

УДК 537.52:533.9.01

Р. Х. Зиятдинов

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАВАЮЩИХ ПОТЕНЦИАЛОВ ЭЛЕКТРОДОВ В ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

Ключевые слова: пленочное покрытие, плавающий потенциал, стагнация.

Приведены результаты исследования стеночных (плавающих) потенциалов электродов в плазмохимической установке. Показано влияние температуры и эмиссионной способности электродов на величину электрического потенциала. Установлена корреляция изменений величины электрического потенциала электродов с динамикой формирования пленочного покрытия. Обнаружен эффект стагнации величины электродного потенциала в процессе напыления щелочного покрытия.

Keywords: skin-deep layer, electrical potential, stagnation.

The results of studies floating electrical potential electrode in plasmachemical device are presented. It is shown influence of temperature and emissive activity of electrodes on electric potential. Correlation exchange of potential electrode with dynamics of forming of skin-deep layer was find out. The dependence of stagnation electrical potential from thickness skin-deep layer was observed.

О возможности использования данных по электрическому потенциалу проводящих подложек (электродов) для исследования динамики образования тонких пленок в плазмохимических процессах указано в работах [1,2].

Известно, что электрод, помещенный в плазменную среду, приобретает так называемый плавающий потенциал, величина которого обусловлена свойствами среды [3]. Как правило, электрод приобретает отрицательный потенциал, вызванный перераспределением носителей зарядов в приэлектродной области.

Согласно зондовой теории величина плавающего (стеночного) потенциала соответствует kT_e и для пламен не должна превышать 0,2-0,3 В. Однако открытие термоэлектрического эффекта [3] не соответствует этим данным. Эффект наблюдается, когда два электрода, помещенные в пламя, поддерживаются при различных температурах. В этом случае в цепи электродов возникает э.д.с. порядка 1-2 В при разности температур порядка 500°C. Для появления большой разности потенциалов (э.д.с.) величина стеночных потенциалов электродов должна быть высокой (не менее 2 В). Причина высоких стеночных потенциалов электродов в пламенах недостаточно изучена. В работе [3] в качестве возможной причины этого явления рассматривается механизм, связанный с присутствием в пламенах электронов с температурой выше температуры пламени. Выводы о высокой электронной температуре сделаны на основе анализа вольтамперных характеристик охлаждаемых электродов. Измерения электронной температуры в пламени альтернативными средствами диагностики не проводились.

В работе [4] приведены результаты прямых измерений стеночных потенциалов электродов в пламени с помощью электрометров. Величина электродного потенциала зависела от материала зонда и составляла 0,6-2,2 В. Наибольший потенциал наблюдался для неэмиттирующих электродов (рис.1).

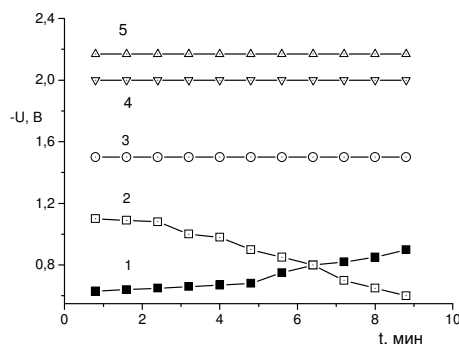


Рис. 1 - Зависимость плавающих потенциалов электродов из различных материалов от времени пребывания в пламени: 1,2 – торированный вольфрам; 3 – лантанированный вольфрам; 4 – молибден; 5 – графит [4]

В данной работе рассмотрено влияние состояния поверхности на электрический потенциал электрода в пламени пропан-воздушной горелки, регистрировалась динамика установления равновесного потенциала электрода при плазмохимическом напылении щелочных металлов. Потенциал электрода измерялся относительно корпуса горелки. Стеночный (плавающий) потенциал определяется суммой потенциалов «электрод-горелка» и «горелка-пламя» (рис.2).

