

Державний вищий навчальний заклад  
«Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»



«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
проректор з навчальної роботи  
С.В. Шарин  
«    »



## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

# Статистика носіїв заряду у твердих тілах

Освітньо-наукова програма 104 «Фізика та астрономія»

Освітній рівень третій (освітньо-науковий)

Спеціальність 104 «Фізика та астрономія»

Галузь знань 10 «Природничі науки»

Робоча програма \_\_\_\_\_ Статистика носіїв заряду в твердих тілах \_\_\_\_\_  
(назва навчальної дисципліни)  
для студентів за спеціальністю 104 Фізика та астрономія  
„\_\_\_” \_\_\_\_\_, 20\_\_ р. – \_\_ с.

Розробники: (вказати авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)  
\_\_\_\_\_ Прокопів Володимир Васильович, завідувач кафедри фізики і хімії твердого  
тіла, кандидат фіз.-мат наук, професор. \_\_\_\_\_

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри фізики і хімії твердого тіла

Протокол від “\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2021 р. № \_\_\_

Завідувач кафедри фізики і хімії твердого тіла \_\_\_\_\_ (Прокопів В.В.)

“\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2021 р.

Схвалено методичною комісією факультету.

Протокол від “\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2021 р. № \_\_\_\_\_

“\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2021 р.

Голова \_\_\_\_\_ (Яцура М.М.)

## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
		денна форма навчання
Кількість кредитів – 3	Галузь знань: <u>10 природничі науки</u> (шифр і назва)	Нормативна (за вибором)
Модулів –1	Спеціальність: <u>104 фізика та астрономія</u>	<b>Рік підготовки:</b>
Змістових модулів – 1		2-й
Загальна кількість годин –90		<b>Семестр</b>
		3-й
		<b>Лекції</b>
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2 самостійної роботи студента – 4	Освітньо-кваліфікаційний рівень: <u>доктор філософії</u>	20 год.
		<b>Практичні</b>
		10 год.
		<b>Самостійна робота</b>
		60 год.
		<b>Індивідуальні завдання:</b> __ год.
		Вид контролю: <u>екзамен</u>

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:  $30/60=0,5$

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: ознайомлення студентів з основними фізичними властивостями та принципами, що лежать в основі роботи приладів мікроелектроніки.

**Завдання:** у результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати про:

- зв'язок концентрації носіїв заряду в дозволених зонах та на локальних рівнях з рівнем Фермі,
- статистику носіїв заряду у власному напівпровіднику, а також у напівпровіднику який містить однозарядні донори або акцептори, вакансії, дислокації, складні дефекти;
- **вміти:**
- розв'язувати:
  - рівняння електронейтральності для власного напівпровідника;
  - рівняння електронейтральності для напівпровідника легованого однозарядними донорами або акцепторами;
  - рівняння електронейтральності для напівпровідника який містить вакансії, дислокації, складні дефекти.

