

XeCl 放电激光器的简化 动力学模型

楼 祺 洪

(中国科学院上海光学精密机械研究所)

何 麒 生

朱 声 白

(华中工学院) (中国科学院电子研究所)

提 要

本文在自由电子玻尔兹曼编码及动力学计算基础上,选取了对 XeCl 激光动力学起主导作用的反应物及动力学过程,建立了一个简化的动力学模型。采用这个模型计算了不同气体混合比、不同电流密度下荧光及激光强度与气压的关系,这些结果能与 X 光预电离雪崩自持放电的 XeCl 激光器的实验结果很好地符合。

由氮气、氙气及氯化氢气体组成的混合气体在放电过程中会产生大量新的分子、原子和离子,动力学过程包含上百个化学反应或碰撞过程,另外,在动力学过程计算中还要求知道放电过程中的电子能量分布函数。在庞大而复杂的计算中,往往看不清那些是决定放电特性和激光特性的主要过程。本文的目的就是建立一个简化模型,采用这个模型对 XeCl 激光放电进行荧光及激光特性的计算,并且将这些计算结果与 X 光预电离下激光放电的实验结果进行比较,结果表明简化的动力学模型能很好地描述所得到的实验结果。

一、实验装置概述

众所周知,一般的快速放电的准分子激光器其放电时间在 20~50 ns 之间,它由电容器或者布鲁姆林线路直接放电,放电电压和电流都是随时间急剧变化的函数,从而较难获得一个相对稳定的准稳态过程。这就给简化模型带来较大的困难,因为一些动力学过程的速率常数是放电电场强度的函数。为此,本文采用预电离能力很强的 X 光预电离技术和脉冲形成网络传输线供电的方式来获得较长时间的准稳态放电,其放电时间可达 200 ns 以上。图 1 给出实验装置的方框图,放电在用铝制成的高压气体室内进行,最大的工作气压可达 10 个大气压左右。阳极是一个倒角的圆形电极,阴极是 0.3 mm 厚的铝板,电极间距为 1 cm。X 光是由冷阴极电子枪产生的电子束轰击钽箔产生的,钽箔的厚度为 0.007 mm。用一块带孔的铝块来阻止 X 光照射的区域,由于铝块厚约 3 cm,因此对 X 射线有相当大的吸收,只有带孔的部分才有较强的 X 射线透过。实验中孔的大小为 $0.5 \times 4 \text{ cm}^2$,使放电区限制在 $0.5 \times 4 \times 1 \text{ cm}^3$ 的范围之内,通过石英窗口拍摄的放电区端面照片表明,放电端面的尺寸为

$0.5 \times 1 \text{ cm}^2$ 。X 光在 Ne:Xe:HCl 混合气体中产生的电离度约为 $5 \times 10^8 \text{ ion-pair/cm}^3$ ^[4]。

激光器主放电的电源是由几根高压电缆组成脉冲形成网络。当使用四根特性阻抗为 50Ω 的电缆时, 整个网络的特征阻抗为 12.5Ω , 在充电电压为 26 kV 时, 放电电流密度可达 1000 A/cm^2 量级。如使用二根电缆, 相应的电流密度为 500 A/cm^2 。脉冲网络由麦克斯发生器进行脉冲充电, 在 X 光电源的点燃时间与主放电点燃时间之间有一个时间差, 从而保证在主放电电源开启时, 激光介质达到一定的预电离密度。

