


МИНОБРНАУКИ 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.В.ДВ.02.01 Введение в интегральную электронику и нанoeлектронику**

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

11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

**2. Профиль подготовки/специализация:**

Интегральная электроника и нанoeлектроника

**3. Квалификация выпускника:** бакалавр

**4. Форма обучения:** очная

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

кафедра физики твердого тела и наноструктур

**6. Составители программы:**

Терехов Владимир Андреевич, доктор физико-математических наук, профессор  
Кашкаров Владимир Михайлович, кандидат физико-математических наук, доцент

**7. Рекомендована:**

НМС физического факультета протокол №6 от 26.06.2024

**8. Учебный год:** 2024/2025

**Семестр:** второй

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются: формирование у обучающихся знаний и умений, которые облегчают и улучшают освоение дисциплин «Квантовая механика и статистическая физика», «Твердотельная электроника», «Физические основы электроники». Для лучшего восприятия теоретического материала служат дисциплины «Практикум по полупроводниковым приборам», «Практикум по физике полупроводников».

*Задачи учебной дисциплины:*

- познакомить обучающихся с основными понятиями дисциплин специализации, подготовка обучающихся к освоению дисциплин специализации, формирование целостного восприятия профессионального цикла дисциплин и осознания взаимосвязей между различными дисциплинами;
- знакомство с технологическими основами интегральной электроники, основными понятиями физики полупроводников, основными типами полупроводниковых приборов, этапами проектирования интегральных схем, физических основ нанoeлектроники;
- получить представления об основных технологических процессах изготовления полупроводниковых приборов, принципы работы полупроводниковых приборов и сферы их применения, классификации низкоразмерных объектов;
- выработка навыков анализа ВАХ полупроводниковых приборов;
- получить представления о взаимосвязи дисциплин специализации, о полном цикле изготовления интегральных схем;
- приобрести опыт проектно-конструкторской, научно-исследовательской деятельности.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Место учебной дисциплины в структуре ОПОП: часть, формируемая участниками образовательных отношений, дисциплины по выбору (Б1.В.ДВ.2), блок 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
ПК-1	Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	ПК-1.1	Проводит сравнительный анализ существующих способов реализации цифровых и аналоговых СФ-блоков и на его основе разрабатывает общую архитектуру проектируемых СФ-блоков	Знать: существующие способы реализации цифровых и аналоговых СФ-блоков
				Уметь: проводить сравнительный анализ существующих способов реализации цифровых и аналоговых СФ-блоков и на его основе разрабатывает общую архитектуру проектируемых СФ-блоков
				Владеть: навыками сравнительного анализа существующих способов реализации цифровых и аналоговых СФ-блоков и разработки общей архитектуры проектируемых СФ-блоков
ПК-7	Способен проводить технологические процессы производства материалов и изделий электронной техники	ПК-7.1	Выбирает необходимые параметры технологических процессов производства изделий микроэлектроники	Знать: необходимые параметры технологических процессов производства изделий микроэлектроники
				Уметь: выбирать необходимые параметры

				технологических процессов производства изделий микроэлектроники
				Владеть: навыками подбора необходимых параметров технологических процессов производства изделий микроэлектроники

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час 4/144**

**Форма промежуточной аттестации зачет**

**13. Трудоемкость по видам учебной работы**

Вид учебной работы		Трудоемкость			
		Всего	По семестрам		
			2 семестр		
Контактная работа		66	66		
в том числе:	лекции	34	34		
	практические	16	16		
	лабораторные	16	16		
Самостоятельная работа		78	78		
Промежуточная аттестация		–	–		
Итого:		144	144		

