ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ИНТЕГРАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ЕМКОСТНОГО РАЗРЯДА С ЭЛЕКТРОДАМИ БОЛЬШОЙ ПЛОЩАДИ [[1]](#footnote-1)\*)

1Двинин С.А., 2Кодирзода З.А., 3Синкевич О.А., 2Солихов Д.К.

1МГУ имени М.В. Ломоносова, Россия, Москва, [dvinin@phys.msu.ru](mailto:dvinin@phys.msu.ru)  
2ТНУ, Физический Факультет, Таджикистан, Душанбе, [davlat56@mai.ru](mailto:davlat56@mai.ru) 3НИУ МЭИ, Москва, Россия, [oleg.sinkevich@itf.mpei.ac.ru](mailto:oleg.sinkevich@itf.mpei.ac.ru)

Аналитически исследованы электродинамические свойства емкостного ВЧ-разряда низкого давления (частота столкновений электронов много меньше частоты поля) с электродами большой площади при возбуждении его электромагнитным полем частотой выше 13 МГц. Разряд поддерживается поверхностными волнами, распространяющимися вдоль границы плазма–слой пространственного заряда–металл, и высшими нераспространяющимися модами. Слой пространственного заряда рассматривается в рамках матричной модели, рассчитаны дисперсионные кривые собственных волн в трехслойной структуре: слой–плазма–слой, окруженной металлическими границами.

Для разряда, полностью или частично заполняющего разрядную камеру, аналитические расчеты поля показали, что представление поля в виде суммы поверхностных и нераспространяющихся собственных мод Е-волн в трехслойной структуре, позволяет правильно объяснить поведение импеданса. В стандартном случае локального возбуждения электромагнитного поля (на границе между электродом и вакуумной камерой) линии передачи, соответствующие возбуждению одинаковых типов мод в центральной и периферийной области соединены последовательно, а линии передачи, соответствующие возбуждению различных мод – параллельно.

Сравнение с аналитическими расчетами, проведенными в пакете COMSOL Multiphysics®, показали удовлетворительное согласие. Плотности электронов в плазме, при которых наблюдается резонанс, в большинстве случаев рассчитываются в аналитической модели с точностью до ±10%.

В соответствии с общим выражением для импеданса при учете как распространяющихся, так и высших типов мод, а также токов в подводящей линии передачи можно выделить два типа резонансов в разряде – «глобальные» резонансы тока и напряжения связанные с компенсацией тока (либо напряжения) в электродинамической системе в целом и локальные резонансы, связанные с возрастанием амплитуд отдельных электродинамических мод. Локальные резонансы проявляются как увеличение поглощения поля при плотностях электронов, для которых наблюдается резонанс. Для расчета вольтамперных характеристик разряда решение уравнений Максвелла дополнялось уравнениями интегрального баланса частиц и энергий в разряде.

Полученные результаты свидетельствуют о возможности управления пространственным распределением электромагнитного поля, поддерживающего плазму, а, следовательно, и пространственным распределением плотности электронов за счет пространственного расположения и конфигурации области возбуждения электромагнитного поля в разрядной камере [1 – 3].

Литература

1. Двинин C.A., Синкевич О.А., Кодирзода З.А., Солихов Д.К. // Физика плазмы **46**, 1094 (2020).
2. Двинин C.A., Синкевич О.А., Кодирзода З.А., Солихов Д.К. // Физика плазмы **47**, 28 (2021). (Plasma Phys. Rep. **47**, 40 (2021).
3. Двинин C.A., Синкевич О.А., Кодирзода З.А., Солихов Д.К. // Физика плазмы, **47** (3), (2021) (в печати).

1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/XLVIII/Pt/en/GD-Dvinin_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)