

# РЕКОМБИНАЦИЯ В НЕИДЕАЛЬНОЙ ИОННОЙ ПЛАЗМЕ ПОСЛЕСВЕЧЕНИЯ ГАЗОВОГО РАЗРЯДА.

Ланкин А.В., Амиров Р.Х., Норман Г.Э.

ОИВТ РАН

Работа посвящена изучению процесса рекомбинации в плазме отрицательных и положительных ионов возникающей в послесвечении газового разряда. Экспериментальное изучение процесса рекомбинации в такой системе показало сильное подавление скорости рекомбинации по сравнению с классической моделью [1] для ионной плазмы, включающей ионы фтора или фторидов серы. При этом имеет место усиление отклонения скорости рекомбинации от результатов, предсказываемых классической моделью с ростом неидеальности системы

Объяснение таких результатов оказывается возможным в рамках подходов, основанных на использовании молекулярно-динамическое моделирование, позволяющих детально описывать взаимодействие между ионами и молекулами образующейся плазме, что даёт возможность дать адекватное описание влияния формирования рыхлых ионных пар на процесс рекомбинации в ней. Сделанное ранее исследование процесса рекомбинации [2] показало, что в неидеальной плазме должно происходить сильное подавление процесса рекомбинации плазмы за счёт формирования зоны многочастичных флуктуаций между областями парных связанных состояний и свободных электронов. При этом скорость рекомбинации в однозарядной плазме должна подчиняться соотношению:

$$K_e \tau_e = \begin{cases} 0.3 \cdot \Gamma^{9/2} & \text{при } \Gamma < 0.488 \\ 2.7 \cdot \Gamma^{9/2} e^{-4\Gamma} & \text{при } \Gamma > 0.488 \end{cases} \quad (1)$$

где  $\tau_e$  – период плазменных колебаний,  $\Gamma$  – параметр неидеальности, а фактор  $A = 4.5$ . В случае ионной плазмы данное соотношение так же должно сохранять свою применимость, при этом в качестве величины  $\tau_e$  следует брать формальную величину  $\tau = \sqrt{\pi m / e^2 n}$ , где  $m$  – масса лёгкого иона. Такая модель оказывается достаточна для описания процессов рекомбинации ионной плазмы в элегазе [1], однако, величина фактора  $A$  в этом случае превышает его значение в электрон-ионной плазме и оказывается равен  $A = 6.75$ , что объясняется увеличением ширины области многочастичных в ионной плазме по сравнению с электрон-ионной из-за дестабилизации пар вследствие их столкновений с нейтральной компонентой.

Если в случае ионной плазмы в элегазе предложенная модель позволяет достаточно хорошо описать зависимость скорости рекомбинации от параметра неидеальности, то в случае ионной плазмы во фторе снижение скорости рекомбинации с ростом неидеальности оказывается существенно сильнее, чем предсказывает модель (1). Объяснение этих результатов может быть сделано в предположении, что процесс рекомбинации неидеальной ионной плазмы происходит в два этапа. На первом происходит обратимое формирование рыхлой ионной пары, в которой рекомбинирующие ионы оказываются разделены сольватными оболочками. А на втором происходит переход рыхлой ионной пары в плотную с её последующей рекомбинацией. В тех случаях, когда рыхлая ионная пара оказывается малостабильной то двух стадийных характер рекомбинации мало влияет на её кинетику и она описывается моделью (1). Если же энергия активации распада пары оказывается достаточно велика, что имеет место в случае ионной плазмы во фторе, то лимитирующей фазой является вторая стадия, что ведёт к дополнительному снижению скорости рекомбинации в неидеальной плазме.

[1] Амиров Р.Х. // Дис. док. ф.-м. наук, 2001

[2] A. Lankin, G. Norman // Contrib. Plasma Phys. 2009. V.49, No. 10. P. 723 – 731