Распределения температуры ионов аргона и гелия по ширине токовых слоев, сформированных в 2D и 3D магнитных конфигурациях

Кирий Н.П., Марков В.С., Франк А.Г., Васильков Д.Г., Воронова Е.В.

Институт Общей Физики им. А.М. Прохорова РАН, Москва, Россия; kyrie@fpl.gpi.ru

Двумерные распределения концентрации электронов в токовых слоях детально изучались в наших работах [1,2], тогда как распределения температуры ионов по ширине токового слоя исследованы впервые. Интерес к тепловым процессам в плазме токового слоя обусловлен, в частности, тем, что локальный нагрев плазмы может инициировать переход из метастабильного состояния к импульсной фазе магнитного пересоединения [3].

Исследования проводились методами спектроскопии. Температура ионов Ti определялась из доплеровских уширений спектральных линий Ar II 480.6 нм и He II 468.6 нм, которые измерялись вдоль направления тока в слое (ось z) [4-6]. Для изучения зависимостей Ti(x) система приема излучения плазмы в z-канале перемещалась вдоль ширины слоя (ось x) в плоскости симметрии токового слоя, y = 0. Измерения проводились как в центральной области токового слоя, x = 0 ± 1.5 см, так и в двух областях, сдвинутых относительно центра: x = 3 ± 1.5 см и x = 6 ± 1.5 см.

При формировании токового слоя в аргоне, при давлении p = 28 мТорр, градиент квадрупольного магнитного поля составлял h = 0.57 кГс/см, продольное магнитное поле Bz = 0 (2D конфигурация), или Bz = 2.9 кГс (3D конфигурация), максимальный ток плазмы Jz = 45 кА. Анализ результатов показал, что распределения Ti(x) для ионов аргона Ar II были практически однородными в процессе эволюции слоя как в 2D, так и 3D магнитных конфигурациях, Ti ≈ 40 ± 5 эВ и Ti ≈ 50 ± 6 эВ, соответственно.

При формировании слоя в гелии (p = 320 мТорр, h = 0.5 кГс/см, Jz = 45 кА) в случае Bz = 0 распределения концентрации электронов Ne(x) и температуры ионов Ti(x) в сформировавшемся токовом слое были также практически однородными по ширине слоя: Ne = (1.7 ± 0.1) 1016 см-3, Ti = 90 ± 9 эВ.

Кардинальные изменения наблюдались в токовом слое, сформированном в гелии в 3D магнитной конфигурации (Bz = 2.9 кГс), в моменты времени близкие к максимуму тока плазмы, t ≈ 3 мкс. Температура ионов гелия Ti в центре слоя в течение интервала времени менее 1 мкс увеличивалась в ~8 раз, до Ti ≈ 360 эВ, а концентрация электронов при этом уменьшалась в ~5 раз, до Ne = 0.15×1016 см-3. Подчеркнем, что быстрый интенсивный нагрев плазмы может приводить к тепловому микровзрыву в центральной области слоя и к переходу от метастабильной стадии эволюции к импульсной фазе магнитного пересоединения [3].

Работа выполнена при частичной поддержке Российским фондом фундаментальных исследований, проект № 12-02-00553а, и Программой РАН ОФН-15 «Плазменные процессы в космосе и в лаборатории».

Литература

1. Франк А.Г., Гавриленко В.П., Кирий Н.П., Островская Г.В. в кн. Оптика низкотемп. плазмы, под ред. Очкина В.Н. Серия ЭНТП, изд. Янус, 353, (2008).
2. Островская Г.В., Франк А.Г. Физика плазмы 40. 24 (2014).
3. Кирий Н.П., Марков В.С., Франк А.Г. Письма в ЖЭТФ 56. 82 (1992).
4. Кирий Н.П., Марков В.С., Франк А.Г. Физика плазмы 36. 387 (2010).
5. Кирий Н.П., Марков В.С., Франк А.Г. Письма в ЖЭТФ 95. 17 (2012).
6. Кирий Н.П., Франк А.Г. Физика плазмы 38. 1042 (2012).