

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Вишневский Дмитрий Александрович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 30.04.2025 11:55:50  
Уникальный программный ключ:  
03474917c4d012283e5ad996a48a5e70b8badd7

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ДонГТУ»)

Факультет информационных технологий и автоматизации производственных процессов  
Кафедра электроники и радиофизики



УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по учебной работе

Д.В. Мулов

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Технология производства электронных средств

(наименование дисциплины)

11.03.03 Конструирование и технология электронных средств

(код, наименование направления)

Информационные технологии проектирования электронных устройств

(профиль подготовки)

Квалификация

бакалавр

(бакалавр/специалист/магистр)

Форма обучения

очная, очно-заочная, заочная

(очная, очно-заочная, заочная)

Алчевск, 2024

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

Структура мировой системы производства и потребления в сфере высоких технологий основана на технологической цепочке, базирующейся на разработке и производстве электронной компонентной базы. В основе этой технологической цепочки лежит специальное технологическое оборудование, а также электронные материалы и структуры. К числу наиболее заинтересованных потребителей электронной компонентной базы отечественного производства, несомненно, следует отнести разработчиков и производителей высокотехнологичных отраслей промышленности. Среди потенциальных массовых потребителей электронной компонентной базы для аппаратуры гражданского назначения первые места в ближайшее время будут занимать:

- аппаратура цифрового теле- и радиовещания;
- средства радиочастотной идентификации и системы безопасности;
- навигационная аппаратура пользователей;
- медицинская и научная аппаратура, электроника для сельского хозяйства, жилья, средств обучения;
- автомобильная, бытовая электроника, промышленная электроника, энергетическое оборудование и т.д.

*Цели дисциплины:* формирование у студентов знаний об основах технологии производства электронных средств.

*Задачи дисциплины:* наделить студентов знаниями об основных технологиях, материалах и особенностях технологических процессов, применяемых в процессе производства пассивных и активных, дискретных и интегральных электронных компонентов.

*Дисциплина нацелена на формирование*  
универсальной компетенции (УК-1),  
профессиональных компетенций (ПК-4, ПК-6) выпускника.

## 2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Логико-структурный анализ дисциплины – дисциплина входит в часть БЛОКА 1, формируемую участниками образовательных отношений основной профессиональной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств (профиль подготовки «Информационные технологии проектирования электронных устройств»).

Дисциплина реализуется кафедрой электроники и радиофизики.

Для изучения дисциплины необходимы компетенции, сформированные у студента в результате освоения дисциплин ОПОП подготовки бакалавра: «Высшая математика», «Физические основы электроники», «Твердотельная электроника», «Магнитные элементы электронных устройств», «Материалы и компоненты электронной техники».

Математические и естественно-научные дисциплины, а также дисциплины профессионального цикла формируют «входные» знания, умения необходимые для изучения дисциплины «Интерфейсы электронных устройств и систем»:

- знание базовых методов информационных технологий, основные приемы работы с компьютером, основные требования информационной безопасности;

- знание физических принципов работы электронных приборов и устройств, правила построения схем, основные принципы конструирования установок электроники и нанoeлектроники, основные программные средства для проведения расчетов и численного моделирования их параметров и характеристик;

- умение работать с компьютером с применением необходимого программного обеспечения в области профессиональной деятельности;

- умение анализировать физические процессы, протекающие в приборах, схемах, устройствах и установках электроники и нанoeлектроники, строить простейшие математические модели и рассчитывать на их основе основные параметры и характеристики твердотельных электронных приборов и устройств, технологических процессов, схем с данными приборами, технологических установок

- владение навыками построения простейших физических и математических моделей электронных приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники, навыками использования стандартных программных средств расчета их параметров и характеристик и их компьютерного моделирования;

В свою очередь, дисциплина «Технология производства электронных средств» является основой для изучения следующих дисциплин: «Организация научных исследований», а также, приобретенные знания могут быть использованы при прохождении преддипломной практики, защите выпускной квалификационной работы, включая подготовку к защите и процедуру защиты.

В рамках дисциплины студенты изучают технологию производства электронных средств различных уровней, регулирование, настройку, контроль и испытание устройств. Также они узнают о структуре и задачах технологической подготовки производства, методах проектирования технологи-

ческой документации и оценке спроектированных изделий на технологичность.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 ак.ч. Для очной формы обучения программой дисциплины предусмотрены лекционные (36 ак.ч.), практические (36 ак.ч.), занятия и самостоятельная работа студента (72 ак.ч.).

Для очно-заочной формы обучения программой дисциплины предусмотрены лекционные (16 ак.ч.), практические (8 ак.ч.) занятия и самостоятельная работа студента (120 ак.ч.).

Для заочной формы обучения программой дисциплины предусмотрены лекционные (8 ак.ч.), практические (4 ак.ч.) занятия и самостоятельная работа студента (132 ак.ч.).

Дисциплина изучается на 4 курсе в 7 семестре при очной форме обучения и на 4 курсе в 8 семестре при очно-заочной и заочной форме обучения.

Форма промежуточной аттестации – экзамен.

### 3 Перечень результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Процесс изучения дисциплины «Технология производства электронных средств» направлен на формирование компетенций, представленных в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, обязательные к освоению

| Содержание компетенции                                                                                                                                                                                                    | Код компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач                                                                                            | УК-1            | УК-1.1. Знает: методики поиска, сбора и обработки информации; актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности; метод системного анализа<br>УК-1.2. Умеет: применять методики поиска, сбора и обработки информации; осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников; применять системный подход для решения поставленных задач<br>УК-1.3. Владеет: методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации; методикой системного подхода для решения поставленных задач |
| Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизированного проектирования | ПК-4            | ПК-4.1. Формулирует цели и задачи проектирования электронных средств<br>ПК-4.2. Знает принципы конструирования отдельных узлов и блоков электронных приборов<br>ПК-4.3. Проводит оценочные расчеты характеристик электронных приборов<br>ПК-4.4. Осуществляет расчет основных показателей надежности электронных устройств<br>ПК-4.5. Выбирает тип элементов электронных схем с учетом технических требований к разрабатываемому устройству<br>ПК-4.6. Демонстрирует навыки подготовки принципиальных и монтажных электрических схем                                            |
| Способен выполнять работы по технологической подготовке производства электронных устройств                                                                                                                                | ПК-6            | ПК-6.1. Знает принципы учета видов и объемов производственных работ<br>ПК-6.2. Умеет осуществлять регламентное обслуживание оборудования<br>ПК-6.3. Владеет навыками настройки высокотехнологического оборудования                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

#### 4 Объём и виды занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 4 зачётных единицы, 144 ак.ч.

Самостоятельная работа студента (СРС) включает проработку материалов лекций, подготовку к практическим занятиям, текущему контролю, выполнение индивидуального задания, самостоятельное изучение материала и подготовку к экзамену.

При организации внеаудиторной самостоятельной работы по данной дисциплине используются формы и распределение бюджета времени на СРС для очной формы обучения в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 – Распределение бюджета времени на СРС

| Вид учебной работы                                          | Всего ак. ч. | Ак. ч. по семестрам |
|-------------------------------------------------------------|--------------|---------------------|
|                                                             |              | 7                   |
| <b>Аудиторная работа, в том числе:</b>                      | <b>72</b>    | <b>72</b>           |
| Лекции (Л)                                                  | 36           | 36                  |
| Практические занятия (ПЗ)                                   | 36           | 36                  |
| Лабораторные работы (ЛР)                                    | -            | -                   |
| Курсовая работа/курсовой проект                             | -            | -                   |
| <b>Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:</b> | <b>72</b>    | <b>72</b>           |
| Подготовка к лекциям                                        | 9            | 9                   |
| Подготовка к лабораторным работам                           | -            | -                   |
| Подготовка к практическим занятиям / семинарам              | 9            | 9                   |
| Выполнение курсовой работы / проекта                        | -            | -                   |
| Расчетно-графическая работа (РГР)                           | -            | -                   |
| Реферат (индивидуальное задание)                            | 12           | 12                  |
| Домашнее задание                                            | -            | -                   |
| Подготовка к контрольным работам                            | -            | -                   |
| Подготовка к коллоквиуму                                    | 5            | 5                   |
| Аналитический информационный поиск                          | 18           | 18                  |
| Работа в библиотеке                                         | 9            | 9                   |
| Подготовка к экзамену (диф. зачету)                         | 8            | 8                   |
| Промежуточная аттестация – экзамен (Э), диф. зачет (ДЗ)     | <b>Э (2)</b> | <b>Э (2)</b>        |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины</b>                        |              |                     |
| ак. ч.                                                      | 144          | 144                 |
| з.е.                                                        | 4            | 4                   |

