Б1.В.ОД.5

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное бюджетное государственное образовательное учреждение
высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
(Проректор по учебной работе)
_____ **П.Е. Троян**
«5» 10 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

Уровень основной образовательной программы бакалавриат

Направления подготовки **11.03.04** «Электроника и наноэлектроника»

Профиль Микроэлектроника и твердотельная электроника

Форма обучения очная

Факультет электронной техники (ФЭТ)

Кафедра физической электроники (ФЭ)

Курс 3 **Семестр** 5

Учебный план набора 2016 года и последующих лет.

Распределение рабочего времени:

№	Виды учебной работы	Семестр 1	Семестр 2	Семестр 3	Семестр 4	Семестр 5	Семестр 6	Семестр 7	Семестр 8	Всего	Единицы
1.	Лекции					36				36	часов
2.	Лабораторные работы					-				-	часов
3.	Практические занятия					18				18	часов
4.	Курсовой проект/работа (КРС) (аудиторная)					-				-	часов
5.	Всего аудиторных занятий (Сумма 1-4)					54				54	часов
6.	Из них в интерактивной форме					8				8	часов
7.	Самостоятельная работа студентов (СРС)					54				54	часов
8.	Всего (без экзамена) (Сумма 5,7)					108				108	часов
9.	Самост. работа на подготовку, сдачу экзамена					36				36	часов
10.	Общая трудоемкость (Сумма 8,9)					144				144	часов
	(в зачетных единицах)					4				4	ЗЕ

Экзамен 5 семестр

Томск 2016

Согласована на портале № 7106

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) направления 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 12 марта 2015 г. № 218, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры физической электроники от « 8 » 09 2016 г., протокол № 73.

Разработчик:
Доцент кафедры ФЭ / А.А. Жигальский

Заведующий кафедрой
Профессор кафедры ФЭ / П.Е. Троян

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

Декан ФЭТ / А.И. Воронин

Зав. профилирующей кафедрой ФЭ / П.Е. Троян

Зав. выпускающей кафедрой ФЭ / П.Е. Троян

Эксперты:
Председатель методической комиссии факультета ФЭТ / И.А. Чистоедова

Председатель методической комиссии кафедры ФЭ / И.А. Чистоедова

Согласована на портале № 7106

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		5
Аудиторные занятия (всего)	**54**	**54**
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия	18	18
Самостоятельная работа (всего)	**54**	**54**
В том числе:		
Подготовка к практическим занятиям (семинарам)	18	18
Подготовка к контрольным работам	24	24
Выполнение индивидуального задания	12	12
Вид промежуточной аттестации	**36**	**36**
Экзамен	36	36
Общая трудоемкость, час	**144**	**144**
Зачетные Единицы	**4**	**4**

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции	Практические занятия	Самост. работа студента	Всего час	Формируемые компетенции (ОК, ОПК, ПК, ПСК)
1.	Введение, цели и задачи дисциплины	2	0	2	4	ОПК-2, ПК-8
2.	Основные процессы в гетерогенных химико-технологических системах	8	6	12	26	ОПК-2, ПК-8
3.	Кинетика гетерогенных процессов	2	2	8	12	ОПК-2, ПК-8
4.	Процессы измельчения, разделения и очистки веществ	6	4	10	20	ОПК-2, ПК-8
5.	Механизмы и кинетика роста кристаллов	6	4	10	20	ОПК-2, ПК-8
6.	Физико-химические основы легирования кристаллов	8	2	4	14	ОПК-2, ПК-8
7.	Методы получения некристаллических и композиционных материалов	4	0	8	12	ОПК-2, ПК-8
	ИТОГО	**36**	**18**	**54**	**108**	

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

№ п/п	Наименование разделов	Содержание разделов	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции (ОК, ОПК, ПК, ПСК)
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
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
3.	Кинетика гетерогенных процессов	Классификация химических реакций. Равновесие в химико-технологических процессах. Кинетика химических процессов.	2	ОПК-2, ПК-8
4.	Процессы измельчения, разделения и очист-	Способы измельчения и рассеивания твердых тел. Общая характеристика чистоты вещества. Сорбционные процессы. Сущность ионного обмена. Хроматография. Процессы жид-	6	ОПК-2, ПК-8

Согласована на портале № 7106

	ки веществ	костной экстракции. Принцип очистки кристаллизацией. Перегонка через газовую фазу. Очистка веществ с помощью химических транспортных реакций. Электрохимические методы разделения и очистки. Другие методы.		
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
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
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

