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
«09» 08 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ФИЗИКА ПЛЕНОЧНЫХ НАНОСТРУКТУР

Уровень основной образовательной программы бакалавриат

Направления подготовки **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
Профиль(и) **«Микроэлектроника и твердотельная электроника»**

Форма обучения очная

Факультет электронной техники (ФЭТ)

Кафедра физической электроники (ФЭ)

Курс 3 **Семестр** 5,6

Учебный план набора 2016 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					44				44	часов
2.	Лабораторные работы										часов
3.	Практические занятия					16				16	часов
4.	Курсовой проект/работа (КРС) (аудиторная)						18			18	часов
5.	Всего аудиторных занятий (Сумма 1-4)					60	18			78	часов
6.	Из них в интерактивной форме					10				10	часов
7.	Самостоятельная работа студентов (СРС)					48	54			102	часов
8.	Всего (без экзамена) (Сумма 5,7)					108	72			180	часов
9.	Самост. работа на подготовку, сдачу экзамена					36				36	часов
10.	Общая трудоемкость (Сумма 8,9)					144	72			216	часов
	(в зачетных единицах)					4	2			6	ЗЕТ

Экзамен 5 **семестр**

Курсовая работа 6 **семестр**

Томск 2016

Согласована на портале № 7335

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 12.03.2015г. № 218.

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

Разработчик:
Доцент кафедры ФЭ _____ / В.А.Мухачев

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 № 7335

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины является изучение студентами основных законов зарождения и роста наноструктур, а также свойств материалов в пленочном состоянии, формирование навыков проведения расчетов условий зарождения и влияния их на свойства пленок.

Задачи дисциплины – изучение основ роста пленок и зависимости их структуры от технологических факторов;

- изучение основных свойств металлических, резистивных и диэлектрических пленок.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

В соответствии с основной образовательной программой дисциплина «Физика пленочных наноструктур» относится к вариативной части блока 1 (Б1.В.ОД.2).

Дисциплина базируется на знаниях, полученных по математике, физике, химии, материалам электронной техники, физике конденсированного состояния, твердотельной электронике.

Основные положения дисциплины должны быть использованы в дальнейшем при изучении дисциплин «Процессы микро- и нанотехнологии», «Технология кремниевой наноэлектроники»», «Основы технологии электронной компонентной базы»; и при выполнении и написании выпускной квалификационной работы.

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Способность представлять адекватному современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики (ОПК-1);

Способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК-2);

Способность аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения (ПК-2).

3.2. В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать - основные законы образования пленочных наноструктур и влияние условий зарождения на свойства этих структур, размерный эффект;

- основные механизмы электропроводности металлических и диэлектрических пленок;
- основные процессы, приводящие к пробою тонкопленочных МДМ-структур;

Уметь - рассчитывать основные параметры зарождения и роста пленок;

- рассчитывать основные параметры проводящих, резистивных и диэлектрических пленок с учетом размерного эффекта и структуры пленок;

Владеть:

- методами расчета и численного моделирования физико-химических процессов и явлений, протекающих в наноструктурах.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет ___7___ зачетные единицы.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры	
		5	6
Аудиторные занятия (всего)	**78**	**60**	**18**
В том числе:			
Лекции	44	44	
Практические занятия (ПЗ)	16	16	
Курсовая работа (аудиторная нагрузка)	18		18
Самостоятельная работа (всего)	**102**	**48**	**54**
В том числе:			
Проработка лекций, подготовка к практическим занятиям	20	20	

Согласована на портале № 7335

Подготовка к контрольным работам (КР): две КР	8	8	
Выполнение двух индивидуальных заданий: 1)Образование и рост зародышей пленок; 2)Электропроводность островковых, резистивных и диэлектрических пленок	20	20	
Курсовая работа (самостоятельная работа)	54		54
Экзамен	36	36	
Общая трудоемкость час	**216**	**144**	**72**
Зачетные единицы трудоемкости	**6**	**4**	**2**

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции	Практич. занятия.	Курсовая работа	Самост. работа студента	Всего час	Формируемые компетенции (ОК, ПК, ПСК)
1.	Зарождение и рост тонких пленок	18	6	6	30	60	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
2.	Проводящие пленки	6	2	4	24	36	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
3.	Резистивные пленки	10	4	4	24	42	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
4.	Диэлектрические пленки	10	4	4	24	42	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

