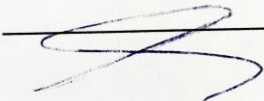


МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
физики твердого тела и наноструктур  
(Середин П.В.)  
  
31.08.2022

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
Б1.В.07 Физика полупроводников и диэлектриков

1. Код и наименование направления подготовки/специальности: 03.03.02

*Физика*

2. Профиль подготовки/специализация:

*Физика твердого тела*

3. Квалификация выпускника: *Бакалавр*

4. Форма образования: *очная*

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

*физики твердого тела и наноструктур*

6. Составители программы: *Середин Павел Владимирович,*

*доктор физ.-мат. наук, профессор*

7. Рекомендована: *НМС физического факультета протокол №6 от 14.06.2022*

8. Учебный год: 2024–2025

Семестр: 7

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

Задачи изучения курса "физика полупроводников и диэлектриков" сводится к приобретению студентами определенного комплекса знаний и умений.

Студент должен знать:

-принципиальное отличие полупроводников и диэлектриков от других твердых тел, статистику равновесных носителей заряда в твердых телах, физику электрических и оптических явлений в твердых телах, влияние дефектов и внешних воздействий на их свойства;

-методы измерения и модификации параметров полупроводников и диэлектриков;

-устройство и принцип работы оборудования для определения параметров полупроводников и диэлектриков и модификации их свойств;

-область применения и основные направления развития современного состояния твердого тела.

Изучение физики полупроводников должно выработать овладению студентам следующих умений:

-применять полученные знания для решения инженерных, научно-исследовательских, методических, производственных и др. задач;

-пользоваться современными методами изучения и анализа физических явлений и процессов в полупроводниках и диэлектриках;

-пользоваться основными измерительными приборами для определения параметров полупроводников.

Владеть:

-методами количественного формулирования и решения задач в физике полупроводников и диэлектриков.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** часть, формируемая участниками образовательных отношений, блок Б1.

В результате прохождения данной дисциплины обучающийся должен приобрести знания, умения, навыки профессиональных компетенций, необходимых для обеспечения трудовых функций профессиональных стандартов:

40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам»

– А/01.5 «Осуществление проведения работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований»;

40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур»

– С/02.6 Модернизация существующих и внедрение новых процессов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур

**11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:**

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-1	Способен анализировать научно-техническую	ПК-1.3	Анализирует, обобщает и интерпретирует результаты	Знает основные способы проведения научных исследований и анализа

	информацию и результаты исследований физической направленности		экспериментальных и теоретических исследований	получаемой физической информации Умеет работать с научной литературой по заданной тематике, следить за научной периодикой Владеет навыками обработки и анализа экспериментальных и теоретических данных
ПК-5	Способен модернизировать существующие и внедрять новые процессы модификации наноматериалов и наноструктур	ПК-5.1	Анализирует современное состояние методов и оборудования для проведения процессов модификации свойств наноматериалов и наноструктур	Знает методы измерения и модификации параметров полупроводниковых и диэлектрических наноматериалов и наноструктур; Умеет применять полученные знания для решения инженерных, научно-исследовательских и производственных задач модификации свойств наноматериалов и наноструктур Владеет фундаментальными знаниями в области современной физики полупроводников и диэлектриков

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 3 / 108.**

**Форма промежуточной аттестации Зачет**

**13. Трудоемкость по видам учебной работы**

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			7 семестр
Аудиторные занятия		72	72
в том числе:	лекции	36	36
	практические		
	лабораторные	18	18
	групповые консультации	18	18
Самостоятельная работа		36	36
Форма промежуточной аттестации – зачет с оценкой			
Итого:		108	108

**13.1. Содержание дисциплины**

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>1. Лекции</b>		
1.1	Раздел 1	Предмет, цели и задачи курса. Основная терминология.

