

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета радиотехники
и электроники
/ В.А. Небольсин /
25 ноября 2022 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины
«Технология материалов электронной техники»

Направление подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Профиль Микроэлектроника и твердотельная электроника

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года / 4 года и 11 мес.

Форма обучения очная / заочная

Год начала подготовки 2023

Автор программы

 Е.Ю. Плотникова

И.о.заведующего кафедрой
полупроводниковой электроники
и нанoeлектроники

 А.В. Строгонов

Руководитель ОПОП

 А.В. Арсентьев

Воронеж 2022

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

– изучение студентами комплекса теоретических и практических знаний, позволяющих им свободно ориентироваться в современном производстве материалов электронной техники.

1.2. Задачи освоения дисциплины

– сформировать представление о физико-химических основах технологии производства материалов электронной техники;

– установить взаимосвязь параметров технологических процессов со свойствами получаемых материалов;

– изучить конкретные процессы получения материалов электронной техники (получение элементарных полупроводников, соединений $A_{III}B_V$, основных металлов микро- и нанoeлектроники, диэлектриков); ознакомить с используемыми видами технологического оборудования;

– ознакомить с перспективами и тенденциями развития технологии материалов электронной техники в связи с современными требованиями микро- и нанoeлектроники (металлоорганические соединения, некристаллические материалы, углеродные материалы);

– дать представление об особенностях технологии вспомогательных материалов;

– сформировать навыки экспериментальных исследований свойств материалов электронной техники согласно соответствующему ГОСТу (19658-81 и 26239-84 для кремния, 16153-80 для германия, 25948-83 для GaAs и GaP, и т.д.).

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина Б1.В.04 «Технология материалов электронной техники» относится к дисциплинам части блока Б1 учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Технология материалов электронной техники» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-1: способность строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования;

ПК-6: готовность к применению современных технологических процессов и технологического оборудования на этапах разработки и производства микроэлектронных приборов и устройств твердотельной электроники.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-1	знать физико-химические основы технологии производства материалов электронной техники;
	уметь ориентироваться в многообразии современных технологических методов, определять оптимальные режимы отдельных технологических операций;
	владеть представлениями о тенденциях развития технологии материалов электронной и микроэлектронной техники, материалов нанoeлектроники, навыками исследования основных характеристик материалов электронной техники.
ПК-6	знать взаимосвязь параметров технологических процессов со свойствами получаемых материалов;
	уметь использовать конкретные процессы получения материалов электронной техники, применять перспективные материалы электронной техники в связи с современными требованиями микро- и нанoeлектроники;
	владеть навыками экспериментальных исследований свойств материалов электронной техники согласно соответствующим ГОСТам.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Технология материалов электронной техники» составляет 5 зачетных единиц.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий:

очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		6
Аудиторные занятия (всего)	66	66
В том числе:		
Лекции	34	34
Практические занятия (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
Самостоятельная работа	78	78
Курсовая работа	+	+
Контроль	36	36
Вид промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость	час	180
	зач. ед.	5

заочная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		8
Аудиторные занятия (всего)	12	12
В том числе:		
Лекции	4	4
Практические занятия (ПЗ)	4	4
Лабораторные работы (ЛР)	4	4
Самостоятельная работа	159	159
Курсовая работа	+	+
Контроль	9	9
Вид промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость час зач. ед.	180	180
	5	5

