

联簇射来记录高能 γ 射线, 是一个有意义的研究方向。廉价高信噪比声学材料的开发和最佳信噪比组合的研究, 将有可能发展一种新型的声量能器。对乳胶室中的核乳胶和 X 光胶片声学特性的研究, 有可能使普通的乳胶室发展成一种声乳胶室, 这对超高能宇宙线的研究是有意义的。

(5) 荷电粒子的声信号是一种微弱的瞬态信号, 能损为 $3 \times 10^{14} \text{eV}$ 的荷电粒子束, 产生的声压仅与 $2 \times 10^{-2} \text{dyn/cm}^2$ 的本底噪声相当。故单靠提高水听器的灵敏度, 无助于从噪声背景中提取声信号。应注意发展对脉冲声响应好的, 具有高信噪比, 能从强干扰中提取弱信号的声探测系统, 时空相关的声阵探测技术是可取的。同时还应注意研制作为加速器束流监测用的声探测器。

(6) 充分利用我国有利的地理条件 (如地

下湖等), 结合水声和深水切伦科夫光方法, 研制我国自己的中微子探测计划, 无疑是一项重要而有意义的工作。

参 考 文 献

- [1] Г. А. Аскарьян, *Атомная энергия*, 3(1957), 152.
- [2] Г. А. Аскарьян, Б. А. Долгошенн, *Письма в ЖЭТФ*, 25(1977), 232.
- [3] T. Bowen, 15th ICRC, 6(1977), 277.
- [4] В. Д. Воловик, В. И. Кобизской, *ЖТФ*, 12(1977), 2555.
- [5] T. Bowen et al., 16th International Cosmic Ray Conference (ICRC), 11(1979), 190.
- [6] S. D. Hunter et al., 16th ICRC, 11(1979), 196.
- [7] P. I. Golubnichy et al., 16th ICRC, 11(1979), 202.
- [8] L. Sulak et al., *Nucl. Instrum. & Methods*, 161(1979), 203.
- [9] Г. А. Аскарьян и др., *Письма в ЖЭТФ*, 28(1978), 617.
- [10] Н. А. Боршковский и др., *Изв. АН СССР, сер. физ.*, 36(1972), 1791.

Blumlein 放电引发的脉冲 HF 化学激光器

傅淑芬 陈建文 刘妙宏

(中国科学院上海光学精密机械研究所)

最近几年, 以 SF_6 做为 F 施主放电引发的脉冲 HF 化学激光器引起了人们的新兴趣^[1,2], 这与低阻抗 Blumlein 放电方式的引入很有关系。这种引发电路使得构成高功率、高重复频率、小巧紧凑的 HF 激光器成为可能。而这种激光器对许多应用是很理想的。

自从放电引发脉冲 HF 化学激光器出现以来^[3], 已经进行了大量的理论和实验研究^[4-7], 证明影响激光器效率的主要因素是: (1) 所用的 F 施主多是电负性气体, 很难获得均匀辉光放电; (2) 由于 HF 激光有很高的增益, 引起上激光能级的快速弛豫, 产生的基态 HF 分子不仅是一个重要的吸收损耗, 而且严重影响放电特性, 使放电变得更加不稳定; (3) 激光只在

高电子温度和高电子密度下出现, 放电的低能电子对激励不起作用。

快放电形式的 Blumlein 引发线路几乎可以同时很好地解决上述问题。这是因为: (1) 它具有很快的脉冲上升时间, 可以使大部分放电能量在弧光形成之前有效地沉积到激活气体中去; (2) 由于短脉冲运转, 基态 HF 对单脉冲输出的影响是不重要的。对重复脉冲运转, 只要使激励气体以一定速度流动, 这种影响便可以完全消除, 以保证好的脉冲重复性; (3) Blumlein 型快放电可达到很高的电流密度和 E/P 值, 因此具有高的电子密度和电子温度。 SF_6 中 S—F 平均键能是 3.1eV ^[6], 而 Blumlein 型快放电的平均电子温度可达 4eV ^[6], 大部分

放电电子对打开 S—F 键生成 F 原子有贡献。

本文报道了 Blumlein 放电引发的脉冲 HF 化学激光器的实验结果。为获得好的激光性能，我们在器件设计上作了如下改进：(1) 用紫外光预电离提高均匀辉光放电的工作气压；(2) 选用低电离电位的 H 施主，在紫外预电离光子作用下兼起种子气体的作用；(3) 主放电电极选用一对圆滑表面的尖电极，以提高放电电子密度，增强激励。