		Химическая связь и атомная структура полупроводников. Электронная конфигурация внешних оболочек атомов и типы сил связи в твердых телах. Ван-дер-ваальсова, ионная и ковалентная связь. Структуры важнейших полупроводников – элементов AIV, AVI и соединений типов AШBV, AПBVІ, AIVBVІ. Примеси и структурные дефекты в кристаллических и аморфных полупроводниках. Химическая природа и электронные свойства примесей. Точечные, линейные и двумерные дефекты.
1.2	Раздел 2	Основы технологии полупроводников и методы определения и модификации их параметров. Методы выращивания и модификации объемных монокристаллов из жидкой и газовой фаз. Методы выращивания и модификации эпитаксиальных пленок (эпитаксия из жидкой и газовой фазы). Молекулярно-лучевая эпитаксия. Металлорганическая эпитаксия. Методы легирования полупроводников. Основные методы определения параметров полупроводников: ширины запрещенной зоны, подвижности и концентрации свободных носителей, времени жизни неосновных носителей, концентрации и глубины залегания уровней примесей и дефектов.
1.3	Раздел 3	Основы зонной теории полупроводников. Основные приближения зонной теории. Волновая функция электрона в периодическом поле кристалла. Теорема Блоха. Зона Бриллюэна. Энергетические зоны. Законы дисперсии для важнейших полупроводников. Изоэнергетические поверхности. Тензор обратной эффективной массы. Плотность состояний. Особенности Ван-Хова. Уравнения движения электронов и дырок во внешних полях. Метод эффективной мас-сы. Связь зонной структуры с оптическими свойствами полупроводника. Уровни энергии, создаваемые примесными центрами в полупроводниках. Доноры и акцепторы. Мелкие и глубокие уровни. Водородоподобные примесные центры
1.4	Раздел 4	Равновесная статистика электронов и дырок в полупроводниках. Функция распределения электронов. Концентрация электронов и дырок в зонах, эффективная плотность состояний. Невырожденный и вырожденный электронный (дырочный) газ. Концентрации электронов и дырок на локальных уровнях. Факторы вырождения примесных состояний. Положение уровня Ферми и равновесная концентрация электронов и дырок в собственных и примесных (некомпенсированных и компенсированных) полупроводниках. Многозарядные примесные центры.
1.5	Раздел 5	Оптические явления в полупроводниках. Комплексная диэлектрическая проницаемость, показатель преломления, коэффициент отражения, коэффициент поглощения. Край собственного поглощения в случае прямых и непрямых, разрешенных и запрещенных переходов. Поглощение света на колебаниях решетки. Рассеяние света колебаниями решетки, комбинационное рассеяние (Рамановское). Влияние примесей на оптические свойства. Примесная структура оптических спектров вблизи края собственного поглощения в прямозонных и непрямозонных полупроводниках. Фотоэлектрические явления. Примесная и собственная фотопроводимость. Термостимулированная проводимость.

		Фото-разогрев носителей заряда. Фотоэлектромагнитный эффект
1.6	Раздел 6	Полупроводниковые структуры пониженной размерности и сверхрешетки. Размерное квантование. Двумерные и квазидвумерные электронные системы и структуры, в которых они реализуются. Квантовые точки и нити. Энергетический спектр электронов и плотность состояний в этих системах
<b>2. Лабораторные работы</b>		
2.1	Лабораторная работа №1	Зондовые методы определения удельного сопротивления полупроводников
2.2	Лабораторная работа №2	Изучение оптического поглощения полупроводников
2.3	Лабораторная работа №3	Исследование температурной зависимости электропроводности полупроводников
2.4	Лабораторная работа №4	Изучение температурной зависимости термоэдс полупроводников
2.5	Лабораторная работа №5	Изучение эффекта Холла и определение ширины запрещенной зоны, концентрации, подвижности и знака носителей заряда в полупроводниках
2.6	Лабораторная работа №6	Магниторезистивный эффект и определение подвижности носителей тока в полупроводниках

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)					Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Групповые консультации	Самостоятельная работа	
1	Раздел 1	6		3	3	6	18
2	Раздел 2	6		3	3	6	18
3	Раздел 3	6		3	3	6	18
4	Раздел 4	6		3	3	6	18
5	Раздел 5	6		3	3	6	18
6	Раздел 6	6		3	3	6	18
	Итого:	36		18	18	36	108

### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Изучение дисциплины «Физика полупроводников и диэлектриков» предусматривает осуществление учебной деятельности состоящей из двух частей: обучения студентов преподавателем и самостоятельной учебной деятельности студентов по изучению дисциплины.

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекции; лабораторные работы; индивидуальные занятия. По преобладающим методам и приемам обучения: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ–демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, составление схем и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов); информационные; компьютерные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и др., разработка презентаций, сообщений и докладов, работа с электронными обучающими программами и т.п.).

