

Кристаллохимия силикатов с крупными катионами. М., 1961. 17. Поваренных А.С. Кристаллохимическая классификация минеральных видов. Киев, 1966. 18. Добренцов Н.Л. и др. Породообразующие пироксены. М., 1971. 19. Брегг У., Кларингбул Г. Кристаллическая структура минералов. М., 1967. 20. Бабушкин В.И. и др. Термодинамика силикатов. М. 1965. 21. Басова Н.С. Исследование пироксенообразования на разных стадиях процесса получения железосодержащих пироксеновых ситаллов. Автореф. канд. дис. Минск, 1968. 22. Костюнин Ю.М. и др. Разработка режима ситаллизации шлакосодержащих стекол на основе магнезиального доменного шлака. - Стекло и керамика, № 8, 1975. 23. Дашинский Л.Г. и др. Исследование процессов стеклообразования в железосодержащей шлаковой шихте. - В сб.: Стекло, ситаллы и силикатные материалы. вып. 5, Минск, 1976.

УДК 666.325

Л.А.Жунина, С.Е.Баранцева, Н.М.Журавков

СТЕКЛОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ С ВЫСОКИМИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ И ПРОЧНОСТНЫМИ СВОЙСТВАМИ

Развитие современного приборостроения, вычислительной техники, электроники, техники сверхвысоких частот идет по пути дальнейшего уменьшения габаритов и веса аппаратуры, снижения потребляемой мощности, увеличения прочности и надежности устройств, стабильности параметров. Особенно большое значение приобрели исследования в области применения ситаллов в радиотехнической и электронной промышленности в качестве диэлектриков [1, 2].

Известен ряд ситаллов, полученных на основе стекол различных систем и нашедших применение в вышеуказанных областях. К ним относятся ситаллы с малым коэффициентом линейного расширения на основе кордиерита, β -эвкрипитита, β - сподумена, алюмотитаната; высокотермостойкие ситаллы на основе сподумена и β - эвкрипитита; радиопрозрачные ситаллы на основе цельзиановой, сподуменовой и кордиеритовой систем; твердых растворов ($\text{SrTiO}_3\text{-Bi}_2\text{TiO}_7$) с добавками различных компонентов, а также на основе системы $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-ZnO}$ [1, 3-6].

Система $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-SrO}$ из всех систем типа $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-RO}$ (где RO -

MgO-, SrO, BaO, CaO) являлась до последнего времени наименее изученной, что обуславливалось, по-видимому, относительной дефицитностью SrO. Эта проблема была успешно решена с открытием крупных залежей стронцийсодержащего сырья (целестина), что предоставило широкие возможности для получения стронцийсодержащих материалов и их широкого использования.

Задачей настоящего исследования явилось получение стеклокристаллического материала, сочетающего в себе комплекс свойств: повышенную диэлектрическую проницаемость ($\epsilon = 10-13$) в диапазоне СВЧ, низкие диэлектрические потери ($\text{tg } \delta = (10-20) \cdot 10^{-4}$ в диапазоне СВЧ с повышенной прочностью [$\sigma_{\text{изг}} = (15-20) \cdot 10^7 \text{ Па}$] при относительно низкой плотности ($d = (3,0-3,2) 10^3 \text{ кг/м}^3$).

Исходя из анализа диэлектрических свойств минеральных фаз, в качестве ведущих и основных целесообразно получать рутил, перовскит и титанат стронция со структурой перовскита [1]. Вследствие этого синтез стекла для ситалла проведен на основе системы $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-SrO-CaO}$, модифицированной добавками. Целесообразность выбора указанной системы подтверждена нами с помощью расчета свойств стекол выбранной системы с помощью ЭВМ "Минск-22", в основу которого был положен метод А.А.Аппена.

В результате детальных исследований [8] получен стеклокристаллический материал. Показатели его свойств отражены в табл. 1.

Особый интерес представляют полученные нами температурные и частотные зависимости диэлектрических характеристик, представленные на рис. 1 и 2. Стабильность диэлектрических параметров ситалла (см. рис. 1) позволяет отнести его к ряду радиопрозрачных. Стабильность диэлектрических потерь в интервале частот $10^2\text{-}10^{10}$ Гц дает возможность рекомендовать ситалл в качестве конструкционного материала-диэлектрика [3, 9]. На основании исследования влияния дозы облучения в интервале $10^3\text{-}10^7$ рентген установлено, что разработанный ситалл пригоден для использования в условиях облучения до 10^7 рентген без существенного изменения основных параметров.

