Анализ влияния рефракции на измерения плотности плазмы в рефрактометрии [[1]](#footnote-1)\*)

1,2Петров В.Г., 1,2,3Афонин А.Ю., 1,2,3Афонин К.Ю.

1АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ», г. Троицк, Москва, РФ, [vpetrov@triniti.ru](mailto:vpetrov@triniti.ru)  
2УТС-центр, Москва, РФ  
3МФТИ, г. Долгопрудный, Моск. обл, РФ

В рефрактометрии интеграл плотности плазмы по хорде зондирования <nl> определяется из измерений времени задержки [1, 2]. При этом, в отличие от классической интерферометрии, во многих случаях линейная зависимость между <nl> и временем задержки не наблюдается. Это связано с тем, что, во-первых, на небольших установках (Т‑11 М), для увеличения времени задержки зондирование проводится на низких частотах, что влечет за собой нелинейную зависимость между <nl> и временем задержки. Во-вторых, на крупных установках с достаточно сильным магнитным полем, например на установках ИТЭР, Игнитор и т.п., зон­дирование плазмы будет возможно в достаточно узком окне прозрачности (для Х-волны), за­ключенном между нижней частотой отсечки и частотой электронного циклотронного резо­нанса. На токамаке ИТЭР – это 40-90 ГГц, а на токамаке типа Игнитор – частоты 80-270 ГГц, в зависимости от режима работы установки и геометрии зондирования. В условиях, когда зондирующие частоты близки к частотам отсечки, должна наблюдаться достаточно сильная рефракция луча в плазме, которая зависит как от параметров установки, так и от параметров рефрактометрии: геометрии зондирования, используемых частот, параметров антенно-передающей системы, и т.п.

В данной работе проводится анализ влияния рефракции в рефрактометрии плазмы в тока­маках Т-11 М, ИТЭР и Игнитор. В докладе рассмотрены различные аспекты влияния рефрак­ции на измерения: во-первых, это изменение траектории зондирующего луча в плазме, во-вторых, распределение электронной плотности вдоль траектории луча тоже претерпевает из­менения, в-третьих, из-за отклонения луча в плазме мощность сигнала в приемной антенне, также изменяется. При этом, если в случае экваториального зондирования рефракцией мож­но пренебречь из-за ее малости (при зондировании перпендикулярно линиям равной плотности и отсутствии смещения плазменного шнура по вертикали), то при зондировании по вертикали необходимо учитывать следующее. Во-первых, возможно изменение положения плазменного шнура по горизонтали, во-вторых, в современных токамаках градиент электронной плотности в горизонтальном направлении обычно выше, чем в вертикальном (из-за вытянутости плазменного шнура по вертикали), в-третьих, в некоторых случаях зондирование плазмы производится не по центру плазменного шнура (эксперименты на токамаке Т-11 М). Известно, что рассчитанные на настоящий момент сценарии разрядов в ИТЭР предполагают смещение плазменного шнура по вертикали в пределах от -0.2 до +0.7 м, т е. в условиях ИТЭР даже при зондировании вдоль экватора, эти эффекты необходимо принимать во внимание. При проведении анализа применялись как известные программные пакеты для анализа распространения лучей (Zemax и т.п.), так и способы, предложенные ранее в работах [3, 4].

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. D. Veron. Infrared and Millimeter Waves. V. 2. Ed. By K. J. Button.
4. В.Г. Петров. Физика плазмы, т. 32, №4, 2006. – С. 340–345.

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