

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра полупроводниковых приборов и микроэлектроники

“УТВЕРЖДАЮ”

ДЕКАН РЭФ

д.т.н. Хрусталеv В. А.

“ ____ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Технология производства материалов и изделий электронной техники

Образовательная программа: 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, профиль:
Микроэлектроника и наноэлектроника

Курс: 3, семестр : 6

Факультет радиотехники и электроники,

		Семестр
№	Вид деятельности	6
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	3
2	Всего часов	108
3	Всего занятий в контактной форме, час.	65
4	Лекции, час.	18
5	Практические занятия, час.	36
6	Лабораторные занятия, час.	0
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	18
8	Аттестация, час.	2
9	Консультации, час.	9
10	Самостоятельная работа, час.	43
11	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе)	РГЗ контр.
12	Вид аттестации	ДЗ

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

ФГОС введен в действие приказом №218 от 12.03.2015 г. , дата утверждения: 07.04.2015 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, вариативная

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ППиМЭ, протокол заседания кафедры №5 от 20.06.2017

Утверждена на совете факультета радиотехники и электроники, протокол № 6 от 21.06.2017

Программу разработал:

доцент, к.ф-м.н. Каменская А. В.

Заведующий кафедрой:

с.н.с., д.ф-м.н. Гайслер В. А.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Гайслер В. А.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Компетенция ФГОС: ОПК.4 готовность применять современные средства выполнения и редактирования изображений и чертежей и подготовки конструкторско-технологической документации; в части следующих результатов обучения:	
у1. владеть современными программными средствами подготовки конструкторско-технологической документации;	
Компетенция ФГОС: ОПК.8 способность использовать нормативные документы в своей деятельности; в части следующих результатов обучения:	
з3. действующие стандарты и технические условия, положения и инструкции по эксплуатации оборудования, программам испытаний, оформлению технической документации	
Компетенция ФГОС: ПК.1 способность строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования; в части следующих результатов обучения:	
у6. использовать основы теории твердого тела для постановки и решения задач описания процессов, происходящих в различных материалах;	
Компетенция ФГОС: ПК.2 способность аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения; в части следующих результатов обучения:	
з2. виды брака и способы его предупреждения	
з7. основное используемое оборудование и принципы его работы	
у6. определять надежность, стабильность и воспроизводимость характеристик твердотельных объектов или приборов при наличии внешних воздействий	
Компетенция ФГОС: ПК.5 готовность выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования; в части следующих результатов обучения:	
у12. владеть новыми технологиями, обеспечивающими повышение эффективности проектов, технологических процессов, эксплуатации и обслуживания новой техники в области электроники и нанoeлектроники;	
у5. владеть сведениями о технологии изготовления материалов и элементов электронной техники;	
у7. осуществлять выбор технологии изготовления аналоговых и цифровых интегральных схем в зависимости от требований к электрическим характеристикам;	
Компетенция ФГОС: ПК.8 способность выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники; в части следующих результатов обучения:	
у2. обеспечивать технологическую реализацию материалов и элементов электронной техники в приборах и устройствах электроники и нанoeлектроники;	

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
<i>Технология производства материалов и изделий электронной техники</i>	
ПК.1.у6 использовать основы теории твердого тела для постановки и решения задач описания процессов, происходящих в различных материалах;	
1.использовать основы теории твердого тела для постановки и решения задач описания процессов, происходящих в различных материалах;	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК.2.з2 виды брака и способы его предупреждения	
2.виды брака и способы его предупреждения	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК.2.з7 основное используемое оборудование и принципы его работы	

