

Рентгеноструктурные исследования показали, что все составы серии  $\text{Sr}_{1-x}\text{Ln}_x\text{TiO}_3$  (Ln: La, Pr; x: 0,05; 0,075; 0,1) кристаллизуются в структуре перовскита и характеризуются кубической элементарной ячейкой (пространственная группа  $\text{Pm}\bar{3}\text{m}$ ).

Список использованных источников

1. Lin, Y.H. Oxide Thermoelectric Materials / Y.H. Lin, J. Lan, C. Nan // Wiley-VCH. – 2019.

2. Kovalevsky, A.V. Towards a high thermoelectric performance in rare-earth substituted  $\text{SrTiO}_3$ : effects provided by strongly reducing sintering conditions / A.V. Kovalevsky, A.A. Yaremchenko, S. Populoh, P. Thiel, D.P. Fagg, A. Weidenkaff, J. R. Frade // Phys. Chem. – 2014. – 16. – pp 26946–26954.

3. Koumoto, K. Oxide thermoelectric materials: a nanostructuring approach / K. Koumoto, Y. Wang, R. Zhang, A. Kosuga, R. Funahashi, // Annual review of materials research. – 2010. – 40. – pp 363–394.

**Сергиевич О.А.<sup>1</sup>, к.т.н., Дятлова Е.М.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,  
Шевченко А.А.<sup>2</sup>, к.ф.-м.н., доцент,**

**<sup>1</sup>Учреждение образования «Белорусский государственный  
технологический университет», г. Минск,**

**<sup>2</sup>Учреждение образования «Белорусский государственный  
аграрный технический университет», г. Минск**

**КЕРАМИЧЕСКИЕ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ  
МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ УСТАНОВОК АПК**

Электроизоляционные материалы в зависимости от областей применения и конструкции подразделяют на линейные (подвесные, стержневые, штырьевые), стационарные (опорные, опорно-штырьевые, стержневые, проходные и др.). Керамические (фарфоровые) изоляторы используются для изоляции и крепления проводов на воздушных линиях электропередач и в распределительных устройствах электростанций, подстанций. В АПК к электроизоляционным материалам предъявляют высокие требования по механической прочности, стойкости к термоударам и теплопроводности. При эксплуатации в условиях высоких температур (свыше 1000 °С), агрессивных сред и ионизирующих излучений керамические изоляторы являются единственно пригодными [1].

Таким образом, представляет научно-практический интерес получение электроизоляционных материалов на основе системы  $Al_2O_3-SiO_2-R_xO_y$  с использованием модификаторов ( $CaO$ ,  $MgO$ ,  $SrO$ ,  $BaO$ ,  $CaF_2$ ), способствующих активации процессов спекания и фазообразования.

Основной целью данной работы является разработка составов и технологических параметров получения керамических электроизоляционных материалов на основе промышленных порошков оксидов, природных минеральных веществ и наполнителей, а также исследование их эксплуатационных характеристик.

На основании литературных данных [1] установлено, что для синтеза электроизоляционных изделий представляет интерес корундовая или высокоглиноземистая керамика с содержанием  $Al_2O_3$  не менее 70 %. В качестве исходных сырьевых материалов использовались, %: глина огнеупорная Веселовского месторождения (ТУ 14.2-00282049-001-2002), технический глинозем ГК-2 (ГОСТ 30998), карбонат бария (ГОСТ 2149), карбонат стронция (ТУ 95-2326), карбонат магния (ГОСТ 6419), борная кислота ( $H_3BO_3$ ) (ГОСТ 18704), фтористый кальций ( $CaF_2$ ) и химические реактивы (марки х.ч.). Опытные образцы изготавливались традиционным методом полусухого двухступенчатого прессования при давлении 20–30 МПа с последующей сушкой и обжигом в электрической печи в температурном интервале 1325–1375°C и выдержкой 1 ч.

Результаты измерения физико-химических свойств (водопоглощения,  $V$ , %, открытой пористости  $\Pi_o$ ,% и кажущейся плотности  $\rho$ ,  $кг/м^3$ ) опытных образцов при различных температурах обжига представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели физико-химических свойств образцов

Индекс состава	Температура обжига, °C								
	1325			1350			1375		
	$V$ , %	$\Pi_o$ , %	$\rho$ , $кг/м^3$	$V$ , %	$\Pi_o$ , %	$\rho$ , $кг/м^3$	$V$ , %	$\Pi_o$ , %	$\rho$ , $кг/м^3$
1	12,26	28,74	2343,7	0,08	1,55	2573,1	0,36	0,98	2036,9
2	15,14	35,11	2228,3	0,09	0,64	2328,3	0,42	1,06	2682,2
3	9,6	24,16	2319,5	0,15	0,37	2529,0	0,17	0,43	2664,9
4	15,35	27,71	1803,8	3,88	9,16	1995,0	0,54	1,34	2365,3
5	13,89	41,73	1941,3	9,4	16,73	1941,3	5,04	10,77	2265,4
6	24,31	45,79	1883,5	11,2	22,19	1982,6	8,06	20,06	2089,4

Анализируя полученные результаты установлено, введение модифицирующей добавки SrO снижает водопоглощение, а BaO незначительно повышает данный показатель.

