

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 12.05.2023 17:25:06

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)

Фазовые и структурные изменения при формировании материалов и эпитаксиальных структур

Закреплена за подразделением

Кафедра материаловедения полупроводников и диэлектриков

Направление подготовки

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Профиль

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

6 ЗЕТ

Часов по учебному плану

216

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 7

аудиторные занятия

85

самостоятельная работа

95

часов на контроль

36

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	7 (4.1)		Итого	
	Неделя 18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	34	34	34	34
Лабораторные	17	17	17	17
Практические	34	34	34	34
Итого ауд.	85	85	85	85
Контактная работа	85	85	85	85
Сам. работа	95	95	95	95
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	216	216	216	216

Программу составил(и):

кфмн, Доцент, Подгорный Дмитрий Андреевич

Рабочая программа

Фазовые и структурные изменения при формировании материалов и эпитаксиальных структур

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 02.04.2015 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, 22.03.01-БМТМ-22.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, , 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.ДВ.16
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Защита интеллектуальной собственности и патентоведение	
2.1.2	Коррозия и защита металлов	
2.1.3	Металловедение инновационных материалов	
2.1.4	Методы исследования материалов	
2.1.5	Механические свойства материалов	
2.1.6	Механические свойства твердых тел	
2.1.7	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.8	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.9	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.10	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.11	Статистическая физика	
2.1.12	Теория гомогенных и гетерогенных процессов	
2.1.13	Технология получения монокристаллов	
2.1.14	Физика металлов	
2.1.15	Физика полупроводников	
2.1.16	Физические свойства материалов	
2.1.17	Физические свойства твердых тел	
2.1.18	Методы вычислительной физики	
2.1.19	Основы технологии получения материалов	
2.1.20	Процессы получения и обработки материалов	
2.1.21	Техника физико-химического эксперимента	
2.1.22	Технология материалов электроники	
2.1.23	Физические свойства кристаллов	
2.1.24	Введение в квантовую механику	
2.1.25	Основы дизайна металлических материалов	
2.1.26	Основы квантовой механики	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Атомная и электронная структура поверхности и межфазных границ	
2.2.2	Композиционные и керамические материалы	
2.2.3	Наноматериалы	
2.2.4	Нормы и правила оформления ВКР	
2.2.5	Объемные наноматериалы	
2.2.6	Основы магнетизма. Часть 2. Процессы перемагничивания материалов	
2.2.7	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.8	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.9	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.10	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.11	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.12	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	

2.2.13	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.14	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.15	Спектрофотометрические методы оценки качества кристаллов
2.2.16	Структура и свойства функциональных наноматериалов
2.2.17	Технология термической обработки

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ПК-4: Способен проводить исследования при разработке технологических процессов	
Знать:	
ПК-4-31 физические основы технологических процессов и критерии выбора материалов	
ПК-2: Способен участвовать в проведении экспериментов, расчетов и оформлении результатов исследований	
Знать:	
ПК-2-32 физические принципы заложенные в основе методов исследования материалов	
ПК-2-31 некоторые разделы физики и химии	
ПК-4: Способен проводить исследования при разработке технологических процессов	
Уметь:	
ПК-4-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	
ПК-4-У2 моделировать отдельные этапы технологических процессов получения полупроводниковых и диэлектрических материалов и приборов твёрдотельной электроники	
ПК-4-У1 разрабатывать составы и структуры полупроводниковых и диэлектрических материалов, в том числе наноматериалов, с заданными свойствами	
ПК-2: Способен участвовать в проведении экспериментов, расчетов и оформлении результатов исследований	
Уметь:	
ПК-2-У1 исследовать физические свойства полупроводниковых, диэлектрических и металлических материалов	
ПК-4: Способен проводить исследования при разработке технологических процессов	
Владеть:	
ПК-4-В1 расчетом процессов легирования и выращивания кристаллов и плёнок полупроводников и диэлектриков	
ПК-2: Способен участвовать в проведении экспериментов, расчетов и оформлении результатов исследований	
Владеть:	
ПК-2-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. Фазовые и структурные превращения							
1.1	Фазовые и структурные превращения /Лек/	7	14	ПК-2-31 ПК-4-31 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.6Л2.2 Л2.3 Л2.7 Л2.11 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6		КМ1	
1.2	Распад пересыщенных твердых растворов на основе полупроводниковых фаз /Лаб/	7	6	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-У2 ПК-4-У3 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.6Л2.6 Л2.8 Л2.11Л3.1 Л3.2 Л3.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6			Р1

