

**Физика . Материаловедение .**  
**Космонавтика**

УДК 537.226

**Павлов Алексей Владимирович**

Амурский государственный университет

г. Благовещенск, Россия

E-mail: [katal75@yandex.ru](mailto:katal75@yandex.ru)**Pavlov Alexey Vladimirovich**

Amur State University

Blagoveshchensk, Russia

E-mail: [katal75@yandex.ru](mailto:katal75@yandex.ru)**Стукова Елена Владимировна**

Амурский государственный университет

г. Благовещенск, Россия

E-mail: [lenast@bk.ru](mailto:lenast@bk.ru)**Stukova Elena Vladimirovna**

Amur State University

Blagoveshchensk, Russia

E-mail: [lenast@bk.ru](mailto:lenast@bk.ru)**Зотова Оксана Васильевна**

Амурский государственный университет

г. Благовещенск, Россия

E-mail: [ovzotova@mail.ru](mailto:ovzotova@mail.ru)**Zotova Oksana Vasilievna**

Amur State University

Blagoveshchensk, Russia

E-mail: [ovzotova@mail.ru](mailto:ovzotova@mail.ru)**Голубева Ирина Анатольевна**

Амурский государственный университет

г. Благовещенск, Россия

E-mail: [golubeva0212@mail.ru](mailto:golubeva0212@mail.ru)**Golubeva Irina Anatolyevna**

Amur State University

Blagoveshchensk, Russia

E-mail: [golubeva0212@mail.ru](mailto:golubeva0212@mail.ru)

**ЭВОЛЮЦИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НИТРИТА НАТРИЯ, ВНЕДРЕННОГО  
В НАНОПОРЫ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ**

**EVOLUTION OF THE DIELECTRIC PROPERTIES OF SODIUM NITRITE INTRO-  
DUCED INTO ALUMINUM OXIDE NANOPORES**

*Аннотация. В работе представлены результаты исследования эволюции диэлектрических свойств нанокompозитных образцов  $\text{NaNO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  с размером пор 100 и 70 нм. Образцы были*

исследованы методом диэлектрической спектроскопии. Показано, что в наноразмерном нитрите натрия, внедренном в пористый оксид алюминия, наблюдается эффект «старения», связанный со временем фактором. Отмечается понижение значений диэлектрической проницаемости при длительном хранении образца в нормальных условиях.

*Abstract. This work presents the results of studying the evolution of the dielectric properties of nanocomposite  $\text{NaNO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  samples with pore sizes of 100 and 70 nm. The samples were examined by dielectric spectroscopy. It is shown that in nanosized sodium nitrite embedded in porous aluminum oxide, the effect of «aging» associated with the time factor is observed. A decrease in the values of the dielectric constant is observed during long-term storage of the sample under normal conditions.*

*Ключевые слова: сегнетоэлектрик, нитрит натрия, диэлектрическая проницаемость, фазовый переход.*

*Key words: ferroelectric, sodium nitrite, dielectric constant, phase transition.*

DOI: 10.22250/jasu.95.4

В настоящее время большое внимание уделяется изучению различных свойств материалов, полученных путем внедрения вещества в пористые матрицы, размер пор которых лежит в нанометровом диапазоне. Изменения диэлектрических свойств сегнетоэлектриков, внедренных в нанопористые матрицы, вызывают большой интерес у исследователей, так как у некоторых материалов происходит смещение фазового перехода или расширение сегнетоэлектрической фазы.

Результаты исследований нитрита натрия, внедренного в пористые стекла, искусственные опалы, с различными размерами пор, опубликованы в работах [1-5]. В настоящей работе приводятся результаты исследований  $\text{NaNO}_2$  в матрицах пористого  $\text{Al}_2\text{O}_3$  с размерами пор 70 и 100 нм с целью определения существования эффекта старения как самопроизвольного необратимого изменения свойств нанокompозита.