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак. зан.	Лаб. раб	СРС	Всего, час
1	Технология изготовления элементарных полупроводников. Кремний	Физические и химические свойства кремния. Технология выращивания монокристаллического кремния. Тепло- и массообмен при выращивании твердых монокристаллов.	6	-	-	7	13
2	Технология изготовления элементарных полупроводников. Германий	Физические и химические свойства германия. Получение поликристаллического германия. Выращивание монокристаллического германия. Легирование германия.	6	2	4	7	19
3	Технология А ³ В ⁵	Природа полупроводниковых соединений. Свойства полупроводниковых соединений. Особенности технологии соединений. Получение монокристаллов с заданными свойствами.	6	2	-	8	16
4	Технология металлов. Часть 1	Общие вопросы. Алюминий и его соединения.	2	2	4	8	16
5	Технология металлов. Часть 2	Индий. Галлий. Вольфрам.	4	2	-	8	14
6	Технология легирующих примесей	Бор. Фосфор. Мышьяк.	2	2	4	8	16
7	Технология диэлектриков	Диэлектрические свойства материалов. Стеклообразные диэлектрики. Стеклокерамические диэлектрики. Керамические диэлектрики.	2	2	-	8	12
8	Технология углеродных материалов	Модификации угля. Технология поликристаллических алмазов. Технология алмазных и алмазоподобных пленок. Фуллерены.	2	2	4	8	16
9	Технология металлоорганических материалов	Органические соединения элементов 1 группы. Органические соединения элементов 2 группы. Органические соединения элементов 3 группы. Органические соединения элементов 4 группы.	2	2	-	8	12
10	Технология некристаллических и вспомогательных материалов	Технология диспергируемых некристаллических материалов. Технология ленточных некристаллических материалов. Технология очистки газов.	2	-	-	8	10
Всего:			34	16	16	78	144
Контроль:							36
Итого:							180

заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак. зан.	Лаб. раб	СРС	Всего, час
1	Технология изготовления элементарных полупроводников. Кремний	Физические и химические свойства кремния. Технология выращивания монокристаллического кремния. Тепло- и массообмен при выращивании твердых монокристаллов.	2	2	4	15	23
2	Технология изготовления элементарных полупроводников. Германий	Физические и химические свойства германия. Получение поликристаллического германия. Выращивание монокристаллического германия. Легирование германия.	2	2	-	16	20
3	Технология A ³ B ⁵	Природа полупроводниковых соединений. Свойства полупроводниковых соединений. Особенности технологии соединений. Получение монокристаллов с заданными свойствами.	-	-	-	16	16
4	Технология металлов. Часть 1	Общие вопросы. Алюминий и его соединения.	-	-	-	16	16
5	Технология металлов. Часть 2	Индий. Галлий. Вольфрам.	-	-	-	16	16
6	Технология легирующих примесей	Бор. Фосфор. Мышьяк.	-	-	-	16	16
7	Технология диэлектриков	Диэлектрические свойства материалов. Стеклообразные диэлектрики. Стеклокерамические диэлектрики. Керамические диэлектрики.	-	-	-	16	16
8	Технология углеродных материалов	Модификации угля. Технология поликристаллических алмазов. Технология алмазных и алмазоподобных пленок. Фуллерены.	-	-	-	16	16
9	Технология металлоорганических материалов	Органические соединения элементов 1 группы. Органические соединения элементов 2 группы. Органические соединения элементов 3 группы. Органические соединения элементов 4 группы.	-	-	-	16	16
10	Технология некристаллических и вспомогательных материалов	Технология диспергируемых некристаллических материалов. Технология ленточных некристаллических материалов. Технология очистки газов.	-	-	-	16	16
Всего:			4	4	4	159	171
Контроль:							9
Итого:							180

5.2 Перечень лабораторных работ

1. Исследование оптических свойств тонких пленок, нанесенных на стеклянные подложки различными методами.
2. Рентгенофазный анализ тонких пленок, нанесенных на стеклянные подложки различными методами.
3. Измерение и расчет диэлектрической проницаемости тонких пленок, нанесенных на стеклянные и кремниевые подложки различными методами.
4. Изучение технологии нанесения тонких пленок металлооксидов различного состава различными методами (например, золь-гель методом).

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины «Технология материалов электронной техники» предусматривает выполнение курсовой работы в 6 семестре для очной формы обучения, в 8 семестре для заочной формы обучения.

Примерная тематика курсовой работы: «Технология формирования тонких металлооксидных пленок на стеклянные и кремниевые подложки и исследование их электрофизических параметров»

Задачи, решаемые при выполнении курсовой работы:

- изучение выбранной методики нанесения тонких металлоксидных пленок на различные типы подложек;
- исследование физических параметров нанесенных пленок (толщина, морфология поверхности, прочностные характеристики);
- исследование оптических параметров нанесенных пленок;
- исследование электрических параметров нанесенных пленок (электро-сопротивление, емкость и т.п.);
- обобщение результатов проведенных измерений и выводы по характеристикам созданных пленок.

