

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н.Туполева (КНИТУ-КАИ)

Институт радиоэлектроники и телекоммуникаций

Кафедра Радиоэлектронных и квантовых устройств
(наименование кафедры, ведущей дисциплину)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по ОД
Н.Н.Маливанов
« » 2011

ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

СД.Ф.1 Приборы СВЧ и оптического диапазона

Рекомендуется УМЦ КНИТУ–КАИ им. А. Н. Туполева для направления
(специальности)

направление Телекоммуникации 210400

специальность 210404.65 Многоканальные телекоммуникационные системы

специализация

(указывается их номер и наименование)

форма обучения очная
(очная, очно-заочная, заочная)

КАЗАНЬ 2011

1. Цели и задачи дисциплины.

Целью преподавания дисциплины является студентов специальности 210404 с физическими основами электронных и квантовых приборов СВЧ и оптического диапазона. Для достижения этой цели ставятся задачи изучения следующих вопросов: принципы построения квантово-электронных устройств и их применение при разработке систем передачи, обработки и защиты информации в телекоммуникационных системах; конструкции и характеристики передающей и приемной аппаратуры оптического диапазона; влияние внешних воздействий на каналы передачи информации в оптическом диапазоне и методы их защиты. Привить навыки практической работы и изучения элементов приборов СВЧ и оптического диапазона (при выполнении лабораторных работ).

2. Требования к уровню освоения содержания дисциплины.

В результате изучения дисциплины “Приборы СВЧ и оптического диапазона” и выполнения лабораторного практикума студент должен иметь представление об основных видах и характеристиках приборов квантовой и оптической электроники, ознакомиться с их достоинствами и недостатками, с областями их применения. На лабораторных занятиях студент должен приобрести практические навыки работы с современными квантовыми приборами, освоить основные инженерные методы расчета характеристик этих приборов, ознакомиться с мерами безопасности.

3. Объем дисциплины и виды учебной работы

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры	
Общая трудоемкость дисциплины	85		7
Аудиторные занятия (АЗ)	51		7
Лекции	34		7
Практические занятия (ПЗ)			
Лабораторные работы (ЛР)	17		7
Самостоятельная работа (СР)	34		7
Курсовая работа			
Вид итогового контроля (зачет, экзамен)			Зачет

4. Содержание дисциплины.

4.1. Тематический план.

№п/п	Раздел дисциплины	Лекции	ПЗ	ЛР
1	Введение	*		
2	Физические основы электровакуумных и полупроводниковых приборов СВЧ	*		
3	Физические принципы работы квантовых приборов	*		*
4	Генерация излучения. Лазер (ОКГ). Оптические резонаторы	*		*
5	Газовые лазеры	*		*
6	Твердотельные лазеры	*		*
7	Полупроводниковые лазеры	*		
8	Квантовые приборы радиодиапазона	*		
9	Управление характеристиками лазерного излучения	*		*

4.2. Содержание тем.

1. Введение. (часы 1 АЗ/ 1 СР)

Историческая справка. Особенности электронных и квантовых приборов СВЧ. Принципы действия квантовых приборов. Основные элементы квантовых приборов и их назначение. Особенности отдельных элементов квантовых приборов, обусловленные спецификой их действия. Квантовые приборы оптического и радиодиапазона (2 часа)

2. Физические основы электровакуумных и полупроводниковых приборов СВЧ (часы 5/5)

Принцип действия триодов СВЧ. Принцип действия клистронов и ламп бегущей волны. Особенности биполярных и полевых СВЧ-транзисторов. Генераторы и усилители на лавинно-пролетных диодах. Принцип действия диодов Ганна.

3. Физические принципы работы квантовых приборов. (часы 7 АЗ/ 7 СР)

Энергетические уровни атомов, ионов, молекул, характеристики уровней, ширина и время жизни уровней, обозначения уровней. Населенность уровней. Распределение Больцмана для системы частиц. Энергетические зоны электронов в металлах и полупроводниках. Излучательные (оптические) и безызлучательные переходы. Коэффициенты Эйнштейна. Линии поглощения и излучения вещества. “Естественная” ширина линии. Уширение линии (однородное, неоднородное), связь с уширением уровней. Форм-фактор линии. Прохождение излучения через среду. Закон Бугера. Инверсия населенности. Показатель усиления вещества, интенсивность насыщения. Форма линии усиления при различных интенсивностях проходящего излучения. Методы получения инверсии населенности.

4. Генерация излучения. Лазер (ОКГ). Оптические резонаторы. (часы 4АЗ / 4 СР)

Режим сверхизлучения активного вещества. Конструкция и принцип работы лазера в сравнении с генератором радиодиапазона. Резонаторы лазеров. Условие генерации лазера.

