

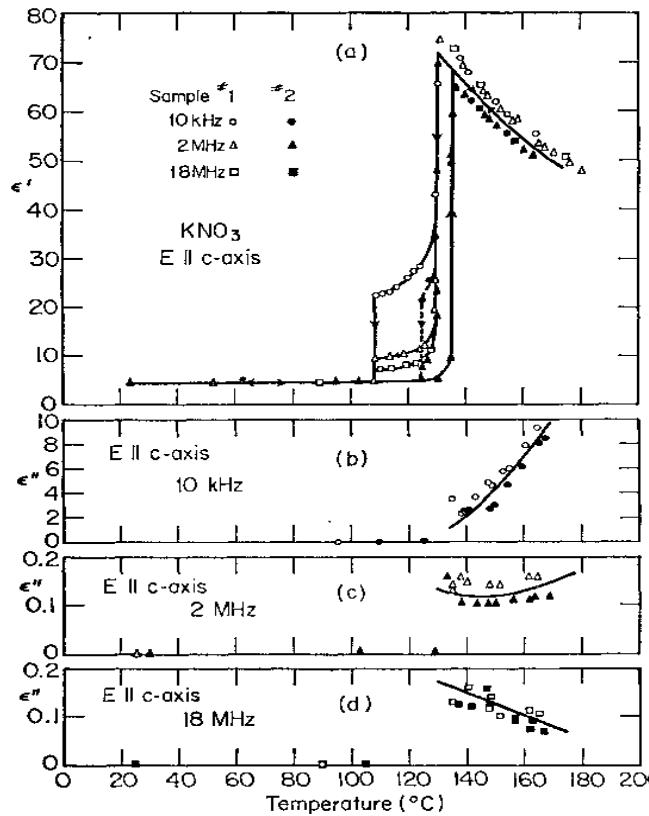
Влияние ограниченной геометрии на диэлектрические свойства и параметры фазовых переходов нитрата калия

**Королева Е.Ю. , Берман Е.И., Набережнов А.А.,
Сысоева А.А.**

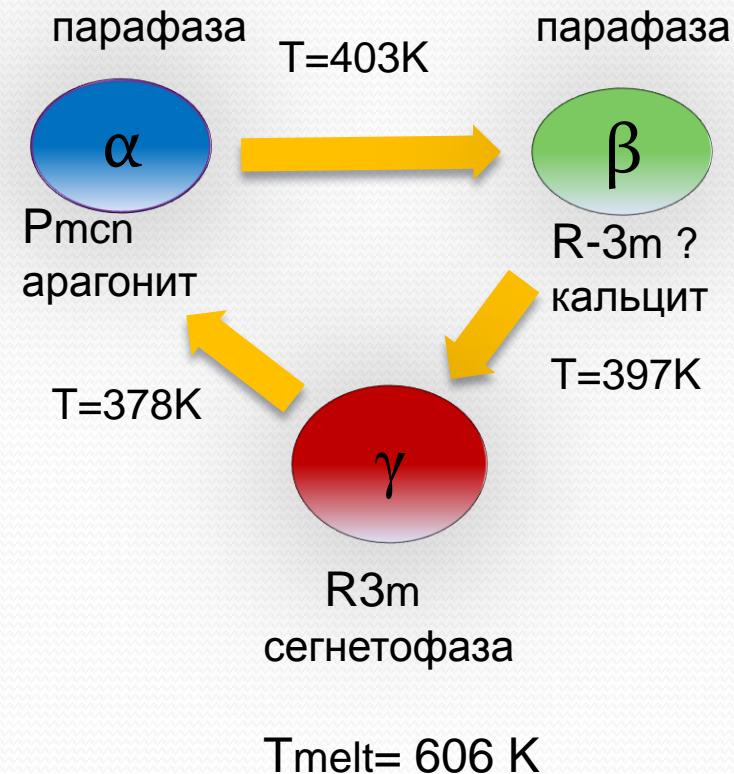
Физико-Технический институт им. А.Ф.Иоффе РАН, Санкт-Петербург

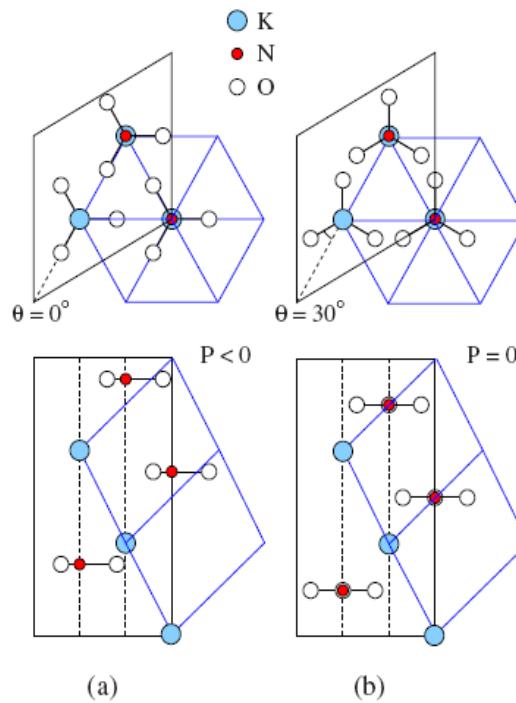
Диэлектрические свойства массивного нитрата калия

U. Kawabe, T. Yanagi, and S. Sawada, J. Phys. Soc. Japan 20, 2059 (1965)



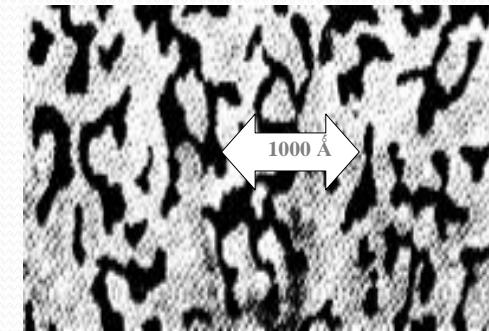
Фазовые переходы





Структура сегнетоэлектрической R3m (γ) фазы (а) и высокотемпературной параэлектрической R-3m (β) фазы (б) нитрата калия.

