

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 наноэлектроники

УТВЕРЖДАЮ

директор института технологий и
инженерной механики

Могильная Е.П.

2023 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ»

По направлению подготовки: 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Профиль «Электронные приборы и устройства»

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Технологические основы электроники» по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника. – 28 с.

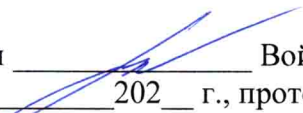
Рабочая программа учебной дисциплины «Технологические основы электроники» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19.09.2017 года № 927.

СОСТАВИТЕЛИ:

к.т.н., доцент Войтенко В.А.;

к.т.н., доцент Войтенко Г.О.

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

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

Цель дисциплины – изучение научно-технических основ технологии современных изделий электронной техники: общей характеристики технологии, структуры технологического процесса, основных принципов планарной технологии; базовых технологических процессов электронной промышленности и примеров реализации технологических схем производства типичных приборов; знакомство с основными понятиями о разработке, исследовании и моделировании технологических процессов, направлениями развития современной технологии.

Задачи: ознакомление студентов с историей развития электроники, микроэлектроники и наноэлектроники; методами выращивания монокристаллов полупроводников; методами наблюдения наноразмерных структур; эволюцией микроэлектронных приборов и перспективами развития электроники.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО. Требования к условиям освоения содержания дисциплины

Дисциплина «Технологические основы электроники» относится к циклу профессиональных дисциплин.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются: знания физики и химии, основ специальности.

Содержание дисциплины основано на знаниях дисциплин «Математика», «Физика», «Химия», «Основы отраслевых знаний», «Материалы и компоненты электроники» и служит основой для освоения дисциплин «Процессы микро- и нанотехнологии», «Приборы и устройства СВЧ», «Проектирование интегральных микросхем», «Вакуумная и плазменная электроника».

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ПК-5. Способен выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники	ПК-5.1. Знает принципы учета видов и объемов производственных работ. ПК-5.2. Умеет осуществлять регламентное обслуживание оборудования. ПК-5.3. Владеет навыками настройки высокотехнологичного оборудования в соответствии с правилами настройки и эксплуатации.	Знать: принципы учета видов и объемов производственных работ вакуумной техники, выращивания монокристаллов полупроводников, получения основных материалов, применяемых в планарных технологиях микроэлектроники, обработки пластин

	<p>ПК-5.4. Владеет навыками выбора материалов и компонентов электроники.</p>	<p>полупроводников; вакуумных постов, манометров, выращивания монокристаллов полупроводников и получения слоев;</p> <p>Уметь: навыками настройки высокотехнологичного оборудования по производству монокристаллов полупроводников, обработке полупроводниковых пластин;</p> <p>Владеть: навыками выбора материалов и компонентов электроники, самостоятельной работы со справочной литературой; навыками работы с базами данных и электронными библиотеками;</p>
<p>ПК-7. Способен осуществлять технологическое сопровождение производства изделий электроники и нанoeлектроники</p>	<p>ПК-7.1. Знает методическую базу измерений параметров технологических процессов и тестирования изделий электроники и нанoeлектроники.</p> <p>ПК-7.2. Умеет осуществлять поверку, настройку и калибровку изделий электроники и нанoeлектроники.</p> <p>ПК-7.3. Владеет навыками метрологического сопровождения производства изделий электроники и нанoeлектроники.</p>	<p>Знать: методическую базу измерений параметров технологических процессов, производственный и технологический процесс, основные понятия и определения, назначение и состав ЕСТД, классификацию вакуумных насосов, классификацию приборов для измерения вакуума, этапы предварительной подготовки основных материалов, методы полировки пластин; технологическое оборудование для получения материалов и приборов электроники;</p> <p>Уметь: осуществлять поиск информации с использованием информационных технологий; осуществлять поверку, настройку и калибровку изделий электроники и нанoeлектроники использовать навыки работы с компьютером для поиска</p>

		научно-технической информации; анализировать технологические процессы электронной промышленности и их метрологическое сопровождение;
		Владеть: навыками метрологического сопровождения производства изделий электроники и наноэлектроники; навыками соблюдения требований информационной безопасности; проведения работ по технологической подготовке производства изделий электроники и его метрологического сопровождения.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	144 (4 зач. ед)	144 (4 зач. ед)
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего) в том числе:	68	10
Лекции	34	4
Семинарские занятия	-	-
Практические занятия	-	-
Лабораторные работы	34	6
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 студента (всего)	76	134
Форма аттестации	зачет	зачет

4.2. Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Основные сведения вакуумной техники

Предмет и задачи курса «Технологические основы электроники». Производственный и технологический процесс, основные понятия и определения. Назначение и состав ЕСТД. Особенности технологии изделий

электронной промышленности. Процесс откачки вакуумной системы. Классификация вакуумных насосов. Механические насосы с масляным уплотнением.

Тема 2. Пароструйные насосы. Приборы для измерения вакуума

Пароструйные насосы. Приборы для измерения вакуума. Термопарные манометры. Электронные ионизационные манометры для измерения сверхнизких давлений.

Тема 3. Основные и вспомогательные материалы

Характеристика чистого вещества. Обращение с чистыми веществами. Подготовка вспомогательных материалов. Основные направления развития современной электроники.

Тема 4. Подготовка основных материалов

Предварительная подготовка основных материалов. Химические методы очистки. Технология получения поликристаллического кремния. Метод водородного восстановления трихлорсилана.

Тема 5. Технология получения поликристаллического кремния

Технология получения поликристаллического кремния. Метод термического разложения моносилана. Фторидный метод получения моносилана. Высокотемпературное гидрирование тетрахлорида кремния. Подготовка полупроводниковых соединений. Физико-химические методы очистки. Перегонка. Очистка методами направленной кристаллизации.

Тема 6. Физико-химические основы легирования полупроводников

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

Тема 7. Методы выращивания монокристаллов

Общие сведения о методах выращивания монокристаллов. Концентрационное переохлаждение. Метод Бриджмена.

Тема 8. Выращивание монокристаллов полупроводников

Кристаллизация из переохлажденного расплава с ограничением растущего кристалла поверхностью формообразователя. Прокатка в жидком состоянии. Получение остеклованных нитевидных кристаллов. Беззатравочная кристаллизация тонких слоев расплава между плоскими пластинами. Метод экструзии. Получение высокочистых монокристаллов.

Тема 9. Выращивание монокристаллов полупроводников с однородным распределением компонентов

Технология получения однородно легированных монокристаллов. Особенности роста кристаллов в условиях невесомости. Выращивание монокристаллов в магнитном и электромагнитном полях. Влияние ультразвука на неоднородность компонентов в выращиваемых монокристаллах.

Тема 10. Получение монокристаллов с совершенной структурой. Резка монокристаллических слитков

Получение монокристаллов с совершенной структурой. Механическая обработка монокристаллов полупроводников. Резка монокристаллов на пластины.

Тема 11. Шлифовка и полировка подложек

Резка термоэлектрических материалов. Шлифовка пластин. Методы шлифования. Шлифование связанным абразивом. Шлифование свободным абразивом.

Тема 12. Полировка подложек

Полировка пластин. Механическая полировка. Химико-механическая полировка. Химическая полировка пластин.

Тема 14. Межоперационная финишная обработка пластин

Межоперационная и финишная очистка пластин. Контроль пластин. Брак пластин.

Тема 14. 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.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Основные сведения вакуумной техники	4	-
2	Пароструйные насосы. Приборы для измерения вакуума	2	-
3	Основные и вспомогательные материалы	2	1
4	Подготовка основных материалов	2	-
5	Технология получения поликристаллического кремния	2	-
6	Физико-химические основы легирования полупроводников	2	-
7	Методы выращивания монокристаллов.	6	1
8	Выращивание монокристаллов полупроводников	2	-
9	Выращивание монокристаллов полупроводников с однородным распределением компонентов	2	-
10	Получение монокристаллов с совершенной структурой. Резка монокристаллических слитков	2	1

11	Шлифовка и полировка подложек	2	-
12	Полировка подложек	2	-
13	Межоперационная финишная обработка пластин	2	1
14	Технология получения слоев	2	-
Итого:		34	4

4.4. Практические занятия

Не предусмотрены учебным планом.

4.5. Лабораторные работы

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Устройство и эксплуатация вакуумного поста	4	1
2	Средства измерения вакуума	4	1
3	Расчет загрузки для выращивания монокристаллов полупроводников	4	1
4	Расчет коэффициентов распределения	4	1
5	Расчет загрузки для выращивания монокристаллов твердых растворов	4	1
6	Особенности выращивания монокристаллов трехкомпонентных твердых растворов	4	-
7	Методы выращивания монокристаллов полупроводниковых материалов	4	1
8	Резка монокристаллов полупроводниковых материалов	4	-
9	Изучение строения приповерхностного нарушенного слоя в монокристаллах полупроводников	2	-
Итого:		34	6

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1	Устройство и эксплуатация вакуумного поста. Средства измерения вакуума. Расчет загрузки для выращивания монокристаллов полупроводников	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	8	12
2	Основные сведения вакуумной техники. Пароструйные насосы. Приборы для измерения вакуума. Основные и вспомогательные материалы. Подготовка основных материалов	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	8	12
		Подготовка к тестированию	5	12
3	Технология получения поликристаллического кремния. Физико-химические основы легирования полупроводников. Методы выращивания монокристаллов.	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	8	12

		Подготовка к тестированию	5	12
4	Расчет коэффициентов распределения. Расчет загрузки для выращивания монокристаллов твердых растворов. Особенности выращивания монокристаллов трехкомпонентных твердых растворов	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	8	12
5	Выращивание монокристаллов полупроводников. Выращивание монокристаллов полупроводников с однородным распределением компонентов. Получение монокристаллов с совершенной структурой. Резка монокристаллических слитков	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	8	12
		Подготовка к тестированию	5	12
6	Методы выращивания монокристаллов полупроводниковых материалов. Резка монокристаллов полупроводниковых материалов. Изучение строения приповерхностного нарушенного слоя в монокристаллах полупроводников	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	8	12
7	Шлифовка и полировка подложек. Полировка подложек. Межоперационная финишная обработка пластин. Технология получения слоев	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	8	13
		Подготовка к тестированию	5	13
Итого:			76	134

4.7. Курсовые работы/проекты

Не предусмотрены учебным планом.

5. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;

технологии проблемного обучения, направленные на развитие познавательной активности, творческой самостоятельности студентов и предполагающие последовательное и целенаправленное выдвижение перед студентом познавательных задач, разрешение которых позволяет студентам активно усваивать знания (используются поисковые методы; постановка познавательных задач);

технологии развивающего обучения, позволяющие ориентировать учебный процесс на потенциальные возможности студентов, их реализацию и развитие;

технологии концентрированного обучения, суть которых состоит в создании максимально близкой к естественным психологическим особенностям человеческого восприятия структуры учебного процесса и которые дают возможность глубокого и системного изучения содержания учебных дисциплин за счет объединения занятий в тематические блоки;

технологии модульного обучения, дающие возможность обеспечения гибкости процесса обучения, адаптации его к индивидуальным потребностям и особенностям обучающихся (применяются, как правило, при самостоятельном обучении студентов по индивидуальному учебному плану);

технологии дифференцированного обучения, обеспечивающие возможность создания оптимальных условий для развития интересов и способностей студентов, в том числе и студентов с особыми образовательными потребностями, что позволяет реализовать в культурно-образовательном пространстве университета идею создания равных возможностей для получения образования;

технологии активного (контекстного) обучения, с помощью которых осуществляется моделирование предметного, проблемного и социального содержания будущей профессиональной деятельности студентов (используются активные и интерактивные методы обучения) и т.д.

Максимальная эффективность педагогического процесса достигается путем конструирования оптимального комплекса педагогических технологий и (или) их элементов на личностно-ориентированной, деятельностной, диалогической основе и использования необходимых современных средств обучения.

6. Формы контроля освоения дисциплины

Текущая аттестация студентов производится в дискретные временные интервалы лектором и преподавателем(ями), ведущими лабораторные работы по дисциплине в следующих формах:

- контрольные вопросы к лекциям;
- вопросы к лабораторным работам;
- тесты;
- вопросы к экзамену.

Фонды оценочных средств, включающие контрольные вопросы, вопросы коллоквиумов, 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».

Промежуточная аттестация по результатам освоения дисциплины проходит в форме устного экзамена (включает в себя ответ на теоретические вопросы). Студенты, выполнившие 75 % текущих и контрольных мероприятий на «отлично», а остальные 25 % на «хорошо», имеют право на получение итоговой отличной оценки.

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

Характеристика знания предмета и ответов	Экзамены
--	----------

Обучающийся глубоко и в полном объёме 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.	отлично (5)
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.	хорошо (4)
Обучающийся знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие 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.	удовлетворительно (3)
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	неудовлетворительно (2)

7. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. Томилин В.И. Технология производства электронных средств: организационно-методическое обеспечение курсового проектирования по дисциплине [Электронный ресурс] / Томилин В.И., Томилина Н.П., Алексеева Н.А. - Красноярск: СФУ, 2012. - 120 с. - ISBN 978-5-7638-2512-1 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785763825121.html>

2. Акчурин Р.Х. МОС-гидридная эпитаксия в технологии материалов фотоники и электроники [Электронный ресурс] / Акчурин 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>

б) Дополнительная литература:

1. Капустин В.И. Материаловедение и технологии электроники [Электронный ресурс]: Учебное пособие / В.И. Капустин, А.С. Сигов. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 427 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (переплет) ISBN 978-5-16-008966-9 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/416461>

2. Игнатов А.Н. Классическая электроника и наноэлектроника [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А.Н. Игнатов [и др.]. — 3-е изд., стер. - Москва: ФЛИНТА, 2017. - 728 с. - ISBN 978-5-9765-0263-5. - Текст: электронный.

- URL: <https://new.znaniy.com/catalog/product/1032535> - Текст: электронный. - URL: <http://znaniy.com/catalog/product/1032535>

3. 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://znaniy.com/bookread2.php?book=546218&spec=1>

4. 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.znaniy.com/catalog/product/1066905>

в) Методические рекомендации/указания:

1. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Технологические основы электроники» / Сост.: Войтенко В.А., Комаров Н.В. Луганск: Изд-во ГОУВПО ЛНР «Луганский национальный университет им. В. Даля», 2016. – 27 с.

2. Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Технологические основы электроники» (для студентов, обучающихся по направлению 6.050801 «Микро- и наноэлектроника») / Сост.: Кожемякин Г.Н. – Луганск: Изд-во ВЛУ им. В. Даля, 2013 – 17 с.

г) Интернет-ресурсы:

Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>

Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>

Министерство образования и науки Луганской Народной Республики – <https://minobr.su>

Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>

Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>

Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

Далевский педагогический портал – <http://ped.dahluniver.ru/>

Электронные библиотечные системы и ресурсы

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

Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

Университетская библиотека On-line – <http://www.biblioclub.ru>

Научная электронная библиотека eLIBRARY – <http://elibrary.ru>

Информационный ресурс библиотеки образовательной организации

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

Научные журналы

"GNU Scientific Library" (GSL - библиотека для научных вычислений проекта GNU): <http://www.gnu.org/software/gsl>.

Система схемотехнического моделирования LTSpice IV. Краткое руководство: <http://zpostbox.ru/ltspice.html>.

Электронные компоненты: <http://www.elitan.ru/>.

Навигатор по профессиональным электронным ресурсам – http://www.spsl.nsc.ru/win/nelbib/nav_ei.htm

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекционные занятия проводятся с использованием комплекта электронных презентаций в аудитории, оснащенной презентационной техникой (проектор, экран, ноутбук).

Лабораторные работы проводятся с использованием некомпьютеризированных и компьютеризированных лабораторных стендов, установки для вакуумного напыления, пакета специализированных компьютерных программ, компьютерной математической среды MATLAB.

Рабочие места преподавателя и студентов в учебной лаборатории оснащены компьютерами с доступом в Интернет, предназначенными для работы в указанных специализированных компьютерных программах и средах.

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

Паспорт фонда оценочных средств по учебной дисциплине «Технологические основы электроники»

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
1	ПК-5	Способен выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники	ПК-5.1. ПК-5.2. ПК-5.3. ПК-5.4.	Тема 1 Основные сведения вакуумной техники	1
				Тема 2 Пароструйные насосы. Приборы для измерения вакуума	1
				Тема 3 Основные и вспомогательные материалы	1
				Тема 4 Подготовка основных материалов	1
				Тема 5 Технология получения поликристаллического кремния	1
				Тема 6 Физико-химические основы легирования полупроводников	1
				Тема 7 Методы выращивания монокристаллов	1
				Тема 8 Выращивание монокристаллов полупроводников	1
				Тема 9 Выращивание	1

				монокристаллов полупроводников с однородным распределением компонентов	
				Тема 10 Получение монокристаллов с совершенной структурой. Резка монокристаллических слитков	1
				Тема 11 Шлифовка и полировка подложек	1
				Тема 12 Полировка подложек	1
				Тема 13 Межоперационная финишная обработка пластин	1
				Тема 14 Технология получения слоев	1
2.	ПК-7	Способен осуществлять технологическое сопровождение производства изделий электроники и микроэлектроники	ПК-7.1. ПК-7.2. ПК-7.3.	Тема 2 Пароструйные насосы. Приборы для измерения вакуума	1
				Тема 6 Физико-химические основы легирования полупроводников	1
				Тема 10 Получение монокристаллов с совершенной структурой. Резка монокристаллических слитков	1
				Тема 11 Шлифовка и полировка подложек	1
				Тема 14 Технология получения слоев	1

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства

1.	ПК-5	ПК-5.1. ПК-5.2. ПК-5.3. ПК-5.4.	<p>Знать: принципы учета видов и объемов производственных работ вакуумной техники, выращивания монокристаллов полупроводников, получения основных материалов, применяемых в планарных технологиях микроэлектроники, обработки пластин полупроводников; вакуумных постов, манометров, выращивания монокристаллов полупроводников и получения слоев;</p> <p>Уметь: навыками настройки высокотехнологичного оборудования по производству монокристаллов полупроводников, обработке полупроводниковых пластин;</p> <p>Владеть: навыками выбора материалов и компонентов электроники, самостоятельной работы со справочной литературой; навыками работы с базами данных и электронными библиотеками;</p>	Тема 1, Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема 5, Тема 6, Тема 7, Тема 8, Тема 9, Тема 10, Тема 11, Тема 12, Тема 13, Тема 14, Лабораторная работа 1, Лабораторная работа 2	Контрольные вопросы к лекциям, вопросы к лабораторным работам, тесты, вопросы к экзамену
2.	ПК-7	ПК-7.1. ПК-7.2. ПК-7.3.	<p>Знать: методическую базу измерений параметров технологических процессов, производственный и технологический процесс, основные</p>	Тема 2, Тема 8, Тема 14, Лабораторная работа 3, Лабораторная работа 4, Лабораторная работа 5	Контрольные вопросы к лекциям, вопросы к лабораторным работам, тесты, вопросы к экзамену

			<p> понятия и определения, назначение и состав ЕСТД, классификацию вакуумных насосов, классификацию приборов для измерения вакуума, этапы предварительной подготовки основных материалов, методы полировки пластин; технологическое оборудование для получения материалов и приборов электроники; Уметь: осуществлять поиск информации с использованием информационных технологий; осуществлять поверку, настройку и калибровку изделий электроники и наноэлектроники использовать навыки работы с компьютером для поиска научно- технической информации; анализировать технологические процессы электронной промышленности и их метрологическое сопровождение; Владеть: навыками метрологического сопровождения производства изделий электроники и наноэлектроники; навыками соблюдения требований информационной </p>		
--	--	--	--	--	--

			безопасности; проведения работ по технологической подготовке производства изделий электроники и его метрологического сопровождения.		
--	--	--	---	--	--

Фонды оценочных средств по дисциплине «Технологические основы электроники»

Контрольные вопросы к лекциям:

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

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

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству контрольные вопросы к лекциям

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Ответ представлен на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемый вопрос, привел аргументы в пользу

	своих суждений, владеет соответствующей научной терминологией)
4	Ответ представлен на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемый вопрос, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности)
3	Ответ представлен на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени соответствующей научной терминологией)
2	Ответ представлен на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов отвечать)

Вопросы к лабораторным работам:

1. Производственный и технологический процесс, основные понятия и определения.
2. Назначение и состав ЕСТД.
3. Особенности технологии изделий электронной промышленности.
4. Процесс откачки вакуумной системы.
5. Классификация вакуумных насосов.
6. Механические насосы с масляным уплотнением.
7. Пароструйные насосы.
8. Приборы для измерения вакуума.
9. Термопарные манометры.
10. Электронные ионизационные манометры для измерения сверхнизких давлений.
11. Характеристика чистого вещества. Обращение с чистыми веществами.
12. Подготовка вспомогательных материалов.
13. Основные направления развития современной электроники.
14. Предварительная подготовка основных материалов.
15. Химические методы очистки.
16. Технология получения поликристаллического кремния.
17. Метод водородного восстановления трихлорсилана.
18. Технология получения поликристаллического кремния.
19. Метод термического разложения моносилана.
20. Фторидный метод получения моносилана.
21. Высокотемпературное гидрирование тетрахлорида кремния.
22. Подготовка полупроводниковых соединений.
23. Физико-химические методы очистки.
24. Перегонка.
25. Очистка методами направленной кристаллизации.
26. Распределение примеси при выращивании монокристаллов.
27. Равновесный и эффективный коэффициенты сегрегации.
28. Определение эффективного коэффициента распределения легирующего компонента.
29. Расчет концентрации примеси в кристалле.
30. Общие сведения о методах выращивания монокристаллов.

31. Концентрационное переохлаждение.
32. Метод Бриджмена.
33. Кристаллизация из переохлажденного расплава с ограничением растущего кристалла поверхностью формообразователя.
34. Прокатка в жидком состоянии.
35. Получение остеклованных нитевидных кристаллов.
36. Беззатравочная кристаллизация тонких слоев расплава между плоскими пластинами.
37. Метод экструзии.
38. Получение высокочистых монокристаллов.
39. Технология получения однородно легированных монокристаллов.
40. Особенности роста кристаллов в условиях невесомости.
41. Выращивание монокристаллов в магнитном и электромагнитном полях.
42. Влияние ультразвука на неоднородность компонентов в выращиваемых монокристаллах.
43. Получение монокристаллов с совершенной структурой.
44. Механическая обработка монокристаллов полупроводников.
45. Резка монокристаллов на пластины.
46. Резка термоэлектрических материалов.
47. Шлифовка пластин. Методы шлифования.
48. Шлифование связанным абразивом.
49. Шлифование свободным абразивом.
50. Полировка пластин.
51. Механическая полировка.
52. Химико-механическая полировка.
53. Химическая полировка пластин.
54. Межоперационная и финишная очистка пластин.
55. Контроль пластин. Брак пластин.
56. Классификация слоев.
57. Термодинамические основы массопереноса.
58. Электрохимическая обработка, осаждение гальванических покрытий.
59. Получение контакта металл-полупроводник.
60. Создание электродных выводов.
61. Порошковые слои.
62. Эпитаксиальные структуры, авто-, гетероэпитаксия, газовая, жидкостная и твердотельная эпитаксии.
63. Метод эпитаксиального роста из паровой фазы.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству вопросы к лабораторным работам

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Ответы представлены на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемые вопросы, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет соответствующей научной терминологией, правильные ответы даны на 90-100% вопросов)

4	Ответы представлены на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемые вопросы, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности, правильные ответы даны на 75-89% вопросов)
3	Ответы представлены на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени соответствующей научной терминологией, правильные ответы даны на 50-74% вопросов)
2	Ответы представлены на неудовлетворительном уровне или не представлены (студент не готов отвечать или правильные ответы даны менее чем на 50% вопросов)

Тесты:

Технологическая операция – это:

А) законченная часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению состояния предмета труда;

Б) часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте и охватывающая все последовательные действия рабочего и оборудования по изготовлению изделия;

В) часть производственной площади цеха, на которой размещены один или несколько исполнителей работы и обслуживаемая ими единица оборудования или часть конвейера, а также оснастка и предметы производства.

2. Технологическое оборудование – это:

А) орудия производства, в которых для выполнения определенной части технологического процесса размещаются материалы или заготовки, средства воздействия на них и источники энергии;

Б) орудия производства, используемые совместно с технологическим оборудованием и добавлением к ним для выполнения определенной части технологического процесса;

В) группа изделий одного наименования и типоразмера, запускаемая в производство одновременно или непрерывно в течение определенного интервала времени.

3. Вспомогательное производство – это:

А) производство товарной продукции;

Б) производство средств, необходимых для обеспечения функционирования основного производства;

В) производство образцов, партий или серий изделий для проведения исследовательских работ или разработки конструкторской и технологической документации для установившегося производства.

4. Массовое производство – это:

А) производство, характеризуемое малым объемом выпуска одинаковых изделий, повторное изготовление и ремонт которых, как правило, не предусматривается;

Б) производство, характеризуемое изготовлением и ремонтом изделий периодически повторяющимися партиями;

В) производство, характеризующееся большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых или ремонтируемых продолжительное время, в течение которого на большинстве рабочих мест выполняется одна рабочая операция.

5. Установившееся производство – это:

А) производство, характеризуемое расположением средств технологического оснащения в последовательности выполнения операций технологического процесса и определяемым интервалом выпуска изделий;

Б) производство, характеризуемое совместным изготовлением или ремонтом групп изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками;

В) производство изделий по окончательно отработанной конструкторской и технологической документации.

6. Автоматизированное производство предполагает:

А) выполнение всех процедур, связанных с технической подготовкой и управлением производства, в основном автоматизировано;

Б) выполнение всех процедур, связанных с технической подготовкой и управлением производства, комплексно автоматизировано;

В) механизации подвергнуты все процессы, связанные с ранее применяемым ручным трудом.

7. Производные технологические документы:

А) предназначены для решения одной или нескольких инженерно-технических задач, применяемых в технологической подготовке производства при постановке новых или модернизации выпускаемых изделий и их основных частей;

Б) дополнительно применяемые разработчиками основных технологических документов в целях улучшения и оптимизации организации работ, выполняемых в области технологической подготовки производства;

В) разрабатываемые по основным технологическим документам и применяемые для решения отдельных задач, связанных с пооперационным нормированием трудозатрат, выдачей и сдачей материалов, полуфабрикатов и готовых составных частей изделий.

8. Карта заказа на проектирование технологической оснастки относится:

А) к основным технологическим документам;

Б) к вспомогательным технологическим документам;

В) к производным технологическим документам.

9. 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

10. 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.

11. Низковакуумные насосы работают в области давлений:

А) $10^5 - 10^2$ Па;

Б) $10^2 - 10^{-1}$ Па;

В) $10^{-1} - 10^{-5}$.

12. Механические форвакуумные насосы применяются:

А) для обеспечения высокого вакуума;

Б) для обеспечения низкого вакуума;

В) для обеспечения сверхвысокого вакуума.

13. Турбулентный захват газа очень плотной струей происходит:

А) в эжекторных насосах;

Б) в бустерных насосах;

В) в диффузионных насосах.

14. 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.

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)

Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамен)

1. Классификация вакуумных насосов.
2. Механические насосы с масляным уплотнением.
3. Пароструйные насосы.
4. Приборы для измерения вакуума.
5. Термопарные манометры.
6. Электронные ионизационные манометры для измерения сверхнизких давлений.
7. Характеристика чистого вещества. Обращение с чистыми веществами.
8. Подготовка вспомогательных материалов.
9. Предварительная подготовка основных материалов.
10. Химические методы очистки.
11. Технология получения поликристаллического кремния.
12. Высокотемпературное гидрирование тетрахлорида кремния.
13. Подготовка полупроводниковых соединений.
14. Физико-химические методы очистки.
15. Перегонка.
16. Очистка методами направленной кристаллизации.
17. Концентрационное переохлаждение.
18. Метод Бриджмена.
19. Кристаллизация из переохлажденного расплава с ограничением растущего кристалла поверхностью формообразователя.
20. Получение остеклованных нитевидных кристаллов.
21. Беззатравочная кристаллизация тонких слоев расплава между плоскими пластинами.
22. Метод экструзии.
23. Получение высокочистых монокристаллов.
24. Технология получения однородно легированных монокристаллов.
25. Механическая обработка монокристаллов полупроводников.
26. Резка монокристаллов на пластины.
27. Шлифовка пластин. Методы шлифования.
28. Полировка пластин.
29. Межоперационная и финишная очистка пластин.
30. Контроль пластин. Брак пластин.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточный контроль (экзамен)

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
отлично (5)	Студент 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.

хорошо (4)	Студент 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.
удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие 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.
неудовлетворительно (2)	Студент 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. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы

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)