

# Ar<sub>2</sub>F\* 形成过程的通道特性研究\*

顾之玉 王绍英 王 勇 雷 杰 袁达长 蔡小鸿

(中国科学院安徽光学精密机械研究所)

## 提 要

本文分析了快速电激励的 Ar/He/F<sub>2</sub> 混合气体中的反应动力学过程,在简化的模型下,给出了能表达通道特性的动力学过程的数学描述。由实验数据与理论模拟计算结果的比较,研究了 Ar<sub>2</sub>F\* 形成过程的通道特性。

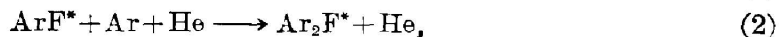
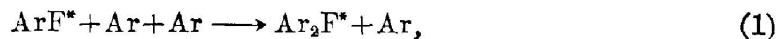
以探索紫外波段可调谐激光工作体系为目的,稀有气体卤化物三原子准分子 Rg<sub>2</sub>X\* (Rg 代表稀有气体原子, X 代表卤素原子)反应动力学的研究已经有几年的历史了。过去这方面的工作主要是以电子束或质子束激励的方式进行的,用快放电作为激励手段研究 Rg<sub>2</sub>X\* 准分子的反应动力学过程的工作刚开始不久<sup>[1]</sup>。本工作从理论分析和实验结果两方面,对不同条件下 Ar<sub>2</sub>F\* 形成过程的通道特性进行了研究,以求对其整个反应动力学的概况进行较为全面的了解。

## 一、动力学过程分析和数学描述

快放电激励的 Ar/He/F<sub>2</sub> 混合气体中,由于 He 的激发能和电离能都很高,而快放电产生的等离子体中高能电子少,因此电子与 He 的碰撞过程主要是弹性碰撞。快放电激励的 Ar/He/F<sub>2</sub> 混合气体中主要动力学过程示于图 1,可以分为中性粒子能量转移过程和离子过程两大部分来考虑。经计算,在本实验条件下,放电等离子体中 Ar<sup>+</sup> 和 Ar<sub>2</sub><sup>+</sup> 要比 Ar\* 的粒子数密度小 1~2 个量级,因此离子过程的影响很小,而起主导作用的动力学过程是中性粒子的能量转移过程,如图 2 所示。

在快放电激发过程中,泵浦能量大部分用于产生 Ar 的低激发态 Ar\*(3P<sup>o</sup>4s),它包括四个能级: Ar\*(<sup>1</sup>P<sub>1</sub>, <sup>3</sup>P<sub>2</sub>, <sup>3</sup>P<sub>1</sub>, <sup>3</sup>P<sub>0</sub>),其间的能级间隔很小<sup>[2]</sup>。高气压时,由于碰撞混合及共振吸收效应,这四个态可作为一个亚稳态来处理<sup>[2]</sup>。在本实验条件下,电子密度低 (<10<sup>18</sup> cm<sup>-3</sup>),电子对 Ar\*, Ar<sub>2</sub><sup>\*</sup>, ArF\* 和 Ar<sub>2</sub>F\* 的猝灭可忽略。

在图 2 所示的简化动力学模型中, Ar<sub>2</sub>F\* 的形成和猝灭反应如下:



收稿日期: 1985年2月28日; 收到修改稿日期: 1986年1月31日

\* 中国科学院科学基金资助的课题。

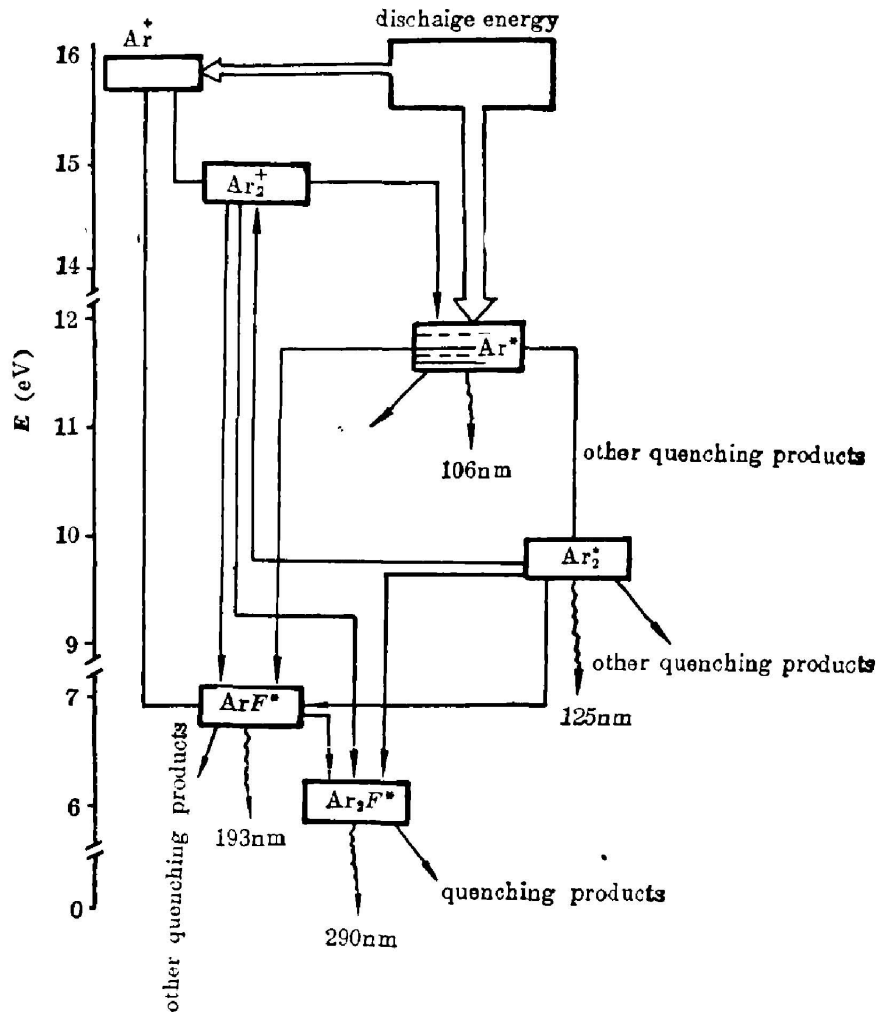
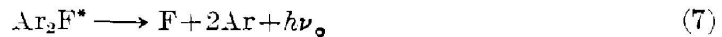


