

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич
Должность: врио ректора
Дата подписания: 21.07.2025 15:50:21
Уникальный программный ключ:
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «ТВЕРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Утверждаю:

Руководитель ООП



Е.М. Семенова

«24»

июня

2025 г.

Рабочая программа дисциплины

Материаловедение электронной техники

Закреплена за кафедрой:	Прикладной физики
Направление подготовки:	03.03.02 Физика
Направленность (профиль):	Физика, технологии и компьютерное моделирование функциональных материалов
Квалификация:	Бакалавр
Форма обучения:	очная
Семестр:	7

Программу составил:

д-р техн. наук, зав. кафедры, Каплунов Иван Александрович

Тверь, 2025

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели освоения дисциплины (модуля):

Изучение ряда материаловедческих проблем создания и применения полупроводниковых и диэлектрических материалов. Рассматриваются основные свойства материалов, вопросы создания материалов с заданными свойствами. Значительная часть курса включает изучение термодинамики фазовых равновесий, диаграмм фазовых равновесий (Т-Х, Р-Т-Х, Р-Т) двойных и тройных полупроводниковых систем.

Задачи:

- ☐ получение сведений по основным классам материалов и областям их использования, по диаграммам состояния и термодинамическим расчетам применительно к системам, имеющим практическое значение в технологии материалов;
- ☐ формирование умения эффективно использовать требуемый математический аппарат для правильной расшифровки и идентификации исследуемых структур;
- ☐ формирование представлений о методах и аппаратуре, применяемых при анализе кристаллической структуры веществ.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ОП: Б1.В

Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Дисциплина «Материаловедение электронной техники» изучается в модуле «Физика и технология материалов радиоэлектроники» Блока 1. Дисциплины части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений.

Для успешного освоения дисциплины необходимы знания основ общей физики, разделы: Молекулярная физика, Электричество и магнетизм, Оптика, Атомная физика. Иметь представление о физике полупроводников и диэлектриков. Знать основные законы физики.

Механика

Молекулярная физика

Физический практикум по молекулярной физике

Электричество и магнетизм

Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

Курс содержательно закладывает основы знаний для научно-исследовательской и научно-производственной практик, в процессе которых изучаются свойства, строение и получение материалов для современной электронной техники.

Физика и технологии функциональных материалов

Преддипломная практика

Научно-исследовательская работа

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость	3 ЗЕТ
Часов по учебному плану	108
в том числе:	
аудиторные занятия	52
самостоятельная работа	21
часов на контроль	27

4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

ПК-2.1: Проводит экспериментальные исследования с применением научно-исследовательского оборудования в соответствии с утвержденными методиками

ПК-2.2: Анализирует физические явления и процессы в области физики конденсированного состояния и составляет отчет по теме исследования или по результатам проведенных экспериментов

5. ВИДЫ КОНТРОЛЯ

Виды контроля в семестрах:	
экзамены	7

6. ЯЗЫК ПРЕПОДАВАНИЯ

Язык преподавания: русский.

7. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занят.	Наименование разделов и тем	Вид занятия	Семестр / Курс	Часов	Источники	Примечание
	Раздел 1. Основные свойства полупроводников, диэлектриков и металлов.					
1.1	Электрические, оптические, акустические, механические свойства.	Лек	7	4	Л1.1 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7Л2.3 Л3.2 Э1 Э3 Э4	
1.2	Электрические, оптические, акустические, механические свойства.	Лаб	7	4	Л1.1 Л1.7Л2.3 Л3.1 Э1 Э3	
1.3	Электрические, оптические, акустические, механические свойства.	Ср	7	4	Л1.1 Л1.14 Л1.15 Л1.16 Л1.17 Л1.18Л2. 3Л3.1 Э1 Э3	
	Раздел 2. Термодинамика фазовых равновесий.					