Основные процессы, происходящие в резонаторе. Потери и добротность резонатора. Формирование спектра излучения лазера. Одночастотный и многочастотный режимы работы лазера. Пространственные характеристики излучения, формируемого резонатором. Собственные типы колебаний (моды) открытого резонатора, их параметры и обозначения. Устойчивые и неустойчивые резонаторы.

5. Газовые лазеры. (часы 4 АЗ / 4 СР)

Основные характеристики и особенности работы газовых лазеров. Стабильность излучения (амплитудная и частотная). Гелий-неоновый лазер. Схема энергетических уровней. Длины волн излучения. Мощность излучения, КПД. Особенности конструкции гелий-неонового лазера. Окна Брюстера, полый катод, лазеры с внутренними зеркалами. Поляризация излучения.

6. Твердотельные лазеры. (часы 5 АЗ/ 5 СР)

Активные вещества твердотельных лазеров. Оптическая накачка. Требования к рабочим веществам. Рубиновый лазер. Режим работы. Лазер на алюмо-иттриевом гранате. Режимы свободной генерации и модулированной добротности резонатора.

7. Полупроводниковые лазеры. (часы 4 АЗ/ 4 СР).

Активный элемент полупроводниковых лазеров. Процессы излучения и поглощения света полупроводником. Условие инверсной населенности для полупроводниковых лазеров. Инжекционный лазер. Полупроводниковый лазер с оптической накачкой. Конструкция и характеристики излучения полупроводниковых лазеров.

8. Квантовые приборы радиодиапазона. (часы 2 АЗ/ 2 СР)

Особенности квантовых приборов радиодиапазона. Газовые мазеры. Твердотельные мазеры. Резонаторные КПУ и КПУ бегущей волны.

9. Управление характеристиками лазерного излучения. (часы 2АЗ/ 2 СР).

Методы управления характеристиками лазерного излучения. Электрооптические методы управления. Эффекты Керра и Погкельса. Фазовая ячейка на эффекте Погкельса. Модуляция интенсивности излучения. Модуляторы добротности. Переключатели добротности.

Акустооптические модуляторы. Дефлекторы излучения. Электромеханические дефлекторы. Акустооптические дефлекторы. Перспективы развития. Управление частотой излучения лазеров и нелинейная оптика. Особенности внутренней фазовой и частотной модуляции лазеров. Ограничения параметров модуляции. Внешние модулирующие устройства. Параметрические генераторы. Условия синхронизма. Генерация гармоник в оптическом диапазоне. Внутррезонаторные генераторы гармоник.

4.3. Лабораторный практикум.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
1	4.2.3, 4.2.6	Экспериментальное определение коэффициентов Эйнштейна для лазерных уровней хрома в рубине
2	4.2.4	Исследование оптического резонатора
3	4.2.5	Исследование гелий-неонового лазера
4	4.2.9	Исследование электрооптического эффекта

5. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.

5.1. Рекомендуемая литература.

а) основная литература:

1. Бабинцев Д.В. и др. Электронные устройства СВЧ: в 2-х кн. Кн. 1 / Под ред. И.В.Лебедева. – М.: Радиотехника, 2008. – 352 с. (12 шт.)
2. Бабинцев Д.В. и др. Электронные устройства СВЧ: в 2-х кн. Кн. 2 / Под ред. И.В.Лебедева. – М.: Радиотехника, 2008. – 400 с. (12 шт.)
3. Гринев А.Ю. и др. Оптические устройства в радиотехнике: Учеб. Пособие для студ. вузов / Под ред. В.Н.Ушакова. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Радиотехника, 2009. – 264 с. (10 шт.)
4. Горлов Н.И., Богачев И.В. Волоконно-оптические линии передачи. Методы и средства измерения параметров. – М.: Радиотехника, 2009. – 192 с. (32 шт.).

