

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета заочного  
и дистанционного обучения

\_\_\_\_\_ Красовский В.И.

"\_\_" \_\_\_\_\_ 2003 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
ПО ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИМ ОСНОВАМ  
МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ  
ДЛЯ СТУДЕНТОВ ФАКУЛЬТЕТА ЗАОЧНОГО  
И ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ  
"МОДЕЛИРОВАНИЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ" 39.02.01  
и  
"ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО  
РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ" 39.02.02

КАФЕДРА ХИМИИ

КУРС	2
СЕМЕСТР	3
ЛЕКЦИИ	6 ЧАСОВ
ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	2 ЧАСА
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА	65 ЧАСОВ
ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ	<u>12 ЧАСОВ</u>
ВСЕГО	85 ЧАСОВ
ФОРМА ОТЧЕТНОСТИ	ЭКЗАМЕН

2003 г.

Рабочая программа разработана на кафедре химии на основании учебной типовой программы, утверждённой Министерством образования Республики Беларусь 24.06.01 г., регистрационный номер тд 139

Составители: БОДНАРЬ И.В., д. х. н., проф., зав. каф. хим. Белорусского государственного университета Информатики и радиоэлектроники;

ПОЗНЯК А.А., к. ф-м. н., доц. кафедры химии Белорусского государственного университета Информатики и радиоэлектроники

РАССМОТРЕНА И РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ НА ЗАСЕДАНИИ  
КАФЕДРЫ ХИМИИ «01» сентября 2003 г. ПРОТОКОЛ № 1

ЗАВ. КАФЕДРОЙ ХИМИИ

\_\_\_\_\_ БОДНАРЬ И.В.

ОДОБРЕНА И РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ МЕТОДИЧЕСКОЙ КОМИССИЕЙ  
ФАКУЛЬТЕТА КОМПЬЮТЕРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2003 г., ПРОТОКОЛ № \_\_\_\_\_

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ МЕТОДИЧЕСКОЙ КОМИССИИ

\_\_\_\_\_ БОРОВИКОВ С.М.

# 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ, ЕЕ МЕСТО В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

## 1.1. Цель преподавания дисциплины

Расширение функциональных возможностей РЭС, улучшение их технико-экономических показателей приводит к необходимости интенсивно внедрять последние достижения науки и техники в разработку, конструирование и технологию РЭС.

Новые направления в радиоэлектронике требуют от разработчиков радиоэлектронной аппаратуры понимания множества сложных физических явлений и процессов в сплошных средах. Без ясного представления о физической природе явлений, определяющих работу конструкций РЭС и ЭВС и технологии их изготовления, без умения математически описать эти явления, невозможно заниматься проектированием РЭС и ЭВС. Для понимания принципов работы микроэлектронных устройств, возможности их использования в новых разработках электронной аппаратуры студент должен овладеть необходимыми знаниями, включающими в себя качественное и количественное описание строения полупроводниковых материалов, энергетического спектра и статистики носителей заряда и фононов, теории переноса, оптических и фотоэлектрических свойств твердых тел и контактных явлений. С другой стороны, характер производственных процессов при изготовлении РЭС в настоящее время является ветвью современной физической химии, что подразумевает изучение физико-химических свойств используемых материалов, методов получения новых материалов с заданными свойствами.

Все это диктует необходимость изучения физико-химических процессов, используемых при проектировании, изготовлении и эксплуатации РЭС, как учебной дисциплины “Физико-химические основы микроэлектроники и технологии”.

Настоящая программа курса составлена с учетом этих требований и отводимого времени.

Усвоение материала, предусмотренного программой необходимо также при изучении таких дисциплин данной специальности, как:

- материаловедение
- технология производства ИОЭТ

## 1.2. Задачи изучения дисциплины:

- изучить основные физико-химические процессы, эффекты и явления, определяющие принципы построения и работу устройств электронной техники, а также технологические процессы их изготовления;
- привить научный подход к выбору и правильному использованию физических принципов работы приборов и используемых материалов при создании соответствующей аппаратуры;
- сообщить определенный объем знаний, позволяющий определять возможные области применения различных устройств электронной техники в соответствии с принципами их работы, производить анализ физических ограничений на параметры используемых приборов;
- дать базовый объем знаний для изучения последующих дисциплин данной специальности.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Курс ФХОМиТ включает в себя лекции (установочные и обзорные), практические и лабораторные занятия, самостоятельную работу студентов, выполнение контрольной работы.

