

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(Физический факультет)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Технология полупроводниковых материалов

Кафедра физической электроники

Образовательная программа бакалавриата

03.03.02- Физика

Направленность (профиль) программы:

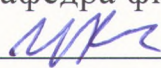
Фундаментальная физика

Форма обучения: *очная*

Статус дисциплины: *по выбору*

Махачкала, 2022 год

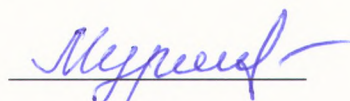
✓
Рабочая программа дисциплины Технология полупроводников материалов составлена в 2022 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО – *бакалавриат* по направлению подготовки 03.03.02 – Физика, от «07» 08 2020 г. №891.

Разработчик: кафедра физической электроники, Исмаилов А.М.,
к.ф.-м.н., доцент 

Рабочая программа дисциплины одобрена: на заседании кафедры физической электроники от «3» марта 2022 г., протокол № 4

Зав. кафедрой  Ашурбеков Н.А.

на заседании Методической комиссии физического факультета от «23» марта 2022 г., протокол №7.

Председатель  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением «31» марта 2022 г.

Начальник УМУ  Гасангаджиева А.Г.

Аннотация рабочей программы дисциплины «Технология полупроводниковых материалов»

Дисциплина «Технология полупроводниковых материалов» является дисциплиной по выбору часть образовательной программы бакалавриат по направлению 03.03.02– Физика, профилю подготовки «Фундаментальная физика».

Дисциплина реализуется на физическом факультете, кафедрой физической электроники.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных со строением и свойствами твердых тел (кристаллических и аморфных) и происходящих в них физических явлениях. Дисциплина направлена на формирование следующих компетенций выпускника: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач (УК-1). Способен применять базовые знания в области физико- математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности (ОПК-1). Способен проводить работы по обработке и анализу научно-технической информации, проводить эксперименты и оформлять результаты (ПК-8). Способен понимать теорию и методы исследования физики конденсированного состояния вещества (ПК-11). Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, практические занятия, самостоятельная работа. Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости: контрольные работы, устный опрос, защита рефератов, итоговый контроль в форме зачета. Объем дисциплины - 2 зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий 72 ч.

Семестр	Учебные занятия							Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)	
	в том числе:								
	всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем					СРС, в том числе экзамен		
		всего	из них						
	Лекции		Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации			
6	72	56	28		28	-		16	зачет

1. Цели и задачи дисциплины.

Целью освоения дисциплины является: - ознакомление студентов с классификацией полупроводниковых материалов и их основными электрофизическими свойствами; - освоение студентами того факта, что целенаправленным изменением дефектной структуры полупроводников можно управлять их электрофизическими свойствами с целью получения материалов с необходимыми свойствами;

- ознакомление студентов с основными технологическими методами получения объемных кристаллов, тонких пленок, наноструктур полупроводниковых материалов. Основными задачами дисциплины являются: - формирование у студентов необходимых знаний основных законов, определяющих электрофизические свойства полупроводникового материала с различным структурным совершенством (кристалл, поликристалл, текстура, аморфное состояние);

- ознакомление студентов с основными подходами в области технологии изготовления полупроводниковых материалов в виде монокристаллов, тонких пленок и наноструктур; - обобщение знаний студентов для целенаправленного их использования при создании элементов, приборов и устройств на базе полупроводниковых материалов;

- формирование знаний студентов в области современных тенденций развития полупроводникового материаловедения. Прогресс различных областей электроники и электротехники неразрывно связан с прогрессом в получении различных новых материалов, в том числе полупроводниковых материалов и структур и в изготовлении на их основе новых полупроводниковых приборов и интегральных схем. В данном спецкурсе «Полупроводниковые материалы» рассмотрены основные технологические процессы изготовления полупроводниковых материалов и структур, такие как выращивание и очистка полупроводников, легирование, получение полупроводниковых монокристаллов, тонких пленок и наноструктур. Получение студентами знания и умения при изучении данного курса необходимы при выполнении курсовых и квалификационных работ.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата.

Дисциплина «Технология полупроводниковых материалов» является дисциплиной по выбору часть образовательной программы бакалавриат по направлению 03.03.02– Физика, профилю подготовки «Фундаментальная физика».

