**Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет**

**информационных технологий, механики и оптики ** **УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР ОБЩЕЙ ФИЗИКИ ФТФ**

Группа P3208 P3211 P3216

Студент Дашкевич Е.В. Кононова В.В. Векшин А.И

Преподаватель Хвастунов Н.Н.

**Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе № 3.06**

**Изучение электрических свойств сегнетоэлектриков**

1. **Цель работы.**

Изучить электрические свойства сегнетоэлектриков.

1. **Задачи, решаемые при выполнении работы.**
2. Определение значений электрического смещения насыщения Ds, остаточной поляризации Pr, коэрцитивной силы Ec для предельной петли гистерезиса сегнетоэлектрика.
3. Расчет диэлектрических потерь за цикл переполяризации сегнетоэлектрика.
4. Получение зависимостей смещения 𝐷 и диэлектрической проницаемости 𝜀 от напряженности электрического поля 𝐸.
5. Определение значений начальной и максимальной диэлектрической проницаемости.
6. **Объект исследования.**Петля гистерезиса сегнетоэлектрика.
7. **Метод экспериментального исследования.**

Уменьшая напряжение, измерять размеры петли гистерезиса, фиксируя значения Kx, Ky, X, Y.

1. **Рабочие формулы и исходные данные.**
2. - Модуль электрической индукции
3. - Напряженность электрического поля
4. ; - Тангенс угла диэлектрических потерь
5. ; - Диэлектрическая проницаемость

Параметры установки:

1. R1 = 47000 Ом
2. R2 = 470000 Ом
3. C1 = 0,000001 Ф
4. C2 = 0,00000001 Ф
5. S = 0.0005 м2
6. d = 0.0005 м
7. **Измерительные приборы.**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Наименование | Тип прибора | Используемый диапазон | Погрешность прибора |
| 1 | ИСХ1 | цифровой | [0;17] В | 0,05В |

1. **Результаты прямых измерений (*таблицы, примеры расчетов*).**

**Эскиз предельной петли гистерезиса.**

*Ec=X Ds=3,4Y Es=2,7X Dz=1,3Y*



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | U, В | KX, В/дел | Ky, В/дел | X, Дел | Y, Дел | E, В/м | D, Кл/м2 | ε |
| 1 | 17 | 5 | 5 | 2,7 | 3,4 | 297000 | 0,034 | 12900 |
| 2 | 15 | 5 | 5 | 2,4 | 3 | 264000 | 0,030 | 12800 |
| 3 | 14 | 5 | 5 | 2,3 | 2,9 | 253000 | 0,029 | 13000 |
| 4 | 13 | 5 | 5 | 2,1 | 2,7 | 231000 | 0,027 | 13200 |
| 5 | 11,6 | 5 | 5 | 1,7 | 2,4 | 187000 | 0,024 | 14500 |
| 6 | 10 | 5 | 5 | 1,6 | 1,9 | 176000 | 0,019 | 12200 |
| 7 | 8 | 5 | 5 | 1,2 | 1,3 | 132000 | 0,013 | 11100 |
| 8 | 5 | 2 | 2 | 2 | 0,8 | 88000 | 0,0032 | 4100 |
| 9 | 4,4 | 2 | 2 | 1,8 | 0,7 | 79200 | 0,0028 | 4000 |
| 10 | 3,8 | 2 | 2 | 1,5 | 0,5 | 66000 | 0,0020 | 3400 |
| 11 | 3,2 | 2 | 2 | 1,2 | 0,3 | 52800 | 0,0012 | 2600 |
| 12 | 2,6 | 1 | 1 | 2,1 | 0,4 | 46200 | 0,0008 | 2000 |
| 13 | 2 | 1 | 1 | 1,6 | 0,3 | 35200 | 0,0006 | 1900 |
| 14 | 1,4 | 1 | 1 | 1,1 | 0,2 | 24200 | 0,0004 | 1900 |
| 13 | 2 | 1 | 1 | 1,6 | 0,3 | 35200 | 0,0006 | 1900 |

DS = 0,034 Кл/м2 – Электрическая индукция в состоянии насыщения

ES = 297000 В/м – Коэрцитивное поле в состоянии насыщения

Dr = 0,013 Кл/м2 – Остаточная поляризация

Ec = 88000 В/м – Коэрцитивное поле

Sпетли = 7,45 дел2 – Площадь петли гистерезиса

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

EC = = = = 88000 В/м

DS = = = = 0,034 Кл/м2

Es = = = = 297000 В/м

Pr = Dr = = = 0,013 Кл/м2

tg(δ) = = = = 0,01 => δ = 0,00018o

ɛ\_max = = =

С помощью экстраполяции E к нулевому значению найдем ɛ\_нач = 662

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

ΔDs = = 0,007 Кл/м2.

ΔEc = = 19800 В/м.

ΔEs = = 61600 В/м.

ΔPr = = 0,003 Кл/м2.

= \* 100% = 20,6%.

= \* 100% = 22,5%.

= \* 100% = 20,7%.

= \* 100% = 21,7%.

= = 6200

= = 248

= \* 100% = 42,7%

= \* 100% = 37,4%.

1. **Графики**
2. **Окончательные результаты.**

Es = (297 ± 62) \* 103 В/м

Ds = (34 ± 7) \* 10-3 Кл/м2

Ec = (88 ± 20) \* 103 В/м

Pr = (13 ± 3) \* 10-3 Кл/м2

= (14,5 ± 6,2) \* 103

= (0,66 ± 0,24) \* 103

1. **Выводы и анализ результатов работы.**

Изучена зависимость диэлектрической проницаемости от напряженности, зависимость смещения от напряженности.

Зависимость электрической индукции D от напряженности E нелинейная. Функция медленно растет, далее рост ускоряется и в итоге рост замедляется.

Зависимость диэлектрической проницаемости e от напряженности E также нелинейная. Изначально вместе с напряженностью растет и диэлектрическая проницаемость, но в какой-то момент диэлектрическая проницаемость достигает своего максимума и далее начинает убывать.

Из-за высокой погрешности график может не до конца соответствовать реальному распределению e и D, например почти вертикальные участки скорее всего не соответствуют реальности.

Все заявленные зависимости с учетом погрешностей̆ выполняются на практике.