Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Гаврилов Сергей Алексан Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Должность: И.О. Ректора Федеральное госу дарственное автономное образовательное учреждение Дата подписания: 18.09.2025 11:32:33

Дата подписания: 18.09.2025 11:32:55 Уникальный программный ключ: высшего образования

f17218015d82e3c1457d1df9e244def50504735 Национальный исследовательский университет

«Московский институт электронной техники»

ОБРАЗОВ УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
А.Г. Балашов
М.П.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОПЦ 05 «Физические основы полупроводников»

Специальность среднего профессионального образования: 11.02.13 Твердотельная электроника Квалификация: техник

> Форма обучения: очная Нормативный срок обучения: 1 год 1 мес. на базе среднего общего образования

## 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 1.1. Место дисциплины в структуре образовательной программы:

Учебная дисциплина ОПЦ 05 «Физические основы полупроводников» является обязательной частью общепрофессионального цикла образовательной программы в соответствии с  $\Phi \Gamma OC$  по специальности 11.02.13 «Твердотельная электроника».

Учебная дисциплина изучается в 1 семестре. Общий объем дисциплины составляет 36 часа.

**Цель освоения учебной дисциплины:** формирование у обучающихся теоретических и практических компетенций в области электротехники.

#### 1.2. Планируемые результаты освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения общеобразовательной дисциплины в соответствии с  $\Phi\Gamma$ OC СПО.

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций

образовательной программы:

ОК /ПК	Планируемые результат	ы освоения дисциплины		
OK /IIK	Знать	Уметь		
ПК 4.3. Проводить	Физические основы	измерять и анализировать		
испытания для	полупроводников: принципы	наиболее важные		
контроля качества и	действия важнейших	характеристики диодов и		
оценки надежности	полупроводниковых приборов	транзисторов;		
изделий	(прежде всего диодов и	проводить простейшие		
твердотельной	транзисторов) и их	расчёты параметров приборов,		
электроники,	параметров;	подбора материала и		
приборов квантовой	связь параметров приборов со	конструкции для достижения		
электроники и	свойствами материала,	необходимых параметров		
фотоники.	физическими процессами в	пользоваться контрольно-		
	полупроводниковых	испытательной и		
	структурах, их конструкцией и	измерительной аппаратурой.		
	технологией изготовления;			
	пути улучшения параметров			
	за счёт использования новых			
	материалов (новых			
	соединений, твёрдых			
	растворов, гетерострур и			
	сверхрешёток на их основе)			
	цепей;			

## 2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

## 2.1. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем в	Семестры
	часах	1
Объем программы дисциплины	36	36

в т.ч.		
Основное содержание	36	36
в т.ч.		
Теоретическое обучение	20	20
Практическое обучение	14	14
Самостоятельная работа	2	2
Промежуточная аттестация		Дифференцированный зачет

## 2.2. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование	Содержание учебного материала	Объем	Формируемые
разделов и тем	(основное и профессионально-	часов	компетенции
	ориентированное), лабораторные и		
	практические занятия, прикладной		
	модуль		
	(при наличии)		
1	2	3	4
Тема 1. Контакт	Содержание учебного материала	6	ПК 4.3.
металл-	Энергетическая диаграмма КМП.		
полупроводник	Термоэлектронная эмиссия с		
(КМП) и приборы	поверхности полупроводника (П) и		
на его основе	металла (М). Контактная разность		
	потенциалов. Контакты М с		
	полупроводниками пи р-типа. Свойства		
	обедненного слоя в КМП. Прохождение		
	тока через КМП:		
	эффект Шоттки, диодная и		
	диффузионная теориивыпрямления,		
	туннелирование в КМП с барьером		
	Шоттки (БШ). Особенности реальных КМП с БШ.		
	Модель Бардина: промежуточный слой и		
	поверхностные электронные состояния.	4	
	Высота барьера в реальных КМП. Вольт-	4	
	амперная характеристика реальных КМП.		
	Омические (невыпрямлянщие) КМП;		
	теоретические и реальные зависимости		
	сопротивления контакта от параметров		
	П.		
	Принципы создания реальных омических		
	контактов. КМП с БШ на малом		
	переменном сигнале. Эквивалентная		
	схема КМП с БШ.		
	Общие требования к материалу и		
	конструкции полупроводниковых		
	приборов (ПП) на основе КМП.		
	Паразитные параметры ПП. Диоды с		