Исследуемые образцы



Пористые стекла имеют дендритную трехмерную систему связанных пор с узким распределением пор по диаметру.

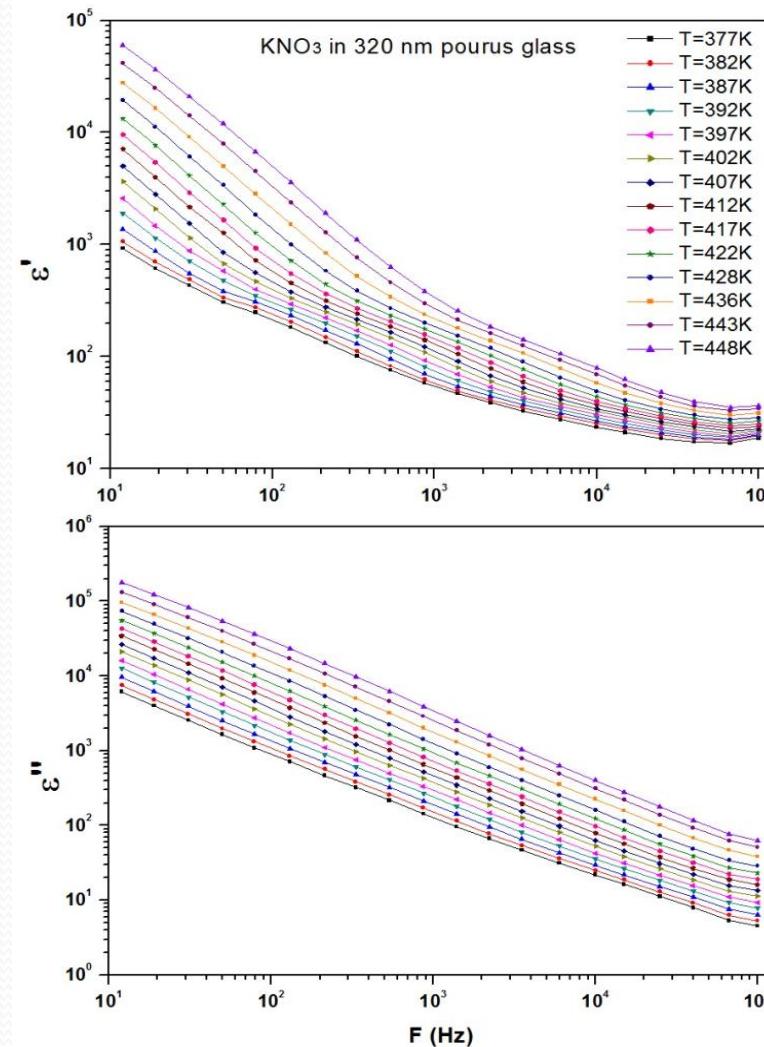
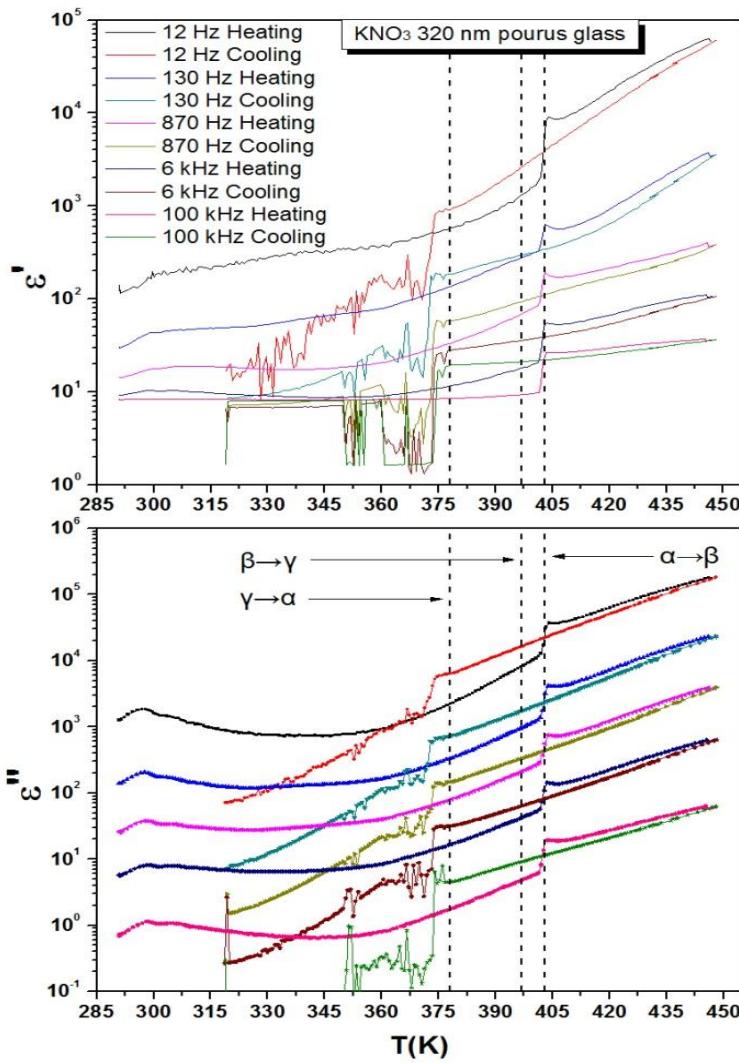
Использовались стекла со средним диаметром пор 320 20, 46 4, 7 1 нм.

