

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**  
**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ**  
**УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»**  
**(ТУСУР)**



УТВЕРЖДАЮ  
 Директор департамента образования

Документ подписан электронной подписью  
 Сертификат: 1с6сfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820  
 Владелец: Троян Павел Ефимович  
 Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Вакуумно-плазменные методы получения наноструктур**

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**

Направление подготовки / специальность: **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**

Направленность (профиль) / специализация: **Микроэлектроника и твердотельная электроника**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**

Кафедра: **ФЭ, Кафедра физической электроники**

Курс: **2**

Семестр: **4**

Учебный план набора 2018 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	4 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	36	36	часов
2	Практические занятия	18	18	часов
3	Лабораторные работы	16	16	часов
4	Всего аудиторных занятий	70	70	часов
5	Из них в интерактивной форме	24	24	часов
6	Самостоятельная работа	38	38	часов
7	Всего (без экзамена)	108	108	часов
8	Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
9	Общая трудоемкость	144	144	часов
		4.0	4.0	З.Е.

Экзамен: 4 семестр

Томск 2018

### ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, утвержденного 12.03.2015 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФЭ «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_.

Разработчики:

Ассистент каф. ФЭ \_\_\_\_\_ Ю. С. Жидик

Профессор кафедры ФЭ, ТУСУР \_\_\_\_\_ Т. И. Данилина

Заведующий обеспечивающей каф.  
ФЭ \_\_\_\_\_ П. Е. Троян

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан ФЭТ \_\_\_\_\_ А. И. Воронин

Заведующий выпускающей каф.  
ФЭ \_\_\_\_\_ П. Е. Троян

Эксперты:

Доцент кафедры физической электроники (ФЭ) \_\_\_\_\_ И. А. Чистоедова

Профессор кафедры физической электроники (ФЭ) \_\_\_\_\_ Т. И. Данилина

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

Целью изучения дисциплины является формирование базовых знаний в области вакуумных и плазменных технологий получения нанослоев, способов получения высокого вакуума, в области применения технологического вакуумного оборудования на этапах производства изделий микроэлектроники.

### 1.2. Задачи дисциплины

- изучение основ вакуумной техники;
- изучение вакуумно-плазменных методов осаждения нанослоев;
- освоение технологического оборудования на этапах производства изделий микроэлектроники.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Вакуумно-плазменные методы получения наноструктур» (Б1.В.ОД.4) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Математика, Физика.

Последующими дисциплинами являются: Конструкторско-технологическое обеспечение производства изделий микроэлектроники, Основы технологии электронной компонентной базы, Процессы микро- и нанотехнологии, Технология кремниевой микроэлектроники, Физика пленочных наноструктур.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- ПК-8 способностью выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники;
- ПСК-2 готовностью к применению современных технологических процессов и технологического оборудования на этапах разработки и производства изделий микроэлектроники и твердотельной электроники;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

- **знать** основы вакуумных и плазменных технологий, оборудование для получения микро- и наноструктур;
- **уметь** сравнивать различные вакуумные и плазменные методы получения нанослоев, выбирать требуемое вакуумное оборудование;
- **владеть** практическими навыками работы на вакуумных технологических установках, выполнять работы по подготовке вакуумного производства изделий электронной техники.

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		4 семестр
Аудиторные занятия (всего)	70	70
Лекции	36	36
Практические занятия	18	18
Лабораторные работы	16	16
Из них в интерактивной форме	24	24
Самостоятельная работа (всего)	38	38
Подготовка к контрольным работам	6	6

Выполнение индивидуальных заданий	5	5
Оформление отчетов по лабораторным работам	8	8
Проработка лекционного материала	10	10
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	9	9
Всего (без экзамена)	108	108
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость, ч	144	144
Зачетные Единицы	4.0	4.0

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Лек., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
4 семестр						
1 Введение	2	0	0	1	3	ПК-8
2 Способы получения высокого вакуума	8	8	4	9	29	ПК-8, ПСК-2
3 Выбор вакуумных насосов	4	2	0	6	12	ПК-8, ПСК-2
4 Методы измерения давления газов	4	0	0	1	5	ПК-8, ПСК-2
5 Практические рекомендации по выбору вакуумного оборудования	6	0	4	6	16	ПК-8, ПСК-2
6 Вакуумные методы получения нанослоев	6	4	4	7	21	ПК-8, ПСК-2
7 Ионно-плазменные методы получения нанослоев	6	4	4	8	22	ПК-8, ПСК-2
Итого за семестр	36	18	16	38	108	
Итого	36	18	16	38	108	

### 5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины по лекциям	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
4 семестр			
1 Введение	Роль вакуумных и плазменных технологий в микро- и нано-электронике	2	ПК-8
	Итого	2	

2 Способы получения высокого вакуума	Основные законы вакуумной техники. Механические, паромасляные диффузионные насосы, физико-химические методы получения высокого вакуума.	8	ПК-8, ПСК-2
	Итого	8	
3 Выбор вакуумных насосов	Расчеты параметров для выбора насосов для конкретных применений	4	ПК-8, ПСК-2
	Итого	4	
4 Методы измерения давления газов	Тепловые и ионизационные вакуумметры. Вакуумметры для измерения сверхнизких давлений газов.	4	ПК-8, ПСК-2
	Итого	4	
5 Практические рекомендации по выбору вакуумного оборудования	Выбор вакуумных насосов для конкретных применений. Современные типовые установки для технологических целей.	6	ПК-8, ПСК-2
	Итого	6	
6 Вакуумные методы получения нанослоев	Термическое испарение в вакууме. Скорость осаждения. Практические рекомендации. Методы контроля толщины нанослоев.	6	ПК-8, ПСК-2
	Итого	6	
7 Ионно-плазменные методы получения нанослоев	Основные характеристики плазмы. Различные способы осаждения нанослоев. Активируемые плазмой методы получения нанослоев.	6	ПК-8, ПСК-2
	Итого	6	
Итого за семестр		36	

### 5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин						
	1	2	3	4	5	6	7
<b>Предшествующие дисциплины</b>							
1 Математика		+	+			+	+
2 Физика		+		+		+	+
<b>Последующие дисциплины</b>							
1 Конструкторско-технологическое обеспечение производства изделий микроэлектроники					+	+	+
2 Основы технологии электронной компонентной базы				+	+	+	+
3 Процессы микро- и нанотехнологии		+	+	+	+	+	+
4 Технология кремниевой микроэлектроники	+	+			+	+	+

5 Физика пленочных наноструктур							+	+
---------------------------------	--	--	--	--	--	--	---	---

#### 5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Компетенции	Виды занятий				Формы контроля
	Лек.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ПК-8	+	+	+	+	Контрольная работа, Отчет по индивидуальному заданию, Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест, Отчет по практическому занятию
ПСК-2	+	+	+	+	Контрольная работа, Отчет по индивидуальному заданию, Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест, Отчет по практическому занятию

#### 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий

Методы	Интерактивные практические занятия, ч	Интерактивные лабораторные занятия, ч	Интерактивные лекции, ч	Всего, ч
4 семестр				
Мозговой штурм	2			2
Решение ситуационных задач	2	4		6
Презентации с использованием мультимедиа с обсуждением			6	6
Исследовательский метод	2	2		4
Презентации с использованием слайдов с обсуждением			6	6
Итого за семестр:	6	6	12	24
Итого	6	6	12	24

## 7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
4 семестр			
2 Способы получения высокого вакуума	Механические вакуумные насосы для предварительной откачки вакуумной установки	4	ПК-8, ПСК-2
	Итого	4	
5 Практические рекомендации по выбору вакуумного оборудования	Вакуумные напылительные установки	4	ПК-8, ПСК-2
	Итого	4	
6 Вакуумные методы получения нанослоев	Осаждение резистивных и проводящих пленок методом термического испарения в вакууме	4	ПК-8, ПСК-2
	Итого	4	
7 Ионно-плазменные методы получения нанослоев	Ионно-плазменный метод получения нанослоев	4	ПК-8, ПСК-2
	Итого	4	
Итого за семестр		16	

## 8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
4 семестр			
2 Способы получения высокого вакуума	Определение основных параметров механических насосов	2	ПК-8, ПСК-2
	Расчет эффективной скорости откачки	2	
	Расчет параметров диффузионных насосов	2	
	Расчет параметров конденсационных и криоадсорбционных насосов	2	
	Итого	8	
3 Выбор вакуумных насосов	Расчет выбора вакуумных насосов для обеспечения заданного давления газа	2	ПК-8, ПСК-2
	Итого	2	
6 Вакуумные методы получения нанослоев	Расчет времени осаждения пленок при термическом испарении в вакууме	4	ПК-8, ПСК-2
	Итого	4	

7 Ионно-плазменные методы получения нанослоев	Расчет времени напыления пленок при ионно-плазменном распылении	4	ПК-8, ПСК-2
	Итого	4	
Итого за семестр		18	

### 9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
4 семестр				
1 Введение	Проработка лекционного материала	1	ПК-8	Контрольная работа, Опрос на занятиях, Тест, Экзамен
	Итого	1		
2 Способы получения высокого вакуума	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	3	ПК-8, ПСК-2	Контрольная работа, Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	2		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	2		
	Выполнение индивидуальных заданий	1		
	Подготовка к контрольным работам	1		
	Итого	9		
3 Выбор вакуумных насосов	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-8, ПСК-2	Контрольная работа, Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по практическому занятию, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	1		
	Выполнение индивидуальных заданий	2		
	Подготовка к контрольным работам	1		
	Итого	6		
4 Методы измерения давления газов	Проработка лекционного материала	1	ПК-8, ПСК-2	Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Итого	1		
5 Практические рекомендации по выбору	Проработка лекционного материала	1	ПК-8, ПСК-2	Контрольная работа, Отчет по индивидуальному



вакуумного оборудования	Оформление отчетов по лабораторным работам	2		заданию, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Выполнение индивидуальных заданий	2		
	Подготовка к контрольным работам	1		
	Итого	6		
6 Вакуумные методы получения нанослоев	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-8, ПСК-2	Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	2		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	2		
	Подготовка к контрольным работам	1		
	Итого	7		
7 Ионно-плазменные методы получения нанослоев	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-8, ПСК-2	Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	2		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	2		
	Подготовка к контрольным работам	2		
	Итого	8		
Итого за семестр		38		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		74		

### 10. Курсовая работа (проект)

Не предусмотрено РУП.

### 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

#### 11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
4 семестр				
Контрольная работа	7	7		14
Опрос на занятиях	2	2	2	6
Отчет по индивидуаль-		7		7

ному заданию				
Отчет по лабораторной работе			15	15
Отчет по практическому занятию	8	8	5	21
Тест			7	7
Итого максимум за период	17	24	29	70
Экзамен				30
Нарастающим итогом	17	41	70	100

### 11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11.2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

### 11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 - 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 - 89	B (очень хорошо)
	75 - 84	C (хорошо)
	70 - 74	D (удовлетворительно)
65 - 69		
3 (удовлетворительно) (зачтено)	60 - 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 12.1. Основная литература

1. Вакуумно-плазменные методы получения наноструктур: Учебное пособие / Данилина Т. И. - 2012. 89 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/3871>, дата обращения: 11.06.2018.

### 12.2. Дополнительная литература

1. Беркин А.Б. Физические основы вакуумной техники : учеб. пособие / А.Б. Беркин, А.И. Василевский. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2014.-84 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=546221>, дата обращения: 11.06.2018.

## **12.3. Учебно-методические пособия**

### **12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия**

1. Вакуумно-плазменные методы получения наноструктур: Методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов направлений 210100.62 «Электроника и нанoeлектроника» и 222900.62 «Нанотехнологии и микросистемная техника» / Данилина Т. И. - 2013. 28 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/3867>, дата обращения: 11.06.2018.

2. Вакуумно-плазменные методы получения наноструктур: Учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе для подготовки студентов по направлениям 210100.62 «Электроника и нанoeлектроника» и 222900.62 «Нанотехнологии и микросистемная техника» / Данилина Т. И. - 2013. 20 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/3868>, дата обращения: 11.06.2018.

### **12.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

#### **Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

#### **Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

#### **Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

## **12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. Научно-образовательный портал ТУСУР - <https://edu.tusur.ru/>
2. Электронная библиотека - [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)

## **13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение**

### **13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины**

#### **13.1.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий**

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

#### **13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий**

##### **Учебная аудитория**

учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 224 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение не требуется.

#### Учебная аудитория

учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 130 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение не требуется.

#### Учебная аудитория

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 222 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение не требуется.

### **13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ**

Лаборатория технологии интегральных схем

учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 116 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Установка вакуумного напыления УРМ-3 (2 шт.);
- Установка вакуумного напыления УВН-2М-1;
- Установка вакуумного напыления ВУП-5;
- Насос Вакуумный 2 НВР-5ДМ;
- Вакуумметр ВИТ-2;
- Источник питания УИП-2 (2 шт.);
- Измеритель иммитанса Е7-20;
- Источник питания НУ 3003;
- Микроскоп ММУ-3;
- Микроскоп МИИ-4;
- Микроскоп МБС-9;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение не требуется.

### **13.1.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы**

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

### **13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

## **14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины**

### **14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации**

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

#### **14.1.1. Тестовые задания**

- 1) Что такое быстрота действия насосов?
  - а) объем газа, поступающий в работающий насос в единицу времени;
  - б) объем газа, поступающий в единицу времени из сосуда в трубопровод;
  - в) производительностью насоса при данном впускном давлении;
  - г) количество газа, проходящего через поперечное сечение трубопровода в единицу времени.
- 2) При каком из режимов течения газа по длинному трубопроводу род газа не влияет на проводимость трубопровода?
  - а) молекулярный режим;
  - б) вязкостный режим;
  - в) молекулярно-вязкостный режим;
  - г) однозначно определить невозможно.
- 3) Что такое коэффициент использования насоса?
  - а) величина, показывающая объем газа, поступающий в работающий насос в единицу времени;
  - б) величина, показывающая количество газа, проходящего через поперечное сечение трубопровода за единицу времени;
  - в) величина, показывающая объем газа, откачиваемого из сосуда за единицу времени;
  - г) величина, показывающая во сколько раз скорость откачки объема ниже быстроты действия насоса;
- 4) Исходя из каких соображений производится выбор вакуумных насосов?
  - а) быстрота действия насоса должна превышать расчётную быстроту действия, а предельное давление должно быть меньше требуемого с учетом коэффициента использования насоса;
  - б) быстрота действия насоса не должна превышать расчётную быстроту действия, а пре-

- дельное давление должно быть выше требуемого с учетом коэффициента использования насоса;
- в) быстрота действия насоса и его предельное давление не должны превышать расчётных значений с учетом коэффициента использования насоса;
  - г) быстрота действия насоса и его предельное давление должны превышать расчётных значений с учетом коэффициента использования насоса.
- 5) Назовите основное условие механической молекулярной откачки.
- а) длина вращающейся окружности твердого тела превышает длину свободного пробега молекул газа;
  - б) скорость движения поверхности больше или равна скорости теплового движения молекул откачиваемого газа;
  - в) создание движущей силы молекул газа за счет градиента их концентраций на входном и выходном фланцах насоса;
  - г) захват и перемещение молекул газа подвижными лопастями насоса.
- 6) Уравнение сплошности потока газа...
- а) показывает постоянство газа в любом сечении трубопровода при условии отсутствия натекания газа извне;
  - б) показывает постоянство газа в любом сечении трубопровода при условии неменяющейся быстроты действия насоса и скорости откачки объема;
  - в) характеризует движущую разность давлений;
  - г) характеризует скорость откачки объема.
- 7) Что такое селективность откачки?
- а) степень вакуума, создаваемого откачивающей системой;
  - б) удаление молекул газа строго одним классом насосов;
  - в) улучшение чистоты остаточной атмосферы после процесса откачки;
  - г) преобладание скорости откачки строго одного газа по сравнению с другими.
- 8) Какой фактор не влияет на предельное давление диффузионных насосов?
- а) температура нагревателя;
  - б) диаметр входного фланца насоса;
  - в) род откачиваемого газа;
  - г) давление в выходном фланце насоса
- 9) Чем определяется величина предельного давления насосов объемной откачки?
- а) скоростью откачки;
  - б) количеством циклов откачки;
  - в) наличием «вредного» пространства в конструкции насоса;
  - г) величиной откачиваемого объема.
- 10) Чем определяется скорость откачки многоступенчатого диффузионного насоса и предельное давление?
- а) скорость откачки длинной паровой струи первой ступени, предельное давление – количеством ступеней;
  - б) скорость откачки и предельное давление в равной степени определяются температурой нагревателя;
  - в) скорость откачки количеством ступеней, предельное давление длинной паровой струи первой ступени;
  - г) скорость откачки и предельное давление в равной степени определяются свойствами рабочей жидкости
- 11) Каким параметром определяется предельное давление криоконденсационного насоса?
- а) давлением насыщенных паров откачиваемого газа;
  - б) плотностью откачиваемого газа;
  - в) массой молекул откачиваемого газа;
  - г) диаметром молекул откачиваемого газа.
- 12) Как зависит температура нити термпарного вакуумметра от давления газа в области сверхнизких давлений:
- а) линейно убывает с понижением давления;
  - б) не зависит от давления;

- в) сначала возрастает, затем убывает;
- г) линейно возрастает с понижением давления.

13) Нижний предел измеряемых давлений ионизационным вакууметром будет тем меньше, чем

- а) меньше ионный ток;
- б) больше электронный ток;
- в) меньше электронный ток;
- г) больше ионный ток.

14) Что в первую очередь определяет давление насыщенных паров металлов при термическом испарении в вакууме?

- а) чистоту полученной пленки металла;
- б) температуру испарения металла;
- в) скорость конденсации атомов металла на подложке;
- г) скорость испарения атомов металла с испарителя.

15) Как зависит скорость роста пленки при термическом испарении от расстояния испаритель-подложка?

- а) обратно пропорционально;
- б) прямо пропорционально;
- в) не зависит;
- г) зависимость неоднозначная.

16) Что такое коэффициент распыления при ионно-плазменном распылении мишени.

а) коэффициент, показывающий эффективность используемой распылительной системы при ионно-плазменном распылении;

б) коэффициент, показывающий эффективность использования мишени при ионно-плазменном распылении;

в) коэффициент, показывающий степень износа мишени при ионно-плазменном распылении;

г) коэффициент, показывающий сколько атомов из мишени способен выбить один ион.

17) Коэффициент распыления при ионном распылении с увеличением температуры мишени...

- а) не изменяется;
- б) уменьшается;
- в) увеличивается;
- г) ведет себя неоднозначно.

18) Как изменится время напыления с увеличением температуры испарения при неизменной требуемой толщине пленки?

- а) не изменится;
- б) уменьшится;
- в) увеличится;
- г) ведет себя неоднозначно.

19) В каком случае рекомендуется метод «взрывного испарения»?

а) в случае, когда испаряемое вещество представлено в виде сложных соединений;

б) при напылении тугоплавких материалов;

в) при напылении драгоценных материалов;

г) в случае, когда испаряемое вещество «отравляет» вакуумную систему.

20) Разброс толщины плёнок по подложке при термическом испарении в вакууме в первую очередь обусловлен:

- а) статистическим распределением Гаусса;
- б) неравномерностью испарения материала с испарителя;
- в) неравномерностью нагрева подложки;
- г) различием расстояний от испарителя до различных точек подложек.

#### 14.1.2. Экзаменационные вопросы

1) Основное уравнение вакуумной техники. На что влияет проводимость трубопроводов и от чего она зависит?

- 2) Криоконденсационные насосы. Как зависят характеристики насосов от температуры криопа-нели?
- 3) Показать необходимость высокого вакуума при напылении пленок. Определить границы по давлению.
- 4) Механические насосы. Основные характеристики.
- 5) Принцип работы одноступенчатого диффузионного насоса. Что будет, если в насосе использовать в качестве рабочей жидкости ртуть или воду?
- 6) Основное уравнение вакуумной техники. Объяснить, что такое коэффициент использования насоса.
- 7) Способ получения высокого вакуума с помощью криоадсорбционных насосов.
- 8) Как произвести выбор вакуумного насоса в установившемся режиме?
- 9) Что такое эффективная скорость откачки? Как ее определить в зависимости от режимов течения газов по трубопроводам?
- 10) Как произвести выбор вакуумного насоса в неустановившемся режиме?
- 11) Как зависит скорость конденсации при термическом испарении от расстояния испаритель-подложка?
- 12) Получение пленок из тугоплавких металлов ионно-плазменным распылением. Скорость распыления.
- 13) Особенности испарений соединений и сплавов при термическом испарении.
- 14) Как изменится время напыления с увеличением температуры испарения?
- 15) Рассмотреть процесс испарения путем нагрева ускоренными электронами.
- 16) Скорость осаждения пленок при ионно-плазменном распылении. Параметры, с помощью которых можно управлять временем напыления пленок.
- 17) Требования к вакууму в ионно-плазменных методах получения нанослов.
- 18) Объяснить зависимость скорости испарения от температуры испарения.
- 19) Рассмотреть процесс распыления в тлеющем разряде.
- 20) Плазменные методы получения нанослоев сложных веществ.

#### **14.1.3. Темы контрольных работ**

Тема контрольной работы № 1 – Вакуумно-технологическое и контрольно-измерительное оборудование;

Тема контрольной работы № 2 – Вакуумно-плазменные технологические процессы получения нанослоев.

#### **14.1.4. Темы опросов на занятиях**

Роль вакуумных и плазменных технологий в микро- и нано-электронике

Основные законы вакуумной техники. Механические, паромасляные диффузионные насосы, физико-химические методы получения высокого вакуума.

Тепловые и ионизационные вакуумметры. Вакуумметры для измерения сверхнизких давлений газов.

Выбор вакуумных насосов для конкретных применений. Современные типовые установки для технологических целей.

Термическое испарение в вакууме. Скорость осаждения. Практические рекомендации. Методы контроля толщины нанослоев.

Основные характеристики плазмы. Различные способы осаждения нанослоев. Активируемые плазмой методы получения нанослоев.

#### **14.1.5. Темы индивидуальных заданий**

Расчет выбора вакуумных насосов для обеспечения заданного давления газа в конкретной технологической установке.

#### **14.1.6. Вопросы для подготовки к практическим занятиям, семинарам**

Определение основных параметров механических насосов

Расчет эффективной скорости откачки

Расчет параметров диффузионных насосов

Расчет параметров конденсационных и криоадсорбционных насосов

Расчет выбора вакуумных насосов для обеспечения заданного давления газа



Расчет времени осаждения пленок при термическом испарении в вакууме  
Расчет времени напыления пленок при ионно-плазменном распылении

#### 14.1.7. Темы лабораторных работ

Механические вакуумные насосы для предварительной откачки вакуумной установки  
Вакуумные напылительные установки  
Осаждение резистивных и проводящих пленок методом термического испарения в вакууме  
Ионно-плазменный метод получения нанослоев

#### 14.2. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 14.

Таблица 14 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами исходя из состояния обучающегося на момент проверки

#### 14.3. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.