### 13.1. 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	Введение. Этапы и основы развития электроники и нанoeлектроники.	–
1.2	Раздел 2	Полупроводники и их свойства. Полупроводниковые структуры.	–
1.3	Раздел 3	Предпосылки перехода от микро- к нанoeлектронике. Физические основы нанoeлектроники.	–
1.4	Раздел 4	Квантоворазмерные эффекты. Виды низкоразмерных объектов.	–
1.5	Раздел 5	Резонансный туннельный эффект.	–
1.6	Раздел 6	Полупроводниковые сверхрешетки. Некоторые устройства молекулярной электроники.	–
1.7	Раздел 7	Технические средства нанотехнологий. Эпитаксиальные методы получения наноструктур.	–
1.8	Раздел 8	Нанолитография. Зондовые нанотехнологии.	–
<b>2. Практические занятия</b>			
2.1	Семинарские занятия	Углеродные нанотрубки. Перспективы развития нанотехнологий. Экономические и социальные последствия внедрения нанотехнологии.	-
<b>3. Лабораторные занятия</b>			
3.1	Лабораторная работа 1	Исследование поверхностной структуры нанопористого кремния на атомно-силовом микроскопе	–
3.2	Лабораторная работа 2	Исследование поверхностной структуры нанопористого кремния на растровом электронном микроскопе	–

### 13.2. 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			6	8
2.	Раздел 2	4			8	12
3.	Раздел 3	4			8	12
4.	Раздел 4	4	16	8	16	44
5.	Раздел 5	4			8	12
6.	Раздел 6	4			8	12
7.	Раздел 7	6		8	16	30
8.	Раздел 8	6			8	14
	Итого:	34	16	16	78	144

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

Изучение дисциплины «Введение в интегральную электронику и нанoeлектронику» предусматривает осуществление учебной деятельности, состоящей из двух частей: обучения студентов преподавателем и самостоятельной учебной деятельности студентов по изучению дисциплины.

Дисциплина «Введение в интегральную электронику и нанoeлектронику» реализуется с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекции; практические занятия; 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 понятое во время лекции положение 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 неизвестное, 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 «Физические основы электроники» 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.	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.
2.	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.
3.	<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>
4.	Агеев, И. М. Физические основы электроники и нанoeлектроники : учебное пособие / И. М. Агеев. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 324 с. — ISBN 978-5-8114-4081-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/131007">https://e.lanbook.com/book/131007</a> (дата обращения: 07.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5.	Зегря Г.Г. Основы физики полупроводников / Г.Г. Зегря, В.И. Перель. — М.: ФИЗМАТЛИТ , 2009. — 336 с. // Электронно-библиотечная система. — URL : <a href="http://biblioclub.ru">http://biblioclub.ru</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. Решинной; Под ред. Б.П. Захарченя .— 3-е изд. — М. : Физматлит, 2002 .— 560 с.

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
2.	<a href="http://journals.ioffe.ru">http://journals.ioffe.ru</a>
3.	<a href="https://edu.vsu.ru">https://edu.vsu.ru</a> – Образовательный портал "Электронный университет ВГУ"

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

№ п/п	Источник
1.	<a href="http://www.lib.vsu.ru">http://www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ
2.	<a href="http://www.edu.ru">http://www.edu.ru</a> – Федеральный портал «Российское образование»
3.	<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 электронной микроскопии ЦКПНО ВГУ (лаб. 7): растровый электронный микроскоп JEOL JSM-6380LV с микроанализатором Oxford Instruments;

Лаборатория наноскопии и нанотехнологий (лаб. 142): атомно-силовой микроскоп SOLVER P47 PRO

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-1.1	Устный опрос
2.	Раздел 2	ПК-7	ПК-7.1	Устный опрос
3.	Раздел 3	ПК-1	ПК-1.1	Устный опрос
4.	Раздел 4	ПК-7	ПК-7.1	Лаб. раб №1
5.	Раздел 5	ПК-7	ПК-7.1	Устный опрос
6.	Раздел 6	ПК-1	ПК-1.1	Устный опрос
7.	Раздел 7	ПК-7	ПК-7.1	Лаб. раб №2
8.	Раздел 8	ПК-7	ПК-7.1	Устный опрос
Промежуточная аттестация форма контроля - зачет				Комплект КИМ

### 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 – Исследование поверхностной структуры нанопористого кремния на атомно-силовом микроскопе.
- Лабораторная работа 2 – Исследование поверхностной структуры нанопористого кремния на растровом электронном микроскопе.

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 сформированности	Шкала предварительных оценок

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

### Описание технологии проведения.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета – в форме контрольной работы. Критерии оценивания приведены выше.

