

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 27.10.2023 12:14:45

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Материаловедение полупроводников и диэлектриков

Закреплена за подразделением

Кафедра материаловедения полупроводников и диэлектриков

Направление подготовки

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Профиль

Квалификация

**Инженер-исследователь**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**9 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

324

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 5, 6

аудиторные занятия

136

самостоятельная работа

116

часов на контроль

72

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	5 (3.1)		6 (3.2)		Итого	
	УП	РП	УП	РП		
Неделя	19		18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП	УП	РП
Лекции	34	34	34	34	68	68
Лабораторные	17	17	17	17	34	34
Практические	17	17	17	17	34	34
Итого ауд.	68	68	68	68	136	136
Контактная работа	68	68	68	68	136	136
Сам. работа	76	76	40	40	116	116
Часы на контроль	36	36	36	36	72	72
Итого	180	180	144	144	324	324

Программу составил(и):

*кфмн, Доцент, Подгорный Дмитрий Андреевич*

Рабочая программа

**Материаловедение полупроводников и диэлектриков**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ (приказ от 28.06.2023 г. № 292 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, 22.03.01-БМТМ-23\_6-ПП.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра материаловедения полупроводников и диэлектриков**

Протокол от 26.06.2020 г., №06/20

Руководитель подразделения А.Р.Оганов

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Цель освоения дисциплины – формирование компетенций, в соответствие с учебным планом.
1.2	Сформировать представления о материаловедении полупроводников и диэлектриков, как научной дисциплине, изучающей закономерности образования полупроводниковых и диэлектрических фаз и обеспечивающей создание полупроводниковых и диэлектрических материалов с заданными свойствами.
1.3	Научить пониманию и анализу зависимости свойств полупроводниковых и диэлектрических материалов, используемых в микроэлектронике, наноэлектронике, силовой электронике, оптоэлектронике, солнечной энергетике, спинэлектронике от химического и фазового состава, структурного совершенства.
1.4	Научить умению прогнозировать и рассчитывать свойства полупроводниковых и диэлектрических материалов, в том числе при работе их в приборных устройствах в течение длительного времени.

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.04
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Кристаллография	
2.1.2	Электротехника	
2.1.3	Безопасность жизнедеятельности	
2.1.4	Основы квантовой механики	
2.1.5	Методы математической физики	
2.1.6	Математическая статистика и анализ данных	
2.1.7	Физика	
2.1.8	Физическая химия	
2.1.9	Математика	
2.1.10	Органическая химия	
2.1.11	Химия	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Атомное строение фаз	
2.2.2	Биохимия наноматериалов	
2.2.3	Инженерия поверхности	
2.2.4	Металловедение и термическая обработка металлов	
2.2.5	Методы исследования структур и материалов. Часть 1	
2.2.6	Методы исследования физических свойств полупроводниковых структур	
2.2.7	Наноматериалы	
2.2.8	Научно-исследовательская работа	
2.2.9	Научно-исследовательская работа	
2.2.10	Научно-исследовательская работа	
2.2.11	Научно-исследовательская работа	
2.2.12	Сверхтвердые материалы	
2.2.13	Технологии материалов с особыми физическими свойствами	
2.2.14	Фазовые и структурные изменения при формировании материалов и эпитаксиальных структур	
2.2.15	Физика магнитных явлений	
2.2.16	Физика полупроводниковых приборов	
2.2.17	Физика прочности	
2.2.18	Физика прочности и механические свойства материалов	
2.2.19	Физико-химия металлов и неметаллических материалов	
2.2.20	Физические основы деформации и разрушения	
2.2.21	Атомная и электронная структура поверхности и межфазных границ	
2.2.22	Композиционные материалы	
2.2.23	Конструирование композиционных материалов	
2.2.24	Методы исследования структур и материалов. Часть 2	
2.2.25	Поверхностное модифицирование материалов и защитные покрытия	
2.2.26	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.2.27	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	

2.2.28	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности
2.2.29	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности
2.2.30	Специальные сплавы
2.2.31	Физическое материаловедение сплавов с особыми магнитными свойствами, часть 1. Магнитно-мягкие сплавы
2.2.32	Физическое материаловедение сплавов с особыми магнитными свойствами, часть 2. Магнитно-твердые сплавы
2.2.33	Аморфные, микро- и нанокристаллические материалы
2.2.34	Биофизика
2.2.35	Высокотемпературная совместимость материалов
2.2.36	Высокотемпературные и сверхтвердые функциональные и конструкционные материалы
2.2.37	Компьютерные и информационные технологии в науке и производстве
2.2.38	Материаловедение и технологии перспективных материалов
2.2.39	Методы исследования характеристик и свойств материалов
2.2.40	Методы электронной микроскопии для материалов твердотельной электроники
2.2.41	Метрология и испытания функциональных материалов
2.2.42	Мониторинг технологий
2.2.43	Основы биоорганической химии
2.2.44	Основы моделирования на атомном уровне
2.2.45	Основы научно-технического перевода
2.2.46	Практика научно-технического перевода и редактирования
2.2.47	Решение профессиональных задач с помощью языка программирования
2.2.48	Структурные методы исследования наноматериалов
2.2.49	Тензорные методы в кристаллофизике
2.2.50	Технология получения кристаллов
2.2.51	Физические основы магнетизма и процессы перемагничивания материалов
2.2.52	Физические свойства приповерхностных слоев и методы их исследований
2.2.53	Функциональные наноматериалы
2.2.54	Химические способы получения наноматериалов
2.2.55	Химия и технология полимерных материалов
2.2.56	Биоорганическая химия
2.2.57	Высокотемпературные керамические материалы
2.2.58	Жаропрочные и радиационно-стойкие материалы
2.2.59	Квантовая теория твердого тела
2.2.60	Математическое и компьютерное моделирование материалов и процессов электроники
2.2.61	Методы исследования макро- и микроструктуры материалов
2.2.62	Методы непараметрической статистики
2.2.63	Некоторые главы кристаллохимии
2.2.64	Объемные наноматериалы
2.2.65	Процессы получения и обработки сверхтвердых материалов
2.2.66	Структура и технологичность сплавов
2.2.67	Физико-химия эволюции твердого вещества
2.2.68	Ядерно-спектроскопические и синхротронные методы исследований
2.2.69	Аттестация и испытания высокотемпературных и сверхтвердых материалов
2.2.70	Аттестация и сертификация изделий электронной техники
2.2.71	Компьютерные и информационные технологии в науке и производстве функциональных материалов
2.2.72	Материаловедение и технологии перспективных материалов
2.2.73	Материалы и элементы спинтроники и спинволновой оптики
2.2.74	Менеджмент качества
2.2.75	Металлические материалы для крупных транспортных систем
2.2.76	Металловедение высокопрочных сплавов
2.2.77	Методология и практика определения размерных характеристик материалов
2.2.78	Методология научных исследований
2.2.79	Оптические явления в кристаллах. Часть 2
2.2.80	Основы клеточной биологии

