

ной модификации наночастиц, в том числе с формированием оболочки на основе нейлона-6. Исследована возможность ковалентного присоединения адресующих олигонуклеотидных векторов.

Для полученных наноконструкций на основе CaНЧ и SiНЧ исследовали взаимодействие с противоопухолевым препаратом – доксорубицином (DOX). Показана высокая эффективность связывания лекарственного средства с наночастицами. Также в работе показана pH-зависимая десорбция DOX из матрицы наночастиц: при pH ниже 5 достигнуто 100% высвобождение лекарства, в то время, как при pH 7 этот показатель ниже 5%. Проведен ряд клеточных работ, результаты которых демонстрируют отсутствие токсичности у CaНЧ и SiНЧ. Показано, что наноконструкции, несущие DOX, сопоставимы и выше по эффективности подавления активности

роста онкотрансформированных клеточных линий в сравнении со свободным лекарственным средством.

В результате исследования получены два типа различных наноразмерных транспортеров (CaНЧ и SiНЧ) способных с высокой эффективностью связывать и избирательно высвобождать лекарственный агент в области с pH ниже 5, например, в опухолевые ткани. Доказано, что в процессе связывания-высвобождения терапевтического средства (DOX) не теряются фармакологические свойства, а, за счет пролонгированного высвобождения, наблюдается повышение эффективности действия лекарства. Данные дают оптимистичный прогноз для продолжения разработки адресных систем доставки противоопухолевых средств на основе CaНЧ и SiНЧ и исследований *in vivo*.

Список литературы

1. Singh R., Lillard Jr J.W. Nanoparticle-based targeted drug delivery // *Experimental and molecular pathology*, 2009. – Vol. 86. – №3. – P. 215–223.
2. Ahmed N., Fessi H., Elaissari A. Theranostic applications of nanoparticles in cancer // *Drug discovery today*, 2012. – Vol. 17. – №17–18. – P. 928–934.
3. Cheng H.B. Turn-on supramolecular host-guest nanosystems as theranostics for cancer // *Chem.*, 2019. – Vol. 5. – №3. – P. 553–574.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ОТЖИГА НА СВОЙСТВА ПЬЕ-ЗОКЕРАМИКИ ИЗ ТИТАНАТА БАРИЯ

А.А. Прач, В.В. Заречнев, И.О. Парий
 Научный руководитель – д.т.н., доцент Р.А. Сурменев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, nas-tya.prach@mail.ru

Классический сегнетоэлектрик титанат бария (BaTiO_3) получил широкое распространение еще с начала 1940-х годов. И в настоящее время он является одним из наиболее широко используемых составов, применяемых в области электронной промышленности (датчики, конденсаторы, ультразвуковые преобразователи). При высоких температурах титанат бария находится в кубической параэлектрической фазе, при снижении температуры до 120°C он переходит в тетрагональную сегнетоэлектрическую фазу. Далее при снижении температуры происходят последовательные фазовые переходы: при 5°C в орторомбическую фазу, при -90°C – из орторомбической в ромбоэдрическую [1].

Несмотря на то, что по электрическим свойствам титанат бария по-прежнему уступает другим составам для пьезокерамических элементов (PbZrO_3 , PbTiO_3), наблюдается существенный интерес в исследовании материалов, не содержащих свинец из-за его токсичности и трудностях в переработке.

На физико-механические и электрофизические свойства керамики из титаната бария оказывает большое влияние метод и режим их синтеза. Увеличение температуры спекания уменьшает пористость керамики, позволяя получить более высокие значения пьезоотклика, однако при этом увеличивается размер кристаллитов, существенно уменьшая диэлектрическую

проницаемость и увеличивая тангенс угла диэлектрических потерь [2].

Таким образом, целью данной работы является исследование влияния технологических параметров на структуру и пьезоэлектрические свойства керамики из титаната бария.

В данной работе для синтеза керамики использовался коммерческий нанопорошок титаната бария со стабильной при комнатной температуре кубической фазой. Порошок смешивали со связующим поливиниловым спиртом (ПВС) и формовали в таблетки диаметром 10 мм.

Образцы спекали на воздухе при 950 °С и 1350 °С в течение 5 ч. Для обжига при 1350 °С использовался предварительно обожженный при 1000 °С порошок [3].

По данным рентгенофазового анализа обожженных образцов установлено, что предварительно отожженный порошок титаната бария,

находится при комнатной температуре в сегнетоэлектрической тетрагональной фазе (рис. 1).

Известно [4], что стабильная при комнатной температуре кубическая фаза $BaTiO_3$ возможна при размере частиц менее 90 нм. Предварительный отжиг вызвал агломерирование наночастиц порошка титаната бария и при охлаждении после отжига до комнатной температуры произошло фазовое превращение из кубической формы в тетрагональную.

Так как пьезоэлектрические свойства для ориентированной керамики существенно выше, чем для произвольно ориентированной керамики, для изменения ориентации кристаллитов в керамики была проведена поляризация. Значения пьезоэлектрической постоянной d_{33} были измерены спустя сутки после поляризации при комнатной температуре.

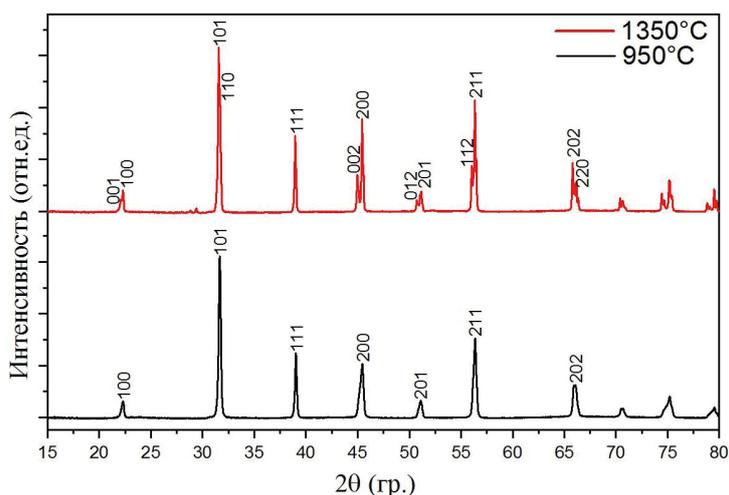


Рис. 1. Рентгенограмма образца после прокаливания при 950 °С и 1350 °С

Список литературы

1. Kalyani A.K. et al. // *Phys. Rev.*, 2015. – V. 91. – №10. – P. 104104.
2. Окадзаки К. *Технология керамических диэлектриков. Перевод с японского М.М. Богачихина и Л.Р. Зайонца.* – М: Энергия, 1976. – 327 с.
3. Harada T. et al. *Spherical tetragonal barium titanate particles and process for producing the same: nat. 6808697 США*, 2004.
4. Yen F.S., Hsiang H.I., Chang Y.H. *Cubic to tetragonal phase transformation of ultrafine $BaTiO_3$ crystallites at room temperature // Japanese journal of applied physics*, 1995. – Vol. 34. – №11R. – P. 6149.