



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.О.04.04 Физические основы электроники**

Направление подготовки: 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Направленность (профиль): Электроника и робототехника

Квалификация (степень): *бакалавр*

Форма обучения: *очная*

Институт: математики, естествознания и техники

Кафедра: физики, радиотехники и электроники

	<b>очная форма</b>
<b>Курс</b>	<b>2</b>
<b>Семестр/триместр</b>	<b>4</b>

<b>Лекции</b>	<b>36</b>
<b>Лабораторные занятия</b>	
<b>Практические (семинарские) занятия</b>	<b>36</b>
<b>в т.ч. практическая подготовка</b>	
<b>Консультации</b>	
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	<b>Зачет с оценкой</b>
<b>Контроль</b>	
<b>Иные формы работы</b>	
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>72</b>

**Всего часов: 144**

**Трудоемкость: 4 зачетных единиц.**

Разработчик(и) рабочей программы:

*кандидат физико-математических наук, доцент* \_\_\_\_\_ **А. В. Сидоров**

подпись



## I. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

**Цель изучения дисциплины:** изучение физики электронных процессов в вакууме, газах, твердых телах, на границах раздела сред; изучение принципов построения и работы электронных приборов различного назначения; формирование мотивации к осуществлению профессиональной деятельности; подготовка к использованию систематизированных теоретических и практических знаний при решении профессиональных задач

### **Задачи изучения дисциплины:**

- изучение физических явлений и процессов, лежащих в основе принципов работы приборов и устройств вакуумной и полупроводниковой электроники;
- расширение и систематизация знаний о квантовой теории твердого тела, необходимых для описания процессов в полупроводниковых электронных устройствах;
- формирование навыков экспериментальных исследований и техники измерений характеристик и параметров полупроводниковых приборов.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** реализуется в рамках базовой (обязательной) части блока Б1.

### **Планируемые результаты обучения по дисциплине:**

Код компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>УК-1</b>	<b>Знать:</b> - методы поиска информации и работы с ней; - сущность системного подхода	<b>Знает:</b> методы поиска информации о материалах и приборах физической электроники; - сущность системного подхода -
	<b>Уметь:</b> - анализировать задачу, выделять этапы ее решения, осуществлять действия по решению;	<b>Умеет:</b> анализировать задачу в области физической электроники, выделять этапы ее решения, осуществлять действия по решению;
	<b>Владеть:</b> - навыками оценивания практических последствий возможных вариантов решения задачи; -	<b>Владеет:</b> - навыками оценивания практических последствий возможных вариантов решения задачи в профессиональной деятельности;
<b>ОПК-1</b>	Знать: фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы	<b>Знает:</b> фундаментальные законы основные законы физической электроники
	Уметь:	<b>Умеет:</b>

	применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера	применять законы и методы для решения задач теоретического и прикладного характера физической электроники
	Владеть: навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач	<b>Владеет:</b> навыками использования знаний физической электроники при решении практических задач

## II. СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу

### Очная форма обучения

№ п/п	Наименование разделов и тем	Всего	Аудиторные занятия			Сам. раб.
			ЛК	ПЗ	ЛБ	
	<b>Раздел 1. «Основы теории полупроводников»</b>	<b>54</b>	<b>13,5</b>	<b>13,5</b>		<b>27</b>
1.	Тема 1. «Основные параметры и свойства полупроводников»	18	4,5	4,5		9
2.	Тема 2. «Электрические переходы, типы и классификация»	18	4,5	4,5		9
3.	Тема 3. «Вольт-амперная характеристика p-n перехода»	18	4,5	4,5		9
	<b>Раздел 2. «Твердотельная электроника»</b>	<b>90</b>	<b>22,5</b>	<b>22,5</b>		<b>45</b>
4.	Тема 4. «Полупроводниковые диоды – устройство, классификация, применение»	18	4,5	4,5		9
5.	Тема 5. «Физические основы работы биполярного транзистора»	18	4,5	4,5		9
6.	Тема 6. «Физические основы работы полевых приборов»	18	4,5	4,5		9
7.	Тема 7. «Физические основы работы тиристор»	18	4,5	4,5		9
	Контроль:	-	-	-	-	-
	Консультации	-	-	-	-	-
	Форма отчетности: зачет с оценкой	+				
	<b>Итого за 8 семестр</b>	<b>144</b>	<b>36</b>	<b>36</b>		<b>72</b>

