

А.С.Смирнов (5 курс, каф. ФП), В.Г.Капралов, к.ф.-м.н., доц.

БОЛОМЕТРИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ТОКАМАКА “ГЛОБУС-М”

Болометр является пассивной диагностикой, измеряющей интегральную мощность падающего излучения. Рассмотренный в данной работе болометр выполнен на пирокристалле. Основное свойство пирокристалла – это изменение вектора спонтанной поляризации ΔP при изменении его температуры ΔT . В линейном приближении $\Delta P = \gamma \Delta T$, где γ - пирокоэффициент.

Пироболометр в диагностике горячей плазмы может быть использован для измерения полной мощности радиационных потерь плазмы, а также, с использованием наборов узкоколимированных датчиков, для томографической реконструкции пространственного распределения источников излучения. Болометр на пирокристалле имеет широкий спектральный диапазон, высокую чувствительность, быстродействие, способность работать в области повышенных температур, а также обладает относительной дешевизной по сравнению с другими типами болометров.

Экспериментальная установка включает в себя несколько аппаратных модулей: один широкообзорный пиродатчик и трех канальную камеру-обскуру, закрепленные на фланце горизонтального диагностического патрубка токамака; предусилитель, являющимся преобразователем ток – напряжение, с сопротивлением обратной связи 10^8 Ом ; стабилизированный блок питания. Каждый пиродатчик состоит из медного радиатора, припаянной к нему пирокристаллической пластинке, размером $10 \times 10 \times 1 \text{ мм}$; контактов и корпуса. Пирокристаллическая пластина, с обеих сторон, покрыта тонким слоем серебра, толщиной $2 - 5 \text{ мкм}$. Угол зрения узкоколимированных датчиков составляет один градус, а угол между соседними каналами камеры-обскуры 30 градусов. Поток электромагнитной энергии, попадая на слой серебра, трансформируется в тепловую энергию, тем самым, прогревая кристалл. Меняющейся со временем поток генерирует на выходе пиродатчика э.д.с.. Выход сигнала из камеры токамака осуществляется через диэлектрическую вакуумную развязку. Далее сигнал усиливается в предусилителе, после чего, через оптическую развязку поступает на АЦП. Для автоматического съема данных было разработано программное обеспечение, работающее в среде Windows. Оно включает в себя основное приложение с набором динамически подключаемых библиотек, и драйвер АЦП. Первые результаты работы пироболометра, полученные на установке “Глобус-М”, показаны на рис.1.

Для восстановления падающей мощности потерь из регистрируемого напряжения на предусилителе, используется следующий алгоритм. В результате калибровки на стенде известен отклик пироболометра на ступенчатый сигнал. Регистрируемые данные можно представить в виде суммы откликов на ступенчатые импульсы. В качестве временного интервала дискретизации удобно выбрать обратную частоту съема данных АЦП. Тогда легко построить модель отклика пироболометра на сигнал заданной формы. Решив обратную задачу, получим процедуру восстановления. Для простой функциональной зависимости отклика, например затухающей экспоненты эта задача решается аналитически. Такая зависимость соответствует решению, в первом приближении, уравнения теплобаланса для пирокристалла, и упрощенной схеме включения пирокристалла в измерительную цепь [1]. Для произвольной функциональной зависимости решение получается численно, что и было выполнено в ходе работы. Учитывая близкий к экспоненциальному характер функциональной зависимости, ее удобно разложить в виде суммы экспонент с различными амплитудами и характерными временами. Общий вид решения представляет собой систему линейных уравнений, с

треугольной матрицей $n \times n$, где n - количество точек одного измерения. Написаны коды, как для общего, так и для упрощенного случая.

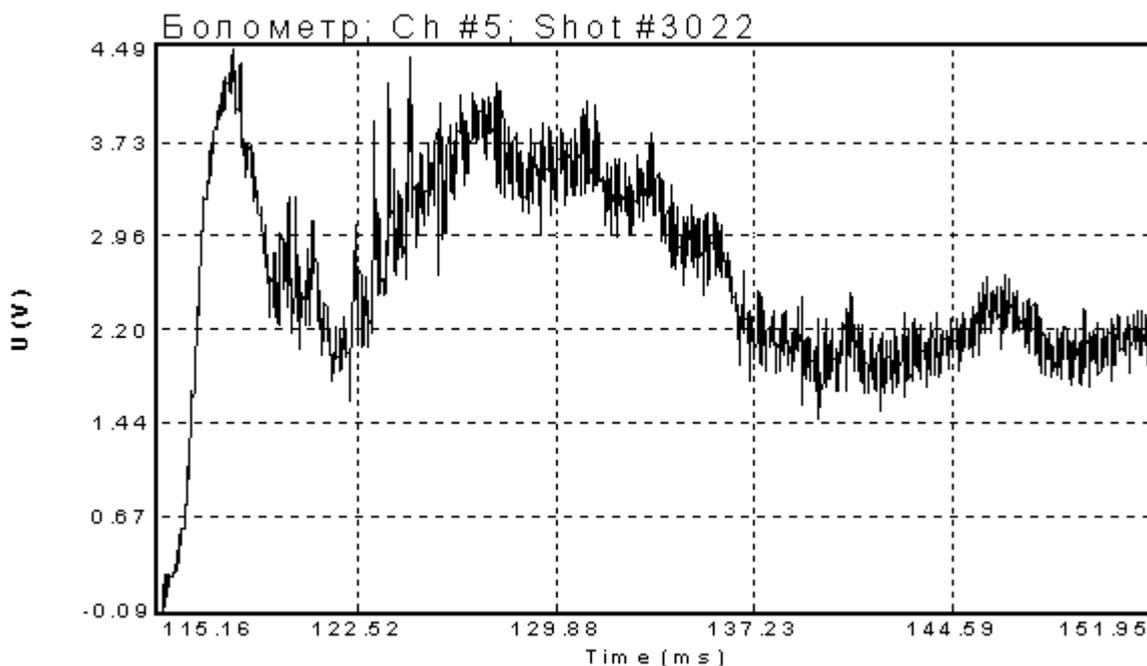


Рис.1. Выходной сигнал широкообзорного датчика пироболометра (импульс №3022 токамака “Глобус-М”)

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты №99-02-17064а, №01-02-06485 мас)

ЛИТЕРАТУРА:

1. В.Ф.Косоворотов, Л.С.Кременчугский, В.Б.Самойлов, Л.В.Щедрина Пирозэлектрический эффект и его практическое применение // Киев: Изд-во Наукова Думка, 1989