	C M T		
	барьером Мотта. Полупроводниковые		
	сверхвысокочастотные (СВЧ) диоды на основе КМП с БШ.		
	Детекторные иваракторные (настроечные, параметрические) диоды.		
			ПК 4.3.
	Практические занятия	-	ПК 4.3.
	Решение задач по теме "Элементарная	2	11K 4.3.
	теория электропроводности полупроводников"		
Тема 2.	Содержание учебного материала	7	ПК 4.3.
Электронно-		/	11IX 4.5.
дырочные	Характеристики потенциального		
переходы (р-п	барьера. Вольт-амперные		
переходы (р-п	характеристики идеального р-п перехода.		
переходы	Особенности реальных р-п переходов.		
	Пробой в р-п переходе. Р-п переход на		
	малом переменном сигнале. Переходные	4	
	процессы в р-п перехо-де. Туннельный диод (принцип действия, вольт-амперная	4	
	характеристика, анализ эквивалентной		
	схемы.) Обращённый диод. Р-і-п-		
	структуры: ВАХ, эквивалентная схема.		
	Переключательные и ограничительные		
	диоды на основе р-і-п-структур.		
	Практические занятия по теме 2		
	The sum of	2	
	Самостоятельная работа		ПК 4.3.
	Самостоятельная работа Решение задач	1	ПК 4.3.
Тема 3. Приборы с	<u>-</u>	1 6	ПК 4.3.
Тема 3. Приборы с неустойчивостью	Решение задач Содержание учебного материала		ПК 4.3.
	Решение задач  Содержание учебного материала  Лавинно-пролётные диоды (ЛПД).		
неустойчивостью	Решение задач Содержание учебного материала Лавинно-пролётные диоды (ЛПД). Принцип действия ЛПД. Особенности		ПК 4.3.
неустойчивостью на переменном	Решение задач  Содержание учебного материала  Лавинно-пролётные диоды (ЛПД). Принцип действия ЛПД. Особенности характеристик ЛПД в условиях		ПК 4.3.
неустойчивостью на переменном сигнале	Решение задач  Содержание учебного материала  Лавинно-пролётные диоды (ЛПД). Принцип действия ЛПД. Особенности характеристик ЛПД в условиях ограничения работы максимально		ПК 4.3.
неустойчивостью на переменном сигнале (генераторные	Решение задач Содержание учебного материала Лавинно-пролётные диоды (ЛПД). Принцип действия ЛПД. Особенности характеристик ЛПД в условиях ограничения работы максимально допустимым разогревом и максимально		ПК 4.3.
неустойчивостью на переменном сигнале (генераторные	Решение задач  Содержание учебного материала  Лавинно-пролётные диоды (ЛПД). Принцип действия ЛПД. Особенности характеристик ЛПД в условиях ограничения работы максимально		ПК 4.3.
неустойчивостью на переменном сигнале (генераторные	Решение задач  Содержание учебного материала  Лавинно-пролётные диоды (ЛПД). Принцип действия ЛПД. Особенности характеристик ЛПД в условиях ограничения работы максимально допустимым разогревом и максимально допустимым полем. Влияние материала		ПК 4.3.
неустойчивостью на переменном сигнале (генераторные	Решение задач  Содержание учебного материала  Лавинно-пролётные диоды (ЛПД). Принцип действия ЛПД. Особенности характеристик ЛПД в условиях ограничения работы максимально допустимым разогревом и максимально допустимым полем. Влияние материала (GaAs, Si) и конструкции прибора на		ПК 4.3.
неустойчивостью на переменном сигнале (генераторные	Решение задач Содержание учебного материала Лавинно-пролётные диоды (ЛПД). Принцип действия ЛПД. Особенности характеристик ЛПД в условиях ограничения работы максимально допустимым разогревом и максимально допустимым полем. Влияние материала (GaAs, Si) и конструкции прибора на работу ЛПД. Различные типы ЛПД.		ПК 4.3.
неустойчивостью на переменном сигнале (генераторные	Решение задач  Содержание учебного материала  Лавинно-пролётные диоды (ЛПД). Принцип действия ЛПД. Особенности характеристик ЛПД в условиях ограничения работы максимально допустимым разогревом и максимально допустимым полем. Влияние материала (GaAs, Si) и конструкции прибора на работу ЛПД. Различные типы ЛПД. Диоды Ганна (приборы на эффекте междолинного переноса).  Отрицательная дифференциальная		ПК 4.3.
неустойчивостью на переменном сигнале (генераторные	Решение задач  Содержание учебного материала  Лавинно-пролётные диоды (ЛПД). Принцип действия ЛПД. Особенности характеристик ЛПД в условиях ограничения работы максимально допустимым разогревом и максимально допустимым полем. Влияние материала (GaAs, Si) и конструкции прибора на работу ЛПД. Различные типы ЛПД. Диоды Ганна (приборы на эффекте междолинного переноса). Отрицательная дифференциальная подвижность (ОДП). Неустойчивость		ПК 4.3.
неустойчивостью на переменном сигнале (генераторные	Решение задач  Содержание учебного материала  Лавинно-пролётные диоды (ЛПД). Принцип действия ЛПД. Особенности характеристик ЛПД в условиях ограничения работы максимально допустимым разогревом и максимально допустимым полем. Влияние материала (GaAs, Si) и конструкции прибора на работу ЛПД. Различные типы ЛПД. Диоды Ганна (приборы на эффекте междолинного переноса). Отрицательная дифференциальная подвижность (ОДП). Неустойчивость тока в структурах с ОДП. Режим		ПК 4.3.