Результаты текущей аттестации учитываются преподавателем при проведении промежуточной аттестации (зачета).

В условиях применения электронного обучения и дистанционных образовательных технологий все выполняемые задания текущей аттестации (лабораторные работы) обучающиеся вывешивают для проверки в личных кабинетах на портале «Электронный университет ВГУ» – [URL:https://edu.vsu.ru/](https://edu.vsu.ru/).

### 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине (зачет) осуществляется с помощью следующих оценочных средств: теоретических вопросов. В контрольно-измерительный материал включаются два теоретических вопроса. Контрольно-измерительные материалы предназначены для тех обучающихся, которым нет возможности выставить зачет по результатам текущей аттестации в семестре (в связи с ее невыполнением / неудовлетворительным выполнением).

#### Перечень вопросов к зачету

1. Что представляют собой нанотехнологии?
2. Что включает в себя понятие наномасштаб?
3. Основные свойства полупроводниковых материалов.
4. Дайте характеристику наночастицам – квантовым точкам.
5. Дайте характеристику наночастицам – фотонным кристаллам
6. Дайте характеристику аэрогелям и мезопористым материалам.
7. Что представляют собой фуллерены?
8. Что представляют собой нанотрубки?
9. Дайте характеристику неограническим волокнам – вискерам.
10. Дайте характеристику неограническим волокнам – гибким электродам.
11. Технические средства нанотехнологий.
12. Эпитаксиальные методы получения наноструктур.
13. Опишите принцип работы растрового электронного микроскопа.
14. Приведите пример применения РЭМ в исследовании нанообъектов и наноматериалов
15. Опишите принцип работы атомно-силового микроскопа.
16. Приведите пример применения АСМ в исследовании нанообъектов и наноматериалов.
17. Дайте характеристику методам изучения основных физических, химических и молекулярно биологических свойств наноматериалов.
18. Резонансный туннельный эффект.

### Описание технологии проведения

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



В условиях применения электронного обучения и дистанционных образовательных технологий зачет проводится с использованием портала «Электронный университет ВГУ» – Moodle:URL:<http://www.edu.vsu.ru/> – по результатам текущей аттестации в семестре.

Требования к выполнению заданий (шкалы и критерии оценивания).

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие показатели:

1. знание основных свойств полупроводниковых структур и возможности управления ими;
2. навыки диагностики поверхности полупроводниковых материалов нанoeлектроники;
3. умение оценивать пределы перестройки технологии наноструктурированных материалов.
4. умение обеспечивать диагностику морфологии наноматериалов электронной техники;

Для оценивания результатов обучения на зачете используется – «зачтено», «не зачтено».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Студент проявляет знания основных понятий, определений и теорем. По зачетной контрольной работе имеет положительную оценку.	Пороговый уровень	зачтено
Во всех остальных случаях	-	не зачтено

В рамках промежуточной аттестации также могут использоваться средства тестирования, составляющие фонд оценочных средств, приведенные в пункте **20.3** ниже, для оценки уровня сформированности компетенций обучающихся.

### **20.3 Фонд оценочных средств сформированности компетенций студентов, рекомендуемый для проведения диагностических работ:**

**ПК-1** Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования.

**ПК-1.1** Проводит сравнительный анализ существующих способов реализации цифровых и аналоговых СФ-блоков и на его основе разрабатывает общую архитектуру проектируемых СФ-блоков.

**Знать:** существующие способы реализации цифровых и аналоговых СФ-блоков.

**Уметь:** проводить сравнительный анализ существующих способов реализации цифровых и аналоговых СФ-блоков и на его основе разрабатывает общую архитектуру проектируемых СФ-блоков.

**Владеть:** навыками сравнительного анализа существующих способов реализации цифровых и аналоговых СФ-блоков и разработки общей архитектуры проектируемых СФ-блоков.

