Метод регистрации и обработки сигналов диагностики Томсоновского рассеяния [[1]](#footnote-1)\*)

1Жильцов Н.С., 1Курскиев Г.С., 1,2Чернаков Ал.П., 1,2Соловей В.А., 1Толстяков С.Ю., 1Мухин Е.Е., 1Коваль А.Н., 1Баженов А.Н., 1Александров С.Е., 1Ходунов И.А.

1ФТИ им. А.Ф. Иоффе, Санкт-Петербург, Россия
2АО СпектралТех, Санкт-Петербург, Россия

Одним из ключевых инструментов изучения высокотемпературной плазмы является диагностика томсоновского рассеяния, предоставляющая информацию о локальных значениях электронной температуры и концентрации. Знание динамики пространственных распределений кинетических параметров плазмы необходимо для проведения исследований по нагреву и удержанию плазмы в замкнутой магнитной ловушке и разработки теоретических моделей физических процессов, их определяющих.

Метод томсоновского рассеяния — локальная невозмущающая диагностика электронного компонента высокотемпературной плазмы. При рассеянии лазерного излучения на движущихся заряженных частицах эффект Доплера приводит к уширению спектра. По ширине спектра рассеянного излучения делают вывод о температуре электронов, а по его интенсивности — об электронной концентрации. Простота интерпретации полученных данных противопоставлена в данной диагностике сложным техническим решениям: малое сечение процесса томсоновского рассеяния приводит к необходимости регистрации слабого сигнала в условиях интенсивной фоновой засветки. Используют лазеры с высокой импульсной мощностью (~ГВт) и чувствительную фоторегистрирующую аппаратуру с динамическим диапазоном, достаточным для разрешения слабого сигнала рассеяния на фоне света плазмы.

Для решения данной задачи на сферическом токамаке Глобус-М2 применяются полихроматоры с небольшим числом спектральных каналов, ширина которых оптимизирована для охвата интересующего диапазона измеряемых температур с минимальной погрешностью. Для регистрации сигнала каждый спектральный канал оснащен лавинным фотодиодом в связке с высокочастотным малошумящим предусилителем и буфером на элементах аналоговой памяти. Такое устройство способно оцифровывать высокочастотную составляющую сигнала с переключаемой частотой 1, 2 или 5 GS/s. Осциллографический способ регистрации сохраняет детальную информацию о форме рассеянного сигнала, что позволяет использовать обширный набор алгоритмов для его анализа.

Особое внимание уделяется оценке погрешности определения электронной температуры и концентрации. В докладе приводится анализ отдельных компонент шума и алгоритм их учёта при обработке сигналов, обсуждаются особенности практического применения разработанного алгоритма, а также демонстрируются результаты измерения динамики электронной температуры и концентрации в режиме омического нагрева и нагрева пучком атомов.

Разработка метода обработки сигналов диагностики томсоновского рассеяния выполнена в рамках финансирования ФТИ им. Иоффе по договорам 0034-2019-0001 и 0040-2019-0023. Эксперименты произведены на УНУ "Сферический токамак Глобус-М", входящей в состав ФЦКП "Материаловедение и диагностика в передовых технологиях" (уникальный идентификатор проекта RFMEFI62119X0021).

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