Fig. 1 Schematic of kinetic processes in Ar-He-F<sub>2</sub> mixtures excited by fast discharge



反应(1)和(2)在电子束<sup>[3,4]</sup>和质子束<sup>[5]</sup>激励方式下,已有了一些研究,我们的实验也测定了其反应速率常数。反应(3)的速率常数 $k_3$ 的实验测定结果尚未见报道。理论计算<sup>[6]</sup>表明,在一般条件下该反应对形成 $\text{Ar}_2\text{F}^*$ 不是很有效的,只有在很高的气压下才可望成为 $\text{Ar}_2\text{F}^*$ 的一个重要形成途径。反应(4)是 $\text{Ar}_2\text{F}^*$ 的主要猝灭过程,Ar和He对 $\text{Ar}_2\text{F}^*$ 的猝灭(反应(5)、(6))均较小。

令 $N_1$ 、 $N_2$ 、 $N_3$ 和 $N_4$ 分别表示 $\text{Ar}^*$ 、 $\text{Ar}_2^+$ 、 $\text{ArF}^*$ 和 $\text{Ar}_2\text{F}^*$ 的粒子数密度,则描述图2所示反应动力学过程的速率过程分别为

$$dN_1/dt = P_0 - \gamma_1 N_1, \quad (8)$$

$$dN_2/dt = P_{12} N_1 - \gamma_2 N_2, \quad (9)$$

$$dN_3/dt = P_{13} N_1 + P_{23} N_2 - \gamma_3 N_3, \quad (10)$$

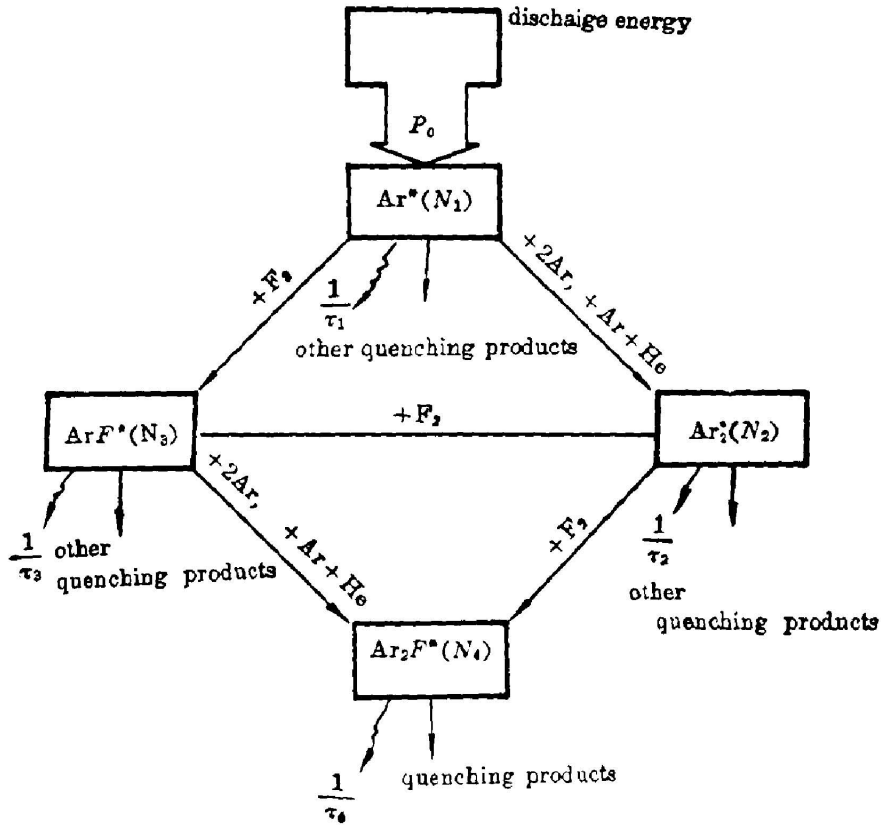


Fig. 2 A simplified kinetic model

$$dN_4/dt = P_{24}N_2 + P_{34}N_3 - \gamma_4 N_4, \quad (11)$$

式中  $P_{ij}$  为由第  $i$  类粒子形成第  $j$  类粒子的速率, 其中  $\text{Ar}_2\text{F}^*$  的形成速率

$$P_{24} = k_3[\text{F}_2], \quad P_{34} = k_1[\text{Ar}]^2 + k_2[\text{Ar}][\text{He}],$$

