Аналитическое и численное моделирование продольной структуры тлеющего разряда постоянного тока [[1]](#footnote-1)\*)

Елисеев С.И.

Санкт-Петербургский государственный университет, физический факультет,  
 Санкт-Петербург, 198504

Отличительной особенностью тлеющих разрядов постоянного тока в протяженных трубках является их уникальная картина свечения, характеризующаяся чередованием темных и светлых областей [1]. Среди них обычно выделяют положительный столб, катодный и анодный слои, а также прикатодные плазменные области – отрицательное свечение и фарадеево темное пространство. Свойства прикатодных областей во многом определяются нелокальной ионизацией, производимой быстрыми электронами, поступающими из катодного слоя, и не зависящей от локальных параметров плазмы – концентрации и температуры медленных электронов или напряженности электрического поля [2]. По этой причине получение полной структуры тлеющего разряда постоянного тока в ходе самосогласованного расчета с неизбежностью требует то или иного способа учета нелокальной ионизации. Первоначально подобная задача была решена с использованием гибридного подхода, совмещающего гидродинамическое описание ионов и медленных электронов с процедурой Монте-Карло для расчета ионизации быстрыми [3]. Принципиальным недостатком такого подхода, остающимся актуальным и по сей день, является существенная сложность как в численной реализации модели, так и в непосредственном проведении расчетов. Перспективной альтернативой в этом смысле является использование в рамках гидродинамического подхода аналитической формулировки для источника нелокальной ионизации. Численная реализация такого подхода позволила получить надежные количественные оценки электрических и плазменных параметров короткого (без положительного столба) тлеющего разряда [4].

В данной работе мы показываем, что совмещение в рамках одной модели способов учета локальной и нелокальной ионизации позволяет быстро и эффективно воспроизводить полную структуру тлеющего разряда постоянного тока, включающую все основе области, а также получать надежные количественные оценки его параметров по всей длине разрядной трубки. Сопоставлением полученной таким образом структуры разряда с экспериментальной, по аналогии с вольт-амперными характеристиками, позволяет получать дополнительную информацию о ряде параметров, прямое измерение которых на эксперименте сопряжено с существенными техническими трудностями. Также обсуждается возможность использования аналитической формулировки источника нелокальной ионизации для построения полностью аналитической модели разряда.

Работа выполнена при поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации (грант № 075-15-2021-374).

Литература

1. Райзер Ю. П. Физика газового разряда. – Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. – С. 511.
2. Кудрявцев А. А., Морин А. В., Цендин Л. Д. Роль нелокальной ионизации в формировании коротких тлеющих разрядов //Журнал технической физики. – 2008. – Т. 78. – №. 8. – С. 71-82.
3. Fiala A., Pitchford L. C., Boeuf J. P. Two-dimensional, hybrid model of low-pressure glow discharges //Physical Review E. – 1994. – Т. 49. – №. 6. – С. 5607.
4. Eliseev S. I., Bogdanov E. A., Kudryavtsev A. A. Slow electron energy balance for hybrid models of direct-current glow discharges //Physics of Plasmas. – 2017. – Т. 24. – №. 9. – С. 093503.

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