

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

Институт технологий и инженерной механики
Кафедра микро- и наноэлектроники

УТВЕРЖДАЮ

директор института технологий и
инженерной механики


«18» 04 Могильная Е.П.
2023 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«НЕЛИНЕЙНЫЕ ПРОЦЕССЫ МИКРОВОЛНОВОЙ, КВАНТОВОЙ
И ОПТОЭЛЕКТРОНИКИ»**

По направлению подготовки: 11.04.04 Электроника и наноэлектроника

Магистерская программа «Электронные микроволновые и квантовые
приборы и устройства»

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Нелинейные процессы микроволновой, квантовой и оптоэлектроники» по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника. – 27 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Нелинейные процессы микроволновой, квантовой и оптоэлектроники» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22.09.2017 года № 959.

СОСТАВИТЕЛИ:

к.т.н., доцент Войтенко В.А.;

к.т.н., доцент Войтенко Г.О.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры микро- и наноэлектроники «14» 04 2023 г., протокол № 9.

Заведующий кафедрой

микро- и наноэлектроники  Войтенко В. А.

Переутверждена: « » 202 г., протокол № .

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии института технологий и инженерной механики «18» 04 2023 г., протокол № 3.

Председатель учебно-методической

комиссии института технологий и инженерной механики  С. Н. Ясуник

© Войтенко В.А., Войтенко Г.О., 2023 год
© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля», 2023 год

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Цель дисциплины – освоение теории и физики нелинейных процессов и эффектов в приборах микроволновой, квантовой и оптоэлектроники, проявляющихся в специальных режимах работы, для проектирования и применения таких особенностей физических явлений в устройствах различного назначения с учетом особенностей технологии производства с целью обеспечения необходимых частотных и мощностных характеристик.

Задачи: владение методами анализа нелинейных процессов в вакуумных сверхвысокочастотных приборах; ознакомление с нелинейными процессами в полупроводниковых сверхвысокочастотных приборах; ознакомление с нелинейными оптическими процессами в приборах оптоэлектроники.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Дисциплина «Нелинейные процессы микроволновой, квантовой и оптоэлектроники» относится к циклу профессиональных дисциплин.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются: знания физики и математики, квантовой механики, электронных приборов и устройств; умения проводить измерения физических величин и обработку результатов измерений.

Содержание дисциплины основано на знаниях дисциплин подготовки бакалавра: «Математика», «Физика», «Квантовая механика и статистическая физика», «Оптоэлектронные приборы и устройства» и служит основой для освоения дисциплин «Лазеры в микро- и наноэлектронике», «Применение квантовых и оптических приборов», «Оптоволоконные системы связи».

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ПК-1. Готов формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать	ПК-1.1. Знает принципы построения и функционирования изделий микро- и наноэлектроники, физические процессы, протекающие в микроволновых и квантовых приборах и устройствах. ПК-1.2. Умеет рассчитывать предельно допустимые и	Знать: принципы построения, работы, характеристики и области применения вакуумных СВЧ приборов, полупроводниковых СВЧ приборов, приборов квантовой и оптической электроники; основы научных исследований, методы математического

<p>теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач</p>	<p>предельные режимы работы изделий микро- и наноэлектроники. ПК-1.3. Владеет навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследования изделий микро- и наноэлектроники.</p>	<p>моделирования и компьютерные технологии в научных исследованиях в области микроволновой, квантовой и оптоэлектроники; методы теоретических и экспериментальных исследований в области микроволновой, квантовой и оптической электроники;</p> <p>Уметь: объяснять возможности применения СВЧ приборов и устройств, рассчитывать предельно допустимые и предельные режимы работы; проблемы реализации приборов микроволновой, квантовой и оптоэлектроники, влияние технологического разброса на параметры элементов СВЧ устройств, влияние разброса параметров устройств на их характеристики; анализировать нелинейные процессы, протекающие в приборах вакуумной электроники СВЧ, полупроводниковых приборах СВЧ, квантовых и оптических приборах; составить план теоретических и экспериментальных исследований применительно к конкретной задаче микроэлектроники СВЧ; современные средства и методы экспериментальных исследований в области микроволновой, квантовой и оптоэлектроники; организовать и провести экспериментальные исследования на лабораторном оборудовании; проводить теоретические и</p>
---	--	---

