

Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

Г. А. Желобцова, Е. П. Пахомов, Г. М. Сурков,
А. Я. Куфайкин, Е. Я. Белкин, Т. И. Бородина, Элек-
трическое контактное сопротивление паяного соеди-
нения керамики из хромата (III) лантана с медью,
ТВТ, 1990, том 28, выпуск 2, 406–408

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением

<http://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 44.210.149.218

5 ноября 2024 г., 21:31:34



*Г. А. Желобцова, Г. М. Сурков, Е. П. Пахомов,
А. Я. Куфайкин, Е. Я. Белкин, Т. И. Бородина*

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ КОНТАКТНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ПАЙНОГО СОЕДИНЕНИЯ КЕРАМИКИ ИЗ ХРОМАТА(III) ЛАНТАНА С МЕДЬЮ

В [1] исследовалось эффективное электрическое сопротивление механического контакта электропроводных зернистых оксидных материалов на основе диоксида циркония и хромата (III) лантана (ХЛК) между собой и ХЛК с металлами. Показано, что малая реальная площадь механического контакта приводит к большим значениям удельного электрического сопротивления контакта $r_{эл} = \Delta\varphi_k / j$ ($\Delta\varphi_k$ — контактное падение потенциала, j — плотность тока) и нелинейности вольт-амперной характеристики (ВАХ) контакта из-за влияния джоулевого разогрева.

В случае контакта с металлом увеличения реальной площади контакта естественно ожидать при использовании паяного соединения металла с керамикой с предварительно металлизированной поверхностью [2, 3]. В [4] отмечаются трудности обеспечения омического контакта для хромата (III) лантана и рекомендуется серебрение керамики.

В данной работе исследовалось влияние технологических операций пайки к меди керамики ХЛК с предварительным серебрением на электрическое сопротивление контакта с целью достижения его уровня ниже $0,3 \text{ Ом}\cdot\text{см}^2$, выбранного для обеспечения стабильности (малости изменения) температурного режима контакта при электрическом нагружении с $j \approx 3-5 \text{ А/см}^2$.

Использовались образцы на основе $\text{La}_{0,93}\text{Ca}_{0,07}\text{CrO}_3$ (ХЛК, [1]) с характерными размерами $10 \times 10 \times 30 \text{ мм}^3$ с открытой пористостью 20–22% («пористые» образцы) и $\approx 15\%$ («плотные» образцы). Один торец образца металлизировался вжиганием серебра при температуре $\approx 1200 \text{ К}$ по [5], после чего проводилась газопламенная (на воздухе) или вакуумная пайка к основанию — медному цилиндру диаметром 18 и высотой 15 мм. В первом случае образцы нагревались в сушильном шкафу до температуры $\approx 500 \text{ К}$, затем горелкой разогревалось основание, обслуживалась его поверхность припоем ПСр-2,5 (Ag+Pb, температура плавления 590 К , температура пайки $\approx 620 \text{ К}$) с применением в качестве флюса водного раствора ZnCl_2 . Металлизированный торец нагретого образца смачивался тем же флюсом и сразу помещался в расплав припоя на разогретом основании. Во втором случае на медное основание помещалась пластина из псевдосплава МД-40 (Cu+Mo) толщиной 0,6 мм. Между пластиной и основанием, а также между пластиной и металлизированным торцом образца помещалась фольга припоя ПСр-72 (Ag+Cu, температура плавления 1052 К). Пайка проводилась в вакууме (10^{-2} Па) с выдержкой при температуре 1070 К в течение 5 мин (без использования флюсов).

Рентгенофазовый анализ образцов вблизи места металлизации проводился на установке ДРОН-0,5 в Cu K_L -излучении.

Определение $r_{эл}$ и ρ керамики при комнатной температуре проводилось без специального охлаждения образцов по многозондовой методике, описанной в [1], на постоянном токе при использовании линейной аппроксимации результатов измерения распределения потенциала по длине образца при известной в нем плотности тока. Случайная ошибка определения $r_{эл}$ составила по оценке $\sim 20\%$ при $r_{эл} > 5$ и до 100% при $r_{эл} < 0,3 \text{ Ом}\cdot\text{см}^2$.

После операции серебрения керамики по [5] значения $r_{эл}$ для пористых образцов составляли менее $2,5 \text{ Ом}\cdot\text{см}^2$ (в среднем $\sim 1 \text{ Ом}\cdot\text{см}^2$). Для плотных образцов оказались большими как значения $r_{эл}$, так и их разброс (до $30 \text{ Ом}\cdot\text{см}^2$), значения $r_{эл} < 1 \text{ Ом}\cdot\text{см}^2$ получались только после создания шероховатости исходно гладкой поверхности образцов путем зачистки на грубой шлифовальной шкурке. Величина ρ после серебрения не менялась. ВАХ контакта линейна до $j = 0,1-0,5 \text{ А/см}^2$. При больших j сказывается объемный разогрев керамики, что выражается в уменьшении как $r_{эл}$, так и ρ .