Нитрат калия вводился в пористые стекла из расплава. Электроды – напыленное золото.

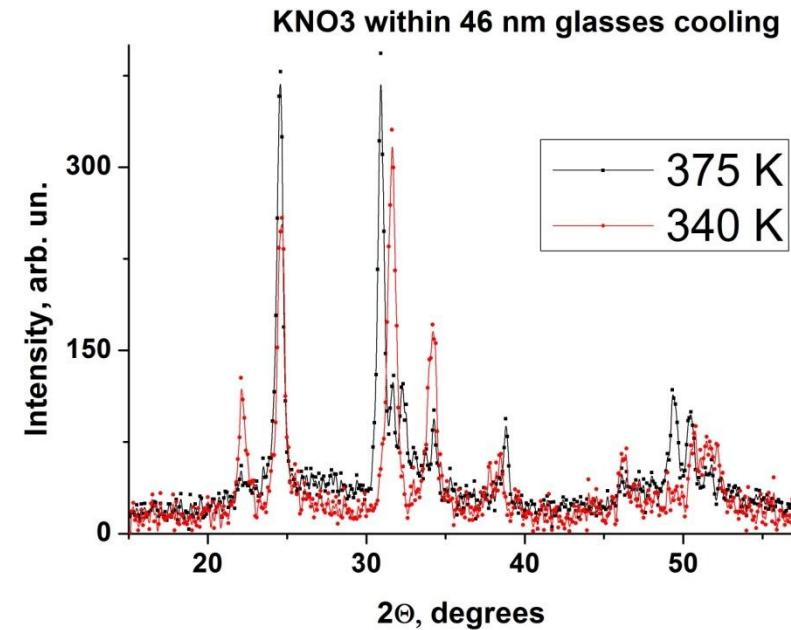
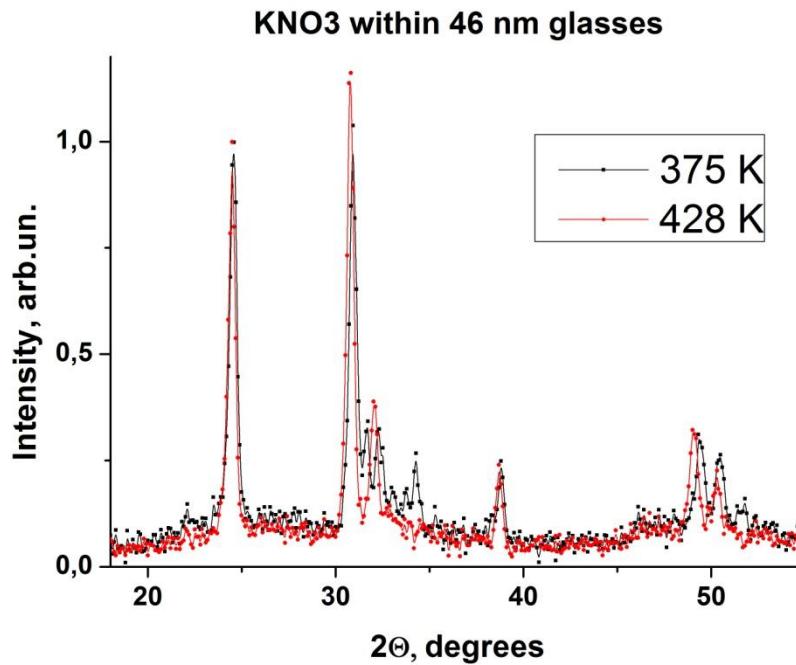
Экспериментальное оборудование

Автоматизированный ультраширокополосный диэлектрический спектрометр с криосистемой Novocontrol BDS80. Диапазон измерительных частот от 1 мГц до 10 МГц, диапазон температур от 80 К до 600 К. Ультраширокие диапазоны измерения импеданса от 10^{-3} до 10^{15} См и емкости от 10^{-15} до 1 Ф. Поддерживает нелинейную спектроскопию.

Температурные и частотные зависимости диэлектрического отклика KNO_3 в 320 нм пористом стекле



