Локализация области ЭЦР нагрева на стеллараторе Л-2М с помощью сканирующего SXR спектрометра

Мещеряков А.И., Вафин И.Ю., Гришина И.А., Летунов А.А., Терещенко М.А.

Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, г. Москва, Россия [meshch@fpl.gpi.ru](mailto:meshch@fpl.gpi.ru)

На стеллараторе Л-2М проводятся эксперименты по созданию и нагреву плазмы с помощью микроволнового излучения высокой удельной мощности *P*ECRH/*V*P = (2.0 - 4.0) МВт/м3. Подобная величина удельной мощности является рекордной для тороидальных магнитных ловушек. В этих условиях на стеллараторе Л-2М наблюдался ряд специфических явлений, одно из которых – формирование немаксвелловских двухтемпературных спектров мягкого рентгеновского излучения (SXR спектров). Аналогичные спектры наблюдались и на других тороидальных установках в экспериментах по ЭЦР нагреву плазмы и созданию токов увлечения. Причина возникновения двухтемпературных спектров в этих экспериментах до сих пор не выяснена.

Авторами была предложена гипотеза [1], объясняющая двухтемпературную форму спектров мягкого рентгеновского излучения, которая состоит в том, что излучение, регистрируемое спектрометром, приходит одновременно из двух различных областей плазмы: области поглощения СВЧ излучения и остальной части плазменного шнура. Поскольку поглощение СВЧ излучения в стеллараторе Л-2М происходит в небольшой по объему области, то в этой области может сформироваться узкое распределение нетермализованных электронов с «температурой» значительно большей, чем в остальной части плазмы. Численное моделирование мягкого рентгеновского излучения плазменного шнура для различных профилей температуры и плотности плазмы подтвердило, что при ЭЦР нагреве на стеллараторе Л-2М могут формироваться двухтемпературные SXR спектры.

Для проверки этой гипотезы проведены эксперименты по измерению SXR спектров с помощью сканирующего спектрометра. Целью экспериментов было определение положения и размера области нагрева. Если конус сбора излучения спектрометром пересекает область нагрева, в спектре ожидается появление надтеплового хвоста. В экспериментах по центральному ЭЦР нагреву плазмы, когда мощность излучения гиротрона составляла 400 кВт, а плотность плазмы 2·1019 м−3, были измерены спектры мягкого рентгеновского излучения по различным хордам. При этом прицельный параметр хорды менялся от −0,5 до +0,75 *r*/*a*p. Знаки + и − означают смешение конуса сбора излучения выше или ниже экваториального сечения установки, соответственно.

По данным измерений тепловой части спектра получен профиль электронной температуры, который оказался плоскими в центральной области плазмы *r*/*a*p < 0,45. При этом профиль «температуры» надтепловой части спектра оказался несимметричным относительно экваториальной плоскости. В верхней части плазменного шнура, когда прицельный параметр лежит в пределах 0,42 < *r*/*a*p < 0,63, зарегистрировано сильное возрастание «температуры», соответствующей хвосту спектра.

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (проект № 17-02-00719).

Литература

1. Мещеряков А.И., Вафин И.Ю., Гришина И.А., Летунов А.А., Терещенко М.А., Наблюдение двухтемпературных спектров мягкого рентгеновского излучения на стеллараторе Л-2М в режиме ЭЦР нагрева плазмы, Физика плазмы (2017) в печати