式中  $[\text{F}_2]$ 、 $[\text{Ar}]$  和  $[\text{He}]$  分别表示相应气体  $\text{F}_2$ 、 $\text{Ar}$  和  $\text{He}$  分子或原子的粒子数密度。 $\gamma_i$  为第  $i$  类粒子的有效衰减频率, 其中  $\text{Ar}_2\text{F}^*$  的有效衰减频率为

$$\gamma_4 = (1/\tau_4) + q_1[\text{F}_2] + q_2[\text{He}] + q_3[\text{Ar}],$$

式中  $\tau_4$  为  $\text{Ar}_2\text{F}^*$  的自发辐射寿命,  $q_1$ 、 $q_2$  和  $q_3$  分别是  $\text{F}_2$ 、 $\text{He}$  和  $\text{Ar}$  对  $\text{Ar}_2\text{F}^*$  的两体猝灭速率常数。

(8) 式中,  $P_0$  为放电激励过程中产生  $\text{Ar}^*$  的速率。由于与整个动力学过程相比, 初始激发过程是在很短时间内完成的快过程, 可以近似认为在初始激发过程中只产生  $\text{Ar}^*$ , 而其它的过程尚未进行。取放电激励过程结束时刻为  $t=0$ , 则  $P_0$  的效果是产生了  $\text{Ar}^*$  的初始粒子数密度  $N_0$ 。经过整理, 可将速率方程 (8) ~ (11) 的解写为

$$N_1 = N_0 \exp(-\gamma_1 t), \quad (12)$$

$$N_2 = P_{12} N_0 \left[ \frac{\exp(-\gamma_1 t)}{\gamma_2 - \gamma_1} + \frac{\exp(-\gamma_2 t)}{\gamma_1 - \gamma_2} \right], \quad (13)$$

$$N_3 = \left\{ P_{13} N_0 \left[ \frac{\exp(-\gamma_1 t)}{\gamma_3 - \gamma_1} + \frac{\exp(-\gamma_3 t)}{\gamma_1 - \gamma_3} \right] \right. \\ \left. + \left\{ P_{12} P_{23} N_0 \left[ \frac{\exp(-\gamma_1 t)}{(\gamma_3 - \gamma_1)(\gamma_3 - \gamma_2)} + \frac{\exp(-\gamma_2 t)}{(\gamma_1 - \gamma_2)(\gamma_3 - \gamma_2)} + \frac{\exp(-\gamma_3 t)}{(\gamma_1 - \gamma_3)(\gamma_2 - \gamma_3)} \right] \right\} \right\}, \quad (14)$$

$$N_4 = \left\{ P_{12} P_{24} N_0 \left[ \frac{\exp(-\gamma_1 t)}{(\gamma_3 - \gamma_1)(\gamma_3 - \gamma_4)} + \frac{\exp(-\gamma_2 t)}{(\gamma_1 - \gamma_2)(\gamma_4 - \gamma_2)} + \frac{\exp(-\gamma_3 t)}{(\gamma_1 - \gamma_4)(\gamma_3 - \gamma_4)} \right] \right. \\ \left. + \left\{ P_{13} P_{34} N_0 \left[ \frac{\exp(-\gamma_1 t)}{(\gamma_3 - \gamma_1)(\gamma_4 - \gamma_1)} + \frac{\exp(-\gamma_3 t)}{(\gamma_1 - \gamma_3)(\gamma_4 - \gamma_3)} + \frac{\exp(-\gamma_4 t)}{(\gamma_1 - \gamma_4)(\gamma_3 - \gamma_4)} \right] \right\} \right. \\ \left. + \left\{ P_{12} P_{23} P_{34} N_0 \left[ \frac{\exp(-\gamma_1 t)}{(\gamma_2 - \gamma_1)(\gamma_3 - \gamma_1)(\gamma_4 - \gamma_1)} + \frac{\exp(-\gamma_2 t)}{(\gamma_1 - \gamma_2)(\gamma_3 - \gamma_2)(\gamma_4 - \gamma_2)} \right. \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{\exp(-\gamma_3 t)}{(\gamma_1 - \gamma_3)(\gamma_2 - \gamma_3)(\gamma_4 - \gamma_3)} + \frac{\exp(-\gamma_4 t)}{(\gamma_1 - \gamma_4)(\gamma_2 - \gamma_4)(\gamma_3 - \gamma_4)} \right] \right\} \right\}, \quad (15)$$

上述形式的数学表述的特点在于清楚地表达了各类粒子的形成和衰减过程的通道特性。以  $Ar_2F^*$  为例, 由图 2 可以看到, 从  $Ar^*$  过渡到  $Ar_2F^*$  可以经过三条通道, 即

