

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
физики твердого тела и наноструктур

 (Домашневская Э.П.)
31.08.2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.04.03 Физика полупроводников и диэлектриков

1. Код и наименование направления подготовки:

03.03.02 Физика

2. Профиль подготовки: Физика твердого тела

3. Квалификация (степень) выпускника: Бакалавр

4. Форма обучения: Очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: кафедра физики твердого тела и наноструктур

6. Составители программы: доцент Середин Павел Владимирович

7. Рекомендована:

НМС физического факультета ВГУ протокол №6 от 26.06.2019

8. Учебный год: 2020-2021

Семестр(ы): 7

9.Цели и задачи учебной дисциплины: Физика полупроводников и диэлектриков является одним из важнейших разделов физики твердого тела. Будущему учителю физики или специалисту физики 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 обязательных дисциплин 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>Знать: описание и технические характеристики аналитических приборов, используемых для анализа полупроводников и диэлектриков</p> <p>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</p> <p>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; •</p>

		способностью принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности.
--	--	--

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час.(в соответствии с учебным планом) — 2/72.

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		
Форма промежуточной аттестации	зачет	зачет		
Итого:	72	72		

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лабораторные работы		
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	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Лабораторная работа “Зондовые методы определения удельного сопротивления полупроводников”			8	5	13
2	Лабораторная работа “Определение контактной разности потенциалов между полупроводником и металлом”.			8	5	13
3	Лабораторная работа “Определение диффузионной длины и времени жизни неравновесных носителей тока в полупроводниках”			8	5	13
4	Лабораторная работа “Изучение оптического поглощения полупроводников”			8	5	13
5	Лабораторная работа “Исследование температурной зависимости электропроводности полупроводников”			8	5	13
6	Лабораторная работа “Изучение температурной зависимости термоэдс полупроводников”			8	5	13
7	Лабораторная работа “Изучение эффекта Холла и определение ширины запрещенной зоны, концентрации, подвижности и знака			8	5	13

	носителей заряда в полупроводниках”					
8	Лабораторная работа “Магниторезистивный эффект и определение подвижности носителей тока в полупроводниках”			6	3	9
	Итого:	0	0	34	38	72

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

Дисциплина «Физика полупроводников и диэлектриков» реализуется с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

Самостоятельная работа студентов 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 практической работы, не могут считаться подлинным достоянием человека.

Давая возможность расширять и обогащать знания, умения по индивидуальным направлениям, самостоятельная работа студента 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 студентов, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Преподаватель, ведущий занятия, организует, направляет самостоятельную работу студентов и оказывает им необходимую помощь. Однако самостоятельность студентов 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 студента по изучению дисциплины, получению необходимых знаний и навыков.

Получение образования предполагает обучение решению задач определенной сферы деятельности. Однако как бы хорошо не обучались учащиеся 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 студентом 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 студента 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).

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии (по образовательным формам): лекции и 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.

При этом хорошо овладеть содержанием раздела дисциплины – 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.

Изучение теоретического материала в данном курсе не ограничивается подготовкой к лабораторными работам и работой на данном виде занятий. Теоретическая часть курса органически взаимосвязана с иными видами работ: выполнением лабораторных работ, подбором, изучением, анализом и конспектированием рекомендованной литературы, подготовкой и сдачей зачета по дисциплине, в структуре которых также большое значение имеет самостоятельная работа студента-бакалавра.

Самостоятельная работа студента-бакалавра при изучении дисциплины «Физика полупроводников и диэлектриков» включает в себя: подготовку и участие в изучении теоретической части курса, подбор, изучение, анализ и конспектирование рекомендованной литературы, подготовку к зачету.

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	<i>Шалимова, Клавдия Васильевна. Физика полупроводников : учебник / К.В. Шалимова .— Изд. 4-е, стер. — СПб. [и др.] : Лань, 2010 .— 390, [1] с. : ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература) .— Предм. указ.: с.383-387. Свободный доступ http://elibrary.sgu.ru/uch_lit/565.pdf</i>
2	<i>Гуртов, Валерий Алексеевич. Твердотельная электроника : учебное пособие для студ. вузов, обуч. по направлению подготовки бакалавров, магистров 010700 "Физика" и специальности 010701 "Физика" / В. Гуртов .— 2-е изд., доп. — М. : Техносфера, 2007 .— 406 с. : ил. — (Мир электроники) .— Библиогр.: с.401-404 .— Предм. указ. : с.405-406.</i>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1.	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: https://urait.ru/bcode/410906 (дата обращения: 10.09.2020).

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

№ п/п	Ресурс
1.	<i>Физика, химия, математика студентам и школьникам Образовательный проект А.Н. Варгина Свободный доступ для скачивания Раздел Полупроводники http://www.ph4s.ru/book_ph_poluprovodnik.html</i>
2.	<i>https://edu.vsu.ru □ Образовательный портал "Электронный университет ВГУ"</i>

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

№ п/п	Источник
-------	----------

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

№ п/п	Источник
1	https://edu.vsu.ru – Образовательный портал "Электронный университет ВГУ"

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Оборудование лабораторий Центра коллективного пользования научным оборудованием Воронежского университета, оборудования Совместной лаборатории Физики наногетроструктур и полупроводниковых материалов.

Измерительные устройства:

- модульный учебный комплекс «Физика твердого тела»

-автоматизированный лабораторный стенд для исследования полупроводниковых структур методом вольт-фарадных характеристик ФЭ-ВФ

-автоматизированный лабораторный стенд для исследования полупроводников методом эффекта Холла ФЭ-ЭХ

Лаборатория по измерению параметров структур должна снабжена стандартным набором измерительного оборудования: генераторы, осциллографы, усилители, вольтметры, амперметры, источники питания, компьютеры.

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)
ОК-3	Знать: описание и технические характеристики аналитических приборов, используемых для анализа полупроводников и диэлектриков	Лабораторные работы №№1-8	Опрос

	<p>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</p>	Лабораторные работы №№1-8	Опрос
	<p>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 деятельности.</p>	Лабораторные работы №№1-8	Опрос
Промежуточная аттестация			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.
Незачтено	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. Зондовые методы (четырёхзондовый метод; метод Ван дер Пау; метод сопротивления растекания); их использование для контроля удельного сопротивления на-нометровых слоев..
2. 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. \
3. 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
4. Понятие о квантовом эффекте Холла. Оптические методы определения концентрации.
5. Физические основы методов измерения характеристик неравно-весных носителей заряда.
6. Исследование свойств структур МДП.
7. Методы измерения толщин полупроводниковых и диэлектрических слоев в полупроводниковых микро- и наноструктурах.
8. 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.