3.основное используемое оборудование и принципы его работы	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК.2.у6 определять надежность, стабильность и воспроизводимость характеристик твердотельных объектов или приборов при наличии внешних воздействий	
4.определять надежность, стабильность и воспроизводимость характеристик твердотельных объектов или приборов при наличии внешних воздействий	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ОПК.4.у1 владеть современными программными средствами подготовки конструкторско-технологической документации;	
5.владеть современными программными средствами подготовки конструкторско-технологической документации;	Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК.5.у5 владеть сведениями о технологии изготовления материалов и элементов электронной техники;	
6.владеть сведениями о технологии изготовления материалов и элементов электронной техники;	Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК.5.у7 осуществлять выбор технологии изготовления аналоговых и цифровых интегральных схем в зависимости от требований к электрическим характеристикам;	
7.осуществлять выбор технологии изготовления аналоговых и цифровых интегральных схем в зависимости от требований к электрическим характеристикам;	Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК.5.у12 владеть новыми технологиями, обеспечивающими повышение эффективности проектов, технологических процессов, эксплуатации и обслуживания новой техники в области электроники и нанoeлектроники;	
8.владеть новыми технологиями, обеспечивающими повышение эффективности проектов, технологических процессов, эксплуатации и обслуживания новой техники в области электроники и нанoeлектроники;	Практические занятия; Самостоятельная работа
ОПК.8.з3 действующие стандарты и технические условия, положения и инструкции по эксплуатации оборудования, программам испытаний, оформлению технической документации	
9.действующие стандарты и технические условия, положения и инструкции по эксплуатации оборудования, программам испытаний, оформлению технической документации	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК.8.у2 обеспечивать технологическую реализацию материалов и элементов электронной техники в приборах и устройствах электроники и нанoeлектроники;	
10.обеспечивать технологическую реализацию материалов и элементов электронной техники в приборах и устройствах электроники и нанoeлектроники;	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения
Семестр: 6			
Дидактическая единица: Физико-химические основы процессов кристаллизации полупроводников			
1. Применение термодинамики при изучении процессов полупроводниковой технологии	0	2	2
2. Фазовые превращения однокомпонентных бинарных систем.	0	2	3
Дидактическая единица: Технология изготовления монокристаллов полупроводников.			
3. Модели зарождения и роста кристаллов.	0	2	10
4. Методы получения кристаллов из жидкой и твердой фаз.	0	2	4
Дидактическая единица: Примеси в полупроводниках.			

5. Легирование полупроводниковых материалов. Политропия примеси.	0	2	4
6. Неконтролируемое легирование. Равновесные концентрации фоновых примесей в полупроводниках.	0	2	1
Дидактическая единица: Технология очистки полупроводников.			
7. Очистка материалов вакуумной перегонкой.	0	2	9
Дидактическая единица: Технология получения простых и сложных полупроводников.			
8. Синтез и выращивание полупроводниковых структур на основе кремния.	0	2	9
9. Синтез, очистка и выращивание кристаллов и слоев арсенида галлия.	0	2	3

Таблица 3.2

Темы практических занятий	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 6				
Дидактическая единица: Физико-химические основы процессов кристаллизации полупроводников				
1. Физико-химические основы технологии производства монокристаллов.	2	4	1	практические занятия с решением задач.
2. Способы предупреждения брака в полупроводниковом производстве	2	4	2	Практические занятия в аудитории и учебной лаборатории.
Дидактическая единица: Технология изготовления монокристаллов полупроводников.				
3. Физико-химические основы процессов роста монокристаллов полупроводников.	4	4	3	Практическое занятие в компьютерном классе.
4. Зависимость воспроизводимости параметров приборов от внешних факторов	3	4	4	Студенческие компьютерные презентации во время практических занятий.
5. Работа с программами в компьютерном классе.	4	4	5	Конструкторско-технологическая документация, программное обеспечение.
Дидактическая единица: Примеси в полупроводниках.				
6. Основные технологии изготовления материалов для элементной базы электроники.	0	8	6	Практические занятия с решением задач.
Дидактическая единица: Технология очистки полупроводников.				
7. Основы технологии изготовления аналоговых и цифровых схем.	2	4	7	Изучение вопросов постоения технологических циклов при изготовлении интегральных схем.
Дидактическая единица: Технология получения простых и сложных полупроводников.				
8. Основные направления реализации новых полупроводниковых материалов.	1	4	10, 8, 9	Компьютерные презентации по темам.