Исследования [2, 3] для мезопористых силикатных матриц SBA-15 (размер пор 52 Å) и MCM-41 (размер пор 20 Å и 37 Å), заполненных нитритом натрия, показали, что наблюдаются изменения диэлектрических свойств при последовательных циклах нагрева – охлаждения (рис. 1). При первом прогревании максимум диэлектрической проницаемости ярко выражен и сдвинут по сравнению с объемным образцом  $\text{NaNO}_2$ . Однако при последующих циклах, начиная с 5 – 6-го, максимум уменьшается и размывается, становясь незначительным. Образцы, находящиеся при комнатной температуре длительное время, также «стареют», но значительно медленнее [2].

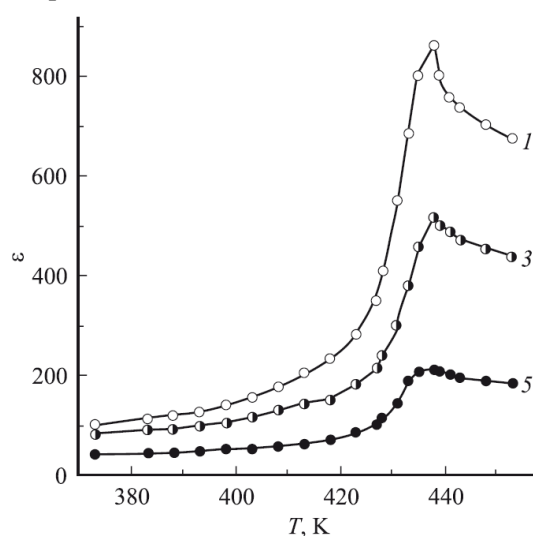


Рис. 1. Температурная зависимость диэлектрической проницаемости на частоте 1 МГц для  $\text{NaNO}_2$ , внедренного в MCM-41 с размером пор 37 Å, измеренная при первом, третьем и пятом нагревах [2].

Для исследования эффекта старения измерения образцов нитрита натрия, внедренного в поры оксида алюминия, проводились на частоте 1 МГц. Первоначально образцы были измерены один раз в цикле нагрев – охлаждение. Через шесть месяцев образцы измерялись повторно, в ходе нескольких последовательных циклов нагрев – охлаждение. Результаты проделанных исследований приведены на рис. 2, 3.