Подготовка к лекциям является одним из видов самостоятельной работы студентов-магистров. Студентам, чтобы хорошо овладеть учебным материалом, необходимо выработать навыки правильной и планомерной работы. Перед началом лекционных занятий надо просмотреть все, что было сделано в предыдущий раз. Это позволит

сосредоточить внимание и восстановить в памяти уже имеющиеся знания по данному предмету. Кроме того, такой метод поможет лучше запомнить как старое, так и новое, углубит понимание того и другого, так как при этом устанавливаются связи нового со старым, что является не только обязательным, но и основным условием глубокого овладения материалом. Чем детальнее изучаемое ассоциируется с известным ранее, тем прочнее сохраняется в памяти и быстрее вспомнить, когда требуется.

Приступая к изучению нового материала, необходимо сосредоточиться, т.е. сконцентрировать внимание и не отвлекаться от выполняемой работы, помня, что желание запомнить является гарантией успешной работы, отсутствие же воли к запоминанию снижает эффект восприятия.

Следует помнить о том, что через лекцию передается не только систематизированный теоретический материал, но и постигается методика научного исследования и умение самостоятельно работать, анализировать различного рода явления.

Записывать на лекции необходимо главное, не стремясь зафиксировать все слово в слово. Выбрать же главное без понимания предмета невозможно. Наличие собственного конспекта лекций позволяет еще раз ознакомиться, продумать, разобраться в новом материале, так как недостаточно хорошо понятые во время лекции положения могут быть восстановлены в памяти, сопоставлены с другими, додуманы, дополнены, уяснены и расширены с помощью учебной литературы. Записи являются пособиями для повторения, дают возможность охватить содержание лекции и всего курса в целом.

При этом хорошо овладеть содержанием лекции – это:

- знать тему;
- понимать значение и важность ее в данном курсе;
- четко представлять план;
- уметь выделить основное, главное;
- усвоить значение примеров и иллюстраций;
- связать вновь полученные сведения о предмете или явлении с уже имеющимися;
- представлять возможность и необходимость применения полученных сведений.

Существует несколько общих правил работы на лекции:

- лекции по каждому предмету записывать удобнее в отдельных тетрадях, оставляя широкие поля для пометок;
- к прослушиванию лекций следует готовиться, что позволит в процессе лекции отделить главное от второстепенного;
- лекции необходимо записывать с самого начала, так как оно часто бывает ключом ко всей теме;
- так как дословно записать лекцию невозможно, то необходимо в конспекте отражать: формулы, определения, схемы, трудные места, мысли, примеры, факты и положения от которых зависит понимание главного, новое и незнакомое, неопубликованные данные, материал отсутствующий в учебниках и т.п.;
- записывать надо сжато;
- во время лекции важно непрерывно сохранять рабочую установку, умственную активность.

Изучение теоретического материала в данном курсе не ограничивается подготовкой к лекциям и работой на данном виде занятий. Лекционная часть курса органически взаимосвязана с иными видами работ: написанием рефератов, участием в лабораторных работы, подготовкой и сдачей зачета по дисциплине, в структуре которых также большое значение имеет самостоятельная работа студента.

Самостоятельная работа обучающихся наряду с аудиторной представляет одну из форм учебного процесса и является существенной ее частью, что наиболее ярко представлено в процессе подготовки магистров. Последнее обусловлено тем, что самостоятельная работа предназначена для формирования навыков самостоятельной работы как вообще, так и в учебной, научной деятельности, формирование и развитие

способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решать проблему, находить конструктивные решения, выход из кризисной ситуации и т.д.

Самостоятельная работа формирует самостоятельность не только как совокупность умений и навыков, но и как черту характера, играющую существенную роль в структуре личности современного специалиста высшей квалификации. Она воспитывает самостоятельность как черту характера. Никакие знания, полученные на уровне пассивного восприятия, не ставшие объектом собственной умственной или лабораторной работы, не могут считаться подлинным достоянием человека.

Давая возможность расширять и обогащать знания, умения по индивидуальным направлениям, самостоятельная работа обучающегося позволяет создать разносторонних специалистов. В процессе самостоятельной работы развивают творческие возможности обучающегося, при этом самостоятельная работа завершает задачи всех видов учебной работы.

Самостоятельная работа - это планируемая работа обучающихся, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Преподаватель, ведущий занятия, организует, направляет самостоятельную работу обучающихся и оказывает им необходимую помощь. Однако самостоятельность обучающихся должна превышать объем работы, контролируемой преподавателем работы, и иметь в своей основе индивидуальную мотивацию обучающегося по получению знаний, необходимых и достаточных для будущей профессиональной деятельности в избранной сфере. Преподаватель при необходимости может оказывать содействие в выработке и коррекции данной мотивации, лежащей в основе построения самостоятельной деятельности обучающегося по изучению дисциплины, получению необходимых знаний и навыков.