图 1 是实验装置和等效电路图。一对半径为 $R = 1\text{mm}$ 的黄铜电极长 70cm，间距 2cm，安装在尼龙激光放电室中，紫外光预电离火花板位于两电极一侧，距电极中心连线 3.5cm。主放电和预电离分别由两个直流高压源供电，放电由充 N_2 球隙引发。激光器谐振腔由 $R = 3\text{m}$ 全反射镀金镜和不镀膜石英平板组成，为减少损耗，采用内腔结构。

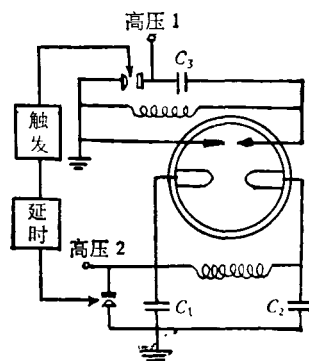


图 1 实验装置及等效电路

在此器件上，我们比较了使用 H 施主 C_6H_{12} 、 C_6H_{14} 、 H_2 和 $\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$ 时的激光特性以及输入电能、总气压、 SF_6 与 H 施主的分压对激光输出的影响。在 $\text{SF}_6/\text{C}_6\text{H}_{12}$ 混合气体中，总气压为 80 Torr，获得最大 HF 激光能量为 600mJ，比输出能量为 20J/L，电效率为 5%。

图 2 是使用不同 H 施主时激光能量随主放电电压的变化。总气压为 80 Torr $C_2 = 18\text{nF}$ ， $\text{SF}_6/\text{RH} = 15/1$ (RH 表示 H 施主)。显然， C_6H_{12} 最佳， C_6H_{14} 和 H_2 次之， $\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$ 最差。对任何一种 H 施主，激光输出均随主放电电压近似线性增加。这很容易由 HF 的激光

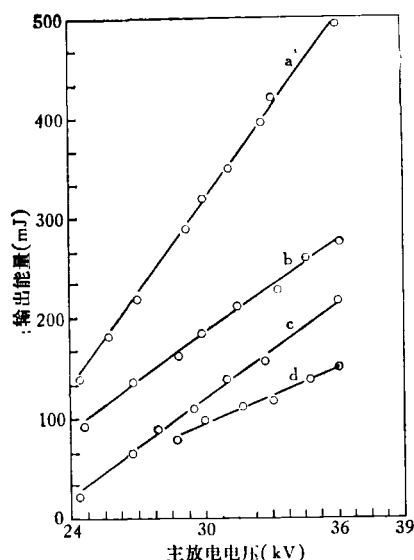
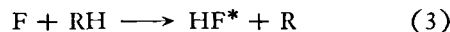
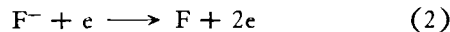
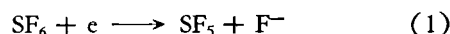


图 2 各种 H 施主时 HF 激光能量与充电电压的关系(总气压 80 Torr, $\text{SF}_6/\text{RH} = 15/1$)
a 为 $\text{RH} = \text{C}_6\text{H}_{12}$; b 为 $\text{RH} = \text{C}_6\text{H}_{14}$;
c 为 $\text{RH} = \text{H}_2$; d 为 $\text{RH} = \text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$

上能级形成动力学来解释。在 SF_6/RH 放电中，生成 HF^* 的动力学反应是



反应式 (1) 要求电子能量 $> 3.1\text{eV}$ (SF_6 离解能)，反应式 (2) 要求电子能量 $> 3.45\text{eV}$ (F^- 的电子亲和能)。显然，随放电电压升高，满足要求的电子数目随之增多，生成的 F 原子数以及由反应式 (3) 生成的 HF^* 数亦增加，激光输出随之增强。在我们使用的充电电压范围内，没有观察到饱和现象。

图 3 给出在总气压为 80 Torr 充电电压为 36kV 时，HF 激光能量与 C_6H_{12} 分压的关系。最佳气压比是 $\text{SF}_6/\text{C}_6\text{H}_{12} = 72.5/7.5$ 。开始，激光能量随着 C_6H_{12} 分压的增加而增加，这是因为反应式 (3) 生成的 HF^* 数比例于 C_6H_{12} 数。当达到最佳值后，继续增加 C_6H_{12} 分压，激光能量反而下降，这是由 C_6H_{12} 对 HF^* 的猝灭而引起的，已有实验证明，碳氢化合物是 HF 振动激发的良好去激活剂^[9]。

