

10 大气压 X 光预电离 XeCl 准分子激光的增益特性

楼祺洪

何麒生

(中国科学院上海光机所)

(华中工学院)

提要: 采用振荡放大技术, 研究了 10 个大气压的 X 光预电离放电 XeCl 准分子激光的增益特性。实验结果表明, 在 Xe/HCl=10:1 情况下, 充入不同的 Ne 稀释气体, 对应于最大小讯号增益的工作气压 P_{\max} 随着 Ne 气成份的增加而增加, 而不同混合比下 P_{\max} 时含有的 HCl 绝对分压几乎保持不变。

Gain characteristics of a 10-atm X-ray preionized discharge XeCl laser

Lou Qihong

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

He Qisheng

(Huazhong University of Science and Technology)

Abstract: By using the technique of oscillation-amplification the small signal gain characteristics of an X-ray preionized discharge XeCl laser at a gas pressure of up to 10 atm have been investigated. The experimental result shows that for a Xe:HCl=10:1 mixture with different amounts of neon dilution, the total gas pressure P_{\max} corresponding to the peak small signal gain appears to increase monotonically with the increasing amount of neon dilution, but the absolute partial pressure of HCl corresponding to P_{\max} at various mole ratio, however, seems to remain relatively constant.

一、引言

激光器的增益特性是设计一台高效率激光器的一个重要参数之一。对于各种泵浦类型的准分子激光器的增益特性已有不少研究, 其中包括对电子束泵浦^[1]和紫外预电离^[2]放电

泵浦准分子激光的增益测量, 对于 X 光预电离放电泵浦 XeCl 准分子激光器, 文献[3]用最大损耗法测量 3080 Å 波段的增益特性。对于放电泵浦准分子激光器, 以上的测量的总气压均在 5 个大气压以下, 他们的结果表明, 在 5 个大气压以下小讯号增益随气压的上升

收稿日期: 1983年6月22日。

而增加,没有下降的趋势。本文利用振荡放大技术测量了高达 10 个大气压的 X 光预电离放电 XeCl 准分子激光的增益特性。

二、实验装置

图 1 为实验装置方框图。振荡器和放大器均是 X 光预电离的放电机件。当工作总气压为 3 个大气压时 (Ne:Xe:HCl=9923:70:7), 激光脉冲的持续时间为 120 毫微秒。用 1 米光栅光谱仪测得激光主要谱线是 XeCl $B \rightarrow X(0-1)$ 、 $(0-2)$ 二条几乎等幅度的跃迁, 因此本文测量的小讯号增益系数是波长为 3079 \AA 和 3082 \AA 处的平均值。探测光束通过 M_3 、 M_4 和 M_5 三块反射镜引入放大器。由于准分子激光的小讯号增益系数很高, 在较长的放电区很容易产生超辐射, 因此, 实验中所用的放大器放电长度仅为 4 厘米, 其放电体积为 $1 \times 1 \times 4 \text{ 厘米}^3$ 。为了使放大器能工作于 10 个大气压, 它由一个壁厚为 2.5 厘米的圆柱体组成, 由电缆组成的脉冲形成网络供电, 通过改变电缆的数目可以改变泵浦的电流密度。未被放大的讯号一部分由 M_5 反射进入放大器由接收器 D_2 检测, 另一部分透过 M_5 由接收器 D_1 检测。当放大器不放电时, 对比二个接收器的讯号强度可以用 D_2 的讯号来定标 D_1 的强度, 我们用 D_1 的讯号就可以监视未被放大的讯号。衰减片 A_1 和 A_2 用以衰减探测讯号的强度, 从而保证不发生增益饱和现象。放大器和振荡器的放电时间由延迟触发线路控制, 以保证放大

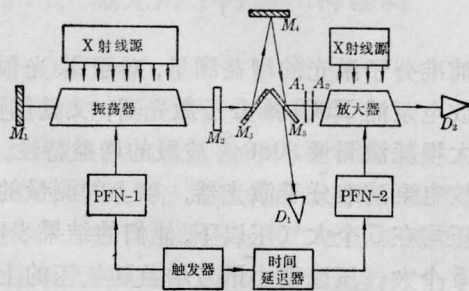


图 1 增益测量方框图

器在探测讯号到达后开始放电。探测讯号和放大讯号分别由二只强流光电二极管接收且由宽带示波器显示。为了保证实验结果的精确性, 每次测量结果均由五次以上实验值取平均获得, 其均方根误差为 $\pm 10\%$ 。

三、增益特性

根据探测讯号及放大讯号的示波图扫迹, 可以计算出峰值小讯号增益系数。图 2 给出了不同混合比下, 峰值小讯号增益系数与总气压的关系, 此时放电电流密度维持为 200 安/厘米² 不变。实验中保持 Xe:HCl 的分压比为 10:1, 改变 HCl 的浓度分别为 0.05%、0.07% 和 0.1%, 小讯号增益系数与总气压的关系均呈现钟形曲线分布。即随着气压增高, 小讯号增益系数增大, 当气压达到 P_{\max} 时, 气压进一步增大, 小讯号增益系数下降。实验结果表明, P_{\max} 随着 HCl 浓度的增加而下降, 对于图中三种 HCl 浓度, P_{\max} 分别为 6、4 和 3 个大气压。令人感兴

