

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 09.07.2023 21:51:01

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)

Общее материаловедение

Закреплена за подразделением

Кафедра материаловедения полупроводников и диэлектриков

Направление подготовки

28.03.01 НАНОТЕХНОЛОГИИ И МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА

Профиль

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

4 ЗЕТ

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 5

аудиторные занятия

68

самостоятельная работа

40

часов на контроль

36

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	5 (3.1)		Итого	
	Неделя 18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	34	34	34	34
Лабораторные	17	17	17	17
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	68	68	68	68
Контактная работа	68	68	68	68
Сам. работа	40	40	40	40
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

кфмн, Доцент, Подгорный Дмитрий Андреевич; к.т.н., доц., Быков Александр Сергеевич

Рабочая программа

Общее материаловедение

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 28.03.01 НАНОТЕХНОЛОГИИ И МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, 28.03.01-БНМТ-22.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.09.2022, протокол № 8-22

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, нанoeлектронике, 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
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Математическая статистика и анализ данных	
2.1.2	Методы математической физики	
2.1.3	Основы квантовой механики	
2.1.4	Практическая кристаллография	
2.1.5	Физика	
2.1.6	Физическая химия	
2.1.7	Электротехника	
2.1.8	Математика	
2.1.9	Органическая химия	
2.1.10	Информатика	
2.1.11	Химия	
2.1.12	Инженерная и компьютерная графика	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Материаловедение наноструктурированных материалов	
2.2.2	Материалы и элементы микро- и наносенсорики	
2.2.3	Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем	
2.2.4	Физика диэлектриков	
2.2.5	Физика магнитных явлений	
2.2.6	Физика полупроводников и основы твердотельной электроники	
2.2.7	Инженерная математика	
2.2.8	Конструкционные материалы и их технологии	
2.2.9	Материаловедение магнитной электроники и микросистемной техники	
2.2.10	Оборудование микро- и нанотехнологий	
2.2.11	Оборудование производства магнитных материалов	
2.2.12	Производственный менеджмент	
2.2.13	Физические основы микро- и наносистемной техники	
2.2.14	Функциональные материалы и их технологии	
2.2.15	Ионно-плазменная обработка материалов	
2.2.16	Магнитные измерения	
2.2.17	Моделирование и проектирование микро- и наносистем	
2.2.18	Основы спинтроники	
2.2.19	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.20	Технология производства ферритовых материалов и радиокерамики	
2.2.21	Физика взаимодействия частиц и излучений с веществом	
2.2.22	Химия наноматериалов и наносистем	

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

УК-2: Способен собирать и интерпретировать данные и определять круг задач в рамках поставленной цели, выбирать оптимальные способы решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений, умение обосновывать принятые решения
Знать:
УК-2-32 основные свойства материалов используемых в электронной промышленности
ОПК-1: Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования
Знать:
ОПК-1-31 некоторые разделы физики и химии
ПК-1: Способен анализировать конструкции и технологии изготовления микро-и наноразмерных электромеханических систем по существующим источникам информации
Знать:
ПК-1-31 физические основы технологических процессов и критерии выбора материалов
УК-2: Способен собирать и интерпретировать данные и определять круг задач в рамках поставленной цели, выбирать оптимальные способы решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений, умение обосновывать принятые решения
Знать:
УК-2-31 физические принципы заложенные в основе методов исследования материалов
УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, умение анализировать процессы и системы с использованием соответствующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов, применять системный подход для решения поставленных задач
Знать:
УК-1-31 классификацию полупроводниковых и диэлектрических материалов используемых в электронной технике
Уметь:
УК-1-У1 разрабатывать составы и структуры полупроводниковых и диэлектрических материалов, в том числе наноматериалов, с заданными свойствами
ОПК-1: Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования
Уметь:
ОПК-1-У1 исследовать физические свойства полупроводниковых, диэлектрических и металлических материалов
УК-2: Способен собирать и интерпретировать данные и определять круг задач в рамках поставленной цели, выбирать оптимальные способы решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений, умение обосновывать принятые решения
Уметь:
УК-2-У1 анализировать влияние легирующих и фоновых примесей, структурных дефектов на физические свойства полупроводниковых и диэлектрических материалов и приборных структур твёрдотельной электроники
ПК-1: Способен анализировать конструкции и технологии изготовления микро-и наноразмерных электромеханических систем по существующим источникам информации
Уметь:
ПК-1-У1 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
Владеть:
ПК-1-В1 расчетом процессов легирования и выращивания кристаллов и плёнок полупроводников и диэлектриков
УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, умение анализировать процессы и системы с использованием соответствующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов, применять системный подход для решения поставленных задач
Владеть:
УК-1-В1 использовать приборы и установки для измерения физических свойств (электрических, оптических, магнитных, механических) различных материалов и приборов твёрдотельной электроники
УК-2: Способен собирать и интерпретировать данные и определять круг задач в рамках поставленной цели, выбирать оптимальные способы решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений, умение обосновывать принятые решения

