Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный университет»

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
ИЗУЧЕНИЯ КЛАСТЕРОВ,
НАНОСТРУКТУР
И НАНОМАТЕРИАЛОВ**

МЕЖВУЗОВСКИЙ СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

выпуск 10

ТВЕРЬ 2018

УДК 620.22:544+621.3.049.77+539.216.2:537.311.322: 530.145

ББК Ж36:Г5+В379

Ф50

Рецензирование статей осуществляется на основании Положения о рецензировании статей и материалов для опубликования в Межвузовском сборнике научных трудов «Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов».

Официальный сайт издания в сети Интернет:

www.physchemaspects.ru

Ф50 Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов [Текст]: межвуз. сб. науч. тр. / под общей редакцией В.М. Самсонова, Н.Ю. Сдобнякова. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2018. – Вып. 10. – 708 с.

ISBN 978-5-7609-1395-1

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций, свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС 7747789 от 13.12.2011.

Сборник составлен из оригинальных статей теоретического и экспериментального характера, отражающих результаты исследований в области изучения физико-химических процессов с участием кластеров, наноструктур и наноматериалов физики, включая межфазные явления и нанотермодинамику. Сборник предназначен для научных и инженерно-технических работников, преподавателей ВУЗов, студентов и аспирантов. Издание подготовлено на кафедре общей физики Тверского государственного университета.

УДК 620.22:544+621.3.049.77+539.216.2:537.311.322: 530.145

ББК Ж36:Г5+В379

ISBN 978-5-7609-1395-1

ISSN 2226-4442

© Коллектив авторов, 2018

© Тверской государственной
университет, 2018

УДК 544.015.4; 537.226.4

**МИКРОСТРУКТУРА, ФАЗОВЫЕ СОСТОЯНИЯ,
ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И УПРУГИЕ СВОЙСТВА КЕРАМИЧЕСКИХ
ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $Li_{0,17}Na_{0,83}Nb_yTa_{1-y}O_3$, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ
ВЫСОКОМ ДАВЛЕНИИ**

В.В. Ефремов¹, О.Б. Щербина¹, Ю.В.Радюш², М.Н. Палатников¹

¹Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья
им. И. В. Тананаева – обособленное подразделение ФГБУН Федерального
исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук»
184029, Мурманская область, Апатиты, Академгородок, д. 26 а

²ГНПО «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по
материаловедению»

220072, Беларусь, Минск, ул. П. Бровки, 19
efremov@chemy.kolasc.net.ru

DOI: 10.26456/pcascnn/2018.10.252

Аннотация: Исследованы особенности микроструктуры и упругие свойства сегнетоэлектрических керамических твердых растворов $Li_{0,17}Na_{0,83}Nb_yTa_{1-y}O_3$ со структурой перовскита, полученных методом термобарического синтеза при высоком давлении и температурах. Методом импеданс-спектроскопии впервые исследованы электрические характеристики и фазовые состояния серии сегнетоэлектрических твердых растворов $Li_{0,17}Na_{0,83}Nb_yTa_{1-y}O_3$ ($y = 0,1-0,5$) при высоких давлениях. Обнаружены аномалии на $\varepsilon'(T)$ и $\sigma_{sv}(T)$ зависимостях связанные с фазовыми переходами в исследуемых керамических образцах. Определены: значения статических удельных проводимостей в зависимости от температуры, энтальпии активации носителей заряда. Обнаружено, что $Li_{0,17}Na_{0,83}Nb_{0,1}Ta_{0,9}O_3$ является высокотемпературным супериоником.

Ключевые слова: твердые сегнетоэлектрические растворы высокого давления, микроструктура, модуль Юнга, импеданс-спектроскопия, диэлектрическая проницаемость, электропроводность.