2.1	Условия равновесия. Основные понятия. Диаграммы состояния. Химический потенциал. Правило фаз Гиббса.	Лек	7	5	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л1.11 Л1.12 Л1.13 Л1.14 Л1.19Л2. 4Л3.3 Э1 Э2	
2.2	Условия равновесия. Основные понятия. Диаграммы состояния. Химический потенциал. Правило фаз Гиббса.	Лаб	7	5	Л1.17Л2. 4Л3.3 Э1 Э2	
2.3	Условия равновесия. Основные понятия. Диаграммы состояния. Химический потенциал. Правило фаз Гиббса.	Ср	7	4	Л1.17Л2. 4Л3.3 Э1 Э2	
	Раздел 3. Диаграммы фазовых равновесий.					
3.1	Т-Х диаграммы фазовых равновесий двойных систем с неограниченной и ограниченной растворимостью компонентов. Т-Х диаграммы равновесий тройных систем. Р-Т и Р-Т-Х диаграммы фазовых равновесий	Лек	7	5	Л1.17Л2. 1Л3.4 Л3.6 Э1 Э2 Э4	
3.2	Т-Х диаграммы фазовых равновесий двойных систем с неограниченной и ограниченной растворимостью компонентов. Т-Х диаграммы равновесий тройных систем. Р-Т и Р-Т-Х диаграммы фазовых равновесий	Лаб	7	5	Л1.17Л2. 1Л3.6 Э2 Э3 Э4	
3.3	Т-Х диаграммы фазовых равновесий двойных систем с неограниченной и ограниченной растворимостью компонентов. Т-Х диаграммы равновесий тройных систем. Р-Т и Р-Т-Х диаграммы фазовых равновесий	Ср	7	3	Л1.17Л2. 1Л3.6 Э3 Э4	
	Раздел 4. Методы построения диаграмм состояний.					

4.1	Метод термического анализа. Метод отжига с последующей закалкой. Рентгеновские методы. Методы измерения электропроводности, микротвердости	Лек	7	4	Л1.17Л2.1Л3.6 Л3.7 Э1 Э2 Э3	
4.2	Метод термического анализа. Метод отжига с последующей закалкой. Рентгеновские методы. Методы измерения электропроводности, микротвердости	Лаб	7	4	Л1.17Л2.1Л3.6 Л3.7 Э1 Э3 Э4	
4.3	Метод термического анализа. Метод отжига с последующей закалкой. Рентгеновские методы. Методы измерения электропроводности, микротвердости	Ср	7	4	Л1.17Л2.1Л3.5 Л3.6 Л3.7 Э1 Э3 Э4	
	Раздел 5. Структурные и объемные дефекты в полупроводниках.					
5.1	Точечные, линейные, двумерные дефекты. Объемные несовершенства.	Лек	7	4	Л1.17Л2.1 Л2.2Л3.4 Л3.6 Л3.7 Э1 Э3	
5.2	Точечные, линейные, двумерные дефекты. Объемные несовершенства.	Лаб	7	4	Л1.17Л2.1 Л2.2Л3.6 Л3.7 Э1 Э3	
5.3	Точечные, линейные, двумерные дефекты. Объемные несовершенства.	Ср	7	2	Л1.17Л2.1 Л2.2Л3.5 Л3.6 Л3.7 Э1 Э3	
	Раздел 6. Фазовые превращения.					
6.1	Образование и рост зародышей новой фазы. Фазовые превращения в твердой фазе. Кинетика процессов зарождения и роста.	Лек	7	2	Л1.17Л2.1 Л2.2Л3.7 Э1 Э3	
6.2	Образование и рост зародышей новой фазы. Фазовые превращения в твердой фазе. Кинетика процессов зарождения и роста.	Лаб	7	2	Л1.17Л2.1 Л2.2Л3.7 Э1 Э3	

6.3	Образование и рост зародышей новой фазы. Фазовые превращения в твердой фазе. Кинетика процессов зарождения и роста.	Ср	7	2	Л1.17Л2.1 Л2.2Л3.7 Э1 Э3	
	Раздел 7. Примеси в полупроводниках.					
7.1	Легирующие и фоновые примеси. Распределение примесей в полупроводниках.	Лек	7	2	Л1.17Л2.1 Л2.2Л3.4 Л3.7 Э1 Э3 Э4	
7.2	Легирующие и фоновые примеси. Распределение примесей в полупроводниках.	Лаб	7	2	Л1.1 Л1.17Л2.1 Л2.2Л3.6 Л3.7 Э1 Э3 Э4	
7.3	Легирующие и фоновые примеси. Распределение примесей в полупроводниках.	Ср	7	2	Л1.17Л2.1 Л2.2Л3.6 Э1 Э3 Э4	
	Раздел 8. экзамен					
8.1	экзамен	Экзамен	7	27		

Образовательные технологии

Перечислены в списке

Список образовательных технологий

1	Проектная технология
2	Дискуссионные технологии (форум, симпозиум, дебаты, аквариумная дискуссия, панельная дискуссия, круглый стол, фасилитированная и т.д.)
3	Технологии развития критического мышления
4	Активное слушание
5	Занятия с применением затрудняющих условий

8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8.1. Оценочные материалы для проведения текущей аттестации

Форма проведения зачета/экзамена: студенты, освоившие программу курса, могут получить зачет/оценку по итогам семестровой и полусеместровой рейтинговой аттестации согласно «Положению о рейтинговой системе обучения ТвГУ» (протокол №8 от 30 апреля 2020 г.).

