



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Физический факультет

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ МАТЕРИАЛОВ И ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

Кафедра Инженерная физика

Образовательная программа
11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»

Профили подготовки:
Микроэлектроника и твёрдотельная электроника

Уровень высшего образования:
Бакалавриат

Форма обучения:
Очная

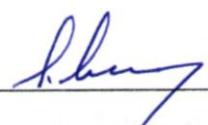
Статус дисциплины:
Вариативная

Махачкала 2021 г

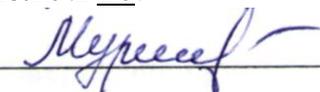
Рабочая программа дисциплины составлена в 2021 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04 - Электроника и нанoeлектроника, профиль подготовки - Микроэлектроника и твердотельная электроника (уровень: бакалавриата) – Приказ Минобрнауки России от 12.03.2015 №218.

Разработчик: кафедра инженерной физики, к.т.н., доц. Шабанов Ш.Ш.

Рабочая программа дисциплины одобрена:
на заседании кафедры Инженерная физика от « 29 » 06. 2021 г., протокол № 10

Зав. кафедрой  Садыков С.А.

на заседании Методической комиссии физического факультета от « 30 » 06. 2021 г., протокол № 10.

Председатель  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим

управлением «9 » 07 2021 г. 
(подпись)

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Физическая химия материалов и процессов электронной техники» входит в вариативную, часть образовательной программы бакалавриата по направлению 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника». Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой Инженерная физика.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с *физико-химическими и термодинамическими процессами* получения различных материалов электронной техники.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: общекультурных - ОК-7, общепрофессиональных - ОПК-5, ОПК-7, профессиональных - ПК-3.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа студентов.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме коллоквиума, контрольной работы и промежуточный контроль в форме зачета, экзамена.

Объем дисциплины 6 зачетных единиц, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Семестр	Учебные занятия							СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференциро- ванный зачет, экзамен)
	в том числе:								
	всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
		всего	из них						
		Лекц ии	Лаборат орные занятия	Практич еские занятия	КСР	консульт ации			
4	244	140	36	104			4	100	зачет, экзамен

1. Цели освоения дисциплины

Цель изучения дисциплины «Физическая химия материалов и процессов электронной техники» состоит в формировании фундаментальных знаний в области физико-химических процессов разработки материалов электронной техники и их применение для решения практических задач в области технологии получения материалов электронной техники.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «Физическая химия материалов и процессов электронной техники» входит в вариативную часть образовательной программы (ФГОС ВО) бакалавриата по направлению 11.03.04 «Электроника и микроэлектроника».

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

Компетенции	Формулировка компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
ОК-7	способностью к самоорганизации и самообразованию;	Знать: <ul style="list-style-type: none">• базовые понятия, используемые в физической химии лежащие в основе технологических процессов и методов, используемых в получении материалов электронной техники;• современные методы научно-исследовательской работы;• принципы работы современного инновационного оборудования, используемого при выполнении лабораторного практикума Уметь: <ul style="list-style-type: none">• организовать научно-исследовательские и научно-производственные работы, проявлять навыки в управлении исследовательским коллективом;• использовать в научных исследованиях информационные справочники и поисковые системы;• формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно-исследовательской деятельности;• выбирать необходимые методы исследования, модифицировать существующие и разрабатывать новые методы исходя из задач конкретного исследования

		<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основами научно-исследовательской работы, методами (инструментарием) научного анализа и научного проектирования в научных исследованиях; • компьютерной техникой и информационными технологиями в учебном процессе и научных исследованиях;
ОПК-5	<p>способностью использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных;</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные теоретические положения и методы кристаллофизики, химической термодинамики, диффузионной кинетики составляющие основу воспроизводимых современных технологий получения материалов и структур микро- и нанoeлектроники; • основные подходы к описанию реальных физических процессов и явлений в материалах электронной техники, как на классическом, так и на квантовом уровне; • современные тенденции развития материаловедения, твердотельной электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий; • методы вычислительной физики и математического моделирования для описания физических процессов и явлений в полупроводниках и диэлектриках. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • использовать (P-T-X) – диаграммы состояния для управления составом и свойствами материалов электронной техники; • создавать и анализировать теоретические модели физическо-химических процессов и явлений в материалах электронной техники; • выбирать методы и средства решения конкретных задач, использовать для их решения физических измерительных приборов и приемов. • анализировать, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию в области современного материаловедения; • самостоятельно изучать и понимать специальную научную и методическую литературу, связанную с проблемами физики полупроводников и диэлектриков,

