C_1 和 C_2 充电，当延时触发输出一个脉冲电压首先触发预电离球隙开关 SG_1 时，使预电离火花隙板工作沿器件纵向产生 60 个火花，对混合气体产生预电离。在第一个脉冲之后延迟 1~5 微秒，延时触发器输出第二个脉冲，触发主放电球隙开关 SG_2 ，使 SG_2 导通。 C_1 就通过 SG_2 放电，从而实现主电极之间的均匀放电。

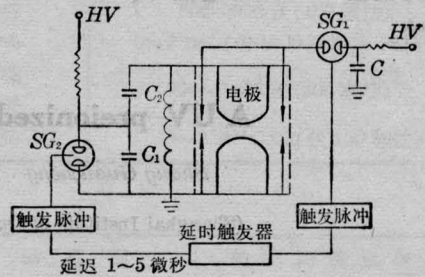


图 3 LC 反转电路图

输出激光能量与混合气体组成有密切的关系。结果示于图 4 和图 5 上。图 4 是固定气体总压 Ar 的百分含量、主放电电压和预电离条件，输出激光能量随氟含量变化的结果。从图中可知，最佳氟含量约 0.4% 左右。图 5 是固定气体总压、氟的百分含量、主放电电压和预电离条件，输出激光能量随 Ar 百分含

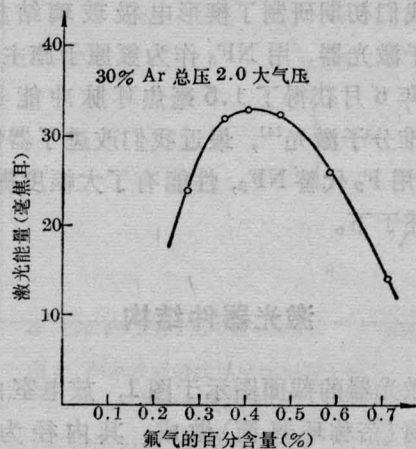


图 4 输出激光能量与氟气百分含量的关系 (主放电电压 30 千伏)

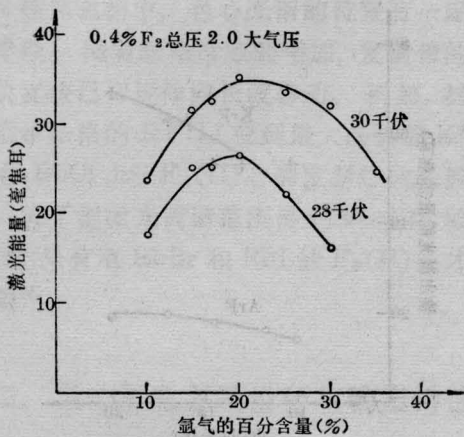


图5 输出激光能量与氩百分含量的关系

量变化的关系。从实验可知,最佳氩的百分含量为20%左右。

对于ArF,用组成为0.4% F₂, 20% Ar以及79.6% He的混合气体,总气压为2.5大气压,已获得最大脉冲激光能量105毫焦耳,激光波长为1933 Å。

对于KrF,已获得最大脉冲激光能量185毫焦耳,激光波长为2484 Å。气体混合物的组成为0.3% F₂, 15% Kr以及84.7% He。总气压为2.5大气压。效率约0.7%。

在1933 Å波长上,输出激光能量大于50毫焦耳时,反射镜的铝膜就出现损坏。对于2484 Å波长,能量要大于100毫焦耳时才发生铝膜的损坏^[5]。我们还观察到:即使激光能量水平还低于上述数据,连续多次运转也会使铝膜损坏。铝膜的损坏在光斑(2.1×0.5厘米²)的两端处更严重。

实验中测定了激光能量随电容器充电电压的变化关系,结果示于图6上。从图中看出激光能量并不随输入电能成线性增加,这可能是因为过高的电压(或输入能量)会改变放电气体中电子能量的分布。从而导致不那么有效地产生ArF和KrF准分子,并且也容易引起成弧。

图7是在固定气体组成和充电电压情况下输出激光能量随气体总压的变化关系。图中曲线的极值点表明在固定的气体组成下,

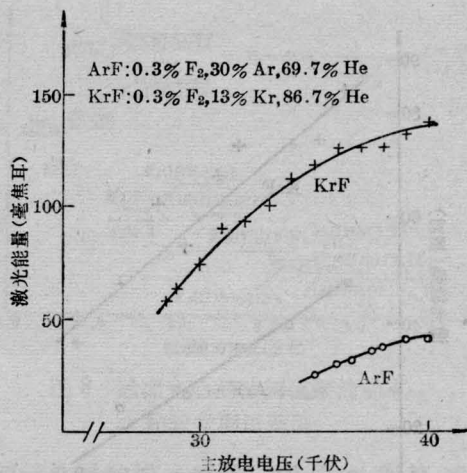


图6 输出激光能量与放电电压的关系
(混合气体总压2.3大气压)