Обобщая и анализируя результаты изучения свойств разработанного ситалла, установили, что этот материал сочетает в себе необходимые термо- и частотостабильные диэлектрические свойства с высокой прочностью на изгиб.

Таблица 1. Ведущие свойства ситалла

Свойства	Величина
Плотность, кг/м ³	3224
Микротвердость, 10 ⁷ Н/м ²	798
Предел прочности при изгибе, 10 ⁷ Н/м ²	24÷29
Диэлектрическая проницаемость	
t = 20°C, $\psi = 10^6 \Gamma_{\Pi}$	13,4
$\psi = 10^{10} \Gamma_{\Pi}$	11,5
t = -200°C, $\psi = 10^{10} \Gamma_{\Pi}$	11,4
t = +600°C, $\psi = 10^{10} \Gamma_{\Pi}$	11,6
Тангенс угла диэлектрических потерь ($\text{tg } \delta \cdot 10^4$)	
t = 20°C, $\psi = 10^6 \Gamma_{\Pi}$	8,7
$\psi = 10^{10} \Gamma_{\Pi}$	18
t = -200°C, $\psi = 10^{10} \Gamma_{\Pi}$	19
t = +600°C, $\psi = 10^{10} \Gamma_{\Pi}$	75
Коэффициент теплопроводности, Вт/м·г	2,54
Температуропроводность, м ² /с/10 ⁶	0,68

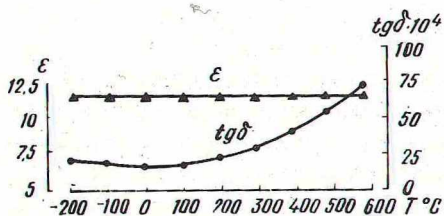


Рис. 1. Температурная зависимость диэлектрических свойств ситалла на СВЧ.

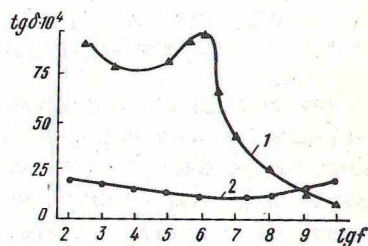


Рис. 2. Частотная зависимость диэлектрических потерь ситаллов: 1 — кордиеритовый ситалл; 2 — ситалл, разработанный авторами.

Вышеперечисленный комплекс свойств наряду с простотой состава стекла и относительной недефицитностью сырьевых материалов делает его конкурентоспособным по отношению к существующим материалам, применяемым в качестве радиопрозрачных и конструкционных в радиотехнической электронной промышленности и других отраслях современной техники.

Л и т е р а т у р а

1. Машкович М.Д. Электрические свойства неорганических диэлектриков в диапазоне СВЧ. М., 1969.
2. Богородицкий Н.П., Пасынков В.В., Тареев Б.М. Электрические материалы. Л., 1969.
3. Бережной А.И. Ситаллы и фотоситаллы. М., 1966.
4. Павлушкин Н.М. Основы технологии ситаллов. М., 1970.
5. Макмиллан П.У. Стеклокерамика, М., 1967.
6. Стуки С.Д. Способ получения керамики и изделий из нее на основе стекла. Пат. США 2920971, 1960.
7. Аппен А.А. Химия стекла. Л., 1974.
8. Жунина Л.А. и др. Структурные и фазовые превращения, протекающие в процессе кристаллизации стекол системы $\text{SiO}_2 - \text{TiO}_2 - \text{SrO} - (\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3)$ - В сб.: Производство и исследование стекла и силикатных материалов, вып. 4. Ярославль, 1974, с.297-302.
9. Каплун В.А. Обтекатели антенн СВЧ. М., 1974, с.3.

УДК 666.117.9.038.8

В.Д.Мазуренко, Л.Г.Дашинский

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ФАЗОВОГО СОСТАВА ПРОДУКТОВ ТЕРМООБРАБОТКИ ШЛАКОВОГО СТЕКЛА МЕТОДАМИ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ И РЕНТГЕНОСТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА

Для получения мономинеральных стеклокристаллических материалов предпочтительнее выбирать состав в поле кристаллизации пироксенов и мелилитов, которые обеспечивают материалам высокую химическую стойкость и износостойкость [1,2] Такие составы могут быть получены в системе $\text{CaO} - \text{MgO} - \text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ на основе отходов металлургических производств, и в частности шлаков цветной металлургии. Использование их для производства шлакоситаллов экономически более выгодно, чем производство других видов продукции из шлаков [3].