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

№ п/п	Наименование обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ № разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин						
		1	2	3	4	5	6	7
Предшествующие дисциплины								
1.	математика	-	+	+	+	+	+	+
2.	физика	+	+	+	+	+	+	+
3.	химия	-	+	+	+	+	+	+
4.	физика конденсированного состояния	+	+	+	+	+	+	+
5.	материалы электронной техники	+	+	+	+	+	+	+
Последующие дисциплины								
1.	основы технологии электронной компонентной базы	+	+	+	+	+	+	+
2.	процессы микро- и нанотехнологий	+	+	+	-	+	+	+
3.	методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем	+	+	+	+	+	+	+

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

Перечень компетенций	Виды занятий			Формы контроля
	Л	ПЗ	СРС	
ОПК-2	+	+	+	Опрос на лекции, отчет по практической работе, защита индивидуального задания, контрольная работа, экзамен
ПК-8	+	+	+	Опрос на лекции, отчет по практической работе, защита индивидуального задания, контрольная работа, экзамен

Согласована на портале № 7106

6. МЕТОДЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

Методы \ Формы	Лекции (час)	Практические занятия (час)	Всего
Работа в команде		4	4
Опрос на лекциях	2		2
Презентация с видео и раздаточным материалов	2		2
Итого интерактивных занятий	4	4	8

7. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Не предусмотрено

8. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (час.)	Компетенции ОК, ОПК, ПК, ПСК
1.	2	Расчет коэффициентов динамической, кинематической вязкости и взаимодиффузии	2	ОПК-2, ПК-8
2.	2	Газодинамика в трубчатом реакторе	2	ОПК-2, ПК-8
3.	2	Динамический, диффузионный и тепловой пограничные слои	2	ОПК-2, ПК-8
4.	3	Кинетика гетерогенных процессов Сорбционные процессы	2	ОПК-2, ПК-8
5.	4	Перегонка через газовую фазу	2	ОПК-2, ПК-8
6.	4	Жидкостная экстракция	2	ОПК-2, ПК-8
7.	5	Фазовые равновесия в расплавах	2	ОПК-2, ПК-8
8.	5	Эпитаксиальные процессы	2	ОПК-2, ПК-8
9.	6	Распределение примесей в выращиваемых кристаллах	2	ОПК-2, ПК-8

9. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика самостоятельной работы *(детализация)*	Трудоемкость (час.)	Компетенции ОК, ОПК, ПК, ПСК	Контроль выполнения работы
1.	2 – 7	Подготовка к практическим занятиям (семинарам)	18	ОПК-2, ПК-8	Отчеты по практическим работам
2.	2 – 7	Подготовка к контрольным работам	24	ОПК-2, ПК-8	Результаты контрольных работ
3.	2 – 7	Выполнение индивидуального задания	12	ОПК-2, ПК-8	Защита индивидуальных заданий
4.	2 – 7	Подготовка и сдача экзамена	36	ОПК-2, ПК-8	Оценка на экзамене

Тематика индивидуальных заданий, контрольных работ и вопросы для подготовки к экзамену приведены в приложении к данной рабочей программе.

10. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ

Не предусмотрено

Согласована на портале № 7106

11. РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ

Таблица 11.1. Балльные оценки для элементов контроля дисциплины

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
Активная работа на практических занятиях	3	3	4	**10**
Контрольная работа 1	15			**15**
Выполнение и защита индивидуального задания		15		**15**
Контрольная работа 2		15		**15**
Контрольная работа 3			15	**15**
Итого максимум за период:	**18**	**33**	**19**	**70**
Сдача экзамена (максимум)				**30**
Нарастающим итогом	**18**	**51**	**70**	**100**

В экзаменационных билетах содержится 2 теоретических вопроса (по 15 баллов каждый).

Таблица 11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

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

Таблица 11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

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

12. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

12.1 Основная литература

12.1.1. Жигальский А. А. Технология материалов электронной техники: Учебное пособие. – Томск: ТУСУР, 2012. – 152 с. – [электронный ресурс]. – http://miel.tusur.ru/images/files/Uchebno-metodicheskii_kompleks%20disciplin/Jigalsky/%D0%96%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%90%D0%90_-_%D0%A2%D0%9C%D0%AD%D0%A2.zip

12.2 Дополнительная литература

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

12.3 Учебно-методические пособия и программное обеспечение

12.3.1. 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/images/files/Uchebno-metodicheskii_kompleks%20disciplin/Jigalsky/%D0%96%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%90%D0%90_-_%D0%A2%D0%9C%D0%AD%D0%A2.zip

12.3.2. Математический пакет MathCad или Mathematica.

12.3.3. Офисные программы Microsoft Office или Open Office.

