

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе,
качеству образования – первый
проректор



Хагуров Т.А.

2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.02.01 ПОЛУПРОВОДНИКИ И ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ

Направление подготовки 03.04.03 Радиофизика

Направленность Квантовые устройства и радиофотоника

Форма обучения очная

Квалификация магистр

Краснодар 2024

Рабочая программа дисциплины «Полупроводники и полупроводниковые приборы» составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 03.04.03 Радиофизика (профиль) "Квантовые устройства и радиофотоника"

Программу составил:

А.Ф. Скачков, к.т.н, зам. генерального директора АО «Сатурн»


подпись

Утверждена на заседании кафедры оптоэлектроники протокол № 9 от 12.04.2024г

Заведующий кафедрой



Яковенко Н.А.

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета Физико-технический факультет протокол № 5 от 18 апреля 2024 г.

Председатель УМК факультета



Богатов Н.М.

Рецензенты:

Солохненко А.М., начальник научно-производственного комплекса АО «НПК «РИТМ»

Григорьян Л.Р., Генеральный директор ООО НПФ «Мезон»

1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля)

1.1 Цель освоения дисциплины

Основная цель дисциплины – изучение современных полупроводниковых технологий по разработке и созданию новых квантовых устройств.

1.2 Задачи дисциплины

- изучение физических процессов в полупроводниковых структурах;
- изучение современных методов исследований полупроводниковых структур;
- освоение технологий получения полупроводниковых структур;
- изучение методов квалификации полупроводниковых структур.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Полупроводники и полупроводниковые приборы» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 "Дисциплины (модули) по выбору" учебного плана. В соответствии с рабочим учебным планом дисциплина изучается на 1 курсе по очной форме обучения. Вид промежуточной аттестации: экзамен (зачет, экзамен).

Перечень предшествующих дисциплин, необходимых для изучения дисциплины: Экспериментальные методы в квантовой радиофизике; Изучение квантовых свойств конденсированных сред, и последующих дисциплин, для которых данная дисциплина является предшествующей в соответствии с учебным планом: Функциональные материалы радиотоники; Терагерцовая электроника; Квантовые вычисления и связь.

1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование индикатора*	Результаты обучения по дисциплине (<i>знает, умеет, владеет (навыки и/или опыт деятельности)</i>)
ОПК-2 Способен определять сферу внедрения результатов прикладных научных исследований в области своей профессиональной деятельности	
ИОПК-2.1. Умеет внедрять результаты исследований и разработок в соответствии с установленными полномочиями	Знает основные направления научно-технических исследований в области современной полупроводниковой техники
	Уметь планировать экспериментальные исследования в области полупроводниковых приборов и определять инструментарий исследований
	Владеет навыками обработки и анализа экспериментальных исследований в области полупроводниковых приборов и устройств
ПК-2 Способен оптимизировать параметры технологических операций	
ИПК-2.1. Способен использовать знания физики твердого тела в области физики наноразмерных полупроводниковых приборов	Знает базовые постулаты и законы физики твердого тела и физики полупроводников
	Умеет использовать теоретические знания по физике твердого тела и физике полупроводников для моделирования полупроводниковых приборов и устройств
	Владеет методами формирования наноразмерных структур на полупроводниковых подложках для различных областей применения
ИПК-2.2 Способен использовать базовые технологические процессы наноэлектроники и методы физико-технологического моделирования процессов и изделий наноэлектроники	Знать базовые технологические процессы разработки и создания полупроводниковых материалов
	Уметь разрабатывать физико-математические модели в области оценки эффективности полупроводниковых структур
	Владеть инструментальными методами физико-технологического моделирования процессов и изделий микроэлектроники и полупроводниковых структур

Код и наименование индикатора*	Результаты обучения по дисциплине (<i>знает, умеет, владеет (навыки и/или опыт деятельности)</i>)
ПК-4 Способен к организации и проведению экспериментальных работ по отработке и внедрению новых материалов, технологических процессов и оборудования производства изделий микроэлектроники	
ИПК-4.2 Способен определять взаимосвязь параметров и режимов технологических операций с выходными параметрами изделий микроэлектроники	Знает структуру и строение основных электронных и квантовых полупроводниковых устройств и систем
	Умеет определять взаимосвязь параметров и технологических режимов получения электронных компонентов с выходными параметрами изделий микроэлектроники, являющимися базовыми элементами для различных систем.
	Владеет методами оценки взаимосвязи параметров электронных и квантовых полупроводниковых компонентов с выходными параметрами систем различного назначения.
ПК-6 Способен к проведению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ при исследовании самостоятельных тем	
ИПК-6.1 Способен анализировать отечественный и международный опыт в соответствующей области исследований и научно-техническую документацию	Знает основные тенденции отечественного и международного опыта по разработке полупроводниковых приборов, устройств и технологий.
	Умеет анализировать информацию по технологическим приемам и принципам получения эффективных полупроводниковых компонентов.
	Владеет методами оценки эффективности квантовых и электронных систем по областям применения.