激光能量随混合气体总气压的变化如图 4

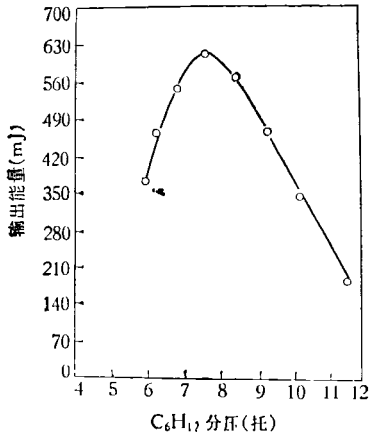


图3 激光能量与 C₆H₁₂ 分压的关系
(SF₆/C₆H₁₂ 混合气体总气压为 80 Torr, 充电电压为 36kV)

所示. 气压比为 SF₆/C₆H₁₂ = 10/1, 充电电压为 36kV. 当总气压大于 80 Torr 时, 放电出现不稳定, 弧光的出现影响了放电能量向激活气体的沉积. 选用最佳气压比, 可获得最大激光能量 600mJ. 激光的近场图给出能量降到最大值的 1/e 处时的光斑尺寸是 2 × 0.2cm², 对应的激活体积为 30cm³, 体输出能量密度为 20J/L. 此时储能电容 C₂ = 18nF, 电能变为激光能的转换效率为 5%.

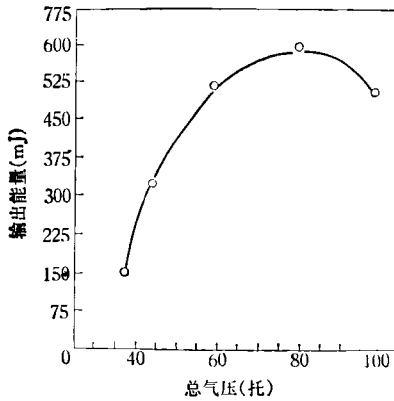


图4 HF 激光能量与总气压的关系
(混合气体 SF₆/C₆H₁₂ = 10/1, 充电电压 36kV)

图5是激光脉冲的时间波形, 半极大值处的全宽度 ~ 50ns.

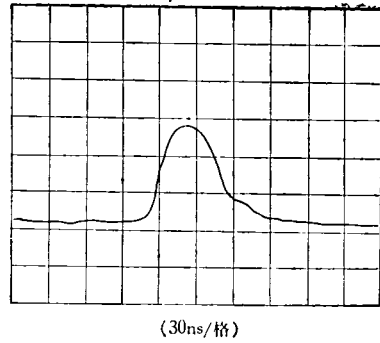


图5 激光脉冲的时间波形
(SF₆/C₆H₁₂ 混合气体总气压 80 Torr, 充电电压 36kV)

为获得更高的激光能量, 我们将 C₂ 增大到 32nF, 在总气压为 80 Torr 充电电压为 36kV 情况下, 得到激光能量为 800mJ, 但这时效率下降. 由于受平板电容器边缘电晕的限制, 我们没有进一步提高工作电压.

由远场花样测得的束发散角 ~ 20mrad, 没有做改善光束质量的努力.

实验表明, 在静止气体时, 激光能量随触发次数的增加而下降. 因此, 为得到稳定的输出, 必须使气体流动.

参 考 文 献

- [1] P. D. Slade and A. Serafetinides, *IEEE J. Quantum Electron.*, **QE-14**(1978), 321.
- [2] Katsumi Midorikawa et al., *IEEE J. Quantum Electron.*, **QE-15**(1979), 190.
- [3] Thomas F. Deutsch, *Appl. Phys. Lett.*, **10**(1966), 234.
- [4] H. Pummer and K. L. Kompa, *Appl. Phys. Lett.*, **20**(1972), 356.
- [5] R. G. Wenzel and G. P. Arnold, *IEEE J. Quantum Electron.*, **QE-8**(1972), 26.
- [6] Thor V. Jacobson et al., *IEEE J. Quantum Electron.*, **QE-9**(1973), 173.
- [7] A. F. Gibson et al., *IEEE J. Quantum Electron.*, **QE-13**(1977), 801.
- [8] C. P. Wang et al., *Appl. Phys. Lett.*, **28**(1976), 326.
- [9] K. G. Anlauf et al., *J. Chem. Phys.*, **58**(1973), 5354.