Владеть:
УК-2-В1 методами оценки и расчета параметров материалов и приборных структур
ОПК-1: Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования
Владеть:
ОПК-1-В1 планировать и организовывать измерения физических свойств (электрических, оптических, магнитных, механических и других) полупроводниковых, диэлектрических и металлических материалов

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
	Раздел 1. Химическая связь, фазовые состояния, структурные особенности и свойства твердых тел							
1.1	Основные свойства полупроводников, диэлектриков и металлов /Лек/	5	6	УК-1-31 УК-2-31 УК-2-32 ОПК-1-31 ПК-1-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.11 Л2.12 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ2	
1.2	Кристаллическая структура основных полупроводников и металлов /Пр/	5	2	УК-1-31 УК-2-32 УК-2-У1 ОПК-1-31 ПК-1-31	Л1.4 Л1.6Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ2	Р1
1.3	Оценка электрических свойств полупроводников от степени легирования /Пр/	5	3	УК-1-31 УК-1-У1 УК-2-32 ОПК-1-31 ПК-1-31	Л1.3 Л1.6 Л1.8 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.4 Л2.6 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5			
1.4	Выполнение д/з №1 /Ср/	5	3	УК-1-31 УК-2-32 УК-2-У1 ОПК-1-31 ПК-1-31	Л1.4 Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.4 Л2.9 Л2.10 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5			
1.5	Подготовка к лекциям /Ср/	5	2	УК-1-31 УК-2-32 ОПК-1-31 ПК-1-31	Л1.3 Л1.4 Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.6 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ2	
	Раздел 2. Химические связи							

2.1	Основные представления о химических связях /Лек/	5	4	УК-1-31 УК-2-32 ОПК-1-31 ПК-1-31	Л1.4 Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.7 Л2.9 Л2.10 Л2.11 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ2,К М1	
2.2	Особенности химических связей в полупроводниковых материалах /Пр/	5	2	УК-1-31 УК-2-32 ОПК-1-31 ПК-1-31	Л1.4 Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.11 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5			
2.3	Подготовка к лекциям /Ср/	5	2	УК-1-31 УК-2-32 ОПК-1-31 ПК-1-31	Л1.4 Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.7 Л2.9 Л2.10 Л2.11 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ2	
	Раздел 3. Основные представления о строении и свойствах элементарных полупроводников, диэлектриков, двойных и тройных полупроводниковых соединений							
3.1	Химические связи, структура и свойства полупроводниковых и диэлектрических материалов и соединений и твёрдых растворов на их основе /Лек/	5	6	УК-1-31 УК-2-32 ОПК-1-31 ПК-1-31	Л1.4 Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ2,К М1	
3.2	Оценка свойств полупроводниковых материалов /Пр/	5	3	УК-1-31 УК-1-У1 УК-2-32 УК-2-У1 УК-2-В1 ОПК-1-31 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.4 Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5			
3.3	Влияние состава твердого раствора при изовалентном замещении на ширину запрещенной зоны /Лаб/	5	6	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 УК-2-31 УК-2-32 УК-2-У1 УК-2-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1	Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.6 Л2.8 Л2.9 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3 Э1 Э2 Э3 Э5			Р4

