

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

Институт технологий и инженерной механики  
Кафедра микро- и наноэлектроники

УТВЕРЖДАЮ

директор института технологий и  
инженерной механики

  
Могильная Е.П.  
«18» 04 2023 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
«СПЕЦИАЛЬНЫЕ РАЗДЕЛЫ ХИМИИ (ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ  
ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ)»**

По направлению подготовки: 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Профиль «Электронные приборы и устройства»

Рабочая программа учебной дисциплины «Специальные разделы химии (химические основы технологии электронных средств)» по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника. – 29 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Специальные разделы химии (химические основы технологии электронных средств)» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19.09.2017 года № 927.

СОСТАВИТЕЛИ:

к.т.н., доцент Войтенко Г.О.;

к.т.н., доцент Войтенко В.А.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры микро- и наноэлектроники «14» 04 2023 г., протокол № 9

Заведующий кафедрой

микро- и наноэлектроники  Войтенко В. А.

Переутверждена: «  »    202   г., протокол №   

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии института технологий и инженерной механики «18» 04 2023 г., протокол № 3.

Председатель учебно-методической

комиссии института технологий и инженерной механики  С. Н. Ясуник

© Войтенко Г.О., Войтенко В.А., 2023 год

© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля», 2023 год

## 1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Цель дисциплины – формирование у студентов теоретического фундамента по технологии изделий микроэлектроники и технологии производства ЭС, развитие современного физико-химического мышления, помогающего им овладевать последующими технологическими дисциплинами; квалифицированно решать разнообразные технические, технологические и исследовательские задачи, возникающие при конструировании, производстве и эксплуатации ЭС, включая обеспечение надежности; изучение физико-химического анализа – как метода научного исследования и обеспечения качества и эффективности производства электронных средств.

Задачи: изучение основных требований, предъявляемых к технологическим процессам и оборудованию; приобретение навыков комплексного рассмотрения технологических процессов; формирование представления о перспективах развития технологических процессов и о новых физико-химических явлениях, которые могут быть использованы для создания новых технологических процессов; формирование представления о принципах, методах и оборудовании для управления и контроля технологических процессов и свойств материалов, технологических и конструкционных структур элементов ЭС.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП ВО. Требования к условиям освоения содержания дисциплины

Дисциплина «Специальные разделы химии (химические основы технологии электронных средств)» относится к циклу математических и естественнонаучных дисциплин.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются: знания общей химии, математики, физики конденсированного состояния, физики полупроводников и диэлектриков, технологических основ электроники.

Содержание дисциплины основано на знаниях дисциплин «Математика», «Химия», «Физика конденсированного состояния», «Физика полупроводников», «Физика диэлектриков», «Основы отраслевых знаний», «Материалы и компоненты электроники», «Технологические основы электроники» и служит основой для освоения дисциплин «Процессы микро- и нанотехнологии», «Проектирование интегральных микросхем», «Оптоэлектронные приборы и устройства».

## 3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ПК-7. Способен осуществлять технологическое	ПК-7.1. Знает методическую базу измерений параметров технологических процессов	Знать: методики измерения параметров технологических процессов

<p>сопровождение производства изделий электроники и наноэлектроники</p>	<p>и тестирования изделий электроники и наноэлектроники.  ПК-7.2. Умеет осуществлять поверку, настройку и калибровку изделий электроники и наноэлектроники.  ПК-7.3. Владеет навыками метрологического сопровождения производства изделий электроники и наноэлектроники.</p>	<p>производства приборов и устройств электроники и наноэлектроники, методику измерения параметров кристаллической решетки и структуры кристаллов, измерения энергетических характеристик термодинамических систем, условия равновесия и направления протекания химических процессов, простые и сложные процессы и их термодинамический анализ, термодинамику и кинетику процессов зародышеобразования; кинетику и механизмы диффузионных процессов, стадии процесса формирования слоев новой фазы, термодинамику и кинетику ориентированного заодышеобразования, методы получения эпитаксиальных структур, термодинамику и кинетику процессов химического осаждения из газовой фазы, термодинамику точечных дефектов в бинарных полупроводниковых соединениях;</p> <p>Уметь: применять метод кристаллографического индицирования, применять закон действующих масс, анализировать фазовые диаграммы, применять правило фаз Гиббса, анализировать атомную структуру поверхности для выбора оптимальных технологических режимов при производстве изделий электроники и для достижения заданных характеристик приборов и устройств электроники и наноэлектроники;</p> <p>Владеть: навыками проведения метрологии материалов, приборов и</p>
---	--	--

		устройств электроники и наноэлектроники; навыками проведения термодинамического анализа гомогенных и гетерогенных процессов; навыками применения зондовых методов определения структурных и физико-химических параметров материалов; навыками проведения контроля параметров диффузии примесей в полупроводники и контроля параметров эпитаксиальных структур.
--	--	--

## 4. Структура и содержание дисциплины

### 4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
<b>Общая учебная нагрузка (всего)</b>	<b>144</b> (4 зач. ед)	<b>144</b> (4 зач. ед)
<b>Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)</b> <b>в том числе:</b>	<b>68</b>	<b>16</b>
Лекции	34	8
Семинарские занятия	-	-
Практические занятия	34	8
Лабораторные работы	-	-
Курсовая работа (курсовой проект)	-	-
Другие формы и методы организации образовательного процесса ( <i>расчетно-графические работы, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинг, компьютерные симуляции, интерактивные лекции, семинары, анализ деловых ситуаций и т.п.</i> )	-	-
<b>Самостоятельная работа студента (всего)</b>	<b>76</b>	<b>128</b>
Форма аттестации	зачет	зачет

### 4.2. Содержание разделов дисциплины

#### Тема 1. Элементы кристаллографии и кристаллохимии

Основные понятия и определения. Кристаллическая решетка и структура идеальных кристаллов. Метод кристаллографического индентирования. Симметрия твердых тел. Основные типы кристаллических структур. Дефекты структуры реальных кристаллов. Основные положения кристаллохимии. Зондовые методы определения структурных и физико-химических параметров материалов.

