



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ТВЕРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
НАПРАВЛЕНИЕ 03.03.02 ФИЗИКА

# Структура и диэлектрический отклик керамик ЦТСЛ

Щеглова Анастасия  
Игоревна

Руководитель:

к.ф.-м.н., доцент,  
Кислова Инна Леонидовна

# Актуальность

Сегнетоэлектрическая керамика цирконата-титаната свинца имеет большое практическое применение. Известно, что ее свойства можно значительно варьировать как меня соотношение Ti/Zr, так и введением различных примесей.

В частности, примесь La делает данный материал оптически прозрачным, что позволяет использовать его в электрооптических приборах.

# Цели и задачи

**Цель:** исследование структуры и диэлектрических свойств сегнетоэлектрической керамики цирконата-титаната свинца-лантана (ЦТСЛ) различного состава.

## **Задачи:**

- изучить структуру всех образцов с помощью СЭМ;
- исследовать характеристики петель диэлектрического гистерезиса;
- исследовать влияния внешних воздействий на изменение диэлектрических свойств образцов;
- исследовать температурную зависимость диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь при изменении концентрации La в составе.

# Образцы

Соединение ЦТСЛ –  $(\text{Pb}_x\text{La}_{1-x})(\text{Zr}_y\text{Ti}_{1-y})\text{O}_3$

Описывается соотношениями La:Zr:Ti как x/y/z, где x, y, z – концентрации элементов La, Zr и Ti.

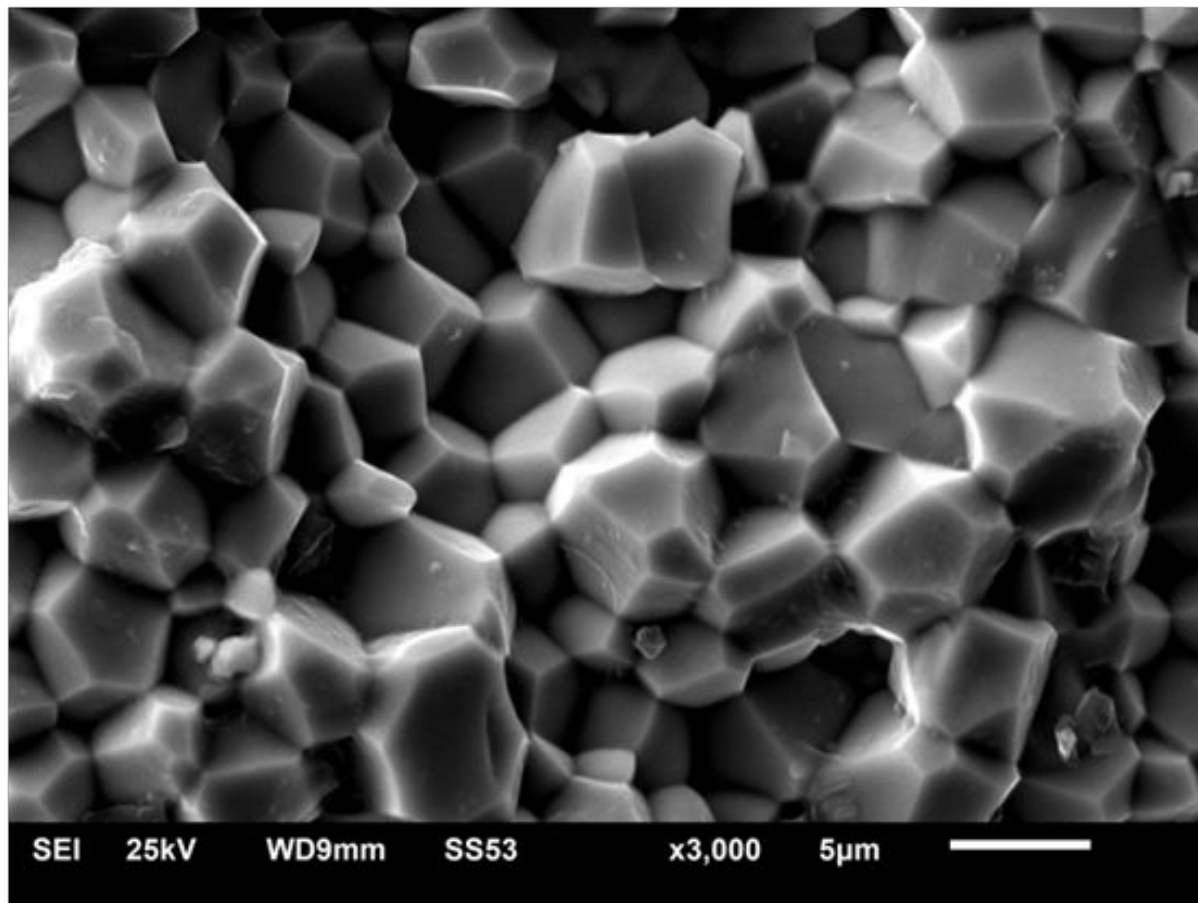
Образец	Толщина, мм	Площадь, мм <sup>2</sup>	Размеры зерен, мкм
5/40/60	1.060	22.3	2.4
7/65/35	0.365	8.5	4.7
8/70/30	0.446	16.2	5.6
9.75/65/35	0.609	11.5	9.8
12/40/60	0.578	7.8	9.4

# Экспериментальные установки

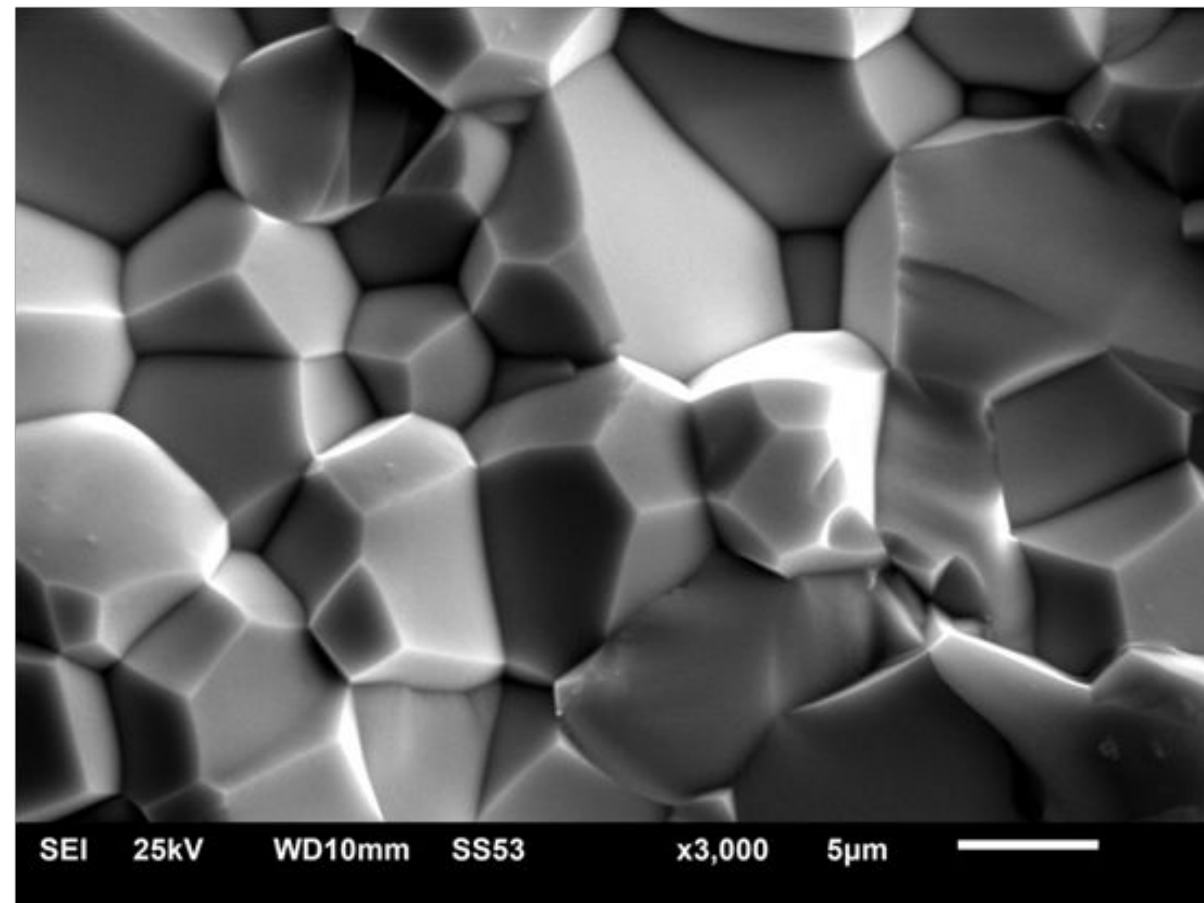
- сканирующий электронный микроскоп JEOL JSM-6610LV и полупроводниковая энергодисперсионная приставка INCA (Oxford) для изучения структуры образцов;
- исследования петель гистерезиса на установке с использованием схемы Сойлера-Тауэра;
- пироотклик изучен динамическим методом исследования;
- исследования диэлектрических характеристик проводились с помощью измерителя иммитанса E7-20.