Данная дисциплина призвана выработать профессиональные навыки, связанные со способностью использовать теоретические знания в области полупроводниковой техники и технологии, материаловедения, квантовой электроники, микроэлектроники. Студенты, изучающие данную дисциплину, должны иметь базовые знания по: курсу общей физики, спецкурсам «Физика полупроводников», «Физика твердого тела», «Основы кристаллографии». Дисциплины, для

которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее: «Физика полупроводников», «Физика кристаллизации», «Физические основы микроэлектроники», «Контактные явления», «Наноэлектроника», «Методы исследования параметров полупроводников». Общая трудоемкость дисциплины 2 зачетные единицы (72 академических часа). Формы контроля Промежуточная аттестация – зачет (6 семестр)

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения)

Код и наименование компетенции из ОПОП	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
УК-1 способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	Б-УК-1.1. Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие;	Знает: основные методы критического анализа; методологию системного подхода, принципы научного познания. Умеет: производить анализ явлений и обрабатывать полученные результаты; выявлять проблемные ситуации, используя методы анализа, синтеза и абстрактного мышления; использовать современные теоретические концепции и объяснительные модели при анализе информации Владеет: навыками критического анализа.	Устный опрос, письменный опрос

	Б-УК-1.2. Определяет, интерпретирует и ранжирует информацию, требуемую для решения поставленной задачи;	Знает: систему информационного обеспечения науки и образования; Умеет: осуществлять поиск решений проблемных ситуаций на основе действий, эксперимента и опыта; выделять экспериментальные данные, дополняющие теорию (принцип дополнительности). Владеет: основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией.	
	Б-УК-1.3. Осуществляет поиск информации для решения поставленной задачи по различным типам запросов;	Знает: методы поиска информации в сети Интернет; правила библиографирования информационных источников; библиометрические и наукометрические методы анализа информационных потоков Умеет: критически анализировать информационные источники, научные тексты; получать требуемую информацию из различных типов источников, включая	

		Интернет и зарубежную литературу. Владеет: методами классификации и оценки информационных ресурсов	
	Б-УК-1.4. При обработке информации отличает факты от мнений, интерпретаций, оценок, формирует собственные мнения и суждения, аргументирует свои выводы и точку зрения, в том числе с применением философского понятийного аппарата.	Знает: базовые и профессионально-профилированные основы философии, логики, права, экономики и истории; сущность теоретической и экспериментальной интерпретации понятий; сущность операционализации понятий и ее основных составляющих. Умеет: формулировать исследовательские проблемы; логически выстраивать последовательную содержательную аргументацию; выявлять логическую структуру понятий, суждений и умозаключений, определять их вид и логическую корректность. Владеет: методами логического анализа различного рода рассуждений, навыками ведения дискуссии и полемики	
	Б-УК-1.5. Рассматривает и предлагает возможные варианты решения поставленных задач	Знает: требования, предъявляемые к гипотезам научного исследования; виды	

		гипотез (по содержанию, по задачам, по степени разработанности и обоснованности). Умеет: определять в рамках выбранного алгоритма вопросы (задачи), подлежащие дальнейшей разработке и предлагать способы их решения. Владеет: технологиями выхода из проблемных ситуаций, навыками выработки стратегии действий; навыками статистического анализа данных.	
ОПК-1 Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности;	ОПК-1.1. Выявляет и анализирует проблемы, возникающие в ходе профессиональной деятельности, основываясь на современной научной картине мира	Знает: - физико-математический аппарат, необходимый для решения задач профессиональной деятельности - тенденции и перспективы развития современной физики, а также смежных областей науки и техники. Умеет: - выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, анализировать и обрабатывать соответствующую наудотехническую литературу с учетом	Устный опрос, письменный опрос

		зарубежного опыта. Владеет: - навыками находить и критически анализировать информацию, выявлять естественнонаучную сущность проблем.	
	ОПК-1.2. Реализует и совершенствует новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности.	Знает: - основные понятия, идеи, методы, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач физики; - новые методологические подходы к решению задач в области профессиональной деятельности. Умеет: - реализовать и совершенствовать новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности. Владеет: - навыками реализовать и совершенствовать новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности.	
	ОПК-1.3. Проводит качественный и количественный анализ выбранного методов решения выявленной проблемы, при необходимости вносит	Знает: - основы качественного и количественного анализа методов решения выявленной проблемы. Умеет:	