3.4	Подготовка к лабораторным работам и обработка данных лабораторных работ /Ср/	5	2	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 УК-2-31 УК-2-32 УК-2-У1 УК-2-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.6 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Э1 Э2 Э3 Э5			
3.5	Написание реферата /Ср/	5	4	УК-1-31 УК-2-32 ОПК-1-31 ПК-1-31	Л1.4 Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Э1 Э2 Э3 Э5			
3.6	Подготовка к лекциям /Ср/	5	2	УК-1-31 УК-2-32 ОПК-1-31 ПК-1-31	Л1.4 Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Э1 Э2 Э3 Э5		КМ2	
	Раздел 4. Структурные дефекты (несовершенства) в полупроводниках, диэлектриках и металлах							
4.1	Структурные дефекты в твёрдых кристаллических телах /Лек/	5	6	УК-1-31 УК-2-32 ОПК-1-31 ПК-1-31	Л1.4 Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.7 Л2.9 Л2.10 Л2.12 Э1 Э2 Э3 Э5		КМ2	
4.2	Влияние дислокаций на время жизни неосновных носителей заряда /Лаб/	5	6	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 УК-2-31 УК-2-32 УК-2-У1 УК-2-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.9 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3 Э1 Э2 Э3 Э5		КМ2	Р5
4.3	Оценка влияния концентрации структурных дефектов и их влияния на электрические свойства полупроводниковых материалов /Пр/	5	2	УК-1-31 УК-1-У1 УК-2-32 УК-2-У1 УК-2-В1 ОПК-1-31 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.4 Л2.9 Л2.10 Э1 Э2 Э3 Э5			
4.4	Подготовка к лабораторным работам и обработка данных лабораторных работ /Ср/	5	2	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 УК-2-31 УК-2-32 УК-2-У1 УК-2-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.4 Л2.9 Л2.10 Э1 Э2 Э3 Э5			

4.5	Подготовка к лекциям /Ср/	5	2	УК-1-31 УК-2-32 ОПК-1-31 ПК-1-31	Л1.4 Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.7 Л2.9 Л2.10 Л2.12 Э1 Э2 Э3 Э5		КМ2	
4.6	Выполнение д/з №3 /Ср/	5	3	УК-1-31 УК-1-У1 УК-2-32 УК-2-У1 УК-2-В1 ОПК-1-31 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.9 Л2.10 Э1 Э2 Э3 Э5			
Раздел 5. Примеси в полупроводниках								
5.1	Примеси в полупроводниковых и диэлектрических фазах /Лек/	5	4	УК-1-31 УК-2-32 ОПК-1-31 ПК-1-31	Л1.3 Л1.5 Л1.6 Л1.8 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.4 Л2.6 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.12 Э1 Э2 Э3 Э5		КМ2	
5.2	Оценка влияния примеси на электрические свойства полупроводниковых материалов /Пр/	5	3	УК-1-31 УК-1-У1 УК-2-32 УК-2-У1 УК-2-В1 ОПК-1-31 ПК-1-31 ПК-1-В1	Л1.6 Л1.8 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.4 Л2.9 Л2.10 Э1 Э2 Э3 Э5			
5.3	Подготовка к лекциям /Ср/	5	2	УК-1-31 УК-2-32 ОПК-1-31 ПК-1-31	Л1.3 Л1.5 Л1.6 Л1.8 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.4 Л2.6 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.12 Э1 Э2 Э3 Э5		КМ2	
5.4	Выполнение д/з №2 /Ср/	5	3	УК-1-31 УК-1-У1 УК-2-32 УК-2-У1 УК-2-В1 ОПК-1-31 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.3 Л1.5 Л1.6 Л1.8 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.4 Л2.9 Л2.10 Э1 Э2 Э3 Э5			
Раздел 6. Диффузия в полупроводниках								
6.1	Диффузия в твёрдых телах /Лек/	5	4	УК-1-31 УК-2-32 ОПК-1-31 ПК-1-31	Л1.3 Л1.6 Л1.8 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.4 Л2.9 Л2.10 Л2.11 Л2.12 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ2	
6.2	Определение коэффициента диффузии в полупроводнике по глубине залегания р-n-перехода /Лаб/	5	5	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 УК-2-31 УК-2-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.4 Л2.9 Л2.10 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8		КМ2	Р6