Получение образования предполагает обучение решению задач определенной сферы деятельности. Однако как бы хорошо не обучались обучающиеся способам решения задач в аудитории, сформировать средства практической деятельности не удастся, так как каждый случай практики особый и для его решения следует выработать особый профессиональный стиль мышления.

Основой самостоятельной работы служит научно-теоретический курс, комплекс полученных обучающимся знаний. Основной, наиболее экономичной формой получения и усвоения информации, теоретических знаний в вузе является лекция, позволяющая воспринять значительную сумму основных знаний и потому способствующая повышению продуктивности всех других форм учебного труда.

Результат обучения и самостоятельной работы обучающегося предполагает наличие следующих составляющих:

- понимание методологических основ построения изучаемых знаний;
- выделение главных структур учебного курса;
- формирование средств выражения в данной области;
- построение методик решения задач и ориентации в проблемах (ситуациях).

Самостоятельная работа обучающихся при изучении «Физики полупроводников и диэлектриков» включает в себя: подготовку и участие в изучении теоретической части курса, выполнение лабораторных работ, подготовку к зачету.

Самостоятельная работа студента при изучении дисциплины «Физика полупроводников и диэлектриков» включает в себя:

изучение теоретической части курса	– 10 часов
подготовку к лабораторным занятиям	– 10 часов
написание отчетов по лабораторным работам	– 6 часов
подготовку к зачету	– 10 часов
итого	– 36 часов

## 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Шалимова, К. В. Физика полупроводников : учебник / К. В. Шалимова. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 384 с. — ISBN 978-5-8114-0922-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/167840">https://e.lanbook.com/book/167840</a> (дата обращения: 14.07.2021).
2.	Ланге, П. К. Физика полупроводников и нанотехнологий : учебно-методическое пособие / П. К. Ланге. — Самара : АСИ СамГТУ, 2017. — 88 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/127821">https://e.lanbook.com/book/127821</a>
3.	Ансельм, А. И. Введение в теорию полупроводников : учебное пособие / А. И. Ансельм. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 624 с. — ISBN 978-5-8114-0762-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/168898">https://e.lanbook.com/book/168898</a>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4.	Суворов, Э. В. Материаловедение: методы исследования структуры и состава материалов : учебное пособие для академического бакалавриата / Э. В. Суворов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2018. — 180 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-06011-9. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <a href="https://urait.ru/bcode/410906">https://urait.ru/bcode/410906</a> (дата обращения: 10.09.2020).
5.	Гермогенов, В. П. Материалы, структуры и приборы полупроводниковой оптоэлектроники : учебное пособие / В. П. Гермогенов. — Томск : ТГУ, 2015. — 272 с. — ISBN 978-5-94621-475-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/80206">https://e.lanbook.com/book/80206</a>
6.	Ермолаева, В. И. Физико-химические свойства полупроводниковых материалов : учебное пособие / В. И. Ермолаева, Н. Н. Двучичанская, В. М. Горшкова. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. — 43 с. — ISBN 5-7038-2825-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/62052">https://e.lanbook.com/book/62052</a>

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)\*:

№ п/п	Ресурс
7.	<a href="http://www.lib.vsu.ru">http://www.lib.vsu.ru</a> – Зональная научная библиотека ВГУ
8.	<a href="http://www.moodle.vsu.ru">http://www.moodle.vsu.ru</a>
9.	<a href="https://e.lanbook.com">https://e.lanbook.com</a> – ЭБС «Лань»
10.	<a href="https://biblioclub.ru">https://biblioclub.ru</a> – ЭБС «Университетская библиотека онлайн»
11.	<a href="http://www.iprbookshop.ru">www.iprbookshop.ru</a> – ЭБС «IPRbooks»
12.	<a href="https://elibrary.ru">https://elibrary.ru</a> – Научная электронная библиотека

## 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
13.	Середин, Павел Владимирович. Новые физические явления в гетероструктурах на основе полупроводников АЗВ5: перспективные подходы к созданию оптоэлектроники будущего / П.В. Середин. — Москва : НОВЫЙ ИНДЕКС, 2015. — 219 с. : ил., табл. — Библиогр.: с.204-219.
14.	Физические основы электроники. Температурные и магнитные свойства полупроводников : учебно-методические пособия / Воронеж. гос. ун-т ; сост.: П.В. Середин, В.А. Терехов. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2020. — 33 с. : ил.
15.	Физика полупроводников и диэлектриков : учебно-методическое пособие / Воронеж. гос. ун-т ; сост.: П.В. Середин, А.Н. Лукин. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2020. — 35 с. : ил., табл.
16.	Исследование особенностей атомного и электронно-энергетического строения металлов,



