система фильтрации гиротронного излучения для диагностики допплеровской рефлектометрии на стеллараторе л-2м

Харчевский А.А., Богачёв Н.Н., 1Малахов Д.В., 2Шелухин Д.А., Нефедов В.И., 1Скворцова Н.Н.

Московский государственный университет информационных
 технологий, радиотехники, электроники и автоматики, г. Москва, Россия,
 89168766306@mail.ru
1Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, г. Москва, Россия,
 89199945791@mail.ru
2«УТС- Центр»

Во время экспериментальной сессии на стеллараторе Л-2М было обнаружено, что увеличение мощности электронно-циклотронного резонансного (ЭЦР) нагрева плазмы гиротронным излучением выше 400 кВт приводило диагностическую систему допплеровской рефлектометрии [1] к нестабильной работе. Нестабильность выражалась в зашумлениии приёмных детекторов во время начала импульса ЭЦР нагрева и при совместной работе двух гиротронов комплекса МИГ-3 [2].

Для фильтрации излучения гиротронов на частоте близкой к 75 ГГц применяются два типа режекторных фильтров — волноводные штыревые фильтры и фильтр на основе резонатора Фабри-Перо из слюдяных пластин. В статье [3] ранее описывался способ изготовления фильтра Фабри-Перо на частоту 75 ГГц из медных плоскопараллельных сеток на текстолитовой основе, но ввиду невозможности их изготовления в нашей лаборатории, был применён другой подход. В системе автоматизированного проектирования Electro-Magnetic Professional (САПР EMPro) от компании Keysight Technologies полосно-заграждающий фильтр был представлен как несколько пар соприкасающихся слюдяных пластин, расположенных последовательно на некотором расстояниидруг от друга. Пластины были условно помещены в коаксиальный волновод перпендикулярно его оси, чтобы обеспечить распространение TEM волны. Расчет проводился методом конечных элементов (МКЭ, Finite Element Method — FEM) в блоке Agilent FEM Simulator. Компьютерное моделирование фильтра-резонатора позволило определить на каком расстоянии должны были располагаться слюдяные пластины, чтобы обеспечить пик затухания СВЧ на частоте

ЭЦР нагрева плазмы. Так как диагностика обладает единым приёмо-передающим трактом (зондирование и приём ведётся на одну антенну) важным техническим условием к режекторным фильтрам являестя минимальное затухание элетромагнитных волн на частоте работы допллеровского рефлектометра (в пределах единиц дБ).

Первые тестовые измерения показали улучшение соотношения сигнал/шум, что потребовало оптимизации алгоритмов анализа данных и разработки нового ПО.

Характеристики фильтров были измерены с помощью AB Millimetre MVNA 8-350 GHz Millimeter vector network analyzer. На частоте 75 ГГц затухание для трёх штыревых фильтров имело уровень 30 дБ, а в фильтре резонаторе оказалось близким к расчётному - около 21,8 дБ.

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

Литература

1. Пшеничников А.А., Терещенко М.А., Харчев Н.К. и др., Применение допплеровской рефлектометрии на стеллараторе Л-2М // Физика плазмы , 2005, т. 31, №7, с. 604-611.
2. Батанов Г.М., Белоусов В.И., Бондарь Ю.Ф., Степахин В.Д. и др., Новый гиротронный комплекс МИГ-3 для создания и нагрева плазмы в стеллараторе Л-2М и результаты первых экспериментов // Прикладная физика, 2012. № 6, С. 79-87.
3. Аржанников А.В., Гинзбург Н.С., Заславский В.Ю. и др., Исследование генерации миллиметрового излучения в планарном мазере на свободных электронах с комбинированным брегговским резонатором // Вестник НГУ. Серия: Физика. 2006.
Том 1, выпуск 2, с.71-81.