

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич
Должность: врио ректора
Дата подписания: 23.09.2022 14:25:19
Уникальный программный ключ:
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»

Утверждаю:

Руководитель ООП



[Handwritten signature]

Б.Б.Педько

«28»

июня

2022 г.

Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

Материаловедение электронной техники (ч.1)

Направление подготовки

03.03.03 Радиоп физика

профиль

Физика и технология материалов и устройств радиоэлектроники

Для студентов

3 курса очной формы обучения

Составитель: д.т.н. Каплунов И.А.

[Handwritten signature]

Тверь, 2022

I. Аннотация

1. Наименование дисциплины в соответствии с учебным планом

Материаловедение электронной техники (ч.1)

2. Цель и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины является изучению 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.

Задачами освоения дисциплины являются: 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.

3. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к дисциплинам по выбору вариативной части учебного плана.

Для успешного освоения дисциплины «Материаловедение электронной техники (ч.1)»: студент должен знать основы общей физики, разделы: Молекулярная физика, Электричество и магнетизм, Оптика, Атомная физика. Иметь представление о физике полупроводников. Знать основные законы физики.

4. Объем дисциплины: 3 зачетных единицы, 108 академических часов, в том числе **контактная работа:** лекции 36 часов, лабораторные работы 36 часов; **самостоятельная работа:** 36 часов.

5. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-2 способность самостоятельно приобретать новые знания, используя	Владеть: навыками поиска информации в сети Интернет; Уметь: самостоятельно приобретать знания, используя современное оборудование и информационные технологии

современные образовательные информационные технологии	
ПК-1 способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования	<p>Владеть: понятиями, способами, методами физического материаловедения, навыками применять теоретические знания для решения практических задач, связанных с применением материалов и элементов.</p> <p>Уметь: исследовать основные характеристики материалов и элементов.</p> <p>Знать: материаловедческие проблемы создания и применения полупроводниковых и диэлектрических материалов; физическую сущность явлений в изучаемых материалах и элементах; классификацию современных материалов по составу, свойствам и областям применения; основные характеристики и свойства диэлектрических, проводниковых, полупроводниковых, магнитных материалов и элементов; тенденции развития материаловедения;</p>

6. Форма промежуточной аттестации - зачет в 5 семестре.

7. Язык преподавания - русский.

II. Структура дисциплины

1. Структура дисциплины для студентов очной формы обучения

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)		Самостоятельная работа (час.)
		Лекции	Практические (лабораторные) работы	
1. Основные свойства полупроводников, диэлектриков и металлов. Электрические, оптические, акустические, механические свойства.	6	4		2
2. Термодинамика фазовых равновесий. Условия равновесия. Основные понятия. Диаграммы состояния.	10	6		4

Химический потенциал. Правило фаз Гиббса.				
3. Диаграммы фазовых равновесий. Т-Х диаграммы фазовых равно-весий двойных систем с неограниченной и ограниченной растворимостью компонентов. Т-Х диаграммы равновесий тройных систем. Р-Т и Р-Т-Х диаграммы фазовых равновесий	10	6		4
4. Методы построения диаграмм состояний. Метод термического анализа. Метод отстаивания. Метод отжига с последующей закалкой. Рентгеновские методы. Методы измерения электропроводности, микротвердости	10	6		4
5. Структурные и объемные дефекты в полупроводниках. Точечные, линейные, двумерные дефекты. Объемные несовершенства.	8	4		4
6. Фазовые превращения. Образование и рост зародышей новой фазы. Фазовые превращения в твердой фазе. Кинетика процессов зарождения и роста.	10	6		4
7. Примеси в полупроводниках. Легирующие и фоновые примеси. Распределение примесей в полупроводниках.	6	4		2
<i>Лабораторные работы</i>				
1. Изучение кинетики зародыше-образования.	8		6	2
2. Получение и измерение высокого вакуума.	8		6	2
3. Определение температуры фазового перехода методами термического анализа.	8		6	2
4. Определение температур солидуса в двух-компонентных системах методами термического анализа.	10		8	2
5. Получение нитевидных кристаллов из газовой фазы методом сублимации.	8		6	2
6. Определение микротвердости.	6		4	2
ИТОГО	108	36	36	36

Ш. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

- планы лабораторных занятий,
- методические рекомендации
- тестовые задания
- итоговый контроль
- требования к рейтинг контролю

IV. Фонды оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Форма проведения промежуточного контроля: студенты, освоившие программу курса «Материаловедение электронной техники ч.1» могут получить зачет по итогам семестровой и полусеместровой рейтинговой аттестации согласно «Положения о рейтинговой системе обучения и оценки качества учебной работы студентов ТвГУ» (протокол №4 от 25 октября 2017 г.). Максимальная сумма баллов, которые можно получить за семестр 100.