通道 A:  $Ar^* \longrightarrow Ar_2^* \longrightarrow Ar_2F^*$ ,

通道 B:  $Ar^* \longrightarrow ArF^* \longrightarrow Ar_2F^*$ ,

通道 C:  $Ar^* \longrightarrow Ar_2^* \longrightarrow ArF^* \longrightarrow Ar_2F^*$ 。

(15) 式中的三个大括号分别描述了由这三条不同的通道形成  $Ar_2F^*$  的时间变化过程。为了说明这一点, 可以设想  $Ar^*$  只经过通道 A 形成  $Ar_2F^*$ , 即可令  $P_{34} = 0$ , 这样, 在 (15) 式的右边仅第一个大括号是非零项了, 也就是说, (15) 式右边的第一个大括号是与通道 A 相联系的。类似的分析可知, (15) 式右边的第二、三个大括号分别与通道 B、C 相对应。

各类粒子的时间积分光强  $I_i = \langle 1, \tau_i \rangle \int N_i dt$  具有如下的表达式

$$I_1 = (N_0 / \gamma_1 \tau_1), \quad (16)$$

$$I_2 = (N_0 / \gamma_2 \tau_2) (P_{12} / \gamma_1), \quad (17)$$

$$I_3 = (N_0 / \gamma_3 \tau_3) [(P_{13} / \gamma_1) - (P_{12} P_{23} / \gamma_1 \gamma_2)], \quad (18)$$

$$I_4 = (N_0 / \gamma_4 \tau_4) [(P_{12} P_{24} / \gamma_1 \gamma_2) + (P_{13} P_{34} / \gamma_1 \gamma_3) + (P_{12} P_{23} P_{34} / \gamma_1 \gamma_2 \gamma_3)], \quad (19)$$

类似地, (16)~(19) 各式也展现了各类粒子时间积分光强的通道特性。 $Ar_2F^*$  时间积分光强的表达式 (19) 由三项组成, 它们分别代表通道 A、B、C 对形成  $Ar_2F^*$  的贡献, 因此, (19) 式还可写为

$$I_4 = I_A + I_B + I_C, \quad (20)$$

## 二、实验装置

本工作建立了如图 3 所示的实验系统, 整个装置可分为放电和测量两大部分。为了避免强放电对弱信号测量系统产生干扰, 采取了双重屏蔽措施, 将测量系统置于屏蔽室内, 并给放电腔加了屏蔽罩, 还使用光电耦合器来传递测量系统发出的触发放电同步信号。

本实验所用的 Ar、He 气体的纯度均高于 99.99%,  $F_2$  气体的纯度为 98%。在双侧紫

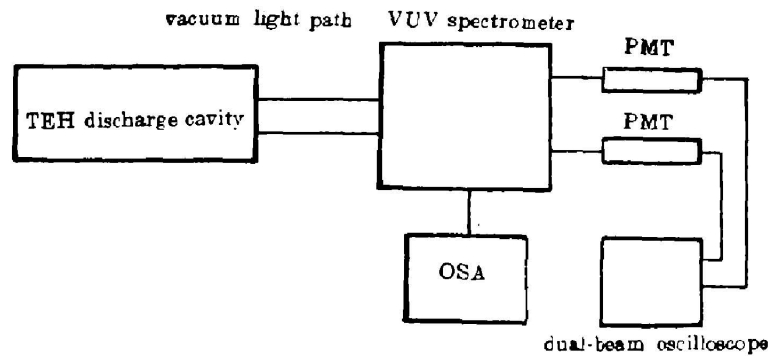


Fig. 3 Experimental set-up

外预电离结构的放电腔内, Ar/He/F<sub>2</sub> 混合气体由横向快放电进行激励, 其荧光信号经 Minutman 305 SMP 半米真空紫外光谱仪分光后, 用 OSA 500 型光学光谱分析仪测量其时间积分光谱, 用两个 RCAC70128 型的快速光电倍增管在光谱仪出射口后面的相应波长位置处分别接收 ArF\* 和 Ar<sub>2</sub>F\* 的时间信号, 送入快响应的双束示波器来监测时间分辨谱, 本实验实现了时间积分谱和 ArF\*(193 nm) 及 Ar<sub>2</sub>F\*(290 nm) 两个信号的时间分辨谱的同时观测。

### 三、结果分析和讨论

实验在气体参数和放电  $E/N$  值变化的较大范围内, 对 Ar<sub>2</sub>F\* 和其前态 ArF\* 的荧光信号时间积分谱和时间分辨谱进行了观测, 下面将用前述反应动力学模型对 ArF\* 和 Ar<sub>2</sub>F\* 的积分光强随气体参数的变化作出计算, 并与实验结果比较, 以便对快放电激励的 Ar/He/F<sub>2</sub> 混合气体中 Ar<sub>2</sub>F\* 的反应动力学进行较深入的讨论。计算中涉及的主要反应的速率常数如表 1 所示, 由于反应 (3) 的速率常数  $k_3$  尚无实验测定值, 计算中采用了浮动的  $k_3$  值。