Если условия «Положения о рейтинговой системе ...» не выполнены, то экзамен сдается согласно «Положению о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) обучающихся по программам высшего образования ТвГУ» (протокол №11 от 28 апреля 2021 г.).

Известно, что поверхность германия (IV) в качестве легирующей примеси содержит $3 \cdot 10^{16}$ атомов на см³ (см-3) мышьяка (V). Затем он легируется фосфором (V) в количестве 10^{17} см-3 и после этого – бором ($5 \cdot 10^{17}$ см-3). Полученная структура проходит

термический обжиг, которая активизирует все примеси. Определить тип проводимости.

Способ аттестации: письменный

Критерии оценки:

- Высокий уровень (3 балла): Понимает физику явления, составляет математические выражения для получения решения. Получает правильный ответ.

- Средний уровень (2 балла): Понимает физику явления. Испытывает сложности с составлением математических выражений для получения решения. Получает правильный ответ.

- Низкий уровень (1 балл): Понимает физику явления. Испытывает сложности с составлением математических выражений для получения решения. Из-за алгебраической неточности не получает правильный ответ.

8.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

Форма проведения зачета/экзамена: студенты, освоившие программу курса, могут получить зачет/оценку по итогам семестровой и полусеместровой рейтинговой аттестации согласно «Положению о рейтинговой системе обучения ТвГУ» (протокол №8 от 30 апреля 2020 г.).

Если условия «Положения о рейтинговой системе ...» не выполнены, то экзамен сдается согласно «Положению о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) обучающихся по программам высшего образования ТвГУ» (протокол №11 от 28 апреля 2021 г.).

Задание:

1. Сделать доклад на тему «Легирующие примеси в полупроводниках»

2. Сделать доклад на тему «Кинетика зародыщеобразования»

Способ аттестации: устный

Критерии оценки:

раскрыта с опорой на соответствующие понятия и теоретические положения – 4 балла

• Аргументация на теоретическом уровне неполная, смысл ряда ключевых понятий не объяснен – 1 балл

• Терминологический аппарат непосредственно не связан с раскрываемой темой – 0 баллов

• Факты и примеры в полном объеме обосновывают выводы – 3 балла

• Допущена фактическая ошибка, не приведшая к существенному искажению смысла – 2 балла

• Допущены фактические и логические ошибки, свидетельствующие о непонимании темы – 0 баллов

8.3. Требования к рейтинг-контролю

Оценка знаний студентов осуществляется по результатам успеваемости и оценивается по 100 – бальной системе. Семестр делится на два модуля.

Согласно нормативно – методическим материалам рейтинговой системы оценки качества учебной работы студентов ТвГУ, студент по предмету для получения зачета должен набрать за семестр не менее 40 баллов.

1 контрольная точка. По текущей работе студента – 21 баллов. Итоговый контроль за модуль – 9 баллов. Всего 30 баллов.

2 контрольная точка. По текущей работе студента – 11 баллов. Итоговый контроль за модуль – 9 баллов. Выступление с докладом – 10 баллов. Всего 60 баллов.

Баллы по текущей работе студента начисляются за следующие виды работ:

- выступление с докладом – 10 баллов;

- модульная контрольная работа – максимум 9 баллов.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