	необходимые коррективы. оптимального результата.	- выбирать метод решения выявленной проблемы, проводить его качественный и количественный анализ, при необходимости вносить необходимые коррективы для достижения Владеет: - навыками проводить качественный и количественный анализ методов решения выявленной проблемы, оценивать эффективность выбранного метода.	
ПК-8 способен проводить работы по обработке и анализу научнотехнической информации, проводить эксперименты и оформлять результаты	ПК-8.1. Способен собирать, обрабатывать, анализировать и обобщать результаты экспериментов и исследований в соответствующей области знаний, проводить эксперименты и наблюдения, составлять отчеты по теме или по результатам проведенных экспериментов	Знает: - методы исследований, проведения, обработки и анализа результатов испытаний и измерений; - критерии выбора методов и методик исследований. Умеет: проводить испытания, измерения и обработку результатов; регистрировать показания приборов; проводить расчёты критически анализировать результаты делать выводы. Владеет: выбором испытательного и измерительного оборудования, необходимого для проведения исследований; выполнением оценки и	Устный опрос, письменный опрос
	ПК-8.2. Способен применять полученные знания на практике для решения профессиональных задач.		

		обработки результатов исследования	
	ПК-8.3. Способен пользоваться современными методами обработки и анализа научно-технической информации и результатов исследований в избранной области профессиональной деятельности	Знает: основы теории фундаментальных разделов физики; основные методы получения и исследования физических явлений, применяемые в отечественной и зарубежной практике; опыт лабораторных работ, требования техники безопасности; методы исследования, правила и условия выполнения работ, технических расчетов, оформления получаемых результатов. Уметь: составлять общий план исследования и детальные планы отдельных стадий, моделировать основные процессы предстоящего исследования; выбирать оптимальные методы исследования; Владеть: навыками выбора экспериментальных и расчетно-теоретических методов решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов	
	ПК-8.4. Способен строить математические модели физических процессов, задавать параметры и проводить моделирование физических задач		

ПК-11 Способен понимать теорию и методы исследования физики конденсированного состояния вещества	ПК-11.1. Базовые теоретические знания по физике конденсированного состояния из фундаментальных разделов общей и теоретической физики;	Знает: типы связей в конденсированных средах, классификацию веществ – металлы полупроводники и диэлектрики; связь структуры и свойств конденсированных сред; диаграммы состояния многоатомных материалов. Умеет: оценивать тип связи в конденсированных средах согласно их классификации – металлы полупроводники и диэлектрики; строить бинарные диаграммы состояния материалов. Владеет: знаниями об энергии взаимодействия между атомами для различных типов связей; знаниями по расшифровке диаграмм состояния многоатомных материалов.	Устный опрос, письменный опрос
	ПК-11.2. Физические основы и природа кристаллических классов и пространственных групп.	Знает: принципы формирования структуры и элементы кристаллофизики: типы кристаллических решеток; сингонии; плотность упаковки элементарных ячеек; виды дефектов в кристаллах; методы дифракционного анализа. Умеет: определять типы кристаллических	

		решеток, направления и плоскости решеток; определять элементы симметрии; плотность упаковки элементарных ячеек; расшифровывать результаты дифракционного анализа. Владеет: знаниями об идеальных и реальных структурах; методами определения направления и плоскости решеток, а так же элементов симметрии; методами оценки плотности упаковки элементарных ячеек; методами дифракционного анализа	
	ПК-11.3. Современные представления о формировании физических свойств конденсированных сред.	Знает: формирование зарядовых возбуждений и их релаксацию; процессы формирования равновесных и транспортных свойств; температурные зависимости механических, электрических, тепловых, магнитных и оптических свойств конденсированных сред; связь структуры с механическими, электрическими, тепловыми, магнитными и оптическими свойствами. Умеет: оценивать параметры зарядовых возбуждений и их релаксации при	

		формировании транспортных свойств; интерпретировать температурные зависимости механических, электрических, тепловых, магнитных и оптических свойств конденсированных сред. Владеет: методами оценки параметров температурных зависимостей механических, электрических, тепловых, магнитных и оптических свойств конденсированных сред по экспериментальным данным; методами теоретической оценки параметров механических, электрических, тепловых, магнитных и оптических свойств; процессов формирования равновесных и транспортных свойств; методами интерпретации связи структуры с механическими, электрическими, тепловыми, магнитными, и оптическими свойствами.	
	ПК-11.4. Особенности свойств в монокристаллических, керамических и наноматериалах	Знает: физику отличительных особенностей формирования свойств в монокристаллических, и микрокристаллических,	

		керамических и нано материалах. Умеет: получать моно- микрокристаллические, керамические и наноматериалы. Владеет: технологиями получения и исследования свойств моно- микрокристаллических, керамических и нано материалов.	
--	--	--	--

