

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

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
\_\_\_\_\_ П.В. Сенченко  
«18» \_\_\_\_\_ 12 \_\_\_\_\_ 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ**

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**

Направление подготовки / специальность: **28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника**

Направленность (профиль) / специализация: **Нанотехнологии в электронике и микросистемной технике**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **Факультет электронной техники (ФЭТ)**

Кафедра: **Кафедра физической электроники (ФЭ)**

Курс: **3**

Семестр: **5**

Учебный план набора 2020 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности          | 5 семестр | Всего | Единицы |
|------------------------------------|-----------|-------|---------|
| Лекционные занятия                 | 36        | 36    | часов   |
| Практические занятия               | 18        | 18    | часов   |
| Лабораторные занятия               | 16        | 16    | часов   |
| Самостоятельная работа             | 38        | 38    | часов   |
| Подготовка и сдача экзамена        | 36        | 36    | часов   |
| Общая трудоемкость                 | 144       | 144   | часов   |
| (включая промежуточную аттестацию) | 4         | 4     | з.е.    |

| Формы промежуточной аттестация | Семестр |
|--------------------------------|---------|
| Экзамен                        | 5       |

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Сенченко П.В.  
Должность: Проректор по УР  
Дата подписания: 18.12.2019  
Уникальный программный ключ:  
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 62815

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

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

### 1.2. Задачи дисциплины

1. 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.

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

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Модуль дисциплин: Модуль направленности (профиля).

Индекс дисциплины: Б1.В.02.07.

Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):

Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

| Компетенция                             | Индикаторы достижения компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине |
|---|-----------------------------------|---|
| <b>Универсальные компетенции</b>        |                                   |   |
| -                                       | -                                 | -   |
| <b>Общепрофессиональные компетенции</b> |                                   |   |
| -                                       | -                                 | -   |
| <b>Профессиональные компетенции</b>     |                                   |   |

|  |   |   |
|--|---|---|
| ПКР-2. Готов проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники   | ПКР-2.1. Знает методы синтеза наноматериалов и компонентов  | знает физико-технологические основы процессов производства изделий электронной компонентной базы, особенности проведения отдельных технологических операций   |
|  | ПКР-2.2. Умеет выбрать и применить метод анализа материалов и компонентов микро- и наносистемной техники                | умеет рассчитать физико-технологические режимы проведения технологических процессов для получения активных и пассивных элементов электронной компонентной базы с требуемыми конструктивными и электрофизическими параметрами  |
|  | ПКР-2.3. Владеет основными методиками постановки и проведения экспериментальных исследований                            | владеет навыками выбора и применения основных операций технологии 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 |
| ПКС-1. Готов к применению современных технологических процессов и технологического оборудования на этапах разработки и производства изделий микро- и наноэлектроники, твердотельной электроники и микросистемной техники | ПКС-1.1. Знает основное технологическое оборудование для производства изделий микро-, нано- и твердотельной электроники | знает физико-технологические основы процессов производства изделий электронной компонентной базы, особенности проведения отдельных технологических операций   |
|  | ПКС-1.2. Умеет обосновывать выбор технологического процесса и оборудования для его реализации                           | умеет рассчитать физико-технологические режимы проведения технологических процессов для получения активных и пассивных элементов электронной компонентной базы с требуемыми конструктивными и электрофизическими параметрами  |
|  | ПКС-1.3. Владеет навыками практической работы на технологическом оборудовании   | владеет навыками выбора и применения основных операций технологии 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 |

**4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 академических часов. Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

| Виды учебной деятельности   | Всего часов | Семестры  |
|---|-------------|-----------|
|   |             | 5 семестр |
| <b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>   | 70          | 70        |
| Лекционные занятия  | 36          | 36        |
| Практические занятия  | 18          | 18        |
| Лабораторные занятия  | 16          | 16        |
| <b>Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b> | 38          | 38        |
| Подготовка к тестированию   | 9           | 9         |
| Подготовка к контрольной работе   | 6           | 6         |
| Выполнение индивидуального задания  | 10          | 10        |
| Подготовка к лабораторной работе, написание отчета  | 8           | 8         |
| Выполнение практического задания  | 5           | 5         |
| <b>Подготовка и сдача экзамена</b>  | 36          | 36        |
| <b>Общая трудоемкость (в часах)</b>   | 144         | 144       |
| <b>Общая трудоемкость (в з.е.)</b>  | 4           | 4         |

