

04:07

©1993 г.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ МОЛЕКУЛ $\text{XeCl}^*$ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ПЛАЗМЕННОГО ПОТОКА $\text{Xe}$ С ПАРАМИ $\text{NaCl}$

*А.А.Алехин, В.А.Баринков, Ю.В.Герасько, О.Ф.Костенко,  
Ф.Н.Любченко, А.В.Тюкавкин*

Исследуются радиационные характеристики области реакций, образованной при взаимодействии сверхзвукового плазменного потока ксенона с парами  $\text{NaCl}$ . Показано, что при одинаковых режимах работы плазматрона и концентрациях галогеноносителя эффективность образования эксимерных молекул в реакциях с  $\text{NaCl}$  на порядок выше, чем с  $\text{CCl}_4$ . Предполагается, что образование  $\text{XeCl}^*$  в смеси с  $\text{NaCl}$  происходит в двухчастичной реакции замещения. Получена интегральная мощность люминесценции эксимерных молекул 2...4 кВт при спектральной яркости излучения 30...60 Вт/нм·ср. В оптическом резонаторе зарегистрировано сужение полосы люминесценции  $\text{XeCl}^*(B^2\Sigma^+)$  до 3.3 нм.

### Введение

Исследования эффективности образования эксимерных молекул при инжекции галогенсодержащих веществ в сверхзвуковой поток плазмы инертных газов [1] связаны как с разработкой непрерывных узкополосных источников ультрафиолетового излучения, так и с изучением возможности осуществления генерации когерентного источника ультрафиолетового излучения в непрерывном режиме.

При смешении разреженных плазменных потоков с средней концентрацией менее  $10^{16}\text{см}^{-3}$  [1] размер области плазмохимических реакций составляет  $L \simeq 3...7$  см [2], что в отличие от случая более плотных сред [3] не создает значительных трудностей при согласовании активной среды с оптическим резонатором. При указанных концентрациях компонентов наиболее эффективны двухчастичные реакции [4,5], а вероятность трехчастичных реакций, основных в эксимерных лазерах [6], в этом случае незначительна. Вместе с тем образование эксимерных молекул идет в основном в реакциях трехчастичной ион-ионной рекомбинации [1,5,7], причем со скоростью, пропорциональной концентрации отрицательных ионов галогеноносителя, которые одновременно являются основным поглощающим излучение эксимеров компонентом. Поэтому для достижения порога непрерывной генерации представляет интерес поиск новых

сред, в которых эксимерные молекулы возникали бы в результате эффективных двухчастичных реакций. По видимому, такой средой может служить область взаимодействия сильноионизованного сверхзвукового потока плазмы инертных газов с парами галогенидов щелочных металлов.

## Экспериментальные исследования

Исследования образования эксимерных молекул  $\text{XeCl}^*$  при взаимодействии плазменного потока ксенона с парами  $\text{NaCl}$  проводились на установке, детально описанной в работе [1]. В качестве источника плазмы использовался магнитоплазодинамический ускоритель. Диаметр пучка плазмы на срезе анода составлял 60 мм, остаточное давление в вакуумной камере равнялось  $\approx 1$  Па. Температура ионов изменялась в диапазоне  $T_1 = 1800 \dots 3000$  К, электронная температура  $T_e \approx 1 \dots 2$  эВ, концентрация ксенона  $N = 10^{14} \dots 10^{15} \text{ см}^{-3}$ . Источником паров  $\text{NaCl}$  служила молибденовая трубка диаметром 12 мм и длиной 230 мм, толщиной стенки 0.5 мм, в которой было просверлено 9 отверстий диаметром 0.75 мм через 10 мм вдоль образующей боковой поверхности и симметрично относительно середины трубки. В трубку засыпался обезвоженный порошок  $\text{NaCl}$  (6...8 г), она плотно заглушалась медными конусами-токовводами. Источником тока, нагревающего трубку до температуры 1000...1500 К, служил электрический генератор типа АНГМ-30.

Спектры люминесценции  $\text{XeCl}^*$  регистрировались с помощью многоканального цифрового оптического спектроанализатора OSA, энергетически откалиброванного по чувствительности в зависимости от длины волны и расстояния до области реакции. Чувствительность OSA на длине волны 308 нм в условиях эксперимента равнялась  $k_\nu = 10^{-3} [\text{Вт/см}^2 \times \text{нм} \cdot \text{отсчет}]$ . Измерение мощности излучения эксимерных молекул производилось как непосредственно измерителем типа ИМО-2, так и с помощью расчетов по энергетической калибровке OSA. Изображение области плазмохимических реакций в различных спектральных диапазонах, формируемое с помощью широкополосных оптических фильтров, фиксировалось фотоаппаратом с кварцевым объективом.