## **Тема 2. Термодинамический подход к описанию свойств материалов и процессов их получения**

Основные понятия и определения. Энергетические характеристики термодинамических систем. Внутренняя энергия. Первое начало термодинамики. Энтальпия. Тепловой эффект химической реакции. Закон сохранения массы. Уравнение Гиббса. Теплоемкость.

Общая характеристика термодинамических процессов. Направление протекания процессов. Энтропия. Второе начало термодинамики. Энтропия обратимых и необратимых процессов. Условие теплового равновесия закрытых систем. Возрастание энтропии, обусловленное процессами массопереноса. Возрастание энтропии, обусловленное химическими реакциями. Объединенная форма первого и второго начал термодинамики. Термодинамические потенциалы. Характеристические функции. Условия самопроизвольности процессов в открытых системах. Химический потенциал. Парциальные мольные величины.

## **Тема 3. Химические равновесия. Методы управления химическими превращениями.**

Общие условия равновесия и направления протекания процессов. Закон действующих масс. Константа химического равновесия. Уравнение Вант-Гоффа. Уравнение изотермы химической реакции. Температурная зависимость теплового эффекта. Закон Кирхгофа. Третий закон термодинамики. Температурная зависимость энтропии химической реакции.

## **Тема 4. Термодинамика растворов**

Основные понятия и определения. Термодинамические функции идеального газа. Летучесть и активность. Классификация растворов. Давление насыщенного пара. Перегонка летучих жидких смесей. Ректификация.

## **Тема 5. Фазовые равновесия**

Основные понятия и определения. Общие условия фазового равновесия и фазовые диаграммы. Правило фаз Гиббса. Условия фазового равновесия в однокомпонентных системах. Уравнение Клаузиуса – Клапейрона. Фазовые переходы первого и второго рода.

Фазовые равновесия в двухкомпонентных системах. Общие условия равновесия бинарных систем. Коэффициент распределения. Диаграммы плавкости систем с неограниченной взаимной растворимостью компонентов в твердом состоянии. Системы с простой эвтектикой. Системы с ограниченной взаимной растворимостью компонентов в твердом состоянии. Диаграммы состояния бинарных систем с химическими соединениями. Особенности фазовых диаграмм многокомпонентных систем.

## **Тема 6. Принципы кинетического описания и анализа технологических процессов**

Некоторые положения термодинамики необратимых процессов. Общие сведения. Теория Онзагера. Флуктуации. Устойчивость замкнутых систем. Принцип локального равновесия.

Стационарные состояния. Теорема Пригожина о минимуме производства энтропии. Кинетика химических реакций. Основные понятия химической кинетики. Скорость химической реакции. Кинетическое уравнение химического процесса и порядок реакции.

Температурная зависимость скорости химической реакции. Энергия активации и уравнение Аррениуса. Теория переходного состояния. Кинетика и механизмы диффузионных процессов.

### **Тема 7. Поверхностные явления. Термодинамика и кинетика процессов формирования слоев новой фазы.**

Общие сведения о поверхности. Атомная структура поверхности. Межфазная энергия. Адсорбция на поверхности твердых тел. Термодинамика и кинетика адсорбционных процессов. Изотермы адсорбции. Термодинамика и кинетика процессов зародышеобразования. Движущие силы процесса зародышеобразования. Термодинамика процессов зародышеобразования.

Кинетические характеристики процесса зародышеобразования. Молекулярно-статистическая модель зародышеобразования. Стадии процесса формирования слоев новой фазы.

### **Тема 8. Физико-химические основы эпитаксиальных процессов.**

Основные понятия и определения. Термодинамика и кинетика ориентированного зародышеобразования. Методы получения эпитаксиальных структур.

### **Тема 9. Принципы термодинамического и кинетического анализа технологических процессов.**

Простые и сложные процессы. Термодинамический анализ простых процессов. Термодинамический анализ сложных процессов. Термодинамический анализ гомогенных процессов. Термодинамический анализ гетерогенных процессов. Термодинамика и кинетика процессов химического осаждения из газовой фазы.

Реакции разложения (диссоциации). Реакции восстановления. Газотранспортные химические реакции. Термодинамика и кинетика процессов химического транспорта.

### **Тема 10. Термодинамические методы управления точечными дефектами.**

Основные понятия и определения. Термодинамика собственных точечных дефектов. Равновесие собственных точечных дефектов. Ионизация собственных точечных дефектов. Термодинамика примесных точечных дефектов в элементарных полупроводниках.

Внутреннее равновесие при введении одной примеси. Внутреннее равновесие при введении различных примесей. Термодинамика точечных дефектов в бинарных полупроводниковых соединениях.

