

Рис. 1. Содержание фракций по размеру частиц

Как видно из гистограммы, в наибольшем количестве материал содержится фракция 1–2 мм (18 %); затем 0,1–0,25 мм (15 %) и более 3-х мм (14 %).

Исходя из полученных результатов, материал тырса полидисперсный. Может быть использо-

ван в строительстве, производстве отделочных и облицовочных материалов, так как обладает хорошей несущей способностью и является экономически выгодным.

### Список литературы

1. Тырса. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://stroikadialog.ru/articles/otdelka/tyrsa-v-stroitelstve> (дата обращения: 01.12.2022).
2. Что такое Тырса, где и как в строительстве и ремонте используется. [Электронный ресурс] // Режим доступа: [https://zen.ru/media/samostroy/chto-takoe-tyrsa-gde-](https://zen.ru/media/samostroy/chto-takoe-tyrsa-gde-i-kak-v-stroitelstve-i-remonte-ispolzuetsia-5c487a3d8abb3600af9d3a46)
3. ГОСТ 4001–2013. Камни стеновые из горных пород. – Взамен ГОСТ 4001-84; введ. 01.01.2015. – М.: Изд-во стандартов, 2019. – 11 с.

## ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВРЕМЕНИ НА УСЛОВИЯ СМАЧИВАНИЯ СТЕКОЛЬНЫМИ РАСПЛАВАМИ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ

Д. В. Комаров, А. А. Дитц

Научный руководитель – к.т.н. А. А. Дитц

Томский политехнический университет

634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, [dvk66@tpu.ru](mailto:dvk66@tpu.ru)

Одним из этапов в производстве полупроводников является этап нанесения защитного покрытия на р-п переход, которое обеспечивает его защиту от действий внешних вредных факторов. Покрытие может иметь различную природу: органические лаки, осаждение оксидной (нитридной) пленки из газовой фазы, неорганические стекла. Наиболее перспективными являются покрытия из неорганических стекол.

На сегодняшний день на рынке России, к сожалению, отсутствуют отечественные решения. Поэтому важно в рамках политики импортозамещения разработать собственные аналоги зарубежных стёкол для обеспечения технологической независимости.

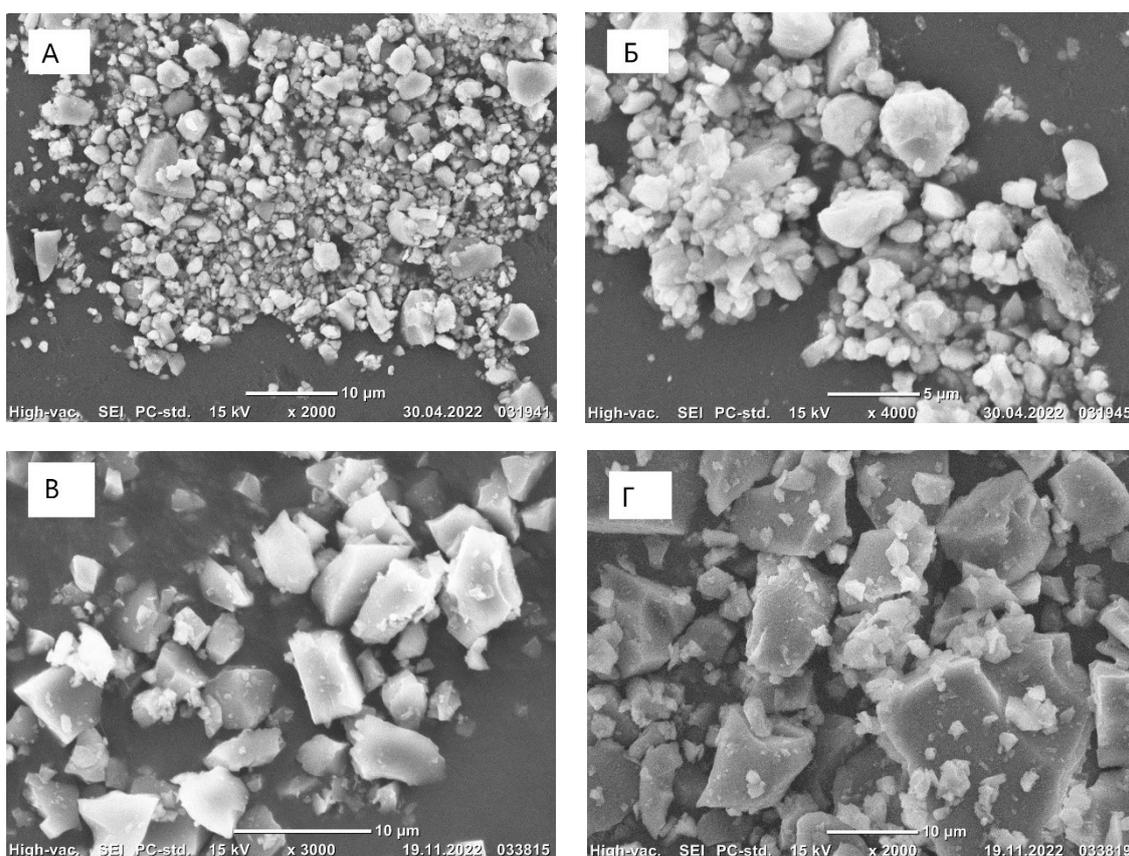
В работе предложен состав в системе  $\text{SiO}_2\text{--B}_2\text{O}_3\text{--R}_2\text{O}$  (G1) который отвечает основным требованиям, предъявляемым к покрытию. В качестве образца сравнения использовали стекло зарубежного производства (Schott, марка К6). Перед проведением испытаний был проведён анализ стекол. Определялись: истинная плотность пикнометрическим методом, площадь удельной поверхности частиц определялась на приборе ПСХ-2 [1], рассчитывали средний диаметр частиц [2], определяли морфологию частиц – методом РЭМ, химическая стойкость (гидролитический класс) методом порошка, химический состав – рентгеновским методом. Мето-

