

# 222 毫微米 KrCl 激光器的实验研究

叶超 上官诚 袁才来 窦爱荣 林英仪

(中国科学院上海光机所)

**提要:** 本文报导紫外光预电离放电泵浦的 222 毫微米 KrCl 准分子激光器的各种参数对激光性能的影响,以 He 作缓冲气体,得到的激光输出能量为 60 毫焦耳。文中还介绍了 KrCl 的辐射光谱。使用这种准分子激光光解 HgI<sub>2</sub> 蒸气已观察到 Hg 原子 5461 Å 的激光谱线。

## Experimental research on a KrCl laser at 222 nm

Ye Chao, Shangguan Cheng, Yuan Cailai

Dou Airong, Ling Yingyi

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

**Abstract:** Experimental study of UV-preionized KrCl excimer laser at 222 nm was performed. The dependence of the laser performances on its various parameters is discussed. Laser output energy of 60 mJ was extracted using He as diluent gas. KrCl radiative spectra are given. Laser line at 5461 Å from Hg atoms was observed by photodissociation of HgI<sub>2</sub> vapor with this excimer laser.

## 器 件 装 置

我们的激光器件结构, 先前已作过详细描述<sup>[1]</sup>。它的主体是一个  $\phi 84$  厘米的环氧筒, 圆筒的左右两侧是均匀场型面电极, 黄铜材料镀镍, 长 80 厘米, 电极间距为 2.1 厘米, 放电体积为  $2.1 \times 0.5 \times 80$  厘米<sup>3</sup>, 圆筒的上、下两端装有一对火花隙预电离板, 放电电路选用 LC 反转电路, 两个平板电容器的电容量分别为  $C_1 \approx 12$  毫微法,  $C_2 \approx 25$  毫微法。

谐振腔由曲率半径为 3 米的全反射铝镜和平板输出器组成, 平板输出器的输出耦合

为 85% 左右, 输出端有时也用中间留有矩形孔的镀铝反射镜, 孔的大小为  $23 \times 7$  毫米<sup>2</sup>。

## 实验结果及其讨论

对 KrCl 激光器来说, HCl 是良好的卤素施主, 这是因为 HCl 分子的离解能 KrCl 激光光子能量之和与 Kr 共振俘获态  $3P_1$  很接近, 相差仅 0.02 电子伏<sup>[2]</sup>, 而且 Kr 的亚稳态(如  $3P_2$ )与 HCl 这样负电性的施主之间发生 Harpooning 碰撞生成 KrCl\* 准分子的

收稿日期: 1981 年 5 月 5 日。

过程截面很大。

图1表示激光能量随HCl含量的变化曲线。图中可见,存在着一个最佳的HCl含量范围。这是因为HCl一方面是Cl原子施主,因而 $KrCl^*$ 准分子的生成率比例于HCl的浓度;另一方面,HCl分子同时又是 $KrCl^*$ 准分子的重要猝灭剂。我们实验中得到的最佳含量为0.02%左右。