Таблица 3.3

Темы для самостоятельного изучения	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 6				

Дидактическая единица: Физико-химические основы процессов кристаллизации полупроводников				
1. Фазовые превращения простых и сложных полупроводников. Метод термического анализа.	0	2	1, 4	Работа с литературой.
Дидактическая единица: Технология изготовления монокристаллов полупроводников.				
2. Механизм и кинетика роста кристаллов полупроводников.	0	5	1, 3, 5	Работа с литературой и конспектом. Подготовка к контрольной работе.
Дидактическая единица: Примеси в полупроводниках.				
3. Распределение примесей при росте кристаллов. Методы получения однородно-легированных монокристаллов полупроводников.	0	4	1, 2	Работа с литературой. Подбор материала для РГЗ.
Дидактическая единица: Технология очистки полупроводников.				
4. Очистка материалов методами дистилляции и ректификации.	0	3	1, 10, 2, 4, 6	Работа с литературой и конспектом.
Дидактическая единица: Технология получения простых и сложных полупроводников.				
5. Подготовка к сдаче зачета.	0	5	1, 10, 5, 7, 8, 9	Работа с литературой и конспектом.
6. РГЗ	0	6	1, 2, 4	ргз

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 6				
1	Контрольные работы	10, 7, 8, 9	2	5
Выполнение контрольной работы по заданной теме.: Полупроводниковые материалы и их свойства : методическое руководство к лабораторной работе для РЭФ дневной и заочной форм обучения, направлений: 210100 "Электроника и микроэлектроника", 210600 - "Нанотехнология"; специальности: 210104 - Микроэлектроника и твердотельная электроника, 210108 - Микросистемная техника / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. В. Каменская, А. Д. Бялик]. - Новосибирск, 2010. - 18, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000146774 Каменская А. В. Основы технологии материалов микроэлектроники : учебно-методическое пособие / А. В. Каменская ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 94, [1] с.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000137198				
2	Защита выполненной работы, представление презентации по теме.	2, 3, 4	6	4
: Каменская А. В. Основы технологии материалов микроэлектроники : учебно-методическое пособие / А. В. Каменская ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 94, [1] с.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000137198				
3	Подготовка к занятиям	1, 6, 8, 9	2	0
Работа с литературными источниками: Каменская А. В. Основы технологии материалов микроэлектроники : учебно-методическое пособие / А. В. Каменская ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 94, [1] с.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000137198 Полупроводниковые материалы и их свойства : методическое руководство к лабораторной работе для РЭФ дневной и заочной форм обучения, направлений: 210100 "Электроника и микроэлектроника", 210600 - "Нанотехнология"; специальности: 210104 - Микроэлектроника и твердотельная электроника, 210108 - Микросистемная техника / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. В. Каменская, А. Д. Бялик]. - Новосибирск, 2010. - 18, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000146774				

4	Дополнительная учебная деятельность	10, 2, 3, 4, 5	5	0
: Полупроводниковые материалы и их свойства : методическое руководство к лабораторной работе для РЭФ дневной и заочной форм обучения, направлений: 210100 "Электроника и микроэлектроника", 210600 - "Нанотехнология"; специальности: 210104 - Микроэлектроника и твердотельная электроника, 210108 - Микросистемная техника / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. В. Каменская, А. Д. Бялик]. - Новосибирск, 2010. - 18, [1] с. : ил., табл. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000146774 Каменская А. В. Основы технологии материалов микроэлектроники : учебно-методическое пособие / А. В. Каменская ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 94, [1] с. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000137198				
5	Подготовка к аттестации	2, 7	3	0
: Каменская А. В. Основы технологии материалов микроэлектроники : учебно-методическое пособие / А. В. Каменская ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 94, [1] с. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000137198				
6	Самостоятельное изучение теоретического материала	1, 10, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	25	0
Студент изучает темы, приведенные в таблице 3.3 : Каменская А. В. Основы технологии материалов микроэлектроники : учебно-методическое пособие / А. В. Каменская ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 94, [1] с. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000137198				

