Министерство образования Республики Беларусь Учреждение Образования

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Кафедра электроники

Лабораторная работа №5

«Исследование полевых транзисторов»

Проверил: Выполнили:

ст. гр.

Минск 202

**Порядок выполнения работы:**

1. Ознакомиться с методическим описанием лабораторной работы. (Теоретическое описание лабораторной работы изложено в методическом пособии [1], стр. 41-48).
2. Получить у преподавателя необходимый комплект для проведения лабораторной работы.
3. Уточнить тип исследуемых транзисторов у преподавателя.
4. Собрать схему (рисунок 1) для исследования параметров полевого транзистора с управляющим p-n переходом.
5. Определить максимальный ток стока Iсmax и записать полученное значение в соответствующее поле.
6. Исследовать сток-затворную характеристику полевого транзистора с управляющим p-n переходом. Полученные результаты записать в таблицу 1. (Качественный вид и описание сток-затворной характеристики представлены в методическом пособии [1], стр. 45).
7. Исследовать выходные характеристики полевого транзистора для трех вариантов входного напряжения (Uзи). Полученные результаты записать в таблицы 2 – 4. (Качественный вид и описание выходных характеристик полевого транзистора представлены в методическом пособии [1], стр. 45).
8. Собрать схему (рисунок 2) для исследования параметров полевого МДП транзистора с индуцированным каналом.
9. Определить и записать значение порогового напряжения открытия транзистора (Uпор).
10. Исследовать сток-затворную характеристику полевого транзистора с индуцированным каналом. Полученные результаты записать в таблицу 5. (Качественный вид и описание сток-затворной характеристики представлены в методическом пособии [1], стр. 45).
11. Исследовать выходные характеристики полевого транзистора для трех вариантов входного напряжения (Uзи). Полученные результаты записать в таблицы 6 – 8. (Качественный вид и описание выходных характеристик полевого транзистора представлены в методическом пособии [1], стр. 45).
12. Собрать схему для исследования логических элементов (рисунок 3). Исследовать таблицу истинности собранной схемы и определить тип логического элемента. Аналогично выполнить для второй схемы (рисунок 4).
13. Предоставить измеренные данные на проверку преподавателю.

**Порядок оформления отчета:**

1. По измеренным данным построить соответствующие графики.
2. По построенным графикам рассчитать дифференциальные параметры полевого транзистора с управляющим p-n переходом и полевого транзистора с индуцированным каналом в окрестностях рабочей точки.
3. Записать общие выводы по проделанной лабораторной работе.

[1] – Электронные приборы. Лабораторный практикум: учеб.-метод. пособие. В 2 частях. Часть 1: Активные компоненты полупроводниковой электроники / А. Я. Бельский – Минск : БГУИР, 2012

# Цель работы

Изучить устройство, принцип действия, классификацию, области применения полевых транзисторов (ПТ). Экспериментально исследовать статические вольт-амперные характеристики (ВАХ) транзисторов и рассчитать дифференциальные параметры полевых транзисторов в заданной рабочей точке.

# Ход работы

* 1. Исследование сток-затворной характеристики ПТ с управляющим p-n переходом в схеме с общим истоком (ОИ)

Для исследования сток-затворной характеристики ПТ собрана цепь по схеме, представленной на рисунке 1.

**-**

**+**

**-**

**+**

Рисунок 1 – Схема исследования характеристик ПТ в схеме с ОИ

Перед исследованием сток-затворной характеристики было определено значение максимального тока стока Iсmax при Uзи = 0В, Uси = 4В, которое составило ***y* = … мА** (для каждого транзистора определяется экспериментально). Результаты исследований занесены в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты измерения (изменять значение Uпит1) сток-затворной характеристики ПТ Ic=f(Uзи), при фиксированном значении Uси = 4В

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ic, мА | ***y*** = | 0,9***y*** = | 0,8***y*** = | 0,7***y*** = | 0,6***y*** = | 0,5***y*** = |
| Uзи, В | 0 | x1 = |  |  | x2 = |  |
| Ic, мА | 0,4***y*** = | 0,3***y*** = | 0,2***y*** = | 0,1***y*** = | 0,05***y*** = | 0 |
| Uзи, В |  | x3 = |  |  |  |  |

Значения в ячейках, обозначенных х1, х2, х3, будут использованы в дальнейшем

* 1. Исследование выходных характеристик ПТ с управляющим p-n переходом в схеме с общим истоком (ОИ)

Семейство выходных характеристик Iс=f(Uси) измерено для трех фиксированных значений входного напряжения затвор-исток Uзи = x1; x2; x3 В. Результаты исследований занесены в таблицу 2, таблицу 3 и таблицу 4 соответственно.