		<p>физики систем пониженной размерности;</p> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • физико-химическими закономерностями, отражающими взаимосвязь между физическими свойствами, строением, составом, дефектной структурой фаз и термодинамическими и кинетическими условиями процессов их получения;; • методологией теоретических и экспериментальных исследований в области фазового равновесий для выбора условий получения, очистки и легирования материалов; • методами количественного формулирования и решения практических задач по химической термодинамике.
ОПК-7	<p>способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • требования к оформлению результатов выполненной работы; • методы статистической обработки и определения погрешности измерений физических величин; • пакеты программ по графическому представлению результатов выполненной работы. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • описывать, качественно и количественно объяснять результаты выполненной исследовательской работы по физике полупроводников и диэлектриков; • применять методы моделирования физические процессы в полупроводниках и диэлектриках с использованием методов вычислительной физики; • оформлять, представлять и докладывать результаты выполненной работы; • аргументированно защищать результаты выполненной работы <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками оформления полученных данных в виде таблиц, рисунков и т.д. • навыками представления итогов в виде отчетов, оформленных в соответствии с имеющимися требованиями; • навыками подготовки презентаций по результатам выполненной работы.
ПК-3	<p>готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований,</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные направления и тенденции и практические возможности современной физической химии и перспектив её развития;

	<p>представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций;</p>	<ul style="list-style-type: none"> • основные тенденции и проблемы современного материаловедения; • современное состояние исследований нанокристаллического состояния и влияния её на микроструктуру, механические, теплофизические и электрофизические свойства; • технологические возможности перспективных методов получения новых материалов с улучшенными свойствами; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • использовать информационные источники для получения новых знаний о свойствах и области применения материалов электронной техники; • формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития нанотехнологий в материаловедении; • выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач; • формировать план исследования, модифицировать существующие и разрабатывать новые методы, исходя из задач конкретных исследований. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • опытом выявления сути материаловедческих проблем в области физической химии, конкретизации целей и задач исследований объектов; • методами экспериментальных исследований свойств материалов электронной техники на современном инновационном оборудовании; • навыками анализа и обработки результатов исследований на основе теоретических представлений в области физики полупроводников и диэлектриков;
--	--------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Контроль самост. раб.		
Модуль I. Характеристика фазового состояния и структуры материалов электронной техники. Элементы энергетической кристаллохимии.									
1	Понятие фазы. Характеристика дальнего и ближнего порядка. Особенности строения кристаллических, аморфных, жидких мезаморфных фаз, явление полиморфизма, термодинамическая устойчивость фаз.	7		2		6		6	Текущий контроль: 2 коллоквиума и модульные контрольные (3 семестр); 2 коллоквиума и модульные контрольные (4 семестр) Итоговая аттестация: зачет (3 семестр); экзамен (4 семестр)
2	Кристаллографический метод описания внешней формы и внутреннего строения кристаллов. Элементы симметрии кристаллов. Стереографические проекции элементов симметрии и простых форм. Индексирование граней и направлений в кристаллах.	7		2		6		6	
3	Основные типы структур металлов, полупроводников и	7		2		6		6	

	диэлектриков, используемых в микроэлектронике. Дефекты структуры реальных кристаллов. Связь между симметриями кристалла, физических свойств и явлений.							
4	Методы структурного и фазового анализов, основанные на дифракции рентгеновских лучей, электронов и нейтронов. Уравнение дифракции Вульфа-Брегга.	3		2		6		4
5	Современные представления о характере химической связи в твёрдых фазах. Молекулярные и координационные решетки. Химическая связь в структурах типа алмаз и сфалерит. Электроотрицательность. Эффективные заряды атомов в кристаллической решетке соединений	7		2		6		4
6	Расчёт энергетической прочности ионных решеток. Ионные и атомные радиусы. Энергетическая прочность атомных решеток. Энергия атомизации и способы её оценки. Связь между структурными, энергетическими,	7		2		4		6

	механическими и электрофизическими свойствами фаз.							
	<i>Итого по модулю 1:</i>			12		34		32
1. Модуль II. Термодинамический метод описания свойств материалов и процессов их получения. Химические равновесия в технологии получения материалов и структур твёрдотельной электроники.								
7	Первое начало термодинамики. Теплоёмкость. Энтальпия реакции и её зависимость от температуры. Второе начало термодинамики. Энтропия как критерий равновесия и протекания процессов в изолированных системах. Энтропия и термодинамическая вероятность. Статистический характер II начала термодинамики.	7		2		6		6
8	Характеристические функции. Термодинамические потенциалы. Термодинамические критерии направления процессов и условия равновесия в закрытых системах. Химический потенциал. Уравнения состояния для открытых систем. Условия протекания процессов в	7		2		6		6