# Результаты

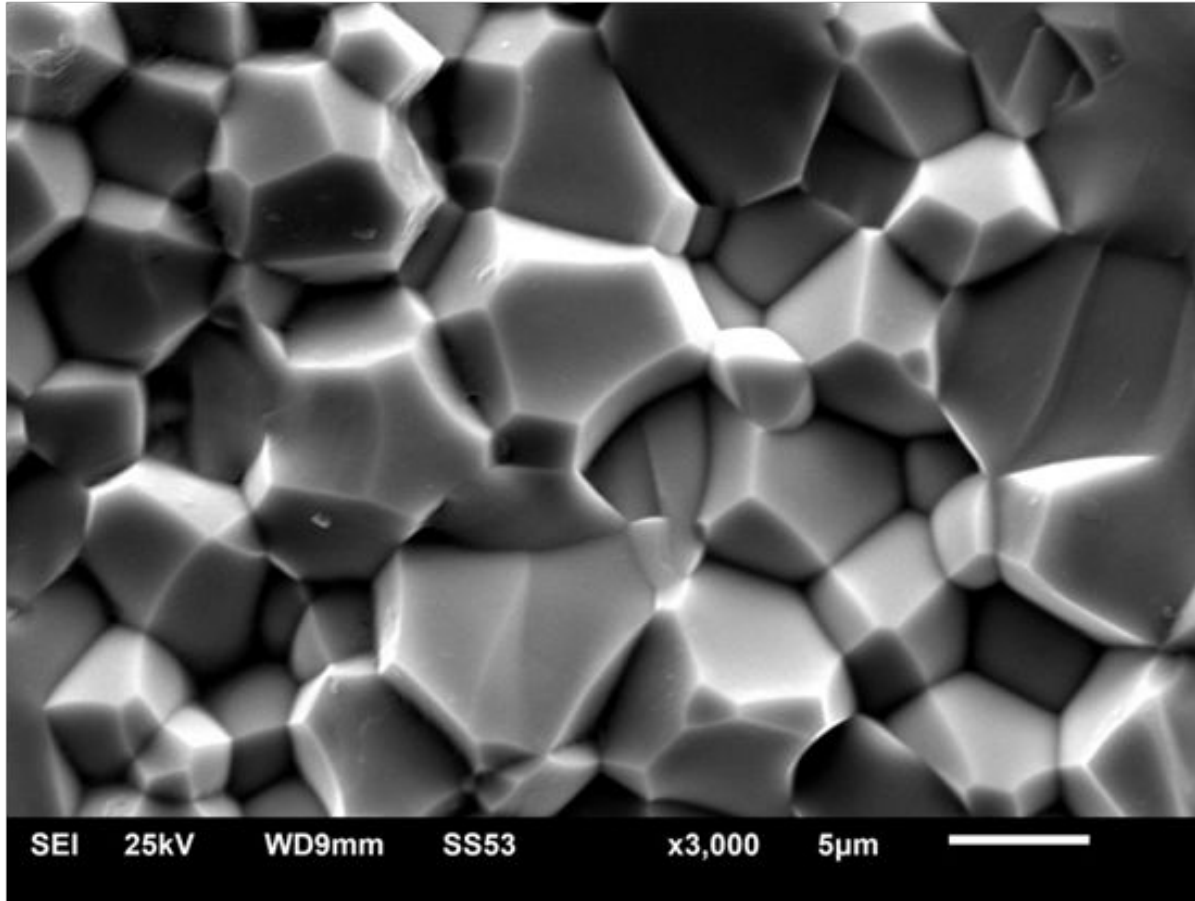


ЦТСЛ-7

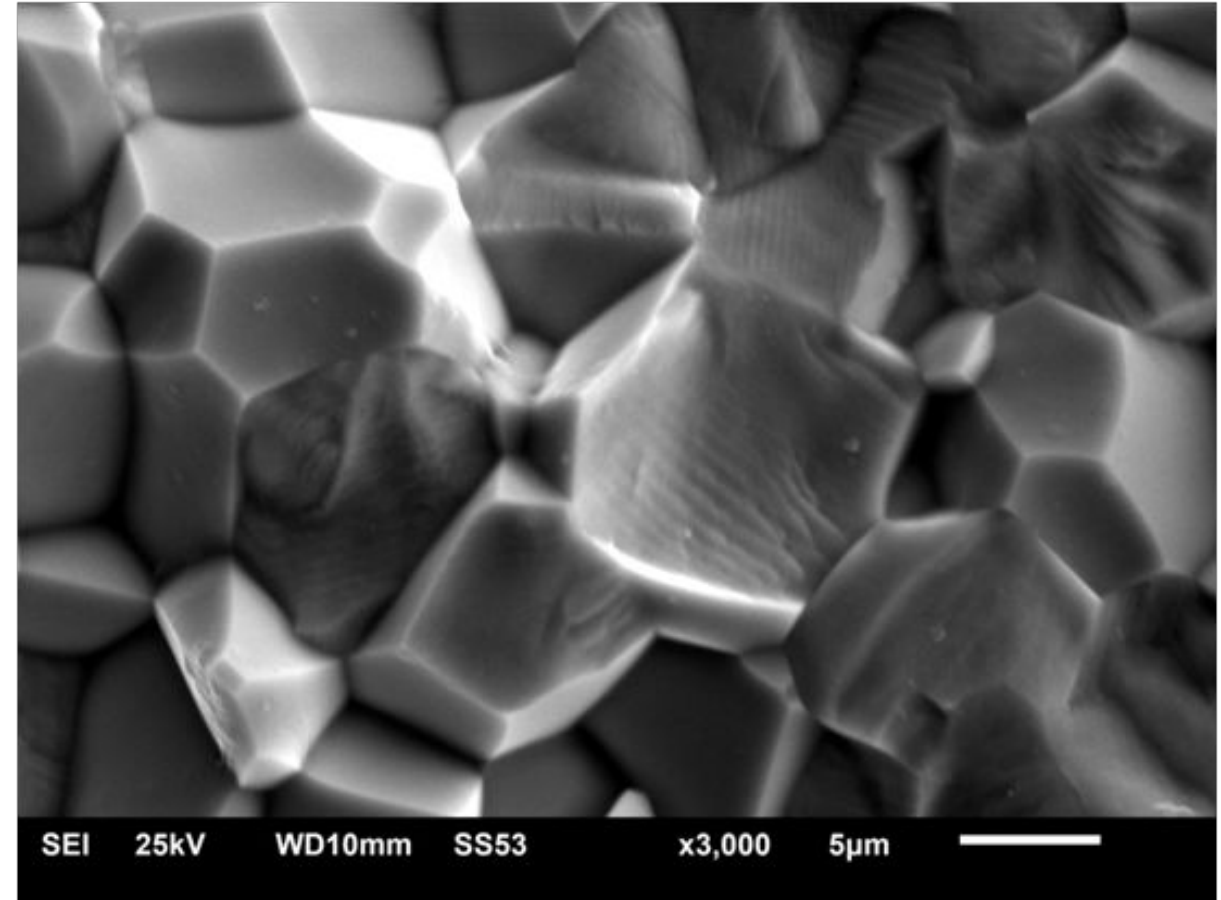


ЦТСЛ-8

# Результаты



ЦТСЛ-9.75



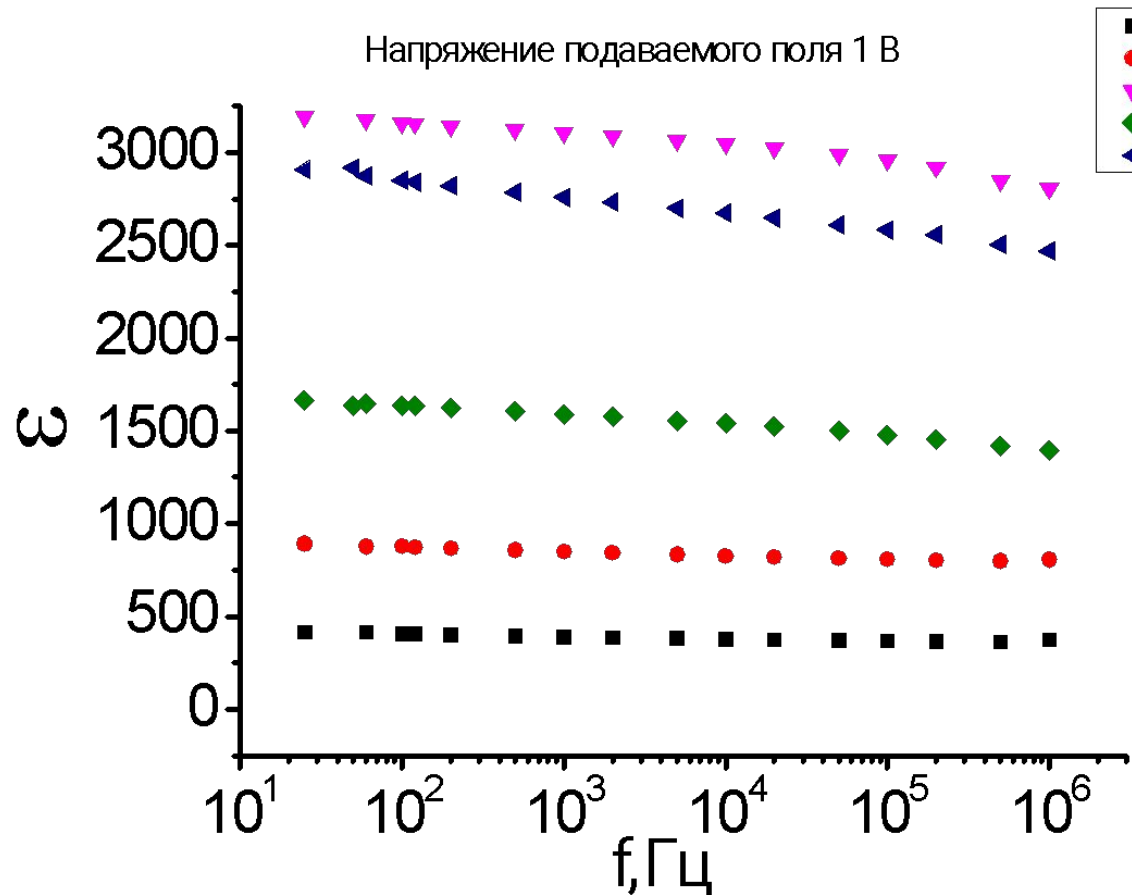
ЦТСЛ-12

# Результаты

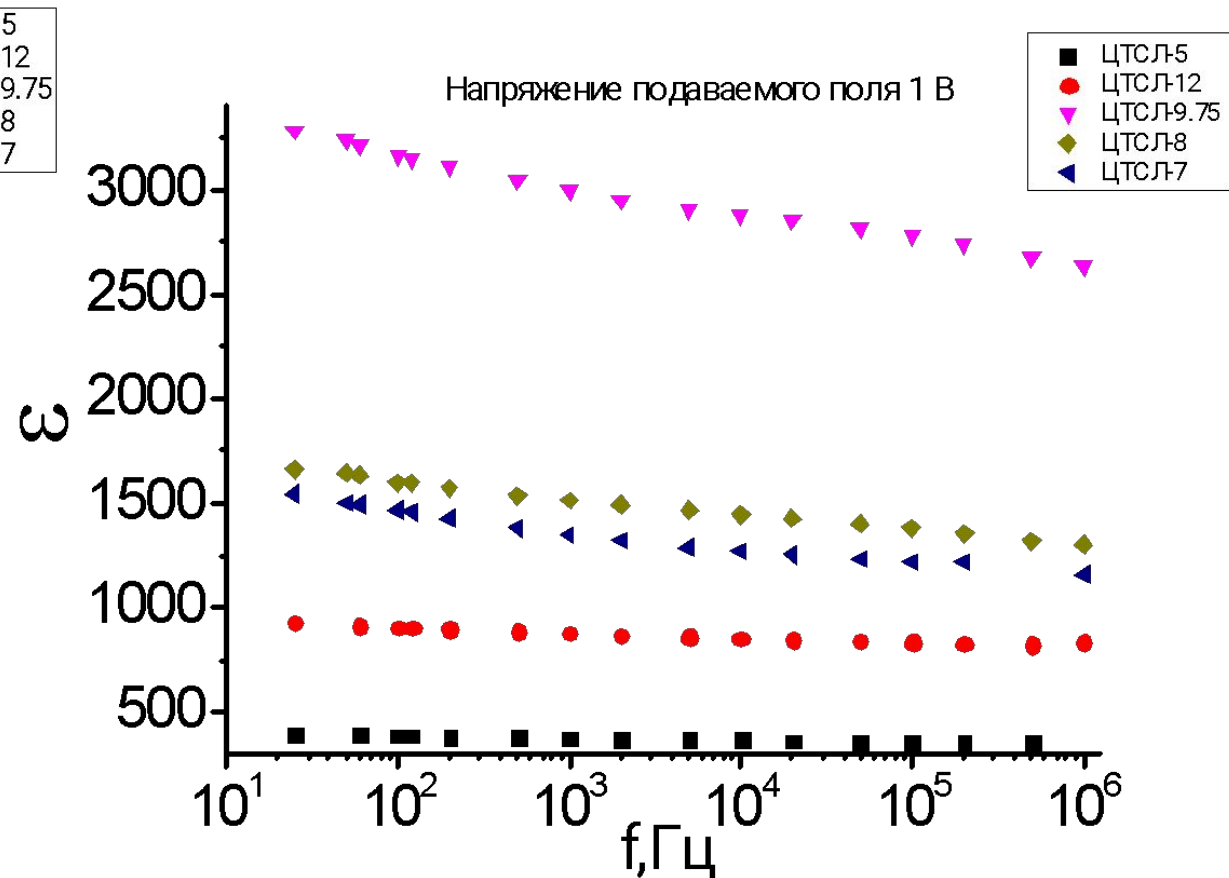
Образец	Атомные проценты образцов (%)				
	Ti	Zr	La	Pb	O
5/40/60	13.68	14.06	1.38	19.47	51.41
8/70/30	6.19	18.04	1.73	16.82	57.23
7/65/35	7.60	18.93	1.61	18.00	53.86
9.75/65/35	6.31	15.05	1.94	15.23	61.48
12/40/60	10.11	8.85	2.12	13.72	65.21