<p>полупроводников и диэлектриков [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Воронеж. гос. ун-т ; сост.: Ю.А. Юраков [и др.] .— Электрон. текстовые дан. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2021 .— Загл. с титул. экрана .— Свободный доступ из интрасети ВГУ .— Текстовый файл .— &lt;URL:http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m21-93.pdf&gt;</p>
---

### 17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекции; лабораторные работы, групповые консультации, индивидуальные занятия. По преобладающим методам и приемам обучения: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ–демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, составление схем и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов); информационные; компьютерные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и др., разработка презентаций, сообщений и докладов, работа с электронными обучающими программами и т.п.).

### 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лаборатория спецпрактикумов кафедры ФТТИНС  
 Мультимедийная доска TriumphBord78”MultiTouch;  
 Ноутбук,  
 Лабораторный стенд для исследования эффекта Холла;  
 Лабораторный стенд для исследования эффекта термо-ЭДС;  
 Лабораторный стенд для исследования электропроводности полупроводников;  
 Лабораторный стенд для исследования свойств р-п перехода;  
 Лабораторный стенд для исследования терморезистора;  
 Лабораторный стенд для исследования фотодиода;  
 Лабораторный стенд для исследования туннельного диода;  
 Лабораторный стенд для исследования фоторезистора;  
 Спектрофотометр СФ-56А;  
 Учебный стенд «Электрические измерения и основы метрологии»;  
 Осциллограф цифровой Rohde&SchwarzHMO 3054;  
 Осциллограф цифровой Rohde&SchwarzHMO.  
 Microsoft Windows 7 (договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019);  
 Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется через образовательный портал "Электронный университет ВГУ".

### 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Раздел 1	ПК-1, ПК-5	ПК-1.3, ПК-5.1	Лабораторная работа №1
2.	Раздел 2	ПК-1, ПК-5	ПК-1.3, ПК-5.1	Лабораторная работа №2

3.	Раздел 3	ПК-1, ПК-5	ПК-1.3, ПК-5.1	Лабораторная работа №3
4.	Раздел 4	ПК-1, ПК-5	ПК-1.3, ПК-5.1	Лабораторная работа №4
5.	Раздел 5	ПК-1, ПК-5	ПК-1.3, ПК-5.1	Лабораторная работа №5
6.	Раздел 6	ПК-1, ПК-5	ПК-1.3, ПК-5.1	Лабораторная работа №6
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет				Перечень вопросов

## 20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1 Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: отчеты о выполнении лабораторных работ.

#### Перечень тем лабораторных работ

Лабораторная работа №1	Зондовые методы определения удельного сопротивления полупроводников
Лабораторная работа №2	Изучение оптического поглощения полупроводников
Лабораторная работа №3	Исследование температурной зависимости электропроводности полупроводников
Лабораторная работа №4	Изучение температурной зависимости термоэдс полупроводников
Лабораторная работа №5	Изучение эффекта Холла и определение ширины запрещенной зоны, концентрации, подвижности и знака носителей заряда в полупроводниках
Лабораторная работа №6	Магниторезистивный эффект и определение подвижности носителей тока в полупроводниках

Для текущего контроля успеваемости используется устный опрос, отчеты о ходе выполнения лабораторных работ, на основе которых выставляется предварительная оценка *зачтено/не зачтено*.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала предварительных оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для выполнения лабораторных работ	Повышенный уровень	<i>Зачтено</i>
Неудовлетворительное выполнение тестовых заданий. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки при выполнении лабораторных работ	–	<i>Не зачтено</i>

