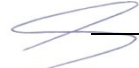


МИНОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИИ ФЕДЕРАЛЬНОЕ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
Физики твердого тела и наноструктур  
 (П.В.Середин)  
31.08.2024г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.О.08 Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники**

**1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**

11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

**2. Профиль подготовки/специализация:**

Интегральная электроника и нанoeлектроника

**3. Квалификация выпускника: магистр**

**4. Форма обучения: очная**

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:**

кафедра физики твердого тела и наноструктур

**6. Составители программы:**

Буйлов Никита Сергеевич, к.ф.-м.н., доцент

**7. Рекомендована:**

НМС физического факультета протокол №6 от 26.06.2024

**8. Учебный год: 2025/2026**

Семестр: третий

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются: приобретение обучающимися является знаний и умений, а также формирование целостного представления о современном состоянии развития и проблемах электроники и нанoeлектроники.

### Задачи учебной дисциплины:

- углубление физического образования и развитие практических навыков в области технологий материалов и приборов твердотельной электроники;
  - знакомство с историей физических открытий, базовыми и фундаментальными открытиями в области физики конденсированного состояния, принципами твердотельной электроники;
  - изучение квантовые основы современной электроники и нанoeлектроники;
  - изучение технологий создания наноструктур;
  - рассмотрение принципов создания и функционирования приборов на основе наноструктур;
  - приобретение навыков анализа, сравнения и оценки базовых направлений развития электроники и нанoeлектроники;
- овладение гносеологическими подходами в анализе научно-технической информации.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП:

Место учебной дисциплины в структуре ОПОП: обязательная часть блока Б1.

## 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
УК-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий	УК-1.1	Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя составляющие компоненты системы и связи между ними	Знать: физическую сущность влияния поверхностных состояний на характеристики устройств микро- и нанoeлектроники; возможности лучевых технологий; преимущества молекулярно-лучевой эпитаксии и эпитаксии из металлоорганических соединений в реализации устройств микро- и нано- электроники; квантовый характер эффекта размерного ограничения при создании устройств; перспективность метода химической сборки для создания наноструктур; свойства низкоразмерного кремния, их приложение в рамках единой кремниевой технологии; проблемы современной электроники больших мощностей; технологические аспекты высокотемпературной полупроводниковой электроники; решения по теплоотводу с помощью современных перспективных материалов; критерии оценки радиационной надежности электронной техники; элементную базу микроволновых систем (инжекционные лазеры, нанолазеры, сверхяркие светодиоды и т. д.);
		УК-1.2	Определяет на основе системного и критического анализа проблемной ситуации пути её устранения	
		УК-1.3	Содержательно аргументирует и разрабатывает стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного	
ОПК-2	Способен применять современные методы исследования, представлять и аргументировано защищать результаты выполненной работы	ОПК-2.1	Применяет современные методы научного анализа, проведения исследований и представления результатов исследований.	

				<p>принципы осуществления спутниковой, мобильной и сотовой связи;</p> <p>перспективные направления электроники.</p> <p>Уметь:</p> <p>оценивать состояние различных направлений развития электроники;</p> <p>видеть диалектическую преемственность микро- и нанoeлектроники;</p> <p>видеть перспективу в развитии различных направлений электроники;</p> <p>использовать современные информационные и компьютерные технологии для оценки количественных и качественных показателей состояния поверхности твердого тела и прогноза характеристик твердого тела;</p> <p>использовать справочные данные по электрофизическим параметрам материалов микро- и нанoeлектроники;</p> <p>строить физическую модель поверхности;</p> <p>измерять поверхностный потенциал;</p> <p>самостоятельно приобретать новые знания;</p> <p>нейтрализовать продукты химических реакций после подготовки поверхности к измерениям и последующим технологическим операциям; моделировать наноструктуры с использованием отечественного и зарубежного опыта; формулировать задачи исследования на этапе экспериментального создания твердотельной среды с требуемыми свойствами; разрабатывать технологический алгоритм формирования твердотельной среды для получения электронного устройства;</p> <p>решать экологические задачи при создании наноразмерных сред; приобретать навыки работы в творческом коллективе; отстаивать публично свою точку зрения;</p> <p>готовить материалы к докладам и публикациям.</p>
--	--	--	--	---

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

Форма промежуточной аттестации экзамен

### 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость			
		Всего	По семестрам		
			3 семестр		
Контактная работа		34	34		
в том числе:	лекции	34	34		
	практические	–	–		
	лабораторные	–	–		
Самостоятельная работа		38	38		
Промежуточная аттестация		36	36		
Итого:		144	144		

## Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Раздел 1	Современное состояние и тенденции развития электроники и нанoeлектроники.	—
1.2	Раздел 2	Современные технологии в электронике и нанoeлектронике. Магнетронное распыление. Механизмы эпитаксиального роста структур. Ионно-плазменные технологии и молекулярно-лучевая эпитаксия.	—
1.3	Раздел 3	Ионное легирование полупроводников	—
1.4	Раздел 4	Современная литография. Рентгенолитография, элетронолитография, нанолитография. Зондовые нанотехнологии.	—
1.5	Раздел 5	Квантоворазмерные эффекты. Виды низкоразмерных объектов. Сверхрешетки, квантовые точки. Распределение плотности состояний в двумерных системах.	—
1.6	Раздел 6	Оптические свойства наноструктур.	—
1.7	Раздел 7	Фотоэлектрические преобразователи с квантовыми точками. Лазеры на квантовых точках.	—
1.8	Раздел 8	Технология аморфного, поликремния и поликремния легированного кислородом для электроники.	—
1.9	Раздел 9	Пористый кремний и оксид кремния в электронике.	—
1.10	Раздел 10	Методы анализа наноструктур и наноматериалов.	—
1.11	Раздел 11	Углеродные кластеры, графен, нанотрубки и их применение в нанoeлектронике.	—
1.12	Раздел 12	Материалы для высокотемпературной полупроводниковой электроники: SiC, AlN, TiC, BC.	—

### Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1.	Раздел 1	2			2	4
2.	Раздел 2	4			4	8
3.	Раздел 3	4			4	8
4.	Раздел 4	4			4	8
5.	Раздел 5	4			6	10
6.	Раздел 6	2			2	4
7.	Раздел 7	2			2	4
8.	Раздел 8	4			6	10
9.	Раздел 9	2			2	4
10.	Раздел 10	2			2	4
11.	Раздел 11	2			2	4
12.	Раздел 12	2			2	4
	Итого:	34			38	72

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

Изучение дисциплины «Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники» 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; 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 понятое 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 знакомое, 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).

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины «Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники» включает в себя: подготовку и участие в изучении теоретической части курса, выполнение лабораторных и курсовых работ, подбор, изучение, анализ и конспектирование рекомендованной литературы, подготовку к зачету.

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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники : учебное пособие / А.С. Пащенко; Южно-Российский государственный политехнический университет имени М.И. Платова, 2017. — 90 с.
2.	Игнатов, А. Н. Нанoeлектроника. Состояние и перспективы развития : учебное пособие / А. Н. Игнатов. — 2-е изд. — Москва : ФЛИНТА, 2017. — 360 с. — ISBN 978-5-9765-1619-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/106861">https://e.lanbook.com/book/106861</a> (дата обращения: 24.12.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3.	Пломодьяло, Р. Л. Нанотехнологии. Получение, методы контроля и международная стандартизация наноматериалов : учебное пособие / Р. Л. Пломодьяло. — Краснодар : КубГТУ, 2018. — 135 с. — ISBN 978-5-8333-0787-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/151171">https://e.lanbook.com/book/151171</a> (дата обращения: 25.12.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4.	История и методология науки и техники в области нанoeлектроники: Краткий курс лекций и материалы к семинарским занятиям и самостоятельной работе студентов/ В.Н. Лозовский; Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова. — Новочеркасск: ЮРГПУ(НПИ), 2017. — 130 с.
5.	<a href="#">Шалимова К.В.</a> Физика полупроводников : учебник / К.В. Шалимова .— Изд. 4-е, стер. — СПб. [и др.] : Лань, 2010 .— 390, [1] с. : ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература) // Издательство «Лань» : Электронно-библиотечная система. — URL : <a href="http://e.lanbook.com">http://e.lanbook.com</a>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1.	<a href="#">Фистуль, В. И.</a> Введение в физику полупроводников : учебное пособие для студ. вузов, обуч. по спец. "Полупроводники и диэлектрики" и "Технология специальных материалов электронной техники" / В.И. Фистуль .— 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Высшая школа, 1984 .— 351, [1] с.
2.	<a href="#">Ю, Питер.</a> Основы физики полупроводников / Питер Ю, Мануэль Кардона ; Пер. И.И. Решниной; Под ред. Б.П. Захарченя .— 3-е изд. — М. : Физматлит, 2002 .— 560 с.
3.	Нанотехнологии в электронике/ под ред. Гл. подр. РАН Ю.А. Чайльчина: С.: Техносфера, 2016 -480с.