		экспериментальные исследования, делать научно-обоснованные выводы по результатам исследований;
		Владеть: навыками анализа накопленного опыта в области проектирования приборов и устройств СВЧ и анализа возможностей электроники СВЧ, навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследования; навыками выбора методов и средств для решения проблем современной электроники СВЧ; навыками расчета устройств СВЧ; навыками обработки данных и представления результатов экспериментальных исследований; навыками подготовки научных публикаций.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	180 (5 зач. ед)	-
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего) в том числе:	70	-
Лекции	28	-
Семинарские занятия	-	-
Практические занятия	28	-
Лабораторные работы	14	-
Курсовая работа (курсовой проект)	-	-
Другие формы и методы организации образовательного процесса (<i>расчетно-графические работы, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинг, компьютерные симуляции, интерактивные лекции, семинары, анализ деловых ситуаций и т.п.</i>)	-	-
Самостоятельная работа студента (всего)	110	-
Форма аттестации	экзамен	-

4.2. Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Вопросы анализа нелинейных процессов в вакуумных СВЧ приборах.

Нелинейные процессы в электронных лампах СВЧ. Нелинейные процессы в клистронах. Нелинейные процессы в лампах бегущей волны. Нелинейные процессы в лампах обратной волны. Нелинейные процессы в магнетронах. Открытый резонатор. Регенерация резонатора при усилении. Проломной резонаторный усилитель. Отражательный усилитель. Условия для самовозбуждения. Условия резонанса.

Тема 2. Нелинейные процессы в полупроводниковых СВЧ приборах.

Нелинейные процессы в диодных генераторах СВЧ. Нелинейные процессы в полосковых диодных генераторах СВЧ. Коаксиальные диодные генераторы СВЧ. Волноводные диодные генераторы СВЧ. Перестраиваемые диодные генераторы СВЧ. Стабилизированные диодные генераторы СВЧ. Диодные генераторы миллиметрового диапазона. Лавинно-пролетный диод. Диоды с междолинным переносом электронов. Лавинно-ключевой диод. Инжекционно-пролетный диод.

Тема 3. Нелинейные оптические процессы.

Некогерентные нелинейно-оптические эффекты. Генерация гармоник. Смещение частот. Вынужденное комбинационное рассеяние света. Нарушение принципа суперпозиции для сильных световых волн в среде. Уравнения Максвелла – Лоренца в среде. Нелинейный отклик среды. Разложение поляризации по степеням поля. Классификация нелинейно-оптических эффектов. Нелинейная поляризация. Устойчивость линзовых световодов. Световоды с одинаковыми линзами. Световод с чередующимися линзами с различными фокусными расстояниями. Неустойчивые резонаторы. Потери на излучение. Симметричный резонатор. Телескопический резонатор. Эквивалентное число Френеля. Селекция продольных мод. Генерация излучения в нескольких продольных модах. Нерегулярный характер спектра генерации. Затягивание мод. Синхронизация мод. Длительность и период следования импульсов при синхронизации мод. Активная и пассивная синхронизация. Самосинхронизация.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Вопросы анализа нелинейных процессов в вакуумных СВЧ приборах.	10	-
2	Нелинейные процессы в полупроводниковых СВЧ приборах.	8	-
3	Нелинейные оптические процессы.	10	-
Итого:		28	-

4.4. Практические занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Открытые резонаторы.	6	-
2	Проходной резонаторный усилитель.	6	-
3	Отражательный усилитель.	4	-
4	Особенности газовых линейно оптических сред.	4	-
5	Ограничивающие процессы.	4	-
6	Вынужденное комбинационное рассеивание.	4	-
Итого:		28	-

4.5. Лабораторные работы

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Исследование нелинейных процессов в электронных лампах СВЧ.	4	-
2	Исследование нелинейных процессов в клистродах.	2	-
3	Исследование нелинейных процессов в лампах бегущей волны.	2	-
4	Исследование нелинейных процессов в лампах обратной волны.	2	-
5	Исследование нелинейных процессов в магнетронах.	2	-
6	Исследование условий возникновения резонанса в объемных резонаторах.	2	-
Итого:		14	-

