**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

# Технология материалов микро- и наноэлектроники

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника**
Направленность (профиль): **Нанотехнологии в электронике и микросистемной технике**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ФЭ, Кафедра физической электроники**
Курс: **3**
Семестр: **6**
Учебный план набора 2013 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности | 6 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Лекции | 32 | 32 | часов |
| 2 | Практические занятия | 20 | 20 | часов |
| 3 | Всего аудиторных занятий | 52 | 52 | часов |
| 4 | Из них в интерактивной форме | 10 | 10 | часов |
| 5 | Самостоятельная работа | 56 | 56 | часов |
| 6 | Всего (без экзамена) | 108 | 108 | часов |
| 7 | Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 | часов |
| 8 | Общая трудоемкость | 144 | 144 | часов |
| | | 4.0 | 4.0 | З.Е |

Экзамен: 6 семестр

Томск 2016

Согласована на портале № 3747

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 73 от «_8_» _____9_____ 2016 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, утвержденного 2015-03-06 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «_8__» сентября 2016 года, протокол № 73.

Разработчики:

доцент кафедры ФЭ _____ Жигальский А. А.

Заведующий обеспечивающей каф. ФЭ _____ Троян П. Е.

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

Декан ФЭТ _____ Воронин А. И.

Заведующий выпускающей каф. ФЭ _____ Троян П. Е.

Эксперты:

Председатель методической комиссии кафедры ФЭ _____ Чистоедова И. А.

Согласована на портале № 3747

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

формирование знаний в области технологии материалов микро- и наноэлектроники.

### 1.2. Задачи дисциплины

– изучение теоретических основ и общих физико-химических закономерностей протекания технологических процессов;

– изучение основных технологических процессов производства материалов, выпускаемых для микро- и наноэлектроники.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Технология материалов микро- и наноэлектроники» (Б1.В.ОД.8) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Математика, Материаловедение наноструктурированных материалов, Физика, Физика конденсированного состояния, Химия.

Последующими дисциплинами являются: Методы анализа и контроля наностуктурированных материалов и систем, Основы технологии электронной компонентной базы, Процессы микро- и нанотехнологии.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПК-8 готовностью использовать базовые технологические процессы и оборудование, применяемые в производстве материалов, компонентов нано- и микросистемной техники;

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

В результате изучения дисциплины студент должен:

– **знать** – основы явлений тепло- и массопереноса, химической кинетики, процессов затвердевания тел; взаимосвязь условий получения материалов с их механическими, физико-химическими и электрофизическими свойствами; основное оборудование, применяемое в производстве материалов, компонентов нано- и микросистемной техники; основные контролируемые параметры материалов; основные виды контрольно-измерительного оборудования;

– **уметь** – разрабатывать технологические процессы, применяемые в производстве материалов, компонентов нано- и микросистемной техники; измерять основные параметры материалов микро- и наноэлектроники ;

– **владеть** – навыками расчета процессов тепло- и массопереноса, химического равновесия, навыками термодинамического подхода к процессам затвердевания тел; навыками оптимального выбора и использования оборудования для решения технологических задач; методами технологической подготовки образцов для проведения исследований и измерения основных параметров; методами обработки результатов измерений .

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

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

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

| № | Виды учебной деятельности | 6 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Лекции | 32 | 32 | часов |
| 2 | Практические занятия | 20 | 20 | часов |
| 3 | Всего аудиторных занятий | 52 | 52 | часов |
| 4 | Из них в интерактивной форме | 10 | 10 | часов |
| 5 | Самостоятельная работа | 56 | 56 | часов |

Согласована на портале № 3747

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 6 | Всего (без экзамена) | 108 | 108 | часов |
| 7 | Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 | часов |
| 8 | Общая трудоемкость | 144 | 144 | часов |
| | | 4.0 | 4.0 | З.Е |