	открытых системах. Уравнение Гиббса-Дюгема. Понятие активности и летучести.								
9	Термодинамический вывод закона действующих масс. Константы равновесия. Уравнения изотермы химической реакции Вант-Гоффа и использование его для управления физико-химическими процессами в полупроводниковой технологии. Влияние температуры и давления пара на химическое равновесие. Уравнение изохоры и изобары химической реакции. Третье начало термодинамики.	7		2		6		6	
10	Химическая координата (переменная). Зависимость свободной энергии системы от химической координаты. Использование химической переменной для анализа технологических процессов, сопровождающихся одновременным протеканием нескольких химических	7		2		6		4	

	реакций.							
	<i>Итого по модулю 2:</i>			8		24		22
	Модуль III. Фазовые равновесия в полупроводниковой технологии. Термодинамические принципы и методы управления типом и концентрацией точечных дефектов структуры.							
11	Термодинамические критерии равновесия фаз. Правило фаз Гиббса. Уравнения Клаузиуса-Клайперона. Р-Т диаграмма состояния однокомпонентной системы. Диаграммы двухкомпонентных систем. Графический метод определения состава равновесных фаз. Правило рычага.	7		2		6		6
12	Трёхфазные равновесия в бинарных системах на основе полупроводниковых фаз. Использование Р-Т-Х диаграмм состояний для выбора технологических методов и условий получения, очистки и легирования полупроводниковых материалов.	7		2		6		6
13	Термодинамическое обоснование теплового разупорядочения кристаллической решетки. Энтальпия образования дефектов по В. Шоттки и Я.	7		2		6		6

	Френкелю. Конфигурационная энтропия и свободная энергия кристаллов с дефектами. Зависимость концентрации точечных дефектов от температуры.							
14	Механизмы растворимости примесей. Кристаллохимическая характеристика дефектов, связанных с примесями. Взаимодействие примесных и собственных точечных дефектов. Влияние собственных точечных дефектов на механизмы растворимости примесей и их концентрацию.	7		2		6		6
	<i>Итого по модулю 3:</i>			8		24		24
Модуль IV. Кинетика физико-химических процессов в технологии полупроводниковых материалов и структур. Поверхностные явления и адсорбция.								
15	Кинетическая классификация физико-химических процессов по степени их сложности. Молекулярность и порядок реакции. Скорость химических гомогенных и гетерогенных процессов. Энергия активации. Влияние температуры на скорость процесса.	7		2		6		6

	Правило Аррениуса. Кинетика диффузионных процессов в полупроводниковой технологии. Законы Фика.							
16	Кинетика гетерогенных химических процессов в технологии полупроводниковых материалов и композиций. Многостадийность, режимы и лимитирующая стадия гетерогенного химического процесса.	7		2		6		6
17	Физико-химические явления на границе раздела фаз и их роль в технологических процессах микроэлектроники. Свободная и полная поверхностные энергии, поверхностное натяжение. Смачивание, адгезия, капиллярные явления.	7		2		6		6
18	Адсорбция на границе жидкость-газ. Уравнение Гиббса. Адсорбция на поверхностях твёрдых тел. Молекулярная адсорбция, хемисорбция, десорбция. Адсорбция на границе твёрдое	7		2		4		4

	тело- газ. Изотерма адсорбции Лэнгмюра.								
	<i>Итого по модулю 4:</i>			8		22		22	
									ЭКЗАМЕН
	ИТОГО:			36		104		100	

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

Модуль 1

Тема 1. Характеристика фазового состояния и структуры материалов электронной техники.

Понятие фазы. Характеристика дальнего и ближнего порядка. Особенности строения кристаллических, аморфных, жидких мезаморфных фаз, явление полиморфизма, термодинамическая устойчивость фаз.

Кристаллографический метод описания внешней формы и внутреннего строения кристаллов. Элементы симметрии кристаллов. Стереографические проекции элементов симметрии и простых форм. Индицирование граней и направлений в кристаллах.

Основные типы структур металлов, полупроводников и диэлектриков, используемых в микроэлектронике. Дефекты структуры реальных кристаллов. Связь между симметриями кристалла, физических свойств и явлений.

