

Ф.Ф. Каримова, С.Г. Орловская, Т.В. Грызунова

Одесский национальный университет им. И. И. Мечникова

Влияние окисной пленки на излучательную способность вольфрамового проводника

Разработан метод определения цветовой температуры металлического проводника с использованием компьютерной обработки цифровых изображений. Определен коэффициент излучательной способности вольфрамового проводника на квазистационарной стадии окисления. Установлено, что окисная пленка существенно меняет излучательные характеристики проводника.

На поверхности вольфрамового проводника, нагреваемого электрическим током, образуются оксиды со сложной структурой (иглы, дендриты, плоские кристаллиты, пористая оксидная пленка), причем в процессе окисления изменяется не только толщина оксидной пленки, но и ее структура. В ряде случаев можно говорить о существовании на поверхности проводника дисперсной фазы оксида, которая характеризуется фрактальной структурой и пространственной анизотропией, что существенно влияет на физико-химические свойства (в том числе оптические) окисленной поверхности металла. В настоящее время такие системы активно изучаются в качестве оптически селективных материалов для солнечных коллекторов и в системах энергосбережения («умные окна») [1]. Данные по спектральному коэффициенту излучательной способности в видимом диапазоне оксидов вольфрама и молибдена малочисленны и неоднозначны [2,3]. Поскольку излучательная способность тел в видимом диапазоне существенно зависит от состояния поверхности, она заметно изменяется в процессе окисления. Поэтому при исследовании высокотемпературного окисления металлических проводников необходимо определять $\varepsilon(\lambda)$ *in situ*. Для решения этой задачи был использован метод оценки спектрального коэффициента излучательной способности по соотношению яркостной и цветовой температуры излучающей поверхности. Яркостную температуру в центральной зоне проводника измеряли с помощью яркостного пирометра ЭОП-68. Значение цветовой температуры определяли по отношению спектральных интенсивностей на длинах волн $\lambda_1 = 0.77$ мкм и $\lambda_2 = 0.59$ мкм. Выбор данного интервала спектра продиктован диапазоном измеряемых температур (от 1000°K до 1500°K). С помощью формулы Вина была рассчитана температурная зависимость отношения интенсивностей излучения на данных длинах волн: $R_0(T) = \lg[I(\lambda_1, T)/I(\lambda_2, T)]$. Она оказалась близкой к линейной в указанном диапазоне (Рис.1) и, следовательно, может быть использована для определения цветовой температуры по отношению интенсивностей.

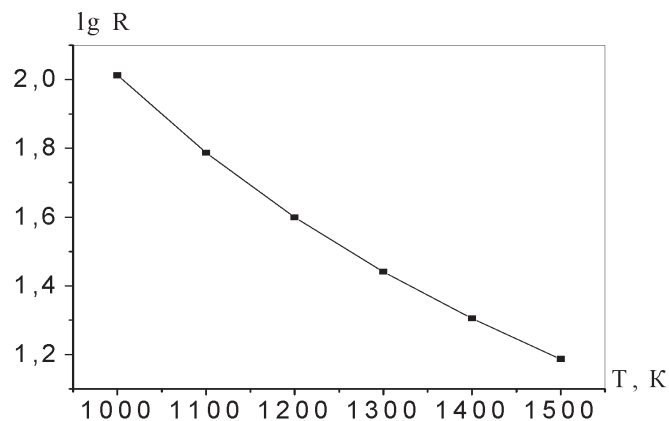


Рис. Температурная зависимость отношения спектральных интенсивностей (длины волн 0.77 мкм, 0.59 мкм)

Была разработана методика определения цветовой температуры излучателя с помощью компьютерной обработки цифровых изображений. Градуировочный график $R = f(T)$ был построен с использованием калиброванного источника излучения - пирометрической лампы. При фиксированном значении силы тока нить накала фотографировалась последовательно через красный и желтый светофильтр. Полученные изображения обрабатывали (медианная фильтрация и исключение теплового шума), и находили отношение сигналов. Полученная экспериментальная зависимость также близка к линейной.