	в т.ч. практическая подготовка					
	ИТОГО:	144	36	36		72

**Очно-заочная форма обучения** *(не реализуется)*

**Заочная форма обучения** *(не реализуется)*

### **III. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Текущая аттестация проводится в форме контрольной работы.

#### **Типовой вариант контрольной работы**

1. Нарисовать зонную диаграмму собственного полупроводника, полупроводника n-типа, и полупроводника p-типа.
2. Концентрация электронов в начальный момент времени в полупроводнике составляет  $10^{17} \text{ см}^{-3}$ . За время  $10^{-4} \text{ с}$  эта концентрация уменьшилась до  $10^{15} \text{ см}^{-3}$ . Определить время жизни в таком полупроводнике.
3. Определить скорость дрейфа электронов и дырок в собственном германии при температуре  $T = 300 \text{ К}$ , если полупроводник находится в электрическом поле с напряженностью  $E = 1000 \text{ В/см}$ .
4. Определить и сравнить скорость дрейфа электронов в германии при напряженности поля  $E = 10 \text{ см/кВс}$  его скоростью придвижении на расстоянии  $10 \text{ см}$  в таком же поле в вакууме.
5. Определить ширину запрещенной зоны германия (Ge) при температуре  $T = 500 \text{ К}$ , если при  $T = 300 \text{ К}$  ширина запрещенной зоны  $0,658 \text{ эВ}$ .
6. Определить ширину запрещенной зоны в германии (Ge) при  $T = 300 \text{ К}$ , если при  $T = 0 \text{ К}$  ширина запрещенной зоны равна  $0,73 \text{ эВ}$ .
7. Определить будет ли находиться кристалл германия и кремния в состоянии пробоя, если приложено напряжение  $8 \text{ кВ}$ . Толщина кристалла  $200 \text{ мкм}$ .
8. Определить коэффициенты диффузии ( $D_n, D_p$ ) электронов и дырок, длины диффузионного смещения ( $L_n, L_p$ ) в собственном Si при  $T = 300 \text{ К}$ . Известно, что  $t_p = t_n = 10^{-5} \text{ с}$ .
9. Удельное сопротивление собственного германия равно  $0,43 \text{ мОм}$ . Определить собственную концентрацию носителей Ge при  $T = 300 \text{ К}$ .
10. В кремний введены донорные и акцепторные примеси. Концентрации доноров и акцепторов соответственно равны  $N_D = 50 \cdot 10^{13}$ ,  $N_A = 10^{17} \text{ см}^{-3}$ . Определить удельное сопротивление.
11. Образец германия легирован сурьмой, так что один атом примеси приходится на  $2 \cdot 10^6$  атомов Ge. ( $N_{\text{Ge}} = 4,4 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$ ). Определить концентрацию электронов и дырок при температуре

$T=300\text{ K}$ , удельное сопротивление легированного полупроводника и коэффициенты диффузии электронов и дырок ( $D_n$ ,  $D_p$ ).  $N_{\text{Ge}}$  – плотность атомов в германии.

12. Определить ширину запрещенной зоны полупроводника при  $T = 300\text{ K}$ , полагая, что эффективная масса электрона равна эффективной массе дырки и равна  $m_0 = 9,1 \cdot 10^{-31}\text{ кг}$ ,  $n_i = 1,5 \cdot 10^{10}\text{ см}^{-3}$ .

Промежуточная аттестация обучающихся осуществляется в форме зачета и экзамена с использованием следующих оценочных материалов:

### **Вопросы к зачету с оценкой 4 семестр, очная форма обучения**

1. Энергетические уровни и зоны
2. Проводники, полупроводники и диэлектрики
3. Собственная электропроводность полупроводников
4. Распределение электронов по энергетическим уровням
5. Примесная электропроводность полупроводников
6. Донорные примеси
7. Акцепторные примеси
8. Дрейф носителей заряда
9. Диффузия носителей заряда
10. Электронно-дырочный переход
11. Вентильное свойство  $p$ - $n$ -перехода
12. Вольт-амперная характеристика  $p$ - $n$ -перехода
13. Виды пробоев  $p$ - $n$ -перехода
14. Ёмкость  $p$ - $n$ -перехода
15. Контакт «металл – полупроводник»
16. Контакт между полупроводниками одного типа проводимости
17. Гетеропереходы
18. Свойства омических переходов
19. Общие сведения о диодах.
20. Выпрямительный диод.
21. Особенности вольт-амперных характеристик выпрямительных диодов.
22. Импульсный диод.
23. Туннельный диод.
24. Обращенный диод.
25. Диод Шоттки.
26. Варикап.
27. Стабилитрон. Стабистор.
28. Структура и основные режимы работы биполярного транзистора.
29. Физические процессы в биполярном транзисторе.
30. Полевой транзистор с управляющим  $p$ - $n$ -переходом.

- 31 Полевой транзистор с изолированным затвором со встроенным каналом.
- 32 Полевой транзистор с индуцированным (инверсионным) каналом.
- 33 Сравнение МДП- и биполярного транзистора.
- 34 Комбинированный транзистор.
- 35 Динистор.
- 36 Триодный тиристор.
- 37 Запираемый тиристор.
- 38 Симметричный тиристор.

#### **IV. ПЕРЕЧЕНЬ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

##### **5.1. Основная литература**

1. Валюхов, Д.П. Физические основы электроники : учебное пособие / Д.П. Валюхов, Р.В. Пигулев ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северо-Кавказский федеральный университет». - Ставрополь : СКФУ, 2014. - 135 с. : ил. - Библиогр. в кн. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457767>. (Дата обращения 01.09.2020.)
2. Водовозов, А.М. Основы электроники : учебное пособие / А.М. Водовозов. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2016. - 140 с. : ил., схем. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-9729-0137-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=444184>. (Дата обращения 01.09.2020.)

##### **5.2. Дополнительная литература**

1. Игумнов, В.Н. Физические основы микроэлектроники : учебное пособие / В.Н. Игумнов. - Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2014. - 358 с. : ил., табл. - Библиогр.: с. 345-346. - ISBN 978-5-4475-3300-7 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=271708>. (Дата обращения 01.09.2020.)

#### **V. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

№ пп	Ссылка на информационный ресурс	Наименование разработки в электронной форме	Доступность
1.	<a href="http://edu.ru/">http://edu.ru/</a>	Российское образование: Федеральный портал. Включает ссылки на порталы и сайты образовательных учреждений; государственные образовательные стандарты; нормативные документы;	Свободный доступ

		каталог экскурсий и обучающих программ.	
--	--	---	--

## **VI. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ**

1.	<a href="http://www.biblioclub.ru">http://www.biblioclub.ru</a>	Электронно-библиотечная система (ЭБС) Университетская библиотека онлайн	Регистрация через любой университетский компьютер. В дальнейшем предоставляется неограниченный индивидуальный доступ из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет
2.	<a href="http://www.elibrary.ru">www.elibrary.ru</a>	Российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования	Свободный доступ

## **VII. ЛИЦЕНЗИОННОЕ И СВОБОДНО РАСПРОСТРАНЯЕМОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

При реализации учебной дисциплины применяется следующее лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

- Microsoft Windows;
- Microsoft Office;
- LibreOffice и др.

## **VIII. ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Учебные занятия проводятся в аудиториях, укомплектованных специализированной мебелью, в том числе стационарными или переносными техническими средствами обучения (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Самостоятельная работа проводится в кабинетах, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.



