

电引发 HF 激光器的参数特性

徐捷 陈钰明 何国珍 庄欣

(中国科学院上海光机所)

提要: 本文报导输出能量1焦耳的电引发 HF 激光器, 对其输出特性和工作参数的依赖关系进行了实验研究。

Parametric characteristics of an electrically initiated HF laser

Xu Jie, Cheng Yuming, He Guozhen, Zhuang Xin

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

Abstract: An electrically initiated HF laser of 1J output energy is reported. The influence of the operation parameters on the laser output characteristics are investigated experimentally.

一、引言

某些激光应用需要高重复频率工作或高峰值输出功率。用 H_2 和 SF_6 混合物电引发的脉冲 HF 激光器, 由于它的工作系统简单, 并且 H_2 和 SF_6 的混合气体腐蚀性小, 在引发化学反应之前是稳定的, 又易于实现短脉冲、高重复频率工作^[1], 对于研究脉冲 HF 激光器的基本参数特性及改善器件也是简便而有效的。

本文报道我们所研制的紫外光预电离电引发 HF 激光器, 激光输出能量1焦耳, 脉宽100毫微秒。该器件在最佳的放电参数下可以稳定地工作, 重复性良好。

二、实验装置

图1为电引发 HF 激光器装置的简图。

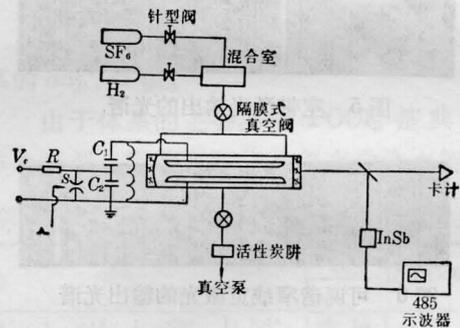


图1 电引发 HF 激光器

S—触发火花隙; R—镇流电阻;
 $C_1=39$ 毫微法; $C_2=19$ 毫微法

激光放电室是透明的有机玻璃筒, 两端用装有内腔腔片的密封法兰结构。电极用硬铝材料制成, 长76厘米, 用作图法使几种曲率平滑过渡, 抛光并喷砂处理后, 用螺钉固定在放电室上下两端, 间距2厘米。为了克服由于 SF_6 气体的负电特性引起丝状放电, 两

收稿日期: 1982年6月14日。

侧用不锈钢辅助电极列阵产生一系列火花发出紫外辐射,使放电体积预电离。激光腔由一个曲率半径5米的凹面镀金全反射镜和一个红外石英平板组成。

主放电路为横向激发的 Blumlein 放电线路, C_1, C_2 为脉冲形成电容, 考虑到尽量缩短激发上升时间, $C_2 < C_1$ 。

采用全金属气体控制系统, 用隔膜式真空阀及针型阀控制气体混合物的分压强。由于 HF 具有毒性, 排出的气体经活性炭过滤器吸附后放空。

激光输出能量用定标的卡计测量; 激光脉冲波形用室温 InSb 探测器连接 Tektronix 485 示波器显示; 谱输出特性用 W44 光栅单色仪接卡计测量。

三、输出特性

利用上述装置在 30~180 托的较高气压范围内都获得了 HF 激光振荡。实验发现, 激光输出能量与 SF_6 和 H_2 气体的总气压及分压比有非常密切的关系。图 2 为输出能量与总气压的依赖关系曲线, 在 120 托的较高工作气压下获得最强的输出。

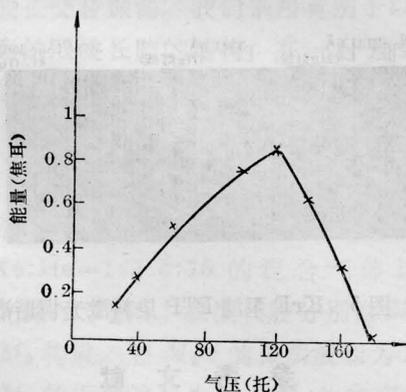


图 2 激光输出与总气压的关系曲线
 $r = P_S/P_H = 5$; 主放电 32.5 千伏; 预电离 23 千伏

当 SF_6 和 H_2 的气体分压比 $r = P_S/P_H$ 从 1 变化到 30 时, 激光输出变化如图 3 所

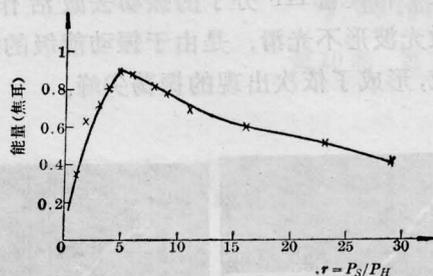


图 3 激光输出与气体分压比的关系曲线
 $P_{总} = 120$ 托; 主放电 32.5 千伏; 预电离 23 千伏

示, 最佳比为 $r \approx 5$ 。从以上的实验结果分析表明, 激光输出与 F 原子产额和激发态 HF 的产额有密切关系。

在我们的实验条件下, 激光输出能量随充电电压的增加而增加, 如图 4 所示, 在 34 千伏时, 得到 1 焦耳的激光输出能量, 光斑长 2 厘米, 宽 8 毫米, 此时的总体电效率为 3%。用长焦距石英透镜测得方向性约为 10 毫弧度。