2.2.81	Оформление результатов научной деятельности
2.2.82	Практическое применение теории функционала электронной плотности
2.2.83	Симметрия наносистем
2.2.84	Современные компьютерные технологии в структурном анализе
2.2.85	Спектроскопические и зондовые методы
2.2.86	Термомеханическая обработка металлов и сплавов
2.2.87	Управление коллективами
2.2.88	Управление проектами
2.2.89	Химические основы биологических процессов
2.2.90	Цифровое материаловедение
2.2.91	Нормы и правила оформления ВКР
2.2.92	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.93	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.94	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.95	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.96	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.97	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.98	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.99	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

**ПК-1: Способен к поиску новых направлений научных исследований и синтезу знаний в области материаловедения и технологии материалов, способен оформлять технические задания и отчетные материалы по планируемым и проведенным исследованиям**

**Знать:**

ПК-1-31 некоторые разделы физики и химии

ПК-1-32 физические принципы заложенные в основе методов исследования материалов

**ПК-3: Способен участвовать в разработке инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов**

**Знать:**

ПК-3-31 физические основы технологических процессов и критерии выбора материалов

**ОПК-6: Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии**

**Знать:**

ОПК-6-32 основные свойства материалов используемых в электронной промышленности

ОПК-6-31 классификацию полупроводниковых и диэлектрических материалов используемых в электронной технике

**ПК-3: Способен участвовать в разработке инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов**

**Уметь:**

ПК-3-У1 моделировать отдельные этапы технологических процессов получения полупроводниковых и диэлектрических материалов и приборов твердотельной электроники

**ПК-1: Способен к поиску новых направлений научных исследований и синтезу знаний в области материаловедения и технологии материалов, способен оформлять технические задания и отчетные материалы по планируемым и проведенным исследованиям**

**Уметь:**

ПК-1-У1 исследовать физические свойства полупроводниковых, диэлектрических и металлических материалов

**ОПК-6: Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии**

**Уметь:**

ОПК-6-У2 анализировать влияние легирующих и фоновых примесей, структурных дефектов на физические свойства полупроводниковых и диэлектрических материалов и приборных структур твердотельной электроники

ОПК-6-У3 устанавливать влияние различных параметров технологических процессов на свойства получаемых в ходе процессов материалов или приборов и корректировать – с целью получения материала или прибора с заданными свойствами
ОПК-6-У1 разрабатывать составы и структуры полупроводниковых и диэлектрических материалов, в том числе наноматериалов, с заданными свойствами
<b>ПК-3: Способен участвовать в разработке инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-3-В1 расчетом процессов легирования и выращивания кристаллов и плёнок полупроводников и диэлектриков
<b>ОПК-6: Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-6-В1 методами оценки и расчета параметров материалов и приборных структур
<b>ПК-1: Способен к поиску новых направлений научных исследований и синтезу знаний в области материаловедения и технологии материалов, способен оформлять технические задания и отчетные материалы по планируемым и проведенным исследованиям</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-1-В1 планировать и организовывать измерения физических свойств (электрических, оптических, магнитных, механических и других) полупроводниковых, диэлектрических и металлических материалов
ПК-1-В2 использовать приборы и установки для измерения физических свойств (электрических, оптических, магнитных, механических) различных материалов и приборов твёрдотельной электроники

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	<b>Раздел 1. Химическая связь, фазовые состояния, структурные особенности и свойства твердых тел</b>							
1.1	Введение в материаловедение полупроводников и диэлектриков. /Лек/	5	2	ОПК-6-31 ОПК-6-32 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-У1	Л1.6Л2.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8 Э9		КМ2	
1.2	Основные свойства полупроводников, диэлектриков и металлов /Лек/	5	6	ОПК-6-31 ОПК-6-32 ОПК-6-У1 ОПК-6-У2 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-У1	Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6		КМ2,КМ1	
1.3	Влияние легирования на термоэлектрические свойства полупроводниковых материалов /Лаб/	5	6	ОПК-6-31 ОПК-6-32 ОПК-6-У1 ОПК-6-У2 ОПК-6-В1 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.4 Л2.8 Л2.9Л3.1 Л3.2 Л3.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8 Э9			Р5
1.4	Механические свойства полупроводниковых материалов /Лаб/	5	5	ОПК-6-31 ОПК-6-32 ОПК-6-У1 ОПК-6-У2 ОПК-6-В1 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.6 Л1.7Л2.4Л3.1 Л3.2 Л3.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6			Р6

1.5	Кристаллическая структура основных полупроводников и металлов /Пр/	5	2	ОПК-6-31 ОПК-6-32 ОПК-6-У1 ОПК-6-У2 ОПК-6-У3 ОПК-6-В1 ПК-1-31	Л1.4 Л1.6Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6		КМ2	Р1
1.6	Оценка электрических свойств полупроводников от степени легирования /Пр/	5	2	ОПК-6-31 ОПК-6-32 ОПК-6-У1 ОПК-6-У2 ОПК-6-У3 ОПК-6-В1 ПК-1-31	Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.5 Л2.7 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6		КМ2	Р2
1.7	Подготовка к лабораторным работам и обработка данных лабораторных работ /Ср/	5	14	ОПК-6-31 ОПК-6-32 ОПК-6-У1 ОПК-6-У2 ОПК-6-У3 ОПК-6-В1 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.6 Л1.7 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.4 Л2.8 Л2.9Л3.1 Л3.2 Л3.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8 Э9			Р5,Р6
1.8	Выполнение д/з № 1 /Ср/	5	10	ОПК-6-31 ОПК-6-32 ОПК-6-У1 ОПК-6-У2 ОПК-6-В1 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.4 Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6			Р1
1.9	Подготовка к лекциям /Ср/	5	4	ОПК-6-31 ОПК-6-32 ПК-1-31 ПК-1-32	Л1.4 Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.5 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6		КМ2	
	<b>Раздел 2. Химические связи</b>							
2.1	Основные представления о химических связях /Лек/	5	8	ОПК-6-31 ОПК-6-32 ПК-1-31	Л1.4 Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6		КМ2	
2.2	Подготовка к лекциям /Ср/	5	4	ОПК-6-31 ОПК-6-32 ПК-1-31	Л1.4 Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6		КМ2	
	<b>Раздел 3. Основные представления о строении и свойствах элементарных полупроводников, диэлектриков, двойных и тройных полупроводниковых соединений</b>							

