|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Группа | R32811 | К работе допущен |  |
| Студент | Филиппов Александр Владимирович | Работа выполнена |  |
| Преподаватель | Акулов Дмитрий  Сергеевич | Отчёт принят |  |

**Санкт**

**-**

**Петербургский**

**национальный**

**исследовательский**

**университет**

**информационных**

**технологий**

**,**

**механики**

**и**

**оптики**

**УЧЕБНЫЙ**

**ЦЕНТР**

**ОБЩЕЙ**

**ФИЗИКИ**

**ФТФ**



**Рабочий протокол и отчет по**

**лабораторной работе № 3.06**

**Изучение электрических свойств сегнетоэлектриков**

1. **Цель работы.**

1. Определение значений электрического смещения насыщения

𝐷𝑠, остаточной поляризации 𝑃𝑟, коэрцитивной силы 𝐸𝑐 для предельной петли гистерезиса сегнетоэлектрика.

2. Расчет диэлектрических потерь за цикл переполяризации сегнетоэлектрика.

3. Получение зависимостей смещения 𝐷 и диэлектрической проницаемости 𝜀 от напряженности электрического поля 𝐸.

4. Определение значений начальной и максимальной диэлектрической проницаемости.

1. **Задачи, решаемые при выполнении работы.**

Определение значений электрического смещения насыщения 𝐷𝑠, остаточной поляризации 𝑃𝑟, коэрцитивной силы 𝐸𝑐 для предельной петли гистерезиса сегнетоэлектрика, получение зависимостей смещения 𝐷 и диэлектрической проницаемости 𝜀 от напряженности электрического поля 𝐸, определение значений начальной и максимальной диэлектрической проницаемости

1. **Объект исследования**.

Петля гистерезиса сегнетоэлектрика

1. **Метод экспериментального исследования**.

Замер таких величин ,как напряжение координаты делений на картине петли гистерезиса

1. **Рабочие формулы и исходные данные.**

Изображение выглядит как текст, письмо

Автоматически созданное описание Изображение выглядит как текст

Автоматически созданное описание Изображение выглядит как текст, часы

Автоматически созданное описание Изображение выглядит как текст

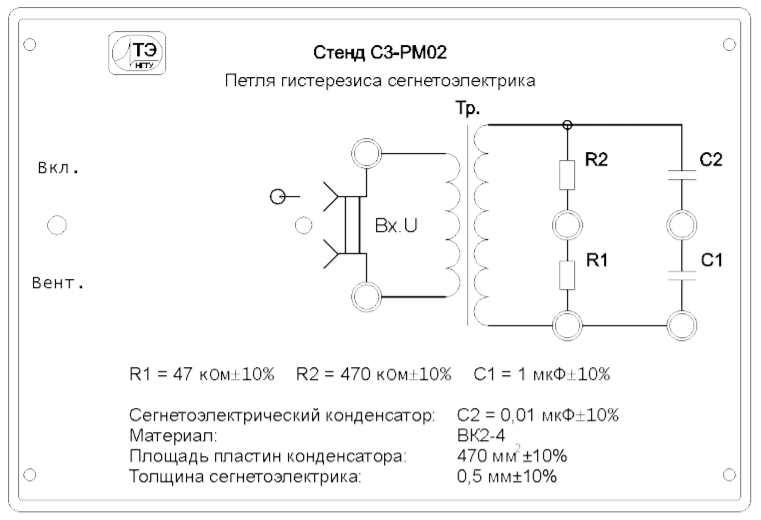
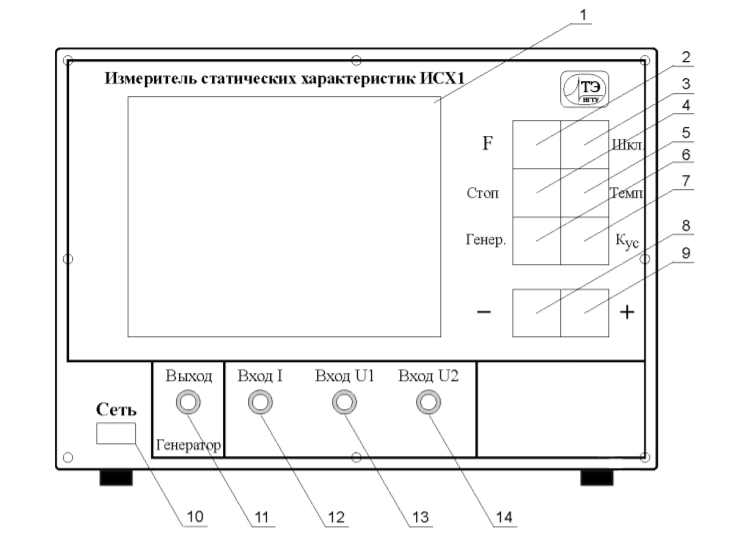
Автоматически созданное описание Изображение выглядит как текст