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

| № | Названия разделов дисциплины | Лекции | Практические занятия | Самостоятельная работа | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Введение, цели и задачи дисциплины | 2 | 0 | 1 | 3 | ПК-8 |
| 2 | Основные процессы в гетерогенных химико-технологических системах | 8 | 8 | 14 | 30 | ПК-8, ПК-9 |
| 3 | Кинетика гетерогенных процессов | 2 | 2 | 5 | 9 | ПК-8, ПК-9 |
| 4 | Процессы измельчения, разделения и очистки веществ | 4 | 4 | 12 | 20 | ПК-8, ПК-9 |
| 5 | Механизмы и кинетика роста кристаллов | 6 | 4 | 12 | 22 | ПК-8, ПК-9 |
| 6 | Физико-химические основы легирования кристаллов | 6 | 2 | 10 | 18 | ПК-8, ПК-9 |
| 7 | Методы получения некристаллических и композиционных материалов | 4 | 0 | 2 | 6 | ПК-8, ПК-9 |
| | Итого | 32 | 20 | 56 | 108 | |

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

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

Таблица 5.2 - Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

| Названия разделов | Содержание разделов дисциплины по лекциям | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 6 семестр | | | |
| 1 Введение, цели и задачи дисциплины | Основные проблемы и задачи курса. Основные определения. Классификация технологических процессов. Общая классификация материалов по составу свойствам и техническому назначению | 2 | ПК-8 |
| | Итого | 2 | |

Согласована на портале № 3747

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2 Основные процессы в гетерогенных химико-технологических системах | Массо- и теплопередача в неподвижной среде. Теплопроводность. Тепловое излучение. Конвекция. Основы кинетики процессов массопередачи. Электроперенос. Перенос вещества в вакууме. Явления на границе раздела фаз. Основы газодинамики. Динамическая и кинематическая вязкость вещества. Динамический, диффузионный и тепловой пограничные слои. | 8 | ПК-8, ПК-9 |
| | Итого | 8 | |
| 3 Кинетика гетерогенных процессов | Классификация химических реакций. Равновесие в химико-технологических процессах. Кинетика химических процессов | 2 | ПК-8, ПК-9 |
| | Итого | 2 | |
| 4 Процессы измельчения, разделения и очистки веществ | Способы измельчения и рассеивания твердых тел. Общая характеристика чистоты вещества. Сорбционные процессы. Сущность ионного обмена. Хроматография. Процессы жидкостной экстракции. Принцип очистки кристаллизацией. Перегонка через газовую фазу. Очистка веществ с помощью химических транспортных реакций. Электрохимические методы разделения и очистки. Другие методы очистки. | 4 | ПК-8, ПК-9 |
| | Итого | 4 | |
| 5 Механизмы и кинетика роста кристаллов | Образование кристаллических зародышей и стеклование. Поверхностная кинетика роста кристаллов. Влияние примесей на процессы роста кристаллов. Получение кристаллов из жидкой, паровой и твердой фаз. Метод вытягивания кристаллов из расплавов. Метод зонной плавки. Выращивание кристаллов из растворов. Получение профильных монокристаллов. Разновидности эпитаксиальных процессов. Эпитаксия кремния | 6 | ПК-8, ПК-9 |
| | Итого | 6 | |
| 6 Физико-химические основы легирования кристаллов | Радиационное легирование. Кристаллизация расплава, содержащего легирующую примесь. Распределение примесей в выращиваемых кристаллах. Коэффициент распределения примеси. Методы получения однородно легированных кристаллов. Расчет распределения примесей при процессах кристаллизации. Методы выравнивания состава кристаллов | 6 | ПК-8, ПК-9 |

Согласована на портале № 3747

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Итого | 6 | |
| 7 Методы получения некристаллических и композиционных материалов | Строение, свойства и виды стекол. Получение силикатных стекол. Получение стеклокристаллических материалов. Ситаллы. Строение и состав керамических материалов. Закономерности процесса формования заготовок керамических изделий. Полимерные композиции | 4 | ПК-8, ПК-9 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 32 | |

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

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

Таблица 5.3 - Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

| № | Наименование дисциплин | № разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Предшествующие дисциплины | | | | | | | | |
| 1 | Математика | + | + | + | + | + | + | + |
| 2 | Материаловедение наноструктурированных материалов | + | + | + | + | + | + | + |
| 3 | Физика | + | + | + | + | + | + | + |
| 4 | Физика конденсированного состояния | + | + | + | + | + | + | + |
| 5 | Химия | | + | + | + | + | + | + |
| Последующие дисциплины | | | | | | | | |
| 1 | Методы анализа и контроля наностуктурированных материалов и систем | + | + | + | + | + | + | + |
| 2 | Основы технологии электронной компонентной базы | + | + | + | + | + | + | + |
| 3 | Процессы микро- и нанотехнологии | + | + | + | + | + | + | + |