6.3	Подготовка к лекциям /Ср/	5	3	УК-1-31 УК-2-32 ОПК-1-31 ПК-1-31	Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.4 Л2.9 Л2.10 Л2.11 Л2.12 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ2	
6.4	Подготовка к лабораторным работам и обработка данных лабораторных работ /Ср/	5	2	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.9 Л2.10 Л2.11 Л2.12 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5			
6.5	Оценка параметров диффузионных процессов в полупроводниках /Пр/	5	2	УК-1-31 УК-2-32 УК-2-У1 УК-2-В1 ОПК-1-31 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.6 Л1.8Л2.2 Л2.3 Л2.12 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5			
Раздел 7. Фазовые и структурные превращения								
7.1	Фазовые и структурные превращения /Лек/	5	4	УК-1-31 УК-2-32 ОПК-1-31 ПК-1-31	Л1.1 Л1.2 Л1.4 Л1.6Л2.3 Л2.7 Л2.11 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ2	
7.2	Подготовка к лекциям /Ср/	5	8	УК-1-31 УК-2-32 ОПК-1-31 ПК-1-31	Л1.1 Л1.2 Л1.4 Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.3 Л2.7 Л2.9 Л2.10 Л2.11 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ2	

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-1-31;УК-2-32; УК-2-У1;УК-1-31	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	ПК-1-В1;ПК-1-У1;ПК-1-31;УК-1-В1;УК-1-У1;УК-1-31;УК-2-В1;УК-2-У1;УК-2-32;УК-2-31;ОПК-1-В1;ОПК-1-У1;ОПК-1-31	<p>Часть I</p> <p>Раздел 1. Химические связи. Основные представления об атомном строении и свойства элементарных полупроводников, диэлектриков и металлов</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Классификация материалов: проводники, полупроводники, диэлектрики. Основные принципы. 2. Типы химических связей и электронная плотность в элементарных кристаллических твердых телах. Гетеродесмичность химических связей. 3. Электронное строение атомов. Атомные радиусы. 4. Классификация свойств твердых тел. Структурно-чувствительные и структурно-нечувствительные свойства. 5. Основные свойства полупроводников. Электрические свойства. 6. Основные свойства диэлектриков. Диэлектрическая проницаемость и поляризация. 7. Свойства материалов: тепловые свойства. Термоэлектрические явления. 8. Свойства материалов: оптические свойства. Люминесценция. Поляризация света. 9. Свойства материалов: акустические и механические. Акустооптическое взаимодействие. Пьезоэлектрический эффект. 10. Свойства материалов: магнитные свойства. Магнито-мягкие, магнито-твердые материалы. 11. Ионная связь. Электроотрицательность. Закономерность образования ионной связи по Л.Полингу. 12. Ионная связь. Уравнение Моделунга. Поляризуемость ионной связи. Ионные радиусы. 13. Ван-дер-вальсова (поляризационная) связь. 14. Металлическая связь: простые металлы и переходные металлы. 15. Ковалентная связь. Метод валентных связей. Метод молекулярных орбиталей. 16. Ковалентная связь. Гибридизация валентных орбиталей. 17. Элементарные полупроводники. 18. Химические связи в элементарных полупроводниках и структуры, в которых кристаллизуются эти вещества. Правило Юм-Розери. 19. Химические связи и структура фуллеренов и углеродных полиморфных форм. <p>Раздел 2. Химические связи, структура и свойства двойных и тройных полупроводниковых соединений</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Классификация полупроводниковых и диэлектрических соединений. Ионные радиусы. 2. Закономерности образования полупроводниковых соединений. Правило Музера-Пирсона. 3. Закономерности образования полупроводниковых соединений. Правило Горюновой Н.А. 4. Двойные алмазоподобные полупроводниковые соединения. Соединения типа АПВV. Химические связи и атомная структура алмазоподобных соединений АПВV. Антиструктурные дефекты. 5. Свойства соединений АПВV (в том числе свойства арсенида галлия, антимонида индия, нитрида галлия) и твердых растворов на их основе. 6. Химические связи, атомная структура и свойства соединений АПВVI и твердых растворов на их основе. 7. Химические связи, атомная структура и свойства соединений АIVBIV. Полиморфные превращения SiC. 8. Химические связи, атомная структура и свойства соединений AV2BVI3 и твердых растворов на их основе. 9. Закономерности образования диэлектрических соединений. Классы диэлектрических соединений. Диэлектрическая проницаемость. 10. Виды и механизмы поляризации. Спонтанная поляризация. 11. Диэлектрические соединения: пьезоэлектрики. Структура и свойства кварца. 12. Диэлектрические соединения: сегнетоэлектрики. Температура
-----	---------	--	--