### 4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Элементы кристаллографии и кристаллохимии	2	1
2	Термодинамический подход к описанию свойств материалов и процессов их получения	2	1
3	Химические равновесия. Методы управления химическими превращениями.	2	1
4	Термодинамика растворов	2	1
5	Фазовые равновесия.	4	1
6	Принципы кинетического описания и анализа технологических процессов.	6	1
7	Поверхностные явления. Термодинамика и кинетика процессов формирования слоев новой фазы.	4	1
8	Физико-химические основы эпитаксиальных процессов.	2	1
9	Принципы термодинамического и кинетического анализа технологических процессов.	6	-
10	Термодинамические методы управления точечными дефектами.	4	-
<b>Итого:</b>		<b>34</b>	<b>8</b>

### 4.4. Практические занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Синтез и оптические свойства водных растворов наночастиц золота	2	1
2	Получение наночастиц серебра	4	1
3	Получение двумерных наноструктур методом анодного травления	4	1
4	Основы методов зондовой микроскопии наноструктур	4	1
5	Исследование оптических свойств наноструктур и фотонных кристаллов	4	1
6	Оптическое манипулирование одиночными наночастицами в оптическом пинцете	4	1
7	Сборка солнечного элемента нового типа с использованием нанотехнологий	4	1
8	Изучение процесса обработки наноразмерных плёнок и поверхности в условиях СВЧ плазмохимического травления	4	1
9	Измерение управляемого перемещения в нанометровом диапазоне материалов с обратным пьезоэффектом	4	-
<b>Итого:</b>		<b>34</b>	<b>8</b>

### 4.5. Лабораторные работы

Не предусмотрены учебным планом.

#### 4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1	Элементы кристаллографии и кристаллохимии	Подготовка к практическим занятиям	4	6
		Подготовка к тестированию	3	6
2	Термодинамический подход к описанию свойств материалов и процессов их получения	Подготовка к практическим занятиям	4	6
		Подготовка к тестированию	3	6
3	Химические равновесия. Методы управления химическими превращениями.	Подготовка к практическим занятиям	5	6
		Подготовка к тестированию	3	6
4	Термодинамика растворов	Подготовка к практическим занятиям	5	6
		Подготовка к тестированию	3	6
5	Фазовые равновесия	Подготовка к практическим занятиям	5	6
		Подготовка к тестированию	3	6
6	Принципы кинетического описания и анализа технологических процессов	Подготовка к практическим занятиям	5	6
		Подготовка к тестированию	3	6
7	Поверхностные явления. Термодинамика и кинетика процессов формирования слоев новой фазы	Подготовка к практическим занятиям	4	6
		Подготовка к тестированию	3	6
8	Физико-химические основы эпитаксиальных процессов	Подготовка к практическим занятиям	5	6
		Подготовка к тестированию	3	6
9	Принципы термодинамического и кинетического анализа технологических процессов	Подготовка к практическим занятиям	5	8
		Подготовка к тестированию	3	8
10	Термодинамические методы управления точечными дефектами	Подготовка к практическим занятиям	4	8
		Подготовка к тестированию	3	8
<b>Итого:</b>			<b>76</b>	<b>128</b>

#### 4.7. Курсовые работы/проекты

Не предусмотрены учебным планом.

#### 5. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов

образовательных технологий:

традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;

технологии проблемного обучения, направленные на развитие познавательной активности, творческой самостоятельности студентов и предполагающие последовательное и целенаправленное выдвижение перед студентом познавательных задач, разрешение которых позволяет студентам активно усваивать знания (используются поисковые методы; постановка познавательных задач);

технологии развивающего обучения, позволяющие ориентировать учебный процесс на потенциальные возможности студентов, их реализацию и развитие;

технологии концентрированного обучения, суть которых состоит в создании максимально близкой к естественным психологическим особенностям человеческого восприятия структуры учебного процесса и которые дают возможность глубокого и системного изучения содержания учебных дисциплин за счет объединения занятий в тематические блоки;

технологии модульного обучения, дающие возможность обеспечения гибкости процесса обучения, адаптации его к индивидуальным потребностям и особенностям обучающихся (применяются, как правило, при самостоятельном обучении студентов по индивидуальному учебному плану);

технологии дифференцированного обучения, обеспечивающие возможность создания оптимальных условий для развития интересов и способностей студентов, в том числе и студентов с особыми образовательными потребностями, что позволяет реализовать в культурно-образовательном пространстве университета идею создания равных возможностей для получения образования;

технологии активного (контекстного) обучения, с помощью которых осуществляется моделирование предметного, проблемного и социального содержания будущей профессиональной деятельности студентов (используются активные и интерактивные методы обучения) и т.д.

Максимальная эффективность педагогического процесса достигается путем конструирования оптимального комплекса педагогических технологий и (или) их элементов на личностно-ориентированной, деятельностной, диалогической основе и использования необходимых современных средств обучения.

## **6. Формы контроля освоения дисциплины**

Текущая аттестация студентов производится в дискретные временные интервалы лектором и преподавателем(ями), ведущими практические занятия по дисциплине в следующих формах:

- контрольные вопросы к лекциям;
- вопросы к практическим занятиям;
- тесты;
- вопросы к зачету.