## 5 Содержание дисциплины

С целью освоения компетенций, приведенных в п.3 дисциплина разбита на 16 тем:

- тема 1 (Технология производства печатных плат и печатных узлов);
- тема 2 (Технология производства пассивных дискретных элементов);
- тема 3 (Полупроводниковые материалы в микроэлектронике);
- тема 4 (Проводящие и резистивные материалы в микроэлектронике);
- тема 5 (Технологические процессы в микроэлектронике);
- тема 6 (Диффузные и сплавные технологии приборов микроэлектроники);
- тема 7 (Планарные технологии приборов микроэлектроники);
- тема 8 (Технология тонких пленок);
- тема 9 (Технология изготовления полупроводниковых ИМС);
- тема 10 (Технология изготовления полупроводниковых БИС);
- тема 11 (Технология изготовления гибридных микросхем);
- тема 12 (Технологии изготовления гибридных микросхем и микросборок);
- тема 13 (Особенности технологии электромеханических, магнетострикционных и пьезоэлектрических УФЭ);
- тема 14 (Технология изготовления устройств функциональной электроники);
- тема 15 (Перспективные материалы микро - и наноэлектроники);
- тема 16 (Перспективные технологии микро - и наноэлектроники).

Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов для очной, очно-заочной и заочной формы приведены в таблице 3, 4 и 5 соответственно.

Таблица 3 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (очная форма обучения)

| № п/п | Наименование темы (раздела) дисциплины                 | Содержание лекционных занятий                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Трудоемкость в ак.ч. | Темы практических занятий                                              | Трудоемкость в ак.ч. | Темы лабораторных занятий | Трудоемкость в ак.ч. |
|-------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|
| 1     | Технология производства печатных плат и печатных узлов | Материалы для изготовления печатных плат. Технологии изготовления печатных плат и их тестирование. Технологии формирования изображения печатного рисунка. Технология формовки электрорадиоэлементов. Установка элементов на печатную плату. Пайка печатных узлов. Покрытие печатных узлов защитными лаками и компаундами. Тестирование работоспособности печатных узлов. | 2                    | Особенности технологии производства печатных плат и печатных узлов РЭА | 2                    | —                         | —                    |
| 2     | Технология производства пассивных дискретных элементов | Особенности технологии резисторов. Особенности технологии конденсаторов. Особенности технологии катушек индуктивности и ВЧ - дросселей. Особенности технологии НЧ – дросселей и трансформаторов. Особенности технологии электрических частотных фильтров. Особенности технологии электрических линий задержки. Особенности технологии коммутационных устройств           | 2                    | Особенности технологии производства пассивных дискретных элементов     | 2                    | —                         | —                    |
| 3     | Полупроводниковые материалы в микроэлектронике         | Классификация полупроводниковых материалов по составу, внутреннему строению и свойствам. Германиевые полупроводниковые материалы. Кремниевые полупроводниковые материалы. Поликристаллический кремний. Монокристаллический кремний. Арсенидгаллиевые полу-                                                                                                               | 2                    | Полупроводниковые материалы в микроэлектронике                         | 2                    | —                         | —                    |



| №<br>п/п | Наименование темы<br>(раздела)<br>дисциплины              | Содержание лекционных занятий                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Трудоемкость<br>в ак.ч. | Темы<br>практических<br>занятий                                                            | Трудоемкость<br>в ак.ч. | Темы<br>лабораторных<br>занятий | Трудоемкость<br>в ак.ч. |
|----------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|
|          |                                                           | проводниковые материалы. Создание материалов с заданными свойствами.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                                                                                            |                         |                                 |                         |
| 4        | Проводящие и резистивные материалы в микроэлектронике     | Металлы высокой проводимости и контактные материалы. Металлы и сплавы высокого сопротивления. Резистивные металлические пленки. Припой. Неметаллические проводящие материалы.                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 2                       | Проводящие и резистивные материалы в микроэлектронике                                      | 2                       | —                               | —                       |
| 5        | Технологические процессы в микроэлектронике               | Применение диффузии в микроэлектронике. Ионная имплантация. Эпитаксия. Нанесение тонких пленок. Литографические процессы. Механическая обработка поверхности полупроводника. Химическая обработка поверхности полупроводника.                                                                                                                                                                                                                                    | 2                       | Технологические процессы в микроэлектронике                                                | 2                       | —                               | —                       |
| 6        | Диффузные и сплавные технологии приборов микроэлектроники | Основные параметры биполярных транзисторов и их связь с технологией изготовления. Диффузные транзисторы. Получение сплавных р-п переходов. Изготовление дрейфовых транзисторов методом сплавления после диффузии. Изготовление дрейфовых транзисторов методами диффузии при сплавлении и диффузии после сплавления. Изготовление диффузионно-сплавных германиевых мезатранзисторов. Технология изготовления диффузных полупроводниковых резисторов и конденсато- | 2                       | Особенности технологии изготовления диффузных полупроводниковых резисторов и конденсаторов | 2                       | —                               | —                       |

| №<br>п/п | Наименование темы<br>(раздела)<br>дисциплины   | Содержание лекционных занятий                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Трудоемкость<br>в ак.ч. | Темы<br>практических<br>занятий                                              | Трудоемкость<br>в ак.ч. | Темы<br>лабораторных<br>занятий | Трудоемкость<br>в ак.ч. |
|----------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|
|          |                                                | ров.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                                                              |                         |                                 |                         |
| 7        | Планарные технологии приборов микроэлектроники | Особенности планарной технологии. Основные технологические операции планарной технологии. Завершающие операции при производстве микросхем. Технология изготовления планарных транзисторов.                                                                                                                                                             | 2                       | Особенности технологии изготовления планарных транзисторов                   | 2                       | —                               | —                       |
| 8        | Технология тонких пленок                       | Физические явления и процессы в пленочных структурах. Размерные явления и основные свойства тонких пленок. Токи в пленочных структурах. Технология формирования тонких пленок. Металлические и диэлектрические пленки. Изготовление МДП транзисторов. Изготовление МОП транзисторов. Технология тонких пленок в производстве приборов оптоэлектроники. | 2                       | Особенности технологии тонких пленок в производстве приборов оптоэлектроники | 2                       | —                               | —                       |
| 9        | Технология изготовления полупроводниковых ИМС  | Основные этапы и классификация процессов изготовления полупроводниковых ИМС. Изготовление полупроводниковых биполярных ИМС с изоляцией с р-п переходом. Изготовление биполярных ИМС с диэлектрической изоляцией. Изго-                                                                                                                                 | 2                       | Основные этапы и классификация процессов изготовления полупроводниковых ИМС  | 2                       | —                               | —                       |

| №<br>п/п | Наименование темы<br>(раздела)<br>дисциплины                                                                  | Содержание лекционных занятий                                                                                                                                                                                                                        | Трудоемкость<br>в ак.ч. | Темы<br>практических<br>занятий                                                                               | Трудоемкость<br>в ак.ч. | Темы<br>лабораторных<br>занятий | Трудоемкость<br>в ак.ч. |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|
|          |                                                                                                               | товление биполярных ИМС с ком-<br>бинированной изоляцией. Изготов-<br>ление МДП и КМДП - ИМС                                                                                                                                                         |                         |                                                                                                               |                         |                                 |                         |
| 10       | Технология изго-<br>товления полупро-<br>водниковых БИС                                                       | Изготовление соединенных ИМС. Особенности технологии произ-<br>водства БИС. Изготовление бипо-<br>лярных БИС. Изготовление КМДП<br>БИС. Особенности технологии<br>производства СБИС. Изготовление<br>биполярных СБИС. Изготовление<br>КМДП СБИС      | 2                       | Особенности тех-<br>нологии изготав-<br>ления полупро-<br>водниковых БИС                                      | 2                       | —                               | —                       |
| 11       | Технология изго-<br>товления гибрид-<br>ных микросхем                                                         | Материалы подложек ГИС. Тех-<br>нология изготовления подложек<br>ГИС. Тонкопленочные ГИС. Тол-<br>сто пленочные ГИС.                                                                                                                                 | 2                       | Особенности тех-<br>нологии гибрид-<br>ных микросхем                                                          | 2                       | —                               | —                       |
| 12       | Технологии изго-<br>товления гибрид-<br>ных микросхем<br>и микросборок                                        | Изготовление гибридных ИМС.<br>Изготовление гибридных БИС.<br>Изготовление гибридных МСБ.<br>Изготовление гибридных СВЧ -<br>микросхем. Изготовление гибрид-<br>ных ОСВЧ - микросхем.                                                                | 2                       | Особенности тех-<br>нологии изготав-<br>ления гибридных<br>микросхем<br>и микросборок                         | 2                       | —                               | —                       |
| 13       | Особенности тех-<br>нологии электроме-<br>ханических, магни-<br>тострикционных и<br>пьезоэлектрических<br>УФЭ | Технология изготовления электро-<br>механических УФЭ (фильтры, ЛЗ,<br>излучатели). Технология изготав-<br>ления магнитострикционных УФЭ<br>(фильтры, ЛЗ, излучатели). Техно-<br>логия изготовления пьезоэлектри-<br>ческих УФЭ (фильтры, ЛЗ, резона- | 2                       | Особенности тех-<br>нологии электроме-<br>ханических, магни-<br>тострикционных и<br>пьезоэлектрических<br>УФЭ | 2                       | —                               | —                       |

| №<br>п/п               | Наименование темы<br>(раздела)<br>дисциплины                 | Содержание лекционных занятий                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Трудоемкость<br>в ак.ч. | Темы<br>практических<br>занятий                                          | Трудоемкость<br>в ак.ч. | Темы<br>лабораторных<br>занятий | Трудоемкость<br>в ак.ч. |
|------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|
|                        |                                                              | торы, излучатели).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                                                          |                         |                                 |                         |
| 14                     | Технология изготовления устройств функциональной электроники | Технология изготовления пьезотрансформаторов. Технология изготовления акустоэлектрических УФЭ (фильтры, ЛЗ). Технология изготовления устройств оптоэлектроники. Технология изготовления устройств квантовой электроники                                                                                                               | 2                       | Особенности технологии изготовления устройств функциональной электроники | 2                       | —                               | —                       |
| 15                     | Перспективные материалы микро- и нанoeлектроники             | Новые полупроводниковые материалы и изготовление приборов на их основе. Технология напряженного кремния. Классификация наноматериалов и их свойства. Квантоворазмерные структуры. Нанодисперсии, нанокристаллы и нанокластеры. Нанопористые структуры. Использование нанотрубок. Использование фуллеренов. Использование нановолокон. | 4                       | Классификация наноматериалов и их свойства                               | 4                       | —                               | —                       |
| 16                     | Перспективные технологии микро- и нанoeлектроники            | Технология изготовления субмикронных приборов. Технология изготовления квантоворазмерных структур. Технологии основанные на наноионике нанохимии и нанофлюидике. Нанотехнологии в электронике.                                                                                                                                        | 4                       | Нанотехнологии в электронике                                             | 4                       | —                               | —                       |
| Всего аудиторных часов |                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 36                      |                                                                          | 36                      | —                               |                         |

Таблица 4 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (очно-заочная форма обучения)

| № п/п | Наименование темы (раздела) дисциплины                 | Содержание лекционных занятий                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Трудоемкость в ак.ч. | Темы практических занятий                                              | Трудоемкость в ак.ч. | Темы лабораторных занятий | Трудоемкость в ак.ч. |
|-------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|
| 1     | Технология производства печатных плат и печатных узлов | Материалы для изготовления печатных плат. Технологии изготовления печатных плат и их тестирование. Технологии формирования изображения печатного рисунка. Технология формовки электрорадиоэлементов. Установка элементов на печатную плату. Пайка печатных узлов. Покрытие печатных узлов защитными лаками и компаундами. Тестирование работоспособности печатных узлов. | 1                    | Особенности технологии производства печатных плат и печатных узлов РЭА | 0,5                  | —                         | —                    |
| 2     | Технология производства пассивных дискретных элементов | Особенности технологии резисторов. Особенности технологии конденсаторов. Особенности технологии катушек индуктивности и ВЧ - дросселей. Особенности технологии НЧ – дросселей и трансформаторов. Особенности технологии электрических частотных фильтров. Особенности технологии электрических линий задержки. Особенности технологии коммутационных устройств           | 1                    | Особенности технологии производства пассивных дискретных элементов     | 0,5                  | —                         | —                    |
| 3     | Полупроводниковые материалы в микроэлектронике         | Классификация полупроводниковых материалов по составу, внутреннему строению и свойствам. Германиевые полупроводниковые материалы. Кремниевые полупроводниковые материалы. Поликристаллический                                                                                                                                                                            | 1                    | Полупроводниковые материалы в микроэлектронике                         | 0,5                  | —                         | —                    |

| №<br>п/п | Наименование темы<br>(раздела)<br>дисциплины              | Содержание лекционных занятий                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Трудоемкость<br>в ак.ч. | Темы<br>практических<br>занятий                                                            | Трудоемкость<br>в ак.ч. | Темы<br>лабораторных<br>занятий | Трудоемкость<br>в ак.ч. |
|----------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|
|          |                                                           | кремний. Монокристаллический кремний. Арсенидгаллиевые полупроводниковые материалы. Создание материалов с заданными свойствами.                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                                                                            |                         |                                 |                         |
| 4        | Проводящие и резистивные материалы в микроэлектронике     | Металлы высокой проводимости и контактные материалы. Металлы и сплавы высокого сопротивления. Резистивные металлические пленки. Припои. Неметаллические проводящие материалы.                                                                                                                                                                                                                           | 1                       | Проводящие и резистивные материалы в микроэлектронике                                      | 0,5                     | —                               | —                       |
| 5        | Технологические процессы в микроэлектронике               | Применение диффузии в микроэлектронике. Ионная имплантация. Эпитаксия. Нанесение тонких пленок. Литографические процессы. Механическая обработка поверхности полупроводника. Химическая обработка поверхности полупроводника.                                                                                                                                                                           | 1                       | Технологические процессы в микроэлектронике                                                | 0,5                     | —                               | —                       |
| 6        | Диффузные и сплавные технологии приборов микроэлектроники | Основные параметры биполярных транзисторов и их связь с технологией изготовления. Диффузные транзисторы. Получение сплавных р-п переходов. Изготовление дрейфовых транзисторов методом сплавления после диффузии. Изготовление дрейфовых транзисторов методами диффузии при сплавлении и диффузии после сплавления. Изготовление диффузионно-сплавных германиевых мезатранзисторов. Технология изготов- | 1                       | Особенности технологии изготовления диффузных полупроводниковых резисторов и конденсаторов | 0,5                     | —                               | —                       |

| №<br>п/п | Наименование темы<br>(раздела)<br>дисциплины   | Содержание лекционных занятий                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Трудоемкость<br>в ак.ч. | Темы<br>практических<br>занятий                                              | Трудоемкость<br>в ак.ч. | Темы<br>лабораторных<br>занятий | Трудоемкость<br>в ак.ч. |
|----------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|
|          |                                                | ления диффузных полупроводниковых резисторов и конденсаторов.                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                                                              |                         |                                 |                         |
| 7        | Планарные технологии приборов микроэлектроники | Особенности планарной технологии. Основные технологические операции планарной технологии. Завершающие операции при производстве микросхем. Технология изготовления планарных транзисторов                                                                                                                                                             | 1                       | Особенности технологии изготовления планарных транзисторов                   | 0,5                     | —                               | —                       |
| 8        | Технология тонких пленок                       | Физические явления и процессы в пленочных структурах. Размерные явления и основные свойства тонких пленок. Токи в пленочных структурах. Технология формирования тонких пленок. Металлические и диэлектрические пленки. Изготовление МДП транзисторов. Изготовление МОП транзисторов. Технология тонких пленок в производстве приборов оптоэлектроники | 1                       | Особенности технологии тонких пленок в производстве приборов оптоэлектроники | 0,5                     | —                               | —                       |
| 9        | Технология изготовления полупроводниковых ИМС  | Основные этапы и классификация процессов изготовления полупроводниковых ИМС. Изготовление полупроводниковых биполярных ИМС с изоляцией с р-п переходом. Изготовление биполярных ИМС с диэлектрической изоляцией. Изготовление биполярных ИМС с ком-                                                                                                   | 1                       | Основные этапы и классификация процессов изготовления полупроводниковых ИМС  | 0,5                     | —                               | —                       |

| № п/п | Наименование темы (раздела) дисциплины                                                    | Содержание лекционных занятий                                                                                                                                                                                                               | Трудоемкость в ак.ч. | Темы практических занятий                                                                 | Трудоемкость в ак.ч. | Темы лабораторных занятий | Трудоемкость в ак.ч. |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|
|       |                                                                                           | бинированной изоляцией. Изготовление МДП и КМДП - ИМС                                                                                                                                                                                       |                      |                                                                                           |                      |                           |                      |
| 10    | Технология изготовления полупроводниковых БИС                                             | Изготовление соединенных ИМС. Особенности технологии производства БИС. Изготовление биполярных БИС. Изготовление КМДП БИС. Особенности технологии производства СБИС. Изготовление биполярных СБИС. Изготовление КМДП СБИС                   | 1                    | Особенности технологии изготовления полупроводниковых БИС                                 | 0,5                  | —                         | —                    |
| 11    | Технология изготовления гибридных микросхем                                               | Материалы подложек ГИС. Технология изготовления подложек ГИС. Тонкопленочные ГИС. Толсто пленочные ГИС                                                                                                                                      | 1                    | Особенности технологии гибридных микросхем                                                | 0,5                  | —                         | —                    |
| 12    | Технологии изготовления гибридных микросхем и микросборок                                 | Изготовление гибридных ИМС. Изготовление гибридных БИС. Изготовление гибридных МСБ. Изготовление гибридных СВЧ - микросхем. Изготовление гибридных ОСВЧ - микросхем                                                                         | 1                    | Особенности технологии изготовления гибридных микросхем и микросборок                     | 0,5                  | —                         | —                    |
| 13    | Особенности технологии электро-механических, магнитострикционных и пьезоэлектрических УФЭ | Технология изготовления электро-механических УФЭ (фильтры, ЛЗ, излучатели). Технология изготовления магнитострикционных УФЭ (фильтры, ЛЗ, излучатели). Технология изготовления пьезоэлектрических УФЭ (фильтры, ЛЗ, резонаторы, излучатели) | 1                    | Особенности технологии электро-механических, магнитострикционных и пьезоэлектрических УФЭ | 0,5                  | —                         | —                    |



| № п/п                  | Наименование темы (раздела) дисциплины                       | Содержание лекционных занятий                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Трудоемкость в ак.ч. | Темы практических занятий                                                | Трудоемкость в ак.ч. | Темы лабораторных занятий | Трудоемкость в ак.ч. |
|------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|
| 14                     | Технология изготовления устройств функциональной электроники | Технология изготовления пьезотрансформаторов. Технология изготовления акустоэлектрических УФЭ (фильтры, ЛЗ). Технология изготовления устройств оптоэлектроники. Технология изготовления устройств квантовой электроники                                                                                                               | 1                    | Особенности технологии изготовления устройств функциональной электроники | 0,5                  | —                         | —                    |
| 15                     | Перспективные материалы микро- и нанoeлектроники             | Новые полупроводниковые материалы и изготовление приборов на их основе. Технология напряженного кремния. Классификация наноматериалов и их свойства. Квантоворазмерные структуры. Нанодисперсии, нанокристаллы и нанокластеры. Нанопористые структуры. Использование нанотрубок. Использование фуллеренов. Использование нановолокон. | 1                    | Классификация наноматериалов и их свойства                               | 0,5                  | —                         | —                    |
| 16                     | Перспективные технологии микро- и нанoeлектроники            | Технология изготовления субмикронных приборов. Технология изготовления квантоворазмерных структур. Технологии основанные на наноионике нанохимии и нанофлюидике. Нанотехнологии в электронике                                                                                                                                         | 1                    | Нанотехнологии в электронике                                             | 0,5                  | —                         | —                    |
| Всего аудиторных часов |                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 16                   |                                                                          | 8                    | —                         |                      |

Таблица 5 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (заочная форма обучения)

| № п/п | Наименование темы (раздела) дисциплины                 | Содержание лекционных занятий                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Трудоемкость в ак.ч. | Темы практических занятий                                              | Трудоемкость в ак.ч. | Темы лабораторных занятий | Трудоемкость в ак.ч. |
|-------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|
| 1     | Технология производства печатных плат и печатных узлов | Материалы для изготовления печатных плат. Технологии изготовления печатных плат и их тестирование. Технологии формирования изображения печатного рисунка. Технология формовки электрорадиоэлементов. Установка элементов на печатную плату. Пайка печатных узлов. Покрытие печатных узлов защитными лаками и компаундами. Тестирование работоспособности печатных узлов. | 0,5                  | Особенности технологии производства печатных плат и печатных узлов РЭА | 0,25                 | —                         | —                    |
| 2     | Технология производства пассивных дискретных элементов | Особенности технологии резисторов. Особенности технологии конденсаторов. Особенности технологии катушек индуктивности и ВЧ - дросселей. Особенности технологии НЧ – дросселей и трансформаторов. Особенности технологии электрических частотных фильтров. Особенности технологии электрических линий задержки. Особенности технологии коммутационных устройств           | 0,5                  | Особенности технологии производства пассивных дискретных элементов     | 0,25                 | —                         | —                    |
| 3     | Полупроводниковые материалы в микроэлектронике         | Классификация полупроводниковых материалов по составу, внутреннему строению и свойствам. Германиевые полупроводниковые материалы. Кремниевые полупроводниковые                                                                                                                                                                                                           | 0,5                  | Полупроводниковые материалы в микроэлектронике                         | 0,25                 | —                         | —                    |

| №<br>п/п | Наименование темы<br>(раздела)<br>дисциплины              | Содержание лекционных занятий                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Трудоемкость<br>в ак.ч. | Темы<br>практических<br>занятий                                                            | Трудоемкость<br>в ак.ч. | Темы<br>лабораторных<br>занятий | Трудоемкость<br>в ак.ч. |
|----------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|
|          |                                                           | материалы. Поликристаллический кремний. Монокристаллический кремний. Арсенидгаллиевые полупроводниковые материалы. Создание материалов с заданными свойствами.                                                                                                                                                                                                          |                         |                                                                                            |                         |                                 |                         |
| 4        | Проводящие и резистивные материалы в микроэлектронике     | Металлы высокой проводимости и контактные материалы. Металлы и сплавы высокого сопротивления. Резистивные металлические пленки. Припои. Неметаллические проводящие материалы.                                                                                                                                                                                           | 0,5                     | Проводящие и резистивные материалы в микроэлектронике                                      | 0,25                    | —                               | —                       |
| 5        | Технологические процессы в микроэлектронике               | Применение диффузии в микроэлектронике. Ионная имплантация. Эпитаксия. Нанесение тонких пленок. Литографические процессы. Механическая обработка поверхности полупроводника. Химическая обработка поверхности полупроводника.                                                                                                                                           | 0,5                     | Технологические процессы в микроэлектронике                                                | 0,25                    | —                               | —                       |
| 6        | Диффузные и сплавные технологии приборов микроэлектроники | Основные параметры биполярных транзисторов и их связь с технологией изготовления. Диффузные транзисторы. Получение сплавных р-п переходов. Изготовление дрейфовых транзисторов методом сплавления после диффузии. Изготовление дрейфовых транзисторов методами диффузии при сплавлении и диффузии после сплавления. Изготовление диффузионно-сплавных германиевых меза- | 0,5                     | Особенности технологии изготовления диффузных полупроводниковых резисторов и конденсаторов | 0,25                    | —                               | —                       |

| №<br>п/п | Наименование темы<br>(раздела)<br>дисциплины   | Содержание лекционных занятий                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Трудоемкость<br>в ак.ч. | Темы<br>практических<br>занятий                                              | Трудоемкость<br>в ак.ч. | Темы<br>лабораторных<br>занятий | Трудоемкость<br>в ак.ч. |
|----------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|
|          |                                                | транзисторов. Технология изготовления диффузных полупроводниковых резисторов и конденсаторов.                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                                                              |                         |                                 |                         |
| 7        | Планарные технологии приборов микроэлектроники | Особенности планарной технологии. Основные технологические операции планарной технологии. Завершающие операции при производстве микросхем. Технология изготовления планарных транзисторов                                                                                                                                                             | 0,5                     | Особенности технологии изготовления планарных транзисторов                   | 0,25                    | —                               | —                       |
| 8        | Технология тонких пленок                       | Физические явления и процессы в пленочных структурах. Размерные явления и основные свойства тонких пленок. Токи в пленочных структурах. Технология формирования тонких пленок. Металлические и диэлектрические пленки. Изготовление МДП транзисторов. Изготовление МОП транзисторов. Технология тонких пленок в производстве приборов оптоэлектроники | 0,5                     | Особенности технологии тонких пленок в производстве приборов оптоэлектроники | 0,25                    | —                               | —                       |
| 9        | Технология изготовления полупроводниковых ИМС  | Основные этапы и классификация процессов изготовления полупроводниковых ИМС. Изготовление полупроводниковых биполярных ИМС с изоляцией с р-п переходом. Изготовление биполярных ИМС с диэлектрической изоляцией. Изго-                                                                                                                                | 0,5                     | Основные этапы и классификация процессов изготовления полупроводниковых ИМС  | 0,25                    | —                               | —                       |

| №<br>п/п | Наименование темы<br>(раздела)<br>дисциплины                                                                  | Содержание лекционных занятий                                                                                                                                                                                                                                             | Трудоемкость<br>в ак.ч. | Темы<br>практических<br>занятий                                                                               | Трудоемкость<br>в ак.ч. | Темы<br>лабораторных<br>занятий | Трудоемкость<br>в ак.ч. |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|
|          |                                                                                                               | товление биполярных ИМС с ком-<br>бинированной изоляцией. Изготов-<br>ление МДП и КМДП - ИМС                                                                                                                                                                              |                         |                                                                                                               |                         |                                 |                         |
| 10       | Технология изго-<br>товления полупро-<br>водниковых БИС                                                       | Изготовление соединенных ИМС. Особенности технологии произ-<br>водства БИС. Изготовление бипо-<br>лярных БИС. Изготовление КМДП<br>БИС. Особенности технологии<br>производства СБИС. Изготовление<br>биполярных СБИС. Изготовление<br>КМДП СБИС                           | 0,5                     | Особенности тех-<br>нологии изготав-<br>ления полупро-<br>водниковых БИС                                      | 0,25                    | —                               | —                       |
| 11       | Технология изго-<br>товления гибрид-<br>ных микросхем                                                         | Материалы подложек ГИС. Тех-<br>нология изготовления подложек<br>ГИС. Тонкопленочные ГИС. Тол-<br>сто пленочные ГИС                                                                                                                                                       | 0,5                     | Особенности тех-<br>нологии гибрид-<br>ных микросхем                                                          | 0,25                    | —                               | —                       |
| 12       | Технологии изго-<br>товления гибрид-<br>ных микросхем<br>и микросборок                                        | Изготовление гибридных ИМС.<br>Изготовление гибридных БИС.<br>Изготовление гибридных МСБ.<br>Изготовление гибридных СВЧ -<br>микросхем. Изготовление гибрид-<br>ных ОСВЧ - микросхем                                                                                      | 0,5                     | Особенности тех-<br>нологии изготав-<br>ления гибридных<br>микросхем<br>и микросборок                         | 0,25                    | —                               | —                       |
| 13       | Особенности тех-<br>нологии электроме-<br>ханических, магни-<br>тострикционных и<br>пьезоэлектрических<br>УФЭ | Технология изготовления электро-<br>механических УФЭ (фильтры, ЛЗ,<br>излучатели). Технология изготов-<br>ления магнитострикционных УФЭ<br>(фильтры, ЛЗ, излучатели). Техно-<br>логия изготовления пьезоэлектри-<br>ческих УФЭ (фильтры, ЛЗ, резона-<br>торы, излучатели) | 0,5                     | Особенности тех-<br>нологии электроме-<br>ханических, магни-<br>тострикционных и<br>пьезоэлектрических<br>УФЭ | 0,25                    | —                               | —                       |

| №<br>п/п               | Наименование темы<br>(раздела)<br>дисциплины                 | Содержание лекционных занятий                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Трудоемкость<br>в ак.ч. | Темы<br>практических<br>занятий                                          | Трудоемкость<br>в ак.ч. | Темы<br>лабораторных<br>занятий | Трудоемкость<br>в ак.ч. |
|------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| 14                     | Технология изготовления устройств функциональной электроники | Технология изготовления пьезотрансформаторов. Технология изготовления акустоэлектрических УФЭ (фильтры, ЛЗ). Технология изготовления устройств оптоэлектроники. Технология изготовления устройств квантовой электроники                                                                                                               | 0,5                     | Особенности технологии изготовления устройств функциональной электроники | 0,25                    | —                               | —                       |
| 15                     | Перспективные материалы микро- и наноэлектроники             | Новые полупроводниковые материалы и изготовление приборов на их основе. Технология напряженного кремния. Классификация наноматериалов и их свойства. Квантоворазмерные структуры. Нанодисперсии, нанокристаллы и нанокластеры. Нанопористые структуры. Использование нанотрубок. Использование фуллеренов. Использование нановолокон. | 0,5                     | Классификация наноматериалов и их свойства                               | 0,25                    | —                               | —                       |
| 16                     | Перспективные технологии микро- и наноэлектроники            | Технология изготовления субмикронных приборов. Технология изготовления квантоворазмерных структур. Технологии основанные на наноионике нанохимии и нанофлюидике. Нанотехнологии в электронике                                                                                                                                         | 0,5                     | Нанотехнологии в электронике                                             | 0,25                    | —                               | —                       |
| Всего аудиторных часов |                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 8                       |                                                                          | 4                       | —                               |                         |

## **6 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

### **6.1 Критерии оценивания**

В соответствии с Положением о кредитно-модульной системе организации образовательного процесса ФГБОУ ВО «ДонГТУ» ([https://www.dstu.education/images/structure/license\\_certificate/polog\\_kred\\_modul.pdf](https://www.dstu.education/images/structure/license_certificate/polog_kred_modul.pdf)) при оценивании сформированности компетенций по дисциплине используется 100-балльная шкала.

Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний

| Код и наименование компетенции | Способ оценивания | Оценочное средство                              |
|--------------------------------|-------------------|-------------------------------------------------|
| УК-1, ПК-4, ПК-6               | Экзамен           | Комплект контролирующих материалов для экзамена |

Всего по текущей работе в семестре студент может набрать 100 баллов, в том числе:

- тестовый контроль или устный опрос на коллоквиумах (2 работы) – всего 40 баллов;
- за выполнение индивидуального и домашнего задания – всего 60 баллов.

Экзамен проставляется автоматически, если студент набрал по текущей работе не менее 60 баллов. Минимальное количество баллов по каждому из видов текущей работы составляет 60% от максимального. Экзамен по дисциплине «Технология производства электронных средств» проводится в две степени:

- тесты (15 закрытых заданий и 15 открытых заданий), студент должен ответить правильно не менее чем на 18 вопросов подтвердив, таким образом, успешное освоение обязательного минимума по данной дисциплине.

В случае успешной сдачи тестов студент может набрать максимум 60 баллов или может быть допущен к устной части экзамена и претендовать на повышенную оценку.

Экзамен проводится по вопросам, представленным ниже. Студент получает два вопроса из приведенного перечня. Ответ на каждый вопрос оценивается из 20 баллов. Студент может набрать до 40 баллов. Результат сдачи дифференцированного зачета (максимум 100 баллов) определяется как сумма тестовой и устной частей.

Шкала оценивания знаний при проведении промежуточной аттестации приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Шкала оценивания знаний

| Сумма баллов за все виды учебной деятельности | Оценка по национальной шкале зачёт/экзамен |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 0-59                                          | Не зачтено/неудовлетворительно             |
| 60-73                                         | Зачтено/удовлетворительно                  |
| 74-89                                         | Зачтено/хорошо                             |
| 90-100                                        | Зачтено/отлично                            |

## 6.2 Домашнее задание

В качестве домашнего задания обучающиеся выполняют проработку лекционного материала.

## 6.3 Темы для рефератов (презентаций) – индивидуальное задание

По структуре КР должна содержать ответы на вопросы по заданным 9 темам. Обязательно записывать формулировки вопросов, а затем ответы на них. Нумерация страниц обязательна. Работа должна быть насыщена иллюстративным материалом – картинки, фотографии, чертежи, эскизы, схемы, формулы, графики, диаграммы, таблицы. Работа оформляется в соответствии с ГОСТ 2.105 – 95. Защита осуществляется в виде доклада. Доклад иллюстрируется презентацией в PowerPoint.

В конце КР следует привести список использованных литературных источников.

Таблица 6.3.1 – Варианты заданий

| Номер варианта | Номер теоретического вопроса                |
|----------------|---------------------------------------------|
| 1              | 1.1, 2.1, 3.1, 4.1, 5.1, 6.1, 7.1, 8.1, 9.1 |
| 2              | 1.2, 2.2, 3.2, 4.2, 5.2, 6.2, 7.2, 8.2, 9.2 |
| 3              | 1.3, 2.3, 3.3, 4.3, 5.3, 6.3, 7.3, 8.3, 9.3 |
| 4              | 1.4, 2.4, 3.4, 4.4, 5.4, 6.4, 7.4, 8.4, 9.4 |
| 5              | 1.5, 2.5, 3.5, 4.5, 5.5, 6.5, 7.5, 8.5, 9.5 |
| 6              | 1.6, 2.6, 3.6, 4.6, 5.6, 6.6, 7.6, 8.6, 9.6 |
| 7              | 1.7, 2.7, 3.7, 4.7, 5.7, 6.7, 7.7, 8.7, 9.7 |
| 8              | 1.8, 2.1, 3.8, 4.8, 5.8, 6.8, 7.8, 8.1, 9.8 |
| 9              | 1.1, 2.2, 3.1, 4.9, 5.1, 6.1, 7.9, 8.2, 9.1 |
| 10             | 1.2, 2.3, 3.2, 4.1, 5.2, 6.2, 7.1, 8.3, 9.2 |
| 11             | 1.3, 2.4, 3.3, 4.2, 5.3, 6.3, 7.2, 8.4, 9.3 |
| 12             | 1.4, 2.5, 3.4, 4.3, 5.4, 6.4, 7.3, 8.5, 9.4 |
| 13             | 1.5, 2.6, 3.5, 4.4, 5.5, 6.5, 7.4, 8.6, 9.5 |
| 14             | 1.6, 2.7, 3.6, 4.5, 5.6, 6.6, 7.5, 8.7, 9.6 |
| 15             | 1.7, 2.1, 3.7, 4.6, 5.7, 6.7, 7.6, 8.1, 9.7 |
| 16             | 1.8, 2.2, 3.8, 4.7, 5.8, 6.8, 7.7, 8.2, 9.8 |
| 17             | 1.1, 2.3, 3.1, 4.8, 5.1, 6.1, 7.8, 8.3, 9.1 |
| 18             | 1.2, 2.4, 3.2, 4.9, 5.2, 6.2, 7.9, 8.4, 9.2 |
| 19             | 1.3, 2.5, 3.3, 4.1, 5.3, 6.3, 7.1, 8.5, 9.3 |
| 20             | 1.4, 2.6, 3.4, 4.2, 5.4, 6.4, 7.2, 8.6, 9.4 |



## Тема 1. Технология производства печатных плат и печатных узлов РЭА

- 1.1 Материалы для изготовления печатных плат.
- 1.2 Технологии изготовления печатных плат и их тестирование.
- 1.3 Технологии формирования изображения печатного рисунка.
- 1.4 Технология формовки электрорадиоэлементов.
- 1.5 Установка и монтаж элементов на печатной плате.
- 1.6 Пайка печатных узлов.
- 1.7 Покрытие печатных узлов защитными лаками и компаундами.
- 1.8 Тестирование работоспособности печатных узлов.

## Тема 2 Технология производства пассивных дискретных элементов

- 2.1 Особенности технологии производства резисторов.
- 2.2 Особенности технологии производства конденсаторов.
- 2.3 Особенности технологии производства катушек индуктивности и ВЧ - дросселей.
- 2.4 Особенности технологии производства НЧ – дросселей и трансформаторов.
- 2.5 Особенности технологии производства электрических частотных фильтров.
- 2.6 Особенности технологии производства электрических линий задержки.
- 2.7 Особенности технологии производства коммутационных устройств.

## Тема 3 Материалы и технологические процессы в микроэлектронике

- 3.1 Полупроводниковые материалы и их электрические свойства.
- 3.2 Создание материалов с заданными свойствами.
- 3.3 Применение диффузии в микроэлектронике.
- 3.4 Ионная имплантация.
- 3.5 Эпитаксия.
- 3.6 Технологии нанесения тонких и толстых пленок.
- 3.7 Литографические процессы.
- 3.8 Механическая и химическая обработка поверхности полупроводника.

## Тема 4 Технологии изготовления приборов микроэлектроники

- 4.1 Основные параметры биполярных транзисторов и их связь с технологией изготовления.
- 4.2 Диффузные транзисторы.
- 4.3 Получение сплавных р-п переходов.
- 4.4 Изготовление дрейфовых транзисторов методом сплавления после диффузии.
- 4.5 Изготовление дрейфовых транзисторов методами диффузии при сплавлении и диффузии после сплавления.
- 4.6 Изготовление диффузионно-сплавных германиевых мезатранзисторов.
- 4.7 Особенности планарной технологии.
- 4.8 Технология изготовления планарных транзисторов.

4.9 Технология изготовления диффузных полупроводниковых резисторов и конденсаторов.

Тема 5 Технология тонких пленок

5.1 Физические явления и процессы в пленочных структурах.

5.2 Размерные явления и основные свойства тонких пленок.

5.3 Токи в пленочных структурах.

5.4 Технология формирования тонких пленок.

5.5 Металлические и диэлектрические пленки.

5.6 Изготовление МДП транзисторов.

5.7 Изготовление МОП транзисторов.

5.8 Технология тонких пленок в производстве приборов оптоэлектроники.

Тема 6 Технология изготовления полупроводниковых ИМС и БИС

6.1 Основные этапы и классификация процессов изготовления полупроводниковых ИМС.

6.2 Изготовление полупроводниковых биполярных ИМС с изоляцией р-п переходом.

6.3 Изготовление биполярных ИМС с диэлектрической изоляцией.

6.4 Изготовление биполярных ИМС с комбинированной изоляцией.

6.5 Изготовление соединенных (совмещенных) ИМС.

6.6 Изготовление МДП и КМДП - ИМС.

6.7 Особенности технологии и методы создания БИС.

6.8 Особенности технологии и методы создания СБИС.

Тема 7 Технология изготовления гибридных микросхем и микросборок

7.1 Материалы подложек ГИС.

7.2 Технология изготовления подложек ГИС.

7.3 Тонкопленочные ГИС.

7.4 Толстопленочные ГИС.

7.5 Технология производства гибридных ИМС.

7.6 Изготовление гибридных БИС.

7.7 Изготовление гибридных МСБ.

7.8 Изготовление гибридных СВЧ - микросхем.

7.9 Изготовление гибридных ОСВЧ - микросхем.

Тема 8 Технология изготовления устройств функциональной электроники

8.1 Технология изготовления электромеханических УФЭ (фильтры, ЛЗ, излучатели).

8.2 Технология изготовления магнитострикционных УФЭ (фильтры, ЛЗ, излучатели).

8.3 Технология изготовления пьезоэлектрических УФЭ (фильтры, ЛЗ, резонаторы, излучатели).

8.4 Технология изготовления пьезотрансформаторов.

8.5 Технология изготовления акустоэлектрических УФЭ (фильтры, ЛЗ).

8.6 Технология изготовления устройств оптоэлектроники.

8.7 Технология изготовления устройств квантовой электроники.

Тема 9 Основные направления микроминиатюризации

9.1 Технология напряженного кремния.

9.2 Технология изготовления субмикронных приборов.

9.3 Технология изготовления квантоворазмерных структур.

9.4 Новые полупроводниковые материалы и изготовления приборов на их основе.

9.6 Использование фуллеренов.

9.7 Использование нанотрубок.

9.8 Нанотехнологии в электронике.

#### **6.4 Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости**

Примеры тестовых заданий коллоквиумов №1 и №2:

1. Совокупность методов организации, управления и решения технологических задач на основе комплексной стандартизации, автоматизации и средств технологического оснащения, это:

- а) Техническая подготовка производства;
- б) Технологическая подготовка производства;
- в) Техничко-экономическая подготовка производства.

2. Стандарты ЕСТПП:

- а) устанавливают общие правила организации управления производством;
- б) предусматривают применение прогрессивных ТП
- в) предусматривают применение стандартной технологической оснастки и оборудования;
- г) предусматривают применение стандартных средств механизации и автоматизации производственных процессов и инженерно технических и управленческих работ

3. Задачи, решаемые при технологической подготовке производства:

- а) Отработка конструкции изделия на технологичность.
- б) Прогнозирование развития технологии.
- в) Стандартизация технологических процессов.
- г) Группирование технологических процессов.
- д) Технологическое оснащение.
- е) Оценка уровня технологии.
- ж) Организация и управление процессом ТПП.
- з) Разработка технологических процессов.
- и) Проектирование средств специального технологического оснащения.
- к) Разработка норм. Разработка технически обоснованных норм расхода

4. Какие из этих типов производства существуют:

- а) единичное;
- б) серийное;
- в) массовое.

5. К какому типу производства относится характеристика: на рабочих местах выполняются разнообразные технологические операции, повторяющиеся нерегулярно или неповторяющиеся совсем, используется универсальное точное оборудование. Специальные инструменты и приспособления, как правило, не применяют, уровень механизации низкий. Взаимозаменяемость деталей и узлов во многих случаях отсутствует, широко распространена пригонка по месту. Все это требует высокой квалификации рабочих, т.к. от неё существенно зависит качество выпускаемой продукции. Всеми этими факторами определяется также и высокая себестоимость аппаратуры.

- а) единичное;
- б) серийное;
- в) массовое.

6. К какому типу производства относится характеристика: ограниченная номенклатура изделий, изготавливаемых периодически повторяющимися партиями. Выпуск партий еженедельный, ежемесячный или ежеквартальный. Объём выпуска изделий колеблется от десятков и сотен до тысяч единиц.

- а) единичное;
- б) серийное;
- в) массовое.

7. К какому типу производства относится характеристика: узкая номенклатура и большой объём выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых в течение длительного периода времени. Коэффициент закрепления операций равен 1. Требуется использование рабочих невысокой квалификации, специального высокопроизводительного оборудования.

- а) единичное;
- б) серийное;
- в) массовое.

8. Средства технологического оснащения производства РЭА включают:

- а) технологическое оборудование (в том числе контрольное и испытательное);
- б) технологическую оснастку (в том числе инструменты и средства контроля);
- в) средства механизации производственных процессов;
- г) средства автоматизации производственных процессов.

9. Технологическое оборудование, это:

- а) орудия производства, в которых для выполнения определённой части ТП размещаются материалы или заготовки и средства воздействия на них;
- б) орудия производства, добавляемые к технологическому оборудованию для выполнения определённой части ТП;
- в) орудия производства, в которых ручной труд человека частично или полностью заменён машинным с сохранением участия человека в управлении машинами;
- г) орудия производства, в которых функции управления выполняют

машины, приборы и ЭВМ.

10. При настройке температурного профиля паяльной печи в технологии поверхностного монтажа учитывается:

- а) размер сферических частиц припоя в паяльной пасте;
- б) характер флюса в паяльной пасте;
- в) активность спаиваемых поверхностей;
- г) теплоемкость компонентов;
- д) глубина пропая.

### **6.5 Вопросы для подготовки к экзамену (тестовому коллоквиуму)**

1. Материалы для изготовления печатных плат.
2. Технологии изготовления печатных плат и их тестирование.
3. Технологии формирования изображения печатного рисунка.
4. Технология формовки электрорадиоэлементов.
5. Установка элементов на печатную плату.
6. Пайка печатных узлов.
7. Покрытие печатных узлов защитными лаками и компаундами.
8. Тестирование работоспособности печатных узлов.
9. Особенности технологии резисторов.
10. Особенности технологии конденсаторов.
11. Особенности технологии катушек индуктивности и ВЧ - дросселей.
12. Особенности технологии НЧ – дросселей и трансформаторов.
13. Особенности технологии электрических частотных фильтров.
14. Особенности технологии электрических линий задержки.
15. Особенности технологии коммутационных устройств.
16. Классификация полупроводниковых материалов по составу, внутреннему строению и свойствам.
17. Германиевые полупроводниковые материалы.
18. Кремниевые полупроводниковые материалы.
19. Поликристаллический кремний.
20. Монокристаллический кремний.
21. Арсенидгаллиевые полупроводниковые материалы.
22. Создание материалов с заданными свойствами.
23. Металлы высокой проводимости и контактные материалы.
24. Металлы и сплавы высокого сопротивления.
25. Резистивные металлические пленки.
26. Припой.
27. Неметаллические проводящие материалы.
28. Применение диффузии в микроэлектронике.
29. Ионная имплантация.
30. Эпитаксия.
31. Нанесение тонких пленок.
32. Литографические процессы.

33. Механическая обработка поверхности полупроводника.
34. Химическая обработка поверхности полупроводника.
35. Основные параметры биполярных транзисторов и их связь с технологией изготовления.
36. Диффузные транзисторы.
37. Получение сплавных р-п переходов.
38. Изготовление дрейфовых транзисторов методом сплавления после диффузии.
39. Изготовление дрейфовых транзисторов методами диффузии при сплавлении и диффузии после сплавления.
40. Изготовление диффузионно-сплавных германиевых меза-транзисторов.
41. Технология изготовления диффузных полупроводниковых резисторов и конденсаторов.
42. Особенности планарной технологии.
43. Основные технологические операции планарной технологии.
44. Завершающие операции при производстве микросхем
45. Технология изготовления планарных транзисторов.
46. Физические явления и процессы в пленочных структурах.
47. Размерные явления и основные свойства тонких пленок.
48. Токи в пленочных структурах.
49. Технология формирования тонких пленок.
50. Металлические и диэлектрические пленки.
51. Изготовление МДП транзисторов.
52. Изготовление МОП транзисторов.
53. Технология тонких пленок в производстве приборов оптоэлектроники.
54. Основные этапы и классификация процессов изготовления полупроводниковых ИМС.
55. Изготовление полупроводниковых биполярных ИМС с изоляцией с р-п переходом.
56. Изготовление биполярных ИМС с диэлектрической изоляцией.
57. Изготовление биполярных ИМС с комбинированной изоляцией.
58. Изготовление МДП и КМДП - ИМС.
59. Изготовление соединенных ИМС.
60. Особенности технологии производства БИС.
- 51.3 Изготовление биполярных БИС.
62. Изготовление КМДП БИС.
63. Особенности технологии производства СБИС.
64. Изготовление биполярных СБИС.
65. Изготовление КМДП СБИС.
66. Материалы подложек ГИС.
67. Технология изготовления подложек ГИС.
68. Тонкопленочные ГИС.
69. Толстопленочные ГИС.

70. Изготовление гибридных ИМС.
71. Изготовление гибридных БИС.
72. Изготовление гибридных МСБ.
73. Изготовление гибридных СВЧ - микросхем.
74. Изготовление гибридных ОСВЧ - микросхем.
75. Технология изготовления электромеханических УФЭ (фильтры, ЛЗ, излучатели).
76. Технология изготовления магнитострикционных УФЭ (фильтры, ЛЗ, излучатели).
77. Технология изготовления пьезоэлектрических УФЭ (фильтры, ЛЗ, резонаторы, излучатели).
78. Технология изготовления пьезотрансформаторов.
79. Технология изготовления акустоэлектрических УФЭ (фильтры, ЛЗ).
80. Технология изготовления устройств оптоэлектроники.
81. Технология изготовления устройств квантовой электроники.
82. Новые полупроводниковые материалы и изготовление приборов на их основе.
83. Технология напряженного кремния.
84. Классификация наноматериалов и их свойства.
85. Квантоворазмерные структуры,
86. Нанодисперсии, нанокристаллы и нанокластеры.
87. Нанопористые структуры.
88. Использование нанотрубок.
89. Использование фуллеренов.
90. Использование нановолокон.
91. Технология изготовления субмикронных приборов.
92. Технология изготовления квантоворазмерных структур.
93. Технологии основанные на наноионике нанохимии и нанофлюидике.
94. Нанотехнологии в электронике.

## **6.6 Примерная тематика курсовых работ**

Курсовые работы не предусмотрены.

## 7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1 Рекомендуемая литература

#### *Основная литература*

1. Вайспапир, В. Я. Технология производства электронных средств : учебное пособие / В. Я. Вайспапир. — Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2020. — 121 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/117118.html> (дата обращения: 30.08.2024).

#### *Дополнительная литература*

1. Пресс, Ф.П. Фотолитографические методы в технологии полупроводниковых приборов и интегральных микросхем / Ф.П. Пресс. М.: Советское радио, 1978. 96 с. - 1 экземпляр.

2. Гусев, В.П. Технология радиоаппаратостроения: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по спец. "Конструирование и производство радиоаппаратуры" / В.П. Гусев. М.: Высшая школа, 1972. 494 с. - 3 экземпляра.

3. Доморацкий, И.А. Унификация инженерных решений технологической подготовки производства микросборок: в условиях автоматизированного производства / И.А. Доморацкий, М.С. Лапин, К.П. Меткин. М.: Изд-во стандартов, 1989. 248 с. - 5 экземпляров.

4. Ханке, Х.-И. Технология производства радиоэлектронной аппаратуры: пер. с нем. / Х.-И. Ханке, Х. Фабиан. М.: Энергия, 1980. 464 с. - 3 экземпляра.

5. Маслов, А.А. Технология и конструкции полупроводниковых приборов / А.А. Маслов. М.: Энергия, 1970. 296 с. - 2 экземпляра.

6. Курносов, А.И. Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по спец. "Полупроводники и диэлектрики" и "Полупроводниковые приборы" / А.И. Курносов, В.В. Юдин. 3-е изд., перераб. и доп. М. : Высшая школа, 1986. 368 с. - 3 экземпляра.

7. Антонов, В.А. Технология производства электровакуумных и полупроводниковых приборов: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по спец. "Полупроводниковое и электровакуумное машиностроение" / В.А. Антонов. М.: Высшая школа, 1979. 368 с. - 2 экземпляра.

8. Лазутин, Ю. Д. Технология электронных средств : учебник / Ю. Д. Лазутин, В. П. Корячко, В. В. Сушкин. — Москва : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2013. — 288 с. — ISBN 978-5-7038-3740-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/93944.html> (дата обращения: 30.08.2024).

9. Малюков, С. П. Основы конструирования и технологии электронных средств : учебное пособие / С. П. Малюков, А. В. Палий, А. В. Саенко.



— Ростов-на-Дону, Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2017. — 105 с. — ISBN 978-5-9275-2725-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/87459.html> (дата обращения: 30.08.2024).

## **7.2 Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Научная библиотека ДонГТУ : официальный сайт. — Алчевск. — URL: [library.dstu.education](http://library.dstu.education). — Текст : электронный.

2. Научно-техническая библиотека БГТУ им. Шухова : официальный сайт. — Белгород. — URL: <http://ntb.bstu.ru/jirbis2/>. — Текст : электронный.

3. Консультант студента : электронно-библиотечная система. — Москва. — URL: <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. — Текст : электронный.

4. Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система. — URL: [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red). — Текст : электронный.

5. IPR BOOKS : электронно-библиотечная система. — Красногорск. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/>. — Текст : электронный.

## 8 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническая база обеспечивает проведение всех видов деятельности в процессе обучения, соответствует требованиям ФГОС ВО.

Материально-техническое обеспечение представлено в таблице 9.

Таблица 9 – Материально-техническое обеспечение

| Наименование оборудованных учебных кабинетов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Адрес (местоположение) учебных кабинетов |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| <p>Специальные помещения:</p> <p><i>Мультимедийная лекционная аудитория (48 посадочных мест), оборудованная проектором EPSON EMP-X5 (1 шт.); домашний кинотеатр НТ-475 (1 шт.); персональный компьютер, локальная сеть с выходом в Internet</i></p>                                                                                                                                                                                                          | ауд. <u>206</u> корп. <u>3</u>           |
| <p>Аудитории для проведения практических занятий, для самостоятельной работы:</p> <p><i>Лаборатория преобразовательной и микропроцессорной техники (25 посадочных мест) для проведения практических занятий, для групповых и индивидуальных консультаций, для организации самостоятельной работы, в том числе, научно-исследовательской, оборудованная учебной мебелью, компьютерами с неограниченным доступом к сети Интернет, включая доступ к ЭБС</i></p> | ауд. <u>203</u> корп. <u>3</u>           |
| <p><i>Компьютерный класс (11 посадочных мест) для групповых и индивидуальных консультаций, организации самостоятельной работы, оборудованный учебной мебелью, компьютерами с неограниченным доступом к сети Интернет, включая доступ к ЭБС, доской маркерной магнитной</i></p>                                                                                                                                                                               | ауд. <u>207</u> корп. <u>3</u>           |

## Лист согласования РПД

Разработали:

Ст.преп. кафедры  
электроники и радиофизики  
(должность)

  
(подпись)

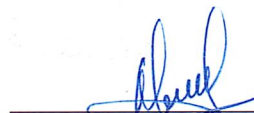
В.И. Ушаков  
(Ф.И.О.)

Ст.преп. кафедры  
электроники и радиофизики  
(должность)

  
(подпись)

А.В. Еремина  
(Ф.И.О.)

И.о. заведующего кафедрой  
электроники и радиофизики

  
(подпись)

А.М. Афанасьев  
(Ф.И.О.)

Протокол № 1 заседания кафедры  
электроники и радиофизики

от 30.08.2024 г.

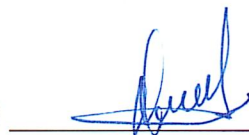
И.о. декана факультета  
информационных  
технологий и автоматизации  
производственных процессов

  
(подпись)

В.В. Дьячкова  
(Ф.И.О.)

Согласовано

Председатель методической комиссии  
по направлению подготовки 11.03.03  
Конструирование и технология  
электронных средств  
(профиль подготовки  
«Информационные технологии  
проектирования электронных устройств»)

  
(подпись)

А.М. Афанасьев  
(Ф.И.О.)

Начальник учебно-методического центра

  
(подпись)

О.А. Коваленко  
(Ф.И.О.)

## Лист изменений и дополнений

|                                                                                 |                           |
|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Номер изменения, дата внесения изменения, номер страницы для внесения изменений |                           |
| ДО ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:                                                          | ПОСЛЕ ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ: |
| Основание:                                                                      |                           |
| Подпись лица, ответственного за внесение изменений                              |                           |