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1	Вопросы анализа нелинейных процессов в вакуумных СВЧ приборах.	Подготовка к практическим занятиям	6	-
		Подготовка к тестированию	6	-
2	Исследование нелинейных процессов в электронных лампах СВЧ. Исследование нелинейных процессов в клистродах.	Подготовка к лабораторным занятиям и оформление отчетов	8	-
3	Нелинейные процессы в полупроводниковых СВЧ приборах.	Подготовка к практическим занятиям	6	-
		Подготовка к тестированию	8	-
4	Исследование нелинейных процессов в лампах бегущей волны. Исследование нелинейных процессов в лампах обратной волны.	Подготовка к лабораторным занятиям и оформление отчетов	18	-

5	Исследование нелинейных процессов в магнетронах. Исследование условий возникновения резонанса в объемных резонаторах.	Подготовка к лабораторным занятиям и оформление отчетов	10	-
6	Нелинейные оптические процессы.	Подготовка к практическим занятиям	18	-
		Подготовка к тестированию	5	-
7	Экзамен по дисциплине	Подготовка к семестровому экзамену	26	-
Итого:			110	-

4.7. Курсовые работы/проекты.

Не предусмотрены учебным планом.

5. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;

технологии проблемного обучения, направленные на развитие познавательной активности, творческой самостоятельности студентов и предполагающие последовательное и целенаправленное выдвижение перед студентом познавательных задач, разрешение которых позволяет студентам активно усваивать знания (используются поисковые методы; постановка познавательных задач);

технологии развивающего обучения, позволяющие ориентировать учебный процесс на потенциальные возможности студентов, их реализацию и развитие;

технологии концентрированного обучения, суть которых состоит в создании максимально близкой к естественным психологическим особенностям человеческого восприятия структуры учебного процесса и которые дают возможность глубокого и системного изучения содержания учебных дисциплин за счет объединения занятий в тематические блоки;

технологии модульного обучения, дающие возможность обеспечения гибкости процесса обучения, адаптации его к индивидуальным потребностям и особенностям обучающихся (применяются, как правило, при самостоятельном обучении студентов по индивидуальному учебному плану);

технологии дифференцированного обучения, обеспечивающие возможность создания оптимальных условий для развития интересов и способностей студентов, в том числе и студентов с особыми образовательными потребностями, что позволяет реализовать в культурно-

образовательном пространстве университета идею создания равных возможностей для получения образования;

технологии активного (контекстного) обучения, с помощью которых осуществляется моделирование предметного, проблемного и социального содержания будущей профессиональной деятельности студентов (используются активные и интерактивные методы обучения) и т.д.

Максимальная эффективность педагогического процесса достигается путем конструирования оптимального комплекса педагогических технологий и (или) их элементов на личностно-ориентированной, деятельностной, диалогической основе и использования необходимых современных средств обучения.

6. Формы контроля освоения дисциплины.

Текущая аттестация студентов производится в дискретные временные интервалы лектором и преподавателем, ведущими лабораторные работы и практические занятия по дисциплине в следующих формах:

- контрольные вопросы к практическим занятиям;
- вопросы к лабораторным работам;
- тесты;
- вопросы к экзамену.

Фонды оценочных средств, включающие контрольные вопросы, вопросы коллоквиумов, тесты и методы контроля, позволяющие оценить результаты текущей и промежуточной аттестации обучающихся по данной дисциплине, помещаются в приложении к рабочей программе в соответствии с «Положением о фонде оценочных средств».

Промежуточная аттестация по результатам освоения дисциплины проходит в форме устного экзамена (включает в себя ответ на теоретические вопросы). Студентам, выполнившим 75% текущих и контрольных мероприятий на «отлично», а остальные 25 % на «хорошо», имеют право на получение итоговой отличной оценки.

В экзаменационную ведомость и зачетную книжку выставляются оценки по национальной шкале, приведенной в таблице.

