Моделирование индукционного разряда в аргоне с дополнительным ВЧ напряжением на электроде [[1]](#footnote-1)\*)

Кропоткин А.Н., Волошин Д.Г.

Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В.Скобельцына, Москва, Россия, [info@sinp.msu.ru](mailto:info@sinp.msu.ru)

Низкотемпературная плазма широко применяется в современном производстве для обработки материалов. В частности в микроэлектронике в плазменных реакторах происходит напыление и травление пленок, легирование и т.д. На данный момент идет активное изучение материалов с низкой диэлектрической проницаемостью (low-k) [1]. Такие материалы позволяют уменьшить емкость между слоями в микрочипах и тем самым увеличить тактовую частоту. Изучение воздействия плазмы на low-k материалы является актуальной задачей.

В рамках работы рассматривается численная модель индукционного ВЧ-разряда в диффузионно-дрейфовом приближении и включает в себя моделирование разряда с дополнительным ВЧ напряжением на электроде. Модель учитывает неоднородность температуры и проток нейтрального газа. Решаемая система уравнений включает в себя уравнения непрерывности для нейтральных и заряженных частиц, законы сохранения импульса для заряженных частиц (в диффузионно-дрейфовом приближении для электронов), закон сохранения энергии для электронов, уравнения Максвелла, уравнения теплового баланса и уравнения Навье-Стокса для нейтрального газа. Геометрия, граничные условия и параметры плазмы соответствуют экспериментальной установке из работы [1]. Для расчета используется набор химических реакций для аргона [2].

Был рассмотрен случай добавления в модель индукционного разряда [3] ВЧ напряжения на нижнем электроде. В экспериментальных установках это позволяет лучше контролировать функцию распределения ионов по энергии (ФРИЭ). После выполнения расчетов в диффузионно-дрейфовой модели, полученное электрическое поле поле Е(z,t) использовалось для вычисления ФРИЭ в отдельной кинетической модели с учетом столкновений ионов с нейтральными частицами методом Монте-Карло. Было проведено исследование эффектов, связанных с учетом инерции ионов. При больших значениях ВЧ напряжения инерция ионов может вносить заметный вклад в основные параметры плазмы, такие как плотность и температура электронов, а также в поток ионов на электрод. Для этого в диффузионно-дрейфовую модель [3] было добавлено полное уравнение сохранения импульса для ионов.

В качестве результатов расчетов были получены распределения плотности и температуры электронов, электрического потенциала, потока ионов на электрод, а так же ФРИЭ для различных значений напряжения смещения в геометрии установки [1]. Было показано, что значения основных параметров плазмы согласуются с экспериментальными данными. Таким образом, полученная модель может быть использована для дальнейшей работы с более сложными молекулярными газами.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (РНФ No18-72-00155).

Литература

1. Lopaev D.V., Rakhimova T.V., Rakhimov A.T., Zotovich A.I., Zyryanov S.M. and Baklanov M.R., Journal of Physics D: Applied Physics, 2018, 51 (2), 02LT02.
2. Phelps, A.V., Petrović, Z.Lj., Plasma Sources Science and Technology, 1999, 8 (3),R21-R44.
3. Кропоткин А. Н., Волошин Д. Г., Физика плазмы, 2019, Т. 45, № 8, С. 755–768.

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