

简单紧凑的电晕预电离 XeCl 准分子激光器

宋庆梅

(复旦大学物理二系)

提要: 本文报导了一台电晕预电离 XeCl 准分子激光器的实验研究, 输出最大脉冲激光能量超过 250 毫焦耳。研究了各种放电参数对输出激光能量的影响。

A simple compact XeCl excimer laser with corona preionization

Song Qingmei

(Second Department of Physics, Fudan University)

Abstract: Experimental study of a XeCl laser with corona preionization is reported. The maximum output energy per pulse is over 250 mj. The effects of various discharge parameters on the output energy of XeCl excimer lasers are studied.

一、激光器的结构

图 1 所示的是激光器的截面图, 放电室由厚 20 毫米的环氧玻璃钢板和厚 10 毫米的黄铜板构成, 用四氟乙稀垫圈密封, 其内孔径为 70×75 毫米²。放电室真空度一般到 10^{-3} 托。

阳极和阴极直接拴在上下两块铜板上。阳极用黄铜做成, 宽 10 毫米, 表面边缘和两端做成一定曲率的曲线型, 中间平坦区宽 5 毫米, 有效放电长度 65 厘米。阴极做成凹形黄铜槽, 宽 12 毫米, 上面弧形镍丝网, 镍丝网是 80 目/吋型号, 镍丝网表面要平整。阴极长 72 厘米。阳极和阴极间距 22 毫米。

预电离放电是由阴极和电晕丝之间产生

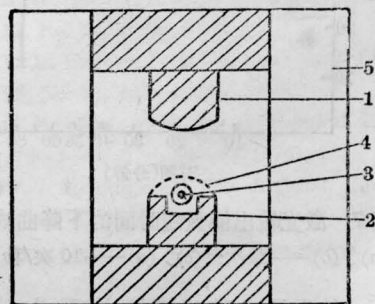


图 1 激光器截面图

1—阳极; 2—阴极; 3—电晕丝;
4—镍丝网; 5—放电室

电晕放电来实现的。电晕丝是一根镍丝, 直径 0.6 毫米, 外面套上玻璃毛细管与阴极绝缘, 毛细管壁厚薄要均匀, 放在凹形槽中心轴线上并和阴极表面平行。电晕丝和阴极表

收稿日期: 1982 年 4 月 23 日。

面相隔 2 毫米。毛细管两端一般要比阴极长 10 至 15 毫米, 或者向下弯成曲线型, 以防两端起弧光。

预电离电容 C_0 和主放电电容都是国产 CT86-5 型高压瓷介电容器。 C_0 的电容量 0.79 毫微法。主放电电容 C_1 和 C_2 各由一组瓷介电容并联而成。 分别是 20 毫微法和 30 毫微法。 二组电容分别直接用螺栓固定在放电室上下铜板上。

球隙开关用同轴低感球隙, 尼龙外壳。 一般充 N_2 气 5~10 大气压。 电极间距可调。

谐振腔为内腔式, 一端全反射镜镀铝或镀介膜, 曲率半径 3~5 米。 输出反射镜是紫外石英平行平面。 腔长 100 厘米。 反射镜与放电室之间用四氟乙稀 O 圈密封。

二、激光器运转特性

激光器的基本工作电路原理图示于图 2。 SG 为球隙开关。 预电离电路由电容 C_0 和 R 组成。 R_0 用低感电阻。 激光器开始运转时, 电容 C_1 和 C_2 通过电感 L 和二极管 D 谐振充电, 可使电容上的电压是 V 的 1.3 倍。 当球隙开关触发时, 激光器阴极电压增加(相对接地阳极和电晕丝), 电晕丝和阴极之间首先发生电晕放电, 使阴极表面产生均匀带电粒子。 从而使阴极和阳极之间均匀放电。 如果断开电晕丝, 主放电便出现弧光, 而且没有激光输出。 当一个激光脉冲放电后, 通过电阻 R_0 , 电晕丝恢复到阳极电位。

图 3 给出了输出激光能量与 HCl 含量的关系。 当固定混合气体总压、Xe 气的百分含量和贮能电容电压时, 从图中可以看出 HCl 含量在 0.15% 左右最佳。 图 4 是固定混合气体总压、HCl 百分含量和主放电电压, 输出激光能量随 Xe 气的百分含量的变化关系。 从实验中可知 Xe 的含量在 1~1.7%