1. Введение

Структурный тип перовскита твердых растворов (ТР) $Li_xNa_{1-x}Ta_yNb_{1-y}O_3$ допускает возможность различных деформаций структуры, что определяет сложность и многообразие свойств, большое количество концентрационных фазовых переходов (ФП), в том числе сегнето- и антисегнетоэлектрической природы, а также наличие морфотропных областей [1-3]. Синтез перовскитных твердых растворов при высоких давлениях (ВД) позволяет повысить степень микроднородности и увеличить диапазон взаимной растворимости компонентов в ограниченных твердых растворах [4-7]. При этом, характер упорядочения структурных единиц твердого раствора может качественно измениться вследствие повышения степени структурного порядка в особых концентрационных точках, а количество таких точек увеличиться

вследствие расширения концентрационного интервала взаимной растворимости компонентов.

2. Экспериментальная часть

В настоящей работе синтез керамических сегнетоэлектрических (СЭ) ТР $Li_{0,17}Na_{0,83}Nb_yTa_{1-y}O_3$ ($y = 0,1-0,5$) осуществлялся последовательно: синтез при атмосферном давлении (по обычной керамической технологии) и термобарический синтез при высоком давлении. Синтез под ВД осуществлялся на прессовой установке ДО 138А под давлением $P = 6$ ГПа и температуре $T = 1400-1800$ К. Время синтеза составляло 3 минуты. Более детально с условиями синтеза можно ознакомиться в работах [2,6,7].

С помощью СЭМ Hitachi S-4100 и анализатора изображений Tixomet^R, оснащенного программным модулем «Размер зерна», исследовалась микроструктура керамических образцов ТР ВД $Li_{0,17}Na_{0,83}Nb_yTa_{1-y}O_3$. Упругие свойства ТР ВД изучались с использованием зондового микроскопа-нанотвердомера «НАНОСКАН».

Электрофизические свойства ТР ВД изучались с помощью импедансметра Solartron-1260.

3. Результаты и обсуждение

Микроструктура керамики $Li_{0,17}Na_{0,83}Nb_{0,5}Ta_{0,5}O_3$ морфологически неоднородна (см. рис. 1 а), состоит из зерен изоморфной формы с элементами огранки, присущими перовскитной структуре, допускающей существование ромбической и ромбоэдрической симметрии элементарной ячейки. Внешний габитус отдельных зерен определяется наличием метастабильных морфотропных ромбических фаз разной симметрии ($P(Pbcm)$ и $R(Rcmm)$) и возможностью их необратимого перехода в стабильную ромбоэдрическую модификацию Rh с симметрией ($R3c$) [2].

На фоне среднезернистой массы (около 21 мкм^2) выделяются отдельные крупные кристаллиты размером более 60 мкм^2 .

Наличие микротрещин и пор между зернами говорит о повышенной хрупкости материала, что характерно для всех образцов ТР с большим содержанием тантала, полученных при температуре спекания 1800 К.

Исследование упругих свойств разупорядоченных ТР ВД $Li_{0,17}Na_{0,83}Ta_yNb_{1-y}O_3$ показало, что тенденция уменьшения величины модуля Юнга с увеличением температуры спекания сохраняется для ТР, содержащих большее количество тантала (см. рис. 1 б). В области концентраций тантала $y \sim 0,1$ наблюдается заметная аномалия концентрационной зависимости модуля Юнга, что, по-видимому, связано с наличием в этой области концентрационного структурного перехода.

Рис. 1. а – микроструктура ТР ВД $Li_{0.17}Na_{0.83}Nb_{0.5}Ta_{0.5}O_3$ (6 ГПа, 1800 К), б – зависимость величины модуля Юнга от содержания тантала в керамических ТР ВД $Li_{0.17}Na_{0.83}Ta_yNb_{1-y}O_3$, спеченных при различных температурах.

Для изучения диэлектрических свойств и проводимости исследована дисперсия комплексного импеданса в диапазоне частот $0,1-10^7$ Гц в режиме ступенчатого нагрева (геометрия плоского конденсатора, электроды Pt), с помощью Solartron-1260. Методика обработки данных позволила корректно разделить вклады различных физико-химических процессов [8].