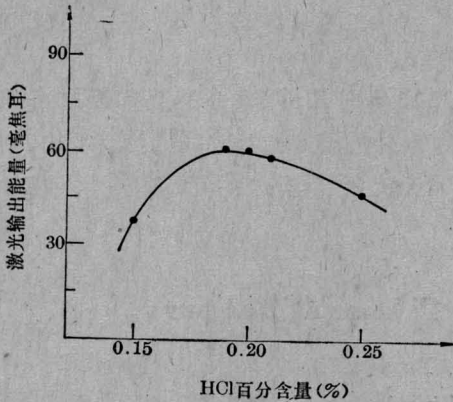


图1 激光输出能量与HCl气压比的关系

Kr为10%,其余为He,总气压为2.9大气压,主放电电压为50千伏,预电离电压为9千伏,延迟时间0.6微秒

气体总气压对激光输出能量的影响很大。图2(a)表示在主放电充电电压45千伏时不同的HCl含量下,激光能量与气体总

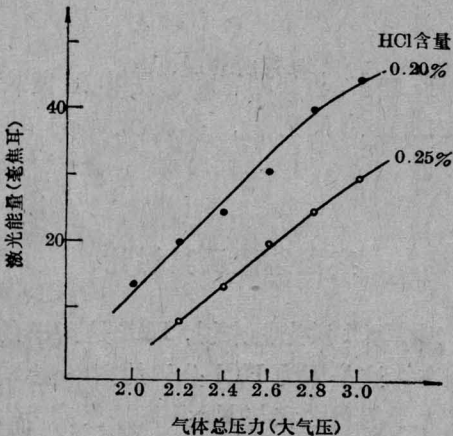


图2(a) 不同HCl比份时激光输出能量与气体总气压的关系

Kr为10%,其余为He,主放电电压45千伏,预电离电压9千伏,延迟时间0.6微秒

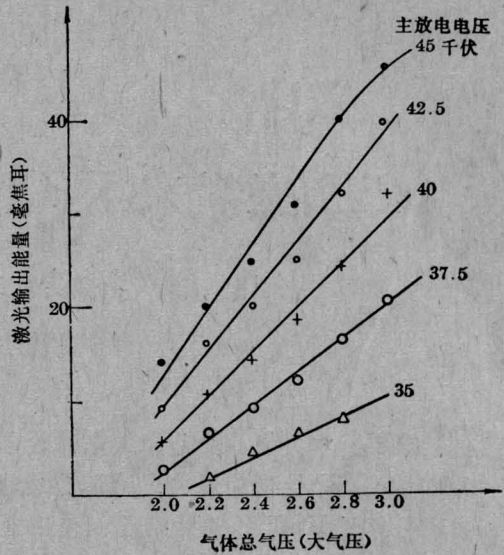


图2(b) 各种主放电充电电压下激光能量与气体总气压的关系

HCl 0.2%, Kr 10%, He 89.8%

气压的关系,图2(b)表示在各种主放电电压时,激光能量与总气压的关系。

在一定气压范围内,随着总气压的增加,激光能量接近线性增长;主放电电压越高,增长的速率也越大。注意到在主放电电压为45千伏时,气压从接近3大气压开始,激光能量的增加出现稍微饱和的趋势,这可能是由于光解HCl和光分离 $Cl^-$ 引起的吸收以及 $KrCl^*$ 准分子激发态被HCl的猝灭所造成的结果。

激光输出能量与主放电充电电压的关系非常密切,结果示于图3。图3(a)表示不同的HCl含量时,激光能量与主放电充电电压的关系。图3(b)表示在不同的总气压条件下激光能量与主放电充电电压的关系。从图中可见,激光能量随着电压的增加而接近线性地上升,总气压越高,增加的速率也越大,但当电压较高时,在总气压从3大气压开始,激光能量增长出现缓慢饱和趋势,这可能是电压过高会改变体系中电子能量密度分布,导致降低产生 $KrCl^*$ 准分子的速率;过高的电压也会影响放电均匀性。