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

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

Таблица 5. 4 – Соответствие компетенций и видов занятий, формируемых при изучении дисциплины

| | Виды занятий | Формы контроля |
|---|---|---|

Согласована на портале № 3747

| Компетенции | Лекции | Практические занятия | Самостоятельная работа | |
|---|---|---|---|---|
| ПК-8 | + | + | + | Контрольная работа, Отчет по индивидуальному заданию, Экзамен, Опрос на занятиях |
| ПК-9 | + | + | + | Контрольная работа, Отчет по индивидуальному заданию, Экзамен, Опрос на занятиях |

## 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

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

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

| Методы | Интерактивные практические занятия | Интерактивные лекции | Всего |
|---|---|---|---|
| Работа в команде | 6 | | 6 |
| Решение ситуационных задач | | 4 | 4 |
| Итого | 6 | 4 | 10 |

## 7. Лабораторный практикум

Не предусмотрено РУП

## 8. Практические занятия

Содержание практических работ приведено в таблице 8.1.

Таблица 8. 1 – Содержание практических работ

| Названия разделов | Содержание практических занятий | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 6 семестр | | | |
| 2 Основные процессы в гетерогенных химико-технологических системах | Расчет коэффициентов динамической, кинематической вязкости и взаимодиффузии | 4 | ПК-8, ПК-9 |
| | Газодинамика в трубчатом реакторе | 2 | |
| | Динамический, диффузионный и тепловой пограничные слои | 2 | |
| | Итого | 8 | |
| 3 Кинетика гетерогенных процессов | Кинетика гетерогенных процессов Сорбционные процессы | 2 | ПК-8, ПК-9 |
| | Итого | 2 | |
| 4 Процессы измельчения, | Перегонка через газовую фазу | 2 | ПК-8, ПК- |

Согласована на портале № 3747

| | | | |
|---|---|---|---|
| разделения и очистки веществ | Жидкостная экстракция | 2 | 9 |
| | Итого | 4 | |
| 5 Механизмы и кинетика роста кристаллов | Фазовые равновесия в расплавах | 2 | ПК-8, ПК-9 |
| | Эпитаксиальные процессы | 2 | |
| | Итого | 4 | |
| 6 Физико-химические основы легирования кристаллов | Распределение примесей в выращиваемых кристаллах | 2 | ПК-8, ПК-9 |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 20 | |

## 9. Самостоятельная работа

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

Таблица 9.1 - Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость ч | Формируемые компетенции | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|
| 6 семестр | | | | |
| 1 Введение, цели и задачи дисциплины | Проработка лекционного материала | 1 | ПК-8 | Опрос на занятиях |
| | Итого | 1 | | |
| 2 Основные процессы в гетерогенных химико-технологических системах | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ПК-8, ПК-9 | Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию, Экзамен |
| | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | | |
| | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | | |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Выполнение индивидуальных заданий | 4 | | |
| | Подготовка к контрольным работам | 2 | | |
| | Итого | 14 | | |
| 3 Кинетика гетерогенных процессов | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ПК-8, ПК-9 | Контрольная работа, Экзамен, Опрос на занятиях |
| | Проработка лекционного материала | 1 | | |
| | Подготовка к контрольным работам | 2 | | |

Согласована на портале № 3747

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Итого | 5 | | |
| 4 Процессы измельчения, разделения и очистки веществ | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ПК-8, ПК-9 | Отчет по индивидуальному заданию, Контрольная работа, Экзамен, Опрос на занятиях |
| | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | | |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Выполнение индивидуальных заданий | 4 | | |
| | Подготовка к контрольным работам | 2 | | |
| | Итого | 12 | | |
| 5 Механизмы и кинетика роста кристаллов | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ПК-8, ПК-9 | Отчет по индивидуальному заданию, Контрольная работа, Экзамен, Опрос на занятиях |
| | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | | |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Выполнение индивидуальных заданий | 4 | | |
| | Подготовка к контрольным работам | 2 | | |
| | Итого | 12 | | |
| 6 Физико-химические основы легирования кристаллов | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ПК-8, ПК-9 | Отчет по индивидуальному заданию, Контрольная работа, Экзамен, Опрос на занятиях |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Выполнение индивидуальных заданий | 4 | | |
| | Подготовка к контрольным работам | 2 | | |
| | Итого | 10 | | |
| 7 Методы получения некристаллических и композиционных материалов | Проработка лекционного материала | 1 | ПК-8, ПК-9 | Опрос на занятиях, Контрольная работа, Экзамен |
| | Подготовка к контрольным работам | 1 | | |
| | Итого | 2 | | |
| Итого за семестр | | 56 | | |
| | Подготовка к экзамену | 36 | | Экзамен |
| Итого | | 92 | | |

