РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ОДНОЗАРЯДНЫХ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ ИНЕРТНЫХ ГАЗОВ В ТОКОВЫХ СЛОЯХ

Кирий Н.П., Франк А.Г., Воронова Е.В.

Институт общей физики им. А.М. Прохорова, kyrie@fpl.gpi.ru

Впервые измерены распределения температуры однозарядных ионов Ar II и Kr II, а также их кинетической энергии в зависимости от расстояния вдоль нормали к средней плоскости токового слоя (ось y). Токовые слои создавались в установке ТС-3D в магнитном поле с нулевой линией X типа и градиентом 0.6 кГс/см, давление рабочих газов ~30 мТорр, амплитуда тока в слое 45 кА, полупериод тока T/2 = 6 мкс. Часть экспериментов была выполнена в 3D магнитных конфигурациях, в которых вдоль направления тока прикладывалось однородное магнитное поле с индукцией ~ 3 кГс [1,2]. Регистрировались профили спектральных линий Ar II 480,6 нм и Kr II 473,9 нм, которые уширяются за счет эффекта Доплера. Для разделения тепловых и направленных движений ионов измерения проводились одновременно в двух взаимно перпендикулярных направлениях, подробнее см. [3, 4].

Установлено, что в процессе формирования токового слоя, когда быстро растет концентрация и температура электронов [5], температура ионов криптона Kr II, напротив, продолжительное время остается постоянной и равной температуре начальной плазмы Ti ≈ 60 – 70 эВ [6], причем температура ионов одинакова как собственно в токовом слое, так и в его окрестности. На поздней стадии эволюции токового слоя, при t ≈ 4 мкс, температура ионов Kr II в слое быстро увеличивается и достигает величины Timax ≈ 130 эВ. При этом оказалось, что полуширина распределения температуры ионов Kr II вдоль нормали к средней плоскости токового слоя Ti(y) превышает полуширину распределения интенсивности J(y) спектральной линии Kr II 473,9 нм, которая характеризует меньший поперечный размер слоя (вдоль оси y), или его толщину.

Показано, что температура ионов аргона Ar II в процессе эволюции токового слоя увеличивается незначительно относительно температуры начальной плазмы [6], до Ti ≈ 35 – 40 эВ. Это связано с тем, что однозарядные ионы Ar II локализованы в холодных периферийных областях слоя, тогда как в центральной области температура ионов Ar III достигает ~ 120 эВ, а Ar IV ~ 200 эВ [7]. Впервые обнаружены ионы Ar II вне токового слоя с температурой большей, чем в слое, Ti ≈ 65 – 75 эВ.

Установлено, что максимальная энергия ионов Kr II, ускоренных под действием сил Ампера вдоль большего поперечного размера (ось x), или ширины токового слоя, составляет Wx ≈ 460 эВ, ионов Ar II – 65 эВ. Распределение энергии Wx(y) ионов криптона Kr II имеет максимум в средней плоскости токового слоя, а ионов аргона Ar II – минимум.

Работа выполнена в рамках Государственного задания № 0024-2018-0045.

Литература

1. Франк А.Г. // УФН. 2010. Т. 180(9) C.982.
2. Frank A.G., Kyrie N.P. // Plasma Phys. Reports 2017. V.43. P. 696.
3. Кирий Н.П., Марков В.С., Франк А.Г.// Физика плазмы. 2010. Т. 36. С. 387.
4. А.Г. Франк, Н.П. Кирий, В.С. Марков, Е.В. Воронова // Физика плазмы 2018. Т.44. С.483.
5. Воронов Г.С., Кирий Н.П., Марков В.С., Островская Г.В., Франк А.Г.// Физика плазмы. 2008. Т. 34. С. 1080.
6. Н.П. Кирий, В.С. Марков, Д.Г. Васильков, Е.В. Воронова // Тезисы 45 Международной Звенигородской конференции, 2018. С. 241.
7. Н.П. Кирий, А.Г. Франк, Д.Г. Васильков // Физика плазмы 2019. Т.45, в печати