№ п/п	Наименование разделов	Содержание разделов	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции (ОК, ПК, ПСК)
1	Зарождение и рост тонких пленок	Осаждение из паровой фазы. Конденсация пленки на подложке. Образование зародышей. Рост зародышей и образование сплошных пленок. Влияние условий на подложке на процесс зародышеобразования и роста пленок.	**18**	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
2	Проводящие пленки	Проводящие пленки в микроэлектронике. Основные характеристики проводящих пленок. Размерный эффект в пленках. Островковые пленки и их свойства.	**6**	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
3	Резистивные пленки	Резистивные пленки для тонкопленочных резисторов. Используемые материалы для получения резисторов с различными номиналами сопротивления и температурного коэффициента сопротивления (ТКС). Влияние состава и структуры пленок на характеристики резисторов. Особенности проводимости и ТКС пленок различного состава.	**10**	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
4	Диэлектрические пленки	Диэлектрические пленки в микро- и наноэлектронике. Свойства диэлектриков в сильных полях. Туннельная эмиссия, эмиссия Шоттки и Пула-Френкеля. Токи, ограниченные пространственным зарядом. Пробой тонких диэлектрических пленок	**10**	ОПК-1, ОПК-2, ПК-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 из табл.5.1, для которых необходимо изучение обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин						
		1	2	3	4	5	6	7
Предшествующие дисциплины								
1	Математика	+	+	+	+			

Согласована на портале № 7335

2	Физика	+	+	+	+			
3	Химия	+		+				
4	Методы математической физики	+	+	+	+			
5	Физика конденсированного состояния	+	+	+	+			
6	Твердотельная электроника		+	+	+			
Последующие дисциплины								
1	Основы технологии электронной компонентной базы	+	+	+	+			
2	Процессы микро- и нанотехнологии	+	+	+	+			
3	Технология кремниевой наноэлектроники	+	+	+	+			

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

Перечень компетенций					Формы контроля
	Л	Пр.	СРС	КР/КП	
ОПК-1	+	+	+	+	Контрольные работы, курсовая работа
ОПК-2	+	+	+	+	Контрольные работы, индивидуальные задания, курсовая работа
ПК-2	+	+	+	+	Курсовая работа, индивидуальные задания, контрольные работы

6. МЕТОДЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

Методы / Формы	Лекции (час)	Практические занятия (час)	СРС (час)	Всего
Мини-диспуты	4			4
Обсуждение контрольных работ		2		2
Защита курсовой работы			4	4
Итого интерактивных занятий	**4**	**2**	**4**	**10**

7. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

(учебным планом не предусмотрен)

8. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ (СЕМИНАРЫ)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость (час.)	Компетенции ОК, ПК, ПСК
1.	1	Осаждение из паровой фазы. Конденсация пленки на подложке. Рост зародышей и образование сплошных пленок. Влияние условий на подложке на процесс зародышеобразования и роста пленок	6	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
2.	2	Основные характеристики проводящих пленок. Размерный эффект. Островковые пленки.	2	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
3.	3	Тонкопленочные резисторы. Керметы. Состав ТКС. Влияние состава и структуры на характеристики резисторов. Особенности проводимости резистивных пленок.	4	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
4.	4	Диэлектрические пленки. Электропроводность, пробой тонких диэлектрических пленок	4	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2

Согласована на портале № 7335

9. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	Тематика самостоятельной работы *(детализация)*	Трудоемкость (час.)	Компетенции ОК, ПК, ПСК	Контроль выполнения работы
1.	Проработка лекций, подготовка к практическим занятиям	20	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	Опрос на практике, мини-диспуты
2	Подготовка к контрольным работам (КР): две КР	8	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	Оценка контрольной работы
3	Выполнение двух индивидуальных заданий: 1)Образование и рост зародышей пленок; 2)Электропроводность островковых и резистивных пленок	20	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	Защита индивидуальных заданий
4	Экзамен: в билете 3 вопроса, примеры вопросов представлены в 12.3.2, стр.7-27	36	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	Экзамен

10. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ)

1. Электропроводность диэлектрических пленок Si_3N_4
2. Электропроводность островковых пленок Au.
3. Резистивные пленки тугоплавких металлов.
4. Свойства керметных пленок Au-SiO, Re– Si_3N_4 – Mo и т.п.
5. Механизм пробоя МДМ-систем, например, AI-SiO-Al/
6. Свойства резисторов из чистых металлов.
7. Размерный эффект в тонких пленках.