Для всех составов характерно резкое снижение значения водопоглощения при повышении температуры обжига с 1325 до 1350 °С с увеличением количества расплава. Характерно резкое снижение значений открытой пористости при 1350 °С с дальнейшим небольшим увеличением при 1375 °С.

Средние значения показателей температурного коэффициента линейного расширения синтезированных при 1350 °С образцов при температуре измерения 300 °С составили  $(4,6-5,8) \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$ .

Исследования на химическую стойкость опытных образцов показали их хорошую устойчивость к химическим воздействиям  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и NaOH. Следует отметить, что опытные образцы противостоят воздействию щелочи лучше (98,4–99,8%), чем кислоты (96,1–99,2%). Образцы с BaO имеют более высокую химическую устойчивость.

Рентгенофазовый анализ синтезированных при 1350 °С опытных образцов проводился на рентгеновском дифрактометре D8 ADVANCE фирмы «Bruker» (Германия). Фазовый состав образца оптимального состава представлен кристаллическими фазами корунда ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) и муллита ( $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ), при этом муллита содержится намного меньше, чем корунда, обеспечивающего высокую химическую стойкость, твердость, механическую прочность и огнеупорность.

Оптические снимки поверхности опытных образцов исследовались с помощью оптического микроскопа со встроенной аналогово-цифровой фотокамерой Leica DFC 280 (Германия). Для получения снимков были взяты образцы оптимального состава, обожженные при температурах 1325 и 1375 °С (рисунок 1).

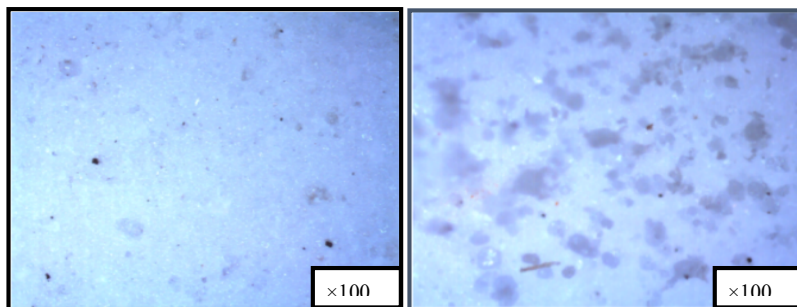


Рисунок 1 – Оптическое изображение поверхности образцов оптимального состава, синтезированных при 1325 (а) и 1375 °С (б)

На рисунке 1 видно, что структура опытных образцов однородна, отчетливо видны кристаллы кварца и железосодержащих фаз.

Разработанные электроизоляционные керамические материалы оптимального состава характеризуются следующими свойствами: водопоглощением 0,15–9,2 %, открытой пористостью 0,37–24,1 %, кажущейся плотностью 2319,5–2529,0 кг/м<sup>3</sup>, температурным коэффициентом линейного расширения при 300 °С –  $(4,6–5,8) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ , химической устойчивостью к щелочам – (98,4–99,8) %, к кислотам – (96,1–99,2) %, удельном объемным электрическим сопротивлением при 100 °С –  $10^{13}–10^{14} \text{ Ом} \cdot \text{см}$ , пробивной напряженностью 30–34 кВ/мм,  $T_E$  – 790–840 °С.

Список использованных источников

1. Масленникова, Г.Н. Технология электрокерамики / Г.Н. Масленникова. – М. : «Энергия», 1974 – 224 с.

**Слонская С.В., к.х.н., доцент; Лубинский Н.Н., к.х.н.  
Белорусский государственный аграрный технический  
университет, Минск, Республика Беларусь  
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ  
ТВЕРДОГО РАСТВОРА ОРТОФЕРРИТА  $\text{SrFeO}_{3-\delta}$**

Ферриты типа  $\text{RFeO}_3$ , где R- ионы  $\text{Y}^{3+}$ ,  $\text{La}^{3+}$  и других редкоземельных элементов, кристаллизуются в структуре искаженного перовскита. В литературе, особенно в области физики магнитных явлений, их часто называют ортоферритами, рассматривая как соли ортокислоты  $\text{H}_3\text{FeO}_3$ . Наиболее подробно изучены их кристаллическая структура, магнитные и электрические свойства. Установлено, что ортоферриты редкоземельных элементов обладают слабым ферромагнетизмом. Они являются неколлинеарными антиферромагнетиками, температуры Нея которых заключены в интервале 620–720 К. У некоторых из них при определенной температуре происходит спин-переориентационный переход, т.е. изменение оси легкого намагничивания от оси *a* к оси *c*, или переориентационный переход от слабоферромагнитного состояния в антиферромагнитное состояние (переход типа Морина). Некоторое время считалось, что наличие самопроизвольной намагниченности у ортоферритов редкозе-