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
_____ П. Е. Троян
«6» 07 2016 г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
# ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ

**Уровень основной образовательной программы** бакалавриат

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

**Направленность (профиль) программы** Микроэлектроника и твердотельная электроника

**Форма обучения** очная

**Факультет** электронной техники (ФЭТ)

**Кафедра** физической электроники (ФЭ)

**Курс** 3 **Семестр** 6

**Учебный план набора 2014 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

Согласована на портале № 6450

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 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» (квалификация (степень) бакалавр), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 12 марта 2015 г. № 218, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры физической электроники от «30» 06 2016 г., протокол № 71.

**Разработчик:**
Доцент кафедры ФЭ _____ / И.А. Чистоедова

**Заведующий кафедрой**
Профессор кафедры ФЭ _____ / П.Е. Троян

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

Декан ФЭТ _____ / А.И. Воронин

Зав. профилирующей кафедрой ФЭ _____ / П.Е. Троян

Зав. выпускающей кафедрой ФЭ _____ / П.Е. Троян

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

Председатель методической комиссии кафедры ФЭ _____ / И.А. Чистоедова

Согласована на портале № 6450

## 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 наноэлектронике 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 наноэлектроники.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Место дисциплины в структуре ООП: дисциплина относится к вариативной части блока 1 (Б1.В.ОД.5) образовательной программы подготовки бакалавров по профилю «Микроэлектроника и твердотельная электроника» направления 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника».

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 наноэлектроники", «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:**

- способностью выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники (ПК-8);
- готовностью к применению современных технологических процессов и технологического оборудования на этапах разработки и производства изделий микроэлектроники и твердотельной электроники (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.

Согласована на портале № 6450

## 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, ПСК-2 |
| 2. | Производственная чистота, гигиена и безопасность | 2 | - | - | 2 | 4 | ПК-8, ПСК-2 |
| 3. | Литографические процессы в технологии электронных средств | 6 | 6 | 4 | 14 | 30 | ПК-8, ПСК-2 |
| 4. | Технология плазменных процессов | 4 | 2 | - | 2 | 8 | ПК-8, ПСК-2 |
| 5. | Технология формирования тонкопленочных покрытий методом термического испарения в вакууме | 6 | 4 | 4 | 12 | 26 | ПК-8, ПСК-2 |
| 6. | Ионно-плазменные методы получения тонких пленок | 6 | 4 | 4 | 12 | 26 | ПК-8, ПСК-2 |
| 7. | Технология формирования тонкопленочных ИМС | 4 | 2 | 4 | 14 | 24 | ПК-8, ПСК-2 |
| 8. | Технологические процессы изготовления тонкопленочных ИМС | 2 | 2 | - | 10 | 14 | ПК-8, ПСК-2 |
| 9. | Технология сборочных процессов | 2 | - | - | 6 | 8 | ПК-8, ПСК-2 |

Согласована на портале № 6450

## 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 наноэлектроники. Основные процессы технологии электронной компонентной базы. | 2 | ПК-8, 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, 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, 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, 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, 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, ПСК-2 |
| 7. | Технология формирования тонкопленочных ИМС | Подложки. Тонкопленочные резисторы, конденсаторы, индуктивности. Выбор материалов. Технологические погрешности. Проводники и контактные площадки. | 4 | ПК-8, ПСК-2 |
| 8. | Технологические процессы изготовления тонкопленочных ИМС | Формирование тонкопленочных ИМС с применением прямых и обратных контактных масок. | 2 | ПК-8, 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, ПСК-2 |

Согласована на портале № 6450

### 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 наноэлектроники | + | + | + | + | + | + | + | + | + | | |
| 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. |
| 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 | Трудоемкость (час.) | Компетенции ОК, ПК, ПСК |
|---|---|---|---|---|
| 1. | **3** | Технологический процесс фотолитографии | 4 | ПК-8, ПСК-2 |
| 2. | **5-8** | Осаждение резистивных и проводящих плёнок | 4 | ПК-8, ПСК-2 |
| 3. | **5-8** | Изготовление и исследование тонкопленочных конденсаторов | 4 | ПК-8, ПСК-2 |
| 4. | **7** | Изучение погрешности изготовления тонкопленочных резисторов | 4 | ПК-8, ПСК-2 |

