Амбиполярный перенос в структуре газоразрядной плазмы

Медведев А.Э.

Институт лазерной физики СО РАН, г. Новосибирск, Россия, arey100x@gmail.com

С первых систематических исследований начала прошлого века до настоящего времени в описании баланса заряженных частиц плазмы газового разряда доминирует концепция локального ионизационно-рекомбинационного равновесия. Расчёты характеристик плазмы газового разряда основаны на моделях локального равновесия [1], а наблюдаемые в экспериментах при повышенных давлениях низкие для ионизации поля объясняются многоступенчатыми процессами рождения частиц в объёме [1, 2]. Однако, потоков электронов и ионов, идущих со стороны электродов, при средних и, особенно, атмосферных давлениях, бывает достаточно, чтобы обеспечить баланс частиц в плазме разряда без ионизации в объёме [3]. Более того, если детально рассматривать движение заряженных частиц положительного столба, то не трудно видеть, что даже в классическом разряде при невысоких давлениях (0,01 – 1 Торр) частицы разного знака заряда, рекомбинирующие на стенках в выбранном сечении трубки (S), приходят из различных частей разряда (Рис. 1). Положительные ионы (i), двигаясь в поперечном сечении под действием амбиполярной диффузии, одновременно имеют составляющую скорости направленную от анода. Уходящие на стенки трубки вместе с этими ионами электроны (e) поступают со стороны катода, причём подавляющее число электронов рождается в катодном слое и проходят через весь объём трубки, практически не уменьшаясь в потоке. Только при низких давлениях (порядка 0,01 Торр и менее) области рождения и гибели частиц могут быть сопоставимы друг с другом, хотя тоже достаточно условно, поскольку длина свободного пробега становится сравнимой с радиусом трубки и вообще теряется физический смысл понятия локального баланса.

Рис. 1 Схема движения заряженных частиц в трубке

В наших работах [4 – 7] показываем, что при средних и атмосферных давлениях не только идущие со стороны электродов потоки определяют продольную структуру разряда, но и перенос плазмы как целого [8], вместе с противоположным действием двух потенциалов, тепловым *nT* и энергией электрического поля плазмы *ρφ*, определяет поперечную структуру разряда. Причём, не рассматриваются, как ионизация в объёме, так и рекомбинационные потери. Показано, что стационарный разряд атмосферного давления [9, 10] горит только в хорошо прогретом газе, когда отсутствуют молекулярные ионы и потери в объёме определяются амбиполярной диффузией [11].

Работа поддержана проектами РАН № 0307-2018-0025 и II.10.1. № 0307-2017-0015.

Литература

1. Смирнов Б.М. УФН, 2009, 179, 591.
2. Becker K.H. IEEE Transactions on Plasma Science, 2009, 37, 711.
3. Велихов Е.П., E.P., Голубев В.С., Пашкин С.В. УФН, 1982, 137, 117.
4. Иванченко А.И., Медведев А.Э. ПМТФ, 1991, №1, 12.
5. Медведев А.Э. Известия ВУЗов. Физика, 2012, 55 (4), 44.
6. Medvedev A.E. EPJ D, 2016, 70, 37.
7. Medvedev A.E. Proc. of SPIE, 2018, 106141, 106141W-1.
8. Смирнов Б.М. УФН, 2008, 178, 309.
9. Arkhipenko V.I., Kirillov A.A., Safronau Y.A. et al. EPJ D, 2012, 66, 252.
10. Staack D., Farouk B. et al. Plasma Sources Sci. Technol., 2008, 17, 025013.
11. Akishev Yu., Grushin M., Karalnik V. et al. Phys. D: Appl. Phys., 2010, 43, 215202.