

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Галунин Сергей Александрович
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 03.11.2023 09:33:53
Уникальный программный ключ:
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b



СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

Приложение к ОПОП
«Физическая электроника»

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ»

для подготовки бакалавров

по направлению

11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»

по профилю

«Физическая электроника»

Санкт-Петербург

2022

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

доцент, к.ф.-м.н. Кондрашов А.В.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФЭТ
07.06.2022, протокол № 6

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией
ФЭЛ, 16.06.2022, протокол № 03/22

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФЭЛ
Обеспечивающая кафедра	ФЭТ
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	6
Курс	4
Семестр	8
Виды занятий	
Лекции (академ. часов)	16
Лабораторные занятия (академ. часов)	16
Практические занятия (академ. часов)	24
Иная контактная работа (академ. часов)	3
Все контактные часы (академ. часов)	59
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	157
Всего (академ. часов)	216
Вид промежуточной аттестации	
Дифф. зачет (курс)	4
Курсовая работа (курс)	4

2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

«ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ»

Современная электроника и микро-и наноэлектроника наряду с применением дискретных элементов для цифровой обработки сигналов широко использует аналоговые принципы обработки, базирующиеся на приборах и устройствах функциональной электроники. Основу принципа действия таких приборов и устройств составляют различные физические явления и процессы в разнообразных “активных” средах электроники. Использование подобных сред привело, в частности, к появлению научно-технических направлений в твердотельной электронике, таких как магнитоэлектроника, криоэлектроника, акустоэлектроника, оптоэлектроника, спин-волновая электроника и других. Изучение данной дисциплины направлено на обучение студентов принципам действия, рабочим параметрам и конструкциям ключевых приборов и устройств современной функциональной электроники.

SUBJECT SUMMARY

«PHYSICAL FOUNDATIONS OF FUNCTIONAL ELECTRONICS»

Modern electronics and micro-and nanoelectronics, along with the use of discrete elements for digital signal processing, widely use analog processing principles based on instruments and devices of functional electronics. The operating principle of such instruments and devices is based on various physical phenomena and processes in different “active” electronic media. The use of such media has led, in particular, to the emergence of scientific and technical areas in solid-state electronics, such as magnetoelectronics, cryoelectronics, acoustoelectronics, optoelectronics, spin-wave electronics and others. The study of this course is aimed at teaching students the principles of operation, parameters, and designs of key instruments and devices of modern functional electronics.

3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

3.1 Цели и задачи дисциплины

1. Целью данной дисциплины является формирование у учащегося знаний фундаментальных основ физической электроники, а также умений и навыков в области разработки и создания микроэлектронных устройств на базе.

2. Задачей дисциплины является формирование у студентов компетенций в области физические основы функциональной электроники, в том числе:

-готовность участвовать в разработке приборов функциональной электроники, микроэлектроники и твердотельной электроники;

-способность осуществлять технологическое сопровождение производства изделий электроники и нанoeлектроники;

-способность к эксплуатации измерительного, диагностического, технологического оборудования.

3. В результате освоения дисциплины учащиеся получают знания о базовых физических принципах, лежащих в основе работы различных приборов и устройств функциональной электроники.

4. В результате освоения дисциплины будут сформированы умения, позволяющие выбирать материалы для элементов, приборов и устройств функциональной электроники с требуемыми параметрами; определять основные рабочие характеристики элементов, приборов и устройств функциональной электроники.

5. В результате освоения дисциплины учащиеся приобретут навыки обработки сложных сигналов на высоких, сверхвысоких и оптических частотах, а также овладеют стандартной терминологией и определениями, используемыми в функциональной электронике.

3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Математический анализ»
2. «Физика»
3. «Материалы электронной техники»
4. «Теоретические основы электротехники»
5. «Lab View технология»
6. «Вакуумная и плазменная электроника»
7. «Электродинамика»
8. «Микроволновая техника и измерения»
9. «Волновые процессы в электронике»
10. «Микро-и наноэлектроника»
11. «Производственная практика (производственно-технологическая практика)»
12. «Физические основы электронно-ионной технологии»

и обеспечивает подготовку выпускной квалификационной работы.

