



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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ МАТЕРИАЛОВ И
ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

Кафедра экспериментальной физики

Образовательная программа
11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»

Профили подготовки:
Микроэлектроника и твёрдотельная электроника

Уровень высшего образования:
Бакалавриат

Форма обучения:
Очная

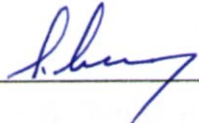
Статус дисциплины:
Базовая

Махачкала 2017 г

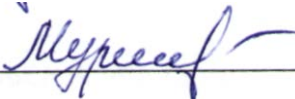
Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04- Электроника и наноэлектроника, профиль подготовки: микроэлектроника и твердотельная электроника (уровень: бакалавриата) – Приказ Минобрнауки России от 12.03.2015 № 218.

Разработчик (и): кафедра экспериментальной физики, Шабанов Ш.Ш., к. т. н., доцент

Рабочая программа дисциплины одобрена: на заседании кафедры экспериментальной физики от «31» марта 2017г., протокол № 8

Зав. кафедрой _____  _____ Садыков С.А.

на заседании Методической комиссии физического факультета от « 31» марта 2017г., протокол № 7.

Председатель _____  _____ Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением

«3» апреля 2017г. _____  _____ Гасангаджиева А.Г.

СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация рабочей программы	4
1. Цели освоения дисциплины.....	5
2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры.....	5
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины.....	6
4. Объем, структура и содержание дисциплины.....	10
5. Образовательные технологии.....	15
6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.....	15
7. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.....	16
7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.....	17
7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания.....	19
7.3. Типовые контрольные задания.....	24
7.3.1. Экзаменационные вопросы.....	24
7.3.2. Контрольные вопросы к самостоятельной работе.....	25
7.3.3. Примеры текстовых заданий для промежуточного контроля.....	28
7.4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.....	33
8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.....	34
9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.....	34
10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	35
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.....	36
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	36

Аннотация рабочей программы дисциплины

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

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: способностью использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом (ОК-2);

общепрофессиональных: способностью понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения (ОПК-1); готовностью оформлять, представлять, докладывать и аргументированно защищать результаты выполненной работы (ОПК-5);

профессиональных: готовностью формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач (ПК-1);

способностью делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения (ПК-5);

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: *лекции, лабораторные занятия, самостоятельная работа.*

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме: индивидуальное собеседование, тестирование, письменные контрольные задания и промежуточный контроль в форме экзамена.

Объем дисциплины 12 зачетных единиц, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Семестр	Учебные занятия						СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточной аттестации
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
	Все го	из них						
Лекции		Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации			
7	436	36	104		140		296	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.

Задачи дисциплины состоит в изложении дисциплины с целью не только сообщения студентам определенной суммы конкретных сведений, но и формирования у них физическо-химического представления технологии микро- и нанoeлектроники, изготовление материалов для квантовой электроники, поскольку эти процессы являются синтезом как физики так и химии.

В результате изучения курса бакалавры должны:

- обучение студентов по всем разделам физической химии;
 - овладение фундаментальными понятиями, законами и их следствиями, применяемыми в химической термодинамике;
 - овладение навыками в проведении физико-химических процессов, кинетики, фазового анализа;
 - выработка у студентов навыков самостоятельной учебной деятельности, развитие у них интереса к дальнейшей познавательной деятельности;
 - стремление студентов к изучению и применению новых компьютерных технологий.
- Кроме того, целью и задачами преподавания дисциплины являются ознакомление студентов с российскими национальными и международными стандартами в области физической химии материалов и процессов электронной техники.

Основные разделы программы курса: Характеристика фазового состояния и структуры материалов электронной техники, элементы энергетической кристаллохимии, термодинамический метод описания свойств материалов и процессов их получения, химическое равновесие в технологии получения материалов и структур твердотельной электроники, фазовые равновесия в полупроводниковой технологии, Термодинамические принципы и методы управления типом и концентрацией точечных дефектов структуры, кинетика физико-химических процессов в технологии полупроводниковых материалов и структур, поверхностные явления и адсорбция.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Физическая химия материалов и процессов электронной техники» входит в базовую часть профессионального цикла Б. 3. образовательной программы (ФГОС ВО) бакалавриата по направлению 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника».

Для освоения дисциплины требуются знания и умения, приобретенные обучающимися в результате освоения ряда предшествующих дисциплин (разделов дисциплин), таких как:

- Общая физика
- Термодинамика и статфизика
- Физика конденсированного состояния
- Квантовая механика

и знания в области высшей математики.

