Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»
Институт электронных и информационных систем

Кафедра радиосистем

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЭИС
_____ С.И.Эминов
«22» 06 2017 г.

ЭЛЕКТРОНИКА, РАДИОТЕХНИКА И СИСТЕМЫ СВЯЗИ

Учебный модуль по направлению подготовки
11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи

Направленность: Радиотехника, в том числе устройства и системы телевидения, Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах

Рабочая программа

СОГЛАСОВАНО
Начальник управления аспирантуры
и ординатуры
_____ Н.Н.Максимюк
«20» 06 2017г.

Зав. кафедрой ФТТМ
Проф. Д.т.н.
_____ Б.И. Селезнев
«18» 06 2017 г.

Разработал:
Зав. кафедры РС
_____ И.Н. Жукова
«19» 06 2017 г.

Принято на заседании кафедры РС
Протокол №112 от 19.06 2017 г.
Зав. кафедрой _____ И.Н.Жукова

1 Цели и задачи учебного модуля

Дисциплина «Электроника, радиотехника и системы связи» реализуется в рамках направления подготовки 11.06.01 «Электроника, радиотехника и системы связи» (ЭРиСС), главной отличительной чертой которого является применение электромагнитных колебаний и волн для решения различных прикладных задач в области телекоммуникаций.

Целью дисциплины является обобщение, систематизация теоретических знаний, развитие практических умений и навыков с учетом специфики профилями подготовки –

«Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения»,

«Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах».

Основная задачи дисциплины - подготовить аспиранта к проведения исследований в целях совершенствования радиоэлектронных средств и радиоэлектронных систем различного назначения.

2 Место дисциплины в структуре ООП направления подготовки

Дисциплина «Электроника, радиотехника и системы связи» входит в базовую часть блока 1 «Образовательные дисциплины (модули)» учебного плана направления подготовки 11.06.01 «Электроника, радиотехника и системы связи» (ЭРиСС), ориентированного на направленности подготовки: Радиотехника, в том числе устройства и системы телевидения, Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах.

В зависимости от выбранной направленности подготовки аспирант выбирает к изучению один из двух учебных элементов:

УЭМ1 Радиотехника, в том числе устройства и системы телевидения,

УЭМ2 Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах.

Изучение дисциплины завершается сдачей кандидатского экзамена.

3 Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- владением методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);
- владением культурой научного исследования, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);
- способностью к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной профессиональной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (ОПК-3);

В результате освоения дисциплины выпускник должен знать, уметь и владеть:

Код компетенции	Уровень освоения компетенции	Знать	Уметь	Владеть
ОПК-1	**Базовый уровень**	– основные принципы экспериментальных исследований.	– проводить исследования и создавать теории новых электромагнитных явлений и принципов работы радиотехнических устройств и систем; – правильно обрабатывать и представлять результаты исследований.	– экспериментальными методиками исследования элементов электроники.
ОПК-2		– принципы построения сетей и телекоммуникаций; – цифровые методы и средства получения, хранения и обработки информации	– осуществлять поиск и обработку информации по научно-технической проблеме с использованием информационных систем	– навыками получения, обработки, систематизации и анализа сигналов в средствах радиосвязи и телевидения
ОПК-3		– физические законы и современные тенденции развития электроники; – теории новых электромагнитных явлений и принципы работы радиотехнических устройств и систем; – основные свойства каналов связи, формы представления сигналов, методы формирования и обработки сигналов, основные методы повышения пропускной способности систем связи	– выполнять проектирование и разработку устройств и систем радиосвязи и телевидения, использующих физические законы электромагнитных волн и методы электроники для передачи и приема информации	– физическими принципами и методами изготовления элементов электроники

4 Структура и содержание учебного модуля

4.1 Трудоемкость учебного модуля

Учебная работа (УР)	Всего	Распределение по семестрам		Коды формируемых компетенций
		7 сем.	8 сем.	
Трудоемкость модуля в зачетных единицах (ЗЕ)	3	2	1	
Распределение трудоемкости по видам УР в академических часах (АЧ):	108	72	36	
Электроника, радиотехника и системы связи:	108	72	36	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3
- лекции	8	8		
- практические занятия	-	-		
- лабораторные работы	-	-		
- в т.ч. аудиторная СРС	-	-		
- внеаудиторная СРС	100	100		
Аттестация: - кандидатский экзамен	-		36	

4.2 Содержание и структура разделов дисциплины

УЭМ1 Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения

1. *Статистическая радиотехника*

1.1 Математическое описание и методы анализа сигналов и помех

1.2 Модели радиотехнических цепей и устройств

1.3 Цифровые методы обработки сигналов

2 *Системы связи и телевидения*

2.1 Радиосистемы и устройства передачи информации

2.2 Радиотелевизионные системы

2.3 Системы и устройства радиоуправления

2.4 Системы радиоэлектронной борьбы.

2.5. Радиотехнические системы и устройства в биологии, медицине, метрологии и других отраслях.

2.6. Методы проектирования и конструирования радиоэлектронных средств.

3 *Радиотехнические устройства*

3.1.Антенны: излучение и прием радиоволн, распространение электромагнитных волн.

3.2.Устройства генерирования и формирования сигналов.

3.3.Устройства приема и преобразования сигналов.

УЭМ2 Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах

1 Физика полупроводников и полупроводниковых приборов

1.1. Общие свойства полупроводников.
1.2. Зонная теория твердого тела.
1.3. Основы статистической физики.
1.4. Рекомбинация носителей заряда.
1.5. Электропроводность полупроводников.
1.6. Электронно-дырочный (р-п) переход.
1.7. Транзисторный эффект.
1.8. Контакт металл-полупроводник.
1.9. Структура металл-диэлектрик-полупроводник.
1.10. Гетероструктуры.
1.11. Фотоэлектрические явления в полупроводниках.
1.12. Излучение полупроводников.
1.13. Лазерный эффект в полупроводниках.
1.14. Термоэлектрические явления.

2 Приборы твердотельной электроники и микроэлектроники

2.1. Полупроводниковые диоды.
2.2. Полупроводниковые транзисторы
2.3. Полупроводниковые интегральные схемы.
2.4. Микросхемотехника.
2.5. Оптоэлектроника.
2.6. Акустоэлектроника и акустооптика.
2.7. Магнитоэлектроника, криоэлектроника, твердотельные датчики
2.8. Краткий очерк истории твердотельных приборов и микроэлектроники.

3 Технология микроэлектроники и твердотельных приборов

3.1. Планарная технология – общая схема техпроцесса.
3.2. Изготовление полупроводниковых пластин.
3.3. Эпитаксия.
3.4. Создание диэлектрических покрытий на кремнии.
3.5. Диффузия в полупроводниках.
3.6. Электронно-ионная технология.
3.7. Металлизация.
3.8. Литография.
3.9. Структуры элементов полупроводниковых ИС.
3.10. Сборка полупроводниковых приборов и интегральных микросхем.

4. Моделирование, испытания, надежность приборов твердотельной электроники, радиоэлектроники и изделий микро- и наноэлектроники

5. Радиоэлектронные компоненты: резисторы, кондерсаторы, линии задержки на поверхностных акустических волнах, термо- и фоторезисторы, варисторы, болометры

6. Физические эффекты в малоразмерных твердотельных структурах, специфические приборы наноэлектроники и методы их изготовления, основные принципы создания приборов на квантовых эффектах

6.1. Размерное квантование в гетероструктурах.
6.2. Транспортные явления в малоразмерных полупроводниковых структурах.