1.3	Оценка параметров фазового перехода /Пр/	7	12	ПК-2-31 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-У2 ПК-4-У3 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.6Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.11 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6		КМ1	
1.4	Подготовка к лабораторным работам и обработка данных лабораторных работ /Ср/	7	12	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-У3	Л1.1 Л1.2 Л1.6 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.4 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.11 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6			Р1
1.5	Подготовка к лекциям /Ср/	7	7	ПК-2-31 ПК-4-31	Л1.1 Л1.2 Л1.6Л2.4 Л2.6 Л2.8 Л2.11 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6		КМ1	
Раздел 2. Легирование полупроводников и диэлектриков								
2.1	Технологии легирования полупроводниковых материалов и структур /Лек/	7	8	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-4-31	Л1.3 Л1.5 Л1.6 Л1.8Л2.6 Л2.8 Л2.11 Л2.12 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6		КМ1	
2.2	Влияние температуры и легирования на электропроводность металлов и полупроводников /Лаб/	7	6	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-У2 ПК-4-У3 ПК-4-В1	Л1.3 Л1.6 Л1.8 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.4 Л2.6 Л2.8 Л2.9 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6			Р2
2.3	Расчет параметров легирования полупроводников /Пр/	7	10	ПК-2-31 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-У2 ПК-4-У3 ПК-4-В1	Л1.3 Л1.6 Л1.8 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.4 Л2.6 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.11 Л2.12 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6		КМ1	
2.4	Подготовка к лабораторным работам и обработка данных лабораторных работ /Ср/	7	12	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-У2 ПК-4-У3 ПК-4-В1	Л1.3 Л1.6 Л1.8 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.4 Л2.6 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.11 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6			Р2
2.5	Подготовка к лекциям /Ср/	7	8	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-4-31	Л1.3 Л1.6 Л1.8Л2.6 Л2.8 Л2.11 Л2.12 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6		КМ1	

	Раздел 3. Фазовые и структурные изменения при кристаллизации, пластической деформации и термической обработке и их влияние на свойства полупроводников и диэлектриков							
3.1	Эпитаксиальные структуры /Лек/	7	4	ПК-2-31 ПК-4-31	Л1.6Л2.5 Л2.6 Л2.8 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6		КМ1	
3.2	Термическая обработка и ее влияние на свойства полупроводников /Лек/	7	8	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-4-31	Л1.1 Л1.2 Л1.6Л2.3 Л2.4 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.11 Л2.12 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6		КМ1	
3.3	Влияние термодоноров на свойства монокристаллического кремния /Лаб/	7	5	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-У3	Л1.6Л2.6 Л2.8Л3.1 Л3.2 Л3.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8 Э9			Р3
3.4	Расчет напряжений в гетероэпитаксиальных композициях /Пр/	7	12	ПК-2-31 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-У2 ПК-4-У3 ПК-4-В1	Л1.6Л2.3 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6		КМ1	
3.5	Подготовка к лабораторным работам и обработка данных лабораторных работ /Ср/	7	12	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-У3 ПК-4-В1	Л1.6Л2.5 Л2.6 Л2.8 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8 Э9			Р3
3.6	Подготовка к лекциям /Ср/	7	8	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-4-31	Л1.1 Л1.2 Л1.6Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.11 Л2.12 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6		КМ1	
3.7	Домашняя работа /Ср/	7	36	ПК-2-31 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-У2 ПК-4-У3 ПК-4-В1	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 Э6 Э7 Э8 Э9		КМ1	

