ОЦЕНКИ электронной температуры плазмы по спектрам излучения различных химических элементов при взаимодействии мощного свч-импульса гиротрона со смесью порошков металла и диэлектрика

DOI: 10.34854/ICPAF.2022.49.1.162

1Князев А.В., 1Летунов А.А., 1Воронова Е.В., 1,2Логвиненко В.П.

1Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, г. Москва, 119991 Россия,
 knjazev\_a@list.ru
2Российский университет дружбы народов, г. Москва, 117198 Россия

В процессе экспериментов по синтезу различных микро и нано объектов путём воздействия мощным СВЧ-импульсом на порошки проводилась регистрация спектров излучения, возникающего при этом разряде, с целью определения параметров происходящих в это время процессов. Спектры состоят из излучения поверхности твёрдой фазы (возможно, включая поверхность контейнера), излучения молекул, чаще всего образующихся во время разряда, и некоторых атомных линий. В большинстве случаев в спектрах присутствуют линии щелочных элементов: натрия, лития и калия, являющихся примесями в порошках. В зависимости от состава порошков присутствуют также атомарные линии составляющих их веществ, таких, например, как Al и Al2O3 или Ti и TiO2. Все обнаруженные линии относятся к излучению нейтральных атомов. При имеющемся спектральном разрешении и чувствительности не удалось зафиксировать линий, достоверно идентифицируемых как ионные.

В работе использовались два спектрометра «AvaSpec» фирмы «Avantes», один с чувствительностью в диапазоне 200 – 375 нм, шириной щели 50 мкм, с линейкой 2048 пикселов, второй с диапазоном 380 – 900 нм, щелью 10 мкм и линейкой из 3648 пикселов.

В зависимости от состава порошка были получены различные пригодные для определения электронных температур наборы линий алюминия (~310 и ~395 нм), титана (несколько десятков линий) и некоторых других элементов. Проведены расчеты электронной температуры исходя из соотношения $I=n\frac{hc}{λ}A\_{i}g\_{i}exp\left(-\frac{E\_{i}}{kT}\right)$ [1], применяемого как к двум, так и к большему числу линий [2]. Здесь *I*1, *I*2 – интенсивности линий, *A*1, *A*2 – вероятности переходов, *g*1, *g*2 – степени вырождения верхних уровней, λ1, λ2 – длины волн линий, *E*1, *E*2 – энергии верхних уровней, *k* – постоянная Больцмана, *T* – подлежащая определению электронная температура.

В большинстве разрядов с составами, в которых присутствовал Al, получены температуры в диапазоне 3 – 5,5 кК. Во многих случаях удалось также определить временной ход температуры в течение разряда. При этом на стадии распада плазмы в отдельном импульсе удалось зафиксировать минимальную температуру 2,1 кК. В разрядах, в которых присутствовал Ti, электронные температуры оказались в среднем выше – 4,5 – 6,5 кК.

Работа выполнена в рамках госзадания ГЗ БВ10–2021 «Изучение инновационного синтеза микро- и наночастиц с контролируемым составом и структурой на основе микроволнового разряда в гиротронном излучении».

Литература

1. Plasma Diagnostics, edited by W. Lochte-Holtgreven. Amsterdam, 1968.
2. Градов В.М., Зимин А.М., Кривицкий С.Е., Шумов А.В. Автоматизированный спектрометрический комплекс для диагностики плазмы магнетронного разряда. // [Вопросы атомной науки и техники. Серия: Термоядерный синтез](https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=33276619). 2009. [№ 1](https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=33276619&selid=11737908). С. 64–71.