

# 强电子束激励 XeCl 激光器的理论研究

Fumihiki Kannari, Akira Suda, Minoru Obara and Tomoo Fujioka

(日本应庆大学, 科学技术分部电工系)

一些作者研究强电子束激励的 XeCl 激光器的输出特性, 显然是由于它具有比 KrF 激光器更高的光损伤阈值的优点的原因。惰性气体氯化物激光器的输出特性对于激励速率、激励脉冲宽度和气体混合比(稀释气体、混合浓度、总气压等)都有很强的依赖关系。但是, 要用实验寻找最佳工作条件, 将受到电子束加速器和激光装置利用率的限制。为了确定按比例放大 XeCl 激光器所需的参数和限制 XeCl 激光系统效率的因素, 我们对 XeCl 激光器的动力学模型进行了研究。我们特别研究了稀释气体对于 Ar 基和 Ne 基混合气体的作用。在 XeCl 激光器中, XeCl\* 主要是通过离子反应产生的。因此, 重要的是要确定电子对于所用卤素施主的精确的离化速率。在我们的模型中, 我们考虑单个 HCl 的振动能级( $v=0, 1, 2$ ), 算出了它们的速率常数, 它是二次电子分布的平均函数。另外, 还确定了电离、非弹性碰撞、准弹性碰撞和 HCl 振动激励等的速率常数。用此模型, 在大约  $3.3 \text{ MW/cm}^3$  激励速率和  $55 \text{ ns}$  (FWHM) 脉宽条件下——此条件与 Sandia 的实验条件相同, 我们分析了惰性稀释气体对于 XeCl\* 泵浦过程和萃取过程的影响。对于 Ar/Xe/HCl 与 Ne/Xe/HCl 二种混合气体的小信号增益  $g_0$  和小信号吸收  $a_0$  没有发现明显的差异。在每一种混合气体内, 对 Xe/HCl 混合物给出的最大  $g_0$  和  $a_0$  都作了研究。对于每一种混合气体, 由于电子反应的效率超过总形成过程的 90%, 因此形成效率取决于在稀释气体离子流形成 Xe<sup>+</sup> 的耗能过程中的电荷转移损耗。在 XeCl\* 的弛豫过程中, 除三体碰撞外, 各种混合气体都显示了相类似的特性。在 Ar/Xe 混合气体内, Ar<sub>2</sub><sup>+</sup> 对总的吸收损耗起主要作用, 此损耗约是 Ne/Xe 混合气体的 2 倍。但是, 当将 HCl 加入 Ar/Xe 混合气体后, 在 Ar/Xe/HCl 混合气体中的总吸收就与在 Ne/Xe/HCl 混合气体中的接近相同, 这是由于 Ar<sub>2</sub><sup>+</sup> 的吸收被抑制, Cl<sup>-</sup> 变为主要吸收体的缘故。我们还分析了  $500 \text{ ns}$  (FWHM) 长脉冲和  $0.2 \text{ MW/cm}^3$  的低激励速率状态下稀释气体的作用。Ar/Xe/HCl 混合气体的  $g_0$  和  $a_0$  均大于 Ne/Xe/HCl 混合气体的  $g_0$  和  $a_0$ , 但其本征效率相等。最后, 我们研究了对激励速率和激励脉宽而言含 HCl 和 Xe 浓度最佳的 Ne 和 Ar 基混合气体的 XeCl 激光的输出特性。我们还将给出理论结果与实验结果的比较。