В работе исследована дисперсия комплексного импеданса $Z^*(\omega)$ СЭ ТР $Li_{0.17}Na_{0.83}Nb_yTa_{1-y}O_3$ ($y=0,1-0,5$) в интервале температур (от комнатной до ~ 800 К), включающим область СЭ ФП. Для каждого из исследуемых образцов были проведены до восьми непрерывных циклов измерений: нагрев – охлаждение. По измеренным значениям Z и φ рассчитаны значения комплексной диэлектрической проницаемости, температурные зависимости реальных частей которых приведены на рис. 2.

На температурных зависимостях $\varepsilon'(T)$ (см. рис. 2) обнаруживаются аномалии в виде максимумов в высокотемпературной области. Это связано с тем, что образец претерпевает СЭ ФП, предположительно II-го рода. С увеличением в СЭ ТР $Li_{0.17}Na_{0.83}Nb_yTa_{1-y}O_3$ концентрации Ta температура Кюри закономерно снижается, причем снижение температуры Кюри для СЭ ТР $Li_{0.17}Na_{0.83}Nb_{0.5}Ta_{0.5}O_3$ составляет почти 300 градусов в сравнении с СЭ ТР $Li_{0.17}Na_{0.83}Nb_{0.1}Ta_{0.9}O_3$ (см. рис. 2).

При комнатной температуре у СЭ ТР $Li_{0.17}Na_{0.83}Nb_yTa_{1-y}O_3$ ($y=0,1-0,5$) также обнаруживаются аномалии в виде резкого падения реальной части диэлектрической проницаемости на фоне увеличения глубины дисперсии ε' с каждым новым циклом измерения. Вероятно, данная аномалия связана с сосуществованием метастабильных ромбических фаз разной симметрии

и возможностью структурного ФП, что согласуется с результатами исследования микроструктуры образца и его упругих характеристик.

На $Z'Z''$ -диаграммах в соответствии с тем, что электропроводность вносит вклад в диэлектрический отклик [9-10], наблюдается падение электропроводности с увеличением температуры (см. рис. 3).

Диаграммы импеданса для каждого образца во всем исследованном температурном диапазоне были качественно подобны (см. рис. 3). При экстраполяции дуги полуокружностей до пересечения с осью абсцисс, были определены значения реальной части импеданса, обусловленной объемной ионной проводимостью образца. Частоту $\omega_{\max}$, соответствующую максимуму на дугах окружностей, связывают с наиболее вероятным временем релаксации τ соотношением $\omega_{\max}\tau = 1$.

Рис. 2. Температурная зависимость реальной части диэлектрической проницаемости: а – $Li_{0,17}Na_{0,83}Nb_{0,1}Ta_{0,9}O_3$, б – $Li_{0,17}Na_{0,83}Nb_{0,2}Ta_{0,8}O_3$, в – $Li_{0,17}Na_{0,83}Nb_{0,4}Ta_{0,6}O_3$, г – $Li_{0,17}Na_{0,83}Nb_{0,5}Ta_{0,5}O_3$.

В области низких частот наблюдается релаксационный процесс, характеризующий электрические свойства приконтактных областей

исследуемой керамики. Наличие этих низкочастотных релаксационных процессов является следствием образования двойного электрического слоя вблизи электродов. Поскольку релаксация процесса ионной миграции протекает достаточно медленно, этот вклад в импедансе доминирует при низких частотах.

Рис. 3. Диаграммы комплексного импеданса СЭ ТР $Li_{0,17}Na_{0,83}Nb_{0,1}Ta_{0,9}O_3$: а – 294 К, б – 300 К, в – 315 К.

Из анализа полученных диаграмм импеданса (в приближении $\omega \rightarrow 0$) были рассчитаны значения удельной статической проводимости σ_{sv} , характеризующие процесс ионного транспорта в объеме образца.

