**Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики**



**УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР ОБЩЕЙ ФИЗИКИ ФТФ**

Группа    **P3115**   Работа выполнена   05.05.2021

Студент   **Девяткин Арсений**   Отчет сдан

Преподаватель **Боярский К.К.** Отчет принят

**Рабочий протокол и отчет по**

**лабораторной работе № 3.06**

**«Изучение электрических свойств сегнетоэлектриков »**

Санкт-Петербург

2021

**Цель работы**

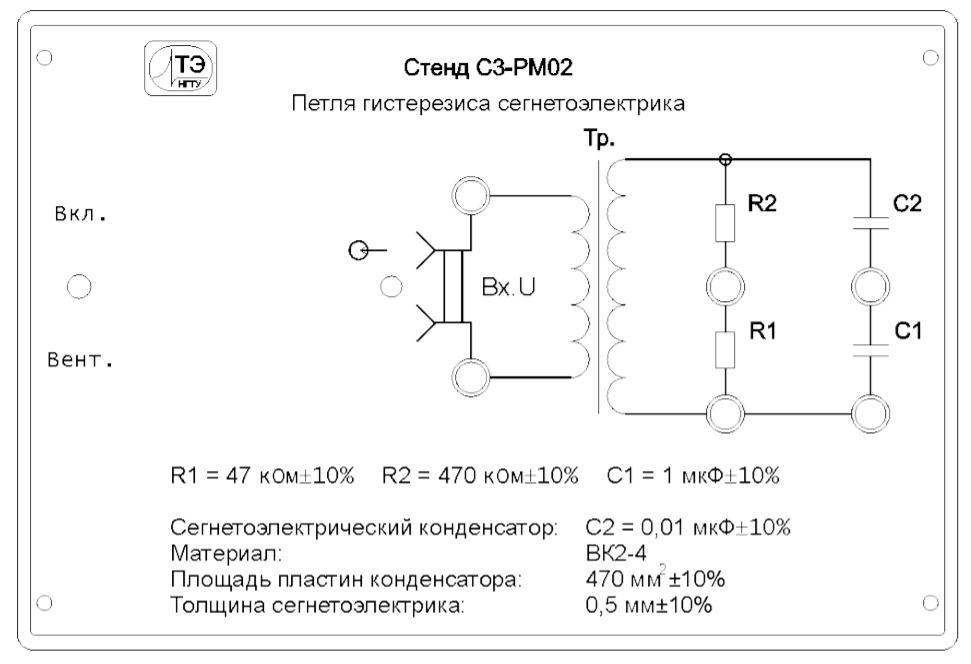
1. Определение значений электрического смещения насыщения 𝐷𝑠, остаточной поляризации 𝑃𝑟, коэрцитивной силы 𝐸𝑐 для предельной петли гистерезиса сегнетоэлектрика.

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.

**Схема установки**

****

**Измерительные приборы**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | *Наименование* | *Используемый диапазон* | *Погрешность прибора* |
| 1 | Осциллограф | Настраиваемый | Настраиваемый |

**Исходные данные**

Электрическая постоянная (физическая константа):

  = 8,854 · 10−12 Ф·м−1

Параметры установки:

Номиналы резисторов:

R1 = 47 кОм = 47000 Ом

R2 = 470 кОм = 470000 Ом

Ёмкость эталонного конденсатора:

С1 = 1 мкФ = Ф

С2 = 0,01 мкФ = Ф

Площадь обкладок конденсатора:

S = 500 мм2 = 0,0005 м2

Расстояние между пластинами конденсатора:

d = 0,5 мм = 0,0005 м

Электрическая постоянная:

**Результаты прямых измерений**

Для 1 эксперимента был получен набор координат крайней точки предельной петли гистерезиса (Ds по оси ординат и Es по оси абсцисс) и точек пересечения петли с осями координат (Dr и Ec) в делениях.

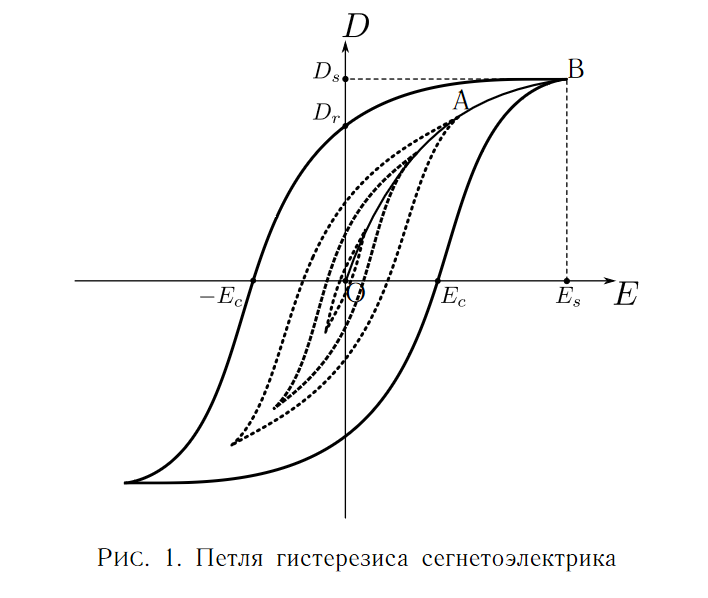
Ds = 2,5 дел (y)

Es = 2,6 дел (x)

Dr = 0,5 дел(y)

Ec = 0,7 дел (x)

Так как 1 дел = 5В согласно размерности, то для получения напряжения и напряжений на вертикальной и горизонтальной развёртках осциллографа соответственно, домножим значения на 5:



Рассчитаем значения коэрцитивного поля Ec, электрической индукции в состоянии насыщения Ds и остаточной поляризации по следующим формулам:

, где – ёмкость эталонного конденсатора, S – площадь обкладок сегнетоэлектрического конденсатора.

