Кинетика быстрых электронов в плазме отрицательного свечения в тлеющем разряде в гелии при пониженных и повышенных давлениях и ее применение в аналитике [[1]](#footnote-1)\*)

Сайфутдинов А.И.

Казанский национальный исследовательский технический университет им.А.Н.Туполева - КАИ, [as.uav@bk.ru](mailto:as.uav@bk.ru)

Актуальной проблемой современной физики газоразрядной плазмы как с фундаментальной точки зрения, так и с точки зрения прикладных возможностей является исследование прикатодной плазмы тлеющего разряда (ТР) в широком диапазоне давлений. Как известно, в ТР генерируется две отличающиеся по своим свойствам плазмы: прикатодная плазма, включающая в себя плазму отрицательного свечения (ОС) и Фарадеева темного пространства (ФТП) и плазма положительного столба (ПС) [1,2]. По сравнению с ПС плазме ОС и ФТП продолжительное время не уделялось должного внимания [1,2]. Несмотря на это, для разрядов при низких давлениях было установлено, что плазма в ОС формируется пучком быстрых электронов, набравшим свою энергию в катодном слое и, тем самым, источник ионизации является нелокальным [1,2]. При этом температура основной группы электронов в отличие от плазмы ПС является низкой и составляет десятые доли от 1 эВ. Кроме того, функция распределения электронов (ФРЭ) в плазме ОС и ФТП является нелокальной. Эти особенности открыли возможность идентификации примесей в буферном гелии в плазме ОС короткого ТР по регистрации спектров быстрых электронов, появившихся в реакциях пеннинговской ионизации (ПИ).

Целью представленной работы было проведение численных и экспериментальных исследований плазмы ОС короткого ТР при низких и высоких давлениях. Для этого была сформулирована самосогласованная гибридная модель короткого ТР в гелии. Она основана на кинетического уравнении Больцмана, записанном двухчленном Лоренцовском приближении, гидродинамическом описании тяжелой компоненты плазмы, уравнении Пуассона и уравнении теплопроводности. Элементарные процессы учитывали образование синглетного и триплетного состояний атома гелия, метастабильный уровень молекулярного гелия, а также атомарный и молекулярный ионы гелия. Набор плазмохимический реакций был скомпилирован из работ [3,4]. На основе сформулированной модели были проведены численные расчеты при давлениях от 300 Па до 60 кПа. Результаты продемонстрировали экспериментально наблюдаемую картину в распределении параметров плазмы ОС. На изотропной и анизотропной частях ФРЭ было показано формирование узких пиков от характеристических электронов, рожденных в результате ПИ примесей атомарных и молекулярных газов (Ar, N2, O2, и CO2), углеводородов (СH4 и C2H5OH), их производных и метастабильных атомов гелия. Численный анализ позволил определить чувствительность метода регистрации примесей в плазме ОС. Она составила одну сто тысячную долю, что соответствует современным масс-спектрометрическим методам. Верификация результатов моделирования с результатами расчетов по PIC/MCC модели [3] и валидация модели с собственными зондовыми исследованиями показали хорошее количественное согласие.

Исследование поддержано фондом «Базис», Грант #21-1-3-53-1.

Литература

1. Райзер, Ю.П. Физика газового разряда / Ю.П. Райзер. — Долгопрудный: Интеллект, 2009. — 736 с.
2. Кудрявцев А.А. и др. Физика тлеющего разряда: учебное пособие / Кудрявцев А.А., А.С.Смирнов, Л.Д.Цендин - Спб. Лань, 2010.-512 с.
3. Kutasi K., et al // Plasma Sources Sci. Technol. 2005. 13, S1-S8.
4. Deloche R. et al // Physical Rev. A. 1976. 13. 3. P 1140-1176

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