3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

Код компетенции/ индикатора компетенции	Наименование компетенции/индикатора компетенции
ПК-7	Способен осуществлять технологическое сопровождение производства изделий электроники и нанoeлектроники
<i>ПК-7.3</i>	<i>Владеет навыками метрологического сопровождения производства изделий электроники и нанoeлектроники</i>
ПК-8	Способен к эксплуатации измерительного, диагностического, технологического оборудования
<i>ПК-8.1</i>	<i>Знает функциональные возможности электронного оборудования</i>
<i>ПК-8.3</i>	<i>Владеет навыками мониторинга диагностического, технологического оборудования</i>
СПК-8	Готов участвовать в разработке приборов функциональной электроники, микроволновой микроэлектроники и твердотельной электроники
<i>СПК-8.2</i>	<i>Умеет использовать нормативные и справочные данные при разработке проектно-конструкторской документации приборов функциональной электроники, микроволновой микроэлектроники и твердотельной электроники</i>
<i>СПК-8.3</i>	<i>Владеет навыками оформления проектно-конструкторской документации приборов функциональной электроники, микроволновой микроэлектроники и твердотельной электроники</i>

4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Содержание разделов дисциплины

4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лек, ач	Пр, ач	Лаб, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Введение	1	0	0		1
2	Физические основы акустоэлектроники	2	4	1		20
3	Физические основы спин-волновой электроники	5	8	12		15
4	Полупроводниковые приборы функциональной электроники	4	7	1		20
5	Физические основы криоэлектроники	1	2	0	3	50
6	Физические основы интегральной оптики	2	3	2		50
7	Заключение	1	0	0		1
	Итого, ач	16	24	16	3	157
	Из них ач на контроль	0	0	0	0	0
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	216/6				

4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение	Структура и краткое содержание дисциплины, задачи отдельных разделов курса, связь с другими дисциплинами учебного курса.
2	Физические основы акустоэлектроники	Объемные и поверхностные акустические волны (ПАВ). Характеристики основных мод акустических волн. Способы возбуждения и приема ОАВ и ПАВ. Встречно-штыревые преобразователи. Приборы на акустических волнах: основные конструкции и рабочие характеристики.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
3	Физические основы спин-волновой электроники	Уравнение движения намагниченности. Тензор магнитной проницаемости. Тензор магнитной восприимчивости. Ферромагнитный резонанс. Учет магнитной диссипации. Ширина кривой ферромагнитного резонанса. Механизмы волнового процесса в магнетиках. Зеемановское, диполь-дипольное и обменное взаимодействия. Диполь-дипольные, дипольно-обменные и обменные спиновые волны. Спектр спиновых волн в неограниченной ферромагнитной среде. Методы решения граничных задач для ферромагнетиков. Безобменные (диполь-дипольные) спиновые волны в ферромагнитных пленках. Спектры диполь-дипольных волн для трех основных направлений постоянного намагничивания пленок. Групповая скорость и затухание спиновых волн в пленках. Спектр резонансных частот безобменных спиновых колебаний в пленочных гиромагнитных резонаторах. Принципы расчета рабочих характеристик пленочных спин-волновых устройств. Дисперсионные и бездисперсионные линии задержки. Фазовращатели. Фильтры. Конструкции и рабочие характеристики. Нелинейные явления в ферромагнитных пленках. Приборы на основе нелинейных эффектов. Ограничитель. Шумоподавитель, Фазовращатель. Интерферометр. Активные приборы на основе ферромагнитных пленок. Генераторы монохроматического сигнала, сетки частот, динамического хаоса.
4	Полупроводниковые приборы функциональной электроники	Принцип действия приборов с зарядовой связью (ПЗС). Способы реализации и физические ограничения. Хранение заряда, перенос заряда и частотные свойства ПЗС. Конструкции ПЗС. Цифровые элементы и устройства на ПЗС. Элементы записи, считывание и восстановление информации. Запоминающие устройства. Линии задержки, фильтры. Применение ПЗС в устройствах обработки сигналов. Формирователи изображения на ПЗС. полупроводниковые материалы обладающие отрицательной дифференциальной проводимостью. Дисперсия волн пространственного заряда в полупроводниковых пленках с ОДП. СВЧ усилитель бегущей волны а волнах пространственного заряда. Фазовый переход металл-диэлектрик. Примеры устройств на фазовом переходе М-Д.
5	Физические основы криоэлектроники	Диэлектрики, полупроводники и проводники при низких температурах. Сверхпроводимость. Сверхпроводники первого и второго рода. Высокотемпературные сверхпроводники. Эффект Джозефсона. Криогенные элементы функциональной электроники. Магнитные вихри (вихри Абрикосова) и их применение в устройствах обработки информации.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
6	Физические основы интегральной оптики	Распространение электромагнитных волн в оптических волноводах. Планарные элементы интегральной оптики. Оптические волноводные модуляторы и переключатели. Интегрально-оптические аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи, логические элементы.
7	Заключение	Оценка эффективности использования физической интеграции в микроэлектронике. Проблемы уменьшения размера динамических неоднородностей и повышения технико-экономических показателей компонент функциональной электроники.