, где d – расстояние между обкладками конденсатора, а - напряжение на горизонтальной развёртке осциллографа.

м2

Во втором эксперименте были получены координаты X и Y правой вершины предельной петли гистерезиса (измеренные в делениях шкалы экрана) при различных значениях напряжения (от 17В до 0,4В).

Значения коэрцитивного поля Ec, электрической индукции в состоянии насыщения Ds а также диэлектрической проницаемости ε были получены по формулам:

где Ф

где

Пример расчета для U = 9:

0,016 В/м^2

= 154000 В/м

11739

Таблица 1.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *U, B* | Х, дел | Кх, В/дел | H, A/m | Y, дел | Ky , В/дел | *B, Тл* | *μ* |
| 20 | 2,4 | 0,1 | 75,36 | 2 | 0,05 | 0,355 | 3750,57474 |
| 19 | 2,1 | 0,1 | 65,94 | 1,9 | 0,05 | 0,33725 | 4072,05257 |
| 18 | 2 | 0,1 | 62,8 | 1,8 | 0,05 | 0,3195 | 4050,62071 |
| 17 | 1,9 | 0,1 | 59,66 | 1,8 | 0,05 | 0,3195 | 4263,81128 |
| 16 | 1,8 | 0,1 | 56,52 | 1,7 | 0,05 | 0,30175 | 4250,65137 |
| 15 | 1,7 | 0,1 | 53,38 | 1,6 | 0,05 | 0,284 | 4235,94323 |
| 14 | 1,5 | 0,1 | 47,1 | 1,5 | 0,05 | 0,26625 | 4500,68968 |
| 13 | 1,4 | 0,1 | 43,96 | 1,2 | 0,05 | 0,213 | 3857,73401 |
| 12 | 2,8 | 0,05 | 43,96 | 3 | 0,02 | 0,213 | 3857,73401 |
| 11 | 2,5 | 0,05 | 39,25 | 2,7 | 0,02 | 0,1917 | 3888,59589 |
| 10 | 2,4 | 0,05 | 37,68 | 2,5 | 0,02 | 0,1775 | 3750,57474 |
| 9 | 2,2 | 0,05 | 34,54 | 2,3 | 0,02 | 0,1633 | 3764,21319 |
| 8 | 2,1 | 0,05 | 32,97 | 2,1 | 0,02 | 0,1491 | 3600,55175 |
| 7 | 2 | 0,05 | 31,4 | 1,9 | 0,02 | 0,1349 | 3420,52416 |
| 6 | 1,8 | 0,05 | 28,26 | 1,7 | 0,02 | 0,1207 | 3400,52109 |
| 5 | 1,6 | 0,05 | 25,12 | 1,5 | 0,02 | 0,1065 | 3375,51726 |

**Расчет результатов косвенных измерений**

Найдем площадь петли в делениях шкалы экрана

По формуле рассчитает тангенс угла диэлектрических потерь:

Построим график зависимости D = D(E) , отражающий ход основной кривой поляризации. (график №1)

И график зависимости (график №2)

С помощью экстраполяции полученной зависимости к нулевому значению *E*, находим

По графику найдём максимальное значение проницаемости и соответветствующего ей значение напряженности E = 185000 В/м

**Расчет погрешностей**

**Графики**

Так как зависимость 𝜀(𝐸) задается формулой , а константу можно опустить, и D зависит от E, то получается соотношение вида ,

То есть 𝜀 = тангенс угла, таким образом, где угол максимальный, там и находится максимальное значение диэлектрической проницаемости

Данный график демонстрирует, что индукция зависит от напряженности нелинейно

По графику можно найти максимальное значение проницаемости , а также, путем экстраполяции найти её начальное значение

**Окончательные результаты**

В ходе выполнения лабораторной работы были получены следующие значения:

Ds = 0,027 ± 0,005 Кл/м2 – Электрическая индукция в состоянии насыщения

Ec = ± 4000 В/м – Коэрцитивное поле.

Pr = (7 ± 0,6) \* Кл/м2 – Остаточная поляризация.

𝑡𝑔 𝛿 = – Тангенс угла диэлектрических потерь.

S 5,2 см2 – Примерная площадь петли гистерезиса.

Для 2-го эксперимента:

εmax = 13300 – Максимальная диэлектрическая проницаемость.

ε(0) 1000 – Минимум диэлектрической проницаемости.

**Выводы**

В ходе выполнения работы была изучена петля гистерезиса, изучены свойства сегнетоэлектриков, такие как поляризация под действием электрического поля и влияние потенциала поля на этот процесс: чем сильнее поле, тем сильнее смещение D, но при этом зависимость не является линейной.