Знания, полученные студентами после изучения дисциплины «Физическая химия материалов и процессов электронной техники», используются далее при изучении дисциплин «Технология материалов электронной техники», «Процессы микро- и нанотехнологии», «Физика полупроводников», «Физика полупроводниковых приборов», «Микroeлектроника».

Для освоения данной дисциплины бакалавр должен иметь основополагающие представления об основных подходах к описанию реальных физических процессов и явлений, как на классическом, так и на квантовом уровне; иметь знания о методах решения практических задач физики конденсированного состояния на основе современных математических моделей описания физических объектов; владеть фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики конденсированного состояния, а также методами физического исследования. Бакалавры должны обладать навыками, необходимыми для решения конкретных физических проблем с использованием приёмов и методов математической физики; для описания разнообразных физических процессов и состояний в полупроводниках и диэлектриках.

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-2	способностью использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом	<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 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-1	способностью понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения	<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 метериалах 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, 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

		<p>термодинамическими и кинетическими условиями процессов их получения;;</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 термодинамики.
ОПК-5	<p>готовностью оформлять, представлять, докладывать и аргументированно защищать результаты выполненной работы</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-1	<p>готовностью формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и</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 состояния и влияния её на микроструктуру, механические, теплофизические и

	<p>техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач</p>	<p>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;
ПК-5	<p>способностью делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные закономерности формирования материалов электронной техники лежащих в основе физико-химических и технологических методов и полученных экспериментальных данных; • методы теоретических подходов в описании и изучении явлений в физической химии; • Зависимость свойств полученных материалов от физико-химических и технологических процессов их получения; • особенности (Р-Т-Х)фазовых диаграмм для различных фаз; • квантоворазмерные эффекты и физические свойства систем пониженной размерности; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • использовать специализированные знания

		<p>в области физической химии для обеспечения технологической реализации материалов и элементов электронной техники в приборах и устройствах электроники и наноэлектроники;</p> <ul style="list-style-type: none"> • применять модельные представления, объясняющие особенности строения и аномальные свойства материалов в наноструктурном состоянии; • по результатам теоретических и экспериментальных исследований материалов формулировать рекомендации по совершенствованию технологии для получения материалов с улучшенными свойствами; <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками представления итогов работы в виде научных публикаций, тезисов докладов, оформления заявок на изобретения и др.; • опытом использования результатов исследований для оформления научных проектов, грантов, участия в различных молодежных конкурсах; • опытом внедрения результатов исследований на практике.
--	--	---

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет **12** зачетных единиц, **436** 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 1.									
1	Характеристика фазового состояния и структуры материалов электронной техники.	10		6		8	18	37	(ДЗ), (С), (КСР)
2	Элементы энергетической кристаллохимии.			4		6	17	37	(ЛР), (ДЗ), (С), (КСР)

	Итого по модулю 1:			10		14	35	74	
Модуль 2									
3	Термодинамический метод описания свойств материалов и процессов их получения.			4		6	17	37	(ЛР), (ДЗ), (С), (КСР)
4	Химические равновесия в технологии получения материалов и структур твёрдотельной электроники.			4		6	18	37	(ДЗ), (С), (КСР)
	Итого по модулю 2:			8		12	35	74	
Модуль 3.									
5	Фазовые равновесия в полупроводниковой технологии.			4		8	17	37	(ЛР), (ДЗ), (С), (КСР)
6	Термодинамические принципы и методы управления типом и концентрацией точечных дефектов структуры.			6		6	18	37	(ДЗ), (С), (КСР)
	Итого по модулю 3:			10		14	35	74	
Модуль 4.									
7	Кинетика физико-химических процессов в технологии полупроводниковых материалов и структур.			4		6	18	37	(ЛР), (ДЗ), (С), (КСР)
8	Поверхностные явления и адсорбция.			4		6	17	37	(ДЗ), (С), (КСР)
	Итого по модулю 4:			8		12	35	74	
	ИТОГО: 216			14		52	140	124	

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. Индексирование 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. Р-Т 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, Р-Х 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 Р-Т-Х 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. Деграция 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.