б) дополнительная литература:

5. Волоконно-оптическая техника: Современное состояние и перспективы: сб. статей / Под ред. С.А.Дмитриева, Н.Н.Слепова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: перераб. и доп. – М.: Техносфера, 2010. – 608 с. (20 шт.)
6. Электронные, квантовые приборы и микроэлектроника: Учебное пособие для вузов / Ю.Л.Бобровский, С.А.Корнилов, И.А.Кратиров и др.; Под ред. Н.Д.Федорова. - М.: Радио и связь, 1998. - 560 с. (10 шт.)
7. Ищенко Е.Ф., Климков Ю.М. Оптические квантовые генераторы. - М.: Сов. радио, 1968. (13 шт.)
8. Рябов С.Г. и др. Приборы квантовой электроники. - М.: Радио и связь, 1985. 280 с.(27 шт.)
9. Карлов Н.В. Лекции по квантовой электронике. - М.: Наука, 1988. - 334 с. (9 шт.)
10. Месяц Г.А. и др. Импульсные газовые лазеры. - М.: наука, 1991. - 271 с. (2 шт.)
11. Звелто О. Принципы лазеров. - М.: Мир, 1990. - 558 с. (19 шт.)
12. Слепов Н.Н. Современные технологии цифровых оптоволоконных сетей связи (ATM, PDH, SDH, SONET и WDM). - М: Радио и связь, 2000. - 468 с. (5 шт.)
13. Застрогин Ю.Ф. и др. Лазерные приборы вибрационного контроля и точного позиционирования. - М.: Машиностроение, 1995. - 320 с. (3 шт.)
14. Лазерная дальнометрия / Л.Н.Аснис, В.П. Васильев, В.Б.Волконский и др.; Под ред. В.П.Васильева и Х.В. Хинрикус. - М.: Радио и связь, 1995. - 256 с. (3 шт.)
15. Айбатов Л.Р., сост. Методика проектирования систем предварительной ионизации CO₂-лазеров безэлектродным импульсным разрядом: Методическое руководство для курсового и дипломного проектирования / Сост.: Л.Р.Айбатов. Мин. общего и

профессионального образования РФ; Казан. технический ун-т; каф. Радиоэлектронных и квантовых устройств. - Казань: Казан. техн. ун-т, 1998. - 12 с. (13 шт.)

5.2. Средства обеспечения освоения дисциплины:

Программа и методическое обеспечение контроля знаний студентов при помощи ЭВМ (тестовая программа ТОБОЛ 2).

6. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Учебная лаборатория “Оптическая и квантовая электроника” кафедры Радиоэлектронных и квантовых устройств.

7. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины.

7.1. Особенности учебного процесса с применением балльно-рейтинговой системы.

Учебный цикл

Учебный семестр подразделяется на 2 учебных цикла, каждый из которых заканчивается балльно-рейтинговой аттестацией студентов. Последний учебный цикл заканчивается итоговой аттестацией, т.е. зачетом, а в следующем семестре – экзаменом. Продолжительность циклов составляет: первого – 1-8 неделя, второго 9-16 неделя.

Балльная шкала.

На изучаемую дисциплину с учетом зачета или экзамена в одном семестре отводится 100 зачетных единиц. Это максимальное количество баллов, которое в течение одного семестра может получить студент при освоении учебного курса дисциплины. При этом до 60 баллов он может получить за текущую работу в семестре. Экзамен (зачет) оценивается в 40 баллов. Количество баллов, которое необходимо набрать студенту в течение семестра для допуска к экзамену (зачету) – 35. Общая оценка за семестр зависит от суммы баллов, полученных студентом за текущую работу и экзамен (зачет). В университете действует следующая шкала балльно-рейтинговой оценки для дисциплины, которая заканчивается в семестре экзаменом (зачетом):

86-100 баллов – “отлично”

71-85 баллов - “хорошо”

51-70 баллов - “удовлетворительно”

Распределение баллов на дисциплину по семестру.

Зачет оценивается в 40 баллов. Остальные 60 баллов распределяются между лабораторными работами, курсовой работой и контрольной работой по теоретическому курсу. Всего на курсовую работу выделяется максимальное количество баллов 20, на лабораторные работы 20, и на рубежный промежуточный контроль 20 баллов. Если нет курсовой работы, то баллы распределяются следующим образом: на лабораторные работы 40 и на рубежный промежуточный контроль 20 баллов.

“Стоимость” в баллах вопросов в билете, предлагаемом студенту на зачете, устанавливается индивидуально преподавателем. За каждый правильный ответ на вопрос билета студент получает определенное количество баллов, которое зависит от важности вопроса, количества вопросов в билете и качества ответа студента. Оценка за каждый вопрос проставляется дифференцированно с учетом дополнительных вопросов по теме билета. Важность вопроса определяется временем, необходимым среднестатистическому студенту для подготовки ответа на этот вопрос. Студент считается сдавшим зачет, если он на зачете получил не менее 20 баллов.

