

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра конструирования и технологии радиоэлектронных средств

“УТВЕРЖДАЮ”  
ДЕКАН РЭФ  
д.т.н. Хрусталеv В. А.  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Проектирование и технология микрoэлектронных устройств**

Образовательная программа: 11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи ,  
магистерская программа: Многоканальные телекоммуникационные системы

Курс: 1 2, семестры : 2 3

Факультет радиотехники и электроники,

|    |                                                                                                      | Семестр |     |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----|
| №  | Вид деятельности                                                                                     | 2       | 3   |
| 1  | Всего зачетных единиц (кредитов)                                                                     | 2       | 3   |
| 2  | Всего часов                                                                                          | 72      | 108 |
| 3  | Всего занятий в контактной форме, час.                                                               | 42      | 45  |
| 4  | Лекции, час.                                                                                         | 0       | 0   |
| 5  | Практические занятия, час.                                                                           | 36      | 36  |
| 6  | Лабораторные занятия, час.                                                                           | 0       | 0   |
| 7  | из них в активной и интерактивной форме, час.                                                        | 2,5     | 5,5 |
| 8  | Аттестация, час.                                                                                     | 2       | 2   |
| 9  | Консультации, час.                                                                                   | 4       | 7   |
| 10 | Самостоятельная работа, час.                                                                         | 30      | 63  |
| 11 | Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе) | РГЗ     |     |
| 12 | Вид аттестации                                                                                       | 3       | Э   |

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

ФГОС введен в действие приказом №1403 от 30.10.2014 г. , дата утверждения: 28.11.2014 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, вариативная, по выбору студента

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

КТРС, протокол заседания кафедры №5 от 20.06.2017

Утверждена на совете факультета радиотехники и электроники, протокол № 6 от 21.06.2017

Программу разработал:

профессор, д.т.н. Девятков Г. Н.

Заведующий кафедрой:

доцент, к.т.н. Синельников А. В.

Ответственный за образовательную программу:

доцент Синельников А. В.

## 1. Внешние требования

Таблица 1.1

|                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Компетенция НГТУ: ПК.24.В способность к исследованиям в целях совершенствования радиоэлектронных средств и систем различного назначения; в части следующих результатов обучения:</b> |
| з16. знать основные физические основы микроэлектроники, свойства конструкций и материалов микроэлектронных устройств                                                                    |
| з17. знать математическое обеспечение автоматизированного проектирования микроэлектронных устройств                                                                                     |
| у8. уметь выбрать типовой технологический процесс изготовления, исходя из требований к характеристикам изделия                                                                          |

## 2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

| Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)                                    | Формы организации занятий                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| <i>Проектирование и технология микроэлектронных устройств</i>                                                                      |                                                 |
| <b>ПК.24.В.з16 знать основные физические основы микроэлектроники, свойства конструкций и материалов микроэлектронных устройств</b> |                                                 |
| 1. знать особенности конструкций и материалы ВЧ и СВЧ микроэлектронных устройств                                                   | Практические занятия;<br>Самостоятельная работа |
| <b>ПК.24.В.з17 знать математическое обеспечение автоматизированного проектирования микроэлектронных устройств</b>                  |                                                 |
| 2. знать методы автоматизированного проектирования и технологии изготовления ВЧ и СВЧ микроэлектронных устройств                   | Практические занятия;<br>Самостоятельная работа |
| <b>ПК.24.В.у8 уметь выбрать типовой технологический процесс изготовления, исходя из требований к характеристикам изделия</b>       |                                                 |
| 3. уметь выбрать типовой технологический процесс изготовления, исходя из требований к характеристикам изделия                      | Практические занятия;<br>Самостоятельная работа |

## 3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

| Темы практических занятий                                                                                                                   | Активные формы, час. | Часы | Ссылки на результаты обучения | Учебная деятельность                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Семестр: 2</b>                                                                                                                           |                      |      |                               |                                                                                                        |
| <b>Дидактическая единица: Пассивные элементы ВЧ и СВЧ интегральных микросхем</b>                                                            |                      |      |                               |                                                                                                        |
| 1. Проектирование и моделирование платы выходной цепи широкополосного транзисторного усилителя мощности в гибридно-интегральном исполнении. | 1                    | 12   | 1, 2, 3                       | Решение проектных задач с использованием профессиональных программных продуктов. Диалог со студентами. |
| <b>Дидактическая единица: Пассивные ВЧ и СВЧ устройства</b>                                                                                 |                      |      |                               |                                                                                                        |
| 2. Проектирование и моделирование широкополосного делителя мощности в микрополосковом исполнении.                                           | 1                    | 12   | 1, 2, 3                       | Решение проектных задач с использованием профессиональных программных продуктов. Диалог со студентами. |

|                                                                                                               |     |    |         |                                                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|----|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3. Проектирование и моделирование платы широкополосного фильтра в микрополосковом исполнении.                 | 0,5 | 12 | 1, 2, 3 | Решение проектных задач с использованием профессиональных программных продуктов. Диалог со студентами. |
| <b>Семестр: 3</b>                                                                                             |     |    |         |                                                                                                        |
| <b>Дидактическая единица: Активные ВЧ и СВЧ устройства</b>                                                    |     |    |         |                                                                                                        |
| 1. Проектирование и моделирование широкополосного преобразователя частоты в гибридно-интегральном исполнении. | 3,5 | 24 | 2, 3    | Решение проектных задач с использованием профессиональных программных продуктов. Диалог со студентами. |
| 2. Проектирование и моделирование широкополосного усилителя в гибридно-интегральном исполнении.               | 2   | 12 | 1       | Решение проектных задач с использованием профессиональных программных продуктов. Диалог со студентами. |