Результаты обучения по дисциплине достигаются в рамках осуществления всех видов контактной и самостоятельной работы обучающихся в соответствии с утвержденным учебным планом.

Индикаторы достижения компетенций считаются сформированными при достижении соответствующих им результатов обучения.

2. Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц (108 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице

Виды работ	Всего часов	Форма обучения			
		очная		очно-заочная	заочная
		Х семестр (часы)	Х семестр (часы)	Х семестр (часы)	Х курс (часы)
Контактная работа, в том числе:					
Аудиторные занятия (всего):	36				
занятия лекционного типа	12	12			
лабораторные занятия	24	24			
практические занятия	12	12			
семинарские занятия					
<i>Указываются виды работ в соответствии с учебным планом</i>					
Иная контактная работа:					
Контроль самостоятельной работы (КСР)					
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,3	0,3			
Самостоятельная работа, в том числе:	33	33			
<i>Курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)</i>					
<i>Контрольная работа</i>					

Расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)					
Реферат/эссе (подготовка)					
Самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам и т.д.)		33	33		
Подготовка к текущему контролю					
Контроль:					
Подготовка к экзамену		26,7	26,7		
Общая трудоемкость	час.	108			
	в том числе контактная работа	48,3			
	зач. ед	3			

2.2 Содержание дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы (темы) дисциплины, изучаемые во 2 семестре (1 курс) (очная форма обучения)

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1.	Современные тенденции развития полупроводниковых технологий (область применения ПП приборов).	8	2			6
2.	Современные полупроводниковые материалы, разработанные по различным технологиям: кремниевая технология, сложные полупроводниковые соединения. Их особенности и различия.	9	2	2		5
3.	Способы формирования различных структур в полупроводнике (квантовые ямы, квантовые точки, сверхрешётки, метаморфные структуры) и их особенности.	12	2	4		6
4.	Технология эпитаксиального наращивания полупроводниковых структур	17	2	2	8	5
5.	Основные технологические стадии постростовой обработки полупроводниковых структур	18	2	2	8	6
6.	Методы исследования и контроля полупроводниковых структур. Оценка эффективности полупроводниковых приборов	17	2	2	8	5
	ИТОГО по разделам дисциплины	81	12	12	24	33
	Контроль самостоятельной работы (КСР)					
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0,3				
	Подготовка к текущему контролю	26,7				
	Общая трудоемкость по дисциплине	108				

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины

2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1.	Современные тенденции развития полупроводниковых технологий	Полупроводниковые технологии в области развития микро и наноэлектроники (технологии современных полупроводниковых приборов на основе твёрдых растворов A^3B^5 (на	<i>Устный опрос</i>

