МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П.Е.Троян
«6» 07 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОСТРУКТУР

Уровень основной образовательной программы бакалавриат

Направления подготовки
Профиль(и) **28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника**
«Нанотехнологии в электронике и микросистемной технике»

Форма обучения очная

Факультет электронной техники (ФЭТ)

Кафедра физической электроники (ФЭ)

Курс 2 **Семестр** 4

Учебный план набора 2013, 2014 года

Распределение рабочего времени:

№	Виды учебной работы	Семестр 1	Семестр 2	Семестр 3	Семестр 4	Семестр 5	Семестр 6	Семестр 7	Семестр 8	Всего	Единицы
1.	Лекции				26					26	часов
2.	Лабораторные работы				16					16	часов
3.	Практические занятия				18					18	часов
4.	Курсовой проект/работа (КРС) (аудиторная)				-					-	часов
5.	Всего аудиторных занятий (Сумма 1-4)				60					60	часов
6.	Из них в интерактивной форме				8					8	часов
7.	Самостоятельная работа студентов (СРС)				48					48	часов
8.	Всего (без экзамена) (Сумма 5,7)				108					108	часов
9.	Самост. работа на подготовку, сдачу экзамена										часов
10.	Общая трудоемкость (Сумма 8,9)				108					108	часов
	(в зачетных единицах)				3					3	ЗЕТ

Зачет с оценкой 4 **семестр**

Томск 2016

Согласована на портале № 10441

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 71 от «30» 6 2017 г.

Лист согласований

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника (квалификация (бакалавр)), утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 06.03.2015 г. № 177.

Рабочая программа учебной дисциплины рассмотрена и утверждена на заседании кафедры физической электроники от «30» 06 2016 г., протокол № 71.

Разработчик:
Профессор кафедры ФЭ _____ / Т.И.Данилина

Заведующий кафедрой
Профессор кафедры ФЭ _____ / П.Е. Троян

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки.

Декан ФЭТ _____ / А.И. Воронин

Зав. профилирующей кафедрой ФЭ _____ / П.Е. Троян

Зав. выпускающей кафедрой ФЭ _____ / П.Е. Троян

Эксперты:
Председатель методической комиссии факультета ФЭТ _____ / И.А.Чистоедова

Председатель методической комиссии кафедры ФЭ _____ / И.А. Чистоедова

Согласована на портале № 10441

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины является формирование базовых знаний в области вакуумных и плазменных технологий, способов получения высокого вакуума, физики и химии процессов травления и осаждения микро- и наноструктур, особенностей применения различных плазменных технологий для производства сверхбольших интегральных схем и других устройств.

Задачи дисциплины:

- изучение основ вакуумной техники;
- изучение основных технологических плазменных процессов при создании микро- и наноразмерных элементов;
- изучение технологического оборудования.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

В соответствии с основной образовательной программой по направлению 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» дисциплина «Вакуумно-плазменные методы получения наноструктур» относится к дисциплинам по выбору профессионального цикла (Б1.В.ДВ.11.1).

Изучение данной дисциплины базируется на знании следующих дисциплин: физика, математика, химия, вакуумная и плазменная электроника.

Основные положения дисциплины необходимы студентам при изучении дисциплин: «Физика пленочных структур», «Процессы микро- и нанотехнологий», «Основы технологии электронной компонентной базы», «Технология кремниевой наноэлектроники».

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Готовность использовать базовые технологические процессы и оборудование, применяемые в производстве материалов, компонентов нано- и микросистемной техники (ПК-8);

Готовность использовать базовое контрольно-измерительное оборудование для метрологического обеспечения исследований и промышленного производства материалов и компонентов нано- и микросистемной техники(ПК-9);

Готовность работать на современном технологическом оборудовании, используемом в производстве материалов и компонентов нано- и микросистемной техники (ПК-10).

3.2. В результате изучения дисциплины студент должен:

знать: основы вакуумных и плазменных технологий, оборудование для получения микро- и наноструктур; контрольно-измерительное оборудование;

уметь: сравнивать различные вакуумные и плазменные методы получения нанослоев и наноструктур, выбирать требуемое технологическое и контрольно-измерительное оборудование;

владеть: практическими навыками работы на вакуумном технологическом оборудовании, выполнять работы по получению микро- и нанослоев.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет ___3___ зачетные единицы.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		4
Аудиторные занятия (всего)	**60**	**60**
В том числе:		
Лекции	26	26
Лабораторные работы	16	16
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Самостоятельная работа (всего)	**48**	**48**
В том числе:		
Расчетно-графическая работа	14	14
Подготовка к практическим занятиям и контрольным работам	24	24
Подготовка к лабораторным работам, составление отчетов	10	10
Общая трудоемкость час	108	108

Согласована на портале № 10441

Зачетные единицы трудоемкости	3	3

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции	Практич. занятия.	Лабораторные работы	Самост. работа студента	Всего час	Формируемые компетенции (ОК, ПК, ПСК)
1.	Введение	2				2	ПК-8, ПК-9
2.	Способы получения высокого вакуума	8	6	8	12	34	ПК-8, ПК-9, ПК-10
3.	Выбор вакуумных насосов	2	2		8	12	ПК-8, ПК-9, ПК-10
4.	Методы измерения давления газов	2			4	6	ПК-8, ПК-9, ПК-10
5.	Практические рекомендации по выбору вакуумного оборудования	2	2		10	14	ПК-8, ПК-9, ПК-10
6.	Вакуумные методы получения нанослоев	4	4	4	8	20	ПК-8, ПК-9, ПК-10
7.	Ионно-плазменные методы получения нанослоев	6	4	4	6	20	ПК-8, ПК-9, ПК-10

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

№ п/п	Наименование разделов	Содержание разделов	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции (ОК, ПК, ПСК)
1	Введение	Роль вакуумных и плазменных технологий в микро- и наноэлектронике	2	ПК-8
2	Способы получения высокого вакуума	Основные законы вакуумной техники. Механические, паромасляные диффузионные насосы, физико-химические методы получения высокого вакуума.	8	ПК-8, ПК-9
3	Выбор вакуумных насосов	Расчеты параметров для выбора насосов для конкретных применений	2	ПК-8, ПК-9
4	Методы измерений давлений газов	Тепловые и ионизационные вакуумметры. Вакуумметры для измерения сверхнизких давлений газов	2	ПК-8, ПК-9
5	Практические рекомендации по выбору вакуумного оборудования	Выбор вакуумных насосов для конкретных применений. Современные типовые установки для технологических целей	2	ПК-8, ПК-9
6	Вакуумные методы получения нанослоев	Термическое испарение в вакууме. Скорость осаждения. Практические рекомендации. Методы контроля толщины нанослоев.	4	ПК-8, ПК-9
7	Ионно-плазменные методы получения нанослоев	Основные характеристики плазмы. Различные способы осаждения нанослоев. Активируемые плазмой методы получения нанослоев	6	ПК-8, ПК-9

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

№ п/п	Наименование обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ № разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин						
		1	2	3	4	5	6	7
Предшествующие дисциплины								
1	Математика		+	+			+	+
2	Физика		+		+		+	+

Согласована на портале № 10441

	Вакуумная и плазменная электроника	+				+		+
Последующие дисциплины								
1	Процессы микро- и нанотехнологий		+	+		+	+	+
2	Основы технологии электронной компонентной базы					+	+	+
3	Технология кремниевой наноэлектроники	+	+			+	+	+
4	Моделирование и проектирование микро- и наносистем					+	+	+
5	Физика пленочных наноструктур						+	+

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

Перечень компетенций	Виды занятий				Формы контроля
	Л	Лаб. раб.	Пр.	СРС	
ПК-8	+	+	+	+	Контрольные работы. Выполнение практических заданий, индивидуальных заданий. Защита отчетов по лабораторным работам
ПК-9	+	+	+	+	Контрольные работы. Выполнение практических заданий, индивидуальных заданий. Защита отчетов по лабораторным работам
ПК-10		+	+	+	Контрольные работы. Выполнение практических заданий, индивидуальных заданий. Защита отчетов по лабораторным работам

6. МЕТОДЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

Методы / Формы	Лекции (час)	Практические занятия (час)	Лабораторные работы (час)	Всего
Тесты	4			**4**
Исследовательский метод решения ситуационных практико-ориентировочных задач		4		**4**
Итого интерактивных занятий	4	4		**8**

7. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика лабораторных работ	Трудоемкость (час.)	Компетенции ОК, ПК
1.	**2, 3, 4**	Механические вакуумные насосы для предварительной откачки вакуумной установки	4	ПК-8, ПК-9, ПК-10
2.	**2, 3, 4**	Вакуумные напылительные установки	4	ПК-8, ПК-9, ПК-10
3.	**2,3,4,6**	Осаждение резистивных и проводящих пленок методом термического испарения в вакууме	4	ПК-8, ПК-9, ПК-10
4.	**2,3,4,5,7**	Ионно-плазменный метод получения нанослоев	4	ПК-8, ПК-9, ПК-10

Согласована на портале № 10441

8. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ (СЕМИНАРЫ)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость (час.)	Компетенции ОК, ПК, ПСК
1.	**2**	Определение основных параметров механических насосов	2	ПК-8, ПК-9,ПК-10
2.	**2, 3**	Расчет эффективной скорости откачки	2	ПК-8, ПК-9,ПК-10
3.	**2,3**	Расчет параметров диффузионных насосов	2	ПК-8, ПК-9,ПК-10
4.	**2,3**	Расчет параметров конденсационных и криоадсорбционных насосов	2	ПК-8, ПК-9,ПК-10
5.	**2,3,5**	Расчет выбора вакуумных насосов для обеспечения заданного давления газа	2	ПК-8, ПК-9,ПК-10
6.	**6**	Расчет времени осаждения пленок при термическом испарении в вакууме	4	ПК-8, ПК-9,ПК-10
7.	7	Расчет времени напыления пленок при ионно-плазменном распылении	4	ПК-8, ПК-9,ПК-10

9. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика самостоятельной работы *(детализация)*	Трудоемкость (час.)	Компетенции ОК, ПК, ПСК	Контроль выполнения работы
1.	**1,7**	Подготовка к контрольным работам	16	ПК-8, ПК-9, ПК-10	Контрольная работа
2	**2,3,6,7**	Подготовка к практическим занятиям	8	ПК-8, ПК-9, ПК-10	Выполнение практических заданий
3.	**2,3,4,5,6,7**	Подготовка к лабораторным работам и защита отчетов	10	ПК-8, ПК-9, ПК-102	Отчеты по лабораторным работам
4.	**2, 5**	Выполнение расчетно-графических работ	14	ПК-8, ПК-9, ПК-10	Расчетно-графические работы

10. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ)

не предусмотрено

11. РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ

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
Посещение занятий	3	3	4	**10**
Контрольная работа № 1		10		**10**
Индивидуальные задания		13		**13**
Контрольная работа № 2		10		**10**
Выполнение и защита лабораторных работ			24	**24**
Практические занятия	12	8	7	**27**
Компонент своевременности	2	2	2	**6**
Итого максимум за период:	**17**	**46**	**37**	**100**
Нарастающим итогом	**17**	**63**	**100**	**100**

Согласована на портале № 10441

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

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	
3 (удовлетворительно) (зачтено)	**65 – 69**	
	60 – 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно), (не зачтено)	**Ниже 60 баллов**	F (неудовлетворительно)

12. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

12.1 Основная литература

12.1.1. Данилина Т.И. Вакуумно-плазменные методы получения наноструктур. – Учебное пособие.-Томск: ТУСУР, 2012.- 90 с.- [электронный ресурс] - http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&view=article&id 231

12.2 Дополнительная литература

12.2.1. Розанов Л.Н. Вакуумная техника. – М.: ВШ, 1990. – 320 с. (4 экз.)

12.2.2. Вакуумная техника. Справочник. Под ред. Е.С. Фролова, В.Е. Минайчева. – М.: Машиностроение, 1985. – 360 с. (10 экз.)

12.3 Учебно-методические пособия и программное обеспечение

12.3.1. Данилина Т.И. Вакуумно-плазменные методы получения наноструктур. – Учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе для подготовки студентов по направлениям 210100.62 «Электроника и наноэлектроника» и 222900.62 «Нанотехнологии и микросистемная техника» – Томск: ТУСУР, 2012. - 20 с.– [электронный ресурс] - http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&view=article&id 231

12.3.2. Данилина Т.И. Вакуумно-плазменные методы получения наноструктур. – Методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов направлений 210100.62 «Электроника и наноэлектроника» и 222900.62 «Нанотехнологии и микросистемная техника» – Томск: ТУСУР, 2013.- 28 с.– [электронный ресурс] - http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&view=article&id 231

12.4 Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации лекционных и практических занятий необходимы: компьютер с установленным программным обеспечением (п. 12.3), проектор и экран.

Лабораторные работы проводятся в специализированной лаборатории кафедры Физической электроники, оснащенной вакуумным технологическим оборудованием.

Согласована на портале № 10441

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ **П. Е. Троян**
«6» 07 2016 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Вакуумно-плазменные методы получения наноструктур
(полное наименование учебной дисциплины или практики)

Уровень основной образовательной программы **бакалавриат**
(бакалавриат, магистратура, специалитет)

Направление (я) подготовки (специальность) **28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника**
(полное наименование направления подготовки (специальности))

Профиль (и) **«Нанотехнологии в электронике и микросистемной технике»**
(полное наименование профиля направления подготовки (специальности))

Форма обучения **очная**
(очная, очно-заочная (вечерняя), заочная)

Факультет **электронной техники (ФЭТ)**
(сокращенное и полное наименование факультета)

Кафедра **физической электроники (ФЭ)**
(сокращенное и полное наименование кафедры)

Курс 2 **Семестр** 4

Учебный план набора 2013, 2014 года.

Зачет с оценкой 4 **семестр** **Диф. зачет** _____ **семестр**

Экзамен _____ **семестр**

Разработчики: профессор каф. ФЭ Данилина Т.И.

Томск 2016

Согласована на портале № 10441

1 Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины «Вакуумно-плазменные методы получения наноструктур» и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине «Вакуумно-плазменные методы получения наноструктур» используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной «Вакуумно-плазменные методы получения наноструктур» компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции
ПК-8	Готовность использовать базовые технологические процессы и оборудование, применяемые в производстве материалов, компонентов нано- и микросистемной техники	Знать основы вакуумных и плазменных технологий, технологическое оборудование для получения микро- и наноструктур; **Уметь** решать задачи по выбору параметров вакуумного оборудования и технологии напыления нанослоев; **Владеть** практическими навыками работы на вакуумном технологическом оборудовании, выполнять работы по получению компонентов микро- и наносистемной техники.

Согласована на портале № 10441

ПК-9	Готовность использовать базовое контрольно-измерительное оборудование для метрологического обеспечения исследований и промышленного производства материалов и компонентов нано- и микросистемной техники	**Знать** методы измерения давления газов, методы контроля толщины нанослоев; **Уметь** использовать базовое контрольно-измерительное оборудование для метрологического обеспечения исследований; **Владеть** практическими навыками контроля давления газов и толщины нанослоев.
ПК-10	Готовность работать на современном технологическом оборудовании, используемом в производстве материалов и компонентов нано- и микроситемной техники	**Знать** современное технологическое оборудование, используемое в производстве материалов и компонентов микро- и наносистемной техники; **Уметь** выбирать технологическое оборудование для конкретного применения; **Владеть** практическими навыками работы на вакуумном технологическом оборудовании, навыками по напылению микро- и нанослоев.

2 Реализация компетенций

1 Компетенция ПК-8

ПК-8: Готовность использовать базовые технологические процессы и оборудование, применяемые в производстве материалов, компонентов нано- и микросистемной техники.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 2.

Согласована на портале № 10441

Таблица 2.– Этапы формирования компетенции ПК-8 и используемые средства оценивания

1. Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	Базовые технологические процессы и технологическое оборудование для получения микро- и наноструктур	Решать задачи по выбору параметров вакуумного оборудования и технологии напыления нанослоев	Практическими навыками работы на вакуумном технологическом оборудовании, выполнять работы по получению компонентов микро- и наносистем
Виды занятий	Лекции; Практические занятия; Индивидуальные задания	Практические занятия; Лабораторные работы; Индивидуальные задания	Практические занятия; Лабораторные работы
Используемые средства оценивания	Контрольные работы; Тесты; Защита индивидуальных заданий; Выполнение практических занятий	Контрольные работы; Выполнение лабораторных работ; Защита отчетов; Защита индивидуальных заданий; Выполнение практических занятий	Выполнение лабораторных работ, защита отчетов; Защита практических занятий

2 Компетенция ПК-9

ПК-9: Готовность использовать базовое контрольно-измерительное оборудование для метрологического обеспечения исследований и промышленного производства материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 3.

Согласована на портале № 10441

Таблица 3– Этапы формирования компетенции ПК-9 и используемые средства оценивания

2. Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	Базовые контрольно-измерительное оборудование для измерения давления газов для контроля толщины нанослоев.	Рекомендовать контрольно-измерительное оборудование для конкретного технологического процесса.	Практическими навыками контроля давления газов, толщины нанослоев.
Виды занятий	Лекции; Практические занятия; Индивидуальные задания;	Практические занятия; Лабораторные работы; Индивидуальные задания;	Практические занятия; Лабораторные работы;
Используемые средства оценивания	Контрольные работы; Тесты; Защита индивидуальных заданий; Выполнение практических занятий	Контрольные работы; Выполнение лабораторных работ и защита отчетов; Индивидуальные задания; Защита практических занятий	Выполнение лабораторных работ и защита отчетов; Защита практических занятий

3 Компетенция ПК-10

ПК-10: Готовность работать на современном технологическом оборудовании, используемом в производстве материалов и компонентов нано- и микроситемной техники.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 4.

Согласована на портале № 10441

Таблица 4 – Этапы формирования компетенции ПК-10 и используемые средства оценивания

3. Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	Современное технологическое оборудование, используемое в производстве материалов и компонентов микро- и наносистемной техники.	Выбирать технологическое оборудование для конкретного применения	Практическими навыками работы на вакуумном технологическом оборудовании, навыками по напылению микро- и нанослоев.
Виды занятий	Контрольные работы; Тесты; Индивидуальные задания; Практические занятия;	Контрольные работы; Тесты; Индивидуальные задания; Практические занятия; Защита практических занятий; Лабораторные работы;	Защита практических занятий; Лабораторные работы;
Используемые средства оценивания	Лекции; Практические занятия; Индивидуальные задания;	Практические занятия; Лабораторные работы; Индивидуальные задания;	Практические занятия; Лабораторные работы; Индивидуальные задания;

Согласована на портале № 10441

1.Компетенция ПК-8 - Готовность использовать базовые технологические процессы и оборудование, применяемые в производстве материалов, компонентов нано- и микросистемной техники.

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы
Хорошо (базовый уровень)	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении

Формулировка показателей и критериев оценивания компетенции ПК-8 приведена в таблице 6.

Таблица 6

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Знать базовые процессы вакуумно-плазменных методов получения наноструктур, понимать области конкретного применения технологического оборудования	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для сравнения различных вакуумно-плазменных методов получения нанослоев.	Владеет практическими навыками работы на вакуумном технологическом оборудовании, способен самостоятельно выполнять работы по напылению нанослоев.

Согласована на портале № 10441

Хорошо (базовый уровень)	Знает базовые технологические процессы вакуумно-плазменных методов получения наноструктур.	Умеет решать задачи по выбору параметров вакуумного оборудования и технологии напыления нанослоев.	Владеет практическими навыками работы на вакуумном технологическом оборудовании, выполняет работы по напылению нанослоев под руководством оператора.
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Знает базовые процессы вакуумно-плазменных методов получения наноструктур.	Умеет решать простые задачи.	Работать на технологическом оборудовании при прямом участии оператора.

2. Компетенция ПК-9 - Готовность использовать базовое контрольно-измерительное оборудование для метрологического обеспечения исследований и промышленного производства материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам приведены в **таблице 7**.

Таблица 7 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам

Показатели и критерии	**Знать**	**Уметь**	**Владеть**
Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы
Хорошо (базовый уровень)	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении

Согласована на портале № 10441

Формулировка показателей и критериев оценивания компетенции ПК-9 приведена в таблице 8.

Таблица 8

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	**Знает** методы измерения давления газов, методы контроля толщины нанослоев; .	**Умеет** использовать базовое контрольно-измерительное оборудование для метрологического обеспечения исследований; .	**Владеет** практическими навыками контроля давления газов и толщины нанослоев
Хорошо (базовый уровень)	Знает методы измерения давления газов, методы контроля толщины нанослоев; .	Понимает необходимость контроля давления газов и толщины нанослоев.	Владеет практическими навыками измерения давления газов и толщины слоев под руководством оператора.
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Знает методы измерения давления газов, методы контроля толщины нанослоев; .	Понимает необходимость контроля давления газов и толщины нанослоев.	Осуществляет контроль давления газов, толщины нанослоев совместно с оператором

3. **Компетенция ПК-10 -** Готовность работать на современном технологическом оборудовании, используемом в производстве материалов и компонентов нано- и микроситемной техники.

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам приведены в таблице 9

Согласована на портале № 10441

Таблица 9 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы
Хорошо (базовый уровень)	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении

Формулировка показателей и критериев оценивания компетенции ПК-10 приведена в таблице 10.

Таблица 10

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Знает базовые процессы вакуумно-плазменных методов получения наноструктур, понимать области конкретного применения технологического оборудования	Умеет выбирать технологическое оборудование для конкретного применения.	Владеет практическими навыками работы на вакуумном технологическом оборудовании, способен самостоятельно выполнять работы по напылению нанослоев.
Хорошо (базовый уровень)	Знает базовые технологические	Умеет выбирать технологическое	Владеет практическими

Согласована на портале № 10441

	процессы вакуумно-плазменных методов получения наноструктур.	оборудование для конкретного применения.	навыками работы на вакуумном технологическом оборудовании, выполняет работы по напылению нанослоев под руководством оператора.
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Знает базовые процессы вакуумно-плазменных методов получения наноструктур.	Умеет решать простые задачи по выбору технологического оборудования.	Может работать на технологическом оборудовании при прямом участии оператора.

3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются, необходимые для оценки знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в составе: тесты, контрольные работы, индивидуальные задания, практические задания, лабораторные работы, экзамен.

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в составе:

3. 1. Контрольные работы:

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

Тема контрольной работы № 2 – Вакуумно-плазменные технологические процессы получения компонентов микро- и наносистемной техники.

3.2. Тесты по следующим разделам:

1) Основы вакуумной техники;

2) Способы получения высокого вакуума;

3) Выбор вакуумных насосов;

4) Методы измерения давления газов.

3.3. Выполнение домашних индивидуальных заданий на тему: «Расчет выбора вакуумных насосов для обеспечения заданного давления газа в конкретной технологической установке.

3.4. Темы практических занятий:

1) Определение основных параметров механических насосов;

Согласована на портале № 10441

2) Расчет эффективной скорости откачки;

3) Расчет параметров диффузионных насосов;

4) Расчет параметров конденсационных и криоадсорбционных насосов;

5) Расчет выбора вакуумных насосов для обеспечения заданного давления газа;

6) Расчет времени осаждения пленок при термическом испарении в вакууме;

7) Расчет времени напыления пленок при ионно-плазменном распылении.

3.5. Лабораторные работы:

1) Механические вакуумные насосы для предварительной откачки вакуумной установки;

2) Вакуумные напылительные установки;

3) Осаждение резистивных и проводящих пленок методом термического испарения в вакууме;

4) Ионно-плазменный метод получения нанослоев.

3.6. Экзамен:

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

2) Криоконденсационные насосы. Как зависят характеристики насосов от температуры криопанели?

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 установившемся режиме?

11) Как зависит скорость конденсации при термическом испарении от расстояния испаритель-подложка?

Согласована на портале № 10441

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 нанослев.

18) Объяснить зависимость скорости испарения от температуры испарения.

19) Рассмотреть процесс распыления в тлеющем разряде.

20) Плазменные методы получения нанослоев сложных веществ.

4 Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

4.1. Основная литература

4.1.1. Данилина Т.И. Вакуумно-плазменные методы получения наноструктур. – Учебное пособие.-Томск: ТУСУР, 2012.- 90 с.- [электронный ресурс] - http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&view=article&id 231

4.2. Дополнительная литература

4.2.1. Розанов Л.Н. Вакуумная техника. – М.: ВШ, 1990. – 320 с. (4 экз.)

4.2.2. Вакуумная техника. Справочник. Под ред. Е.С. Фролова, В.Е. Минайчева. – М.: Машиностроение, 1985. – 360 с. (10 экз.)

4.3. Учебно-методические пособия и программное обеспечение

4.3.1. Данилина Т.И. Вакуумно-плазменные методы получения наноструктур. – Учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе для подготовки студентов по направлениям 210100.62 «Электроника и наноэлектроника» и 222900.62 «Нанотехнологии и микросистемная техника» – Томск: ТУСУР, 2012. - 20 с.– [электронный ресурс] - http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&view=article&id 231

4.3.2. Данилина Т.И. Вакуумно-плазменные методы получения наноструктур. – Методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов направлений 210100.62 «Электроника и наноэлектроника» и 222900.62 «Нанотехнологии и микросистемная техника»

Согласована на портале № 10441

– Томск: ТУСУР, 2013.- 28 с.– [электронный ресурс] - http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&view=article&id 231

4.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

4.5. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации лекционных и практических занятий необходимы: компьютер с установленным программным обеспечением (п. 12.3), проектор и экран.

Лабораторные работы проводятся в специализированной лаборатории кафедры Физической электроники, оснащенной вакуумным технологическим оборудованием.

Согласована на портале № 10441