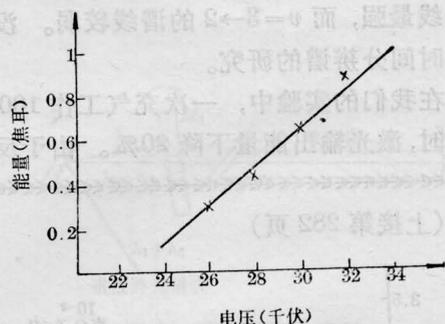


图 4 激光输出与主放电电压的关系
 $P_{总} = 120$ 托; $r = P_S/P_H = 5$; 预电离 23 千伏

用室温 InSb 接收激光脉冲, 其响应时间为 10^{-8} 秒, 显示在 Tektronix 485 示波器上, 为防止高压脉冲放电引起的电干扰, 整个测试系统放在屏蔽室内, 并对交流电源进行了低通滤波。图 5(a) 为总气压 120 托时的 HF 激光脉冲波形, 其半宽度 (FWHM) 为 100 毫微秒左右。当工作气压降低时, 脉宽明显变化, 在总气压为 40 托时, 脉宽增加至 200 毫微秒 [图 5(b)]。脉冲宽度在高气压时之所以变短, 主要是因为增加了激发态 HF 分子, 由于

F 原子和其它 HF 分子的振动去激活作用。而激光波形不光滑，是由于振动能级的级联效应，形成了依次出现的振荡尖峰。



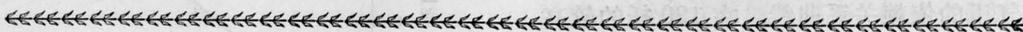
(a) $P_H=120$ 托 (b) $P_H=40$ 托

图 5 激光脉冲波形

$\tau = P_S/P_H = 5$; 主放电 32.5 千伏; 预电离 23 千伏
 时标: 100 毫微秒/格

用 W44 光栅单色仪 (光栅为 300 条/毫米) 测量了谱线的相对能量分布。在 120 托工作气压下, 共测得 19 条谱线, 最强的谱线是 $P_1(10)$ 支 (波长为 2.86 微米)。由于 HF 分子在被激发时, 级联效应使 $v=1 \rightarrow 0$ 跃迁加强, 而 $v=3 \rightarrow 2$ 在其后出现, 因此 $v=1 \rightarrow 0$ 的谱线最强, 而 $v=3 \rightarrow 2$ 的谱线较弱。没有进行时间分辨谱的研究。

在我们的实验中, 一次充气工作 100 次以上时, 激光输出能量下降 20%。由于反应



(上接第 282 页)

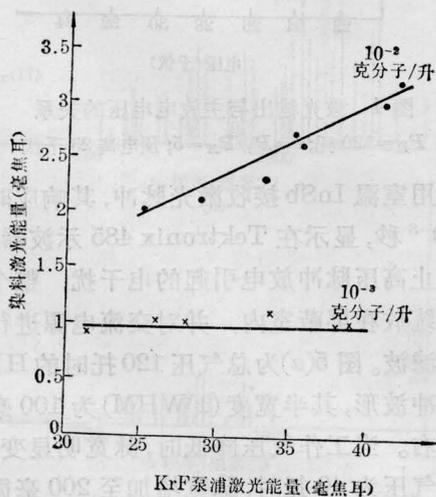


图 4 以二噁烷为溶剂的不同 PTP 浓度的激光转换效率

的不可逆性, 多次工作后应更换新的气体。

四、讨 论

激发参数最佳化主要有二方面的因素: 一是上面所研究的使气体工作参数最佳化, 它决定了 F 原子的产额及由此产生的振动激发 HF 分子数目, 在一定的放电条件下, 得到最强的激光辐射。另一因素是使放电参数最佳化。由于 HF 分子的振动弛豫速率很快, 需要快速激发, 我们曾用 C804 无感电容取代平板电容做了比较, 用铜皮与器件对称相连, 在同样的储能条件下 HF 激光输出只有 40 毫焦耳, 效率约 0.1%, 原因是集中参数电容的电感量使激发电流上升速率变慢。此外, 使传输线的特征阻抗和激光等离子体阻抗良好匹配是必要的, 这主要应从主放电元件值的选择及合理布局来进行研究。

参 考 文 献

[1] T. V. Jacobson *et al.*; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1973, **QE-9**, 496.

3125.7 Å [3131.6 Å (Hg 灯线)] [3341.5 Å (Hg 灯线)] 3650.1 Å [3663 Å (Hg 灯线)]

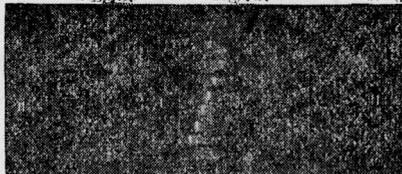


图 5 KrF 泵浦 PTP 染料激光调谐谱

参 考 文 献

[1] D. G. Sutton; *Appl. Phys. Lett.*, 1976, **29**, No. 9, 563.
 [2] B. G. Odard; *Opt. Commun.*, 1976, **19**, No. 3, 325.