KrCl、XeCl 准分子激光双振荡研究

马树森 姚永邦 善新新 祝继康 秦玉英 王广昌 蔡连第 (中国科学院安徽光机所)

提要:采用 Kr:Xe:HOI:He 混合气体在同一个放电脉冲中获得了 KrOI、XeOI 激光双振荡, KrOI 激光较 XeOI 激光早出现 ~12 ns。在双振荡中 Xe 的分压 强是 很灵敏的。

Study on KrCl and XeCl double laser oscillation

Ma Shusen, Yao Yongbang, Shan Xinxin, Zhu Jikang, Qin Yuying Wang Guangchang, Cai Lianxin

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

Abstract: A double wavelength laser which oscillates at 308 nm(XeCl) and 222 nm (KrCl) has been achieved from a mixture of Kr/Xe/HCl/He. KrCl lasing action appeared earlier than that of XeCl by 12 ns. The Xe partial pressure in the mixture was very critical for the double wavelength oscillation.



在我们以前的实验中已实现了XeBr、 XeCl同时输出^{L13}, 文献[2]已经实现KrF、 ArF的同时输出。最近我们在快放电准分 子激光器上又获得了KrCl、XeOl的双激光 振荡,在同一次放电脉冲里(混合气体为Xe/ Kr/HCl/He)输出 222 nm(KrCl)、308 nm (XeCl)两个波长的准分子激光。

二、实验装置、结果及讨论

所用的实验装置如图 1 所示, 所用的



激光器结构和放电网路与 [1] 全同。电极间 距 2 cm, 激活长度 72 cm。贮能电容器 C= $0.1 \mu f$, 充电电压 V=35 kV, 混合气体组分 u^病日期: 1984年9月12日。 为 Xe: HCl:Kr:He=3:7:120:1570 mb。所 用气体 He、Kr、Xe 的 纯 度 高 于 99.99%。 HCl 高于 99%。摄谱用 CarLzess 二米光栅 光谱仪,线色散 ~8Å/mm。光路上分光用 石 英棱镜,光电接收器是两只强流管,以示波 器显示脉冲波形。

图 2(a)和(b) 分别是激光输出谱及其黑 度曲线。黑度值的大小不真正反映 KrCl、 XeCl 激光之间相对强度,因为光路上所用光 学元件及摄谱仪对 KrCl 的 损耗大于 XeCl 激光。图 3(a)是不加 Xe 时 KrCl 激光脉冲



图 3 1891 1891

波形,图 3(b)是不加 Kr 时 XeCl 激光脉冲 波形。图 4(a)是加有 Xe 情况下 KrCl 激光 波形;图 4(b)是加有 Kr 时 XeOl 激光波形。 图 5 是经棱镜色散分光后 KrOl、XeOl 激光 分别进入两个强流管的示波图。在拍摄该图 之前,把 XeOl 激光束分成两束进入两个强流 管。这两束光进入两个强流管之前的光程同 KrOl、XeOl 两束光的光程基本相同,通过 调示波器使两个 XeOl 波形重合,消除光路、 强流管及引线差异所造成的时间延迟。不经 棱镜分光,KrOl、XeOl 激光进入同一个强 流管,示波图上也具有两个峰,持续时间与 图 5 给出的总持续时间基本相同。这也表 明,在同一放电脉冲中 KrOl、XeOl 激光是



(a) 混合气体内含 Xe 的 KrCl 激光脉 冲波形, 5 ns/格



(b) 混合气体内含 Kr 的 XeCl 激光 脉冲波形, 5 ns/格



图 5 KrCl、XeCl 激光同时发 射脉冲波形, 5 ns/格 1-KrCl 激光; 2-XeCl 激光

先后出现的。KrCl 激光先出现约 12 ns。比较图 3、图 4 可以看出 Kr 的加入对 XeCl 的 波形没有明显影响,而 Xe 的加入使 KrCl 的 脉宽有所增加。