Дифрактограмма рассеяния нейтронов

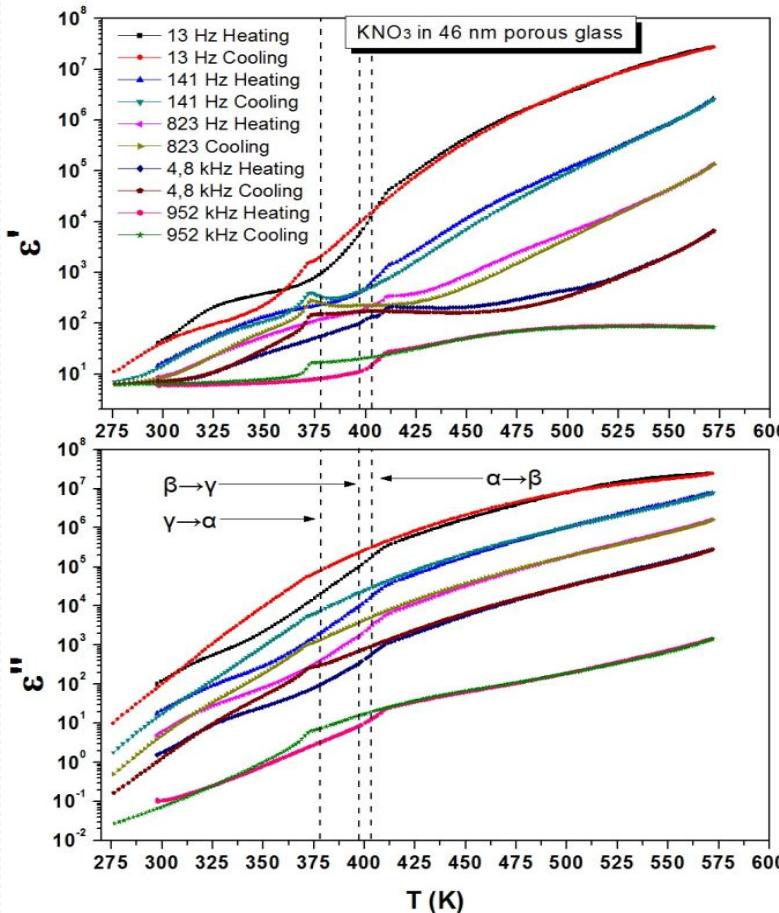


Экспериментальное оборудование

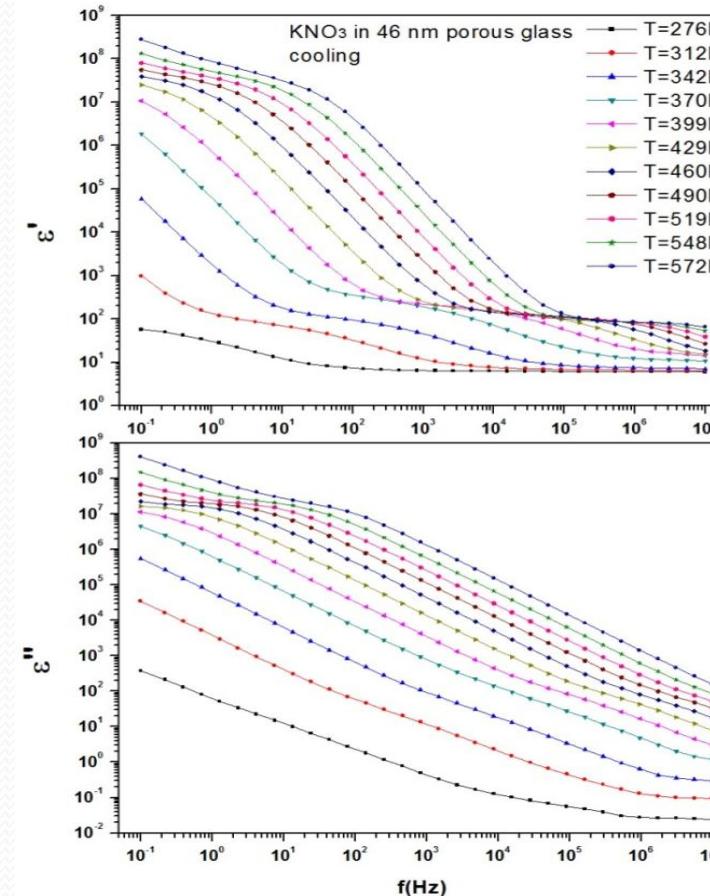
Порошковый дифрактометр E9
 $\lambda=1.79\text{ \AA}$, Helmholtz Zentrum, Berlin

Из уширения пиков оценен размер когерентного нанокластера в 46нм стекле – 36(4)нм, в 7 нм стекле – 20(2)нм.

Нитрат калия в 46 нм пористом стекле



Температурные зависимости
диэлектрического отклика композита при
нагреве и охлаждении.



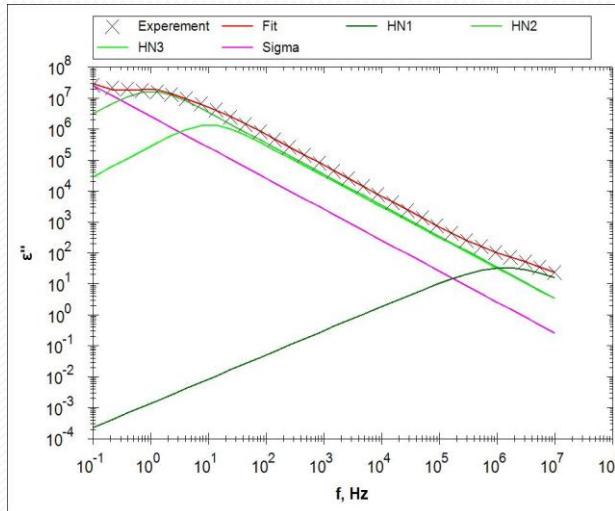
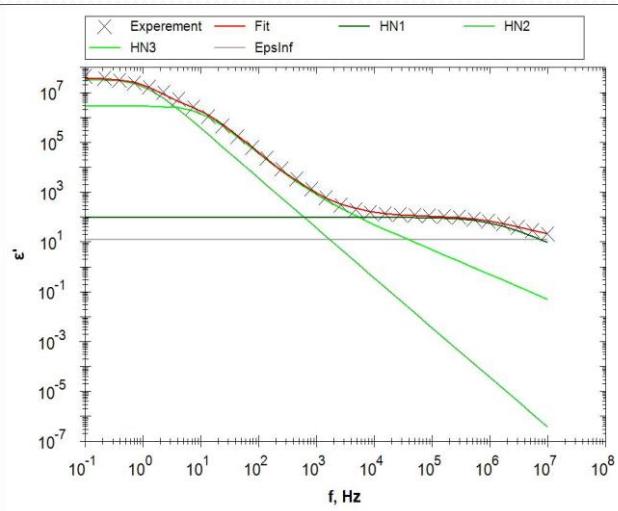
Дисперсионные зависимости
диэлектрического отклика композита при
охлаждении.