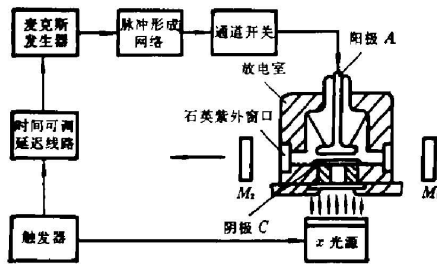


图 1 X 光预电离 XeCl 激光装置方框图
Fig. 1 Block diagram of the X-ray preionized XeCl laser

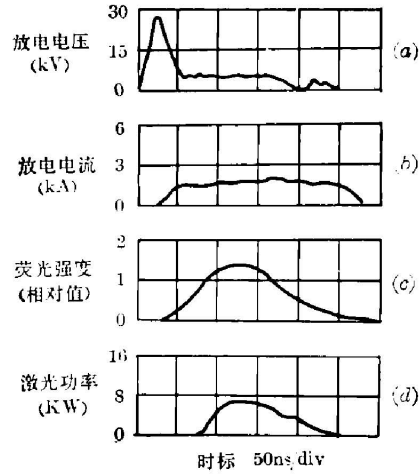


图 2 XeCl 激光器的各种特性的示波图
(电流密度 $\sim 1000 \text{ A/cm}^2$, 气体混合比
Ne:Xe:HCl=9945:50:5, 总气压 = 4 atm)

Fig. 2 Oscillograph tracing of the characteristics of XeCl laser (current density = 1000 A/cm^2 , gas mixture Ne:Xe:HCl = 9945:50:5, total gas pressure = 4 atm)

典型的放电电压、放电电流、荧光强度和激光输出功率的波形由图 2 给出。由于脉冲形成网络中的电缆长度为 20 m 左右, 相应于放电时间为 200 ns 。从电压波形可见, 在一个尖峰以后, 有一个相当平坦的准稳态区, 在这个区域内, 电场强度 $E = V_0/d$ 保持不变。这里 V_0 是稳态区阴极和阳极之间的电压降, d 为极间距。为了达到均匀的雪崩式辉光放电, 要求电压上升速率快, 上升时间短, 为此在脉冲形成网络和放电室之间安装了一只通道开关^[5]。用罗可夫斯基线圈测量的脉冲放电电流波形由图 2(b) 给出, 可以看到, 在本文的实验条件下, 放电电流几乎保持常数, 其稳态电流值 I_0 为

$$I_0 = \frac{V_c - V_0}{Z_0}, \quad (1)$$

这里 V_c 为脉冲形成网络的充电电压, Z_0 为特征阻抗。

在激光室的两端装有两块紫外石英窗口, 我们测量了以 3080 \AA 为中心的 XeCl(B \rightarrow X) 带的荧光强度, 荧光通过中心波长为 3070 \AA 、带宽为 100 \AA 的窄带滤光片由石英透镜聚焦到 ITT 4000 接收器并在 519 示波器上显示。典型的波形如图 2(c) 所示。激光谐振腔由镜 M_1 ($R=99.9\%$) 及镜 M_2 ($R=98\%$) 两块介质膜极组成, 腔长为 12 cm , 图 2(d) 表示相应的激光输出波形。为了取得可靠的数据, 荧光强度及激光强度一般取五次以上实验结果的平均值。

表 1 简化模型中采用的主要动力学过程及其速率常数

Table 1 Elementary kinetic processes and their rate coefficients used in the simple model