6.3. Квантовый эффект Холла.

6.4. Одноэлектроника.

6.5. Представления об элементной базе квантовых компьютерах – кубитах.

Календарный план, наименование разделов дисциплины с указанием трудоемкости по видам учебной работы представлены в технологической карте дисциплины (приложение Б).

4.3 Организация изучения дисциплины

Методические рекомендации по организации изучения дисциплины с учетом использования в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения учебных занятий даются в Приложении А.

5 Контроль и оценка качества освоения дисциплины

Контроль качества освоения аспарантом дисциплины осуществляется непрерывно в течение всего периода обучения с использованием балльно-рейтинговой системы (БРС), являющейся обязательной к использованию всеми структурными подразделениями университета.

Для оценки качества освоения дисциплины используются формы контроля: текущий – в виде дискуссии по теме раздела и семестровый (в виде кандидатского экзамена) – по окончании изучения дисциплины в 8 семестре.

На экзамен выносятся вопросы по одному из учебным элементам дисциплины на выбор аспиранта. Максимальное количество баллов по дисциплине – 150.

Оценка качества освоения модуля осуществляется в соответствии с положениями «Об организации учебного процесса по образовательным программам высшего образования» и «О фонде оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации студентов и итоговой аттестации выпускников».

Содержание видов контроля и их график отражены в технологической карте учебного модуля (Приложение Б). Паспорта компетенций представлены в приложении В.

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины представлено Картой учебно-методического обеспечения (Приложение Г).

7 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине используется лекционная аудитория, оборудованная мультимедийными средствами.

Приложения (обязательные):

А – Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Б – Технологическая карта

В – Паспорта компетенций

Г – Карта учебно-методического обеспечения дисциплины

Приложение А
(обязательное)

Методические рекомендации по организации изучения дисциплины «Электроника, радиотехника и системы связи»

Дисциплина «Электроника, радиотехника и системы связи» разделена на два учебных элемента.

В таблице А.1 отражены разделы дисциплины, технологии и формы проведения занятий, задания по самостоятельной работе студента и ссылки на необходимую литературу. Содержание разделов представлено в п. 4.2 рабочей программы модуля.

А.1 Методические рекомендации по теоретической части учебного модуля

Теоретическая часть модуля направлена на обобщение, систематизацию теоретических знаний в области электроники, радиотехнике и систем связи.

Основное содержание теоретической части излагается преподавателем на лекциях-консультациях, а также усваивается выпускником при знакомстве с дополнительной литературой, которая предназначена для более глубокого овладения знаниями основных дидактических единиц соответствующего раздела и указана в таблице А.1.

Для лучшего освоения лекционного материала аспиранты могут готовить доклады по темами, выбираемым преподавателем. Понимание аспирантами излагаемого материала проверяется путем общей дискуссии по теме презентации.

Билет кандидатского экзамена по дисциплине состоит из двух вопросов по материалу одного из двух (на выбор аспиранта) учебных элементов модуля: **УЭМ1** Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения или **УЭМ2** Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах.

Пример вопросов экзаменационного билета:

1 Методология анализа и синтеза волоконно-оптических систем связи, работающих в диапазоне 1.06 мкм.

2 Применение АМ, БМ, ОПМ, ФМ и ЧМ, их сравнение по выигрышу и физическое объяснение. Плата за повышенную помехоустойчивость при ФМ и ЧМ.

А.2 Методические рекомендации по самостоятельной работе студентов

Внеаудиторная самостоятельная работа выпускников включает в себя изучение дополнительной литературы.

А.3 Вопросы кандидатского экзамена

УЭМ1 Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения

1.СТАТИСТИЧЕСКАЯ РАДИОТЕХНИКА.

1.1.Математическое описание и методы анализа сигналов и помех.

Пространство сигналов. Метрические и линейные пространства сигналов.

Дискретные представления сигналов. Полные ортонормальные системы.

Интегральные представления сигналов. Преобразования Фурье, Гильберта и другие интегральные преобразования.

Разложение сигнала по заданной системе функций. Гармонический анализ сигналов. Спектры периодических и непериодических сигналов. Теорема отсчетов Котельникова в частотной области.

Дискретные сигналы и их анализ. Дискретное преобразование Фурье и Гильберта и их свойства. Решетчатые функции. Z-преобразование.

Сообщения, сигналы и помехи. Передача, извлечение и разрушение информации. Радиосигналы. Радиосигналы с амплитудной и угловой (частотной и фазовой) модуляцией и их спектры. Радиосигналы со сложной (смешанной) модуляцией и их спектры. Огибающая, фаза и частота узкополосного сигнала. Аналитические сигналы.

Шумы и помехи как случайные процессы. Плотности распределения вероятностей, характеристические функции и функции распределения случайных процессов. Энергетические характеристики случайных процессов. Моментные и корреляционные функции. Спектральная плотность. Свойства корреляционных функций. Теорема Винера-Хинчина. Стационарность и эргодичность случайных процессов. Автокорреляционные и взаимные корреляционные функции. Непрерывность и дифференцируемость случайных процессов. Интегрирование случайных процессов. Гауссовский случайный процесс и его характеристики. Процессы близкие к гауссовскому. Импульсные и точечные случайные процессы. Марковские процессы. Узкополосные случайные процессы. Статистические характеристики огибающей, фазы и их производных для суммы сигнала и узкополосного шума. Выбросы случайных процессов.

1.2.Модели радиотехнических цепей и устройств.

Линейные и нелинейные цепи и устройства. Методы анализа стационарных и переходных режимов в радиотехнических цепях, устройствах и динамических системах. Методы исследования устойчивости радиоустройств и динамических систем.

Линейные цепи и устройства с постоянными параметрами. Активные линейные цепи. Усилители и их характеристики. Параметры, графы и эквивалентные схемы усилителей. Прохождение сигналов и помех (детерминированных и случайных колебаний) через линейные цепи с постоянными параметрами.

Нелинейные цепи и устройства. Методы анализа нелинейных цепей. Умножители частоты. Амплитудные ограничители. Детекторы. Преобразователи частоты колебаний. Генераторы колебаний. Автоколебательные системы. Модуляторы колебаний. Цепи и устройства с переменными параметрами. Параметрическое усиление, преобразование и генерирование колебаний.

Воздействие случайных процессов на нелинейные и параметрические цепи и устройства. Статистические характеристики процессов на выходе нелинейных устройств и методы их нахождения.

Дискретные линейные системы. Методы анализа и синтеза дискретных радиотехнических устройств. Цифровые фильтры. Рекурсивные и нерекурсивные цифровые фильтры. Физическая осуществимость и устойчивость цифровых фильтров. Импульсные характеристики цифровых фильтров. Спектральный анализ с помощью дискретного и быстрого преобразования Фурье.

Следящие радиотехнические системы. Статистическая динамика радиотехнических следящих систем. Структурные схемы следящих систем: автоматической регулировки (усиления, автоматической подстройки частоты, фазовой автоподстройки и др.). Статистические характеристики дискриминаторов. Методы анализа динамических систем с переменными и случайными параметрами. Статистическая динамика непрерывных, дискретных и импульсных следящих радиосистем.