# Результаты

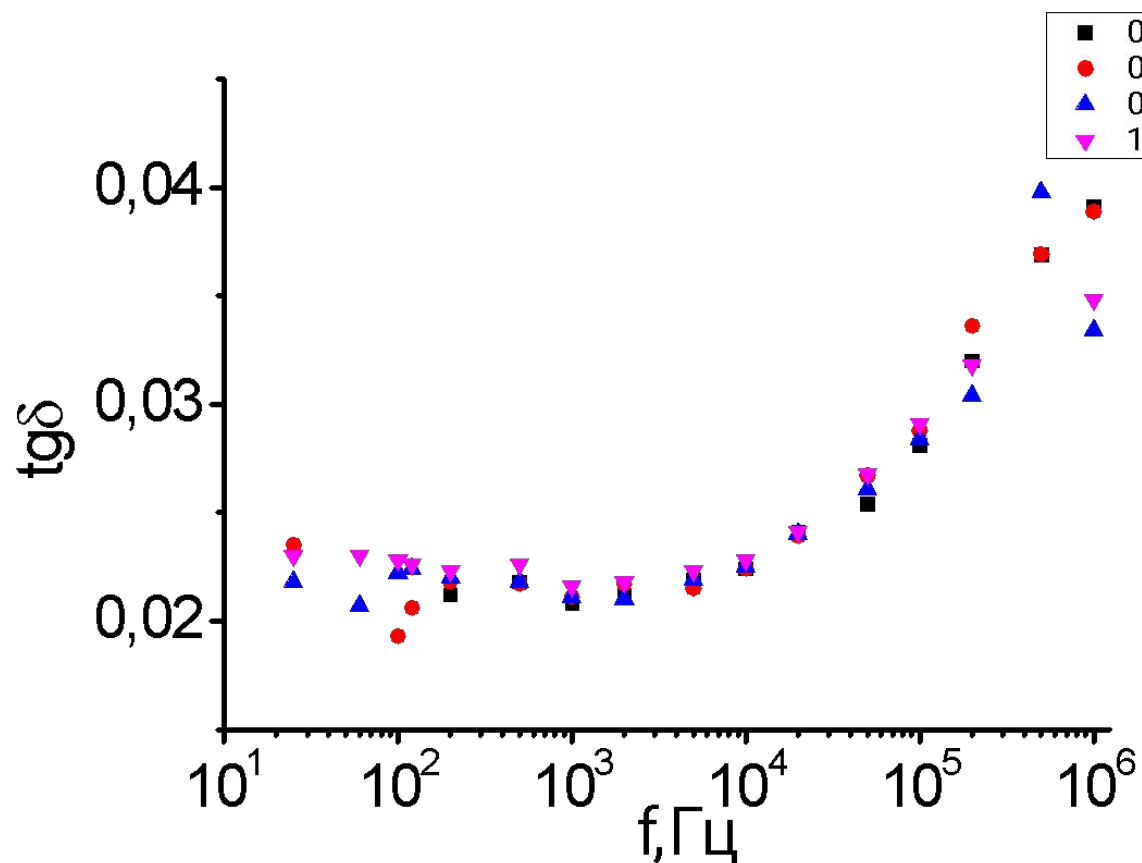


Частотная зависимость  
диэлектрической проницаемости для  
образцов ЦТСЛ до воздействия  
переменным полем

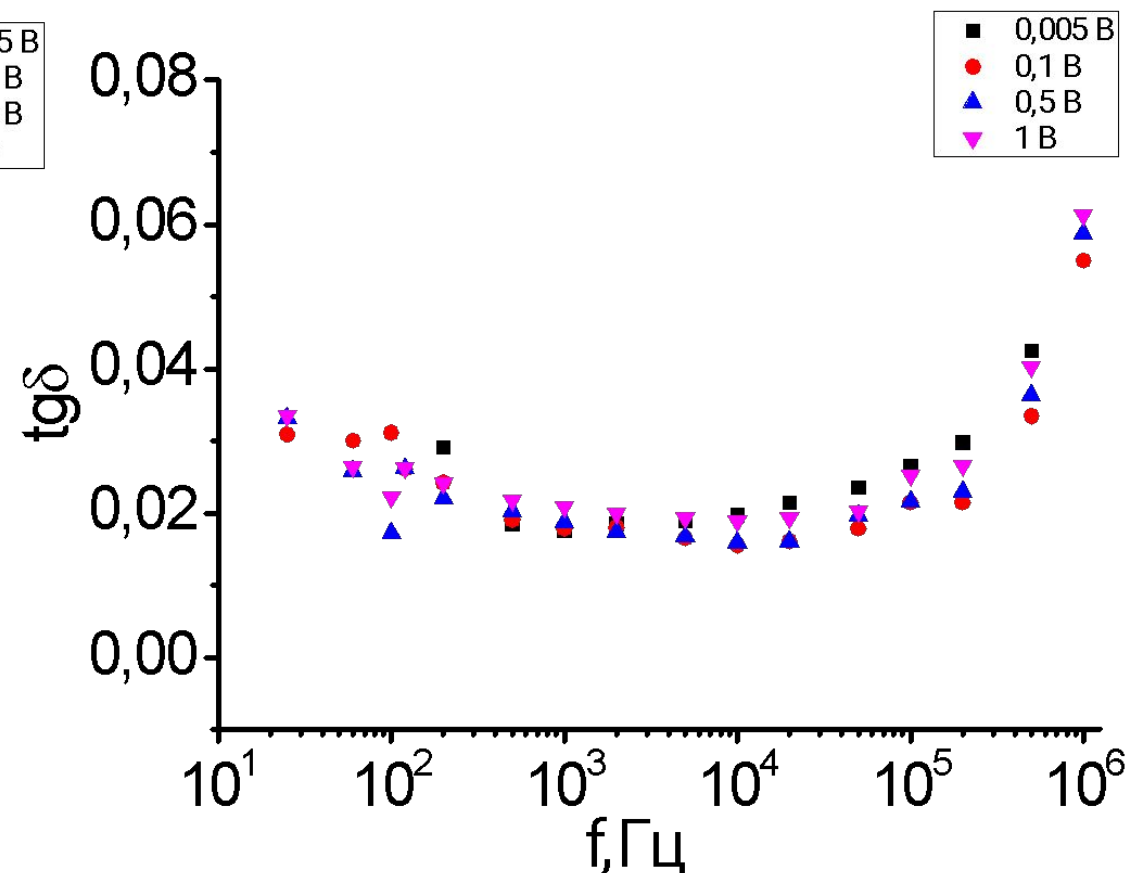


Частотная зависимость  
диэлектрической проницаемости для  
образцов ЦТСЛ после воздействия  
переменным полем