Характеристика знания предмета и ответов	Экзамены
Обучающийся глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.	отлично (5)
Обучающийся знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество	хорошо (4)

ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.	
Обучающийся знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30 % ошибок в излагаемых ответах.	удовлетворительно (3)
Обучающийся не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Обучающийся отказывается от ответов на дополнительные вопросы	неудовлетворительно (2)

7. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины:

а) Основная литература:

1. Щапова И.А. Основы оптоэлектроники и лазерной техники [Электронный ресурс] / И.А. Щапова - М. : ФЛИНТА, 2017. - 235 с. - ISBN 978-5-9765-0040-4 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - Режим доступа : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785976500404.html>

2. Сенников И.А. Протон-Импульс: оптоэлектронные компоненты коммутации и контроля [Электронный ресурс] / И.А. Сенников - М. : ДМК Пресс, 2016. - 64 с. - ISBN 978-5-94120-025-2 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - Режим доступа : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785941200252.html>

б) Дополнительная литература:

1. Шрайбер Г. Инфракрасное излучение в электронике [Электронный ресурс] / Г. Шрайбер; Пер. с франц. - Москва : ДМК Пресс, 2009. - 240 с.: ил. - (В помощь радиолюбителю). - ISBN 5-94074-019-7. - Текст : электронный. - URL: <http://znanium.com/catalog/product/406718>

2. Барбашов В. М. Радиационные эффекты в нано-гетероструктурных СВЧ-приборах и интегральных схемах: Учебное пособие / Барбашов В.М., Громов Д.В. - М.:НИЯУ "МИФИ", 2013. - 124 с. ISBN 978-5-7262-1872-4 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/560001>

3. Григорьянц, А.Г. Технологические процессы лазерной обработки [Текст] / А.Г. Григорьянц, И.Н. Шиганов, А.И. Мисюров; под ред. А.Г. Григорьянца – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 664 с.

4. Афонькин, М.Г. Формирование цветных структур на поверхности металла лазерным излучением: монография / М.Г, Афонькин, Е.В. Ларионова. – Спб.: изд. СЗТУ, 2010. – 205с.: ил.

в) Методические рекомендации/указания

1. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Нелинейные процессы микроволновой, квантовой и оптоэлектроники» (для студентов, обучающихся по направлению 11.04.04 “Электроника и наноэлектроника”, магистерская программа “Электронные микроволновые и квантовые приборы и устройства”) / Сост.: Комаров Н.В. – Луганск: Изд-во ГОУВПО ЛНР «Луганский национальный университет им. В. Даля», 2016. – 25 с.

2. Методические указания к лабораторным занятиям по дисциплине «Нелинейные процессы микроволновой, квантовой и оптоэлектроники» (для студентов, обучающихся по направлению 11.04.04 “Электроника и наноэлектроника”, магистерская программа “Электронные микроволновые и квантовые приборы и устройства”) / Сост.: Комаров Н.В, Войтенко В.А. – Луганск: Изд-во ГОУВПО ЛНР «Луганский национальный университет им. В. Даля», 2017. – 24 с.

г) Интернет-ресурсы:

Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>

Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>

Министерство образования и науки Луганской Народной Республики – <https://minobr.su>

Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>

Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>

Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

Далевский педагогический портал – <http://ped.dahluniver.ru/>

Электронные библиотечные системы и ресурсы

Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>

Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

Университетская библиотека On-line – <http://www.biblioclub.ru>

Научная электронная библиотека eLIBRARY – <http://elibrary.ru>

Информационный ресурс библиотеки образовательной организации

Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

Научные журналы

"GNU Scientific Library" (GSL - библиотека для научных вычислений проекта GNU): <http://www.gnu.org/software/gsl>.

Система схемотехнического моделирования LTSpice IV. Краткое руководство: <http://zpostbox.ru/ltspice.html>.

Электронные компоненты: <http://www.elitan.ru/>.

Навигатор по профессиональным электронным ресурсам – http://www.spsl.nsc.ru/win/nelbib/nav_ei.htm

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекционные занятия проводятся с использованием комплекта электронных презентаций в аудитории, оснащенной презентационной техникой (проектор, экран, ноутбук).

Лабораторные работы проводятся с использованием некомпьютеризированных и компьютеризированных лабораторных стендов, пакета специализированных компьютерных программ, компьютерной математической среды MatLab.