Излучение проводника, нагреваемого током, регистрировалось с помощью камеры OLYMPUS 2500L, обработка кадров выполнялась в пакете MatLab 7.0. Для определения цветовой температуры проводника, окисляющегося в квазистационарном режиме, его последовательно фотографировали через узкополосные фильтры (красный и желтый), полученные изображения обрабатывали и определяли величину спектрального отношения R_{ex} . Затем по градуировочному графику находили соответствующее значение цветовой температуры. Если излучатель в рабочем интервале спектра можно считать серым, то есть $\varepsilon(\lambda) \approx const$, то можно предположить, что цветовая температура равна действительной, и оценить ε по следующей формуле:

$$\ln \varepsilon(\lambda) = C_2 / \lambda \cdot (T_d^{-1} - T_{ярк}^{-1}).$$

Измерения яркостной и цветовой температуры были выполнены для квазистационарного режима окисления вольфрамового и молибденового проводников. Полученные данные приведены в таблице.

Таблица.

Соединение	$h_{ок}, A$	Диаметр, мкм	$T_{ярк}, K$	$T_{цв}, K$	ε
WO ₂	5.5	250	1238	1440	0.08
MoO ₂	6.7	300	1160	1315	0.11

Таким образом, на квазистационарной стадии окисления окисная пленка существенно уменьшает излучательную способность металлического проводника в видимом диапазоне. В момент образования сплошной пленки оксида, который соответствует выходу на квазистационарный режим окисления, яркостная температура проводника резко уменьшается примерно на 50°K , при этом электрическое сопротивление проводника, и, следовательно, его действительная температура остаются постоянными: $T=1320^{\circ}\text{K}$ для указанных в таблице условий. Мы использовали для неокисленного вольфрамового проводника табличное значение $\varepsilon(0.65) = 0.44$ и выполнили оценку изменения коэффициента излучательной способности в этот момент: $\varepsilon_{\text{ок}}(0.65) \approx 0.24$. При дальнейшем росте оксидного слоя коэффициент излучательной способности снижается до значения $\varepsilon_{\text{ок}}^{\text{к}}(0.65) \approx 0.08$. При столь малых значениях коэффициента излучательной способности метод яркостной пирометрии дает значительную погрешность, поэтому для определения действительной температуры окисленного проводника необходимо одновременно определять $\varepsilon(\lambda)$. Как известно, цветовая температура в общем случае ближе к действительной, поэтому можно измерять цветовую температуру проводника. Необходимо отметить, что интегральный коэффициент излучательной способности возрастает при образовании оксидного слоя и достигает значения $\varepsilon = 0.8$, соответственно возрастают теплотери излучением.

Таким образом установлено, что образование оксидного слоя на поверхности вольфрамового проводника резко меняет его излучательные характеристики: коэффициент излучательной способности в видимом спектре $\varepsilon(\lambda)$ резко уменьшается – от 0.44 до 0.08, в то время как интегральный коэффициент излучательной способности возрастает от 0.16 до 0.8. Данный факт необходимо учитывать при диагностике процесса окисления и расчете теплотерь излучением.

Литература

1. Niloy Mukherjee and Maggie Paulose. M. Fabrication of nanoporous tungsten oxide by galvanostatic anodization // J. Mater. Res. – Vol. 18 – №. 10. – Oct 2003
2. 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. – P. H9-H12
3. H. Oertel, W. Bauer. Spectral and total emissivities of bright and oxidized metals// Gerhard-Mercator-Universität Gesamthochschule Duisburg

Ф.Ф. Карімова, С.Г. Орловська, Т.В. Гризунова.

**Вплив оксидної плівки на випромінюючу властивість
вольфрамового дротику.**

АНОТАЦІЯ

Розроблено метод визначення кольорової температури металевого дротику з використанням комп'ютерної обробки цифрового зображення. Визначено коефіцієнт випромінюючій властивості вольфрамового дротику на квазістаціонарній стадії окислення. Встановлено суттєвий вплив оксидної плівки на випромінюючі властивості вольфрамового дротику.

F.F. Karimova, S.G. Orlovskaya, T.V. Grizunova

Oxide film influence on emissivity of tungsten filament.

SUMMARY

Method of spectral ratio pyrometry was elaborated by use of digital imaging. Spectral emissivity of tungsten filament was defined on quasi-stationary oxidation stage. It was established that oxide film affected emissivity of filament dramatically.