Методы структурного и фазового анализов, основанные на дифракции рентгеновских лучей, электронов и нейтронов. Уравнение дифракции Вульфа-Брегга.

Тема 2. Элементы энергетической кристаллохимии.

Современные представления о характере химической связи в твёрдых фазах. Молекулярные и координационные решетки. Химическая связь в структурах типа алмаз и сфалерит. Электроотрицательность. Эффективные заряды атомов в кристаллической решетке соединений.

Расчёт энергетической прочности ионных решеток. Ионные и атомные радиусы. Энергетическая прочность атомных решеток. Энергия атомизации и способы её оценки. Связь между структурными, энергетическими, механическими и электрофизическими свойствами фаз.

Модуль 2

Тема 3. Термодинамический метод описания свойств материалов и процессов их получения.

Задачи и возможности химической термодинамики применительно к технологическим процессам получения полупроводниковых материалов и структур ЭТ. Термодинамические системы, функции состояния, процессы. Первое начало термодинамики. Теплоёмкость. Энтальпия реакции и её зависимость от температуры.

Второе начало термодинамики. Энтропия как критерий равновесия и протекания процессов в изолированных системах. Энтропия и термодинамическая вероятность. Статистический характер II начала термодинамики.

Характеристические функции. Термодинамические потенциалы. Термодинамические критерии направления процессов и условия равновесия в закрытых системах. Химический

потенциал. Уравнения состояния для открытых систем. Условия протекания процессов в открытых системах. Уравнение Гиббса-Дюгема. Понятие активности и летучести.

Тема 4. Химические равновесия в технологии получения материалов и структур твёрдотельной электроники.

Термодинамический вывод закона действующих масс. Константы равновесия. Уравнения изотермы химической реакции Вант-Гоффа и использование его для управления физико-химическими процессами в полупроводниковой технологии.

Влияние температуры и давления пара на химическое равновесие. Уравнение изохоры и изобары химической реакции. Третье начало термодинамики.

Химическая координата (переменная). Зависимость свободной энергии системы от химической координаты. Использование химической переменной для анализа технологических процессов, сопровождающихся одновременным протеканием нескольких химических реакций.

Модуль 3

Тема 5. Фазовые равновесия в полупроводниковой технологии.

Термодинамические критерии равновесия фаз. Правило фаз Гиббса. Фазовые переходы в однокомпонентных системах. Сублимация кристаллизация полиморфные превращения. Уравнения Клаузиуса-Клапейрона. P-T диаграмма состояния однокомпонентной системы. Фазовые переходы второго рода. Термодинамическая теория переходов второго рода. Определение химического потенциала из концентрационной зависимости свободной энергии Гиббса. Графический метод определения состава равновесных фаз. Правило рычага.

Термодинамическое обоснование основных типов диаграмм состояния с помощью концентрационной зависимости свободной энергии системы. Диаграммы состояния с неограниченной и ограниченной растворимостью компонентов, с эвтектическим и перетектическим превращениями, с химическим соединением. Экспериментальные методы фазового анализа и построения диаграмм состояния.

Идеальные и разбавленные растворы. Состав пара над раствором. Законы Генри, Рауля, Коновалова, P-X диаграммы. Неидеальные растворы. Избыточные термодинамические функции. Коэффициент активности как мера отклонения от идеальности. Термодинамическая классификация растворов. Концепция регулярного раствора, квазихимическое приближение. Параметр взаимодействия. Связь коэффициента активности с параметром взаимодействия.

Трёхфазные равновесия в бинарных системах на основе полупроводниковых фаз. Использование P-T-X диаграмм состояний для выбора технологических методов и условий получения, очистки и легирования полупроводниковых материалов.

Тема 6. Термодинамические принципы и методы управления типом и концентрацией точечных дефектов структуры.

Термодинамическое обоснование теплового разупорядочения кристаллической решетки. Энтальпия образования дефектов по В. Шоттки и Я. Френкелю. Конфигурационная энтропия и свободная энергия кристаллов с дефектами. Зависимость концентрации точечных дефектов от температуры.

Дефекты, связанные с отклонением состава фаз от стехиометрического. Кристаллохимическая характеристика дефектов: структурные позиции, энтальпия образования, зарядовые состояния, эффективный радиус, энергия ионизации.

Квазихимические уравнения образования дефектов в фазах переменного состава при равновесии их с паром. Р-Т-Х диаграммы состояния с соединениями переменного состава. Односторонние и двусторонние фазы. Использование равновесий пар – кристалл для управления типом и концентрацией точечных дефектов в кристаллических фазах и композициях на их основе.