总激光强度以及 KrOl, XeOl 激光强度 同 Xe_ Kr_ HO1含量都 有关系。同 Xe 的 含量关系更为灵敏, 只有在相当小的 Xe 的 含量范围内才能得到 KrCl_ XeCl 两种激光 的大致相同的强度。这个范围小于1mb。双 振荡时的总能量以及分能量均比 KrCl_ XeCl 单独振荡时弱。这表明 Kr 对 XeCl 激 光、Xe对KrCl激光均有猝灭作用。实验 表明后者比前者更为强烈。对于3mb/Xe 3mb/HCl、1650mb/He 混合气体,在33kV 电压下 XeCl 输出能量为 39mJ, 加入 2.8 mb Kr 后, 输出能量没有变化, 加入 30 mb Kr 后, 输出能量减少到7 mJ. 大约 是原来的1/6。此时 KrCl 激光并未出现。 对于3mb/HCl_140mb/Kr_1650mb/He 混合气体,在33kV电压下,KrCl激光能量 为16.5mJ, 加入~2.8mb/Xe后, XeCl激 光也出现了,此时总输出能量仅为 2.3 mJ, KrCl 激光能量在 2 mJ 以下。当 Xe 增加到 4mb时KrCl基本上就无光了。由此可见 Xe对 KrCl 激光的猝灭作用要强烈得多.

从激光脉冲波形的先后关系看来,两者的动力学过程不象是并行的。对于 KrCl 而 言下述过程仍然是造成粒子数反转的主要通 道^{[33}]:

 $\begin{array}{c} \mathrm{Kr}^* + \mathrm{HCl} \longrightarrow \mathrm{KrCl}^* + \mathrm{H} \\ \mathrm{Kr}^* + \mathrm{HCl}(v) \longrightarrow \mathrm{KrCl}^* + \mathrm{H} \\ \mathrm{Ol}^- + \mathrm{Kr}^* \longrightarrow \mathrm{KrCl}^* \end{array}$

KrCl 的化学反应速率常数和 XeCl 的化学 反应速率常数基本上是相同的^[43]。由于 Kr 的浓度远比 Xe 的浓度大, Xe^{*}和 HCl 的碰 撞机会要比 Kr*同 HCI 碰撞机会小得多,所 以最初 HCI 多数被 Kr*所反应,这样 KrCl 就可能提前达到出激光所需的粒子数 反转。由于 HCI 对 KrCl 也有较强的猝灭 作用, HCl 浓度还不能提高。通过提高 HCl 的浓度解决上述问题也是不可能的。

从图 5 激光波形的先后关系可 以看 出, XeOl 激光的出现,同 KrOl 的受激发射是有 关的。形成 XeOl* 的重要通道可能是

 $Ol^- + Xe^+ \longrightarrow XeOl^*$

这里的 Cl⁻ 主要是 KrCl^{*} 受激发射 后产生 Cl 经电子碰撞后产生的。

KrCl 激光脉冲和 XeCl 激光脉冲与放 电电流脉冲的时间关系基本上是一致的^[53]。 本实验中放电电流脉冲是同一个,所以 KrCl 较 XeCl 早~12 ns 出激光,主要原因 在动力学过程方面。虽然混合物中只有一个 卤素施主,但两者的动力学过程并不是并行 的,这一点同文献[1]中的情况是不同的。

比较图 3、图 4 可以看出, Xe 的加入使 得 KrCl 激光的脉宽增加大约 4 ns;由于 Kr 的存在 XeCl 的脉宽大约减少了 3 ns。 这种现象的产生可能也同动力学过程有 关。

王爱华同志为我们测量了光谱板并绘制 了黑度曲线; 鲍健同志帮助我们拍摄了示波 图,对此深表感谢。

参考文献

- [1] 胡雪金等; 《量子电子学》, 1984, 1, No. 1, 29~
 31.
- [2] Laser+Elektro-Optic, 1976, 8, No. 2, p. 20.
- [3] E. Armandillo et al.; Appl. Phys. Lett., 1983, 42, No. 10, 860.
- [4] Б. М. Смирнов; УФН, 1983, 139, №1, 53.
- [5] R. C. Sze, P. B. Scotl; Appl. Phys. Lett., 1978, 33, No. 5, 419.