Table 1 Major reactions and their constants involved in the kinetic model

reaction	rate constant or life time	ref.
$\text{Ar}^* + \text{F}_2 \rightarrow \text{ArF}^* + \text{F}$	$8 \times 10^{-10} \text{ cm}^3/\text{s}$	[7]
$\text{Ar}^* + \text{Ar} + \text{Ar} \rightarrow \text{Ar}_2^* + \text{Ar}$	$1.2 \times 10^{-32} \text{ cm}^6/\text{s}$	[8]
$\text{Ar}_2^* + \text{F}_2 \rightarrow \text{ArF}^* + \text{Ar} + \text{F}$	$3 \times 10^{-10} \text{ cm}^3/\text{s}$	[9]
$\text{ArF}^* + 2\text{Ar} \rightarrow \text{Ar}_2\text{F}^* + \text{Ar}$	$6.25 \times 10^{-31} \text{ cm}^6/\text{s}$	[10]
$\text{ArF}^* + \text{Ar} + \text{He} \rightarrow \text{Ar}_2\text{F}^* + \text{He}$	$1.37 \times 10^{-31} \text{ cm}^6/\text{s}$	[10]
$\text{ArF}^* + \text{F}_2 \rightarrow \text{product}$	$9.4 \times 10^{-10} \text{ cm}^3/\text{s}$	[11]
$\text{Ar}^* + \text{Ar} \rightarrow \text{product}$	$1.3 \times 10^{-15} \text{ cm}^3/\text{s}$	[12]
$\text{Ar}_2^* + \text{F}_2 \rightarrow \text{product}$	$5.2 \times 10^{-10} \text{ cm}^3/\text{s}$	[9]
$\text{ArF}^* + \text{F}_2 \rightarrow \text{product}$	$1.9 \times 10^{-9} \text{ cm}^3/\text{s}$	[13]
$\text{ArF}^* + \text{Ar} \rightarrow \text{product}$	$9 \times 10^{-12} \text{ cm}^3/\text{s}$	[14]
$\text{Ar}_2\text{F}^* + \text{F}_2 \rightarrow \text{product}$	$3.1 \times 10^{-10} \text{ cm}^3/\text{s}$	[10]
$\text{Ar}_2\text{F}^* + \text{Ar} \rightarrow \text{product}$	$3.07 \times 10^{-14} \text{ cm}^3/\text{s}$	[12]
$\text{Ar}_2\text{F}^* + \text{He} \rightarrow \text{product}$	$5 \times 10^{-15} \text{ cm}^3/\text{s}$	[4]
$\text{Ar}_2^* \rightarrow h\nu + 2\text{Ar}$	2.8 $\mu\text{s}$	[15]
$\text{ArF}^* \rightarrow h\nu + \text{Ar} + \text{F}$	4.2 ns	[16]
$\text{Ar}_2\text{F}^* \rightarrow h\nu + 2\text{Ar} + \text{F}$	200 ns	[17]

图 4 是实验记录的  $\text{ArF}^*$  和  $\text{Ar}_2\text{F}^*$  荧光信号的时间积分谱和时间分辨谱。图 5 给出了实验观测的  $\text{ArF}^*$  和  $\text{Ar}_2\text{F}^*$  的积分光强  $I_3$  和  $I_4$  随 Ar 气压变化的情况。从图 6 中看到, 虽然  $I_3$  和  $I_4$  随  $(E/N)$  值的变化较大, 但两者的比值对  $(E/N)$  值的变化不敏感。这是由于  $(E/N)$  值的变化, 只对初始激发过程有较大影响, 也就是使  $\text{Ar}^*$  的初始粒子密度  $N_0$  产生较大变化, 但从(18)式和(19)式可知,  $I_3$  和  $I_4$  的比值与  $N_0$  无关。为了避免放电  $(E/N)$  值变化的影响, 这里仅对  $I_3$  和  $I_4$  的比值随气体参数的变化进行研究。

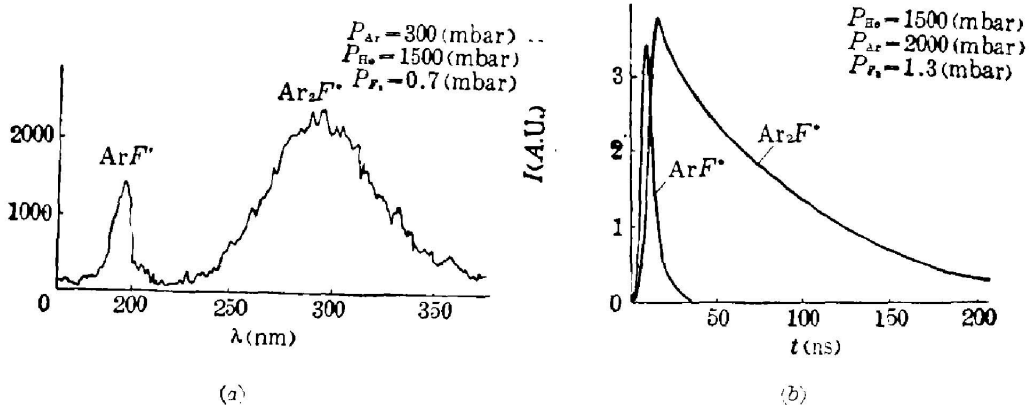


Fig. 4 Time-integrated (a) and time-resolved; (b) spectra of  $\text{ArF}^*$  and  $\text{Ar}_2\text{F}^*$

