**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# Технология материалов микро- и наноэлектроники

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль) / специализация: **Микроэлектроника и твердотельная электроника**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ФЭ, Кафедра физической электроники**
Курс: **3**
Семестр: **5**
Учебный план набора 2018 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности | 5 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Лекции | 36 | 36 | часов |
| 2 | Практические занятия | 18 | 18 | часов |
| 3 | Всего аудиторных занятий | 54 | 54 | часов |
| 4 | Из них в интерактивной форме | 18 | 18 | часов |
| 5 | Самостоятельная работа | 54 | 54 | 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: 5 семестр

Томск 2018

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шелупанов А.А.
Должность: Ректор
Дата подписания: 20.12.2017
Уникальный программный ключ:
c53e145e-8b20-45aa-9347-a5e4dbb90e8d

Согласована на портале № 35910

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 91 от «19» 4 2018 г.

# ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

Разработчик:

Доцент каф. ФЭ _____ А. А. Жигальский

Заведующий обеспечивающей каф. ФЭ _____ П. Е. Троян

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан ФЭТ _____ А. И. Воронин

Заведующий выпускающей каф. ФЭ _____ П. Е. Троян

Эксперты:

Доцент кафедры физической электроники (ФЭ) _____ И. А. Чистоедова

Профессор кафедры физической электроники (ФЭ) _____ Т. И. Данилина

Согласована на портале № 35910

## 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 технологически 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.5) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Математика, Материалы электронной техники, Физика, Физика конденсированного состояния, Химия.

Последующими дисциплинами являются: Методы анализа и контроля наноструктурированных 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:

– ОПК-2 способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;

– ПК-8 способностью выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники;

– ПК-9 готовностью организовывать метрологическое обеспечение производства материалов и изделий электронной техники;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** - знать естественнонаучную сущность проблем, лежащих в основе фундаментальных явлений тепло- и массопереноса, химической кинетики, процессов затвердевания тел; - физико-математический аппарат, описывающий явления тепло- и массопереноса, химической кинетики. - основы производства материалов и изделий электронной техники, основы процессов разделения и очистки веществ, взаимосвязь условий получения материалов с их механическими, физико-химическими и электрофизическими свойствами;

– **уметь** - уметь использовать физико-математический аппарат для расчета процессов тепло- и массопереноса, химического равновесия, термодинамического подхода к процессам затвердевания тел; - выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники, разрабатывать и планировать технологические процессы разделения, очистки и кристаллизации веществ;

– **владеть** - владеть навыками расчета технологических процессов и характеристик материалов микро- и наноэлектроники; - методикой выбора условий и оборудования для решения задач по технологической подготовки производства материалов.

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

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

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры |
|---|---|---|
| | | 5 семестр |
| Аудиторные занятия (всего) | 54 | 54 |
| Лекции | 36 | 36 |

Согласована на портале № 35910

| | | |
|---|---|---|
| Практические занятия | 18 | 18 |
| Из них в интерактивной форме | 18 | 18 |
| Самостоятельная работа (всего) | 54 | 54 |
| Подготовка к контрольным работам | 12 | 12 |
| Выполнение индивидуальных заданий | 12 | 12 |
| Проработка лекционного материала | 10 | 10 |
| Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 20 | 20 |
| Всего (без экзамена) | 108 | 108 |
| Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 |
| Общая трудоемкость, ч | 144 | 144 |
| Зачетные Единицы | 4.0 | 4.0 |

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

| Названия разделов дисциплины | Лек., ч | Прак. зан., ч | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|
| 5 семестр | | | | | |
| 1 Введение, цели и задачи дисциплины | 2 | 0 | 2 | 4 | ОПК-2, ПК-8, ПК-9 |
| 2 Основные процессы в гетерогенных химико-технологических системах | 8 | 6 | 22 | 36 | ОПК-2, ПК-8, ПК-9 |
| 3 Кинетика гетерогенных процессов | 2 | 2 | 5 | 9 | ОПК-2, ПК-8, ПК-9 |
| 4 Процессы измельчения, разделения и очистки веществ | 6 | 4 | 9 | 19 | ОПК-2, ПК-8, ПК-9 |
| 5 Механизмы и кинетика роста кристаллов | 6 | 4 | 5 | 15 | ОПК-2, ПК-8, ПК-9 |
| 6 Физико-химические основы легирования кристаллов | 8 | 2 | 5 | 15 | ОПК-2, ПК-8, ПК-9 |
| 7 Методы получения некристаллических и композиционных материалов | 4 | 0 | 6 | 10 | ОПК-2, ПК-8, ПК-9 |
| Итого за семестр | 36 | 18 | 54 | 108 | |
| Итого | 36 | 18 | 54 | 108 | |

