

## ЕЛЕКТРОІЗОЛЯЦІЙНІ СКЛОКРИСТАЛІЧНІ ПОКРИТТЯ НА ЖАРОСТІЙКІЙ СТАЛІ ОДЕРЖАНІ МЕТОДОМ ТРАФАРЕТНОГО ДРУКУ

*Голець В. І.*<sup>1</sup>, Салей Ан. А.<sup>2</sup>, Гуржій О. Б.<sup>2</sup>, Кучер Д.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», Дніпро, Україна,

<sup>2</sup>Дніпропетровський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС

України, Дніпро, Україна,

saleiandrew@gmail.com

У виробництві мікроелектронних елементів за товстоплівковою технологією в якості конструкційної основи можуть використовуватися окрім керамічних виробів також сталеві пластів підклади з електроізоляційними склокристалічними покриттями. Вказані покриття одержують методом трафаретного друку з використання паст, в яких основними компонентами є порошок спеціального скла та органічна зв'язка. Скло відрізняється підвищеною кристалізаційною здатністю та отримують в базовій оксидній системі  $\text{CaO-MgO-B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ , вміст його в пасті може варіюватись в межах 40–90 мас.%.

Електроізоляційні покриття формують нанесенням декількох шарів пасту на поверхню сталі з наступним спіканням кожного з них при температурі 820–880 °С. При такому декілька кратному нагріванні-охолодженні покриття в ньому можуть виникати термомеханічні напруги, які сприяють утворенню в діелектрику мікроскопічних тріщин та інших дефектів, внаслідок чого можливе просідання, прогар та пробій провідникових елементів в кінцевому виробі при його експлуатації. Ймовірність утворення вказаних дефектів в покриттях суттєво залежить від співвідношення між вмістом в пасті скла та органічної зв'язки [1–4].

В зв'язку з цим метою даної роботи є дослідження процесів, які відбуваються при спіканні електроізоляційних покриттів на жаростійкій сталі, та визначення на їх основі найбільш раціонального співвідношення між вмістом в пасті порошкового скла та органічної зв'язки.

Композицію «скло-органічна зв'язка» готували шляхом помелу скла в планетарному млині, додаванням до порошку скла органічної зв'язки в кількості 30–50 мас.% та змішуванням їх в порцеляновій ступці до утворення однорідної маси. Покриття наносились на сталеві зразки розміром 5×5 мм методом трафаретного друку, подавались сушінню та поміщались в піч нагрівального мікроскопу [5], за допомогою якого спостерігали процес спікання та формування склокристалічного покриття на жаростійкій сталі. Нагрівання дослідного зразка до максимальної температури спікання покриття (860 °С) відбувалось зі швидкістю 20–30 °С/хв., тривалість завершальної стадії формування покриття – 10 хв. Основні стадії формування та наявність дефектів в дослідних покриттях в залежності від кількості зв'язки у складі пасту подано на рис. 1.

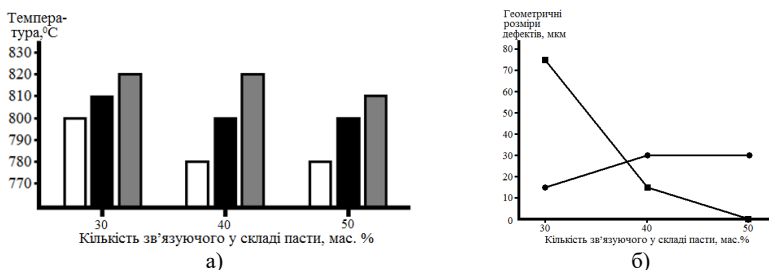


Рисунок 1 – Стадії формування покриття при його спіканні (а) (□ – температура розм'якшення частинок скла, °С; ■ – температура утворення тріщин, °С; ▨ – температура зміннення тріщин, °С) та геометричні розміри дефектів (б) (—■— – лінійні розміри тріщин при температурі їх зміннення, мкм; ●— – діаметр пухирців при максимальній температурі спікання, мкм) в залежності від кількості зв'язки у складі пасту для трафаретного друку

Як видно з рис. 1, при збільшенні кількості зв'язки у складі пасти для трафаретного друку послідовність протікання процесів з формуванням покриття, а саме температури розм'якшення частинок скла, утворення усадкових тріщин, зімкнення тріщин та їх геометричні розміри на стадії зімкнення неухильно зменшуються, але діаметри газових включень при досягненні максимальної температури спікання – збільшуються, що негативно впливає на електричну міцність покриттів. Тому вміст органічної зв'язки в пасти для одержання електроізоляційних покриттів методом трафаретного друку повинен бути менше 40 мас. %.

1. Кузьмичев, А.І. Технологічні основи електроніки. Книга 1. Технологія виробництва мікросхем [Текст] / А.І. Кузьмичев, Л.Д. Писаренко, Л.Ю. Цибульський – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 127 с.

2. Pat. US 5173457 A, C 03 C 3/089, C 03 C 3/091 Paste compositions [Text] / Shorthouse G.P. (USA); assignee Matthey J. - № 614128; publication data 22.11.89; date of patent 22.12.92 – 5 p.

3. Pat. US 6841495 B2, C 03 C 3/066, C 03 C 8/18, H 01 B 1/14 Glass and conductive paste using the same [Text] / Tanaka T., Morinaga K., Morinaga N., Koyama Y., Morinaga Y., Yamazoe M., Kawahara M. (USA); assignee Shoen Chemical Inc. - № 10/314897; publication data 26.06.03; date of patent 11.01.05 – 7 p.

4. Пат. 29864 А Україна, МПК С 03 С 8/02 (2006.01), С 03 С 3/12 (2006.01) Склофрита для електроізоляційних покриттів та композиція для електроізоляційних склокерамічних покриттів на її основі [Текст] / Голеус В. І., Білий О.Я., Носенко О.В., Білий Я.І., Сопільняк О.М., Жирнов Л.І., Гарасюк А.Д. (Україна); заявник та патентовласник Голеус В. І., Білий Я.І., Білий О.Я., Сопільняк О.М., Гарасюк А.Д. № 97094537; заявл. 09.09.97; опубл. 15.11.00, Бюл. № 6. – 5 с.

5. Голеус, В.І. Формування емалевих покриттів на металах з різними значеннями ТКЛР [Текст] / В.І. Голеус, Ан.А. Салей // Международная научно-техническая конференция «Физико-химические проблемы в технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов» / АО «Украинский НИИ огнеупоров им. А. С. Бережного», НТУ «ХПИ». – Харків, ДІСА ПЛЮС, 2020. – С. 77–80.