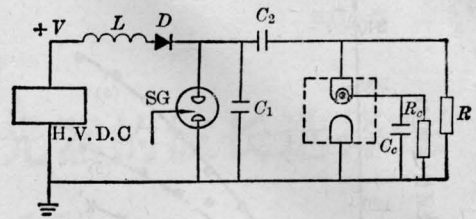


图 2 基本工作电路原理图

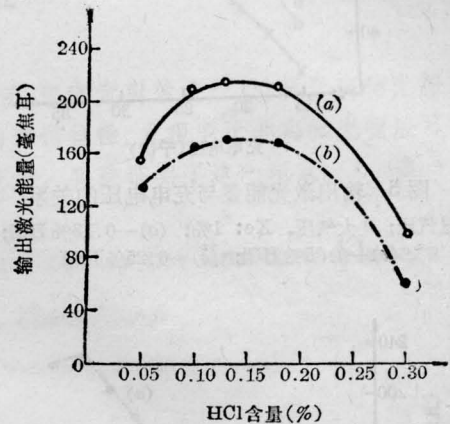


图 3 输出激光能量与 HCl 百分含量的关系

总气压: 3 大气压; Xe: 1%
(a)—30 千伏; (b)—25 千伏

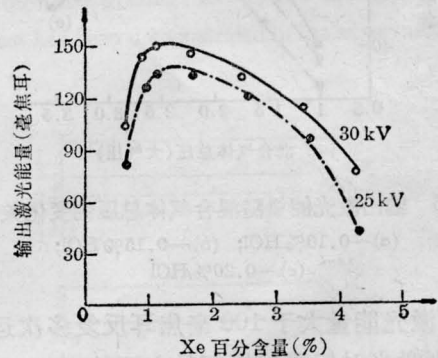


图 4 输出激光能量与 Xe 气百分含量的关系

HCl: 0.16%; 总气压: 2 大气压。

之间较佳。当 Xe 含量大于 4.3% 时激光输出明显下降, 放电变得不稳定产生弧光。

在这个器件上, 充 0.1% HCl, 1% Xe, 充 Ne 气至 3.25 大气压, 当放电电压 32.5 千伏时, 获得 265 毫焦耳的脉冲激光能量输出, 效率为 1%。激光波长 3080 Å。实验中观察到 HCl 气体对铝膜有一定的腐蚀作用,

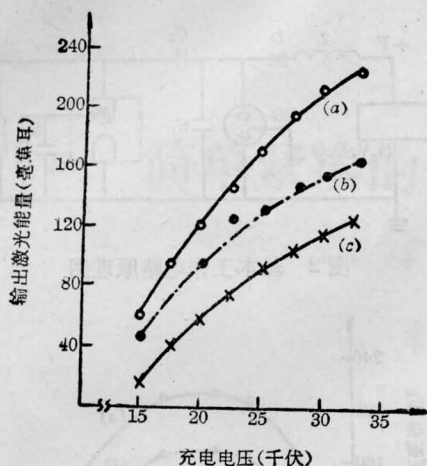


图5 输出激光能量与充电电压的关系
总气压: 3 大气压, Xe: 1%; (a)—0.13% HCl;
(b)—0.05% HCl; (c)—0.25% HCl

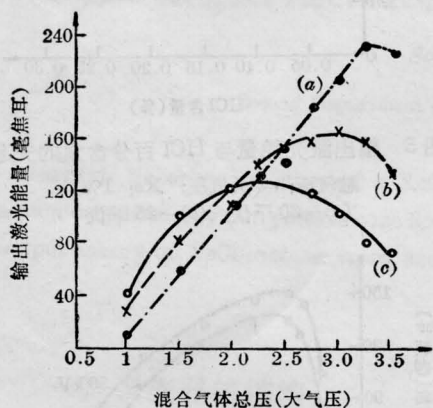


图6 输出激光能量随混合气体总压的变化关系
(a)—0.10% HCl; (b)—0.15% HCl;
(c)—0.20% HCl

但在激光能量大于 100 毫焦耳反复多次运转时,则激光对铝膜的损坏是主要的。

实验中测定了输出激光能量随电容器充电电压的依赖关系,结果示于图 5 中。从图中可以看出,当固定较佳的 HCl 和 Xe 气含量值时,输出激光能量随充电电压的增加而很快增加。但激光能量输出并不随输入能量成线性增大。从实验中知道,当充电电压从 35 千伏开始,继续加高电压,输出激光能量的增加变得较缓慢。

图 6 所表示的是放电电压为 30 千伏, HCl 和 Xe 气的比例固定为 10:1 时,激光能量随混合气体总压的变化关系。从图中可以看出,不同的 HCl 和 Xe 气混合气体比例达到最佳激光能量输出的总气压不同。图中对应于 0.1% HCl 的曲线未点下降,相信并不是激光输出达到饱和,是因为出现一弧光而使激光输出下降的。

上述实验用的不是 He 气而是 Ne 气作缓冲气体,用 He 气作缓冲气体有激光能量输出,但效果较差。在 0.09% Cl、1% Xe 气配比下,总气压 3 个大气压 Ne 气作缓冲气体,电容充电电压为 30 千伏时输出激光能量 209 毫焦耳。在同样的 Cl 和 Xe 气含量下,总气压和充电电压不变,缓冲气体用 50% He 气和 50% Ne 气,输出激光能量下降为 96 毫焦耳,为纯 Ne 气的 46%。增加 He 气的比例,输出能量下降更多。

在本激光器的研制中,曾得到祝玉鼎师傅和杨永炎、张杏生同志以及上海光机所上官城、袁才来同志的热情支持和真诚的帮助,在此表示深切的感谢。