动力学过程	速率常数或截面	参考文献
I. 电子碰撞激发过程: $\text{Xe} + e \xrightarrow{K_1} \text{Xe}^* + e$ $\text{HCl}(0) + e \xrightarrow{K_2} \text{HCl}(1) + e$	$2.4 \times 10^{-8} \text{ cm}^3/\text{sec}$	
II. 电子碰撞离化过程: $\text{Xe} + e \xrightarrow{K_3} \text{Xe}^+ + 2e$ $\text{Xe}^* + e \xrightarrow{K_4} \text{Xe}^+ + 2e$		
III. 电子吸附过程: $\text{HCl}(1) + e \xrightarrow{K_5} \text{H} + \text{Cl}^-$	$1.1 \times 10^{-8} \text{ cm}^3/\text{sec}$	
IV. 准分子形成过程: $\text{Xe}^+ + \text{Cl}^- \xrightarrow{K_6} \text{XeCl}^*$ $\text{Xe}^* + \text{HCl}(1) \begin{cases} \xrightarrow{K'_7} \text{XeCl}^* + \text{H} \\ \xrightarrow{K''_7} \text{Xe} + \text{H} + \text{Cl} \end{cases}$	$P \times 10^{-6} \text{ cm}^3/\text{sec}$ $6 \times 10^{-11} \text{ cm}^3/\text{sec}$ $5 \times 10^{-10} \text{ cm}^3/\text{sec}$	[3] [4, 5] [4, 5]
V. 准分子猝灭过程: $\text{XeCl}^* \xrightarrow{K_8} \text{XeCl} + h\nu$ $\text{XeCl}^* + h\nu \xrightarrow{K_9} \text{XeCl} + 2h\nu$ $\text{XeCl}^* + e \begin{cases} \xrightarrow{K'_{10}} \text{Xe}^+ + \text{Cl}^- \\ \xrightarrow{K''_{10}} \text{Xe} + \text{Cl} + e \end{cases}$ $\text{XeCl}^* + \text{Ne} \xrightarrow{K_{11}} \text{Xe} + \text{Cl} + \text{Ne}$ $\text{XeCl}^* + \text{Xe} \xrightarrow{K_{12}} \text{Xe} + \text{Cl} + \text{Xe}$ $\text{XeCl}^* + \text{HCl}(0) \xrightarrow{K_{13}} \text{Xe} + \text{Cl} + \text{HCl}(0)$ $\text{XeCl}^* + \text{HCl}(1) \xrightarrow{K_{14}} \text{Xe} + \text{Cl} + \text{HCl}(1)$ $\text{XeCl}^* + \text{Xe} + \text{M} \xrightarrow{K_{15}} \text{Xe}_2\text{Cl}^* + \text{M}$ $\text{XeCl} + e \xrightarrow{K_{16}} \text{Xe} + \text{Cl} + e$ $\text{XeCl} + \text{Ne} \xrightarrow{K_{17}} \text{Xe} + \text{Cl} + \text{Ne}$	$1.1 \times 10^{+8} \text{ sec}^{-1}$ 18.1 \AA $1.8 \times 10^{-7} \text{ cm}^3/\text{sec}$ $1.2 \times 10^{-7} \text{ cm}^3/\text{sec}$ $10^{-12} \text{ cm}^2/\text{sec}$ $3.2 \times 10^{-11} \text{ cm}^3/\text{sec}$ $1.4 \times 10^{-9} \text{ cm}^3/\text{sec}$ $1.4 \times 10^{-9} \text{ cm}^3/\text{sec}$ $4 \times 10^{-31} \text{ cm}^6/\text{sec}$ $7 \times 10^{-8} \text{ cm}^3/\text{sec}$ $10^{-12} \text{ cm}^3/\text{sec}$	[6] [7] [6] [6] [8] [8] [8] [8] [8] [8]
VI. 光子吸收过程: $\text{Cl}^- + h\nu \xrightarrow{K_{18}} \text{Cl} + e$ $\text{Xe}^* + h\nu \xrightarrow{K_{19}} \text{Xe}^+ + e$ $\text{Xe}_2^* + h\nu \xrightarrow{K_{20}} \text{Xe}^+ + \text{Xe}$	0.12 \AA^2 $6.3 \times 10^{-4} \text{ \AA}^2$ $4 \times 10^{-2} \text{ \AA}^2$	[9] [10] [11]
VII. 其它过程 $\text{Xe}^+ + \text{Xe} \xrightarrow{K_{21}} \text{Xe}_2^+$ $\text{Xe}_2^* + e \xrightarrow{K_{22}} \text{Xe}^+ + \text{Xe}$	$3.6 \times 10^{-12} \times P$ $1.1 \times 10^{-7} \left\{ \frac{E}{P} \right\}^{-1/4}$	