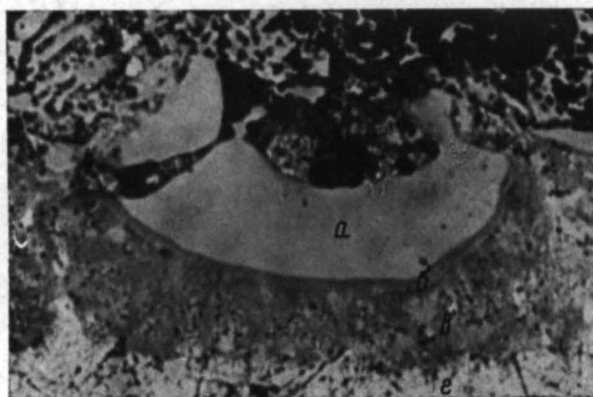


Рис. 1. Микроструктура области металлизации ХЛК: а – зерно керамики $\text{La}(\text{Ca})\text{CrO}_3$, б – зона взаимодействия $(\text{La}(\text{Ca}) \cdot \text{CrO}_3 + \text{CuCrO}_2)$, в – диффузионная зона $(\text{Ag} + \text{Cu}_2\text{O} + \text{CuCrO}_2)$, г – слой металлизации $(\text{Ag} + \text{примеси Cu})$ ($\times 198$)

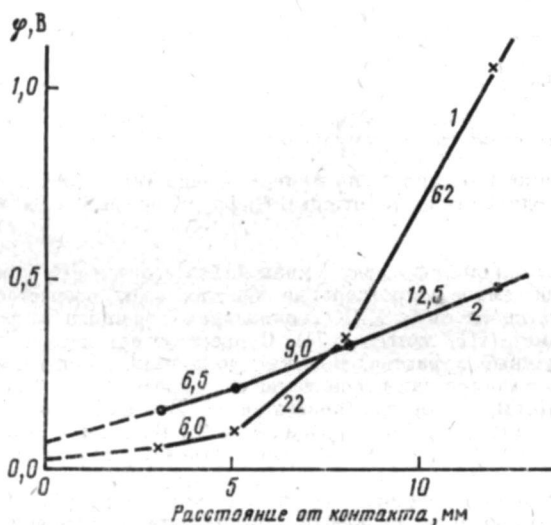


Рис. 2. Распределение потенциала по длине образцов ХЛК при $j=0,04 \text{ A/cm}^2$ после вакуумной пайки: 1 – пористый образец, 2 – плотный. Цифры на участках кривых – ρ в Ом·см

В слое керамики, прилегающем к слою серебра, зарегистрировано образование новых фаз (рис. 1): CuCrO_2 и La_2O_3 , возникших при взаимодействии хромата (III) лантана с добавками меди и фосфора, вводимыми в порошок серебра для активации процесса вжигания [5].

Большие значения $r_{\text{эл}}$ ($>0,3 \text{ Ом}\cdot\text{см}^2$) контакта, полученного вжиганием по [5] серебра, заставили проверить влияние на $r_{\text{эл}}$ количества вводимых примесей. При уменьшении их содержания в серебре до 5–10% получены воспроизводимые значения $r_{\text{эл}} < 0,3 \text{ Ом}\cdot\text{см}^2$ на пористых образцах и $< 0,5\text{--}0,8 \text{ Ом}\cdot\text{см}^2$ на плотных. Аналогичное влияние на $r_{\text{эл}}$ соединений меди отмечено и в [6], где слой серебра наносился на ХЛК по слою, полученному вжиганием смеси сульфида меди с каолином.

После газопламенной пайки металлизированного ХЛК с медным основанием $r_{\text{эл}}$ возросло на порядок для пористых и на 50–100% для плотных образцов при неизменной величине ρ и сохранении линейности и независимости от полярности ВАХ.

При контрольном нагреве металлизированной керамики (по температурному режиму пайки) на воздухе до 600–650 К значения $r_{\text{эл}}$ и ρ не менялись. При таком же нагреве тех же образцов, но смоченных флюсом, зафиксировано увеличение $r_{\text{эл}}$ в 5–10 раз на пористых и в 1,5–3 раза на плотных образцах. Таким образом, ответственным за нарушение электрического контакта, причем именно контакта керамика – слой вожженного серебра, оказалось воздействие хлористого цинка. Отметим, что пропитка ХЛК его раствором снижает и прочность образцов на ~20% (сжатие). По-видимому, флюс, проникая под слой металлизации, разрушает границы зерен хромата (III) лантана.