неустойчивостью на переменном сигнале (генераторные	Решение задач  Содержание учебного материала  Лавинно-пролётные диоды (ЛПД). Принцип действия ЛПД. Особенности характеристик ЛПД в условиях ограничения работы максимально допустимым разогревом и максимально допустимым полем. Влияние материала (GaAs, Si) и конструкции прибора на работу ЛПД. Различные типы ЛПД. Диоды Ганна (приборы на эффекте междолинного переноса). Отрицательная дифференциальная подвижность (ОДП). Неустойчивость тока в структурах с ОДП. Режим обогащенного слоя; режим пролета		ПК 4.3.
неустойчивостью на переменном сигнале (генераторные	Решение задач  Содержание учебного материала  Лавинно-пролётные диоды (ЛПД). Принцип действия ЛПД. Особенности характеристик ЛПД в условиях ограничения работы максимально допустимым разогревом и максимально допустимым полем. Влияние материала (GaAs, Si) и конструкции прибора на работу ЛПД. Различные типы ЛПД. Диоды Ганна (приборы на эффекте междолинного переноса). Отрицательная дифференциальная подвижность (ОДП). Неустойчивость тока в структурах с ОДП. Режим обогащенного слоя; режим пролета домена. Основные характеристики ДГ:		ПК 4.3.
неустойчивостью на переменном сигнале (генераторные	Решение задач  Содержание учебного материала  Лавинно-пролётные диоды (ЛПД). Принцип действия ЛПД. Особенности характеристик ЛПД в условиях ограничения работы максимально допустимым разогревом и максимально допустимым полем. Влияние материала (GaAs, Si) и конструкции прибора на работу ЛПД. Различные типы ЛПД. Диоды Ганна (приборы на эффекте междолинного переноса). Отрицательная дифференциальная подвижность (ОДП). Неустойчивость тока в структурах с ОДП. Режим обогащенного слоя; режим пролета домена. Основные характеристики ДГ: рабочая частота, генерируемая		ПК 4.3.
неустойчивостью на переменном сигнале (генераторные	Решение задач  Содержание учебного материала  Лавинно-пролётные диоды (ЛПД). Принцип действия ЛПД. Особенности характеристик ЛПД в условиях ограничения работы максимально допустимым разогревом и максимально допустимым полем. Влияние материала (GaAs, Si) и конструкции прибора на работу ЛПД. Различные типы ЛПД. Диоды Ганна (приборы на эффекте междолинного переноса). Отрицательная дифференциальная подвижность (ОДП). Неустойчивость тока в структурах с ОДП. Режим обогащенного слоя; режим пролета домена. Основные характеристики ДГ: рабочая частота, генерируемая мощность, КПД; реальные и		ПК 4.3.
неустойчивостью на переменном сигнале (генераторные	Решение задач  Содержание учебного материала  Лавинно-пролётные диоды (ЛПД). Принцип действия ЛПД. Особенности характеристик ЛПД в условиях ограничения работы максимально допустимым разогревом и максимально допустимым полем. Влияние материала (GaAs, Si) и конструкции прибора на работу ЛПД. Различные типы ЛПД. Диоды Ганна (приборы на эффекте междолинного переноса). Отрицательная дифференциальная подвижность (ОДП). Неустойчивость тока в структурах с ОДП. Режим обогащенного слоя; режим пролета домена. Основные характеристики ДГ: рабочая частота, генерируемая мощность, КПД; реальные и фундаментальные ограничения		ПК 4.3.
неустойчивостью на переменном сигнале (генераторные	Решение задач  Содержание учебного материала  Лавинно-пролётные диоды (ЛПД). Принцип действия ЛПД. Особенности характеристик ЛПД в условиях ограничения работы максимально допустимым разогревом и максимально допустимым полем. Влияние материала (GaAs, Si) и конструкции прибора на работу ЛПД. Различные типы ЛПД. Диоды Ганна (приборы на эффекте междолинного переноса). Отрицательная дифференциальная подвижность (ОДП). Неустойчивость тока в структурах с ОДП. Режим обогащенного слоя; режим пролета домена. Основные характеристики ДГ: рабочая частота, генерируемая мощность, КПД; реальные и		ПК 4.3.
неустойчивостью на переменном сигнале (генераторные	Решение задач  Содержание учебного материала  Лавинно-пролётные диоды (ЛПД). Принцип действия ЛПД. Особенности характеристик ЛПД в условиях ограничения работы максимально допустимым разогревом и максимально допустимым полем. Влияние материала (GaAs, Si) и конструкции прибора на работу ЛПД. Различные типы ЛПД. Диоды Ганна (приборы на эффекте междолинного переноса). Отрицательная дифференциальная подвижность (ОДП). Неустойчивость тока в структурах с ОДП. Режим обогащенного слоя; режим пролета домена. Основные характеристики ДГ: рабочая частота, генерируемая мощность, КПД; реальные и фундаментальные ограничения		ПК 4.3.
неустойчивостью на переменном сигнале (генераторные	Решение задач  Содержание учебного материала  Лавинно-пролётные диоды (ЛПД). Принцип действия ЛПД. Особенности характеристик ЛПД в условиях ограничения работы максимально допустимым разогревом и максимально допустимым полем. Влияние материала (GaAs, Si) и конструкции прибора на работу ЛПД. Различные типы ЛПД. Диоды Ганна (приборы на эффекте междолинного переноса). Отрицательная дифференциальная подвижность (ОДП). Неустойчивость тока в структурах с ОДП. Режим обогащенного слоя; режим пролета домена. Основные характеристики ДГ: рабочая частота, генерируемая мощность, КПД; реальные и фундаментальные ограничения	4	ПК 4.3.