Рабочие места преподавателя и студентов в учебной лаборатории оснащены компьютерами с доступом в Интернет, предназначенными для работы в указанных специализированных компьютерных программах и средах.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	Firefox Mozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx
Браузер	Opera	http://www.opera.com
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
Файл-менеджер	Far Manager	http://www.farmanager.com/download.php

Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator
Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/

8. Оценочные средства по дисциплине

Паспорт

фонда оценочных средств по учебной дисциплине

«Нелинейные процессы микроволновой, квантовой и оптоэлектроники»

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижения компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
1	ПК-1	Готов формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью	ПК-1.1. ПК-1.2. ПК-1.3.	Тема 1 Вопросы анализа нелинейных процессов в вакуумных СВЧ приборах	1
				Тема 2 Нелинейные процессы в полупроводниковых СВЧ приборах	1
				Тема 3 Нелинейные оптические процессы	1

		обоснованно выбирать теоретические и экспериментальн ые методы и средства решения сформулированн ых задач			
--	--	---	--	--	--

**Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал
оценивания**

№ п/ п	Код контролируемо й компетенции	Индикатор ы достижений компетенци и (по реализуемо й дисциплине)	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименовани е оценочного средства
1.	ПК-1	ПК-1.1. ПК-1.2. ПК-1.3.	Знать: принципы построения, работы, характеристики и области применения вакуумных СВЧ приборов, полупроводников ых СВЧ приборов, приборов квантовой и оптической электроники; основы научных исследований, методы математического моделирования и компьютерные технологии в научных исследованиях в области микроволновой, квантовой и оптоэлектроники; методы	Тема 1, Тема 2, Тема 3, Практическое занятие 1, Лабораторная работа 1	Контрольные вопросы к практически м занятиям, вопросы к лабораторны м работам, тесты, вопросы к экзамену

			<p>теоретических и экспериментальных исследований в области микроволновой, квантовой и оптической электроники;</p> <p>Уметь: объяснять возможности применения СВЧ приборов и устройств, рассчитывать предельно допустимые и предельные режимы работы; проблемы реализации приборов микроволновой, квантовой и оптоэлектроники, влияние технологического разброса на параметры элементов СВЧ устройств, влияние разброса параметров устройств на их характеристики; анализировать нелинейные процессы, протекающие в приборах вакуумной электроники СВЧ, полупроводниковых приборах СВЧ, квантовых и оптических приборах;</p> <p>составить план теоретических и экспериментальных исследований применительно к конкретной задаче</p>		
--	--	--	---	--	--

			<p>микроэлектроники СВЧ; современные средства и методы экспериментальных исследований в области микроволновой, квантовой и оптоэлектроники; организовать и провести экспериментальные исследования на лабораторном оборудовании; проводить теоретические и экспериментальные исследования, делать научно-обоснованные выводы по результатам исследований;</p> <p>Владеть: навыками анализа накопленного опыта в области проектирования приборов и устройств СВЧ и анализа возможностей электроники СВЧ, навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследования; навыками выбора методов и средств для решения проблем современной электроники СВЧ; навыками расчета устройств СВЧ; навыками обработки данных и представления результатов экспериментальных</p>		
--	--	--	--	--	--

			х исследований; навыками подготовки научных публикаций.		
--	--	--	---	--	--

Фонды оценочных средств по дисциплине «Нелинейные процессы микроволновой, квантовой и оптоэлектроники»

Контрольные вопросы к практическим занятиям:

1. Проанализируйте нелинейные процессы, которые имеют место в электронных лампах СВЧ.
2. Проанализируйте нелинейные процессы в клистродах.
3. Какие нелинейные процессы происходят в лампах бегущей волны?
4. Какие нелинейные процессы происходят в лампах обратной волны?
5. Проанализируйте нелинейные процессы в магнетронах.
6. Приведите классификацию нелинейных процессов в полупроводниковых СВЧ приборах.
7. Нелинейные процессы в диодных генераторах СВЧ.
8. Какие нелинейные процессы происходят в полосковых диодных генераторах СВЧ?
9. Проанализируйте нелинейные процессы в коаксиальных диодных генераторах СВЧ.
10. Проанализируйте нелинейные процессы в волноводных диодных генераторах СВЧ.
11. Какие нелинейности наблюдаются в перестраиваемых диодных генераторах СВЧ?
12. Какие нелинейности наблюдаются в стабилизированных диодных генераторах СВЧ?
13. Приведите классификацию нелинейностей в диодных генераторах миллиметрового диапазона.
14. Приведите и поясните характеристики лавинно-пролетных диодов.
15. Что представляет собой открытый резонатор?
16. В чем состоит регенерация резонатора при усилении?
17. Каковы характеристики проходного резонаторного усилителя?
18. Как устроен отражательный усилитель?
19. Каковы условия для самовозбуждения?
20. Каковы условия резонанса?
21. Каковы характеристики открытых резонаторов?
22. По каким причинам происходит падение добротности и сгущение резонансов замкнутых объемов?
23. В чем причины прореживания спектра?
24. От чего зависит время жизни моды пассивного резонатора?

25. Чем вызваны дифракционные потери?
26. В чем состоит метод Фокса и Ли?
27. Приведите и поясните интегральное уравнение открытого резонатора.
28. Что представляет собой конфокальный резонатор?
29. Что такое гауссовы пучки?
30. В чем причины расходимости излучения?
31. От чего зависит радиус кривизны волнового фронта?
32. От чего зависит устойчивость линзовых световодов?
33. Каковы характеристики световодов с одинаковыми линзами?
34. Каковы особенности световода с чередующимися линзами с различными фокусными расстояниями?
35. Неустойчивые резонаторы.
36. Потери на излучение.
37. Как устроен симметричный резонатор?
38. Как устроен телескопический резонатор?
39. Что такое эквивалентное число Френеля?
40. Как происходит селекция продольных мод?
41. Как происходит генерация излучения в нескольких продольных модах?
42. От чего зависит нерегулярный характер спектра генерации?
43. Каковы причины затягивания мод?
44. Как происходит синхронизация мод?
45. От чего зависит длительность и период следования импульсов при синхронизации мод?
46. Что такое активная и пассивная синхронизация?
47. Что значит самосинхронизация?
48. Проанализируйте нелинейности в газовых лазерах.
49. Проанализируйте нелинейности в гелий-неоновом лазере.
50. В чем суть оптической накачки?
51. Как происходит резонансная передача энергии возбуждения при столкновениях?
52. Как работают ионные лазеры?
53. Какие процессы происходят в лазерах на парах металлов?
54. Какие процессы происходят в аргоновом лазере?
55. Приведите схему уровней.
56. Что значит двухступенчатое возбуждение?
57. Какие процессы происходят в гелий-кадмиевом лазере?
58. Как работает медный лазер?
59. Каковы особенности работы молекулярных лазеров?

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству контрольные вопросы к практическим занятиям

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Ответ представлен на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемый вопрос, привел аргументы в

	пользу своих суждений, владеет соответствующей научной терминологией)
4	Ответ представлен на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемый вопрос, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности)
3	Ответ представлен на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени соответствующей научной терминологией)
2	Ответ представлен на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов отвечать)

Вопросы к лабораторным работам:

1. Нелинейные процессы в электронных лампах СВЧ.
2. Нелинейные процессы в клистродах.
3. Нелинейные процессы в лампах бегущей волны.
4. Нелинейные процессы в лампах обратной волны.
5. Нелинейные процессы в магнетронах.
6. Нелинейные процессы в полупроводниковых СВЧ приборах.
7. Нелинейные процессы в диодных генераторах СВЧ.
8. Нелинейные процессы в полосковых диодных генераторах СВЧ.
9. Коаксиальные диодные генераторы СВЧ.
10. Волноводные диодные генераторы СВЧ.
11. Перестраиваемые диодные генераторы СВЧ.
12. Стабилизированные диодные генераторы СВЧ.
13. Диодные генераторы миллиметрового диапазона.
14. Лавинно-пролетный диод.
15. Диоды с междолинным переносом электронов.
16. Лавинно-ключевой диод.
17. Инжекционно-пролетный диод.
18. Открытый резонатор.
19. Регенерация резонатора при усилении.
20. Проломной резонаторный усилитель.
21. Отражательный усилитель.
22. Условия для самовозбуждения.
23. Условия резонанса.
24. Открытые резонаторы.
25. Падение добротности и сгущение резонансов замкнутых объемов.
26. Открытые резонаторы, прореживание спектра.
27. Время жизни моды пассивного резонатора.
28. Дифракционные потери.
29. Метод Фокса и Ли.
30. Интегральное уравнение открытого резонатора.
31. Конфокальный резонатор.
32. Гауссовы пучки.
33. Расходимость излучения.

34. Радиус кривизны волнового фронта.
35. Устойчивость линзовых световодов.
36. Световоды с одинаковыми линзами.
37. Световод с чередующимися линзами с различными фокусными расстояниями.
38. Неустойчивые резонаторы.
39. Потери на излучение.
40. Симметричный резонатор.
41. Телескопический резонатор.
42. Эквивалентное число Френеля.
43. Селекция продольных мод.
44. Генерация излучения в нескольких продольных модах.
45. Нерегулярный характер спектра генерации.
46. Затыгивание мод.
47. Синхронизация мод.
48. Длительность и период следования импульсов при синхронизации мод.
49. Активная и пассивная синхронизация.
50. Самосинхронизация.
51. Газовые лазеры.
52. Гелий-неоновый лазер.
53. Оптическая накачка.
54. Резонансная передача энергии возбуждения при столкновениях. Схема уровней.
55. Ионные лазеры.
56. Лазеры на парах металлов.
57. Аргоновый лазер.
58. Схема уровней.
59. Двухступенчатое возбуждение.
60. Гелий-кадмиевый лазер.
61. Медный лазер.
62. Молекулярные лазеры.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству вопросы к лабораторным работам

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Ответы представлены на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемые вопросы, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет соответствующей научной терминологией, правильные ответы даны на 90-100% вопросов)
4	Ответы представлены на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемые вопросы, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности, правильные ответы даны на 75-89% вопросов)
3	Ответы представлены на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не

	владеет в достаточной степени соответствующей научной терминологией, правильные ответы даны на 50-74% вопросов)
2	Ответы представлены на неудовлетворительном уровне или не представлены (студент не готов отвечать или правильные ответы даны менее чем на 50% вопросов)

Тесты:

1. Волноводная мода распространяется в канале оптического волновода:
 - а) под углом;
 - б) прямо;
 - в) зигзагообразно.

2. Излучательные воздушные моды:
 - а) медленно затухают;
 - б) быстро затухают;
 - в) используются для передачи сигнала.

3. Различают элементы связи:
 - а) параллельные и последовательные;
 - б) внешние и внутренние;
 - в) продольные и поперечные.

4. Преобразование энергии светового пучка в волноводе в энергию поверхностной волны происходит путем:
 - а) рассеяния электромагнитного пучка в волноводе;
 - б) отражения электромагнитного пучка от стенок волновода;
 - в) согласования электромагнитного пучка с полем поверхностной волны.

5. В призмном элементе угол падения света выбирается таким, чтобы он удовлетворял условию:
 - а) согласования фаз;
 - б) полного отражения;
 - в) интерференции световых пучков.

6. При малой высоте воздушного промежутка в призмном элементе наблюдается эффект:
 - а) туннелирования;
 - б) наложения;
 - в) согласования.

7. Апертурой пучка падающего излучения называют его:
 - а) длину;
 - б) ширину;

в) длительность.

8. Недостаток призмённых элементов связи:

а) требуется высокий показатель преломления материала призмы;

б) требуется большая ширина воздушного зазора;

в) требуется высокий показатель преломления материала волновода.

9. Решетчатый элемент связи:

а) не имеет воздушного зазора;

б) не обладает периодической структурой;

в) не обеспечивает согласования фаз.

10. Основной недостаток решетчатого элемента связи:

а) высокий коэффициент отражения;

б) сильное поглощение подложкой;

в) потеря энергии волны в воздушном зазоре.

