Численное исследование убегания электронов в наносекундных и субнаносекундных газовых разрядах высокого давления

Лисенков В.В.

Институт электрофизики Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, Россия, lisenkov@iep.uran.ru

Известно, что для получения пучка убегающих электронов в импульсном газовом разряде высокого давления, как правило, используются катоды специальной формы. Их конструкция позволяет создать области усиленного электрического поля. Это является необходимым, поскольку в большинстве случаев среднее электрическое поле в разрядном промежутке существенно меньше значения, при котором происходит убегание электронов.

Однако, генерация убегающих электронов в разрядах высокого давления возможна, так же, при отсутствии значительного усиления поля на катоде, например, в случае сферического катода, когда участок его поверхности, на котором развивается разряд, является почти плоским [1].

Можно сделать предположение, что убегающие электроны могут генерироваться на завершающей стадии формирования катодного слоя, когда напряженность поля в нем уже достаточна для эффективного ухода в режим убегания и, в тоже время, падение напряжения на нем остается еще достаточно высоким, для того чтобы электроны в нем смогли набрать энергию, необходимую для того, чтобы стать убегающими. В работе [2] с помощью одномерной численной модели было проведено моделирование формирование самостоятельного объемного разряда атмосферного давления. Анализ результатов расчетов показал, что действительно на завершающей стадии формирования катодного слоя создаются условия для генерации убегающих электронов.

В настоящей работе было проведено самосогласованное описание формирования субнаносекундного газового разряда и генерации убегающих электронов в формирующемся катодном слое. За основу была взята одномерная модель, использовавшаяся в [2], которая была модифицирована для самосогласованного описания убегающих электронов. Модель состояла из системы балансных уравнений для плазменных и быстрых электронов, ионов, и уравнения Пуассона.

В расчетах была рассчитана динамика формирования разряда для азота при давлении 4 атм. Было показано приближение волны ионизации к катоду, приводящее к формированию катодного слоя. При этом электрическое поле на завершающей стадии становится достаточно высоким для ухода электронов в режим убегания. Далее по завершении формирования катодного слоя катодное падение уменьшается до нормального значения, и генерация убегающих электронов прекращается, несмотря на высокое значение напряженности электрического поля в катодном слое.

Полученная в расчетах плотность тока убегающих электронов составляет величину ~102А/см2 и длительность импульса ≈10–10с.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания №0389-2014-0027, при финансовой поддержке РФФИ (проект №16-08-00894-а).

Литература

1. Ivanov S.N., J. Phys. D: Appl. Phys., 2013, vol. 46, p. 285201.
2. Лисенков В.В., Осипов В.В., ЖТФ, 2000, т. 70, вып. 10, с. 27-33.