

СТЕКЛОКЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО СПЕКАНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

*В.М. Погребенков, д.т.н., проф.,
Д.А. Пашков, студент гр. 4ГМ22*

*Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,
тел.(3822)-444-555
E-mail: pashk@tpu.ru*

В мировом производстве высокочастотных электронных приборов и электронных микросхем нашла широкое применение технология низкотемпературной совместно спекаемой керамики (LTCC – low temperature co-fired ceramic), которая по ряду параметров превосходит имеющиеся альтернативы в данной отрасли – печатные платы из стеклотекстолита и высокотемпературную керамику. Главными преимуществами LTCC-керамики являются превосходные значения диэлектрических характеристик, механических свойств, низкие значения температурного коэффициента линейного расширения (ТКЛР), хорошая теплопроводность и возможность 3D интеграции [1, 2]. Температура спекания таких изделий лежит в диапазоне ниже 1000°C, что делает доступным использование токопроводящих паст из легкоплавких металлов и внешних элементов металлизации [3, 4].

В современной отечественной промышленности отсутствуют производства низкотемпературной керамики полного цикла, существующие электронные предприятия работают на сырьевом полуфабрикате зарубежных производителей. В связи с этим, целью данной работы является синтез стеклокерамического композита и исследование его пригодности для дальнейшего использования в LTCC-технологии.

Для исследования были выбраны два различных вида свинцовоборосиликатных стекол, состав которых указан в таблице 1. Выбор составов стекол был проведен на основании предварительных расчетов их свойств с использованием компьютерной программы «SciGlass». Исходными параметрами для расчета были выбраны температура растекания, ТКЛР, диэлектрическая проницаемость. Стекло СТ1 имеет меньшую температуру растекания (700°C) в сравнении со стеклом СТ2 (920°C), более близкий ТКЛР с корундом ($7,7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$). В то же время стекло СТ2 имеет меньшую диэлектрическую проницаемость (5,5) по сравнению со стеклом СТ1 (12). В качестве сырьевых компонентов использовали борную кислоту, безводную кремниевую кислоту и свинцовый сурик. Варку стекол проводили в электрической печи в корундовых тиглях при температуре 1250°C. Стекла были подвергнуты дроблению и последующему помолу в планетарной мельнице.

Таблица 1. Массовое содержание компонентов в составе стекол СТ1 и СТ2.

№	Компоненты шихты	Содержание, мас.%	
		СТ1	СТ2
1.	SiO ₂	2,84	31,21
2.	H ₃ BO ₃	27,23	30,14
3.	PbO	69,93	38,65
4.	Итого	100,00	100,00

Стекла после сухого измельчения в барабане из диоксида циркония шарами из того же материала до состояния размера частиц меньше 10 мкм были смешаны с керамической составляющей – глиноземом $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ с аналогичной дисперсностью. В результате были получены стеклокерамические композиции с содержанием компонентов от 40 до 60%, состав которых отображен в таблице 2.

Таблица 2. Содержание компонентов в стеклокерамических композициях.

Обозначение состава	СТ1 мас.%	СТ2 мас.%	Al_2O_3 мас.%
СТКК1.1	40	-	60
СТКК1.2	50	-	60
СТКК1.3	60	-	40
СТКК2.1	-	40	60
СТКК2.2	-	50	50
СТКК2.3	-	60	40

Образцы в виде цилиндров готовились методом одноосного прессования. Полученные образцы обжигались при температурах 900, 950, 1000°C с выдержкой при конечной температуре в течение 1 часа. После обжига было определено водопоглощение образцов (методом гидростатического взвешивания с вакуумированием) и кажущаяся плотность (через взвешивание). Полученные результаты зависимости водопоглощения и плотности составов отражены на рисунках 1 и 2, которые показывают особенности спекания стеклокерамических композитов с различным содержанием компонентов, представленных в виде свинцовоборосиликатных стекол СТ1 и СТ2 и глинозема $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$.

Водопоглощение образцов, содержащих стекло СТ1, уменьшается с ростом содержания стекла до 50% при данных температурах обжига, что свидетельствует о более полном смачивании частиц корунда расплавом стекла и спекании. При увеличении содержания стекла до 60% происходит рост водопоглощения для данных температур, что говорит о вероятной кристаллизации частиц стекла и разрыхлении структуры стеклокерамики. Для всех композиций с компонентом СТ2 характерен рост водопоглощения при исследованных температурах, что свидетельствует о пережоге стеклокомпозиции и кристаллизации стекол.

Кажущаяся плотность для всех исследованных композиций уменьшается с ростом содержания стеклофазы, что свойственно для данного типа керамических изделий. В результате образцы, содержащие компонент СТ1, имеют плотность выше (от 2,3 до 3,3 г/см³), чем образцы с СТ2 (от 0,95 до 2,6 г/см³), что говорит об увеличении механических свойств.