Фонды оценочных средств, включающие контрольные вопросы, вопросы коллоквиумов, тесты и методы контроля, позволяющие оценить результаты текущей и промежуточной аттестации обучающихся по данной дисциплине, помещаются в приложении к рабочей программе в соответствии с «Положением о фонде оценочных средств».

Промежуточная аттестация по результатам освоения дисциплины проходит в форме зачета. Студенты, выполнившие 75% текущих и контрольных мероприятий на «отлично», а остальные 25 % на «хорошо», имеют право на получение итоговой отличной оценки.

В экзаменационную ведомость и зачетную книжку выставляются оценки по национальной шкале, приведенной в таблице.

Характеристика знания предмета и ответов	Зачеты
Обучающийся глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.	зачтено
Обучающийся знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.	
Обучающийся знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30 % ошибок в излагаемых ответах.	
Обучающийся не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Обучающийся отказывается от ответов на дополнительные вопросы	не зачтено

## 7. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины

### а) Основная литература:

1. Кожитов Л.В., Технология материалов электронной техники: Лаб. практикум [Электронный ресурс] / Кожитов Л.В., Крапухин В.В., Маренкин С.Ф., Тимошина Г.Г. - М.: МИСиС, 2004. - 103 с. - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - Режим доступа: [http://www.studentlibrary.ru/book/Misis\\_109.html](http://www.studentlibrary.ru/book/Misis_109.html)

2. Раскин А.А., Технология материалов микро-, опто- и наноэлектроники. Ч. 1 [Электронный ресурс] / Раскин А.А. - М.: БИНОМ, 2012. - 164 с. - ISBN 978-5-

9963-1470-6 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996314706.html>

б) Дополнительная литература:

1. Куприянов М.Ф. Физико-химические основы создания активных материалов [Электронный ресурс]: учебник / Куприянов М.Ф., Кабиров Ю.В., Рудская А.Г. - Ростов-на-Дону: Издательство ЮФУ, 2011. - 278 с. ISBN 978-5-9275-0847-1 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/556287>

2. Каменская А.В. Основы технологии материалов микроэлектроники [Электронный ресурс] / Каменская А.В. - Новосиб.: НГТУ, 2010. - 96 с. - ISBN 978-5-7782-1420-0. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=546218&spec=1>

3. Гамбург Ю.Д. Гальванические покрытия. Технологии, характеристики, применения [Электронный ресурс]: справочник / Ю.Д. Гамбург. - Долгопрудный: Интеллект, 2018. - 240 с. - ISBN 978-5-91559-235-2. - Текст: электронный. - URL: <https://new.znanium.com/catalog/product/1026988>

4. Рамбиди Н.Г. Структура полимеров - от молекул до наноансамблей [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Н.Г. Рамбиди. - Долгопрудный: Интеллект, 2009. - 264 с.: 60x90 1/16. (переплет) ISBN 978-5-91559-016-7, 1500 экз. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/199038>

в) Методические рекомендации/указания

1. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Специальные разделы химии (химические основы технологии электронных средств)» для студентов специальности «Электронные приборы и устройства» (электронное издание) / Сост.: А.А. Руденко. – Луганск: Изд-во ЛНУ, 2018. – 34с.

2. Методические рекомендации к самостоятельной работе по дисциплине «Специальные разделы химии (химические основы технологии электронных средств)» для студентов специальности «Электронные приборы и устройства» (электронное издание) / Сост.: А.А. Руденко. – Луганск: Изд-во ЛНУ, 2018. – 19с.

г) Интернет-ресурсы:

Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>

Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>

Министерство образования и науки Луганской Народной Республики – <https://minobr.su>

Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>

Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>

Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

Далевский педагогический портал – <http://ped.dahluniver.ru/>

**Электронные библиотечные системы и ресурсы**

Электронно-библиотечная система «Консультант студента» –

<http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>

Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» –<https://www.studmed.ru>

Университетская библиотека On-line – <http://www.biblioclub.ru>

Научная электронная библиотека eLIBRARY – <http://elibrary.ru>

**Информационный ресурс библиотеки образовательной организации**

Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

**Научные журналы**

"GNU Scientific Library" (GSL - библиотека для научных вычислений проекта GNU): <http://www.gnu.org/software/gsl>.

Система схемотехнического моделирования LTSpice IV. Краткое руководство: <http://zpostbox.ru/ltspice.html>.

Электронные компоненты: <http://www.elitan.ru/>.

Навигатор по профессиональным электронным ресурсам – [http://www.spsl.nsc.ru/win/nelbib/nav\\_ei.htm](http://www.spsl.nsc.ru/win/nelbib/nav_ei.htm)

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Лекционные занятия проводятся с использованием комплекта электронных презентаций в аудитории, оснащенной презентационной техникой (проектор, экран, ноутбук).

Практические занятия проводятся с использованием компьютеризированных стендов, пакета специализированных компьютерных программ, а также компьютерной математической среды MATLAB и компьютерной среды для моделирования Multisim.

Рабочие места преподавателя и студентов в учебной лаборатории оснащены компьютерами с доступом в Интернет, предназначенными для работы в указанных специализированных компьютерных программах и средах.