## 5. Структура и содержание дисциплины

### 5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

| Названия разделов (тем) дисциплины   | Лек. зан., ч | Прак. зан., ч | Лаб. раб. | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|--|--------------|---------------|-----------|--------------|----------------------------|-------------------------|
| <b>5 семестр</b>   |              |               |           |              |                            |                         |
| 1 Введение, цели и задачи дисциплины   | 2            | -             | -         | 1            | 3                          | ПКС-1                   |
| 2 Производственная чистота, гигиена и безопасность   | 2            | -             | -         | 2            | 4                          | ПКР-2, ПКС-1            |
| 3 Литографические процессы в технологии электронных средств                                | 6            | 6             | 4         | 7            | 23                         | ПКР-2, ПКС-1            |
| 4 Технология плазменных процессов  | 4            | -             | -         | 1            | 5                          | ПКР-2, ПКС-1            |
| 5 Технология формирования тонкопленочных покрытий методом термического испарения в вакууме | 6            | 4             | 4         | 6            | 20                         | ПКР-2, ПКС-1            |
| 6 Ионно-плазменные методы получения тонких пленок  | 6            | 4             | 4         | 7            | 21                         | ПКР-2, ПКС-1            |
| 7 Технология формирования тонкопленочных ИМС   | 4            | 2             | 4         | 7            | 17                         | ПКР-2, ПКС-1            |
| 8 Технологические процессы изготовления тонкопленочных ИМС                                 | 4            | 2             | -         | 5            | 11                         | ПКР-2, ПКС-1            |
| 9 Технология сборочных процессов   | 2            | -             | -         | 2            | 4                          | ПКР-2, ПКС-1            |
| Итого за семестр   | 36           | 18            | 16        | 38           | 108                        |                         |
| Итого  | 36           | 18            | 16        | 38           | 108                        |                         |

### 5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

| Названия разделов (тем) дисциплины                          | Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)  | Трудоемкость (лекционные занятия), ч | Формируемые компетенции |
|---|---|--------------------------------------|-------------------------|
| <b>5 семестр</b>  |   |                                      |                         |
| 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                                    | ПКС-1                   |
|   | Итого   | 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                                    | ПКР-2, ПКС-1            |
|   | Итого   | 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                                    | ПКР-2, ПКС-1            |
|   | Итого   | 6                                    |                         |

|  |  |    |              |
|--|--|----|--------------|
| 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  | ПКР-2, ПКС-1 |
|  | Итого  | 4  |              |
| 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  | ПКР-2, ПКС-1 |
|  | Итого  | 6  |              |
| 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  | ПКР-2, ПКС-1 |
|  | Итого  | 6  |              |
| 7 Технология формирования тонкопленочных ИМС   | Подложки. Тонкопленочные резисторы, конденсаторы, индуктивности. Выбор материалов. Технологические погрешности. Проводники и контактные площадки.  | 4  | ПКР-2, ПКС-1 |
|  | Итого  | 4  |              |
| 8 Технологические процессы изготовления тонкопленочных ИМС                                 | Формирование тонкопленочных ИМС с применением прямых и обратных контактных масок.  | 4  | ПКР-2, ПКС-1 |
|  | Итого  | 4  |              |
| 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  | ПКР-2, ПКС-1 |
|  | Итого  | 2  |              |
| Итого за семестр   |  | 36 |              |
| Итого  |  | 36 |              |

### 5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов (тем) дисциплины | Наименование практических занятий (семинаров) | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|------------------------------------|---|-----------------|-------------------------|
| <b>5 семестр</b>                   |   |                 |                         |

|  |  |    |              |
|--|--|----|--------------|
| 3 Литографические процессы в технологии электронных средств                                | Технология получения рисунка интегральных микросхем                            | 4  | ПКР-2, ПКС-1 |
|  | Технология изготовления фотошаблонов   | 2  | ПКР-2, ПКС-1 |
|  | Итого  | 6  |              |
| 5 Технология формирования тонкопленочных покрытий методом термического испарения в вакууме | Расчет режимов напыления пленок методом термического испарения в вакууме       | 4  | ПКР-2, ПКС-1 |
|  | Итого  | 4  |              |
| 6 Ионно-плазменные методы получения тонких пленок  | Расчет режимов напыления пленок методом ионно-плазменного распыления в вакууме | 4  | ПКР-2, ПКС-1 |
|  | Итого  | 4  |              |
| 7 Технология формирования тонкопленочных ИМС   | Расчет технологической погрешности изготовления элементов ИМС                  | 2  | ПКР-2, ПКС-1 |
|  | Итого  | 2  |              |
| 8 Технологические процессы изготовления тонкопленочных ИМС                                 | Разработка технологического маршрута изготовления тонкопленочных ИМС           | 2  | ПКР-2, ПКС-1 |
|  | Итого  | 2  |              |
| Итого за семестр   |  | 18 |              |
| Итого  |  | 18 |              |