Зависимость $\sigma_{sv}(T)$ удовлетворяет закону Аррениуса. На $\sigma_{sv}(T)$ зависимостях для СЭ ТР $Li_{0,17}Na_{0,83}Nb_{0,1}Ta_{0,9}O_3$ и $Li_{0,17}Na_{0,83}Nb_{0,2}Ta_{0,8}O_3$ обнаруживаются изломы с изменениями величин энтальпий активации носителей заряда (см. рис. 4 а, 4 б).

Температуры, на которых наблюдаются изломы, совпадают с температурами, на которых наблюдаются аномалии реальной части диэлектрической проницаемости и связаны с тем, что образцы претерпевают СЭ ФП. Следует отметить что, для СЭ ТР $Li_{0,17}Na_{0,83}Nb_{0,1}Ta_{0,9}O_3$ в области температур ~ 650 К (см. рис. 4 а) обнаруживается еще один излом на зависимости $\sigma_{sv}(T)$, не связанный, как излом при ~ 720 К с основной аномалией на температурной зависимости диэлектрической проницаемости (см. рис. 1 а и рис. 4 а). По всей видимости данная аномалия электрофизических свойств обусловлена тем, что образец претерпевает структурный ФП $P \leftrightarrow R$, который в соединениях на основе ниобата натрия происходит при $\sim 620-640$ К [11-12].

Рис. 4. Температурные зависимости статической удельной проводимости СЭ ТР: а – $Li_{0,17}Na_{0,83}Nb_{0,1}Ta_{0,9}O_3$, б – $Li_{0,17}Na_{0,83}Nb_{0,2}Ta_{0,8}O_3$.

Для всех образцов по температурным зависимостям статической удельной проводимости в исследованном температурном интервале были установлены величины энтальпии активации H_a носителей заряда. Величины H_a для образцов $Li_{0,17}Na_{0,83}Nb_{0,1}Ta_{0,9}O_3$ и $Li_{0,17}Na_{0,83}Nb_{0,2}Ta_{0,8}O_3$ в СЭ фазе превышают 1 эВ (см. рис. 4 а, 4 б), что характерно для объемной ионной проводимости. Для образцов СЭ ТР с большей концентрацией тантала ($y=0,4$ и $0,5$) величины H_a для СЭ фазы установить не удалось вследствие низкой проводимости в данном температурном диапазоне и

особенностей используемого оборудования.

Выше температуры СЭ ФП $H_a < 1$ эВ. Особенно сильное уменьшение H_a выше 740 К наблюдается для СЭ ТР $Li_{0,17}Na_{0,83}Nb_{0,1}Ta_{0,9}O_3$ и составляет $H_a \approx 0,48$ эВ, что характерно для суперионной проводимости [5]. Данный образец, к тому же, обладает достаточно высокой электропроводностью при $T > 740$ К (см. рис. 4 а). Сопоставляя данные по электропроводности и энтальпии активации носителей заряда, можно предположить, что исследуемый СЭ ТР $Li_{0,17}Na_{0,83}Nb_{0,1}Ta_{0,9}O_3$ переходит в состояние с суперионной проводимостью, что хорошо соотносится с данными работ [2, 6, 7]. Геометрические условия для ионного транспорта в соединениях типа ABO_3 наиболее благоприятны для А-катионов и суперионная проводимость в СЭ ТР $Li_xNa_{1-x}Nb_yTa_{1-y}O_3$ со структурой перовскита может осуществляться только ионами лития малого радиуса [2].

4. Заключение

Исследованы микроструктура и упругие свойства керамических СЭ ТР ВД $Li_{0,17}Na_{0,83}Nb_yTa_{1-y}O_3$ со структурой перовскита. Керамика ТР ВД $Li_{0,17}Na_{0,83}Nb_yTa_{1-y}O_3$ состоит из зерен изоморфной формы с элементами огранки, присущими перовскитной структуре, допускающей существование ромбической и ромбоэдрической симметрии элементарной ячейки. Обнаружено, что увеличение температуры термобарического синтеза керамики ВД $Li_{0,17}Na_{0,83}Nb_yTa_{1-y}O_3$ приводит к уменьшению величины модуля Юнга, что, по-видимому, связано с особенностями перекристаллизации разупорядоченных ТР в условиях синтеза при ВД.