Согласована на портале № 35910

**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 |
|---|---|---|---|
| 5 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 | ОПК-2, ПК-8 |
| | Итого | 2 | |
| 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 | ОПК-2, ПК-8, ПК-9 |
| | Итого | 8 | |
| 3 Кинетика гетерогенных процессов | Классификация химических реакций. Равновесие в химико-технологических процессах. Кинетика химических процессов | 2 | ОПК-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 | 6 | ОПК-2, ПК-8, ПК-9 |
| | Итого | 6 | |
| 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 | ОПК-2, ПК-8, ПК-9 |
| | Итого | 6 | |
| 6 Физико-химические основы легирования кристаллов | Радиационное легирование. Кристаллизация расплава, содержащего легирующую примесь. Распределение примесей в выращиваемых кристал- | 8 | ОПК-2, ПК-8, ПК-9 |

Согласована на портале № 35910

| | | | |
|---|---|---|---|
| | лах. Коэффициент распределения примеси. Методы получения однородно легированных кристаллов. Расчет распределения примесей при процессах кристаллизации. Методы выравнивания состава кристаллов | | |
| | Итого | 8 | |
| 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 | ОПК-2, ПК-8, ПК-9 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 36 | |

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

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

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

| Наименование дисциплин | № разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Предшествующие дисциплины | | | | | | | |
| 1 Математика | + | + | + | + | + | + | + |
| 2 Материалы электронной техники | + | + | + | + | + | + | + |
| 3 Физика | + | + | + | + | + | + | + |
| 4 Физика конденсированного состояния | + | + | + | + | + | + | + |
| 5 Химия | + | + | + | + | + | + | + |
| Последующие дисциплины | | | | | | | |
| 1 Методы анализа и контроля наноструктурированнных 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, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

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

Согласована на портале № 35910

| Компетенции | Лек. | Прак. зан. | Сам. раб. | |
|---|---|---|---|---|
| ОПК-2 | + | + | + | Контрольная работа, Отчет по индивидуальному заданию, Опрос на занятиях, Тест, Отчет по практическому занятию |
| ПК-8 | + | + | + | Контрольная работа, Отчет по индивидуальному заданию, Опрос на занятиях, Тест, Отчет по практическому занятию |
| ПК-9 | + | + | + | Контрольная работа, Отчет по индивидуальному заданию, Опрос на занятиях, Тест, Отчет по практическому занятию |

## 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

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

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий

| Методы | Интерактивные практические занятия, ч | Интерактивные лекции, ч | Всего, ч |
|---|---|---|---|
| 5 семестр | | | |
| Работа в команде | 6 | | 6 |
| Решение ситуационных задач | | 6 | 6 |
| Презентации с использованием интерактивной доски с обсуждением | | 6 | 6 |
| Итого за семестр: | 6 | 12 | 18 |
| Итого | 6 | 12 | 18 |

## 7. Лабораторные работы

Не предусмотрено РУП.

## 8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов | Наименование практических занятий (семинаров) | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 5 семестр | | | |
| 2 Основные процессы в гетерогенных химико-технологических системах | Расчет коэффициентов динамической, кинематической вязкости и взаимодиффузии. Газодинамика в трубчатом реакторе. Динамический, диффузионный и тепловой пограничные слои. | 6 | ОПК-2, ПК-8, ПК-9 |
| | Итого | 6 | |

Согласована на портале № 35910

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3 Кинетика гетерогенных процессов | Кинетика гетерогенных процессов. Сорбционные процессы | 2 | ОПК-2, ПК-8, ПК-9 |
| | Итого | 2 | |
| 4 Процессы измельчения, разделения и очистки веществ | Перегонка через газовую фазу. Жидкостная экстракция | 4 | ОПК-2, ПК-8, ПК-9 |
| | Итого | 4 | |
| 5 Механизмы и кинетика роста кристаллов | Фазовые равновесия в расплавах. Эпитаксиальные процессы | 4 | ОПК-2, ПК-8, ПК-9 |
| | Итого | 4 | |
| 6 Физико-химические основы легирования кристаллов | Распределение примесей в выращиваемых кристаллах | 2 | ОПК-2, ПК-8, ПК-9 |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 18 | |

## 9. Самостоятельная работа

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

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|
| 5 семестр | | | | |
| 1 Введение, цели и задачи дисциплины | Проработка лекционного материала | 2 | ОПК-2, ПК-8, ПК-9 | Опрос на занятиях, Тест |
| | Итого | 2 | | |
| 2 Основные процессы в гетерогенных химико-технологических системах | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | ОПК-2, ПК-8, ПК-9 | Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по практическому занятию, Тест |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Выполнение индивидуальных заданий | 12 | | |
| | Подготовка к контрольным работам | 4 | | |
| | Итого | 22 | | |
| 3 Кинетика гетерогенных процессов | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | ОПК-2, ПК-8, ПК-9 | Контрольная работа, Опрос на занятиях, Тест |
| | Проработка лекционного материала | 1 | | |
| | Итого | 5 | | |
| 4 Процессы измельчения, разделения | Подготовка к практическим занятиям, семина- | 4 | ОПК-2, ПК-8, | Контрольная работа, Опрос на занятиях, От- |

Согласована на портале № 35910

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| и очистки веществ | рам | | ПК-9 | чет по практическому занятию, Тест |
| | Проработка лекционного материала | 1 | | |
| | Подготовка к контрольным работам | 4 | | |
| | Итого | 9 | | |
| 5 Механизмы и кинетика роста кристаллов | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | ОПК-2, ПК-8, ПК-9 | Опрос на занятиях, Отчет по практическому занятию, Тест |
| | Проработка лекционного материала | 1 | | |
| | Итого | 5 | | |
| 6 Физико-химические основы легирования кристаллов | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | ОПК-2, ПК-8, ПК-9 | Опрос на занятиях, Отчет по практическому занятию, Тест |
| | Проработка лекционного материала | 1 | | |
| | Итого | 5 | | |
| 7 Методы получения некристаллических и композиционных материалов | Проработка лекционного материала | 2 | ОПК-2, ПК-8, ПК-9 | Контрольная работа, Опрос на занятиях, Тест |
| | Подготовка к контрольным работам | 4 | | |
| | Итого | 6 | | |
| Итого за семестр | | 54 | | |
| | Подготовка и сдача экзамена | 36 | | Экзамен |
| Итого | | 90 | | |

## 10. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено РУП.

## 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

### 11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

| Элементы учебной деятельности | Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра | Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ | Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра | Всего за семестр |
|---|---|---|---|---|
| 5 семестр | | | | |
| Контрольная работа | 15 | 15 | 10 | 40 |
| Опрос на занятиях | 3 | 3 | 4 | 10 |
| Отчет по индивидуальному заданию | | 10 | | 10 |
| Отчет по практическому занятию | 3 | 3 | 4 | 10 |
| Итого максимум за пери- | 21 | 31 | 18 | 70 |

Согласована на портале № 35910

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| од | | | | |
| Экзамен | | | | 30 |
| Нарастающим итогом | 21 | 52 | 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) |

## 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]. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://miel.tusur.ru/images/files/Uchebno-metodicheskii_kompleks%20disciplin/Jigalsky/TMET_lec.pdf (дата обращения: 30.06.2018).

### 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-методические пособия

#### 12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Жигальский А. А. Технология материалов электронной техники: Учебно-методическое пособие по практической и самостоятельной работе. – Томск: ТУСУР, 2012. – 50 с. [Электронный ресурс] [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://miel.tusur.ru/images/files/Uchebno-metodicheskii_kompleks%20disciplin/Jigalsky/TMET_pract.pdf (дата обращения: 30.06.2018).

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

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся

Согласована на портале № 35910

из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

**Для лиц с нарушениями зрения:**

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

**Для лиц с нарушениями слуха:**

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

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

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

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

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

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

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

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

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

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

Учебная аудитория

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

634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 133 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение не требуется.

#### 13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

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

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

Согласована на портале № 35910

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

Перечень программного обеспечения:
- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

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

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

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

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

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

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

### 14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

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

#### 14.1.1. Тестовые задания

1. Число Рейнольдса учитывают при расчете:

а) конвективного теплообмена;
б) диффузионных процессов;
в) лимитирующей стадии технологического процесса;
г) газодинамики реактора.

2. Коэффициент взаимодиффузии учитывается при расчете:

а) скорости потока газа;
б) толщины динамического пограничного слоя;
в) толщины диффузионного пограничного слоя;
г) числа Рейнольдса.

3. В критерий Фурье F0 при тепловых расчетах не входит параметр:

а) время;

Согласована на портале № 35910

б) плотность материала;
в) геометрический фактор;
г) температуропроводность

4. Самой медленной стадией технологического процесса является химическое взаимодействие. В какой области идет процесс?

а) в диффузионной области;
б) в смешанной области;
в) в кинетической области;
г) определить невозможно.

5. Использование ионитов предполагает:

а) хим. взаимодействие в растворе; б) выпадение ионов в осадок;
в) обмен ионами; г) соединение ионов в молекулу.

6. В процессе жидкостной экстракции (3 компонента) происходит:

а) выпадение в осадок одного из компонентов; б) перераспределение одного компонента;
в) полное смешение компонентов; г) полное расслоение всех компонентов.

7. Коэффициент распределения К0 в процессах кристаллизации определяется как:

а) Сж/Ств; б) Ств/Сж; в) Ств -Сж; г) (Ств-1)/Сж.

8. Теплота адсорбции зависит от:

а) температуры; б) количества адсорбированного вещества;
в) вида адсорбции; г) давления и температуры адсорбции.

9. Фаза рафината в процессе жидкостной экстракции характеризуется:

а) низким содержание 3-го компонента; б) наличием экстрагента;
в) высоким содержание 3-го компонента; г) отсутствием 3-го компонента.

10. Закон Дальтона позволяет определить:

а) состав жидкой смеси; б) состав пара;
в) температуру пара; г) температуру жидкой смемси.

11. Фронтальный метод проведения хроматографии предполагает:

а) использование проявителя; б) использование вытеснителя;
в) отсутствие дополнительных веществ; г) использование жидкого поглотителя.

12. Химические транспортные реакции бывают вида:

а) образования летучих соединений и последующего диспропорционирования;
б) образования соединений повышенной валентности и термической диссоциации;

Согласована на портале № 35910

в) диссоциации летучих соединений и последующего диспропорционирования;
г)образования соединений пониженной валентности и последующего диспропорционирования;

13. Если линии солидуса и ликвидуса на диаграмме состояния двухкомпонентной системы направлены вниз, тогда:

а) К0>1 и примесь понижает температуру плавления системы;
б) К0<1 и примесь понижает температуру плавления системы;
в) К0>1 и примесь повышает температуру плавления системы;
г) К0<1 и примесь повышает температуру плавления системы.

14. Различие между равновесным и эффективным коэффициентами распределения в процессах кристаллизации связано:

а) с процессами диффузии в жидкой фазе;
б) с видом диаграммы состояния двухкомпонентной системы;
в) с равенством температур плавления компонентов системы;
г) с частичным испарением примеси.

15. Процесс закалки стекла предназначен для:

а) устранения имеющиеся остаточных напряжений;
б) искусственного создания в стекле равномерно распределенных напряжений;
в) повышения прозрачности стекла;
г) снижения прозрачности стекла.

16. Вещества, называемые красителями в производстве стекол подразделяются на:

а) молекулярные и коллоидные;
б) опаловые и молочные;
в) физические и химические;
г) активные и неактивные.

17. При каком методе получают керамическую отливку с точной внутренней конфигурацией?

а) непрерывное литье;
б) намораживание;
в) сливное литье;
г) центробежное литье

18. Высокая чистота поверхности керамического изделия достигается при использовании метода:

а) литья кокиль;
б) центробежного литья;
в) намораживания;
г) литья под давлением.

19. Халькогенидными называют стекла, образованные из:

а) фторидов;

Согласована на портале № 35910

б) селенидов;
в) оксидов;
г) нитридов.

20. Для сохранения цвета стекла при его изготовлении (варке) применяют:

а) восстановители;
б) глушители;
в) окислители;
г) осветлители.

### 14.1.2. Экзаменационные вопросы

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

### 14.1.3. Темы контрольных работ

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

### 14.1.4. Темы опросов на занятиях

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

Согласована на портале № 35910

нию

- 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 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, со-держащего 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

### 14.1.5. Темы индивидуальных заданий

1. Расчет нагрева полупроводниковых материалов Исходные данные:

Материал изделия и параметры тепловой системы указаны в таблице. Для «массивного» тела епловоспринимающей 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 (С);

в) графическое представление результатов расчета (для «массивного» тела рассчитывается нагрев поверхности, нагрев вдоль оси цилиндрического тела и разность Тц и ТП).

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 ↔ C+D при известной константе равновесия Кр.

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

Расчет коэффициентов динамической, кинематической вязкости и взаимодиффузии. Газодинамика в трубчатом реакторе. Динамический, диффузионный и тепловой пограничные слои.

Кинетика гетерогенных процессов. Сорбционные процессы

Перегонка через газовую фазу. Жидкостная экстракция

Фазовые равновесия в расплавах. Эпитаксиальные процессы

Распределение примесей в выращиваемых кристаллах

Согласована на портале № 35910

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Для лиц с нарушениями зрения:**

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

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

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

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

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

Согласована на портале № 35910