1.3.Цифровые методы обработки сигналов.

Дискретизация сигналов по времени и квантование по уровню. Аналого-цифровые преобразователи (АЦП) и выбор параметров кода. Методы синтеза алгоритмов и устройств цифровой обработки сигналов. Цифровая фильтрация и цифровые фильтры. Ошибки квантования и округления. Методы расчета цифровых фильтров. Коэффициент передачи и импульсная характеристика цифровых фильтров. Цифровая фильтрация во временной и частотной областях. Цифровой спектральный анализ. Быстрое преобразование Фурье. Цифровая обработка многомерных сигналов и изображений.

2.СИСТЕМЫ РАДИОСВЯЗИ И ТЕЛЕВИДЕНИЯ.

2.1. Радиосистемы и устройства передачи информации.

Области применения и задачи передачи информации. Мера количества информации (Хартли, К. Шеннон). Энтропия источника информации и ее свойства. Избыточность. Производительность. Дифференциальная энтропия.

Пропускная способность канала связи. Формула Шеннона. Основная теорема кодирования. Понятие о кодировании информации: код, алфавит, основание и значность кода. Методы Фэно-Шеннона и Хаффмена построения эффективного кода. Принцип построения кодов, обнаруживающих и исправляющих ошибки**.** Способы приема двоичных сигналов в каналах с постоянными параметрами. Некогерентный прием двоичных АМ и ЧМ сигналов. Прием ФМ сигналов, "обратная работа" и применение ОФМ. Прием сигналов в каналах со случайными параметрами. Характеристики каналов. Одиночный прием двоичных флюктуирующих сигналов. Разнесенный прием сигналов. Теории потенциальной помехоустойчивости В.А. Котельникова. Критерий помехоустойчивости приема непрерывных сообщений. Выигрыш и обобщенный выигрыш в отношении сообщение (сигнал) шум. Алгоритм оптимальной демодуляции непрерывных сообщений при слабых помехах. Виды модуляции при передаче непрерывных сообщений. Мощность шума на выходе демодулятора и его энергетический спектр. Применение АМ, БМ, ОПМ, ФМ и ЧМ, их сравнение по выигрышу и физическое объяснение. Плата за повышенную помехоустойчивость при ФМ и ЧМ. Пороговые явления при передаче непрерывных сообщений. Цифровые методы передачи непрерывных сообщений. Импульсно-кодовая модуляция (ИКМ). Дифференциальная ИКМ и дельта-модуляция. Основы теории разделения сигналов и многоканальных РСПИ. Необходимое и достаточное условия линейного разделения сигналов. Частотное, временное и фазовое разделение сигналов. Разделение сигналов по форме. Асинхронное адресные системы передачи информации. Применение сложных шумоподобных сигналов в РСПИ.

Радиолинии. Диапазон радиоволн в системах передачи информации. Виды радиосистем передачи информации (РСПИ): связные, телевизионные, телеметрические и командные. Канал связи и его характеристики. Пропускная способность канала. Характеристики и параметры передаваемой информации. Структура радиосигналов. Методы модуляции и кодирования. Модемы и кодеки. Защита информации. Критерии качества РСПИ. Многоканальные РСПИ. Многостанционные радиосистемы передачи информации. Синхронизация в РСПИ: фазовая, тактовая, цикловая и кадровая синхронизация.

2.2 Радиотелевизионные системы.

Физические принципы, используемые для формирования, передачи, приема и консервации изображений. Диапазон радиоволн, используемый в телевидении. Методы разложения изображений на элементы. Принцип последовательной передачи элементов изображения. Кадр, строки и элементы изображения. Слитность изображения. Синхронизация смены кадров и начала развертки строк. Формат телевизионного сигнала. Стандарты телевизионных сигналов.

Особенности построения телевизионных передатчиков. Передача радиосигнала изображения. Передача звукового сопровождения. Формирование и передача сигналов синхронизации и кода цветности сигнала. Преобразование оптического изображения в электрический сигнал в передающей телевизионной камере (ПТК). Оптическая система ПТК. Передающие телевизионные трубки. Мощные широкополосные усилители с корректирующими цепями. Методы стабилизации частоты в телевизионных передатчиках.

Особенности передающих и приемных телевизионных антенн метровых, дециметровых и сантиметровых волн. Особенности телевизионных приемников. Селектор каналов, преобразователь частоты, УПЧ, видеоусилитель и декодер цветности. Устройство выделения синхроимпульсов для синхронизации развертки изображения приемной телевизионной трубки. Генераторы строчной и кадровой развертки. Методы запоминания, сжатия и хранения изображений

Цифровое телевидение.

Спутниковые телевизионные системы.

Телевизионные системы обзора и наблюдения(в том числе и скрытного).

Телевизионные визиры. Телевизионные системы наведения и прицеливания.

Охранные телевизионные системы.

Системы предупреждения столкновения и системы причаливания.

2.3. Системы и устройства радиоуправления.

Области применения и задачи управления объектами.

Элементы теории автоматического управления. Объекты управления. Контур следящего управления и его основные звенья.

Командное следящее радиоуправление, автономное радиоуправление, радиоуправление при наведении по лучу, управление космическими аппаратами. Особенности радиолиний управления объектами. Командно-измерительные комплексы. Радиоуправление приборами и агрегатами. Синтез и анализ систем радиоуправления. Использование имитационных моделей.

2.4.Системы радиоэлектронной борьбы.

Задачи радиоэлектронной борьбы (РЭБ) с системами телевидения и радиосвязи.

Радиотехническая разведка (РТР). Определение параметров радиосигналов систем телевидения и радиосвязи различного назначения средствами РТР. Методы определения местоположения систем радиосвязи и телевидения. Эффективность средств РТР.

Методы и средства радиоэлектронного противодействия. Генераторы активных помех. Виды активных помех.

2.5. Радиотехнические системы и устройства в биологии, медицине, метрологии и других отраслях.

Задачи радиосистем в биологии, медицине, метрологии и других отраслях. Использование ультразвуковых сигналов для медицинской диагностики и дефектоскопии.

Медицинские устройства СВЧ, радиометрии, интроскопии, томографии, кардиографии и т.п.

Радиотехнические устройства и приборы в метрологии.

Использование телевизионных систем в промышленности, биологии и медицине.

2.6..Методы проектирования и конструирования радиоэлектронных средств.

Зависимость технических требований к РЭС от их назначения и условий эксплуатации. Технологичность конструкции. Методы стандартизации в конструировании. Компоновка и комплексная микроминиатюризация радиоэлектронной аппаратуры (РЭА). Интегральная микросхемотехника, большие (БИС) и сверхбольшие (СБИС) интегральные схемы.

Печатный монтаж. Ремонтопригодность РЭА. Способы защиты РЭА от воздействия окружающей среды, динамических перегрузок и электромагнитного излучения. Тепловой режим РЭА. Надежность РЭА.

3.РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА.

3.1.Антенны: излучение и прием радиоволн, распространение электромагнитных волн.