3.1	Основные представления о химических связях, атомном строении и свойствах элементарных полупроводников /Лек/	5	2	ОПК-6-31 ОПК-6-32 ПК-1-31 ПК-3-31	Л1.4 Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6		КМ2,К М1	
3.2	Химические связи, структура и свойства двойных и тройных полупроводниковых соединений и твердых растворов на их основе /Лек/	5	4	ОПК-6-31 ОПК-6-32 ПК-1-31 ПК-3-31	Л1.4 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6		КМ2,К М1	
3.3	Химические связи, структура и свойства диэлектрических соединений /Лек/	5	2	ОПК-6-31 ОПК-6-32 ПК-1-31 ПК-3-31	Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6		КМ2,К М1	
3.4	Влияние состава твердого раствора при изовалентном замещении на ширину запрещенной зоны /Лаб/	5	6	ОПК-6-31 ОПК-6-32 ОПК-6-У1 ОПК-6-У2 ОПК-6-У3 ОПК-6-В1 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-1-В2	Л1.4 Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.4 Л2.5 Л2.7 Л2.8 Л2.9Л3.1 Л3.2 Л3.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8 Э9			Р7
3.5	Расчет параметров полупроводниковых материалов /Пр/	5	5	ОПК-6-31 ОПК-6-32 ОПК-6-У1 ОПК-6-У2 ОПК-6-В1 ПК-1-31	Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.4 Л2.5 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6		КМ2	
3.6	Написание реферата /Ср/	5	16	ОПК-6-31 ОПК-6-32 ПК-1-31 ПК-3-31	Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.4 Л2.5 Л2.7 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6		КМ1	
3.7	Подготовка к лекциям /Ср/	5	4	ОПК-6-31 ОПК-6-32 ПК-1-31 ПК-3-31	Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6		КМ2	
3.8	Подготовка к лабораторным работам и обработка данных лабораторных работ /Ср/	5	10	ОПК-6-31 ОПК-6-32 ОПК-6-У1 ОПК-6-У2 ОПК-6-У3 ОПК-6-В1 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-1-В2	Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.4 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8 Э9			Р7



	<b>Раздел 4. Структурные дефекты (несовершенства) в полупроводниках, диэлектриках и металлах</b>							
4.1	Структурные дефекты в твёрдых кристаллических телах /Лек/	5	10	ОПК-6-31 ОПК-6-32 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-3-31	Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.6 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6		КМ2	
4.2	Влияние дислокаций на время жизни неосновных носителей заряда /Лаб/	6	6	ОПК-6-31 ОПК-6-32 ОПК-6-У1 ОПК-6-У2 ОПК-6-У3 ОПК-6-В1 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-1-В2	Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.4 Л2.8 Л2.9Л3.1 Л3.2 Л3.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8 Э9			Р8
4.3	Расчет равновесной концентрации собственных структурных дефектов /Пр/	5	4	ОПК-6-31 ОПК-6-32 ОПК-6-У1 ОПК-6-У2 ОПК-6-У3 ОПК-6-В1 ПК-1-31	Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.6 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6		КМ2	Р3
4.4	Оценка влияния концентрации структурных дефектов и их влияния на электрические свойства полупроводниковых материалов /Пр/	5	4	ОПК-6-31 ОПК-6-32 ОПК-6-У1 ОПК-6-У2 ОПК-6-У3 ОПК-6-В1 ПК-1-31	Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.4 Л2.5 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6		КМ2	Р3
4.5	Выполнение д/з № 3 /Ср/	5	10	ОПК-6-31 ОПК-6-32 ОПК-6-У1 ОПК-6-У2 ОПК-6-У3 ОПК-6-В1 ПК-1-31	Л1.4 Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.4 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6			Р3
4.6	Подготовка к лабораторным работам и обработка данных лабораторных работ /Ср/	6	6	ОПК-6-31 ОПК-6-32 ОПК-6-У1 ОПК-6-У2 ОПК-6-У3 ОПК-6-В1 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.4 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8 Э9			Р8
4.7	Подготовка к лекциям /Ср/	5	4	ОПК-6-31 ОПК-6-32 ПК-1-31 ПК-3-31	Л1.4 Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.4 Л2.5 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6		КМ2	
	<b>Раздел 5. Примеси в полупроводниках</b>							

5.1	Примеси в полупроводниковых и диэлектрических фазах /Лек/	6	8	ОПК-6-31 ОПК-6-32 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-3-31	Л1.3 Л1.5 Л1.6 Л1.8 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.4 Л2.5 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6		КМ3	
5.2	Оценка влияния примеси на электрические свойства полупроводниковых материалов /Пр/	6	6	ОПК-6-31 ОПК-6-32 ОПК-6-У1 ОПК-6-У2 ОПК-6-У3 ОПК-6-В1 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-3-31	Л1.3 Л1.6 Л1.8 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.4 Л2.5 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6		КМ3	
5.3	Подготовка к лекциям /Ср/	6	4	ОПК-6-31 ОПК-6-32 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-3-31	Л1.3 Л1.5 Л1.6 Л1.8 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.4 Л2.5 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6		КМ3	
	<b>Раздел 6. Поверхностные явления в полупроводниках</b>							
6.1	Особенности поверхностных явлений в полупроводниковых и диэлектрических фазах /Лек/	6	8	ОПК-6-31 ОПК-6-32 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-3-31	Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.4 Л2.5 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6		КМ3	
6.2	Влияние характера обработки поверхности на поверхностную проводимость /Лаб/	6	6	ОПК-6-31 ОПК-6-32 ОПК-6-У2 ОПК-6-В1 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-3-31	Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.8 Л2.9Л3.1 Л3.2 Л3.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8 Э9			Р9
6.3	Оценка поверхностных свойств полупроводников /Пр/	6	5	ОПК-6-31 ОПК-6-32 ОПК-6-У1 ОПК-6-У2 ОПК-6-У3 ОПК-6-В1 ПК-1-31 ПК-3-31	Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.4 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6		КМ3	
6.4	Подготовка к лекциям /Ср/	6	4	ОПК-6-31 ОПК-6-32 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-3-31	Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.4 Л2.5 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6		КМ3	