4.2 Перечень лабораторных работ

Наименование лабораторной работы	Количество ауд. часов
1. Исследование спектра спиновых волн, обладающих положительной дисперсией	2
2. Исследование спектра спиновых волн, обладающих отрицательной дисперсией	2
3. Исследование параметров СВЧ фильтров на бегущих спиновых волнах	2
4. Исследование параметров СВЧ линий задержки на бегущих спиновых волнах	2
5. Измерение дисперсии спиновых волн методом интерференции	2
6. Экспериментальное измерение величины гироманнитного отношения	2
7. Измерение амплитудно-частотной характеристики магнетонных кристаллов	2
8. Экспериментальное исследование оптоволоконной линии передачи	2
Итого	16

4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. Разработка фильтров на ПАВ.	4
2. Вывод формул для компонент тензора магнитной восприимчивости.	4
3. Вывод формул законов дисперсии спиновых волн.	4
4. Расчет параметров спин-волновых фильтров, линий задержки, фазовращателей	4
5. Расчет параметров УБВ на ВПЗ	4

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
6. Базовые принципы работы устройств на фазовом переходе металл-диэлектрик	4
Итого	24

4.4 Курсовое проектирование

Цель работы (проекта): приобретение практических навыков для проектирования устройств СВЧ микроэлектроники на принципах функциональной электроники..

Содержание работы (проекта): В ходе выполнения курсовой работы обучающиеся приобретают практические навыки по моделированию рабочих характеристик устройств функциональной электроники. В ходе выполнения курсового проекта студенты вырабатывают концепцию построения СВЧ устройства и подбирают параметры элементов конструкции для достижения требуемых характеристик.

Требования к оформлению курсовой работы

Курсовая работа состоит из двух частей -математической модели, выполненной в заранее согласованном с преподавателем программном пакете, и краткой пояснительной записки. Каждый студент получает индивидуальное задание на курсовую работу. Математическая модель должна быть выполнена самостоятельно и решать все задачи, поставленные перед студентом. Пояснительная записка должна быть выполнена в соответствии с требованиями к студенческим работам принятым в СПбГЭТУ. Записка должна включать в себя титульный лист, задание, основные теоретические сведения по поставленной задаче, основную часть, включающую листинг разработанной математической модели с комментариями, список литературы и заключение. Список литературы должен содержать не менее 3 и не более 15 источников. Объем пояснительной записки не менее 10 и не более 20 страниц. Работа сдается преподавателю в электронном и печатном виде.

Темы:

№ п/п	Название темы	Перевод темы
1	Разработка СВЧ полосно-пропускающего фильтра.	Разработка СВЧ полосно-пропускающего фильтра.

4.5 Реферат

Реферат не предусмотрен.

4.6 Индивидуальное домашнее задание

Индивидуальное домашнее задание не предусмотрено.

4.7 Доклад

Доклад не предусмотрен.

4.8 Кейс

Кейс не предусмотрен.

4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной работы, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных поло-

жений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной дисциплины.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет способами деятельности, которые указывают путь решения проблемы.

Самостоятельное изучение студентами теоретических основ дисциплины обеспечено необходимыми учебно-методическими материалами (учебники, учебные пособия, конспект лекций и т.п.), выполненными в печатном или электронном виде.

Изучение студентами дисциплины сопровождается проведением регулярных консультаций преподавателей, обеспечивающих практические занятия по дисциплине, за счет бюджета времени, отводимого на консультации (внеаудиторные занятия, относящиеся к разделу «Самостоятельные часы для изучения дисциплины»).

