

УДК 538.951  
DOI: 10.7868/S25000640240404

## О ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ НИОБАТНЫХ СЕГНЕТОПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРИБОРОВ СВЧ-ТЕХНИКИ

© 2024 г. **И.П. Раевский**<sup>1</sup>, С.И. Дудкина<sup>1</sup>, Е.В. Глазунова<sup>1</sup>, К.П. Андрияшин<sup>1,2</sup>,  
И.А. Вербенко<sup>1</sup>, Л.А. Резниченко<sup>1</sup>, А.А. Нестеров<sup>3</sup>, А.В. Юдин<sup>4</sup>

**Аннотация.** Рассмотрены условия формирования одной из важнейших характеристик механических свойств – прочности ниобатных сегнетопьезокерамических материалов, предназначенных для использования в СВЧ-технике. Варьированием качественно-количественного состава засыпки, применяемой в методе горячего прессования, возможно повысить механическую прочность спекаемых материалов, снизив при этом температуру их обжига и сохранив уровень диэлектрических и пьезоэлектрических свойств. В качестве основы используемой засыпки применен оксид алюминия, химически инертный по отношению к материалу пресс-формы, обладающий более высокой температурой спекания по сравнению с образцами сегнетопьезокерамических материалов, способствующий сохранению их стехиометрии. Добавками к  $Al_2O_3$  служат карбонаты щелочноземельных металлов (бария, кальция, стронция), вводимые в  $Al_2O_3$  в количествах 5–30 мас. %. Проанализирован бессвинцовый экологически чистый функциональный материал ПКР35, разработанный на основе бинарной системы ниобатов натрия – лития и обладающий низкой диэлектрической проницаемостью, достаточно высокими пьезокоэффициентами и скоростью звука, что делает его перспективным для применения в СВЧ-технике. Использование в процессе горячего прессования засыпок из оксида алюминия с введенными в него карбонатами щелочноземельных металлов в количестве 25–30 мас. % приводит к повышению механической прочности, при этом снижается температура спекания изготавливаемого материала (в зависимости от качественно-количественного состава засыпки) при сохранении низких значений относительной диэлектрической проницаемости и высоких значений скорости звука. Дано научное истолкование процессов, происходящих при получении подобных материалов в предлагаемых засыпках.

**Ключевые слова:** ниобаты щелочных металлов, метод горячего прессования, засыпка, керамические материалы, механическая прочность.

### ON THE POSSIBILITY OF INCREASING THE MECHANICAL STRENGTH OF NIOBATE FERROPIEZOCERAMIC MATERIALS FOR THE DEVELOPMENT OF MICROWAVE DEVICES

**I.P. Raevskii**<sup>1</sup>, S.I. Dudkina<sup>1</sup>, E.V. Glazunova<sup>1</sup>, K.P. Andryushin<sup>1,2</sup>,  
I.A. Verbenko<sup>1</sup>, L.A. Reznichenko<sup>1</sup>, A.A. Nesterov<sup>3</sup>, A.V. Yudin<sup>4</sup>

**Abstract.** The article considers the conditions for the formation of one of the most important characteristics of mechanical properties – the strength of niobate ferroelectric piezoceramics intended for use in microwave technology. It is shown that by varying the qualitative and quantitative composition of the filling used

<sup>1</sup> Научно-исследовательский институт физики Южного федерального университета (Research Institute of Physics of the Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344090, г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки, 194, e-mail: s.i.dudkina@yandex.ru

<sup>2</sup> Комплексный научно-исследовательский институт имени Х.И. Ибрагимова РАН (Comprehensive Research Institute named after H.I. Ibragimov of the Russian Academy of Sciences, Grozny, Russian Federation), Российская Федерация, 364051, г. Грозный, Старопромисловское шоссе, 21

<sup>3</sup> Химический факультет Южного федерального университета (Faculty of Chemistry of the Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344090, г. Ростов-на-Дону, ул. Зорге, 7

<sup>4</sup> Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова (South Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platov, Novocherkassk, Russian Federation), Российская Федерация, 346428, Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132

in the hot pressing method, it is possible to increase the mechanical strength of sintered materials, while reducing their firing temperature and maintaining the level of dielectric and piezoelectric properties. The backfill used is based on aluminum oxide, which is chemically inert to the press-mold material and has a higher sintering temperature compared to the samples of ferroelectric piezoceramic materials, helping to maintain their stoichiometry. Additives to  $\text{Al}_2\text{O}_3$  include carbonates of alkaline earth metals (barium, calcium, strontium), introduced into  $\text{Al}_2\text{O}_3$  in quantities of 5–30 mass %. The analysis was carried out on the lead-free environmentally friendly functional material PKR35, developed on the basis of the binary system of sodium-lithium niobates and possessing low dielectric constant, sufficiently high piezoelectric coefficients and sound speed, which makes it promising for applications in microwave technology. It has been shown that the use of aluminum oxide backfill with alkaline earth metal carbonates introduced into it in an amount of 25–30 mass % in the hot pressing process leads to an increase in mechanical strength, while the sintering temperature of the manufactured material decreases (depending on the qualitative and quantitative composition of the backfill) at the same time maintaining low values of relative permittivity and high values of the speed of sound. A scientific interpretation is given of the processes occurring during the production of such materials in the proposed backfills. A conclusion is made on the advisability of taking into account the results obtained in the work when developing similar materials and devices based on them.

**Keywords:** alkali metal niobates, hot pressing method, backfill, ceramic materials, mechanical strength.