Согласована на портале № 3747

## 10. Курсовая работа

Не предусмотрено РУП

## 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

### 11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Бальные 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 |
|---|---|---|---|---|
| 6 семестр | | | | |
| Контрольная работа | 15 | 15 | 15 | 45 |
| Опрос на занятиях | 3 | 3 | 4 | 10 |
| Отчет по индивидуальному заданию | | | 15 | 15 |
| Экзамен | | | | 30 |
| Нарастающим итогом | 18 | 36 | 70 | 100 |

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

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

Таблица 11. 2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

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

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

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

Таблица 11. 3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

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

Согласована на портале № 3747

## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 12.1. Основная литература

1. Жигальский А. А. Технология материалов электронной техники: Учебное пособие. – Томск: ТУСУР, 2012. – 152 с. [Электронный ресурс]. - http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=232

### 12.2. Дополнительная литература

1. Технология полупроводниковых и диэлектрических материалов: Учебник для вузов / Ю. М. Таиров, В. Ф. Цветков. – 3-е изд., стереотип. – СПб.: Лань, 2002. – 424 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 212 экз.)

### 12.3. Учебно-методическое пособие и программное обеспечение

1. Жигальский А. А. Технология материалов электронной техники: Учебно-методическое пособие по практической и самостоятельной работе. – Томск: ТУСУР, 2012. – 50 с. [Электронный ресурс]. - http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=232

### 12.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. Образовательный портал в свободном доступе: «Физика, химия, математика студентам и школьникам. Образовательный проект А.Н. Варгина» – Режим доступа: http://www.ph4s.ru/
2. «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]: информационная система. – Режим доступа: http://window.edu.ru/
3. eLIBRARY.RU» [Электронный ресурс]: научная электронная библиотека. – Режим доступа: http://elibrary.ru
4. Научно-образовательный портал ТУСУР» [Электронный ресурс]: научно-образовательный портал университета. – Режим доступа: http://edu.tusur.ru/

## 13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для реализации программы учебной дисциплины требуется аудитория, оснащенная мультимедийным проектором.

## 14. Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств приведен в приложении 1.

## 15. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Без рекомендаций.

Согласована на портале № 3747

**Приложение 1**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

# Технология материалов микро- и наноэлектроники

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника**
Направленность (профиль): **Нанотехнологии в электронике и микросистемной технике**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ФЭ, Кафедра физической электроники**
Курс: **3**
Семестр: **6**

Учебный план набора 2013 года

Разработчики:

- доцент кафедра ФЭ Жигальский А. А.

Экзамен: 6 семестр

Томск 2016

Согласована на портале № 3747

## 1. Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины (практики) 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 (практике) используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной (практикой) компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

| Код | Формулировка компетенции | Этапы формирования компетенций |
|---|---|---|
| ПК-8 | готовностью использовать базовые технологические процессы и оборудование, применяемые в производстве материалов, компонентов нано- и микросистемной техники | Должен знать основы явлений тепло- и массопереноса, химической кинетики, процессов затвердевания тел; взаимосвязь условий получения материалов с их механическими, физико-химическими и электрофизическими свойствами; основное оборудование, применяемое в производстве материалов, компонентов нано- и микросистемной техники.<br>Должен уметь разрабатывать технологические процессы, применяемые в производстве материалов, компонентов нано- и микросистемной техники.<br>Должен владеть навыками расчета процессов тепло- и массопереноса, химического равновесия, навыками термодинамического подхода к процессам затвердевания тел; навыками оптимального выбора и использования оборудования для решения технологических задач.<br>Должен знать основные контролируемые параметры материалов; основные виды контрольно-измерительного оборудования.<br>Должен уметь измерять основные параметры материалов микро- и наноэлектроники.<br>Должен владеть методами технологической подготовки образцов для проведения исследований и измерения основных параметров; методами обработки результатов измерений. |
| ПК-9 | готовностью 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 компетенций на всех этапах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций 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 |

Согласована на портале № 3747

| | | | |
|---|---|---|---|
| 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 |

## 2 Реализация компетенций

### 2.1 Компетенция ПК-8

ПК-8: готовностью 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 3.