Модельная функция:

$$\varepsilon^* = \varepsilon_\infty + \frac{i\sigma}{\varepsilon_0\omega} + \sum_j \frac{\Delta\varepsilon_j}{((1 + (i\omega\tau_j)^{\alpha_j})^{\beta_j})}$$

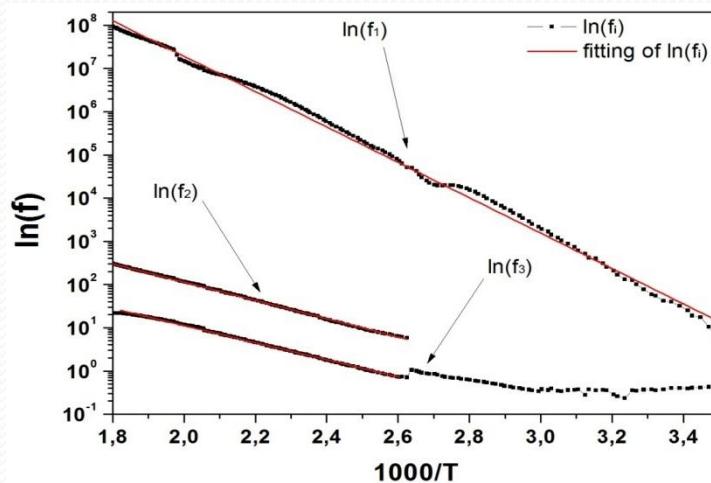
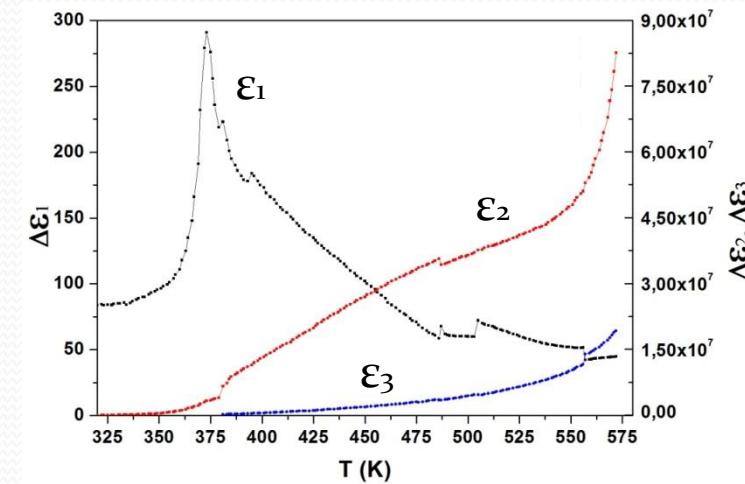
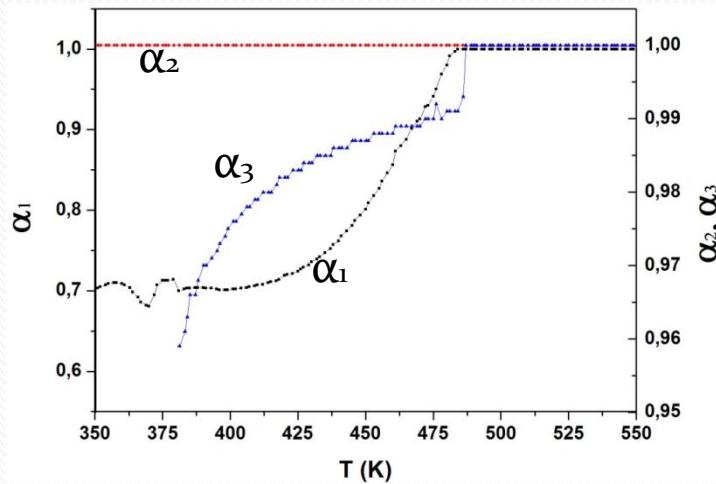
$\frac{i\sigma}{\varepsilon_0\omega}$ - вклад DC- проводимости

$\frac{\Delta\varepsilon}{((1 + (i\omega\tau)^{\alpha})^{\beta})}$ - Вклад релаксационного процесса, описываемого эмпирической функцией Havriliak-Negami.



Аппроксимация частотных зависимостей вещественной и мнимой частей диэлектрического отклика KNO_3 в 46 нм стекле при $T=472\text{K}$.

Температурные зависимости параметров релаксационных процессов для KNO_3 в 46 нм стекле