Исследовались две схемы смешения плазменного потока ксенона с парами  $\text{NaCl}$ . В первой схеме молибденовую трубку помещали на расстоянии 140 мм от среза анода плазматрона и на 115 мм ниже оси плазменного потока отверстиями вверх. Ось трубки находилась в горизонтальной плоскости и устанавливалась перпендикулярно плазменному потоку. Расход паров  $\text{NaCl}$  составлял от 0.02 до 0.6 г/с, расход ксенона менялся от 0.12 до 2.3 г/с, ток плазматрона  $J_{\text{пл}}$  — от 1000 до 3000 А при напряжении разряда  $\approx 30$  В.

Во второй схеме смешения (рис. 1) молибденовую трубку нагревали электрогенератором до  $T \approx 1500$  К и помещали на оси потока ксеноновой плазмы на расстоянии 100 мм от среза анода отверстиями навстречу потоку. В процессе измерений регистрировалась как интенсивность излучения  $\text{XeCl}^*$  в скачке уплотнения, так и ширина области свечения  $\text{XeCl}^*$ .

На рис. 2,а приведен спектр люминесценции молекул  $\text{XeCl}^*$  ( $B^2\Sigma^+ \rightarrow X^2\Sigma^+$ ), полученный в условиях первой схемы смешения при расходе  $\text{NaCl}$  0.2 г/с, ксенона 2.3 г/с и токе плазматрона 2500 А. Мощность излучения в полосе люминесценции  $\text{XeCl}^*$  составила 500 Вт при полуширине полосы излучения  $\Delta\nu \approx 6.5$  нм ( $\Delta\lambda = 640.8 \text{ см}^{-1}$ ). Для сравнения на

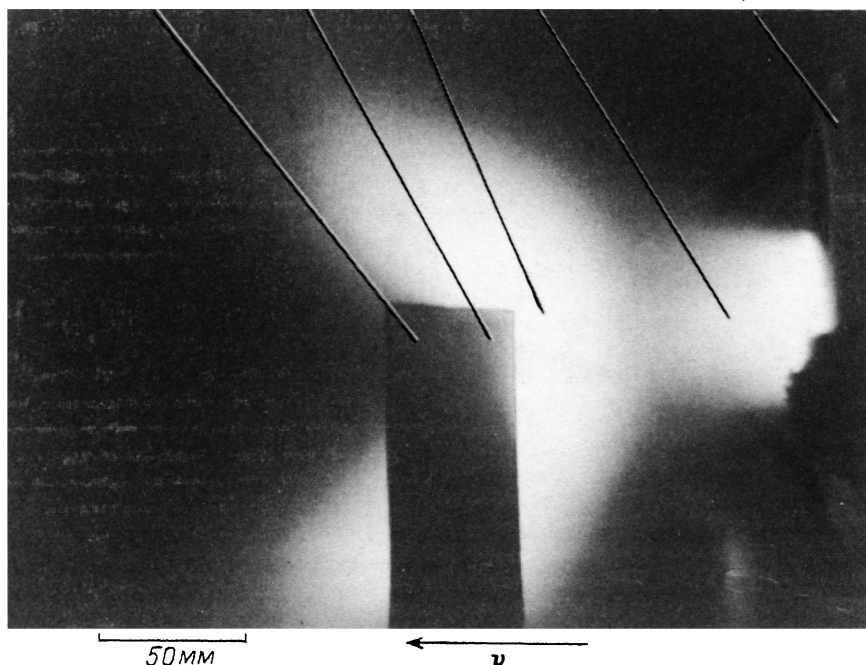


Рис. 1. Картина обтекания кюветы с NaCl потоком ксеноновой плазмы.

Съемка производилась в спектральном диапазоне 280...320 нм.  $N_{Xe} = 10^{15} \text{ см}^{-3}$ ,  $N_{NaCl} = 5 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$ ,  $N_{XeCl^*} = 10^{12} \text{ см}^{-3}$ ,  $T_1 = 2800 \text{ К}$ ,  $T_e = 1.2 \text{ эВ}$ . 1 — анод плазматрона, 2 — плазменный поток ксенона, 3 — тоководы источника нагрева кюветы, 4 — молибденовая трубка, 5 — область плазмохимических реакций.

рис. 2,б показан спектр люминесценции  $XeCl^*(B^2\Sigma^+ \rightarrow X^2\Sigma^+)$ , полученный при инжекции  $CCl_4$  в поток плазмы ксенона по схеме, описанной в [1].