Программное обеспечение:

<b>Функциональное назначение</b>	<b>Бесплатное программное обеспечение</b>	<b>Ссылки</b>
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	<a href="https://www.libreoffice.org/">https://www.libreoffice.org/</a> <a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice">https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice</a>
Операционная система	UBUNTU 19.04	<a href="https://ubuntu.com/">https://ubuntu.com/</a> <a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu">https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu</a>
Браузер	Firefox Mozilla	<a href="http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx">http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx</a>
Браузер	Opera	<a href="http://www.opera.com">http://www.opera.com</a>

Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	<a href="http://www.mozilla.org/ru/thunderbird">http://www.mozilla.org/ru/thunderbird</a>
Файл-менеджер	Far Manager	<a href="http://www.farmanager.com/download.php">http://www.farmanager.com/download.php</a>
Архиватор	7Zip	<a href="http://www.7-zip.org/">http://www.7-zip.org/</a>
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	<a href="http://www.gimp.org/">http://www.gimp.org/</a> <a href="http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8">http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8</a> <a href="http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP">http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP</a>
Редактор PDF	PDFCreator	<a href="http://www.pdfforge.org/pdfcreator">http://www.pdfforge.org/pdfcreator</a>
Аудиоплеер	VLC	<a href="http://www.videolan.org/vlc/">http://www.videolan.org/vlc/</a>

## 8. Оценочные средства по дисциплине

### Паспорт

фонда оценочных средств по учебной дисциплине

«Специальные разделы химии (химические основы технологии электронных средств)»

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
1	ПК-7	Способен осуществлять технологическое сопровождение производства изделий электроники и нанoeлектроник и	ПК-7.1. ПК-7.2. ПК-7.3.	Тема 1 Элементы кристаллографии и кристаллохимии	1
				Тема 2 Термодинамический подход к описанию свойств материалов и процессов их получения	1
				Тема 3 Химические равновесия.	1

				Методы управления химическими превращениями	
				Тема 4 Термодинамика растворов	1
				Тема 5 Фазовые равновесия	1
				Тема 6 Принципы кинетического описания и анализа технологических процессов	1
				Тема 7 Поверхностные явления. Термодинамика и кинетика процессов формирования слоев новой фазы	1
				Тема 8 Физико-химические основы эпитаксиальных процессов	1
				Тема 9 Принципы термодинамического и кинетического анализа технологических процессов	1
				Тема 10 Термодинамические методы управления точечными дефектами	1

### Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1.	ПК-7	ПК-7.1. ПК-7.2. ПК-7.3.	Знать: методики измерения параметров технологических процессов	Тема 1, Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема 5,	Контрольные вопросы к лекциям, вопросы к

			<p>производства приборов и устройств электроники и наноэлектроники, методику измерения параметров кристаллической решетки и структуры кристаллов, измерения энергетических характеристик термодинамических систем, условия равновесия и направления протекания химических процессов, простые и сложные процессы и их термодинамический анализ, термодинамику и кинетику процессов зародышеобразования; кинетику и механизмы диффузионных процессов, стадии процесса формирования слоев новой фазы, термодинамику и кинетику ориентированного зародышеобразования, методы получения эпитаксиальных структур, термодинамику и кинетику процессов химического осаждения из газовой фазы, термодинамику точечных дефектов в бинарных</p>	<p>Тема 6, Тема 7, Тема 8, Тема 9, Тема 10, Практическое занятие 1, Практическое занятие 2</p>	<p>практически м занятиям, тесты, вопросы к зачету</p>
--	--	--	--	--	--

			<p>полупроводниковых соединениях;</p> <p>Уметь: применять метод кристаллографического индицирования, применять закон действующих масс, анализировать фазовые диаграммы, применять правило фаз Гиббса, анализировать атомную структуру поверхности для выбора оптимальных технологических режимов при производстве изделий электроники и для достижения заданных характеристик приборов и устройств электроники и нанoeлектроники;</p> <p>Владеть: навыками проведения метрологии материалов, приборов и устройств электроники и нанoeлектроники; навыками проведения термодинамического анализа гомогенных и гетерогенных процессов; навыками применения зондовых методов определения структурных и физико-химических параметров</p>		
--	--	--	--	--	--

			материалов; навыками проведения контроля параметров диффузии примесей в полупроводники и контроля параметров эпитаксиальных структур.		
--	--	--	--	--	--

**Фонды оценочных средств по дисциплине «Специальные разделы химии  
(химические основы технологии электронных средств)»**

**Контрольные вопросы к лекциям:**

1. Укажите количество трансляционных решеток Бравэ.
2. Приведите обозначение кристаллографического направления.
3. Приведите обозначение кристаллографической плоскости.
4. Дайте определение поворотной симметрии.
5. Приведите примеры тел, имеющих поворотные оси 4 и 6-го порядков.
6. Объясните различие между квазикристаллами и обычными кристаллами.
7. Сформулируйте определение координационного числа.
8. Укажите последовательность заполнения слоев в гексагональной плотноупакованной структуре.
9. Укажите последовательность заполнения слоев в кубической плотноупакованной структуре.
10. Приведите классификацию дефектов в твердых телах.
11. Приведите примеры структурно-чувствительных свойств материалов.
12. Дайте определение вектора Бюргерса.
13. Укажите различие между винтовой и краевой дислокациями.
14. Приведите классификацию кристаллических решеток с учетом типа связей.
15. Объясните природу сил, ответственных за образование молекулярных кристаллов.
16. Объясните природу сил, ответственных за образование металлических кристаллов.
17. Укажите основные типы решеток, в которых кристаллизуются металлы.
18. Укажите основные типы решеток характерные для ковалентных кристаллов.
19. Объясните причину различия в электропроводности металлических и ковалентных кристаллов.
20. Сравните координационные числа ковалентных и металлических кристаллов и объясните причину их различия.
21. Сформулируйте понятие электроотрицательности.

