Диагностика для исследования мелкомасштабных флуктуаций плотности плазмы в центральных областях плазменного шнура стелларатора Л-2М

Батанов Г.М., Борзосеков В.Д., Малахов Д.В., Степахин В.Д.

Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, г. Москва, Россия, borzosekov@fpl.gpi.ru

Исследование флуктуаций плотности, как проявления различного рода неустойчивостей и турбулентности, высокотемпературной плазмы в тороидальных магнитных ловушках до сих пор является актуальной задачей. Микроволновые диагностики являются классическим методом изучения флуктуаций плотности, в основе которого лежит явление коллективного рассеяния электромагнитного излучения, удовлетворяющее условию Брэгга. Хотя разнообразие микроволновых диагностик существующих на сегодняшний день впечатляет [1 – 3], однако только на стеллараторе Л-2М для этих целей применяется эффект рассеяния излучения, используемого для электронно-циклотронного резонансного (ЭЦР) нагрева плазмы. ЭЦР нагрев на стеллараторе Л-2М осуществляется двумя гиротронами, суммарная мощность которых превышает 1 МВт, что дает огромные величины удельной мощности микроволнового нагрева порядка 4 МВт/м3.

В данной работе рассматривается возможность создания новой диагностики флуктуаций плотности плазмы, основанной на регистрации рассеянного микроволнового излучения нагрева. Предлагаемая диагностика будет исследовать флуктуации плотности с плазмы с волновыми векторами *k* = 20 см–1 в центральных областях плазменного шнура. Прием рассеянного излучения будет осуществляться с помощью двухрупорной антенной системы, установленной внутри вакуумной камеры в верхнем диагностическом патрубке сечения ЭЦР нагрева. Двухрупорная система позволит исследовать радиальные корреляции и когерентность флуктуаций плотности из двух близко-расположенных областей плазмы. Для каждого из приемных рупоров рассеивающий объем образован пересечением его диаграммы направленности шириной 10° с микроволновым пучком нагрева, ширина которого 4 см. Предполагается автоматизация регистрации и анализа данных за счет разработанных специализированных программных модулей и существующего программно-аппаратного комплекса сбора и обработки данных на стеллараторе Л-2М.

Первые полученные результаты работы диагностики в режиме прямого детектирования, демонстрируют существенное отличие регистрируемых сигналов от фонового микроволнового излучения на длине волны 4 мм, что внушает оптимизм относительно работоспособности диагностики в условиях мощного микроволнового нагрева на стеллараторе Л-2М и её дальнейшей модификации для гомодинного детектирования рассеянного излучения.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта президента РФ для молодых ученых №МК-5298.2016.8.

Литература

1. Rhodes T.L., Peebles W.A., Nguyen X. et al. // Millimeter-wave backscatter diagnostic for the study of short scale length plasma fluctuations // Rev. Sci. Instrum., 2006, V.77, P.10E922 (8pp).
2. Smith D.R., Mazzucato E., Lee W. et al. // A collective scattering system for measuring electron gyroscale fluctuations on the National Spherical Torus Experiment // Rev. Sci. Instrum., 2008, V.79, P.123501.
3. Zhou C., Liu A.D., Zhang X.H. et al. // Microwave Doppler reflectometer system in the Experimental Advanced Superconducting Tokamak // Rev. Sci. Instrum., 2013, V.84, P.103511 (6pp).