В таблице приводятся результаты исследования первой схемы смешения. Концентрации рассчитывались для плазмы Xe до скачка уплотнения, для  $XeCl^*(B^2\Sigma^+)$  в скачке, для паров NaCl после скачка уплотнения по направлению потока. Полуширина полосы люминесценции  $XeCl^*(B^2\Sigma^+ \rightarrow X^2\Sigma^+)$  определялась на уровне 0.5 от максимального значения интенсивности.

Во второй схеме смешения при расходе паров NaCl  $\approx 0.6 \text{ г/с}$ , ксенона 2.3 г/с и токе плазматрона 2500 А была получена мощность в полосе люминесценции  $XeCl^*(B^2\Sigma^+ \rightarrow X^2\Sigma^+)$  2...4 кВт при полуширине полосы  $\Delta\lambda \approx 4 \text{ нм}$  ( $\Delta\nu = 421.6 \text{ см}^{-1}$ ). Ширина области свечения  $XeCl^*(B^2\Sigma^+ \rightarrow X^2\Sigma^+)$  составляла  $\approx 10 \text{ мм}$  (рис. 1). Этим данным соответствует концентрация  $XeCl^*(B^2\Sigma^+) \approx 2 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-3}$  при концентрациях ксенона до скачка  $\approx 8 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$  и паров NaCl после скачка  $\approx 5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$ . Спектральная яркость излучения при этом составляла 30...60 Вт/нм·ср, удельный энергосъем излучения  $\approx 20 \text{ Вт/см}^3$ , полный КПД 2.5...5 %.

Измерения полуширины  $\Delta\lambda$  полосы люминесценции  $XeCl^*(B^2\Sigma^+ \rightarrow X^2\Sigma^+)$  в течение одного эксперимента показали (рис. 3,а), что (в зависимости от динамики истечения паров NaCl из кюветы) в

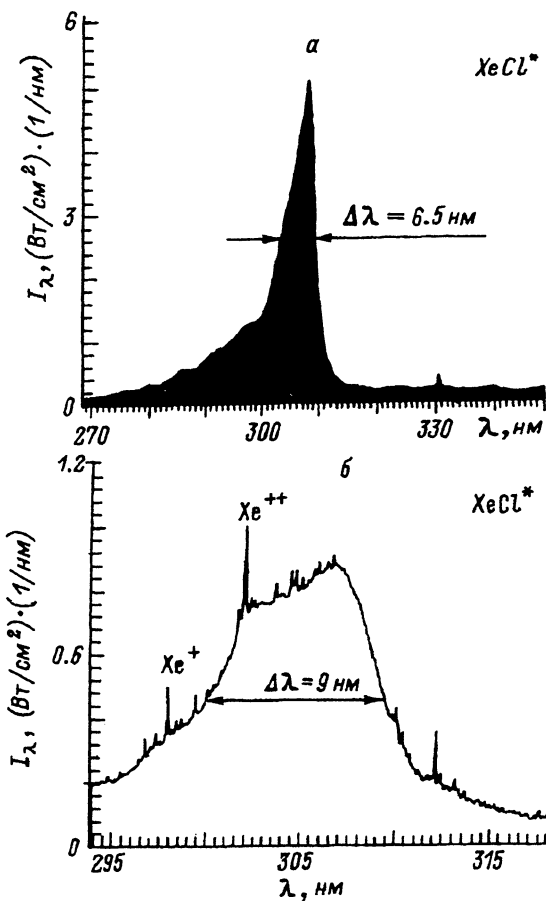


Рис. 2. Спектр свечения молекул  $\text{XeCl}^*$  с поверхности области смешения плазменного потока ксенона с галогенонесителем.

*a*: галогенонеситель — пары  $\text{NaCl}$ ,  $N_{\text{Xe}} = 4 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$ ,  $N_{\text{NaCl}} = 7 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$ ,  $N_{\text{XeCl}^*} = 3 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-3}$ ,  $T_1 = 2500 \text{ K}$ ,  $T_e = 1.3 \text{ эВ}$ ; *б*: галогенонеситель — пары  $\text{CCl}_4$ ,  $N_{\text{Xe}} = 10^{15} \text{ см}^{-3}$ ,  $N_{\text{CCl}_4} = 10^{14} \text{ см}^{-3}$ ,  $N_{\text{XeCl}^*} = 10^{10} \text{ см}^{-3}$ ,  $T_1 = 3000 \text{ K}$ ,  $T_e = 1 \text{ эВ}$ .