		<p>Кюри.</p> <p>13. Диэлектрические соединения: пироэлектрики. Свойства соединений и твердых растворов на основе этих соединений.</p> <p>14. Структура и свойства магнитных диэлектрических соединений (ферритов).</p> <p>15. Пассивные диэлектрики. Свойства и структура соединений.</p> <p>Раздел 3. Структурные дефекты (несовершенства) в полупроводниках, диэлектриках и металлах</p> <p>1. Идеальные кристаллы и реальные твердые тела. Классификация дефектов. Равновесные и неравновесные дефекты.</p> <p>2. Точечные дефекты. Температурная зависимость равновесной концентрации точечных дефектов в твердых телах.</p> <p>3. Точечные дефекты в элементарных полупроводниках и в полупроводниковых соединениях. Комплексообразование (кластеризация) точечных дефектов.</p> <p>4. Точечные дефекты в элементарных полупроводниках и в полупроводниковых соединениях. Микродефекты.</p> <p>5. Взаимодействие точечных дефектов с другими дефектами и примесями в элементарных полупроводниках и в полупроводниковых соединениях.</p> <p>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>7. Дислокации в элементарных полупроводниках и полупроводниковых соединениях (типы дислокаций). Тетраэдр Томпсона.</p> <p>8. Механизмы перемещения дислокаций. Барьеры Пайерлса–Наббарро.</p> <p>9. Взаимодействие дислокаций с точечными дефектами и примесями. Примесные атмосферы на дислокациях.</p> <p>10. Взаимодействие дислокаций друг с другом. Критерий Франка. Полигонизация.</p> <p>11. Дислокации в элементарных полупроводниках и полупроводниковых соединениях. Дефект упаковки.</p> <p>12. Влияние дислокаций на физические свойства полупроводников.</p> <p>13. Двумерные дефекты: малоугловые и большеугловые границы.</p> <p>14. Двумерные дефекты: плоскости и границы двойникования, дефекты упаковки. Особенности строения реальных бездислокационных монокристаллов, монокристаллов с дислокациями и поликристаллов полупроводников.</p> <p>15. Двумерные дефекты: внутрифазные границы (границы зерен – случайные и специальные).</p> <p>16. Двумерные дефекты: межфазные границы (когерентные и некогерентные).</p> <p>17. Влияние двумерных дефектов на физические свойства полупроводников</p> <p>18. Объемные (трехмерные) несовершенства. Макронапряжения и микронапряжения.</p> <p>19. Объемные (трехмерные) несовершенства. Источники появления напряжений в кристаллах и слитках полупроводников.</p> <p>20. Влияние объемных (трехмерных) несовершенств на физические свойства полупроводников.</p> <p>Раздел 4. Поверхностные явления и примеси в полупроводниках.</p> <p>1. Поверхностные явления в полупроводниковых фазах. Строение поверхности и поверхностных слоев в полупроводниках. Поверхностные химические связи.</p> <p>2. Реальные поверхностные состояния. Уровни Тамма.</p> <p>3. Адсорбционные явления на поверхности (межфазных границах).</p> <p>4. Поверхностные свойства элементарных полупроводников и полупроводниковых соединений типа АШВV.</p> <p>5. Классификация примесей в полупроводниках и диэлектриках. Одно- и многозарядные примеси.</p> <p>6. Примесные состояния в полупроводниках. Степень легирования.</p>
--	--	--