Согласована на портале № 7106

БИБЛИОТЕКА ТУСУР

12.4 Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

12.4.1. Образовательный портал в свободном доступе: «Физика, химия, математика студентам и школьникам. Образовательный проект А.Н. Варгина» – Режим доступа: http://www.ph4s.ru/

12.4.2. «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]: информационная система. – Режим доступа: http://window.edu.ru/

12.4.3. «eLIBRARY.RU» [Электронный ресурс]: научная электронная библиотека. – Режим доступа: http://elibrary.ru

12.4.4. «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.

Согласована на портале № 7106

Б1.В.ОД.5

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное бюджетное государственное образовательное учреждение
высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
(Проректор по учебной работе)
_____ **П.Е. Троян**
«5» 10 2016 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

Уровень основной образовательной программы бакалавриат

Направления подготовки **11.03.04** «Электроника и наноэлектроника»

Профиль Микроэлектроника и твердотельная электроника

Форма обучения очная

Факультет электронной техники (ФЭТ)

Кафедра физической электроники (ФЭ)

Курс 3 **Семестр** 5

Учебный план набора 2016 года и последующих лет.

Экзамен 5 **семестр**

Разработчики:

Доцент кафедры ФЭ / А. А. Жигальский

Доцент кафедры ФЭ / Е. В. Саврук

Томск 2016

Согласована на портале № 7106

1. ВВЕДЕНИЕ

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе учебной дисциплины «Технология материалов микро- и наноэлектроники» 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 учебной дисциплине «Технология материалов микро- и наноэлектроники» используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной «Технология материалов микро- и наноэлектроники» компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции
ОПК-2	способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	*знать* основные процессы, протекающие в химико-технологических системах; *знать* явления переноса на границе раздела фаз; *знать* физико-химические основы распределения примесей в материалах; *уметь* рассчитывать процессы массо- и теплопередачи; *уметь* проводить основные термодинамические расчеты для основных бинарных систем; *владеть* методами описания и расчета параметров и характеристик материалов, оборудования и процессов электронной техники
ПК-8	способностью выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники	*знать* процессы разделения и очистки веществ; *знать* основные закономерности процессов синтеза стеклообразных, стеклокерамических и керамических материалов; *знать* взаимосвязь условий получения материалов с их механическими, физико-химическими и электрофизическими свойствами; *уметь* разрабатывать и планировать технологические процессы разделения, очистки и кристаллизации веществ; *уметь* моделировать основные технологические процессы получения материалов с заданными свойствами; *владеть* методами описания и расчета параметров и характеристик материалов, оборудования и процессов электронной техники

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. Содержание этапов формирования компетенции, виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	*знает* естественнонаучную сущность проблем, лежащих в основе фундаментальных явлений тепло- и массопереноса, химической кинетики, процессов затвердевания тел; *знает* физико-математический аппарат, описывающий явления тепло- и массопереноса, химической кинетики;	*умеет* использовать физико-математический аппарат для расчета процессов тепло- и массопереноса, химического равновесия, термодинамического подхода к процессам затвердевания тел.	*владеет* навыками решения естественнонаучных проблем с использованием физико-математического аппарата для описания и расчета технологических процессов и характеристик материалов.

Согласована на портале № 7106

Виды занятий	Лекции; Практические занятия; Групповые консультации	Практические занятия; Индивидуальное задание; Самостоятельная работа	Практические занятия Индивидуальное задание; Самостоятельная работа
Используемые средства оценивания	Опросы на лекциях; Практические задания (защита); Контрольные работы; Индивидуальное задание (защита); Экзамен	Практические задания (выполнение, оформление); Индивидуальное задание (выполнение, оформление); Экзамен	Практические задания (выполнение, оформление); Индивидуальное задание (выполнение, оформление); Экзамен

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам

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

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	*понимает* физико-химические основы распределения примесей в материалах; *аргументирует* выбор метода анализа распределения примесей в материалах; *физически аргументирует* выбор и план решения задачи; *графически иллюстрирует* задачу	*свободно применяет* методы решения нетиповых задач; *умеет* физико-математически описывать распределения примесей в материалах; *умеет* рассчитывать процессы массо- и теплопередачи	*свободно владеет* разными способами представления физической информации в графической и математической форме; *способен организовать* работу в междисциплинарной команде; *демонстрирует способность* корректно давать оценку проделанной работе; *владеет* методами описания и расчета параметров и характеристик материалов, оборудования и процессов электронной техники
Хорошо (базовый уровень)	*знает* явления переноса на границе раздела фаз;	*умеет* проводить основные термодинамические расче-	*владеет* разными способами представлениями ин-

Согласована на портале № 7106

	аргументирует выбор решения задачи; *составляет* план решения задачи	ты для основных бинарных систем; *самостоятельно подбирает* и готовит для эксперимента необходимое оборудование; *применяет* методы решения нетиповых задач	формации; *владеет навыками* работы в междисциплинарной команде; *способен объяснить* явления переноса на границе раздела фаз
Удовлетворительно (пороговый уровень)	*знает* основные процессы, протекающие в химико-технологических системах; *дает* определения основных понятий	*умеет* работать со справочной литературой; *умеет* представлять результаты своей работы	*владеет* терминологией в предметной области знания

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. Содержание этапов формирования компетенции, виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	*знает* основы производства материалов и изделий электронной техники, основы процессов разделения и очистки веществ, получения полупроводниковых и диэлектрических материалов; *знает* физико-математический аппарат, позволяющий анализировать и рассчитывать технологические процессы	*умеет* технологически подготавливать производства материалов и изделий электронной техники, осуществлять выбор эффективного способа разделения и очистки веществ, оптимизировать технологические процессы для получения полупроводниковых и диэлектрических материалов с заданными характеристиками.	*владеет* навыками выполнения работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники, оптимального выбора и использования оборудования для для решения технологических задач.
Виды занятий	Лекции; Практические занятия; Групповые консультации	Практические занятия; Индивидуальное задание; Самостоятельная работа	Практические занятия Индивидуальное задание; Самостоятельная работа
Используемые средства оценивания	Опросы на лекциях; Практические задания (защита); Контрольные работы; Индивидуальное задание (защита); Экзамен	Практические задания (выполнение, оформление); Индивидуальное задание (выполнение, оформление); Экзамен	Практические задания (выполнение, оформление); Индивидуальное задание (выполнение, оформление); Экзамен

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 2.2 в п. 2.1.

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	*аргументирует* выбор условий получения материа-	*свободно применяет* методы решения нетиповых	*свободно владеет* разными способами представления

Согласована на портале № 7106

	лов; *физически аргументирует* выбор и план решения задачи; *графически иллюстрирует* задачу; *понимает* взаимосвязь условий получения материалов с их механическими, физико-химическими и электрофизическими свойствами	задач; *умеет* физически анализировать взаимосвязь условий получения материалов с их механическими, физико-химическими и электрофизическими свойствами; *умеет* математически описывать взаимосвязь условий получения материалов с их механическими, физико-химическими и электрофизическими свойствами; *умеет* разрабатывать и планировать технологические процессы разделения, очистки и кристаллизации веществ	физической информации в графической и математической форме; *способен организовать* работу в междисциплинарной команде; *демонстрирует способность* корректно давать оценку проделанной работе; *владеет* методами описания и расчета параметров и характеристик материалов, оборудования и процессов электронной техники
Хорошо (базовый уровень)	*распознает* основные закономерности процессов синтеза стеклообразных, стеклокерамических и керамических материалов; *аргументирует* выбор решения задачи; *составляет* план решения задачи	*самостоятельно подбирает* и готовит для эксперимента необходимое оборудование; *применяет* методы решения нетиповых задач; *умеет* моделировать основные технологические процессы получения материалов с заданными свойствами	*владеет* разными способами представлениями информации; *владеет навыками* работы в междисциплинарной команде; *способен классифицировать* основные закономерности процессов синтеза стеклообразных, стеклокерамических и керамических материалов
Удовлетворительно (пороговый уровень)	*дает* определения основных понятий; *распознает* процессы разделения и очистки веществ	*умеет* работать со справочной литературой; *умеет* представлять результаты своей работы	*владеет* терминологией в предметной области знания

3. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются следующие материалы:

– типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в составе: опросы на лекциях; практические задания; контрольные работы; индивидуальное задание; самостоятельная работа; экзамен.

3.1. Опросы на лекциях

1. 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.

2. Кинетика гетерогенных процессов: Классификация химических реакций. Равновесие в химико-технологических процессах. Кинетика химических процессов.

3. 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.

4. Механизмы и кинетика роста кристаллов: Образование кристаллических зародышей и стеклование. Поверхностная кинетика роста кристаллов. Влияние примесей на процессы роста кристаллов. Полу-

Согласована на портале № 7106

чение 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.

5. Физико-химические основы легирования кристаллов: Радиационное легирование. Кристаллизация расплава, содержащего легирующую примесь. Распределение примесей в выращиваемых кристаллах. Коэффициент распределения примеси. Методы получения однородно легированных кристаллов. Расчет распределения примесей при процессах кристаллизации. Методы выравнивания состава кристаллов.

6. 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.

3.2. Практические задания

1. Расчет коэффициентов динамической, кинематической вязкости и взаимодиффузии:

Рассчитать коэффициенты динамической, кинематической вязкости и взаимодиффузии смеси вещества A с молярной долей n и вещества B при температуре T и давлении P.

2. Газодинамика в трубчатом реакторе:

Рассчитать газодинамику для участка проточного реактора вертикального типа при установившемся в нем движении газа. Диаметр реактора d, высота l. Температура вверху $T_в$, в низу $T_н$. Расход газа Q_0.

3. Динамический, диффузионный и тепловой пограничные слои:

Рассчитать толщину динамического и теплового пограничных слоев, возникающих у поверхности подложки в процессе ее взаимодействия с газом. Температура процесса T, °С. Скорость движения газа при рабочей температуре u_∞, м/с. Длина участка реактора l, м. Давление P = 1 атм. Рассматривается внешняя гидродинамическая задача. Построить график.

4. Кинетика гетерогенных процессов. Сорбционные процессы:

Обратимая реакция $A+B\leftrightarrow C+D$ характеризуется константой равновесия K. Объем системы V. Сколько процентов вещества A прореагировало в процессе достижения равновесия, если вначале процесса система содержала A_0 и B_0 молей исходных веществ?

5. Перегонка через газовую фазу:

Жидкое органическое вещество, практически не растворимое в воде, перегонялось с водяным паром под атмосферным давлением. Содержание органической жидкости в конденсате равно $G_{орг}$. Давление паров воды в этих условиях P_{H2O}. Определить молекулярный вес вещества.

6. Жидкостная экстракция:

Коэффициент распределения вещества B между водой и веществом C равен K. Какой объем вещества C надо взять, чтобы однократным экстрагированием извлечь из водного раствора объемом V заданное количество X вещества B.

7. Фазовые равновесия в расплавах:

На основании данных о температуре начала кристаллизации системы $A - B$ постройте диаграмму состояния. Определите тип полученной диаграммы. Рассчитайте массу вещества A и B в жидкой и твердой фазе при охлаждении M, кг расплава, содержащего N% вещества B, до температуры T, К.

8. Эпитаксиальные процессы:

Рассчитать скорость эпитаксиального наращивания кремния в диффузионном режиме. Используется вертикальный реактор проточного типа. Внутренний диаметр реактора d_1 = 40 см. Подложки расположены на ограненном цилиндрическом пьедестале с эквивалентным диаметром d_2 = 26 см и высотой h = 40 см. Температура процесса T = 1473 К. Исходная парогазовая смесь содержит 5 об.% (θ = 0,05) $SiCl_4$ в водороде. Общее давление в реакторе P = 1 атм. Объемный расход парогазовой смеси $Q_0 = 7{,}2\cdot10^{-2}$ м^3/с. Расчет скорости произвести для середины пьедестала.

9. Распределение примесей в выращиваемых кристаллах:

Рассчитать массу примеси, которую нужно ввести в расплав полупроводника массой m для выращивания из него монокристалла с концентрацией носителей заряда n. Потери примеси в технологическом процессе составляют z. В расчетах принять $K \approx K_0$. Примесь одноионизована.

3.3. Контрольные работы

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

Согласована на портале № 7106

3.4. Индивидуальное задание

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.

3.5. Самостоятельная работа

1. Основные процессы в гетерогенных химико-технологических системах
2. Кинетика гетерогенных процессов
3. Процессы измельчения, разделения и очистки веществ
4. Механизмы и кинетика роста кристаллов
5. Физико-химические основы легирования кристаллов
6. Методы получения некристаллических и композиционных материалов

3.6. Экзамен

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.

Согласована на портале № 7106

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 (согласно п. 12 данной 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/images/files/Uchebno-metodicheskii_kompleks%20disciplin/Jigalsky/%D0%96%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%90%D0%90_-_%D0%A2%D0%9C%D0%AD%D0%A2.zip

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. (**212**)

4.3 Учебно-методические пособия 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/images/files/Uchebno-metodicheskii_kompleks%20disciplin/Jigalsky/%D0%96%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%90%D0%90_-_%D0%A2%D0%9C%D0%AD%D0%A2.zip
2. Математический пакет MathCad или Mathematica.
3. Офисные программы Microsoft Office или Open Office.

4.4 Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]: информационная система. – Режим доступа: http://window.edu.ru/
2. «eLIBRARY.RU» [Электронный ресурс]: научная электронная библиотека. – Режим доступа: http://elibrary.ru
3. «Научно-образовательный портал ТУСУР» [Электронный ресурс]: научно-образовательный портал университета. – Режим доступа: http://edu.tusur.ru/

Согласована на портале № 7106