Сводка экспериментальных данных по свечению молекул  $\text{XeCl}^*$  в первой схеме смешения.

п/п №	Ток Плазматрона, А	Концентрация, $\text{см}^{-3}$			Полуширина полосы излучения $\text{XeCl}^*$ , нм
		Xe	Пары NaCl (усред- ненная)	$\text{XeCl}^*$	
1	1000	$6 \cdot 10^{13}$	$5 \cdot 10^{12}$	$1.5 \cdot 10^9$	9
2	1500	$2 \cdot 10^{13}$	$5 \cdot 10^{13}$	$1.5 \cdot 10^9$	—
3	1500	$6 \cdot 10^{13}$	$5 \cdot 10^{12}$	$3 \cdot 10^9$	8
4	1500	$6 \cdot 10^{13}$	$5 \cdot 10^{13}$	$1.5 \cdot 10^{10}$	8
5	1500	$6 \cdot 10^{13}$	$5 \cdot 10^{13}$	$2.0 \cdot 10^{10}$	8
6	2500	$4 \cdot 10^{14}$	$5 \cdot 10^{13}$	$2 \cdot 10^{11}$	6
7	2500	$4 \cdot 10^{14}$	$7 \cdot 10^{13}$	$3 \cdot 10^{11}$	6

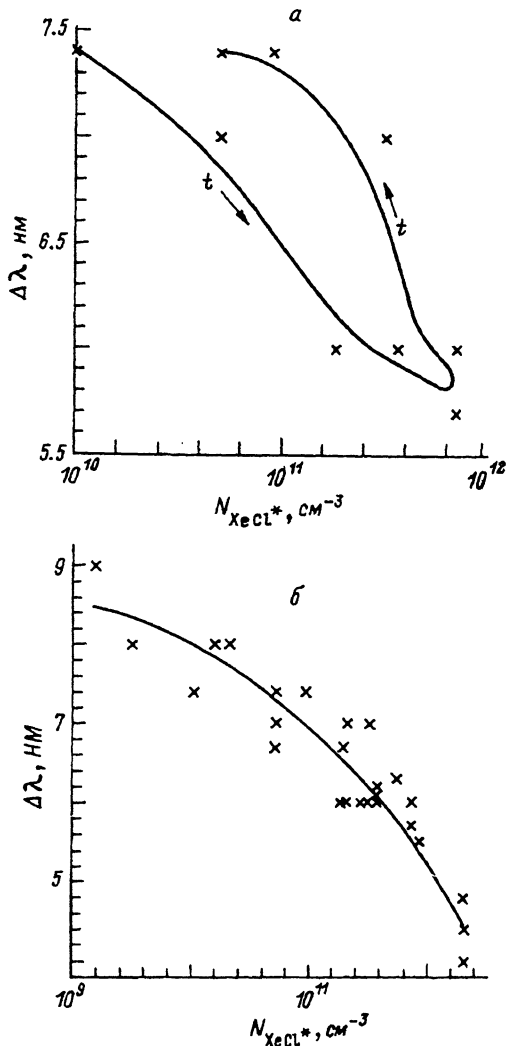


Рис. 3. Зависимость полуширины  $\Delta\alpha$  полосы люминесценции молекулы  $\text{HeCl}^*$  от концентрации  $\text{HeCl}^*$  при смешении плазменного потока  $\text{Xe}$  с парами  $\text{NaCl}$ :

*a* — в процессе одного эксперимента; стрелкой указана временная динамика процесса; Измерения проводились через 1 с;  $N_{\text{Xe}} = 10^{15} \text{ см}^{-3}$ ,  $N_{\text{NaCl}}^{\text{max}} = 10^{15} \text{ см}^{-3}$ ,  $T_1 = 3000 \text{ К}$ ,  $T_e = 1.5 \text{ эВ}$ ; *б* — для всех серий экспериментов.

начале эксперимента при росте интенсивности свечения полосы  $\text{HeCl}^*$  ( $B^2\Sigma^+ \rightarrow X^2\Sigma^+$ )  $\Delta\lambda$  уменьшается, достигает минимума при максимуме свечения и возрастает до начального значения  $\Delta\lambda$  в конце эксперимента. При этом величины  $\Delta\lambda$ , соответствующие одинаковым значениям интенсивности свечения  $\text{HeCl}^*$  (рис. 3, *a*), меньше в начальной стадии эксперимента.