Энергии активации для релаксационных процессов

E_{a1}	350 мэВ
E_{a2}	400 мэВ
E_{a3}	180 мэВ
E_{aM}	400 мэВ

Нитрат калия в 7 нм пористом стекле

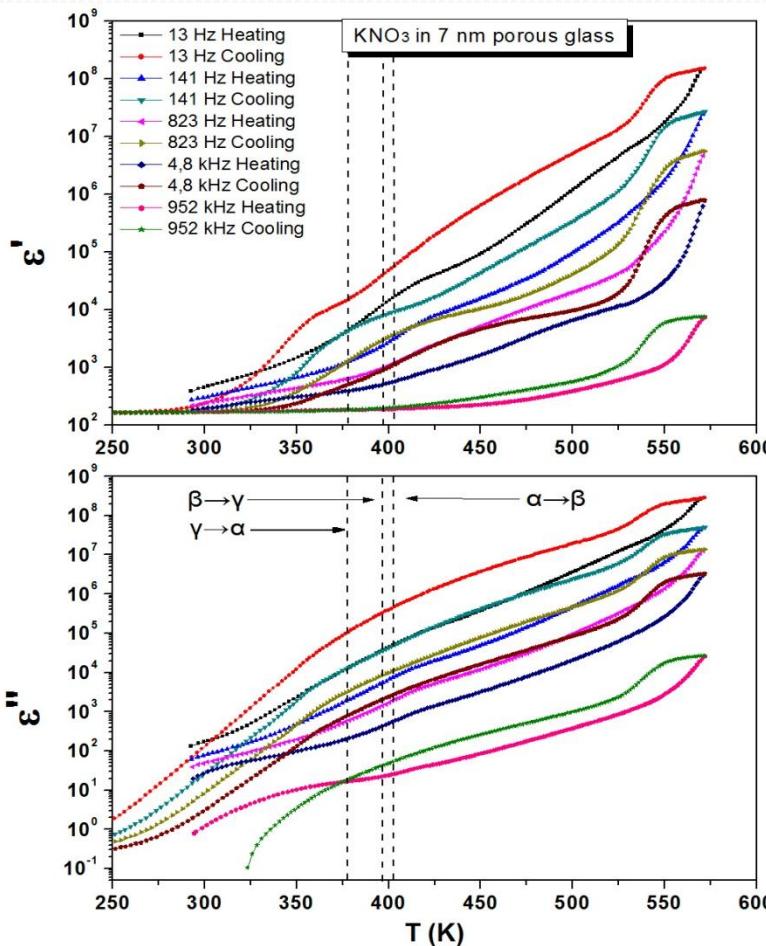


Рис. 1. Температурные зависимости диэлектрического отклика KNO_3 при нагревании и охлаждении на различных частотах.

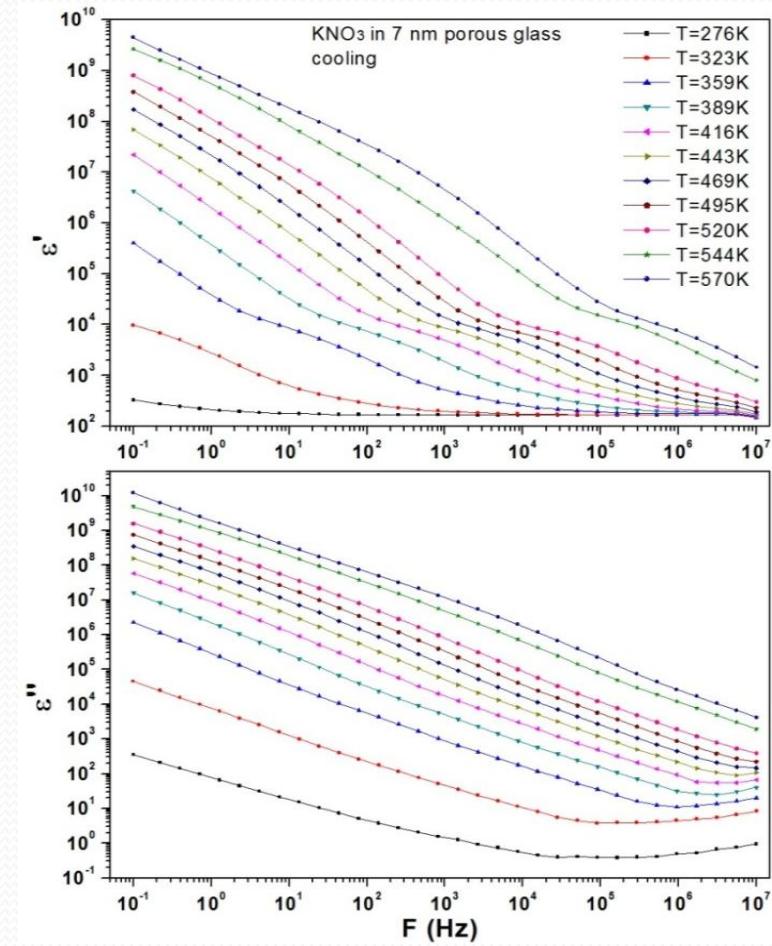
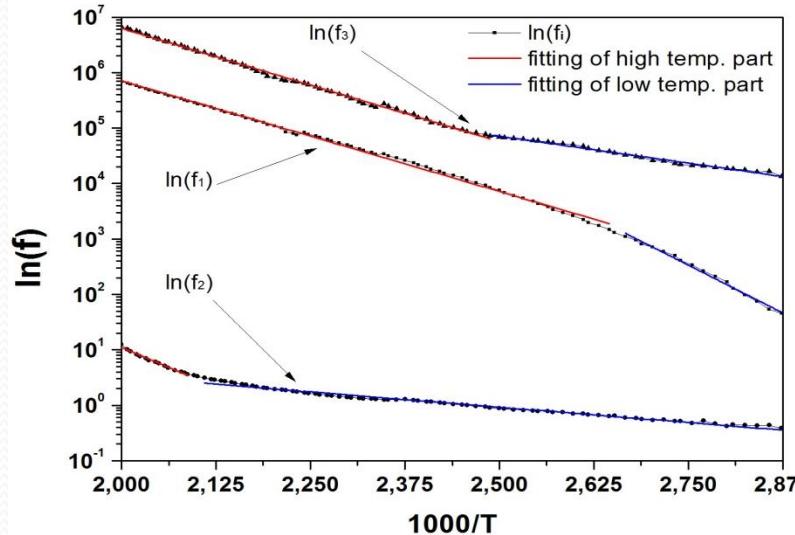
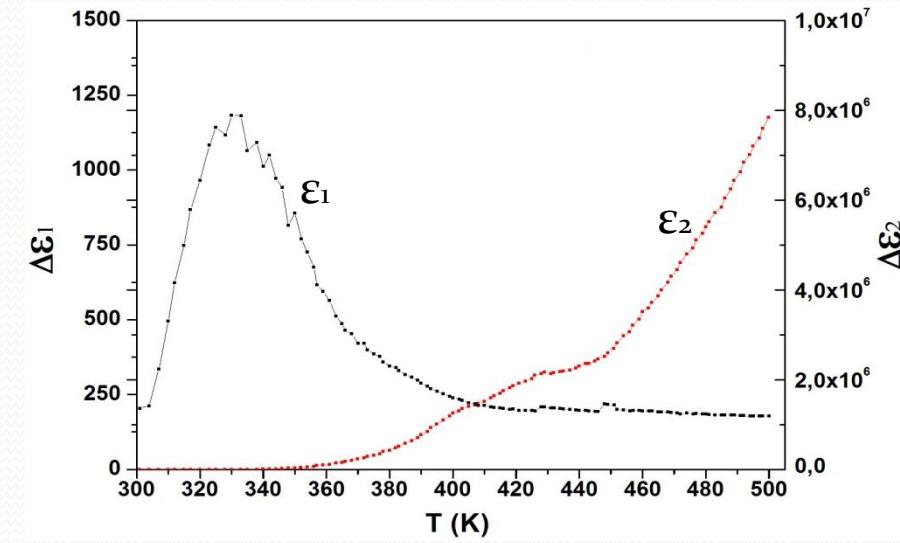
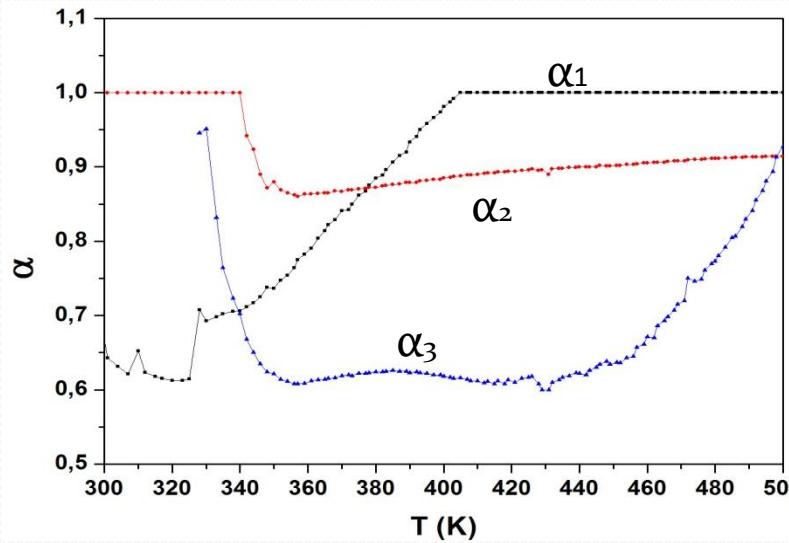