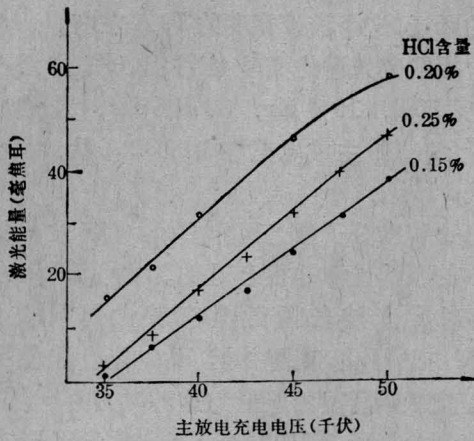


图 3(a) 不同 HCl 比份时激光能量与主放电充电电压的关系

Kr 10%, 其余为 He, 总气压 3 大气压, 预电离充电电压 9 千伏, 延迟时间 0.6 微秒

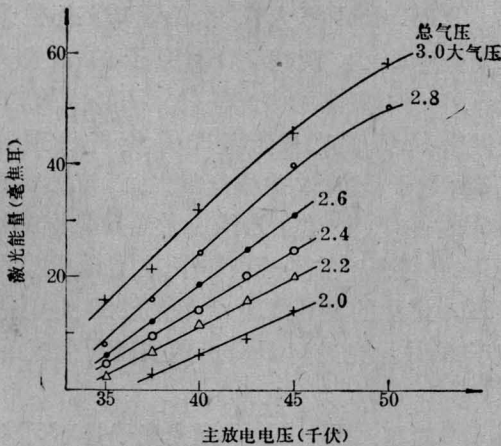


图 3(b) 不同总气压时激光输出能量与主放电电压的关系

HCl 0.2%, Kr 10%, He 89.8%; 延迟时间 0.6 微秒, 预电离电压 6 千伏

预电离参数对激光能量的影响很大。实验表明, 若不加预电离, KrCl 激光器就不能良好运转; 而且激光能量受主放电与预电离之间延迟时间长短的影响也很大。我们测定了激光能量随延迟时间的变化关系, 如图 4 所示。

图中可见, 当延迟时间从 0.6 微秒增加到 6 微秒时, 激光能量已降低了 50% 以上; 如果延迟时间过短, 由于初始电子密度的空

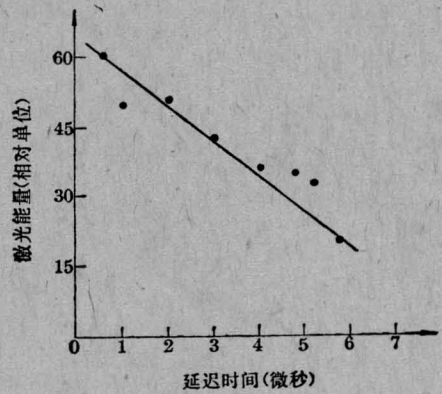


图 4 激光能量与延迟时间的关系

主放电电压 38 千伏, 总气压 2.5 大气压, 预电离电压 9 千伏 HCl 0.14%, Kr 10%, 其余为 He

间不均匀, 也影响了预电离的效果。我们的实验中通常运转在 0.6 微秒左右。

我们也研究了激光能量与预电离强度的关系。预电离器的充电电容为 0.047 微法, 当预电离充电电压低于 6 千伏时激光器不能正常运转。在 6~20 千伏范围内, 预电离电压对激光能量的影响不大。

在气体组成 0.20% HCl、10% Kr、89.8% He, 总气压 3 大气压, 主放电电压 50 千伏, 主放电与预电离之间的延迟时间为 0.6 微秒时, 激光器输出 60 毫焦耳的激光能量。

当 KrCl 激光输出能量达到一定程度时, 反射镜铝膜明显损坏, 在反射镜中心部分光斑尺寸大小的膜层被气化蒸发, 这种情况和 193 毫微米 ArF 激光的情况相似<sup>[1]</sup>, 说明短波长激光对铝镜的破坏效果是相当明显的。

用 1 米平面光栅摄谱仪拍摄了 KrCl 的辐射谱。图 5 表示我们得到的 KrCl 荧光辐射谱有两辐射谱带, 222 毫微米谱带很强, 238 毫微米谱带很宽, 带宽约有 24 毫微米。此外, 我们还摄得 Cl<sub>2</sub> 分子 259 毫微米谱带的较强跃迁。图 6 为 KrCl 激光辐射谱及其相应的荧光辐射谱带。与 J. G. Eden 等人在电子束器件中摄得的结果稍有不同<sup>[3]</sup>。他