Анализ значений полуширины  $\Delta\lambda$  полосы люминесценции  $\text{HeCl}^*$  ( $B^2\Sigma^+ \rightarrow X^2\Sigma^+$ ) во всех измерениях (рис. 3, *б*) показал, что вне зависимости от схемы смешения, концентраций плазмы ксенона и  $\text{NaCl}$   $\Delta\lambda$  яв-

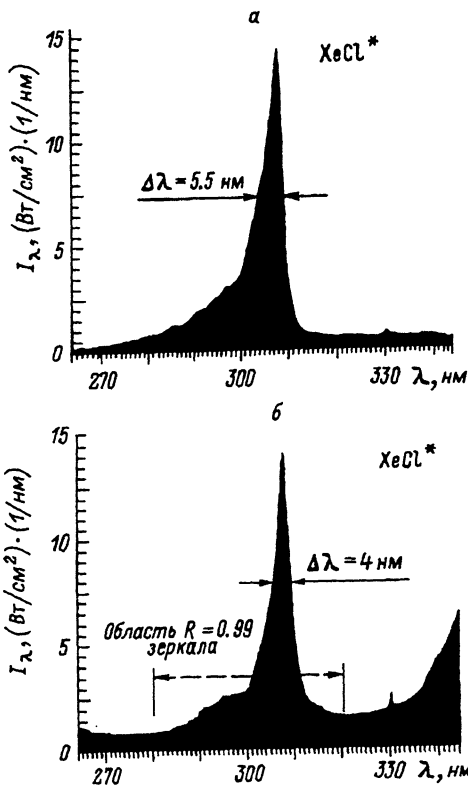


Рис. 4. Спектр свечения молекул  $\text{XeCl}^*$  с поверхности области смещения потока ксеноновой плазмы и паров  $\text{NaCl}$ .

$N_{\text{Xe}} = 10^{15} \text{ см}^{-3}$ ,  $N_{\text{NaCl}} = 10^{15} \text{ см}^{-3}$ ,  $T_1 = 3000 \text{ К}$ ,  $T_e = 1.5 \text{ эВ}$ ; а — вне оптического резонатора, б — внутри оптического резонатора. Шкала  $I_\lambda$  отнормирована на область пропускания  $\tau \approx 0.4\%$  выходного зеркала резонатора.

но коррелирует с концентрацией  $\text{XeCl}^*(B^2\Sigma^+)$ , образовавшегося в ходе плазмохимических реакций в области смещения потоков.

Дополнительно исследовалось поведение полосы люминесценции  $\text{XeCl}^*$  в оптическом резонаторе. Для этого область плазмохимической реакции помещалась в оптический резонатор с базой 1200 мм, образованный двумя плоскими зеркалами с коэффициентом отражения  $R \approx 99\%$  на длине волны  $\lambda = 308 \text{ нм}$ . Во всех режимах эксперимента наблюдалось устойчивое  $\approx 20\%$  сужение полосы люминесценции  $\Delta\lambda$  (рис. 4, а, б).

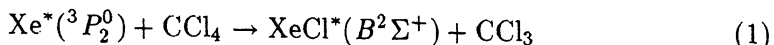
### Обсуждение результатов

Зеркальная структура спектра полосы  $B \rightarrow X$  молекулы  $\text{XeCl}^*$  (рис. 2, а) свидетельствует [8] о том, что при смешении сильноионизованного потока ксенона с парами  $\text{NaCl}$  эксимерные молекулы образуются в нижних колебательных состояниях  $\nu_1$ . Коротковолновой границе спектра  $\lambda_n \approx 275 \text{ нм}$  (рис. 2, а) соответствуют [9] значения  $\nu_1 \leq (\lambda_n^{-1} - \lambda_0^{-1})/\omega_e \approx 20$  ( $\lambda_0 = 308 \text{ нм}$  — длина волны излучения в пике спектра,  $\omega_e = 192.2 \text{ см}^{-1}$  — частота колебаний  $\text{XeCl}^*$  [10]).

Напротив, спектр на рис. 2, б, который получен при смешении потока  $\text{Xe}$  с  $\text{CCl}_4$  в аналогичных условиях эксперимента, связан с образовани-

ем молекул  $\text{XeCl}^*$  в высоковозбужденных колебательных состояниях  $\nu_2$ . Действительно, согласно [11] полуширина полосы люминесценции эксимерной молекулы  $\Delta\nu$  при  $\nu \gg 1$  пропорциональна  $\nu^{1/3}$ .