Основные типы точечных дефектов легированных кристаллов. Механизмы растворимости примесей. Кристаллохимическая характеристика дефектов, связанных с примесями. Взаимодействие примесных и собственных точечных дефектов. Влияние собственных точечных дефектов на механизмы растворимости примесей и их концентрацию.

Модуль 4

Тема 7. Кинетика физико-химических процессов в технологии полупроводниковых материалов и структур.

Способы описания неравновесных систем. Стационарные и нестационарные процессы. Феноменологические уравнения переноса. Основные положения термодинамики необратимых процессов. Постулаты Онзагера. Термодинамические движущие силы и характеристика потоков вещества и теплоты применительно к технологии полупроводниковых материалов.

Кинетическая классификация физико-химических процессов по степени их сложности. Молекулярность и порядок реакции. Скорость химических гомогенных и гетерогенных процессов. Энергия активации. Влияние температуры на скорость процесса. Правило Аррениуса. Кинетика диффузионных процессов в полупроводниковой технологии. Законы Фика.

Связь коэффициента диффузии с атомными характеристиками твёрдого тела. Зависимость коэффициента диффузии от температуры и концентрации диффундирующего компонента. Механизмы диффузии примесей и собственных компонентов в полупроводниках. Влияние дефектов структуры на диффузию. Деградация полупроводниковых приборов как следствие диффузионных процессов.

Кинетика гетерогенных химических процессов в технологии полупроводниковых материалов и композиций. Многостадийность, режимы и лимитирующая стадия гетерогенного химического процесса. Кинетика фазовых переходов. Скорости зародышеобразования. Общие скорости фазовых превращений. Факторы, влияющие на кинетику фазовых переходов.

Тема 8. Поверхностные явления и адсорбция.

Физико-химические явления на границе раздела фаз и их роль в технологических процессах микроэлектроники. Свободная и полная поверхностные энергии, поверхностное натяжение. Смачивание, адгезия, капиллярные явления.

Адсорбция на границе жидкость-газ. Уравнение Гиббса. Адсорбция на поверхностях твёрдых тел. Молекулярная адсорбция, хемисорбция, десорбция. Адсорбция на границе твёрдое тело- газ. Изотерма адсорбции Лэнгмюра. Адсорбция на границе твёрдое тело-раствор. Использование поверхностных явлений в процессах разделения материалов и глубокой очистки полупроводников от примесей.

Лабораторные работы (лабораторный практикум)

№№ и названия разделов и тем	Результаты лабораторной работы
Лабораторная работа № 1 Первый закон термодинамики. Теплота образования. Расчёт теплоты реакции.	Расчеты, таблицы, заключение
Лабораторная работа № 2 Второй закон термодинамики. Расчёт изменение энтропии системы.	Расчеты, таблицы, заключение
Лабораторная работа № 3 Построение Т-Х диаграмм состояния методом термического анализа.	Расчеты, таблицы, заключение
Лабораторная работа № 4 Количественный микроскопический и структурный анализ.	Расчеты, таблицы, заключение
Лабораторная работа № 5 Влияние легирования на термоэлектрические свойства полупроводниковых материалов.	Расчеты, таблицы, заключение
Лабораторная работа № 6 Распад пересыщенных твёрдых растворов на основе полупроводниковых фаз.	Расчеты, таблицы, заключение
Лабораторная работа №7 Влияние термодоноров на свойства монокристаллического кремния.	Расчеты, таблицы, заключение
Лабораторная работа № 8 Исследование диффузии в полупроводниках. Расчёт диффузионных параметров.	Расчеты, таблицы, заключение
Лабораторная работа №9 Предел прочности при изгибе. Расчёт модуля Вейбула.	Расчеты, таблицы, заключение
Лабораторная работа №10 Изучение вакуумной высокотемпературной печи. Проведение процесса спекания керамики.	Расчеты, таблицы, заключение
Лабораторная работа №11 Теплопроводность и температуропроводность. Расчёт теплопроводности.	Расчеты, таблицы, заключение
Лабораторная работа №12 Основные типы кристаллических решёток металлов и полупроводников.	Расчеты, таблицы, заключение

5. Образовательные технологии

Основными видами образовательных технологий с применением, как правило, компьютерных и технических средств, учебного и научного оборудования являются:

- Информационные технологии.

- Проблемное обучение.
- Индивидуальное обучение.
- Междисциплинарное обучение.
- Опережающая самостоятельная работа.