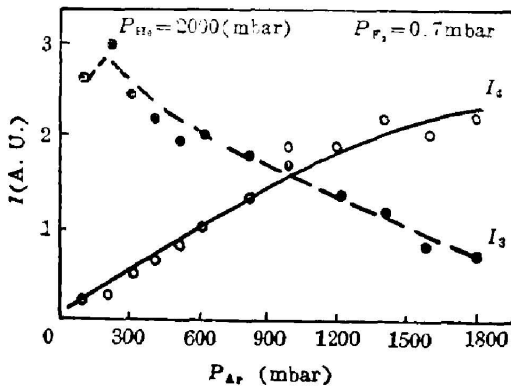


Fig. 5  $I_3$  and  $I_4$  vs. Ar pressure

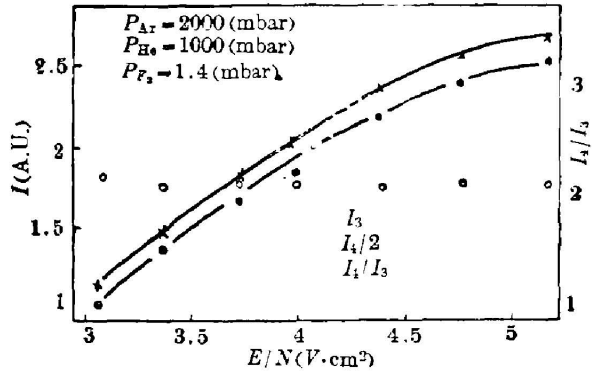


Fig. 6  $I_3$ ,  $I_4$  and  $I_4/I_3$  vs.  $E/N$

实验测定的比值  $I_4/I_3$  与 Ar 气压的关系如图 7 所示, 对应于不同  $k_3$  值的理论计算结果示于同一图中。由图 7 可见, 取  $k_3 = 0.2 \times 10^{-10} \text{ cm}^3/\text{s}$  时的理论曲线与实验数据符合得较好。图 8 给出了在不同 Ar 气压下, 各通道对形成  $\text{Ar}_2\text{F}^*$  的相对贡献的计算结果。从图 8 看到, 随着 Ar 气压的升高, 通道 C 对形成  $\text{Ar}_2\text{F}^*$  的贡献迅速增大, 而道通 B 的贡献则迅速减小, 通道 A 的贡献随 Ar 气压的变化不大, 它主要取决于  $k_3$  之值,  $k_3 = 0.2 \times 10^{-10} \text{ cm}^3/\text{s}$  时, 通道 A 的贡献  $< 6\%$ , 而取  $k_3 = 1 \times 10^{-10} \text{ cm}^3/\text{s}$  时, 通道 A 的贡献  $> 20\%$ 。

图 9、图 10 所示为比值  $I_3/I_4$  随  $\text{F}_2$  气压变化的情况, 图 9 中, 取  $k_3 = 0.2 \times 10^{-10} \text{ cm}^3/\text{s}$  时的计算曲线与实验数据较好地符合; 图 10 中, 取  $k_3 = 0.5 \times 10^{-10} \text{ cm}^3/\text{s}$  时, 理论计算与实

验符合得较好。图 9 和图 10 对应的实验条件的不同在于总气压不一样, 分别为 3000 mbar 和 4000 mbar。这表明, 总气压升高时,  $k_3$  值有增大的迹象, 不同 F<sub>2</sub> 气压时各通道对形成 Ar<sub>2</sub>F\* 的贡献情况由图 11 示出。与 Ar 气压变化时的情况不同, 当 F<sub>2</sub> 气压升高时, 通道 B 对形成 Ar<sub>2</sub>F\* 的贡献迅速增大, 而通道 C 的贡献则迅速减小, 通道 A 的贡献缓慢下降。

对于 He 气压变化的情况, 也可作类似的讨论, 结果示于图 12 和图 13。图 12 说明取  $k_3 = 0.2 \times 10^{-10} \text{ cm}^3/\text{s}$  时, 计算曲线与实验数据较为一致, 图 13 显示出各通道对形成 Ar<sub>2</sub>F\* 的贡献随 He 气压变化的情况与 Ar 气压变化的情形相类似, 只是变化得缓慢些。

从上述理论计算结果与实验数据的对比较为一致表明, 在本实验条件下,  $k_3$  表现为  $10^{-11} \text{ cm}^3/\text{s}$  量级, 通道 A 对形成 Ar<sub>2</sub>F\* 的贡献 < 20%。