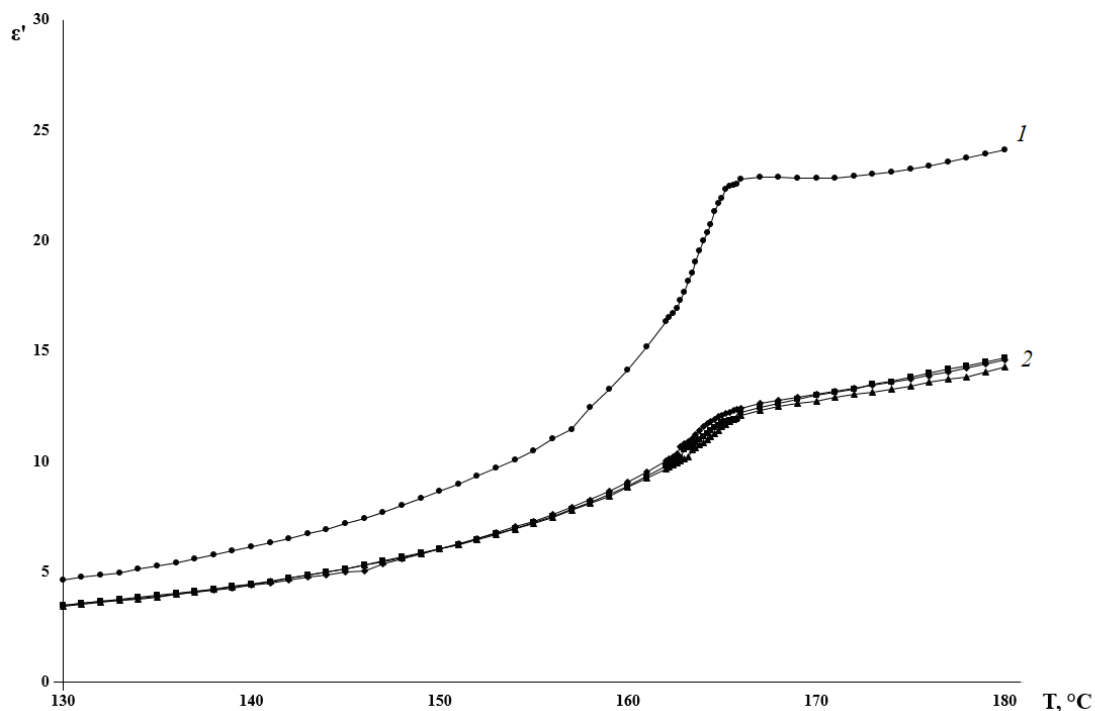


Рис. 2. Температурная зависимость диэлектрической проницаемости на частоте 1 МГц (нагрев) для образца  $\text{NaNO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  с размером пор 70 нм (1 – первоначальное измерение, 2 – три последовательных измерения, спустя шесть месяцев).

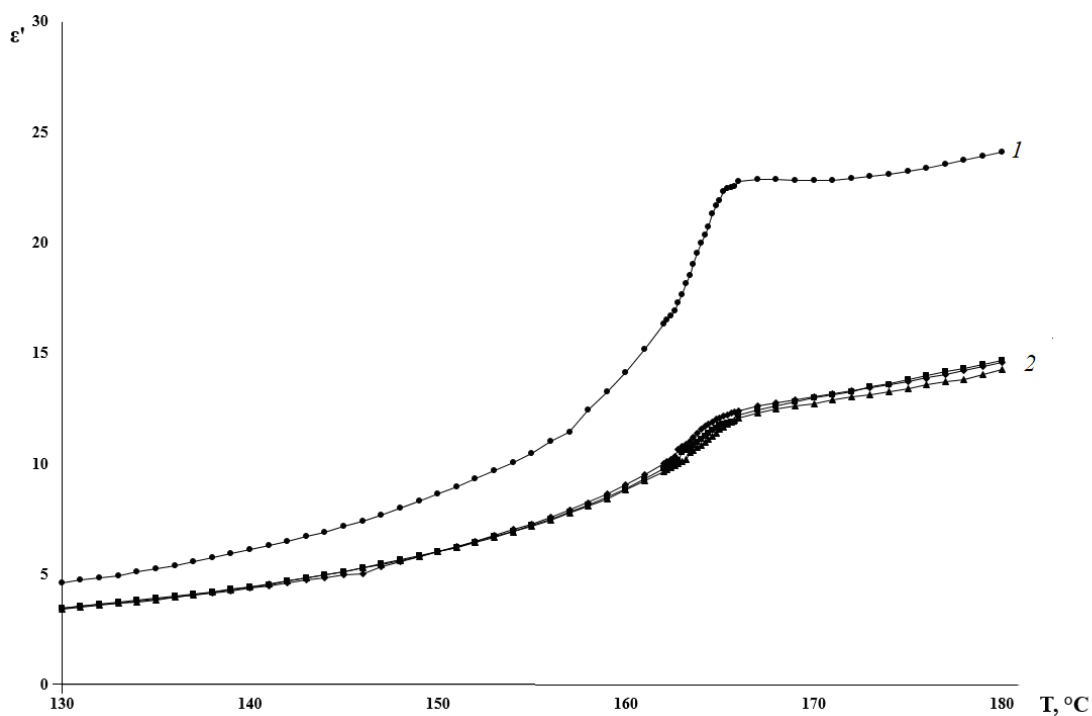


Рис. 3. Температурная зависимость диэлектрической проницаемости на частоте 1 МГц (охлаждение) для образца  $\text{NaNO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  с размером пор 70 нм (1 – первоначальное измерение, 2 – три последовательных измерения, спустя шесть месяцев).