4.3.1. Содержание лекционных занятий

модуль	Содержание темы
1.	<p><u>Лекция 1. Характеристика фазового состояния.</u> Понятие фазы. Характеристика дальнего и ближнего порядка. Особенности строения кристаллических, аморфных, жидких мезаморфных фаз, явление полиморфизма, термодинамическая устойчивость фаз.</p> <p><u>Лекция 2. Структуры материалов электронной техники.</u> 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.</p> <p><u>Лекция 3. Рентгеноструктурный и фазовый анализ.</u> Методы структурного и фазового анализ, основанные на дифракции рентгеновских лучей, электронов и нейтронов. Уравнение дифракции Вульфа-Брегга.</p> <p><u>Лекция 4. Химические связи в твёрдых фазах.</u> 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.</p>

	<p><u>Лекция 5.</u> Энергетическая прочность атомных решеток. Энергия атомизации 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.</p>
2.	<p><u>Лекция 6.</u> Термодинамические системы. Первое начало термодинамики. 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.</p> <p><u>Лекция 7.</u> Второе начало термодинамики. Энтропия и термодинамическая вероятность. Второе начало термодинамики. Энтропия как критерий равновесия и протекания процессов в изолированных системах. Энтропия и термодинамическая вероятность. Статистический характер II начала термодинамики.</p> <p><u>Лекция 8.</u> Характеристические функции. Характеристические функции. Термодинамические потенциалы. Термодинамические критерии направления процессов и условия равновесия в закрытых системах.</p> <p><u>Лекция 9.</u> Химический потенциал. Уравнение Гиббса-Дюгема. Химический потенциал. Уравнения состояния для открытых систем. Условия протекания процессов в открытых системах. Уравнение Гиббса-Дюгема. Понятие активности и летучести.</p>
3.	<p><u>Лекция 10.</u> Термодинамические критерии равновесия фаз. Правило фаз Гиббса. Термодинамические критерии равновесия фаз. Правило фаз Гиббса. Фазовые переходы в однокомпонентных системах. Сублимация кристаллизация полиморфные превращения. Уравнения Клаузиуса-Клайперона. P-T диаграмма состояния однокомпонентной системы. Фазовые переходы второго рода. Термодинамическая теория переходов второго рода.</p> <p><u>Лекция 11.</u> Химический потенциал. Правило рычага. Определение химического потенциала из концентрационной зависимости свободной энергии Гиббса. Графический метод определения состава равновесных фаз. Правило рычага.</p> <p><u>Лекция 12.</u> Термодинамическое обоснование теплового разупорядочения кристаллической решётки. 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.</p> <p><u>Лекция 13.</u> Термодинамика растворов. Идеальные и разбавленные растворы. Состав пара над раствором. Законы Генри, Рауля, Коновалова, P-X диаграммы. Неидеальные растворы.</p>

	<p>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.</p> <p><u>Лекция 14. Термодинамическое обоснование основных типов диаграмм состояния</u></p> <p>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.</p>
4.	<p><u>Лекция 15. Стационарные и нестационарные процессы.</u></p> <p>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.</p> <p><u>Лекция 16. Кинетика гетерогенных химических процессов.</u></p> <p>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.</p> <p><u>Лекция 17. Физико-химические явления на границах раздела фаз.</u></p> <p>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.</p> <p><u>Лекция 18. Адсорбция на границах фаз. Изотерма адсорбции Лэнгмюра.</u></p> <p>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.</p>

4.3.4. Темы лабораторных работ

1. Зерновой состав и площадь удельной поверхности порошков.
2. Правила отбора средней пробы материалов и изделий.
3. Основные свойства сырьевых материалов.
4. Плотность, пористость, водопоглощение.
5. Предел прочности при сжатии.
6. Предел прочности при растяжении.
7. Предел прочности при изгибе.
8. Коэффициент интенсивности напряжения.

9. Твердость.
10. Износостойкость.
11. Теплопроводность и температуропроводность.
12. Термическое расширение.
13. Лазерные гранулометры
14. Определение спекаемости образцов керамики методом последовательных обжигов.
15. Упругие модули
16. Диэлектрические свойства
17. Лабораторные печи
18. Вакуумные насосы
19. Измерение вакуума
20. Электропроводность керамических материалов
21. Диаграммы состояния
22. Определение диффузионных параметров
23. Количественный микроскопический фазовый и структурный анализ
24. Распад пересыщенных твёрдых растворов

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.

Промежуточный контроль.

В течение семестра студенты выполняют:

- домашние задания, выполнение которых контролируется и при необходимости обсуждается на практических занятиях;
- промежуточные контрольные работы во время практических занятий для выявления степени усвоения пройденного материала;
- выполнение итоговой контрольной работы по решению задач, охватывающих базовые вопросы курса: в конце семестра.

Итоговый контроль.