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

№ п/п	Ресурс
1.	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ





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

№ п/п	Источник
1.	Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники [Электронный ресурс] : курс лекций / Г. Н. Шелованова. – Электрон. дан. (6 Мб). – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – (Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники : УМКД № 1524/1092–2008 / рук. творч. кол- лектива Г. Н. Шелованова). – 1 электрон. оп. диск (DVD). – Систем. требова- ния : Intel Pentium (или аналогичный процессор других производителей) 1 ГГц ; 512 Мб оперативной памяти ; 50 Мб свободного дискового пространства ; при- вод DVD ; операционная система Microsoft Windows XP SP 2 / Vista (32 бит) ; Adobe Reader 7.0 (или аналогичный продукт для чтения файлов формата pdf). ISBN 978-5-7638-1686-0 (комплекса) ISBN 978-5-7638-1753-9 (курса лекций) Номер гос. регистрации в ФГУП НТЦ
2.	<a href="http://www.lib.vsu.ru">http://www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ
3.	<a href="http://www.edu.ru">http://www.edu.ru</a> – Федеральный портал «Российское образование»
4.	<a href="http://journals.ioffe.ru">http://journals.ioffe.ru</a>

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

При реализации дисциплины используются активные и интерактивные методы и технологии профессионального обучения.

№ п/п	Источник
1.	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ
2.	Федеральный портал «Российское образование» <a href="http://www.edu.ru">http://www.edu.ru</a>

**18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

Лаборатория спецпрактикумов кафедры ФТТИНС (лаб.126): Ноутбук Toshiba Satellite A 200- 1M5, проектор Acer, мультимедийная доска TriumphBord 78” MultiTouch.

**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	УК-1	УК-1.1	Устный опрос
2.	Раздел 2	УК-1	УК-1.2	Устный опрос
3.	Раздел 3	УК-1	УК-1.3	Устный опрос
4.	Раздел 4	УК-1	УК-1.3	Устный опрос
5.	Раздел 5	УК-1	УК-1.1	Устный опрос
6.	Раздел 6	УК-1	УК-1.1	Устный опрос
7.	Раздел 7	ОПК-2	ОПК-2.1	Устный опрос
8.	Раздел 8	ОПК-2	ОПК-2.1	Устный опрос
9.	Раздел 9	УК-1	УК-1.2	Устный опрос
10.	Раздел 10	УК-1	УК-1.3	Устный опрос
11.	Раздел 11	ОПК-2	ОПК-2.1	Устный опрос
12.	Раздел 12	ОПК-2	ОПК-2.1	Устный опрос
Промежуточная аттестация форма контроля - зачет				Комплект КИМ

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

**1. Какой из перечисленных материалов обладает самым низким удельным сопротивлением?**

а) Серебро

- б) Медь
- в) Золото
- г) Кремний

**2.** Какой из перечисленных материалов обладает самым высоким удельным сопротивлением:

- а) Si
- б) SiO<sub>2</sub>
- в) W
- г) Ge

**3.** Расстояние, проходимое свободным носителем заряда между двумя столкновениями с дефектами кристаллической решетки, называется:

- а) длина свободного пробега
- б) время свободного пробега
- в) скорость теплового движения
- г) ширина запрещенной зоны

**4.** Процесс превращения свободного электрона в связанный электрон носит название.

- а) сублимации
- б) адсорбции
- в) генерации
- г) рекомбинации

**5.** Область электроники, включающая создание приборов и устройств на основе твердотельных низкоразмерных структур с характерными топологическими размерами элементов менее 100 нм, называется:

- а) микроэлектроника
- б) миллиэлектроника
- в) наноэлектроника
- г) силовая электроника

**6.** Каким образом на спектре фотолюминесценции сказывается уменьшение размера нанокристаллов кремния от 100 до 1 нм?

- а) спектр люминесценции смещается в длинноволновую область

- б) спектр люминесценции смещается в коротковолновую область
- в) спектр люминесценции не смещается
- г) нанокристаллический кремний не обладает люминесценцией

7. Объект можно назвать наноструктурой (или низкоразмерной структурой) если его линейный размер хотя бы в одном направлении:

- а) <100 нм
- б) <100 мкм
- в) <100 см
- г) <100 мм

8. Структуры, какого размера можно отнести к наноматериалам:

- а)  $10^7 - 10^9$  м;
- б)  $10^3 - 10^5$  м;
- в)  $10^{-9} - 10^{-7}$  м.
- г)  $10^{11} - 10^{12}$  м.

9. Источником рентгеновского излучения служит:

- а) рентгеновская трубка;
- б) осциллограф;
- в) амперметр;
- г) вольтметр.

10. Какие методы используются для диагностики наноматериалов?

- а) Сканирующая электронная микроскопия;
- б) Рентгеновская дифракция;
- в) Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия;
- г) все перечисленные методы.

11. Рентгеновская дифракция позволяет ...