Для достижения определенных компетенций используются следующие формы организации учебного процесса: лекция (информационная, проблемная, лекция-визуализация, лекция-консультация и др.), практическое занятие, лабораторные занятия, семинарские занятия, самостоятельная работа, консультация. Допускаются комбинированные формы проведения занятий, такие как лекционно-практические занятия.

Преподаватель самостоятельно выбирают наиболее подходящие методы и формы проведения занятий из числа рекомендованных и согласуют выбор с кафедрой.

Реализация компетентного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий и организации внеаудиторной работы (компьютерных симуляций, деловых и ролевых игр, разбора конкретных ситуаций, психологических и иных тренингов) с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. Интерактивное обучение – метод, в котором реализуется постоянный мониторинг освоения образовательной программы, целенаправленный текущий контроль и взаимодействие (интерактивность) преподавателя и студента в течение всего процесса обучения.

Самостоятельная работа организована в соответствии с технологией проблемного обучения и предполагает следующие формы активности:

- самостоятельная проработка учебно-проблемных задач, выполняемая с привлечением основной и дополнительной литературы;
- поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей.

Основные аспекты применяемой технологии проблемного обучения:

- постановка проблемных задач отвечает целям освоения дисциплины «Физика конденсированного состояния» и формирует необходимые компетенции;
- решаемые проблемные задачи стимулируют познавательную деятельность и научно-исследовательскую активность студентов.

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 **Power Point**, а также с использованием интерактивных досок.

Обучающие и контролирующие модули внедрены в учебный процесс и размещены на Образовательном сервере Даггосуниверситета (<http://edu.icc.dgu.ru>), к которым студенты имеют свободный доступ.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа студентов реализуется в виде:

- подготовки к контрольным работам;

- подготовки к семинарским занятиям;
 - выполнения индивидуальных заданий по основным темам дисциплины;
 - написание рефератов по проблемам дисциплины "Физическая химия процессов и материалов электронной техники".
- **7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**
 - 7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.
 - Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

Код и наименование компетенции из ФГОС ВО	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
ОК-7 Способность к самоорганизации и самообразованию		<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • базовые понятия, используемые в физической химии лежащие в основе технологических процессов и методов, используемых в получении материалов электронной техники; • современные методы научно-исследовательской работы; • принципы работы современного инновационного оборудования, используемого при выполнении лабораторного практикума <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • организовать научно-исследовательские и научно-производственные работы, проявлять навыки в управлении исследовательским 	Устный опрос, письменный опрос

		<p>коллективом;</p> <ul style="list-style-type: none"> • использовать в научных исследованиях информационные справочники и поисковые системы; • формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно-исследовательской деятельности; • выбирать необходимые методы исследования, модифицировать существующие и разрабатывать новые методы исходя из задач конкретного исследования <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основами научно-исследовательской работы, методами (инструментарием) научного анализа и научного проектирования в научных исследованиях; • компьютерной техникой и информационными технологиями в учебном процессе и научных исследованиях; 	
<p>ОПК-5 способностью использовать основные приемы обработки и представления</p>		<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные теоретические положения и методы кристаллофизики, химической термодинамики, 	<p>Письменный опрос</p>

<p>экспериментальных данных;</p>		<p>диффузионной кинетики составляющие основу воспроизводимых современных технологий получения материалов и структур микро- и наноэлектроники;</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные подходы к описанию реальных физических процессов и явлений в материалах электронной техники, как на классическом, так и на квантовом уровне; • современные тенденции развития материаловедения, твердотельной электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий; • методы вычислительной физики и математического моделирования для описания физических процессов и явлений в полупроводниках и диэлектриках. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • использовать (P-T-X) – диаграммы состояния для управления составом и свойствами материалов электронной техники; • создавать и анализировать теоретические модели физическо-химических процессов и явлений в метериалах 	
----------------------------------	--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

		<p>электронной техники;</p> <ul style="list-style-type: none"> • выбирать методы и средства решения конкретных задач, использовать для их решения физических измерительных приборов и приемов. • анализировать, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию в области современного материаловедения; • самостоятельно изучать и понимать специальную научную и методическую литературу, связанную с проблемами физики полупроводников и диэлектриков, физики систем пониженной размерности; <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • физико-химическими закономерностями, отражающими взаимосвязь между физическими свойствами, строением, составом, дефектной структурой фаз и термодинамическими и кинетическими условиями процессов их получения;; • методологией теоретических и экспериментальных исследований в области фазового равновесий для выбора условий получения, очистки и легирования материалов; • методами 	
--	--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