# Результаты

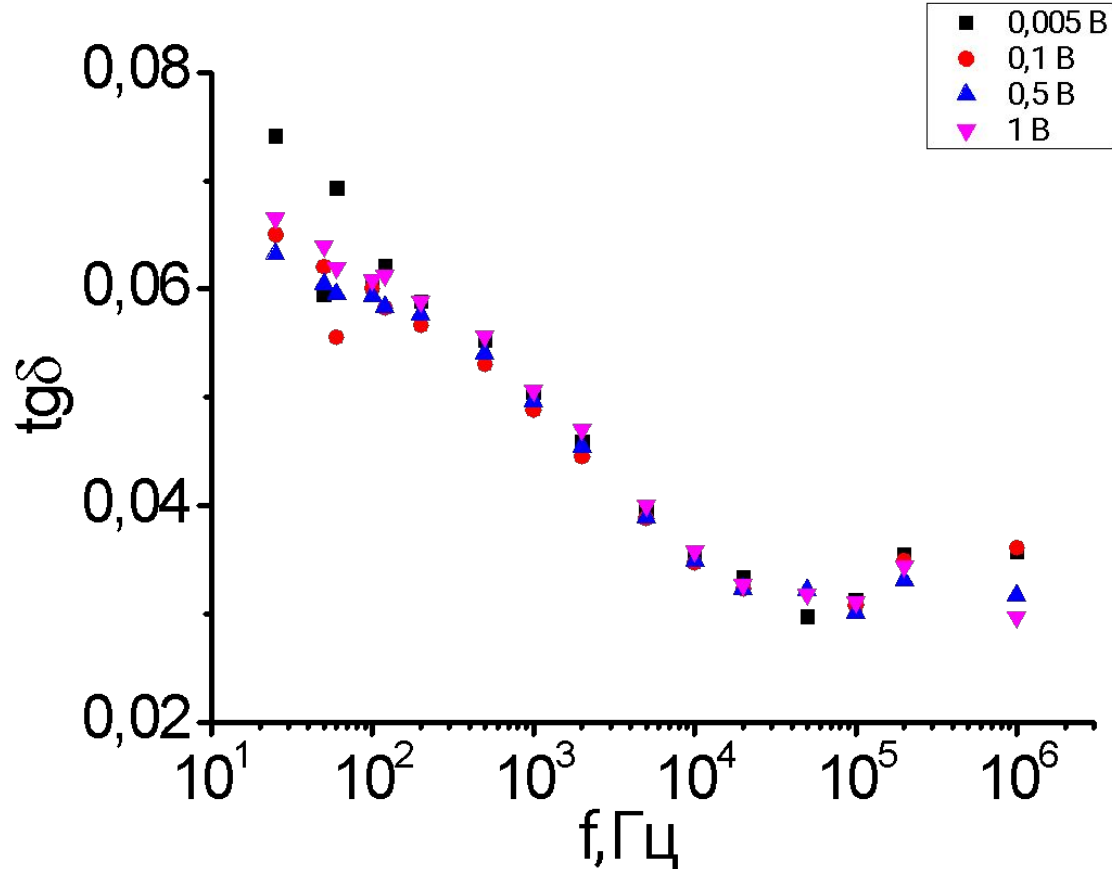


*Дисперсионная зависимость  $tg \delta$  при комнатной температуре для образца ЦТСЛ-7 при различных измерительных напряжениях до воздействия переменным полем.*

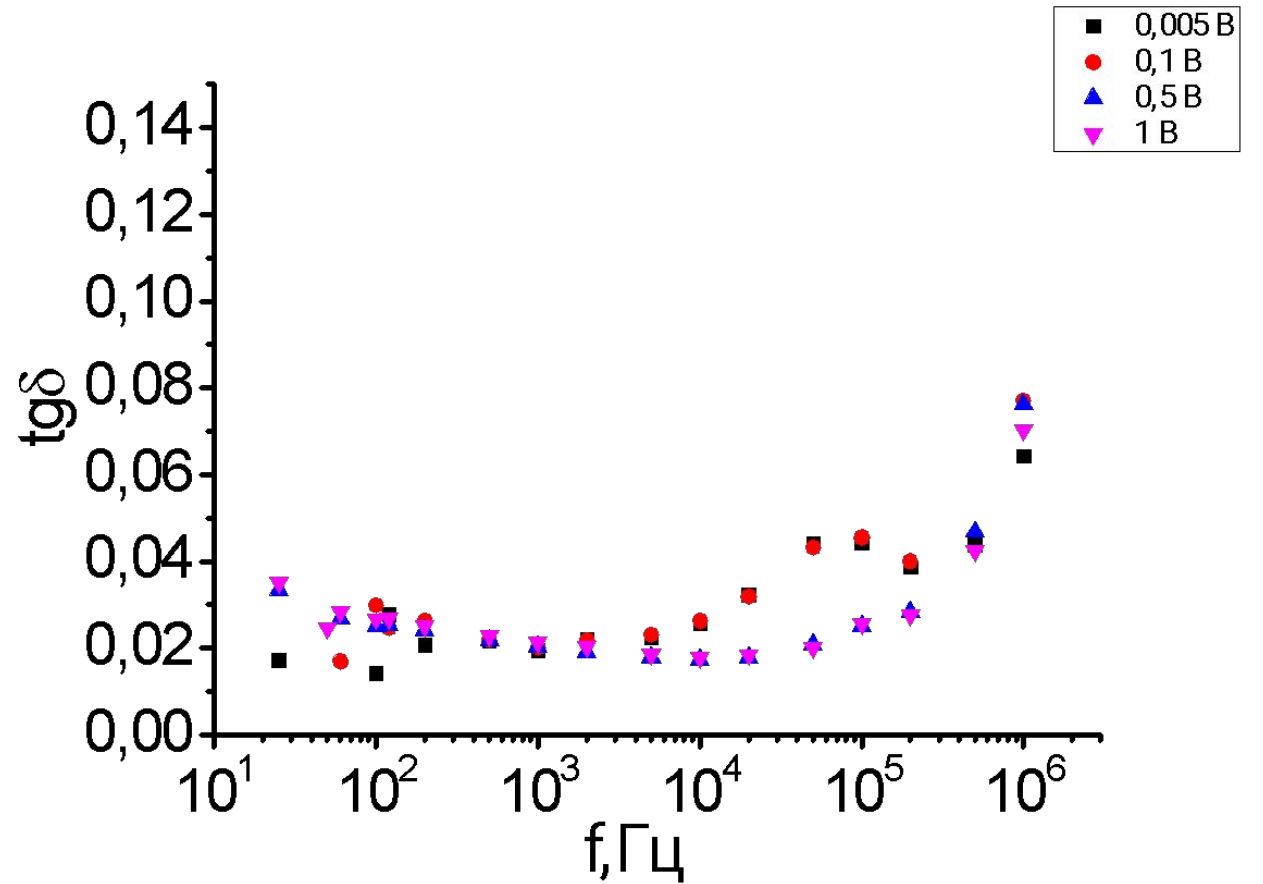


*Дисперсионная зависимость  $tg \delta$  при комнатной температуре для образца ЦТСЛ-12 при различных измерительных напряжениях до воздействия переменным полем.*

# Результаты

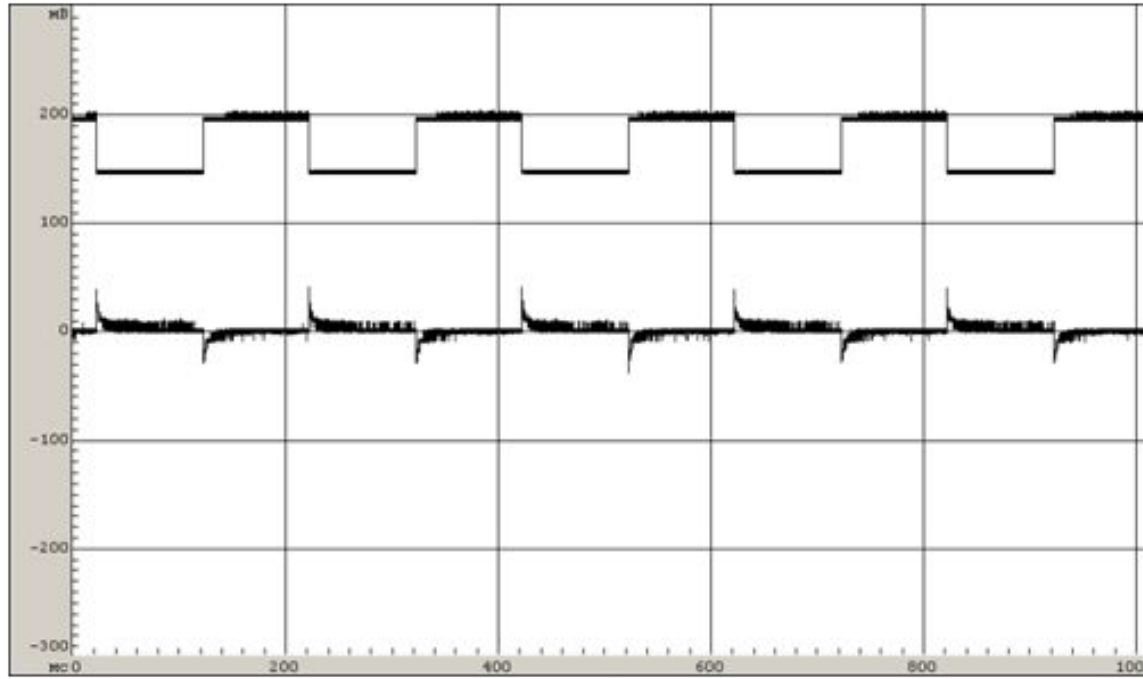


*Дисперсионная зависимость  $tg \delta$  при комнатной температуре для образца ЦТСЛ-7 при различных измерительных напряжениях после воздействия переменным полем.*