	(область применения ПП приборов)	примере НЕМТ-транзисторов и каскадных фотоэлектрических преобразователей)). Полупроводниковые технологии в области квантовых устройств и систем (оптические полупроводниковые технологии и системы (лавинные фотодиоды, однофотонные лавинные фотодиоды и т.д.))	
2.	Современные полупроводниковые материалы, разработанные по различным технологиям: кремниевая технология, германиевая технология, сложные полупроводниковые соединения. Их особенности и различия	Кремниевая технология - особенности и проблемы, области применения. Технология получения двух- трехкомпонентных полупроводниковых соединений. Особенности и перспективы применения таких соединений.	<i>Устный опрос, ЛР</i>
3.	Способы формирования различных структур в полупроводнике (квантовые ямы, квантовые точки, сверхрешетки, метаморфные структуры) и их особенности.	Физические свойства низкоразмерных полупроводниковых структур: сверхрешеток, квантовых ям, нитей, точек. Метаморфные структуры. Оптические свойства. Практическое использование структурированных полупроводников в нанoeлектронике.	<i>РГЗ, ЛР</i>
4.	Эпитаксиальное наращивание полупроводниковых структур	Описание типовых конструкций полупроводниковых гетероструктур и методов их получения. Описание процесса формирования эпитаксиальных слоев методом МОС-гидридной эпитаксии и принципов работы ростового оборудования. Принципы построения калибровочных кривых в процессе разработки новых полупроводниковых структур	<i>РГЗ, ЛР</i>
5.	Основные технологической стадии постростовой обработки полупроводниковых структур	Описание основных технологических методов обработки полупроводниковых гетероструктур на примере изготовления трехкаскадных солнечных элементов GaInP/GaAs/Ge, таких как: фотолитография, электронно-лучевое напыление, термический отжиг и т.д.	<i>Устный опрос, ЛР</i>
6.	Методы исследования полупроводниковых структур и готовых приборов	Описание основных методов исследования полупроводниковых структур на разных стадиях изготовления от процесса эпитаксиального роста до конечного прибора на примере трехкаскадных солнечных элементов GaInP/GaAs/Ge.	<i>Устный опрос, ЛР</i>

2.3.2 Занятия семинарского типа (практические / семинарские занятия/ лабораторные работы)

№	Наименование раздела (темы)	Тематика занятий/работ	Форма текущего контроля
1.	Современные полупроводниковые материалы, разработанные по различным технологиям: кремниевая технология, сложные полупроводниковые соединения. Их особенности и различия	Моделирование процессов распределения физических величин в полупроводниках различного типа (кремниевый кристалл, германиевый, арсенид галлия или GaN). Оценка параметров влияния технологических процессов на выходные параметры полупроводниковой подложки. Построение калибровочных кривых.	РГЗ
2.	Способы формирования различных структур в полупроводнике (квантовые ямы, квантовые точки, сверхрешетки, метаморфные структуры) и их особенности.	Моделирование физических свойств низкоразмерных полупроводниковых структур: сверхрешеток, квантовых ям, нитей, точек. Метаморфные структуры. Построение калибровочных кривых.	РГЗ

3.	Эпитаксиальное наращивание полупроводниковых структур	Изучение технологических основ метода МОС-гидридной эпитаксии и основных узлов установки МОС-гидридной эпитаксии. Проведение процесса наращивания эпитаксиальных гетероструктур и их исследование	ЛР
4.	Основные технологической стадии постростовой обработки полупроводниковых структур	Рассмотрение основных методов обработки полупроводниковых гетероструктур. Изучение технологических основ метода электронно-лучевого вакуумного напыления диэлектрических покрытий. Проведение процесса электронно-лучевого вакуумного напыления диэлектрических покрытий и их исследование	ЛР
5.	Методы исследования полупроводниковых структур и готовых приборов	Рассмотрение основных методов исследования полупроводниковых гетероструктур и готовых приборов на примере трехкаскадных солнечных элементов и шунтирующих диодов. Проведение измерения ВАХ солнечных элементов. Проведение измерения внешнего квантового выхода отдельных каскадов солнечного элемента, проведения измерения спектра отражения от поверхности солнечного элемента, вычисления внутреннего квантового выхода. Выполнение анализа полученных данных.	ЛР

Защита лабораторной работы (ЛР), выполнение курсового проекта (КП), курсовой работы (КР), расчетно-графического задания (РГЗ), написание реферата (Р), эссе (Э), коллоквиум (К), тестирование (Т) и т.д.

2.3.3 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Не предусмотрено

2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	Реферат/эссе (подготовка)	Методические рекомендации по самостоятельной работе студентов, обучающихся по направлениям подготовки 03.03.03 и 03.04.03 Радиофизика. ГОСТ 2.304 и ГОСТ 2.004 по оформлению расчетно-графических работ.
2	Расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)	
3	Самостоятельное изучение разделов, самоподготовка	

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины (модуля)

В ходе изучения дисциплины предусмотрено использование следующих образовательных технологий: лекции, практические занятия, проблемное обучение, модульная технология, подготовка письменных аналитических работ, самостоятельная работа студентов.

Компетентностный подход в рамках преподавания дисциплины реализуется в использовании интерактивных технологий и активных методов (проектных методик, мозгового штурма, разбора конкретных ситуаций, анализа педагогических задач, педагогического эксперимента, иных форм) в сочетании с внеаудиторной работой.