6.5	Подготовка к лабораторным работам и обработка данных лабораторных работ /Ср/	6	6	ОПК-6-31 ОПК-6-32 ОПК-6-У2 ОПК-6-В1 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-3-31	Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8 Э9			Р9
<b>Раздел 7. Равновесные и неравновесные фазовые состояния в полупроводниковых, диэлектрических и металлических системах</b>								
7.1	Фазовые равновесия в полупроводниковых, диэлектрических и металлических системах /Лек/	6	10	ОПК-6-31 ОПК-6-32 ПК-1-31 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2 Л1.5 Л1.6Л2.2 Л2.5 Л2.7 Л2.10 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6		КМ3	
7.2	Построение разрезов трехкомпонентных фазовых диаграмм /Пр/	6	2	ОПК-6-31 ОПК-6-32 ОПК-6-У1 ОПК-6-У2 ОПК-6-У3 ОПК-6-В1 ПК-1-31 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.5 Л1.6Л2.10 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6		КМ3	Р4
7.3	Выполнение д/з № 4 /Ср/	6	6	ОПК-6-31 ОПК-6-32 ОПК-6-У1 ОПК-6-У2 ОПК-6-У3 ОПК-6-В1 ПК-1-31 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.5 Л1.6Л2.10 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6			Р4
7.4	Подготовка к лекциям /Ср/	6	4	ОПК-6-31 ОПК-6-32 ПК-1-31 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2 Л1.5 Л1.6Л2.2 Л2.5 Л2.7 Л2.10 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6		КМ3	
<b>Раздел 8. Диффузия в полупроводниках</b>								
8.1	Диффузия в твёрдых телах /Лек/	6	6	ОПК-6-31 ОПК-6-32 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-3-31	Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.11 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6		КМ3	
8.2	Особенности диффузионных процессов в полупроводниках /Лек/	6	2	ОПК-6-31 ОПК-6-32 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-3-31	Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.4 Л2.5 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.11 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6		КМ3	

8.3	Определение коэффициента диффузии в полупроводнике по глубине залегания р-n-перехода /Лаб/	6	5	ОПК-6-31 ОПК-6-32 ОПК-6-У1 ОПК-6-У2 ОПК-6-У3 ОПК-6-В1 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.4 Л2.8 Л2.9 Л2.11Л3.1 Л3.2 Л3.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8 Э9			P10
8.4	Оценка параметров диффузии /Пр/	6	4	ОПК-6-31 ОПК-6-32 ОПК-6-У1 ОПК-6-У2 ОПК-6-У3 ОПК-6-В1 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.4 Л2.5 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.11 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6		КМ3	
8.5	Подготовка к лекциям /Ср/	6	4	ОПК-6-31 ОПК-6-32 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-3-31	Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.4 Л2.5 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.11 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6		КМ3	
8.6	Подготовка к лабораторным работам и обработка данных лабораторных работ /Ср/	6	6	ОПК-6-31 ОПК-6-32 ОПК-6-У1 ОПК-6-У2 ОПК-6-В1 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.8 Л2.9 Л2.11 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8 Э9			P10

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### 5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Реферат	ОПК-6-31;ОПК-6-32;ОПК-6-У2	Задание на написание реферата выдается персонально. Тема реферата относится к разделу 3. Основные представления о строении и свойствах элементарных полупроводников, диэлектриков, двойных и тройных полупроводниковых

КМ2	Экзамен 1 семестр	ОПК-6-31;ОПК-6-32;ОПК-6-У1;ОПК-6-У2;ОПК-6-У3	<p>Раздел 1. Свойства твердых тел</p> <p>1.1. Классификация материалов: проводники, полупроводники, диэлектрики. Основные принципы.</p> <p>1.2. Электронное строение атомов. Атомные радиусы.</p> <p>1.3. Классификация свойств твердых тел. Структурно-чувствительные и структурно-нечувствительные свойства.</p> <p>1.4. Основные свойства полупроводников. Электрические свойства.</p> <p>1.5. Основные свойства диэлектриков. Диэлектрическая проницаемость и поляризация.</p> <p>1.6. Свойства материалов: тепловые свойства. Термоэлектрические явления.</p> <p>1.7. Свойства материалов: оптические свойства. Люминесценция. Поляризация света.</p> <p>1.8. Свойства материалов: акустические свойства. Акустооптическое взаимодействие.</p> <p>1.9. Свойства материалов: механические свойства. Закон Гука. Модуль Юнга. Пьезоэлектрический эффект.</p> <p>1.10. Свойства материалов: магнитные свойства. Магнито-мягкие, магнито-твердые материалы.</p> <p>Раздел 2. Химические связи.</p> <p>2.1. Сравнение основных свойств материалов с различными типами химической связи (характеристика и энергия связи, структура, электрические, тепловые, оптические)</p> <p>2.2. Типы химических связей и электронная плотность в элементарных кристаллических твердых телах. Гетеродесмичность химических связей.</p> <p>2.3. Ионная связь. Электроотрицательность. Закономерность образования ионной связи по Л.Полингу.</p> <p>2.4. Ионная связь. Уравнение Моделунга. Поляризуемость ионной связи. Ионные радиусы.</p> <p>2.5. Ван-дер-вальсова (поляризационная) связь.</p> <p>2.6. Металлическая связь. Полиморфизм.</p> <p>2.7. Ковалентная связь. Метод валентных связей.</p> <p>2.8. Ковалентная связь. Метод молекулярных орбит.</p> <p>2.9. Ковалентная связь. Гибридизация валентных орбиталей.</p> <p>Раздел 3. Основные представления о строении и свойствах элементарных полупроводников, диэлектриков, двойных и тройных полупроводниковых соединений</p> <p>3.1. Элементарные полупроводники (структура, свойства, зонная структура, области применения).</p> <p>3.2. Химические связи в элементарных полупроводниках и структуры, в которых кристаллизуются эти вещества. Правило Юм-Розери.</p> <p>3.3. Химические связи и структура углеродных нанобразований (фуллеренов, фуллериты, нанотрубки, графен)</p> <p>3.4. Аморфные полупроводники.</p> <p>3.5. Классификация полупроводниковых и диэлектрических соединений. Ионные радиусы.</p> <p>3.6. Закономерности образования полупроводниковых соединений. Правило Музера-Пирсона.</p> <p>3.7. Закономерности образования полупроводниковых соединений. Правило Горюновой Н.А.</p> <p>3.8. Двойные алмазоподобные полупроводниковые соединения. Соединения типа АПВV. Химические связи и атомная структура алмазоподобных соединений АПВV.</p> <p>3.10. Свойства соединений АПВV (в том числе свойства арсенида галлия, антимонида индия, нитрида галлия) и твердых растворов на их основе.</p> <p>3.11. Химические связи, атомная структура и свойства соединений АПВVI и твердых растворов на их основе.</p> <p>3.12. Химические связи, атомная структура и свойства соединений АIVBIV. Полиморфные превращения SiC.</p> <p>3.13. Химические связи, атомная структура и свойства соединений</p>
-----	-------------------	--	---