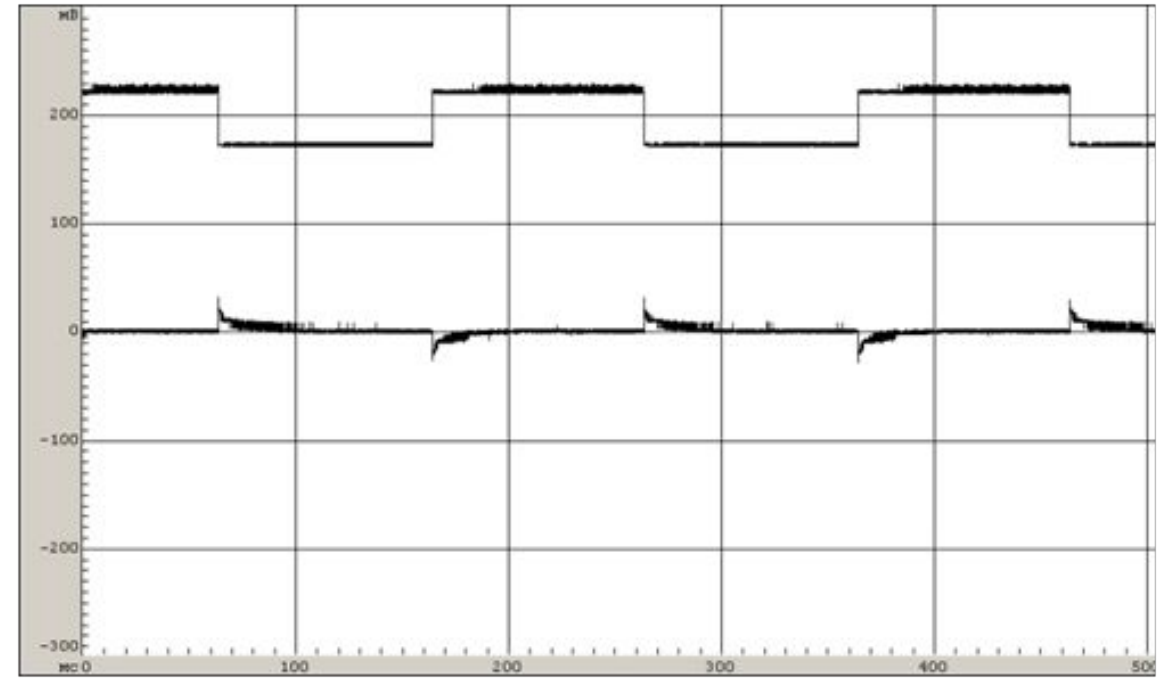


*Дисперсионная зависимость  $tg \delta$  при комнатной температуре для образца ЦТСЛ-12 при различных измерительных напряжениях после воздействия переменным полем.*