Текущая СРС	Примерная трудоемкость, ач
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	30
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	32
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	17
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	18
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	40
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	0
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0

Текущая СРС	Примерная трудоемкость, ач
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	20
ИТОГО СРС	157

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библи.
Основная литература		
1	Приборы и устройства функциональной электроники и радиофотоники : учеб. пособие / [А. В. Кондрашов [и др.], 2016. -1 эл. опт. диск (CD-ROM).	неогр.
2	Приборы и устройства функциональной электроники : учеб.-метод. пособие / [А. В. Кондрашов [и др.], 2016. -1 эл. опт. диск (CD-ROM).	неогр.
3	Моделирование устройств СВЧ-электроники и радиофотоники : электрон. учеб. пособие / [А. Б. Устинов [и др.], 2022. -1 эл. опт. диск (CD-ROM).	неогр.
4	Приборы и устройства функциональной электроники и радиофотоники : электрон. учеб. пособие / А. Б. Устинов [и др.], 2021. -1 эл. опт. диск (CD-ROM).	неогр.
5	Магнитные микро-и наноструктуры : метод. указания к лаб. работам / Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет им. В.И. Ульянова (Ленина) ”ЛЭТИ”, 2014. -1 эл. опт. диск (CD-ROM).	неогр.
6	Устинов, Алексей Борисович. Свойства спиновых волн в тонких ферромагнитных пленках : учеб. пособие / А.Б. Устинов, Б.А. Калиникос, 2011. -1 эл. опт. диск (CD-ROM)	неогр.
7	Вендик, Орест Генрихович. Микроэлектроника : Конспект лекций / О.Г. Вендик, С.П. Зубко, 2003. -127 с.	неогр.
8	Вендик, Орест Генрихович. Сверхпроводимость: физика и микроволновые применения : учеб. пособие / О.Г. Вендик, И.Б. Вендик, С.П. Зубко, 2009. -1 эл. опт. диск (CD-ROM)	неогр.
Дополнительная литература		
1	Гуревич, Александр Григорьевич. Магнитные колебания и волны / А.Г.Гуревич, Г.А.Мелков, 1994. -462 с.	6
2	Вендик, Орест Генрихович. Высокотемпературная сверхпроводимость в электронике : Текст лекций / О.Г.Вендик, А.Б.Козырев, 1990. -48 с.	76
3	Панов, Михаил Федорович. Физические основы фотоники : учеб. пособие для вузов по направлениям ”Электроника и наноэлектроника”, ”Нанотехнологии и микросистемная техника” / М. Ф. Панов, А. В. Соломонов, 2017. -562 с.	36
4	Карасев, Александр Васильевич. Акустическое проектирование электрооборудования : электрон. учеб. пособие / А. В. Карасев, 2017. -1 эл. опт. диск (CD-ROM).	неогр.

5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	Смирнов Ю. А., Соколов С. В., Титов Е. В. Основы нано-и функциональной электроники https://reader.lanbook.com/book/211205#309

5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=15145>

6 Критерии оценивания и оценочные материалы

6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Физические основы функциональной электроники» предусмотрены следующие формы промежуточной аттестации: зачет с оценкой.

Зачет с оценкой

Оценка	Описание
Неудовлетворительно	Курс не освоен. Студент испытывает серьезные трудности при ответе на ключевые вопросы дисциплины
Удовлетворительно	Студент в целом овладел курсом, но некоторые разделы освоены на уровне определений и формулировок
Хорошо	Студент овладел курсом, но в отдельных вопросах испытывает затруднения. Умеет решать задачи
Отлично	Студент демонстрирует полное овладение курсом, способен применять полученные знания при решении конкретных задач

Особенности допуска

Обучающийся допускается к дифференцированному зачету в случае достаточного количества посещенных занятий (не менее 80% лекционных занятий), успешной защиты всех лабораторных работ и защиты выполненной курсовой работы.

Для начала дифф. зачета студент должен предоставить преподавателю заполненную зачетную книжку. В том случае, если среднеарифметическая оценка за защиту лабораторных работ, работу на практических занятиях и выполнение курсовой работы хорошо или отлично с согласия студента в качестве итоговой ставится эта оценка. В противном случае студенту выдается билет с заданием. В билете три вопроса из разных разделов курса и одна задача. В течение часа студент пишет подробный ответ на вопросы и решает задачу. Подготовленный ответ студент передает преподавателю для проверки. Ответ студента оценивается в соответствии с критериями оценивания. В случае, если по подготовленному ответу нельзя поставить удовлетворительную оценку, студенту дается возможность в устной форме дополнить ответ на вопросы.