9.1. Рекомендуемая литература

9.1.1. Основная литература

Шифр	Литература
Л1.1	Каплунов, Иванова П. М., Третьяков В. В., Пахомов, Голубев, Физические основы роста кристаллов, Тверь: Тверской государственный университет, 2023, ISBN: , URL: http://megapro.tversu.ru/megaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=5468885
Л1.10	Ляхова И. В., Семенова, Андреев, Каплунов, Исследование микроструктуры высокоэрозионных литых образцов Sm-Zr-Co-Cu-Fe методами оптической и атомно-силовой микроскопии, , , ISBN: , URL: http://eprints.tversu.ru/1088/
Л1.11	Белоцерковский А. А., Каплунов, Мальцева, Лурье, Каталог университетских научно-технологических парков России, Тверь: Тверской государственный университет, 2014, ISBN: , URL: http://texts.lib.tversu.ru/texts/EOR/nauch/13526d/Start.html
Л1.12	Головнин, Каплунов, Педько, Малышкина, Мовчикова, Материаловедение электронной техники. Технологии наноматериалов, Тверь: Тверской государственный университет, 2012, ISBN: , URL: http://texts.lib.tversu.ru/texts/EOR/ucheb/13465d/Start.html
Л1.13	Каплунов И. А., Рабочая программа дисциплины "Материаловедение электронной техники. Часть 1", Тверь, 2012, ISBN: , URL: http://texts.lib.tversu.ru/texts2/07467rp.pdf
Л1.14	Каплунов И. А., Рабочая программа дисциплины "Материаловедение электронной техники. Часть 1", Тверь, 2012, ISBN: , URL: http://texts.lib.tversu.ru/texts2/06473rp.pdf
Л1.15	Каплунов, Учебно-методический комплекс по дисциплине "Материаловедение электронной техники", Тверь, 2012, ISBN: , URL: http://texts.lib.tversu.ru/texts2/04316umk.pdf
Л1.16	Колесников А. И., Молчанов, Каплунов, Ильяшенко, Чижигов С. И., Зубков Н. С., Акустооптика, Тверь: Тверской государственный университет, 2011, ISBN: , URL: http://texts.lib.tversu.ru/texts/999610ogl.pdf
Л1.17	Каплунов, Физическое материаловедение. Фазовые равновесия, Тверь: Тверской государственный университет, 2009, ISBN: , URL: http://texts.lib.tversu.ru/texts/EOR/ucheb/13450d/e-book/index.html
Л1.18	Колесников В. Я., Молчанов, Каплунов, Ильяшенко, Акустооптика, Тверь: Тверской государственный университет, 2011, ISBN: , URL: http://texts.lib.tversu.ru/texts/EOR/ucheb/13434d/Start.html
Л1.19	Каплунов Д. Р., Рыльникова М. В., Комбинированная разработка рудных месторождений, Москва: Горная книга, 2012, ISBN: 978-5-98672-289-4, URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228932
Л1.2	Карпенков, Карпенков, Ракунов, Ховайло, Каплунов, Теория зонного магнетизма. Зонные парамагнетики, Тверь: Тверской государственный университет, 2021, ISBN: , URL: http://megapro.tversu.ru/megaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=5277273
Л1.3	Туровцев, Емельяненко, Орлов, Каплунов, Термодинамические характеристики реакции разложения GEO в интервале 298-1500 К, Тверь: Тверской государственный университет, , ISBN: , URL: http://texts.lib.tversu.ru/texts/12699t.pdf

Л1.4	Морозова, Каплунова, Шмелева, Кузьмина, Изучение оптической однородности кристаллов ниобата лития и парателлурита методом коноскопии, Тверь: Тверской государственный университет, , ISBN: , URL: http://eprints.tversu.ru/6081/
Л1.5	Туровцев, Орлов, Каплунов, Поиск оптимального квантово-химического метода расчета геометрического строения соединений германий-кислород, Тверь: Тверской государственный университет, , ISBN: , URL: http://eprints.tversu.ru/5369/
Л1.6	Чижиков, Ильяшенко, Третьяков, Архипова, Молчанов, Воронцова, Спиридонов, Каплунов, Колесников, Залетов, Измерение константы Верде кристаллов парателлурита для ультрафиолетового света с длиной волны 355 НМ, Тверь: Тверской государственный университет, 2009, ISBN: , URL: http://eprints.tversu.ru/1030/
Л1.7	Головнин, Каплунов, Малышкина, Педько, Пьезоэлектрическая керамика: применение, производство, перспективы, Тверь: Тверской государственный университет, 2010, ISBN: , URL: http://eprints.tversu.ru/1514/
Л1.8	Каплунов, Колесникова, Актуальные аспекты коммерциализации секретов производства ("ноу-хау") в вузе, Тверь: Тверской государственный университет, 2012, ISBN: , URL: http://eprints.tversu.ru/2548/
Л1.9	Воронцова, Каплунов, Колесников, Талызин, Третьяков, Чигиринский, Наблюдение вращения плоскости поляризации лазерного света, рассеянного монокристаллами парателлурита, , , ISBN: , URL: http://eprints.tversu.ru/1094/

