

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

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



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
Документ подписан электронной подписью

Сертификат: 1с6сfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820
Владелец: Троян Павел Ефимович
Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

16 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ

Уровень основной образовательной программы бакалавриат

Направления подготовки 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника»

Направленность (профиль) программы Нанотехнологии в электронике и микросистемной технике

Форма обучения очная

Факультет электронной техники (ФЭТ)

Кафедра физической электроники (ФЭ)

Курс 3 Семестр 6

Учебный план набора 2015 года.

Распределение рабочего времени:

| № | Виды учебной работы | Семестр 1 | Семестр 2 | Семестр 3 | Семестр 4 | Семестр 5 | Семестр 6 | Семестр 7 | Семестр 8 | Всего | Единицы |
|-----|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|---------|
| 1. | Лекции | | | | | | 34 | | | 34 | часа |
| 2. | Лабораторные работы | | | | | | 16 | | | 16 | часов |
| 3. | Практические занятия | | | | | | 20 | | | 20 | часов |
| 4. | Курсовой проект/работа (КРС) (аудиторная) | | | | | | - | | | - | часов |
| 5. | Всего аудиторных занятий (Сумма 1-4) | | | | | | 70 | | | 70 | часов |
| 6. | Из них в интерактивной форме | | | | | | 10 | | | 10 | часов |
| 7. | Самостоятельная работа студентов (СРС) | | | | | | 38 | | | 38 | часов |
| 8. | Всего (без экзамена) (Сумма 5,7) | | | | | | 108 | | | 108 | часов |
| 9. | Самост. работа на подготовку, сдачу экзамена | | | | | | 36 | | | 36 | часов |
| 10. | Общая трудоемкость (Сумма 8,9) | | | | | | 144 | | | 144 | часов |
| | (в зачетных единицах) | | | | | | 4 | | | 4 | ЗЕ |

Экзамен 6 семестр

Томск 2016

Лист согласований

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» (квалификация (степень) бакалавр), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 6 марта 2015 г. № 177, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры физической электроники от «30» 06 2016 г., протокол № 71.

Разработчик:

Доцент кафедры ФЭ

И.А. Чистоедова / И.А. Чистоедова

Заведующий кафедрой

Профессор кафедры ФЭ

П.Е. Троян / П.Е. Троян

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

Декан ФЭТ

А.И. Воронин / А.И. Воронин

Зав. профилирующей
кафедрой ФЭ

П.Е. Троян / П.Е. Троян

Зав. выпускающей
кафедрой ФЭ

П.Е. Троян / П.Е. Троян

Эксперты:

Председатель методической
комиссии факультета ФЭТ

И.А. Чистоедова / И.А. Чистоедова

Председатель методической
комиссии кафедры ФЭ

И.А. Чистоедова / И.А. Чистоедова

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование базовых знаний в области технологии электронной компонентной базы, позволяющего выпускнику обладать предметно-специализированными компетенциями.

Данная учебная дисциплина имеет перед собой задачу показать физическую сущность используемых в микро- и нанoeлектронике технологических процессов и привить обучающемуся комплексный научный подход к выбору методов и процессов формирования электронной компонентной базы.

Результатом обучения должно быть приобретение компетенций по основным, базовым процессам технологии для применения их в научных исследованиях, разработке и производстве изделий микро- и нанoeлектроники, микросистемной техники.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Место дисциплины в структуре ООП: дисциплина относится к вариативной части блока 1 (Б1.В.ОД.6) образовательной программы подготовки бакалавров по профилю «Нанотехнологии в электронике и микросистемной технике» направления 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника».

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: "Материалы электронной техники", "Физические основы электроники", "Физика конденсированного состояния", «Физика пленочных наноструктур».

Знания, полученные по освоению дисциплины, необходимы при изучении дисциплин "Проектирование электронной компонентной базы микроэлектроники и микросистемной техники", "Технология кремниевой нанoeлектроники", «Процессы микро- и нанотехнологии».

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Изучение дисциплины направлено на формирование у бакалавров следующих профессиональных (ПК) и профессионально-специализированных (ПСК) компетенций:

- готовностью использовать базовые технологические процессы и оборудование, применяемые в производстве материалов, компонентов нано- и микросистемной техники (ПК-8);
- готовность работать на современном технологическом оборудовании, используемом в производстве материалов и компонентов нано- и микросистемной техники (ПК-10);
- готовностью к применению современных технологических процессов и технологического оборудования на этапах разработки и производства изделий микро- и нанoeлектроники, твердотельной электроники и микросистемной техники (ПСК-2).