6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Вопросы к дифф.зачету

№ п/п	Описание
1	Функциональная электроника. Основные направления разработки.
2	Ферромагнетики. Модель Гейзенберга. Намагниченность.
3	Уравнение движения намагниченности. Собственные колебания намагниченности.
4	Тензор СВЧ магнитной восприимчивости. Ферромагнитный резонанс.
5	Циркулярный тензор высокочастотной магнитной восприимчивости. СВЧ вентиль.
6	Учет ферромагнитной диссипации.
7	Спиновые волны. Дисперсия спиновых волн в безграничном ферромагнетике.
8	Тензор высокочастотной магнитной проницаемости. Уравнение Уокера.
9	Спектр спиновых волн в ферромагнитных пленках.
10	Вывод дисперсионного уравнения в нормально намагниченных пленках.
11	Вывод дисперсионного уравнения в продольно намагниченных пленках.

12	Вывод дисперсионного уравнения в поперечно намагниченных пленках. Влияние металлического экрана на дисперсию спиновых волн.
13	Спектр колебаний пленочного ферромагнитного резонатора.
14	Возбуждение бегущих спиновых волн.
15	Расчет АЧХ прибора на примере линии задержки.
16	Формирование АЧХ спин-волнового прибора, использующего многоэлементные микрополосковые антенны.
17	Закон дисперсии -ключ к расчету рабочих характеристик прибора.
18	Параметрическое взаимодействие спиновых волн.
19	Нелинейный сдвиг частоты.
20	Классификация приборов СВЧ на основе ферромагнитных материалов.
21	СВЧ ферритовый вентиль
22	СВЧ фазовращатель
23	Фильтры на основе резонаторов.
24	СВЧ фильтр на бегущих спиновых волнах.
25	Линии задержки
26	Нелинейные приборы и устройства. Основные понятия и принципы работы.
27	Ограничитель мощности.
28	Линейный и нелинейный интерферометр.
29	Линейный и нелинейный направленный ответвитель.
30	СВЧ-генератор.
31	Полупроводниковая функциональная электроника. Основные понятия.
32	Расчёт рабочих характеристик усилителя волн пространственного заряда
33	Фазовой переход металл-полупроводник
34	Устройства на ФПМП
35	Эффект поля и его применение. ПЗС-структуры.
36	Эффект поля и его применение. Элементы памяти на основе плавающего затвора.
37	Основные понятия
38	Акустические колебания и волны в диэлектриках. Основные Закон Гука и уравнение движения.
39	Законы распространения акустических волн в диэлектриках.
40	Распространение энергии акустических волн в кристаллах.
41	Возбуждение ПАВ с помощью ВШП.
42	Линии задержки на акустических волнах.

Форма билета

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический
 университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина)»

БИЛЕТ № 1

Дисциплина **Физические основы функциональной электроники ФЭЛ**

1. Фильтры на основе резонаторов.
2. Эффект поля и его применение. ПЗС-структуры.
3. Линии задержки на акустических волнах.
4. Задача

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

А.А. Семенов

Образцы задач (заданий) для контрольных (проверочных) работ

Примеры контрольных вопросов из самостоятельных работ на практических занятиях.

1. Опишите основные направления развития функциональной электроники?
2. Что является основной причиной возникновения элементарных векторов намагниченности в ферромагнетиках?
3. Перечислите свойства уравнения движения намагниченности.
4. Изобразите прецессию вектора намагниченности без учета рассеяния.
5. Изобразите график зависимости диагональной составляющей тензора СВЧ магнитной восприимчивости от напряженности магнитного поля $\chi(H)$.
6. Изобразите график зависимости гиротропной составляющей тензора СВЧ магнитной восприимчивости от частоты $\chi_a(\omega)$.
7. Рассчитайте частоту ферромагнитного резонанса объемного образца при условии, что напряженность магнитного поля 1200 Э, а величина намагниченности насыщения 1400 Гс.

8. Что характеризует циркулярный тензор магнитной восприимчивости?

