Возможности диагностики разрядов инициируемых излучением гиротрона в порошковых смесях, по оптическим спектрам

Летунов А.А.1, Скворцова Н.Н.1,2, Харчев Н.К.1, Малахов Д.В.1, Соколов А.С.2

1Институт общей физики имени А.М. Прохорова РАН, г. Москва, Россия, let@fpl.gpi.ru
2Московский государственный университет информационных технологий,
 радиотехники, электроники и автоматики, г. Москва, Россия

Эксперименты по созданию микро и нано объектов и модификации макро поверхностей в разряде, возникающем при воздействии на порошковые смеси сложного состава излучения мощного 4-мм импульсного гиротрона из состава комплекса ЭЦР нагрева стелларатора Л-2М [1, 2], сопровождались спектральными измерениями со спектрометрами Avaspec. Слой порошка с открытой верхней поверхностью, лежавший на кварце-вой подложке в плазмохимическом реакторе, облучался снизу. Спектрометры могли регистрировать излучение от верхней и нижней поверхности слоя порошка и из области на некоторой высоте над ним. Для предохранения кварцевой подложки, через которую идет облучение, и предотвращения возникновения волны ионизации, идущей навстречу лучу в сторону элементов тракта и гиротрона, использовался слой либо бора, либо Al2O3.

Спектры, снятые в последовательные моменты, отражают динамику свечения. В момент пробоя и последующего разряда, в течение микроволнового импульса хорошо видны яркие атомарные линии, по которым во многих случаях удается оценить электронную температуру разряда в предположении ЛТР. Во время импульса и некоторое время после него видны молекулярные полосы, и еще более медленно меняющееся с длиной волны излучение, которое может быть отождествлено с планковским континуумом. Все три компоненты могут служить источником информации о температурах различных областей и компонент разряда.

Оценки электронной температуры, как правило, лежат в диапазоне 0.3 – 1 эВ.

Планковские температуры являются важными диагностическими параметрами, отражающими температуру поверхностей в зоне разряда, происходящего в местах контакта частиц металла и диэлектрика. Их во многих случаях удается регистрировать в диапазоне от 2 кК и выше.

Проделанная абсолютная калибровка спектрометров позволяет оценить не только температуру, но и площадь поверхности этих наиболее горячих участков, которая составляет малую долю общей поверхности светосбора.

Молекулярные спектры также являются источником важной информации. Во многих случаях возникает интенсивное молекулярное излучение BO2 либо AlO, обусловленное в большинстве случаев материалом изолирующей подложки. Несмотря на отчетливо идентифицируемую структуру переходов, особенно в AlO, пока удалось использовать их лишь для качественных оценок.

Небольшие добавки Ti достаточны для появления компонент гамма системы TiO. В некоторых случаях молекулярный спектр TiO становится основным, практически полностью заглушая спектр подложки. Представленные в работе [3], в удобном для диагностики виде, результаты моделирования, позволяют по соотношению амплитуд двух кантов TiO - 705 и 709 нм делать оценки молекулярных температур в области до 5 кК, что включает диапазон интересующих нас реакций синтеза. В регистрируемых спектрах это дает величины 1-4 кК.

Литература

1. Batanov G.M., Kharchev N.K., Letunov A.A., Malakhov D.V., Sarksian K.A., Skvortsova N. N., et al. Journal of Nanoelectronics and Optoelectronics. 2013. Vol. 8, P58.
2. N. N. Skvortsova, N.K. Kharchev, D. V. Malakhov, A. A. Letunov, A. S. Sokolov, et.al.// Radiophysics and Quantum Electronics 58(9), 2016, pp 701–709.
3. Hermann J., Perrone A., Dutouquet C. J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. 2001. V. 34. P. 153.