Впервые исследованы электрические характеристики и фазовые состояния серии СЭ ТР ВД $Li_{0,17}Na_{0,83}Nb_yTa_{1-y}O_3$ ($y = 0,1-0,5$). Установлено, что образцы претерпевают СЭ ФП, предположительно II-го рода при этом с увеличением концентрации Та температура Кюри закономерно снижается. Обнаружено, что исследуемые СЭ ТР в области комнатной температуры претерпевают ФП природа которого однозначно не установлена, но предположительно связана с ФП $N \leftrightarrow Q$. Определены значения статических удельных проводимостей СЭ ТР в зависимости от температуры и энтальпии активации носителей заряда. Обнаружено, что СЭ ТР $Li_{0,17}Na_{0,83}Nb_{0,1}Ta_{0,9}O_3$ переходит в состояние с суперионной проводимостью в высокотемпературной области.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 18-33-00099).

Библиографический список:

1. **Hardiman, B.** Hot pressing of sodium lithium niobate ceramic with perovskite-type structures / B. Hardiman, R.M Henson., C.P. Peeves, R.R. Zeyfand // *Ferroelectrics*. – 1976. – V. 12. – I. 1. – P. 157-159.
2. **Палатников, М.Н.** Сегнетоэлектрические твердые растворы на основе оксидных соединений ниобия и тантала / М.Н. Палатников, Н.В. Сидоров, В.Т. Калинин. – СПб.: Наука, 2001. – 304 с.
3. **Резниченко, Л.А.** Исследование морфотропных областей в системе твердых растворов $NaNbO_3 - LiNbO_3$ / Л.А. Резниченко, Л.А. Шилкина // *Известия Академии наук СССР. Серия физическая*. – 1975. – Т. 39. – № 5. – С. 1118-1121.
4. **Радюш, Ю.В.** Структурные фазовые переходы в твердых растворах $Li_xNa_{1-x}NbO_3$, синтезированных при высоких давлениях / Ю.В. Радюш, Н.М. Олехнович, Н.П. Вышатко и др. // *Неорганические материалы*. – 2004. – Т. 40. – № 9. – С. 1110-1114.
5. **Резниченко, Л.А.** Диэлектрические и пьезоэлектрические свойства твердых растворов на основе ниобата натрия / Л.А. Резниченко, Л.А. Шилкина, О.Н. Разумовская и др. // *Неорганические материалы*. – 2001. – Т. 39. – № 2. – С. 187-199.
6. **Palatnikov, M.N.** Dielectric dispersion and ion conductivity in high-pressure $Li_xNa_{1-x}NbO_3$ solid solutions / M.N. Palatnikov, N.V. Sidorov, V.V. Efremov, K. Bormanis // *Ferroelectrics*. – 2009. – V. 391. – I. 1. – P. 91-98.
7. **Палатников, М.Н.** Синтез, фазовые состояния и электрофизические свойства твердых растворов высокого давления $Li_xNa_{1-x}NbO_3$ / М.Н. Палатников, Н.В. Сидоров, В.В. Ефремов и др. // *Неорганические материалы*. – 2008. – Т. 44. – № 11. – С. 1375-1379.
8. **Tsai, Y.-T.** Nonlinear least-squares analyses of complex impedance and admittance data for solid electrolytes / Y.-T. Tsai, D.H. Whitmore // *Solid State Ionics*. – 1982. – V. 7. – I. 2. – P. 129-139.
9. *Физика электролитов: Процессы переноса в твердых электролитах и электродах* / Дж. Хладик, Ф.К. Фонг, Г. Амсел. и др.; ред. Дж. Хладик; пер. с англ. И.Н. Грознова и др.; под ред. Я.М. Колотыркина. – М: Мир, 1978. – 555 с.
10. **Barsoukov, E.** Impedance spectroscopy: Theory, experiment and application / E. Barsoukov, J.R. Macdonald. – 2nd ed. – New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, 2005. – 595 p.
11. **Megaw, H.D.** The seven phases of sodium niobate / H.D. Megaw // *Ferroelectrics*. – 1974. – V. 7. – I. 1. – P. 87-89.
12. **Chen, J.** TEM study of phases and domains in $NaNbO_3$ at room temperature / J. Chen, D. Feng // *Physica Status Solidi a*. – 1988. – V. 109. – I. 1. – P. 171-185.