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3

6.3 График текущего контроля успеваемости

Неделя	Темы занятий	Вид контроля
1	Введение	
2	Физические основы акустоэлектроники	
3	Физические основы спин-волновой электроники	
4	Полупроводниковые приборы функциональной электроники	
5	Физические основы криоэлектроники	
6	Физические основы интегральной оптики Заключение	Практическая работа
7	Введение	
8	Физические основы акустоэлектроники	
9	Физические основы спин-волновой электроники	
10	Полупроводниковые приборы функциональной электроники Физические основы криоэлектроники Физические основы интегральной оптики Заключение	Отчет по лаб. работе
11	Введение	
12	Физические основы акустоэлектроники	
13	Физические основы спин-волновой электроники	
14	Полупроводниковые приборы функциональной электроники	
15	Физические основы криоэлектроники Физические основы интегральной оптики Заключение	Коллоквиум
16	Физические основы акустоэлектроники Физические основы спин-волновой электроники Полупроводниковые приборы функциональной электроники Физические основы криоэлектроники Физические основы интегральной оптики	Защита КР / КП

6.4 Методика текущего контроля

на лекционных занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), по результатам которого студент получает допуск на дифф. зачет.

на лабораторных занятиях

- Порядок выполнения лабораторных работ, подготовки отчетов и их защиты

В процессе обучения по дисциплине «**Физические основы функциональ-**

ной электроники» студент обязан выполнить 4 лабораторные работы по выбору преподавателя. Под выполнением лабораторных работ подразумевается подготовка к работе, проведение экспериментальных исследований, подготовка отчета и его защита на коллоквиуме. Выполнение лабораторных работ студентами осуществляется *в бригадах до 3 человек*. Для допуска ко второй и всем последующим лабораторным работам студент должен предоставить на проверку отчет по предыдущей работе. Оформление отчета студентами осуществляется *в количестве одного отчета на бригаду* в соответствии с принятыми в СПбГЭТУ правилами оформления студенческих работ. Отчет представляется в электронном виде. Титульный лист и протокол исследований предоставляется в бумажном виде. Результаты проверки в виде замечаний или отметки о допуске к защите преподаватель ставит на сданный титульный лист. После выполнения всех лабораторных работ предусматривается проведение коллоквиумов, на которых осуществляется защита лабораторных работ.

Для защиты студент приносит на коллоквиум полностью распечатанный отчет. Лабораторные работы защищаются студентами индивидуально. Каждый студент получает вопрос по теоретической части, или по процедуре проведения экспериментальных исследований, или по последующей обработке результатов, после чего ему предоставляется время для подготовки ответа. При обсуждении ответа преподаватель может задать несколько уточняющих вопросов. На защите лабораторной работы студент должен показать: понимание методики исследования и знание особенностей её применения, понимание и умение объяснять особенности применяемых методов, возможные области их применения и т.д., умение давать качественную и количественную оценку полученных экспериментальных результатов и прогнозировать реакции исследуемого объекта на различные воздействия, навыки и умения, приобретенные при выполнении лабораторной работы. В случае если студент демонстрирует достаточное знание вопроса, работа считается защищенной. Защита каждого отчета оценивает-

ся в соответствии с ниже приведенными критериями.

Текущий контроль включает в себя выполнение, сдачу в срок отчетов и их защиту по всем лабораторным работам, по результатам которой студент получает оценку, определяемую как среднее арифметическое от всех полученных студентом оценок за защиту.

Критерии оценки:

”отлично” – оцениваются лабораторные работы, содержание которых основано на глубоком понимании поставленной задачи и современной литературы по теме работы. Основные понятия, выводы и обобщения сформулированы убедительно и доказательно. Теоретические выкладки не противоречат возможности их применения на практике. В отчете и на защите продемонстрировано владение методологией и методиками исследований, методами моделирования микроволновых устройств. Отчет удовлетворяет всем требованиям по оформлению и объему, присутствуют ссылки на используемую литературу. На защите продемонстрирован высокий уровень знаний по теме лабораторной работы.

”хорошо” - оцениваются лабораторные работы, основанные на твердом знании методов решения задачи. Возможны недостатки в систематизации или в обобщении материала, неточности в выводах. Корректно применены теоретические положения при решении поставленной задачи. Отчет удовлетворяет всем требованиям по оформлению и объему. На защите студент демонстрирует хороший уровень знаний по теме лабораторной работы.

