

ВРЕМЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ЭКСИПЛЕКСНЫХ МОЛЕКУЛ В Ar-Kr-F₂ СМЕСИ, НАКАЧИВАЕМОЙ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ

Т.У. Арсланбеков, В.И. Держиев, А.Г. Жидков, А.В. Коваль, С.И. Яковленко

С помощью разработанной нестационарной кинетической модели проведено теоретическое исследование временных характеристик флуоресценции молекул KrF, Kr₂F* в смеси Ar-Kr-F₂, накачиваемой электронным пучком. Результаты расчетов удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными.*

Эксплексный KrF лазер с пучковой накачкой является одним из наиболее эффективных генераторов излучения в ближнем УФ диапазоне /1–3/. Поэтому его выходные характеристики интенсивно исследуются экспериментально и теоретически. К настоящему времени создано несколько теоретических моделей релаксации активной среды Ar-Kr-F₂, накачиваемой пучком быстрых частиц /4–7/. Однако их точность и предсказательная способность не вполне ясна. Часто заключение о надежности модели делается из сравнения расчетного и экспериментального энергосъема за импульс накачки. Такое сопоставление является грубым и не позволяет выявить тонкие детали релаксации. Более полную картину релаксационных процессов в активной среде можно получить из анализа спонтанного свечения различных эксиплексных молекул /8, 9/.

В данной работе приведены результаты расчета спонтанного свечения молекул KrF*, Kr₂F* в смеси Ar-Kr-F₂, накачиваемой электронным пучком. Расчеты велись по модели /11/. Результаты удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными по люминесценции /9, 12–15/.

Расчеты проводились с помощью пакета прикладных программ PLASER-1 /10/. Кинетическая модель активной среды Ar-Kr-F₂ включает около 150 плазмохимических реакций (литературные данные о константах скоростей реакций брались, в основном, из /2–7/). Подробное описание использованной модели дано в /11/.

Интенсивность флуоресценции рассчитывалась по формуле $I = [KrF^*] \hbar\omega A$, где A – вероятность спонтанного распада KrF*, $\hbar\omega$ – квант излучения ($\lambda = 249$ нм), $[KrF^*]$ – концентрация рабочих молекул KrF*. Результаты расчетов представлены на рис. 1–3. Были проведены также расчеты временной зависимости боковой флуоресценции при наличии лазерного потока излучения вдоль оси резонатора.

На рис. 4 дана зависимость спонтанного излучения эксиплекса Kr₂F* от времени, рассчитанная по экспериментальным данным, приведенным в /9/.

Кратко обсудим полученные результаты. Анализ спонтанного свечения KrF* (рис. 2) указывает на достаточно хорошее совпадение расчетных и экспериментальных зависимостей для импульсов накачки микросекундной и субмикросекундной длительности. Это свидетельствует об удовлетворительном выборе констант скоростей основных плазмохимических реакций.

Расчетное значение КПД спонтанного свечения при высоких давлениях $P > 1$ атм ниже (на 30–100%), чем это наблюдается в экспериментах (рис. 3). Это может быть связано с завышением в модели /11/ скоростей столкновительного тушения верхнего рабочего уровня. Видимо этим обусловлено ухудшение согласия расчетов с экспериментом при давлениях $P < 1$ атм.

Расчеты динамики поля спонтанного и лазерного излучения в резонаторе также удовлетворительно коррелируют с имеющимися экспериментальными данными. Несколько неожиданным является быстрое падение в расчетах концентрации Kr₂F*. Пока неясно, с чем может быть связано наблюдаемое расхождение с экспериментом /9/ (рис. 4).

Подводя итоги, отметим, что кинетическая модель /11/ удовлетворительно описывает временные характеристики спонтанного свечения и генерации.