Если условия «Положения о рейтинговой системе ...» не выполнены, то зачет сдается согласно «Положения о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) студентов ТвГУ» (протокол №4 от 25 октября 2017 г.).

Контроль сформированности компетенции осуществляется с помощью оценочных средств на основе критериев, которые разрабатываются с целью выявления соответствия этапов освоения компетенции планируемым результатам обучения (см. карту компетенций).

1. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции ОПК-2 "способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные информационные технологии "

Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания
Владеть: навыками поиска информации в сети Интернет;	Сделать доклад на тему " современные методы получение нитевидных кристаллов" Сделать доклад на тему "Теплопроводность полупроводников"	<ul style="list-style-type: none">• Тема актуальна и сформулирована грамотно – 1 балл;• тема полностью раскрыта в докладе; корректно использован понятийный аппарат; логичность и ясность изложения – 2 балла;• использованы публикации последних

		<p>лет – 1 балл;</p> <ul style="list-style-type: none"> определена позиция автора; предложен и аргументирован собственный взгляд на проблему – 1 балл;
<p>Уметь: самостоятельно приобретать знания, используя современное оборудование и информационные технологии</p>	<p>Сделать доклад на тему "Легирующие примеси в полупроводниках"</p> <p>Сделать доклад на тему "Кинетика зародыщеобразования"</p>	<ul style="list-style-type: none"> Тема 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

2. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции ПК-1 "способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования"

Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания
---	--	--

<p>Владеть: понятиями, способами, методами физического материаловедения, навыками применять теоретические знания для решения практических задач, связанных с применением материалов и элементов.</p>	<p>Какой тип электропроводности в твердых телах связан с переносом массы</p> <p>Какой вид твердых растворов может приводить к неограниченной растворимости</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Тема актуальна и сформулирована грамотно – 1 балл; • тема полностью раскрыта в докладе; корректно использован понятийный аппарат; логичность и ясность изложения – 2 балла; • использованы публикации последних лет – 1 балл; • определена позиция автора; предложен и аргументирован собственный взгляд на проблему – 1 балл;
<p>Уметь: исследовать основные характеристики материалов и элементов.</p>	<p>Сколько фаз находится в двухкомпонентной системе в точке эвтектики в равновесии (при постоянном давлении) .</p> <p>Каким образом происходит образование и рост зародышей новой фазы</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Тема 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
<p>Знать: материаловедческие проблемы создания и применения полупроводниковых и диэлектрических материалов; физическую сущность явлений в изучаемых материалах и элементах; классификацию современных материалов по составу, свойствам и областям применения; основные характеристики и свойства диэлектрических, проводниковых, полупроводниковых, магнитных материалов и элементов; тенденции развития материаловедения</p>	<p>Основные свойства полупроводников, диэлектриков и металлов</p> <p>Фазовые превращения в твердой фазе. Кинетика процессов зарождения и роста.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Тема раскрыта с опорой на соответствующие понятия и теоретические положения – 4 балла • Факты и примеры в полном объеме обосновывают выводы – 4 балла • Ответ характеризуется композиционной цельностью, соблюдена логическая последовательность – 3 балла

V. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) основная литература:

1. Захаров А. Ю. Теоретические основы физического материаловедения. Статистическая термодинамика модельных систем [Электронный ресурс]: учеб. пособие. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 256 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/72580>.

б) дополнительная литература:

1. Ивлиев А. Д. Физика [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — СПб.: Лань, 2009. — 672 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/163>.
2. Кульков В. Г. Физика конденсированного состояния в электротехническом материаловедении [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 272 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/90003>.

VI. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины

VII. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

План лабораторных работ

1. Изучение кинетики зародышеобразования.
2. Получение и измерение высокого вакуума.
3. Определение температуры фазового перехода методами термического анализа.
4. Определение температур солидуса в двух-компонентных системах методами термического анализа.
5. Получение нитевидных кристаллов из газовой фазы методом сублимации.
6. Определение микротвердости.

Методические рекомендации

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.

Типовые тесты

- Типовые тесты

(Отметить правильный вариант ответа.

Если правильных вариантов несколько, отметить все правильные)

1. Какой тип электропроводности в твердых телах связан с переносом массы?

1. Электронная
2. Ионная
3. Дырочная
4. Анионная

2. Какой вид твердых растворов может приводить к неограниченной растворимости?