Автоматически созданное описание

**6. Измерительные приборы.**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *№ п/п* | *Наименование* | *Тип прибора* | *Используемый диапазон* | *Погрешность прибора* |
| *1* | Информационное поле | Цифровой | От 0 до 4 делений | 0,1 дел |

**7. Схема установки (*перечень схем, которые составляют Приложение 1*).**



1. графический дисплей;

2. кнопка выбора режима работы «F»;

3. кнопка выбора шкалы «Шкл.»;

4. кнопка запоминания оцифрованного сигнала «Стоп»;

5. кнопка выбора температурного режима «Темп»;

6. кнопка управления генератором «Генер.»;

7. кнопка выбора коэффициента отклонения «Кус»;

8. кнопка уменьшения выбранной величины «–»;

9. кнопка увеличения выбранной величины «+»;

10.кнопка выключателя «Сеть»;

11.выход генератора;

12.вход тока 𝐼;

13.вход напряжения 𝑈1;

14.вход напряжения 𝑈2

**8. Результаты прямых измерений и их обработки (*таблицы, примеры расчетов*).**

Таблица 1.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | U, B | Kx, B/Дел | Ky, B/Дел | X, дел | Y, дел | E, B/м | D, Кл/м^2 | ε |
| 1 | 17,00 | 5,00 | 5,00 | 28,00 | 25,00 | 3080000,00 | 0,25 | 9167,48 |
| 2 | 15,00 | 5,00 | 5,00 | 25,00 | 28,00 | 2750000,00 | 0,28 | 11499,68 |
| 3 | 13,00 | 5,00 | 5,00 | 22,00 | 25,00 | 2420000,00 | 0,25 | 11667,70 |
| 4 | 11,00 | 5,00 | 5,00 | 19,00 | 22,00 | 2090000,00 | 0,22 | 11888,77 |
| 5 | 9,00 | 5,00 | 5,00 | 15,00 | 16,00 | 1650000,00 | 0,16 | 10952,08 |
| 6 | 7,00 | 5,00 | 5,00 | 12,00 | 11,00 | 1320000,00 | 0,11 | 9411,94 |
| 7 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 8,00 | 6,00 | 880000,00 | 0,06 | 7700,68 |
| 8 | 4,40 | 5,00 | 5,00 | 8,00 | 4,00 | 880000,00 | 0,04 | 5133,79 |
| 9 | 3,80 | 5,00 | 5,00 | 7,00 | 3,00 | 770000,00 | 0,03 | 4400,39 |
| 10 | 3,20 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 2,00 | 550000,00 | 0,02 | 4107,03 |
| 11 | 2,60 | 5,00 | 5,00 | 4,00 | 2,00 | 440000,00 | 0,02 | 5133,79 |
| 12 | 2,00 | 5,00 | 5,00 | 3,00 | 1,00 | 330000,00 | 0,01 | 3422,52 |
| 13 | 1,40 | 5,00 | 5,00 | 2,00 | 1,00 | 220000,00 | 0,01 | 5133,79 |
| 14 | 0,80 | 5,00 | 5,00 | 1,00 | 0,20 | 110000,00 | 0,002 | 2053,51 |

**9. Расчет результатов косвенных измерений (*таблицы, примеры расчетов*).**

Рассчитаем значение электрической индукции в состоянии насыщения DS по формуле

Изображение выглядит как текст

Автоматически созданное описание(1)

