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 2015 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	Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
8	Общая трудоемкость	144	144	часов
		4.0	4.0	З.Е

Экзамен: 5 семестр

Томск 2016

Согласована на портале № 3153

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 выпускающей каф. ФЭ	_____	Троян П. Е.

Эксперты:

Председатель методической комиссии кафедры ФЭ	_____	Чистоедова И. А.

Согласована на портале № 3153

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 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** – основные процессы, протекающие в химико-технологических системах; – явления переноса на границе раздела фаз; – процессы разделения и очистки веществ; – физико-химические основы распределения примесей в материалах; – основные закономерности процессов синтеза стеклообразных, стеклокерамических и керамических материалов; – взаимосвязь условий получения материалов с их механическими, физико-химическими и электрофизическими свойствами;

– **уметь** – рассчитывать процессы массо- и теплопередачи; – разрабатывать и планировать технологические процессы разделения, очистки и кристаллизации веществ; – проводить основные термодинамические расчеты для основных бинарных систем; – моделировать основные технологические процессы получения материалов с заданными свойствами;

– **владеть** – методами описания и расчета параметров и характеристик материалов, оборудования и процессов электронной техники.

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	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	Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов

Согласована на портале № 3153

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	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 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 ки-	8	ОПК-2, ПК-8

Согласована на портале № 3153

	нетики 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.		
	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 распределения примесей при процессах кристаллизации. Методы выравнивания состава кристаллов	8	ОПК-2, ПК-8
	Итого	8	
7 Методы получения	Строение, свойства и виды стекол. По-	4	ОПК-2,

некристаллических и композиционных материалов	лучение силикатных стекол. Получение стеклокристаллических материалов. Ситаллы. Строение и состав керамических материалов. Закономерности процесса формования заготовок керамических изделий. Полимерные композиции		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 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 и видов занятий, формируемых при изучении дисциплины

Компетенции	Виды занятий			Формы контроля
	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа	

Согласована на портале № 3153

ОПК-2	+	+	+	Опрос на занятиях, Контрольная работа, Отчет по индивидуальному заданию, Экзамен
ПК-8	+	+	+	Опрос на занятиях, Контрольная работа, Отчет по индивидуальному заданию, Экзамен

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			
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

Согласована на портале № 3153

	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
	Итого	1		
2 Основные процессы в гетерогенных химико-технологических системах	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-2, ПК-8	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	ОПК-2, ПК-8	Контрольная работа, Экзамен, 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, Экзамен, Опрос на занятиях
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2		

Согласована на портале № 3153

	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, Опрос на занятиях, Экзамен
	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, Опрос на занятиях,Экзамен
	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	ОПК-2, ПК-8	Опрос на занятиях, Контрольная работа, Экзамен
	Подготовка к контрольным работам	1		
	Итого	2		
Итого за семестр		54		
	Подготовка к экзамену	36		Экзамен
Итого		90		

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	Максимальный	Максимальный	Максимальный	Всего за

Согласована на портале № 3153

деятельности	балл на 1-ую КТ с начала семестра	балл за период между 1КТ и 2КТ	балл за период между 2КТ и на конец семестра	семестр
5 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)

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.)

Согласована на портале № 3153

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 № 3153

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): **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 2015 года

Разработчики:

- доцент кафедры ФЭ Жигальский А. А.

Экзамен: 5 семестр

Томск 2016

Согласована на портале № 3153

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

Согласована на портале № 3153

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

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 оценива-	• Контрольная работа; • Отчет по индивиду-	• Контрольная работа; • Отчет по индивиду-	• Отчет по индивидуальному заданию;

Согласована на портале № 3153

ния	альному заданию; • Опрос на занятиях; • Дифференцированный зачет	альному заданию; • Опрос на занятиях; • 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 полу-	выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники, разрабатывать и планировать	методикой выбора условий и оборудования для решения задач по технологической подготовки производства материалов;

Согласована на портале № 3153

	чения материалов с их механическими, физико-химическими и электрофизическими свойствами;	технологические процессы разделения , очистки 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.

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	• работать со справочной литературой; • выполнять простые	• терминологией в предметной области знания;

Согласована на портале № 3153

	изделий электронной техники, процессах разделения и очистки веществ; • дает определения основных понятий	работы по технологической подготовке материалов и изделий электронной техники при наблюдении технолога производства	• 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

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,

Согласована на портале № 3153

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 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.

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 № 3153

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 № 3153