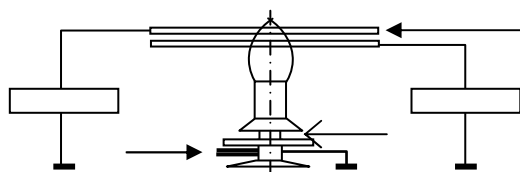


Рис. 2 - Схема измерения плавающих потенциалов электродов

В работе применялись охлаждаемый электрод из нержавеющей стали и электроды, изготовленные из материалов, имеющих различную работу выхода электронов. На рис.3 приведена зависимость плавающих потенциалов электродов от работы выхода поверхности.

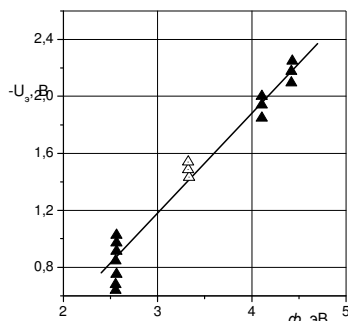


Рис. 3 - Зависимость плавающих потенциалов электродов от работы выхода электронов с поверхности

Зондовые потенциалы определялись как в режиме стационарной (установившейся) температуры электродов, так и в режиме их нестационарного нагрева с момента воспламенения горючей смеси до установления равновесной температуры поверхности электродов. На рис.4 приведена осциллограмма потенциала электрода при его нестационарном прогреве.

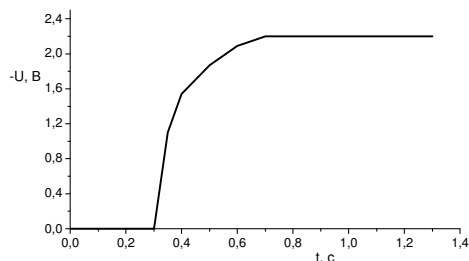


Рис. 4 - Осциллограмма плавающего потенциала электрода при его нестационарном нагреве

Кроме того, регистрировалась динамика изменения потенциала электрода при наличии на его поверхности тонкой пленки щелочных металлов. С этой целью на поверхность электрода, находящегося при равновесной температуре с пламенем, наносился щелочной металл: последний вводился в виде

водного раствора КОН через инжектор в пламя горелки.

На рис.5 представлена осциллограмма плавающего потенциала электрода при импульсной подаче спиртового раствора КОН в продукты сгорания.

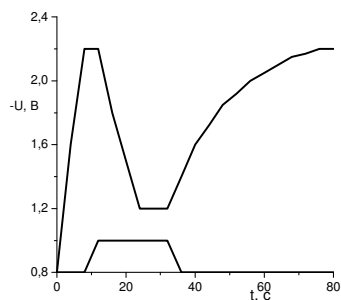


Рис. 5 - Осциллограмма плавающего потенциала электрода (1) при подаче щелочной присадки (2)

Видно, что по мере накопления щелочной пленки отрицательный потенциал снижается и достигает насыщения. Термоэлектронная эмиссия с поверхности электрода при этом достигает максимального значения. После прекращения подачи раствора КОН наблюдается медленный релаксационный процесс увеличения отрицательного потенциала до номинального значения. Процесс увеличения отрицательного потенциала связан с испарением присадки с поверхности электрода. Динамика испарения и соответствующего изменения толщины пленки коррелируют с изменением электрического потенциала электрода.

Литература

1. Зиятдинов Р.Х. Контроль динамики образования тонких пленок в плазмохимии // Вестник Казанского технологического университета.—2011.—№12.—С.233.
2. Нуруллина Г.Н., Ившин Я.В., Азанова А.А. Плазменная активация как ресурсосберегающий фактор в трикотажном отделочном производстве // Вестник Казанского технологического университета.—2013.—Т.16. — №21.—С.52-53.
3. Энгель А. Ионизация горячих газов электронами при атмосферном давлении: Низкотемпературная плазма. Мир, Москва, 1967, с.164-167.
4. Зиятдинов Р.Х., Бугаенко А.Г., Абдршин Р.Н. О зондовых измерениях в продуктах сгорания // Тезисы докладов IV Всесоюзного семинара по электрофизике горения. Караганда. 1981. С.89-92.