二、简化的动力学模型

由于 XeCl 激光放电包含大量反应物, 使一般的动力学模型十分复杂。本文根据动力学编码的主要结果选取的主要反应物有以下十四种: 电子、Ne、Xe、Xe*、Xe⁺、Xe₂⁺、HCl(0)、HCl(1)、H、Cl、Cl⁻、XeCl、XeCl* 和 Xe₂Cl*。这里上角标“*”表示激发态, 上角标“+”、“-”分别表示相应的正、负离子, HCl(0) 和 HCl(1) 分别表示 HCl 的基态及第一振动激发态。与这些反应物有关的过程分类列于表 1 中, 表 1 同时列出了这些过程的速率常数。我们知道速率常数 K_1 、 K_3 和 K_4 与电子能量分布函数有关, 我们采用近似公式的方法求解这些速率常数, 并将电子能量分布函数求得的速率常数用近似公式表达:

$$\left. \begin{aligned} K_1 &= 1.7 \times 10^{-11} \left(\frac{E}{P}\right)^{5/2} [\text{Xe}]^{-3/4} \text{ cm}^3/\text{sec}, \\ K_3 &= 5.94 \times 10^{-13} \left(\frac{E}{P}\right)^{7/3} [\text{Xe}]^{-7/3} \text{ cm}^3/\text{sec}, \\ K_4 &= 8 \times 10^{-9} \left(\frac{E}{P}\right)^{2/3} [\text{Xe}]^{-1/3} \text{ cm}^3/\text{sec}, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

这里 $\left(\frac{E}{P}\right)$ 是单位大气压下的场强, 单位是 $\text{kV}/\text{cm} \cdot \text{atm}$; $[\text{Xe}]$ 为 Xe 原子的浓度。为了计算上述近似公式的近似程度, 表 2 列出了不同 $\left(\frac{E}{P}\right)$ 值下用简化近似公式求得的 K_1 、 K_3 和 K_4 与玻尔兹曼编码下准确计算值之间的比较, 从表 2 可知, 当 $\frac{E}{n}$ 在 $2 \times 10^{-17} \text{ V} \cdot \text{cm}^2$ 到 $7 \times 10^{-17} \text{ V} \cdot \text{cm}^2$ 范围内, 最大的偏差不大于 10%。

表 2 用简化模型和玻尔兹曼编码求得不同电场强度下 K_1 、 K_3 和 K_4 速率常数的比较

Table 2 Comparisons of the rate coefficients K_1 , K_3 and K_4 calculated by using the simple model and the Boltzmann code for different E/n

$\frac{E}{n}$ (10^{-17} V cm^2)	$K_1 (10^{-17} \text{ cm}^3 \text{ sec})$		$K_3 (10^{-11} \text{ cm}^2 \text{ sec})$		$K_4 (10^{-8} \text{ cm}^3 \text{ sec})$	
	S*	B**	S	B	S	B
2	1.85	1.86	2.42	2.40	2.20	2.10
3	3.40	3.22	6.25	6.10	2.90	2.90
4	5.24	5.28	12.2	13.0	3.60	3.60
5	7.32	7.27	20.6	21.0	4.30	4.50
6	9.60	9.82	31.5	30.5	4.90	5.00
7	12.36	12.15	45.1	45.1	5.60	5.40

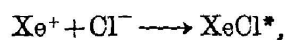
* S 表示简化模型结果。

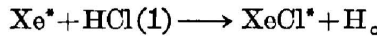
** B 表示玻尔兹曼编码结果。

* S: Calculated results by using the simple model.

** B: Calculated results by using the Boltzmann Code.

由于采用 X 光预电离技术和脉冲形成网络技术, 可以在很宽的工作条件下获得准稳态放电, 从而在计算中可采用稳态近似。XeCl 激发态形成主要由下列二个通道组成:





令: n_e 为电子密度; n 为氙原子密度; n_2 为氩原子密度; n_3 为氯化氢分子密度; n_{30} 为 HCl(0) 密度; n_{31} 为 HCl(1) 密度; $\Delta n = n_{\text{XeCl}^*} - \frac{g_2}{g_1} n_{\text{XeCl}}$ 为 XeCl 准分子粒子数反转密度, 其中 g_1 和 g_2 分别为 XeCl 和 XeCl* 能级的统计权重。