Возможно назначение других тем в соответствии с основным направлением исследований, проводимых конкретным студентом на кафедре.

Курсовая работа включает в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины «Основы научных исследований и техника эксперимента» не предусматривает выполнение контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе: «аттестован» / «не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-1	знать физико-химические основы технологии производства материалов электронной техники;	Сдана теория, выполнены лабораторные работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь ориентироваться в многообразии современных технологических методов, определять оптимальные режимы отдельных технологических операций;	Сдана теория, выполнены лабораторные работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть представлениями о тенденциях развития технологии материалов электронной и микроэлектронной техники, материалов наноэлектроники, навыками исследования основных характеристик материалов электронной техники.	Сдана теория, выполнены лабораторные работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-6	знать взаимосвязь параметров технологических процессов со свойствами получаемых материалов;	Сдана теория, выполнены лабораторные работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь использовать конкретные процессы получения материалов электронной техники, применять перспективные материалы электронной техники в связи с современными требованиями микро- и наноэлектроники;	Сдана теория, выполнены лабораторные работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	владеть навыками экспериментальных исследований свойств материалов электронной техники согласно соответствующим ГОСТам.	Сдана теория, выполнены лабораторные работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
--	--	---	---	---

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 6 семестре для очной формы обучения, 8 семестре для заочной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл	Неудовл
ПК-1	знать физико-химические основы технологии производства материалов электронной техники;	Тест	Выполнение теста на 90 – 100 %	Выполнение теста на 80 – 90 %	Выполнение теста на 70 – 80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов
	уметь ориентироваться в многообразии современных технологических методов, определять оптимальные режимы отдельных технологических операций;	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть представлениями о тенденциях развития технологии материалов электронной и микроэлектронной техники, материалов нанoeлектроники, навыками исследования основных характеристик материалов электронной техники.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-6	знать взаимосвязь параметров технологических процессов со свойствами получаемых материалов;	Тест	Выполнение теста на 90 – 100 %	Выполнение теста на 80 – 90 %	Выполнение теста на 70 – 80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов
	уметь использовать конкретные процессы получения материалов электронной техники, применять перспективные материалы электронной техники в связи с современными требованиями микроэлектроники;	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыками экспериментальных исследований свойств материалов электронной техники согласно соответствующим ГОСТам.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Для получения кремния марки КЭФ в качестве примеси используется:
 - 1) бор;
 - 2) бром;
 - 3) фтор;
 - 4) фосфор;
 - 5) алюминий.
2. Химическая формула силана:
 - 1) SiCl_4 ;
 - 2) SiH_4 ;
 - 3) SiHCl_3 ;
 - 4) SiBr_4 ;
 - 5) SiH_2Cl_2 .
3. После глубокой очистки GeCl_4 из него получают GeO_2 методом:
 - 1) химического транспорта;
 - 2) окисления;
 - 3) восстановления;
 - 4) пиролиза;
 - 5) гидролиза.
4. Основным промышленным методом получения полупроводникового Si является его восстановление из:
 - 1) SiCl_4 ;
 - 2) SiHCl_3 ;
 - 3) SiH_2Cl_2 ;
 - 4) SiH_4 ;
 - 5) SiBr_4 .
5. Растворитель, используемый при выращивании кристаллов из раствора, должен:
 - 1) иметь высокий коэффициент распределения;
 - 2) повышать температуру плавления;
 - быть нейтральной примесью;
 - 4) быть электрически активным;
 - 5) выпадать в виде включений второй фазы.
6. Постоянство состава монокристалла, выращиваемого с использованием методов подпитки, достигается:
 - 1) изменением скорости роста;
 - 2) изменением эффективного коэффициента распределения примеси;
 - 3) постоянством состава расплава;
 - 4) постоянством температуры расплава;
 - 5) постоянством скорости роста.
7. Активным методом выравнивания состава монокристалла не является метод:
 - 1) программирования кристаллизационного процесса;

- 2) подпитки расплава твердой фазой;
- 3) подпитки расплава жидкой фазой;
- 4) подпитки расплава газовой фазой;
- 5) выращивания кристалла малого объема по сравнению с объемом расплава.