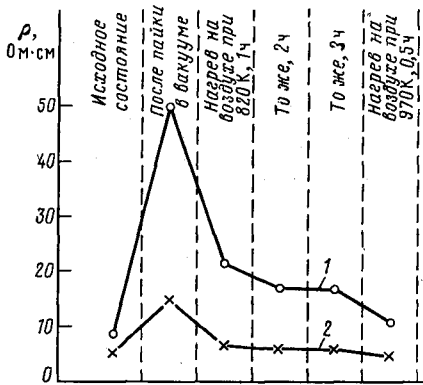


Рис. 3

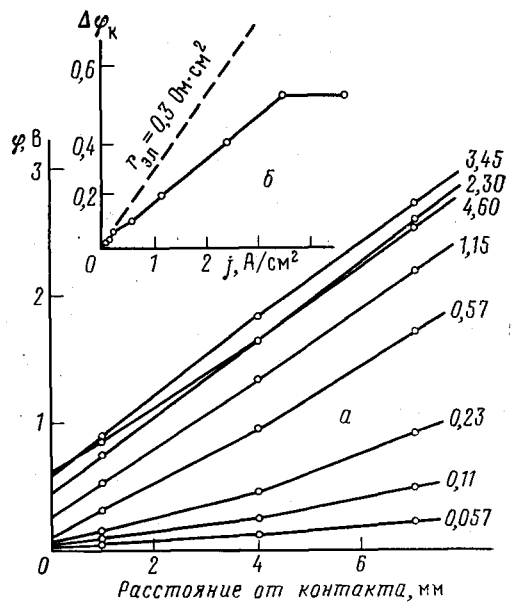


Рис. 4

Рис. 3. Изменение удельного электрического сопротивления керамики при 300 К по технологическим стадиям вакуумной пайки: 1 – пористый образец, 2 – плотный

Рис. 4. Распределение потенциала по длине образца (а) и ВАХ контакта (б) паяного соединения после отжига. Цифры у прямых – j в А/см²

В отличие от газопламенной, вакуумная пайка ведется без флюса. Однако после вакуумной пайки объемное сопротивление образцов резко возрастает, что объясняется частичным восстановлением ХЛК (появлением дефицита кислорода в решетке легированного хромата(III) лантана [7]). Процесс потери кислорода объемом образца носит диффузионный характер. Поэтому, во-первых, вблизи паяемого торца, закрытого плотным металлическим основанием, сопротивление растет меньше, чем вдали от него, у открытых боковых поверхностей. Это приводит к нелинейному распределению потенциала по длине образца (рис. 2). Во-вторых, более плотные образцы за время пайки теряют меньше кислорода и имеют меньшее увеличение ρ (рис. 2, кривая 2).

Для восстановления исходного содержания кислорода в ХЛК и соответственно уровня объемного сопротивления образцы отжигались в воздушной среде. При температуре отжига до 700 К ρ практически не менялось. Процесс изменения ρ при более высоких температурах отжига показан на рис. 3, а на рис. 4 приведен пример полученного распределения потенциала вблизи контакта и ВАХ контакта отожженного образца. Видно, что после отжига $r_{эл}$ контакта ХЛК – медь, выполненного вакуумной пайкой, меньше 0,3 Ом·см².

Таким образом, вакуумная пайка ХЛК после ее металлизации вжиганием серебра с содержанием 5–10% добавок меди и фосфора с последующим отжигом в воздушной атмосфере при 800–900 К в течение не менее 1 ч обеспечивает требуемый уровень удельного электрического сопротивления ($<0,3$ Ом·см²).

ЛИТЕРАТУРА

1. Пахомов Е. П., Сурков Г. М., Тихонов П. А., Чернышов Г. П. // ТВТ. 1989. Т. 28. № 2.
2. Van Tilborg P. J., Verheugen J. H. N. // Тр. VIII Междунар. конф. по МГД-преобразованию энергии. Т. 4. М.: Наука, 1983. С. 59.
3. Okio T., Nomura O., Nomma T. et al. // Mater. Sci. Monographs. 1980. V. 6. (Energy Ceram). P. 1211.
4. Webb J. B., Sayer M., Mansingh A. // J. Can. Ceram Soc. 1977. V. 46. P. 27.
5. Шибалов М. В., Белкин Е. Я., Желобцова Г. А. Паста для металлизации керамики. А. с. 706378 СССР // Б. И. 1979. № 48.
6. Ebata Yo., Toibana Y., Uetsuki Ts. et al. // Bull. Government Industr. Res. Inst. Osaka. 1979. V. 30. N 1. P. 9.
7. Ju Chikung J., Sparlin D. M., Anderson H. U. // J. Amer. Ceram. Soc. 1987. V. 70. N 8. P. 189.