References:

1. **Hardiman, B.** Hot pressing of sodium lithium niobate ceramic with perovskite-type structures / B. Hardiman, R.M Henson., C.P. Peeves, R.R. Zeyfand // *Ferroelectrics*. – 1976. – V. 12. – I. 1. – P. 157-159.
2. **Palatnikov, M.N.** Segnetoelektricheskie tverdye rastvory na osnove oksidnyh soedinenij niobiya i tantala / M.N. Palatnikov, N.V. Sidorov, V.T. Kalinnikov. – St-Peterburg: Nauka,

2001. – 304 p.

3. **Reznichenko, L.A.** Issledovanie morfotropnykh oblastej v sisteme tverdykh rastvorov $\text{NaNbO}_3 - \text{LiNbO}_3$ / L.A. Reznichenko, L.A. Shilkina // *Izvestiya Akademii nauk SSSR. Seriya fizicheskaya*. – 1975. – V. 39. – no. 5. – P. 1118-1121.

4. **Радюш, Ю.В.** Структурные фазовые переходы в твердых растворах $\text{Li}_x\text{Na}_{1-x}\text{NbO}_3$, синтезированных при высоких давлениях / Ю.В. Радюш, Н.М. Олехнович, Н.П. Вышатко и др. // *Неорганические материалы*. – 2004. – Т. 40. – №9. – С. 1110-1114.

Radyush, Yu.V. Strukturnye fazovye perekhody v tverdykh rastvorah $\text{Li}_x\text{Na}_{1-x}\text{NbO}_3$, sintezirovannykh pri vysokih davleniyah / Yu.V. Radyush, N.M. Olekhovich, N.P. Vyshatko i dr. // *Neorganicheskie materialy*. – 2004. – V. 40. – no. 9. – P. 1110-1114.

5. **Reznichenko, L.A.** Dielektricheskie i p'ezoelektricheskie svojstva tverdykh rastvorov na osnove niobata natriya / L.A. Reznichenko, L.A. Shilkina, O.N. Razumovskaya i dr. // *Neorganicheskie materialy*. – 2001. – V. 39. – no. 2. – P. 187-199.

6. **Palatnikov, M.N.** Dielectric dispersion and ion conductivity in high-pressure $\text{Li}_x\text{Na}_{1-x}\text{NbO}_3$ solid solutions / M.N. Palatnikov, N.V. Sidorov, V.V. Efremov, K. Bormanis // *Ferroelectrics*. – 2009. – V. 391. – I. 1. – P. 91-98.

7. **Palatnikov, M.N.** Sintez, fazovye sostoyaniya i elektrofizicheskie svojstva tverdykh rastvorov vysokogo davleniya $\text{Li}_x\text{Na}_{1-x}\text{NbO}_3$ / M.N. Palatnikov, N.V. Sidorov, V.V. Efremov i dr. // *Neorganicheskie materialy*. – 2008. – V. 44. – no. 11. – P. 1375-1379.

8. **Tsai, Y.-T.** Nonlinear least-squares analyses of complex impedance and admittance data for solid electrolytes / Y.-T. Tsai, D.H. Whitmore // *Solid State Ionics*. – 1982. – V. 7. – I. 2. – P. 129-139.

9. *Fizika elektrolitov: Processy perenosa v tverdykh elektrolitah i elektrodah* / Dzh. Hladik, F.K. Fong, G. Amsel. i dr.; red. Dzh. Hladik; per. s angl. I.N. Groznova i dr.; pod red. Ya.M. Kolotyrkina. – M: Mir, 1978. – 555 p.