Уравнения Максвелла. Граничные условия. Энергия электромагнитного поля. Электромагнитные волны и решение однородных уравнений электродинамики. Плоские волны на границе раздела однородных сред. Рефракция радиоволн в неоднородных средах. Распространение радиоволн в природных условиях. Явления дифракции и интерференции.

Канализация радиоволн. Волноводы и фидеры. Теория цепей СВЧ. Электромагнитные резонаторы. Взаимные и невзаимные устройства СВЧ.

Элементы теории антенн. Типы направляющих систем. Элементарные излучатели. Ближняя и дальняя зоны. Приемная и передающая антенны, их параметры и характеристики. Влияние вида распределения электромагнитного поля в раскрыве антенны на основные параметры антенн. Техническая реализация антенн различных диапазонах радиоволн для целей радиосвязи и телевидения.

3.2.Устройства генерирования и формирования сигналов.

Генераторы и автогенераторы. Режимы самовозбуждения, их особенности. Стабильность частоты и методы ее повышения. Стабилизация с помощью высокодобротных колебательных систем (резонаторов). Кварцевые генераторы. Квантовые эталоны частоты. Умножители частоты. Синтезаторы частоты. Факторы, ограничивающие мощность генераторов. Суммирование мощностей генераторов.

Управление колебаниями (модуляция). Основы теории линейной и нелинейной модуляции (манипуляции).

Генерация и усиление СВЧ колебаний. Основные типы генераторов и усилителей СВЧ.

3.3.Устройства приема и преобразования сигналов.

Основные типы радиоприемных устройств. Узлы радиоприемников, их схемные решения и расчет. Преобразователи частоты сигналов, смесители и гетеродины. Детекторы сигналов: амплитудные, частотные и фазовые. Усилители различных частотных диапазонов. Автоматические регулировки в радиоприемниках. Особенности телевизионных и связных радиоприемников. Элементная база радиоприемных устройств. Методы проектирования радиоприемников. Моделирование радиоприемников и их элементов. Вторичные источники электропитания.

УЭМ2 Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах

1 ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

1.1. Общие свойства полупроводников. Природа химической связи. Структура кристаллов. Идеальные и реальные кристаллы. Дефекты в кристаллах. Свойства основных монокристаллических материалов микроэлектроники: Si, GaAs и др.. Поликристаллические и аморфные полупроводники.

1.2. Зонная теория твердого тела. Энергетические спектры электронов в металлах, полупроводниках, диэлектриках. Зона проводимости и валентная зона. Электроны и дырки. Эффективная масса электрона. Экситоны. Собственные и примесные полупроводники. Донорные и акцепторные примеси.

1.3. Основы статистической физики. Функция распределения Ферми-Дирака. Концентрация электронов и дырок в зонах и их температурные зависимости. Распределение Максвелла-Больцмана. Критерий вырождения электронного газа. Вырожденные и невырожденные полупроводники.

1.4. Рекомбинация носителей заряда. Рекомбинация «зона-зона» и рекомбинация через примеси и дефекты. Теория рекомбинации Шокли-Рида. Диффузионная длина и время жизни носителей. Поверхностная рекомбинация.

1.5. Электропроводность полупроводников. Носители заряда в слабом электрическом поле. Взаимодействие с фононами, примесными атомами, дефектами. Подвижность электронов и дырок. Условие электронейтральности. Диффузия и дрейф носителей заряда. Соотношение Эйнштейна. Носители заряда в сильном электрическом поле. Горячие электроны. Лавинное умножение в полупроводниках. Электрические домены и токовые шнуры. Эффект Ганна.

Уравнение для плотности электрического тока в полупроводниках. Уравнение непрерывности. Уравнение Пуассона.

1.6. Электронно-дырочный (р-п) переход. Инжекция и экстракция неосновных носителей заряда. Вольт-амперная характеристика р-п перехода. Токи носителей заряда в р-п переходе, квазиуровни Ферми. Генерация и рекомбинация носителей в р-п переходе. Барьерная и диффузионная емкость. Частотные и импульсные свойства. Пробой р-п перехода: тепловой, лавинный, туннельный.

1.7. Транзисторный эффект. Зонная диаграмма полупроводниковой структуры с двумя близко расположенными р-п переходами. Коэффициент инжекции. Коэффициент переноса носителей через базу. Коэффициент усиления транзистора.

1.8. Контакт металл-полупроводник. Теория Шоттки. Вольт-амперная характеристика. Омический контакт. Сопоставление с р-п переходом.

1.9. Структура металл-диэлектрик-полупроводник. Зонная диаграмма и ее изменение при приложении напряжения. Роль поверхностных состояний, подвижных и неподвижных зарядов в диэлектрике.

1.10. Гетероструктуры. Зонная диаграмма гетеро- р-п- перехода. Коэффициент инжекции. Суперинжекция. Одинарные и двойные гетероструктуры. Варизонные структуры.

1.11. Фотоэлектрические явления в полупроводниках. Поглощение излучения: собственное и примесное, экситонное и на свободных носителях. Закон Бугера. Красная граница поглощения. Фотопроводимость. Спектральная характеристика. Фотовольтаический эффект в р-п переходе. Эффекты, вызываемые поглощением высокоэнергетического ядерного излучения в полупроводниках.

1.12. Излучение полупроводников. Прямые и непрямые переходы носителей заряда. Виды люминесценции: инжекционная, катодо-, фото- люминесценция. Спектры излучения. Правило Стокса, антистоксова люминесценция. Квантовый выход. Вывод излучения из полупроводников.

1.13. Лазерный эффект в полупроводниках. Индуцированное (стимулированное) излучение. Оптический резонатор, усиление и генерация света. Пороговый ток.

1.14. Термоэлектрические явления. Термо- и гальваномагнитные эффекты. Эффект Холла. Электро-, магнито-, акустооптические эффекты. Поверхностные акустические волны. Акустоэлектронные волны.

2. ПРИБОРЫ ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ И МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

2.1. Полупроводниковые диоды. Устройство и основные параметры. Выпрямительные и импульсные диоды. Варикапы. Стабилитроны и защитные диоды. Туннельные диоды. Диоды СВЧ: детекторные и смесительные, диоды Шоттки, pin – диоды, умножительные и параметрические, лавинно-пролетные, диоды Ганна. Полупроводниковые датчики ядерных излучений.

2.2. Полупроводниковые транзисторы

2.2.1. Биполярные транзисторы. Принцип действия, основные параметры, их зависимость от температуры. Частотные и импульсные характеристики. Диффузионно-дрейфовые транзисторы. Мощные транзисторы, в том числе СВЧ. Транзисторы с изолированным затвором (IGBT).

2.2.2. Тиристоры и их разновидности. Основные параметры.

2.2.3. Полевые транзисторы, принцип действия, основные параметры. Полевые транзисторы с р-п переходом, с барьером Шоттки. МДП-транзисторы с индуцированным и встроенным каналами р- и п- типов.

2.2.4. Шумы в транзисторах.

2.3. Полупроводниковые интегральные схемы. Транзисторы, диоды и другие элементы в интегральном исполнении. Межэлементная изоляция. ИС, БИС, СБИС. Классификация микросхем по конструктивно- технологическому принципу: МОП- и КМОП-ИС, биполярные (ТТЛ-, ЭСЛ-, И2Л- ИС): Би-КМОП; «кремний-на-изоляторе» («кремний-на-сапфире»)-ИС, GaAs-ИС на полевых транзисторах с барьером Шоттки (ПТШ)

Многослойные (объемные) ИС. Интеграция на пластине. Микросистемы (общее представление).

