ВЛИЯНИЕ АВТОЭЛЕКТРОННОЙ ЭМИССИИ НА ВОЗБУЖДЕНИЕ МИКРОПЛАЗМЕННЫХ РАЗРЯДОВ НА МЕТАЛЛЕ, ЧАСТИЧНО ПОКРЫТОМ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПЛЕНКОЙ

А.С. Сахаров, В.А. Иванов

Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, г. Москва, Россия, sakh@fpl.gpi.ru

Представлены результаты численного исследования процесса формирования сильного электрического поля на поверхности металла, частично покрытой диэлектрической пленкой, в потоке плазмы с учетом автоэлектронной эмиссии с поверхности металла и вторичной электронной эмиссии с поверхности диэлектрика. Показано, что при напряжении на металле *U*0 = −400 В, плотности заряженных частиц в потоке плазмы *N* = 4 × 1012 см−3, температуре электронов плазмы *Te* = 10 эВ и толщине пленки *d* ≤ 1 мкм (что соответствует условиям эксперимента [1, 2]) напряженность электрического поля вблизи края пленки достигает величин ≥2 МВ/см, что на два порядка превышает напряженность поля на открытой металлической поверхности. В предположении вполне умеренного дополнительного усиления поля на микронеровностях поверхности металла на уровне ~10 такая напряженность является достаточной для генерации автоэмиссионного тока с поверхности металла с плотностью порядка 106 МА/см2, необходимой для развития взрывной электронной эмиссии и возбуждения микродугового (микроплазменного) разряда вблизи края пленки.

Исследовано влияние генерируемого пучка автоэмиссионных электронов на формирование электрического поля вблизи края диэлектрической пленки при различных углах наклона среза пленки. Показано, что при углах наклона α ≤ 80° эмитированные электроны не попадают на пленку и практически не влияют на величину формируемого поля. При α = 80° максимальная напряженность поля на металле незначительно отличается от напряженности, достигаемой при прямоугольном срезе пленки (α = 90°) в отсутствие автоэлектронной эмиссии. Дальнейшее уменьшение α приводит к уменьшению напряженности поля и плотности автоэмиссионного тока. При α = 90° пучок электронов, эмитированных с поверхности металла, попадает на торец пленки, что приводит к накоплению отрицательного заряда на краю пленки и существенному уменьшению напряженности электрического поля в этой области. Учет вторичной электронной эмиссии с поверхности пленки частично компенсирует это уменьшение, однако напряженность электрического поля оказывается недостаточной для развития взрывной электронной эмиссии с поверхности металла. Тем не менее, под действием импульсного (τ ~ 0.1 мкс) пучка ускоренных автоэмиссионных электронов с энергией ~100 эВ и плотностью тока ~105 МА/см2 торец пленки нагревается до температуры ~1000 °C, что может приводить к интенсивной десорбции газа с поверхности диэлектрика. Развитие микроплазменного разряда в этом случае может быть связано с формированием плотного сгустка плазмы вблизи торца пленки в результате электрического пробоя десорбированного газа или/и его ионизации автоэмиссионным электронным пучком.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 13-08-01174-а.

Литература:

1. Иванов В.А., Сахаров А.С., Коныжев М.Е. // Физика плазмы. 2008. Т. 34. С. 171.
2. Иванов В.А., Сахаров А.С., Коныжев М.Е. // Успехи прикладной физики, 2013, Т. 3. № 6. С. 697.