10.1. Распределение времени аудиторных занятий на курсовой проект (работу)

№ п/п	Тема занятий	Трудоемкость (час)	Компетенции ОК, ПК
1.	Выдача задания. Объяснение особенностей по выполнению курсового проекта	2	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
2.	Консультация 1:Обсуждение литературных данных, уточнение задания.	4	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
3.	Консультация 2: Обсуждение чернового варианта курсового проекта	4	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
4.	Защита курсового проекта	8	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2

10.2. Примерное распределение времени самостоятельной работы на курсовой проект

№ п/п	Тематика самостоятельной работы	Трудоемкость (час)	Компетенции ОК, ПК	Контроль выполнения работы
1.	Знакомство с литературой, составление плана проекта	12	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	Обсуждение плана проекта
2.	Написание чернового варианта проекта	20	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	Проверка чернового варианта
3.	Написание окончательного варианта, расчеты, графики, защита	22	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	Защита проекта

Согласована на портале № 7335

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	3	**9**
Контрольная работа № 1	10			**10**
Контрольная работа № 2		10		**10**
Индивидуальное задание 1		15		**15**
Индивидуальное задание 2			15	**15**
Компонент своевременности		5	6	**11**
Экзамен				**30**
Итого максимум за период:	**13**	**33**	**24**	
Нарастающим итогом	**13**	**46**	**70**	**100**

Экзаменационный билет содержит три теоретических вопроса (1 вопрос – 10 баллов)

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	D (удовлетворительно)
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. К.И.Смирнова. Тонкие пленки в микроэлектронике. Учебное пособие. Томск: ТУСУР, 2012.- 110 с. (50 экз.) - [электронный ресурс] – http://miel.tusur.ru/

12.2 Дополнительная литература

12.2.1. Физика тонких пленок. Том 4. Сб. статей под общей редакцией Г. Хасса и Р.Э.Туна, М.: «Мир», 1970. – 440 с. (7 экз.)

12.2.2. Физика тонких пленок. Том 8. Сб. статей под общей редакцией Г. Хасса, М. Франкомба и Р.Гофмана, М.: «Мир», 1978. – 359 с. (5 экз.)

12.2.3. Технология тонких пленок. Справочник. Том 1,2. –М.: Сов. радио, Т.1, 1977.- 664 с. (13 экз.), Т.2, 1977. -768 с. (14 экз.)

12.2.4. Г.А.Воробьев, В.А.Мухачев. Пробой тонких диэлектрических пленок. – М.:«Советское радио», 1977.- 70 с. (36 экз.)

Согласована на портале № 7335

12.2.5. Электропроводность тонких диэлектрических пленок. – Учебное пособие: Ленинградский политехнический институт им. М.И.Калинина, 1981.- 55 с. (4 экз.)

12.2.6. Б.А.Бочкарев, В.А.Бочкарева. Керметные пленки.:«Энергия», Ленинградское отд., 1975.- 152 с. (2 экз.)

12.3 Учебно-методические пособия и программное обеспечение

12.3.1. К.И.Смирнова. Тонкие пленки в микроэлектронике. Учебно-методическое пособие по выполнению курсовой работы для студентов направления подготовки «Нанотехнологии и микросистемная техника» и «Электроника и наноэлектроника».-Томск:ТУСУР, 2013.- 25 с. (30 экз.) - [электронный ресурс] - http://miel.tusur.ru/

12.3.2. К.И.Смирнова. Тонкие пленки в микроэлектронике. Учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе для студентов направления подготовки «Нанотехнологии и микросистемная техника» и «Электроника и наноэлектроника».-Томск:ТУСУР, 2013.- 49 с. (50 экз.) - [электронный ресурс] - http://miel.tusur.ru/

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.

Согласована на портале № 7335

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**

«9» 08 2016 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Физика пленочных 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 3 **Семестр** 5,6

Учебный план набора 2016 года.

Зачет _____ **семестр** **Диф. зачет** 6 **семестр**

Экзамен 5 **семестр**

Разработчик: доцент каф. ФЭ Мухачев В.А.

