

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор БГУ  
по учебной работе

(подпись)

08.07.20

(дата утверждения)

Регистрационный № УД- /уч.



МИКРОПОЛОСКОВЫЕ И ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ УСТРОЙСТВА  
СВЧ

Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальностей:  
1-31 04 02 Радиофизика  
1-31 04 03 Физическая электроника

2015 г.

Учебная программа составлена на основе образовательных стандартов ОСВО 1-31 04 02 – 2013 Радиофизика, ОСВО 1-31 04 03 – 2013 Физическая электроника и учебных планов факультета радиофизики и компьютерных технологий БГУ № G31-164/уч. 2013г. и № G31-165/уч. 2013 г.

**СОСТАВИТЕЛИ:**

**В.С.Курило**, старший преподаватель кафедры радиофизики и цифровых медиатехнологий Белорусского государственного университета.

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой радиофизики и цифровых медиатехнологий Белорусского государственного университета (протокол № 11 от 22 апреля 2015 года);

Учебно-методической комиссией факультета радиофизики и компьютерных технологий Белорусского государственного университета (протокол № 8 от 22 апреля 2015 года).

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа дисциплины "Микрополосковые и полупроводниковые устройства СВЧ" разработана на основе образовательных стандартов ОСВО 1-31 04 02 – 2013 Радиофизика, ОСВО 1-31 04 03 – 2013 Физическая электроника, учебных планов факультета радиофизики и компьютерных технологий БГУ № G31-164/уч. 2013г. и № G31-165/уч. 2013 г. и в соответствии с учебными планами для специализаций 1-31 04 02 02 «Мультимедийные информационные технологии», 1-31 04 02 13 «Прикладная электродинамика», 1-31 04 03 13 «Радиоэлектронные и телекоммуникационные системы».

**Цель преподавания дисциплины** – формирование базовых знаний и навыков специалиста в области проектирования и применения полупроводниковых устройств в диапазоне сверхвысоких частот.

**Задачи дисциплины:**

- изучение методов электродинамического моделирования и схемотехнического анализа;
- линейный и нелинейный анализ полупроводниковых устройств;
- развитие навыков проектирования полупроводниковых модулей для систем связи.

В результате изучения дисциплины студент должен:

**знать:**

- модели и шумовые параметры полупроводниковых приборов;
- матричный метод описания подсхем параметрами рассеяния;
- алгоритм расчета линейных и нелинейных характеристик схемы;
- приемы создания и экспорта топологии.

**уметь:**

- использовать программу проектирования СВЧ-устройств Microwave Office;
- проектировать усилитель и генератор на полевом транзисторе;
- экспериментально определять и оптимизировать рабочие характеристики усилителя;
- выполнить нелинейный анализ и оптимизацию детектора сверхвысокочастотного сигнала на диоде Шоттки, балансного смесителя, малощумящего усилителя и генератора.

В соответствии с учебными планами программа предусматривает для изучения дисциплины общее количество часов – 130, из них аудиторной работы – 62 ч., в том числе лекционных – 34 ч., лабораторных – 28 ч.

Дисциплина преподается в 5 семестре 3 курса для студентов дневной формы обучения.

Текущая аттестация по учебной дисциплине проводится в форме зачета.

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. Микрополосковая линия.
2. S-параметры, диаграмма Смита.
3. Линейное моделирование в среде Microwave Office.
4. Согласованная нагрузка, оптимизация в заданной полосе.
5. Микрополосковые конденсаторы и индуктивности, направленные ответвители, делители и сумматоры.
6. Микрополосковые антенны.
7. Общая теория проектирования фильтров.
8. Электромагнитное моделирование в среде Microwave Office EM Sight и АХИЕМ.
9. Описание параметров активных устройств, использование подсхем.
10. Малошумящий усилитель. Технологическое проектирование полупроводниковых устройств.
11. Усилитель на полевом транзисторе.
12. Нелинейное моделирование в среде Microwave Office.
13. Усилитель мощности.
14. Высокочастотные детекторы.
15. Преобразователи частоты, смесители.
16. Двойные балансные смесители с использованием симметрирующих трансформаторов по схеме Маршанда.
17. Генераторы высокочастотных сигналов со стабилизацией диэлектрическими резонаторами.
18. Фазовые шумы высокочастотных генераторов.

### УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Материальное обеспечение занятия	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Микрополосковая линия. S-параметры, диаграмма Смита.	2							
2	Линейное моделирование в среде Microwave Office. Согласованная нагрузка, оптимизация в заданной полосе.	2			4			Методические указания	Отчет по лаб.раб.
3	Микрополосковые конденсаторы и индуктивности, направленные ответвители, делители и сумматоры.	2							
4	Микрополосковые антенны.	2							
5	Общая теория проектирования фильтров.	4			4			Методические указания	Отчет по лаб.раб.
6	Электромагнитное моделирование в среде Microwave Office EM Sight и AXIEM. Описание параметров активных устройств, использование подсхем.	2			4			Методические указания	Отчет по лаб.раб.
7	Малозумящий усилитель. Технологическое проектирование полупроводниковых устройств.	4							
8	Усилитель на полевом транзисторе.	2							
9	Нелинейное моделирование в среде Microwave Office.	2							

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	Усилитель мощности.	2							
11	Высокочастотные детекторы.	2			4			Методические указания	Отчет по лаб.раб.
12	Преобразователи частоты, смесители.	2							
13	Двойные балансные смесители с использованием симметрирующих трансформаторов по схеме Маршанда.	2			4			Методические указания	Отчет по лаб.раб.
14	Генераторы высокочастотных сигналов со стабилизацией диэлектрическими резонаторами.	2			4			Методические указания	Отчет по лаб.раб.
15	Фазовые шумы высокочастотных генераторов	2			4			Методические указания	Отчет по лаб.раб.

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Список рекомендуемой литературы

#### Основная

1. В.Д. Разевиг, Ю.В.Потапов, А.А. Курушин. Проектирование СВЧ устройств с помощью Microwave Office. Под редакцией В.Д. Разевига. –СОЛОН-Пресс, 2003.- 496 с.
2. С.Е. Банков, А.А. Курушин, В.Д. Разевиг. Анализ и оптимизация трехмерных СВЧ структур с помощью HFSS // М.: Солон-Пресс. 2005. - 224 с.
3. Устройства сверхвысоких частот : учеб. пособие / Н.А. Малков, А.П. Пудовкин. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 92 с. – 100 экз. – ISBN 978-5-8265-0735-3.
4. Е.Е. Дмитриев. Основы моделирования в Microwave Office 2009// Интернет, 2011, 176с.

#### Дополнительная

1. Я. А. Федотов, А. А. Щука. Транзисторы СВЧ-диапазона. - URL: [http://w-rabbit.narod.ru/elektr/elem\\_s.htm](http://w-rabbit.narod.ru/elektr/elem_s.htm).
2. С.В. Калинин, А.С. Черкаев, В.Е. Зырянов, Е.А. Макаров «Моделирование нанотранзисторов в системе TCAD Sentaurus».- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2010.
3. Computational Electronics - D, Vasileska, S. Goodnick (Morgan and Claypool, 2006)

#### Примерный перечень лабораторных работ

1. Изучение программного пакета проектирования микрополосковых устройств Microwave Office. Моделирование микрополосковой линии.
2. Согласование генератора и нагрузки. Оптимизация согласующей цепи. Проектирование согласующего трансформатора по схеме Маршанда.
3. Проектирование полосового фильтра, экспериментальное исследование полосового фильтра. Анализ соответствия результатов проектирования и эксперимента.
4. Моделирование детектора высокочастотного сигнала на диоде Шоттки, экспериментальное исследование. Анализ соответствия результатов моделирования и эксперимента.
5. Моделирование балансного смесителя, экспериментальное исследование. Анализ соответствия результатов моделирования и эксперимента.
6. Моделирование высокочастотного генератора, стабилизированного по частоте диэлектрическим резонатором.
7. Экспериментальное исследование фазовых шумов высокочастотных генераторов.

### Методика формирования итоговой оценки

Итоговая оценка по дисциплине формируется на основе оценки по устному ответу на зачете и оценки текущего контроля. Весовой коэффициент оценки зачета - 0,6; весовой коэффициент текущей успеваемости - 0,4. Оценка текущего контроля формируется на основании оценок отчетов по лабораторному практикуму.

Итоговая оценка формируется в соответствии со следующими документами:

- «Об утверждении правил проведения аттестации студентов, курсантов, слушателей при освоении содержания образовательных программ высшего образования». Постановление Министерства образования Республики Беларусь от 29 мая 2012 г. № 53.
- «Положение о рейтинговой системе оценки знаний по дисциплине в Белорусском государственном университете». Приказ ректора БГУ от 18.08.2015 № 382-ОД.
- «Критерии оценки знаний и компетенций студентов по десятибалльной шкале». Письмо Министерства образования Республики Беларусь № 09-10/53-ПО от 28.05.2013.

### ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Основы радиоэлектроники	Физической электроники и нанотехнологий	изменений не требуется	протокол № 11 от 22 апреля 2015 года
Интегральная электроника	Интеллектуальных систем	изменений не требуется	протокол № 11 от 22 апреля 2015 года



**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ  
К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ  
ДИСЦИПЛИНЕ НА \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ УЧЕБНЫЙ ГОД**

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры  
радиофизики и цифровых медиатехнологий  
(протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.)

Заведующий кафедрой радиофизики и  
цифровых медиатехнологий  
д.ф.-м.н., профессор

А.С.Рудницкий

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета радиофизики и  
компьютерных технологий  
к.ф.-м.н., доцент

С.В.Малый