2.4. Микросхемотехника. Цифровые и аналоговые ИС. Базовые логические элементы: ТТЛ, ЭСЛ, МОП, КМОП, ПТШ. Микропроцессоры. Полупроводниковые ЗУ. Программируемые логические матрицы. Базовые матричные кристаллы. ЦАП – АЦП. Сигнальные микропроцессоры. ВИП и стабилизаторы напряжения. Операционные усилители. Специфика интегральных СВЧ-устройств.

2.5. Оптоэлектроника.

2.5.1.Фотоприемники: фото- резисторы, -диоды, -транзисторы, -матрицы. Основные параметры и характеристики. Фотоприемники ИК-диапазона, тепловизоры. Фоточувствительные приборы с зарядовой связью. Солнечные батареи: на монокристаллическом и аморфном кремнии, на поликристаллических пленках, с гетероструктурами.

2.5.2. Полупроводниковые лазеры (общее представление).

2.5.3. Светодиоды, параметры и характеристики. Суперяркие светодиоды. ИК-излучатели. Светодиодные дисплеи. Полимерные светодиоды (общее представление).

2.5.4. Оптроны и оптоэлектронные ИС.

2.5.5.Оптические дисковые и голографические ЗУ. Волоконнооптические линии связи. Элементы оптической вычислительной техники. Интегральная оптика.

2.6. Акустоэлектроника и акустооптика. Физические основы взаимодействия акустической волны с электронами твердого тела и взаимодействия оптических и акустических волн в твердых телах и жидкостях. Основные материалы акустоэлектроники и акустооптики и устройства на их основе для обработки аналоговых сигналов.

2.7. Магнитоэлектроника, криоэлектроника, твердотельные датчики (общее представление).

2.8. Краткий очерк истории твердотельных приборов и микроэлектроники. Даты важнейших открытий и изобретений. Ученые, внесшие вклад в развитие твердотельной микроэлектроники и примыкающих к ней областей.

3. ТЕХНОЛОГИЯ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ И ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

3.1. Планарная технология – общая схема техпроцесса. Групповая обработка. Минимальный топологический размер (МТР) - основной показатель уровня технологии. Степень интеграции ИС. Динамика МТР и степени интеграции, закон Мура. Перспективы развития планарной технологии. Гибридная технология. Микросборки и БИС на подложках.

3.2. Изготовление полупроводниковых пластин. Определение крис-таллографической ориентации монокристаллов полупроводников. Ориентированная резка, шлифовка, полировка пластин.

Химическое травление и химическая полировка кремния и арсенида галлия. Химико-механическая полировка. Финишная очистка пластин. Методы контроля качества очистки.

3.3. Эпитаксия. Методы эпитаксиального выращивания кремния. Методы контроля качества эпитаксиальных слоев. Распределение примесей в эпитаксиальных слоях. Дефекты эпитаксиальных пленок. Получение эпитаксиальных гетеропереходов. Выращивание эпитаксиальных пленок А3В5. Оборудование для эпитаксиального выращивания пленок. Сравнение газотранспортной, жидкофазной, МОС-гидридной и молекулярной эпитаксии.

3.4. Создание диэлектрических покрытий на кремнии. Термодинамика процесса окисления кремния. Физическая модель процесса окисления кремния. Кинетика активного и пассивного окисления полупроводников. Структура окисла на кремнии. Перераспределение примеси при термическом окислении кремния. Формирование диэлектрических пленок методами осаждения из металлоорганических соединений.

Зарядовое состояние системы полупроводник-диэлектрик; факторы, влияющие на величину и знак заряда в системе. Связь параметров полупроводниковых приборов и ИС с зарядовым состоянием системы кремний-окисел.

3.5. Диффузия в полупроводниках. Физические основы процесса диффузии. Основные уравнения. Граничные условия и расчетные формулы для наиболее важных случаев диффузии. Методы проведения диффузионных процессов. Структурные схемы диффузионных печей. Особенности диффузии в соединения А3В5.

3.6. Электронно-ионная технология. Методы получения электронных и ионных пучков. Ионное легирование. Имплантация ионов. Плазмохимические и ионно-плазменные методы обработки полупроводниковых, диэлектрических и металлических слоев. Дефекты, вносимые электронно-ионной обработкой, их устранение. Конструктивные схемы ионных имплантеров и оборудования для электронно-ионной и ионно-химической обработки.

3.7. Металлизация. Получение тонких пленок термическим испарением в вакууме. Ионно-плазменное распыление. Химическое осаждение из газовой фазы. Оборудование для получения тонких пленок. Материалы тонкопленочной технологии.

3.8. Литография. Фотолитография. Основные типы оборудования для фотолитографии. Проекционная фотолитография, электроннолучевая литография и рентгенолитография. Фотошаблоны и их изготовление. Дефекты микросхем, связанные с фотолитографическими процессами.

3.9. Структуры элементов полупроводниковых ИС. Методы изоляции элементов. Технология структур «кремний на изоляторе». Структура и свойства элементов ИС.

3.10. Сборка полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. Корпуса полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. Методы герметизации. Бескорпусные приборы. Методы отвода тепла в мощных полупроводниковых приборах.

4. МОДЕЛИРОВАНИЕ, ИСПЫТАНИЯ, НАДЕЖНОСТЬ ПРИБОРОВ ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ, РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ И ИЗДЕЛИЙ МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

4.1. Моделирование как основа проектирования приборов твердотельной, микро- и нано- электроники. Методики построения физических и математических моделей. Двух- и трехмерное моделирование. Примеры моделей транзисторов, элементов микросхем. Системы моделирования и автоматизированного проектирования (общее представление).

4.2. Испытание изделий на устойчивость к воздействию внешних факторов: механических, климатических, радиационных, Виды испытаний: приемосдаточные, периодические, квалификационные. Особенности поведения полупроводниковых приборов и микросхем при различных видах радиационных и космических воздействий. Методы повышения радиационной стойкости приборов.

4.3. Основные положения, понятия и определения современной теории надежности. Статистические методы оценки и прогнозирования показателей надежности и долговечности. Физика причин отказов полупроводниковых приборов и микросхем. Катастрофические (внезапные) и деградационные (постепенные) отказы. Методы выявления потенциально ненадежных приборов и микросхем. Ускоренные испытания и имитационные методы испытаний.

5. РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ

5.1. Физические явления, определяющие электропроводность толсто- пленочных резистивных материалов.

5.2. Толстопленочные резисторы.

5.3. Основные типы постоянных и переменных резисторов.

5.4. Физические явления, определяющие емкостные свойства конденсаторов.

5.5. Типы, параметры и конструкции конденсаторов постоянной и переменной емкости.

5.6. Физические основы работы линий задержек на поверхностных акустических волнах.