稳态下的粒子数方程为

$$\begin{aligned} K_1 n_2 n_0 + K'_{10} n_{\text{XeCl}} n_0 \\ = K_4 n_{\text{Xe}} n_0 + K_7 n_{\text{Xe}} n_{31} + K_{19} n_{\text{Xe}} n_{h\nu}, \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} K_3 n_2 n_0 + K_4 n_{\text{Xe}} n_0 + K_{19} n_{\text{Xe}} n_{h\nu} \\ + K_{20} n_{\text{Xe}_i} n_{h\nu} + K_{22} n_{\text{Xe}_i} n_0 \\ = K_6 n_{\text{Xe}} n_{\text{Cl}} + K_{21} n_{\text{Xe}} n_2, \end{aligned} \quad (4)$$

$$K_3 n_2 n_0 + K_4 n_{\text{Xe}} n_0 + K_{18} n_{\text{Cl}} n_{h\nu} + K_{19} n_{\text{Xe}} n_{h\nu} = K_5 n_{31} n_0 + K_{22} n_{\text{Xe}_i} n_0 + K'_{10} n_{\text{XeCl}} n_0 \quad (5)$$

$$K_2 n_{30} n_0 = K_3 n_{31} n_0 + K_7 n_{\text{Xe}} n_{31} + K_{14} n_{\text{XeCl}} n_{31}, \quad (6)$$

$$\begin{aligned} K_6 n_{\text{Xe}} n_{\text{Cl}} + K'_7 n_{\text{Xe}} n_{31} \\ = K_8 n_{\text{XeCl}} + K_9 n_{h\nu} \Delta n + K_{10} n_{\text{XeCl}} n_0 + K_{11} n_{\text{XeCl}} n + K_{12} n_{\text{XeCl}} n_2 \\ + K_{13} n_{\text{XeCl}} n_{30} + K_{14} n_{\text{XeCl}} n_{31} + K_{15} n_{\text{XeCl}} n_2 n, \end{aligned} \quad (7)$$

$$K_8 n_{\text{XeCl}} + K_9 n_{h\nu} \Delta n = K_{16} n_{\text{XeCl}} n_0 + K_{17} n_{\text{XeCl}} n, \quad (8)$$

$$K_{21} n_{\text{Xe}} n_2 = K_{20} n_{\text{Xe}_i} n_{h\nu} + K_{22} n_{\text{Xe}_i} n_0 \quad (9)$$

由电流密度 I_0 可以推得电子密度 n_e

$$n_e = \frac{I_0}{e A u_D \left(\frac{E}{n}\right)} = \frac{V_c - V_0}{e A z_0 u_D \left(\frac{E}{n}\right)} \quad (10)$$

式中 A 为放电截面, e 为电子电荷, u_D 为电子在电场中的漂移速度, 它是 $\left(\frac{E}{n}\right)$ 的函数。本文根据计算机编码结果按 $\left(\frac{E}{n}\right)$ 的多项式展开获得 u_D 的近似表达式:

$$u_D = \begin{cases} 3.59 \times 10^{38} \left(\frac{E}{n}\right)^2 + 2.46 \times 10^{22} \left(\frac{E}{n}\right) + 3.42 \times 10^5 \\ \left(\frac{E}{n} < 3.1 \times 10^{-17} \text{ V} \cdot \text{cm}^2\right), \\ -1.45 \times 10^{38} \left(\frac{E}{n}\right)^2 + 5.96 \times 10^{22} \left(\frac{E}{n}\right) - 2.6 \times 10^5 \\ \left(3.1 \times 10^{-17} \leq \frac{E}{n} < 9.3 \times 10^{-17} \text{ V} \cdot \text{cm}^2\right). \end{cases} \quad (11)$$