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 2 зачетных единиц, 72 академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины по модулям	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости и промежуточно й аттестации
			Лекции	Практические занятия	Лабораторны е занятия	...	Самостоятель ная работа в	
	Модуль 1.							
1.	Введение, предмет и задачи курса. Наука о материалах, полупроводниковое материаловедение. Классификация полупроводниковых материалов.		2	4	-		2	Устный опрос, письменный опрос, и т.д.
2.	Структурное совершенство вещества (монокристалл, поликристалл, текстура, аморфное состояние). Основные электрофизические		4	4			2	письменный опрос

	свойства полупроводников.							
3.	Основы кристаллохимии полупроводников. Управление дефектами в кристаллах.		4	4			2	Устный опрос
4.	Элементарные полупроводники (структура, свойства, применение).		4	2			2	Устный опрос
	<i>Итого по модулю 1:</i>		14	14			8	
Модуль 2.								
1.	Широкозонные полупроводники.		2	4	-		2	Устный опрос, письменный опрос, и т.д.
2.	Технология объемных полупроводниковых материалов.		4	4			2	письменный опрос
3.	Полупроводниковые пленки, наноструктуры.		4	4			2	Устный опрос
4.	Перспективные полупроводниковые материалы.		4	2			2	Устный опрос
	<i>Итого по модулю 2:</i>		14	14			8	
	<i>Итого</i>		28	28			16	<i>Зачет</i>

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине.

Модуль 1.

Тема 1. Предмет и задачи курса. Наука о материалах, полупроводниковое материаловедение. Классификация полупроводниковых материалов (элементарные, оксидные, широкозонные, двойные полупроводниковые вещества, тройные полупроводниковые соединения, четверные полупроводниковые фазы, некристаллические полупроводники). Чистота полупроводниковых материалов и их маркировка. Роль полупроводниковых материалов в развитии элементной базы электроники.

Тема 2. Понятие о кристалле (кристаллическая решетка, кристаллическая структура, базис, элементарная ячейка). Поликристалл, кристаллит, межкристаллитные границы и их влияние на свойства материала. Преимущественная ориентация кристаллитов, текстура. Аморфное состояние вещества (аморфный кремний, металлические стекла). Качественная оценка структурного совершенства вещества по данным электронной и рентгеновской дифракции.

Тема 3. Основные понятия кристаллохимии (атомные и ионные радиусы, координационное число, плотнейшие упаковки частиц в структурах, основные типы кристаллических структур). Классификация дефектов. Линейные и винтовые дислокации, границы зерен. Управление дефектами в кристаллах, зависимость физических свойств от дефектности кристалла (структурно-чувствительные свойства). Квазихимический метод описания дефектов, закон действующих масс. Равновесная концентрация точечных дефектов (термодинамический расчет дефектов по Френкелю и Шоттки).

Тема 4. Элементарные полупроводники (структура, свойства, применение). Получение и основные свойства германия, кремния, арсенида галлия. Теллур (тонкие пленки, наноструктуры) – перспективный материал для газовых сенсоров.

Модуль 2.

Тема 1. Широкозонные полупроводники. Нитриды галлия, алюминия, индия. Технологические аспекты, проблемы выращивания объемных кристаллов). Гетероэпитаксия и подложки (МЛЭ, химическое осаждение из паровой фазы с использованием металлоорганических соединений). Приборы на основе III-нитридов, светодиодное освещение. Карбид кремния, мощные светодиоды. Оксид цинка, проблемы технологии, наноструктуры, применения, перспективы. Перспективные области применения широкозонных материалов и приборов, экстремальная электроника.

Тема 2. Выращивание монокристаллов полупроводников методом Чохральского. Влияние условий выращивания на размеры и качество монокристаллов. Очистка полупроводниковых материалов методом зонной плавки. Легирование полупроводников. Получение объемных кристаллов полупроводников из газовой фазы. Метод химических транспортных реакций.

Тема 3. Полупроводниковые тонкие пленки, определения. Основы теории зародышеобразования. Термодинамические условия гетерогенного зародышеобразования. Основные механизмы роста пленок на подложках (зародышевый механизм роста *Фольмера-Фебера*; послойный механизм роста *Франка- Ван-дер-Мерве*; смешанный механизм роста *СтранскогоКрастакова*). Методы очистки подложек различной природы от органической и неорганической грязи и контроля их степени чистоты. Адгезия пленки к подложке. Метод определения адгезии путем воздействия

ультразвуковых колебаний. Зависимость проводимости тонкой пленки от толщины. Система кремний на изоляторе (КНИ), кремний на сапфире (КНС), технология, свойства, преимущества. Основные методы получения тонких пленок.