## 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

### Перечень вопросов к зачету

1. Химическая связь и атомная структура полупроводников. Электронная конфигурация внешних оболочек атомов и типы сил связи в твердых телах.
2. Ван-дер-ваальсова, ионная и ковалентная связь.
3. Структуры важнейших полупроводников – элементов AIV , AVI и соединений типов AIII BV, AIII BVI, AIV BVI.
4. Примеси и структурные дефекты в кристаллических и аморфных полупроводниках. Химическая природа и электронные свойства примесей. Точечные, линейные и двумерные дефекты.
5. Методы выращивания и модификации объемных монокристаллов из жидкой и газовой фаз. Методы выращивания и модификации эпитаксиальных пленок (эпитаксия из жидкой и газовой фазы). Молекулярно-лучевая эпитаксия. Металлорганическая эпитаксия.
6. Методы легирования полупроводников. 8. Основные методы определения параметров полупроводников: ширины запрещенной зоны, подвижности и концентрации свободных носителей, времени жизни неосновных носителей, концентрации и глубины залегания уровней примесей и дефектов.
7. Связь зонной структуры с оптическими свойствами полупроводника. Уровни энергии, создаваемые примесными центрами в полупроводниках. Доноры и акцепторы. Мелкие и глубокие уровни. Водородоподобные примесные центры.
8. Концентрация электронов и дырок в зонах, эффективная плотность состояний. 6
9. Оптические явления в полупроводниках. Комплексная диэлектрическая проницаемость, показатель преломления, коэффициент отражения, коэффициент поглощения. Связь между ними и соотношения Крамерса—Кронига. Край собственного поглощения в случае прямых и непрямых, разрешенных и запрещенных переходов.
10. Влияние примесей на оптические свойства. Примесная структура оптических спектров вблизи края собственного поглощения в прямозонных и непрямозонных полупроводниках.
11. 26. Фотоэлектрические явления. Примесная и собственная фотопроводимость. Влияние прилипания неравновесных носителей заряда на фотопроводимость. Оптическая перезарядка локальных уровней и связанные с ней эффекты. Термостимулированная проводимость. Фото-разогрев носителей заряда. Фотоэлектромагнитный эффект.
12. Полупроводниковые структуры пониженной размерности и сверхрешетки.
13. Квантовые нити. Квантовые точки. Энергетический спектр электронов и плотность состояний в этих системах.
14. Оптические явления в структурах с квантовыми ямами, правила отбора для межзонных и внутризонных (межподзонных) переходов.
15. Зондовые методы (четырёхзондовый метод; метод Ван дер Пау; метод сопротивления растекания); их использование для контроля удельного сопротивления нанометровых слоев..
16. Эффект Холла в постоянных и переменных электрических и магнитных полях. Эффект магнетосопротивления. Определение с их помощью электрофизических параметров полупроводниковых слоев, в том числе в гетеропереходных наноструктурах и нанометровых инверсионных слоях. 1

17. Бесконтактные методы определения удельного сопротивления. Понятие об омическом контакте. Способы изготовления омических контактов к полупроводниковым подложкам и полупроводниковым слоям микро- и нанометровой толщины, методы контроля качества омических контактов
18. Понятие о квантовом эффекте Холла. Оптические методы определения концентрации.
19. Физические основы методов измерения характеристик неравно-весных носителей заряда.
20. Исследование свойств структур МДП.
21. Методы измерения толщин полупроводниковых и диэлектрических слоев в полупроводниковых микро- и наноструктурах.
22. Методы ионной и электронной спектроскопии для определения состава микро- и наноструктур. Методы рентгеновской и ультрафиолетовой фотоэлектронной спектроскопии.

### **Описание технологии проведения промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация по дисциплине – зачет. В приложение к диплому вносится оценка *зачтено/ не зачтено*.

Оценка уровня освоения дисциплины «Физика полупроводников и диэлектриков» осуществляется по следующим показателям:

- качество и своевременность выполнения лабораторных работ;
- полнота ответов на вопросы контрольно-измерительного материала;
- полнота ответов на дополнительные вопросы.

Критерии оценки освоения дисциплины «Физика полупроводников и диэлектриков»:

– оценка *зачтено* выставляется при полном соответствии работы студента всем вышеуказанным показателям. Соответствует высокому (углубленному) уровню сформированности компетенций: компетенции сформированы полностью, проявляются и используются систематически, в полном объеме. Данный уровень превосходит, по крайней мере, по одному из перечисленных выше показателей повышенный (продвинутый) уровень;

– оценка *не зачтено* выставляется в случае несоответствия работы студента всем показателям, его неорганизованности, безответственности и низкого качества работы при выполнении лабораторных работ, предусмотренных программой дисциплины.

Факт невыполнения требований, предъявляемых к студенту при освоении дисциплины «Физика полупроводников и диэлектриков» и отраженных в вышеперечисленных критериях, фиксируется в ведомости оценкой *не зачтено*.

Если студент не осваивает дисциплину в установленном программой объеме и в сроки, определенные графиком учебного процесса, он не допускается к промежуточной аттестации по данному виду учебной работы.