22. Сравните энергию решеток ковалентных и ионных кристаллов и объясните различие.
23. Объясните принцип работы СТМ.
24. Объясните принцип работы АСМ.
25. Укажите различия между гомогенными и гетерогенными системами.
26. Дайте определение функции состояния.
27. Приведите формулировку первого начала термодинамики.
28. Укажите различия тепловых эффектов при постоянном объеме и при постоянном давлении.
29. Дайте определение стандартного состояния.
30. Приведите основное уравнение равновесной термодинамики и объясните его физическое содержание.
31. Дайте определение теплоемкости. Является ли она функцией состояния?
32. Приведите и объясните формулы для расчета изохорной и изобарной теплоемкости идеального газа.
33. Сформулируйте определение равновесного процесса
34. Сформулируйте понятие необратимого процесса.
35. Почему изменение внутренней энергии или энтальпии не может служить критерием, позволяющим предвидеть направление протекания процесса?
36. В чем заключается метод термодинамических функций?
37. Приведите определение энтропии.
38. В каких системах могут протекать самопроизвольные процессы: открытых; закрытых; замкнутых?
39. Сформулируйте и объясните закон возрастания энтропии.
40. Чем отличается поток энтропии от производства энтропии?
41. Чем отличается состояние равновесия от устойчивого стационарного состояния?
42. Сформулируйте условие самопроизвольности необратимых процессов.
43. Сформулируйте и объясните условие теплового равновесия закрытых систем.
44. Являются ли самопроизвольные процессы энергозатратными?
45. Относится ли процесс к обратимым, если он реализуется через непрерывную последовательность равновесных состояний?
46. Какие функции называются характеристическими?
47. При каких независимых переменных энергии Гиббса и Гельмгольца являются характеристическими функциями?
48. Являются ли энергии Гельмгольца и Гиббса равноправными критериями направления протекания процессов и состояния равновесия?
49. Запишите выражение химического потенциала и объясните его физический смысл.
50. Дайте определение парциальной молярной энергии Гиббса.
51. Объясните физическое содержание парциальных молярных величин.

52. Как выражается химический потенциал через характеристическую функцию.
53. Приведите и объясните уравнение Гиббса – Дюгема.
54. Запишите общие условия равновесия для изохорно-изотермических и изобарно-изотермических систем.
55. В чем заключается физический смысл закона действующих масс?
56. Зависит ли константа равновесия химической реакции, выраженная через парциальные давления компонентов, от общего давления?
57. В чем заключается принцип Ле-Шателье?
58. Запишите уравнение Вант – Гоффа и объясните его физический смысл?
59. Какие характеристики процесса могут быть определены по уравнению изотермы химической реакции?
60. Напишите и объясните уравнение изотермы химической реакции.
61. Сформулируйте третий закон термодинамики.
62. В чем заключается тепловая теорема Нерста?
63. Укажите способы выражения состава раствора.
64. Дайте определение закона Дальтона.
65. Какими эффектами сопровождается процесс смешения идеальных газов?
66. Дайте определение летучести.
67. Дайте определение активности.
68. Запишите и объясните выражение химического потенциала реального раствора.
69. Приведите термодинамические соотношения, которым удовлетворяют идеальные растворы.
70. Какие растворы относятся к регулярным?
71. Какие растворы относятся к атермальным?
72. Какие растворы относятся к предельно разбавленным?
73. Дайте определение насыщенного пара.
74. Сформулируйте и объясните закон Рауля для идеального и предельно разбавленного раствора.
75. Сформулируйте определение независимого компонента
76. Что понимается под вариантностью системы?
77. Сформулируйте условие фазового равновесия.
78. Запишите правило фаз Гиббса и укажите его физический смысл.
79. Перечислите особенности фазовых переходов первого рода.
80. Какие типы диаграмм состояния вы знаете?
81. Какие полиморфные превращения называются монотропными?
82. Запишите и объясните уравнение Клаузиуса – Клайперона.
83. Дайте определение диаграммы плавкости.
84. Какие смеси называются изоморфными?
85. Дайте определения твердых растворов внедрения и замещения.
86. Напишите и поясните формулу коэффициента распределения.
87. Изобразите диаграмму плавкости типа «сигара». Укажите линии ликвидуса и солидуса.