9.1.2. Дополнительная литература

Шифр	Литература
Л2.1	Фетисов, Матюнин, Соколов, Гольцов, Тибрин, Материаловедение и технология материалов, Москва: Юрайт, 2024, ISBN: 978-5-534-18111-1, URL: https://urait.ru/bcode/545124
Л2.2	Бондаренко, Кабанова, Рыбалко, Материаловедение, Москва: Юрайт, 2023, ISBN: 978-5-534-07090-3, URL: https://urait.ru/bcode/510746
Л2.3	Плошкин, Материаловедение, Москва: Юрайт, 2024, ISBN: 978-5-534-12089-9, URL: https://urait.ru/bcode/535643
Л2.4	Бондаренко, Кабанова, Рыбалко, Материаловедение, Москва: Юрайт, 2021, ISBN: 978-5-534-07090-3, URL: https://urait.ru/bcode/468630

9.1.3. Методические разработки

Шифр	Литература
Л3.1	Суворов, Материаловедение: методы исследования структуры и состава материалов, Москва: Юрайт, 2024, ISBN: 978-5-534-06011-9, URL: https://urait.ru/bcode/539265
Л3.2	Суворов, Материаловедение: методы исследования структуры и состава материалов, Москва: Юрайт, 2024, ISBN: 978-5-534-16041-3, URL: https://urait.ru/bcode/544881
Л3.3	Колесников, Учебно-методический комплекс по дисциплине "Материаловедение электронной техники", Тверь, 2012, ISBN: , URL: http://texts.lib.tversu.ru/texts2/04315umk.pdf

ЛЗ.4	Бурый Г. Г., Материаловедение. Технология конструкционных материалов, Омск: СиБАДИ, 2019, ISBN: 978-5-00113-057-4, URL: https://e.lanbook.com/book/149463
ЛЗ.5	, Материаловедение, Санкт-Петербург: СПбГУ ГА, 2002, ISBN: , URL: https://e.lanbook.com/book/145794
ЛЗ.6	, Материаловедение, Санкт-Петербург: СПбГУ ГА, 2013, ISBN: , URL: https://e.lanbook.com/book/145584
ЛЗ.7	, Материаловедение. Материаловедение и технология конструкционных материалов, Санкт-Петербург: СПбГУ ГА, 2020, ISBN: , URL: https://e.lanbook.com/book/145277

9.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	Материаловедение : учебное пособие: http://elar.urfu.ru/handle/10995/36108
Э2	Материаловедение. Диаграммы состояния двойных систем: http://lib3.sfu-kras.ru/ft/lib2/elib/u62/i-823721.zip
Э3	Материаловедение: https://e.sfu-kras.ru/course/view.php?id=8423
Э4	Астафьева Е.А. Электронный курс «Технологии материалов» : https://e.sfu-kras.ru/course/view.php?id=1908

9.3.1 Перечень программного обеспечения

1	Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows
2	Adobe Acrobat Reader
3	Origin 8.1 Sr2

9.3.2 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1	ЭБС «Лань»
2	ЭБС ТвГУ
3	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (подписка на журналы)
4	Репозиторий ТвГУ
5	БД Web of Science
6	БД Scopus
7	Журналы American Institute of Physics (AIP)

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Аудит-я	Оборудование
3-30	комплект учебной мебели, переносной ноутбук, лабораторные весы, муфельная печь, печной аппарат, установка "Кристалл"
3-36	комплект учебной мебели, переносной ноутбук, комплект ИК спектрального оборудования, весы тензометрические, прибор для измерения удельного
3-31	комплект учебной мебели, компьютер, сканеры, переносной ноутбук, копир, проектор, брошюровочная машина

3-28	комплект учебной мебели, переносной ноутбук, проектор, экран настенный
------	--

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Предметом оценки является подготовка студентов к занятиям, работа студентов на практических занятиях, выполнение ими тестовых заданий.

Оценки успеваемости студентов проходит в модульную неделю в соответствии с графиков учебного процесса.

Практические задания по демонстрации компетенций заключаются в устных или письменных ответах на поставленные преподавателем или составленным самими студентами вопросы (традиционные или в форме тестов). При этом оценивается обоснованность ответа, ясность и последовательность изложения мысли. Такая демонстрация компетенций проверяет уровень владения теоретическим и практическим материалом.