Полупроводниковые наноструктуры (квантовая яма, квантовая нить, квантовая точка). Технология получения полупроводниковых наноструктур, свойства, применения.

Тема 4. Перспективные полупроводниковые материалы в различных областях электроники (микроэлектроника, солнечная энергетика, фотоэлектроника, функциональная электроника, экстремальная электроника, светодиодная техника).

Содержание лекционных занятий

Модуль 1.	
Тема 1	<u>Лекция 1.</u> Предмет и задачи курса. Наука о материалах, полупроводниковое материаловедение. Классификация полупроводниковых материалов (элементарные, оксидные, широкозонные, двойные полупроводниковые вещества, тройные полупроводниковые соединения, четверные полупроводниковые фазы, некристаллические полупроводники).
Тема 2	<u>Лекция 2.</u> Понятие о кристалле (кристаллическая решетка, кристаллическая структура, базис, элементарная ячейка). Поликристалл, кристаллит, межкристаллитные границы и их влияние на свойства материала. Преимущественная ориентация кристаллитов, текстура. Аморфное состояние вещества (аморфный кремний, металлические стекла).
Тема 3	<u>Лекция 3.</u> Основные понятия кристаллохимии (атомные и ионные радиусы, координационное число, плотнейшие упаковки частиц в структурах, основные типы кристаллических структур). Классификация дефектов. Линейные и винтовые дислокации, границы зерен. Управление дефектами в кристаллах, зависимость физических свойств от дефектности кристалла (структурно-
	чувствительные свойства).
Тема 4	<u>Лекция 4.</u> Элементарные полупроводники (структура, свойства, применение).
Модуль 2.	

Тема 1.	<u>Лекция 5.</u> Широкозонные полупроводники. Нитриды галлия, алюминия, индия. Технологические аспекты, проблемы выращивания объемных кристаллов). Гетероэпитаксия и подложки (МЛЭ, химическое осаждение из паровой фазы с использованием металлоорганических соединений).
Тема 2.	<u>Лекция 6.</u> Выращивание монокристаллов полупроводников методом Чохральского. Влияние условий выращивания на размеры и качество монокристаллов. Очистка полупроводниковых материалов методом зонной плавки.
Тема 3.	<u>Лекция 7.</u> Полупроводниковые тонкие пленки, определения. Основы теории зародышеобразования. Термодинамические условия гетерогенного зародышеобразования. Основные механизмы роста пленок на подложках (зародышевый механизм роста <i>Фольмера-Фебера</i> ; послойный механизм роста <i>Франка-ван-дер-Мерве</i> ; смешанный механизм роста <i>Странского-Крастанова</i>). Методы очистки подложек различной природы от органической и неорганической грязи и контроля их степени чистоты. Адгезия пленки к подложке. Метод определения адгезии путем воздействия ультразвуковых колебаний. Зависимость проводимости тонкой пленки от толщины. Система кремний на изоляторе (КНИ), кремний на сапфире (КНС), технология, свойства, преимущества. Основные методы получения тонких пленок.
Тема 3.	<u>Лекция 8.</u> Перспективные полупроводниковые материалы в различных областях электроники (микроэлектроника, солнечная энергетика, фотоэлектроника, функциональная электроника, экстремальная электроника, светодиодная техника).

4.3.2. Содержание практических занятий по дисциплине.

Темы практических (семинарских) занятий	
Модуль 1.	
Тема 1	1. Чистота полупроводниковых материалов и их маркировка. 2. Роль полупроводниковых материалов в развитии элементной базы электроники.

Тема 2.	1. Качественная оценка структурного совершенства вещества по данным электронной и рентгеновской дифракции. 2. Экспериментальные дифракционные методы. Посещение лаборатории рентгеноструктурного анализа.
Тема 3.	1. Квазихимический метод описания дефектов, закон действующих масс. 2. Равновесная концентрация точечных дефектов (термодинамический расчет дефектов по Френкелю и Шоттки).
Тема 4.	1. Получение и основные свойства германия, кремния, арсенида галлия. 2. Теллур (тонкие пленки, наноструктуры) – перспективный материал для газовых сенсоров.
Модуль 2.	
Тема 1	1. Приборы на основе III-нитридов, светодиодное освещение. Карбид кремния, мощные светодиоды. 2. Оксид цинка, проблемы технологии, наноструктуры, применения, перспективы. 3. Перспективные области применения широкозонных материалов и приборов, экстремальная электроника.
Тема 2	1. Легирование полупроводников. Получение объемных кристаллов полупроводников из газовой фазы. 2. Метод химических транспортных реакций.
Тема 3	1. Полупроводниковые наноструктуры (квантовая яма, квантовая нить, квантовая точка). 2. Технология получения полупроводниковых наноструктур, свойства, применения.
Тема 4	Обсуждение докладов студентов. 1. Перспективные полупроводниковые материалы в микроэлектронике. 2. Перспективные полупроводниковые материалы солнечной энергетики. 3. Перспективные полупроводниковые материалы функциональная электроника. 4. Перспективные полупроводниковые материалы фотозлектроники. 5. Перспективные полупроводниковые материалы экстремальная электроника. 6. Перспективные полупроводниковые материалы для светодиодной технологии.