Семестр	Объем курса, часы						Форма отчетности
	лекции	практические занятия	лабораторные занятия	самостоятельная работа	курсовые работы, (количество)	контрольные работы (количество)	
3	6	2	12	65	—	1	Экзамен

## 2.1. Наименование тем, их содержание, объём в часах лекционных занятий.

№ тем	Наименование тем	Содержание тем	Объём в часах
1.	УСТАНОВОЧНАЯ ЛЕКЦИЯ	Приводится программа курса, основная и дополнительная литература для самостоятельной работы и выполнения контрольной работы. Выдаются задания по контрольной работе, рекомендации по ее выполнению и оформлению.	1
2.	ОБЗОРНЫЕ ЛЕКЦИИ		
2.1.	Кристаллические твердые тела. Основы кристаллографии	Агрегатные состояния вещества. Основные свойства кристаллических и аморфных веществ. Кристаллические решетки. Решетки Браве. Обозначение узлов и направлений в кристаллах. Индексы Миллера.	1
2.2.	Основы квантовой механики.	Описание частицы волновым пакетом. Фазовая и групповая скорости. Соотношение Гейзенберга. Физический смысл волны де-Бройля. Понятие волновой функции электрона. Стационарное уравнение Шредингера. Основные результаты применения уравнения Шредингера.	1
2.3.	Зонная теория твердых тел.	Дисперсионная зависимость $E(k)$ . Зоны Бриллюэна. Причины образования запрещенных зон в энергетическом спектре кристалла. Число уровней в разрешенных зонах. Приведенные зоны. Металлы, полупроводники и диэлектрики в свете зонной теории. Эффективная масса электрона. Понятие дырки. Собственные и примесные полупроводники. Положение примесных уровней в полупроводниках.	1
2.4.	Статистика носителей зарядов в полупроводниках и металлах.	Функции распределения Максвелла-Больцмана, Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. Распределение Ферми-Дирака для металлов. Плотность заполнения уровней в полупроводниках. Определение концентрации носителей в полупроводниках. Положение уровня Ферми и концентрация носителей заряда в собственных полупроводниках. Положение уровня Ферми и концентрация носителей заряда в примесных полупроводниках. Концентрация носителей в металлах.	1
2.5.	Тепловые свойства твердых тел.	Нормальные колебания атомов в кристалле. Фононы. Теплоемкость кристаллической решетки. Законы Дюлонга-Пти и Дебая. Характеристическая температура Дебая. Теплоемкость электронного газа. Тепловое расширение твердых тел.	0,5
2.6.	Электропроводность твердых тел.	Удельная электропроводность для вырожденного и невырожденного электронного газа. Подвижность свободных носителей. Процессы рассеяния. Электропроводность металлов и сплавов. Электропроводность собственных и примесных полупроводников. Закон Видемана-Франца.	0,5

## **2.2. Наименование тем, их содержание, объём в часах практических, семинарских занятий занятий.**

Практические занятия продолжительностью 2 академических часа предусматриваются для разбора задач, представляющих наибольшую сложность при выполнении контрольной работы. Эти задачи относятся, как правило, к темам 1.1 (Структура материалов электронной техники. Кристаллические твердые тела. Основы кристаллографии), 2 (Основы квантовой механики), 4 (Зонная теория твердых тел), 5 (Статистика носителей зарядов в полупроводниках и металлах) и 11 (Контактные явления) раздела 4 (Учебно-методическая карта дисциплины) настоящей программы.

### 2.3. Лабораторные занятия, их наименование и объем в часах

Основная цель проведения лабораторных занятий состоит в закреплении теоретического материала курса, приобретении навыков выполнения эксперимента, обработки экспериментальных данных, анализа полученных результатов и грамотного оформления отчетов.

№ лаб. работы	Наименование лабораторных работ	Объем <sup>1</sup> в часах
1.	Исследование поверхностной проводимости полупроводников	4
2.	Изучение контактных явлений	4
3.	Определение электрофизических характеристик полупроводников из измерений эффекта Холла.	4
4.	Спектры поглощения и определение ширины запрещенной зоны полупроводников.	4
5.	Изучение структуры кристаллов.	4
6.	Изучение механизмов поляризации диэлектриков.	4
7.	Электропроводность диэлектриков и диэлектрические потери.	4
8.	Исследование теплового расширения твердых тел.	4

<sup>1</sup> Студенты выполняют по выбору преподавателя три лабораторных работы из перечисленных.