以上过程的流动力学链图由图 3 给出。

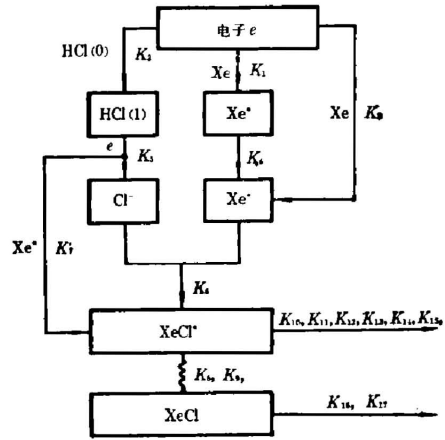


图 3 XeCl 准分子激光简化动力学模型
Fig. 3 Schematic flow diagram of the simple kinetic model of XeCl excimer laser

三、荧光与激光特性的计算及其与实验的比较

根据上述简化的动力学模型, 在不存在激光场的情况下, 可得到激发态的 XeCl^* 密度:

$$n_{\text{XeCl}^*} = \frac{1.1 \left\{ \text{Ne} + 0.075 N_{31} [\text{Xe}]^{1/3} \left(\frac{E}{P} \right)^{-2/3} \right\} \chi - 3.6 \times 10^{-3} P \text{Ne}}{\frac{2.24}{P} + \frac{4.9 \text{Ne}}{P} + 1 + 0.32 N_2 + 1.4 N_3 + 0.1 N_2 P} \times 10^{16}, \quad (12)$$

其中: $\text{Ne} = n_e / 10^{15}$; $N_2 = [\text{Xe}] \times 10^2$; $N_3 = [\text{HCl}] \times 10^3$; $N_{31} = n_{31} / 10^{16}$; $\chi = \frac{n_{31}}{n_3} = 1 / \left(1.46 + \frac{1.41 A Z_0 N_3 [\text{Xe}]^{1/3} P}{\psi^{1/3} \varphi} \right)$; $\psi = N_3 / (1.7 [\text{Xe}]^{1/4} + 3.79 \times 10^2 N_3^{3/9} [\text{Xe}]^{-11/36})$; $\varphi = 35.4 \frac{V_0}{10^4} \psi^{-2/3} - 2.45 \text{Pd}$.

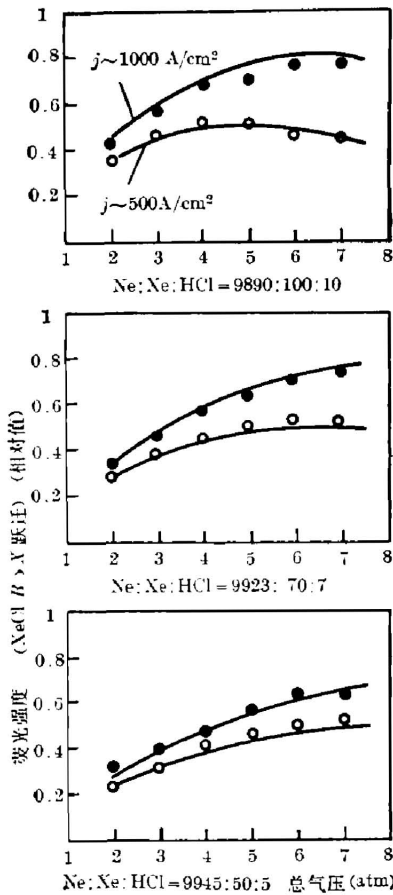


图 4 不同混合比, 不同气压下的 XeCl ($B \rightarrow X$ 跃迁) 荧光输出特性

Fig. 4 Fluorescence intensities of XeCl ($B \rightarrow X$) transition for different gas mixtures and total gas pressures

荧光峰值强度正比于 n_{XeCl^*} 。图 4 给出三种混合比下, 二种电流密度的荧光输出强度峰值与气体总气压的关系, “●”表示电流密度为 1000 A/cm^2 的实验值; “○”表示 500 A/cm^2 的实验值; “—”表示简化模型得到的理论曲线。由于实验值没有绝对定标, 理论及实验值的比较采用了一个归一化常数。从二者的比较可见, 这个简化模型能在较宽的实验参量范围内描述 $\text{XeCl } B \rightarrow X$ 跃迁的荧光输出特性。