Таблица 3.2

| Темы для самостоятельного изучения                                                                                                                                                                                                                                           | Активные формы, час. | Часы | Ссылки на результаты обучения | Учебная деятельность                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------|-------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| <b>Семестр: 2</b>                                                                                                                                                                                                                                                            |                      |      |                               |                                                                  |
| <b>Дидактическая единица: Общие вопросы</b>                                                                                                                                                                                                                                  |                      |      |                               |                                                                  |
| 1. Особенности микроэлектронных устройств СВЧ диапазона. Необходимость использования САПР. Оптимальные уровни декомпозиции. Моделирование на всех этапах проектирования.                                                                                                     | 0                    | 0,5  | 2                             | Изучение теоретического материала по рекомендованной литературе. |
| <b>Дидактическая единица: Пассивные элементы ВЧ и СВЧ интегральных микросхем</b>                                                                                                                                                                                             |                      |      |                               |                                                                  |
| 2. Проектирование пассивных элементов СВЧ интегральных микросхем. Микрополосковая, щелевая и копланарная линии передачи. Индуктивности, емкости, резисторы, согласованные нагрузки. Резонаторы на линиях передачи.                                                           | 0                    | 2    | 1, 2                          | Изучение теоретического материала по рекомендованной литературе. |
| <b>Дидактическая единица: Пассивные ВЧ и СВЧ устройства</b>                                                                                                                                                                                                                  |                      |      |                               |                                                                  |
| 3. Проектирование пассивных ВЧ и СВЧ устройств. Узкополосные и широкополосные ВЧ и СВЧ фильтры. Широкополосные согласующие устройства. Делители (сумматоры) мощности. Направленные ответвители. Корректирующие устройства. Устройства управления фазой и амплитудой сигнала. | 0                    | 13,5 | 1, 2                          | Изучение теоретического материала по рекомендованной литературе  |

**Дидактическая единица: Технологические процессы пленочной технологии изготовления ВЧ и СВЧ микросхем**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|-----------------------------------------------------------------|
| 4. Основные технологические процессы пленочной технологии изготовления СВЧ микросхем с распределенными параметрами: нанесение и вжигание паст по толстопленочной технологии; гальваническое наращивание толстых пленок в сочетании с фотоли-тографией и напылением; термическое испарение в вакууме в сочетании с фотолитографией. Достоинства и недостатки маршрутов изготовления СВЧ микросхем с распределенными параметрами. Технология изготовления СВЧ микросхем с сосредоточенными эле-ментами. | 0 | 2 | 2 | Изучение теоретического материала по рекомендованной литературе |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|-----------------------------------------------------------------|

**Семестр: 3**

**Дидактическая единица: Активные ВЧ и СВЧ устройства**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |   |    |   |                                                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----|---|------------------------------------------------------------------|
| 1. Широкополосные СВЧ усилители на биполярных транзисторах и по-левых транзисторах. Нахождение входных и выходных параметров тран-зистора в оптимальных режимах работы. Синтез широкополосных согла-сующе-фильтрующе-корре ктирующих цепей в сосре-доточенном, распре-деленном и сосре-доточенно-распределенном электрическом и геометри-ческом элементных базисах. Практические схемы широкополосных транзи-сторных СВЧ усилителей и их конструктивная реализация. | 0 | 10 | 2 | Изучение теоретического материала по рекомендованной литературе. |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----|---|------------------------------------------------------------------|

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |   |    |   |                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----|---|-------------------------------------------------------------------------------|
| 2. Широкополосные преобразователи СВЧ на полупроводниковых диодах. Нахождение входных и выходных параметров диодов в оптимальных режимах работы. Синтез широкополосных согласующе-фильтрующих цепей в сосредоточенном, распределенном и сосредоточенно-распределенном электрическом и геометрическом элементах базиса. Практические схемы широкополосных диодных СВЧ преобразователей частоты и их конструктивная реализация. | 0 | 18 | 2 | Изучение теоретического материала по рекомендованной литературе               |
| 3. Особенности гибридных интегральных устройств СВЧ с активными элементами. Особенности твердотельных интегральных устройств СВЧ. Конструктивные и топологические решения. Особенности проектирования многослойных интегральных схем СВЧ на основе керамики с низкой температурой обжига.                                                                                                                                     | 0 | 4  | 1 | Изучение теоретического материала по конспектам и рекомендованной литературе. |
| <b>Дидактическая единица: Технологические процессы твердотельных интегральных схем СВЧ</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |   |    |   |                                                                               |
| 4. Основные технологические процессы изготовления твердотельных интегральных схем СВЧ. Материалы керамики с низкой температурой обжига и технология изготовления на ее основе многослойных интегральных схем СВЧ. Сборка, пайка и защита интегральных гибридных СВЧ узлов.                                                                                                                                                    | 0 | 4  | 1 | Изучение теоретического материала по рекомендованной литературе               |