В результате анализа полученных экспериментальных и расчетных данных выявлено, что при подобранных условиях наиболее пригодными для ЛТСС-керамики являются стеклокерамические композиты с содержанием 50% компонента СТ1, обожженные при температуре 900°C (степень спекания и механические свойства оптимальны, а повышение температуры до 950°C незначительно улучшает характеристики изделий). Образцы, содержащие компонент СТ1 в количестве от 50 до 60%, и композиции с компонентом СТ2 следует обжигать при более низких температурах, так как результаты эксперимента свидетельствуют о пережоге и кристаллизации стекол в исследованных составах.

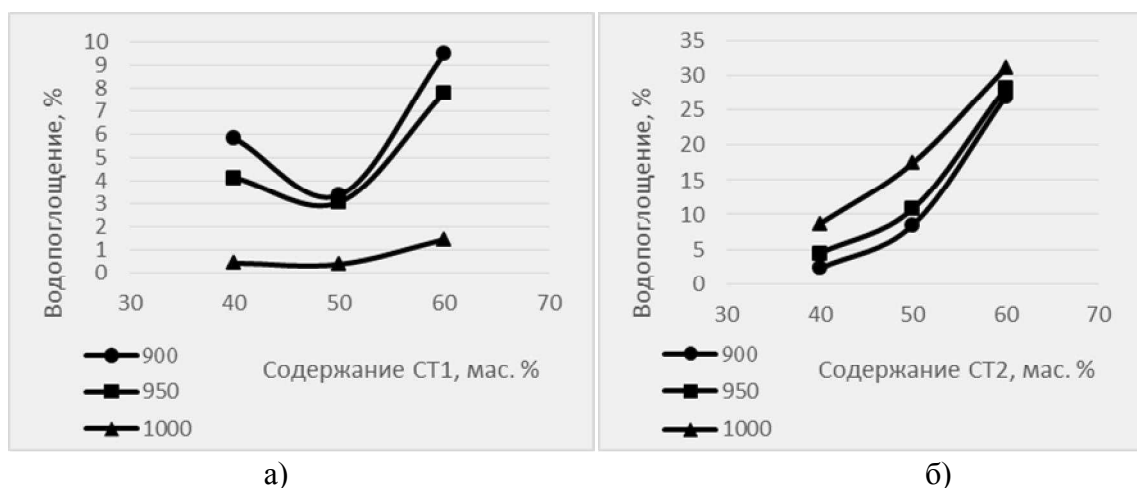


Рис. 1. Зависимость водопоглощения образцов от количества стеклофазы при температурах обжига 900, 950, 1000°C а) для стекла СТ1 б) для стекла СТ2

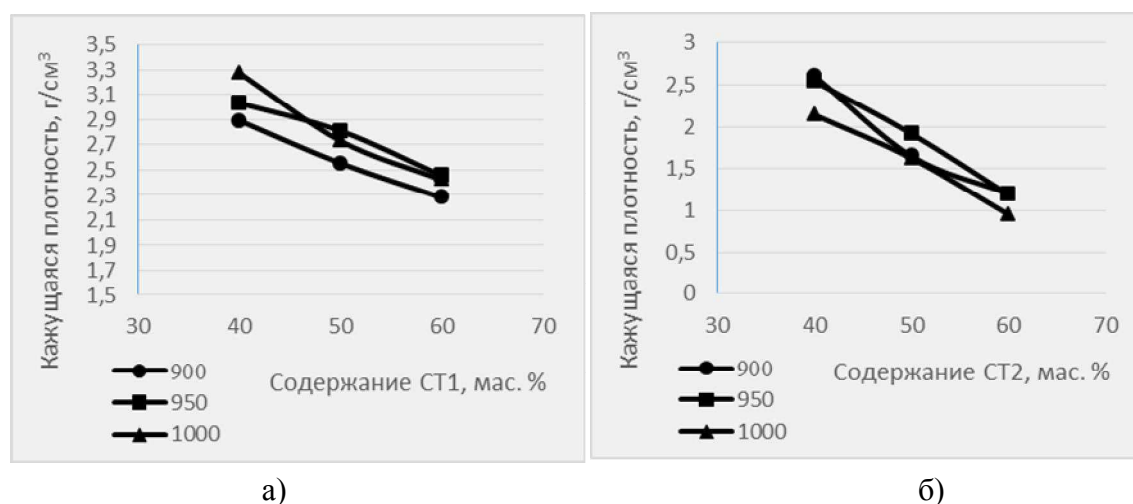


Рис. 2. Зависимость кажущейся плотности образцов от количества стеклофазы при температурах обжига 900, 950, 1000°C а) для стекла СТ1 б) для стекла СТ2

Список литературы:

1. Кондратюк Р. Низкотемпературная совместно обжигаемая керамика (LTCC). Преимущества. Технология. Материалы. Передовые технологии, 2011. - №5. - с.14.
2. Чигиринский С. Особенности и преимущества производства многослойных структур на основе керамики (LTCC, HTCC, MLCC). Степень интеграции, 2009. - №2. - с.26.
3. Чигиринский С. Материалы, применяемые в технологии LTCC. Степень интеграции, 2010. - №3. - с.10.
4. Imanaka Yoshihiko. Multilayered Low Temperature Cofired Ceramics (LTCC) Technology. Springer Science+Business Media, Inc., 2005. - p.230.