СПЕКТРАЛЬНЫЕ ОЦЕНКИ ТЕМПЕРАТУР В МИКРОПЛАЗМЕННЫХ РАЗРЯДАХ, возбуждаемых НА ОБРАЗЦАХ КОНСТРУКЦИОННОЙ СТАЛИ

1,2Иванов В.А., 1Коныжев М.Е., 1Летунов А.А., 1Камолова Т.И., 1Дорофеюк А.А.

1Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, г. Москва, Россия.   
2Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, Москва, Россия,  
 [ivanov@fpl.gpi.ru](mailto:ivanov@fpl.gpi.ru)

В рамках разработки физических основ технологии плазменной обработки и модификации поверхностей конструкционных материалов [1] исследовались оптические спектры микроплазменных разрядов (МПР), инициируемых коротким импульсным потоком плазмы и поддерживаемых импульсным источником тока (100−600 А, 0,5−20 мс) в вакууме ~2  Па. Образцы стали 45 предварительно отжигались на воздухе при 400°С для создания поверхности частично покрытой тонкой диэлектрической оксидной плёнкой. В таких условиях МПР формирует на поверхности развитый прочный микрорельеф с повышенной износостойкостью [1−3]. В излучении разрядов могут присутствовать линейчатые спектры атомов и ионов, молекулярная компонента и медленно меняющаяся тепловая компонента, обусловленная излучением расплавленной области на поверхности образца под разрядом.

Электронная температура оценивалась в предположении локального термодинамического равновесия по линиям атомов железа (Te=0,45 ± 0,15 эВ) и его однозарядных ионов (Te=0,9 ± 0,2 эВ) [2]. Заметное отличие этих оценок может быть связано с тем, что вторая температура относится к области на некотором отдалении от поверхности образца, и связано с разогревом плазмы в результате действия электродинамических сил в МПР.

Оценка планковской температуры из непрерывной компоненты спектра излучения, обусловленной свечением поверхности локальных расплавленных областей, дает значение ~0,4 эВ, что хорошо согласуется с морфологией образующейся поверхности, поскольку соответствует давлению в несколько сот атмосфер [4]. Температура и давление на поверхности под разрядом важны для понимания как процессов в поверхностном слое обрабатываемого материала [1,3], так и динамики самого разряда [2].

Особый интерес представляет газовая температура. Наилучшим к ней приближением можно считать вращательную температуру молекул. Углерод входит в состав обрабатываемого материала, а спектр молекулы С2 может использоваться для оценки температуры в различных условиях. Однако, до сих пор, в наших экспериментах с различными сталями молекулярный спектр С2 не обнаруживался. Для дополнительного внедрения углерода в поверхность подготовленного образца в контакт с ней приводился листик тефлона. При этом в спектрах разрядов регистрировались молекулярные полосы системы Свана радикала С2. Оказалось, что при удалении тефлона эти полосы сохраняются в нескольких последующих импульсах. Сравнение такого спектра, зарегистрированного с разрешением 0,3 нм с аналогичными спектрами CVD разряда [5] с TR ~ 4 кК и пропанобутановой газовой горелки с TR ~ 2 кК дает для вращательной температуры в случае МКП оценку ~ 4 кК.

Литература

1. Ivanov V.A., Sakharov A.S., Konyzhev, Plasma Physics Reports, 2008, Vol. 34, No. 2, pp. 150–161.
2. А.С. Сахаров, В.А. Иванов, Успехи прикладной физики 4, №2. С. 150 (2016).
3. Иванов В.А., Коныжев М.Е., Камолова Т.И., Летунов А.А, Дорофеюк А.А. 44-я международная (Звенигородская) конференция по физике плазмы и УТС, г. Звенигород, 13 - 17 февраля 2017 г. Тез. докл. с. 295.
4. [Vorob’ev](http://pubs.acs.org/author/Vorob%27ev%2C+V+S) V.S. J. Phys. Chem. B, 2012, 116 (14), pp 4248–4254
5. 5. Арутюнян Н.Р., Летунов А.А., Лукина Н.А., Петровский Н.С., Сергейчев К.Ф. 45-я международная (Звенигородская) конференция по физике плазмы и УТС, г. Звенигород, 2 - 6 апреля 2018 г. Тез. докл. с. 310.