Зачет в конце 7 семестра, включающий проверку теоретических знаний и умение решения по всему пройденному материалу.

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.

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.

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

Компетенция	Знания, умения, навыки	Процедура освоения
ОК-2 ОПК-5	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • физико-химические закономерности, отражающие взаимосвязь между физическими свойствами, строением, составом и термодинамическими и кинетическими условиями процессов их получения; • требования к оформлению результатов выполненной работы; • методы статистической обработки и определения погрешности измерений физических величин; 	Устный опрос
ОПК-1 ПК-1	<ul style="list-style-type: none"> • программы по графическому представлению результатов выполненной работы; <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • современные тенденции развития физической химии и перспективы её развития; • материаловедческие проблемы современной электроники и наноэлектроники; 	Устный опрос
ОПК-1 ПК-5	<ul style="list-style-type: none"> • современные диэлектрические материалы, перспективы их применения в связи с развитием многоуровневой твердотельной электроники <p>Знать:</p>	Устный опрос

	<p>- основные теоретические положения и методы кристаллофизики, химической термодинамики;</p> <p>- современные технологии получения материалов;</p>	
<p>ОК-2 ОПК-1 ОПК-5</p>	<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития физической химии; • выбирать необходимые методы исследования, модифицировать существующие и разрабатывать новые методы исходя из задач конкретного исследования; • выбирать методы и средства решения конкретных задач, использовать для их решения физических измерительных приборов и приемов. 	<p>Устный опрос</p>
<p>ОПК-1 ОПК-5 ПК-1 ПК-5</p>	<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • анализировать, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию в области современного материаловедения; • применять модели и приближения физики конденсированного состояния вещества для описания основных физических свойств фононных и электронных состояний в полупроводниках и диэлектриках; • по результатам теоретических и экспериментальных исследований материалов формулировать рекомендации по совершенствованию устройств и систем электроники и нанoeлектроники. 	<p>Устный опрос</p>
<p>ОК-2 ОПК-1 ОПК-5</p>	<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • методами экспериментальных исследований свойств полупроводников и диэлектриков на современном инновационном оборудовании; • методами (инструментарием) научного анализа и научного проектирования в научных исследованиях; • навыками представления итогов работы в виде научных публикаций, тезисов докладов, оформления заявок на изобретения и др.; 	<p>Устный опрос, письменный опрос, выступление на семинарах, мини-конференция.</p>

ОПК-1 ОПК-5 ПК-1 ПК-5	Владеть: <ul style="list-style-type: none"> • основами теоретических знаний для решения практических задач; • опытом выявления сути материаловедческих проблем твердотельной электроники, конкретизации целей и задач исследований объектов; • навыками анализа и обработки результатов исследований на основе теоретических представлений физики полупроводников и диэлектриков; • опытом внедрения результатов исследований на практике. 	Устный опрос, письменный опрос, выступление на семинарах, мини- конференция.
--------------------------------	---	--

7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания.

Схема оценки уровня формирования компетенции

ОК-2 - способностью использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Представление о современных методах научно-исследовательской работы и принципах работы инновационного оборудования	Знаком с современными методами научно-исследовательской работы и принципами работы инновационного оборудования	Показывает знания современных методов организации научно-исследовательской работы и принципов работы инновационного оборудования	Демонстрирует четкие знания методов организации научно-исследовательской работы, показывает готовность к изучению современных инновационных методов и инструментария
Базовый	Умение организовать научно-исследовательские и научно-производственные работы, формулировать и решать задачи,	Знаком с методами организации научно-исследовательских и научно-производственных работ, может выбирать	Демонстрирует знание методов организации научно-исследовательских и научно-производственных работ, умение выбирать	Показывает знание методов организации научно-исследовательских и научно-производственных работ, умение выбирать методы

	выбирать необходимые методы исследования	необходимые методы исследования	необходимые методы исследования	исследования, формулировать и решать задачи
--	--	---------------------------------	---------------------------------	---