Определяя  $\Delta\nu_1 = 641 \text{ см}^{-1}$  (рис. 2,а) и  $\Delta\nu_2 = 102.3 \text{ см}^{-1}$  (рис. 2,б), получаем значения  $\nu_2 \approx (\Delta\nu_2/\Delta\nu_1)^3 \nu_1 \approx 77$  и полной колебательной энергии  $E'_2 = \nu_2 h\nu_e = 1.83 \text{ эВ}$ . Отметим, что в гарпунной реакции

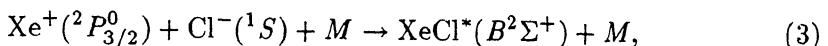


величина  $E'$  ограничена сверху значением [9]

$$E' \leq E(\text{Xe}^*) - D(\text{Cl} - \text{CCl}_3) - E_0 - E(\text{CCl}_3) \approx 1.1 \text{ эВ}, \quad (2)$$

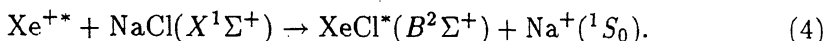
где  $E(\text{Xe}^*) = 8.31 \text{ эВ}$  — энергия метастабильного состояния  $\text{Xe}^*(^3P_2^0)$ ,  $D(\text{Cl} - \text{CCl}_3) = 3.1 \text{ эВ}$  — энергия диссоциации молекулы  $\text{CCl}_4$ ,  $E_0 = 4 \text{ эВ}$  — энергия  $\text{XeCl}^*(B^2\Sigma^+)$  ( $\nu = 0$ ),  $E(\text{CCl}_3) \approx 0.1 \text{ эВ}$  — энергия возбуждения молекулы  $\text{CCl}_3$ .

Так как  $E'_2 > E'$ , то спектру на рис. 2,б соответствует образование  $\text{XeCl}^*$  в реакции трехчастичной ион-ионной рекомбинации



что согласуется с результатами работ [1,5,7], в частности, в [1,5] аналогичный вывод был сделан на основании анализа кинетических процессов в разреженных плазменных потоках.

Следовательно, характеристики спектра (рис. 2,а) — форма спектральной полосы и интенсивность люминесценции молекул  $\text{XeCl}^*$ , образующихся при инжекции паров  $\text{NaCl}$  в сильноионизованную плазменную струю, указывают на то, что в этом случае молекулы  $\text{XeCl}^*(B^2\Sigma)$  образуются в основном не в трехчастичных (3), а в двухчастичных реакциях. Такими реакциями могут служить двухчастичные реакции замещения с участием низколежащих возбужденных состояний иона  $\text{Xe}^{+*}$



Плазмохимическая реакция (4) проходит эффективно, если точка пересечения  $r_0$  ионных термов молекул  $\text{NaCl}(X^1\Sigma^+)$  (с учетом энергии ионизации ксенона  $12.13 \text{ эВ}$  и возбуждения  $E^*$  иона  $\text{Xe}^{+*}$ ) и  $\text{XeCl}^*(B^2\Sigma^+)$  (с учетом энергии ионизации  $\text{Na}$   $5.14 \text{ эВ}$ ) находится вблизи минимума потенциальной энергии  $\text{NaCl}$ . Это условие (рис. 5) выполняется для реакции (4), если энергия  $E^*$  возбужденных состояний иона  $\text{Xe}^{+*}$  при температуре электронов  $T_e > 1 \text{ эВ}$  составляет  $E^* \approx 1.5 \dots 1.75 \text{ эВ}$ . При этом, согласно рис. 5,  $\text{XeCl}^*(B^2\Sigma^+)$  образуется в колебательных состояниях  $\nu_1 \approx 10 \dots 20$  со средней энергией  $E'_1 \approx 0.5 \text{ эВ}$ , что хорошо согласуется с приведенной выше оценкой по коротковолновой границе спектра люминесценции  $\text{XeCl}^*$ .

Сечение  $\sigma$  и константу скорости  $k$  реакции (4) можно оценить из соотношений  $\sigma \approx \pi r_0^2 \approx 2 \cdot 10^{-15} \text{ см}^2$ ,  $k \approx \langle \sigma v \rangle \approx (2 \cdot 10^{-10} \dots 10^{-9}) \text{ см}^3 \cdot \text{с}^{-1}$  при значениях числа Маха в потоке ксенона  $M = 2 \dots 8$ . С другой стороны, на основании экспериментальных данных (см. таблицу) константу реакции  $k$