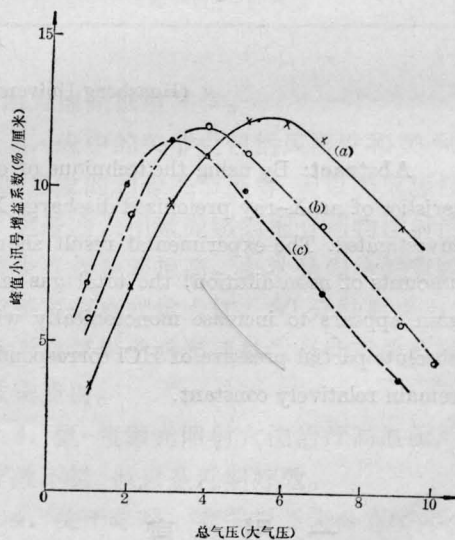


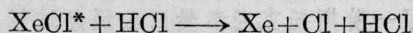
图 2 $j \sim 200 \text{ 安/厘米}^2$ 下不同混合比时的峰值小讯号增益系数与总气压的关系

	Ne	Xe	HCl
×	9945	50	5
○	9923	70	7
●	9890	100	10

趣的是,它们对应的 HCl 绝对分压却与气体混合比无关,近似为 2.5 托。这说明,对于 Ne:Xe:HCl 混合气体,存在一个小讯号增益系数最大的 HCl 分压,不论在何种稀释比下, HCl 绝对分压的进一步增长会使小讯号增益系数下降。

小讯号增益系数随总气压改变的特性也反映到激光输出特性上,在放大器激活介质两端安置一对反射率分别为 99.5% 和 98% 的腔片,用光电二极管检测激光功率。在与图 2 相同的混合比下,测量激光输出功率与总气压的关系(图 3),它同样呈现钟形分布。

HCl 绝对分压大于一定值后,激光功率及小讯号增益系数下降的原因可用下列过程解释,即 HCl 对激发态 XeCl* 的猝灭:



上述反应的速率常数为 1.4×10^{-9} 厘米³/秒^[4],我们曾用简化的动力学编码计算激光输出特性,表明 HCl 分压大于一定值以后,激光功率就不再增长^[5]。

改变放大器供电电源脉冲形成网络电缆的数目,可以改变放大器的放电电流密度,图 4 是电流密度为 200、400 和 800 安/厘米² 时小讯号增益系数与总气压的关系。随着电

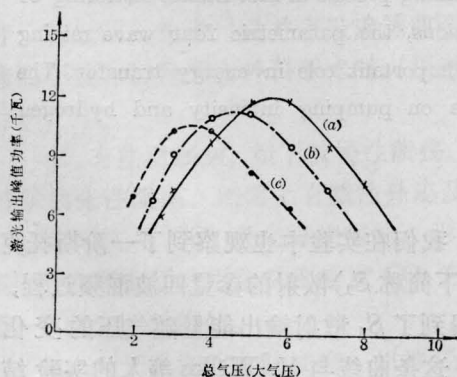
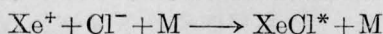


图 3 不同混合比下激光功率与总气压的关系 (Ne、Xe、HCl 的分压比同图 2)

流密度增加,峰值小讯号增益系数变大,这是由于 XeCl* 的主要形成过程为:



这里 M 可以为 Ne 或者 Xe,而 Xe⁺ 的主要

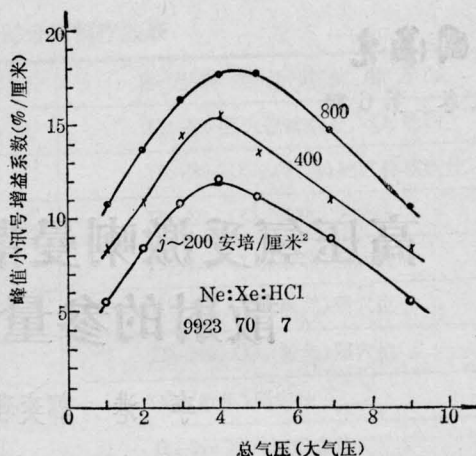
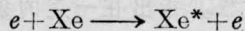
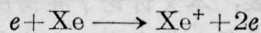


图 4 不同放电电流密度下峰值小讯号增益系数与总气压的关系

来源是电子激发和离化过程:



电子密度的增加有利于 Xe⁺ 的形成。以往放电型 X 光预电离器件的电流密度约为 200 安/厘米²^[6],本文将电流密度提高到 800 安/厘米²,得到了较高的小讯号增益系数。

对 Ne:Xe:HCl=9923:70:7 的混合气体,在总气压为 5 个大气压左右时,得到的最大小讯号增益系数为 18%/厘米。必须指出,用振荡放大技术测得的小讯号增益系数事实上是增益系数减去吸收系数。根据我们对吸收系数的测量及分析^[7],吸收系数约为增益系数的 1/4.5,因此所得到的的小讯号增益系数应为 23%/厘米。

参 考 文 献

- [1] L. F. Champagne *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1979, **34**, No. 5, 315.
- [2] R. S. Taylor *et al.*; *Opt. Commun.*, 1979, **31**, No. 2, 197.
- [3] 郑承恩等;《中国激光》, 1983, **10**, No. 4, 201.
- [4] T. F. Finn *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1980, **36**, No. 10, 789.
- [5] 楼祺洪等;《光学学报》, 1983, **3**, No. 8, 709.
- [6] J. L. Levatter *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1981, **39**, No. 4, 297.
- [7] S. C. Lin *et al.*; International Conference on Laser 1983, Guangzhou, China, Sep. 6~9, 1983.