ОПК-1 - способностью понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Представление о современных тенденциях развития материаловедения, понимание основных проблем в области физики полупроводников и диэлектриков	Знаком с современными тенденциями развития материаловедения, понимает основные проблемы в области физики полупроводников и диэлектриков	Показывает знания современных тенденций развития материаловедения, понимает основные проблемы в области физики полупроводников и диэлектриков	Демонстрирует знания современных тенденций развития материаловедения, показывает готовность к углубленному анализу проблем в области физики полупроводников и диэлектриков
Базовый	Умение создавать и анализировать теоретические модели физических процессов и явлений в полупроводниках и диэлектриках; выбирать методы и средства решения конкретных задач	Участвует в анализе теоретических моделей физических процессов и явлений в полупроводниках и диэлектриках; умеет выбирать методы и средства решения конкретных задач	Демонстрирует умение создавать и анализировать теоретические модели физических процессов и явлений в полупроводниках и диэлектриках; выбирать методы и средства решения конкретных задач	Способен создавать и анализировать теоретические модели физических процессов и явлений в полупроводниках и диэлектриках; самостоятельно изучать специальную научную литературу, выбирать методы и средства решения конкретных задач

щать результаты выполненной работы

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично

Пороговый	Знание требований к оформлению результатов выполненной работы, методов обработки и представления результатов измерений	Знаком с требованиями оформления результатов выполненной работы, методами обработки и представления результатов измерений	Показывает знания требований к оформлению результатов выполненной работы, методов обработки и представления результатов измерений	Демонстрирует умение выполнять требования при оформлении результатов выполненной работы, применять методы обработки и представления результатов измерений
Базовый	Умение создавать и анализировать теоретические модели физических процессов и явлений в полупроводниках и диэлектриках; выбирать методы и средства решения конкретных задач	Участвует в анализе теоретических моделей физических процессов и явлений в полупроводниках и диэлектриках; умеет выбирать методы и средства решения конкретных задач	Демонстрирует умение создавать и анализировать теоретические модели физических процессов и явлений в полупроводниках и диэлектриках; выбирать методы и средства решения конкретных задач	Способен создавать и анализировать теоретические модели физических процессов и явлений в полупроводниках и диэлектриках; самостоятельно изучать специальную научную литературу, выбирать методы и средства решения конкретных задач

ПК-1 - готовностью формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Знание основных направлений и тенденций развития современной микро- и нанoeлектроники, умение формулировать	Знаком с основными направлениями и тенденциями развития современной микро- и нанoeлектроник	Демонстрирует знания основных направлений и тенденций развития современной микро- и нанoeлектроники,	Показывает знания основных направлений и тенденций развития современной микро- и нанoeлектроники,

	цели и задачи научных исследований	и, способен формулировать цели и задачи научных исследований	способен формулировать цели и задачи научных исследований	умеет формулировать цели и задачи научных исследований
Базовый	Готовность формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития твердотельной электроники и нанoeлектроники; выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач	Участвует в определении целей и задач научных исследований, в выборе теоретических и экспериментальных методов и средств решения сформулированных задач	Демонстрирует умение формулировать цели и задачи научных исследований, выбирать теоретические и экспериментальные методы решения конкретных задач	Способен самостоятельно изучить тенденции развития электроники и нанoeлектроники, формулировать цели и задачи научных исследований, выбирать теоретические и экспериментальные методы решения конкретных задач

ПК-5 - способностью делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Знание основных закономерностей формирования и свойств полупроводников и диэлектриков с точки зрения классической и квантовой теорий	Знаком с основными закономерностями формирования свойств и методами теоретических подходов в описании и изучении явлений в физике полупроводников и диэлектриков	Способен демонстрировать знания основных закономерностей формирования свойств и умение выбирать теоретические подходы в описании и изучении явлений в полупроводниках и диэлектриках	Показывает умение использовать знания основных закономерностей формирования свойств полупроводников и диэлектриков для анализа результатов теоретических и экспериментальных исследований
Базовый	Умение	Может описать	Способен	Показывает

формулировать рекомендации по совершенствованию устройств и систем электроники и наноэлектроники на основе изучения основных физических свойств и явлений в полупроводниках и диэлектриках	особенности физических свойств полупроводников и диэлектриков, делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований	формулировать рекомендации по совершенствованию устройств и систем электроники и наноэлектроники на основе изучения основных физических свойств полупроводников и диэлектриков	умение эффективного применить знания в области изучаемого предмета для формулировки рекомендации по совершенствованию устройств и систем электроники и наноэлектроники
--	--	--	--

7.4. 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.

Критерии оценок на курсовых экзаменах

В экзаменационный билет рекомендуется включать не менее 3 вопросов, охватывающих весь пройденный материал, также в билетах могут быть задачи и примеры.

Ответы на все вопросы оцениваются максимум **100 баллами**.

Критерии оценок следующие:

- **100 баллов** – студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности.

- **90 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает отдельные неточности.

- **80 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает некоторые ошибки общего характера.