88. Сформулируйте правило рычага.
89. Сформулируйте определение эвтектического сплава.
90. Изобразите и объясните фазовую диаграмму системы с простой эвтектикой.
91. Приведите и объясните диаграмму плавкости системы с ограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии.
92. Изобразите и объясните диаграмму плавкости перитектического типа.
93. Приведите фазовую диаграмму конгруэнтно плавящихся химических соединений.
94. Запишите и объясните квазихимические уравнения образования дефектов Шоттки и Френкеля.
95. Объясните температурную зависимость концентрации собственных дефектов в элементарных полупроводниках и бинарных соединениях.
96. Запишите квазихимическую реакцию растворения вакуума в соединении  $MX$  и соответствующую константу равновесия.
97. Запишите и объясните уравнение квазихимической реакции, описывающее процесс межзонного возбуждения–рекомбинации.
98. Назовите критерии, позволяющие относить процессы к простым или сложным?
99. Опишите последовательность проведения термодинамического анализа систем с участием газообразных компонентов.
100. Какие положения используются при составлении исходной системы уравнений при анализе сложных систем?
101. Почему в бинарных полупроводниках междуузельные атомы могут выступать в роли, как доноров, так и акцепторов?
102. Запишите квазихимическое уравнение процесса растворения акцепторной примеси и соответствующую константу равновесия.
103. Запишите и объясните квазихимические уравнения процессов ионизации донорных и акцепторных атомов.
104. Изобразите графически и объясните зависимость равновесной концентрации дефектов в элементарном полупроводнике от давления донорной примеси в области низких и высоких температур.
105. Запишите систему квазихимических уравнений, описывающих внутреннее равновесие дефектов в элементарном полупроводнике при его легировании акцепторными и донорными примесями.
106. Как повлияет увеличение концентрации донорной примеси в элементарном полупроводнике на процесс ионизации акцепторов?
107. Объясните причины нарушения стехиометрии в соединениях.
108. Какие типы дефектов возможны в бинарных соединениях?

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству контрольные вопросы к лекциям

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Ответ представлен на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемый вопрос, привел аргументы в пользу

	своих суждений, владеет соответствующей научной терминологией)
4	Ответ представлен на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемый вопрос, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности)
3	Ответ представлен на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени соответствующей научной терминологией)
2	Ответ представлен на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов отвечать)

### **Вопросы к практическим занятиям:**

1. Кристаллическая решетка и структура идеальных кристаллов.
2. Метод кристаллографического индицирования.
3. Симметрия твердых тел.
4. Основные типы кристаллических структур.
5. Дефекты структуры реальных кристаллов.
6. Основные положения кристаллохимии.
7. Зондовые методы определения структурных и физико-химических параметров материалов.
8. Энергетические характеристики термодинамических систем.
9. Внутренняя энергия.
10. Первое начало термодинамики.
11. Энтальпия.
12. Тепловой эффект химической реакции.
13. Закон сохранения массы.
14. Уравнение Гиббса.
15. Теплоемкость.
16. Общая характеристика термодинамических процессов.
17. Направление протекания процессов. Энтропия. Второе начало термодинамики.
18. Энтропия обратимых и необратимых процессов.
19. Условие теплового равновесия закрытых систем.
20. Возрастание энтропии, обусловленное процессами массопереноса.
21. Возрастание энтропии, обусловленное химическими реакциями.
22. Объединенная форма первого и второго начал термодинамики.
23. Термодинамические потенциалы.
24. Характеристические функции.
25. Условия самопроизвольности процессов в открытых системах.
26. Химический потенциал.
27. Парциальные мольные величины.
28. Общие условия равновесия и направления протекания процессов.
29. Закон действующих масс.
30. Константа химического равновесия.
31. Уравнение Вант-Гоффа.
32. Уравнение изотермы химической реакции.

33. Температурная зависимость теплового эффекта.
34. Закон Кирхгофа.
35. Третий закон термодинамики.
36. Температурная зависимость энтропии химической реакции.
37. Термодинамические функции идеального газа.
38. Летучесть и активность.
39. Классификация растворов.
40. Давление насыщенного пара.
41. Перегонка летучих жидких смесей. Ректификация.
42. Общие условия фазового равновесия и фазовые диаграммы.
43. Правило фаз Гиббса.
44. Условия фазового равновесия в однокомпонентных системах.
45. Уравнение Клаузиуса – Клапейрона.
46. Фазовые переходы первого и второго рода.
47. Фазовые равновесия в двухкомпонентных системах.
48. Общие условия равновесия бинарных систем.
49. Коэффициент распределения.
50. Диаграммы плавкости систем с неограниченной взаимной растворимостью компонентов в твердом состоянии.
51. Системы с простой эвтектикой.
52. Системы с ограниченной взаимной растворимостью компонентов в твердом состоянии.
53. Диаграммы состояния бинарных систем с химическими соединениями.
54. Особенности фазовых диаграмм многокомпонентных систем.
55. Некоторые положения термодинамики необратимых процессов.
56. Теория Онзагера.
57. Флуктуации.
58. Устойчивость замкнутых систем.
59. Принцип локального равновесия.
60. Стационарные состояния.
61. Теорема Пригожина о минимуме производства энтропии.
62. Кинетика химических реакций. Основные понятия химической кинетики.
63. Скорость химической реакции.
64. Кинетическое уравнение химического процесса и порядок реакции.
65. Температурная зависимость скорости химической реакции.
66. Энергия активации и уравнение Аррениуса.
67. Теория переходного состояния.
68. Кинетика и механизмы диффузионных процессов.
69. Общие сведения о поверхности.
70. Атомная структура поверхности.
71. Межфазная энергия.
72. Адсорбция на поверхности твердых тел.
73. Термодинамика и кинетика адсорбционных процессов.
74. Изотермы адсорбции.
75. Термодинамика и кинетика процессов зародышеобразования.