5. Образовательные технологии

1. Формы проведения занятий: лекции, практические (семинарские) занятия, контрольные работы, коллоквиумы, зачет.
2. Предусмотрено проведение проблемной лекции с приглашением специалистов из Дагестанского научного центра РАН, занимающихся исследованиями в области физики полупроводников.
3. Лекционные демонстрации: - коллекция природных и искусственных кристаллов (кварц, оксид цинка (гидротермальный метод), монокристаллические пластинки кремния, германия, арсенида галлия, антимонида индия (метод Чохральского), галлийгадолиниевого граната и др.).
4. Посещение лабораторий физического факультета (в конце семинарских занятий, продолжительность 15-30 минут):
 - Научно-исследовательская лаборатория физики тонких пленок (электронограф ЭГ-75 – демонстрация дифракции быстрых электронов на отражение; технологические установки для синтеза кристаллов, слоев и тонких пленок различных веществ (метод термовакuumного напыления, метод магнетронного распыления, метод химических транспортных реакций). - Лаборатория рентгеновской дифракции (порошковый дифрактометр Empyrean Series 2 (PANalytical, Нидерланды) – демонстрация метода порошка).
 - Лаборатория зондовой микроскопии (комплекс Ntegra_Spectra HT-МДТ, Россия – общие принципы работы атомно-силового микроскопа (АСМ) и сканирующего туннельного микроскопа (СТМ)).
 - Лаборатория растровой электронной микроскопии (общее ознакомление с принципом работы растрового электронного микроскопа)
 - Тематические коллекции видеороликов из сети Интернет.
5. По лекционному материалу подготовлено учебное пособие, конспекты лекций в электронной форме и на бумажном носителе, большая часть теоретического материала излагается с применением слайдов (презентаций) в программе PowerPoint. Не всегда удается изложить весь материал на лекциях, поэтому вывод формул, более детальное рассмотрение некоторых вопросов выносятся студентам на самостоятельное изучение. Трудно проводить четкую грань между лекционными и практическими занятиями. Поэтому допускается комбинированные формы проведения занятий, такие как лекционно-практические занятия.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы магистров.

На самостоятельную работу выносятся часть лекционного материала для более полного освоения. Например, вывод формул целесообразно перенести на самостоятельную работу, сэкономив время лекции для охвата вопросов общего характера. Изучать дисциплину рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе учебной дисциплины. При первом чтении следует стремиться к получению общего представления об изучаемых вопросах, а также отметить трудные и неясные моменты. При повторном изучении темы необходимо освоить все теоретические положения, математические зависимости и выводы. Для более эффективного запоминания и усвоения изучаемого материала, полезно иметь рабочую тетрадь (можно использовать лекционный конспект) и заносить в нее формулировки законов и основных понятий, новые незнакомые термины и названия, формулы, уравнения, математические зависимости и их выводы, так как при записи материал значительно лучше усваивается и запоминается. Самостоятельная работа студента:

- ✓ проработка учебного материала (по конспектам лекций, учебной литературе);
- ✓ поиск и обзор научных публикаций и электронных источников по тематике дисциплины;
- ✓ работа с тестами и вопросами для самопроверки;
- ✓ написание рефератов;
 - ✓ изучение теоретического материала при подготовке к практическим занятиям;
 - ✓ итоговое повторение теоретического материала при подготовке к зачету.

Для самостоятельного изучения дисциплины выносятся часть материала по всем темам дисциплины с самоконтролем по контрольным вопросам. Кроме того, для контроля самостоятельной работы на лекционных занятиях предусматриваются экспресс-опросы.

Темы для рефератов.

1. Элементарные полупроводники Si, Ge, структура и физические свойства.
2. Управление дефектами в полупроводниках.
3. Электронная, рентгеновская, нейтронная, ионная дифракция в кристаллах.
4. Использование синхротронного излучения в дифракции кристаллов.
5. Полупроводники со смешанным (ковалентно-ионным) типом химической связи.
6. Кристаллическая структура типа вюрцита.
7. Кристаллохимическая особенность структуры оксида цинка.
8. Широкозонные полупроводники: алмаз, структура, свойства, полупроводники.
9. Перспективные полупроводниковые материалы в микроэлектронике.