		<p>количественного формулирования и решения практических задач по химической термодинамики.</p>	
<p>ОПК-7 способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;</p>		<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • требования к оформлению результатов выполненной работы; • методы статистической обработки и определения погрешности измерений физических величин; • пакеты программ по графическому представлению результатов выполненной работы. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • описывать, качественно и количественно объяснять результаты выполненной исследовательской работы по физике полупроводников и диэлектриков; • применять методы моделирования физические процессы в полупроводниках и диэлектриках с использованием методов вычислительной физики; • оформлять, представлять и 	<p>Письменный опрос</p>

		<p>докладывать результаты выполненной работы;</p> <ul style="list-style-type: none"> • аргументированно защищать результаты выполненной работы <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками оформления полученных данных в виде таблиц, рисунков и т.д. • навыками представления итогов в виде отчетов, оформленных в соответствии с имеющимися требованиями; <p>навыками подготовки презентаций по результатам выполненной работы.</p>	
<p>ПК-3 готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций;</p>		<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные направления и тенденции и практические возможности современной физической химии и перспектив её развития; • основные тенденции и проблемы современного материаловедения; • современное состояние исследований нанокристаллического о состоянии и влияния её на 	<p>Круглый стол</p>

		<p>микроструктуру, механические, теплофизические и электрофизические свойства;;</p> <ul style="list-style-type: none"> • технологические возможности перспективных методов получения новых материалов с улучшенными свойствами; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • использовать информационные источники для получения новых знаний о свойствах и области применения материалов электронной техники; • формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития нанотехнологий в материаловедении; • выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач; • формировать план исследования, модифицировать существующие и разрабатывать новые методы, исходя из задач конкретных исследований. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • опытом выявления сути материаловедческих проблем в области физической химии, конкретизации целей 	
--	--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

		и задач исследований объектов; • методами экспериментальных исследований свойств материалов электронной техники на современном инновационном оборудовании; навыками анализа и обработки результатов исследований на основе теоретических представлений в области физики полупроводников и диэлектриков;	
--	--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

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. Они также размещены на образовательном сервере Даггосуниверситета (по адресу: <http://edu.dgu.ru>), а также представлены в управление качества образования ДГУ.

Методические рекомендации преподавателям по разработке системы оценочных средств и технологий для проведения текущего контроля успеваемости по дисциплинам (модулям) ООП (тематики докладов, рефератов и т.п.), а также для проведения промежуточной аттестации по дисциплинам (модулям) ООП (в форме зачетов, экзаменов, курсовых работ / проектов и т.п.) и практикам представлены в Положении «О модульно-рейтинговой системе обучения студентов Дагестанского государственного университета», утвержденном ученым Советом Даггосуниверситета.

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.

7.3. 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 – 25 баллов,
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ - 10 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

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

8. Перечень основной, дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины №	Библиографическое описание (авторы/составители, заглавие, вид издания, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в наличии в библиотеке/ в каталоге ЭБС
ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА		
1.	Григорьева Л.С. Физическая химия [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л.С. Григорьева, О.Н. Трифонова. — Электрон. текстовые	В каталоге ЭБС (с указанием)

	данные. — М. : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2014. — 149 с. — 978-5-7364-0911-5. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/26215.html	<i>электронного адреса)</i>
2.	Физическая химия [Электронный ресурс] : учебник / В.Е. Коган [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Санкт-Петербургский горный университет, 2014. — 345 с. — 978-5-94211-700-9. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/71708.html	<i>В каталоге ЭБС (с указанием электронного адреса)</i>
3.	Физическая химия [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г.В. Булидорова [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2012. — 396 с. — 978-5-7882-1367-5. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/64034.html	<i>В каталоге ЭБС (с указанием электронного адреса)</i>

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1.	Берлинский И.В. Физическая химия [Электронный ресурс] : практикум / И.В. Берлинский, Д.С. Луцкий. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Вузовское образование, 2018. — 114 с. — 978-5-4487-0304-1. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/77219.html	<i>В каталоге ЭБС (с указанием электронного адреса)</i>
2.	Физическая химия. Теория и практика выполнения расчетных работ. Часть 1. Экстенсивные свойства гомогенных систем [Электронный ресурс] / Е.И. Степановских [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 136 с. — 978-5-7996-1689-2. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/66611.html	<i>В каталоге ЭБС (с указанием электронного адреса)</i>
3.	Физическая химия. Теория и	<i>В каталоге ЭБС (с</i>