Томск 2016

Согласована на портале № 7335

1 Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины «Физика пленочных 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 «Физика пленочных наноструктур» используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной «Физика пленочных наноструктур» компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции
ОПК-1	Способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики.	**Знать** основные законы физики: механики, молекулярно-кинетической теории, электродинамики, физики твердого тела, атомной физики и квантовой механики. **Уметь** пользоваться законами физики для понимания процессов роста тонких пленок, механизмов электропроводности и пробоя. **Владеть** навыками оценок основных характеристик проводящих, резистивных и диэлектрических пленок.
ОПК-2	Способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат	**Знать** основные законы зарождения и роста тонких пленок, механизмы электропроводности и пробоя тонкопленочных структур; **Уметь** выявлять основные технологические параметры, влияющие на характеристики пленок, и уметь делать количественную оценку этих параметров, используя соответствующий физико-математический аппарат; **Владеть** навыками расчета основных характеристик пленок: структуры, электропроводности и электрической прочности

Согласована на портале № 7335

ПК-2	Способность аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения	**Знать** методику экспериментального исследования металлических, резистивных и диэлектрических пленок **Уметь** аргументировано выбирать нужную методику экспериментального исследования характеристик и свойств тонких пленок, и необходимые для исследований приборы и установки электроники и наноэлектроники **Владеть** методикой работы с приборами и устройствами электроники для проведения необходимых исследований.

2 Реализация компетенций

1 Компетенция ОПК-1

ОПК-1: Способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики.

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 ОПК-1 и используемые средства оценивания

1. Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	**Знать** основные законы механики, молекулярной физики, электродинамики, физики твердого тела, квантовой механики, математического анализа	**Уметь** выбрать законы, необходимые для объяснения изучаемого явления и сделать необходимые вычисления	**Владеть** фактическими навыками анализа на основе знания основных законов естественных наук и математики
Виды занятий	Лекции; Практические занятия; Курсовая работа; Самостоятельная работа	Практические занятия; Курсовая работа; Самостоятельная работа.	Практические занятия; Курсовая работа.

Согласована на портале № 7335

Используемые средства оценивания	Тесты, контрольные работы, индивидуальные задания	Контрольные работы, индивидуальные задания, курсовая работа	Индивидуальные задания, курсовая работа.

2 Компетенция ОПК-2

ОПК-2: Способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат.

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

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции ОПК-2 и используемые средства оценивания

2. Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	**Знать** основные законы и характеристики осаждения и роста тонких пленок, особенности электропроводности металлических диэлектрических пленок. Знать механизмы пробоя МДМ-систем.	**Уметь** выявлять естественнонаучную причину отклонений от законов роста пленок, механизмов электропроводности и пробоя МДМ-систем	**Владеть** технологическими методами влияния на улучшение структуры пленок, их свойств и привлекать для этого соответствующий физико-математический аппарат
Виды занятий	Лекции; Практические занятия; Курсовая работа	Лекции; Практические занятия; Курсовая работа	Практические занятия; Курсовая работа
Используемые средства оценивания	Тесты на лекциях, Опрос на практических занятиях	Контрольные работы, индивидуальные задания, курсовая работа	Индивидуальные задания, курсовая работа

Согласована на портале № 7335

3 Компетенция ПК-2

ПК- 2 - Способность аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения

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-2 и используемые средства оценивания

3. Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	**Знать** принципы работы основных приборов измерения характеристик пленок, применяемых в микро- и наноэлектронике	**Уметь** выбрать эффективную методику измерений и соответствующие приборы и устройства для исследования характеристик тонкопленочных структур	**Владеть** на практике методикой исследования тонкопленочных структур, используя при этом соответствующую аппаратуру
Виды занятий	Лекции; Практические занятия; Индивидуальные задания (ИЗ)	Лекции; Практические занятия; Индивидуальные задания; Курсовая работа	Практические занятия; Индивидуальные задания; Курсовая работа
Используемые средства оценивания	Тесты на лекциях; Опрос на практических занятиях; индивидуальные задания	Контрольные работы; Индивидуальные задания (ИЗ); Курсовая работа	Индивидуальные задания; Курсовая работа

Согласована на портале № 7335

1. Компетенция ОПК-1 - способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики

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	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует методику 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 ОПК-1 приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	**Знает** основные законы роста и формирования структуры пленок, электрофизические свойства пленок, их зависимость от структуры	**Умеет** использовать законы физики и математики для оценки характеристик и свойств тонких пленок	**Владеет** различными методами оценки характеристик тонкопленочных структур

Согласована на портале № 7335

Хорошо (базовый уровень)	**Знает** факты, основные принципы влияния технологии на свойства проводящих, резистивных и диэлектрических пленок	Обладает диапазоном практических умений расчета свойств тонкопленочных структур	**Владеет** способностью завершить работу и сделать выводы на основе основных положений и законов естественных наук и математики
Удовлетворительно (пороговый уровень)	**Знает** взаимосвязь между технологией и свойствами тонких пленок	Обладает основными умениями для оценки характеристик, получаемых тонкопленочных структур	**Владеет** способностью выполнять работу (расчеты) под наблюдением специалиста

2. Компетенция ОПК-2 - Способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат.