Согласована на портале № 6450

## 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, ПСК-2 |
| 2. | 3 | Технология изготовления фотошаблонов | 2 | ПК-8, ПСК-2 |
| 3. | 5 | Расчет режимов напыления пленок методом термического испарения в вакууме | 4 | ПК-8, ПСК-2 |
| 4. | 6 | Расчет режимов напыления пленок методом ионно-плазменного распыления в вакууме | 4 | ПК-8, ПСК-2 |
| 5. | 7 | Расчет технологической погрешности изготовления элементов ИМС | 2 | ПК-8, ПСК-2 |
| 6. | 8-9 | Разработка технологического маршрута изготовления тонкопленочных ИМС | 2 | ПК-8, 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, ПСК-2 | Опрос на лекциях |
| 2. | 3, 5-9 | Проработка лекционного материала при подготовке к практическим занятиям | 4 | ПК-8, ПСК-2 | Отчеты по практическим работам |
| 3. | 1-9 | Проработка лекционного материала при подготовке к контрольным работам | 4 | ПК-8, ПСК-2 | Результаты контрольных работ |
| 4. | 3, 5-8 | Подготовка к лабораторным работам | 12 | ПК-8, ПСК-2 | Отчеты по лабораторным работам |
| 5. | 1-9 | Выполнение и защита индивидуальных заданий ИЗ-1, ИЗ-2 | 14 | ПК-8, ПСК-2 | Защита индивидуальных заданий |
| 6. | 1-9 | Подготовка и сдача экзамена | 36 | ПК-8, 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)

Согласована на портале № 6450

## 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) |
| 3 (удовлетворительно) (зачтено) | **65 – 69** | |
| | **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.

Согласована на портале № 6450

## 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.

Согласована на портале № 6450

БИБЛИОТЕКА ТУСУР

**Приложение к рабочей программе**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

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

**УТВЕРЖДАЮ**
**Проректор по учебной работе**
_____ **П. Е. Троян**
«6» 07 2016 г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ *ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ***

Основы технологии электронной компонентной базы
(полное наименование учебной дисциплины или практики)

**Уровень основной образовательной программы** **бакалавриат**

**Направление(я) подготовки (специальность)** **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
(полное наименование направления подготовки (специальности))

**Профиль(и)** **Микроэлектроника и твердотельная электроника**
(полное наименование профиля направления подготовки (специальности))

**Форма обучения** **очная**

**Факультет** **электронной техники (ФЭ)**
(сокращенное и полное наименование факультета)

**Кафедра** **физической электроники (ФЭ)**
(сокращенное и полное наименование кафедры)

**Курс** **3** **Семестр 6**

**Учебный план набора 2014 года**

**Зачет** _____**семестр** **Диф. зачет** _____ **семестр**

**Экзамен** **6** **семестр**

**Томск 2016**

Согласована на портале № 6450

# 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** | способность выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники | Должен знать физико-технологические основы процессов производства материалов и изделий электронной компонентной базы, 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 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. |
| **ПСК-2** | готовность к применению современных технологических процессов и технологического оборудования на этапах разработки и производства изделий микроэлектроники и твердотельной электроники | Должен знать современные технологические процессы и оборудование, используемые на этапах разработки и производства изделий электронной компонентной базы. Должен уметь выбирать технологическое оборудование для конкретного применения. |

Согласована на портале № 6450

| | | |
|---|---|---|
| | | Должен владеть практическими навыками работы на оборудовании, используемом в производстве элементов электронной компонентной базы. |

## 2 Реализация компетенций

### 1 Компетенция ПК-8

**ПК-8: способность 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 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 изделий электронной компонентной базы, 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 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 |
| **Виды занятий** | • Лекции;<br>• Практические занятия;<br>• Индивидуальные задания | • Лабораторные работы;<br>• Практические занятия;<br>• Самостоятельная работа студентов | • Лабораторные работы;<br>• Практические занятия |
| **Используемые средства оценивания** | • Тест;<br>• Контрольные работы;<br>• Защита индивидуальног | • Оформление отчетности и защита лабораторных работ; | • Выполнение лабораторных работ и защита отчетов<br>• Защита |

Согласована на портале № 6450

| | | | |
|---|---|---|---|
| | о задания;<br>• Выполнение практических заданий<br>• Экзамен | • Оформление и защита индивидуального задания;<br>• Контрольные работы;<br>• Выполнение практических заданий | практических заданий,<br>• 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 выполнения простых задач | Работает при прямом наблюдении |

Согласована на портале № 6450

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

Согласована на портале № 6450

| | | | |
|---|---|---|---|
| | • *знает особенности проведения отдельных технологических операций* | *ими параметрами* | • *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,*<br>• *ознакомлен с основными технологическими процессами создания электронной компонентной базы* | • *применяет методы расчета физико-технологические режимов* | • *способен выбрать технологические операции для создания элементов электронной компонентной базы;*<br>• *владеет навыками работы на оборудовании, используемом в производстве элементов электронной компонентной базы* |

## 2 Компетенция ПСК-2

**ПСК-2: готовность к применению современных технологических процессов и технологического оборудования на этапах разработки и производства изделий микроэлектроники и твердотельной электроники**

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 современные технологические процессы и оборудование, | Умеет выбирать технологическое оборудование для конкретного | Владеет практическими навыками работы на оборудовании, |

Согласована на портале № 6450

| | | | |
|---|---|---|---|
| | используемые на этапах разработки и производства изделий электронной компонентной базы | применения | используемом в производстве элементов электронной компонентной базы |
| **Виды занятий** | • Лекции;<br>• Практические занятия;<br>• Индивидуальные задания | • Лабораторные работы;<br>• Выполнение индивидуального задания;<br>• Практические занятия;<br>• Самостоятельная работа студентов | • Лабораторные работы;<br>• Практические занятия |
| **Используемые средства оценивания** | • Тест;<br>• Контрольная работа;<br>• Выполнение домашнего задания;<br>• Экзамен | • Оформление отчетности и защита лабораторных работ;<br>• Оформление и защита домашнего задания;<br>• Конспект самостоятельной работы | • Защита лабораторных работ<br>• Защита курсового проекта,<br>• 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 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 | Обладает диапазоном практических умений, требуемых | Берет ответственность за завершение задач в исследовании, |

Согласована на портале № 6450

| | | | |
|---|---|---|---|
| | изучаемой области | для решения определенных проблем в области исследования | 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 7.

**Таблица 7 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах**

| **Показатели и критерии** | **Знать** | **Уметь** | **Владеть** |
|---|---|---|---|
| **Отлично (высокий уровень)** | • *знает современные технологические процессы и оборудование, используемые на этапах разработки и производства изделий электронной компонентной базы;*<br>• *понимает области конкретного применения технологического оборудования* | • *обладает диапазоном практических умений, требуемых для сравнения и выбора технологического оборудования* | • *владеет практическим и навыками работы на оборудовании, используемом в производстве элементов электронной компонентной базы*<br>• *способен самостоятельно работать на технологическом оборудовании* |
| **Хорошо (базовый уровень)** | • *знает технологические процессы и оборудование, используемые на этапах разработки и производства изделий электронной компонентной базы* | • *умеет выбирать технологическое оборудование для конкретного применения* | • *владеет практическим и навыками работы на оборудовании, используемом в производстве элементов электронной компонентной базы;*<br>• *способен* |

Согласована на портале № 6450

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | *выполнять работы на технологическом оборудовании под руководством оператора* |
| **Удовлетворительно (пороговый уровень)** | • *имеет представление об основных технологических процессах и оборудовании для создания электронной компонентной базы* | • *умеет решать простые задачи по выбору технологического оборудования для конкретного применения* | • *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.

Согласована на портале № 6450

**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.

Согласована на портале № 6450

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.

## 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.*

Согласована на портале № 6450