1. Вычитания
2. Замещения
3. Внедрения

3. *Электропроводность полупроводников зависит от температуры:*

1. Всегда.
2. Только для примесных полупроводников.
3. Только для легированных полупроводников.
4. Только для собственных полупроводников.

4. *Компонентом физико-химической системы может быть:*

1. Элементарное вещество
2. Химическое соединение
3. Только элементарное вещество.

5. *Твердые растворы внедрения в двухкомпонентной системе могут приводить к образованию в системе:*

1. Ограниченной растворимости компонентов.
2. Неограниченной растворимости компонентов.
3. Возникновению эвтектики.
4. Появлению второй фазы.

6. *Подвижность электронов в металлах:*

1. Увеличивается с повышением температуры.
2. Не зависит от температуры.
3. Падает с увеличением температуры.
4. Может увеличиваться или падать с изменением температуры.

7. *Теплопроводность полупроводников:*

1. Увеличивается при легировании только электроактивными примесями.
2. Увеличивается при легировании любыми примесями.
3. Падает при введении электроактивными примесями.
4. Падает при введении любой примеси.
5. Не зависит от легирования.
6. Не зависит от легирования электроактивными примесями.

8. *Протяженность существования фазы в физико-химической системе определяется:*

1. Температурой
2. Давлением
3. Концентрацией
4. Концентрацией - только для многокомпонентных систем.

9. *Расплав кремния и германия содержит легирующую примесь - сурьму. Сколько фаз в системе:*

1. Одна фаза.

2. Две фазы.

3. Три фазы.

10. Поликристаллический германий, легированный сурьмой - это:

1. Однофазная система.

2. Двухфазная система.

3. Трехфазная система.

11. Выше температуры солидуса в 2-х компонентной системе фазы находятся в:

1. Твердом состоянии.

2. Жидком состоянии.

3. Твердом и жидком состоянии

12. Кривая растворимости в 2-х компонентной системе отделяет друг от друга:

1. Две жидкие фазы.

2. Две твердые фазы.

3. Твердую и жидкую фазы.

4. Двухфазную и однофазную области.

5. Область твердых растворов от двухфазной области.

13. В двухкомпонентной системе в точке эвтектики в равновесии (при постоянном давлении) находится:

1. Одна фаза.

2. Две фазы.

3. Три фазы.

4. Четыре фазы.

14. В двухкомпонентной системе в точке перитектики в равновесии (при постоянном давлении) находится:

1. Одна фаза.

2. Две фазы.

3. Три фазы.

4. Четыре фазы.

Итоговый контроль проводится в форме зачета, который включает письменные или устные ответы на теоретические вопросы.

Вопросы к зачету

1. Основные свойства полупроводников, диэлектриков и металлов: электрические, оптические, акустические, механические свойства, тепловые.

2. Термодинамика фазовых равновесий. Условия равновесия. Основные понятия. Диаграммы состояния. Химический потенциал. Правило фаз Гиббса.

3. Диаграммы фазовых равновесий. Т-Х диаграммы фазовых равновесий двойных систем с неограниченной и ограниченной растворимостью компонентов.
4. Т-Х диаграммы равновесий тройных систем. Р-Т и Р-Т-Х диаграммы фазовых равновесий.
5. Методы построения диаграмм состояний.
6. Структурные и объемные дефекты в полупроводниках. Точечные, линейные, двумерные дефекты. Объемные несовершенства.
7. Фазовые превращения. Образование и рост зародышей новой фазы. Фазовые превращения в твердой фазе. Кинетика процессов зарождения и роста.
8. Примеси в полупроводниках. Легирующие и фоновые примеси. Распределение примесей в полупроводниках.

Требования к рейтинг-контролю

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

Дисциплина «Технологические аспекты преобразования энергии» заканчивается зачетом в 8 семестре. Согласно нормативно – методическим материалам рейтинговой системы оценки качества учебной работы студентов ТвГУ, студент по предмету для получения зачета должен набрать за семестр не менее 50 баллов. Учащиеся, набравшие менее 20 балловздают теоретический зачет в конце семестра.

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 – 21 баллов. Итоговый контроль за модуль – 9 баллов. Премияльные за выполнение и сдачу всех лабораторных работ 20 баллов. Выступление с докладом – 20 баллов. Всего 70 баллов.

Баллы по текущей работе студента начисляются за следующие виды работ:

- лабораторные работы – 7 баллов;
- выступление с докладом – 20 баллов;
- модульная контрольная работа – максимум 9 баллов.

