

## ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

УДК 537.226

DOI: 10.17223/00213411/68/12/1

**Тепловые и диэлектрические свойства композитов на основе нитрата рубидия и углеродных нанотрубок**И.А. Чернечкин<sup>1,2</sup>, А.Ю. Милинский<sup>1</sup>, С.В. Барышников<sup>1</sup><sup>1</sup> Благовещенский государственный педагогический университет, г. Благовещенск, Россия<sup>2</sup> Амурский государственный университет, г. Благовещенск, Россия

Приводятся результаты исследования тепловых свойств нанокompозитов, полученных внедрением нитрата рубидия ( $\text{RbNO}_3$ ) в углеродные нанотрубки (УНТ). Дополнительно исследовались тепловые и диэлектрические свойства смесового композита  $(\text{RbNO}_3)_{0.99}/(\text{УНТ})_{0.01}$ . Результаты проведенных исследований свидетельствуют о существовании в нанокompозитном образце объемного и наноразмерного нитрата рубидия. Свойства композитов сравниваются с аналогичными свойствами  $\text{RbNO}_3$ . Обнаружено уменьшение температуры фазового перехода нитрата рубидия в составе композитов.

**Ключевые слова:** нитрат рубидия, углеродные нанотрубки, нанокompозит, композит, диэлектрическая проницаемость, дифференциальный термический анализ, тангенс угла потерь.

**Введение**

Одним из наиболее значимых направлений материаловедения, имеющих важное практическое значение, является физика неоднородных систем [1–3]. Интерес к этим системам обусловлен тем, что они демонстрируют широкий спектр аномальных физических свойств, существенно отличающихся от характеристик однородных материалов. Эти свойства обусловлены сложным взаимодействием фаз, различающихся по химическому составу, кристаллической структуре и физико-химическим характеристикам, а также наличием межфазных границ, влияющих на транспортные, диэлектрические и механические характеристики материала.

Одним из наиболее изучаемых классов неоднородных систем являются композитные материалы, включающие сегнетоэлектрические композиты, в которых сочетаются компоненты с различными структурными и функциональными свойствами [4–6]. Такие материалы могут состоять из сегнетоэлектрической матрицы и включений другой природы (например, металлических, полимерных или углеродных наноструктур), что приводит к изменению их диэлектрической проницаемости, коэрцитивного поля, температуры фазовых переходов и пьезоэлектрических характеристик. Композитные материалы находят широкое применение в микроэлектронике, сенсорике, энергосберегающих технологиях и других областях, где требуется управление диэлектрическими и пьезоэлектрическими свойствами материалов [7, 8].

Использование углеродных нанотрубок (УНТ) в качестве матриц для создания нанокompозитов и устройств на их основе становится одним из интересных направлений в исследованиях и разработке материалов [9–11]. Наполненные УНТ представляют собой наноструктуры: в каналах УНТ содержатся простые вещества или химические соединения. Нанокompозиты на основе УНТ сочетают в себе уникальные свойства матрицы и внедренных веществ, широкий выбор которых позволяет корректировать свойства УНТ в соответствии с целевым применением. Так, в [12] методом энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии обнаружено, что УНТ, заполненные теллуридом ртути, становятся переносчиками электронов и катализаторами химических реакций, а в [13] для УНТ, наполненных серой, экспериментально обнаружено донорно-акцепторное взаимодействие между частицами серы и УНТ. Внедрение веществ в углеродные нанотрубки позволяет получать одномерные проволоки, физические свойства которых существенно отличаются от свойств объемных материалов [14, 15].

Исследованию нанокompозитов на основе УНТ и классических сегнетоэлектриков посвящен ряд работ [16–21]. Например, в [19–21] исследовались свойства нанокompозитов на основе многостенных нанотрубок, заполненных нитратами цезия ( $\text{CsNO}_3$ ) и калия ( $\text{KNO}_3$ ), методами дифферен-