		<p>AV2BVI3 и твердых растворов на их основе.</p> <p>3.14. Закономерности образования тройных алмазоподобных фаз. Класс соединения АПВВ.</p> <p>3.15. Закономерности образования тройных полупроводниковых фаз. Класс соединения АПВVI.</p> <p>3.16. Закономерности образования диэлектрических соединений. Классы диэлектрических соединений. Диэлектрическая проницаемость.</p> <p>3.17. Виды и механизмы поляризации. Спонтанная поляризация.</p> <p>3.18. Диэлектрические соединения: пьезоэлектрики. Температура Кюри.</p> <p>3.19. Диэлектрические соединения: сегнетоэлектрики. Температура Кюри.</p> <p>3.20. Химические связи, структура и свойства диэлектрических соединений АВОЗ, обладающих сегнетоэлектрическими свойствами.</p> <p>3.21. Диэлектрические соединения: пироэлектрики. Свойства соединений и твердых растворов на основе этих соединений.</p> <p>3.22. Пассивные диэлектрики. Свойства и структура соединений.</p> <p>3.23. Структура и свойства магнитных диэлектрических соединений (ферритов).</p> <p>Раздел 4. Структурные дефекты (несовершенства) в полупроводниках, диэлектриках и металлах</p> <p>4.1. Идеальные кристаллы и реальные твердые тела. Классификация дефектов. Равновесные и неравновесные дефекты.</p> <p>4.2. Точечные дефекты. Температурная зависимость равновесной концентрации точечных дефектов в твердых телах.</p> <p>4.3. Точечные дефекты в элементарных полупроводниках и в полупроводниковых соединениях. Комплексообразование (кластеризация) точечных дефектов.</p> <p>4.4. Точечные дефекты в элементарных полупроводниках и в полупроводниковых соединениях. Микродефекты. Антиструктурные дефекты.</p> <p>4.5. Взаимодействие точечных дефектов с другими дефектами и примесями в элементарных полупроводниках и в полупроводниковых соединениях.</p> <p>4.6. Дислокации в элементарных полупроводниках и полупроводниковых соединениях (типы дислокаций). Дислокации в веществах со структурой алмаза, сфалерита и вюрцита (причины появления и механизмы образования).</p> <p>4.7. Дислокации в элементарных полупроводниках и полупроводниковых соединениях (типы дислокаций). Тетраэдр Томпсона.</p> <p>4.8. Механизмы перемещения дислокаций. Барьеры Пайерлса–Наббарро.</p> <p>4.9. Взаимодействие дислокаций с точечными дефектами и примесями. Примесные атмосферы на дислокациях.</p> <p>4.10. Взаимодействие дислокаций друг с другом. Критерий Франка. Полигонизация.</p> <p>4.11. Дислокации в элементарных полупроводниках и полупроводниковых соединениях. Дефект упаковки.</p> <p>4.12. Влияние дислокаций на физические свойства полупроводников.</p> <p>4.13. Двумерные дефекты: малоугловые и большеугловые границы.</p> <p>4.14. Двумерные дефекты: плоскости и границы двойникования, дефекты упаковки. Особенности строения реальных бездислокационных монокристаллов, монокристаллов с дислокациями и поликристаллов полупроводников.</p> <p>4.15. Двумерные дефекты: внутрифазные границы (границы зерен – случайные и специальные).</p> <p>4.16. Двумерные дефекты: межфазные границы (когерентные и некогерентные).</p> <p>4.17. Влияние двумерных дефектов на физические свойства полупроводников</p> <p>4.18. Объемные (трехмерные) несовершенства. Макронапряжения и микронапряжения.</p> <p>4.19. Объемные (трехмерные) несовершенства. Источники</p>
--	--	--

			появления напряжений в кристаллах и слитках полупроводников. 4.20. Влияние объемных(трехмерные) несовершенств на физические свойства полупроводников.
--	--	--	--

