Электронный циклотронный резонансный нагрев плазмы в газодинамической ловушке

1Соломахин А.Л., 1Багрянский П.А., 2Викторов М.Е., 1,2Господчиков Е.Д., 1,2Лубяко Л.В., 2Мансфельд Д.А., 1Савкин В.Я., 1,2Шалашов А.Г., 1Яковлев Д.В.

1Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, г. Новосибирск, Россия,   
 [A.L.Solomakhin@inp.nsk.su](mailto:A.L.Solomakhin@inp.nsk.su)  
2Институт прикладной физики РАН, г. Нижний Новгород, Россия,  
 [ags@appl.sci-nnov.ru](mailto:ags@appl.sci-nnov.ru)

На установке газодинамическая ловушка (ГДЛ) в ИЯФ СО РАН, которая является прототипом мощного источника термоядерных нейтронов [1], продолжается успешный эксперимент по дополнительному нагреву плазмы на электронном циклотронном резонансе (ЭЦР). Нагрев происходит в результате поглощения мощного СВЧ излучения электронами плазмы, находящимися в резонансе с волной. Источником излучения служат два гиротрона “Буран-А” f = 54,5 ГГц, P = 450 кВт, τ = 3 мс каждый. С помощью системы сверхразмерных гофрированных волноводов и квазиоптической трёхзеркальной системы излучение инжектируется в виде необыкновенной волны в плазму под углом 360 к оси ловушки. Волна, двигаясь в неоднородной плазме и неоднородном магнитном поле, захватывается в плазменный волновод, доставляется до электронного циклотронного резонанса и полностью поглощается [2] .

На ГДЛ реализован новый метод создания начальной холодной плазмы с помощью системы ЭЦР нагрева [3]. Плазма в нём создаётся с помощью СВЧ пробоя газа, которым предварительно заполняется вакуумная камера. Была построена теоретическая модель [4] этого процесса, которая хорошо согласуется с экспериментом. В рамках этой модели за счёт энергии СВЧ излучения рождается группа горячих электронов с энергией ~10 кэВ, которая ионизует газ и рождает холодную плазму. Преимущество этого метода по сравнению с традиционным для ГДЛ использованием дугового источника плазмы — лучшие вакуумные условия в расширителе, где установлен источник плазмы. С помощью этого метода удалось достичь параметров плазмы сопоставимых с традиционным методом создания начальной плазмы.

При ЭЦР нагреве в разреженной плазме образуется популяция надтепловых электронов. При создании плазмы при помощи СВЧ пробоя эта популяция очень важна. Однако в процессе ЭЦР нагрева эта популяция играет скорее негативную роль, так как поглощает часть мощности СВЧ излучения, при этом слабо взаимодействуя с основной плазмой. К тому же, эти электроны имеют анизотропную функцию распределения, что может приводить к развитию кинетических неустойчивостей. Поведение этой популяции изучалось с помощью регистрации их излучению в СВЧ и рентгеновском диапазоне, а также с помощью плоских зондов, установленных в расширителе.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ №14-12-01007.

Литература

1. A.A.Ivanov and V.V.Prikhodko, Plasma Phys. Control. Fusion, 2013, 55, 063001.
2. A.G.Shalashov et. al., Physics of Plasmas, 2012, 19, 052503.
3. D.V. Yakovlev et. al., AIP Conf. Proc., 2016, 1771, 030007.
4. A.G. Shalashov et. al., AIP Conf. Proc., 2016, 1771, 030008.