Анализируя графики (рис. 2 и 3) для образца  $\text{NaNO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  с размером пор 70 нм, можно сделать вывод, что значения диэлектрической проницаемости практически не меняются в при последовательных циклах нагрев – охлаждение, но существенно отличаются от значений цикла, измеренного ранее (за шесть месяцев). Это может быть связано с несколькими факторами: 1) с уменьшением концентрации  $\text{NaNO}_2$  в порах  $\text{Al}_2\text{O}_3$  как следствие вытеснения нитрита натрия из пор благодаря его абсорбирующей способности; 2) с постепенным окислением нитрита натрия, когда часть его превращается в нитрат натрия. Эти изменения наблюдаются как при нагреве, так и при охлаждении. Температурный максимум диэлектрической проницаемости, соответствующий фазовому переходу, не изменяется, но по сравнению с первым проходом при дальнейших циклах измерения происходит его постепенное размытие, что также может свидетельствовать о частичном окислении нитрита натрия. Таким образом, можно сделать вывод, что на эволюцию диэлектрических свойств нитрит натрия большее влияние оказывает временной фактор в порах оксида алюминия, имеющий сильную зависимость от времени.

Для образца нитрита натрия, внедренного в поры 100 нм, наблюдаются аналогичные процессы: значительное изменение величины диэлектрической проницаемости от времени и незначительное изменение величины диэлектрической проницаемости от последовательных проходов.

Таким образом, для нитрита натрия, внедренного в матрицу пористого оксида алюминия, эволюция диэлектрических свойств при последовательных циклах нагрев – охлаждение практически не наблюдается по сравнению с нитритом натрия в матрицах на основе оксида кремния [2, 3]. Следовательно, на эволюцию диэлектрических свойств может оказывать влияние материал матрицы внедрения.

---

1. Барышников, С.В., Чарная, Е.В., Стукова, Е.В., Michel, D., Tien, C., Милинский, А.Ю. Эволюция  $\text{NaNO}_2$  в пористых матрицах // ФТТ. – 2004. – Т. 46, № 12. – С. 2224.

2. Барышников, С.В., Стукова, Е.В., Чарная, Е.В., Cheng, Tien, Lee, M.K., Böhlmann, W., Michel, D. Диэлектрические и ЯМР-исследования нанопористых матриц, заполненных нитритом натрия // ФТТ. – 2006. – Т. 48. – С. 551-557.

3. Барышников, С.В., Чарная, Е.В., Стукова, Е.В., Michel, D., Адриянова, Н.П., Tien, C. Диэлектрические параметры мезопористых решеток заполненных  $\text{NaNO}_2$  // ФТТ. – 2007. – Т. 49, № 4. – С. 751-755.

4. Барышников, С.В., Чарная, Е.В., Стукова, Е.В., Michel, D., Tien, C., Милинский, А.Ю. Диэлектрические свойства смешанных сегнетоэлектриков  $\text{NaNO}_2\text{-KNO}_3$  в нанопористых силикатных матрицах // ФТТ. – 2009. – Т. 51, № 6. – С. 1772-1776.

УДК 62-7

**Огородников Александр Александрович**

Амурский государственный университет

г. Благовещенск, Россия

E-mail: [aleksandrogorodnikov123@gmail.com](mailto:aleksandrogorodnikov123@gmail.com)

**Ogorodnikov Alexander Alexandrovich**

Amur State University

Blagoveshchensk, Russia

E-mail: [aleksandrogorodnikov123@gmail.com](mailto:aleksandrogorodnikov123@gmail.com)

**Фомин Дмитрий Владимирович**

Амурский государственный университет

г. Благовещенск, Россия

E-mail: [e-office@yandex.ru](mailto:e-office@yandex.ru)

**Fomin Dmitrii Vladimirovich**

Amur State University

Blagoveshchensk, Russia

E-mail: [e-office@yandex.ru](mailto:e-office@yandex.ru)