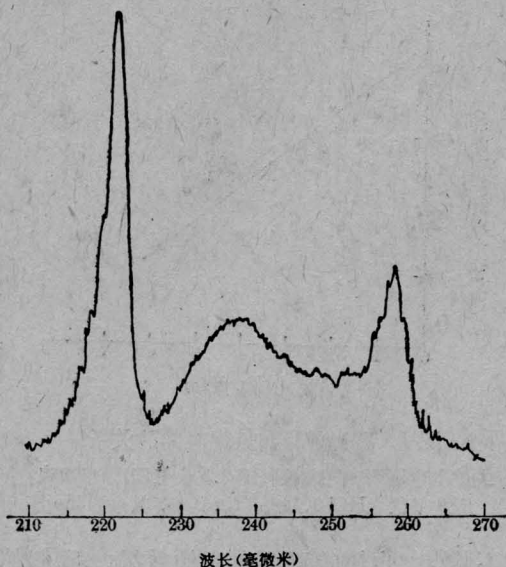


图5 KrCl 荧光辐射谱

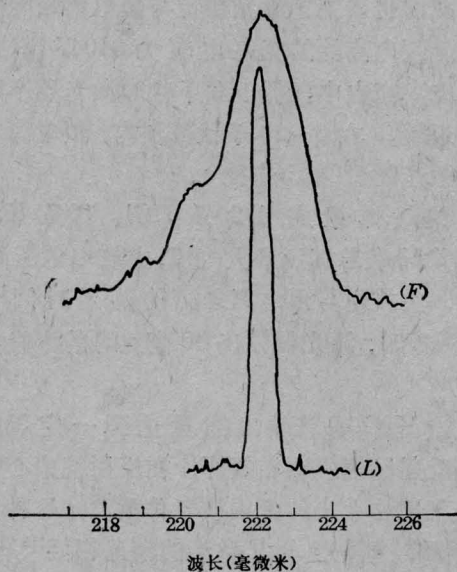


图6 KrCl 222 毫微米谱带的辐射谱  
(F) 为荧光谱 (L) 为激光谱

们的结果是, 激光谱的峰值(222.9 毫微米)与荧光谱峰值(222.5 毫微米)相差 0.4 毫微米。在我们的情况中, 激光中心波长为 222.1 毫微米, 谱线半极大强度的全宽度为  $6 \text{ \AA}$ , 相应的荧光谱是不对称的, 较长的尾部在短波长方向, 它包含振动能级  $v=0, 1, 2,$

...的跃迁, 这个谱带宽度约  $70 \text{ \AA}$  左右。

摄取荧光谱的实验条件是, 气体组份 0.2% HCl, 10% Kr, 89.8% He, 总气压 1.4 大气压, 主放电充电电压 32 千伏, 谱板曝光 50 次。

这种准分子激光用作  $\text{HgI}_2$  光解发光研究中的泵浦光源是很合适的。因为  $\text{HgI}_2$  在 222 毫微米波长附近具有较大的吸收截面<sup>[4]</sup>; 把  $\text{HgI}_2$  离解并把 Hg 原子激发到  $7^3S_1$  能级所需要的能量与这种激光两个光子的能量相接近; 而且一个 KrCl 激光光子的能量又与离解  $\text{HgI}_2$  生成  $\text{HgI}(B^2\Sigma^+)$  态分子所需要的能量相接近, 因此, 如果用这种激光光解  $\text{HgI}_2$ , 有可能获得 Hg 原子  $7^3S_1$  能级的受激辐射。

T. A. Cool 等人曾用 ArF 193 毫微米激光光解  $\text{HgI}_2$ , 观察到 Hg 原子的一些荧光<sup>[5]</sup>, 但没有观察到激光辐射。我们使用 222 毫微米 KrCl 激光来光解  $\text{HgI}_2$  蒸气已观察到 Hg 原子 5461  $\text{\AA}$  的激光输出, 对应的跃迁为  $7^3S_1 \rightarrow 6^3P_2$ , 这条谱线的激光振荡输出是较强的, 在一定的实验条件下, 同样能观察到 5461  $\text{\AA}$  谱线的超辐射输出。所用的装置类似于 ArF 激光光解  $\text{HgBr}_2$  的实验所用的装置<sup>[6]</sup>。

很明显, 单个 KrCl 激光光子是不可能把  $\text{HgI}_2$  离解并把 Hg 原子激励到激光上能级  $7^3S_1$  的, 光解激励必定是多光子过程。

## 参 考 文 献

- [1] 上官诚等;《激光》, 1981, 8, No. 2, 17.
- [2] R. C. Sze et al.; *Appl. Phys. Lett.*, 1978, 33, 419.
- [3] J. G. Eden et al.; *Appl. Phys. Lett.*, 1976, 29, 350.
- [4] Jakob Maya; *J. Chem. Phys.*, 1977, 67, No. 11, 4976.
- [5] T. A. Cool; *Chem. Phys. Lett.*, 1978, 58, No. 1, 108.
- [6] 袁才来等;《激光》, 1981, 8, No. 4, 62.