已知粒子数反转值 Δn , 可以求得激光场不存在时的小信号增益系数 γ_0 :

$$\gamma_0 = \frac{K_9 \Delta n}{c}, \quad (13)$$

式中, c 为光速。在激光场存在的情况下, 可以推导出光子密度 n_{ph} :

$$n_{\text{ph}} = \frac{1}{\tau} \left\{ \frac{\Delta n}{2 + \frac{L}{l} \tau_{\text{cav}}^{-1}} - \frac{1}{K_9} \right\}, \quad (14)$$

式中 α 为单位长度上光子的吸收损耗;

$$\alpha = K_{18} n_{\text{Cl}^-} + K_{19} n_{\text{Xe}^*} + K_{20} n_{\text{Xe}_2^0}, \quad (15)$$

τ_{cav} 为激光腔的衰减时间:

$$\tau_{\text{cav}} = -\frac{1}{L} \ln \left\{ (1 - a_{w1})(1 - a_{w2}) \sqrt{R_{M1} R_{M2}} \right\}, \quad (16)$$

其中 R_{M1} , R_{M2} 分别表示镜 M_1 和镜 M_2 的反射率; a_{w1} 和 a_{w2} 分别表示窗口 1 和 2 的吸收率; L 为激光腔的腔长; l 为激活介质的长度; 而常数 τ 定义为:

$$\tau = t_2 + \left(1 - \frac{t_2}{t_s} \right) \frac{g_2}{g_1} t_1, \quad (17)$$

$1/t_2$ 和 $1/t_1$ 分别表示激光上、下能级的猝灭速率,

$$1/t_1 = K_{16}n_0 + K_{17}n, \quad (18)$$

$$1/t_2 = K_8 + K_{10}n_0 + K_{11}n + K_{12}n_2 + K_{13}n_3 + K_{14}n_{31} + K_{15}n_2n, \quad (19)$$

而 t_s 为 XeCl* 自发辐射跃迁速率 $1/t_s = K_8$ 。

令激光输出功率为 P_0

$$P_0 = ch\nu n_{h\nu}^+ a, \quad (20)$$

式中 $h\nu$ 为光子能量, a 为激光束输出截面的面积。

$$n_{h\nu}^+ = \frac{-(1-a_{w1})(1-a_{w2})\sqrt{R_{M1}}(1-R_{M2}-\alpha_{M2})\ln\{(1-a_{w1})(1-a_{w2})\sqrt{R_{M1}R_{M2}}\}}{\{(1-a_{w1})\sqrt{R_{M1}} + (1-a_{w2})\sqrt{R_{M2}}\}\{1-(1-a_{w1})(1-a_{w2})\sqrt{R_{M1}R_{M2}}\}} n_{h\nu}, \quad (21)$$

式中 α_{M1} 和 α_{M2} 分别表示镜 M_1 和镜 M_2 的吸收率。将由式(20)计算的激光输出功率与相应的实验值进行比较, 对于三种不同的气体混合比, HCl 浓度为 0.05%~0.1%, 在电流密度约为 1000 A/cm² 条件下, 激光输出功率随气压变化的趋势能与实验结果符合(如图 5 所示, “●”表示电流密度为 1000 A/cm² 的实验值, “—”表示简化模型得到的理论曲线)。计算中采用的参数为 $z_0 = 12.5 \Omega$; $V_0 = 30 \text{ kV}$; $d = 1 \text{ cm}$; $R_{M1} = 0.999$; $R_{M2} = 0.98$; $\alpha_{w1} = \alpha_{w2} = 0.1$; $\alpha_{M1} = \alpha_{M2} = 0.005$ 。