Рис. 2. Частотные зависимости диэлектрического отклика KNO_3 при охлаждении при разных температурах.

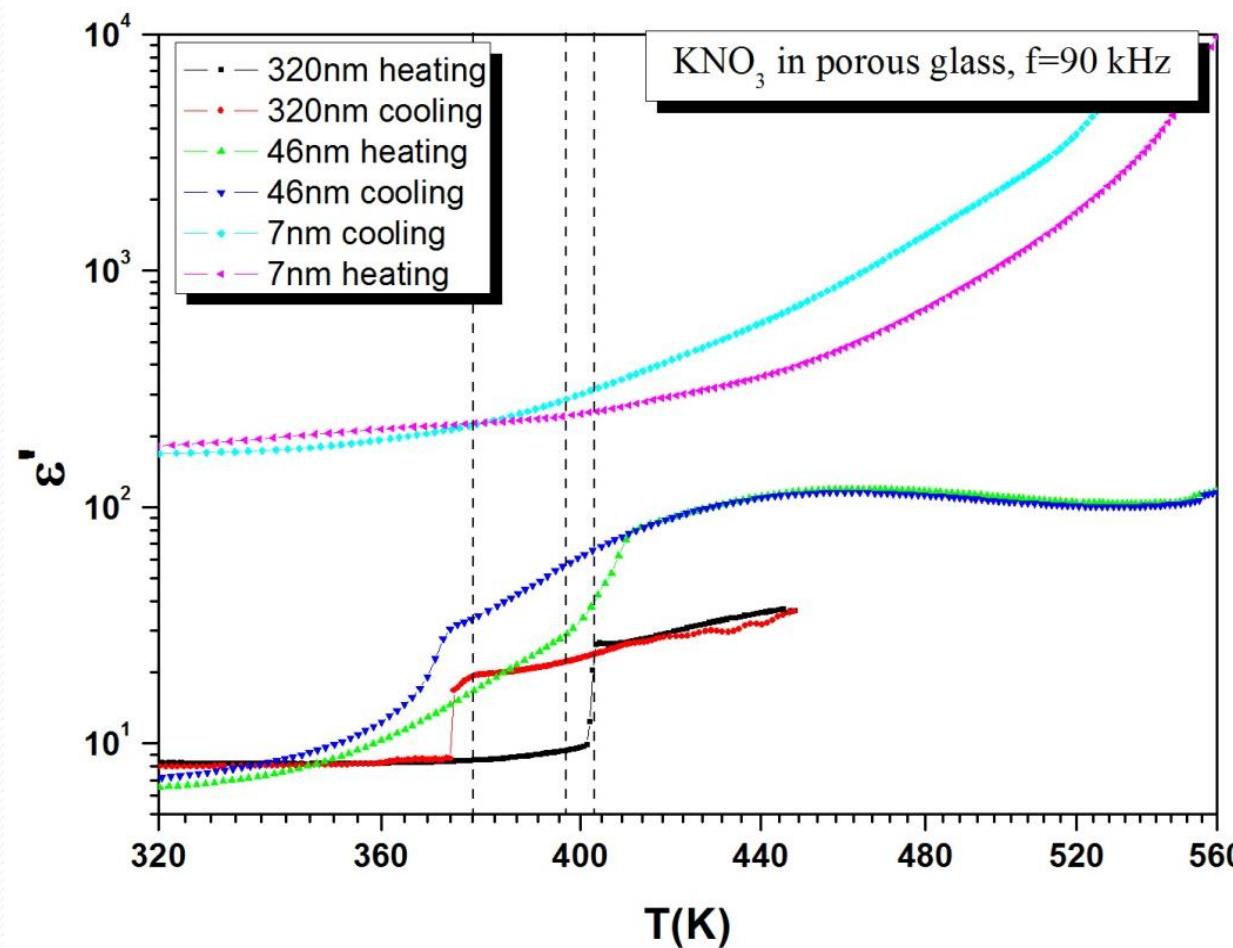
Температурные зависимости параметров релаксационных процессов для KNO_3 в 7 нм стекле