Таблица 2 – Результаты измерения (изменять значение Uпит2) выходной характеристики ПТ Ic=f(Uси), при фиксированном значении **Uзи = х1 (из таблицы 1) = …… В**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Uси, В | 4 | 3,5 | 3 | 2,5 | 2 | 1,5 | 1 | 0,5 | 0,25 | 0,1 | 0 |
| Ic, мА |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 0 |

Таблица 3 – Результаты измерения (изменять значение Uпит2) выходной характеристики ПТ Ic=f(Uси), при фиксированном значении **Uзи = х2 (из таблицы 1) = …… В**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Uси, В | 4 | 3,5 | 3 | 2,5 | 2 | 1,5 | 1 | 0,5 | 0,25 | 0,1 | 0 |
| Ic, мА |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 0 |

Таблица 4 – Результаты измерения (изменять значение Uпит2) выходной характеристики ПТ Ic=f(Uси), при фиксированном значении **Uзи = х3 (из таблицы 1) = …… В**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Uси, В | 4 | 3,5 | 3 | 2,5 | 2 | 1,5 | 1 | 0,5 | 0,25 | 0,1 | 0 |
| Ic, мА |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 0 |

* 1. Исследование сток-затворной характеристики ПТ с индуцированным каналом в схеме с общим истоком (ОИ)

Для исследования сток-затворной характеристики ПТ собрана цепь по схеме, представленной на рисунке 2.

**+**

**-**

**-**

**+**

Рисунок 2 – Схема исследования характеристик ПТ в схеме с ОИ

Перед исследованием сток-затворной характеристики определить значение порогового напряжения **Uпор = …… В**, при котором ток стока составляет 10 мкА (напряжение Uси = 4В). Результаты исследований занесены в таблицу 5.

Таблица 5 – Результаты измерения (изменять значение Uпит1) сток-затворной характеристики ПТ Ic=f(Uзи), при фиксированном значении Uси = 4В

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ic, мА | 0 | 0,01 | 0,1±0,05 | 0,5±0,1 | 1±0,1 | 2±0,1 | 3±0,1 |
| Uзи, В | 0 | Uпор= |  |  |  |  | х4= |
| Ic, мА | 4±0,1 | 5±0,1 | 6±0,1 | 7±0,1 | 8±0,1 | 9±0,1 | 10±0,1 |
| Uзи, В |  |  | х5= |  |  | х6= |  |

Значения в ячейках, обозначенных х4, х5, х6, будут использованы в дальнейшем

* 1. Исследование выходных характеристик ПТ с индуцированным каналом в схеме с общим истоком (ОИ)

Семейство выходных характеристик Iс=f(Uси) измерено для трех фиксированных значений входного напряжения затвор-исток Uзи = x4; x5; x6 В. Результаты исследований занесены в таблицу 6, таблицу 7 и таблицу 8 соответственно.

Таблица 6 – Результаты измерения выходной характеристики ПТ Ic=f(Uси), при **Uзи = х4 (из таблицы 5) = …… В** (Изменять значение Uпит2)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Uси, В | 4 | 3,5 | 3 | 2,5 | 2 | 1,5 | 1 | 0,5 | 0,25 | 0,1 | 0 |
| Ic, мА |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 0 |

Таблица 7 – Результаты измерения выходной характеристики ПТ Ic=f(Uси), при **Uзи = х5 (из таблицы 5) = …… В** (Изменять значение Uпит2)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Uси, В | 4 | 3,5 | 3 | 2,5 | 2 | 1,5 | 1 | 0,5 | 0,25 | 0,1 | 0 |
| Ic, мА |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 0 |

