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

Основы технологии электронной компонентной базы

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль): **Квантовая и оптическая электроника**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ЭП, Кафедра электронных приборов**
Курс: **4**
Семестр: **8**
Учебный план набора 2016 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	8 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	20	20	часов
2	Практические занятия	18	18	часов
3	Лабораторные работы	16	16	часов
4	Всего аудиторных занятий	54	54	часов
5	Из них в интерактивной форме	12	12	часов
6	Самостоятельная работа	54	54	часов
7	Всего (без экзамена)	108	108	часов
8	Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
9	Общая трудоемкость	144	144	часов
		4.0	4.0	З.Е

Экзамен: 8 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 15658

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 77 от «11» 1 2017 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 «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчики:

доцент каф. ФЭ _____ Чистоедова И. 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. ЭП _____ Шандаров С. М.

Эксперты:

профессор кафедра ЭП _____ Орликов Л. Н.

доцент кафедра ФЭ _____ Чистоедова И. А.

Согласована на портале № 15658

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

Целью освоения дисциплины является получение углубленного профессионального образования по технологии электронной компонентной базы, позволяющего выпускнику обладать предметно-специализированными компетенциями, способствующими востребованности на рынке труда, обеспечивающего возможность быстрого и самостоятельного приобретения новых знаний, необходимых для адаптации и успешной профессиональной деятельности в области микро- и наноэлектроники.

1.2. Задачи дисциплины

– познакомить обучающихся с физическими основами технологии электронной компонентной базы;

– дать информацию о принципах действия основных технологических процессов, применяемых в электронике и наноэлектронике;

– научить методам анализа причин технологического брака электронной компонентной базы и путям его устранения.

–

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Основы технологии электронной компонентной базы» (Б1.В.ОД.1) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Вакуумная и плазменная электроника, Материалы электронной техники, Наноэлектроника, Основы вакуумных технологий, Твердотельная электроника, Твердотельные приборы и устройства, Физика конденсированного состояния, Элементы электронной техники.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

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

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

В результате изучения дисциплины студент должен:

– **знать** физико-технологические основы процессов производства изделий электронной компонентной базы, особенности проведения отдельных технологических операций;

– **уметь** рассчитать физико-технологические режимы проведения технологических процессов для получения активных и пассивных элементов электронной компонентной базы с требуемыми конструктивными и электрофизическими параметрами;

– **владеть** - навыками выбора и применения основных операций технологии создания элементов электронной компонентной базы с учетом их особенностей и конкретных целей; - навыками работы на оборудовании, используемом в производстве элементов электронной компонентной базы.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

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

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		8 семестр
Аудиторные занятия (всего)	54	54
Лекции	20	20
Практические занятия	18	18
Лабораторные работы	16	16

Согласована на портале № 15658

Из них в интерактивной форме	12	12
Самостоятельная работа (всего)	54	54
Выполнение индивидуальных заданий	14	14
Оформление отчетов по лабораторным работам	16	16
Проработка лекционного материала	6	6
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	18	18
Всего (без экзамена)	108	108
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость ч	144	144
Зачетные Единицы	4.0	4.0

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
8 семестр						
1 Современное состояние технологии материалов и приборов макро-, микро- и наноэлектроники	1	0	0	1	2	ПК-8, ПК-9
2 Принципы термодинамического анализа технологических процессов	2	0	0	1	3	ПК-8, ПК-9
3 Физико-химические и физико-технологические основы процессов литографии	2	2	4	7	15	ПК-8, ПК-9
4 Физико-технологические основы процессов легирования	4	8	0	9	21	ПК-8, ПК-9
5 Физико-технологические основы эпитаксиальных процессов	1	0	0	0	1	ПК-8, ПК-9
6 Физико-технологические основы осаждения диэлектрических слоев	1	0	0	0	1	ПК-8, ПК-9
7 Технология плазменных процессов	1	0	0	0	1	ПК-8, ПК-9
8 Физико-химические основы металлизации поверхности структур	1	0	0	0	1	ПК-8, ПК-9
9 Физико-технологические основы технологии формирования пленочных покрытий	4	4	4	9	21	ПК-8, ПК-9
10 Типовые технологические процессы	2	4	8	27	41	ПК-8, ПК-9