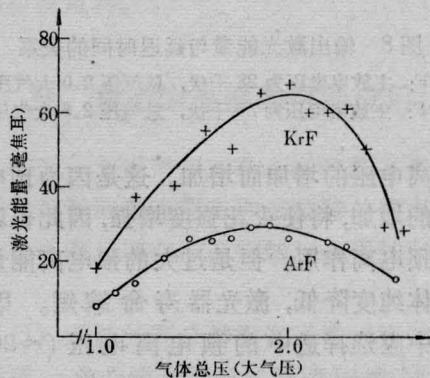


图7 输出激光能量随气体总压的变化关系
(主放电电压固定为32千伏)

一定的充电电压相应于一个输出激光能量最大的气体总压,即最佳 $(V/P)_{\text{充电}}$ 值。从图中测得的 $(V/P)_{\text{充电}}$ 值为: ArF 11伏/厘米·托, KrF 10伏/厘米·托。

预电离对输出激光能量的影响是很大的,实验表明主放电在预电离放电电流最大值时开始放电效果最好,输出激光能量最大。我们测量了输出激光能量随预电离和主放电之间延迟时间的变化关系,结果示于图8。通常激光器在1微秒左右的延迟时间上运转。

图9给出了激光能量随预电离电容充电电压变化的关系。从图中看出:激光能量随

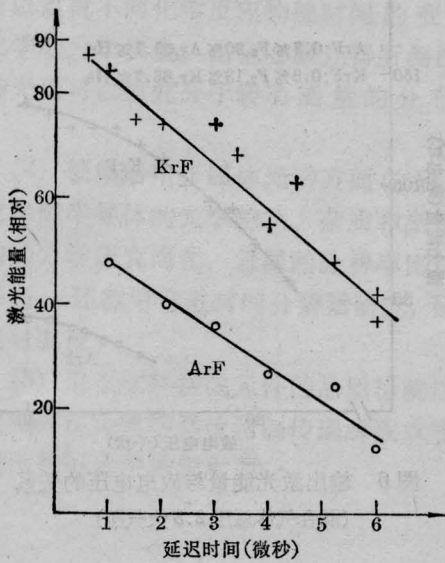


图8 输出激光能量与延迟时间的关系

(ArF: 主放电电压为 28 千伏, 总气压 2.0 大气压
KrF: 主放电电压为 30 千伏, 总气压 2.5 大气压)

预电离电压的增加而增加。这是因为预电离电压的增加, 将使火花强度增强, 因此也就加强了预电离作用。但是过大的预电离能量将使气体纯度降低, 激光器寿命缩短。因此实验中应选择适中的预电离电压 (~20 千伏)。

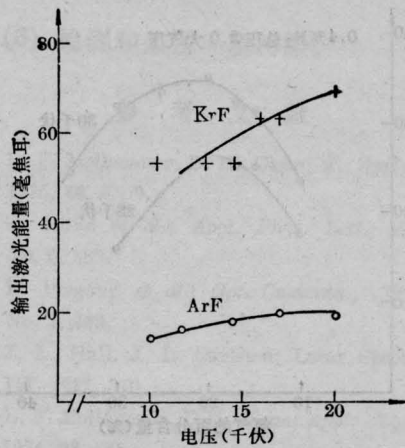


图9 输出激光能量与预电离电压的关系

(ArF: 主放电电压为 28 千伏, 总气压 2.0 大气压
KrF: 主放电电压为 30 千伏, 总气压 2.5 大气压)

参 考 文 献

- [1] R. Burnham, N. Djeu; *Appl. Phys. Lett.*; 1976, **29**, 707.
- [2] Robert C. Sze, Thomas R. Loree; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1978, **QE-14**, 944.
- [3] T. J. McKee *et al.*; *IEEE, J. Quant. Electr.*, 1979, **QE-15**, 33.
- [4] 上官诚, 袁才来, 叶超, 窦爱荣“紫外光预电离 ArF 准分子激光器”, 未发表。
- [5] T. Y. Chang; *Rev. Scient. Instrum.*, 1973, **44**, 405.
- [6] J. N. Hoffman *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1976, **28**, 538.

简讯

全息图象数据处理机研制成功

上海市激光技术研究所研制成功的可与全息滴记录仪配套使用的 TC-100 型全息图象数据处理机最近通过了鉴定。该机合理地压缩全息图象信息, 采用小型工业控制计算机, 实现了对复杂空间分布的球形粒子场的自动分析; 在部分人工参与下, 能对空间随机分布的粒子进行自动搜索和调焦, 并最终表格形式输出粒子场直径分布的直观图, 基本上

解决了球形粒子场的自动数据处理问题。它的研制成功, 使全息滴谱测量技术前进了一大步, 代替了人工读数, 提高了工作效率, 减轻了劳动强度。它在云雾物理、气溶胶喷雾、燃油雾化等方面有着广泛的应用前景。

(俞尧民)