Динамические эффекты протекания тока в контакте плазмы с электродом с тонкой диэлектрической пленкой на поверхности

К.М. Гуторов, И.В. Визгалов, И.А. Сорокин, Ф.С. Подоляко

Московский инженерно-физический институт, г. Москва, Россия, gutorov.k@gmail.com

Наличие тонкой диэлектрической пленки на поверхности погруженного в плазму электрода может существенно изменять характер протекания тока в контакте плазма-поверхность. Модель для расчета стационарной вольтамперной характеристики такого контакта представлена в работе [1] и позволяет количественно описывать экспериментально наблюдаемые результаты, в том числе и формирование участка с отрицательным дифференциальным сопротивлением, когда ВАХ приобретает *N*-образную форму. Наличие такого нелинейного элемента может приводить к автовозбуждению колебаний в цепи разряда, поэтому важным становится анализ динамических характеристик контакта плазмы с электродом с тонкой диэлектрической пленкой на поверхности.

С практической точки зрения интересны два различных колебательных режима горения разряда: релаксационный с возбуждением высоковольтных импульсов [2] и высокочастотный низковольтный [3]. В первом случае происходит переход диэлектрической пленки в проводящее состояние, что сопровождается резким снижением тока эмиссии с электрода. Во втором случае важно учитывать динамику формирования приэлектродного слоя объемного заряда, в том числе и при смене направления протекания тока в слое.

Для первого случая определено условие по величине плотности тока для перехода пленки в проводящее состояние. Также рассчитаны скорости перехода диэлектрической пленки в проводящее состояние и обратно, эти данные позволяют моделировать форму генерируемого импульса, что важно для задачи по высоковольтной имплантации ионов. В эксперименте наблюдается возрастание крутизны фронта импульса через 2,5 мкс от его начала, что можно объяснить восстановлением диэлектрических свойств пленки, которое происходит уже при высоком напряжении и приводит к снижению тока утечки с электрода, ускоряя его зарядку.

Для второго случая построена расчетная модель ВАХ электрода с учетом зависимости емкостей пленки и слоя объемного заряда от частоты. Проверка модели осуществлялась посредством регистрации ВАХ при различных скоростях развертки. При повышении частоты развертки до 1 кГц отчетливо наблюдается несимметричность прямого и обратного проходов, вызванная накоплением зарядов в приэлектродном слое. Данные о частотных характеристиках слоев позволят в дальнейшем связать особенности протекания тока в контакте плазма-поверхность и распространения тока в плазме.

Разработанные самосогласованные модели расчета позволяют анализировать взаимное влияние пристеночной плазмы и электрода с пленочным покрытием, а также служат основой для включения в рассмотрение процессов, происходящих в плазменном шнуре.

Работа поддерживается грантом РФФИ № 13-02-01244.

Литература

1. Gutorov K.M., Vizgalov I.V., Sorokin I.A., Podolyako F.S. JETP Letters, 2014, Vol. 100, No. 11, pp. 708–711.
2. Gutorov K.M., Vizgalov I.V., Kurnaev V.A. Plasma Physics Reports, 2012, 38 (13), pp. 1050-1052.
3. Гуторов К.М., Визгалов И.В., Курнаев В.А. Прикладная физика, 2009, № 5, с. 73-75.