Тема 4.	Содержание учебного материала	11	ПК 4.3.
Гетеропереходы	Развитие представлений о гетеропереходах. Анизотипные и изотипные гетеропереходы: энергетические диаграммы и механизмы токопохождения. Инжекционные свойства анизотипных гетеропереходов. Гетероструктурные системы на основе полупроводников АЗВ5: принципы подбора практических гетероструктурных систем, гетероструктуры на основе тройных и четверных твёрдых растворов. Двумерный электронный газ в гетеропереходах и возможные приложения. Сверхрешётки, резонансное туннелирование в сверхрешётках, резонансно-туннельные диоды.	4	ПК 4.3.
	Практические занятия По теме 4	6	ПК 4.3.
	Самостоятельная работа Решение задач	1	ПК 4.3.
Тема 5. Полевые	Содержание учебного материала	6	ПК 4.3.
транзисторы с изолированным затвором (МДП-ПТ)	Свойства структуры металл-диэлектрик- полупроводник: режимы аккумуляции, истощения и инверсии; эффект поля. Энергетическая диаграмма и вольт- фарадная характеристика МДП- структуры. Пороговое напряжение и потенциал инверсии. Подвижный заряд в инверсионном слое. Конструкция и принцип работы МДП-ПТ. Статические характеристики МДП-ПТ. Работа ПТ в режиме ключа и усилительном режиме. Параметры усилительного режима: кругизна, выходная проводимость, пороговое напряжение. Частотные свойства МДП-ПТ, эквивалентная схема, факторы, определяющие предельную частоту МДП-ПТ. Короткоканальные эффекты в МДП-ПТ, принцип "масштабирования" при конструировании МДП-ПТ. Типы МДП-ПТ	4	ПК 4.3.
	Практические занятия По теме 5	2	ПК 4.3.
Промежуточная аттестация : дифференцированный зачет			
Всего:		36	
			<u> </u>