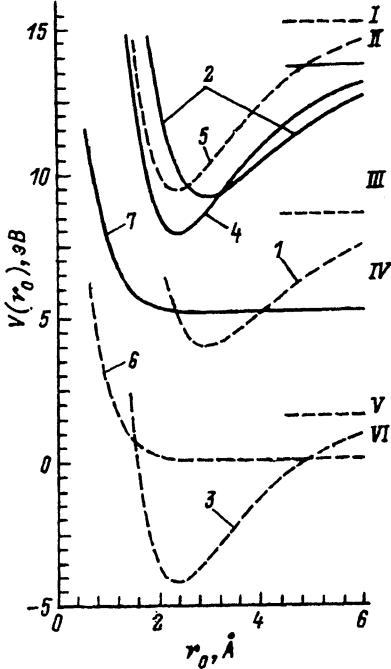
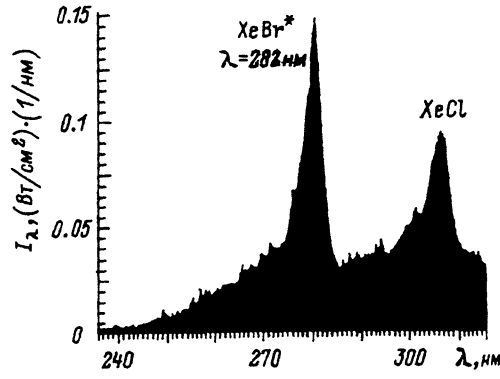


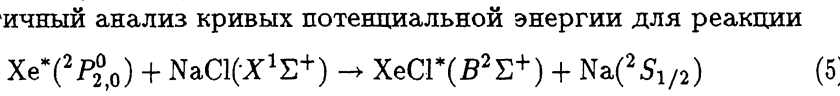
Рис. 5. Кривые потенциальной энергии, описывающие двухчастичную реакцию замещения  $\text{NaCl}(X^1\Sigma^+) + \text{Xe}^+(^2P_{3/2}^0) \rightarrow \text{XeCl}^*(B^2\Sigma^+) + \text{Na}^+(^1S_0)$ .

1 —  $\text{XeCl}^*(B^2\Sigma^+)$ , 2 —  $\text{XeCl}^*(B^2\Sigma^+) + \text{Na}^+(^1S_0)$ ,  
 3 —  $\text{NaCl}(X^1\Sigma^+) + \text{Xe}^+(^2P_{3/2}^0)$ , 4 —  $\text{NaCl}(X^1\Sigma^+) + \text{Xe}^+(^2P_{3/2}^0)$ ,  
 5 —  $\text{NaCl}(X^1\Sigma^+) + \text{Xe}^{++}(E^* \approx 1.5 \text{ eV})$ ,  
 6 —  $\text{XeCl}^*(X^2\Sigma^+) + \text{Na}^+(^1S_0)$ ,  
 I —  $\text{Na}^+(^1S_0) + \text{Cl}^-(^1S) + \text{Xe}^{++}$ , 15.15 eB;  
 II —  $\text{Na}^+(^1S_0) + \text{Cl}^-(^1S) + \text{Xe}^+(^2P_{3/2}^0)$ , 13.65 eB;  
 III —  $\text{Xe}^+(^2P_{3/2}^0) + \text{Cl}^-(^1S)$ , 8.51 eB;  
 IV —  $\text{Na}^+(^1S_0) + \text{Cl}^-(^2P_{3/2}^0) + \text{Xe}(^1S_0)$ , 5.14 eB;  
 V —  $\text{Na}^+(^1S_0) + \text{Cl}^-(^1S)$ , 1.52 eB;  
 VI —  $\text{Na}(^2S_{1/2}) + \text{Cl}(^2P_{3/2}^0) + \text{Xe}(^1S_0)$ , 0.0 eB.

Рис. 6. Спектр свечения молекул  $\text{XeBr}^*$  с поверхности области смешения потока ксеноновой плазмы и паров  $\text{KBr}$ .  
 $N_{\text{Xe}} = 6 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$ ,  $N_{\text{KBr}} = 5 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$ ,  
 $N_{\text{XeBr}^*} = 3 \cdot 10^9 \text{ см}^{-3}$ ,  $T_i = 2500 \text{ K}$ ,  $T_e = 1 \text{ eV}$ .



можно оценить из соотношения  $k = N^*/(\tau N_1 N_2)$  (где  $N^*$ ,  $N_1$ ,  $N_2$  — концентрации  $\text{XeCl}^*(B^2\Sigma^+)$ ,  $\text{Xe}^{++}$ ,  $\text{NaCl}(X^1\Sigma^+)$  соответственно,  $\tau \approx 11 \text{ нс}$  — радиационное время жизни  $\text{XeCl}^*(B^2\Sigma^+)$ ), что приводит к аналогичным значениям  $k = 10^{-9} \dots 10^{-10} \text{ см}^3 \cdot \text{с}^{-1}$ .