#### 5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов (тем) дисциплины   | Наименование лабораторных работ                             | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|--|---|-----------------|-------------------------|
| <b>5 семестр</b>   |   |                 |                         |
| 3 Литографические процессы в технологии электронных средств                                | Технологический процесс фотолитографии                      | 4               | ПКР-2, ПКС-1            |
|  | Итого   | 4               |                         |
| 5 Технология формирования тонкопленочных покрытий методом термического испарения в вакууме | Осаждение резистивных и проводящих плёнок                   | 4               | ПКР-2, ПКС-1            |
|  | Итого   | 4               |                         |
| 6 Ионно-плазменные методы получения тонких пленок  | Изготовление и исследование тонкопленочных конденсаторов    | 4               | ПКР-2, ПКС-1            |
|  | Итого   | 4               |                         |
| 7 Технология формирования тонкопленочных ИМС   | Изучение погрешности изготовления тонкопленочных резисторов | 4               | ПКР-2, ПКС-1            |
|  | Итого   | 4               |                         |
| Итого за семестр   |   | 16              |                         |
| Итого  |   | 16              |                         |

## 5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

## 5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов (тем) дисциплины   | Виды самостоятельной работы                        | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции | Формы контроля         |
|--|--|-----------------|-------------------------|------------------------|
| <b>5 семестр</b>   |  |                 |                         |                        |
| 1 Введение, цели и задачи дисциплины   | Подготовка к тестированию                          | 1               | ПКС-1                   | Тестирование           |
|  | Итого  | 1               |                         |                        |
| 2 Производственная чистота, гигиена и безопасность   | Подготовка к контрольной работе                    | 1               | ПКР-2, ПКС-1            | Контрольная работа     |
|  | Подготовка к тестированию                          | 1               | ПКР-2, ПКС-1            | Тестирование           |
|  | Итого  | 2               |                         |                        |
| 3 Литографические процессы в технологии электронных средств                                | Выполнение индивидуального задания                 | 2               | ПКР-2, ПКС-1            | Индивидуальное задание |
|  | Подготовка к контрольной работе                    | 1               | ПКР-2, ПКС-1            | Контрольная работа     |
|  | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 2               | ПКР-2, ПКС-1            | Лабораторная работа    |
|  | Выполнение практического задания                   | 1               | ПКР-2, ПКС-1            | Практическое задание   |
|  | Подготовка к тестированию                          | 1               | ПКР-2, ПКС-1            | Тестирование           |
|  | Итого  | 7               |                         |                        |
| 4 Технология плазменных процессов  | Подготовка к тестированию                          | 1               | ПКР-2, ПКС-1            | Тестирование           |
|  | Итого  | 1               |                         |                        |
| 5 Технология формирования тонкопленочных покрытий методом термического испарения в вакууме | Выполнение индивидуального задания                 | 2               | ПКР-2, ПКС-1            | Индивидуальное задание |
|  | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 2               | ПКР-2, ПКС-1            | Лабораторная работа    |
|  | Выполнение практического задания                   | 1               | ПКР-2, ПКС-1            | Практическое задание   |
|  | Подготовка к тестированию                          | 1               | ПКР-2, ПКС-1            | Тестирование           |
|  | Итого  | 6               |                         |                        |

|  |  |    |              |                        |
|--|--|----|--------------|------------------------|
| 6 Ионно-плазменные методы получения тонких пленок          | Выполнение индивидуального задания                 | 2  | ПКР-2, ПКС-1 | Индивидуальное задание |
|  | Подготовка к контрольной работе                    | 1  | ПКР-2, ПКС-1 | Контрольная работа     |
|  | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 2  | ПКР-2, ПКС-1 | Лабораторная работа    |
|  | Выполнение практического задания                   | 1  | ПКР-2, ПКС-1 | Практическое задание   |
|  | Подготовка к тестированию                          | 1  | ПКР-2, ПКС-1 | Тестирование           |
|  | Итого  | 7  |              |                        |
| 7 Технология формирования тонкопленочных ИМС               | Выполнение индивидуального задания                 | 2  | ПКР-2, ПКС-1 | Индивидуальное задание |
|  | Подготовка к контрольной работе                    | 1  | ПКР-2, ПКС-1 | Контрольная работа     |
|  | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 2  | ПКР-2, ПКС-1 | Лабораторная работа    |
|  | Выполнение практического задания                   | 1  | ПКР-2, ПКС-1 | Практическое задание   |
|  | Подготовка к тестированию                          | 1  | ПКР-2, ПКС-1 | Тестирование           |
|  | Итого  | 7  |              |                        |
| 8 Технологические процессы изготовления тонкопленочных ИМС | Выполнение индивидуального задания                 | 2  | ПКР-2, ПКС-1 | Индивидуальное задание |
|  | Подготовка к контрольной работе                    | 1  | ПКР-2, ПКС-1 | Контрольная работа     |
|  | Выполнение практического задания                   | 1  | ПКР-2, ПКС-1 | Практическое задание   |
|  | Подготовка к тестированию                          | 1  | ПКР-2, ПКС-1 | Тестирование           |
|  | Итого  | 5  |              |                        |
| 9 Технология сборочных процессов                           | Подготовка к контрольной работе                    | 1  | ПКР-2, ПКС-1 | Контрольная работа     |
|  | Подготовка к тестированию                          | 1  | ПКР-2, ПКС-1 | Тестирование           |
|  | Итого  | 2  |              |                        |
| Итого за семестр   |  | 38 |              |                        |
|  | Подготовка и сдача экзамена                        | 36 |              | Экзамен                |
| Итого  |  | 74 |              |                        |

## 5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| Формируемые компетенции | Виды учебной деятельности |            |           |           | Формы контроля   |
|-------------------------|---------------------------|------------|-----------|-----------|--|
|                         | Лек. зан.                 | Прак. зан. | Лаб. раб. | Сам. раб. |  |
| ПКР-2                   | +                         | +          | +         | +         | Индивидуальное задание, Контрольная работа, Лабораторная работа, Практическое задание, Тестирование, Экзамен |
| ПКС-1                   | +                         | +          | +         | +         | Индивидуальное задание, Контрольная работа, Лабораторная работа, Практическое задание, Тестирование, Экзамен |

## 6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

### 6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

| Формы контроля           | 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 |
|--------------------------|--|---|---|------------------|
| <b>5 семестр</b>         |  |   |   |                  |
| Индивидуальное задание   | 5  | 5   | 5   | 15               |
| Контрольная работа       | 0  | 10  | 10  | 20               |
| Лабораторная работа      | 0  | 7   | 7   | 14               |
| Практическое задание     | 5  | 5   | 5   | 15               |
| Тестирование             | 0  | 0   | 6   | 6                |
| Экзамен                  |  |   |   | 30               |
| Итого максимум за период | 10   | 27  | 33  | 100              |
| Нарастающим итогом       | 10   | 37  | 70  | 100              |

### 6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

| Баллы на дату текущего контроля                       | Оценка |
|---|--------|
| ≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК         | 5      |
| От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 4      |
| От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 3      |
| < 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК         | 2      |

### 6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

| Оценка                               | 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  | E (посредственно)       |
|                                      | 60 – 64  |                         |
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов   | F (неудовлетворительно) |

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

1. 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). - Томск : ТУСУР, 2005. - 316 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 74 экз.).

2. Данилина, Тамара Ивановна. Технология тонкопленочных микросхем : Учебное пособие. - Томск : ТУСУР, 2007. - 151 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 49 экз.).

3. Данилина, Тамара Ивановна. Технология тонкопленочных микросхем : Учебное пособие. - Томск : ТУСУР, 2012. - 151 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: [https://miel.tusur.ru/dwn/umo/id/23f22364c344/f/%D0%94%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B0\\_%D0%A2%D0%98\\_%D0%A2%D0%A2%D0%9C\\_\(%D0%A3%D0%9F\\_2012\).pdf](https://miel.tusur.ru/dwn/umo/id/23f22364c344/f/%D0%94%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B0_%D0%A2%D0%98_%D0%A2%D0%A2%D0%9C_(%D0%A3%D0%9F_2012).pdf).

### 7.2. Дополнительная литература

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

2. Микроэлектроника: Физические и технологические основы, надежность : Учебное пособие для вузов / И. Е. Ефимов, И. Я. Козырь, Ю. И. Горбунов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1986. - 464 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 54 экз.).

3. Технология микросхем : Учебное пособие для вузов / О. Д. Парфенов. - М. : Высшая школа, 1986. - 318[2] с. : ил. - Библиогр.: с. 317. (наличие в библиотеке ТУСУР - 121 экз.).

4. Готра, Зенон Юрьевич. Технология микроэлектронных устройств : Справочник. - М. : Радио и связь, 1991. - 528 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 44 экз.).

5. Тонкопленочные микросхемы для приборостроения и вычислительной техники : / В. Д. Гимпельсон, Ю. А. Радионов. - М. : Машиностроение, 1976. - 328 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 40 экз.).

6. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем [] : учебное пособие для вузов: в 2 ч. / ред. Ю. А. Чаплыгин. - (Электроника). Ч. 1 : Технологические процессы изготовления кремниевых интегральных схем и их моделирование. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 397 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 10 экз.).

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

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. (наличие в библиотеке ТУСУР - 48 экз.).

2. Данилина Т.И., Сахаров Ю.В. Технология тонкопленочных микросхем : Методические указания по выполнению лабораторных работ. – Томск: ТУСУР, 2007. – 63 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 29 экз.).

3. Т.И. Данилина Ю.В. Сахаров Технология тонкопленочных микросхем: Методические указания по выполнению лабораторных работ.- Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2007.- 64 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: [https://miel.tusur.ru/dwn/umo/id/23f63fcd8f62/f/%D0%94%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B0\\_%D0%A2%D0%98\\_%D0%A1%D0%B0%D1%85%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%B2\\_%D0%AE%D0%92\\_-\\_%D0%A2%D0%A2%D0%9C\\_\(%D0%9C%D0%A3%D0%BF%D0%92%D0%9B%D0%A0\\_2007\).pdf](https://miel.tusur.ru/dwn/umo/id/23f63fcd8f62/f/%D0%94%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B0_%D0%A2%D0%98_%D0%A1%D0%B0%D1%85%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%B2_%D0%AE%D0%92_-_%D0%A2%D0%A2%D0%9C_(%D0%9C%D0%A3%D0%BF%D0%92%D0%9B%D0%A0_2007).pdf)

4. Данилина Т.И., Чистоедова И.А. Технология тонкопленочных микросхем: Учебно-методическое пособие. - Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2007. - 75 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: [https://miel.tusur.ru/dwn/umo/id/23bbf4bf7040/f/%D0%94%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B0\\_%D0%A2%D0%98\\_%D0%A7%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%B5%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0\\_%D0%98%D0%90\\_%D0%A2%D0%A2%D0%9C\\_\(%D0%A3%D0%9C%D0%9F\\_2007\).pdf](https://miel.tusur.ru/dwn/umo/id/23bbf4bf7040/f/%D0%94%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B0_%D0%A2%D0%98_%D0%A7%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%B5%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D0%98%D0%90_%D0%A2%D0%A2%D0%9C_(%D0%A3%D0%9C%D0%9F_2007).pdf)

### **7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

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

**Для лиц с нарушениями зрения:**

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

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

### **7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: <https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh>.

## **8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины**

### **8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий**

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

### **8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий**

Учебная аудитория: учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 117 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Установка совмещения и экспонирования ЩА-310;

- Установка для нанесения фоторезиста;
- Электронный микроскоп УЭМВ-100К;
- Дистиллятор воды;
- Лабораторное оборудование и приборы: микроскоп МБС-9, микроскоп стерео МС-1, микроинтерферометр МИИ-4, химическая посуда, реактивы;
- Учебная доска;
- Проектор Benq;
- Ноутбук ASUS;
- Экран для проектора;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

### **8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ**

Лаборатория технологии интегральных схем: учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 116 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Установка вакуумного напыления УРМ-3 (2 шт.);
- Установка вакуумного напыления УВН-2М-1;
- Установка вакуумного напыления ВУП-5;
- Насос Вакуумный 2 НВР-5ДМ;
- Вакуумметр ВИТ-2;
- Источник питания УИП-2 (2 шт.);
- Измеритель иммитанса Е7-20;
- Источник питания НУ 3003;
- Микроскоп ММУ-3;
- Микроскоп МИИ-4;
- Микроскоп МБС-9;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

### **8.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы**

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

### **8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование

звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

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

## 9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

### 9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

| Названия разделов (тем) дисциплины                          | Формируемые компетенции | Формы контроля         | Оценочные материалы (ОМ)                                 |
|---|-------------------------|------------------------|--|
| 1 Введение, цели и задачи дисциплины                        | ПКС-1                   | Тестирование           | Примерный перечень тестовых заданий                      |
|   |                         | Экзамен                | Перечень экзаменационных вопросов                        |
| 2 Производственная чистота, гигиена и безопасность          | ПКР-2, ПКС-1            | Контрольная работа     | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ |
|   |                         | Тестирование           | Примерный перечень тестовых заданий                      |
|   |                         | Экзамен                | Перечень экзаменационных вопросов                        |
| 3 Литографические процессы в технологии электронных средств | ПКР-2, ПКС-1            | Индивидуальное задание | Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий      |
|   |                         | Контрольная работа     | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ |
|   |                         | Лабораторная работа    | Темы лабораторных работ                                  |
|   |                         | Практическое задание   | Темы практических заданий                                |
|   |                         | Тестирование           | Примерный перечень тестовых заданий                      |
|   |                         | Экзамен                | Перечень экзаменационных вопросов                        |

|  |              |                        |  |
|--|--------------|------------------------|--|
| 4 Технология плазменных процессов  | ПКР-2, ПКС-1 | Тестирование           | Примерный перечень тестовых заданий                      |
|  |              | Экзамен                | Перечень экзаменационных вопросов                        |
| 5 Технология формирования тонкопленочных покрытий методом термического испарения в вакууме | ПКР-2, ПКС-1 | Индивидуальное задание | Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий      |
|  |              | Лабораторная работа    | Темы лабораторных работ                                  |
|  |              | Практическое задание   | Темы практических заданий                                |
|  |              | Тестирование           | Примерный перечень тестовых заданий                      |
|  |              | Экзамен                | Перечень экзаменационных вопросов                        |
| 6 Ионно-плазменные методы получения тонких пленок  | ПКР-2, ПКС-1 | Индивидуальное задание | Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий      |
|  |              | Контрольная работа     | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ |
|  |              | Лабораторная работа    | Темы лабораторных работ                                  |
|  |              | Практическое задание   | Темы практических заданий                                |
|  |              | Тестирование           | Примерный перечень тестовых заданий                      |
|  |              | Экзамен                | Перечень экзаменационных вопросов                        |
| 7 Технология формирования тонкопленочных ИМС   | ПКР-2, ПКС-1 | Индивидуальное задание | Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий      |
|  |              | Контрольная работа     | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ |
|  |              | Лабораторная работа    | Темы лабораторных работ                                  |
|  |              | Практическое задание   | Темы практических заданий                                |
|  |              | Тестирование           | Примерный перечень тестовых заданий                      |
|  |              | Экзамен                | Перечень экзаменационных вопросов                        |

|  |              |                        |  |
|--|--------------|------------------------|--|
| 8 Технологические процессы изготовления тонкопленочных ИМС | ПКР-2, ПКС-1 | Индивидуальное задание | Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий      |
|  |              | Контрольная работа     | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ |
|  |              | Практическое задание   | Темы практических заданий                                |
|  |              | Тестирование           | Примерный перечень тестовых заданий                      |
|  |              | Экзамен                | Перечень экзаменационных вопросов                        |
| 9 Технология сборочных процессов                           | ПКР-2, ПКС-1 | Контрольная работа     | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ |
|  |              | Тестирование           | Примерный перечень тестовых заданий                      |
|  |              | Экзамен                | Перечень экзаменационных вопросов                        |

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

| Оценка                     | Баллы за ОМ                                | Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения |   |  |
|----------------------------|--|---|---|--|
|                            |  | знать   | уметь   | владеть  |
| 2<br>(неудовлетворительно) | < 60% от максимальной суммы баллов         | отсутствие знаний или фрагментарные знания  | отсутствие умений или частично освоенное умение             | отсутствие навыков или фрагментарное применение навыков              |
| 3<br>(удовлетворительно)   | от 60% до 69% от максимальной суммы баллов | общие, но не структурированные знания   | в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение | в целом успешное, но не систематическое применение навыков           |
| 4 (хорошо)                 | от 70% до 89% от максимальной суммы баллов | сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания                             | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение    | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков |
| 5 (отлично)                | ≥ 90% от максимальной суммы баллов         | сформированные систематические знания   | сформированное умение                                       | успешное и систематическое применение навыков                        |

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

| Оценка                     | Формулировка требований к степени компетенции  |
|----------------------------|--|
| 2<br>(неудовлетворительно) | Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или<br>Знать на уровне <b>ориентирования</b> , представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения. |
| 3<br>(удовлетворительно)   | Знать и уметь на <b>репродуктивном</b> уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.   |
| 4 (хорошо)                 | Знать, уметь, владеть на <b>аналитическом</b> уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.   |
| 5 (отлично)                | Знать, уметь, владеть на <b>системном</b> уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.                             |

### 9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Негативный ФР под действием света:
  - а) разлагается; б) полимеризуется; в) не меняется; г) испаряется.
2. Какой способ экспонирования следует выбрать для обеспечения высокой разрешающей способности ФЛ и большого срока службы ФШ:
  - а) контактная ФЛ;
  - б) бесконтактная с малым зазором;
  - в) бесконтактная с большим зазором;
  - г) проекционная ФЛ.
3. В методе последовательной ФЛ (прямые маски) первой операции является:
  - а) нанесение пленки рабочего материала на подложку;
  - б) нанесение слоя ФР на подложку;
  - в) удаление пленки рабочего материала;
  - г) удаление слоя ФР.
4. В методе обратной ФЛ первой операции является:
  - а) нанесение пленки рабочего материала на подложку;
  - б) нанесение слоя ФР на подложку;
  - в) удаление пленки рабочего материала;
  - г) удаление слоя ФР.
5. В трехслойных контактах "хром – медь - никель" пленка никеля выполняет функции:
  - а) адгезионного слоя;
  - б) проводящего слоя;
  - в) защитного слоя;
  - г) пассивирующего слоя.
6. Для испарения тугоплавкого тантала рекомендуется способ испарения:
  - а) резистивный испаритель из вольфрама;
  - б) тигель из керамики;
  - в) электронный испаритель;
  - г) тигель из графита.
7. Для испарения резистивных сплавов, состоящих из нескольких компонентов (более двух), рекомендуется:

- а) резистивный испаритель;
  - б) взрывное испарение;
  - в) тигель;
  - г) метод "трех температур".
8. Какой электрод при ионно-плазменном распылении выполняется из распыляемого материала?
- а) анод; б) катод; в) подложка; г) экран вокруг катода.
9. В виде каких частиц происходит распыление материала катода?
- а) положительных ионов; б) отрицательных ионов; в) электронов; г) нейтральных частиц.
10. Коэффициент распыления с увеличением энергии ионов в широком диапазоне:
- а) возрастает ;
  - б) уменьшается;
  - в) сначала возрастает, затем уменьшается;
  - г) не меняется.

### 9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

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.

### 9.1.3. Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ

1. Вариант 1
  1. Рассчитать выход годных кристаллов для одной фотолитографической операции, если площадь кристалла 0,2 см<sup>2</sup>, а толщина резиста 1 мкм.
  2. Какой масштаб оригинала выбрать для получения резистора в пленочной схеме шириной 200 мкм с точностью 1 %?
  3. В каком случае можно получить контакты к полоске резистора методом обратной ФР-маски:
    - а) ФР-позитив, ФШ – позитив;
    - б) ФР – негатив; ФШ – негатив;
    - с) ФР – негатив; ФШ – позитив.
  4. Какое оборудование необходимо выбрать для получения эталонного ФШ, если увеличение оригинала М10:1?
2. Вариант 2
  1. Погрешности геометрии тонкопленочного резистора, рисунок которого получен с помощью контактной маски.
  2. Рассчитать параметры проекционной системы для получения размера элемента  $b = 0,8$  мкм.
  3. Какой масштаб оригинала выбрать для получения резистора шириной 30 мкм с точностью 1 % для полупроводниковой ИМС?
  4. Какое оборудование необходимо выбрать для получения эталонного ФШ для пленочной схемы, если увеличение оригинала М20:1?
3. Вариант 1

1. Что определяет давление насыщенных паров металлов при термическом испарении в вакууме?
2. Модель ионного распыления. Какая минимальная энергия необходима для распыления?
3. Рассчитать скорость испарения алюминия при температуре выше условной на 10 %. Для алюминия:  $A = 11,11$ ;  $B = 15630$ ;  $M=27$ ;  $T_{усл}=1423$  К.
4. Представить зависимость коэффициента распыления от энергии иона в диапазоне 50-150 эВ для мишени из меди при бомбардировке ионами аргона, если при  $E = 50$  эВ  $S = 0,05$  атом/ион.
4. Вариант 2
  1. Чем определяется количество вещества, испаренного в угол  $dv$  для точечного испарителя?
  2. Зависимость коэффициента распыления от энергии для легких и тяжелых ионов.
  3. Рассчитать время напыления пленок меди толщиной 1 мкм в центре подложки. Медь испаряется из поверхностного испарителя площадью 1 см<sup>2</sup>. Расстояние от испарителя до подложки 10 см, скорость испарения  $7 \times 10^{-3}$  кг/м<sup>2</sup>×с. Плотность меди  $\rho = 8,96 \times 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.
  4. Представить зависимость  $S$  от  $E$  в диапазоне от пороговой до 200 эВ. Мишень – тантал, ион – аргон.  $S = 0,01$  при  $E = 50$  эВ;  $S = 0,1$  при  $E = 100$  эВ;  $S = 0,4$  при  $E = 200$  эВ.  $M_1 = 40$ ,  $M_2 = 181$ ;  $E_{суб} = 8,7$  эВ.
5. Вариант 3
  1. Для каких целей рекомендуется метод термического испарения с помощью электронных испарителей?
  2. Модель ионного распыления. В каком случае максимально передаваемая энергия от иона атомам мишени будет больше: для легких или тяжелых ионов?
  3. Рассчитать время напыления пленок меди толщиной 0,2 мкм в центре подложки. Медь испаряется из поверхностного испарителя площадью 1 см<sup>2</sup>. Расстояние от испарителя до подложки 10 см, скорость испарения  $1 \times 10^{-3}$  кг/м<sup>2</sup>×с. Плотность меди  $\rho = 8,96 \times 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.
  4. Рассчитать скорость распыления мишени из тантала.  $S = 1,48$ ;  $j = 10$  А/м<sup>2</sup>;  $N_0 = 5,52 \times 10^{28}$  атом/м<sup>3</sup>.

#### 9.1.4. Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий

1. Вариант 1
 

Предлагается получить пленку сернистого кадмия (CdS) двумя методами: термическим испарением и высокочастотным распылением. Объяснить механизм испарения CdS, рассчитать скорости испарения отдельных компонент соединения и ответить на вопрос, каким способом при испарении получить пленки CdS стехиометрического состава? Объяснить механизм высокочастотного распыления мишени из CdS, рассчитать отношение потока серы к потоку кадмия при распылении. На основе полученных результатов рекомендовать способ получения пленок CdS.
2. Вариант 2
 

Предлагается получить пленки тантала и окиси тантала (Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), используя катодное распыление. Рассчитать режимы напыления и определить время напыления структуры Ta – Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - Ta со следующими толщинами: Ta – 0,2 мкм, Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 0,5 мкм.
3. Вариант 3
 

Обосновать выбор технологии напыления пленок вольфрама с разбросом толщины пленки на подложке 60x48 мм<sup>2</sup> не более 5 %. Каким образом обеспечить требуемую скорость конденсации, чтобы время напыления пленки толщиной 0,03 – 0,21 мкм не превышало 1-2 мин?  $T = 3500 - 4000$  К.  $M = 183,8$ ;  $A = 9,24$ ;  $B = 40260$ ;  $\rho = 19,3$  г/см<sup>3</sup>.
4. Вариант 4
 

Исследовать влияние энергии ионов на коэффициент распыления в широком диапазоне энергий от  $E_{пор}$  до  $E_{max}$  для легких (He) и тяжелых (Ar) ионов. Мишень – Cu.
5. Вариант 1
 

Разработать техмаршрут изготовления резистивной матрицы, содержащей резисторы двух групп:

  - первая группа – хром;
  - вторая группа – кермет, проводники – алюминий.

- Предложить способы получения пленок и рассчитать время напыления алюминия.
6. Вариант 2  
Разработать техпроцесс RC-схемы, состоящей из резисторов на основе пленок хрома и конденсаторов алюминий – моноокись кремния – алюминий. Предложить способы получения пленок и рассчитать время напыления хрома.
  7. Вариант 3  
Разработать техпроцесс изготовления фрагмента ИМС, состоящего из резисторов - тантал и конденсаторов: тантал – окись тантала – золото. Технология получения пленок. Рассчитать время напыления пленок тантала.
  8. Вариант 4  
Требуется изготовить тонкопленочную индуктивность на основе пленочной системы: хром – медь – золото с суммарной толщиной 6 мкм. Предложить способы напыления пленок. Рассчитать время напыления пленок.

### **9.1.5. 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

### **9.1.6. Темы практических заданий**

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

## **9.2. Методические рекомендации**

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров.

Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

### **9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

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

### **9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

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

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

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

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

**Для лиц с нарушениями зрения:**

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

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФЭ  
протокол № 103 от «31» 10 2019 г.

### СОГЛАСОВАНО:

| Должность                         | Инициалы, фамилия | Подпись  |
|-----------------------------------|-------------------|--|
| Заведующий выпускающей каф. ФЭ    | П.Е. Троян        | Согласовано,<br>1с6сfa0a-52a6-4f49-<br>aef0-5584d3fd4820 |
| Заведующий обеспечивающей каф. ФЭ | П.Е. Троян        | Согласовано,<br>1с6сfa0a-52a6-4f49-<br>aef0-5584d3fd4820 |
| Начальник учебного управления     | Е.В. Саврук       | Согласовано,<br>fa63922b-1fce-4а6a-<br>845d-9ce7670b004c |

### ЭКСПЕРТЫ:

|                                |                |  |
|--------------------------------|----------------|--|
| Старший преподаватель, каф. ФЭ | В.В. Каранский | Согласовано,<br>с2e55ae8-0332-4ed9-<br>a65a-afbb92539ee8 |
| Заведующий кафедрой, каф. ФЭ   | П.Е. Троян     | Согласовано,<br>1с6сfa0a-52a6-4f49-<br>aef0-5584d3fd4820 |

### РАЗРАБОТАНО:

|                 |                 |  |
|-----------------|-----------------|--|
| Доцент, каф. ФЭ | И.А. Чистоедова | Разработано,<br>2114f42c-7cf2-4826-<br>9f35-9a75ea4961b2 |
|-----------------|-----------------|--|