8. Метод жидкостной герметизации является разновидностью метода:

- 1) Бриджмена;
- 2) горизонтальной направленной кристаллизации;
- 3) Чохральского;
- 4) горизонтальной зонной плавки;
- 5) бестигельной зонной плавки.

9. Уменьшение диаметра монокристалла, выращиваемого методом Чохральского, происходит при:

- 1) повышении температуры расплава;
- 2) понижении скорости кристаллизации;
- 3) повышении скорости вращения монокристалла;
- 4) повышении скорости вращения тигля;
- 5) понижении давления.

10. Преимущества метода горизонтальной направленной кристаллизации заключаются в:

- 1) отсутствии в монокристалле механических напряжений;
- 2) возможности выращивания монокристаллов различающихся соединений;
- 3) возможности получения кристаллов с равномерным распределением примесей;
- 4) возможности получения кристаллов с минимальной плотностью дислокаций;
- 5) отсутствии загрязнений примесями тигля.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Основные свойства кремния
2. Кремний + кислород
3. Кремний + галогены
4. Кремний + водород
5. Кремний + водород + галогены
6. Растворение кремния
7. Основные операции получения кремния
8. Тетрахлоридный метод получения кремния
9. Трихлорсилановый метод получения кремния
10. Методы получения германия

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Номенклатура, классификация и общие требования к материалам электронной техники
2. Свойства индивидуальных веществ и их смесей, используемых в электронной технике
3. Чистота материалов. Классификация материалов по их чистоте

4. Теория подобия. Основные подходы к моделированию технологических процессов
5. Разделение гетерогенных систем в гравитационном, центробежном и электрическом полях
6. Процесс фильтрования. Промывка осадков
7. Процессы переноса вещества
8. Движущая сила массопереноса. Методы ее расчета
9. Абсорбция
10. Экстракция

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Номенклатура, классификация и общие требования к материалам электронной техники
2. Свойства индивидуальных веществ и их смесей, используемых в электронной технике
3. Чистота материалов. Классификация материалов по их чистоте
4. Теория подобия. Основные подходы к моделированию технологических процессов
5. Разделение гетерогенных систем в гравитационном, центробежном и электрическом полях
6. Процесс фильтрования. Промывка осадков
7. Процессы переноса вещества
8. Движущая сила массопереноса. Методы ее расчета
9. Абсорбция
10. Экстракция
11. Перегонка жидкостей
12. Ректификация
13. Высушивание влажных материалов
14. Адсорбция
15. Ионный обмен
16. Кристаллизация из растворов
17. Кристаллизация из расплавов
18. Получение однородно легированных по длине монокристаллов
19. Химические транспортные реакции
20. Процессы очистки, основанные на фазовом переходе жидкость – пар
21. По каким характеристикам Ge разделяют на группы промышленных марок?
22. Какие структурные дефекты являются основными для совершенной структуры Ge?

23. В методе химического травления при определении плотности дислокаций как устанавливается образец? (что будет видно в поле микроскопа)?
24. Селективный травитель для Ge? Зачем он нужен?
25. Полосы скольжения в Ge (откуда берутся и как выглядят)?
26. Какое расхождение диаметра монокристалла Ge допускается по слитку?
27. Методы определения дислокаций в Ge (5 шт.)?
28. Как полируют образец Ge для дальнейшего химического травления?
29. Типы картин распределения дислокаций? (с пояснениями)
30. Как влияет плотность дислокаций на удельное сопротивление и время жизни неосновных носителей заряда? (с графиком)
31. Физические свойства германия
32. Получение двуокиси германия
33. Получение тетрахлорида германия
34. Сырьевые источники германия
35. Схема получения поликристаллического германия
36. Разложение германиевого концентрата
37. Дистилляция тетрахлорида германия
38. Ректификация тетрахлорида германия
39. Параметры гидролиза тетрахлорида германия
40. Получение германия из двуокиси

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится по билетам, каждый из которых содержит 2 вопроса и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 3 балла

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 3 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал 3 балла.

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал 4 балла.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал 5 баллов, то есть выполнил все задания из билета.

При получении оценок «Отлично», «Хорошо» и «Удовлетворительно» требуемые в рабочей программе знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на промежуточном этапе считаются достигнутыми.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Технология изготовления элементарных полупроводников. Кремний	ПК-1, ПК-6	Тест

2	Технология изготовления элементарных полупроводников. Германий	ПК-1, ПК-6	Тест, защита лабораторных работ
3	Технология A^3B^5	ПК-1, ПК-6	Тест
4	Технология металлов. Часть 1	ПК-1, ПК-6	Тест, защита лабораторных работ
5	Технология металлов. Часть 2	ПК-1, ПК-6	Тест
6	Технология легирующих примесей	ПК-1, ПК-6	Тест, защита лабораторных работ
7	Технология диэлектриков	ПК-1, ПК-6	Тест
8	Технология углеродных материалов	ПК-1, ПК-6	Тест, защита лабораторных работ
9	Технология металлоорганических материалов	ПК-1, ПК-6	Тест
10	Технология некристаллических и вспомогательных материалов	ПК-1, ПК-6	Тест

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном/электронном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература

1. **Новокрещенова Е.П.** Технология материалов электронной техники: учеб. пособие / Е.П. Новокрещенова. - Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2009. - 222 с.

2. **Липатов Г.И.** Технология материалов и изделий электронной техники: учеб. пособие. Ч. 1. / Г.И. Липатов. - Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2005. – 142 с.

3. **Липатов Г.И.** Технология материалов и изделий электронной техники: учеб. пособие. Ч. 2. / Г.И. Липатов. - Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2006. – 172 с.

4. **Липатов Г.И.** Технология материалов и изделий электронной техники: учеб. пособие. Ч. 3. / Г.И. Липатов. - Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2008. – 227 с.

5. **Липатов Г.И.** Технология материалов и изделий электронной техники: учеб. пособие. Ч. 4. / Г.И. Липатов. - Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2010. – 173 с.

6. **Александрова О.А.** Введение в технологию материалов микроэлектроники. В 3 ч. Ч. 1. От минерального сырья к монокристаллу [Электронный ресурс] : учебник для вузов / О.А. Александрова, А.О. Лебедев, Е.В. Мараева. - СПб.: Лань, 2023. - 172 с. - Книга из коллекции Лань - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-507-45479-2. URL: <https://e.lanbook.com/book/302354>

7. **Александрова О.А.** Введение в технологию материалов микроэлектроники. В 3 ч. Ч. 2. Основы технологий разделения и очистки [Электронный ресурс] : учебник для вузов / О.А. Александрова, А.О. Лебедев, Е.В. Мараева. - СПб.: Лань, 2023. - 216 с. - Книга из коллекции Лань - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-507-45480-8. URL: <https://e.lanbook.com/book/302360>

8. **Александрова О.А.** Введение в технологию материалов микроэлектроники. В 3 ч. Ч. 3. Эпитаксиальный рост [Электронный ресурс] : учебник для вузов / О.А. Александрова, А.О. Лебедев, Е.В. Мараева. - СПб.: Лань, 2023. - 216 с. - Книга из коллекции Лань - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-507-45481-5. URL: <https://e.lanbook.com/book/302363>

Дополнительная литература

9. **Александров С.Е.** Технология полупроводниковых материалов [Электронный ресурс]: учеб. пособие / С.Е. Александров, Ф.Ф. Греков. - 2-е изд., испр. – СПб.: Лань, 2021. - 240 с. - Книга из коллекции Лань - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-8114-1290-7. URL: <https://e.lanbook.com/book/168401>

10. **Шилова О.А.** Золь-гель технология микро- и нанокомпозитов [Электронный ресурс]: учеб. пособие / О.А. Шилова. – СПб.: Лань, 2022. - 304 с. - ISBN 978-5-8114-1417-8. URL: <https://e.lanbook.com/book/211280>

11. **Подвигалкин В.Я.** Толстые пленки радиоэлектроники. Физико-технические основы, гетероструктурные среды, приложения [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.Я. Подвигалкин. - 1-е изд. - : Лань, 2017. - 212 с. - Книга из коллекции Лань - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-8114-2404-7. URL: <https://e.lanbook.com/book/91290>

12. **Липатов Г.И.** Расчеты процессов очистки и получения пленок и слоев методами физического и химического осаждения [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Г.И. Липатов. - Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, 2019. - 102 с. - ISBN 978-5-7731-0798-9. URL: <http://www.iprbookshop.ru/93336.html>

13. **Синтез и свойства металлооксидных пленок** [Электронный ресурс]: монография / С.И. Рембеза, Е.С. Рембеза, Т.В. Свистова, Н.Н. Кошелева. – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2017.

14. **Васильев В.Ю.** Технология тонких пленок для микро- и нанoeлектроники [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.Ю. Васильев. - Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2019. - 107 с. - Гарантированный срок размещения в ЭБС до 07.09.2025 - ISBN 978-5-7782-3915-9. URL: <http://www.iprbookshop.ru/98748.html>

15. **Орликов Л.Н.** Технология материалов и изделий электронной техники. Ч. 1 [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Л.Н. Орликов. – М.: ТУСУР, 2012. - 98 с. - URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=4932

16. **Орликов Л.Н.** Технология материалов и изделий электронной техники. Ч. 2 [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Л.Н. Орликов. Н. – М.: ТУСУР, 2012. - 100 с. - URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=4931

17. **Киреев В.Ю.** Технологии микроэлектроники. Химическое осаждение из газовой фазы / В.Ю. Киреев, А.А. Столяров. - М. : Техносфера, 2006. - 192 с. - ISBN 5-94836-039-3
18. **Энциклопедия технологии полупроводниковых материалов:** пер. сангл. Э.П. Домашневской. Т. 1: Электронная структура и свойства полупроводников / Под ред. К.А. Джексона, В. Шретера. - Воронеж: Водолей, 2004. - 982 с. - ISBN 5-88563-041-0
19. **Таиров Ю.М.** Технология полупроводниковых и диэлектрических материалов: учебник / Ю.М. Таиров, В.Ф. Цветков. - 3-е изд., стереотип. - СПб.: Лань, 2002. - 424 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 5-8114-0438-7
20. **Крапухин В.В.** Физико-химические основы технологии полупроводниковых материалов: учебник для вузов / В.В. Крапухин, И.А. Соколов. – М.: Металлургия, 1982. - 352 с.
21. **Технология материалов электронной техники** [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению контрольной работы для студентов направления 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника» (профиль «Микроэлектроника и твердотельная электроника») заочной формы обучения / сост.: Т.В. Свистова, Е.Ю. Плотникова (№ 748-2022)
22. **Технология материалов электроники и нанoeлектроники** [Электронный ресурс]: методические указания для проведения лабораторных и практических работ по дисциплине «Технология материалов электронной техники» для студентов направления подготовки 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника» всех форм обучения / сост. Е.Ю. Плотникова. Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2024. – 37 с. (№ 1-2024)
23. ГОСТ 2.105-2019. ЕСКД. Общие требования к текстовым документам. – М.: ФГУП «Стандартинформ», 2019. – 35 с.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Программное обеспечение компьютеров для самостоятельной и аудиторной работы:

- Операционные системы семейства MSWindows;
- Пакет офисных программ LibreOffice;
- Программа просмотра файлов WinDjview;
- Программа просмотра файлов формата pdf Adobe Acrobat Reader;
- Интернет-браузеры Mozilla Firefox, Google Chrome;
- Математический пакет MathCad Express, Smath Studio;
- Среда разработки Python;
- Система управления курсами Moodle;

Используемые электронные библиотечные системы:

- Модуль книгообеспеченности АИБС «МАРК SQL»:
<http://bibl.cchgeu.ru/provision/struct/>;
- ЭБС Издательства «ЛАНЬ», в том числе к коллекциям «Инженерно-технические науки», «Физика»: <http://e.lanbook.com/>;
- ЭБС IPRbooks: <http://www.iprbookshop.ru/>;
- научная электронная библиотека eLIBRARY.RU: <http://elibrary.ru/>.

Информационные справочные системы:

- портал федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования: <http://fgosvo.ru/>;
- единое окно доступа к образовательным ресурсам: <http://window.edu.ru/>;

- открытый образовательный ресурс НИЯУ МИФИ: <http://online.mephi.ru/>;
- открытое образование: <https://openedu.ru/>;
- физический информационный портал: <http://phys-portal.ru/index.html>
- Профессиональные справочные системы «Техэксперт»: <https://cntd.ru>
- Электронная информационная образовательная среда ВГТУ: <https://old.education.cchgeu.ru>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

1. Лекционная аудитория 311/4, укомплектованная специализированной мебелью и оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций: мультимедиа-проектором, стационарным экраном, наборами демонстрационного оборудования (учебный корпус № 4, расположенный по адресу: Московский пр., 179):

комплект учебной мебели: рабочее место преподавателя (стол, стул);
рабочие места обучающихся (столы, стулья) на 22 человека.
проектор BenQ MP515 DLP;
экран ScreenMedia настенный.
огнетушитель.

2. Лаборатория физики конденсированного состояния ауд. 213/4, укомплектованная специализированной мебелью и оснащенная оборудованием для проведения лабораторных занятий (учебный корпус № 4, расположенный по адресу: Московский пр., 179):

комплект учебной мебели: рабочее место преподавателя (стол, стул);
рабочие места обучающихся (столы, стулья) на 16 человек;
микроскоп МССО-1V42;
металлографический микроскоп BS-6010BTR
микроскоп МССО;
микроскоп МИС;
микротвердомер ПМТ-3;
микроскоп МИМ-7;
микроскоп МИК-4;
микроскоп МИ-1;
микроскоп МИИ-4;
огнетушитель;

3. Дисплейный класс для проведения расчетов и самостоятельной работы студентов, укомплектованный специализированной мебелью и оснащенный персональными компьютерами с лицензионным программным обеспечением с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, ауд. 209/4 (учебный корпус № 4, расположенный по адресу: Московский пр., 179), оснащенный необходимым оборудованием:

комплект учебной мебели: рабочее место преподавателя (стол, стул);
рабочие места обучающихся (столы, стулья) на 20 человек.
компьютер-сборка каф.9;
компьютер в составе: (Н61/IntelCorei3/Кв/М/20" LCD);
компьютер-сборка каф.7;
компьютер-сборка каф.3;
компьютер в составе: (Н61/IntelCorei3/Кв/М/23" LCD);
компьютер-сборка каф.5;
компьютер-сборка каф.4;
компьютер-сборка каф.8;
компьютер-сборка каф.2;
компьютер-сборка каф.6;

компьютер-сборка каф.10;
 комп. в сост: Сист.блок RAMEC GALE,монитор 17" LCD;
 компьютер-сборка каф.1;
 экран Projecta ProScreen настенный рулонный;
 проектор BenQ MP515 DLP;
 огнетушитель.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Технология материалов электронной техники» читаются лекции, проводятся лабораторные и практические занятия, выполняется курсовая работа.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Практические занятия направлены на приобретение навыков проведения расчетов типичных процессов технологии материалов электронной техники. Занятия проводятся путем решения стандартных и прикладных задач в аудитории.

Методика выполнения курсовой работы изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсового проектирования студенты должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины осуществляется тестированием и защитой курсовой работы. Освоение дисциплины оценивается на экзамене.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практические занятия	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных работ, для подготовки к ним необходимо: разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу.

Курсовая работа	При выполнении курсовой работы студенты должны научиться правильно и творчески использовать знания, полученные ими на лекциях и лабораторных занятиях. Задачи, решаемые при выполнении курсовой работы: - осуществить поиск необходимой информации по теме работы; - систематизировать найденную информацию; - осуществить обзор литературных источников по заданной теме; - выработать умения решать прикладные задачи.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1	Актуализирован раздел 8.1 в части состава учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.	04.02.2025	
2			
3			
4			