показывает, что  $\text{XeCl}^*(B^2\Sigma^+)$  может являться продуктом двухчастичной реакции замещения с участием возбужденных метастабильных состояний ксенона  $\text{Xe}^*(E^* = 8.3, 9.4 \text{ eV})$  с сечением, близким к сечению реакции (4). Однако для получения достаточных концентраций  $\text{Xe}^*$  и преимущественного протекания реакции (5) в рассматриваемом эксперименте необходимо создание специальных условий [1,4].



Уменьшение ширины полосы люминесценции  $\text{XeCl}^*(B^2\Sigma^+ \rightarrow X^2\Sigma^+)$  в экспериментах (см. таблицу) может быть связано с 1) уменьшением колебательной энергии  $E'$ , с которой образуется  $\text{XeCl}^*(B^2\Sigma^+)$  при изменении условий эксперимента; 2) V-T-релаксацией колебательных уровней молекулы  $\text{XeCl}^*(B^2\Sigma^+)$ , которая становится заметной при давлениях, больших 100 Па [11], во второй схеме смещения. Кроме того, сужение полосы люминесценции  $\text{XeCl}^*(B^2\Sigma^+ \rightarrow X^2\Sigma^+)$  в оптическом резонаторе указывает на то, что в предпороговой области генерации форма спектра может определяться вынужденными процессами в среде. В целом вопрос о сужении полосы люминесценции  $\text{XeCl}^*(B^2\Sigma^+ \rightarrow X^2\Sigma^+)$  с ростом интегральной светимости области плазмохимической реакции (рис. 3, б) требует дополнительного изучения.

### Заключение

Двухчастичная реакция замещения, приводящая в образованию  $\text{XeCl}^*(B^2\Sigma^+)$  при смешении плазменного потока ксенона и паров NaCl, является частным случаем возможных реакций образования эксимерных молекул при взаимодействии всего класса галогенидов щелочных металлов с плазмой инертных газов. В частности, экспериментально зарегистрирована люминесценция молекул  $\text{XeBr}^*(B^2\Sigma^+ \rightarrow X^2\Sigma^+)$  при инжекции в поток ксеноновой плазмы паров KBr (рис. 6).

Отсутствие в рассматриваемых средах сильнопоглощающих частиц отрицательных ионов галогенов и молекулярных ионов инертных газов позволяет надеяться на достижение порога непрерывной генерации в оптическом резонаторе.

### Список литературы

- [1] Алетин А.А., Баринов В.А., Герасько Ю.В. и др. // ЖТФ. 1993. Т. 63. Вып. 2. С. 65–73.
- [2] Алетин А.А., Баринов В.А., Герасько Ю.В., Любченко Ф.Н. Тез. докл. II Всесоюз. симпозиума по радиационной плазмодинамике. М., 1991. Ч. 3. С. 59–60.
- [3] Андреев Ю.Ю., Горская Н.М., Сугов Б.Г., Юценкова Н.И. // Молекулярная газовая динамика. Сб. науч. тр. Новосибирск, 1980. С. 108–113.
- [4] Костенко О.Ф., Тюкавкин А.В. // Теоретические и экспериментальные исследования вопросов общей физики. Калининград, 1991. С. 3–9.
- [5] Костенко О.Ф., Тюкавкин А.В. // Тез. докл. II Всесоюз. симпозиума по радиационной плазмодинамике. М., 1991. Ч. 3. С. 74–75.
- [6] Эксимерные лазеры / Под ред. Ч.Роудза. М.: Мир, 1981. 245 с.
- [7] Роголич В.С., Стародуб В.П., Шевера В.С. // Опт. и спектр. 1990. Т. 69. Вып. 4. С. 756–758.
- [8] Теллингейсен И. // Газовые лазеры / Под ред. Мак-Даниеля, У. Нигана. М.: Мир, 1986. 548 с.
- [9] Golde M.F., Thrush B.A. // Chem. Phys. Lett. 1974. Vol. 29. N 4. P. 486–490.
- [10] Хьюбер К.П., Герцберг Г. Константы двухатомных молекул. М.: Мир, 1984. Ч. 2. 365 с.
- [11] Golde M.F. // J. Mol. Spectr. 1975. Vol. 58. P. 261–273.

Центральный научно-исследовательский  
институт машиностроения  
Калининград  
Московская область

Поступило в Редакцию  
6 февраля 1992 г.