- **70 баллов** - студент хорошо понимает пройденный материал, но не может теоретически обосновывать некоторые выводы.

- **60 баллов** – студент отвечает в основном правильно, но чувствуется механическое заучивание материала.

- **50 баллов** – в ответе студента имеются существенные недостатки, материал охвачен «половинчато», в рассуждениях допускаются ошибки.
- **40 баллов** – ответ студента правилен лишь частично, при разъяснении материала допускаются серьезные ошибки.
- **20-30 баллов** - студент имеет общее представление о теме, но не умеет логически обосновать свои мысли.
- **10 баллов** - студент имеет лишь частичное представление о теме.
- **0 баллов** – нет ответа.

Эти критерии носят в основном ориентировочный характер. Если в билете имеются задачи, они могут быть более четкими.

Шкала диапазона для перевода рейтингового балла в «5»-балльную систему:

- «0 – 50» баллов – неудовлетворительно
- «51 – 65» баллов – удовлетворительно
- «66 - 85» баллов – хорошо
- «86 - 100» баллов – отлично
- «51 и выше» баллов – зачет

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная:

1. Глазов В.М. Основы физической химии – М.: Высшая школа, 1981
2. Шаскольская М.П. Кристаллография – М.: Высшая школа, 1984
3. Крапухин В.В., Соколов И.А., Кузнецов Г.Д., Технология материалов электронной техники. Теория процессов полупроводниковой технологии – М: МИСИС, 1995
4. Жуховицкий А.А., Шварцман Л.А., Физическая химия, Учебник для вузов, 5-ое изд., перер. и доп.. – М.: Металлургия, 2001, 688 с.
5. Физическая химия в 2-х кн. Кн. 1 Строение вещества, термодинамика, Кн. 2 Электрохимия, Химическая кинетика и катализ, Учебник для вузов, Краснов К.С., Воробьев Н.К., Годнев Н.Н. и др., под ред. Краснова К.С., - 3-е изд., испр., - М.: Высшая школа, 2001.
6. Глазов В.М., Земсков В.С. Физико-химические основы легирования полупроводников – М.: Наука 1985, 371 с.

Дополнительная:

1. Новиков И.И., Розин К.М. Кристаллография и дефекты кристаллической решетки – М.: Металлургия, 1990
2. Ормонт Б.Ф. Введение в физическую химию и кристаллохимию полупроводников – М.: Высшая школа, 1982
3. Люпис К. Химическая термодинамика материалов – М.: Металлургия, 1989.
4. Ковтуненко П.В. Физическая химия твёрдого тела. Кристаллы с дефектами – М.: Высшая школа, 1993
5. Булярский С.В., Фистуль В.И. Термодинамика и кинетика взаимодействующих дефектов в полупроводниках. – М.: Наука, 1997.
6. Глазов В.М., Павлова Л.Н. Химическая термодинамика и фазовые равновесия. – М.: Металлургия, 1981, 336 с.
7. Кубашевский О., Олкокк С.Б. Металлургическая термохимия. Пер. с англ. – М.: Металлургия, 1982, 390 с.
8. Морачевский А.Г., Сладков И.Б. Термодинамические расчёты в металлургии. Справочник – М.: Металлургия, 1985, 137 с.

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.journsis
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.

1. 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
<i>Лекция</i>	<i>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.</i>
<i>Практические занятия</i>	<i>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.</i>
<i>Реферат</i>	<i>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.</i>
<i>Подготовка к зачету</i>	<i>При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др.</i>

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

обеспечения и информационных справочных систем.

Чтение лекций с использованием мультимедийных презентаций. Использование анимированных интерактивных компьютерных демонстраций и практикумов-тренингов по ряду разделов дисциплины.

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

Материально – техническая база кафедры экспериментальной физики, которая осуществляет подготовку по направлению 11.03.04 «**Электроника и наноэлектроника**», позволяет готовить бакалавров, отвечающих требованиям ФГОС. На кафедре имеются 3 учебных и 5 научных лабораторий, оснащенных современной технологической, измерительной и диагностической аппаратурой; в том числе функционирует проблемная НИЛ «Твердотельная электроника». Функционируют специализированные учебные и научные лаборатории: Физика и технология керамических материалов для твердотельной электроники, Физика и технология тонкопленочных структур, Электрически активные диэлектрики в электронике, Физическая химия полупроводников и диэлектриков.

Лекционные занятия проводятся в аудитории, оснащенной мультимедийным проекционным оборудованием и интерактивной доской.