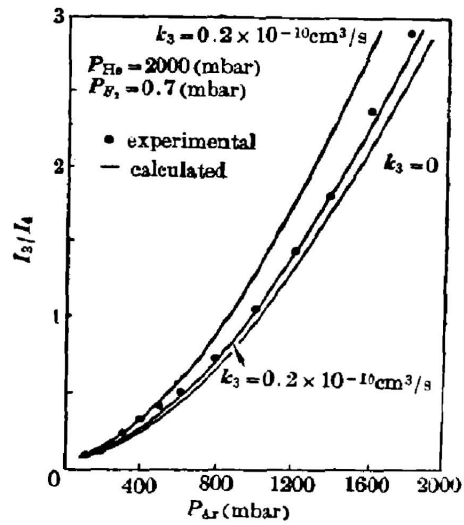


Fig. 7  $I_4/I_3$  vs. Ar pressure

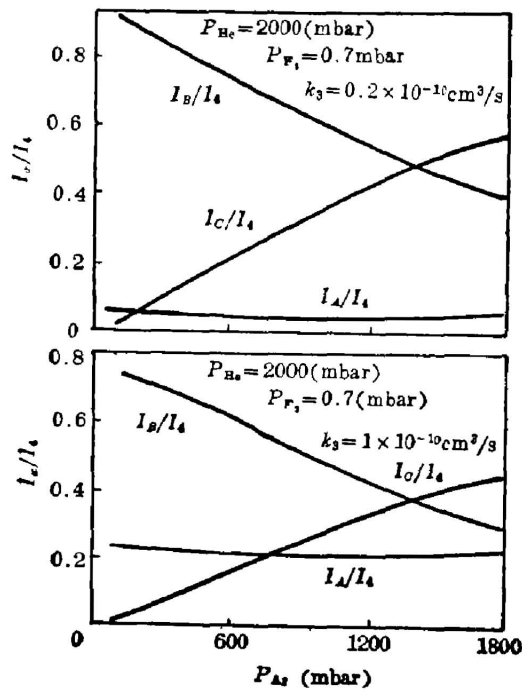


Fig. 8 Contributions of paths to  $I_4$  for different Ar pressures

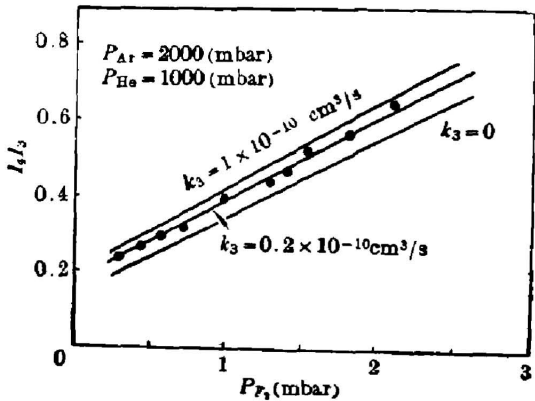
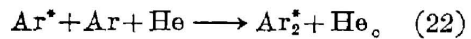
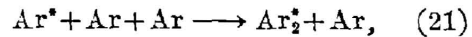


Fig. 9  $I_4/I_3$  vs. F<sub>2</sub> pressure

在不同的气体参数下, 各通道对形成 Ar<sub>2</sub>F\* 的贡献所占比例是不同的, 以上给出的计算结果清楚地显示了这种通道特性。从简化的动力学模型出发, 可以直观地理解上述的通道特性, 从 Ar\* 形成 Ar<sub>2</sub> 是经以下反应