Так как количество лабораторных работ в семестре обычно не превышает четырех, то на одну лабораторную работу выделяется 5 баллов, причем 2 за своевременное выполнение и 3 за своевременную сдачу теоретической части. Своевременным выполнением лабораторной работы считается выполнение в составе группы по расписанию, своевременной сдачей – сдача до проведения следующей лабораторной работой включительно, во время, установленное отдельным преподавателем цикла. За выполнение лабораторной работы в день отработки в

конец семестра студент получает один балл за практическую часть и максимум 2 балла за теоретическую часть, т.е. максимальный балл за практическую и теоретическую части уменьшается на один каждый. Другими словами, максимальный балл, который может быть получен во время первой пересдачи или сдачи вне установленного срока, уменьшается на 1; во время второй на 2 и т.д. до 0. Отрицательные баллы не проставляются.

При проведении курсовой работы из максимального балла 20 – максимум 5 баллов отводится на графическую часть. Эти баллы проставляются при окончательном выставлении балла за курсовую работу. 5 баллов выставляется за своевременное выполнение первого этапа курсового проекта. Срок проведения этапа устанавливается 10 недель после выдачи задания. Баллы проставляются дифференцированно в зависимости от объема и качества выполнения первого этапа, и не проставляются (выставляется балл 0), если студент отчитывается за первый этап после установленного срока. Остальные 10 баллов устанавливаются преподавателем дифференцированно, при окончательном приеме работы.

В случае отсутствия курсовой работы в рабочем плане на учебный семестр, установленное максимальное количество баллов для данного типа рейтинга может быть набрано студентами с помощью проведения контрольных работ по теоретической части либо, при наличии в семестре практических занятий – за выполнение расчетных работ. Цикл оставляет за собой право определять тип рейтинга, заменяющего текущий (курсовую работу).

Балл за контрольную работу по теоретической части курса выставляется дифференцированно по результатам выполненной работы. В случае отсутствия студента на контрольной работе без уважительной причины, повторная контрольная не проводится и балл за теоретический рейтинг выставляется 0.

Контроль учебной работы студента.

Сроки промежуточных этапов контроля, установленные выше, могут незначительно варьироваться согласно расписанию учебных занятий.

Отсутствие студента на промежуточном контроле без уважительной причины оценивается нулевым баллом (кроме лабораторных работ, где допускается возможность дополнительной отработки одной лабораторной работы в дополнительный день, установленный преподавателем цикла в счет семестра). Дополнительные дни для отчетности устанавливаются деканатом по согласованию с кафедрой и циклом для студентов, пропустивших контрольные точки по уважительной причине, подтвержденной документально.

Если контрольное мероприятие пропущено по уважительной причине (например, болезнь, подтвержденная справкой медицинского учреждения), снижение баллов при дополнительном выполнении контрольного мероприятия не производится. Для таких студентов организуется ликвидация задолженностей во время, определяемое преподавателем.

Текущий интегральный балл по всем разделам дисциплины используется для отчета по контрольной аттестации, проводимой деканатом.

Организация самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа студентов проводится в течение всего семестра по разделам курса, указанным преподавателем. Самостоятельная работа позволяет более углубленно овладеть теоретическими знаниями по дисциплине “Квантовая и оптическая электроника” и практическими умениями по применению квантовых приборов в информационных системах оптического диапазона. Организация самостоятельной работы студентов предусматривает периодический контроль преподавателя за ходом самостоятельной работы студентов (проведение рубежных контролей), результаты рубежного контроля докладываются и обсуждаются на специальных методических семинарах (заседаниях) кафедры РЭКУ.

7.2. Вопросы для самостоятельной работы студентов:

1. Особенности открытых резонаторов.
2. Добротность оптического резонатора.
3. Виды потерь в оптическом резонаторе.
4. Методы расчета и анализа волновых потерь в оптическом резонаторе.

5. Типы колебаний (моды), их обозначения и структура поля.
6. Диаграмма устойчивости оптического резонатора.
7. Селекция мод.
8. Конструктивные особенности оптического резонатора.
9. Условие генерации.
10. Энергетика активных резонаторов.
11. Одночастотный режим генерации.
12. Особенности газовых лазеров.
13. Атомарные, ионные, молекулярные лазеры.
14. Лазеры на парах металлов.
15. Кадмиевый лазер. Параметры и конструктивные особенности.
16. Ионные лазеры.
17. Аргоновый лазер. Параметры и конструктивные особенности.
18. Молекулярные лазеры.
19. Электроразрядные CO_2 - и CO-лазеры. Основные характеристики и конструктивные особенности.
20. Лазеры с быстрой прокачкой.
21. Электроионизационные импульсные лазеры.
22. Газодинамический CO_2 -лазер.
23. Молекулярные лазеры с химической накачкой.
24. Молекулярные лазеры ультрафиолетового диапазона.
25. Лазер на азоте.