Согласована на портале № 15658

изготовления элементов электронной компонентной базы						
11 Технология сборочных процессов	1	0	0	0	1	ПК-8, ПК-9
Итого за семестр	20	18	16	54	108	
Итого	20	18	16	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
8 семестр			
1 Современное состояние технологии материалов и приборов макро-, микро- и наноэлектроники	Цели и задачи курса. Требования к объему знаний по дисциплине. Этапы развития и современное состояние технологии материалов и приборов макро-, микро- и наноэлектроники. Основные процессы технологии электронной компонентной базы. Структура элементов ИМС.	1	ПК-8, ПК-9
	Итого	1	
2 Принципы термодинамического анализа технологических процессов	Общие принципы термодинамического управления равновесными и неравновесными процессами. Управление структурными равновесиями и дефектообразованием в кристаллах. Управление фазовыми и химическими равновесиями в технологических процессах электроники.	2	ПК-8, ПК-9
	Итого	2	
3 Физико-химические и физико-технологические основы процессов литографии	Классификация процессов литографии. Физико-химические и физико-технологические основы процесса фотолитографии. Получение рисунка интегральной схемы методами фото-, рентгено- и электронолитографии. Нанолитография.	2	ПК-8
	Итого	2	
4 Физико-технологические основы процессов легирования	Процессы термодиффузионного легирования. Диффузионные процессы, стимулированные внешними и внутренними факторами. Физические основы процессов термической диффузии и ионной имплантации. Технология диффузии и	4	ПК-8, ПК-9

Согласована на портале № 15658

	оборудование. Контроль параметров легированных слоев. Расчет режимов диффузии и диффузионных профилей легирования. Параметры, влияющие на воспроизводимость результатов. Технологические погрешности при создании диффузионных областей. Модифицирование.		
	Итого	4	
5 Физико-технологические основы эпитаксиальных процессов	Термодинамика и кинетика ориентированного зародышеобразования. Механизм эпитаксии. Методы получения эпитаксиальных структур. Газофазная эпитаксия кремния. Кинетика эпитаксиального роста пленок при осаждении из газовой фазы. Расчет скорости эпитаксии. Автолегирование при эпитаксии. Технология эпитаксиального наращивания пленок и оборудование. Контроль параметров эпитаксиальных пленок. Газофазная эпитаксия из металлоорганических соединений. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Условия получения монокристаллических пленок. Оборудование для МЛЭ.	1	ПК-8, ПК-9
	Итого	1	
6 Физико-технологические основы осаждения диэлектрических слоев	Термическое окисление кремния. Механизм роста и кинетика окисления. Методы окисления и оборудование. Перераспределение легирующих примесей на границе раздела фаз при окислении. Термодинамика и кинетика процессов химического осаждения из газовой фазы. Физико-химические основы химического и плазмохимического осаждения диэлектрических пленок и поликристаллического кремния. Оборудование. Свойства пленок.	1	ПК-8, ПК-9
	Итого	1	
7 Технология плазменных процессов	Взаимодействие энергетических ионов с материалами. Физико-химические процессы в низкотемпературной газоразрядной плазме. Процессы травления и очистки материалов с использованием НГП. Основы ионного травления, плазмохимического травления и ионно-химического травления материалов.	1	ПК-8, ПК-9