#### 4. Самостоятельная работа обучающегося

| №                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Виды самостоятельной работы | Ссылки на результаты обучения | Часы на выполнение | Часы на консультации |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------|----------------------|
| <b>Семестр: 2</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                             |                               |                    |                      |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | РГЗ                         | 1, 2, 3                       | 6                  | 2                    |
| Проектирование широкополосного согласующего устройства: Проектирование широкополосных трансформаторов сопротивлений : методические указания к расчетно-графической работе для 4 курса РЭФ (направление 210200 и специальность 210404) дневного и заочного отделений / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. Г. Н. Девятков]. - Новосибирск, 2010. - 18, [2] с. : ил., табл.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000150820">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000150820</a> |                             |                               |                    |                      |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Подготовка к аттестации     | 1, 2                          | 6                  | 2                    |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                   |      |    |   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------|----|---|
| Изучение теоретического материала по рекомендованной литературе: Уфимцев Д. В. Проектирование, моделирование и оптимизация устройств СВЧ диапазона : учебное пособие / Д. В. Уфимцев, Л. В. Шебалкова, К. Ю. Сюткин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 160, [2] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000141927">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000141927</a> Данилов В. С. Микроэлектроника СВЧ : [учебное пособие для вузов по специальности 210201 "Проектирование и технология радиоэлектронных средств" направления 210200 "Проектирование и технология электронных средств"] / В. С. Данилов. - Новосибирск, 2007. - 291 с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000071150">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000071150</a>                                                                                                                                                                                         |                                                   |      |    |   |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Самостоятельное изучение теоретического материала | 1, 2 | 18 | 0 |
| Студент изучает темы, приведенные в таблице 3.2 : Уфимцев Д. В. Проектирование, моделирование и оптимизация устройств СВЧ диапазона : учебное пособие / Д. В. Уфимцев, Л. В. Шебалкова, К. Ю. Сюткин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 160, [2] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000141927">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000141927</a> Данилов В. С. Микроэлектроника СВЧ : [учебное пособие для вузов по специальности 210201 "Проектирование и технология радиоэлектронных средств" направления 210200 "Проектирование и технология электронных средств"] / В. С. Данилов. - Новосибирск, 2007. - 291 с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000071150">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000071150</a>                                                                                                                                                                                                        |                                                   |      |    |   |
| <b>Семестр: 3</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                   |      |    |   |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Подготовка к аттестации                           | 1, 2 | 27 | 2 |
| Изучение теоретического материала по рекомендованной литературе: Уфимцев Д. В. Проектирование, моделирование и оптимизация устройств СВЧ диапазона : учебное пособие / Д. В. Уфимцев, Л. В. Шебалкова, К. Ю. Сюткин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 160, [2] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000141927">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000141927</a> Данилов В. С. Микроэлектроника СВЧ : [учебное пособие для вузов по специальности 210201 "Проектирование и технология радиоэлектронных средств" направления 210200 "Проектирование и технология электронных средств"] / В. С. Данилов. - Новосибирск, 2007. - 291 с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000071150">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000071150</a> Моделирование и автоматизированное проектирование ВЧ- и СВЧ-устройств : методические указания / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Г. Н. Девятков, С. В. Таранин ]. - Новосибирск, 2011 |                                                   |      |    |   |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Самостоятельное изучение теоретического материала | 1, 2 | 41 | 5 |
| Студент изучает темы, приведенные в таблице 3.2 : Уфимцев Д. В. Проектирование, моделирование и оптимизация устройств СВЧ диапазона : учебное пособие / Д. В. Уфимцев, Л. В. Шебалкова, К. Ю. Сюткин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 160, [2] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000141927">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000141927</a> Данилов В. С. Микроэлектроника СВЧ : [учебное пособие для вузов по специальности 210201 "Проектирование и технология радиоэлектронных средств" направления 210200 "Проектирование и технология электронных средств"] / В. С. Данилов. - Новосибирск, 2007. - 291 с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000071150">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000071150</a>                                                                                                                                                                                                        |                                                   |      |    |   |

## 5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

| Деятельность                  | Информационно-коммуникационные технологии                                                                                                |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Информирование                | e-mail:devyatkov@corp.nstu.ru                                                                                                            |
| Консультирование              | e-mail:devyatkov@corp.nstu.ru                                                                                                            |
| Контроль                      | Портал<br>НГТУ:НГТУ: <a href="http://dispace.edu.nstu.ru/didesk/course/show/6860">http://dispace.edu.nstu.ru/didesk/course/show/6860</a> |
| Размещение учебных материалов | Портал<br>НГТУ:НГТУ: <a href="http://dispace.edu.nstu.ru/didesk/course/show/6860">http://dispace.edu.nstu.ru/didesk/course/show/6860</a> |

## 6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

| Оцениваемые виды деятельности обучающихся                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Мин. балл | Максимальный балл |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------------|
| <b>Семестр: 2</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |           |                   |
| <i>Самостоятельное изучение теоретического материала:</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 0         |                   |
| <i>Практические занятия:</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 25        | 50                |
| Контролирующие материалы приводятся в "Данилов В. С. Микроэлектроника СВЧ : [учебное пособие для вузов по специальности 210201 "Проектирование и технология радиоэлектронных средств" направления 210200 "Проектирование и технология электронных средств"] / В. С. Данилов. - Новосибирск, 2007. - 291 с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000071150">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000071150</a> " |           |                   |
| <i>РГЗ:</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 15        | 30                |
| Контролирующие материалы приводятся в "Данилов В. С. Микроэлектроника СВЧ : [учебное пособие для вузов по специальности 210201 "Проектирование и технология радиоэлектронных средств" направления 210200 "Проектирование и технология электронных средств"] / В. С. Данилов. - Новосибирск, 2007. - 291 с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000071150">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000071150</a> " |           |                   |
| <i>Зачет:</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 10        | 20                |
| Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Уфимцев Д. В. Проектирование, моделирование и оптимизация устройств СВЧ диапазона : учебное пособие / Д. В. Уфимцев, Л. В. Шебалкова, К. Ю. Сюткин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 160, [2] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000141927">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000141927</a> "                                 |           |                   |
| <b>Семестр: 3</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |           |                   |
| <i>Самостоятельное изучение теоретического материала:</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 0         |                   |
| <i>Практические занятия:</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 30        | 60                |
| Контролирующие материалы приводятся в "Уфимцев Д. В. Проектирование, моделирование и оптимизация устройств СВЧ диапазона : учебное пособие / Д. В. Уфимцев, Л. В. Шебалкова, К. Ю. Сюткин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 160, [2] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000141927">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000141927</a> "                                                   |           |                   |
| <i>Экзамен:</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 20        | 40                |
| Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Уфимцев Д. В. Проектирование, моделирование и оптимизация устройств СВЧ диапазона : учебное пособие / Д. В. Уфимцев, Л. В. Шебалкова, К. Ю. Сюткин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 160, [2] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000141927">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000141927</a> "                                 |           |                   |

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

| Коды компетенций ФГОС | Результаты обучения                                                                                                          | Формы контроля |       |         |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------|---------|
|                       |                                                                                                                              | Защита РГЗ     | Зачет | Экзамен |
|                       | ПК.24.В 316. знать основные физические основы микроэлектроники, свойства конструкций и материалов микроэлектронных устройств | +              | +     | +       |
|                       | ПК.24.В 317. знать математическое обеспечение автоматизированного проектирования микроэлектронных устройств                  | +              | +     | +       |
|                       | ПК.24.В у8. уметь выбрать типовой технологический процесс изготовления, исходя из требований к характеристикам изделия       |                | +     | +       |

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

## 7. Литература

### Основная литература



1. Устройства СВЧ и антенны : учебник для вузов по направлению подготовки 654200 "Радиотехника" / Д. И. Воскресенский и др. ; под ред. Д. И. Воскресенского. - М., 2006. - 375 с. : ил.
2. Девятков Г. Н. Моделирование и автоматизированное проектирование широкополосных преобразователей частоты : учебное пособие / Г. Н. Девятков ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 66, [2] с. : ил., табл.. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000132392](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000132392)

#### *Дополнительная литература*

1. Разевиг В. Д. Проектирование СВЧ устройств с помощью Microwave Office / В. Д. Разевиг, Ю. В. Потапов, А. А. Курушин. - М., 2003. - 492 с. : ил.
2. Бушминский И. П. Технологическое проектирование микросхем СВЧ : Учеб. пособие по спец. "Проектирование и технология радиоэлектрон. средств". - М., 2001. - 355 с. : ил.
3. Фуско В. СВЧ цепи. Анализ и автоматизированное проектирование : пер. с англ. / В. Фуско ; под ред. В. И. Вольмана. - М., 1990. - 288 с. : ил., схемы
4. Полосковые платы и узлы : проектирование и изготовление / [Е. П. Котов и др. ] ; под ред. Е. П. Котов, В. Д. Каплун. - М., 1979. - 245, [2] с. : ил., табл., схемы
5. Справочник по расчету и конструированию СВЧ полосковых устройств / [С. В. Бахарев и др.] ; под ред. В. И. Вольмана. - М., 1982. - 328 с. : ил., граф., табл., схемы
6. Радиопередающие устройства : [справочное пособие / М. В. Балакирев, Ю. С. Вохмяков, А. В. Журиков и др.] ; под ред. О. А. Челнокова. - М., 1982. - 256 с. : ил.
7. Готра З. Ю. Технология микроэлектронных устройств : справочник / З. Ю. Готра. - М., 1991. - 527, [1] с. : ил.
8. Микроэлектронные устройства СВЧ : Учеб. пособие для вузов / Под ред. Веселова Г. И. - М., 1988. - 280 с. : ил.
9. Твердотельные устройства СВЧ в технике связи / [Л. Г. Гассанов и др.]. - М., 1988. - 287, [1] с. : ил.
10. Гупта К. Машинное проектирование СВЧ устройств / К. Гупта, Р. Гардж, Р. Чадха ; пер. с англ. С. Д. Бродецкой, под ред. В. Г. Шейкмана. - М., 1987. - 428, [1] с. : ил., схемы, табл.
11. Современная теория фильтров и их проектирование : пер. с англ. / под ред. Г. Темеша, С. Митра. - М., 1977. - 560 с. : ил.
12. Пименов Ю. В. Техническая электродинамика : Учеб. пособие для вузов / Ю. В. Пименов, В. И. Вольман, А. Д. Муравцов; Под ред. Ю. В. Пименова. - М., 2000. - 536 с. : ил.
13. Проектирование радиопередающих устройств с применением ЭВМ : учебное пособие для вузов / Алексеев О. В., Головкин А. А., Дмитриев А. Я. и др. ; под ред. Алексеева О. В. - М., 1987. - 392 с. : ил.
14. Зелингер Д. Основы матричного анализа и синтеза применительно к электронике / Дж. Зелингер ; пер. с англ. Е. Г. Польской под ред. Г. А. Ремеза. - М., 1970. - 235, [1] с. : ил., схемы
15. Артым А. Д. Электрические корректирующие цепи и усилители : теория и проектирование / А. Д. Артым. - М., 1965. - 418 с. : ил.

#### *Интернет-ресурсы*

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znaniy.com" : <http://znaniy.com/>
5. :

## 8. Методическое и программное обеспечение

### 8.1 Методическое обеспечение

1. Моделирование и автоматизированное проектирование ВЧ- и СВЧ-устройств : методические указания / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Г. Н. Девятков, С. В. Таранин ]. - Новосибирск, 2011
2. Проектирование широкополосных трансформаторов сопротивлений : методические указания к расчетно-графической работе для 4 курса РЭФ (направление 210200 и специальность 210404) дневного и заочного отделений / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. Г. Н. Девятков]. - Новосибирск, 2010. - 18, [2] с. : ил., табл.. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000150820](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000150820)
3. Уфимцев Д. В. Проектирование, моделирование и оптимизация устройств СВЧ диапазона : учебное пособие / Д. В. Уфимцев, Л. В. Шебалкова, К. Ю. Сюткин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 160, [2] с. : ил.. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000141927](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000141927)
4. Данилов В. С. Микроэлектроника СВЧ : [учебное пособие для вузов по специальности 210201 "Проектирование и технология радиоэлектронных средств" направления 210200 "Проектирование и технология электронных средств"] / В. С. Данилов. - Новосибирск, 2007. - 291 с. : ил.. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000071150](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000071150)

### 8.2 Специализированное программное обеспечение

- 1 MathCAD
- 2 OrCAD PCB Design University Edition
- 3 Aute CAD 2003

## 9. Материально-техническое обеспечение

Специальное оборудование

| № | Наименование           | Назначение                                                        |
|---|------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| 1 | Терминальный класс №38 | Используется при проведении практических занятий и выполнении РГР |
| 2 | Терминальный класс №7  | Используется при проведении практических занятий и выполнении РГР |

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра конструирования и технологии радиоэлектронных средств

“УТВЕРЖДАЮ”  
ДЕКАН РЭФ  
д.т.н., профессор В.А. Хрусталеv  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ г.

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

#### **Проектирование и технология микрoэлектронных устройств**

Образовательная программа: 11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи  
, магистерская программа: Многоканальные телекоммуникационные системы

# 1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине **Проектирование и технология микроэлектронных устройств** приведена в Таблице.

Таблица

| Формируемые компетенции                                                                                                  | Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)                                                     | Темы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Этапы оценки компетенций                                      |                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
|                                                                                                                          |                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.) | Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)      |
| ПК.24.В<br>способность к исследованиям в целях совершенствования радиоэлектронных средств и систем различного назначения | з16. знать основные физические основы микроэлектроники, свойства конструкций и материалов микроэлектронных устройств | Основные технологические процессы изготовления твердотельных интегральных схем СВЧ. Материалы керамики с низкой температурой обжига и технология изготовления на ее основе многослойных интегральных схем СВЧ. Сборка, пайка и защита интегральных гибридных СВЧ узлов. Особенности гибридных интегральных устройств СВЧ с активными элементами. Особенности твердотельных интегральных устройств СВЧ. Конструктивные и топологические решения. Особенности проектирования многослойных интегральных схем СВЧ на основе керамики с низкой температурой обжига. Проектирование и моделирование платы выходной цепи широкополосного транзисторного усилителя мощности в гибридно-интегральном исполнении. Проектирование и моделирование платы широкополосного фильтра в микрополосковом исполнении. Проектирование и моделирование широкополосного делителя мощности в микрополосковом исполнении. Проектирование и моделирование широкополосного усилителя в гибридно-интегральном исполнении. Проектирование пассивных ВЧ и СВЧ устройств. Узкополосные и широкополосные ВЧ и СВЧ фильтры. Широкополосные согласующие устройства. Делители (сумматоры) мощности. Направленные ответвители. Корректирующие устройства. Устройства управления фазой | РГЗ, разделы 1-4                                              | Зачет, вопросы 2-20; Экзамен, вопросы 2-10, 19 |

|         |                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                  |                                            |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|--------------------------------------------|
|         |                                                                                                     | и амплитудой сигнала.<br>Проектирование пассивных элементов СВЧ интегральных микросхем. Микрополосковая, щелевая и копланарная линии передачи. Индуктивности, емкости, резисторы, согласованные нагрузки. Резонаторы на линиях передачи.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                  |                                            |
| ПК.24.В | з17. знать математическое обеспечение автоматизированного проектирования микроэлектронных устройств | Основные технологические процессы пленочной технологии изготовления СВЧ микросхем с распределенными параметрами: нанесение и вжигание паст по толстопленочной технологии; гальваническое наращивание толстых пленок в сочетании с фотолитографией и напылением; термическое испарение в вакууме в сочетании с фотолитографией. Достоинства и недостатки маршрутов изготовления СВЧ микросхем с распределенными параметрами. Технология изготовления СВЧ микросхем с сосредоточенными элементами. Особенности микроэлектронных устройств СВЧ диапазона. Необходимость использования САПР. Оптимальные уровни декомпозиции. Моделирование на всех этапах проектирования. Проектирование и моделирование платы выходной цепи широкополосного транзисторного усилителя мощности в гибридно-интегральном исполнении. Проектирование и моделирование платы широкополосного фильтра в микрополосковом исполнении. Проектирование и моделирование широкополосного делителя мощности в микрополосковом исполнении. Проектирование и моделирование широкополосного преобразователя частоты в гибридно-интегральном исполнении. Проектирование пассивных ВЧ и СВЧ устройств. Узкополосные и широкополосные ВЧ и СВЧ фильтры. Широкополосные согласующие устройства. Делители (сумматоры) мощности. Направленные ответвители. | РГЗ, разделы 1-4 | Зачет, вопросы 1-22; Экзамен, вопросы 4-18 |

|         |                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |                                                   |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------|
|         |                                                                                                                | <p>Корректирующие устройства. Устройства управления фазой и амплитудой сигнала.</p> <p>Проектирование пассивных элементов СВЧ интегральных микросхем. Микрополосковая, щелевая и копланарная линии передачи. Индуктивности, емкости, резисторы, согласованные нагрузки.</p> <p>Резонаторы на линиях передачи. Широкополосные преобразователи СВЧ на полупроводниковых диодах.</p> <p>Нахождение входных и выходных параметров диодов в оптимальных режимах работы. Синтез широкополосных согласующе-фильтрующих цепей в сосредоточенном, распределенном и сосредоточенно-распределенном электрическом и геометрическом элементных базисах. Практические схемы широкополосных диодных СВЧ преобразователей частоты и их конструктивная реализация. Широкополосные СВЧ усилители на биполярных транзисторах и полевых транзисторах.</p> <p>Нахождение входных и выходных параметров транзистора в оптимальных режимах работы. Синтез широкополосных согласующе-фильтрующе-корректирующих цепей в сосредоточенном, распределенном и сосредоточенно-распределенном электрическом и геометрическом элементных базисах. Практические схемы широкополосных транзисторных СВЧ усилителей и их конструктивная реализация.</p> |  |                                                   |
| ПК.24.В | у8. уметь выбрать типовой технологический процесс изготовления, исходя из требований к характеристикам изделия | <p>Проектирование и моделирование платы выходной цепи широкополосного транзисторного усилителя мощности в гибридно-интегральном исполнении.</p> <p>Проектирование и моделирование платы широкополосного фильтра в микрополосковом исполнении. Проектирование и моделирование широкополосного делителя мощности в микрополосковом исполнении. Проектирование и моделирование широкополосного преобразователя частоты в</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  | Зачет, вопросы 13, 16, 20; Экзамен, вопросы 15-18 |

|  |  |                                      |  |  |
|--|--|--------------------------------------|--|--|
|  |  | гибридно-интегральном<br>исполнении. |  |  |
|--|--|--------------------------------------|--|--|

## 2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по **дисциплине** проводится в 2 семестре - в форме зачета, в 3 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ПК.24.В.

Зачет проводится в устной форме по билетам составленным из вопросов, приведенных в паспорте зачета, позволяющих оценить показатели сформированности соответствующих компетенций. Магистранту предлагается ответить на два вопроса из списка, приведенного в паспорте зачета и решить задачу в рамках одного из изучаемых методов. Ответ оценивается по 20 балльной шкале:

Экзамен проводится в устной форме по билетам составленным из вопросов, приведенных в паспорте экзамена, позволяющих оценить показатели сформированности соответствующих компетенций. Магистранту предлагается ответить на два вопроса из списка, приведенного в паспорте экзамена и решить задачу в рамках одного из изучаемых методов. Ответ оценивается по 40 балльной шкале:

Кроме того, сформированность компетенции проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 2 семестре обязательным этапом текущей аттестации является расчетно-графическое задание (работа) (РГЗ(Р)). Требования к выполнению РГЗ(Р), состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ(Р).

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенции ПК.24.В, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

### Общая характеристика уровней освоения компетенций.

**Ниже порогового.** Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

**Пороговый.** Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

**Базовый.** Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

**Продвинутый.** Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным

материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.



## Паспорт зачета

по дисциплине «Проектирование и технология микроэлектронных устройств», 2 семестр

### 1. Методика оценки

Зачет проводится в устной форме, по билетам, с обязательным составлением кратких ответов на вопросы и решения задачи в письменном виде. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1-13, второй вопрос из диапазона вопросов 14-22 (список вопросов приведен ниже), задача выбирается в рамках одного из изучаемых методов. В ходе зачета преподаватель вправе задавать магистранту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

### Форма билета для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Факультет радиотехники и электроники

Билет № 5

к зачету по дисциплине «Проектирование и технология микроэлектронных устройств»

---

1. Резонаторы на отрезках линии передачи и их проектирование.
2. Направленные ответвители с распределенной электромагнитной связью и их проектирование.
3. Задача.

Утверждаю: зав. кафедрой КТРС \_\_\_\_\_ доцент Синельников А.В.  
(подпись)

(дата)

### 2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет считается **неудовлетворительным**, если магистрант при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен раскрыть сущность излагаемых вопросов, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, оценка составляет 0-9.5 баллов.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если магистрант при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может раскрыть сущность излагаемых вопросов, при решении задачи допускает не принципиальные ошибки, например, вычислительные, оценка составляет 10-14.5 баллов.

- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **базовом** уровне, если магистрант при ответе на вопросы формулирует основные понятия, раскрывает сущность излагаемых вопросов, не допускает существенных ошибок при решении задачи, оценка составляет 15-17 баллов.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если магистрант при ответе на вопросы свободно формулирует основные понятия, проводит сравнительный анализ подходов, в полной мере раскрывает сущность излагаемых вопросов, способен представить количественные характеристики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет 17.5-20 баллов.

### 3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за зачет учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

#### 4. Вопросы к зачету по дисциплине «Проектирование и технология микроэлектронных устройств»

1. Современные направления развития технологии микроэлектроники. Особенности микроэлектронных устройств СВЧ диапазона.
  2. Микрополосковая, щелевая и копланарная линии передачи и их использование при проектировании устройств СВЧ.
  3. Индуктивные элементы СВЧ интегральных микросхем и их проектирование.
  4. Емкостные элементы СВЧ интегральных микросхем и их проектирование.
  5. Резистивные элементы СВЧ интегральных микросхем и их проектирование.
  6. Согласованные плечные нагрузки СВЧ интегральных микросхем и их проектирование.
  7. Резонаторы на отрезках линии передачи и их проектирование.
  - 8 Проектирование полосового фильтра с использованием реактансного преобразования частоты.
  9. Проектирование фильтра верхних частот с использованием реактансного преобразования частоты.
  10. Проектирование фильтра нижних частот в распределенном электрическом элементном базисе с использованием реактансного преобразования частоты.
  11. Проектирование полосовых фильтров с использованием инверторов.
  12. Узкополосные фильтры СВЧ и их проектирование.
  13. Широкополосные фильтры СВЧ и методы их проектирования.
  14. Направленные ответвители с распределенной электромагнитной связью и их проектирование.
  - 15 . Шлейфные направленные ответвители и их проектирование.
  16. Кольцевые делители мощности и их проектирование.
  17. Устройства управления амплитудой сигнала и их проектирование.
  18. Устройства управления фазой сигнала и их проектирование.
  19. Узкополосные согласующие устройства и методы их проектирование
  20. Широкополосные согласующие устройства и методы их проектирование.
  21. Технологический процесс изготовления микросхем с распределенными параметрами на основе термического испарения в вакууме в сочетании с фотолитографией.
  22. Технологический процесс изготовления микросхем с распределенными параметрами на основе нанесения и вжигания паст по толстоплочной технологии.
5. Разделы, из которых выбираются **задачи к зачету по дисциплине «Проектирование и технология микроэлектронных устройств»**

1. Проектирование пассивных элементов СВЧ интегральных микросхем.
2. Проектирование пассивных узлов СВЧ интегральных микросхем.
3. Проектирование управляемых узлов СВЧ интегральных микросхем.
4. Определение математической модели пассивного функционального узла.
5. Определение рабочих характеристик пассивного функционального узла.
6. Определение эквивалентной схемы навесного элемента в микрополосковой линии.

## Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Проектирование и технология микроэлектронных устройств», 2 семестр

### 1. Методика оценки

В рамках расчетно-графической работы по дисциплине магистранты должны спроектировать широкополосное согласующее устройство в микрополосковом исполнении в соответствии с исходными данными.

При выполнении расчетно-графической работы магистранты должны провести анализ задания, проектирование и моделирование широкополосного согласующего устройства в различных элементных базисах, разработать чертеж топологии.

Обязательные структурные части РГР:

исходные данные, синтез и моделирование широкополосного согласующего устройства в сосредоточенном электрическом элементном базисе, переход в сосредоточенно-распределенный электрический и геометрический элементные базисы, разработка и моделирование топологии широкополосного согласующего устройства, заключение, список использованных литературных источников, приложение (чертеж топологии и таблица координат).

Оцениваемые позиции:

синтез и моделирование широкополосного согласующего устройства в сосредоточенном электрическом элементном базисе;

переход в сосредоточенно-распределенный электрический и геометрический элементные базисы;

разработка и моделирование топологии широкополосного согласующего устройства, заключение;

чертеж топологии.

### 2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если выполнены не все части РГР, отсутствует чертеж топологии, результаты расчетов и моделирования не соответствуют требованиям задания, оценка составляет 0-14.5 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если части РГР выполнены формально, чертеж топологии содержит ошибки, результаты расчетов и моделирования не полностью соответствуют требованиям задания, оценка составляет 15 -21.5 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если выполнены все части РГР с небольшими замечаниями, чертеж топологии содержит не значительные ошибки, результаты расчетов и моделирования в основном соответствуют требованиям задания, оценка составляет 22-25.5 баллов.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если выполнены все части РГР в полном объеме, чертеж топологии содержит оригинальное решение, результаты расчетов и моделирования соответствуют с запасом требованиям задания, оценка составляет 26-30 баллов.

### 3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ(Р) учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

#### 4. Примерный перечень тем РГЗ(Р)

Магистранты выполняют РГР на одну тему при разных исходных данных.

Необходимые для решения задачи исходные данные выбираются по табл.1 в соответствии с двумя последними цифрами студенческого шифра.

Таблица 1

Исходные данные для вариантов расчетно-графической работы.

| Наименование<br>исходных данных | Цифры студенческого шифра    |     |     |     |      |     |      |      |     |     |
|---------------------------------|------------------------------|-----|-----|-----|------|-----|------|------|-----|-----|
|                                 | 0                            | 1   | 2   | 3   | 4    | 5   | 6    | 7    | 8   | 9   |
|                                 | По последней цифре шифра     |     |     |     |      |     |      |      |     |     |
| $R_r$ (Ом)                      | 50                           | 75  | 50  | 75  | 50   | 75  | 50   | 75   | 50  | 75  |
|                                 | По предпоследней цифре шифра |     |     |     |      |     |      |      |     |     |
| $f_n$ (ГГц)                     | 1.0                          | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.4  | 1.5 | 1.6  | 1.7  | 1.8 | 1.9 |
| $f_в$ (ГГц)                     | 1.4                          | 1.5 | 1.6 | 1.7 | 1.8  | 1.9 | 2.   | 2.1  | 2.2 | 2.3 |
| $K_{cmU}$                       | 1.35                         | 1.4 | 1.5 | 1.4 | 1.35 | 1.5 | 1.45 | 1.35 | 1.4 | 1.5 |

$R_r$  – внутреннее сопротивление источника сигнала;

$f_n - f_в$  - полоса рабочих частот;

$K_{cmU}$  – коэффициент стоячей волны напряжения на входных зажимах согласующего устройства;

$Z_n$  – комплексное сопротивление нагрузки в полосе рабочих частот задается преподавателем;

Характеристика затухания – Чебышевская.

## Паспорт экзамена

по дисциплине «Проектирование и технология микроэлектронных устройств», 3 семестр

### 1. Методика оценки

Экзамен проводится в устной форме, по билетам, с обязательным составлением кратких ответов на вопросы и решения задачи в письменном виде. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1-10, второй вопрос из диапазона вопросов 11-20 (список вопросов приведен ниже), задача выбирается из разделов 1-5 (список разделов приведен ниже). В ходе экзамена преподаватель вправе задавать магистранту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

### Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Факультет радиотехники и электроники

#### Билет № 1

к экзамену по дисциплине «Проектирование и технология микроэлектронных устройств»

---

1. Синтез широкополосных согласующе-фильтрующих цепей усилителей в сосредоточенном электрическом элементном базисе..
2. Сборка, пайка и защита интегральных гибридных СВЧ узлов.
3. Задача.

Утверждаю: зав. кафедрой КТРС \_\_\_\_\_ доцент Синельников А.В.  
(подпись)

(дата)

### 2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет считается **неудовлетворительным**, если магистрант при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен раскрыть сущность излагаемых вопросов, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, оценка составляет 0-19.5 баллов.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если магистрант при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может раскрыть сущность излагаемых вопросов, при решении задачи допускает непринципиальные ошибки,

например,

вычислительные,

оценка составляет 20-29 баллов.

- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **базовом** уровне, если магистрант при ответе на вопросы формулирует основные понятия, раскрывает сущность излагаемых вопросов, не допускает существенных ошибок при решении задачи, оценка составляет 29.5-34.5 баллов.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если магистрант при ответе на вопросы свободно формулирует основные понятия, проводит сравнительный анализ подходов, в полной мере раскрывает сущность излагаемых вопросов, способен представить количественные характеристики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет 35-40 баллов.

### 3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

#### 4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Проектирование и технология микроэлектронных устройств»

1. Полупроводниковые приборы СВЧ.
2. Особенности гибридных интегральных устройств СВЧ с активными элементами.
3. Особенности твердотельных интегральных устройств СВЧ.
4. Широкополосные СВЧ усилители на биполярных транзисторах. Практические схемы усилителей.
5. Широкополосные СВЧ усилители на полевых транзисторах. Практические схемы усилителей.
6. Малошумящие широкополосные транзисторные усилители СВЧ.
7. Нахождение входных и выходных параметров транзистора в оптимальных режимах работы.
8. Синтез широкополосных согласующе-фильтрующих цепей усилителей в сосредоточенном электрическом элементном базисе.
9. Синтез широкополосных согласующе-фильтрующих цепей усилителей в распределенном электрическом элементном базисе.
10. Особенности реализации широкополосных согласующе-фильтрующе-корректирующих цепей усилителей в геометрическом элементном базисе.
11. Широкополосные преобразователи СВЧ на полупроводниковых диодах. Практические схемы преобразователей частоты.
12. Преобразовательный диод, его режимы работы и основные параметры.
13. Матричное представление диода с приоткрыванием  $p-n$  перехода.
14. Условия максимальной передачи мощности в преобразователе частоты.
15. Нахождение входных и выходных параметров диодов в оптимальных режимах работы.
16. Синтез широкополосных согласующе-фильтрующих цепей преобразователей частоты параллельного типа с использованием  $\mathbf{z}$  – матрицы диода в сосредоточенном электрическом элементном базисе.
17. Синтез широкополосных согласующе-фильтрующих цепей преобразователей частоты параллельного типа с использованием  $\mathbf{z}$  – матрицы диода в распределенном электрическом элементном базисе.
18. Особенности синтеза широкополосных согласующе-фильтрующих цепей преобразователей частоты балансных преобразователей частоты.

19. Основные технологические процессы изготовления твердотельных интегральных схем СВЧ.
20. Сборка, пайка и защита интегральных гибридных СВЧ узлов.

5. Разделы, из которых выбираются **задачи к экзамену по дисциплине**  
**«Проектирование и технология микроэлектронных устройств»**

1. Проектирование активных функциональных узлов.
2. Определение рабочих характеристик активных функциональных узлов.