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	Работает при прямом наблюдении

Согласована на портале № 7335

		простых задач	

Формулировка показателей и критериев оценивания компетенции ОПК-2 приведена в таблице 8.

Таблица 8 - Характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	**Знает** технологические параметры, влияющие на структуру и свойства тонкопленочных структур (ТПС)	**Умеет** выявлять основные технологические факторы, влияющие на характеристики пленок, провести численную оценку этого влияния	**Владеет** способностью выявлять сущность проблемы, возникшей в ходе исследования ТПС, и сделать предварительную оценку возможного изменения свойств пленок при изменении технологии или характера исследования.
Хорошо (базовый уровень)	**Знает** основные проблемы, возникающие при изготовлении соответствующей ТПС	**Умеет** предвидеть, как изменение каких-либо технологических факторов может повлиять на свойства ТПС.	**Владеет** способностью количественной оценки влияния некоторых технологических факторов на свойства ТПС
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Понимает влияние некоторых технологических факторов на свойства ТПС	Обладает основными умениями для предварительного анализа свойств ТПС	Способен делать простейшие количественные оценки свойств

Согласована на портале № 7335

3. Компетенция ПК-2 - Способность аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения

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

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	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует методику 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-2 приведена в таблице 10.

Таблица 10 – Характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	**Знает** основные методики исследований свойств тонких проводящих, резистивных и	**Умеет** аргументировано выбрать нужную методику	**Владеет** на практике методиками экспериментальных исследований и

Согласована на портале № 7335

	диэлектрических пленок	исследования свойств ТПС	соответствующей измерительной аппаратурой
Хорошо (базовый уровень)	**Знает** факты, принципы экспериментального исследования параметров элементов ТПС	Обладает диапазонами практических умений экспериментального исследования ТПС	**Владеет** способностью самостоятельно решить некоторые проблемы, возникающие в ходе экспериментальных исследований
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями методов экспериментальных исследований ТПС	**Умеет** проводить простые исследования ТПС	**Владеет** способностью проводить исследования некоторых свойств ТПС под наблюдением специалиста

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, доклады и сообщения, практические задания, лабораторные работы, экзамен.

Типовые 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 – Влияние технологических параметров (температура подложки, скорость осаждения и т.п.) на рост и структуру тонких пленок.

Тема контрольной работы № 2 – Свойства тонких проводящих, резистивных и диэлектрических пленок в зависимости от толщины и структуры этих пленок.

3.2. Индивидуальные задания:

Индивидуальное задание № 1 – Расчет необходимых технологических параметров для получения пленок заданного состава и структуры.

Согласована на портале № 7335

Индивидуальное задание № 2 – Расчет вольтамперных характеристик (ВАХ), температурного коэффициента сопротивления (ТПС), электрической прочности МДМ-структур, для проводящих, резистивных, диэлектрических пленок различной толщины.

Полный перечень контрольных работ и индивидуальных заданий представлен в УМП: Смирнова К.И. Тонкие пленки в микроэлектронике. Учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе для студентов направления «Электроника и наноэлектроника» (бакалавриат).-Томск:ТУСУР, 2013.-49 с. - [электронный ресурс] – http://miel.tusur.ru/

3.3.Курсовая работа:

Примерные темы курсовых работ представлены в УМП: Смирнова К.И.Тонкие пленки в микроэлектронике. Учебно-методическое пособие по выполнению курсовой работы для студентов направления «Электроника и наноэлектроника».-Томск:ТУСУР, 2013.-25 с. - [электронный ресурс] – http://miel.tusur.ru/

3.4. Тесты на лекциях и практических занятиях по следующим разделам:

1) Влияние технологических факторов на рост и структуру: а) металлических; б) резистивных; в) диэлектрических пленок.