#### **Перечень заданий для оценки сформированности компетенций**

##### 1. Закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности)

1. 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

2. В наноструктурах размером меньше длины свободного пробега перенос носителей заряда происходит без рассеяния и называется:

- а) гигантским магнитным сопротивлением
- б) квадратичным отклонением
- в) баллистическим транспортом**
- г) постоянной экранирования

3. Перенос частицы через область, ограниченную потенциальным барьером, высота которого больше полной энергии данной частицы называется:

- а) рассеянием
- б) туннелированием**
- в) отражением

г) дифракцией

## 2. Открытые задания (тестовые, повышенный уровень сложности)

1. Дополните предложение. Технологию изготовления многокристалльных модулей, с использованием технологии создания межсоединений переходных отверстий в материале самих полупроводниковых кристаллов (through silicon vias—TSV) можно отнести к технологии \_\_\_\_\_.

**Ответ.** 3D-микрорпусирования или Микросборки, или «Систем в корпусе»

2. Дополните предложение. Технологию изготовления устройств микроэлектроники с применением многоэтажных корпусов (system on package — SoP) с организацией межсоединений с помощью шариковых выводов (или так называемых бампов) можно отнести к технологии \_\_\_\_\_.

**Ответ.** 3D-микрорпусирования или Микросборки, или «Систем в корпусе»

## 3. Открытые задания (мини-кейсы, средний уровень сложности)

1. Дайте определение термину нанотехнология.

**Ответ:** *Нанотехнология* - это совокупность технологий, процессов и методик, основанных на манипуляциях с отдельными атомами и молекулами с целью получения новых материалов, приборов и устройств.

2. По каким основным группам можно классифицировать изделия микроэлектроники, использующие технологии 3D-микрорпусирования и микросборки, или «систем в корпусе»?

**Ответ:** 1) многокристалльные модули с кристаллами, расположенными один на другом (staced dies) и организацией межсоединений проволочными выводами;

2) многоэтажные корпуса (system on package — SoP) с организацией межсоединений с помощью шариковых выводов или так называемых бампов;

3) многокристалльные модули, использующие технологии создания для организации межсоединений переходных отверстий в материале самих полупроводниковых кристаллов (through silicon vias—TSV).

**ПК-7** Способен проводить технологические процессы производства материалов и изделий электронной техники.

**ПК-7.1** Выбирает необходимые параметры технологических процессов производства изделий микроэлектроники.

**Знать:** необходимые параметры технологических процессов производства изделий микроэлектроники.

**Уметь:** выбирать необходимые параметры технологических процессов производства изделий микроэлектроники.

**Владеть:** навыками подбора необходимых параметров технологических процессов производства изделий микроэлектроники.

## **Перечень заданий для оценки сформированности компетенций**

### 1. Закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности)



1. Условное обозначение какого прибора изображено на рисунке?

- а) диод Ганна
- б) полевой транзистор
- в) резонансно-туннельный транзистор
- г) **резонансно-туннельный диод**

2. Относительное изменение электрического сопротивления материала в магнитном поле называется:

- а) **магнитосопротивление**
- б) намагниченность

- в) магнитная проницаемость
- г) магнитная восприимчивость

## 2. Открытые задания (тестовые, повышенный уровень сложности)

1. К какому термину относится данное определение? \_\_\_\_\_ - это совокупность технологий, процессов и методик, основанных на манипуляциях с отдельными атомами и молекулами с целью получения новых материалов, приборов и устройств.

**Ответ:** Нанотехнология

2. Вставьте пропущенное слово. Первый закон \_\_\_\_\_ гласит, что объем пространства, занимаемый транзисторной структурой в чипе, сокращается вдвое примерно каждый год.

**ответ:** Мура

3. Дополните предложение. Коэффициент прохождения  $T(E)$  частицы через границу потенциального барьера определяется как отношение плотности потока в прошедшей волне к плотности потока в \_\_\_\_\_ волне.

**Ответ.** Падающей или первичной или исходной

## 3. Открытые задания (мини-кейсы, средний уровень сложности)

1. Какие физические проблемы возникают при масштабировании геометрических параметров интегральных схем в рамках стратегии «сверху–вниз» (top-down) в область менее 32 нм?