	<p>практика выполнения расчетных работ. Часть 2. Химическое и фазовое равновесие [Электронный ресурс] / Е.И. Степановских [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 160 с. — 978-5-7996-1691-5. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/66612.html</p>	<p><i>указанием электронного адреса)</i></p>
4.	<p>Дерябин В.А. Физическая химия дисперсных систем [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.А. Дерябин, Е.П. Фарафонтова. — Электрон. текстовые данные. — Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 88 с. — 978-5-7996-1450-8. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/66609.html</p>	<p>В каталоге ЭБС (<i>с указанием электронного адреса)</i>)</p>
5.	<p>Бобкова Н.М. Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных материалов [Электронный ресурс] : учебник / Н.М. Бобкова. — Электрон. текстовые данные. — Минск: Вышэйшая школа, 2007. — 301 с. — 978-985-06-1389-9. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/20160.html</p>	<p>В каталоге ЭБС (<i>с указанием электронного адреса)</i>)</p>
6.	<p>Березовчук А.В. Физическая химия [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.В. Березовчук. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Научная книга, 2012. — 159 с. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/8191.html</p>	<p>В каталоге ЭБС (<i>с указанием электронного адреса)</i>)</p>
7.	<p>Романенко Е.С. Физическая химия [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.С. Романенко, Н.Н. Францева. — Электрон. текстовые данные. — Ставрополь:</p>	<p>В каталоге ЭБС (<i>с указанием электронного адреса)</i>)</p>

	Ставропольский государственный аграрный университет, Параграф, 2012. — 88 с. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/47378.html	
8.	Физическая химия [Электронный ресурс] : лабораторный практикум / А.Б. Килимник [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2012. — 88 с. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/64611.html	В каталоге ЭБС (с указанием электронного адреса)

Интернет ресурсы:

1. www.elsevierscience.ru
2. www.edu.ru
3. www.window.edu.ru
4. www.nisrussia.ru
5. www.neicon.ru
6. www.springerlink.cjm.journalsis
7. www.biblioclub.ru - Электронная библиотечная система «Университетская библиотека - online».
8. www.iqlib.ru - Интернет-библиотека образовательных изданий, в который собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия.

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Методические указания студентам должны раскрывать рекомендуемый режим и характер учебной работы по изучаемому курсу и практическому применению изученного материала, по выполнению заданий для самостоятельной работы. Методические указания не должны подменять учебную литературу, а должны мотивировать студента к самостоятельной работе.

Перечень учебно-методических изданий, рекомендуемых студентам, для подготовки к занятиям представлен в разделе «Учебно-методическое обеспечение. Литература»

Лекционный курс. Лекция является основной формой обучения в ВУЗе. В ходе лекционного курса проводится систематическое изложение современных научных материалов.

Записи должны быть избирательными, своими словами, полностью следует записывать только определения. В конспектах рекомендуется применять сокращения слов, что ускоряет запись. В ходе изучения аккумуляции энергии особое значение имеют материалы и схемы

аккумуляции, поэтому в конспекте лекции рекомендуется делать все схемы, сделанные преподавателем на доске. Вопросы, возникающие у студентов в ходе лекции, рекомендуются задавать после окончания лекции.

Студенту необходимо активно работать с конспектом лекции: после окончания лекции рекомендуется перечитать свои записи, внести поправки и дополнения на полях. Конспекты лекций следует использовать при подготовке к экзамену, контрольным тестам, коллоквиумам, при выполнении самостоятельных заданий, подготовке к семинарским занятиям.

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

1. Федеральный центр образовательного законодательства.
<http://www.lexed.ru>
2. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
3. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
4. База данных электронных библиотечных ресурсов Elsevier
<http://elsevierscience.ru>
5. Информационные ресурсы издательства Springer
<http://www.springerlink.com/journals>
6. Библиотека Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) <http://rffi.molnet.ru/rffi/ru/lib>
7. Электронные источники научно-технической информации некоммерческого партнерства «Национальный электронно-информационный консорциум» <http://www.neicon.ru>
8. Ресурсы Университетской информационной системы Россия (УИС Россия) <http://uisrussia.msu.ru>
9. Единое окно доступа к образовательным ресурсам (ИС «Единое окно») <http://window.edu.ru>

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

При проведении занятий используются компьютерные классы, оснащенные современной компьютерной техникой. При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием и интерактивной доской.