		<p>7. Примесные состояний в полупроводниках. Политропия примеси.</p> <p>8. Неизовалентные примеси в элементарных полупроводниках (на примере поведения примесей в кремнии и германии).</p> <p>9. Изовалентные примеси в элементарных полупроводниках (на примере кремния и германия). Правило Вегарда.</p> <p>10. Неизовалентные примеси в полупроводниковых соединениях (на примере поведения примесей в соединениях АШВУ).</p> <p>11. Изовалентные примеси в полупроводниковых соединениях (на примере поведения примесей в соединениях АШВУ).</p> <p>12. Фоновые примеси и их источники в элементарных полупроводниках и полупроводниковых соединениях. Влияние фоновых примесей на физические свойства полупроводниковых фаз.</p> <p>13. Амфотерные примеси в элементарных полупроводниках и в полупроводниковых соединениях.</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-1-31;УК-2-32;УК-2-В1;УК-1-31	Расчетное задание
P2	Домашнее задание № 2	ОПК-1-31;УК-2-32;УК-2-У1;УК-2-В1;УК-1-31;УК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-1-У1;ПК-1-31	Расчетное задание
P3	Домашнее задание № 3	ОПК-1-31;УК-2-32;УК-2-У1;УК-2-В1;УК-1-31;УК-1-У1;ПК-1-У1;ПК-1-В1	Расчетное задание
P4	Лабораторная работа № 1	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;УК-2-31;УК-2-32;УК-2-У1;УК-2-В1;УК-1-31;УК-1-У1;УК-1-В1;ПК-1-У1;ПК-1-В1	Влияние состава твердого раствора при изовалентном замещении на ширину запрещенной зоны
P5	Лабораторная работа № 2	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;УК-2-31;УК-2-32;УК-2-У1;УК-2-В1;УК-1-31;УК-1-У1;УК-1-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1	Влияние дислокаций на время жизни неосновных носителей заряда
P6	Лабораторная работа № 3	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;УК-2-31;УК-2-32;УК-2-У1;УК-2-В1;УК-1-31;УК-1-У1;УК-1-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1	Определение коэффициента диффузии в полупроводнике по глубине залегания р-n-перехода

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

По дисциплине предполагается следующая шкала оценок:

- "Отлично"- студент показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответах на три вопроса экзаменационного билета, при незначительных ошибках в четвертом.
- "Хорошо"- студент показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении двух из заданных вопросов, четко излагает материал в двух других вопросах .
- "Удовлетворительно"- студент показывает знания в объеме пройденной программы, использует методы и правила, необходимые для решения конкретной поставленной задачи, отвечает с ошибками в трех вопросах, только на один отвечает без замечаний.
- "Неудовлетворительно" студент допускает грубые ошибки в ответах на все четыре вопроса билета, не ориентируется в тематике курса, не понимает сущности излагаемого вопроса,

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

Шкала оценивания знаний обучающихся на зачете с оценкой:

Оценка складывается из выполненных в течении семестра 3-х д/з и оценки за реферат, суммированием и определением средней оценки из всех. В случае если студент не сдал одно из заданий оно приравнивается к "0".

$$\Phi = (\text{ДЗ1} + \text{ДЗ2} + \text{ДЗ3} + \text{ЛР1} + \text{ЛР2} + \text{ЛР3} + \text{РФ}) / 7$$

Оценка «отлично» - $>4,5$

Оценка «хорошо» - $3,5 < \Phi < 4,5$

Оценка «удовлетворительно» - $3 < \Phi < 3,5$

Оценка «неудовлетворительно» - $\Phi < 3$

Оценка «не явка» – студент не явился, не сдал ни одного задания.

Домашнее задание.

Оценка «5» - студент решил все задания без принципиальных ошибок, работа выполнена корректно, решение является оптимальным, работа сдана в указанный срок.

Оценка «4» - студент решил все задания, но имеются не принципиальные ошибки, решение может быть не оптимальным, но правильным, работа сдана в указанный срок.

Оценка «3» - студент решил все задания, но имеются значительные ошибки, работа трудна для проверки и понимания полученного результата, имеются ответы близкие к принципиально правильным, работа сдана после указанного срока.