5.7. Полупроводниковые термо- и фототранзисторы, позисторы, варисторы, болометры (общее представление)

6. ФИЗИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ В МАЛОРАЗМЕРНЫХ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ СТРУКТУРАХ, СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ НАНОЭЛЕКТРОНИКИ И МЕТОДЫ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ, ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ ПРИБОРОВ НА КВАНТОВЫХ ЭФФЕКТАХ

6.1. Размерное квантование в гетероструктурах. Примеры структур с размерно-квантованным энергетическим спектром: квантовые ямы, квантовые нити и квантовые точки. Сверхрешетки. Туннелирование на одиночном барьере. Двухбарьерная структура. Резонансно-туннельные диод и транзистор. Эффект Джозефсона.

6.2. Транспортные явления в малоразмерных полупроводниковых структурах. Модулированное легирование. Полевые транзисторы с высокой подвижностью электронов (HEMT). Гетеропереходный биполярный транзистор.

6.3. Квантовый эффект Холла. Энергетический спектр носителей заряда в магнитном поле. Квантование холловского сопротивления двумерного электронного газа в магнитном поле. Дробный квантовый эффект Холла.

6.4. Одноэлектроника. Квантование кулоновской энергии в мезоскопичес-ких системах. Явление кулоновской блокады при туннелировании через переходы с малой емкостью. Одноэлектронные транзисторы и схемы на их основе.

6.5. Представления об элементной базе квантовых компьютерах – кубитах. Свойства кубита. Управление эволюцией кубита. Элементарные одно-кубитовые и двух-кубитовые

операции как основа квантовых вычислений. Представление о принципах квантовой связи на одиночных фотонах.

.

Таблица А.1 - Организация изучения дисциплины «Микроволновые, оптические и цифровые средства телекоммуникаций»

Раздел дисциплины	Технология и форма проведения занятий	Задания на СРС	Дополнительная литература и интернет-ресурсы
Электроника, радиотехника и системы связи			
УЭМ1 Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения			
1 Статистическая радиотехника	– информационная лекция	– изучение дополнительной литературы	1. Техническая электродинамика и СВЧ-устройства : метод. указания / сост. М. И. Бичурин, В. М. Петров ; Новгород. гос. ун-т им. Ярослава Мудрого. - Новгород, 1993. - 24с. 2. Самойленко В.И., Пузырев В.А., Грубрин И.В. Техническая кибернетика: Учеб. пособие для вузов. М: Издательство МАИ, 1994. 3. Радиоэлектронные системы. Основы построения и теория.: Справочник./ Под ред. Ширмана Я.Д.М.: ЗАО «МАКВИС», 1998. 4. Спутниковая связь и вещание./ Под ред. Кантора Л.Я. Справочное издание.М.: Радио и связь, 1997. 5. Окунев Ю.Б. Цифровая передача информации фазоманипулированными сигналами. М.: Радио и связь, 1991 6. Цифровые процессоры обработки сигналов.: Справочник. / Под ред. Остапенко А.Г..М.: Радио и связь, 1994. 7. Скляр Бернард. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение = Digital communications / Пер.с англ.: Е.Г.Грозы и др. - 2-е изд., испр. - М. : Вильямс, 2007. – 1099 с. 8 Михайлов В.Ф., Нарытник Т.Н., Брагин И.В., Мошкин В.Н. Микроволновые технологии в телекоммуникационных системах. – СПб.: ГУАП, 2003. – 337с. 9.Электронные версии журналов: «Электромагнитные волны и электронные системы», «Радиотехнические и телекоммуникационные системы», «Спутниковые системы связи и вещания» в научной библиотеке «eLibrary» (www.elibrary.ru). 10 Киселев Г. Л. Квантовая и оптическая электроника : учеб. пособие для вузов / Г. Л. Киселев. - 2-е изд., испр. и доп. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2011. - 313 с. 11 Игнатов А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника: Учебное пособие
2 Системы связи и телефидения	– информационная лекция	– изучение дополнительной литературы	
3 Радиотехнические устройства	– информационная лекция	– изучение дополнительной литературы	

Раздел дисциплины	Технология и форма проведения занятий	Задания на СРС	Дополнительная литература и интернет-ресурсы
			/А.Н.Игнатов. – СПб.: Лань, 2011. - 544с. 12 Суворов А.Б. Телекоммуникационные системы, компьютерные сети и Интернет : учеб. пособие для вузов. - Ростов н/Д : Феникс, 2007. – 383 с. 13 Ипатов В.П. Широкополосные системы и кодовое разделение сигналов. Принципы и приложения : пер. с англ. под ред. авт. - М. : Техносфера, 2007. – 487 с. 14 Системы мобильной связи: учеб. пособие для студентов вузов / Под ред. В.П.Ипатова. - М. : Горячая линия-Телеком, 2003. - 272с. 7 Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов : учеб. пособие для вузов. - 2-е изд. - СПб. : Питер, 2007. – 750 с. 15 Сперанский В. С. Сигнальные микропроцессоры и их применение в системах телекоммуникаций и электроники. – М.: Горячая Линия – Телеком, 2008. - 168с.
УЭМ2 Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах			
1 Физика полупроводников и полупроводниковых приборов	– информационная лекция	– изучение дополнительной литературы	1 Герасименко Н.Н. Кремний – материал наноэлектроники: учеб. пособие для вузов / Н.Н.Герасименко. – М.: Техносфера, 2007. – 351с. 2 Дьячков П.Н. Углеродные нанотрубки. Строение, свойства, применения / П.Н.Дьячков. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 293с. 3. Суздалев И.П. Нанотехнология: Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И.П.Суздалев. – М.: КомКнига, 2006. – 589с. 4. Зебрев, Г. И. Физические основы кремниевой наноэлектроники : учеб. пособие для вузов / Г. И. Зебрев. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 240 с. (БиблиоТех - https://novsu.bibliotech.ru /Reader/BookPreview/1227759 (доступно 25 страниц) 5. Казеннов, Г. Г. Основы проектирования интегральных схем и систем / Г. Г. Казеннов. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. - 295 с.
2 Приборы твердотельной электроники и микроэлектроники	– информационная лекция	– изучение дополнительной литературы	
3 Технологии микроэлектроники и твердотельных приборов	– информационная лекция	– изучение дополнительной литературы	
4 Моделирование, испытания и надежность приборов	– информационная лекция	– изучение дополнительной литературы	

Раздел дисциплины	Технология и форма проведения занятий	Задания на СРС	Дополнительная литература и интернет-ресурсы
твердотельной электроники, радиоэлектроники и изделий микро- и наноэлектроники			
5 Радиоэлектронные компоненты 6 Физические эффекты в малоразмерных твердотельных структурах, специфические приборы наноэлектроники и методы их изготовления, основные принципы создания приборов на квантовых эффектах	– информационная лекция	– изучение дополнительной литературы	

Приложение Б

(обязательное)

Технологическая карта

учебной дисциплины «Электроника, радиотехника и системы связи»

направленность Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения

семестр – 7,8, ЗЕ – 3, вид аттестации – кандидатский экзамен, акад.часов – 108, баллов рейтинга – 150

№ и наименование раздела учебного модуля, КП/КР	№ нед. сем.	Трудоемкость, ак.час					Форма текущего контроля успеваемости (в соответствии с паспортом ФОС)	Максим. кол-во баллов рейтинга
		Аудиторные занятия				СРС		
		ЛЕК	ПЗ	ЛР	АСРС			
Электроника, радиотехника и системы связи	**1-18 (7сем)**	**8**	**-**	**-**	**-**	**100**		**100**
УЭМ1 Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения								
1 Статистическая радиотехника	1-5	4				40	Дискуссия по теме раздела модуля	40
2 Системы связи и телевидения	6-10	2				30		30
3 Радиотехнические устройства	11-16	2				30		30
Семестровый контроль	8 семестр						Кандидатский экзамен	**50**
Итого:		**8**	**-**	**-**	**-**	**100**		**150**

Критерии оценки качества освоения студентами модуля (в соответствии с Положением «О фонде оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации студентов и итоговой аттестации выпускников» от 25.06.2013 № 9):

- оценка «удовлетворительно» – от 50 до 74 баллов
- оценка «хорошо» – от 75 до 89 баллов
- оценка «отлично» – от 90 до 100 баллов

Технологическая карта

учебной дисциплины «Электроника, радиотехника и системы связи»

направленность Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах

семестр – 7,8, ЗЕ – 3, вид аттестации – кандидатский экзамен, акад.часов – 108, баллов рейтинга – 150

№ и наименование раздела учебного модуля, КП/КР	№ нед. сем.	Трудоемкость, ак.час					Форма текущего контроля успеваемости (в соответствии с паспортом ФОС)	Максим. кол-во баллов рейтинга
		Аудиторные занятия				СРС		
		ЛЕК	ПЗ	ЛР	АСРС			
Электроника, радиотехника и системы связи	**1-18 (7сем)**	**8**	**-**	**-**	**-**	**100**		**100**
УЭМ2 Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах								
1 Физика полупроводников и полупроводниковых приборов	1-4	2				20	Дискуссия по теме раздела модуля	20
2 Приборы твердотельной электроники и микроэлектроники	5-8	2				20		20
3 Технология микроэлектроники и твердотельных приборов	9-12	2				20		20
4. Моделирование, испытания, надежность приборов твердотельной электроники, радиоэлектроники и изделий микро- и наноэлектроники	13-14	1				20		20
5. Радиоэлектронные компоненты 6. Специфические приборы наноэлектроники	15-16	1				20		20
Семестровый контроль	8 семестр						Кандидатский экзамен	**50**
Итого:		**8**	**-**	**-**	**-**	**100**		**100**

Критерии оценки качества освоения студентами модуля (в соответствии с Положением «О фонде оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации студентов и итоговой аттестации выпускников» от 25.06.2013 № 9):

- оценка «удовлетворительно» – от 50 до 74 баллов
- оценка «хорошо» – от 75 до 89 баллов
- оценка «отлично» – от 90 до 100 баллов

Приложение В
(информационное)

Паспорта компетенций

владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1)

Уровни	Показатели	Оценочная шкала		
		удовлетворительно	**хорошо**	**отлично**
Базовый	**Знает** основные логические методы и приемы научного исследования и инженерного творчества; методологические теории и принципы современной науки и техники; принципы подготовки и проведения научных исследований и технических разработок	**Имеет представление об** основных логических методах и приемах научного исследования и инженерного творчества; методологической теории и принципах современной науки и техники; принципах подготовки и проведения научных исследований и технических разработок	**Может перечислить** основные логические методы и приемы научного исследования и инженерного творчества; методологические теории и принципы современной науки и техники; принципы подготовки и проведения научных исследований и технических разработок	**Уверенно и обоснованно излагает** основные логические методы и приемы научного исследования и инженерного творчества; методологические теории и принципы современной науки и техники; принципы подготовки и проведения научных исследований и технических разработок
	Умеет осуществлять методологическое обоснование научного исследования; осуществлять подготовку научных исследований; планировать порядок проведения научных исследований	**Умеет воспроизвести** методологическое обоснование известного научного исследования; осуществлять подготовку известного научных исследований и план его проведения	**Может выполнить с незначительными погрешностями** методологическое обоснование научного исследования; подготовку научных исследований и подготовить план его проведения	**Может уверенно** осуществлять методологическое обоснование и подготовку собственного научного исследования; планировать порядок его проведения
	Владеет навыками проведения экспериментальных исследований радиоэлектронных устройств и систем, описания процессов в них и определение требований к устройствам и системам	**Владеет первичными навыками** проведения экспериментальных исследований радиоэлектронных устройств и систем, описания процессов в них и определение требований к устройствам и системам	**Владеет частичными навыками** проведения экспериментальных исследований радиоэлектронных устройств и систем, описания процессов в них и определение требований к устройствам и системам	**Полностью овладел навыками** проведения экспериментальных исследований радиоэлектронных устройств и систем, описания процессов в них и определение требований к устройствам и системам

владение культурой научного исследования, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2)

Уровни	Показатели	Оценочная шкала		
		удовлетворительно	**хорошо**	**отлично**
Базовый	**Знает** методику проведения научных исследований; принципы подготовки и проведения научных исследований и технических разработок, научных экспериментов и испытаний	**Поверхностно знает** методику проведения научных исследований; принципы подготовки и проведения научных исследований и технических разработок, научных экспериментов и испытаний	**Знает основные моменты** методики проведения научных исследований; перечисляет основные принципы подготовки и проведения научных исследований и технических разработок, научных экспериментов и испытаний	**Уверенно ориентируется** в методике проведения научных исследований, принципах подготовки и проведения научных исследований и технических разработок, научных экспериментов и испытаний
	Умеет использовать новейших информационно-коммуникационных технологий для проведения научных исследований	**С трудом использует** новейших информационно-коммуникационных технологий для проведения научных исследований	**Умеет** использовать стандартные информационно-коммуникационные технологии для проведения научных исследований	**Уверенно** использует новейшие информационно-коммуникационные технологии для проведения научных исследований
	Владеет программно-аппаратными средствами, поддерживающими информационно-коммуникационные технологии научных исследований	**Демонстрирует частичное владение** программно-аппаратными средствами, поддерживающими информационно-коммуникационные технологии научных исследований	**Владеет отдельными** программно-аппаратными средствами, поддерживающими информационно-коммуникационные технологии научных исследований	**Уверенно владеет** программно-аппаратными средствами, поддерживающими информационно-коммуникационные технологии научных исследований

способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной профессиональной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (ОПК-3)

Уровни	Показатели	Оценочная шкала		
		удовлетворительно	**хорошо**	**отлично**
Базовый	**Знает** новейшие методы исследования в области профессиональной деятельности	**Имеет представление** о новейших методах исследования в области профессиональной деятельности	**Излагает основную идею** новейших методов исследования в области профессиональной деятельности	**Уверенно излагает** новейшие методы исследования в области профессиональной деятельности, проводит их анализ
	Умеет проводить мониторинг рынка новых решений в области разработки радиоэлектронного оборудования; анализировать известные и предлагать новые методы научных исследований	**С трудом** проводит мониторинг рынка новых решений в области разработки радиоэлектронного оборудования; анализирует известные методы научных исследований	**Умеет** проводить мониторинг рынка решений в области разработки радиоэлектронного оборудования; анализировать известные методы научных исследований	**Уверенно** проводит мониторинг рынка новых решений в области разработки радиоэлектронного оборудования; анализирует известные и предлагает новые методы научных исследований
	Владеет навыками самостоятельной разработки перспективных методов исследования	**Демонстрирует первичные навыки** самостоятельной разработки перспективных методов исследования	**Демонстрирует частичные навыки** самостоятельной разработки перспективных методов исследования	**Полностью овладел навыками** самостоятельной разработки перспективных методов исследования