VIII. Перечень педагогических и информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (по необходимости)

Процесс обучения включает аудиторные занятия путем проведения лекционных и семинарских занятий, групповые и индивидуальные консультации, текущий контроль полученных знаний, использование различных форм научно-исследовательской деятельности студентов, самостоятельную работу, а так же проведение итогового контроля.

IX. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Наименование специальных* помещений	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Учебная аудитория № 28 (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)	1. Комплект учебной мебели на 25 посадочных мест. 2. Экран настенный 153x203 3. Переносной комплект мультимедийной техники.	Adobe Acrobat Reader DC – бесплатно Microsoft Windows 10 Enterprise - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017 Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows – Акт на передачу прав №2129 от 25 октября 2016 г. Google Chrome – бесплатно MS Office 365 pro plus - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017
Учебно-научная лаборатория радиоэлектроники и микроэлектроники № 25 (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)	1 Монитор CТХ 2 Компьютер Intel Original LGA1155 Core i5-3470, монитор AOC 23" e2370Sd 3 Компьютер Intel Original LGA1155 Core i5-3470, монитор AOC 23" e2370Sd 4 Осциллограф цифровой WA 102 5 Компьютер iRU Corp 510 I5-2400/4096/500/G210-512/DVD-RW/W7S/монитор E-Machines E220HQVB 21.5" 6 Принтер Samsung лазерный 7 Принтер Samsung лазерный 8 Спектрометр ИКС-29 9 Программно-аппаратный комплекс для микроанализа и	Google Chrome – бесплатно Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows – Акт на передачу прав №2129 от 25 октября 2016 г. MS Office 365 pro plus - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017 Microsoft Windows 10 Enterprise - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017

	<p>морфологического анализа поверхности (микроскоп) 10 Дифрактометр рентгеновский ДСО-2 для уточнения ориентации монокристаллов 11 Электронно-оптический комплекс для анализа морфологии кристаллов NanoMap-1000WLI 12 Тепловизор FLIR T250 в комплекте 13 Вольметр цифровой В7-78/2</p>	
--	--	--

Помещения для самостоятельной работы:

Наименование помещений	Оснащенность помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
<p>Помещение для самостоятельной работы, учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, практики, Компьютерный класс физико-технического факультета. Компьютерная лаборатория робототехнических систем №4а (170002 Тверская</p>	<p>1. Компьютер RAMEC STORM C2D 4600/160Gb/ 256mB/DVD-RW +Монитор LG TFT 17" L1753S-SF – 12 шт 2. Мультимедийный комплект учебного класса (вариант № 2) Проектор Casio XJ-M140, настенный проекц. экран Lumien 180*180. ноутбук Dell N4050. сумка 15,6", мышь 3. Коммутатор D-Link 10/100/1000mbps 16-portr DGS-1016D 4. Видеокамера IP-FALCON EYE FE-IPC-BL200P, ОнЛайн Трейд ООО 5. Видеокамера IP-FALCON EYE FE-IPC-BL200P, ОнЛайн Трейд ООО 6. Демонстрационное оборудование комплект «LegoMidstormsEV3» 7. Комплект учебной мебели</p>	<p>Adobe Acrobat Reader DC - бесплатно Cadence SPB/OrCAD 16.6 - Государственный контракт на поставку лицензионных программных продуктов 103 - ГК/09 от 15.06.2009 Google Chrome - бесплатно Java SE Development Kit 8 Update 45 (64-bit) - бесплатно Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows – Акт на передачу прав №2129 от 25 октября 2016 г. Lazarus 1.4.0 - бесплатно Lego MINDSTORM EV3 - бесплатно Mathcad 15 M010 - Акт предоставления прав ИС00000027 от 16.09.2011 MATLAB R2012b - Акт предоставления прав № Us000311 от 25.09.2012 Microsoft Express Studio 4 - бесплатно MiKTeX 2.9 - бесплатно MPICH 64-bit – бесплатно MSXML 4.0 SP2 Parser and SDK - бесплатно</p>

обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)		Microsoft Windows 10 Enterprise - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017 MS Office 365 pro plus - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017
---	--	---

Х. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины

№п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины (или модуля)	Описание внесенных изменений	Дата и протокол заседания кафедры, утвердившего изменения
1.	Раздел IV	Реквизиты «Положения о рейтинговой системе обучения и оценки качества учебной работы студентов ТвГУ» и «Положения о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) студентов ТвГУ»	Протокол Совета ФТФ №5 от 31 октября 2017 г.
2.	Раздел IX	Оснащенность аудиторного фонда для проведения учебных занятий и самостоятельной работы студентов согласно «Справки МТО ООП ...»	Протокол Совета ФТФ №5 от 31 октября 2017 г