# Результаты

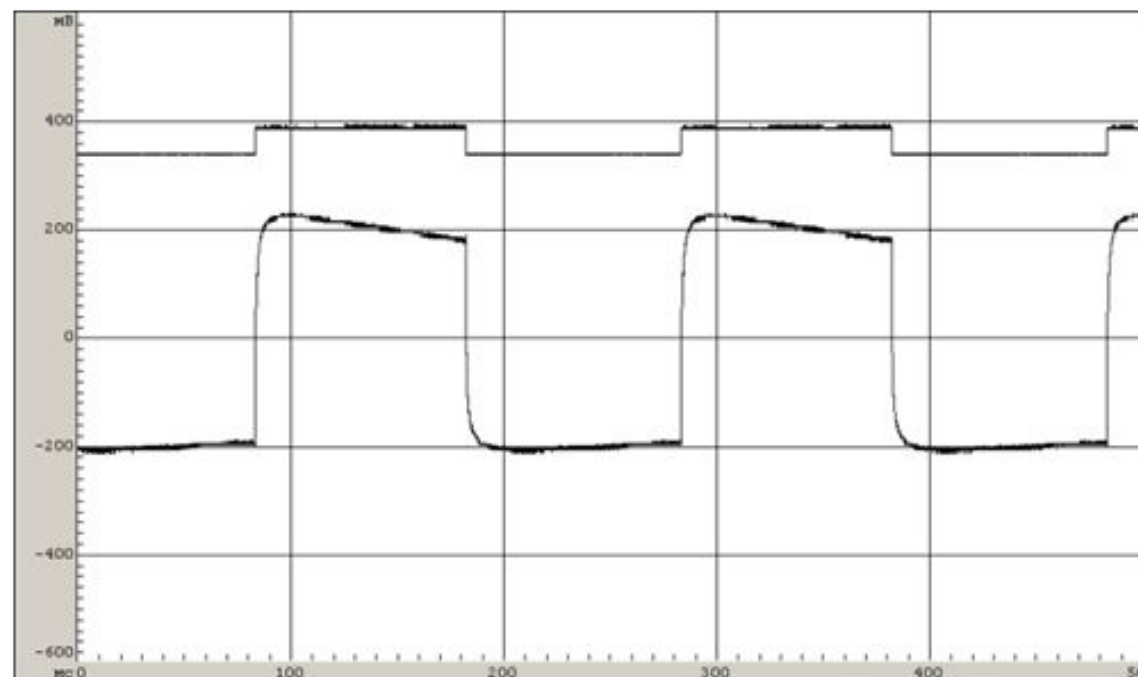


ЦТСЛ-8



ЦТСЛ-12

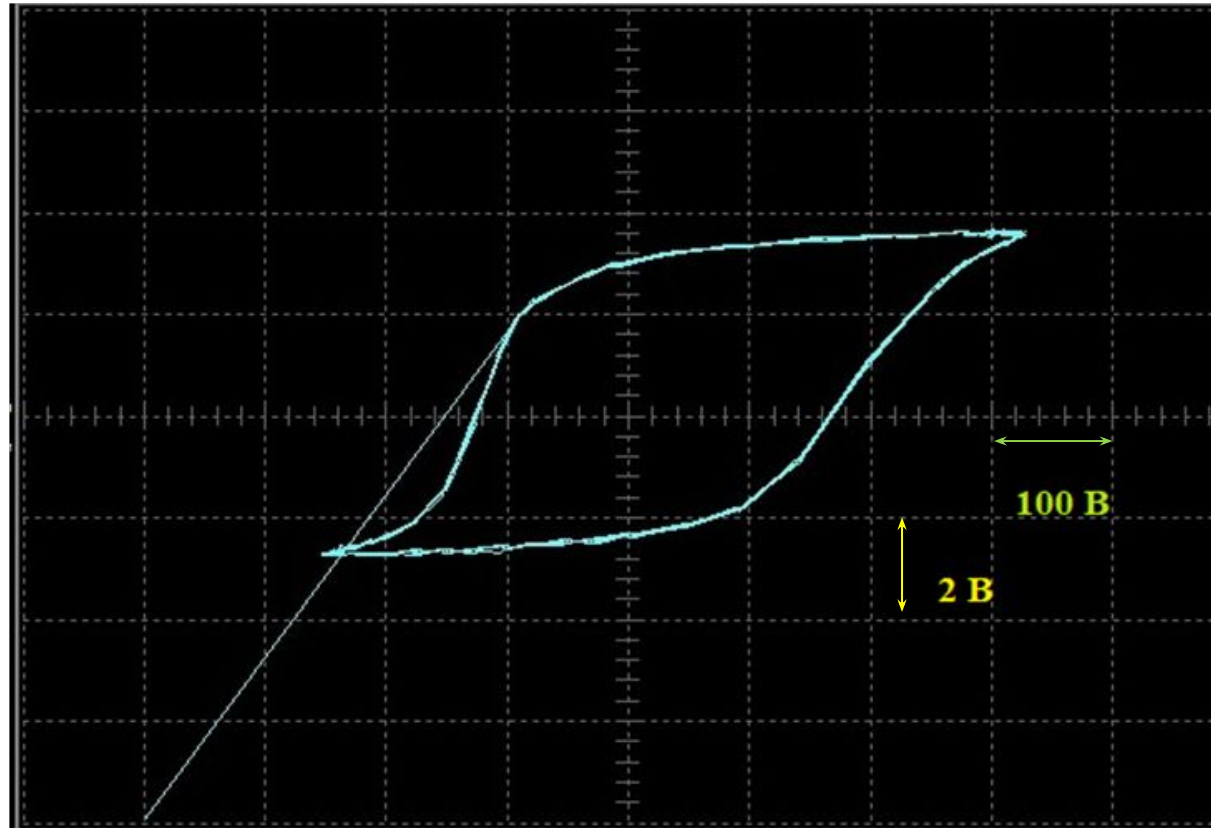
# Результаты



*Пироотклик образца ЦТСЛ-7 с обеих сторон*

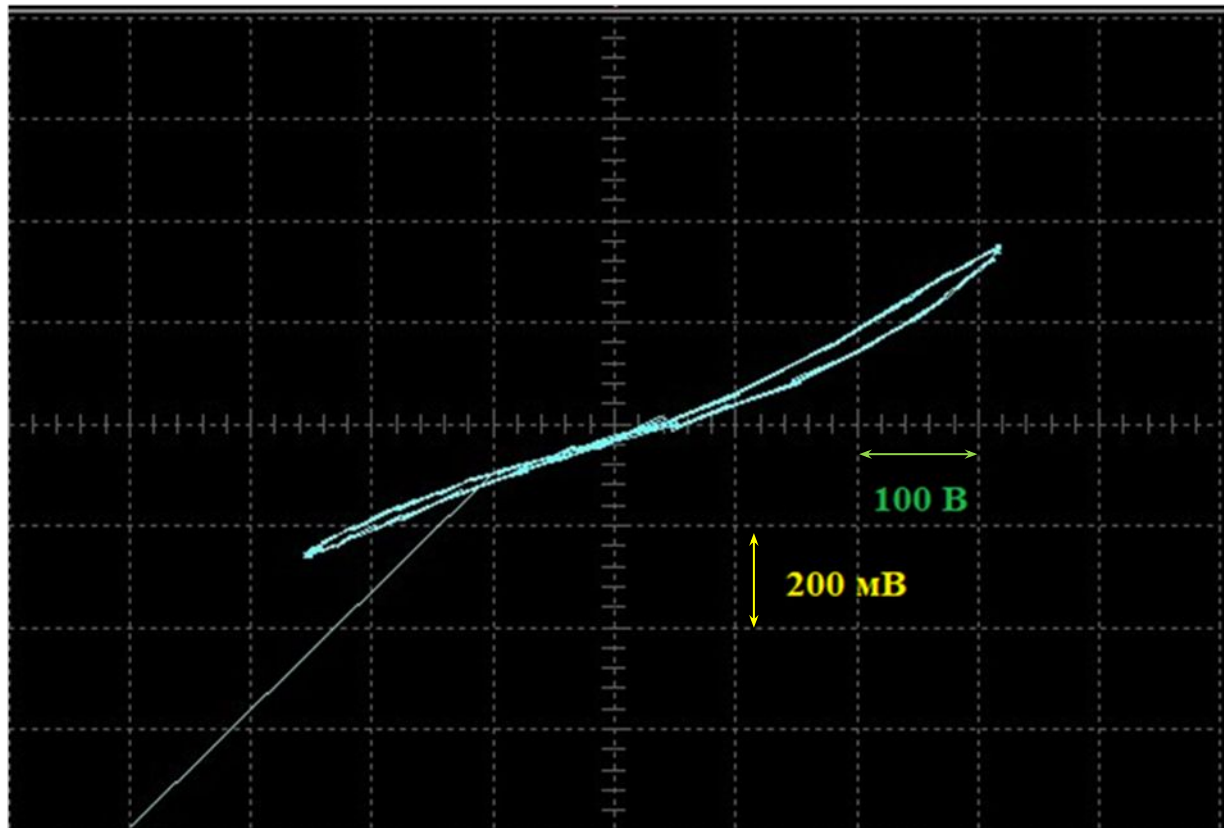


# Результаты

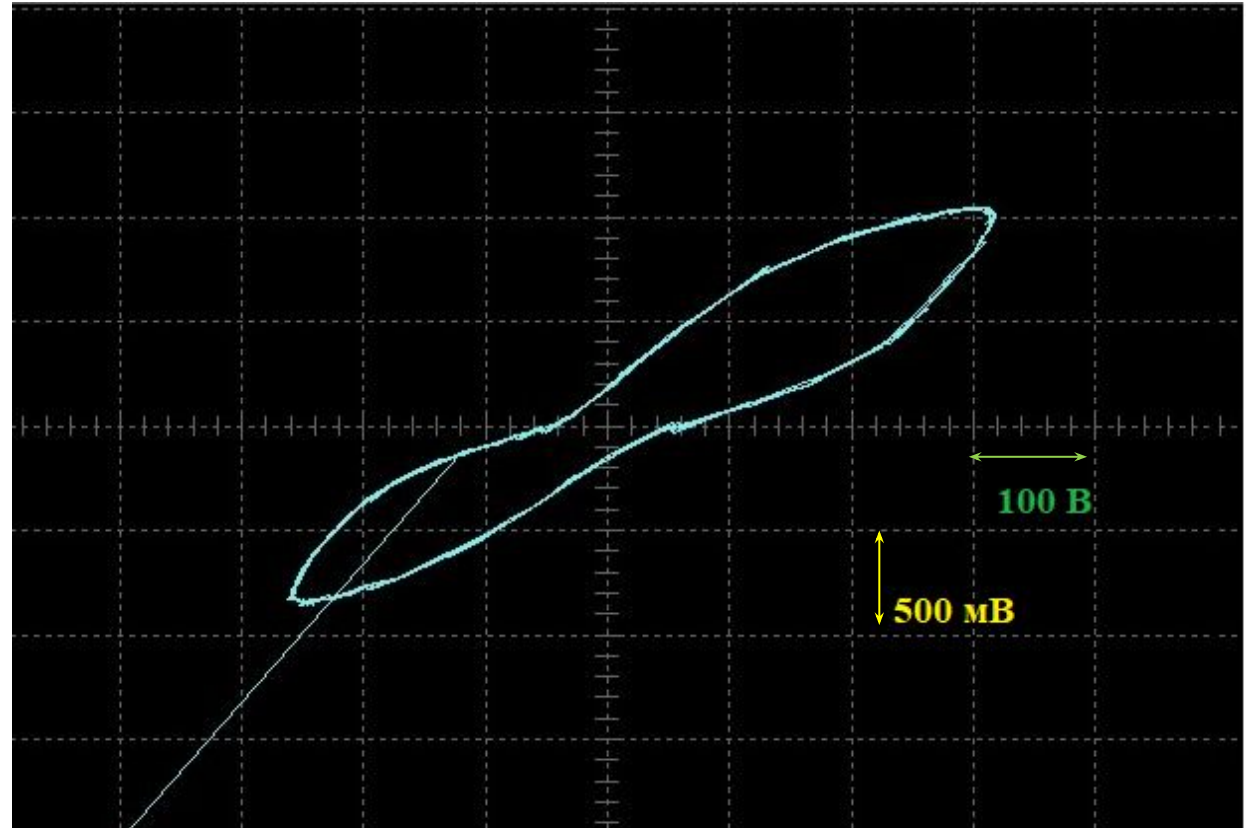


*Наблюдаемая петля  
диэлектрического гистерезиса для  
образца ЦТСЛ-7.*

# Результаты

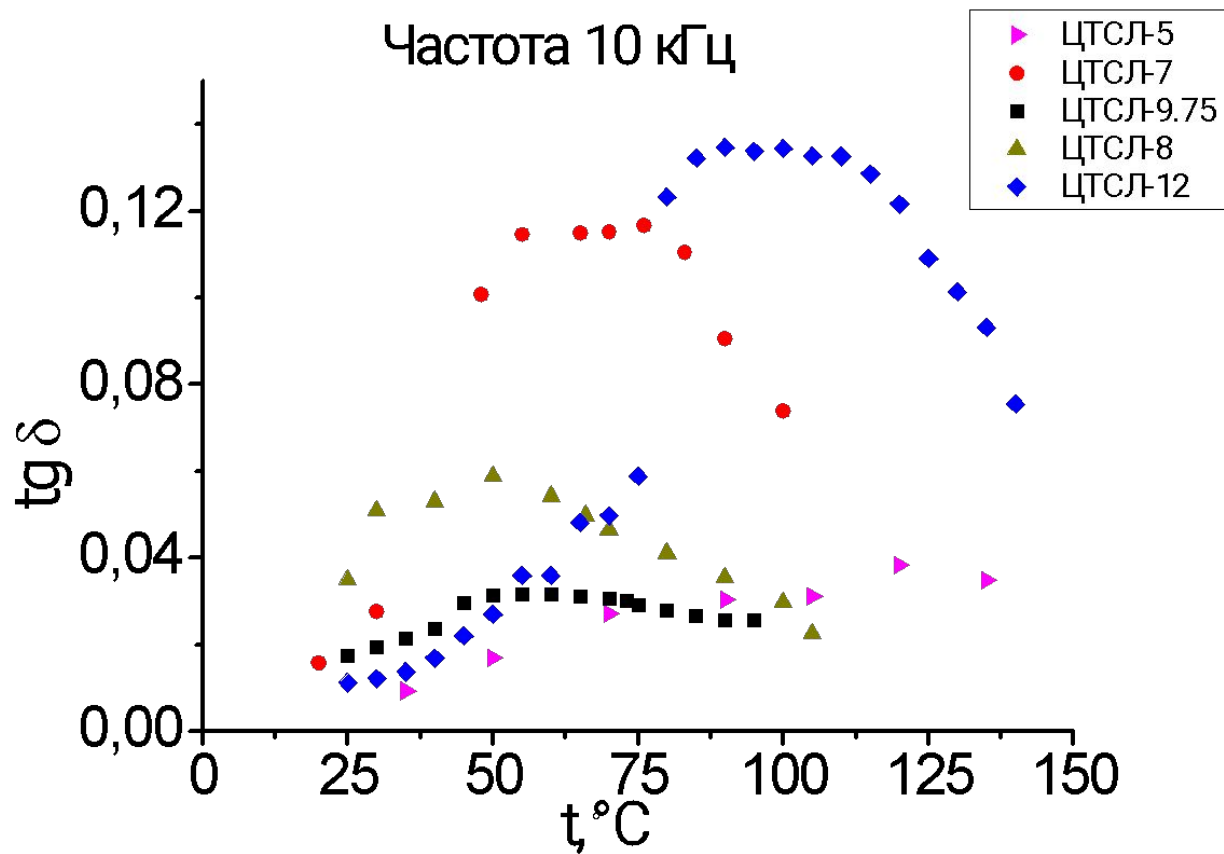


*Наблюдаемая петля  
диэлектрического гистерезиса  
для образца ЦТСЛ-9.75.*

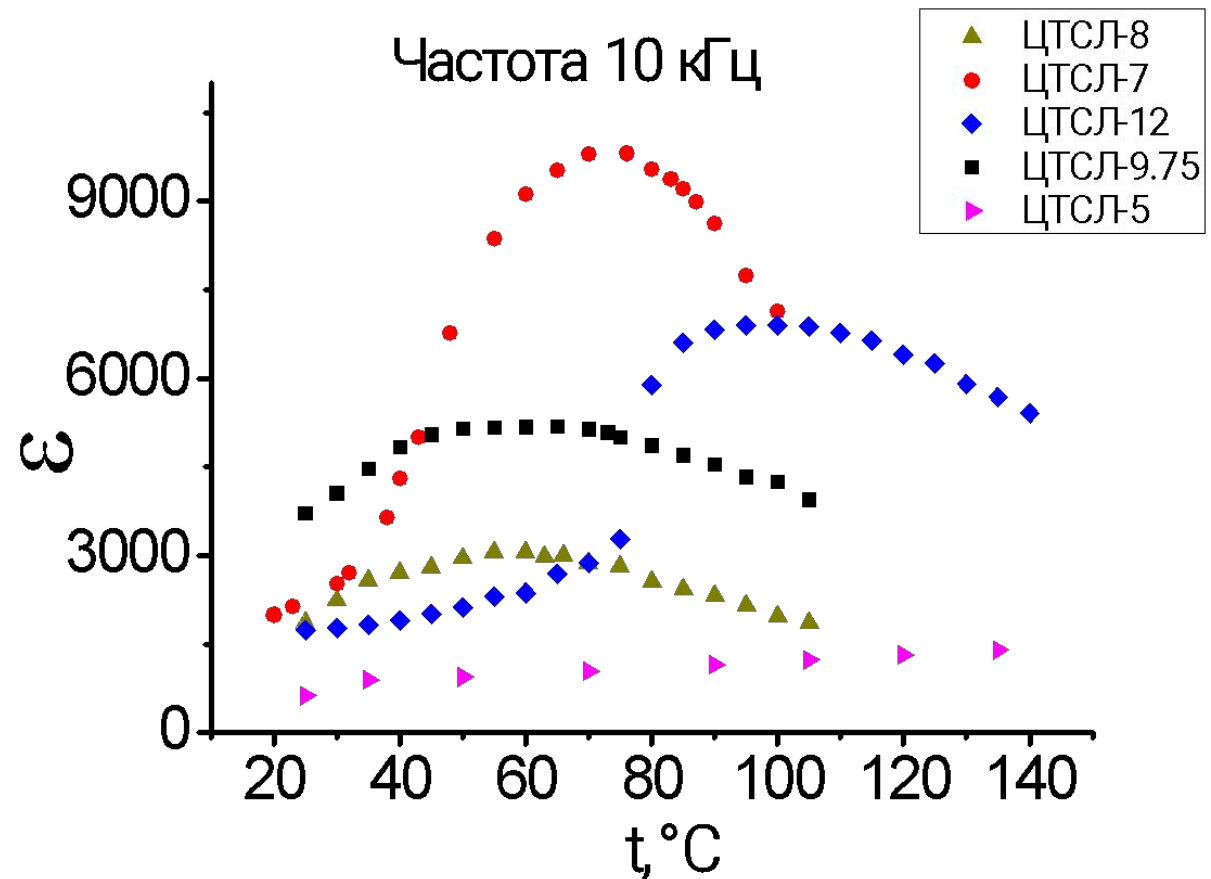


*Наблюдаемая петля  
диэлектрического гистерезиса  
для образца ЦТСЛ-12.*

# Результаты



Температурная зависимость тангенса угла диэлектрических потерь для образцов ЦТСЛ



Температурная зависимость диэлектрической проницаемости для образцов ЦТСЛ

# Выводы

1. Установлено, что с увеличением процентного содержания La средние размеры зерна увеличиваются.
2. Результаты исследования диэлектрического отклика показали наличие во всех образцах ЦТСЛ медленно-релаксирующей объемно-зарядовой поляризации.
3. Воздействие переменных электрических полей, превышающих коэрцитивное, приводит к формированию поляризованного состояния по всему объему в образце ЦТСЛ-7, в то время, как в образцах ЦТСЛ-8 и ЦТСЛ-12 поляризация формируется в приповерхностном слое.

