Б.1.В.ОД.12

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
_____ **П. Е. Троян**
«_9_» _____08_____ 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ

Направление(я) подготовки (специальность): 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств»
Профиль: Проектирование и технология электронно-вычислительных средств
Форма обучения: очная
Факультет Безопасности (ФБ)
Кафедра Комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем (КИБЭВС)
Курс 3 **Семестр 5**

Учебный план набора 2013 года и последующих лет

Распределение рабочего времени:

№	Виды учебной работы	Семестр 5	Всего	Единицы
1.	Лекции	18	18	часов
2.	Лабораторные работы	16	16	часов
3.	Практические занятия	18	18	часов
4.	Курсовой проект/работа (КРС) (аудиторная)	Не предусмотрено		часов
5.	Всего аудиторных занятий (Сумма 1-4)	52	52	часов
6.	Из них в интерактивной форме	12	12	часов
7.	Самостоятельная работа студентов (СРС)	56	56	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	ЗЕТ

Экзамен 5 семестр

Томск 2016

Согласована на портале № 7010

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 71 от «30» 6 2016 г.

Лист согласований

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств, утвержденного Приказом Минобрнауки России от 06.03.2015 № 178, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры физической электроники «30» 06 2016 г., протокол №71.

Разработчик
Ассистент кафедры ФЭ _____ /Ю.С. Жидик/

Зав. кафедрой ФЭ, профессор _____ /П.Е. Троян/

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

Декан ФБ _____ /Е.М. Давыдова/

Зав. профилирующей кафедрой КИБЭВС _____ /А.А. Шелупанов/

Зав. выпускающей кафедрой КИБЭВС _____ /А.А. Шелупанов/

Эксперты:

Методист каф. ФЭ, доцент _____ /И. А. Чистоедова/

Методист факультета ФБ _____ /М.А. Сопов /

Согласована на портале № 7010

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является изучение студентами комплекса теоретических и практических знаний, позволяющих им ориентироваться в современном производстве интегральных микросхем.

Задачи дисциплины:

– сформировать общее представление о современном производстве интегральных микросхем;

– продемонстрировать основные используемые операции, необходимые в производстве интегральных микросхем;

– рассмотреть подходы к расчету и моделированию технологических процессов, используемых в производстве интегральных микросхем.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

В соответствии с основной образовательной программой дисциплина «Технология производства интегральных микросхем» относится к дисциплинам вариативной части профессионального цикла (Б1.В.ОД.12).

Дисциплина базируется на знаниях, полученных по математике, физике, химии, физическим основам микро- и наноэлектроники, материалам и компонентам электронных средств.

Знания, полученные при освоении дисциплины, будут использованы при изучении дисциплин: «Технология производства электронных средств», «Проектирование интегральных микросхем и микропроцессоров», «Моделирование технологических процессов и приборов в микро- и наноэлектронике».

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Изучение дисциплины направлено на формирование у бакалавров следующих *профессиональных* (ПК) компетенций:

– способностью моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования (ПК-1);

– готовностью проводить эксперименты по заданной методике, анализировать результаты, составлять обзоры, отчеты (ПК-3).

3.2. В результате изучения дисциплины бакалавр должен:

знать:

– физико-химические основы технологических процессов, используемых при производстве интегральных микросхем, основные технологические методы и приемы, их сравнительные характеристики; связь параметров технологических режимов с выходными параметрами ИМС;

– методы расчета и моделирования технологических процессов, используемых в производстве интегральных микросхем;

уметь:

– выбирать оптимальные технологические процессы, их последовательности и контрольно-измерительные операции, необходимые для производства интегральных микросхем;

– производить численные расчеты и моделирование базовых технологических операций, необходимых для производства интегральных микросхем;

– анализировать результаты производимых расчетов;

владеть:

– навыками реализации современных способов нанесения, удаления и модифицирования материалов при создании элементной базы микросистем; навыками работы на оборудовании, используемом в производстве интегральных микросхем;

– методами моделирования и расчета параметров базовых технологических операций, необходимых для производства интегральных микросхем.

Согласована на портале № 7010

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		5
Аудиторные занятия (всего)	**52**	**52**
В том числе:	-	
Лекции	18	18
Лабораторные работы	16	16
Практические занятия	18	18
Самостоятельная работа (всего)	**56**	**56**
В том числе:	-	
Проработка лекционного материала	4	4
Подготовка к лабораторным работам	16	16
Выполнение практических заданий	9	9
Выполнение и защита индивидуальных заданий ИЗ-1, ИЗ-2	23	23
Подготовка к контрольным работам КР-1, КР-2	4	4
Подготовка к экзамену	36	36
Общая трудоемкость, час	**144**	**144**
Зачетные Единицы Трудоемкости	**4**	**4**

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самост. работа студента	Всего час	Формируемые компетенции (ОК, ПК, ПСК)
1.	Введение, цели и задачи дисциплины	1	-	-	-	1	ПК-1, ПК-3
2.	Структура элементов. Выбор материала подложек	1	2	-	4	7	ПК-1, ПК-3
3.	Легирование полупроводников при изготовлении элементов ИМС	4	4	4	15	27	ПК-1, ПК-3
4.	Эпитаксия	1	-	-	5	6	ПК-1, ПК-3
5.	Диэлектрические пленки в полупроводниковых ИМС	1	2	-	5	8	ПК-1, ПК-3
6.	Металлизация полупроводниковых ИМС	1	-	-	5	6	ПК-1, ПК-3
7.	Получение топологического рисунка ИМС	2	2	4	10	18	ПК-1, ПК-3
8.	Типовые технологические процессы изготовления биполярных и МДП ИМС	2	2	-	15	19	ПК-1, ПК-3
9.	Плёночные ИМС. Методы осаждения пленок в вакууме	2	4	4	15	25	ПК-1, ПК-3
10.	Элементы тонкопленочных ИМС	1	-	4	5	10	ПК-1, ПК-3
11.	Технологические процессы изготовления тонкопленочных ИМС	1	2	-	12	15	ПК-1, ПК-3
12.	Сборка и герметизация ИМС	1	-	-	1	2	ПК-1, ПК-3

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

№ п/п	Наименование разделов	Содержание разделов	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции (ОК, ПК, ПСК)
1.	Введение, цели и задачи дисциплины	Цели и задачи курса. Требования к объему знаний по дисциплине. Классификация интегральных микросхем: полупроводниковые на биполярных и МДП – транзисторах, тонкопленочные и гибридные ИМС. Степень интеграции ИМС. Активные и пассивные элементы ИМС. Список рекомендуемой литературы.	1	ПК-1, ПК-3
2.	Структура элементов. Выбор	Структура элементов полупроводниковых ИМС. Выбор материала подложек ИМС. Механическая,	1	ПК-1, ПК-3

Согласована на портале № 7010

	материала подложек	механохимическая и физическая обработка подложек. Химическая, электрохимическая и ионно-плазменная очистка подложек. Контроль степени чистоты.		
3.	Легирование полупроводников при изготовлении элементов ИМС	Физические основы процессов термической диффузии. Технология диффузии и оборудование. Контроль параметров легированных слоев. Расчет режимов диффузии и диффузионных профилей легирования. Параметры, влияющие на воспроизводимость результатов. Физика процесса ионного легирования Радиационные дефекты и их отжиг. Достоинства и недостатки ионного легирования.	4	ПК-1, ПК-3
4.	Эпитаксия	Механизм эпитаксии. Газофазная эпитаксия кремния. Автолегирование при эпитаксии. Технология эпитаксиального наращивания пленок и оборудование. Контроль параметров эпитаксиальных пленок. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Условия получения монокристаллических пленок.	1	ПК-1, ПК-3
5.	Диэлектрические пленки в полупроводниковых ИМС	Термическое окисление кремния. Механизм роста и кинетика окисления. Методы окисления и оборудование. Получение диэлектриков методом химического осаждения.	1	ПК-1, ПК-3
6.	Металлизация полупроводниковых ИМС	Выбор материала металлизации и технология металлизации. Анализ отказов по металлизации. Многоуровневая металлизация. Технология получения контактов.	1	ПК-1, ПК-3
7.	Получение топологического рисунка ИМС	Классификация процессов литографии. Физико-химические основы процесса фотолитографии. Фоторезисты. Фотошаблоны. Технологические операции фотолитографии. Методы и технология формирования рисунка интегральных микросхем	2	ПК-1, ПК-3
8.	Типовые технологические процессы изготовления биполярных и МДП ИМС	Классификация технологических процессов изготовления ИМС. Технология изготовления биполярных ИМС. Технология изготовления МДП ИМС.	2	ПК-1, ПК-3
9.	Пленочные ИМС. Методы осаждения пленок в вакууме	Подложки плёночных ИМС. Методы осаждения пленочных слоев – термическое испарение в вакууме и ионно-плазменное распыление. Физика процессов. Расчет параметров осаждения.	2	ПК-1, ПК-3
10.	Элементы тонкопленочных ИМС	Подложки. Тонкопленочные резисторы, конденсаторы, индуктивности. Выбор материалов. Проводники и контактные площадки.	1	ПК-1, ПК-3
11.	Технологические процессы изготовления тонкопленочных ИМС	Формирование тонкопленочных ИМС с применением прямых и обратных контактных масок.	1	ПК-1, ПК-3
12.	Сборка и герметизация ИМС	Виды контактов. Присоединение выводов. Сварка, пайка. Корпусирование ИМС. Перспективы развития микроэлектроники.	1	ПК-1, ПК-3

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 из табл.5.1, для которых необходимо изучение обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Предшествующие дисциплины													
1.	математика		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2.	физика		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3.	химия		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4.	Физические основы микро- и	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Согласована на портале № 7010

	наноэлектроники												
5.	Материалы и компоненты электронных средств	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Последующие дисциплины													
1	Технология производства электронных средств	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2	Проектирование интегральных микросхем и микропроцессоров	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3	Моделирование технологических процессов и приборов в микро- и наноэлектронике	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

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

Перечень компетенций	Виды занятий				Формы контроля
	Л	ПЗ	Лаб	СРС	
ПК-1	+	+	+	+	Опрос на лекциях. Защита индивидуального задания. Защита отчетов по практическим занятиям. Защита отчетов по лабораторным занятиям. Контрольная работа.
ПК-3	+	+	+	+	Опрос на лекциях. Защита индивидуального задания. Защита отчетов по практическим занятиям. Защита отчетов по лабораторным занятиям. Контрольная работа.

6. МЕТОДЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

Методы \ Формы	Лекции (час)	Практические занятия (час)	Лабораторные работы (час)	Всего
Работа в команде			4	4
Опрос на лекциях	4			4
Исследовательский метод		4		4
Итого интерактивных занятий	4	4	4	12

7. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика лабораторных работ	Трудоемкость (час.)	Компетенции ОК, ПК, ПСК
1.	3	Технология получения диффузионных *p-n* переходов	4	ПК-1, ПК-3
2.	7	Технологический процесс фотолитографии	4	ПК-1, ПК-3
3.	9	Осаждение резистивных и проводящих плёнок	4	ПК-1, ПК-3
4.	9-10	Изготовление и исследование тонкопленочных конденсаторов	4	ПК-1, ПК-3

8. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ (СЕМИНАРЫ)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (час.)	Компетенции ОК, ПК, ПСК
1.	2	Подложки полупроводниковых ИМС. Маркировка и параметры подложек. Структуры элементов.	2	ПК-1, ПК-3
2.	3	Расчет режимов диффузии и моделирование профилей легирования при двухстадийной диффузии	2	ПК-1, ПК-3
3.	3	Расчет режимов диффузии и моделирование профилей легирования при одностадийной диффузии	2	ПК-1, ПК-3
4.	5	Расчет режимов окисления	2	ПК-1, ПК-3
5.	8	Разработка и моделирование типовых технологических процессов изготовления полупроводниковых приборов и ИМС	2	ПК-1, ПК-3
6.	7	Технология получения рисунка интегральных микросхем	2	ПК-1, ПК-3
7.	9	Расчет режимов напыления пленок методом термического испарения в вакууме	2	ПК-1, ПК-3
8.	9	Расчет режимов напыления пленок методом ионно-плазменного	2	ПК-1, ПК-3

Согласована на портале № 7010

		распыления в вакууме		
9.	**10-12**	Разработка технологического маршрута изготовления тонкопленочных ИМС	2	ПК-1, ПК-3

9. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика самостоятельной работы *(детализация)*	Трудо-емкость (час.)	Компетенции ОК, ПК, ПСК	Контроль выполнения работы
1.	**2-12**	Проработка лекционного материала	4	ПК-3	Опрос на лекциях
2.	**2-12**	Проработка лекционного материала при подготовке к практическим занятиям	9	ПК-1, ПК-3	Отчеты по практическим работам
3.	**2-12**	Проработка лекционного материала при подготовке к контрольным работам	4	ПК-1, ПК-3	Результаты контрольных работ
4.	**3, 7, 9-10**	Подготовка к лабораторным работам	16	ПК-1, ПК-3	Отчеты по лабораторным работам
4.	**2-12**	Выполнение и защита индивидуальных заданий ИЗ-1, ИЗ-2	23	ПК-1, ПК-3	Защита индивидуальных заданий
5.	**2-12**	Подготовка и сдача экзамена	36	ПК-1, ПК-3	Оценка за экзамен

Тематика индивидуальных заданий:

Тема индивидуального задания № 1: *Технология изготовления фрагмента полупроводниковой ИМС. Расчет режимов и профиля распределения примеси.*

Варианты приведены в учебно-методическом пособии (п.12.3.1).

Тема индивидуального задания № 2: *Технология изготовления фрагмента пленочной ИМС. Расчет режимов получения пленок.*

Варианты приведены в учебно-методическом пособии (п.12.3.2).

Тематика контрольных работ:

Тема контрольной работы № 1: *Технология изготовления полупроводниковых ИМС* (Разделы 2-8 рабочей программы). Варианты контрольной работы приведены в учебно-методическом пособии (п.12.3.1).

Тема контрольной работы № 2: *Технология изготовления пленочных ИМС* (Разделы 9-12 рабочей программы). Варианты контрольной работы приведены в учебно-методическом пособии (п.12.3.2).

Учебно-методические пособия содержат варианты заданий для контрольных работ и индивидуальных заданий. Для самостоятельного изучения рекомендуется список литературы и приводятся справочные материалы.

10. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ)

(не предусмотрено)

11. РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ

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
Опросы на лекциях	2	2	2	**6**
Выполнение и защита индивидуальных заданий	5	5	5	**15**
Контрольные работы	7		7	**14**
Защита лабораторных работ		7	7	**14**
Отчеты по практическим занятиям	5	5	5	**15**
Компонент своевременности	2	2	2	**6**
Итого максимум за период:	**22**	**19**	**29**	**70**
Сдача экзамена (максимум)				**30**
Нарастающим итогом	**22**	**41**	**70**	**100**

Согласована на портале № 7010

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)

Вопросы для подготовки к экзамену:

1. Технология изготовления диффузионных элементов
2. Технологический процесс изготовления биполярных ИМС по эпитаксиально-планарной технологии
3. Технологический процесс изготовления МДП ИС на комплементарных транзисторах
4. Технология изготовления биполярной ИМС по полипланарной технологии
5. Выбор метода получения рисунка интегральных микросхем
6. Технология металлизации полупроводниковых ИМС
7. Технологический процесс изготовления резистивной матрицы
8. Получение пленок методом термического испарения
9. Технологический процесс изготовления RC-схемы
10. Технологический процесс изготовления МДП ИМС с n-канальными транзисторами

Согласована на портале № 7010

12. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

12.1 Основная литература

12.1.1. Технология кремниевой наноэлектроники: учебное пособие / Т.И. Данилина, В.А. Кагадей, Е.В. Анищенко. – 2-е изд. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2015. – 319 с. – ISBN 978-5-86889-713-9 (30 экз.)

12.1.2. Технология тонкопленочных микросхем: учебное пособие / Т. И. Данилина. - Томск: ТУСУР, 2012. - 151 с. [электронный ресурс].- адрес: http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&%E2%88%93view=article&id=231

12.1.3. Процессы микро- и нанотехнологии: учебное пособие / К.И.Смирнова. – Томск: ТУСУР, 2012. – 183 с. [электронный ресурс].- адрес: http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=240

12.2 Дополнительная литература

12.2.1. 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. (54 экз.)

12.2.2. Технология микроэлектронных устройств: Справочник / З. Ю. Готра. - М.: Радио и связь, 1991. - 528 с. - ISBN 5-256-00699-1. (45 экз.)

12.2.3. Процессы микро- и нанотехнологии: Учебное пособие / К.И.Смирнова. – Томск: ТУСУР, 2007. – 180 с. (51 экз.)

12.2.4. Технология СБИС : Учебное пособие / Т. И. Данилина, В. А. Кагадей. - Томск : ТУСУР, 2007. - 287 с. (51 экз.)

12.3 Учебно-методические пособия и программное обеспечение

12.3.1. 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. (47 экз.)

12.3.2. 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 : ТУСУР, 2007. - 73 с. (50 экз.)

12.3.3. Данилина Т.И., Чистоедова И.А. Технология тонкопленочных микросхем. Учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе для студентов специальности 210104 «Микроэлектроника и твердотельная электроника». Томск: ТУСУР, 2007 . – [электронный ресурс] .- адрес:
http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&%E2%88%93view=article&id=231

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

13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации программы учебной дисциплины требуется аудитория, оснащенная мультимедийным проектором.

Лабораторные работы проводятся в специализированной лаборатории кафедры Физической электроники, оснащенной вакуумным технологическим оборудованием.

Согласована на портале № 7010

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

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

Утверждаю:
Директор ФБ
_____ П. Е. Троян

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ

Уровень основной образовательной программы бакалавриат

Направления подготовки 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств»

Профиль Проектирование и технология электронно-вычислительных средств

Форма обучения очная

Факультет безопасности (ФБ)

Кафедра Комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем (КИБЭВС)

Курс 3 **Семестр** 5

Учебный план набора 2013 года и последующих лет.

Экзамен 5 **семестр**

Разработчик:

Ассистент кафедры ФЭ _____ / Ю. С. Жидик

Томск 2016

Согласована на портале № 7010

1. ВВЕДЕНИЕ

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе учебной дисциплины «Технология производства интегральных микросхем» 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 производства интегральных микросхем» используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной «Технология производства интегральных микросхем» компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции
ПК-1	способностью моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования	*знать* физико-химические основы технологических процессов, используемых при производстве интегральных микросхем *знать* методы расчета и моделирования технологических процессов, используемых в производстве интегральных микросхем *уметь* производить численные расчеты и моделирование базовых технологических операций, необходимых для производства интегральных микросхем *уметь* анализировать результаты производимых расчетов *владеть* методами моделирования и расчета параметров базовых технологических операций, необходимых для производства интегральных микросхем
ПК-3	готовностью проводить эксперименты по заданной методике, анализировать результаты, составлять обзоры, отчеты	*знать* основные технологические методы и приемы, их сравнительные характеристики *знать* связь параметров технологических режимов с выходными параметрами ИМС *уметь* выбирать оптимальные технологические процессы, их последовательности и контрольно-измерительные операции, необходимые для производства интегральных микросхем *владеть* навыками реализации современных способов нанесения, удаления и модифицирования материалов при создании элементной базы микросистем *владеть* навыками работы на оборудовании, используемом в производстве интегральных микросхем

2. РЕАЛИЗАЦИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

2.1 Компетенция ПК-1

ПК-1 способностью моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования

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* физико-химические основы технологических процессов, используемых при производстве интегральных микросхем *знает* методы расчета и	*умеет* производить численные расчеты и моделирование базовых технологических операций, необходимых для производства интегральных	*владеет* методами моделирования и расчета параметров базовых технологических операций, необходимых для производства интегральных

Согласована на портале № 7010

	моделирования технологических процессов, используемых в производстве интегральных микросхем	микросхем *умеет* анализировать результаты производимых расчетов	микросхем
Виды занятий	Лекции; Практические занятия;	Практические занятия; Лабораторные работы; Индивидуальные задания; Самостоятельная работа	Практические занятия; Лабораторные работы
Используемые средства оценивания	Опрос на лекции; Практическое задание (защита); Контрольная работа; Индивидуальное задание (защита); Лабораторная работа (защита); Экзамен	Практическое задание (выполнение, оформление); Индивидуальное задание (выполнение, оформление); Лабораторная работа (выполнение, оформление)	Практическое задание (защита); Лабораторная работа (защита); 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 технологических процессов, используемых при производстве интегральных микросхем *знает* методы расчета и моделирования технологических процессов, используемых в	*свободно производит* численные расчеты и моделирование базовых технологических операций, необходимых для производства интегральных микросхем *умеет* анализировать результаты производимых расчетов	*свободно владеет* методами моделирования и расчета параметров базовых технологических операций, необходимых для производства интегральных микросхем *способен организовать* работу в междисциплинарной команде;

Согласована на портале № 7010

	производстве интегральных микросхем *аргументирует* выбор метода расчета и моделирования технологических процессов, используемых в производстве интегральных микросхем и умеет его применять на практике *графически иллюстрирует* решенную задачу		*демонстрирует способность* корректно давать оценку проделанной работе;
Хорошо (базовый уровень)	*знает* физико-химические основы технологических процессов, используемых при производстве интегральных микросхем *знает* методы расчета и моделирования технологических процессов, используемых в производстве интегральных микросхем *имеет* представление о связи между параметрами технологических процессов, используемые при производстве интегральных микросхем и результатом проведения технологического процесса *аргументирует* выбор и план решения задачи	*самостоятельно подбирает* и готовит для эксперимента необходимое оборудование; *применяет* методы решения нетиповых задач; *умеет* составить технологический маршрут базовых операций, необходимых для производства интегральных микросхем	*владеет* разными способами представлениями информации; *владеет навыками* работы в междисциплинарной команде;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	*дает* определения основных понятий; *распознает* основные типы технологических процессов, используемых при производстве интегральных микросхем; *знает* физико-химические основы технологических процессов, используемых при производстве интегральных микросхем	*умеет* работать со справочной литературой; *использует* приборы, указанные в описании лабораторной работы; *умеет* представлять результаты своей работы	*владеет* терминологией в предметной области знания; *владеет* навыками практической работы с приборами, указанными в описании лабораторных работ

2.2 Компетенция ПК-3

ПК-3 готовностью проводить эксперименты по заданной методике, анализировать результаты, составлять обзоры, отчеты

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* основные технологические методы и	*умеет* выбирать оптимальные	*владеет* навыками реализации современных

Согласована на портале № 7010

	приемы, их сравнительные характеристики *знает* связь параметров технологических режимов с выходными параметрами ИМС	технологические процессы, их последовательности и контрольно-измерительные операции, необходимые для производства интегральных микросхем	способов нанесения, удаления и модифицирования материалов при создании элементной базы микросистем *владеет* навыками работы на оборудовании, используемом в производстве интегральных микросхем
Виды занятий	Лекции; Практические занятия; Групповые консультации	Практические занятия; Лабораторные работы; Индивидуальное задание; Самостоятельная работа	Практические занятия; Лабораторные работы
Используемые средства оценивания	Опрос на лекции; Практическое задание (защита); Контрольная работа; Индивидуальное задание (защита); Лабораторная работа (защита); Экзамен	Практическое задание (выполнение, оформление); Индивидуальное задание (выполнение, оформление); Лабораторная работа (выполнение, оформление)	Практическое задание (защита); Лабораторная работа (защита); 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)	*знает* основные технологические методы и приемы, их сравнительные характеристики *понимает* связь параметров технологических режимов с выходными параметрами ИМС *аргументирует* выбор технологического режима *физически аргументирует* выбор и план решения задачи; *графически иллюстрирует* задачу	*свободно применяет* методы решения нетиповых задач; *умеет* выбирать оптимальные технологические процессы, их последовательности и контрольно-измерительные операции, необходимые для производства интегральных микросхем	*свободно владеет* навыками реализации современных способов нанесения, удаления и модифицирования материалов при создании элементной базы микросистем *способен организовать* работу в междисциплинарной команде; *демонстрирует способность* корректно давать оценку проделанной работе; *владеет* навыками работы на оборудовании, используемом в производстве интегральных микросхем
Хорошо (базовый уровень)	*распознает* основные технологические методы и приемы, их сравнительные характеристики *знает* связь параметров технологических режимов с выходными параметрами ИМС *аргументирует* выбор решения задачи;	*самостоятельно подбирает* и готовит для эксперимента необходимое оборудование; *применяет* методы решения нетиповых задач; *умеет* выбирать оптимальные технологические процессы	*владеет* разными способами представлениями информации; *владеет навыками* работы в междисциплинарной команде; *способен классифицировать* технологические методы и приемы

Согласована на портале № 7010

	составляет план решения задачи		
Удовлетворительно (пороговый уровень)	*дает* определения основных понятий; *распознает* основные технологические методы и приемы;	*умеет* работать со справочной литературой; *использует* приборы, указанные в описании лабораторной работы; *умеет* представлять результаты своей работы	*владеет* терминологией в предметной области знания; *владеет* навыками практической работы с приборами, указанными в описании лабораторных работ

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: контрольные работы, индивидуальные задания, практические задания, лабораторные работы, самостоятельная работа, экзамен.

Согласована на портале № 7010

3.1 Типовые контрольные работы

КР-1. Технология изготовления полупроводниковых ИМС

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР)

Кафедра комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем (КИБЭВС)

Дисциплина «Технология производства интегральных схем»
Контрольная работа № 1
«Технология изготовления полупроводниковых ИМС»

Вариант 0

1. Указать параметры подложки марки:

$$100\frac{7КЭС1{,}0\,/\,5КЭМ5}{300КДБ10}$$

2. Рассчитать количество донорной примеси фосфора, внедряемое в кремний из бесконечного источника при температуре 1100°С за 30 мин.

3. Пленка кремния осаждается путем восстановления 1 % тетрахлорида кремния в потоке водорода при температуре 1300 К. Какова эффективность процесса, если отношение кремния к хлору на входе равно 0,25.

4. Определить время получения пленки двуокиси кремния толщиной 1,2 мкм в парах воды при температуре 1000°С.

Составил:
ассистент каф. ФЭ, Ю. С. Жидик

КР-2. Технология изготовления пленочных ИМС

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР)

Кафедра комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем (КИБЭВС)

Дисциплина «Технология производства интегральных схем»
Контрольная работа № 2
«Технология изготовления пленочных ИМС»

Вариант 0

1. Рассчитать скорость испарения алюминия при температуре выше условной на 15 %. Для алюминия: A = 11,11; B = 15630; M=27; Тусл=1423 К.

2. Рассчитать параметры проекционной системы для получения размера элемента b = 1 мкм.

3. Выбрать материалы для тонкопленочных резисторов с сопротивлением 0,5 кОм. Рассчитать геометрию резисторов и погрешность изготовления.

4. Как выбрать минимальную толщину диэлектрика для тонкопленочного конденсатора?

Составил:
ассистент каф. ФЭ, Ю. С. Жидик

Согласована на портале № 7010

3.3 Типовые индивидуальные задания

ИЗ-1. Технология изготовления фрагмента полупроводниковой ИМС. Расчет режимов и профиля распределения примеси.

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР)

Кафедра комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем (КИБЭВС)

Дисциплина «Технология производства интегральных схем»
Индивидуальное задание № 1
«Технология изготовления фрагмента полупроводниковой ИМС. Расчет режимов и профиля распределения примеси»

Вариант 0

Рассчитать режимы диффузии при формировании легированных областей.

При выполнении задания следует выбрать технологию диффузии I и диффузии II, рассчитать время диффузии в известном диапазоне температур и рекомендовать температуру и время каждой стадии диффузии. Рассчитать и построить профили распределения примесей в заданной структуре, используя проведенные расчеты режимов диффузии.

Исходные данные: подложка КЭФ-1; параметры диффузии I: $R_{\square}$= 160 Ом/□, x_{pn}= 2,7 мкм; параметры диффузии II: $R_{\square}$= 6 Ом/□, x_{pn}= 1,3 мкм.

Составил:
ассистент каф. ФЭ, Ю. С. Жидик

ИЗ-2. Технология изготовления фрагмента пленочной ИМС. Расчет режимов получения пленок.

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР)

Кафедра комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем (КИБЭВС)

Дисциплина «Технология производства интегральных схем»
Индивидуальное задание № 2
«Технология изготовления фрагмента пленочной ИМС. Расчет режимов получения пленок.»

Вариант 0

Представить техпроцесс изготовления RC-схемы. Резисторы – тантал, проводники – алюминий; конденсатор: тантал – окись тантала – алюминий. Предложить способы получения пленок.

Рассчитать время напыления пленок алюминия методом ионноплазменного распыления.

Составил:
ассистент каф. ФЭ, Ю. С. Жидик

Согласована на портале № 7010

3.4 Типовые лабораторные работы

1. Технология получения диффузионных p-n переходов
2. Технологический процесс фотолитографии
3. Осаждение резистивных и проводящих плёнок
4. Изготовление и исследование тонкопленочных конденсаторов

3.5 Типовые темы самостоятельной работы

1. Структура и симметрия кристаллов. Обратная решетка.
2. Дифракция рентгеновских лучей. Твердое тело – как газ квазичастиц. Тепловые колебания решетки.
3. Тепловые и упругие свойства кристаллов.
4. Основы зонной теории.
5. Оптические, диэлектрические и магнитные свойства твердых тел.
6. Фазовые переходы. Дефекты в кристаллах. Сверхтекучесть и сверхпроводимость.

3.6 Типовые экзаменационные вопросы

1. Технология изготовления диффузионных элементов
2. Технологический процесс изготовления биполярных ИМС по эпитаксиально-планарной технологии
3. Технологический процесс изготовления МДП ИС на комплементарных транзисторах
4. Технология изготовления биполярной ИМС по полипланарной технологии
5. Выбор метода получения рисунка интегральных микросхем
6. Технология металлизации полупроводниковых ИМС
7. Технологический процесс изготовления резистивной матрицы
8. Получение пленок методом термического испарения
9. Технологический процесс изготовления RC-схемы
10. Технологический процесс изготовления МДП ИМС с n-канальными транзисторами

Пример типового экзаменационного билета:

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР)

Кафедра комплексной информационной безопасности элек-
тронно-вычислительных систем (КИБЭВС)

Дисциплина «Технология производства интегральных схем»
Экзаменационный билет №0

1. Технология изготовления диффузионных элементов
2. Получение пленок методом термического испарения
3. Выбор метода получения рисунка интегральных микросхем

Составил:
ассистент каф. ФЭ, Ю. С. Жидик

Утвердил:
Зав. каф. КИБЭВС, профессор, д.т.н. А. А. Шелупанов

Согласована на портале № 7010

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

4.1 Основная литература

1. Технология кремниевой наноэлектроники: учебное пособие / Т.И. Данилина, В.А. Кагадей, Е.В. Анищенко. – 2-е изд. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2015. – 319 с. – ISBN 978-5-86889-713-9 (30 экз.)

2 Технология тонкопленочных микросхем: учебное пособие / Т. И. Данилина. - Томск: ТУСУР, 2012. - 151 с. [электронный ресурс].- адрес: http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&%E2%88%93view=article&id=231

3 Процессы микро- и нанотехнологии: учебное пособие / К.И.Смирнова. – Томск: ТУСУР, 2012. – 183 с. [электронный ресурс].- адрес: http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=240

4.2 Дополнительная литература

1. 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. (54 экз.)

2. Технология микроэлектронных устройств: Справочник / З. Ю. Готра. - М.: Радио и связь, 1991. - 528 с. - ISBN 5-256-00699-1. (45 экз.)

3. К.И.Смирнова. Процессы микро- и нанотехнологии. Учебное пособие – Томск: ТУСУР, 2007. – 180 с. (51 экз.)

4. Технология СБИС : учебное пособие / Т. И. Данилина, В. А. Кагадей. - Томск : ТУСУР, 2007. - 287 с. (51 экз.)

4.3 Учебно-методические пособия и программное обеспечение

1. 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. (47 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 : ТУСУР, 2007. - 73 с. (50 экз.)

3. Данилина Т.И., Чистоедова И.А. Технология тонкопленочных микросхем. Учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе для студентов специальности 210104 «Микроэлектроника и твердотельная электроника». Томск: ТУСУР, 2007 . – [электронный ресурс] .- адрес: http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&%E2%88%93view=article&id=231

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

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. «Научно-образовательный портал ТУСУР» [Электронный ресурс]: научно-образовательный портал университета. – Режим доступа: http://edu.tusur.ru/

Согласована на портале № 7010