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	Экзамен 3 семестр	ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-4-31;ПК-4-У3;ПК-4-У2;ПК-2-У1	<p>Раздел 9. Фазовые и структурные изменения при кристаллизации, пластической деформации и термической обработке и их влияние на свойства полупроводников и диэлектриков</p> <p>9.1. Основные положения общей теории образования фаз. 9.2. Фазовые переходы I рода. Термодинамика процессов. 9.3. Термодинамические основы гомогенного зародышеобразования новой фазы. 9.4. Термодинамические основы гетерогенного зародышеобразования новой фазы. 9.5. Механизм образования и роста зародышей новой фазы. 9.6. Особенности фазовых превращений при кристаллизации. Влияние поверхностной энергии на образование зародышей новой фазы. Зародыш критического размера. 9.7. Особенности фазовых превращений при кристаллизации. Влияние напряжения кристаллической структуры на форму зародышей новой фазы. Зародыш критического размера. 9.8. Особенности фазовых превращений в твердых телах. Диффузионные фазовые превращения. 9.9. Особенности фазовых превращений в твердых телах. Бездиффузионные фазовые превращения. 9.10. Распад пересыщенных твердых растворов. Предел растворимости. Кинетика распада. 9.11. Мартенситные превращения. 9.12. Кристаллизация полупроводников и диэлектриков из расплавов (растворов). Механизмы роста кристаллов. 9.13. Распределение примесей между расплавом (раствором) и растущим кристаллом. Коэффициент распределения. 9.14. Источники образования несовершенств в растущем кристалле.</p> <p>Раздел 10 Легирование полупроводников и диэлектриков</p> <p>10.1 Легирование (в том числе создание p-n переходов) монокристаллов элементарных полупроводников с помощью процессов диффузии. 10.2 Легирование монокристаллов полупроводниковых и диэлектрических соединений с помощью процессов диффузии. 10.3 Легирование полупроводников с помощью имплантации ионов. Постимплантационный отжиг. 10.4. Ионно-лучевой синтез материалов. Синтез материалов в процессе ионной имплантации.</p> <p>Раздел 11 Фазовые и структурные превращения при кристаллизации и пластической деформации твердых тел</p> <p>11.1 Выращивание совершенных монокристаллов полупроводников 11.2 Выращивание легированных монокристаллов полупроводников и диэлектриков. Способы и методы легирования объемных кристаллов. 11.3 Выращивание эпитаксиальных плёнок полупроводников. Дислокации несоответствия. 11.4 Поликристаллические плёнки и аморфные плёнки. 11.5 Термическая обработка монокристаллов и поликристаллов 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	Лабораторная работа № 7	ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-2-У1;ПК-2-В1;ПК-4-31;ПК-4-У1;ПК-4-У2;ПК-4-У3;ПК-4-В1	Распад пересыщенных твердых растворов на основе полупроводниковых фаз
P2	Лабораторная работа № 8	ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-2-У1;ПК-2-В1;ПК-4-31;ПК-4-У1;ПК-4-У2;ПК-4-У3;ПК-4-В1	Влияние температуры и легирования на электропроводность металлов и полупроводников
P3	Лабораторная работа № 9	ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-2-У1;ПК-2-В1;ПК-4-31;ПК-4-У1;ПК-4-У2;ПК-4-У3;ПК-4-В1	Влияние термодоноров на свойства монокристаллического кремния
P4	Домашняя работа	ПК-2-31;ПК-4-31;ПК-4-У1;ПК-4-У2;ПК-4-В1;ПК-4-У3	Проектно-расчетное задание

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

В конце 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., 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

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
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.: 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	Палатник Л. С., Сорокин В. К.	Основы пленочного полупроводникового материаловедения	Библиотека МИСиС	М.: Энергия, 1973
Л2.6	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
Л2.7	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.: Metallurgia, 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.: Metallurgia, 1982
Л2.11	Жуховицкий А. А., Шварцман Л. А.	Физическая химия: Учебник для студ. металлург. спец. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 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	Научная электронная библиотека eLIBRARY	https://elibrary.ru/
Э2		lms.misis.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	Наукометрическая система InCites	https://apps.webofknowledge.com
Э7	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
Э8	Ч.2: Фазовые равновесия и фазовые превращения	http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=1419
Э9	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 работа.

Расчетное задание. Задание на домашнюю работу выдается персонально.

Работа представляет собой комплексный расчет параметров гетероструктур с заданными условиями и включает в себя

ранее рассмотренные на практических занятиях расчеты отдельных параметров. (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., 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.