Энергии активации процессов, мэВ

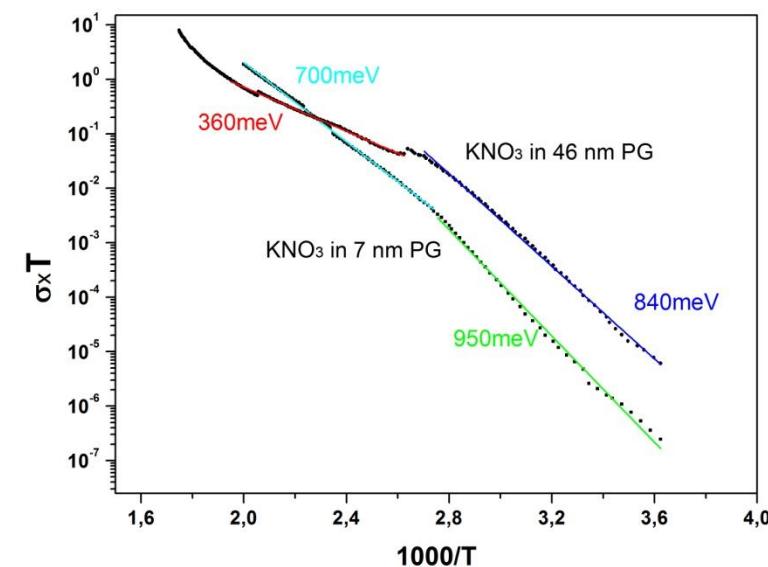
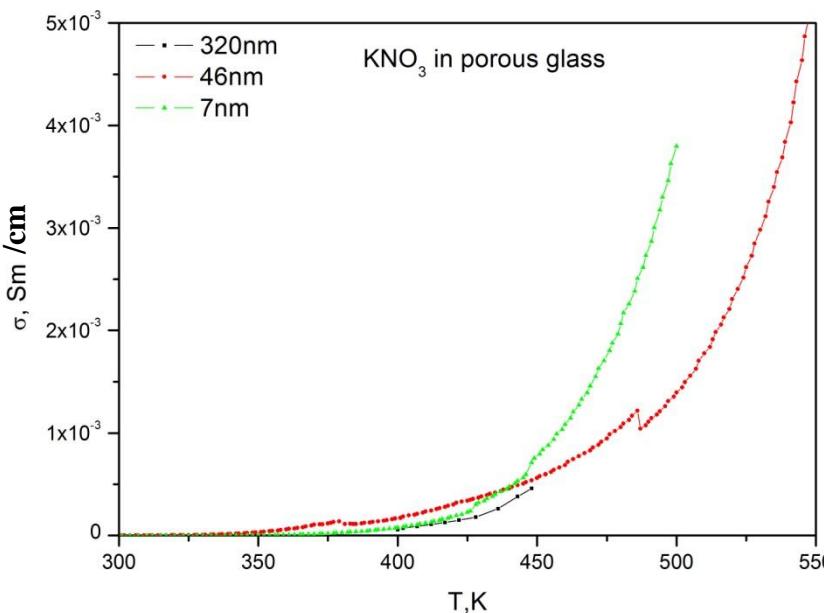
E_{11}	E_{12}	E_{21}	E_{22}	E_{31}	E_{32}
790	1360	1135	215	800	385

Размерный эффект



Температурные зависимости диэлектрической проницаемости KNO_3 в 320 нм, 46 нм и 7 нм пористых стеклах при охлаждении и нагревании на частоте 90 кГц.

DC- проводимость



Результаты работы

- Проведено исследование диэлектрического отклика нитрита натрия, внедренного в пористые стекла со средним диаметром пор 7нм, 46нм и 320нм.
- Установлено, что уменьшение размера пор пористой матрицы ведет к росту эффективного диэлектрического отклика композитов и DC-проводимости.
- Показано, что температура фазовых переходов при охлаждении понижается с уменьшением размера частиц, а при нагревании растет, при этом сам фазовый переход размывается и в малых кластерах происходит изменение рода фазовых переходов от первого ко второму.
- Проанализированы дисперсионные зависимости и определены параметры релаксационных процессов и их температурная эволюция, оценены энергии активации, выделен вклад, связанный с фазовым переходом из сегнетоэлектрической в параэлектрическую фазу.