#### 3. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1. Требования к материально-техническому обеспечению

Реализация учебной дисциплины «Физические основы полупроводников» осуществляется в лаборатории материалов электронной техники.

#### Лаборатория материалов электронной техники.

Специализированная мебель (место преподавателя, посадочные места для обучающихся).

Материально-техническое оснащение:

Установки 4-х зондового способа измерения электро-физических параметров RMS-EL, ТКО для лабораторного материаловедения, комплекс для исследований электрофизических параметров нитевидных наноматериаллов, термокамера ROR-630 с программным управле-нием, универсальный термостат УТ-60, установка проектор VIEWSONIC PRO-8500, компьютеры, принтеры, интернет, мультимедийный комплекс

#### 3.2. Информационное обеспечение обучения

Для реализации программы библиотечный фонд образовательной организации должен иметь печатные и/или электронные образовательные и информационные ресурсы для использования в образовательном процессе. При формировании библиотечного фонда образовательной организацией выбирается не менее одного издания из перечисленных ниже печатных изданий и (или) электронных изданий в качестве основного, при этом список может быть дополнен новыми изданиями.

#### 3.3. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Новожилов, О. П. Электроника и схемотехника в 2 ч. Часть 1 : учебник для среднего профессионального образования / О. П. Новожилов. Москва : Издательство Юрайт, 2023. 382 с. (Профессиональное образование). ISBN 978-5-534-10366-3. Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. URL: https://urait.ru/bcode/517772 (дата обращения: 17.12.2023).
- 2. Старосельский, В. И. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники: учебное пособие для вузов / В. И. Старосельский. Москва: Издательство Юрайт, 2022. 463 с. ISBN 978-5-9916-0808-4. Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. URL: https://urait.ru/bcode/509181 (дата обращения: 17.12.2023).

# 3.4. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

- 1. Znanium.com: Электронно-библиотечная система : [сайт]. Москва,  $2011 \frac{\text{URL:https://new.znanium.com/}}{\text{икд. пользователей МИЭТ.}}$  (дата обращения: 12.07.2023). Режим доступа: для авториз.пользователей МИЭТ.
- 2. ЭБС Юрайт : образовательная платформа. Москва, 2013 URL: https://urait.ru/ (дата обращения: 12.07.2023). Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.
- 3. Электронно-библиотечная система Лань : [сайт]. Санкт-Петербург, 2011 . URL: <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a> (дата обращения: 12.07.2023). Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.

#### 4. КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая/профессиональна	Раздел/Темы	Тип оценочных
Я		мероприятий
компетенция		
ПК 4.3. Проводить	ВСЕ ТЕМЫ	Тестовый и устный контроль
испытания для контроля		по заданной тематике.
качества и оценки		Решение задач. Практические
надежности изделий		и самостоятельные работы.
твердотельной		Дифференцированный зачет.
электроники, приборов		
квантовой электроники и		
фотоники.		

#### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Применяются следующие модели обучения: перевернутый класс, когда студенты знакомятся с новым материалом при помощи электронных ресурсов самостоятельно дома, а на аудиторных занятиях происходит обсуждение изученного материала и выполнение практических работ.

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: электронная почта, сервис Гугл Класс.

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно - образовательной среды ОРИОКС.

В процессе обучения при проведении занятий и для самостоятельной работы используются внутренние электронные ресурсы в различных формах.

При проведении занятий и для самостоятельной работы используются внешние электронные ресурсы в формах:

- электронных компонентов сервисов:
- 1. https://resh.edu.ru/
- 2. https://mob-edu.ru/
- 3. https://www.mos.ru/city/projects/mesh/

Рабочая программа учебной дисциплины «Физические основы полупроводников» по специальности среднего профессионального образования: 11.02.13 «Твердотельная электроника» разработана в колледже электроники и информатики 01.12.2023 года, протокол № 1.

#### ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с директором колледжа ЭИ НИУ МИЭТ

Директор колледжа / Литвинова С.Н.