

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИФРАКЦИОННЫХ СПЕКТРОГРАФОВ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РЕНТГЕНОВСКИХ СПЕКТРОВ ИЗЛУЧЕНИЯ ПЛАЗМЫ <sup>\*)</sup>

Скобляков А.В., Колесников Д.С., Канцырев А.В., Голубев А.А.

*Национальный исследовательский центр “Курчатовский институт”, Москва, Россия,  
[dinAlt220@yandex.ru](mailto:dinAlt220@yandex.ru)*

В представленной работе разработаны уникальные полномасштабные Монте-Карло модели дифракционных спектрографов скользящего падения GIS, GIS-3D, VUV-QFF и кристаллического спектрографа JA-1, позволяющие на принципиально новом уровне проводить численное моделирование работы спектрографов с отражательной дифракционной решеткой (ДР) и кристаллом слюды. На основе моделей спектрографов разработаны методы восстановления исходных спектров экстремального ультрафиолетового излучения (ЭУФ) и мягкого рентгеновского излучения (МР) [1,2] плазмы.

Основными проблемами, препятствующими достоверному качественному и количественному восстановлению ЭУФ и МР спектров излучения плазмы Z-пинча, является наложение сигналов от разных порядков дифракции и зависимость распределения интенсивности излучения в различные порядки дифракции от длины волны после взаимодействия излучения с ДР и кристаллом слюды. В разработанных моделях спектрографов, для учета процессов взаимодействия ЭУФ с ДР и МР с кристаллом спектрографа используются дифференциальный метод и динамическая теория дифракции.

Разработаны два оригинальных метода восстановления исходного спектра излучения плазмы мега-амперного Z-пинча установки Ангара 5-1:

1) Быстрый однопроходный метод восстановления исходных спектров ЭУФ излучения плазмы учитывающий вклад различных порядков дифракции в сигнал спектрограмм [2].

2) Метод восстановления исходных МР спектров излучения плазмы с использованием рассчитанной аппаратной функции спектрографа, учитывающий уширение спектральных линий [1] в плоскости регистрации спектрографа.

С использованием разработанных методов выполнено восстановление спектров Z-пинч плазмы на установке Ангара 5-1:

1) Восстановлены исходные спектры ЭУФ излучения плазмы, полученные в экспериментах с нагрузкой в виде вольфрамового многопроволочного цилиндрического лайнера. Показано, что максимум излучения лежит в диапазоне 5-6 нм, что соответствует массиву не разрешаемых переходов 4d-4f в ионах W [1,2].

2) Измерены значения коэффициентов пропускания Al и In в диапазоне 2-30 нм. Полученные результаты совпадают с базой данных Henke [2].

3) Показано существенное влияние формы профиля штриха дифракционной решетки на результаты восстановления исходных спектров. С использованием априорной информации определены формы профилей штрихов ДР для спектрографов GIS-3D и VUV-QFF [2].

4) Восстановлен спектр МР излучения плазмы Z-пинча, полученного с помощью спектрографа JA-1 в экспериментах с нагрузкой состоящей из Al проводников с вложенными W проводниками.

### Литература

- [1]. A.V. Skobliakov, D.S. Kolesnikov, A.V. Kantsyrev, A.A. Golubev, I.V. Rudskoi, A.N. Gritsuk, E.V. Grabovskii, K.N. Mitrofanov, G.M. Oleinik, 2023, Plasma Phys. Rep. 49(6), 700-717.
- [2]. A.V. Skobliakov, D.S. Kolesnikov, A.V. Kantsyrev, A.A. Golubev, M.V. Plyicheva, A.N. Gritsuk, E.V. Grabovskii, The Review of scientific instruments, 2023, 94(11), 113102

<sup>\*)</sup> [DOI – тезисы на английском](#)