Оценка «0» – студент не решил все задания, имеются принципиальные ошибки, работа написана неразборчиво - ответы не читаются, ход решения не понятен, результаты и выводы не соответствуют принципиально правильным, работа не сдана.

Лабораторные работы.

Шкала оценивания знаний обучающихся на защите л/р:

Оценка «5» - студент предоставил экспериментальные и расчетные данные по л/р, ответил на все вопросы, дал исчерпывающие ответы в объеме выполненной л/р, способен применить полученные знания на практике, грамотно и логически излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного.

Оценка «4» - студент предоставил экспериментальные и расчетные данные по л/р, 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 «3» - студент предоставил экспериментальные и расчетные данные по л/р, 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 «0» - студент не предоставил экспериментальные и/или расчетные данные по л/р, 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, студент не явился на защиту л/р.

Реферат.

Оценка «5» - Реферат написан грамотным языком, содержит все требуемые разделы и соответствует заявленной теме, сдан в срок.

Оценка «4» - Реферат написан, содержит все требуемые разделы и соответствует заявленной теме, имеется значительное количество не принципиальных несоответствий, а также незначительное количество прямых заимствований, сдан в срок.

Оценка «3» - Реферат написан, содержит все требуемые разделы, имеется значительное количество ошибок, труден для прочтения из за несогласованности разделов, плохого оформления, но соответствует заявленной теме, сдан после указанного срока

Оценка «0» – Работа является несамостоятельной, работа не сдана, в работе имеется значительное количество принципиальных ошибок, не соответствует заявленной теме.

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

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.3	Мейер Дж., Эриксон Л., Дэвис Дж., Гусев В. М.	Ионное легирование полупроводников: (Кремний и германий)	Библиотека МИСиС	М.: Мир, 1973
Л1.4	Шаскольская М. П.	Кристаллография: учеб. пособие для студ. высш. техн. учеб. заведений	Библиотека МИСиС	М.: Высш. шк., 1984
Л1.5	Блистанов А. А.	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.: Энергоатомиздат, 1985

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.: Metallurgy, 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.: Metallurgy, 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	Палатник Л. С., Сорокин В. К.	Основы пленочного полупроводникового материаловедения	Библиотека МИСиС	М.: Энергия, 1973

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.6	Нашельский А. Я.	Производство полупроводниковых материалов: Учеб. пособие для подготовки рабочих и мастеров на производстве	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1989
Л2.7	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
Л2.8	Нашельский А. Я.	Технология спецматериалов электронной техники: Учеб. пособие для техникумов по спец. 2001 'Технология материалов электрон. техники'	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1993
Л2.9	Бонч-Бруевич В. Л., Калашников С. Г.	Физика полупроводников: Учеб. пособие для студ. физ. спец. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Наука, 1990
Л2.10	Горбачев В. В., Спицына Л. Г.	Физика полупроводников и металлов: учебник для вузов по спец. 'Технология спец. материалов электрон. техники'	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1982
Л2.11	Жуховицкий А. А., Шварцман Л. А.	Физическая химия: Учебник для студ. металлург. спец. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1987
Л2.12	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 Ю. В., Горелик С. С., Галаев А. А., Галаев А. А.	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 Т. Д., Потапов Ю. В., Дашевский М. Я., Галаев А. А.	Ч.2: Фазовые равновесия и фазовые превращения: лаб. практикум для спец. 20.02 и 20.03	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1994
Л3.3	Галаев А. А., Потапов Ю. В.	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		lms.misis.ru
Э2	Научная электронная библиотека eLIBRARY	https://elibrary.ru/
Э3	Аналитическая база Web of Science	https://apps.webofknowledge.com
Э4	Аналитическая база Scopus	https://www.scopus.com/
Э5	Научные журналы издательства Elsevier	https://www.sciencedirect.com/
Э6	Ч.1: Влияние температуры и состава на свойства полупроводниковых кристаллов	http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=1417
Э7	Ч.2: Фазовые равновесия и фазовые превращения	http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=1419
Э8	Ч.3: Влияние структурных несовершенств на свойства полупроводниковых материалов	http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=2772

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 видеофильмов.

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.

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., Поплаво 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.