БыСтрое ТУШЕНИЕ СИНГЛЕТНОГО КИСЛОРОДА АТОМАМИ o ОСНОВНОГО СОСТОЯНИЯ ПРИ ВЫСОКОМ РАЗОГРЕВЕ [[1]](#footnote-1)\*)

Волынец А.В., Лопаев Д.В., Богданова М.А., Зырянов С.М., Рахимов А.Т.

НИИЯФ имени Д.В. Скобельцына, Москва, Россия, [volynets.sinp.msu@gmail.com](mailto:volynets.sinp.msu@gmail.com)

Кислородная плазма встречается во многих приложениях в качестве источника активных частиц: атомов кислорода в основном состоянии O(3P) и молекул синглетного кислорода O2(a1Δg). Степень диссоциации в кислородной плазме может превышать 20%, а доля O2(a1Δg) может достигать ~ 15-20% [1, 2]. Для корректного моделирования разрядов в кислороде важно иметь надёжные данные по кинетике атомарного и синглетного кислорода, поскольку все процессы в плазме O2 с участием атомов O(3P) и молекул O2(a1Δg) сильно влияют на параметры плазмы. При этом, процессы с участием радикалов всё ещё мало изучены. Среди последних одним из наиболее важных процессов является быстрое столкновительное тушение O2(a1Δg) атомами кислорода O(3P), поскольку этот процесс определяет концентрацию O2(a1Δg) и параметры плазмы в целом. Данная работа направлена ​​на детальное изучение этого процесса с использованием комбинированного подхода, включающего как эксперимент, так и моделирование.

Плазма O2 создавалась в кварцевой трубке (длина 200 мм и внутренний диаметр 10 мм) при давлениях 10-100 Торр, используя поперечный емкостной разряд на частоте 81 МГц с внешними электродами вдоль всей трубки. Для поддержания практически постоянных условий на поверхности трубки электроды охлаждались водой. Вводимая ВЧ мощность определялась из прямых измерений ВЧ напряжения и тока, а также сдвига фаз между ними. ВЧ генератор позволял подавать ВЧ мощность как в непрерывном, так и в импульсном режиме с различной глубиной модуляции мощности (до 100%). Используемая конфигурация разряда позволила обеспечить высокий удельный подвод энергии, что приводило к высокому разогреву газа.

Данное исследование опирается на методы оптической эмиссионной спектроскопии (ОЭС). Мольная доля атомарного кислорода была получена методом актинометрии [3]. Мольная доля O2(a1Δg) была получена путем измерения абсолютной мощности излучения O2(a1Δg, v = 0) → O2(X3Σg-, v = 0) при 1,27 мкм. Значения температуры газа были получены из сравнения смоделированных и измеренных спектров A-полосы O2(b1Σg+, v = 0) → O2(X3Σg-, v = 0).

В используемой модели разряда рассматривались два сценария тушения O2(a1Δg): i) с использованием стандартной («старой») кинетической схемы, где процесс R1 полностью исключен, и ii) включая реакцию тушения R1:

O2(a1Δg) + O(3P) → O2(X3Σg-) + O(3P), kq = 3·10-11·exp (-8000/Tgas) см3/с (R1)

Анализ основывался на сравнении модельных и экспериментальных результатов для температуры газа, мольных долей [O(3P)]/N и [O2(a1Δg)]/N, которые будут представлены и обсуждены. Как оказалось, уже лишь добавление реакции R1 позволяет адекватно воспроизвести наблюдаемые экспериментальные тренды.

Это исследование было проведено в рамках международного проекта KaPPA International Associated Laboratory (LIA) (the LABEX Plas@par project ANR-11-IDEX-0004-02). Эта работа также была поддержана Российским Фондом Фундаментальных Исследований (РФФИ), гранты номер 16-52-16024 и 18-32-00932\19.

Литература

1. J.P. Booth, et.al. *Plasma Sources Sci. Technol.* **28** (2019) 055005
2. O.V. Braginsky, et.al. *J. Phys. D: Appl. Phys.* **41** (2008) 172008
3. A.V. Volynets, et.al. *J.Phys. D: Appl. Phys.* **51** (2019) 395203

1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/XLVII/Lt/en/FV-Volynets_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)