3.2. В результате изучения дисциплины бакалавр 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 зачетных единиц.

| Вид учебной работы | Всего часов | Семестры |
|---|-------------|------------|
| | | 6 |
| Аудиторные занятия (всего) | 70 | 70 |
| В том числе: | | - |
| Лекции | 34 | 34 |
| Лабораторные работы | 16 | 16 |
| Практические занятия | 20 | 20 |
| Самостоятельная работа (всего) | 38 | 38 |
| В том числе: | | - |
| Проработка лекционного материала | 4 | 4 |
| Подготовка к лабораторным работам | 12 | 12 |
| Выполнение практических заданий | 4 | 4 |
| Выполнение и защита индивидуальных заданий ИЗ-1, ИЗ-2 | 14 | 14 |
| Подготовка к контрольным работам КР-1, КР-2 | 4 | 4 |
| Подготовка к экзамену | 36 | 36 |
| Общая трудоемкость, час | 144 | 144 |
| Зачетные Единицы | 4 | 4 |

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Разделы дисциплин и виды занятий

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | Самост. работа студента | Всего час | Формируемые компетенции (ОК, ПК, ПСК) |
|-------|--|--------|----------------------|---------------------|-------------------------|-----------|---------------------------------------|
| 1. | Введение, цели и задачи дисциплины | 2 | - | - | 2 | 4 | ПК-8, ПК-10, ПСК-2 |
| 2. | Производственная чистота, гигиена и безопасность | 2 | - | - | 2 | 4 | ПК-8, ПК-10, ПСК-2 |
| 3. | Литографические процессы в технологии электронных средств | 6 | 6 | 4 | 14 | 30 | ПК-8, ПК-10, ПСК-2 |
| 4. | Технология плазменных процессов | 4 | 2 | - | 2 | 8 | ПК-8, ПК-10, ПСК-2 |
| 5. | Технология формирования тонкопленочных покрытий методом термического испарения в вакууме | 6 | 4 | 4 | 12 | 26 | ПК-8, ПК-10, ПСК-2 |
| 6. | Ионно-плазменные методы получения тонких пленок | 6 | 4 | 4 | 12 | 26 | ПК-8, ПК-10, ПСК-2 |
| 7. | Технология формирования тонкопленочных ИМС | 4 | 2 | 4 | 14 | 24 | ПК-8, ПК-10, ПСК-2 |
| 8. | Технологические процессы изготовления тонкопленочных ИМС | 2 | 2 | - | 10 | 14 | ПК-8, ПК-10, ПСК-2 |
| 9. | Технология сборочных процессов | 2 | - | - | 6 | 8 | ПК-8, ПК-10, ПСК-2 |

