

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.)  
28.08.2020г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.ДВ.04.02 Физика полупроводников и диэлектриков**

1. Код и наименование направления подготовки:

03.03.02 Физика

2. Профиль подготовки:

Физика наноматериалов и новых медицинских технологий

3. Квалификация выпускника: бакалавр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

кафедра физики твердого тела и наноструктур

6. Составители программы:

Середин Павел Владимирович, доктор физико-математических наук, доцент

7. Рекомендована:

кафедрой физики твердого тела и наноструктур, протокол от 28.08.2020г. №1

8. Учебный год: 2022/2023

Семестр: седьмой

**9.Цели и задачи учебной дисциплины:** Физика полупроводников и диэлектриков является одним из важнейших разделов физики твердого тела. Будущему бакалавру-физику глубокие знания в области физики полупроводников являются обязательным. Это связано с тем, что самые большие достижения в исключительно бурно развивающейся микроэлектронике связаны с физикой полупроводников. Основная цель преподавания спецкурса по физике полупроводников и диэлектриков состоит в получении студентами достаточных знаний по физическим свойствам полупроводников и диэлектриков, влиянию различных дефектов и внешних воздействий на эти свойства, приобретении студентами навыков определения параметров и характеристик полупроводников и диэлектриков.

Основная цель преподавания физики полупроводников и диэлектриков способствует и лучшему усвоению других физических курсов. В связи с этим при изучении данного курса серьезное внимание должно быть уделено физической стороне изучаемых явлений и процессов.

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 параметров полупроводников и диэлектриков;
- устройство и принцип работы измерительных приборов для определения параметров полупроводников и диэлектриков;
- 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

После изучения курса бакалавр – физик должен быть подготовлен к решению следующих профессиональных задач:

- проведение научных исследований поставленных проблем;
- формулировка новых задач, возникающих в ходе научных исследований;
- работа с научной литературой с использованием новых информационных технологий, слежение за научной периодикой;
- проведение физических исследований по заданной тематике;
- выбор технических средств, подготовка оборудования, работа на экспериментальных физических установках;
- выбор необходимых методов исследования;
- анализ получаемой физической информации с использованием современной вычислительной техники;
- научно-инновационная деятельность;
- применение результатов научных исследований в инновационной деятельности;

- разработка новых методов инженерно-технологической деятельности;
- участие в формулировке новых задач и разработке новых методических подходов в научно-инновационных исследованиях;
- обработка и анализ полученных данных с помощью современных информационных технологий;
- участие в организации научно-исследовательских и научно-инновационных работ, контроль за соблюдением техники безопасности;
- участие в организации семинаров, конференций;
- составление рефератов, написание и оформление научных статей;
- участие в подготовке заявок на конкурсы грантов и оформлении научно-технических проектов, отчетов и патентов;
- участие в организации инфраструктуры предприятий, в том числе информационной и технологической;

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Дисциплина «Физика полупроводников и диэлектриков» включена в число дисциплин по выбору вариативной части блока Б1.В по направлению подготовки **03.03.02 Физика**.

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

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ПК-4	способностью применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин	<p><b>Знать:</b> описание и технические характеристики аналитических приборов, используемых для анализа полупроводников и диэлектриков</p> <p><b>Уметь:</b> излагать новые методы и методические подходы в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности. использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения задач на практике. применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин</p> <p><b>Владеть:</b> некоторыми физическими методами исследования при решении практических задач на практике в области физики полупроводников и диэлектриков. методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области полупроводников и диэлектриков; • способностью принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности.</p>

--	--	--

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час.(в соответствии с учебным планом) — 3/108.**

**Форма промежуточной аттестации** зачет с оценкой

### 13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		7 семестр		
Аудиторные занятия	34	34		
в том числе:				
лекции				
практические				
лабораторные	34	34		
Самостоятельная работа	38	38		
Контроль	36	36		
Форма промежуточной аттестации	зачет	зачет		
Итого:	108	108		

#### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>1. Лабораторные работы</b>		
1	Лабораторная работа №1	Зондовые методы определения удельного сопротивления полупроводников
2	Лабораторная работа №2	Определение контактной разности потенциалов между полупроводником и металлом
3	Лабораторная работа №3	Определение диффузионной длины и времени жизни неравновесных носителей тока в полупроводниках
4	Лабораторная работа №4	Изучение оптического поглощения полупроводников
5	Лабораторная работа №5	Исследование температурной зависимости электропроводности полупроводников
6	Лабораторная работа №6	Изучение температурной зависимости термоэдс полупроводников
7	Лабораторная работа №7	Изучение эффекта Холла и определение ширины запрещенной зоны, концентрации, подвижности и знака носителей заряда в полупроводниках
8	Лабораторная работа №8	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 (часов)				
		Лекции	Лабораторные	Самостоятельна	Контроль	Всего

				я работа		
1	Лабораторная работа “Зондовые методы определения удельного сопротивления полупроводников”		4	4	4	12
2	Лабораторная работа “Определение контактной разности потенциалов между полупроводником и металлом”.		4	4	4	12
3	Лабораторная работа “Определение диффузионной длины и времени жизни неравновесных носителей тока в полупроводниках”		4	5	4	13
4	Лабораторная работа “Изучение оптического поглощения полупроводников”		4	5	4	13
5	Лабораторная работа “Исследование температурной зависимости электропроводности полупроводников”		4	5	5	14
6	Лабораторная работа “Изучение температурной зависимости термоэдс полупроводников”		4	5	5	14
7	Лабораторная работа “Изучение эффекта Холла и определение ширины запрещенной зоны, концентрации, подвижности и знака носителей заряда в полупроводниках”		5	5	5	15
8	Лабораторная работа “Магниторезистивный эффект и определение подвижности носителей тока в полупроводниках”		5	5	5	15
	Итого:	0	34	38	36	108

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

*(рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: работа с конспектами лекций, презентационным материалом, выполнение практических заданий, тестов, заданий текущей аттестации и т.д.)*

Изучение дисциплины 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 занятия; 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. 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 занятиях, подготовкой и сдачей экзамена 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 бакалавров. 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 практической 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).

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

(список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

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, 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 .— <URL: <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m21-93.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m21-93.pdf</a> >

### **17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)**

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекции; 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. Фонд оценочных средств:

### 19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
ПК-4	Знать: описание и технические характеристики аналитических приборов, используемых для анализа полупроводников и диэлектриков	Лабораторные работы №№1-8	Опрос
	Уметь: излагать новые методы и методические подходы в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности. использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения задач на практике. применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин	Лабораторные работы №№1-8	Опрос
	Владеть: некоторыми физическими методами исследования при решении практических задач на практике в области физики полупроводников и диэлектриков. методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области полупроводников и диэлектриков; • способностью принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической	Лабораторные работы №№1-8	Опрос

	деятельности.		
<b>Промежуточная аттестация</b>			Собеседование

### 19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

- 1) знание учебного материала и владение понятийным аппаратом;
- 2) знание принципов и взаимосвязей между измеряемыми параметрами полупроводникового материала и характеристиками обнаруживаемых химических примесей, глубоких уровней и других несовершенств кристаллической решетки
- 3) знание физические основы методов измерения фундаментальных свойств полупроводниковых материалов – проводимости, концентрации носителей тока, их подвижности, коэффициенту диффузии, времени жизни и т.п.
- 4) умение связывать теорию с практикой;
- 5) умение использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных;
- 6) умение обосновать выбор высокоточных и производительных средств измерений, а также современных методов неразрушающего контроля материалов;
- 7) умение объяснить влияние контролируемых параметров материалов на характеристики приборов и структур на их основе

Для оценивания результатов обучения на зачете с оценкой используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Для оценивания результатов обучения на зачете используется – зачтено, не зачтено  
Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Оценка	Критерии оценки
Зачтено	Основной материал усвоен, в ответе прослеживается логическая последовательность между отдельными частями усвоенного материала, однако возможно наличие пробелов в отдельных разделах, неточности некоторых формулировок и определений.
Не зачтено	Во всех остальных случаях.

### 19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

#### 19.3.1 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. \
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.

#### **19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме: *устного опроса (индивидуальный опрос)* Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и практические задания, позволяющие оценить степень сформированности умений и навыков.

При оценивании используются количественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.