11. Для выполнения пассивных функций выбирают материал полужки волновода:

а) арсенид галлия;

б) титанат лития;

в) стекло.

12. Для выполнения активных функций выбирают материал полужки волновода:

а) арсенид галлия;

б) титанат лития;

в) стекло.

13. Оптическими свойствами волноводных структур обычно управляют с помощью:

а) внешних электромагнитных полей;

б) внешних тепловых полей;

в) внешних механических воздействий.

14. Волноводные каналы в активных диэлектриках формируются с помощью процесса:

а) эпитаксии;

б) диффузии;

в) ионной имплантации.

15. Числовой апертурой оптоволокна называют:

а) косинус критического угла;

б) синус критического угла;

в) тангенс критического угла.

16. Распространенный материал для оптических световодов:

- а) кварцевое стекло;
- б) ниобат лития;
- в) титанат бария.

17. При помощи операции модуляции осуществляется:

- а) ввод информации в световую волну;
- б) изменяется пространственное положение когерентной световой волны;
- в) непрерывное или дискретное движение луча.

18. Действие амплитудных модуляторов основано на эффектах, связанных с:

- а) изменением фазы;
- б) отражением;
- в) поглощением.

19. Фазовые модуляторы используют зависимость показателя преломления от величины:

- а) внешнего электрического поля;
- б) внешнего магнитного поля;
- в) фазы падающей волны.

20. Частотные модуляторы используют явление:

- а) сдвига частоты;
- б) сдвига длины волны;
- в) сдвига фазы.

21. Магнитооптические модуляторы основаны на эффекте:

- а) изменения плоскости поляризации света;
- б) сдвига плоскости поляризации света;
- в) вращения плоскости поляризации света.

22. Модулятор – это устройство, которое:

- а) несет информационный сигнал;
- б) управляет параметрами светового потока;
- в) изменяет детектируемые свойства световой волны.

23. Модулятор интенсивности изменяет интенсивность:

- а) плоской световой волны;
- б) поперечной световой волны;
- в) когерентной световой волны.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству тесты

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Тесты выполнены на высоком уровне (правильные ответы даны на 90-100% тестов)
4	Тесты выполнены на среднем уровне (правильные ответы даны на 75-89% тестов)
3	Тесты выполнены на низком уровне (правильные ответы даны на 50-74% тестов)
2	Тесты выполнены на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем на 50% тестов)

Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамен)

1. Нелинейные процессы в клистродах.
2. Нелинейные процессы в лампах бегущей волны.
3. Нелинейные процессы в лампах обратной волны.
4. Нелинейные процессы в магнетронах.
5. Нелинейные процессы в полупроводниковых СВЧ приборах.
6. Нелинейные процессы в диодных генераторах СВЧ.
7. Открытый резонатор.
8. Регенерация резонатора при усилении.
9. Пролодной резонаторный усилитель.
10. Отражательный усилитель.
11. Условия для самовозбуждения.
12. Условия резонанса.
13. Открытые резонаторы.
14. Падение добротности и сгущение резонансов замкнутых объемов.
15. Открытые резонаторы, прореживание спектра.
16. Время жизни моды пассивного резонатора.
17. Дифракционные потери.
18. Метод Фокса и Ли.
19. Интегральное уравнение открытого резонатора.
20. Конфокальный резонатор.
21. Гауссовы пучки.
22. Расходимость излучения.
23. Радиус кривизны волнового фронта.
24. Устойчивость линзовых световодов.
25. Световоды с одинаковыми линзами.
26. Световод с чередующимися линзами с различными фокусными расстояниями.
27. Неустойчивые резонаторы.
28. Потери на излучение.
29. Симметричный резонатор.
30. Телескопический резонатор.

31. Эквивалентное число Френеля.
32. Селекция продольных мод.
33. Генерация излучения в нескольких продольных модах.
34. Нерегулярный характер спектра генерации.
35. Затягивание мод.
36. Синхронизация мод.
37. Длительность и период следования импульсов при синхронизации мод.
38. Активная и пассивная синхронизация.
39. Самосинхронизация.
40. Газовые лазеры.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточный контроль (экзамен)

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
неудовлетворительно (2)	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)