

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

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 4

Семестр 7

Учебный план набора 2013 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                                       |           |           |           |           |           |           | 36        |           | 36    | часа    |
| 2.  | Лабораторные работы                          |           |           |           |           |           |           | 16        |           | 16    | часов   |
| 3.  | Практические занятия                         |           |           |           |           |           |           | 18        |           | 18    | 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 7 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.11) 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   |
|---|-------------|------------|
|   |             | 7          |
| <b>Аудиторные занятия (всего)</b>                     | <b>70</b>   | <b>70</b>  |
| В том числе:  | -           | -          |
| Лекции  | 36          | 36         |
| Лабораторные работы                                   | 16          | 16         |
| Практические занятия                                  | 18          | 18         |
| <b>Самостоятельная работа (всего)</b>                 | <b>38</b>   | <b>38</b>  |
| 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                               | <b>144</b>  | <b>144</b> |
| Зачетные Единицы                                      | <b>4</b>    | <b>4</b>   |

#### 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      | 4                    | 4                   | 14                      | 28        | 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   | 4      | -                    | -                   | 6                       | 10        | 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.   | 4                   | 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 |  |
| <b>Предшествующие дисциплины</b> |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 1.                               | Материалы электронной техники  |  | + | + | + | + | + | + | + | + |  |
| 2.                               | Физические основы электроники  | +  |   | + | + | + | + | + | + | + |  |
| 3.                               | Физика конденсированного состояния   |  | + | + | + | + | + | + | + | + |  |
| 4.                               | Физика пленочных наноструктур  | +  | + | + | + | + | + | + | + | + |  |
| <b>Последующие дисциплины</b>    |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 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                      | Лекции (час) | Лабораторные работы (час) | Всего |
|-----------------------------|--------------|---------------------------|-------|
| <i>Работа в команде</i>     |              | 6                         | 6     |
| <i>Опрос на лекциях</i>     | 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, 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                            | 4                   | 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                |
| <b>Итого максимум за период:</b>           | <b>22</b>                                      | <b>19</b>                                   | <b>29</b>   | <b>70</b>        |
| <b>Сдача экзамена (максимум)</b>           |  |   |   | <b>30</b>        |
| <b>Нарастающим итогом</b>                  | <b>22</b>                                      | <b>41</b>                                   | <b>70</b>   | <b>100</b>       |

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 (ФС). Погрешности изготовления ФС.
- 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](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](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](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](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.  |
| <b>ПСК-2</b> | 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 нано- 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  |
|--------------------------|---|---|--|
| <b>Содержание этапов</b> | 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 |
| <b>Виды занятий</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Лекции;</li> <li>• Практические</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Практические занятия;</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Лабораторные работы;</li> </ul>   |

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

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**

| <b>Показатели и критерии</b>                 | <b>Знать</b>  | <b>Уметь</b>  | <b>Владеть</b>   |
|--|---|---|--|
| <b>Отлично (высокий уровень)</b>             | 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   |
| <b>Хорошо (базовый уровень)</b>              | 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 |
| <b>Удовлетворительно (пороговый уровень)</b> | Обладает базовыми общими знаниями   | Обладает основными умениями, требуемыми для   | Работает при прямом наблюдении   |

|  |  |                             |  |
|--|--|-----------------------------|--|
|  |  | выполнения<br>простых задач |  |
|--|--|-----------------------------|--|

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

**Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах**

| <b>Показатели и критерии</b>     | <b>Знать</b>   | <b>Уметь</b>   | <b>Владеть</b>   |
|----------------------------------|--|--|--|
| <b>Отлично (высокий уровень)</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• знает физико-технологические основы процессов производства материалов и компонентов микро- и наносистемной техники,</li> <li>• знает современные технологии создания электронной компонентной базы;</li> <li>• знает особенности проведения отдельных технологических операций</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• умеет оценить влияние технологических режимов на выходные параметры электронного изделия;</li> <li>• умеет рассчитать физико-технологические режимы для получения активных и пассивных элементов электронной компонентной базы с требуемыми конструктивными и электрофизическими параметрами</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• способен самостоятельно выбрать и применить технологические операции для создания элементов электронной компонентной базы с учетом их особенностей и конкретных целей;</li> <li>• владеет навыками работы на оборудовании, используемом в производстве элементов электронной компонентной базы</li> </ul> |
| <b>Хорошо (базовый уровень)</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• знает физико-технологические основы процессов производства материалов и компонентов микро- и наносистемной техники,</li> <li>• знает базовые технологии</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• умеет рассчитать физико-технологические режимы для получения активных и пассивных элементов электронной компонентной базы с</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• владеет навыками выбора и применения основных технологических операций для создания элементов электронной компонентной базы с учетом</li> </ul>   |

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

## 2 Компетенция ПК-10

**ПК-10: готовностью работать на современном технологическом оборудовании, используемом в производстве материалов и компонентов нано- 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 5.

**Таблица 5– Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания**

| <b>2. Состав</b>                        | <b>Знать</b>  | <b>Уметь</b>  | <b>Владеть</b>  |
|---|---|---|---|
| <b>Содержание этапов</b>                | 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  |
| <b>Виды занятий</b>                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Лекции;</li> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Индивидуальные задания</li> <li>• Самостоятельная работа студентов</li> </ul>                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Лабораторные работы</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Лабораторные работы;</li> <li>• Практические занятия</li> </ul>  |
| <b>Используемые средства оценивания</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Тест;</li> <li>• Контрольные работы;</li> <li>• Защита индивидуального задания;</li> <li>• Выполнение практических заданий</li> <li>• Экзамен</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Выполнение практических заданий</li> <li>• Оформление отчетности и защита лабораторных работ;</li> <li>• Оформление и защита индивидуального задания;</li> <li>• Контрольные работы</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Выполнение лабораторных работ и защита отчетов</li> <li>• Защита практических заданий,</li> <li>• Экзамен</li> </ul> |

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**

| <b>Показатели и критерии</b>     | <b>Знать</b>                                      | <b>Уметь</b>  | <b>Владеть</b>                                       |
|----------------------------------|---|---|--|
| <b>Отлично (высокий уровень)</b> | 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  |
| <b>Хорошо (базовый уровень)</b>              | 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 |
| <b>Удовлетворительно (пороговый уровень)</b> | 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**

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

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

### 3 Компетенция ПСК-2

**ПСК-2: готовностью к применению современных технологических процессов и технологического оборудования на этапах разработки и производства изделий микро- и наноэлектроники, 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**

| <b>3. Состав</b>                        | <b>Знать</b>   | <b>Уметь</b>   | <b>Владеть</b>  |
|---|--|--|---|
| <b>Содержание этапов</b>                | 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.                           |
| <b>Виды занятий</b>                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Лекции;</li> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Индивидуальные задания</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Лабораторные работы;</li> <li>• Выполнение индивидуального задания;</li> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Самостоятельная работа студентов</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Лабораторные работы;</li> <li>• Практические занятия</li> </ul>                              |
| <b>Используемые средства оценивания</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Тест;</li> <li>• Контрольная работа;</li> <li>• Выполнение домашнего задания;</li> <li>• Экзамен</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Оформление отчетности и защита лабораторных работ;</li> <li>• Оформление и защита домашнего задания;</li> <li>• Конспект самостоятельной работы</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Защита лабораторных работ</li> <li>• Защита курсового проекта,</li> <li>• Экзамен</li> </ul> |

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**

| <b>Показатели и критерии</b> | <b>Знать</b> | <b>Уметь</b> | <b>Владеть</b> |
|------------------------------|--------------|--------------|----------------|
|------------------------------|--------------|--------------|----------------|

|  |   |   |  |
|--|---|---|--|
| <b>Отлично (высокий уровень)</b>             | 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   |
| <b>Хорошо (базовый уровень)</b>              | 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 |
| <b>Удовлетворительно (пороговый уровень)</b> | 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**

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

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

### 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.*