DS = 0,25

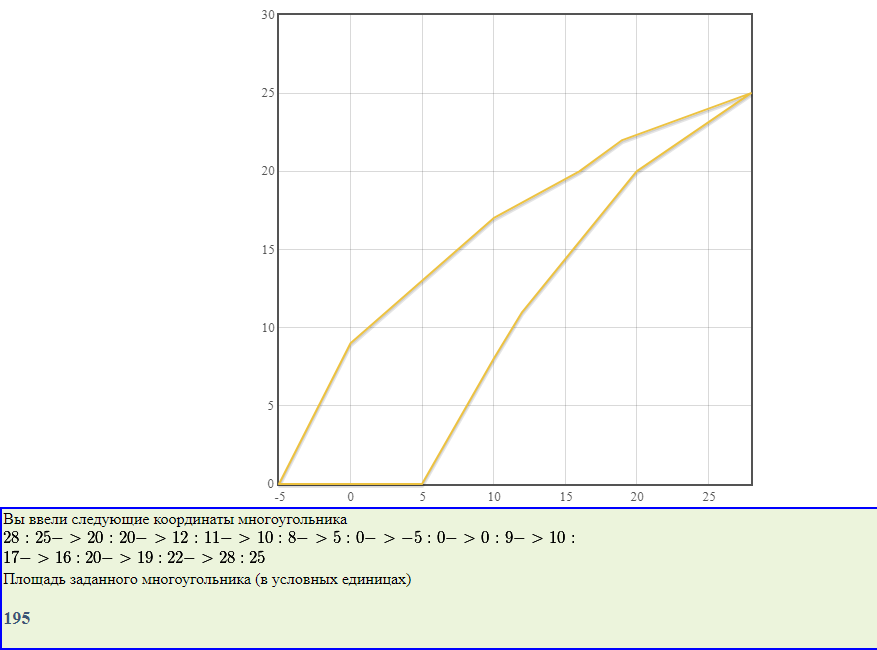
Рассчитаем значение коэрцитивного поля ЕС по формуле Изображение выглядит как текст, часы

Автоматически созданное описание(2)

ЕС 3080000

Рассчитаем значение остаточной поляризации Pr :

Pr = Dr = 0,004

**Найдем площадь предельной петли гистерезиса по рисунку на миллиметровой бумаге

Sпет = 195 \* 2 = 390

Оценим значение тангенса угла диэлектрических потерь по формулеИзображение выглядит как текст

Автоматически созданное описание

0,18

По формулам (1) и (2) и записанных в Таблице 1 значений коэффициентов усиления 𝐾𝑥 и 𝐾𝑦 заполним колонки 𝐸 и 𝐷, рассчитав значения напряженности электрического поля и электрической индукции

Для первого измерения:

DS = 0,25

ЕС 3080000

Рассчитаем значения диэлектрической проницаемости сегнетоэлектрика для всех значений напряженности электрического поля по формуле

Изображение выглядит как текст

Автоматически созданное описание

Для первого измерения:

Ɛ = 9167,48

Ɛнач = 2053,51

Найдем с помощью графика Ɛ= Ɛ(Е) максимальное значение диэлектрической проницаемости Ɛмакс

Ɛмакс = 11888,77

Определим напряженность 𝐸, которому соответствует Ɛмакс

Е = 2090000

**10. Расчет погрешностей измерений (*для прямых и косвенных измерений*).**

**11. Графики (*перечень графиков, которые составляют Приложение 2*).**

График 1. Зависимость вектора электрического смещения от напряжённости D = D(E)

График 2. Зависимость диэлектрической проницаемости от напряжённости Ɛ = Ɛ(Е)

**12. Окончательные результаты.**

DS = 0,25 ± 0,045 Кл/м2 - электрическая индукция в состоянии насыщения

ЕС 3080000 ± 353554 В/м - коэрцитивное поле

Pr = 0,004 ± 0,001 Кл/м2 - остаточная поляризация

Sпет = 390 – примерная площадь петли гистерезиса

0,18 – тангенс угла диэлектрических потерь

Ɛнач = 2053,51 - минимальная диэлектрическая проницаемость

Ɛмакс = 11888,77 - максимальная диэлектрическая проницаемость

**13. Выводы и анализ результатов работы.**

В ходе эксперимента была изучена петля гистерезиса, изучены некоторые свойства сегнетоэлектриков, такие как поляризация под действием электрического поля и влияние потенциала поля на этот процесс: чем сильнее поле, тем сильнее смещение D. Было замечено, что зависимость электрической индукции от напряжённости электрического поля в сегнетоэлектрике нелинейная: сначала функция медленно растёт, затем её рост ускоряется, а потом начинает спадать. Диэлектрическая проницаемость так же нелинейно зависит от напряжённости – сначала с ростом напряжённости растёт и диэлектрическая проницаемость, но в какой-то момент она достигает своего локального максимума и далее медленно убывает до локального минимума, после чего начинает расти до максимума и снова убывает.