

自持放电 XeCl 激光器的综合研究

K. Midorikawa, H. Hokazono, Y. Itoh, J. Sasaki, M. Obara and T. Fujioka

(日本庆应大学电工系)

虽然在所有的气体激光器中稀有气体卤化物激光器已获得十分迅速的发展,但一些问题尚待解决。为了设计自持放电 XeCl 激光器,在实验上和理论上研究了预电离对激光输出的影响及脉冲长度的定标。

利用紫外和 X 射线预电离装置来进行这种研究,激光装置由通过通道开关的水电介质双平行平面传输线驱动。放电体积为 3cm(高)×3cm(宽)×50cm(长),约 0.45 升。

为了研究预电离对 XeCl 激光器输出的影响,对于不含 HCl 的 He、Ne 和 Xe 的混合物,测量了由冷阴极 X 射线源产生的预电离电子的数密度。在激光器混合气体中,实际的电子密度由下式给出:

$$\frac{d\eta_e}{dt} = S_0 - \beta n_e [\text{HCl}]$$

其中 n_e 为电子密度, S_0 为源项, $[\text{HCl}]$ 为 HCl 分子的密度, β 为电子吸附速率常数。改变 X 射线发生器的放电电压,电子密度由 $5 \times 10^5 \text{ cm}^{-3}$ 变化至 $1 \times 10^8 \text{ cm}^{-3}$ 。为使 XeCl 激光器振荡,大约 $1 \times 10^6 \text{ cm}^{-3}$ 的电子密度是必需的,但还不充分。输出能量随初始电子密度增大而迅速增大,然后,在预电离的水平为 $1 \times 10^8 \text{ 厘米}^{-3}$ 时,输出能量几乎达到饱和。

即使均匀放电激励是由充气的预电离引发的,第二个严重问题是在放电期间激光输出过早终止。XeCl 激光器长脉冲运转时的两个基本问题是放电不稳定性的出现和放电期间 HCl 的消耗,这两者都强烈地依赖于放电功率/能量负载。随着输入能量密度的增高, HCl 的浓度更快地减小,从而导至维持放电的 E/P 减小和放电阻抗的下降。因此,为了维持稳定放电以及增加脉冲宽度,最佳功率/能量负载应确定得使 HCl 浓度在放电期间不减小到小于初始值的一半。在我们的模型中,对于 5 个大气压的 Ne 作为缓冲气体的混合物,输入功率密度为 1.5 千兆瓦/升时,在 200ns 的 PFL 长度期间已获得稳定运转。为了增加 XeCl 激光器的脉冲长度,功率负载应进一步减小。