10. **Barsoukov, E.** Impedance spectroscopy: Theory, experiment and application / E. Barsoukov, J.R. Macdonald. – 2nd ed. – New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, 2005. – 595 p.

11. **Megaw, H.D.** The seven phases of sodium niobate / H.D. Megaw // *Ferroelectrics*. – 1974. – V. 7. – I. 1. – P. 87-89.

12. **Chen, J.** TEM study of phases and domains in NaNbO_3 at room temperature / J. Chen, D. Feng // *Physica Status Solidi a*. – 1988. – V. 109. – I. 1. – P. 171-185.

MICROSTRUCTURE, PHASE STATES, DIELECTRIC AND ELASTIC PROPERTIES OF CERAMIC SOLID SOLUTIONS $\text{Li}_{0,17}\text{Na}_{0,83}\text{Nb}_y\text{Ta}_{1-y}\text{O}_3$ OBTAINED AT HIGH PRESSURE

V.V. Efremov¹, O.B. Shcherbina¹, Yu.V. Radyush², M.N. Palatnikov¹

¹*I.V. Tananaev Institute of Chemistry and Technology of the Federal Research Centre Kola Science Centre of the RAS*

²*Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Materials Science*

DOI: 10.26456/pcascnn/2018.10.252

Abstract: Microstructure and elastic properties of ferroelectric ceramic solid solutions $\text{Li}_{0,17}\text{Na}_{0,83}\text{Nb}_y\text{Ta}_{1-y}\text{O}_3$ with a perovskite structure were investigated, obtained by thermobaric synthesis at high pressures and temperatures. The electrical characteristics and phase states of a series of ferroelectric high-pressure solid solutions $\text{Li}_{0,17}\text{Na}_{0,83}\text{Nb}_y\text{Ta}_{1-y}\text{O}_3$ ($y=0,1-0,5$) were investigated by

the impedance spectroscopy method. Some anomalies are revealed in $\varepsilon'(T)$ and $\sigma_{sv}(T)$ dependencies associated with phase transitions in the studied ceramic samples. The values were established of the static conductivity as a function of the temperature and enthalpy of activation of charge carriers. It was found that $Li_{0.17}Na_{0.83}Nb_yTa_{1-y}O_3$ is a high-temperature superionic.

Keywords: solid ferroelectric high-pressure solutions, microstructure, Young's modulus, impedance spectroscopy, dielectric permittivity, electrical conductivity.

Ефремов Вадим Викторович – к.т.н., старший научный сотрудник лаборатории материалов электронной техники Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева – обособленное подразделение ФГБУН Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук»

Щербина Ольга Борисовна – к.т.н., старший научный сотрудник лаборатории материалов электронной техники Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева – обособленное подразделение ФГБУН Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук»

Радюш Юрий Владимирович – к.т.н., старший научный сотрудник Научно-практического центра Национальной академии наук Беларуси по материаловедению.

Палатников Михаил Николаевич – д.т.н., и.о. главного научного сотрудника с сохранением обязанностей заведующего лаборатории материалов электронной техники Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева – обособленное подразделение ФГБУН Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук»

Vadim V. Efremov – Ph. D., Senior Researcher of Materials of Electronic Engineering Laboratory, I.V. Tananaev Institute of Chemistry – Subdivision of the Federal Research Centre «Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences»

Olga B. Shcherbina – Ph. D., Senior Researcher of Materials of Electronic Engineering Laboratory, I.V. Tananaev Institute of Chemistry – Subdivision of the Federal Research Centre «Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences»

Yuri V. Radyush – Ph. D., Senior Researcher of Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Materials Science

Mikhail N. Palatnikov – Dr. Sc., Acting as Chief Researcher and as Head of Materials of Electronic Engineering Laboratory, I.V. Tananaev Institute of Chemistry – Subdivision of the Federal Research Centre «Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences»