

51.В.ДВ.22

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВПО «ВГТУ», ВГТУ)

«УТВЕРЖДАЮ»

Председатель Ученого совета факультета радиотехники и электроники

проф. Небольсин В.А.

(подпись)

2014 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

Релаксационные процессы в полупроводниках

(наименование дисциплины по учебному плану ООП)

для направления подготовки (специальности):

11.06.01. Электроника, радиотехника и системы связи

(код, наименование)

Профиль подготовки (специализация): **05.27.01 Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах**

(название профиля, магистерской программы, специализации по УП)

Форма обучения **очная** Срок обучения **нормативный**

Кафедра **полупроводниковой электроники и нанoeлектроники**

(наименование кафедры-разработчика УМКД)

УМКД разработал: **Митрохин В.И., д.ф.-м.н.**

(Ф.И.О., ученая степень авторов разработки)

Рассмотрено и одобрено на заседании методической комиссии **ФРТЭ**

(наименование факультета)

Протокол № 9 от «16» 05 2014 г.

Председатель методической комиссии И.И.И.

(Ф.И.О)

Воронеж 2014 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВПО «ВГТУ», ВГТУ)

«УТВЕРЖДАЮ»
Председатель Ученого совета факультета радиотехники и электроники
проф. Небольсин В.А. _____
(подпись)
2014 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Релаксационные процессы в полупроводниках
(наименование дисциплины (модуля) по УП)

Закреплена за кафедрой: полупроводниковой электроники и нанoeлектроники

Направление подготовки (специальности):

1.06.01. Электроника, радиотехника и системы связи
(код, наименование)

Профиль: 05.27.01 Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах
(название профиля по УП)

Часов по УП: 1108; Часов по РПД: 108;

Часов по УП (без учета часов на экзамены): 108; Часов по РПД: 108;

Часов на интерактивные формы (ИФ) обучения по УП: -

Часов на интерактивные формы (ИФ) обучения по РПД: -

Часов на самостоятельную работу по УП: 78 (72%);

Часов на самостоятельную работу по РПД: 78 (72%)

Общая трудоемкость в ЗЕТ: 3;

Виды контроля в семестрах (на курсах): Экзамены - 0; Зачеты - 2; Курсовые проекты - 0;

Курсовые работы - 0.

Форма обучения: очная;

Срок обучения: нормативный.

Распределение часов дисциплины по семестрам

Вид занятий	№ курса									
	1		2		3		4		Итого	
	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД
Лекции			15	15					15	15
Лабораторные			-	-					-	-
Практические			15	15					15	15
Ауд. занятия			30	30					30	30
Сам. работа			78	78					78	78
Итого			108	108					108	108

Сведения о ФГОС, в соответствии с которым разработана рабочая программа дисциплины по направлению подготовки 11.06.01. Электроника, радиотехника и системы связи утвержден приказом Министерства образования Российской Федерации от 30 июля 2014 г. N 876

Программу составил: _____ д.ф.-м.н., Митрохин В.И.
(подпись, ученая степень, ФИО)

Рецензент (ы): _____

Рабочая программа дисциплины составлена на основании учебного плана подготовки аспирантов **05.27.01 Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах**

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры полупроводниковой электроники и нанoeлектроники

протокол № _____ от _____ 2014 г.

Зав. кафедрой ППЭНЭ _____ С.И. Рембеза

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1	Цель изучения дисциплины – формирование знаний о физических принципах релаксационных методов исследования дефектов в твёрдых телах и о методике исследований.
1.2	Для достижения цели ставятся задачи:
1.2.1	иметь представление о физических принципах и структуре экспериментальной техники, основанной на резонансных и релаксационных методах исследования дефектов в твердых телах;
1.2.2	уметь правильно выбрать метод исследования для достижения поставленных научных и практических задач.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Цикл (раздел) ООП: Б1		код дисциплины в УП: Б1.В.ДВ.2.2
2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося		
Для успешного освоения дисциплины студент должен иметь базовую подготовку по дисциплинам "Физика", "Математика", "Теоретические основы электротехники", "Физика конденсированного состояния", "Материалы электронной техники", "Метрология, стандартизация и технические измерения".		
2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее		
Б2.Б.2	Физика	
Б2.Б.1	Математика	
Б3.Б.7	Физика конденсированного состояния	
Б3.Б.6	Материалы электронной техники	
Б3.Б.4	Метрология, стандартизация и технические измерения	

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ОПК-1	владением методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности
ПК-2	способностью аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	о физических принципах и методах измерения неупругой релаксации, параметрах структурных дефектов и электрических характеристиках полупроводников (ПК-2);
3.2	Уметь:
3.2.1	использовать в практической деятельности полученные знания для успешной работы со сложными установками измерения неупругой релаксации (ПК-2, ОПК-1);
3.3	Владеть:
3.3.1	применением резонансных методов для исследования параметров полупроводников и барьерных структур на их основе (ОПК-1, ПК-2).

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п./п	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Вид учебной нагрузки и их трудоемкость в часах				
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС	Всего часов
1	Релаксация носителей заряда в полупроводниках	9	1,4	4	4		20	28
2	Акустоэлектронная релаксация в полупроводниках	9	7,10	4	4		20	28
3	Диэлектрическая релаксация в полупроводниках.	9	13,16	4	4		20	28
4	Релаксационные методы исследования полупроводников.	9	17	3	3		18	24
Итого				15	15		78	108

4.1 Лекции

Неделя семестра	Тема и содержание лекции	Объем часов	В том числе, в интерактивной форме (ИФ)
1. Релаксация носителей заряда в полупроводниках		4	
1	Место резонансных и релаксационных методов исследования в изучении физических свойств твердых тел. Модели поведения неупругого тела. Упругие диполи. Методы акустических исследований твердых тел на различных частотах и различных типах колебаний. Внутреннее трение, обусловленное структурными дефектами в полупроводниках. Внутреннее трение, обусловленное фазовыми переходами в твердых телах.	2	
4	Зависимость электронной релаксации от температуры	2	

	и, ориентации полупроводника. Физическая сущность акустоэлектронной релаксации в пьезополупроводниках. Определение основных электрофизических параметров полупроводников методом внутреннего трения. <i>Самостоятельное изучение.</i> Внутреннее трение в полупроводниках. Методы исследования.		
2. Акустоэлектронная релаксация в полупроводниках		4	
7	Акустоэлектронная релаксация в пьезополупроводниках при оптическом облучении. Зависимость внутреннего трения в пьезополупроводниках от интенсивности и длины волны излучения. Температурная зависимость акустооптической релаксации. Акустооптическая релаксация в различных соединениях A^3B^5 .	2	
10	Оптическое индуцирование механических колебаний в пьезополупроводниках. Взаимосвязь между внутренним трением и фотопьезоэффектом в полупроводниках A^3B^5 . Определение электрофизических и оптических параметров полупроводников акустооптическими методами. <i>Самостоятельное изучение.</i> Неупругая релаксация в полупроводниковых кристаллах.	2	
3. Диэлектрическая релаксация в полупроводниках		4	
13	Диэлектрическая релаксация в полупроводниках. Виды диэлектрических потерь. Определение параметров примесных центров по температурной зависимости диэлектрических потерь. Релаксационная спектроскопия глубоких уровней (РСПУ) в полупроводниках.	2	
16	Релаксация пространственного заряда обратно-смещенной барьерной структуры полупроводника при импульсном воздействии. Определение параметров глубоких центров методами РСГУ при изменении температуры и оптическом облучении барьерной структуры. <i>Самостоятельное изучение.</i> Метод нестандартной емкостной спектроскопии глубоких уровней.	2	
4. Релаксационные методы исследования полупроводников.		3	
17	Определение параметров полупроводников методом плазменного резонанса. <i>Самостоятельное изучение.</i> Плазменный резонанс в полупроводниках	3	
Итого часов		15	

4.2 Практическая занятия

Неделя семестра	Наименование практической работы	Объем часов	В том числе в интерактивной форме (ИФ)	Виды контроля
1. Модели поведения неупругого тела.		4		
1,4	Расчет энергии активации релаксационного процесса по параметрам пика внутреннего трения	4		отчет
2. Акустооптический эффект в полупроводниках.		4		
7,10	Анализ температурной зависимости внутреннего трения в арсениде галлия	4		отчет
3. Диэлектрическая релаксация в полупроводниках		4		
13,16	Моделирование релаксационных кривых диэлектрической релаксации с использованием компьютера	4		отчет
4. Резонансные методы исследования полупроводников		3		
17	Анализ экспериментальных кривых плазменного резонанса в кремнии	3		отчет
Итого часов		15		

4.4. Самостоятельная работа студента (СРС)

Неделя семестра	Содержание СРС	Виды контроля	Объем часов
1	Подготовка к выполнению практических занятий	Проверка результатов практических занятий	4
2	Работа с конспектом лекций, с учебником	Проверка конспекта	4
3	Подготовка к выполнению практических занятий	Проверка конспекта	4
4	Работа с конспектом лекций, с учебником	Проверка конспекта	4
5	Подготовка к выполнению лаб. работы	Допуск к выполнению лаб. работы	6
6	Работа с конспектом лекций, с учебником	Проверка конспекта	4
7	Подготовка к выполнению практических занятий	Проверка результатов практических занятий	4
8	Подготовка к выполнению практических занятий	Проверка результатов практических занятий	4
9	Подготовка к выполнению лаб. работы	Защита, допуск к выполнению лаб. работы	4
10	Подготовка к выполнению практических занятий	Проверка результатов практических занятий	6

11	Подготовка к выполнению практических занятий	Проверка результатов практических занятий	4
12	Подготовка к выполнению практических занятий	Проверка результатов практических занятий	4
13	Подготовка к выполнению лаб. работы	Защита, допуск к выполнению лаб. работы	4
14	Работа с конспектом лекций, с учебником	Проверка конспекта	4
15	Подготовка к выполнению практических занятий	Проверка результатов практических занятий	4
16	Подготовка к выполнению практических занятий	Проверка результатов практических занятий	4
17	Подготовка к выполнению лаб. работы	Защита, допуск к выполнению лаб. работы	4
18	Подготовка к выполнению практических занятий	Проверка результатов практических занятий	6
Итого:			78

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

	В рамках изучения дисциплины предусмотрены следующие образовательные технологии:
5.1	Лекции: информационные лекции, лекции – визуализации (ИФ), проблемные лекции (ИФ)
5.2	Практические занятия: – выполнение практических занятий; – анализ полученных результатов;
5.4	самостоятельная работа студентов: – изучение теоретического материала, – работа с учебно-методической литературой, – оформление конспектов лекций, подготовка отчетов, – подготовка к текущему контролю успеваемости, к экзамену
5.5	консультации по всем вопросам учебной программы.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

6.1	Контрольные вопросы и задания
6.1.1	Используемые формы текущего контроля: – контрольные работы; – отчет и защита выполненных практических работ.
6.1.2	Рабочая программа дисциплины обеспечена фондом оценочных средств для проведения входного, текущего контроля и промежуточной аттестации. Фонд включает примерные темы курсовых проектов, варианты контрольных работ, вопросы к экзамену, экзаменационные билеты.
6.2	Темы письменных работ

6.2.1	Контрольная работа по теме «Основные параметры релаксационного процесса»
6.2.2	Контрольная работа по теме «Методы измерения внутреннего трения»
6.3	Другие виды контроля

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1 Рекомендуемая литература				
№ пп	Авторы, составители	Заглавие	Годы издания. Вид издания	Обеспеченность
7.1.1 Основная литература				
1	Рембеза С. И., Синельников Б. М., Рембеза Е. С., Каргин Н. И..	Физические методы исследования материалов твердотельной электроники : учеб. пособие / С. И. Рембеза [и др.]; - Ставрополь : Северо-Кавказский ГТУ, 2002. - 432с. - ISBN 5-9296-0105-4 : 100.00.	2002 Печат.	
2	Павлов, П. В. Хохлов А.Ф.	Физика твердого тела : Учеб. пособие /;П.В.Павлов, А.Ф.Хохлов. - 3-е изд., стереотип. - М. : Высш. шк., 2000. - 494с. : ил. - ISBN 5-06-003770-3 : 64.00.	2000 Печат.	
7.1.2. Дополнительная литература				
1	Митрохин В.И.	Акустооптические свойства полупроводников с глубокими примесными центрами [Электронный ресурс] : Учеб. пособие / В. И. Митрохин. - Электрон. текстовые дан. (889 Кб). - Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2009. - 1 дискета. - 30-00.	2009 Магнитный носитель	
2	Митрохин В.И.	Релаксационные и резонансные методы исследования дефектов в твердых телах [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В. И. Митрохин. - Электрон.дан (1 файл). - Воронеж : ВГТУ, 2004. - 1 дискета. - 30.00.	2004 Магнитный носитель	1
3	Соломонов А.В.	Соломонов А.В. Емкостная спектроскопия полупроводниковых твердых растворов. СПб.: ЛЭТИ, 2000.	2000 Печат.	1

4	Митрохин В.И.	Фотопьезоэлектрические свойства монокристаллов арсенида галлия с глубокими примесными центрами : Учеб. пособие / В. И. Митрохин. - Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2009. - 105 с. - 60-00.	2009 Печат.	
7.1.3. Методические разработки				
1	Митрохин В.И.	Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине "Физика собственных, примесных и неупорядоченных полупроводников / сост. В.И. Митрохин ВГТУ. Воронеж, 2007 (№ 283-2007)	2007 Печат.	

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

8.1	Специализированная лекционная аудитория , оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой
8.2	Дисплейный класс , оснащенный учебными лабораторными стендами LESO2.1 (Лаборатории электронных средств обучения, ЛЭСО ГОУ ВПО «СибГУТИ») в количестве 10 шт. для проведения лабораторного практикума
	Оборудование лаборатории: источник питания Б5-9, осциллограф С1-72, генератор ГЗ-102, Г4-18А, частотомер ЧЗ-35А, цифровой вольтметр В7-21, Измеритель модуляции СКЗ-46, аналоговые вольтметры ВЗ-3, ВЗ-9 и ВК7-9.

Карта обеспеченности рекомендуемой литературой

№ п/п	Авторы, со- ставители	Заглавие	Год изда- ния. Вид изда- ния.	Обеспеченность
1. Основная литература				
1	Рембеза С. И., Синельников Б. М., Рембеза Е. С., Каргин Н. И..	Физические методы исследования материалов твердотельной электроники : учеб. пособие / С. И. Рембеза [и др.]; - Ставрополь : Северо-Кавказский ГТУ, 2002. - 432с. - ISBN 5-9296-0105-4 : 100.00.	2002 Печат.	
2	Павлов, П. В. Хохлов А.Ф.	Физика твердого тела : Учеб. пособие /;П.В.Павлов, А.Ф.Хохлов. - 3-е изд., стереотип. - М. : Высш. шк., 2000. - 494с. : ил. - ISBN 5-06-003770-3 : 64.00.	2000 Печат.	
2. Дополнительная литература				
1	Митрохин В.И.	Акустооптические свойства полупроводников с глубокими примесными центрами [Электронный ресурс] : Учеб. пособие / В. И. Митрохин. - Электрон. текстовые дан. (889 Кб). - Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2009. - 1 дискета. - 30-00.	2009 Магнитный носитель	
2	Митрохин В.И.	Релаксационные и резонансные методы исследования дефектов в твердых телах [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В. И. Митрохин. - Электрон.дан (1 файл). - Воронеж : ВГТУ, 2004. - 1 дискета. - 30.00.	2004 Магнитный носитель	
3	Соломонов А.В.	Соломонов А.В. Емкостная спектроскопия полупроводниковых твердых растворов. СПб.: ЛЭТИ, 2000.	2000 Печат.	
4	Митрохин В.И.	Фотопьезоэлектрические свойства монокристаллов арсенида галлия с глубокими примесными центрами : Учеб. пособие / В. И. Митрохин. - Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2009. - 105 с. - 60-00.	2009 Печат.	
3. Методические разработки				

	Митрохин В.И.	Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине “Физика собственных, примесных и неупорядоченных полупроводников / сост. В.И. Митрохин ВГТУ. Воронеж, 2007 (№ 283-2007)	2007 Печат.	
--	------------------	---	----------------	--

Зав. кафедрой _____ С.И. Рембеза

Директор НТБ _____ Т.И. Буковшина