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Содержание этапов | основы явлений тепло- и массопереноса, химической кинетики, процессов затвердевания тел; взаимосвязь условий получения материалов с их механическими, физико-химическими и электрофизическими свойствами; основное оборудование, применяемое в производстве материалов, компонентов нано- и микросистемной техники | разрабатывать технологические процессы, применяемые в производстве материалов, компонентов нано- и микросистемной техники | навыками расчета процессов тепло- и массопереноса, химического равновесия, навыками термодинамического подхода к процессам затвердевания тел; навыками оптимального выбора и использования оборудования для решения технологических задач; |
| Виды занятий | • Интерактивные лекции;<br>• Практические занятия;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа;<br>• Подготовка к экзамену; | • Интерактивные практические занятия;<br>• Практические занятия;<br>• Самостоятельная работа;<br>• Подготовка к экзамену; | • Интерактивные практические занятия;<br>• Самостоятельная работа; |
| Используемые средства оценивания | • Контрольная работа;<br>• Отчет по индивидуальному заданию;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Экзамен; | • Контрольная работа;<br>• Отчет по индивидуальному заданию;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Экзамен; | • Отчет по индивидуальному заданию;<br>• Экзамен; |

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

Согласована на портале № 3747

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Отлично (высокий уровень) | - основы явлений тепло- и массопереноса, химической кинетики, процессов затвердевания тел;<br>- взаимосвязь условий получения материалов с их механическими, физико-химическими и электрофизическими свойствами;<br>- современное оборудование, применяемое в производстве материалов, компонентов нано- и микросистемной техники | • разрабатывать технологические процессы, применяемые в производстве материалов, компонентов нано- и микросистемной техники<br>• разрабатывать и планировать технологические процессы разделения, очистки и кристаллизации веществ;аргументирует выбор условий получения материалов | • навыками расчета процессов тепло- и массопереноса, химического равновесия, термодинамического подхода к процессам затвердевания тел; оптимального выбора и использования оборудования для решения технологических задач;<br>• методикой выбора условий и оборудования для решения задач по технологической подготовки производства материалов; |
| Хорошо (базовый уровень) | • основы технологии производства материалов микро- и наноэлектроники ;<br>• взаимосвязь условий получения материалов с их механическими, физико-химическими и электрофизическими свойствами;<br>• основное оборудование, применяемое в производстве материалов, компонентов нано- и микросистемной техники | • разрабатывать технологические процессы, применяемые в производстве материалов, компонентов нано- и микросистемной техники; | • способен обосновать выбор условий и оборудования для решения задач по технологической подготовки производства материалов; |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | • имеет представление об основных явлениях тепло- и массопереноса, химической кинетики, процессах затвердевания тел;<br>• имеет представление об основном оборудовании, которое применяется в производстве материалов и компонентов нано- и микросистемной техники | • работать со справочной литературой;<br>• выбирать технологические процессы оборудование, применяемые в производстве материалов, компонентов нано- и микросистемной техники; | • терминологией в предметной области знания;<br>• навыками выбора оборудования для решения задач по технологической подготовки производства материалов; |

**2.2 Компетенция ПК-9**

ПК-9: готовностью использовать базовое контрольно-измерительное оборудование для метрологического обеспечения исследований и промышленного производства материалов и компонен-

Согласована на портале № 3747

тов 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 5.