2) Влияние технологических факторов на свойства: а) электропроводность; б) температурный коэффициент сопротивления; в) электрическую прочность тонких пленок.

3.5. Темы практических занятий:

1) Расчет необходимых температуры подложки и скорости осаждения атомов для конденсации пленок;

2) Расчет необходимой критической концентрации зародышей для начала роста пленок;

3) Расчет давления газа в камере для получения диэлектрических пленок при реактивном испарении или распылении;

4) Расчет: а) электропроводности тонких островковых пленок, б) ВАХ диэлектрических пленок при различных механизмах проводимости: туннельном, эффекте Шоттки и Френкеля, ТОПЗ.

5) Влияние толщины пленок (размерный эффект) на электропроводность, ТКС проводящих и резистивных пленок;

6) Расчет удельного сопротивления и ТКС для пленок-керметов.

3.6. Экзамен

3.6.1. Примеры экзаменационных вопросов

1. Критическая плотность потока пара;

Согласована на портале № 7335

2. Влияние температуры подложки на механизм конденсации: механизмы ПЖК и ПЖ (А), ПК;

3. Критический зародыш, критическое значение концентрации зародышей на подложке;

4. Вывод выражения для концентрации адсорбированных атомов через давление остаточного газа;

5. Температура эпитаксии

6. Влияние толщины пленки на удельное сопротивление;

7. Туннельный эффект в островковых пленках;

8. Резистивные пленки металлов, сплавов, соединений;

9. Композиции на основе металлов и диэлектриков. Керметы;

10. Диэлектрическая проницаемость и $tg\delta$ диэлектрических пленок: зависимость от толщины и частоты;

11. Токи в диэлектриках, ограниченные пространственным зарядом (ТОПЗ);

12. Надбарьерная эмиссия Шоттки в диэлектрических пленках;

13. Электропроводность диэлектрических пленок, обусловленная эффектом Френкеля;

14. Зависимость электрической прочности диэлектрических пленок от толщины;

15. Зависимость электрической прочности МДМ-систем от времени воздействия напряжения.

4 Методические материалы

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

4.1 Основная литература

4.1.1. К.И.Смирнова. Тонкие пленки в микроэлектронике. Учебное пособие. Томск: ТУСУР, 2012.- 110 с. (50 экз.) - [электронный ресурс] – http://miel.tusur.ru/

4.2 Дополнительная литература

4.2.1. Физика тонких пленок. Том 4. Сб. статей под общей редакцией Г. Хасса и Р.Э.Туна, М.: «Мир», 1970. – 440 с. (7 экз.)

4.2.2. Физика тонких пленок. Том 8. Сб. статей под общей редакцией Г. Хасса, М. Франкомба и Р.Гофмана, М.: «Мир», 1978. – 359 с. (5 экз.)

4.2.3. Технология тонких пленок. Справочник. Том 1,2. –М.: Сов. радио, Т.1, 1977.- 664 с. (13 экз.), Т.2, 1977. -768 с. (14 экз.)

Согласована на портале № 7335

4.2.4. Г.А.Воробьев, В.А.Мухачев. Пробой тонких диэлектрических пленок. – М.:«Советское радио», 1977.- 70 с. (36 экз.)

4.2.5. Электропроводность тонких диэлектрических пленок. – Учебное пособие: Ленинградский политехнический институт им. М.И.Калинина, 1981.- 55 с. (4 экз.)

4.2.6. Б.А.Бочкарев, В.А.Бочкарева. Керметные пленки.:«Энергия», Ленинградское отд., 1975.- 152 с. (2 экз.)

4.3 Учебно-методические пособия и программное обеспечение

4.3.1. К.И.Смирнова. Тонкие пленки в микроэлектронике. Учебно-методическое пособие по выполнению курсовой работы для студентов направления подготовки «Нанотехнологии и микросистемная техника» и «Электроника и наноэлектроника».- Томск:ТУСУР, 2013.- 25 с. (30 экз.) - [электронный ресурс] - http://miel.tusur.ru/

4.3.2. К.И.Смирнова. Тонкие пленки в микроэлектронике. Учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе для студентов направления подготовки «Нанотехнологии и микросистемная техника» и «Электроника и наноэлектроника».-Томск:ТУСУР, 2013.- 49 с. (50 экз.) - [электронный ресурс] - http://miel.tusur.ru/

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.

Согласована на портале № 7335