

Композиционные керамические материалы в системе $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-B}_2\text{O}_3$ с низкой диэлектрической проницаемостью

Д.А. Пашков

Научный руководитель – д.т.н., профессор В.М. Погребенков

*Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, pashk@tpu.ru*

В современном производстве высокочастотных электронных и микроэлектронных изделий находят широкое применение разнообразные материалы с низкой диэлектрической проницаемостью. Однако керамические материалы, изготавливаемые по LTCC (*LTCC – low temperature co-fired ceramic*) технологии, можно выделить как одни из самых перспективных, которые обладают очень малыми значениями диэлектрических потерь, температурным коэффициентом термического расширения близким к кремнию и механическими свойствами, значительно превышающими аналоги из органических материалов [1]. Температура спекания этих материалов лежит на уровне 850–900 °С, что позволяет использовать металлические проводники с низкими потерями. Однако достаточно сложный технологический процесс и отсутствие достоверных данных о составляющих LTCC материалах являются причинами отсутствия их производителей в России.

Целью данной работы являлось исследование композиции из стекла и корунда на спекание в диапазоне 850–950 °С и возможность её использования в LTCC технологии.

Для исследования было выбрано боросиликатное стекло из системы $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-B}_2\text{O}_3\text{-ZnO-Na}_2\text{O-K}_2\text{O}$, состав которого указан в таблице 1. Выбор состава стекла был проведен на основании предварительных расчетов необходимых свойств с использованием компьютерной программы «SciGlass» [2].

Материалы композиции: глинозем (марки Nabalox с более 98 % $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$) и синтезированное стекло были предварительно измельчены для совместного мокрого помола (H_2O) в фарфоровом барабане с корундовыми мелющими телами и взяты в соотношении 50 на 50%. В результате был получен порошок композиционного материала со средним размером фракции менее 2 мкм, который был высушен до нулевой влажности в сушильном агрегате.

Образцы в виде цилиндров готовились методом одноосного прессования и обжигались при температурах 850, 875, 900, 925, 950 °С со скоростью нагрева 6 °С/мин и выдержкой 30 минут. Полученные резуль-

Таблица 1. Массовое содержание компонентов в исследуемом стекле

№	Стеклообразующие оксиды	Содержание оксидов, % мас.	Компоненты стекольной шихты
1	SiO ₂	60,00	SiO ₂
2	BO ₃	20,00	H ₃ BO ₃
3	Al ₂ O ₃	2,00	Al(OH) ₃
4	ZnO	5,00	ZnO
5	BaO	10,00	BaCO ₃
6	Na ₂ O + K ₂ O	3,00	NaCO ₃ + KCO ₃
Итого		100,00	

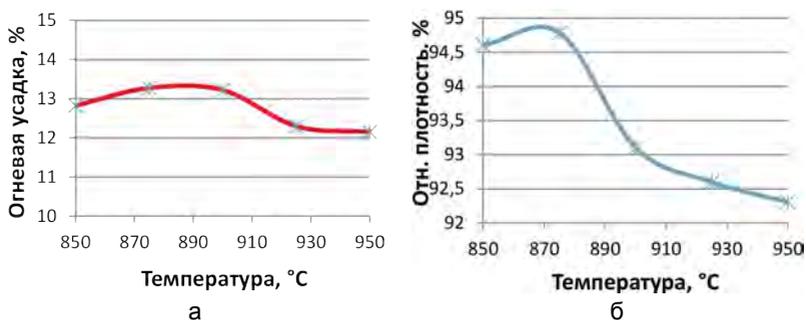


Рис. 1. Изменения свойств композиционного материала в зависимости от температуры обжига а) огневой усадки, % б) относительной плотности, %

таты зависимости огневой усадки и относительной плотности получены методом гидростатического взвешивания и отражены на рисунке 1.

В ходе проведенных работ был получен стеклокерамический композиционный материал, спекающийся при 875 °C до 95% относительной плотности в скоростном режиме обжига, соответствующем LTCC технологии. Расчётная диэлектрическая проницаемость материала составляет 6,68 и коэффициент температурного расширения $5,85 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, что тоже являются высокими показателями для диэлектрического материала. По результатам, полученным в ходе работ можно заключить о улучшении спекания материала в случае увеличения количества стеклофазы и увеличения удельной поверхности исходного порошка.

Список литературы

1. Тареев В.М. Физика диэлектрических материалов.– М.: Энергия, 1973.– 328 с.
2. Павлушкин Н.М. Химическая технология стекла и ситаллов.– М.: Стройиздат, 1983.– 432 с.

Программа расчета равновесных концентраций карбоната кальция в аммиачной среде

Е.Д. Попова, Е.С. Журавкова

Научный руководитель – инженер-исследователь Н.В. Маланова

Томский политехнический университет

634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, malanova.nat@yandex.ru

Многие регионы России располагают значительными запасами вод, которые характеризуются высоким значением жесткости. В Западно-Сибирском регионе для водоснабжения, в основном, используются подземные воды, которые также обладают высокой жесткостью, обусловленной наличием в составе минеральных примесей до 70–80% гидрокарбоната кальция. Ионы кальция образуют малорастворимые соединения, откладывающиеся на стенках теплообменных аппаратов, теплоэнергетических установок, трубопроводов, что приводит к резкому снижению эффективности их работы, перерасходу топлива, частым остановкам для чистки. Для использования таких подземных вод в питьевых и технических целях необходимо применение водоподготовки с обязательной стадией умягчения воды. Одним из способов умягчения является аммиачный способ удаления солей временной жесткости воды [1, 2]. Для проектирования аппаратов, реализующих данный способ в технологическом процессе, необходимо определить его конечные размеры – высоту, диаметр, поверхность контакта фаз, величина которой входит в основное уравнение массопередачи, для чего требуется рассчитать равновесные концентрации всех веществ, участвующих в химических реакциях.

Процесс удаления гидрокарбоната кальция из водных растворов с использованием гидроксида аммония описывается следующими линейно независимыми химическими реакциями:

