

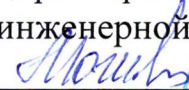
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

Институт технологий и инженерной механики
Кафедра микро- и нанoeлектроники

УТВЕРЖДАЮ

директор института технологий и
инженерной механики


«18» _____ 2023 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Технология и оборудование для производства материалов и приборов
электронной техники»

по научной специальности: 2.2.3. Технология и оборудование для производства
материалов и приборов электронной техники

Луганск 2023

Лист согласования рабочей программы учебной дисциплины

Рабочая программа учебной дисциплины «Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники» по научной специальности 2.2.3. Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники. – 18 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники» по научной специальности 2.2.3. Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники составлена с учетом Федеральных государственных требований в структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, утвержденных Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20.10.2021 г. № 951; Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 24.02.2021 г. № 118 «Об утверждении номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени» (с изменениями и дополнениями); Положением о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 30.11.2021 г. № 2122.

СОСТАВИТЕЛИ:

кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой микро- и нанoeлектроники Войтенко В.А.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры микро- и нанoeлектроники «14» 04 2023 г., протокол № 9

Заведующий кафедрой микро- и нанoeлектроники  Войтенко В. А.
Переутверждена: « » 202 г., протокол №

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии института технологий и инженерной механики «18» 04 2023 г., протокол № 3.

Председатель учебно-методической
комиссии института технологий и инженерной механики  С. Н. Ясуник

© Войтенко В.А., 2023 год

© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля», 2023 год

Структура и содержание дисциплины

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Цели изучения дисциплины «Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники» – формирование у аспирантов (соискателя ученой степени) по научной специальности 2.2.3. Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники знаний, умений и навыков в области современных технологий получения полупроводников и новых перспективных материалов, применяемых в электронной технике, современного оборудования для получения полупроводниковых материалов и приборов для измерения их параметров и свойств.

Задачи дисциплины – ознакомление аспиранта (соискателя) с теоретическими основами и экспериментальными данными по методам получения полупроводниковых материалов с заданными свойствами, оборудованию для выращивания монокристаллов, резки их на пластины, механической и химико-механической обработки; формирование практических умений и навыков по выбору оптимальных условий для обработки материалов и применению методов контроля электрофизических свойств полученных материалов.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники» входит в часть образовательного компонента плана подготовки. Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплины «Процессы микро- и нанотехнологии» и служит основой для осуществления научной и профессиональной деятельности.

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Аспиранты, завершившие изучение дисциплины «Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники», должны **знать**: современные методы получения высокочистых полупроводниковых материалов; перспективные технологии выращивания монокристаллов полупроводников, полуметаллов и диэлектриков; современные методы и оборудование резки, шлифовки, полировки и химико-механической полировки монокристаллов полупроводников; современное оборудование для упаковки и транспортировки подложек полупроводников; **уметь**: использовать полученные знания для выращивания монокристаллов полупроводников, разрезания их на пластины, механическую и химико-механическую обработку подложек; использовать полученные знания для выбора составов полупроводниковых материалов с учетом области применения приборов, разрабатываемых на основе этих материалов; проводить анализ результатов разработки новых технологий приборов твердотельной и вакуумной электроники, фотоники и лазерной техники; **владеть**:

практическими навыками по поиску и сопоставлению данных о физико-химических параметрах процессов создания новых технологий приборов твердотельной и вакуумной электроники, фотоники и лазерной техники.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов
	Очная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	144 (4 зач. ед)
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего) в том числе:	36
Лекции	12
Семинарские занятия	-
Практические занятия	24
Лабораторные работы	-
Курсовая работа (курсовой проект)	-
Другие формы и методы организации образовательного процесса (<i>расчетно-графические работы, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинг, компьютерные симуляции, интерактивные лекции, семинары, анализ деловых ситуаций и т.п.</i>)	-
Самостоятельная работа (всего)	108
Форма аттестации	экзамен

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Вакуумная техника для электронной техники

Основные сведения вакуумной техники. Процесс откачки вакуумной системы. Классификация вакуумных насосов. Механические насосы с масляным уплотнением. Пароструйные насосы. Принцип работы. Диффузионные насосы. Приборы для измерения вакуума. Термопарные манометры. Электронные ионизационные манометры для измерения сверхнизких давлений.

Раздел 2. Основные и вспомогательные материалы

Подготовка основных и вспомогательных материалов. Характеристика чистого вещества. Обращение с чистыми веществами. Подготовка вспомогательных материалов.

Раздел 3. Подготовка основных материалов

Предварительная подготовка основных материалов. Химические методы очистки. Технология получения поликристаллического кремния. Метод водородного восстановления трихлорсилана. Метод термического разложения моносилана. Фторидный метод получения моносилана. Высокотемпературное гидрирование тетраоксида кремния. Подготовка полупроводниковых соединений. Физико-химические методы очистки. Перегонка. Очистка методами направленной кристаллизации.

Раздел 4. Легирование полупроводников

Распределение примеси при выращивании монокристаллов. Равновесный и эффективный коэффициенты сегрегации. Определение эффективного коэффициента распределения легирующего компонента. Расчет концентрации примеси в кристалле.

Раздел 5. Методы выращивания монокристаллов полупроводников

Общие сведения о методах выращивания монокристаллов. Концентрационное переохлаждение. Метод Бриджмена. Метод зонной плавки. Метод Чохральского. Оборудование для роста кристаллов методом Чохральского. Метод Вернейля. Бестигельные методы роста. Метод Киропулоса. Метод стягивания ленты с поверхности расплава. Получение профильных кристаллов методом Степанова. Установки для роста кристаллов сапфира методом Киропулоса и Степанова.

Раздел 6. Выращивание однородных полупроводников с совершенной структурой

Технология получения однородно легированных монокристаллов. Особенности роста кристаллов в условиях невесомости. Выращивание монокристаллов в магнитном и электромагнитном полях. Оборудование для роста монокристаллов кремния диаметром 400 мм. Влияние ультразвука на неоднородность компонентов в выращиваемых монокристаллах. Получение монокристаллов с совершенной структурой.

Раздел 7. Механическая обработка монокристаллов полупроводников

Резка монокристаллов на пластины. Станки с алмазной внутренней режущей кромкой и проволочные. Резка термоэлектрических материалов. Шлифовка пластин. Методы шлифования. Шлифование связанным абразивом. Шлифование свободным абразивом. Оборудование для шлифовки связанным и свободным абразивом. Полировка пластин. Качество поверхности и виды полировки. Механическая полировка. Химико-физическая полировка. Химическая полировка пластин. Оборудование для полировки пластин диаметром более 300 мм. Межоперационная и финишная очистка пластин. Контроль геометрических параметров пластин. Контроль электрофизических параметров.

Раздел 8. Технология получения слоев

Классификация слоев. Термодинамические основы массопереноса. Электрохимическая обработка, осаждение гальванических покрытий. Получение контакта металл-полупроводник. Создание электродных выводов. Порошковые слои. Эпитаксиальные структуры, авто-, гетероэпитаксия, газовая, жидкостная и твердотельная эпитаксии. Метод эпитаксиального роста из паровой фазы. Галогенная транспортная эпитаксия. Рост Si в системе Si-Cl-H. Рост полупроводников AIII BV в системе III-V-Cl-H. Левитационная эпитаксия. Органическая эпитаксия из паровой фазы. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Жидкофазная эпитаксия. Твердофазная эпитаксия.

Раздел 9. Технология получения наноматериалов

Технология и оборудование для производства наноматериалов и приборов нанoeлектроники. Электронная, туннельная и атомно-силовая микроскопии. Химические методы. Механосинтез. Отжиг аморфных сплавов.

Электронно- ионно-плазменные методы. Лазерная техника в производстве нанoeлектроники.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов
		Очная форма
1	Вакуумная техника для электронной техники	1
2	Основные и вспомогательные материалы	1
3	Подготовка основных материалов	1
4	Легирование полупроводников	1
5	Методы выращивания монокристаллов полупроводников	2
6	Выращивание однородных полупроводников с совершенной структурой	2
7	Механическая обработка монокристаллов полупроводников	2
8	Технология получения слоев	1
9	Технология получения наноматериалов	1
Итого:		12

4.4. Практические занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов
		Очная форма
1	Низковакуумные, средневакуумные и высоковакуумные насосы. Вакуумные посты. Расчет скорости откачки вакуумной системы	2
2	Химические методы очистки материалов. Условия и технология гидрирования тетрахлорида кремния.	2
3	Методы очистки направленной кристаллизацией. Распределение примесей вдоль слитка при росте кристалла зонной плавкой.	2
4	Фазовое равновесие и распределение примесей при кристаллизации. Расчет эффективного коэффициента сегрегации при росте кристаллов методом Чохральского.	2
5	Расчет шихты для выращивания элементарных полупроводников, легированных донорной или акцепторной примесью.	2
6	Расчет шихты для роста трехкомпонентных монокристаллов направленной кристаллизацией.	2
7	Применение подпитки расплава и расчет ее концентрации.	4
8	Методы шлифования пластин Si, Ge, АIII BV и их твердых растворов.	2
9	Условия, параметры и процессы эпитаксиального роста.	4
10	Получение наноматериалов. Метод механосинтеза. Аморфизация расплавов для получения наноструктур.	2
Итого:		24

4.5. Лабораторные работы - не предусмотрены учебным планом

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов
			Очная форма
1	Приборы для измерения вакуума. Термопарные манометры. Электронные ионизационные манометры для измерения сверхнизких давлений	Анализ литературы, подготовка заданий	16
2	Физико-химические методы очистки. Перегонка.	Работа с лекционным материалом, анализ научно-методической литературы, подготовка заданий	15
3	Бестигельные методы роста монокристаллов полупроводников.	Работа с лекционным материалом, анализ учебной литературы, подготовка заданий	16
4	Получение профильных кристаллов методом Степанова.	Углубленный анализ научно-технической литературы, подготовка заданий	15
5	Резка термоэлектрических материалов.	Работа с лекционным материалом, подготовка заданий	15
6	Жидкофазная и твердофазная эпитаксия.	Работа с лекционным материалом, подготовка заданий	16
7	Технология и оборудование для производства наноматериалов и приборов наноэлектроники.	Работа с лекционным материалом, углубленный анализ научно-методической литературы, подготовка заданий	15
Итого:			108

5. Образовательные технологии

Реализация дисциплины «Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники» осуществляется традиционными методами и средствами организации и проведения образовательного процесса (практические занятия, самостоятельная работа, в том числе с монографиями, учебниками и научными статьями) и инновационными: проблемное обучение, диалоговые и другие активные формы обучения, личностно ориентированные и деятельностно-ценностные образовательные технологии, в том числе и информационно-коммуникационные технологии.

На практических занятиях аспиранты применяют теоретические знания при решении конкретных научно-технических задач, выступают с докладами и сообщениями, выполняют задания.

Самостоятельная работа предполагает работу с различными источниками учебной и научно-технической информации, включая изучение учебных пособий, монографий, научных статей; самоанализ научной деятельности, сопоставление различных точек зрения по той или иной научно-технической проблеме.

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

Информационные технологии: использование электронных образовательных ресурсов при подготовке практическим занятиям.

Тематическая дискуссия по проблемным вопросам.

Подготовка докладов, сообщений и др.

На практических занятиях, во время самостоятельной и индивидуальной работы, применяются репродуктивной (воспроизведение и повторение видов деятельности по заданиям преподавателя), частично-поисковый (самостоятельное решение проблемы), исследовательский (формирование умений приобретать знания самостоятельно, проводить исследования, делать выводы) методы.

6. Формы контроля освоения дисциплины

Текущая аттестация студентов производится в дискретные временные интервалы лектором и преподавателем, ведущими практические занятия по дисциплине в следующих формах (*например*):

- контрольные вопросы и задания;
- задания и упражнения;
- самостоятельная работа;
- тестовые задания.

Фонды оценочных средств, включающие типовые задания, тесты и методы контроля, позволяющие оценить результаты текущей и промежуточной аттестации обучающихся по данной дисциплине, помещаются в приложении к рабочей программе в соответствии с «Положением о фонде оценочных средств».

Форма аттестации по результатам освоения дисциплины проходит в форме устного зачета (включает в себя ответ на теоретические вопросы и выполнение заданий) либо в сочетании различных форм (компьютерного тестирования, выполнение заданий и пр.).

В экзаменационную ведомость и зачетную книжку выставляются оценки по шкале оценивания, приведенной в таблице.

Характеристика знания предмета и ответов	Зачеты
Обучающийся глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.	зачтено
Обучающийся знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.	
Обучающийся знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно четкие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.	

Обучающийся не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Обучающийся отказывается от ответов на дополнительные вопросы.	не зачтено
---	------------

7. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины:

7.1. Основная литература:

1. Акчурина Р.Х. МОС-гидридная эпитаксия в технологии материалов фотоники и электроники [Электронный ресурс] / Акчурина Р.Х., Мармалюк А.А. - М.: Техносфера, 2018. - 488 с. - ISBN 978-5-94836-521-3 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948365213.html>

2. Достанко А.П. Технологические комплексы интегрированных процессов производства изделий электроники [Электронный ресурс]: монография / А.П. Достанко [и др.]. - Минск: Беларуская навука, 2016. - 252 с. - ISBN 978-985-08-1993-2. - Текст: электронный. - URL: <https://new.znaniium.com/catalog/product/1066905>

3. Зевайль А. Трехмерная электронная микроскопия в реальном времени [Электронный ресурс]: Учебное пособие / А. Зевайль, Д. Томас; Пер. с англ. А.В. Сухова. - Долгопрудный: Интеллект, 2013. - 328 с.: ил.; 60x90 1/16. (обложка) ISBN 978-5-91559-102-7 - Режим доступа: <http://znaniium.com/catalog/product/438915>

4. Дементьев, А. Н. Метаматериалы в радиоэлектронике : от исследований к разработкам / А. Н. Дементьев, А. О. Жуков, В. К. Ильков, В. Р. Скрынский. - Москва : Техносфера, 2023. - 248 с. - ISBN 978-5-94836-674-6. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948366746.html>

7.2. Дополнительная литература:

1. Каменская А.В. Основы технологии материалов микроэлектроники [Электронный ресурс] /Каменская А.В. - Новосиб.: НГТУ, 2010. - 96 с.: ISBN 978-5-7782-1420-0. - Режим доступа: <http://znaniium.com/bookread2.php?book=546218&spec=1>

2. Космическая электроника. В 2-х книгах. Книга 1. [Электронный ресурс] / А. И. Белоус, В. А. Солодуха, С. В. Шведов. - Москва : Техносфера, 2021. - Режим доступа: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948365763.html>

3. Келсалл Р. Научные основы нанотехнологий и новые приборы [Электронный ресурс]: Учебник-монография / Под ред. Келсалл Р. - Долгопрудный: Интеллект, 2011. - 528 с. ISBN 978-5-91559-048-8 - Режим доступа: <http://znaniium.com/catalog/product/319358>

4. Мишина Е.Д. Методы получения и исследования наноматериалов и наноструктур. Лабораторный практикум по нанотехнологиям [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Мишина Е.Д., - 5-е изд., (эл.) - М.: Лаборатория знаний, 2017. - 187 с.: ISBN 978-5-00101-473-7 - Режим доступа: <http://znaniium.com/catalog/product/502584>

7.3. Методические указания / рекомендации

7.4. Интернет-ресурсы:

1. Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>
2. Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации – <http://www.mnr.gov.ru/>
3. Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>
4. Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>
5. Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>
6. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>
7. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

Электронные библиотечные системы и ресурсы

1. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>
2. Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

Информационный ресурс библиотеки образовательной организации

1. Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Освоение дисциплины «Технология получения структур микроэлектроники» предполагает использование академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам. Лекционные и практические занятия могут проводиться в компьютерном классе (компьютеры с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде) или с применением презентационной техники (проектор, экран, компьютер).

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	Firefox Mozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx
Браузер	Opera	http://www.opera.com
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
Файл-менеджер	Far Manager	http://www.farmanager.com/download.php
Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/

Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator
Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/

8. Оценочные средства по дисциплине

Фонды оценочных средств по дисциплине «Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники»

I. Контрольные вопросы и задания

1. Контрольные вопросы по разделам дисциплины (примерные)

1. Приведите структурную схему и поясните принцип действия механического насоса с масляным уплотнением.
2. Приведите структурную схему и поясните принцип действия пароструйного насоса.
3. Приведите классификацию приборов для измерения вакуума.
4. Приведите структурную схему и поясните принцип действия термопарного манометра.
5. Приведите структурную схему и поясните принцип действия электронного ионизационного манометра для измерения сверхнизких давлений.
6. Какие вещества называют чистыми веществами? Каковы особенности обращения с чистыми веществами?
7. Как происходит подготовка вспомогательных материалов?
8. Как происходит предварительная подготовка основных материалов?
9. Перечислите известные вам химические методы очистки.
10. Назовите этапы технологического процесса получения поликристаллического кремния.
11. В чем суть метода водородного восстановления трихлорсилана?
12. Назовите этапы технологического процесса получения поликристаллического кремния.
13. В чем суть метода термического разложения моносилана?
14. В чем суть фторидного метода получения моносилана?
15. В чем суть метода высокотемпературного гидрирования тетрахлорида кремния?
16. Как происходит подготовка полупроводниковых соединений?
17. Перечислите известные вам физико-химические методы очистки.
18. В чем суть метода перегонки?
19. Как происходит очистка методами направленной кристаллизации?
20. Как происходит распределение примеси при выращивании монокристаллов?

21. Что такое равновесный и эффективный коэффициенты сегрегации?
22. Назовите известные вам методы выращивания монокристаллов.
23. Что такое концентрационное переохлаждение?
24. В чем суть метода Бриджмена?
25. Как происходит кристаллизация из переохлажденного расплава с ограничением растущего кристалла поверхностью формообразователя?
26. Как происходит прокатка в жидком состоянии?
27. Как получают остеклованные нитевидные кристаллы?
28. Как происходит беззатравочная кристаллизация тонких слоев расплава между плоскими пластинами?
29. В чем суть метода экструзии?
30. Как получают высокочистые монокристаллы?
31. Опишите этапы технологического процесса получения однородно легированных монокристаллов.
32. Каковы особенности роста кристаллов в условиях невесомости?
33. Каковы особенности выращивания монокристаллов в магнитном и электромагнитном полях?
34. Каково влияние ультразвука на неоднородность компонентов в выращиваемых монокристаллах?
35. Как получают монокристаллы с совершенной структурой?
36. Перечислите этапы механической обработки монокристаллов полупроводников.
37. Как происходит резка монокристаллов на пластины?
38. Каковы особенности резки термоэлектрических материалов?
39. Перечислите известные вам методы шлифования.
40. В чем суть метода шлифования связанным абразивом?
41. В чем суть метода шлифования свободным абразивом?
42. Как происходит полировка пластин?
43. В чем суть метода механической полировки?
44. В чем суть метода химико-механической полировки?
45. В чем суть метода химической полировки пластин?
46. Как происходит межоперационная и финишная очистка пластин?
47. Как проводят контроль пластин?
48. Приведите классификацию слоев.
49. Как происходит электрохимическая обработка?
50. Как получают контакт металл-полупроводник?
51. Как создают электродные выводы?
52. В чем суть метода эпитаксии?

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству контрольные вопросы

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Ответ на вопрос представлен на высоком уровне (аспирант в полном объеме осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.)

4	Ответ на вопрос представлен на среднем уровне (аспирант в целом осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.)
3	Ответ на вопрос представлен на низком уровне (аспирант допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени профильным категориальным аппаратом и т.п.)
2	Ответ на вопрос представлен на неудовлетворительном уровне или не представлен (аспирант не готов, не выполнил задание и т.п.)

2. Задания и упражнения

Задание 1.

- Опишите технологическое оборудование, применяемое для откачки вакуумной системы.
- Раскройте особенности вакуумных насосов разных типов.
- Выполните расчет скорости откачки вакуумной системы.

Задание 2.

- Опишите процесс подготовки основных и вспомогательных материалов при производстве приборов электронной техники.
- Поясните правила обращения с чистыми веществами.
- Поясните принципы маркировки чистых веществ.

Задание 3.

- Опишите оборудование для получения поликристаллического кремния.
- В чем сущность метода водородного восстановления трихлорсилана?
- Опишите условия и технологию гидрирования тетрахлорида кремния.

Задание 4.

- Каковы особенности распределения примеси при выращивании монокристаллов?
- Как определяют эффективный коэффициент распределения легирующего компонента?
- Определите равновесный и эффективный коэффициенты сегрегации.

Задание 5.

- Опишите оборудование для роста кристаллов сапфира методом Киропулоса и Степанова.
- В чем особенности технологии получения однородно легированных монокристаллов?
- Выполните измерение удельной проводимости тонкой пленки.

Задание 6.

- Опишите процессы электрохимической обработки и осаждения гальванических покрытий.

- Выполните сравнительный анализ методов авто-, гетероэпитаксии, газовой, жидкостной и твердотельной эпитаксии.
- Выполните расчет шихты для выращивания полупроводника, легированного донорной примесью.

Задание 7.

- В чем сущность методов электронной, туннельной и атомно-силовой микроскопии?
- Каково применение лазерной техники в производстве нанoeлектроники?
- Выполните расчет шихты для выращивания полупроводника, легированного акцепторной примесью.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству задания и упражнения

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Аспирант полно излагает изученный материал, даёт правильный комментарий к выполненному упражнению; может привести необходимые примеры не только по учебнику, но и самостоятельно составленные; излагает материал последовательно и правильно с точки зрения норм литературного языка.
4	Аспирант даёт ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для отметки "5", но допускает 1-2 ошибки, которые сам же исправляет, и 1-2 недочёта в последовательности и языковом оформлении излагаемого.
3	Аспирант обнаруживает знание и понимание основных правил и положений данной темы, но излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке правил; не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры; излагает материал непоследовательно и допускает ошибки в языковом оформлении излагаемого.
2	Аспирант обнаруживает незнание большей части соответствующего раздела изучаемого материала, допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал.

II. Самостоятельная работа

1. Выполнить поиск научно-технической информации по проблематике «Оборудование для полировки пластин диаметром более 300 мм». Законспектировать тезисы и подготовить сообщение.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству самостоятельная работа

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Самостоятельная работа выполнена на высоком уровне
4	Самостоятельная работа выполнена на среднем уровне
3	Самостоятельная работа выполнена на низком уровне
2	Самостоятельная работа выполнена на неудовлетворительном уровне или не выполнена

III. Промежуточный (итоговый) контроль знаний

Тестовые задания

Тест контрольный, проверяющий основные понятия

1. Конденсационные насосы:

- А) осуществляют перемещение ионизованных молекул в электрическом и магнитном полях;
- Б) осуществляют связывание газов путем их сорбции поверхностями или объемами твердых тел;
- В) осуществляют связывание газов за счет конденсации на поверхностях, охлаждаемых до криогенных температур

2. Объемные насосы:

- А) работают на перемещении газов за счет периодического изменения объема рабочей камеры;
- Б) захватывают газ непрерывно истекающей струей рабочей жидкости, газа или пара;
- В) перемещают газ непрерывно движущимися твердыми поверхностями.

3. Низковакуумные насосы работают в области давлений:

- А) $10^5 - 10^2$ Па;
- Б) $10^2 - 10^{-1}$ Па;
- В) $10^{-1} - 10^{-5}$.

4. Механические форвакуумные насосы применяются:

- А) для обеспечения высокого вакуума;
- Б) для обеспечения низкого вакуума;
- В) для обеспечения сверхвысокого вакуума.

5. Турбулентный захват газа очень плотной струей происходит:

- А) в эжекторных насосах;
- Б) в бустерных насосах;
- В) в диффузионных насосах.

6. В деформационных манометрах:

- А) измеряемое давление или разность давлений уравнивается давлением столба жидкости;
- Б) используется закон изотермического сжатия идеального газа;
- В) используется в качестве чувствительного элемента сильфон, мембрану.

7. Лимитируемые примеси – это примеси, которые наиболее сильно влияют на свойства чистого...

- А) вещества
- Б) помещения
- В) излучения

Вставьте пропущенное слово.

8. В чистых помещениях поддерживается давление очищенного воздуха на _____ выше, чем давление в соседних помещениях.

- А) 1 Па
- Б) 5 Па

В) 50 Па

9. При получении чистых веществ возникают трудности кинетического характера, которые проявляются в том, что скорость процесса очистки вещества прямо пропорциональна концентрации...

А) примеси

Б) электронов

В) атомов основного вещества

Вставьте пропущенное слово.

10. В установках роста монокристаллов полупроводников нередко используются термопары для измерения температуры _____.

А) затравки

Б) расплава

В) тигля

Вставьте пропущенное слово.

11. Методом _____ выращивают профильные монокристаллы полупроводников.

А) Степанова

Б) Киропулоса

В) Чохральского

12. Нагреватели какого типа обычно используются в установках зонной плавки?

А) индукторы

Б) радиаторы

В) тепловентиляторы

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству тесты

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Тесты выполнены на высоком уровне (правильные ответы даны на 90-100% тестов)
4	Тесты выполнены на среднем уровне (правильные ответы даны на 75-89% тестов)
3	Тесты выполнены на низком уровне (правильные ответы даны на 50-74% тестов)
2	Тесты выполнены на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем на 50% тестов)

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)

Экспертное заключение

Представленный фонд оценочных средств (далее - ФОС) *по дисциплине «Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники»* соответствует требованиям ГОС ВО.

Предлагаемые формы и средства текущего и промежуточного контроля адекватны целям и задачам реализации основной образовательной программы по научной специальности 2.2.3. Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники.

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающегося представлены в полном объеме.

Виды оценочных средств, включенные в представленный фонд, отвечают основным принципам формирования ФОС.

Разработанный и представленный для экспертизы фонд оценочных средств рекомендуется к использованию в процессе подготовки аспирантов по указанной научной специальности.

Председатель учебно-методической
комиссии института технологий
и инженерной механики



С. Н. Ясуник