Влияние колебаний и волн в плазме разряда в скрещенных электрическом и магнитном полях на динамику электронов

Томилин Д.А.

ГНЦ ФГУП "Центр Келдыша", г. Москва, Россия, tomilin.kerc@yandex.ru

Несмотря на то, что холловские двигатели (ХД) довольно давно и широко используются в составе двигательных систем космических аппаратов (КА), остается достаточно много открытых вопросов и до конца не изученных процессов, протекающих в разряде ХД. Поэтому на данный момент не существует надежного расчетного инструмента, позволяющего на этапе проектирования предсказывать параметры разряда двигателя, а отработка новых образцов ведется в основном экспериментальными методами, требующими больших временных и финансовых затрат.

Разряд холловского двигателя представляет собой низкотемпературную слабоионизованную плазму в скрещенных электрическом и магнитном полях. Как правило, для расчета параметров разряда холловского двигателя используются радиально-аксиальные двумерные модели, предполагающие, что разряд обладает азимутальной симметрией [1], однако, как показывают многочисленные экспериментальные [2] и теоретические исследования [3], в азимутальном направлении холловского двигателя может развиваться достаточно широкий диапазон неустойчивостей, которые могут влиять на динамику электронов в аксиальном направлении. Таким образом, одной из проблем, стоящих на пути создания расчетного инструмента, является вопрос учета процессов, протекающих в направлении основного дрейфа электронов поперек электрическому и магнитному полям, в моделях, не учитывающих явно при расчете это направление.

В данной работе представлены результаты численного исследования влияния высокочастотных колебаний и волн в плазме разряда в скрещенных электрическом и магнитном полях на динамику электронов. Исследование проводится при помощи полностью кинетической двумерной по координате и трехмерной по скоростям модели холловского разряда в плоскости основного дрейфа электронов (азимутально-аксиальная плоскость). Расчет параметров плазмы производится методом частиц в самосогласованном электрическом и внешнем магнитном полях с учетом процессов ионизации, упругих и неупругих столкновений электронов с атомами и ионами ксенона. В частности, рассмотрены процессы проводимости электронов поперек магнитного поля за счет взаимодействия с высокочастотными волнами и возмущениями плотности плазмы. Рассмотрен вопрос формирования функции распределения электронов по скоростям в плоскости основного дрейфа электронов.

Литература

1. Mikellides, I. G., Katz, I., and Hofer, R. R., "Design of a Laboratory Hall Thruster with Magnetically Shielded Channel Walls, Phase One: Numerical Simulations," AIAA Paper 2011-5809, July 2011.
2. Горшков О.А., Томилин Д.А., Шагайда А.А. Экспериментальное исследование структуры высокочастотных возмущений в разрядном канале СПД с высоким удельным импульсом. Физика плазмы, 2012 г, т. 38, №3, с. 298.
3. D.A. Tomilin. Gradient instabilities of electromagnetic waves in Hall thruster plasma. Phys. Plasmas 20, 042103 (2013); doi: 10.1063/1.4799549.