Информационные технологии, применяемые при изучении дисциплины: использование информационных ресурсов, доступных в информационно-телекоммуникационной сети Интернет.

Адаптивные образовательные технологии, применяемые при изучении дисциплины – для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

7. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «название дисциплины».

Оценочные средства включает контрольные материалы для проведения **текущего контроля** в форме *тестовых заданий, доклада-презентации по проблемным вопросам, разноуровневых заданий, ролевой игры, ситуационных задач (указать иное)* и **промежуточной аттестации** в форме *вопросов и заданий (указать иное)* к экзамену (дифференцированному зачету, зачету).

Структура оценочных средств для текущей и промежуточной аттестации

№ п/п	Код и наименование индикатора (в соответствии с п. 1.4)	Результаты обучения (в соответствии с п. 1.4)	Наименование оценочного средства	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация
1	ИОПК-2.1. Умеет внедрять результаты исследований и разработок в соответствии с установленными полномочиями	Знает основные направления научно-технических исследований в области современной полупроводниковой техники	<i>Опрос Лабораторная работа</i>	<i>Вопрос на экзамене 1-3</i>
		Уметь планировать экспериментальные исследования в области полупроводниковых приборов и определять инструментарий исследований	<i>Опрос Лабораторная работа</i>	
		Владет навыками обработки и анализа экспериментальных исследований в области полупроводниковых приборов и устройств	<i>Опрос Лабораторная работа</i>	
2	ИПК-2.1. Способен использовать знания физики твердого тела в области физики наноразмерных полупроводниковых приборов	Знает базовые постулаты и законы физики твердого тела и физики полупроводников	<i>Опрос Лабораторная работа</i>	<i>Вопрос на экзамене 4-8</i>
		Умеет использовать теоретические знания по физике твердого тела и физике полупроводников для моделирования полупроводниковых приборов и устройств	<i>Опрос Лабораторная работа</i>	

		Владеет методами формирования наноразмерных структур на полупроводниковых подложках для различных областей применения		
3	ИПК-2.2 Способен использовать базовые технологические процессы нанoeлектроники и методы физико-технологического моделирования процессов и изделий нанoeлектроники	Знать базовые технологические процессы разработки и создания полупроводниковых материалов	<i>Опрос Лабораторная работа</i>	<i>Вопрос на экзамене 9-11</i>
		Уметь разрабатывать физико-математические модели в области оценки эффективности полупроводниковых структур	<i>Опрос Лабораторная работа</i>	
		Владеть инструментальными методами физико-технологического моделирования процессов и изделий микроэлектроники и полупроводниковых структур	<i>Опрос Лабораторная работа</i>	
4	ИПК-4.2 Способен определять взаимосвязь параметров и режимов технологических операций с выходными параметрами изделий микроэлектроники	Знает структуру и строение основных электронных и квантовых полупроводниковых устройств и систем	<i>Опрос Лабораторная работа</i>	<i>Вопрос на экзамене 12-13</i>
		Умеет определять взаимосвязь параметров и технологических режимов получения электронных компонентов с выходными параметрами изделий микроэлектроники, являющимися базовыми элементами для различных систем.	<i>Опрос Лабораторная работа</i>	
		Владеет методами оценки взаимосвязи параметров электронных и квантовых полупроводниковых компонентов с выходными параметрами систем различного назначения.	<i>Опрос Лабораторная работа</i>	
5	ИПК-6.1 Способен анализировать отечественный и международный опыт в соответствующей области исследований и научно-техническую документацию	Знает основные тенденции отечественного и международного опыта по разработке полупроводниковых приборов, устройств и технологий.	<i>Опрос Лабораторная работа</i>	<i>Вопрос на экзамене 14-16</i>
		Умеет анализировать информацию по технологическим приемам и принципам получения эффективных полупроводниковых компонентов.	<i>Опрос Лабораторная работа</i>	
		Владеет методами оценки эффективности квантовых и электронных систем по областям применения.	<i>Опрос Лабораторная работа</i>	

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
Примерный перечень вопросов и заданий

Темы выступлений к круглому столу

1. *Современные технологии получения полупроводниковых структур.*
2. *Создание архитектуры процессоров.*