76. Движущие силы процесса зародышеобразования.
77. Термодинамика процессов зародышеобразования.
78. Кинетические характеристики процесса зародышеобразования.
79. Молекулярно-статистическая модель зародышеобразования.
80. Стадии процесса формирования слоев новой фазы.
81. Термодинамика и кинетика ориентированного зародышеобразования.
82. Методы получения эпитаксиальных структур.
83. Простые и сложные процессы.
84. Термодинамический анализ простых процессов.
85. Термодинамический анализ сложных процессов.
86. Термодинамический анализ гомогенных процессов.
87. Термодинамический анализ гетерогенных процессов.
88. Термодинамика и кинетика процессов химического осаждения из газовой фазы.
89. Реакции разложения (диссоциации).
90. Реакции восстановления.
91. Газотранспортные химические реакции.
92. Термодинамика и кинетика процессов химического транспорта.
93. Термодинамика собственных точечных дефектов.
94. Равновесие собственных точечных дефектов.
95. Ионизация собственных точечных дефектов.
96. Термодинамика примесных точечных дефектов в элементарных полупроводниках.
97. Внутреннее равновесие при введении одной примеси.
98. Внутреннее равновесие при введении различных примесей.
99. Термодинамика точечных дефектов в бинарных полупроводниковых соединениях.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству вопросы к практическим занятиям

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Ответы представлены на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемые вопросы, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет соответствующей научной терминологией, правильные ответы даны на 90-100% вопросов)
4	Ответы представлены на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемые вопросы, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности, правильные ответы даны на 75-89% вопросов)
3	Ответы представлены на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени соответствующей научной терминологией, правильные ответы даны на 50-74% вопросов)
2	Ответы представлены на неудовлетворительном уровне или не представлены (студент не готов отвечать или правильные ответы даны менее чем на 50% вопросов)

## Тесты:

1. Закрытые системы характеризуются тем, что:
  - А) они способны обмениваться веществом и энергией с внешней средой.
  - Б) через граничные поверхности возможен лишь энергетический обмен.
  - В) полностью отсутствует энерго- и массообмен с внешней средой.
  
2. Системы, в которых все химические и физические свойства одинаковы во всех частях или непрерывно изменяются по всему объему, а первые производные термодинамических параметров не имеют разрывов, называются:
  - А) изолированными.
  - Б) гомогенными.
  - В) гетерогенными.
  
3. Фазами называют:
  - А) гомогенные части гетерогенных систем.
  - Б) термодинамические параметры состояния.
  - В) подсистемы гетерогенных систем.
  
4. В качестве параметров состояния термодинамической системы обычно выбирают:
  - А) температуру.
  - Б) время.
  - В) давление.
  
5. К экстенсивным свойствам термодинамической системы относят:
  - А) внутреннюю энергию.
  - Б) энтропию.
  - В) плотность.
  
6. Все экстенсивные величины обладают свойством:
  - А) аддитивности.
  - Б) кумулятивности.
  - В) насыщения.
  
7. К основными составляющим внутренней энергии относится:
  - А) кинетическая энергия частиц.
  - Б) химический потенциал.
  - В) энергия межмолекулярного взаимодействия.
  
8. Функции, изменения которых определяются только конечным и начальным состояниями системы и не зависят от пути перехода, называются:
  - А) характеристическими функциями.
  - Б) термодинамическими потенциалами.
  - В) функциями состояния.

## Критерии и шкала оценивания по оценочному средству тесты

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Тесты выполнены на высоком уровне (правильные ответы даны на 90-100% тестов)
4	Тесты выполнены на среднем уровне (правильные ответы даны на 75-89% тестов)
3	Тесты выполнены на низком уровне (правильные ответы даны на 50-74% тестов)
2	Тесты выполнены на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем на 50% тестов)

### Оценочные средства для промежуточной аттестации (зачет)

1. Основные положения кристаллохимии.
2. Зондовые методы определения структурных и физико-химических параметров материалов.
3. Энергетические характеристики термодинамических систем.
4. Объединенная форма первого и второго начал термодинамики.
5. Термодинамические потенциалы.
6. Общие условия равновесия и направления протекания процессов.
7. Третий закон термодинамики.
8. Температурная зависимость энтропии химической реакции.
9. Перегонка летучих жидких смесей. Ректификация.
10. Общие условия фазового равновесия и фазовые диаграммы.
11. Фазовые переходы первого и второго рода.
12. Общие условия равновесия бинарных систем.
13. Системы с ограниченной взаимной растворимостью компонентов в твердом состоянии.
14. Особенности фазовых диаграмм многокомпонентных систем.
15. Принципы кинетического описания и анализа технологических процессов
16. Поверхностные явления.
17. Термодинамика и кинетика процессов формирования слоев новой фазы.
18. Термодинамика и кинетика ориентированного задышеобразования.
19. Методы получения эпитаксиальных структур.
20. Термодинамический анализ простых процессов.
21. Термодинамический анализ сложных процессов.
22. Термодинамика собственных точечных дефектов.
23. Термодинамика примесных точечных дефектов в элементарных полупроводниках.
24. Термодинамика точечных дефектов в бинарных полупроводниковых соединениях.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточный контроль (зачет)

Характеристика знания предмета и ответов	Зачеты
<p>Обучающийся глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.</p>	зачтено
<p>Обучающийся знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.</p>	
<p>Обучающийся знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30 % ошибок в излагаемых ответах.</p>	
<p>Обучающийся не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Обучающийся отказывается от ответов на дополнительные вопросы</p>	не зачтено

## Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)