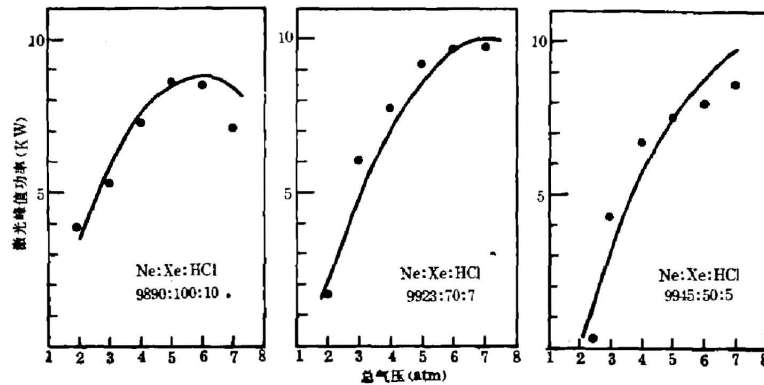


图 5 不同混合比,不同气压下 XeCl(3080 Å)激光输出特性
Fig. 5 Laser output intensities of XeCl laser (3080 Å) for different gas mixtures and total gas pressures

综上所述,基于 XeCl 激光放电过程具有一个较为复杂的化学动力学过程,本文在玻尔兹曼编码及动力学计算基础上,选取了对激光动力学起主导作用的反应物及动力学过程,建立了一个简化模型。采用这个模型计算了气体不同混合比,不同电流密度下荧光及激光输出强度与气压的关系,且获得了近似的表达式。将计算结果与实验结果加以比较,证明本文的简化模型可以反映 XeCl 激光动力学的主要特征。应用这个模型,可以分析 XeCl 激光的最佳工作点,为放电型 XeCl 激光器工作参数的选择提供有用的依据。

参 考 文 献

- [1] J. I. Levatter, Z. G. Li; *Rev. Sci. Instrum.*, 1981, **52**, No. 11 (Nov), 1651.
- [2] S. C. Lin, J. I. Levatter; *Appl. Phys. Lett.*, 1979, **34**, No. 8 (Apr), 505.

- [3] J. M. Hoffman, J. B. Moreno; *SNL Report No. Sand 80-1486; UC-34a, Sandia National Laboratories, New Mexico*, 1980.
- [4] M. Allan, S. F. Wong; *J. Chem. Phys.*, 1981, **74**, No. 3(Feb), 1687.
- [5] W. L. Naghan, R. T. Brown, *Appl. Phys. Lett.*, 1980, **36**, No. 7(Apr), 498.
- [6] P. J. Hay, T. H. Dunning, Jr.; *J. Chem. Phys.*, 1978 **69**, No. 5(Spt), 2209.
- [7] J. Tellinghuisen, J. M. Hoffman; *J. Chem. Phys.*, 1976, **64**, No. 6(Mar), 2484.
- [8] T. G. Finn, R. S. F. Chang; *Appl. Phys. Lett.*, 1980, **36**, No. 10 (May), 789.
- [9] A. Mandl; *Phys. Rev.*, 1976, **A14**, No. 1(Jul), 345.
- [10] K. J. Mc Cann, M. R. Flannrey; *Appl. Phys. Lett.*, 1977, **31**, No. 9 (Nov), 599.
- [11] D. C. Lorents, D. J. Ekstrom; SRI Report MP 73-2, Stanford Research Institute, Menlo Park, California, 1973.

A simple kinetic model for XeCl discharge laser

LOU QIHONG

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

HE QISHENG

(Huachong Institute of Science and Technology)

ZHU SHENGBEI

(Electronic Institute, Academia Sinica)

(Received 8 February 1983)

Abstract

According to the Boltzmann code for the free electrons and calculation of kinetic processes, the major chemical species and kinetic processes in XeCl discharge laser were chosen for a simple kinetic model. The relationship between the fluorescence intensity and total gas pressure was calculated at different gas mixture and discharge current densities by using this simple model. These results are in good agreement with the experimental results of the X-ray preionized avalanche self sustained discharge pumped XeCl laser. This model can also explain the laser output characteristics for different gas mixtures and total gas pressures.