3. *Возможности увеличения эффективности работы ФЭПов.*

Графические расчетные работы

1. *Разработка математического редактора для визуализации переноса энергии между донорами и акцепторами в полупроводниковых структурах.*
 2. *Разработка математического редактора для визуализации переноса энергии между донорами и акцепторами в многослойной структуре на примере како-либо матрицы.*
 3. *Разработка редактора по расчету кинетик населенностей системы донорно-акцепторного взаимодействия на примерах конкретных полупроводниковых матриц*
- Зачетно-экзаменационные материалы для промежуточной аттестации (экзамен/зачет)**

Перечень вопросов на экзамен:

1. Полупроводниковые технологии в области развития микро и наноэлектроники (технологии современных полупроводниковых приборов на основе твердых растворов A^3B^5 (на примере НЕМТ-транзисторов и каскадных фотоэлектрических преобразователей)).
2. Полупроводниковые технологии в области квантовых устройств и систем (оптические полупроводниковые технологии и системы (лавинные фотодиоды, однофотонные лавинные фотодиоды и т.д.)).
3. Кремниевая технология - особенности и проблемы, области применения.
4. Технология получения двух- трехкомпонентных полупроводниковых соединений. Особенности и перспективы применения таких соединений.
5. Физические свойства низкоразмерных полупроводниковых структур: сверхрешеток, квантовых ям, нитей, точек. Метаморфные структуры.
6. Оптические свойства. Практическое использование структурированных полупроводников в наноэлектронике.
7. Описание типовых конструкций полупроводниковых гетероструктур и методов их получения.
8. Описание процесса формирования эпитаксиальных слоев методом МОС-гидридной эпитаксии и принципов работы ростового оборудования.
9. Принципы построения калибровочных кривых в процессе разработки новых полупроводниковых структур
10. Описание основных технологических методов обработки полупроводниковых гетероструктур на примере изготовления трехкаскадных солнечных элементов GaInP/GaAs/Ge, таких как: фотолитография.
11. Описание основных технологических методов обработки полупроводниковых гетероструктур на примере изготовления трехкаскадных солнечных элементов GaInP/GaAs/Ge, таких как электронно-лучевое напыление
12. Описание основных технологических методов обработки полупроводниковых гетероструктур на примере изготовления трехкаскадных солнечных элементов GaInP/GaAs/Ge, таких как, термический отжиг.
13. Описание основных методов исследования полупроводниковых структур на разных стадиях изготовления от процесса эпитаксиального роста до конечного прибора на примере трехкаскадных солнечных элементов GaInP/GaAs/Ge.

Критерии оценивания результатов обучения

Оценка	Критерии оценивания по экзамену
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

5. Перечень учебной литературы, информационных ресурсов и технологий

5.1. Учебная литература

1. Шалимова К.В. Физика полупроводников. М.: Энергоатомиздат. – 1985. – 392 с.
2. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы. Изд. – 2-е, переработанное и дополненное. – 1990.- 688с.

3. Величко Д.В., Рубанов В.Г. Полупроводниковые приборы и устройства: Учеб. пособие. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2006. – 184 с.

5.2. Периодическая литература

Указываются печатные периодические издания из «Перечня печатных периодических изданий, хранящихся в фонде Научной библиотеки КубГУ» <https://www.kubsu.ru/ru/node/15554>, и/или электронные периодические издания, с указанием адреса сайта электронной версии журнала, из баз данных, доступ к которым имеет КубГУ:

1. Базы данных компании «Ист Вью» <http://dlib.eastview.com>
2. Электронная библиотека GREBENNIKON.RU <https://grebennikon.ru/>

5.3. Интернет-ресурсы, в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Электронно-библиотечные системы (ЭБС):

1. ЭБС «ЮРАЙТ» <https://urait.ru/>
2. ЭБС «УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН» www.biblioclub.ru
3. ЭБС «BOOK.ru» <https://www.book.ru>
4. ЭБС «ZNIANIUM.COM» www.znaniium.com
5. ЭБС «ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com>

Профессиональные базы данных:

1. Web of Science (WoS) <http://webofscience.com/>
2. Scopus <http://www.scopus.com/>
3. ScienceDirect www.sciencedirect.com
4. Журналы издательства Wiley <https://onlinelibrary.wiley.com/>
5. Научная электронная библиотека (НЭБ) <http://www.elibrary.ru/>
6. Полнотекстовые архивы ведущих западных научных журналов на Российской платформе научных журналов НЭИКОН <http://archive.neicon.ru>
7. Национальная электронная библиотека (доступ к Электронной библиотеке диссертаций Российской государственной библиотеки (РГБ) <https://rusneb.ru/>
8. Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина <https://www.prlib.ru/>
9. Электронная коллекция Оксфордского Российского Фонда <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kubanstate/home.action>
10. Springer Journals <https://link.springer.com/>
11. Nature Journals <https://www.nature.com/siteindex/index.html>
12. Springer Nature Protocols and Methods <https://experiments.springernature.com/sources/springer-protocols>
13. Springer Materials <http://materials.springer.com/>
14. zbMath <https://zbmath.org/>
15. Nano Database <https://nano.nature.com/>
16. Springer eBooks: <https://link.springer.com/>
17. "Лекториум ТВ" <http://www.lektorium.tv/>
18. Университетская информационная система РОССИЯ <http://uisrussia.msu.ru>

Информационные справочные системы:

1. Консультант Плюс - справочная правовая система (доступ по локальной сети с компьютеров библиотеки)

Ресурсы свободного доступа:

1. Американская патентная база данных <http://www.uspto.gov/patft/>
2. Полные тексты канадских диссертаций <http://www.nlc-bnc.ca/thesescanada/>
3. КиберЛенинка (<http://cyberleninka.ru/>);

4. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации <https://www.minobrnauki.gov.ru/>;
5. Федеральный портал "Российское образование" <http://www.edu.ru/>;
6. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru/>;
7. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов <http://school-collection.edu.ru/> .
8. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (<http://fcior.edu.ru/>);
9. Проект Государственного института русского языка имени А.С. Пушкина "Образование на русском" <https://pushkininstitute.ru/>;
10. Справочно-информационный портал "Русский язык" <http://gramota.ru/>;
11. Служба тематических толковых словарей <http://www.glossary.ru/>;
12. Словари и энциклопедии <http://dic.academic.ru/>;
13. Образовательный портал "Учеба" <http://www.ucheba.com/>;
14. Законопроект "Об образовании в Российской Федерации". Вопросы и ответы http://xn--273--84d1f.xn--p1ai/voprosy_i_otvety

Собственные электронные образовательные и информационные ресурсы

КубГУ:

1. Среда модульного динамического обучения <http://moodle.kubsu.ru>
2. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций <http://mschool.kubsu.ru/>
3. Библиотека информационных ресурсов кафедры информационных образовательных технологий <http://mschool.kubsu.ru;>
4. Электронный архив документов КубГУ <http://docspace.kubsu.ru/>

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

7. Материально-техническое обеспечение по дисциплине (модулю)

Наименование специальных помещений	Оснащенность специальных помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, ауд. 211.	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	MS 365, Red 7, Мой Офис
Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, ауд. 133С, 217С	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер. Компьютерный класс.	MS 365, Red 7, Мой Офис
Учебные аудитории для проведения лабораторных работ. Лаборатории НОЦ «Оптические и электронные компоненты» (ауд. 119С, 122С, 123С, 131С)	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер Оборудование:	Две технологические лаборатории с лабораторной и промышленной установками по росту монокристаллов методом Чохральского: (Кристалл 603).

		Лаборатория по исследованию контроля качества интегральных схем, укомплектованная терагерцовым спектрометром Tera K15 для анализа целостности и качества поверхности исследуемых образцов. Спектрально-измерительный комплекс в спектральном диапазоне от 150 до 20000 нм, состоящий из монохроматора MSDD 1000 с комплектом приемников и излучателей на указанный спектральный диапазон. Квантовые генераторы: YAG:Nd (средняя энергия в импульсе 200мДж, длительность импульса 15 нс), YLF:Nd (средняя энергия в импульсе 300мкДж, длительность импульса 10 нс), полупроводниковый лазер мощностью 10кВт с длиной волны генерации 980 нм, титан-сапфировый лазер, мало-мощный полупроводниковый лазер с длиной волны генерации 980 нм.
Учебные аудитории для курсового проектирования (выполнения курсовых работ)	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер Оборудование:	

Для самостоятельной работы обучающихся предусмотрены помещения, укомплектованные специализированной мебелью, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Наименование помещений для самостоятельной работы обучающихся	Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся	Перечень лицензионного программного обеспечения
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (читальный зал Научной библиотеки)	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	MS 365
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ауд.208С)	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в	MS 365

	электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	
--	--	--