”удовлетворительно” - оцениваются лабораторные работы, которые базируются на знании основ предмета, но имеются значительные пробелы в изложении материала, затруднения в его изложении и систематизации, выводы слабо аргументированы, в модели использованы грубые приближения. Пояснительная записка частично удовлетворяет требованиям по оформлению и объему, в тексте отсутствуют ссылки на используемую литературу. На защите студент

продемонстрировал лишь общее понимание принципов используемых в лабораторной работе, студенту требовалась дополнительная подготовка для ответа на некоторые вопросы.

”неудовлетворительно” - оцениваются лабораторные работы, в которых обнаружено неверное изложение основ задания, обобщений и выводов нет. Пояснительная записка не удовлетворяет требованиям по оформлению и объему. На защите студент затрудняется ответить на ряд базовых вопросов физической электроники.

на практических (семинарских) занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), по результатам которого студент получает допуск на дифф. зачет.

В ходе проведения семинарских и практических занятий целесообразно привлечение студентов к как можно более активному участию в дискуссиях, решении задач, обсуждениях и т. д. При этом активность студентов также может учитываться преподавателем, как один из способов текущего контроля на практических занятиях. На практических занятиях проводятся контрольные (проверочные) работы. Пример такой работы приведен в п. 6.2. Оценка выполнения работ проводится по количеству заданий. За каждое правильно выполненное задание ставится один балл, за правильный ход решения но неверный итоговый ответ ставится полбалла. Итоговая оценка переводится в пятибалльную шкалу. В результате студент получает оценку, определяемую как среднее арифметическое от всех полученных студентом оценок за контрольные работы.

самостоятельной работы студентов

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных, лабораторных и практических занятиях студентов по методикам, описанным выше.

при выполнении курсового проекта (работы)

Текущий контроль при выполнении курсового проекта (работы) осуществляется в соответствии с методическими указаниями по курсовом проектированию и заданием на курсовой

Защита курсового проекта (работы) осуществляется в соответствии с требованиями «Положения о промежуточной аттестации».

Критерии оценки:

”отлично” – оцениваются курсовые работы, содержание которых основано на глубоком понимании поставленной задачи и современной литературы по теме работы. Основные понятия, выводы и обобщения сформулированы убедительно и доказательно. Теоретические выкладки не противоречат возможности их применения на практике. В отчете и на защите продемонстрировано владение методологией и методиками исследований, методами моделирования микроволновых устройств. Поставленная задача решена в полном объеме, отсутствуют неточности в расчетах. Пояснительная записка удовлетворяет всем требованиям по оформлению и объему, присутствуют ссылки на используемую литературу.

”хорошо” - оцениваются курсовые работы, основанные на твердом знании методов решения задачи. Возможны недостатки в систематизации или в обобщении материала, неточности в выводах. Корректно применены теоретические положения при решении поставленной задачи, выбраны конкретные методы ее решения, используя методы сбора, расчета, анализа, классификации, интерпретации данных. Поставленная задача решена, однако в разработанной математической модели присутствуют незначительные неточности, итоговые результаты отклоняются от требуемых, но не более чем на 10%. Пояснительная записка удовлетворяет всем требованиям по оформлению и объему, присутствуют ссылки на используемую литературу.

”удовлетворительно” - оцениваются курсовые работы, которые базиру-

ются на знании основ предмета, но имеются значительные пробелы в изложении материала, затруднения в его изложении и систематизации, выводы слабо аргументированы, в модели использованы грубые приближения. Продемонстрировано общее понимание принципов разработки и построения электронных устройств. Поставленная задача решена с применением приближений и упрощений не позволяющих на практике реализовать разрабатываемое устройство. Пояснительная записка частично удовлетворяет требованиям по оформлению и объему, в тексте отсутствуют ссылки на используемую литературу.

”неудовлетворительно” - оцениваются курсовые работы, в которых обнаружено неверное изложение основ задания, обобщений и выводов нет. Задача решена не верно, либо результат не получен. Пояснительная записка не удовлетворяет требованиям по оформлению и объему.

7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

Тип занятий	Тип помещения	Требования к помещению	Требования к программному обеспечению
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, доска, экран, проектор, ПК.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше
Лабораторные работы	Лаборатория	Количество посадочных мест, оборудованных ПК или ноутбуками – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше 3) ПО для проведения лабораторных работ
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя.	
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше

8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Дата	Изменение	Дата и номер протокола заседания УМК	Автор	Начальник ОМОЛА