5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	Социальные сети
Консультирование	Портал НГТУ
Контроль	Портал НГТУ
Размещение учебных материалов	Среда электронного обучения НГТУ

Таблица 5.2

Активные и интерактивные формы проведения занятий

№	Наименование активных форм
1	Лекция в форме дискуссии
Краткое описание применения: Студентам предварительно выдаются обсуждаемые вопросы по теме лекции. Докладчики выступают с кратким сообщением, затем проходит дискуссия, принимается наиболее оптимальное решение по рассматриваемым вопросам	

6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 6		

Подготовка к занятиям: Опрос во время занятий	5	10
Контролирующие материалы приводятся в "Каменская А. В. Технологические процессы в микроэлектронике : учебно-методическое пособие / А. В. Каменская, Р. П. Дикарева ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2005. - 43 с. : схемы,табл.. - Режим доступа: http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2005/2005_kamen.rar "		
Практические занятия:	10	20
Контролирующие материалы приводятся в "Каменская А. В. Физическая химия в микроэлектронной технологии : учебно-методическое пособие / А. В. Каменская ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2006. - 82, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2006/kamen.rar "		
Контрольные работы: Ответы на вопросы	10	20
Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Полупроводниковые материалы и их свойства : методическое руководство к лабораторной работе для РЭФ дневной и заочной форм обучения, направлений: 210100 "Электроника и микроэлектроника", 210600 - "Нанотехнология"; специальности: 210104 - Микроэлектроника и твердотельная электроника, 210108 - Микросистемная техника / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. В. Каменская, А. Д. Бялик]. - Новосибирск, 2010. - 18, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000146774 "		
РГЗ: Выступление	15	30
Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Полупроводниковые материалы и их свойства : методическое руководство к лабораторной работе для РЭФ дневной и заочной форм обучения, направлений: 210100 "Электроника и микроэлектроника", 210600 - "Нанотехнология"; специальности: 210104 - Микроэлектроника и твердотельная электроника, 210108 - Микросистемная техника / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. В. Каменская, А. Д. Бялик]. - Новосибирск, 2010. - 18, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000146774 "		
Зачет: Ответы на вопросы	10	20
Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Каменская А. В. Физическая химия в микроэлектронной технологии : учебно-методическое пособие / А. В. Каменская ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2006. - 82, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2006/kamen.rar "		

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы контроля		
		Контр. раб.	Защита РГЗ	Зачет
ОПК.4	у1. владеть современными программными средствами подготовки конструкторско-технологической документации;		+	+
ОПК.8	з3. действующие стандарты и технические условия, положения и инструкции по эксплуатации оборудования, программам испытаний, оформлению технической документации			+
ПК.1	у6. использовать основы теории твердого тела для постановки и решения задач описания процессов, происходящих в различных материалах;	+	+	+
ПК.2	з2. виды брака и способы его предупреждения	+		+
	з7. основное используемое оборудование и принципы его работы	+		+
	у6. определять надежность, стабильность и воспроизводимость характеристик твердотельных объектов или приборов при наличии внешних воздействий		+	+
ПК.5	у12. владеть новыми технологиями, обеспечивающими повышение эффективности проектов, технологических процессов, эксплуатации и обслуживания новой техники в области электроники и нанoeлектроники;		+	+
	у5. владеть сведениями о технологии изготовления материалов и элементов электронной техники;		+	+
	у7. осуществлять выбор технологии изготовления аналоговых и цифровых интегральных схем в зависимости от требований к электрическим характеристикам;		+	+
ПК.8	у2. обеспечивать технологическую реализацию материалов и элементов электронной техники в приборах и устройствах электроники и нанoeлектроники;			+

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

7. Литература

Основная литература

1. Лозовский В. Н. Нанотехнология в электронике. Введение в специальность : [учебное пособие для вузов] / В. Н. Лозовский, Г. С. Константинова, С. В. Лозовский. - СПб. [и др.], 2008. - 327 с. : ил.
2. Барыбин А. А. Физико-химия наночастиц, наноматериалов и наноструктур : [учебное пособие для вузов по специальностям "Проектирование и технология радиоэлектронных средств" и др.] / А. А. Барыбин, В. И. Томилин, Н. П. Томилина ; Сиб. федер. ун-т, [Ин-т инженер. физики и радиоэлектроники]. - Красноярск, 2011. - 243 с. : ил., граф., схемы
3. ЭБС IPRbooks [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система. - [Россия], 2010. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>. - Загл. с экрана.
4. ЭБС IPRbooks [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система. - [Россия], 2010. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>. - Загл. с экрана.

Дополнительная литература

1. Таиров Ю. М. Технология полупроводниковых и диэлектрических материалов : учебник для вузов / Ю. М. Таиров, В. Ф. Цветков. - СПб., 2002. - 423 с. : ил. - Загл. с обл. - Загл. на тит. л.: Технология полупроводниковых и диэлектрических материалов.

Интернет-ресурсы

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znaniium.com" : <http://znaniium.com/>
5. :

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

1. Полупроводниковые материалы и их свойства : методическое руководство к лабораторной работе для РЭФ дневной и заочной форм обучения, направлений: 210100 "Электроника и микроэлектроника", 210600 - "Нанотехнология"; специальности: 210104 - Микроэлектроника и твердотельная электроника, 210108 - Микросистемная техника / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. В. Каменская, А. Д. Бялик]. - Новосибирск, 2010. - 18, [1] с. : ил., табл. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000146774
2. Каменская А. В. Основы технологии материалов микроэлектроники : учебно-методическое пособие / А. В. Каменская ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 94, [1] с. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000137198
3. Каменская А. В. Физическая химия в микроэлектронной технологии : учебно-методическое пособие / А. В. Каменская ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2006. - 82, [1] с. : ил. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2006/kamen.rar>
4. Каменская А. В. Технологические процессы в микроэлектронике : учебно-методическое пособие / А. В. Каменская, Р. П. Дикарева ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2005. - 43 с. : схемы, табл. - Режим доступа: http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2005/2005_kamen.rar

8.2 Специализированное программное обеспечение

- 1 Microsoft Windows

9. Материально-техническое обеспечение

Специальное оборудование

№	Наименование	Назначение
1	Аппаратно- программный комплекс Nicolet 6700	Используется для лабораторных исследований
2	МИКРОСКОП МИИ-4	Используется в учебном процессе
3	МИКРОСКОП МЕТАМ-Р1	Используются в учебном процессе

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине **Технология производства материалов и изделий электронной техники** приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ОПК.4 готовность применять современные средства выполнения и редактирования изображений и чертежей и подготовки конструкторско-технологической документации	у1. владеть современными программными средствами подготовки конструкторско-технологической документации;	Работа с программами в компьютерном классе.	РГЗ, разделы...	Зачет, вопросы... 1.Современные программные средства подготовки конструкторско-технологической документации;
ОПК.8 способность использовать нормативные документы в своей деятельности	з3. действующие стандарты и технические условия, положения и инструкции по эксплуатации оборудования, программам испытаний, оформлению технической документации	Основные направления реализации новых полупроводниковых материалов. Синтез и выращивание полупроводниковых структур на основе кремния.		Зачет, вопросы.. 1.Синтез и выращивание полупроводниковых структур на основе кремния. 2.Действующие стандарты по оформлению технической документации.
ПК.1 способность строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	уб. использовать основы теории твердого тела для постановки и решения задач описания процессов, происходящих в различных материалах;	Неконтролируемое легирование. Равновесные концентрации фоновых примесей в полупроводниках. Подготовка к сдаче зачета. Фазовые превращения простых и сложных полупроводников. Метод термического анализа. Физико-химические основы технологии производства монокристаллов.	Контрольные работы РГЗ, разделы... Физико-химические основы технологии производства монокристаллов.	Зачет, вопросы... 1.Неконтролируемое легирование. 2.Равновесные концентрации фоновых примесей в полупроводниках . 3.Фазовые превращения простых и сложных полупроводников. 4.Метод термического анализа.
ПК.2 способность аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и	з2. виды брака и способы его предупреждения	Применение термодинамики при изучении процессов полупроводниковой технологии .Способы предупреждения брака в полупроводниковом производстве	Контрольные работы, разделы...	Зачет, вопросы... Применение термодинамики при изучении процессов полупроводниковой технологии. Характеристические термодинамические функции.

характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения				
ПК.2	37. основное используемое оборудование и принципы его работы	Механизм и кинетика роста кристаллов полупроводников. Синтез, очистка и выращивание кристаллов и слоев арсенида галлия. Фазовые превращения однокомпонентных и бинарных систем. Физико-химические основы процессов роста монокристаллов полупроводников.	Контрольные работы, разделы.. 1.Фазовые превращения однокомпонентных и бинарных систем. 2.Физико-химические основы процессов роста монокристаллов полупроводников.	Зачет, вопросы... Механизм и кинетика роста кристаллов полупроводников. Синтез, очистка и выращивание кристаллов и слоев арсенида галлия.
ПК.2	уб. определять надежность, стабильность и воспроизводимость характеристик твердотельных объектов или приборов при наличии внешних воздействий	Легирование полупроводниковых материалов. Политропия примеси. Зависимость воспроизводимости параметров приборов от внешних факторов.	РГЗ, разделы... Расчет концентрации неконтролируемых примесей газовой фазы системы в кристаллах полупроводников.	Зачет, вопросы... Зависимость воспроизводимости параметров приборов от технологических факторов.
ПК.5 готовность выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	у5. владеть сведениями о технологии изготовления материалов и элементов электронной техники;	Основные технологии изготовления материалов для элементной базы электроники. Очистка материалов методами дистилляции и ректификации.	РГЗ, разделы...	Зачет, вопросы... 1.Основные технологии изготовления материалов для элементной базы электроники. 2.Очистка материалов методами дистилляции и ректификации.
ПК.5	у7. осуществлять выбор технологии изготовления аналоговых и цифровых интегральных схем в зависимости от требований к электрическим характеристикам;	Основы технологии изготовления аналоговых и цифровых схем. Подготовка к сдаче зачета.	РГЗ, разделы...	Зачет, вопросы... Основы технологии изготовления аналоговых и цифровых схем
ПК.5	у12. владеть новыми технологиями, обеспечивающими повышение эффективности проектов,	Основные направления реализации новых полупроводниковых материалов. Подготовка к сдаче зачета.	РГЗ, разделы... Основы технологии изготовления аналоговых и цифровых схем	Зачет, вопросы...

	технологических процессов, эксплуатации и обслуживания новой техники в области электроники и нанoeлектроники;			
ПК.8 способность выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники	у2. обеспечивать технологическую реализацию материалов и элементов электронной техники в приборах и устройствах электроники и нанoeлектроники;	Модели зарождения и роста кристаллов. Основные направления реализации новых полупроводниковых материалов.		Зачет, вопросы... 1. Модели зарождения и роста кристаллов. 2. Основные направления реализации новых полупроводниковых материалов.

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 6 семестре - в форме дифференцированного зачета, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.4, ОПК.8, ПК.1, ПК.2, ПК.5, ПК.8.

Зачет проводится в устной форме, по билетам.

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 6 семестре обязательным этапом текущей аттестации являются расчетно-графическое задание (работа) (РГЗ(Р)), контрольная работа. Требования к выполнению РГЗ(Р), контрольной работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ(Р), контрольной работы.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ОПК.4, ОПК.8, ПК.1, ПК.2, ПК.5, ПК.8, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения

учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра полупроводниковых приборов и микроэлектроники

Паспорт зачета

по дисциплине «Технология производства материалов и изделий электронной техники», 6
семестр

1. Методика оценки

Зачет проводится в устной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1-10, второй вопрос из диапазона вопросов 11-22 (список вопросов приведен ниже). В ходе зачета преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня.

Форма билета для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ Факультет РЭФ

Билет № _____

к зачету по дисциплине «Технология производства материалов и изделий электронной техники»

1. Выращивание кристаллов арсенида галлия методом направленной кристаллизации раствора – расплава
2. Методы очистки полупроводниковых материалов – направленная кристаллизация и зонная плавка

Утверждаю: зав. кафедрой _____ Гайслер В.А.

(подпись)

(дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на билет для зачета считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, оценка составляет менее 10 баллов.
- Ответ на билет) для зачета засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, но допускает несущественные неточности в определениях, оценка составляет 15 баллов.
Ответ на билет для зачета билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, оценка составляет 18 баллов.
- Ответ на билет (тест) для зачета билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если

студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и неточностей в определениях, оценка составляет 20 баллов.

3. Шкала оценки

Зачет считается сданным, если среднее арифметическое количество баллов по всем заданиям билета оставляет не менее 11 баллов (из 20 возможных).

4. Вопросы к зачету по дисциплине “Технология производства материалов и изделий электронной техники “

1. Тигельные методы получения кристаллов полупроводников из расплавов – метод Бриджмена “вертикальный “ и “горизонтальный”, зонная плавка в лодочке.
2. Метод Чохральского.
3. Бестигельные методы получения кристаллов полупроводников из расплавов – метод Вернейля и вытягивание из “капли”.
4. Бестигельные методы получения кристаллов полупроводников из расплавов – вертикальная зонная плавка и вытягивание из “лужи”.
5. Метод получения кристаллов полупроводников из растворов – расплавов путем испарения избыточного летучего компонента.
6. Метод получения кристаллов полупроводников из растворов – расплавов путем повышения концентрации летучего компонента в растворе.
7. Выращивание кристаллов соединения АВ методом направленной кристаллизации раствора – расплава.
8. Жидкофазная эпитаксия. Выбор режимов технологического процесса по диаграммам состояния.
9. Методы очистки полупроводниковых материалов – очистка материалов вакуумной перегонкой.
10. Методы очистки полупроводниковых материалов – дисцилляция и возгонка.
11. Методы очистки полупроводниковых материалов – направленная кристаллизация и зонная плавка.
11. Методы получения объемных монокристаллов арсенида галлия.
12. Термодинамический метод расчета концентраций примесей системы.
13. Свойства твердых растворов на основе соединений A^3B^5 .
14. Свойства твердых растворов на основе соединений A^2B^6 , технология изготовления и области применения.
15. Диаграммы состояния с ограниченной растворимостью в твердой фазе. Вывод уравнения линии ликвидус.
16. Диаграммы состояния с неограниченной растворимостью в твердой и
17. жидкой фазах. Уравнения линии солидус.
18. Эпитаксия. Принцип реакций переноса в замкнутом объеме.
19. Метод реакций переноса в потоке.
20. Основные тенденции развития технологий для усовершенствования вычислительной и измерительной техники.
21. Неизовалентные примеси. Явления компенсации в полупроводниковых материалах.
22. Основные положения термодинамики, связь между физическими и термодинамическими свойствами веществ.

Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Технология производства материалов и изделий электронной техники», 6
семестр

1. Методика оценки

Контрольная работа проводится по темам: диаграммы состояния бинарных и тройных систем, методы очистки простых полупроводников и сложных полупроводниковых соединений. Контрольная работа включает 5 заданий. Выполняется письменно.

2. Критерии оценки

Каждое задание контрольной работы оценивается в соответствии с приведенными ниже критериями.

Контрольная работа считается **невыполненной**, если одно или два задания не раскрыто, а другие ответы не полностью освещают задание. Оценка составляет менее 10 баллов.

Работа выполнена на **пороговом** уровне, если раскрыты все вопросы, но с ошибками в определениях и решениях. Оценка составляет 15 баллов.

Работа выполнена на **базовом** уровне, если ответы по всем позициям верны, но недостаточно полно освещают вопрос. Оценка составляет 18 баллов.

Работа считается выполненной на **продвинутом** уровне, если достаточно полно раскрыты все темы задания и нет ошибок в решениях. Оценка составляет 20 баллов

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за контрольную работу учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Пример варианта контрольной работы

Тема ...Особенности кристаллизации бинарных и тройных систем.

Вариант 1

Вопрос 1 Какие параметры бинарной системы могут быть определены по ходу линии ликвидус?

Вопрос 2. Как определить концентрацию легирующего компонента по известной константе равновесия квазихимической реакции легирования?...

Вопрос 3. Как с помощью “правила рычага” найти соотношение количеств сосуществующих фаз?

Вопрос 4. Для диаграммы состояния с ограниченной растворимостью компонентов в твердой фазе изобразить кривые охлаждения, соответствующие заданным составам.

Вопрос 5. По диаграмме состояния с образованием непрерывного ряда твердых растворов определить составы твердых и жидких фаз, находящихся в равновесии при заданных температурах.

Критерии оценки

Контрольная работа проводится в письменной форме. Студентам предлагается выполнить предложенные задания в письменной форме во время практических занятий за отведенное определенное время. Вопросы связаны с основными понятиями дисциплины, которые изучены как в аудиторное время, так и самостоятельно. Контрольная работа выполняет функцию проверки самостоятельной работы студентов в течение семестра. Максимальное количество баллов – 20.

2.

Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Технология производства материалов и изделий электронной техники», 6
семестр

1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания по дисциплине студенты провести расчеты, относящиеся к технологическим особенностям осуществления процесса синтеза полупроводниковых материалов.

При выполнении расчетно-графического задания студенты должны провести анализ объекта диагностирования, выбрать и обосновать диагностические признаки и параметры, разработать алгоритмы диагностирования.

Обязательные структурные части РГЗ.

- Титульный лист с заданием
- Описание технологического процесса
- Описание теоретического подхода, выбора физико-химических законов, на основе которых будут рассчитываться необходимые параметры.
- Результаты расчетов
- Используемые литературные источники

Оцениваемые позиции:

2. Критерии оценки

- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если части РГЗ(Р) выполнены формально: анализ объекта выполнен без декомпозиции, диагностические признаки недостаточно обоснованы, аппаратные средства не соответствуют современным требованиям, оценка составляет 15-18 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если анализ объекта выполнен в полном объеме, признаки и параметры диагностирования обоснованы, алгоритмы разработаны, но не оптимизированы, аппаратные средства выбраны без достаточного обоснования, оценка составляет 19- 24 баллов.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если анализ объекта выполнен в полном объеме, признаки и параметры диагностирования обоснованы, алгоритмы разработаны и оптимизированы, выбор аппаратных средств обоснован, оценка составляет 25- 30 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ(Р) учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

Примерный перечень тем РГЗ(Р)

Задание 1. Провести оценочный расчет равновесных концентраций примесей в эпитаксиальном арсениде галлия при выращивании в открытом хлоридном процессе.
Задание 2. Моделирование начальных стадий образования слоев полупроводников в зависимости от исходных технологических параметров.....

Задание 3. Рассчитать концентрацию точечных дефектов в полупроводниковых структурах в зависимости от условий

отжига.....

Задание 4. Расчет состава газовой фазы при термообработке оксидного катода.

Задание 5. Расчет состава газовой фазы при химическом осаждении арсенида галлия в системе $\text{GaAs-H}_2\text{O-H}_2$.

Задание 6. Выбрать и обосновать наилучший режим очистки заданного полупроводникового соединения от примеси методом испарения по известной температурной зависимости давления паров.

Задание 7. Определить равновесные концентрации вакансий галлия и мышьяка при эпитаксиальном росте слоев арсенида галлия в открытом хлоридном методе.