从 Ar\* 形成 ArF\* 的反应是



因此, Ar 或 He 粒子的增多, 将使反应(21)和(22)加快, 有利于 Ar<sub>2</sub>\* 的形成而不利于 ArF\*

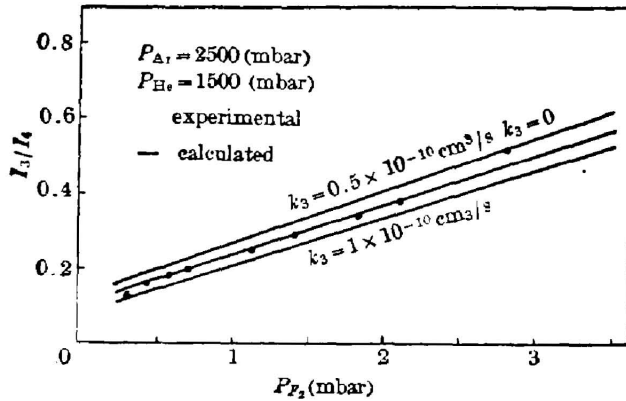


Fig. 10 ( $I_3/I_4$ ) vs.  $F_2$  pressure

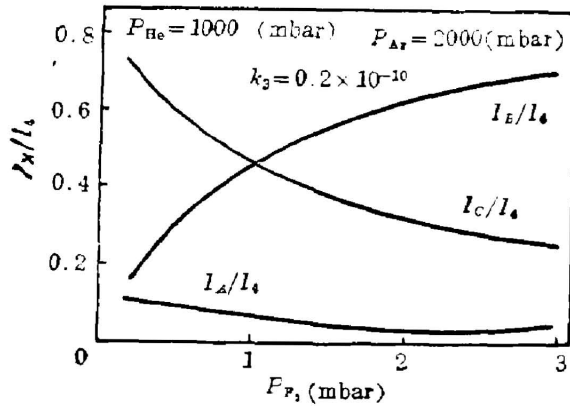


Fig. 11 Contributions of paths to  $I_4$  for different  $F_2$  pressures

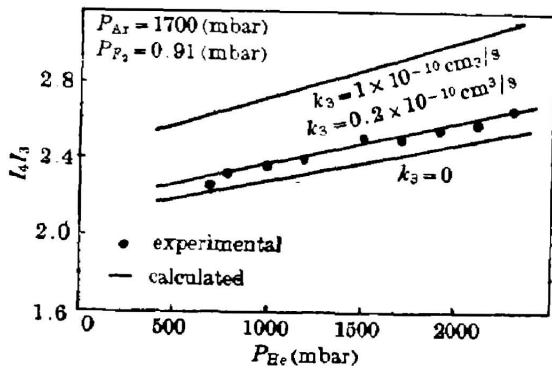


Fig. 12  $I_4/I_3$  vs. He pressure

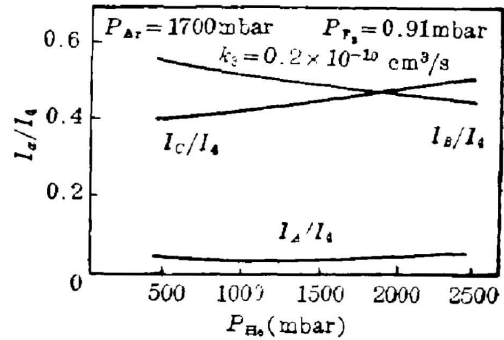


Fig. 13 Contributions of paths to  $I_4$  for different He pressures

的形成；但  $F_2$  粒子增多时，使反应(23)加快，它是有利于  $ArF^*$  的形成而不利于  $Ar_2^+$  的形成。这样就导致在高的 Ar 气压和低的  $F_2$  气压时，通道 C 对形成  $Ar_2F^*$  的贡献是主要的；而在不太高的 Ar 气压和不太低的  $F_2$  气压时，通道 B 的贡献是主要的。

在本实验条件下，离子过程对形成  $Ar_2F^*$  的贡献不超过 10%，因而以中性粒子能量转



移过程为特征的简化动力学模型能够较好地描述实验现象。但在高的放电( $E/N$ )值和泵浦密度下,情况将会有所变化,由于电子密度和激发分数的增大,Ar<sup>+</sup>和F<sup>-</sup>的产额也会大幅度上升,这样中性粒子能量转移过程就不足以概括全部的反应动力学过程了,离子过程的影响就必须予以考虑。另外,在较高的气压下,通道A可望成为形成Ar<sub>2</sub>F\*的有效通道。

### 参 考 文 献

- [1] Gu Zhi-Yu, Wang Shao-Yin *et al.*; *Appl. Phys. (B)*, 1983, **31**, No. 3 (Mar), 157.
- [2] G. Bekefi, ed.; *Principles of Laser Plasmas*, (John Wiley & Sons, New York, London, Sydney, Toronto, 1976), 159.
- [3] G. Marowsky *et al.*; *IEEE J. Quantum Electronics*, 1982, **QE-18**, No. 5 (May), 898.
- [4] N. Boewering, R. Sauerbrey *et al.*; *J. Chem. Phys.*, 1982, **76**, No. 7 (Apr), 3524.
- [5] C. H. Chen, M. G. Payne *et al.*; *J. Chem. Phys.*, 1978, **69**, No. 4 (Aug), 1626.
- [6] W. R. Wadt, P. J. Hay; *J. Chem. Phys.*, 1978, **68**, No. 8 (Apr), 3850.
- [7] J. E. Velazco *et al.*; *J. Chem. Phys.*, 1976, **65**, No. 7 (Oct), 3468.
- [8] G. S. Hurst, E. B. Wagner *et al.*; *J. Chem. Phys.*, 1974, **61**, No. 9 (Nov), 3680.
- [9] C. K. Rhodes ed.; *Excimer Lasers*, (Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1979), **83**.
- [10] 顾之玉,王绍英等;《中国激光》,1986, **13**, No. 3 (Mar), 164.
- [11] C. H. Chen, J. P. Judish *et al.*; *J. Phys. (B)*, 1978, **11**, No. 12 (Jun), 2189.
- [12] 顾之玉,王绍英等;《物理学报》,1986, **35**, No. 2 (Feb), 228.
- [13] C. H. Chen, M. G. Panyns; *IEEE J. Quantum Electron.*, 1979, **QE-15**, No. 3 (Mar), 149.
- [14] M. Rokni *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1977, **31**, No. 2 (Jul), 79.
- [15] J. H. Yates *et al.*; *J. Chem. Phys.*, 1933, **79**, No. 12 (Dec), 6145.
- [16] T. H. Dunning, Jr. P. J. Hay; *J. Chem. Phys.*, 1978, **69**, No. 1 (Jan), 134.
- [17] H. H. Michels, R. H. Hobbs *et al.*; *Chem. Phys. Lett.*, 1977, **48**, No. 1 (May), 158.

## Study of the characteristics of paths in Ar<sub>2</sub>F\* formation processes\*

GU ZHIYU, WANG SHAOYING, WANG YONG, LEI JIE, YUAN DACHANG AND CHAI XIAOHONG  
(Anhui Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica Hefei)

(Received 28 February 1985; revised 31 January 1986)

### Abstract

The kinetic processes in Ar/He/F<sub>2</sub> mixtures excited by fast discharge have been analysed. A mathematical description, which could reveal the characteristics of paths in the kinetic processes, has been given based on a simplified kinetic model. Characteristics of paths in Ar<sub>2</sub>F\* formation processes have been studied by comparing the experimental data with the results of numerical calculations.

\* Supported by the Science Fund of the Chinese Academy of Sciences.