**Таблица 1.** Физико-химические свойства исследуемых стёкол

Шифр стекла	$\rho_{\text{ист}}$ , г/см <sup>3</sup>	$d_{\text{ср}}$ , мкм	S, см <sup>2</sup> /г	Гидролитический класс
K6	3,20±3,30	3,78	4849,00	I
G1	2,42±2,70	2,86	8274,32	II

**Таблица 2.** Химический состав стёкол, % мас

Шифр стекла	SiO <sub>2</sub>	PbO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	MoO <sub>3</sub>	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Сумма
K6	42,54	40,44	16,35	–	–	–	0,30	0,22	0,15	100,00
G1	74,80	–	1,40	18,00	4,20	1,60	–	–	–	100,00

**Рис. 1.** Микрофотографии стеклянных порошков а, б) – порошка марки К-6, в, г) – порошка марки G1

дика определения угла смачивания и описание установки изложены в [3].

Полученные в результате анализа физико-химические параметры стёкол приведены в таблице 1.

Согласно данным рентгенофазового анализа, оба образца хорошо проварились, на дифрактограмме отсутствуют рефлексы кристаллических фаз.

В таблице 2 представлен химический состав стекла, определенный методом РФСА на установке X-Supreme 8000. Составы стекла получены в разных стеклообразующих системах. Пред-

ложенный в работе состав выгодно отличается, поскольку не содержит оксида свинца, который является токсичным материалом.

На рисунке 1 представлены микроснимки стеклянных порошков образцов после помола. Согласно данным РЭМ, частица стекла марки К-6 имеют более округлую (окатанную) форму.

**Выводы:** в ходе работы был предложен состав стекла в системе SiO<sub>2</sub>–B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–R<sub>2</sub>O. Определены основные свойства стекол. Стекло предложенного состава G1 по многим характеристикам не уступает зарубежным стеклам.

## Список литературы

1. Вакалова Т. В. *Практикум по основам технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов.* – Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – 176 с.
2. Грег С. *Адсорбция, удельная поверхность, пористость.* – М.: Мир, 1984. – 306 с.
3. Тарновский Р. В., Дитц А. А. // *Материалы и технологии новых поколений в современном материаловедении, 2016.* – С. 332.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ТОЛСТОСТЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ КВАРЦЕВОЙ КЕРАМИКИ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОФОРЕТИЧЕСКОГО ФОРМОВАНИЯ

К. А. Конкина, Е. В. Маслова

Научный руководитель – к.т.н., начальник лаборатории А. А. Анашкина

Обнинское научно-производственное предприятие «Технология» им. А. Г. Ромашина  
249031, Калужская область, г. Обнинск, Киевское ш., д.15, info@technologiya.ru

Перспективным материалом в получении радиопрозрачных и термостойких изделий является кварцевая керамика, которая характеризуется высокой термической стойкостью и стабильными диэлектрическими свойствами в широком интервале температур. Классическим способом получения изделий из кварцевой керамики является метод шликерного литья в пористые формы из гипса [1]. Однако данный метод для производства толстостенных заготовок имеет свои недостатки: длительность процесса формования, не равномерное распределение физико-механических свойств материала по объёму заготовки [2].

Одним из способов решения данных проблем является изменение технологии получения заготовок – поиск альтернативы традиционному шликерному литью.

В настоящей работе была исследована возможность формования с помощью электрофореза толстостенных изделий из шликера на основе кварцевого стекла.

Выбор был остановлен на электрофоретическом формовании по ряду причин: небольшая длительность формования; равномерность распределения основных свойств: кажущаяся плотность и открытая пористость; недорогостоящая оснастка; нетрудоемкий процесс формования.

Принципиальная схема установки представлена на рис. 1. На полученной заготовке толщиной 70 мм и высотой 50 мм (межэлектродное расстояние) были определены основные свойства, представленные в табл. 1 в сравнении с традиционным шликерным литьем.

Свойства заготовки, полученные электрофоретическим формованием, сравнимы с образца-

ми шликерного литья. Длительность формования удалось сократить почти в 21 раз. Значение плотности фрагментов заготовки (1,96–1,99 г/см<sup>3</sup>) свидетельствует о высоком уровне равномерности свойств материала заготовки.

Результаты данной работы указывают на правильный выбор направления исследования для формования толстостенных заготовок и перспективу дальнейших исследований, которые будут направлены на подбор оптимальных параметров формования для разработки технологии изготовления толстостенных заготовок из кварцевой керамики с применением электрофоретического формования.

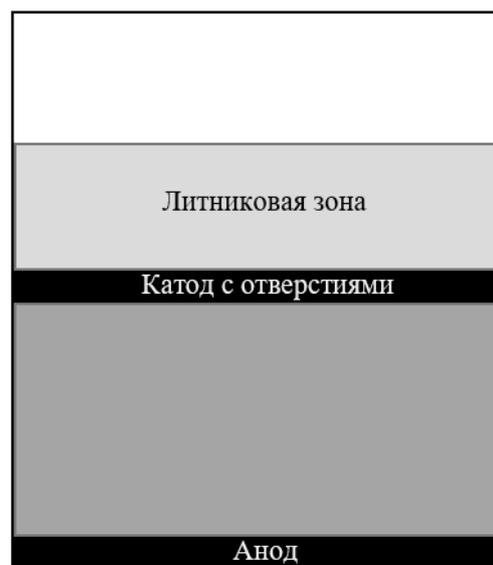


Рис. 1. Схема установки для электрофоретического формования