10. Перспективные полупроводниковые материалы солнечной энергетики.
11. Перспективные полупроводниковые материалы функциональная электроника.
12. Перспективные полупроводниковые материалы фотоэлектроники.
13. Перспективные полупроводниковые материалы экстремальная электроника.
14. Перспективные полупроводниковые материалы для светодиодной технологии.

Промежуточный контроль.

В течение семестра студенты выполняют:

- ✓ домашние задания, выполнение которых контролируется и при необходимости обсуждается на практических занятиях;
- ✓ промежуточные контрольные работы (в конце модуля).

Итоговый контроль.

Зачет в конце семестра по результатам баллов двух модулей, итоговой тестовой контрольной, защищенного реферата на заданную тему.

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Фонды оценочных средств (контрольные вопросы и типовые задания для практических занятий, зачета; тесты и компьютерные тестирующие программы, примерную тематику рефератов и т.п., а также иные формы контроля, позволяющие оценить степень сформированности компетенций обучающихся) для проведения текущего, промежуточного и итогового контроля успеваемости и промежуточной аттестации имеются на кафедре.

Уровень освоения учебных дисциплин обучающимися определяется следующими оценками: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценки "отлично" заслуживает обучающийся, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умение свободно выполнять практические задания, предусмотренные программой, усвоивший основную литературу и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой.

Оценки "хорошо" заслуживает обучающийся, обнаруживший полное знание учебного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе практические задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе.

Оценки "удовлетворительно" заслуживает обучающийся, обнаруживший знания основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей

работы по профессии, справляющийся с выполнением практических заданий, предусмотренных программой, знакомых с основной литературой, рекомендованной программой.

Оценка "неудовлетворительно" выставляется обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой практических заданий.

7.2. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля – 60 % и промежуточного контроля – 40 %. Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий – 10 баллов,
- участие на практических занятиях - 15 баллов,
- выполнение лабораторных заданий - 15 баллов,
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ - 20 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос - 5 баллов,
- письменная контрольная работа - 15 баллов,
- тестирование - 20 баллов.

8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.

а) основная литература:

1. Таиров Ю.М., Цветков В.Ф. Технология полупроводниковых и диэлектрических материалов: Учебник для вузов. 3-ое изд., стер. – СПб.: Издательство «Лань», 2002, -424 с.
2. Электронно-библиотечная система (ЭБС) IPRbooks (www.iprbookshop.ru). Лицензионный договор № 6984/20 на электронно-библиотечную систему IPRbooks
3. Гуртов, В. А. Твердотельная электроника: Учеб. пособие/ В. А. Гуртов. – Москва, 2005. – 492 с.
4. Шретер Ю.Г., Ребане Ю.Т., Зыков В.А., Сидоров В.Г. Широкозонные полупроводники. – СПб.: Наука, 2001. -125 с.
5. Барыбин А.А., Сидоров В.Г. Физико-технологические основы электроники. – СПб.: Издательство «Лань», 2001. -272 с.

6. Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий. Физикохимические основы технологии микроэлектроники: учебное пособие для вузов / Ю.Д. Чистяков, Ю.П. Райнова. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, Т.1. – 2010. – 392 с.

б) дополнительная литература:

1. Филачев А.М., Таубкин И.И., Тришенков М.А. Современное состояние и магистральные направления развития современной фотоэлектроники. –М.: Физматкнига, 2010. -128 с.
2. Медведев С.А. Введение в технологию полупроводниковых материалов. – М.: «Высшая школа», 1970. -504 с.
3. Журнал «В мире науки», №12, 1986 г. (Тема номера: новые материалы).
4. Актуальные проблемы материаловедения. Пер. с англ. под ред. д-ра физ.мат. наук Гиваргизова Е.И. -М.: «Мир», Вып 1, 1982. – 271 с.
5. Физико-химические свойства полупроводниковых веществ. Справочник. Коллектив авторов. – М.: «Наука», 1978. – 339 с.