## 3. Програма навчальної дисципліни

### Змістовий модуль 1.

**Тема 1.** Зв'язок концентрації носіїв заряду в дозволених зонах з рівнем Фермі.

**Тема 2.** Зв'язок концентрації носіїв заряду на локальних рівнях з рівнем Фермі.

**Тема 3.** Рівняння нейтральності для власного напівпровідника.

**Тема 4.** Напівпровідник легований однозарядними донорами.

**Тема 5.** Напівпровідник легований однозарядними акцепторами 1.

**Тема 6.** Статистика носіїв заряду в напівпровіднику, який містить вакансії і дислокації.

**Тема 7.** Статистика електронів при утворенні складних дефектів у кристалі.

**Тема 8.** Вимірювання концентрації носіїв заряду. Ефект Холла.

**Тема 9.** Електропровідність напівпровідників. Рухливість носіїв заряду.

**Тема 10.** Електропровідність

#### 4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	Усього	у тому числі				
л		п	лаб	інд	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7
<b>Модуль 1</b>						
<b>Змістовий модуль 1.</b>						
Зв'язок концентрації носіїв заряду в дозволених зонах з рівнем Фермі.	8	2				6
Зв'язок концентрації носіїв заряду на локальних рівнях з рівнем Фермі.	8	2				6
Рівняння нейтральності для власного напівпровідника.	10	2	2			6
Напівпровідник легований однозарядними донорами.	9	2	1			6
Напівпровідник легований однозарядними акцепторами	9	2	1			6
Статистика носіїв заряду в напівпровіднику, який містить вакансії і дислокації.	10	2	2			6
Статистика електронів при утворенні складних дефектів у кристалі.	8	2				6
Вимірювання концентрації носіїв заряду. Ефект Холла.	8	2				6
Електропровідність напівпровідників. Рухливість носіїв заряду.	10	2	2			6
Електропровідність	10	2	2			6
<b>Усього годин</b>	<b>90</b>	<b>20</b>	<b>10</b>			<b>60</b>

#### 5. Темі практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Розв'язання рівняння нейтральності для власного напівпровідника.	2
2	Розв'язання рівняння нейтральності для напівпровідника з однозарядними донорами, акцепторами.	2
3	Визначення концентрації носіїв заряду при утворенні у кристалі складних дефектів і дислокацій.	2
4	Рухливість носіїв заряду.	2
5	Електропровідність.	2
	<b>Усього годин</b>	<b>10</b>

## 6. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Зв'язок концентрації носіїв заряду в дозволених зонах з рівнем Фермі.	6
2	Зв'язок концентрації носіїв заряду на локальних рівнях з рівнем Фермі.	6
3	Рівняння нейтральності для власного напівпровідника.	6
4	Напівпровідник легований однозарядними донорами.	6
5	Напівпровідник легований однозарядними акцепторами	6
6	Статистика носіїв заряду в напівпровіднику, який містить вакансії і дислокації.	6
7	Статистика електронів при утворенні складних дефектів у кристалі.	6
8	Вимірювання концентрації носіїв заряду. Ефект Холла.	6
9	Електропровідність напівпровідників. Рухливість носіїв заряду.	6
10	Електропровідність	6
	<b>Усього годин</b>	<b>60</b>

## 7. Методи контролю

1. Перевірка засвоєння теоретичного матеріалу:

1) тестування з кожної теми курсу;

## 8. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне тестування та самостійна робота											Екзамен	Сума	
Змістовий модуль №1													
Тест	Тест	Тест	Тест	Тест	Тест	Тест	Тест	Тест	Тест	Тест	Практ.		
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11			
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	10	50	100

T1, T2 ... T10 – теми лекційних занять.

## Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	<b>A</b>	відмінно	зараховано
80 – 89	<b>B</b>	добре	
70 – 79	<b>C</b>	задовільно	
60 – 69	<b>D</b>		
50 – 59	<b>E</b>		
26 – 49	<b>FX</b>	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-25	<b>F</b>	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

## **9. Методичне забезпечення**

- 1) Комп'ютерний клас.
- 2) Програмне забезпечення: навчально-контролюючі програми з кожної теми курсу.

## **10. Рекомендована література**

### **Базова**

1. Прокопів В. В. Фізичні основи мікроелектроніки : навчальний посібник / Володимир Васильович Прокопів. – Івано-Франківськ : Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, 2010. – 80 с.
2. Фізичні основи електронної техніки: підручник / З.Ю. Готра, І.Є. Лопатинський, Б.А. Лук'янець, З.М. Микитюк, І.В. За ред. Готри З.Ю. Львів: Бескид Біт, 2004. – 880 с.
3. Фізика процесів у напівпровідниках та елементах електроніки : курс лекцій : [навчальний посібник] / [Д. М. Фреїк, В. М. Чобанюк, З. Ю. Готра та ін. ; за заг. ред. Д. М. Фреїка]. – Івано-Франківськ : Видавництво Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, 2010. – 263 с

### **Допоміжна**

1. Фистуль В.И. Введение в физику полупроводников: учебное пособие. – 2 изд. – М.: Высш. шк., 1984. – 352 с.
2. Бонч-Бруевич В.Л. Калашников С.Г. Физика полупроводников. – М. : Высшая школа, 1977.
4. Федотов Я.А. Основы физики полупроводниковых приборов. – М.: Советское радио, 1967.

## **11. Інформаційні ресурси**

<http://www.d-learn.pu.if.ua/> <http://www.d-learn.pu.if.ua/> – система дистанційного навчання ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника».