

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Радиофизический факультет

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО

президиумом Ученого совета ННГУ

протокол от

«14» декабря 2021 г. № 4

### **Рабочая программа дисциплины**

Электроника и схемотехника

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

специалитет

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

10.05.02 Информационная безопасность телекоммуникационных систем

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Системы подвижной цифровой защищенной связи

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2022 год

## 1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Электроника и схемотехника» относится к дисциплинам обязательной части основной образовательной программы по специальности 10.05.02 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем».

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
1	Блок 1. Дисциплины (модули) Обязательная часть	Дисциплина Б1.О.14 «Электроника и схемотехника» относится к обязательной части ООП специальности 10.05.02 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем».

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ОПК-4.  Способен анализировать физическую сущность явлений и процессов, лежащих в основе функционирования радиоэлектронной техники, применять физические законы и модели для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-4.1. Знает: - основные понятия и законы механики - основы термодинамики и молекулярной физики - основные законы электричества и магнетизма - основы физики колебаний и волн, оптики - основы квантовой физики и физики твёрдого тела - принципы работы элементов и функциональных узлов электронной аппаратуры	Знать: - физические процессы, протекающие в основных полупроводниковых материалах (Ge, Si, GaAs); - особенности кристаллической структуры твердых тел; - принципы работы полупроводниковых диодов и транзисторов; - принцип работы приборов оптоэлектроники; - принципы работы генераторных диодов.	Собеседование
	ОПК-4.2. Умеет: - решать типовые прикладные физические задачи	Уметь: - рассчитывать параметры полупроводниковых материалов; - рассчитывать параметры полупроводниковых диодов и транзисторов;	Задачи (практические задания)

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- строить математические модели физических явлений и процессов</li> <li>- анализировать компонентную базу электронной аппаратуры</li> <li>- работать с программными средствами схемотехнического моделирования</li> </ul>	- строить зонные диаграммы полупроводниковых приборов.	
	ОПК-4.3. Владеет: - методами теоретического исследования физических явлений и процессов	Владеть: - навыками анализа полупроводниковых приборов СВЧ диапазона и оптоэлектронных приборов;	Задачи (практические задания)

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения	очно-заочная форма обучения	заочная форма обучения
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>8 ЗЕТ</b>	<b>___ ЗЕТ</b>	<b>___ ЗЕТ</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>288</b>		
<b>в том числе</b>			
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>			
- занятия лекционного типа	64		
- занятия семинарского типа	64		
( практические занятия / лабораторные работы)			
<b>самостоятельная работа</b>	<b>66</b>		
<b>КСР</b>	<b>4</b>		
<b>Промежуточная аттестация – экзамен/зачет</b>	<b>экзамен 90</b>		

### 3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
1. Кристаллическая структура твердого тела. Классификация твердых тел.	5	2	1		3	2
2. Колебания и волны в кристаллической решетке твердых тел. Технология изготовления полупроводниковых приборов.	5	2	1		3	2
3. Теплоемкость, теплопроводность твердых тел. Понятие атома.	5	2	1		3	2
4. Статистика носителей заряда в полупроводниковых материалах.	5	2	1		3	2
5. Температурные зависимости параметров полупроводниковых материалов. Энергетические спектры твердых тел.	7	2	1	2	5	2
6. Процессы переноса в неоднородных полупроводниках	5	2	1		3	2
7. Неравновесные явления в полупроводниковых материалах. Генерация,	7	2	1	2	5	2

рекомбинация носителей заряда.						
8. Описание движения носителей заряда в полупроводниках. Эффект Холла.	7	2	1	2	5	2
9. Теория $p$ - $n$ перехода.	5	2	1		3	2
10. Емкость $p$ - $n$ перехода. Гетеропереходы.	5	2	1		3	2
11. Контакт металл-полупроводник. Диод Шоттки.	5	2	1		3	2
12. Принципы работы приборов оптоэлектроники.	5	2	1		3	2
13. Принцип работы биполярного транзистора	10	2	1	5	8	2
14. Принцип работы полевого транзистора с управляющим $p$ - $n$ переходом и барьером Шоттки	11	2	1	5	8	3
15. Принцип работы полевых транзисторов с подзатворной конструкцией металл-диэлектрик-полупроводник	5	2	1		3	2
16. Принципы работы генераторных диодов	5	2	1		3	2
Итого:	97	32	16	16	64	33

#### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает следующие виды:

- изучение дополнительных разделов дисциплины с использованием основной и дополнительной учебной литературы.

Текущий контроль усвоения материала проводится путем проведения опроса.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

## 5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю),

включающий:

### 5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала.  Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения.  Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи . Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения,. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки.  Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка	Уровень подготовки
<b>превосходно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
<b>удовлетворительно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
<b>плохо</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения.

Вопросы	Код формируемой компетенции
1. Кристаллическая структура твердых тел. Зонная структура энергетического спектра электронов в кристалле. Заполнение энергетических состояний электронами.	ОПК-4
2. Понятие эффективной массы. Параболический изотропный закон дисперсии. Понятие дырки.	ОПК-4
3. Распределение Ферми-Дирака (график, формула). Уровень Ферми. Типы твердых тел: металлы, диэлектрики, полупроводники. Вырожденные и невырожденные полупроводники.	ОПК-4
4. Собственные и примесные полупроводники. Донорная и акцепторная легирующие примеси.	ОПК-4
5. Функция плотности энергетических состояний (график, формула). Эффективная плотность состояний.	ОПК-4
6. Зависимости концентрации носителей заряда и уровня Ферми от температуры в собственных полупроводниках.	ОПК-4
7. Зависимости концентрации носителей заряда и уровня Ферми от температуры в примесных невырожденных полупроводниках. Области примесной проводимости, истощения примесей и собственной проводимости.	ОПК-4
8. Колебания простой и сложной цепочки атомов. Акустические и оптические фононы. Продольные и поперечные колебания.	ОПК-4

9. Процессы рассеяния носителей заряда в полупроводниках. Основные механизмы рассеяния. Проводимость и подвижность носителей заряда, их зависимость от температуры.	ОПК-4
10. Движение носителей заряда в малых электрических полях. Разогрев электронного газа в полупроводниках. Эффект всплеска скорости носителей заряда. Электрический пробой в полупроводниках и полупроводниковых структурах.	ОПК-4
11. Диффузия свободных носителей заряда. Диффузионный и дрейфовый токи. Соотношение Эйнштейна.	ОПК-4
12. Эффект Холла в полупроводниках.	ОПК-4
13. Уравнение непрерывности. Физический смысл слагаемых. Понятие времени жизни носителей.	ОПК-4
14. Время жизни и диффузионная длина неосновных носителей заряда.	ОПК-4
15. Генерация и рекомбинация носителей заряда.	ОПК-4
16. Система уравнений для описания движения носителей заряда в полупроводниках.	ОПК-4
17. $p$ - $n$ переход в равновесном состоянии. Формирование области пространственного заряда. Распределение заряда, поля и потенциала в переходе.	ОПК-4
18. $p$ - $n$ переход при подаче внешнего напряжения. Движение носителей заряда в структуре при прямом и обратом смещениях. Идеальная ВАХ диода.	ОПК-4
19. Барьерная емкость $p$ - $n$ перехода и сопротивление базы. Эквивалентная схема диода. Пробой $p$ - $n$ перехода. Реальная ВАХ $p$ - $n$ перехода. Зависимость тока диода от температуры.	
20. Контакт металл-полупроводник. Формирование барьера Шоттки. Движение носителей заряда при подаче положительного и отрицательного смещений.	ОПК-4
21. Идеальная структура металл-диэлектрик-полупроводник. Состояния поверхности в МДП-структуре при подаче внешнего напряжения: обогащение, обеднение, инверсия.	ОПК-4
22. Принципы работы полупроводниковых фоторезисторов, фотодиодов и солнечных батарей.	ОПК-4
23. Принципы работы светодиодов и полупроводниковых лазеров.	ОПК-4
24. Конструкция и принцип работы классического биполярного транзистора в схеме с общей базой (зонные диаграммы, основные физические процессы, протекающие в структуре, вид ВАХ, эквивалентная схема).	ОПК-4
25. Уравнения Эберса-Молла. Преимущества дрейфового и гетероструктурного биполярных транзисторов.	ОПК-4
26. Структура, принцип работы и качественный вид ВАХ полевого транзистора с управляющим $p$ - $n$ переходом. Преимущества транзистора с двумерным электронным газом (НЕМТ).	ОПК-4
27. МДП полевой транзистор со встроенным каналом (конструкция, принцип работы, ВАХ).	ОПК-4
28. МДП полевой транзистор с индуцированным каналом (конструкция, принцип работы, ВАХ).	ОПК-4



29. Принципы работы туннельного и туннельно-резонансного диодов.	ОПК-4
30. Принципы работы лавино- и инжекционно-пролетных диодов.	ОПК-4
31. Зависимость средней скорости от напряженности электрического поля в GaAs. Конструкция и принцип работы диода Ганна. Причины нарастания и стабилизации домена в диоде Ганна.	ОПК-4

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) основная литература:

1. Зи С. М. - Физика полупроводниковых приборов: в 2 кн. [Кн.] 1. - М. : Мир , 1984. - 455 с. – 16 экз.
2. Зи С. М. - Физика полупроводниковых приборов: в 2 кн. [Кн.] 2. - М. : Мир , 1984. - 455 с. – 16 экз.
3. Шалимова, К.В. Физика полупроводников [Электронный ресурс] : учеб. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2010. — 384 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/648>. — Загл. с экрана.

### б) дополнительная литература:

1. Ржевкин К.С. "Физические принципы действия полупроводниковых приборов" МГУ, М., 1986.
2. Электроника : Энцикл. словарь/ Гл. ред. В.Г.Колесников. М. : Сов. энцикл., 1991. 688с.
3. Соболева Н.А., Берковский А.Г. и др. Фотоэлектронные приборы. Наука. М.: 1963.

## 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по специальности 10.05.02 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем».

Автор (ы) \_\_\_\_\_ Тарасова Е.А.

Заведующий кафедрой Квантовой радиофизики и электроники \_\_\_\_\_ Бельков С.А.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от «09» декабря 2021 года, протокол № 07/21.