Приложение к программе дисциплины Приборы СВЧ и оптического диапазона
Распределение и содержание заданий на самостоятельную работу студента по дисциплине
(7-й семестр)

№№ п/п	Курс, Семестр	Наименование учебной работы	Раздел, тема	Объем СРС, Часов	Форма изучения	Информационно- методическое обеспечение	Форма контроля СРС	Баллы в БРС
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Базовая СРС								
1	4к., 7 сем.	Проработка теоретического материала лекций	1-9	10	Проработка и изучение учебного материала	Учебник [1-15].	Собеседова- ние, контр. работа	30
2	4к., 7 сем.	Подготовка к лабораторным работам	3-6, 9	8	Проработка и изучение учебно- методического материала. Обработка результатов эксперимента и оформление отчета. Подготовка к защите лабораторной работы.	Методические указания к выполнению лабораторных работ. Учебник [3, 6-10].	Собеседо- вание, защита лаборатор- ных работ	20
		Итого по базовой СРС		18				50
Дополнительная СРС								
3	4к., 7 сем.	Написание ре- ферата по за- данной теме	5-9	6	Изучение учебно- методических материалов	Учебник [1-6,8-15]. Интернет-ресурсы	Проверка работ	15
4	4к., 7 сем.	Зачет	1-9	10	Повторение учебного материала. Освоение межмодульных связей.	Учебник [1-15]. Интернет- ресурсы.	Тестирова- ние, собесе- дование	35
		Итого по дополн. СРС		16				50
		Всего СРС		34				100

Программа составлена в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки 210400 Телекоммуникации, специальности 210404.65 Многоканальные телекоммуникационные системы.

Программу составил:

_____ Айбатов Л.Р., доцент кафедры Радиоэлектронных и квантовых устройств КГТУ-КАИ им. А.Н.Туполева

Программа обсуждена и одобрена на заседании кафедры Радиоэлектронных и квантовых устройств

“ _____ ” _____ 20__ г., протокол № _____.

Заведующий кафедрой Радиоэлектронных
и квантовых устройств

Г.И.Ильин

Председатель Учебно-методической комиссии
института радиотехники и телекоммуникаций

М.Ю.Застела

Директор института радиотехники и телекоммуникаций

Г.И.Щербаков

Лист изменений

[illegible]

Таблица №1. Модульно-рейтинговая карта дисциплины

Наименование модуля, виды работ и формы контроля	Рейтинг-баллы	
	минимум	максимум
Модуль 1	10	20
1. Работа на занятиях	3	6
2. Практическая работа	2	4
3. Задания в тестовой форме	2	4
4. Реферат	3	6
Модуль 2	10	20
1. Работа на занятиях	4	8
2. Практическая работа	2	4
3. Задания в тестовой форме	2	4
4. Самостоятельная работа	2	4
Модуль 3	10	20
1. Работа на занятиях	4	8
2. Практическая работа	2	4
3. Самостоятельная работа	2	4
4. Задания в тестовой форме	2	4
Итоговый модуль (зачет)	21	40
1. Задания по экзаменационным билетам	10	20
2. Итоговые практические задания	11	20
Дисциплинарный рейтинг	51	100

В модуль 1 вошли темы: 1,2,3,4. В модуль 2 вошли темы 5,6,7.

В модуль 3 вошли темы 8,9.

Таблица №2. Шкала перевода

Шкала перевода дисциплинарного рейтинга в академические оценки	
Дисциплинарный рейтинг	Академическая оценка
51 - 100	(зачтено)

Таблица №3. Рубежный контроль

п.п.	Вид, форма контроля	Время (ч)
Модуль 1. Физические основы электровакуумных и полупроводниковых приборов СВЧ. Физические принципы работы квантовых приборов. Генерация излучения. Лазер (ОКГ). Оптические резонаторы.	1. Задания в тестовой форме. 2. Рефераты.	2
Модуль 2. Газовые лазеры. Твердотельные лазеры. Полупроводниковые лазеры	1. Задания в тестовой форме. 2. Представление материалов самостоятельной работы.	2
Модуль 3. Квантовые приборы радиодиапазона. Управление характеристиками лазерного излучения.	1. Задания в тестовой форме. 2. Представление материалов самостоятельной работы.	2
Модуль 4. Комплексный зачет	1. Задания по экзаменационным билетам. 2. Итоговые практические задания.	3

Рекомендуемая литература.

а) основная литература

1. Киселев Г.Л. Квантовая и оптическая электроника: Учеб. пособие. 2-е изд., исправленное и переработанное. – СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2011. – 320 с.

б) дополнительная литература

2 Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи. – М.: Техносфера, 2006. – 496 с.