

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ИНТЕНСИВНОСТЕЙ ЛИНИЙ ГЕЛИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГЕЛИКОННОЙ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ <sup>\*)</sup>

Нагель Н.Н., Лисица В.С., Шуровский Д.О., Брагин Е.Ю.

*НИЦ «Курчатовский институт»*

Оптическая эмиссионная спектроскопия (ОЭС) является пассивной диагностикой геликонного источника плазмы, в котором в магнитном поле плазма создается с помощью радиочастотного излучения. Такой источник генерирует плазму высокой плотности ( $\sim 10^{18} \text{ м}^{-3}$ ) и работает в широком диапазоне энергетических и геометрических параметров [1]. ОЭС установки ПН-3 позволяет исследовать параметры потока плазмы в трудно доступных для других диагностик областях – в прозрачной кварцевой трубе под геликонной и ИЦР антеннами.

Для определения плазменных характеристик с помощью ОЭС основным вопросом является выбор атомной системы. Наиболее удобными атомными системами для измерения электронной температуры являются нейтральный гелий и гелиеподобные ионы. Отношение зависимостей сечений синглетных и триплетных переходов сильно зависит от энергии налетающего электрона:

$$R^{int/dip} = \frac{1}{2f_{ji}} \cdot \frac{1}{\frac{E}{\Delta E_{ji}} \cdot \ln \frac{E}{\Delta E_{ji}}} \text{ для } \frac{E}{\Delta E_{ji}} > 1 \quad (1)$$

Определение электронной температуры производится по измеренным значениям отношения интенсивностей [2].

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{v_1 \cdot \langle \sigma_1 \cdot v \rangle_1 \cdot A_1 \cdot \sum A_k^{(2)}}{v_2 \cdot \langle \sigma_1 \cdot v \rangle_2 \cdot A_2 \cdot \sum A_k^{(1)}} \quad (2)$$

$v_1, v_2$  – частота перехода,  $\langle \sigma_1 \cdot v \rangle_1, \langle \sigma_1 \cdot v \rangle_2$  – усредненные по максвелловскому распределению эффективные сечения возбуждения,  $A_1, A_2, A_k$  – вероятности переходов.

Для определения  $T_e$  применена зависимость отношения сечений синглетного перехода  $3s \ 1S$  и  $2p \ 1P$  (728,14 нм) к триплетному  $3s \ 3S$  и  $2p \ 3P$  (706,57 нм) для He I [3, 4].

На установке ПН-3 этот метод был применен для определения радиального распределения температуры для гелиевой и аргоновой плазмы (с помощью инъекции атомов гелия в плазму в небольших количествах). Профили электронных температур, определенные с помощью ОЭС, хорошо согласуются с результатами обработки результатов зондовых измерений.

Полученные профили  $T_e$  дают возможность определения радиального распределения нейтральных атомов и степени ионизации.

### Литература

- [1]. Шуровский Д.О., Кутузов Д.С., Бунин Е.А., Сухов А.Е., Брагин Е.Ю., Оптические методы диагностики для измерения параметров плазмы в геликонном разряде, ВАНТ, Термоядерный синтез .т. 45, вып. 2, 2022.
- [2]. И.М. Подгорный. Лекции по диагностике плазмы. М. Атомиздат, 1968.
- [3]. Development of laser-induced fluorescence system for diagnosis of ITER divertor plasmas. Moskalenko I.V., Vetrov S.I., Molodtsov N.A., Shuvaev, D. A.; Shcheglov, D. A. Plasma Devices and Operations. 2004. V. 12 P. 247.
- [4]. Диагностика инертных газов методом эмиссионной спектроскопии на установке пн-3. Ветров С.И., Спицын А.В., Шуваев Д.А., Янченков С.В., Физика плазмы, т. 32, номер 5, 2006.

<sup>\*)</sup> DOI – тезисы на английском