

УДК 536.46

ВЛИЯНИЕ ОКСИДНОГО СЛОЯ НА ИЗЛУЧАТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ПРОВОДНИКА

Ф.Ф. Каримова, С.Г. Орловская, М.С. Шкоропадо

Одесский национальный университет им. И.И. Мечникова, Одесса, Украина

Оксиды молибдена и вольфрама благодаря своим уникальным свойствам электрохромизма и газохромизма являются перспективными материалами для газовых сенсоров и селективных оптических покрытий [1], они широко используются в гетерогенном катализе, в частности для получения топлива из биомассы. В настоящее время активно разрабатываются различные методы получения оксидных пленок: кроме традиционного способа электрохимического осаждения можно отметить плазменное напыление и высокотемпературное окисление металлического проводника – метод «горячей нити» [2]. Данный метод отличается простотой реализации и возможностью изменения параметров процесса (температура, давление и состав газовой фазы) в широком диапазоне, что позволяет получать пленки с регулируемой структурой и свойствами.

В основе метода лежит программируемый нагрев проводника электрическим током в кислородсодержащей среде, при этом падение напряжения на проводнике и ток в цепи непрерывно регистрируются с помощью 12-разрядного АЦП.

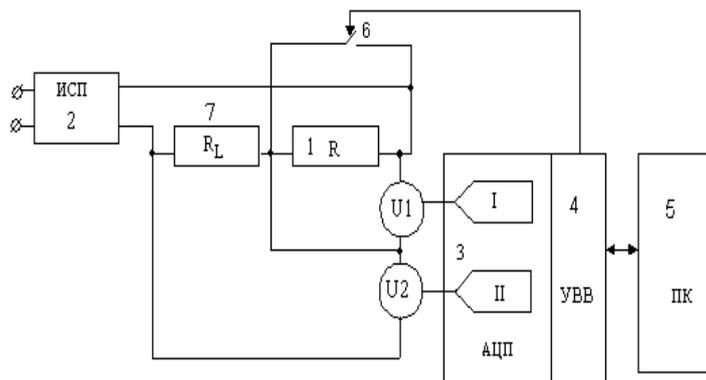


Рис.1. Схема установки: 1. тонкий проводник (вольфрам, молибден); 2. источник питания Б5-47; 3. АЦП; 4. устройство ввода/вывода; 5. компьютер; 6. ключ; 7. шунт.

Средняя температура проводника рассчитывалась по изменению его удельного сопротивления. Одновременно температуру в центральной зоне проводника измеряли с помощью яркостного пирометра с исчезающей нитью, действительную температуру определяли по формуле:

$$\frac{1}{T_b} - \frac{1}{T} = \frac{\lambda}{C_2} \ln \frac{1}{\epsilon_{\lambda T}} \quad (1)$$

Однако в процессе нарастания оксидного слоя спектральный коэффициент излучательной способности ϵ_{λ} поверхности проводника существенно изменяется, что приводит к недопустимому увеличению методической ошибки.

Для оценки значения ϵ_{λ} мы использовали комбинацию оптического и электротермографического методов диагностики. В ходе процесса регистрируемые значения тока накала и падения напряжения поступают в компьютер, после фильтрации

высокочастотных шумов находится текущее значение сопротивления, которое зависит от распределения температуры по длине проводника $T(x)$:

$$R = \frac{4\rho_0}{\pi d^2} \cdot \int_0^L [1 + \gamma(T(x) - T_0)] \cdot dx \quad (2)$$

где ρ_0 - удельное сопротивление, Ом·см при температуре $T_0=273\text{K}$, γ - температурный коэффициент удельного сопротивления, $1/\text{K}$, d и L - диаметр и длина проводника, см.

Распределение яркостной температуры по длине проводника $T_b(x)$ находили экспериментально методом относительной яркостной пирометрии с использованием цифровой камеры OLYMPUS 2500L и прецизионного пирометра ЭОП-68 [3]. Температуру концов проводника измеряли термопарой медь-константан: она незначительно превышала комнатную температуру. Спад температуры вблизи контактов аппроксимировался линейной зависимостью. На рисунке приведена зависимость $T_b(x)$ для вольфрамового проводника.

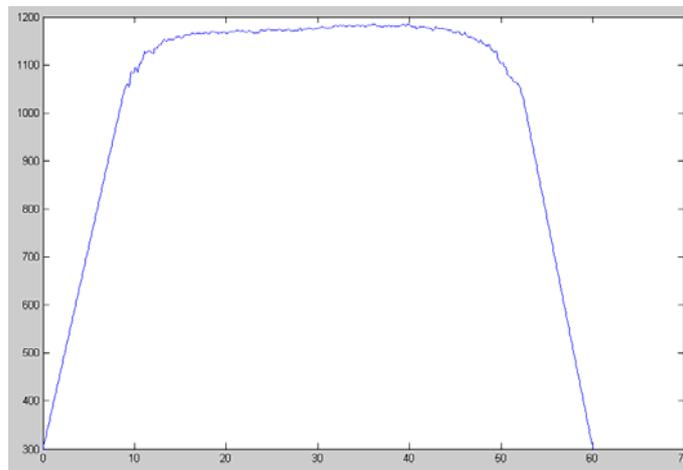


Рис.2. Распределение яркостной температуры вдоль проводника (W , $L=60$ мм, $d=70$ мкм)

Предполагая, что распределение по длине действительной температуры подобно распределению яркостной температуры $T(x) \sim T_b(x)$, можно записать:

$$T(x) = T_b(x) + k \cdot [T_b(x) - T_k] \quad (3)$$

где k - варьируемый коэффициент, T_k - температура концов, К.

Методом последовательных приближений находим k и распределение температуры $T(x)$. Затем выполняем оценку $\varepsilon_\lambda(0.65)$ для центральной части проводника по формуле:

$$\ln \varepsilon = \frac{C_2}{\lambda} \cdot \left(\frac{1}{T(0.5L)} - \frac{1}{T_b(0.5L)} \right) \quad (4)$$

Было установлено, что в результате образования слоя оксида спектральный коэффициент излучательной способности снижается до значения $\varepsilon_{0.65} \approx 0.26 \div 0.3$, затем в процессе роста толщины оксидного слоя он уменьшается до значения 0.08 для MoO_3 и $\varepsilon_{0.65} \approx 0.1$ для WO_3 . (при толщине оксида 50 мкм и выше). Отметим, что в то же время интегральный коэффициент излучательной способности возрастает до значения 0.8, что приводит к значительному росту теплопотерь излучением и увеличению продолжительности квазистационарной стадии окисления проводника.

Литература:

- [1] Jair Scarminio, Mário A. Bica de Moraes, Rafael C. E. Dias and oth.. Tungsten Oxide Films of High Electrochromic Efficiencies Obtained by Deposition// *Electrochem. Solid-State Lett.* 2003. V. 6., Issue 6. pp. H9-H12
- [2] F. Paulo Rouxinol, B. Claudio Trasferretti, Richard Landers and A. Bica de Moraes. Hot-Filament Metal Oxide Deposition (HFMOD): A Novel Method for Depositing Thin Films of Metallic Oxides. *J. Braz. Chem. Soc.*. 2004, Vol.15, No.2. pp. 324-326.
- [3] Ф.Ф. Каримова, С.Г. Орловская, В.В., Калинчак, М.С. Шкоропадо. Исследование температурных полей излучающих объектов. *Физика аэродисперсных систем.* Одесса. 2006. Вып. 43. С. 39-43.