

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ПЛАЗМЕННОГО КАНАЛА ПУТЕМ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЦИКЛА ПРЕОБРАЗОВАНИЙ АБЕЛЯ-ФУРЬЕ-ХАНКЕЛЯ ^{*)}

Паркевич Е.В., Хирьянова А.И., Толбухин Д.В.

Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Ленинский проспект 53, Москва 119991, Россия, tolbukhin.dv@lebedev.ru

Лазерная интерферометрия позволяет реконструировать распределение диэлектрической проницаемости исследуемого плазменного объекта [1], поскольку при прохождении через объект сдвиг фазы излучения претерпевает изменения [2]. В классических методах решения обратных задач дифракции предполагается, что изучаемый фазовый объект имеет осевую симметрию или может быть аппроксимирован до осевой симметрии. Диэлектрическая проницаемость объекта, как правило, восстанавливается при численном решении обращенного уравнения Абеля [3], что в некоторых случаях требует определенного контроля ошибки и дополнительных исследований её аккумуляции вдоль радиуса объекта.

В данной работе, мы моделируем цикл преобразований Абеля-Фурье-Ханкеля: $H[F[A[\tilde{\varepsilon}(x', y')](y')](f_{y'})](r) = \tilde{\varepsilon}(r)$, где $A[\tilde{\varepsilon}(r)](y') = \frac{k}{2} \int_{y'}^R \frac{2\tilde{\varepsilon}(r)rdr}{\sqrt{r^2 - (y')^2}} = \delta\varphi(y')$, $F[\delta\varphi(y')](f_{y'}) = 2 \int_0^{+\infty} \delta\varphi(y') \cos(-2\pi y' f_{y'}) dy'$, $H[F(f_{y'})](r) = \frac{4\pi}{k} \int_0^{+\infty} F(f_{y'}) J_0(2\pi r f_{y'}) f_{y'} df_{y'}$, который позволяет более практичным путем решать обратную задачу в альтернативу общепринятого подхода. В исследовании предложенного метода были описаны особенности вычислительного характера и погрешность самого метода в зависимости от условий задачи. Поскольку обратная задача дифракции некорректна в постановке, описан формализм определения погрешности метода в рамках этой задачи. Метод проверен путём решения обратной задачи в модельном эксперименте для плазменного осесимметричного канала с косинусоидальным профилем электронной плотности. Также метод протестирован при обработке результатов настоящего эксперимента.

Результаты исследования показали, что рассмотренный метод предоставляет надежные численные результаты, позволяя восстанавливать электронную плотность плазменного объекта с погрешностью до 2%. Метод также избавлен от аккумуляции ошибки расчета вдоль радиуса объекта и не имеет каких-либо жёстких ограничений на количество расчётных точек.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (грант №24-79-10167).

Литература

- [1]. P. Müller, M. Schürmann, and J. Guck, The theory of diffraction tomography, arXiv preprint arXiv:1507.00466 (2015)
- [2]. E.V. Parkevich, A.I. Khirianova, T.F. Khirianov, K.T. Smaznova, D.V. Tolbukhin, V.M. Romanova, I.A. Kozin, and S.A. Ambrozevich, Strong diffraction effects accompany the transmission of a laser beam through inhomogeneous plasma microstructures, Phys. Rev. E 109, 055204 (2024)
- [3]. K. Bockasten, Transformation of observed radiances into radial distribution of the emission of a plasma, JOSA 51, 943 (1961)

^{*)} [DOI – тезисы на английском](#)