Согласована на портале № 15658

	Итого	1	
8 Физико-химические основы металлизации поверхности структур	Выбор материала металлизации и технология металлизации. Анализ отказов по металлизации. Многоуровневая металлизация.	1	ПК-8, ПК-9
	Итого	1	
9 Физико-технологические основы технологии формирования пленочных покрытий	Методы формирования пленочных покрытий. Метод термического испарения в вакууме. Формирование молекулярного потока. Физика термического испарения в вакууме. Скорость конденсации. Механизм испарения соединений и сплавов. Способы испарения. Ионно-плазменное распыление. Физика ионного распыления. Модель ионного распыления. Закономерности распыления. Теория ионного распыления. Скорость осаждения пленок. Получение пленок ионно-плазменным распылением.	4	ПК-8, ПК-9
	Итого	4	
10 Типовые технологические процессы изготовления элементов электронной компонентной базы	Классификация технологических процессов изготовления ИМС. Технология изготовления биполярных ИМС. Технология изготовления МДП ИМС. Технология изготовления тонкопленочной ИМС. Микросборки.	2	ПК-8, ПК-9
	Итого	2	
11 Технология сборочных процессов	Разделение пластин на кристаллы. Методы крепления кристаллов в корпусе прибора. Методы присоединения внешних выводов. Сборка приборов на ленточный носитель. Методы герметизации корпусов приборов.	1	ПК-8, ПК-9
	Итого	1	
Итого за семестр		20	

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	8	9	10	11
Предшествующие дисциплины											
1 Вакуумная и	+					+	+		+		

Согласована на портале № 15658

плазменная электроника											
2 Материалы электронной техники	+			+	+				+		
3 Наноэлектроника				+	+					+	
4 Основы вакуумных технологий						+	+		+		
5 Твердотельная электроника	+			+						+	+
6 Твердотельные приборы и устройства	+									+	
7 Физика конденсированного состояния	+			+						+	
8 Элементы электронной техники	+									+	

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	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	
ПК-8	+	+	+	+	Контрольная работа, Отчет по индивидуальному заданию, Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Расчетная работа
ПК-9	+	+	+	+	Контрольная работа, Отчет по индивидуальному заданию, Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Расчетная работа

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

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

Согласована на портале № 15658

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

Методы	Интерактивные практические занятия	Интерактивные лекции	Всего
8 семестр			
Решение ситуационных задач	6	2	8
Презентации с использованием мультимедиа с обсуждением		4	4
Итого за семестр:	6	6	12
Итого	6	6	12

7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7. 1 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
8 семестр			
3 Физико-химические и физико-технологические основы процессов литографии	Технологический процесс фотолитографии	4	ПК-8, ПК-9
	Итого	4	
9 Физико-технологические основы технологии формирования пленочных покрытий	Осаждение резистивных и проводящих плёнок	4	ПК-8, ПК-9
	Итого	4	
10 Типовые технологические процессы изготовления элементов электронной компонентной базы	Изготовление и исследование тонкопленочных конденсаторов	4	ПК-8, ПК-9
	Изучение погрешности изготовления тонкопленочных резисторов	4	
	Итого	8	
Итого за семестр		16	

8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8. 1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
8 семестр			
3 Физико-химические и физико-технологические основы процессов литографии	Технология получения рисунка интегральных микросхем	2	ПК-8, ПК-9
	Итого	2	
4 Физико-технологические основы процессов легирования	Расчет режимов диффузии и профилей легирования при двухстадийной	4	ПК-8, ПК-9

Согласована на портале № 15658

	диффузии		
	Расчет режимов диффузии и профилей легирования при одностадийной диффузии	4	
	Итого	8	
9 Физико-технологические основы технологии формирования пленочных покрытий	Расчет режимов напыления пленок методом термического испарения в вакууме	2	ПК-8, ПК-9
	Расчет режимов напыления пленок методом ионно-плазменного распыления в вакууме	2	
	Итого	4	
10 Типовые технологические процессы изготовления элементов электронной компонентной базы	Разработка типовых технологических процессов изготовления элементов электронной компонентной базы	4	ПК-8, ПК-9
	Итого	4	
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
8 семестр				
1 Современное состояние технологии материалов и приборов макро-, микро- и наноэлектроники	Проработка лекционного материала	1	ПК-8	Контрольная работа
	Итого	1		
2 Принципы термодинамического анализа технологических процессов	Проработка лекционного материала	1	ПК-8, ПК-9	Опрос на занятиях
	Итого	1		
3 Физико-химические и физико-технологические основы процессов литографии	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-8, ПК-9	Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Экзамен
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	7		
4 Физико-	Подготовка к	4	ПК-8,	Контрольная работа,

Согласована на портале № 15658

технологические основы процессов легирования	практическим занятиям, семинарам		ПК-9	Опрос на занятиях, Расчетная работа, Экзамен
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4		
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	9		
5 Физико-технологические основы эпитаксиальных процессов	Проработка лекционного материала	0	ПК-8, ПК-9	Контрольная работа, Опрос на занятиях, Экзамен
	Итого	0		
6 Физико-технологические основы осаждения диэлектрических слоев	Проработка лекционного материала	0	ПК-8, ПК-9	Контрольная работа, Опрос на занятиях, Экзамен
	Итого	0		
7 Технология плазменных процессов	Проработка лекционного материала	0	ПК-8, ПК-9	Контрольная работа, Экзамен
	Итого	0		
8 Физико-химические основы металлизации поверхности структур	Проработка лекционного материала	0	ПК-8, ПК-9	Контрольная работа, Экзамен
	Итого	0		
9 Физико-технологические основы технологии формирования пленочных покрытий	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-8, ПК-9	Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Экзамен
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2		
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	9		
10 Типовые технологические процессы изготовления элементов электронной компонентной базы	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-8, ПК-9	Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, Экзамен
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Выполнение индивидуальных заданий	14		
	Итого	27		

Согласована на портале № 15658

11 Технология сборочных процессов	Проработка лекционного материала	0	ПК-8, ПК-9	Контрольная работа, Экзамен
	Итого	0		
Итого за семестр		54		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		90		

10. Курсовая работа (проект)

Не предусмотрено РУП

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
8 семестр				
Контрольная работа	10		10	20
Опрос на занятиях	2		2	4
Отчет по индивидуальному заданию	5	5	5	15
Отчет по лабораторной работе			16	16
Расчетная работа	5	5	5	15
Итого максимум за период	22	10	38	70
Экзамен				30
Нарастающим итогом	22	32	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)

Согласована на портале № 15658

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. Технология кремниевой наноэлектроники [Текст] : учебное пособие / Т. И. Данилина, В. А. Кагадей, Е. В. Анищенко ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - 2-е изд. - Томск : ТУСУР, 2015. - 319 с : рис., цв. ил., табл. - Библиогр.: с. 317-318. - ISBN 978-5-86889-713-9 (наличие в библиотеке ТУСУР - 30 экз.)

2. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем [Текст] : учебное пособие для вузов: в 2 ч. / ред. Ю. А. Чаплыгин. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010 - . - (Электроника). - ISBN 978-5-94774-583-2. Ч. 1 : Технологические процессы изготовления кремниевых интегральных схем и их моделирование / М. А. Королев, Т. Ю. Крупкина, М. А. Ревелева. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 397 с. : ил. -). - Библиогр.: с. 397. - ISBN 978-5-94774-336-4 : (наличие в библиотеке ТУСУР - 10 экз.)

12.2. Дополнительная литература

1. Оборудование для создания и исследования свойств объектов наноэлектроники: Учебное пособие / Чистоедова И. А., Данилина Т. И. - 2011. 98 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/547, дата обращения: 18.02.2017.

2. Микроэлектроника: Физические и технологические основы, надежность: Учебное пособие для вузов / И. Е. Ефимов, И. Я. Козырь, Ю. И. Горбунов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1986. - 464 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 53 экз.)

3. Технология микросхем : Учебное пособие для вузов / О. Д. Парфенов. - М. : Высшая школа, 1986. - 318[2] с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 121 экз.)

4. Процессы микро- и нанотехнологии : учебное пособие для вузов / Т. И. Данилина [и др.] ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радио-электроники. - Томск: ТУСУР, 2005. - 316 с. : ил., табл. - Библиогр.: с. 310-313. - ISBN 5-86889-244-5 (наличие в библиотеке ТУСУР - 103 экз.)

5. Микроэлектроника: Физические и технологические основы, надежность: Учебное пособие для вузов / И. Е. Ефимов, И. Я. Козырь, Ю. И. Горбунов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1986. - 464 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 52 экз.)

12.3 Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Данилина Т.И., Сахаров Ю.В. Технология тонкопленочных микросхем : Методические указания по выполнению лабораторных работ. – Томск: ТУСУР, 2007. – 63 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 30 экз.)

2. Технология тонкопленочных микросхем : учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе для студентов специальности 210104 "Микроэлектроника и твердотельная электроника" / Т. И. Данилина, И. А. Чистоедова ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск : ТУ-СУР, 2007. - 73 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 50 экз.)

3. Процессы микро- и нанотехнологии : учебно-методическое пособие по аудиторным

Согласована на портале № 15658

практическим занятиям и самостоятельной работе для студентов специальности 210104 "Микроэлектроника и твердотельная электроника" / К. И. Смирнова ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра физической электроники. - Томск : ТУСУР, 2007. - 53 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 47 экз.)

12.3.2 Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

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

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

12.4. Базы данных, информационно-справочные, поисковые системы и требуемое программное обеспечение

1. Офисные программы Microsoft Office или Open Office.
2. Математический пакет MathCad или Mathematica

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

13.1. Общие требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

13.1.1. Материально-техническое обеспечение для лекционных занятий

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

13.1.2. Материально-техническое обеспечение для практических занятий

Для проведения практических (семинарских) занятий используется учебная аудитория, с количеством посадочных мест не менее 30, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью

13.1.3. Материально-техническое обеспечение для лабораторных работ

Для проведения лабораторных занятий используется учебно-исследовательская лаборатория, расположенная по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 1 этаж, ауд. 116. Состав оборудования: Учебная мебель; Установка вакуумного напыления УВН2М-1 – 3 шт. Лабораторное оборудование и приборы: – микроскоп МБС-9 – 4 шт. – микроскоп стерео МС-1 – 5 шт. – микроинтерферометр МИИ-4 – 1 шт. – измеритель иммитанса Е7-20 – 1 шт. – мультиметр ЕДС-128 – 4 шт. – микроскоп ММУ-3У – 1 шт. Лабораторный макет – 4-х зондовый метод измерения удельного сопротивления.

13.1.4. Материально-техническое обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используется учебная аудитория (компьютерный класс), расположенная по адресу 634034, г. Томск, ул. Вершинина, 74, 1 этаж, ауд. 100. Состав оборудования: учебная мебель; компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 4 шт.; компьютеры подключены к сети ИНТЕРНЕТ и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

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

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

Согласована на портале № 15658

При обучении студентов **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями слуха, мобильной системы обучения для студентов с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой обучаются студенты с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

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

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

14. Фонд оценочных средств

14.1. Основные требования к фонду оценочных средств и методические рекомендации

Фонд оценочных средств и типовые контрольные задания, используемые для оценки сформированности и освоения закрепленных за дисциплиной компетенций при проведении текущей, промежуточной аттестации по дисциплине приведен в приложении к рабочей программе.

14.2 Требования к фонду оценочных средств для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с инвалидностью предусмотрены дополнительные оценочные средства, перечень которых указан в таблице.

Таблица 14 – Дополнительные средства оценивания для студентов с инвалидностью

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

14.3 Методические рекомендации по оценочным средствам для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

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

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

Согласована на портале № 15658

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

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

Для лиц с нарушениями зрения:

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

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 15658

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

Основы технологии электронной компонентной базы

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль): **Квантовая и оптическая электроника**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ЭП, Кафедра электронных приборов**
Курс: **4**
Семестр: **8**

Учебный план набора 2016 года

Разработчики:

- доцент каф. ФЭ Чистоедова И. А.

Экзамен: 8 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 15658

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
ПК-9	готовностью организовывать метрологическое обеспечение производства материалов и изделий электронной техники	Должен знать физико-технологические основы процессов производства изделий электронной компонентной базы, особенности проведения отдельных технологических операций;; Должен уметь рассчитать физико-технологические режимы проведения технологических процессов для получения активных и пассивных элементов электронной компонентной базы с требуемыми конструктивными и электрофизическими параметрами; ; Должен владеть - навыками выбора и применения основных операций технологии создания элементов электронной компонентной базы с учетом их особенностей и конкретных целей; - навыками работы на оборудовании, используемом в производстве элементов электронной компонентной базы. ;
ПК-8	способностью выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники	

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций на всех этапах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий 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	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми	Работает при прямом наблюдении

Согласована на портале № 15658

уровень)		для выполнения простых задач	

2 Реализация компетенций

2.1 Компетенция ПК-9

ПК-9: готовностью организовывать метрологическое обеспечение 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 3.

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	Должен знать основы метрологии, основные методы и средства измерения физических величин, приемы обработки и представления экспериментальных данных.	Должен уметь применять методы и средства измерения физических величин, учитывать современные тенденции развития электроники и измерительной техники в своей профессиональной деятельности.	Должен владеть приемами обработки и оценки погрешности результатов измерений, правилами представления экспериментальных данных
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Лабораторные работы; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Опрос на занятиях; • Расчетная работа; • Экзамен;	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Опрос на занятиях; • Расчетная работа; • Экзамен;	• Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Расчетная работа; • Экзамен;

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)	• • знает основы метрологии, основные методы и средства измерения физических величин; • • знает	• • умеет применять методы и средства измерения физических величин ; • • умеет, учитывать современные тенденции	• • владеет практическими навыками определения погрешностей приборов;; • • выбором методики

Согласована на портале № 15658

	разнообразные приемы обработки и представления экспериментальных данных ;	развития электроники и измерительной техники в своей профессиональной деятельности; • • умеет вычислять доверительные вероятности погрешностей измерений;	измерений;; • • владеет современными приемами обработки и оценки погрешности результатов измерений, правилами представления экспериментальных данных;
Хорошо (базовый уровень)	• • знает основы метрологии, основные методы и средства измерения физических величин,; • • знает основные приемы обработки и представления экспериментальных данных;	• • умеет применять методы и средства измерения физических величин; • • умеет вычислять доверительные вероятности погрешностей измерений;	• • владеет практическими навыками определения погрешностей приборов;; • • выбором методики измерений; • владеет основными приемами обработки и оценки погрешности результатов измерений, правилами представления экспериментальных данных;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• • знает основы метрологии, основные методы и средства измерения физических величин,; • • знает базовые приемы обработки и представления экспериментальных данных;	• • умеет применять методы и средства измерения физических величин;	• • владеет приемами обработки и оценки погрешности результатов измерений, правилами представления экспериментальных данных;

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	физико-технологические основы процессов производства материалов и изделий электронной компонентной базы, особенности проведения отдельных технологических	рассчитать физико-технологические режимы для получения активных и пассивных элементов электронной компонентной базы с требуемыми конструктивными и	навыками выбора и применения основных операций технологии создания элементов электронной компонентной базы с учетом их особенностей и конкретных целей;

Согласована на портале № 15658

	операций	электрофизическими параметрами	навыками работы на оборудовании, используемом в производстве элементов электронной компонентной базы
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Лабораторные работы; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Опрос на занятиях; • Расчетная работа; • Экзамен;	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Опрос на занятиях; • Расчетная работа; • Экзамен;	• Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Расчетная работа; • Экзамен;

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)	• знает физико-технологические основы процессов производства материалов и изделий электронной компонентной базы; • знает современные технологии создания электронной компонентной базы; • знает особенности проведения отдельных технологических операций;	• умеет оценить влияние технологических режимов на выходные параметры электронного изделия; • умеет рассчитать физико-технологические режимы для получения активных и пассивных элементов электронной компонентной базы с требуемыми конструктивными и электрофизическими параметрами;	• способен самостоятельно выбрать и применить технологические операции для создания элементов электронной компонентной базы с учетом их особенностей и конкретных целей; • владеет навыками работы на оборудовании, используемом в производстве элементов электронной компонентной базы;
Хорошо (базовый уровень)	• знает физико-технологические основы процессов производства	• умеет рассчитать физико-технологические режимы для получения	• владеет навыками выбора и применения основных операций технологии создания

Согласована на портале № 15658

	материалов и изделий электронной компонентной базы; • знает базовые технологии создания электронной компонентной базы; • знает особенности проведения отдельных технологических операций;	активных и пассивных элементов электронной компонентной базы с требуемыми конструктивными и электрофизическими параметрами;	элементов электронной компонентной базы с учетом их особенностей и конкретных целей; • владеет навыками работы на оборудовании, используемом в производстве элементов электронной компонентной базы;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• имеет представление о физико-технологических основах процессов производства материалов и изделий электронной компонентной базы; • ознакомлен с основными технологическими процессами создания электронной компонентной базы;	• применяет методы расчета физико-технологические режимов ;	• способен выбирать технологические операции для создания элементов электронной компонентной базы; • владеет навыками работы на оборудовании, используемом в производстве элементов электронной компонентной базы;

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

– Тема индивидуального задания № 1: Технология изготовления фрагмента полупроводниковой ИМС. Расчет режимов и профиля распределения примеси. Варианты контрольной работы приведены в учебно-методическом пособии

– Тема индивидуального задания № 2: Технология изготовления фрагмента пленочной ИМС. Расчет режимов получения пленок. Варианты контрольной работы приведены в учебно-методическом пособии

3.2 Темы опросов на занятиях

– 1). Технология получения рисунка интегральных микросхем 2). Технология изготовления фотошаблонов 3). Расчет режимов напыления пленок методом термического испарения в вакууме 4). Расчет режимов напыления пленок методом ионно-плазменного распыления в вакууме 5). Расчет технологической погрешности изготовления элементов ИМС 6). Разработка технологического маршрута изготовления тонкопленочных ИМС

– 1). Литография в технологии микро- и наноэлектронике 2). Расчет технологических режимов для создания изоляции ИМС 3). Разработка типовых технологических процессов изготовления полупроводниковых приборов и ИМС

3.3 Экзаменационные вопросы

– 1. Физико-химические процессы очистки поверхности подложек. 2. Условия получения монокристаллических пленок. 3. Механизм роста и кинетика окисления кремния. 4. Физические основы процесса термической диффузии. 5. Технология эпитаксиального наращивания пленок и оборудование. 6. Технология изготовления диффузионных элементов 7. Технологический процесс

Согласована на портале № 15658

изготовления биполярных ИМС по эпитаксиально-планарной технологии 8. Технологический процесс изготовления МДП ИС на комплементарных транзисторах 9. Технология изготовления биполярной ИМС по полипланарной технологии 10. Выбор метода получения рисунка интегральных микросхем 11. Технология металлизации полупроводниковых ИМС 12. Химическое осаждение из газовой фазы. 13. Литографические процессы. Разрешающая способность литографии. 14. Технологический процесс изготовления резистивной матрицы 15. Получение пленок методом термического испарения 16. Технологический процесс изготовления RC-схемы 17. Получение пленок методом ионно-плазменного распыления 18. Технология сборочных процессов

3.4 Темы контрольных работ

– Тема контрольной работы № 1: Технология литографических и плазменных процессов. Варианты контрольной работы приведены в учебно-методическом пособии

– Тема контрольной работы № 2: Технология формирования тонкопленочных покрытий Варианты контрольной работы приведены в учебно-методическом пособии

3.5 Темы расчетных работ

– Процесс изготовления полупроводниковых ИМС

– Технология изготовления фрагмента пленочной ИМС. Расчет режимов получения пленок.

3.6 Темы лабораторных работ

– Технологический процесс фотолитографии
– Осаждение резистивных и проводящих плёнок
– Изготовление и исследование тонкопленочных конденсаторов
– Изучение погрешности изготовления тонкопленочных резисторов

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 фор-мирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

4.1. Основная литература

1. Технология кремниевой наноэлектроники [Текст] : учебное пособие / Т. И. Данилина, В. А. Кагадей, Е. В. Анищенко ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - 2-е изд. - Томск : ТУСУР, 2015. - 319 с : рис., цв. ил., табл. - Библиогр.: с. 317-318. - ISBN 978-5-86889-713-9 (наличие в библиотеке ТУСУР - 30 экз.)

2. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем [Текст] : учебное пособие для вузов: в 2 ч. / ред. Ю. А. Чаплыгин. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010 - . - (Электроника). - ISBN 978-5-94774-583-2. Ч. 1 : Технологические процессы изготовления кремниевых интегральных схем и их моделирование / М. А. Королев, Т. Ю. Крупкина, М. А. Ревелева. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 397 с. : ил. -). - Библиогр.: с. 397. - ISBN 978-5-94774-336-4 : (наличие в библиотеке ТУСУР - 10 экз.)

4.2. Дополнительная литература

1. Оборудование для создания и исследования свойств объектов наноэлектроники: Учебное пособие / Чистоедова И. А., Данилина Т. И. - 2011. 98 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/547, свободный.

2. Микроэлектроника: Физические и технологические основы, надежность: Учебное пособие для вузов / И. Е. Ефимов, И. Я. Козырь, Ю. И. Горбунов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1986. - 464 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 53 экз.)

3. Технология микросхем : Учебное пособие для вузов / О. Д. Парфенов. - М. : Высшая школа, 1986. - 318[2] с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 121 экз.)

4. Процессы микро- и нанотехнологии : учебное пособие для вузов / Т. И. Данилина [и др.] ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем

Согласована на портале № 15658

управления и радио-электроники. - Томск: ТУСУР, 2005. - 316 с. : ил., табл. - Библиогр.: с. 310-313. - ISBN 5-86889-244-5 (наличие в библиотеке ТУСУР - 103 экз.)

5. Микроэлектроника: Физические и технологические основы, надежность: Учебное пособие для вузов / И. Е. Ефимов, И. Я. Козырь, Ю. И. Горбунов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1986. - 464 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 52 экз.)

4.3. Обязательные учебно-методические пособия

1. Данилина Т.И., Сахаров Ю.В. Технология тонкопленочных микросхем : Методические указания по выполнению лабораторных работ. – Томск: ТУСУР, 2007. – 63 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 30 экз.)
2. Технология тонкопленочных микросхем : учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе для студентов специальности 210104 "Микроэлектроника и твердотельная электроника" / Т. И. Данилина, И. А. Чистоедова ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск : ТУ-СУР, 2007. - 73 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 50 экз.)
3. Процессы микро- и нанотехнологии : учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе для студентов специальности 210104 "Микроэлектроника и твердотельная электроника" / К. И. Смирнова ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра физической электроники. - Томск : ТУСУР, 2007. - 53 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 47 экз.)

4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. Офисные программы Microsoft Office или Open Office.
2. Математический пакет MathCad или Mathematica

Согласована на портале № 15658