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): **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль): **Микроэлектроника и твердотельная электроника**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ФЭ, Кафедра физической электроники**
Курс: **3**
Семестр: **5**
Учебный план набора 2014 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	8	8	часов
5	Самостоятельная работа	54	54	часов
6	Всего (без экзамена)	108	108	часов
7	Общая трудоемкость	108	108	часов
		3.0	3.0	З.Е

Дифференцированный зачет: 5 семестр

Томск 2016

Согласована на портале № 2862

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) 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, утвержденного 2015-03-12 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «8» сентября 2016 года, протокол № 73.

Разработчики:

доцент кафедра 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 профилирующей выпускающей каф. ФЭ	_____	Троян П. Е.

Эксперты:

Председатель методической комиссии кафедры ФЭ	_____	Чистоедова И. А.

Согласована на портале № 2862

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.4) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: 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;

В результате изучения дисциплины студент должен:

– **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** 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** 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 3.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

№	Виды учебной деятельности	5 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	36	36	часов
2	Практические занятия	18	18	часов

Согласована на портале № 2862

3	Всего аудиторных занятий	54	54	часов
4	Из них в интерактивной форме	8	8	часов
5	Самостоятельная работа	54	54	часов
6	Всего (без экзамена)	108	108	часов
7	Общая трудоемкость	108	108	часов
		3.0	3.0	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	ОПК-2, ПК-8
2	Основные процессы в гетерогенных химико-технологических системах	8	6	14	28	ОПК-2, ПК-8
3	Кинетика гетерогенных процессов	2	2	4	8	ОПК-2, ПК-8
4	Процессы измельчения, разделения и очистки веществ	6	4	11	21	ОПК-2, ПК-8
5	Механизмы и кинетика роста кристаллов	6	4	12	22	ОПК-2, ПК-8
6	Физико-химические основы легирования кристаллов	8	2	10	20	ОПК-2, ПК-8
7	Методы получения некристаллических и композиционных материалов	4	0	2	6	ОПК-2, ПК-8
	Итого	36	18	54	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
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 назна-	2	ОПК-2, ПК-8

Согласована на портале № 2862

	чению		
	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
	Итого	8	
3 Кинетика гетерогенных процессов	Классификация химических реакций. Равновесие в химико-технологических процессах. Кинетика химических процессов	2	ОПК-2, ПК-8
	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
	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
	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 распределе-	8	ОПК-2, ПК-8

Согласована на портале № 2862

	ния 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
	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 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	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

Согласована на портале № 2862

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

Компетенции	Виды занятий			Формы контроля
	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа	
ОПК-2	+	+	+	Контрольная работа, Отчет по индивидуальному заданию, Опрос на занятиях, Дифференцированный зачет
ПК-8	+	+	+	Контрольная работа, Отчет по индивидуальному заданию, Опрос на занятиях, Дифференцированный зачет

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	4		4
Решение ситуационных задач		4	4
Итого	4	4	8

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
5 семестр			

Согласована на портале № 2862

2 Основные процессы в гетерогенных химико-технологических системах	Расчет коэффициентов динамической, кинематической вязкости и взаимодиффузии	2	ОПК-2, ПК-8
	Газодинамика в трубчатом реакторе	2	
	Динамический, диффузионный и тепловой пограничные слои	2	
	Итого	6	
3 Кинетика гетерогенных процессов	Кинетика гетерогенных процессов Сорбционные процессы	2	ОПК-2, ПК-8
	Итого	2	
4 Процессы измельчения, разделения и очистки веществ	Перегонка через газовую фазу	2	ОПК-2, ПК-8
	Жидкостная экстракция	2	
	Итого	4	
5 Механизмы и кинетика роста кристаллов	Фазовые равновесия в расплавах	2	ОПК-2, ПК-8
	Эпитаксиальные процессы	2	
	Итого	4	
6 Физико-химические основы легирования кристаллов	Распределение примесей в выращиваемых кристаллах	2	ОПК-2, ПК-8
	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	1	ОПК-2, ПК-8	Опрос на занятиях, Дифференцированный зачет
	Итого	1		
2 Основные процессы в гетерогенных химико-технологических системах	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-2, ПК-8	Контрольная работа, Дифференцированный зачет, Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2		
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2		
	Проработка лекционного материала	2		

Согласована на портале № 2862

	Выполнение индивидуальных заданий	4		
	Подготовка к контрольным работам	2		
	Итого	14		
3 Кинетика гетерогенных процессов	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-2, ПК-8	Контрольная работа, Дифференцированный зачет, Опрос на занятиях
	Проработка лекционного материала	1		
	Подготовка к контрольным работам	1		
	Итого	4		
4 Процессы измельчения, разделения и очистки веществ	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-2, ПК-8	Отчет по индивидуальному заданию, Контрольная работа, Дифференцированный зачет, Опрос на занятиях
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2		
	Проработка лекционного материала	2		
	Выполнение индивидуальных заданий	4		
	Подготовка к контрольным работам	1		
	Итого	11		
5 Механизмы и кинетика роста кристаллов	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-2, ПК-8	Отчет по индивидуальному заданию, Контрольная работа, Дифференцированный зачет, 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	ОПК-2, ПК-8	Отчет по индивидуальному заданию, Контрольная работа, Дифференцированный зачет, Опрос на занятиях
	Проработка лекционного материала	2		
	Выполнение индивиду-	4		

Согласована на портале № 2862

	альных заданий			
	Подготовка к контрольным работам	2		
	Итого	10		
7 Методы получения некристаллических и композиционных материалов	Проработка лекционного материала	1	ОПК-2, ПК-8	Опрос на занятиях, Контрольная работа, Дифференцированный зачет
	Подготовка к контрольным работам	1		
	Итого	2		
Итого за семестр		54		
Итого		54		

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
5 семестр				
Дифференцированный зачет		15	15	30
Контрольная работа	15	15	15	45
Опрос на занятиях	3	3	4	10
Отчет по индивидуальному заданию			15	15
Нарастающим итогом	18	51	100	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.

Согласована на портале № 2862

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]. - 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 № 2862

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 основной образовательной программы: **Бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
Профиль: **Микроэлектроника и твердотельная электроника**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ФЭ, Кафедра физической электроники**
Курс: **3**
Семестр: **5**

Учебный план набора 2014 года

Разработчики:
- доцент кафедра ФЭ Жигальский А. А.

Дифференцированный зачет: 5 семестр

Томск 2016

Согласована на портале № 2862

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
ОПК-2	способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	Должен знать естественнонаучную сущность проблем, лежащих в основе фундаментальных явлений тепло- и массопереноса, химической кинетики, процессов затвердевания тел; Должен знать физико-математический аппарат, описывающий явления тепло- и массопереноса, химической кинетики. Должен знать 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. Должен уметь использовать физико-математический аппарат для расчета процессов тепло- и массопереноса, химического равновесия, термодинамического подхода к процессам затвердевания тел. Должен уметь выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники, разрабатывать и планировать технологические процессы разделения, очистки и кристаллизации веществ. Должен владеть навыками расчета технологических процессов и характеристик материалов микро- и наноэлектроники. Должен владеть методикой выбора условий и оборудования для решения задач по технологической подготовки производства материалов.
ПК-8	способностью выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной 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	Обладает фактическими	Обладает диапазоном	Контролирует работу,

Согласована на портале № 2862

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

2 Реализация компетенций

2.1 Компетенция ОПК-2

ОПК-2: способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать 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 и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	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.	использовать физико-математический аппарат для расчета процессов тепло- и массопереноса, химического равновесия, термодинамического подхода к процессам затвердевания тел.	навыками расчета технологических процессов и характеристик материалов микро- и наноэлектроники
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Практические занятия; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Контрольная работа; • Отчет по индивидуальному заданию; • Опрос на занятиях;	• Контрольная работа; • Отчет по индивидуальному заданию; • Опрос на занятиях;	• Отчет по индивидуальному заданию; • Дифференцированный зачет

Согласована на портале № 2862

	• Дифференцированный зачет	• Дифференцированный зачет	

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

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• физико-химические основы явлений тепло- и массопереноса, химической кинетики, процессов затвердевания тел; • методы расчета процессов тепло- и массопереноса, химического равновесия, • физико-математический аппарат, описывающий явления тепло- и массопереноса, химической кинетики	• использовать физико-математический аппарат для расчета процессов тепло- и массопереноса, химического равновесия, термодинамического подхода к процессам затвердевания тел.	• навыками расчета технологических процессов и характеристик материалов микро- и наноэлектроники
Хорошо (базовый уровень)	• знает явления переноса на границе раздела фаз; • знает основы химической кинетики и термодинамики	• проводить основные расчеты процессов тепло- и массопереноса, химического равновесия для основных бинарных систем с помощью соответствующего физико-математического аппарата	• способен провести расчет технологических процессов и характеристик материалов микро- и наноэлектроники;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• знает основные процессы, протекающие в химико-технологических системах; • дает определения основных понятий;	• работать со справочной литературой; • представлять результаты своей работы;	• методикой расчета технологических процессов и характеристик материалов микро- и наноэлектроники

2.2 Компетенция ПК-8

ПК-8: способностью выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники.

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

Таблица 5 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	основы производства материалов и изделий электронной техники, основы процессов разделения и очистки веществ, взаимосвязь условий получения материалов с их механическими, физико-	выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники, разрабатывать и планировать технологические процессы разделения , очистки	методикой выбора условий и оборудования для решения задач по технологической подготовки производства материалов;

Согласована на портале № 2862

	химическими и электрофизическими свойствами;	и кристаллизации веществ	
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Практические занятия; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Контрольная работа; • Отчет по индивидуальному заданию; • Опрос на занятиях; • Дифференцированный зачет	• Контрольная работа; • Отчет по индивидуальному заданию; • Опрос на занятиях; • Дифференцированный зачет	• Отчет по индивидуальному заданию; • Дифференцированный зачет

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

Согласована на портале № 2862

Таблица 6 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• 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;	• разрабатывать и планировать технологические процессы разделения, очистки и кристаллизации веществ;аргументирует выбор условий получения материалов; • выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники,	• методикой выбора условий и оборудования для решения задач по технологической подготовки производства материалов;
Хорошо (базовый уровень)	• основы производства материалов и изделий электронной техники, • взаимосвязь условий получения материалов с их механическими, физико-химическими и электрофизическими свойствами;	• выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники,	• способен обосновать выбор условий и оборудования для решения задач по технологической подготовки производства материалов
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• имеет представление об основах производства материалов и изделий электронной техники, процессах разделения и очистки веществ; • дает определения основных понятий	• работать со справочной литературой; • выполнять простые работы по технологической подготовке материалов и изделий электронной техники при наблюдении технолога производства	• терминологией в предметной области знания; • навыками выбора условий и оборудования для решения задач по технологической подготовки производства материалов

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

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

Согласована на портале № 2862

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_∞. 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 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

3.3 Темы контрольных работ

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

3.4 Вопросы дифференцированного зачета

– 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 рас-

Согласована на портале № 2862

плавов. 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.

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.)

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 № 2862