- а) определить качественный состав неизвестного материала;
- б) определить количественное содержание отдельных фаз в материале известного качественного состава;
- в) определить параметры кристаллической решётки;
- г) все перечисленные варианты.

12. Глубина анализа при исследовании методом рентгеновской дифракции составляет:

- а) порядка  $10^6$  м;
- б) порядка  $10^{-6}$  м ;
- в) порядка  $10^{-12}$  м;

г) порядка  $10^{12}$  м.

## Задачи

**13.** Изобразите принципиальную электрическую схему двухзондового метода. Приведите рабочую формулу оценки удельного сопротивления полупроводника двухзондовым методом. Опишите требования, предъявляемые к форме образцов, в случае проведения измерений двухзондовым методом.

**14.** Изобразите принципиальную электрическую схему четырехзондового метода. Приведите рабочую формулу оценки удельного сопротивления полупроводника четырехзондовым методом. Опишите требования, предъявляемые к форме образцов, в случае проведения измерений четырехзондовым методом.

**15.** Одинакова ли эффективность экспонирования резиста ионами и электронами в одном и том же энергетическом диапазоне (50-100 кэВ)?

**16.** В чем заключается основной недостаток литографии сканирующими зондами?

Для текущего контроля успеваемости используется устный опрос, отчеты о ходе выполнения лабораторных работ, на основе которых выставляется предварительная оценка отлично/хорошо/удовлетворительно/неудовлетворительно.

Критерии оценивания компетенций	Уровень	Шкала
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 тестов решения практических задач при выполнении лабораторных работ	Повышенный уровень	Отлично
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), допускает незначительные ошибки при выполнении тестов и лабораторных задач	Базовый уровень	Хорошо
Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен проходить тестирование и выполнять лабораторные задания	Пороговый уровень	Удовлетворительно
Неудовлетворительное выполнение тестовых заданий. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки при выполнении практических задач лабораторных работ	—	Неудовлетворительно

## Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

### Комплект КИМ

#### Контрольно-измерительный материал № 1

1. Современное состояние и тенденции развития электроники и нанoeлектроники.
2. Гетеролазеры и их применение.

#### Контрольно-измерительный материал № 2

1. Основные идеи микроэлектроники и нанoeлектроники, функциональной электроники.
2. Опишите принцип работы атомно-силового микроскопа.

#### Контрольно-измерительный материал № 3

1. Молекулярно-лучевая эпитаксия.
2. Нанонаука: нанотехнологии, наноинженерия.

#### Контрольно-измерительный материал № 4

1. Ионно-лучевые технологии.
2. Приборы на основе SiC.

#### Контрольно-измерительный материал № 5

1. Рентгенолитография, элетронолитография, нанолитография.
2. Свойства карбида кремния.

#### Контрольно-измерительный материал № 6

1. Ионное легирование полупроводников.
2. Материалы для высокотемпературной полупроводниковой электроники: SiC, AlN, TiC, BC

#### Контрольно-измерительный материал № 7

1. Опишите принцип работы растрового электронного микроскопа.
2. Инструментальные методы нанотехнологии.

#### Контрольно-измерительный материал № 8

1. Опишите принцип работы атомно-силового микроскопа.
2. Квантово-размерные эффекты. Сверхрешетки, квантовые точки.

# ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Направление: 11.04.04 Электроника и наноэлектроника

Дисциплина: Б1.О.08 Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники

Профиль подготовки: Интегральная электроника и наноэлектроника

Форма обучения: очная

Учебный год: 2024-2025

Ответственный исполнитель -

<u>Зав.кафедрой ФТТиНС</u> должность, подразделение	_____	<u>(П.В. Середин)</u> расшифровка подписи	26.06.2024
--	-------	--	------------

Исполнители:

<u>Профессор каф. ФТТиНС</u> должность, подразделение	_____	<u>(В.А. Терехов)</u> расшифровка подписи	26.06.2024
--	-------	--	------------

<u>Доцент каф. ФТТиНС</u> должность, подразделение	_____	<u>(П. В. Середин)</u> расшифровка подписи	26.06.2024
---	-------	---	------------

СОГЛАСОВАНО:

Куратор ООП ВО направления 11.04.04	_____	<u>(Г.В. Быкадорова)</u> расшифровка подписи	26.06.2024
--	-------	---	------------

Зав.отделом обслуживания ЗНБ	_____	<u>(Н.В. Белодедова)</u> расшифровка подписи	26.06.2024
---------------------------------	-------	---	------------

Рекомендована \_\_\_\_\_ НМС физического факультета, протокол № 6 от 26.06.2024  
(наименование факультета, структурного подразделения)