КМЗ	Экзамен 2 семестр	ОПК-6-31;ОПК-6-32;ОПК-6-У1;ОПК-6-У2;ОПК-6-У3	<p>Раздел 5. Примеси в полупроводниках.</p> <p>5.1. Классификация примесей в полупроводниках и диэлектриках. Одно- и многозарядные примеси.</p> <p>5.2. Примесные состояний в полупроводниках. Степень легирования.</p> <p>5.3. Примесные состояний в полупроводниках. Политропия примеси.</p> <p>5.4. Неизовалентные примеси в элементарных полупроводниках (на примере поведения примесей в кремнии и германии).</p> <p>5.5. Изовалентные примеси в элементарных полупроводниках (на примере кремния и германия). Правило Вегарда.</p> <p>5.6. Неизовалентные примеси в полупроводниковых соединениях (на примере поведения примесей в соединениях АПВВ).</p> <p>5.7. Изовалентные примеси в полупроводниковых соединениях (на примере поведения примесей в соединениях АПВВ).</p> <p>5.8. Фоновые примеси и их источники в элементарных полупроводниках и полупроводниковых соединениях. Влияние фоновых примесей на физические свойства полупроводниковых фаз.</p> <p>5.9. Амфотерные примеси в элементарных полупроводниках и в полупроводниковых соединениях.</p> <p>Раздел 6. Поверхностные явления в полупроводниках.</p> <p>6.1. Поверхностные явления в полупроводниковых фазах. Строение поверхности и поверхностных слоев в полупроводниках. Поверхностные химические связи</p> <p>6.2. Поверхностные состояния. Уровни Тамма. Собственные поверхностные состояния</p> <p>6.3. Поверхностные состояния. Уровни Шокли. Примесные поверхностные состояния</p> <p>6.4. Реальные поверхностные состояния</p> <p>6.5. Адсорбционные явления на поверхности (межфазных границах)</p> <p>6.6. Физические свойства поверхности полупроводниковых фаз</p> <p>6.7. Физические свойства поверхности соединений типа АПВВ</p> <p>6.8. Приповерхностная область пространственного заряда</p> <p>Раздел 7. Равновесные и неравновесные фазовые состояния в полупроводниковых, диэлектрических и металлических системах</p> <p>7.1. Твердые и жидкие растворы. Типы растворов. Соединения.</p> <p>7.2. Фазовые равновесия. Правило фаз Гиббса. Вывод уравнения</p> <p>7.3. Фазовые превращения I рода</p> <p>7.4. Фазовые превращения II рода</p> <p>7.5. Элементы геометрической термодинамики. Описание фазовых состояний в одно- и многокомпонентных системах с помощью фазовых диаграмм</p> <p>7.6. Р-Т диаграммы однокомпонентных систем</p> <p>7.7. Т-Х диаграмм двухкомпонентных систем. Основные закономерности построения. Правило рычага</p> <p>7.8. Методы построения и расчетов диаграмм фазовых равновесий. Классификация диаграмм состояния двойных систем</p> <p>7.9. Построение диаграмм состояния двойных систем методом термодинамического потенциала</p> <p>7.10. Построение диаграмм состояния двойных систем методом кривых охлаждения. Правила построения фазовых диаграмм в координатах Т-Х</p> <p>7.11. Твердые растворы. Предел растворимости. Ретроградная растворимость.</p> <p>7.12. Особенности строения Т-Х двухкомпонентных фазовых диаграмм: с невариантным эвтектическим (эвтектоидным) равновесием. (Фазовые превращения, структура фаз, кривые охлаждения).</p> <p>7.13. Особенности строения Т-Х двухкомпонентных фазовых диаграмм: с невариантным перитектическим (перитектоидным)</p>
-----	-------------------	--	--



			<p>равновесием. (Фазовые превращения, структура фаз, кривые охлаждения).</p> <p>7.14. Особенности строения Т-Х двухкомпонентных фазовых диаграмм с полупроводниковыми соединениями. Области гомогенности соединений.</p> <p>7.15. Особенности строения Т-Х двухкомпонентных фазовых диаграмм с конгруэнтно плавящимся соединением. (Фазовые превращения, структура фаз, кривые охлаждения).</p> <p>7.16. Геометрические основы изображения диаграмм состояния трехкомпонентных систем. Правило рычага. Правило тяжести треугольника.</p> <p>7.17. Фазовые равновесия в трехкомпонентных системах с одним моновариантным эвтектическим превращением. (Фазовые превращения, структура фаз, политермические и изотермические разрезы).</p> <p>7.18. Фазовые равновесия в трехкомпонентных системах с одним конгруэнтно-плавящимся двойным соединением. Квазибинарные разрезы.</p> <p>7.19. Фазовые равновесия в трехкомпонентных системах с одним нонвариантным эвтектическим превращением. (Фазовые превращения, структура фаз, политермические и изотермические разрезы).</p> <p>7.20. Фазовые равновесия в трехкомпонентных системах с несколькими промежуточными фазами (двойными соединениями). Триангуляция тройных систем.</p> <p>Раздел 8. Диффузия в полупроводниках</p> <p>8.1. Классификация диффузионных процессов в твердых телах. Свободная и вынужденная диффузия</p> <p>8.2. Атомные механизмы диффузии</p> <p>8.3. Механизмы диффузии (вакансионный)</p> <p>8.4. Механизмы диффузии (межузельный)</p> <p>8.5. Законы диффузии (1 и 2 законы Фика)</p> <p>8.6. Решения уравнения второго закона Фика</p> <p>8.7. Коэффициент диффузии (D). Энергия активации диффузии (Q)</p> <p>8.8. Методы определения D и Q (прямые и косвенные)</p> <p>8.9. Диффузия, сопровождаемая фазовыми превращениями (реактивная диффузия)</p> <p>8.10. Влияние начальных и граничных условий на кинетику протекания диффузионных процессов</p> <p>8.11. Явления, сопровождающие диффузию (в том числе дефектообразование). Эффект Киркендалла</p> <p>8.12. Поверхностная и зернограничная диффузия.</p> <p>8.13. Особенности диффузионных процессов в элементарных полупроводниках и полупроводниковых соединениях.</p> <p>8.14. Диффузионное легирование полупроводников.</p>
--	--	--	---

**5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)**

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Домашнее задание № 1	ОПК-6-31;ОПК-6-У1;ОПК-6-В1	Расчетное задание
P2	Домашнее задание № 2	ОПК-6-31;ОПК-6-32;ОПК-6-У1;ОПК-6-У2;ОПК-6-У3;ОПК-6-В1	Расчетное задание
P3	Домашнее задание № 3	ОПК-6-31;ОПК-6-32;ОПК-6-У1;ОПК-6-У2;ОПК-6-В1	Расчетное задание
P4	Домашнее задание № 4	ОПК-6-31;ОПК-6-У1;ОПК-6-У2;ОПК-6-У3;ОПК-6-В1	Расчетное задание

P5	Лабораторная работа № 1	ОПК-6-31;ОПК-6-32;ОПК-6-У1;ОПК-6-У2;ОПК-6-У3;ОПК-6-В1	Влияние легирования на термоэлектрические свойства полупроводниковых материалов
P6	Лабораторная работа № 2	ОПК-6-31;ОПК-6-32;ОПК-6-У1;ОПК-6-У2;ОПК-6-У3;ОПК-6-В1	Механические свойства полупроводниковых материалов
P7	Лабораторная работа № 3	ОПК-6-31;ОПК-6-32;ОПК-6-У1;ОПК-6-У2;ОПК-6-У3;ОПК-6-В1	Влияние состава твердого раствора при изовалентном замещении на ширину запрещенной зоны
P8	Лабораторная работа № 4	ОПК-6-31;ОПК-6-32;ОПК-6-У1;ОПК-6-У2;ОПК-6-У3;ОПК-6-В1	Влияние дислокаций на время жизни неосновных носителей заряда
P9	Лабораторная работа № 5	ОПК-6-31;ОПК-6-32;ОПК-6-У1;ОПК-6-У2;ОПК-6-У3;ОПК-6-В1	Влияние характера обработки поверхности на поверхностную проводимость
P10	Лабораторная работа № 6	ОПК-6-В1;ОПК-6-У3;ОПК-6-У2;ОПК-6-У1;ОПК-6-32;ОПК-6-31	Определение коэффициента диффузии в полупроводнике по глубине залегания р-n-перехода

### 5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

В конце каждого семестра предусмотрен экзамен по соответствующим пройденным разделам.