Таблица 5 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Содержание этапов | основные контролируемые параметры материалов;<br>основные виды контрольно-измерительного оборудования | измерять основные параметры материалов микро- и наноэлектроники | методами технологической подготовки образцов для проведения исследований и измерения основных параметров;<br>методами обработки результатов измерений |
| Виды занятий | • Интерактивные практические занятия;<br>• Интерактивные лекции;<br>• Практические занятия;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа;<br>• Подготовка к экзамену; | • Интерактивные практические занятия;<br>• Практические занятия;<br>• Самостоятельная работа;<br>• Подготовка к экзамену; | • Интерактивные практические занятия;<br>• Самостоятельная работа; |
| Используемые средства оценивания | • Контрольная работа;<br>• Отчет по индивидуальному заданию;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Экзамен; | • Контрольная работа;<br>• Отчет по индивидуальному заданию;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Экзамен | • Отчет по индивидуальному заданию;<br>• Экзамен; |

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Отлично (высокий уровень) | основные контролируемые параметры материалов и компонентов нано- и микросистемной техники;<br>основные виды контрольно-измерительного оборудования | измерять основные параметры материалов микро- и наноэлектроники;<br>выбирать контрольно-измерительное оборудование для проведения исследований | методами технологической подготовки образцов для проведения исследований и измерения основных параметров;<br>методами обработки результатов измерений |
| Хорошо (базовый уровень) | основные контролируемые параметры материалов микро- и наноэлектроники;<br>основные виды контрольно-измерительного оборудования | измерять основные параметры материалов микро- и наноэлектроники | методами технологической подготовки образцов для проведения исследований и измерения основных параметров;<br>методами обработки результатов измерений |
| Удовлетворительно (пороговый | имеет представление об основных контролируе- | измерять основные параметры материалов ми- | методами обработки результатов измерений |

Согласована на портале № 3747

| | | | |
|---|---|---|---|
| уровень) | мых параметрах материалов микро- и наноэлектроники;<br>имеет представление об основных видах контрольно-измерительного оборудования | кро- и наноэлектроники | |

## 3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в следующем составе.

### 3.1 Темы индивидуальных заданий

– **3.1 Темы индивидуальных заданий**

**1. Расчет нагрева полупроводниковых материалов**

Исходные данные:

- Материал изделия и параметры тепловой системы указаны в таблице. Для «массивного» тела тепловоспринимающей является цилиндрическая поверхность. Для «тонкого» тела тепловоспринимающей является плоская поверхность.

Вопросы, подлежащие разработке:

– а) анализ тепловой системы;

– б) последовательный расчет нагрева тела с учетом температурных зависимостей коэффициента теплопроводности (λ) и теплоемкости ($C$);

– в) графическое представление результатов расчета (для «массивного» тела рассчитывается нагрев поверхности, нагрев вдоль оси цилиндрического тела и разность $T_ц$ и $T_П$).

**2. Расчет гидродинамических параметров**

– Рассчитать толщину динамического, диффузионного и теплового пограничных слоев, возникающих у поверхности подложки в процессе ее травления в парогазовой смеси, содержащей молярную долю $x$ компонента $B$ в веществе $A$. Температура процесса $T$. Скорость движения парогазовой смеси при температуре процесса $u_\infty$. Рассчитываются внешние гидродинамическая и диффузионная задачи. (Построить на одном графике зависимости толщин динамического, диффузионного и теплового пограничных слоев в интервале от 0 до 3 м).

**3. Расчет равновесной концентрации**

– Рассчитать равновесную концентрацию вещества $C$ в системе $A+B \leftrightarrow C+D$ при известной константе равновесия $K_p$.

### 3.2 Темы опросов на занятиях

– Основные проблемы и задачи курса. Основные определения. Классификация технологических процессов. Общая классификация материалов по составу свойствам и техническому назначению

– Массо- и теплопередача в неподвижной среде. Теплопроводность. Тепловое излучение. Конвекция. Основы кинетики процессов массопередачи. Электроперенос. Перенос вещества в вакууме. Явления на границе раздела фаз. Основы газодинамики. Динамическая и кинематическая вязкость вещества. Динамический, диффузионный и тепловой пограничные слои.

– Классификация химических реакций. Равновесие в химико-технологических процессах. Кинетика химических процессов

– Способы измельчения и рассеивания твердых тел. Общая характеристика чистоты вещества. Сорбционные процессы. Сущность ионного обмена. Хроматография. Процессы жидкостной экстракции. Принцип очистки кристаллизацией. Перегонка через газовую фазу. Очистка веществ с помощью химических транспортных реакций. Электрохимические методы разделения и очистки. Другие методы

– Образование кристаллических зародышей и стеклование. Поверхностная кинетика роста

Согласована на портале № 3747

кристаллов. Влияние примесей на процессы роста кристаллов. Получение кристаллов из жидкой, паровой и твердой фаз. Метод вытягивания кристаллов из расплавов. Метод зонной плавки. Выращивание кристаллов из растворов. Получение профильных монокристаллов. Разновидности эпитаксиальных процессов. Эпитаксия кремния

– Радиационное легирование. Кристаллизация расплава, содержащего легирующую примесь. Распределение примесей в выращиваемых кристаллах. Коэффициент распределения примеси. Методы получения однородно легированных кристаллов. Расчет распределения примесей при процессах кристаллизации. Методы выравнивания состава кристаллов

– Строение, свойства и виды стекол. Получение силикатных стекол. Получение стеклокристаллических материалов. Ситаллы. Строение и состав керамических материалов. Закономерности процесса формования заготовок керамических изделий. Полимерные композиции

### 3.3 Экзаменационные вопросы

– 1. Процессы теплопередачи. Расчет нагрева тел. 2. Основы кинетики процессов массопередачи (диффузия) 3. Основные законы газодинамики. Ламинарный и турбулентный режимы. 4. Явления переноса в газах. Динамическая и кинематическая вязкость, взаимодиффузия, теплопроводность. 5. Динамический, диффузионный и тепловой пограничные слои. 6. Классификация химических реакций 7. Равновесие в химико-технологических процессах 8. Способы измельчения и рассеивания твердых тел 9. Сорбционные процессы. Адсорбция Ленгмюра. 10. Хроматография. Типы хроматографических процессов. 11. Процессы жидкостной экстракции 12. Принцип очистки кристаллизацией. Равновесный и эффективный коэффициент распределения. 13. Перегонка через газовую фазу. 14. Очистка веществ с помощью химических транспортных реакций. 15. Образование кристаллических зародышей и стеклование. 16. Гомогенное и гетерогенное зарождение центров новой фазы. 17. Общие закономерности роста кристаллов. Послойный и нормальный рост кристаллов. 18. Получение кристаллов из твердой фазы. 19. Метод вытягивания кристаллов из расплавов. 20. Метод зонной плавки. 21. Выращивание кристаллов из газовой фазы. 22. Получение профильных монокристаллов. 23. Эпитаксиальные процессы. Эпитаксия кремния. 24. Распределение примеси в выращиваемых кристаллах. 25. Факторы, влияющие на неоднородность распределения примеси в кристаллах 26. Методы получения однородно легированных кристаллов 27. Строение и свойства стекол. 28. Получение стеклокристаллических материалов (ситаллы). 29. Строение и состав керамических материалов. 30. Закономерности процесса формования заготовок керамических изделий.

### 3.4 Темы контрольных работ

– 1. Основные процессы в гетерогенных химико-технологических системах 2. Процессы разделения веществ, кинетика роста кристаллов 3. Получение и свойства диэлектрических материалов

## 4 Методические материалы

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

– методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

### 4.1. Основная литература

1. Жигальский А. А. Технология материалов электронной техники: Учебное пособие. – Томск: ТУСУР, 2012. – 152 с. [Электронный ресурс]. - http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=232

### 4.2. Дополнительная литература

1. Технология полупроводниковых и диэлектрических материалов: Учебник для вузов / Ю. М. Таиров, В. Ф. Цветков. – 3-е изд., стереотип. – СПб.: Лань, 2002. – 424 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 212 экз.)

Согласована на портале № 3747

### 4.3. Учебно-методическое пособие и программное обеспечение

1. Жигальский А. А. Технология материалов электронной техники: Учебно-методическое пособие по практической и самостоятельной работе. – Томск: ТУСУР, 2012. – 50 с. [Электронный ресурс]. - http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=232

### 4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. Образовательный портал в свободном доступе: «Физика, химия, математика студентам и школьникам. Образовательный проект А.Н. Варгина» – Режим доступа: http://www.ph4s.ru/
2. «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]: информационная система. – Режим доступа: http://window.edu.ru/
3. «eLIBRARY.RU» [Электронный ресурс]: научная электронная библиотека. – Режим доступа: http://elibrary.ru
4. Научно-образовательный портал ТУСУР» [Электронный ресурс]: научно-образовательный портал университета. – Режим доступа: http://edu.tusur.ru/

Согласована на портале № 3747