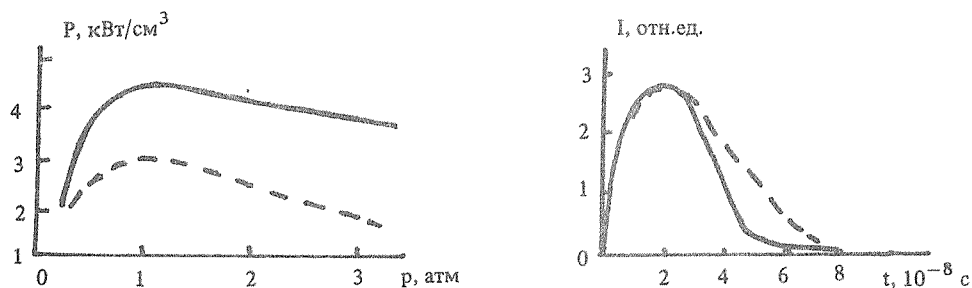


Рис. 1. Зависимость флуоресценции KrF^* от давления смеси $Ar-Kr-F_2$; сплошная линия – экспериментальные данные, прерывистая – результаты расчета. Условия эксперимента /14/ следующие: $[F_2] = 0,3 \%$, $[Kr] = 15 \%$, энергия электронов $E_e = 150$ кэВ, плотность тока $j = 0,16$ А/см², $\tau = 300$ нс, $W = 1$ МВт/см³.

Рис. 2. Временная зависимость флуоресценции KrF^* при $P = 1$ атм, $[F_2] = 0,5 \%$, $[Kr] = 99,5 \%$, $E_e = 750$ кэВ, $\tau_{0,5} = 50$ нс /9/. Обозначения такие же, как на рис. 1.

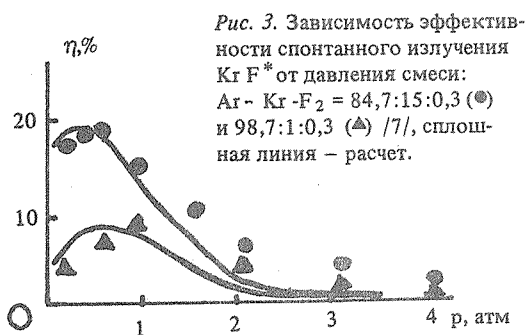


Рис. 3. Зависимость эффективности спонтанного излучения KrF^* от давления смеси: $Ar - Kr - F_2 = 84,7:15:0,3$ (●) и $98,7:1:0,3$ (▲) /7/, сплошная линия – расчет.

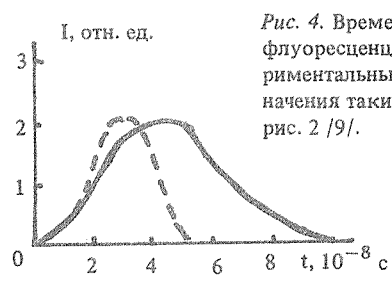


Рис. 4. Временная зависимость флуоресценции Kr_2F^* . Экспериментальные условия и обозначения такие же, как на рис. 2 /9/.

ЛИТЕРАТУРА

1. Эксиммерные лазеры. Под ред. Ч. Роудза, М., Мир, 1981.
2. Газовые лазеры. Под ред. И. Мак-Даниэля, М., Мир, 1986.
3. Лакоба И. С., Яковленко С. И. Квантовая электроника, 7, 673 (1980).
4. Johnson T. H., Hunter A. M. II J. Appl. Phys., 31, 2406 (1980).
5. Лакоба И. С., Сыцько Ю. И., Якубцева Е. Д. Труды ФИАН, 145, 131 (1984).
6. Kappari F., Obara M., Fujioka F. J. Appl. Phys., 57, 4309 (1985).
7. Молчанов А. Г. Труды ФИАН, 171, 54 (1986).
8. Гудзенко Л. И. и др. Труды ФИАН, 120, 31 (1980).
9. Suda A., Obara M., Noguchi N. J. Appl. Phys., 58, 1129 (1985).
10. Бойченко А. М. и др. Препринт ИОФАН № 282, М., 1987.
11. Арсланбеков Т. У. и др. Препринт ИОФАН № 199, № 309, М., 1987.
12. Rice J. K., Tisone G. C., Patterson E. L. IEEE J. Quant. Electron., QE-16, 1325 (1980).
13. Edwards C. B., Neil F. O., Shaw M. J. J. Appl. Phys., 30, 617 (1980).
14. Mangano J. A., Rokni J. M., Jacob J. H. Appl. Phys. Lett., 31, 26 (1977).
15. Jacob J. H., Mangano J. A., Rokni M. J. Appl. Phys., 50, 5130 (1979).

Поступила в редакцию 30 июня 1988 г.