Таблица 8 – Результаты измерения выходной характеристики ПТ Ic=f(Uси), при **Uзи = х6 (из таблицы 5) = …… В** (Изменять значение Uпит2)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Uси, В | 4 | 3,5 | 3 | 2,5 | 2 | 1,5 | 1 | 0,5 | 0,25 | 0,1 | 0 |
| Ic, мА |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 0 |

* 1. Исследование логических элементов на основе полевых транзисторов

Современные интегральные микросхемы представляют собой набор логических элементов, которые выполнены, в свою очередь, на полевых либо биполярных транзисторах. Поскольку полевые транзисторы имеют низкие затраты энергии на их управление, в отличие от биполярных, то микросхемы на полевых транзисторах получили наибольшее распространение. Простейшие логические элементы (И, И-НЕ, ИЛИ, ИЛИ-НЕ, исключающее ИЛИ, исключающее ИЛИ-НЕ) могут быть реализованы как в виде отдельных микросхем базовой логики, так и в составе сложных интегральных микросхем (регистры, счетчики, мультиплексоры, дешифраторы, триггеры).



Рисунок 3 – Логический элемент на полевых транзисторах

Для исследования логического элемента собрана схема (рисунок 3). Напряжение на канале Ch3 источника питания составляет 5В. Логические сигналы подаются на затворы полевых транзисторов (0 либо 5 В) каналами источника питания Сh1 и Ch2. Логическая «1» соответствует 5В источника питания, «0» – 0В. Логической выход для выполнен в виде светодиода. Горящий светодиод соответствует логической «1» выхода, потухший – «0». Для определения типа логического элемента построена таблица истинности (таблица 9).

Таблица 9 – Таблица истинности первого логического элемента

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Ch1 | Ch2 | Выход |
| «0» | «0» |  |
| «0» | «1» |  |
| «1» | «0» |  |
| «1» | «1» |  |

По таблице 9 определили, что схема на рисунке 3 представляет собой логическое ……… .

Аналогичным образом исследована схема, представленная на рисунке

4. Для определения типа логического элемента построена таблица истинности (таблица 10).



Рисунок 3 – Логический элемент на полевых транзисторах

Таблица 10 – Таблица истинности второго логического элемента

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Ch1 | Ch2 | Выход |
| «0» | «0» |  |
| «0» | «1» |  |
| «1» | «0» |  |
| «1» | «1» |  |

По таблице 10 определили, что схема на рисунке 4 представляет собой логическое ……… .

* 1. Результаты экспериментальных исследований

По результатам измерений ПТ с управляющим p-n переходом и ПТ с индуцированным каналом в схеме с ОИ построены графики сток-затворных и выходных характеристик этих ПТ (рисунки 5, 6, 7, 8).

Iс, мА

12

11

10

9

8

7

6

5

4

3

2

Uзи, В

1

0

-5 -4,5 -4 -3,5 -3 -2,5 -2 -1,5 -1 -0,5 0

Iс, мА

10

12

11

9

8

7

6

5

4

3

2

1

0

Uси, В

0 0,5 1 1,5 2 2,5 3 3,5 4

Рисунок 5 – Сток-затворная характеристика ПТ с управляющим p-n переходом

Рисунок 6 – Выходные характеристики ПТ с управляющим p-n переходом

Iс, мА

11

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

Uзи,В

0

1,5 2 2,5 3 3,5 4

Ic, мА

9

11

10

8

7

6

5

4

3

2

1

Uси, В

0

0 0,5 1 1,5 2 2,5 3 3,5 4

Рисунок 7 – Сток-затворная характеристика ПТ с индуцированным каналом

Рисунок 8 – Выходные характеристики ПТ с индуцированным каналом

* 1. Расчет дифференциальных параметров ПТ в схеме с ОИ

По построенным графикам характеристик ПТ в схеме с ОИ рассчитаны их дифференциальные параметры в окрестностях рабочих точек:

1. для транзистора с управляющим p-n переходом Uси = 2,5 В и Uзи = х2 В (из таблицы 1);

*S* =

*Ri* =

μ =

1. для транзистора с индуцированным каналом Uси = 2,5 В и Uзи = х5 В (из таблицы 5).

*S* =

*Ri* =

μ =

1. **Выводы**