РАЗРАБОТКА И ТЕСТИРОВАНИЕ МАКЕТА РЕФРАКТОМЕТРА НА Т-11 М [[1]](#footnote-1)\*)

2,3Афонин А.Ю., 1Петров В.Г.

1АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ», г. Троицк, Москва, РФ, [aleksandr.afonin@phystech.edu](mailto:aleksandr.afonin@phystech.edu)  
2УТС-центр, Москва, Россия  
3МФТИ (НИУ), Долгопрудный, Россия

Рефрактометрия основана на измерениях времени задержки микроволнового сигнала, прошедшего через плазму [1, 2]. В отличие от рефлектометрии, рефрактометрия позволяет получать среднюю плотность плазмы из интегральных измерений времени задержки. На ИТЭР предполагается канал рефрактометрии, предназначенный для дополнения основного канала рефлектометра со стороны сильного магнитного поля в части измерения усредненной по хорде плотности плазмы. В данной работе рассматриваются особенности применения макета рефрактометра в условиях токамака Т-11М. Зондирование на токамаке Т-11 М проводилось на частоте, близкой к рабочей области частот рефрактометра в ИТЭР. Однако, в отличие от проекта ИТЭР [3], зондирование проводилось по вертикальным хордам. Кроме того, в макете используется дифференциальная схема измерения времени задержки, в то время как на ИТЭР предполагается применить АМ-модуляцию. В работе описана схема макета дифференциального рефрактометра (ДР) на основе двух микроволновых генераторов с частотами зондирования 94,1 и 95 ГГц, определены калибровочные характеристики для рефрактометра и Коттон-Мутон поляриметра (КМП), проведены измерения плотности с помощью ДР в двух конфигурациях: зондирование обыкновенной волной по вертикальной хорде зондирования -5 см, при этом КМП зондировал плазму по вертикальной хорде -1 см; и зондирование необыкновенной волной по вертикальной хорде +7 см, при этом КМП зондировал плазму по вертикальным хордам -1 и -13 см. Проведено сравнение данных ДР с данными КМП. Средняя плотность, измеренная с помощью рефрактометра на обыкновенной волне по вертикальной хорде -5 см, оказалась довольно близкой к значениям плотности, измеренным по центральной хорде -1 см с помощью Коттон-Мутон поляриметра, что указывает на то, что в данных режимах работы установки профили плотности были плоскими, что подтвердилось по результатам, полученным в ходе последующих экспериментов с зондированием плазмы по трем хордам -1 см, -13 см (КМП) и +7 см (рефрактометр на необыкновенной волне). Также проведено восстановление профилей плотности в предположении монотонности профиля электронной концентрации. При обработке данных КМП и рефрактометра учитывались как влияние рефракции, так и возможное смещение шнура в горизонтальном направлении. Поскольку в данном диапазоне частот наблюдается нелинейная зависимость между интегралом <nl> и измеренным временем задержки (набегом фазы на разностной частоте), при определении <nl> и восстановлении профиля электронной плотности применен рекуррентный метод.

По результатам проведенных экспериментов, в плазме была обнаружена область относительно низкой электронной плотности, которая перемещается в токамаке в радиальном направлении от центра к периферии со скоростью примерно 2.5-3 м/с. Эти данные согласуются с данными 32-канального болометра. Также был проведен Фурье-анализ сигналов ДР, который показал, что спектры рефрактометра схожи с аналогичными спектрами рефлектометра, полученными ранее на установке Т-11М.

Литература

1. А.А. Петров, В.Г. Петров, А.Ю. Малышев и др. Физика Плазмы, № 10, том 28, 2002 г. С. 877–885.
2. Petrov A.A., Petrov V.G. Rev. Sci. Instrum. 74, 2003. P.1465–1469.
3. DA version of the Design Description Document (DDD) 55.F9.40 Refractometry for CDR. ITER\_D\_ UVA3E4\_v1\_2

1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/XLVIII/E/en/HS-Afonin_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)