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. Этапы развития и современное состояние технологии материалов и приборов макро-, микро- и нанoeлектроники. Основные процессы технологии электронной компонентной базы. | 2 | ПК-8, ПК-10, ПСК-2 |
| 2. | Производственная чистота, гигиена и безопасность | Чистые помещения: классификация производственных помещений по чистоте воздушной среды и микроклимату, источники загрязнений, способы обеспечения и поддержания чистоты. Вакуум: глубина вакуума, средства откачки и методы контроля. Технологические среды: чистота материалов, воды, газовых сред и жидкостей. Аппаратура и элементы газовых и жидкостных систем. Базовые операции очистки жидких и газообразных сред. Очистка поверхности пластин. Безопасность работы в чистых помещениях: токсичные, взрывоопасные и пожароопасные среды. Утилизация отходов. | 2 | ПК-8, ПК-10, ПСК-2 |
| 3. | Литографические процессы в технологии электронных средств | Классификация процессов литографии. Физико-химические основы процесса фотолитографии. Материалы фоторезистов и их свойства. Способы экспонирования: контактная фотолитография, фотолитография с зазором, проекционная ФЛ. Технология изготовления фотошаблонов (ФШ). Погрешности изготовления ФШ. Оптические эффекты при фотолитографии. Методы и технология формирования рисунка интегральных схем. | 6 | ПК-8, ПК-10, ПСК-2 |
| 4. | 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. | 4 | ПК-8, ПК-10, ПСК-2 |
| 5. | Технология формирования тонкопленочных покрытий методом термического испарения в вакууме | Формирование молекулярного потока. Физика термического испарения в вакууме. Скорость конденсации. Механизм испарения соединений и сплавов. Способы испарения | 6 | ПК-8, ПК-10, ПСК-2 |
| 6. | Ионно-плазменные методы получения тонких пленок | Физика ионного распыления. Модель ионного распыления. Закономерности распыления. Теория ионного распыления. Скорость осаждения пленок. Получение пленок ионно-плазменным распылением. | 6 | ПК-8, ПК-10, ПСК-2 |
| 7. | Технология формирования тонкопленочных ИМС | Подложки. Тонкопленочные резисторы, конденсаторы, индуктивности. Выбор материалов. Технологические погрешности. Проводники и контактные площадки. | 4 | ПК-8, ПК-10, ПСК-2 |
| 8. | Технологические процессы изготовления тонкопленочных ИМС | Формирование тонкопленочных ИМС с применением прямых и обратных контактных масок. | 2 | ПК-8, ПК-10, ПСК-2 |
| 9. | 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. | 2 | ПК-8, ПК-10, ПСК-2 |

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 | |
| Предшествующие дисциплины | | | | | | | | | | | |
| 1. | Материалы электронной техники | | + | + | + | + | + | + | + | + | |
| 2. | Физические основы электроники | + | | + | + | + | + | + | + | + | |
| 3. | Физика конденсированного состояния | | + | + | + | + | + | + | + | + | |
| 4. | Физика пленочных наноструктур | + | + | + | + | + | + | + | + | + | |
| Последующие дисциплины | | | | | | | | | | | |
| 1. | Технология кремниевой нанoeлектроники | + | + | + | + | + | + | + | + | + | |
| 2. | Проектирование электронной компонентной базы микроэлектроники и микросистемной техники | + | + | + | + | + | + | + | + | + | |
| 3. | Процессы микро- и нанотехнологии | + | + | + | + | + | + | + | + | + | |

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

| Перечень компетенций | Виды занятий | | | | Формы контроля |
|----------------------|--------------|----|-----|-----|---|
| | Л | ПЗ | Лаб | СРС | |
| ПК-8 | + | + | + | + | Опрос на лекциях. Защита индивидуального задания. Защита отчетов по практическим занятиям. Защита отчетов по лабораторным занятиям. Контрольная работа. |
| ПК-10 | + | + | + | + | Опрос на лекциях. Защита индивидуального задания. Защита отчетов по практическим занятиям. Защита отчетов по лабораторным занятиям. Контрольная работа. |
| ПСК-2 | + | + | + | + | Опрос на лекциях. Защита индивидуального задания. Защита отчетов по лабораторным занятиям. Защита отчетов по практическим занятиям. Контрольная работа. |

6. МЕТОДЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

| Методы | Формы | Лекции (час) | Лабораторные работы (час) | Всего |
|-----------------------------|-------|--------------|---------------------------|-------|
| Работа в команде | | | 6 | 6 |
| Опрос на лекциях | | 4 | | 4 |
| Итого интерактивных занятий | | 4 | 6 | 10 |

7. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

| № п/п | № раздела дисциплины | Тематика лабораторных работ | Трудоёмкость (час.) | Компетенции ОК, ПК, ПСК |
|-------|----------------------|---|---------------------|-------------------------|
| 1. | 3 | Технологический процесс фотолитографии | 4 | ПК-8, ПК-10, ПСК-2 |
| 2. | 5-8 | Осаждение резистивных и проводящих плёнок | 4 | ПК-8, ПК-10, ПСК-2 |
| 3. | 5-8 | Изготовление и исследование тонкопленочных конденсаторов | 4 | ПК-8, ПК-10, ПСК-2 |
| 4. | 7 | Изучение погрешности изготовления тонкопленочных резисторов | 4 | ПК-8, ПК-10, ПСК-2 |

8. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ (СЕМИНАРЫ)

| № п/п | № раздела дисциплины | Тематика практических занятий | Трудоемкость (час.) | Компетенции ОК, ПК, ПСК |
|-------|----------------------|--|---------------------|-------------------------|
| 1. | 3 | Технология получения рисунка интегральных микросхем | 6 | ПК-8, ПК-10, ПСК-2 |
| 2. | 3 | Технология изготовления фотошаблонов | 2 | ПК-8, ПК-10, ПСК-2 |
| 3. | 5 | Расчет режимов напыления пленок методом термического испарения в вакууме | 4 | ПК-8, ПК-10, ПСК-2 |
| 4. | 6 | Расчет режимов напыления пленок методом ионно-плазменного распыления в вакууме | 4 | ПК-8, ПК-10, ПСК-2 |
| 5. | 7 | Расчет технологической погрешности изготовления элементов ИМС | 2 | ПК-8, ПК-10, ПСК-2 |
| 6. | 8-9 | Разработка технологического маршрута изготовления тонкопленочных ИМС | 2 | ПК-8, ПК-10, ПСК-2 |

9. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

| № п/п | № раздела дисциплины | Тематика самостоятельной работы (детализация) | Трудоемкость (час.) | Компетенции ОК, ПК, ПСК | Контроль выполнения работы |
|-------|----------------------|---|---------------------|-------------------------|--------------------------------|
| 1. | 1-9 | Проработка лекционного материала | 4 | ПК-8, ПК-10, ПСК-2 | Опрос на лекциях |
| 2. | 3, 5-9 | Проработка лекционного материала при подготовке к практическим занятиям | 4 | ПК-8, ПК-10, ПСК-2 | Отчеты по практическим работам |
| 3. | 1-9 | Проработка лекционного материала при подготовке к контрольным работам | 4 | ПК-8, ПК-10, ПСК-2 | Результаты контрольных работ |
| 4. | 3, 5-8 | Подготовка к лабораторным работам | 12 | ПК-8, ПК-10, ПСК-2 | Отчеты по лабораторным работам |
| 5. | 1-9 | Выполнение и защита индивидуальных заданий ИЗ-1, ИЗ-2 | 14 | ПК-8, ПК-10, ПСК-2 | Защита индивидуальных заданий |
| 6. | 1-9 | Подготовка и сдача экзамена | 36 | ПК-8, ПК-10, ПСК-2 | Оценка за экзамен |

Тематика индивидуальных заданий:

Тема индивидуального задания № 1:

Технология формирования тонкопленочных покрытий

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

Тема индивидуального задания № 2:

Технология изготовления фрагмента пленочной ИМС. Расчет режимов получения пленок.

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

Тема контрольной работы № 1: *Технология литографических и плазменных процессов* (Разделы 2-4 рабочей программы). Варианты контрольной работы приведены в учебно-методическом пособии (п.12.3.2).

Тема контрольной работы № 2: *Технология формирования тонкопленочных покрытий* (Разделы 5-9 рабочей программы). Варианты контрольной работы приведены в учебно-методическом пособии (п.12.3.2).

Учебно-методическое пособие 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 |
|--|--|---|---|------------------|
| Выполнение и защита индивидуальных заданий | 5 | 5 | 5 | 15 |
| Контрольные работы | 10 | | 10 | 20 |
| 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 |

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) |
| 65 – 69 | | |
| 3 (удовлетворительно) (зачтено) | 60 – 64 | E (посредственно) |
| 2 (неудовлетворительно), (не зачтено) | Ниже 60 баллов | F (неудовлетворительно) |

Вопросы для подготовки к экзамену:

- 1 Технологические среды. Базовые операции очистки жидких и газообразных сред. Очистка поверхности пластин.
- 2 Литографические процессы. Разрешающая способность литографии.
- 3 Физико-химические основы процесса фотолитографии. Материалы фоторезистов и их свойства.
- 4 Способы экспонирования: контактная фотолитография, фотолитография с зазором, проекционная ФЛ.
- 5 Технология изготовления фотошаблонов (ФШ). Погрешности изготовления ФШ.
- 6 Оптические эффекты при фотолитографии.
- 7 Методы и технология формирования рисунка интегральных схем.
- 8 Физика термического испарения в вакууме. Получение пленок методом термического испарения.
- 9 Термическое испарение в вакууме. Скорость конденсации. Параметры, определяющие скорость конденсации.
- 10 Механизм испарения соединений и сплавов. Способы испарения.
- 11 Физика ионного распыления. Скорость распыления. Скорость осаждения пленок.
- 12 Модель ионного распыления. Коэффициент распыления. Зависимость коэффициента распыления от различных параметров.
- 13 Получение пленок ионно-плазменным распылением.
- 14 Технология плазменных процессов. Взаимодействие энергетических ионов с материалами.
- 15 Технологический процесс изготовления резистивной матрицы.
- 16 Технологический процесс изготовления RC-схемы.
- 17 Технология сборочных процессов.

12. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

12.1 Основная литература

12.1.1. Технология тонкопленочных микросхем : учебное пособие / Т. И. Данилина ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра физической электроники. - Томск : ТУСУР, 2012. - 151 с. - [электронный ресурс] .- адрес: http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&%E2%88%93view=article&id=231

12.1.2. Данилина Т.И., Кагадей В.А., Анищенко Е.В. Технология кремниевой наноэлектроники: Учебное пособие. – Томск: В-Спектр, 2011. – 263 с. - [электронный ресурс] .- адрес: http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&%E2%88%93view=article&id=231

12.2 Дополнительная литература

12.2.1. Данилина Т.И., Чистоедова И.А. Оборудование для создания и исследования свойств объектов наноэлектроники : Учебное пособие / Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. – Томск : 2010. – 100 с. : ил. - [электронный ресурс] .- адрес:

http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&%E2%88%93view=article&id=231

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

12.2.3. 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 : (10 экз)

12.2.4. 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. (52 экз.)

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

12.2.6. Технология микроэлектронных устройств: Справочник / З. Ю. Готра. - М.: Радио и связь, 1991. - 528 с. - ISBN 5-256-00699-1. (46 экз.)

12.2.7. Тонкопленочные микросхемы для приборостроения и вычислительной техники : / В. Д. Гимпельсон, Ю. А. Радионов. - М. : Машиностроение, 1976. - 328 с. (42 экз.)

12.3 Учебно-методические пособия и программное обеспечение

12.3.1. 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.)

12.3.2. 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

12.3.3. 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.

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 компетенции |
|-------|---|--|
| ПК-8 | готовностью использовать базовые технологические процессы и оборудование, применяемые в производстве материалов и компонентов нано-микросистемной техники | Должен знать физико-технологические основы процессов производства материалов и компонентов нано- и микросистемной техники, особенности проведения отдельных технологических операций. Должен уметь рассчитать физико-технологические режимы для получения активных и пассивных элементов электронной компонентной базы с требуемыми конструктивными и электрофизическими параметрами. Должен владеть навыками выбора и применения основных технологических операций и оборудования для создания элементов электронной компонентной базы с учетом их особенностей и конкретных целей. |
| ПК-10 | готовностью работать на современном технологическом оборудовании, используемом в производстве материалов и компонентов нано-микросистемной техники | Должен знать современное технологическое оборудование, используемое в производстве материалов и компонентов микро- и наносистемной техники. Должен уметь выбирать технологическое оборудование для конкретного применения. Должен владеть навыками работы на технологическом оборудовании, используемом в производстве |

| | | |
|--------------|---|---|
| | | электронной компонентной базы. |
| ПСК-2 | готовностью к применению современных технологических процессов и технологического оборудования на этапах разработки и производства изделий микро- и нанoeлектроники, твердотельной электроники и микросистемной техники | <p>Должен знать современные технологические процессы и оборудование, используемые на этапах разработки и производства изделий микро- и нанoeлектроники, твердотельной электроники и микросистемной техники.</p> <p>Должен уметь обосновать выбор технологических процессов и методов для достижения поставленной технологической цели.</p> <p>Должен владеть методами для решения технологических задач микро-, нанoeлектроники и микросистемной техники.</p> |

2 Реализация компетенций

1 Компетенция ПК-8

ПК-8: готовностью использовать базовые технологические процессы и оборудование, применяемые в производстве материалов, компонентов микро- и микросистемной техники

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 2.

Таблица 2– Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

| 1. Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|--------------------------|---|---|--|
| Содержание этапов | Знает физико-технологические основы процессов производства материалов и компонентов микро- и наносистемной техники, особенности проведения отдельных технологических операций | Умеет рассчитать физико-технологические режимы для получения активных и пассивных элементов электронной компонентной базы с требуемыми конструктивными и электрофизическими параметрами | Владеет навыками выбора и применения основных технологических операций и оборудования для создания элементов электронной компонентной базы с учетом их особенностей и конкретных целей |
| Виды занятий | <ul style="list-style-type: none"> • Лекции; • Практические | <ul style="list-style-type: none"> • Практические занятия; | <ul style="list-style-type: none"> • Лабораторные работы; |

| | | | |
|----------------------------------|---|---|---|
| | занятия; <ul style="list-style-type: none"> • Индивидуальные задания | <ul style="list-style-type: none"> • Лабораторные работы; • Самостоятельная работа студентов | <ul style="list-style-type: none"> • Практические занятия |
| Используемые средства оценивания | <ul style="list-style-type: none"> • Тест; • Контрольные работы; • Защита индивидуального задания; • Выполнение практических заданий • Экзамен | <ul style="list-style-type: none"> • Выполнение практических заданий • Оформление отчетности и защита лабораторных работ; • Оформление и защита индивидуального задания; • Контрольные работы | <ul style="list-style-type: none"> • Выполнение лабораторных работ и защита отчетов • Защита практических заданий, • Экзамен |

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 3.

Таблица 3 – 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 | Работает при прямом наблюдении |

| | | | |
|--|--|-----------------------------|--|
| | | выполнения простых задач | |
|--|--|-----------------------------|--|

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|---------------------------|--|--|--|
| Отлично (высокий уровень) | <ul style="list-style-type: none"> • знает физико-технологические основы процессов производства материалов и компонентов микро- и наносистемной техники, • знает современные технологии создания электронной компонентной базы; • знает особенности проведения отдельных технологических операций | <ul style="list-style-type: none"> • 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 | <ul style="list-style-type: none"> • 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) | <ul style="list-style-type: none"> • знает физико-технологические основы процессов производства материалов и компонентов микро- и наносистемной техники, • знает базовые технологии | <ul style="list-style-type: none"> • умеет рассчитать физико-технологические режимы для получения активных и пассивных элементов электронной компонентной базы с | <ul style="list-style-type: none"> • владеет навыками выбора и применения основных технологических операций для создания элементов электронной компонентной базы с учетом |

| | | | |
|---|---|--|---|
| | <p>создания электронной компонентной базы;</p> <ul style="list-style-type: none"> • знает особенности проведения отдельных технологических операций | <p>требуемыми конструктивным и электрофизическими параметрами</p> | <p>их особенностей и конкретных целей;</p> <ul style="list-style-type: none"> • владеет навыками работы на оборудовании, используемом в производстве материалов и компонентов микро- и наносистемной техники |
| <p>Удовлетворительно (пороговый уровень)</p> | <ul style="list-style-type: none"> • имеет представление о физико-технологических основах процессов производства материалов и компонентов микро- и наносистемной техники; • ознакомлен с основными технологическими процессами создания электронной компонентной базы | <ul style="list-style-type: none"> • применяет методы расчета физико-технологические режимов для создания изделий электронной компонентной базы | <ul style="list-style-type: none"> • способен выбрать технологические операции для создания элементов электронной компонентной базы; • владеет навыками работы на оборудовании, используемом в производстве элементов электронной компонентной базы |

2 Компетенция ПК-10

ПК-10: готовностью работать на современном технологическом оборудовании, используемом в производстве материалов и компонентов микро- и наносистемной 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

| 2. Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Содержание этапов | Знает современное технологическое оборудование, используемое в производстве материалов и компонентов микро- и наносистемной техники. | Умеет выбирать технологическое оборудование для конкретного применения. | Владеет навыками работы на технологическом оборудовании, используемом в производстве электронной компонентной базы |
| Виды занятий | <ul style="list-style-type: none"> • Лекции; • Практические занятия; • Индивидуальные задания • Самостоятельная работа студентов | <ul style="list-style-type: none"> • Практические занятия; • Лабораторные работы | <ul style="list-style-type: none"> • Лабораторные работы; • Практические занятия |
| Используемые средства оценивания | <ul style="list-style-type: none"> • Тест; • Контрольные работы; • Защита индивидуального задания; • Выполнение практических заданий • Экзамен | <ul style="list-style-type: none"> • Выполнение практических заданий • Оформление отчетности и защита лабораторных работ; • Оформление и защита индивидуального задания; • Контрольные работы | <ul style="list-style-type: none"> • Выполнение лабораторных работ и защита отчетов • Защита практических заданий, • Экзамен |

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|----------------------------------|---|---|--|
| Отлично (высокий уровень) | Обладает фактическими и теоретическими знаниями в | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития твор- | Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует |

| | | | |
|--|---|--|--|
| | пределах изучаемой области с пониманием границ применимости | ческих решений, абстрагирования проблем | 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, приспособливает 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 7.

Таблица 7 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|----------------------------------|---|---|--|
| Отлично (высокий уровень) | <ul style="list-style-type: none"> знает принципы построения технологического оборудования для основных процессов технологии электронной компонентной базы; знает современное технологическое оборудование, используемое в производстве материалов и компонентов микро- и | <ul style="list-style-type: none"> обладает диапазоном практических умений, требуемых для сравнения и выбора технологического оборудования | <ul style="list-style-type: none"> владеет практическими навыками работы на оборудовании, используемом в производстве элементов электронной компонентной базы способен самостоятельно работать на технологическом оборудовании |

| | | | |
|--|--|---|--|
| | <i>наносистемно й техники</i> | | |
| Хорошо (базовый уровень) | <ul style="list-style-type: none"> • <i>знает современное технологическое оборудование, используемое в производстве материалов и компонентов микро- и наносистемной техники</i> | <ul style="list-style-type: none"> • <i>умеет выбирать технологическое оборудование для конкретного применения</i> | <ul style="list-style-type: none"> • <i>владеет практическими навыками работы на оборудовании, используемом в производстве материалов и компонентов микро- и наносистемной техники</i> • <i>способен выполнять работы на технологическом оборудовании под руководством оператора</i> |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | <ul style="list-style-type: none"> • <i>имеет представление о технологическом оборудовании, используемом в производстве материалов и компонентов микро- и наносистемной техники</i> | <ul style="list-style-type: none"> • <i>умеет решать простые задачи по выбору технологического оборудования для конкретного применения</i> | <ul style="list-style-type: none"> • <i>может работать на технологическом оборудовании при прямом участии оператора</i> |

3 Компетенция ПСК-2

ПСК-2: готовностью к применению современных технологических процессов и технологического оборудования на этапах разработки и производства изделий микро- и нанoeлектроники, твердотельной электроники и микросистемной техники

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

| 3. Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|----------------------------------|--|--|---|
| Содержание этапов | Должен знать современные технологические процессы и оборудование, используемые на этапах разработки и производства изделий микро- и нанoeлектроники, твердотельной электроники и микросистемной техники. | Должен уметь обосновать выбор технологических процессов и методов для достижения поставленной технологической цели. | Должен владеть методами для решения технологических задач микро-, нанoeлектроники и микросистемной техники. |
| Виды занятий | <ul style="list-style-type: none"> • Лекции; • Практические занятия; • Индивидуальные задания | <ul style="list-style-type: none"> • Лабораторные работы; • Выполнение индивидуального задания; • Практические занятия; • Самостоятельная работа студентов | <ul style="list-style-type: none"> • Лабораторные работы; • Практические занятия |
| Используемые средства оценивания | <ul style="list-style-type: none"> • Тест; • Контрольная работа; • Выполнение домашнего задания; • Экзамен | <ul style="list-style-type: none"> • Оформление отчетности и защита лабораторных работ; • Оформление и защита домашнего задания; • Конспект самостоятельной работы | <ul style="list-style-type: none"> • Защита лабораторных работ • Защита курсового проекта, • Экзамен |

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 9.

Таблица 9 – 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 10.

Таблица 10 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|----------------------------------|---|---|--|
| Отлично (высокий уровень) | <ul style="list-style-type: none"> знает современные технологические процессы и оборудование, используемые на этапах разработки и производства изделий микро- и наноэлектроники, твердотельной электроники и микросистемной техники понимает области конкретного применения | <ul style="list-style-type: none"> умеет обосновать выбор технологических процессов и методов для достижения поставленной технологической цели обладает диапазоном практических умений, требуемых для сравнения и выбора технологичес | <ul style="list-style-type: none"> владеет методами решения технологических задач микро-, наноэлектроники и микросистемной техники владеет практическим и навыками работы на оборудовании, используемом в производстве элементов электронной |

| | | | |
|--|---|--|--|
| | <i>технологического оборудования</i> | <i>кого оборудования</i> | <i>компонентной базы</i> <ul style="list-style-type: none"> • способен самостоятельно работать на технологическом оборудовании |
| Хорошо (базовый уровень) | <ul style="list-style-type: none"> • знает технологические процессы и оборудование, технологические процессы и оборудование, используемые на этапах разработки и производства изделий микро- и нанoeлектроники, твердотельной электроники и микросистемной техники | <ul style="list-style-type: none"> • умеет выбирать технологическое оборудование для конкретного применения | <ul style="list-style-type: none"> • владеет практическим и навыками работы на оборудовании, используемом в производстве элементов электронной компонентной базы; • способен выполнять работы на технологическом оборудовании под руководством оператора |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | <ul style="list-style-type: none"> • имеет представление об основных технологических процессах и оборудовании для создания электронной компонентной базы микро- и нанoeлектроники, а также микросистемной техники | <ul style="list-style-type: none"> • умеет решать простые задачи по выбору технологического оборудования для конкретного применения | <ul style="list-style-type: none"> • может работать на технологическом оборудовании при прямом участии оператора |

3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются следующие материалы: тесты, контрольные работы, индивидуальные задания, практические задания, лабораторные работы, экзамен.

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 составе:

3.1 Тесты по следующим разделам:

- 1) Производственная чистота, гигиена и безопасность;
- 2) Фотолитография;
- 3) Технология сборочных процессов.

3.2 Контрольные работы:

Тема контрольной работы № 1: Технология литографических и плазменных процессов.

Тема контрольной работы № 2: Технология формирования тонкопленочных покрытий.

3.3 Выполнение домашних индивидуальных заданий:

Тема индивидуального задания № 1 - Технология формирования тонкопленочных покрытий

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

3.4 Темы лабораторных работ:

- 1). Технологический процесс фотолитографии
- 2). Осаждение резистивных и проводящих плёнок
- 3). Изготовление и исследование тонкопленочных конденсаторов
- 4). Изучение погрешности изготовления тонкопленочных резисторов

3.5 Темы практических занятий:

- 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

3.7 Темы для самостоятельной работы

- 1). Технологические среды: Аппаратура и элементы газовых и жидкостных систем. Базовые операции очистки жидких и газообразных сред.
- 2). Безопасность работы в чистых помещениях: токсичные, взрывоопасные и пожароопасные среды. Утилизация отходов.
- 3). Вакуум: глубина вакуума, средства откачки и методы контроля.

3.8 Экзаменационные вопросы:

- 1 Технологические среды. Базовые операции очистки жидких и газообразных сред. Очистка поверхности пластин.
- 2 Литографические процессы. Разрешающая способность литографии.
- 3 Физико-химические основы процесса фотолитографии. Материалы фоторезистов и их свойства.
- 4 Способы экспонирования: контактная фотолитография, фотолитография с зазором, проекционная ФЛ.
- 5 Технология изготовления фотошаблонов (ФШ). Погрешности изготовления ФШ.
- 6 Оптические эффекты при фотолитографии.
- 7 Методы и технология формирования рисунка интегральных схем.
- 8 Физика термического испарения в вакууме. Получение пленок методом термического испарения.
- 9 Термическое испарение в вакууме. Скорость конденсации. Параметры, определяющие скорость конденсации.
- 10 Механизм испарения соединений и сплавов. Способы испарения.
- 11 Физика ионного распыления. Скорость распыления. Скорость осаждения пленок.
- 12 Модель ионного распыления. Коэффициент распыления. Зависимость коэффициента распыления от различных параметров.
- 13 Получение пленок ионно-плазменным распылением.
- 14 Технология плазменных процессов. Взаимодействие энергетических ионов с материалами.
- 15 Технологический процесс изготовления резистивной матрицы.
- 16 Технологический процесс изготовления РС-схемы.
- 17 Технология сборочных процессов.

4 Методические материалы

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

- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, в составе:

Методические материалы: *Указаны в п.12 рабочей программы.*