Приложение Г
(обязательное)

Карта учебно-методического обеспечения

Учебной дисциплины **«Электроника, радиотехника и системы связи»**

Направление 11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи

Формы обучения очная

Курс 1 Семестр 7,8

Часов**:** всего 108, лекций 8, практ. зан. 0, лаб. раб. 0, СРС 100

Обеспечивающая кафедра: РС, ФТТМ

Таблица Г.1- Обеспечение учебного модуля учебными изданиями

Библиографическое описание издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
Учебники и учебные пособия		
1 Баскаков С. И. Радиотехнические цепи и сигналы. Руководство к решению задач : учеб. пособие для вузов / С. И. Баскаков. - 3-е изд. - М. : Ленанд, 2016. - 218 с. [2002. - 211с.], [2003. - 462с.],[2000. - 462с.],[2005. - 462с.]	4	
2 Фальковский О. И. Техническая электродинамика : учеб. для вузов / О. И. Фальковский. - 2-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2009. – 429с.	7	
4 Соколов А. И. Радиоавтоматика: учеб. пособие для вузов / А. И. Соколов, Ю. С. Юрченко. - М. : Академия, 2011. - 266	15	
6 Казаринова Ю.М. Радиотехнические системы, учебник / Под ред. -М.: Академия.. 2008, -589 с.	31	
7 Ипатов В.П. Широкополосные системы и кодовое разделение сигналов. Принципы и приложения. М.: Техносфера, 2007. – 488с.	7	
8 Королев, М. А. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем: учеб. пособие для вузов. Ч. 1: Технологические процессы изготовления кремниевых интегральных схем и их моделирование / М. А. Королев, Т. Ю. Крупкина, М. А. Ревелева; под общ. ред. Ю.А.Чаплыгина. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. - 396 с.	10	
10 Петров, М. Н. Моделирование компонентов и элементов интегральных схем: учеб. пособие для вузов / М. Н. Петров, Г.В.Гудков. – СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2017. – 462 с. [2011. – 462с.]	16	
11 Драгунов В.П. Основы наноэлектроники: учеб. пособие для вузов / В.П.Драгунов, И.Г. Неизвестный, В.А.Гридчин. – 2-е изд., испр. и доп. – Новосибирск: Издательство НГТУ 2004. – 494 с. [2000. - 331с.]	26	
15 Филиппов Д.А. Основы квантовой механики: учеб. пособие / НовГУ им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 2007. – 145 с.	11	
Учебно-методические издания		

1 Электроника, радиотехника и системы связи [электронный ресурс]: рабочая программа учебного модуля /Авт.-сост. И.Н.Жукова; НовГУ. – В.Новгород, 2017. – 20с. Режим доступа: http://novsu.ru.	-	
2 Бичурин М. И. Техническая электродинамика[электронный ресурс]: учеб. пособие / М. И. Бичурин, В. М. Петров, О. Г. Фомин ; Новгород. гос. ун-т им. Ярослава Мудрого. - Великий Новгород, 2007. – 160с. https://novsu.bibliotech.ru/Reader/BookPreview/-422	9	
3 Рассветалов Л. А. Введение в цифровую связь: учеб. пособие/ Л.А. Рассветалов [электронный ресурс] учеб. пособие: НовГУ, В. Новгород, 2015. – 115с. https://novsu.bibliotech.ru/Reader/BookPreview/-2313	10	
4 Захаров М.А. Динамика кристаллической решетки: гармоническое приближение и ангармонизмы [электронный ресурс]: учеб.-метод. пособие./ Сост. М.А. Захаров. - НовГУ. – В.Новгород, 2007. – 48 с. https://novsu.bibliotech.ru/Reader/BookPreview/-389 https://novsu.bibliotech.ru/Reader/BookPreview/-366	10	
5 Динамика кристаллической решетки : гармоническое приближение и ангар-монизмы [электронный ресурс]: учебно-метод. пособие / Сост. М.А. Захаров. - НовГУ. – В.Новгород, 2014. – 40с. https://novsu.bibliotech.ru/Reader/BookPreview/-1802		
6 Петров, М. Н. Моделирование микроэлектронных компонентов и схем с помощью программы AIM-SPICE [электронный ресурс]: монография, учеб. пособие / Сост. М. Н. Петров;Новгород. гос. ун-т им. Ярослава Мудрого. - Великий Новгород, 2015. - 72 с. [2014. - 72с.] https://novsu.bibliotech.ru/Reader/Book/-2185	10	

Таблица Г.2 – Информационное обеспечение учебного модуля

Название программного продукта, Интернет-ресурса	Электронный адрес	Примечание
Программы кандидатских экзаменов по истории и философии науки, иностранному языку и специальным дисциплинам, утвержденные приказом Минобрнауки России от 8 октября 2007 г. № 274 (зарегистрирован Минюстом России 19 октября 2007 г., регистрационный № 10363).	http://vak1.ed.gov.ru/ru/docs/?id54=12&i54=5	
Сайт компании Synopsys	http://www.synopsis.com	
Федеральный интернет-портал «Нанотехнологии и нанаматериалы»	http://www.portalnano.ru	
Образовательный математический сайт	http://www.exponenta.ru	
Сайт компании AIM-SPICE	http://www.aimspice.com/	
Сайт компании Cadence	http://www.cadencepcb.com	

25

Таблица 3 – Дополнительная литература

Библиографическое описание* издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
3 Смирнов Н.Н. Измерение характеристик случайных процессов : учеб. пособие для вузов / Под ред.В.П.Федосова;Учеб.-метод.об-ние по образованию в обл.радиотехники,электроники,биомед.техники и автоматизации. - М. : САЙНС-ПРЕСС, 2004. - 64с.	1	
5 Арсеньев Г. Н. Радиоавтоматика : учеб. для вузов : учеб. для высш.воен.-учеб. заведений / Г. Н. Арсеньев, С. Н. Замуруев. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Форум : Инфра-М, 2016. – 591с.	2	
9 Красников, Г.Я. Конструктивно-технологические особенности субмикронных МОП-транзисторов / Г.Я.Красников. - 2-е изд., испр. - М.: Техносфера, 2011. - 799 с.	4	
12 Рамбиди Н.Г. Физические и химические основы нанотехнологий / Н.Г.Рамбиди, А.В. Берёзкин. – М.: Физматлит, 2009. – 454 с.	3	
13 Борисенко В.Е. Наноэлектроника: учеб. пособие для вузов / В.Е.Борисенко. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 223 с.	5	
14 Гаврилов С.А. Электрохимические процессы в технологии микро- и наноэлектроники: учеб. пособие для вузов / С.А.Гаврилов. – М.: Высшее образование, 2009. – 257 с.	2	

Действительно для учебного года _____/_____

Заведующий кафедрой РС _____ И.Н.Жукова

СОГЛАСОВАНО

Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого
Научная библиотека
Сектор учета

НБ НовГУ: гл. библиот. _____ Калинина Н.А