**Ответ:** Масштабирование (скейлинг) геометрических параметров интегральных схем по стратегии «сверху–вниз» (top-down) в область менее 32 нм сталкивается с рядом физических проблем. К ним прежде всего относятся уменьшение подвижности носителей за счет рассеяния на примесях, рост утечки зарядов за счет туннелирования через подзатворный диэлектрик, увеличение тока утечки р–n-переходов с уменьшением глубины их залегания, пробой подзатворного диэлектрика, изменение механизма транспорта зарядов, максимально допустимые напряжения и токи в расчете на единицу объема проводящего вещества, теплоотвод и многое другое. Перечисленные эффекты, которые начинают проявляться при размерах 100 нм и меньше, ограничивают возможность миниатюризации р–n-перехода.

2. Каким соотношением связаны коэффициент туннельной прозрачности потенциального барьера и коэффициент отражения частицы от потенциального барьера?

**Ответ:** Коэффициент прохождения  $T(E)$  частицы через границу потенциального барьера, определяемый как отношение плотности потока в прошедшей волне к плотности потока в падающей волне, связан с коэффициентом отражения  $R(E)$  частицы от потенциального барьера следующим соотношением:

$$R(E) = 1 - T(E) = 1 - \frac{k_2}{k_1} |A^2|$$

, где  $k_1$  и  $k_2$  – волновые векторы падающей и прошедшей волны.

*Комментарий: поскольку мини-кейсы предполагают свободные ответы обучающихся, допускаются иные (верные), помимо указанных ниже, формулировки ответа и фактологические данные.*

### **Критерии и шкалы оценивания заданий ФОС:**

Для оценивания выполнения заданий используется балльная шкала:

1) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):

- 1 балл – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ (полностью или частично неверный)

2) открытые задания (тестовые, повышенный уровень сложности).

- 2 балла – указан верный ответ,
- 0 баллов – указан неверный ответ (полностью или частично неверный)

3) открытые задания (мини-кейсы средний уровень сложности):

- 5 баллов – задание выполнено верно (получен правильный ответ, обоснован (аргументирован) ход выполнения (при необходимости));
- 2 балла – выполнение задания содержит незначительные ошибки, но приведен правильный ход рассуждений, или получен верный ответ, но отсутствует обоснование хода его выполнения (если оно было необходимым), или задание выполнено неполностью, но получены промежуточные (частичные) результаты, отражающие правильность хода выполнения задания, или в случае, если задание состоит из нескольких подзаданий, верно выполнено 50% таких подзаданий;

- 0 баллов – задание не выполнено или выполнено неверно (получен неправильный ответ, ход выполнения ошибочен или содержит грубые ошибки).

При проведении тестирования используется следующая шкала оценки освоения компетенций (% от набранных баллов, в соответствии со шкалой оценивания, приведенной выше):

**Задания раздела 20.3 рекомендуются к использованию при проведении диагностических работ с целью оценки остаточных результатов освоения данной дисциплины (знаний, умений, навыков).**

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Направление: *11.03.04 Электроника и наноэлектроника*

Дисциплина: *Б1.В.ДВ.02.01 Введение в интегральную электронику и наноэлектронику*

Профиль подготовки: *Интегральная электроника и наноэлектроника*

Форма обучения: *очная*

Учебный год: *2023-2024*

---

Ответственный исполнитель -

Зав.кафедрой ФТТиНС  
должность, подразделение

\_\_\_\_\_ *подпись*

(П. В. Середин) 25.05.2023  
*расшифровка подписи*

Исполнители:

Профессор каф. ФТТиНС  
должность, подразделение

\_\_\_\_\_ *подпись*

(В.А. Терехов) 25.05.2023  
*расшифровка подписи*

Доцент каф. ФТТиНС  
должность, подразделение

\_\_\_\_\_ *подпись*

(В. М. Кашкаров) 25.05.2023  
*расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО:

Куратор ООП ВО  
направления 11.04.04

\_\_\_\_\_ *подпись*

(Г.В. Быкадорова) 25.05.2023  
*расшифровка подписи*

Зав.отделом  
обслуживания ЗНБ

\_\_\_\_\_ *подпись*

(Н.В. Белодедова) 25.05.2023  
*расшифровка подписи*

---

Рекомендована НМС физического факультета, протокол № 5 от 25.05.2023  
(наименование факультета, структурного подразделения)