# Выводы

4. В образцах ЦТСЛ-5 и ЦТСЛ-12 наблюдались петли диэлектрического гистерезиса, характерные для материалов с большими диэлектрическими потерями. В этих же образцах наблюдался максимум тангенса угла диэлектрических потерь на низких частотах.
5. Установлено, что с повышением содержания La петли диэлектрического гистерезиса сужаются, то есть принимают форму, характерную для релаксорных материалов.
6. С увеличением содержания La температурный максимум диэлектрической проницаемости становится более размытым, что свидетельствует об усилении релаксорных свойств материалов.



Выражаем благодарность за предоставленные образцы Киселёву Дмитрию Александровичу, кандидату физико-математических наук, старшему научному сотруднику кафедры Материаловедения полупроводников и диэлектриков НИТУ «МИСиС».

Выражаем благодарность за помощь в исследовании на СЭМ Ивановой Александре Ивановне, доценту, кандидату физико-математических наук, кафедра прикладной физики ТвГУ.

Всероссийская научно-техническая конференция молодых учёных «Физика, химия и новые технологии» в рамках XXVI Каргинских чтений, Исследование структуры и диэлектрических свойств релаксора  $(\text{Pb}_x\text{La}_{1-x})(\text{Zr}_y\text{Ti}_{1-y})\text{O}_3$ , с. 135.

*СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ*