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) **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
«Микроэлектроника и твердотельная электроника»

Форма обучения очная

Факультет электронной техники (ФЭТ)

Кафедра физической электроники (ФЭ)

Курс 2 **Семестр** 4

Учебный план набора 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				10					10	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 № 10529

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 71 от «30» 6 2016 г.

Лист согласований

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника (квалификация (бакалавр), утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 12.03.2015 г. № 218.

Рабочая программа учебной дисциплины рассмотрена и утверждена на заседании кафедры физической электроники от «30» июня 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 № 10529

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 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» дисциплина «Вакуумно-плазменные методы получения наноструктур» относится к дисциплинам по выбору профессионального цикла (ФТД.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», «Физико-химические процессы микро- и нанотехнологий», «Основы технологии электронной компонентной базы», «Технология кремниевой наноэлектроники», «Технология СБИС».

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Способность выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники (ПК-8).

Готовность к применению современных технологических процессов и технологического оборудования на этапах разработки и производства изделий микроэлектроники и твердотельной электроники (ПСК-2).

3.2. В результате изучения дисциплины студент должен:

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

уметь: сравнивать различные вакуумные и плазменные методы получения нанослоев и наноструктур;

владеть: практическими навыками работы на вакуумных технологических установках,

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет ___2___ 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	
Подготовка к практическим занятиям и контрольным работам	16	14
Подготовка к практическим занятиям	8	8
Подготовка к лабораторным работам, составление отчетов	10	8
Общая трудоемкость час	108	108
Зачетные единицы трудоемкости	**3**	**3**

Согласована на портале № 10529

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
2.	Способы получения высокого вакуума	8	6	8	12	34	ПК-8, ПСК-2
3.	Выбор вакуумных насосов	2	2		8	12	ПК-8, ПСК-2
4.	Методы измерения давления газов	2			4	6	ПК-8, ПСК-2
5.	Практические рекомендации по выбору вакуумного оборудования	2	2		10	14	ПК-8, ПСК-2
6.	Вакуумные методы получения нанослоев	4	4	4	8	20	ПК-8, ПСК-2
7.	Ионно-плазменные методы получения нанослоев	6	4	4	6	20	ПК-8, ПСК-2

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, ПСК-2
3	Выбор вакуумных насосов	Расчеты параметров для выбора насосов для конкретных применений	2	ПК-8, ПСК-2
4	Методы измерений давлений газов	Тепловые и ионизационные вакуумметры. Вакуумметры для измерения сверхнизких давлений газов	2	ПК-8, ПСК-2
5	Практические рекомендации по выбору вакуумного оборудования	Выбор вакуумных насосов для конкретных применений. Современные типовые установки для технологических целей	2	ПК-8, ПСК-2
6	Вакуумные методы получения нанослоев	Термическое испарение в вакууме. Скорость осаждения. Практические рекомендации. Методы контроля толщины нанослоев.	4	ПК-8, ПСК-2
7	Ионно-плазменные методы получения нанослоев	Основные характеристики плазмы. Различные способы осаждения нанослоев. Активируемые плазмой методы получения нанослоев	6	ПК-8, ПСК-2

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		+		+		+	+
Последующие дисциплины								
1	Процессы микро- и нанотехнологий		+	+		+	+	+

Согласована на портале № 10529

2	Основы технологии электронной компонентной базы					+	+	+
3	Технология кремниевой наноэлектроники	+	+			+	+	+
4	Конструкторско-технологическое обеспечение производства изделий микроэлектроники					+	+	+
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. Отчеты по лабораторным работам
ПСК-2	+	+	+	+	Отчеты по лабораторным работам и практическим занятиям, самостоятельная работа студентов

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		6		**6**
Итого интерактивных занятий	4	6		**10**

7. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

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

Согласована на портале № 10529

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
2.	**2, 3**	Расчет эффективной скорости откачки	2	ПК-8, ПСК-2
3.	**2,3**	Расчет параметров диффузионных насосов	2	ПК-8, ПСК-2
4.	**2,3**	Расчет параметров конденсационных и криоадсорбционных насосов	2	ПК-8, ПСК-2
5.	**2,3,5**	Расчет выбора вакуумных насосов для обеспечения заданного давления газа	2	ПК-8, ПСК-2
6.	**6**	Расчет времени осаждения пленок при термическом испарении в вакууме	4	ПК-8, ПСК-2
7.	**7**	Расчет времени напыления пленок при ионно-плазменном распылении	4	ПК-8, ПСК-2

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, ПСК-2	Контрольная работа
2	**2,3,6,7**	Подготовка к практическим занятиям	8	ПК-8, ПСК-2	Выполнение практических заданий
3.	**2,3,4,5,6,7**	Подготовка к лабораторным работам и защита отчетов	10	ПК-8, ПСК-2	Отчеты по лабораторным работам
4.	**2, 5**	Выполнение расчетно-графических работ	14	ПК-8, ПСК-2	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:	**31**	**41**	**28**	**100**
Нарастающим итогом	**31**	**72**	**100**	**100**

Согласована на портале № 10529

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 № 10529

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) **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
(полное наименование направления подготовки (специальности))

Профиль (и) **«Микроэлектроника и твердотельная электроника»**
(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 2014 года.

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

Экзамен _____ **семестр**

Разработчики: профессор каф. ФЭ Данилина Т.И.

Томск 2016

Согласована на портале № 10529

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-5	Способность владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных	**Знать** основные методы обработки экспериментальных данных; **Уметь** проводить статистическую обработку результатов измерений и определять погрешности; **Владеть** практическими навыками измерения давления газа, толщины пленок, геометрических размеров микроструктур.

Согласована на портале № 10529

ПК-16	Готовность организовывать метрологическое обеспечение производства материалов и изделий электронной техники	**Знать** базовые технологические процессы и метрологическое обеспечение производства материалов и изделий электронной техники. **Уметь** выбирать методы метрологического обеспечения процессов напыления нанослоев методами термического испарения в вакууме и ионно-плазменными методами; **Владеть** практическими навыками работы на вакуумном технологическом оборудовании, навыками метрологических измерений.
ПК-19	Способность строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	**Знать** современные вакуумные установки, используемые для получения нанослоев; **Уметь** строить математические модели для описания процессов осаждения нанослоев; **Владеть** практическими навыками работы на вакуумном технологическом оборудовании, навыками по моделированию технологических процессов.

Согласована на портале № 10529

2 Реализация компетенций

1 Компетенция ПК-5

ПК-5: Способность владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных.

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

Таблица 2.– Этапы формирования компетенции ПК-5 и используемые средства оценивания

1. Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	**Знать** основные методы обработки экспериментальных данных;	**Уметь** проводить статистическую обработку результатов измерений и определять погрешности;	**Владеть** практическими навыками измерения давления газа, толщины пленок, геометрических размеров микроструктур.
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

Согласована на портале № 10529

2 Компетенция ПК-16

ПК-16: Готовность организовывать метрологическое обеспечение производства материалов и изделий электронной техники.

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

Таблица 4– Этапы формирования компетенции ПК-16 и используемые средства оценивания

2. Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	**Знать** базовые технологические процессы и метрологическое обеспечение производства материалов и изделий электронной техники. .	**Уметь** выбирать методы метрологического обеспечения процессов напыления нанослоев методами термического испарения в вакууме и ионно-плазменными методами;	**Владеть** практическими навыками работы на вакуумном технологическом оборудовании, навыками метрологических измерений.
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

Согласована на портале № 10529

2 Компетенция ПК-19

ПК-19: Способность строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий, и используемые средства оценивания представлены в таблице 5.

Таблица 5– Этапы формирования компетенции ПК-19 и используемые средства оценивания

3. Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	**Знать** современные вакуумные установки, используемые для получения нанослоев;	**Уметь** строить математические модели для описания процессов осаждения нанослоев;	**Владеть** практическими навыками работы на вакуумном технологическом оборудовании, навыками по моделированию технологических процессов.
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

Согласована на портале № 10529

1.Компетенция ПК-5 - Способность владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам приведены в таблице 6.

Таблица 6 - Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

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-5** приведена в таблице 7.

Таблица 7 – **Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах**

Показатели и критерии	**Знать**	**Уметь**	**Владеть**
Отлично (высокий уровень)	**Знает** основные методы обработки экспериментальных данных;	**Умеет** самостоятельно проводить статистическую обработку результатов измерений и определять погрешности;	**Владеет** практическими навыками измерения давления газа, толщины пленок, геометрических размеров микроструктур.

Согласована на портале № 10529

Хорошо (базовый уровень)	**Знает** основные методы обработки экспериментальных данных;	**Умеет** самостоятельно проводить статистическую обработку результатов измерений и определять погрешности;	**Владеет** практическими навыками измерения давления газа, толщины пленок, геометрических размеров микроструктур под руководством оператора.
Удовлетворительно (пороговый уровень)	**Знает** основные методы обработки экспериментальных данных;	**Умеет** проводить под наблюдение преподавателя статистическую обработку результатов измерений и определять погрешности;	**Владеет** первоначальными навыками измерения давления газа, толщины пленок, геометрических размеров микроструктур под руководством оператора.

2. Компетенция ПК-16 - Готовность организовывать метрологическое обеспечение производства материалов и изделий электронной техники.

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам приведены в **таблице 8**.

Таблица 8 – 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

Согласована на портале № 10529

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-16** приведена в таблице 9.

Таблица 9 - Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	**Знает** базовые технологические процессы и метрологическое обеспечение производства материалов и изделий электронной техники.	**Умеет** выбирать методы метрологического обеспечения процессов напыления нанослоев методами термического испарения в вакууме и ионно-плазменными методами;	**Владеет** практическими навыками работы на вакуумном технологическом оборудовании, навыками метрологических измерений.
Хорошо (базовый уровень)	**Знает** базовые технологические процессы и метрологическое обеспечение производства материалов и изделий электронной техники.	**Умеет** выбирать методы метрологического обеспечения процессов напыления нанослоев методами термического испарения в вакууме и ионно-плазменными методами;	**Владеет** практическими навыками работы на вакуумном технологическом оборудовании, навыками метрологических измерений под руководством оператора;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	**Знает** базовые технологические процессы и метрологическое обеспечение производства материалов и изделий электронной техники.	**Умеет** выбирать методы метрологического обеспечения процессов напыления нанослоев методами термического испарения в вакууме и ионно-плазменными	**Владеет** первоначальными практическими навыками работы на вакуумном технологическом оборудовании, навыками метрологических измерений под

Согласована на портале № 10529

		методами под руководством преподавателя;	руководством оператора.

2. Компетенция ПК-19 - Способность строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования.

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам приведены в **таблице 10**.

Таблица 10 – 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-19** приведена в таблице 11.

Согласована на портале № 10529

Таблица 11 - Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	**Знает** современные вакуумные установки, используемые для получения нанослоев;	**Уметь** строить математические модели для описания процессов осаждения нанослоев	**Владеть** практическими навыками работы на вакуумном технологическом оборудовании, навыками по моделированию технологических процессов.
Хорошо (базовый уровень)	**Знает** современные вакуумные установки, используемые для получения нанослоев;	**Уметь** строить математические модели для описания процессов осаждения нанослоев	**Владеет** первоначальными практическими навыками работы на вакуумном технологическом оборудовании, навыками по моделированию простейших технологических процессов.
Удовлетворительно (пороговый уровень)	**Знает** базовые технологические процессы и метрологическое обеспечение производства материалов и изделий электронной техники.	**Уметь** строить математические модели для описания простейших процессов осаждения нанослоев	**Владеет** первоначальными практическими навыками работы на вакуумном технологическом оборудовании, навыками по моделированию простейших технологических процессов под руководством преподавателя.

3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются, необходимые для оценки знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в

Согласована на портале № 10529

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 нанослоев.

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;

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.

Согласована на портале № 10529

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 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 нанослев.

18) Объяснить зависимость скорости испарения от температуры испарения.

19) Рассмотреть процесс распыления в тлеющем разряде.

Согласована на портале № 10529

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» – 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 № 10529