Экзаменационный билет состоит из 2-х теоретических вопросов и двух расчетных заданий.

Типовые вопросы экзамена приведены в вопросах самоподготовки. (см. Приложения)

Расчетные задания рассматриваются на практических занятиях в течении семестра.

Билеты хранятся на кафедре.

### 5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

Шкала оценивания знаний обучающихся на экзамене:

Оценка «отлично» - студент ответил на все вопросы и решил все задания без ошибок, дал исчерпывающие ответы в объеме пройденной программы, способен применить полученные знания на практике, грамотно и логически излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала.

Оценка «хорошо» - студент дал неполные ответы на все вопросы или в ответах имелись не принципиальные ошибки, при ответе показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал.

Оценка «удовлетворительно» - студент показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но способен исправиться после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике;

Оценка «неудовлетворительно» - студент допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

Оценка «не явка» – студент на экзамен не явился.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Захаров А. М.	Диаграммы состояния двойных и тройных систем: учеб. пособие для студ. металлург. и машиностроит. спец. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1990
Л1.2	Белов Н. А.	Диаграммы состояния тройных и четверных систем: учеб. пособие для студ. вузов спец. - Металлургия	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2007
Л1.3	Мейер Дж., Эрикссон Л., Дэвис Дж., Гусев В. М.	Ионное легирование полупроводников: (Кремний и германий)	Библиотека МИСиС	М.: Мир, 1973

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.4	Шаскольская М. П.	Кристаллография: учеб. пособие для студ. высш. техн. учеб. заведений	Библиотека МИСиС	М.: Высш. шк., 1984
Л1.5	Блистанов Александр Алексеевич	Кристаллы квантовой и нелинейной оптики: учебное пособие для студ. вузов спец. - 'Микроэлектроника и твердотельная электроника', 'Электроника и микроэлектроника'	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2007
Л1.6	Горелик С. С., Дашевский М. Я.	Материаловедение полупроводников и диэлектриков: учебник для студ. вузов по напр. 'Материаловедение и технология новых материалов', 'Материаловедение, технологии материалов и покрытий'	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2003
Л1.7	Золоторевский В. С.	Механические свойства металлов: Учебник для студ. вузов, обуч. по группе спец. направления 'Металлургия'	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 1998
Л1.8	Фистуль В. И.	Сильно легированные полупроводники	Библиотека МИСиС	М.: Наука, 1967
Л1.9	Киреев П. С.	Физика полупроводников: Учеб. пособие для вузов	Библиотека МИСиС	М.: Высш. шк., 1975
Л1.10	Шалимова К. В.	Физика полупроводников: учебник для вузов по спец. 'Полупроводниковые и микроэлектрон. приборы'	Библиотека МИСиС	М.: Энергия, 1976

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Фистуль В. И.	Введение в физику полупроводников: учеб. пособие для вузов по спец. полупровод. и электрон. техники	Библиотека МИСиС	М.: Высш. шк., 1975
Л2.2	Новиков И. И., Розин К. М.	Кристаллография и дефекты кристаллической решетки: Учебник для вузов	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1990
Л2.3	Бублик В. Т., Дубровина А. Н.	Методы исследования структуры полупроводников и металлов: учеб. пособие для вузов по спец.- Технология спец. материалов электрон. техники	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1978
Л2.4	Павлов Л. П.	Методы определения основных параметров полупроводниковых материалов: учеб. пособие для студ. вузов спец. 'Полупроводниковые приборы'	Библиотека МИСиС	М.: Высш. шк., 1975
Л2.5	Нашельский А. Я.	Производство полупроводниковых материалов: Учеб. пособие для подготовки рабочих и мастеров на производстве	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1989

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.6	Горелик С. С., Скаков Ю. А., Расторгуев Л. Н.	Рентгенографический и электронно-оптический анализ: учеб. пособие для вузов	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2002
Л2.7	Нашельский А. Я.	Технология спецматериалов электронной техники: Учеб. пособие для техникумов по спец. 2001 'Технология материалов электрон. техники'	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1993
Л2.8	Бонч-Бруевич В. Л., Калашников С. Г.	Физика полупроводников: Учеб. пособие для студ. физ. спец. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Наука, 1990
Л2.9	Горбачев В. В., Спицына Л. Г.	Физика полупроводников и металлов: учебник для вузов по спец. 'Технология спец. материалов электрон. техники'	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1982
Л2.10	Жуховицкий А. А., Шварцман Л. А.	Физическая химия: Учебник для студ. металлург. спец. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1987
Л2.11	Бокштейн Б. С., Ярославцев А. Б.	Диффузия атомов и ионов в твердых телах	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2005

### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Потапов Юрий Владимирович, Горелик Семен Самуилович, Галаев Аули Александрович, Галаев Аули Александрович	Ч.1: Влияние температуры и состава на свойства полупроводниковых кристаллов: лаб. практикум для спец. 20.02 и 20.03	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1994
Л3.2	Лисовская Татьяна Дмитриевна, Потапов Юрий Владимирович, Дашевский Михаил Яковлевич, Галаев Аули Александрович	Ч.2: Фазовые равновесия и фазовые превращения: лаб. практикум для спец. 20.02 и 20.03	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1994
Л3.3	Галаев Аули Александрович, Потапов Юрий Владимирович	Ч.3: Влияние структурных несовершенств на свойства полупроводниковых материалов: лаб. практикум для спец. 20.02 и 20.03	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1994

### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Научная электронная библиотека eLIBRARY	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
Э2		<a href="https://lms.misis.ru">lms.misis.ru</a>
Э3	Аналитическая база Web of Science	<a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>
Э4	Аналитическая база Scopus	<a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>
Э5	Научные журналы издательства Elsevier	<a href="https://www.sciencedirect.com/">https://www.sciencedirect.com/</a>
Э6	Наукометрическая система InCites	<a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>
Э7	Ч.1: Влияние температуры и состава на свойства полупроводниковых кристаллов	<a href="http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&amp;fDocumentId=1417">http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&amp;fDocumentId=1417</a>
Э8	Ч.2: Фазовые равновесия и фазовые превращения	<a href="http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&amp;fDocumentId=1419">http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&amp;fDocumentId=1419</a>

Э9	Ч.3: Влияние структурных несовершенств на свойства полупроводниковых материалов	<a href="http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&amp;fDocumentId=2772">http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&amp;fDocumentId=2772</a>
----	---	---

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Win Pro 10 32-bit/64-bit
П.2	Microsoft Office
П.3	LMS Canvas

### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
К-406	Учебная аудитория	лабораторные установки для измерения: времени жизни неосновных носителей заряда в полупроводниках (с ПК и пакетом лицензионных прикладных программ); удельного электрического сопротивления полупроводников четырехзондовым методом (с ПК и пакетом прикладных программ); механических характеристик кристаллов; термоэлектрических свойств (с ПК и пакетом прикладных программ); удельного электрического сопротивления полупроводников двухзондовым методом (с ПК и пакетом прикладных программ); атомно-силовой и туннельный микроскоп (2 шт.) с ПК и пакетом прикладных программ; лабораторный стенд для определения ширины запрещенной зоны полупроводников и температурного коэффициента сопротивления металлов, лабораторный стенд для измерения эффекта Холла, лабораторный стенд для изучения влияния термодоноров на электропроводность полупроводников; набор демонстрационного оборудования в том числе: доска учебная, мультимедийная панель с ПК, комплект учебной мебели
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Читальный зал электронных ресурсов		комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Лекционные занятия проводятся в аудиториях, обеспеченных мультимедийным оборудованием, с возможностью показа презентаций и видеofilмов.

Практические занятия. В ходе практических занятий студенты получают коллективные задания для решения прикладных или расчетных задач. В ходе занятия с помощью преподавателя получают оптимальное решение полученного задания.

Лабораторные работы проводятся в специализированной лаборатории оборудованной соответствующими лабораторными стендами. Первоначально студенты получают допуск к выполнению лабораторной работы, который показывает готовность студента к выполнению конкретной лабораторной работы: для этого студент должен иметь лабораторный журнал, знать цели и методику проведения исследований, понимать базовые принципы заложенные в методе исследования. После прохождения краткого инструктажа по ТБ группа студентов (маршрут) выполняет лабораторную работу под контролем лаборанта. Полученные данные студенты обрабатывают и заносят в лабораторный журнал. После этого студенты

защищают полученные данные (обосновывают достоверность и подлинность полученных экспериментальных и расчетных данных на основании физических принципов заложенных в использованных методах исследования и возможных физических процессах произошедших в ходе лабораторной работы.

Домашние задания.

Расчетные задания для оценки параметров материалов при заданных условиях. (см.Приложения)

Реферат.

Задание на написание реферата выдается персонально. Тема реферата относится к разделу 3. Основные представления о строении и свойствах элементарных полупроводников, диэлектриков, двойных и тройных полупроводниковых соединений. (см. Приложения)

Проведение аудиторных занятий предусматривает использование в учебном курсе активных и интерактивных технологий:  
- при проведении практических занятий допускается использование проприетарного ПО, входящего в состав исследовательского оборудования.

Дисциплина относится к точным наукам и требует значительного объема самостоятельной работы. Отдельные учебные вопросы выносятся на самостоятельную проработку. При этом организуются групповые и индивидуальные консультации. Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе.

По курсу предусмотрен экзамен.

Материалы курса (презентации лекций, рекомендуемая литература, видеоматериалы и др.) приводятся в системе LMS Canvas по мере освоения дисциплины.

Дополнительно рекомендуемая литература.

- Пасынков В.В., Сорокин Н.М. Материалы электронной техники. – М.: Высшая школа, 2001, 365 с.
- Рез И.С., Поплавко Ю.М. Диэлектрики.- М: Радио и связь,1989, 287 с.
- Захаров А.М. Диаграммы состояния двойных и тройных систем. – М.: Металлургия, 1982, 242 с
- Золотухин И.В., Калинин Ю.В., Сточной О.В. Новые направления физического материаловедения. – Воронеж: Изд-во Воронежского университета, 2000, 360 с.
- Лисовская Т.Д. Материаловедение полупроводников и диэлектриков: лабораторный практикум, часть IV (под редакцией С.С. Горелика) – М.: МИСиС, 1986, 70 с.
- Пека Г.П.: Физика поверхности полупроводников. - Киев: Киевского Университета, 1967, 193 с.
- Пархоменко Ю.Н. Спектроскопические методы исследования, лабораторный практикум, часть I. – М.: Издательство «Руда и металлы», 1999, 72 с.
- Шаскольская М.П. Кристаллография. – М.: Высшая школа, 1984, 391 с.
- Петров Д.А. Двойные и тройные системы. – М.: Металлургия, 1986, 256 с.
- Ковтуненко Н.В. Физическая химия твёрдого тела. Кристаллы с дефектами. – М.: Высшая школа, 1993, 352 с.
- Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. – М.: «Наука», Главная редакция физико-математической литературы, 1990, 685 с.
- Мильвидский М.Г., Освенский В.Б. Структурные дефекты в монокристаллах полупроводников. –М.: Металлургия, 1984, 284 с.
- Вавилов В.С., Киселёв В.Ф. Мукашев Б.Н. Дефекты в кремнии и на его поверхности. – М.: Наука, 1990, 212 с.
- Случинская И.А. Основы материаловедения и технологии полупроводников. – М.: МИФИ, 2002, 378 с.
- Бокштейн Б.С., Ярославцев А.Б. Диффузия атомов и ионов в твёрдых телах. – М.: МИСиС, 2005, 382 с.
- Фистуль В.И. Атомы легирующих примесей в полупроводниках. – М.: Физматлит, 2004, 431 с.