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

1. Лицензионное соглашение № 6984/20 на использование адаптированных технологий ЭБС IPRbooks (www.iprbookshop.ru) для лиц с ОВЗ
2. Электронно-библиотечная система (ЭБС) «Университетская библиотека онлайн»: www.biblioclub.ru. Договор об оказании информационных услуг № 131-09/2010
3. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЛАНЬ <https://e.lanbook.com/>. Договор №СЭБ НВ-278 на электронно-библиотечную систему ЛАНЬ
4. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru>. Лицензионное соглашение № 844 от 01.08.2014 г.
5. Национальная электронная библиотека <https://нэб.рф/>. Договор №101/НЭБ/101/НЭБ/1597 о предоставлении доступа к Национальной электронной библиотеке от 1 августа 2016 г.
6. Scopus
Scopus издательства Elsevier B.V. Письмо РФФИ от 19.10.2020 г. № 1189 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию базы данных Scopus издательства Elsevier B.V. в 2022 г. <https://www.scopus.com>

7. Wiley Online Library

Коллекция журналов Freedom Collection издательства Elsevier. Письмо РФФИ от 17.07.2010 г. № 742 о предоставлении лицензионного доступа к электронному ресурсу Freedom Collection издательства Elsevier в 2022 г. <https://onlinelibrary.wiley.com/>

8. Международное издательство Springer Nature

Коллекция журналов, книг и баз данных издательства Springer Nature. Письмо РФФИ от 17.07.2020 г. № 743 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию баз данных издательства Springer Nature в 2022 г. на условиях национальной подписки <https://link.springer.com/>

9. Журналы American Physical Society

Базы данных APS (American Physical Society). Письмо РФФИ от 10.11.2020 г. № 1265 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию баз данных American Physical Society в 2022 г. <http://journals.aps.org/about>

10. Журналы Royal Society of Chemistry

База данных RSC DATABASE издательства Royal Society of Chemistry Письмо РФФИ от 20.10.2020 г. № 1196 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию баз данных Royal Society of Chemistry в 2022 г. <http://pubs.rsc.org/>

11. Журнал Science (AAAS) <http://www.sciencemag.org/>

12. Единое окно <http://window.edu.ru/> (интернет ресурс)

13. Дагестанский региональный ресурсный центр <http://rrc.dgu.ru/>

14. Нэикон <http://archive.neicon.ru/>

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Студент в процессе обучения должен не только освоить учебную программу, но и приобрести навыки самостоятельной работы. Студент должен уметь планировать и выполнять свою работу. Удельный вес самостоятельной работы составляет по времени 30% от всего времени изучаемого цикла. Это отражено в учебных планах и графиках учебного процесса, с которым каждый студент может ознакомиться у преподавателя дисциплины.

Главное в период обучения своей специальности - это научиться методам самостоятельного умственного труда, сознательно развивать свои творческие способности и овладевать навыками творческой работы. Для этого необходимо строго соблюдать дисциплину учебы и поведения.

Каждому студенту следует составлять еженедельный и семестровый планы работы, а также план на каждый рабочий день. С вечера всегда надо распределять работу на завтра. В конце каждого дня целесообразно подводить итог работы: тщательно проверить, все ли выполнено по намеченному плану, не было ли каких-либо отступлений, а если были, по какой причине это произошло. Нужно осуществлять самоконтроль, который является необходимым условием успешной учебы. Если что-то осталось невыполненным, необходимо изыскать время для завершения этой части работы, не уменьшая объема недельного плана.

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практических работах.
Практические занятия	Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины. Конспектирование источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы, работа с текстом. Решение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму и др.

Реферат	Поиск литературы и составление библиографии, использование от 3 до 5 научных работ, изложение мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу; изложение основных аспектов проблемы. Кроме того, приветствуется поиск информации по теме реферата в Интернете, но с обязательной ссылкой на источник, и подразумевается не простая компиляция материала, а самостоятельная, творческая, аналитическая работа, с выражением собственного мнения по рассматриваемой теме и грамотно сделанными выводами и заключением. Ознакомиться со структурой и оформлением реферата.
Подготовка к зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др.

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.

1. Компьютерные и мультимедийное оборудование в ходе изложения лекционного материала (лекции в виде презентаций).
2. Конспекты лекций, справочная литература.
3. Тематические видеоролики из Интернета по технологии полупроводниковых материалов.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

1. При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием.
2. «Научно-исследовательская лаборатория физики тонких пленок». Возможность ознакомления магистров с ростовыми установками по получению тонких пленок, слоев и кристаллов (метод термовакuumного напыления, метод магнетронного распыления, метод химических транспортных реакций).
3. Электронограф ЭГ-75. Демонстрация дифракции электронов. Оценка (качественная) структурного совершенства тонких пленок в виде аморфного состояния вещества, поликристалла, монокристалла, текстуры.