### **3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

#### **3.1. Основная литература**

1. Епифанов Г.И., Мома Ю.А. Твердотельная электроника. — М.: Высшая школа, 1986.
2. Епифанов Г.И., Мома Ю.А. Физические основы конструирования и технологии РЭА и ЭВА. — М.: Сов.радио, 1979.
3. Фистуль В.И. Введение в физику полупроводников. — М.: Высшая школа, 1984.
4. Штернов А.А. Физические основы конструирования, технологии РЭА и микроэлектроники. — М.: Радио и связь, 1981.
5. Стилбанс Л.С. Физика полупроводников. — М.: Сов.радио, 1967.
6. Новиков В.В. Теоретические основы микроэлектроники. — М.: Высшая школа, 1972.

#### **3.2. Дополнительная литература**

7. Палатник Л.С., Сорокин В.К. Материаловедение в микроэлектронике. — М.: Энергия, 1978.
8. Гусева М.Б., Дубинина Е.М. Физические основы твердотельной электроники. — М.: МГУ, 1986.
9. Федотов Я.А. Основы физики полупроводниковых приборов. — М.: Сов. радио, 1970.
10. Медведев С.А. Введение в технологию полупроводниковых материалов. М.: Высшая школа. 1970. 540 с.
11. Тарасов Л.В. Физические основы квантовой электроники. — М.: Сов. радио, 1976.

#### **3.3. Перечень методических пособий**

1. Методическое пособие по курсу "Физические основы конструирования, технологии и микроэлектроники" для студентов – заочников специальности "Конструирование и производство радиоаппаратуры". — Мн.: ротапринт МРТИ, 1986.
2. Методические указания по курсу "Физико-химические основы микроэлектроники и технологии РЭС и ЭВС". — Мн.: ротапринт МРТИ, 1994.
3. Методические указания к лабораторным работам по курсу "Физико-химические основы микроэлектроники, конструирования и технологии РЭС, РЭА и ЭВС" ч. 2. — Мн.: ротапринт МРТИ, 1991.
4. Методические указания к лабораторным работам по курсу "Физико-химические основы микроэлектроники, конструирования и технологии РЭС и ЭВС" ч.4.— Мн.: ротапринт БГУИР, 1996.
5. Методическое пособие к лабораторным работам по курсу "Физико-химические основы микроэлектроники, конструирования и технологии РЭС и ЭВС". — Мн.: ротапринт БГУИР, 1997.
6. Методическое пособие для самостоятельной работы студентов по курсу "Физико-химические основы микроэлектроники, конструирования и технологии РЭС и ЭВС". Раздел "Контактные явления". — Мн.: ротапринт БГУИР, 1998.
7. Программа, методические указания и контрольные задания для студентов специальности "Проектирование и производство РЭС" заочной формы обучения в 2-х частях. Часть 1. — Мн.: ротапринт БГУИР, 2000.
8. Программа, методические указания и контрольные задания для студентов специальности "Проектирование и производство РЭС" заочной формы обучения в 2-х частях. Часть 2. — Мн.: ротапринт БГУИР, 2000.



9. Методическое пособие для самостоятельной работы студентов по курсу "Физико-химические основы микроэлектроники, конструирования и технологии РЭС и ЭВС". Раздел "Электрофизические характеристики полупроводников и металлов. Гальваномагнитные эффекты". — Мн.: ротاپринт БГУИР, 1998.

#### **3.4. Перечень наглядных пособий и материалов к техническим средствам обучения**

1. Макеты кристаллических решеток.
2. Стенды, программы ЭВМ для автоматизации расчетов на лабораторных занятиях.

#### 4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

Номер недели	Номер темы	Вопросы программы	Обзорные лекции (номера по п. 2.1)	Практические (семинарские) занятия (номера по п. 2.2)	Лабораторные занятия (номера по п. 2.3)	Литература (номера по п.п. 3.1, 3.2)	Наглядные и методические пособия (номера по п. 3.3)	Самостоятельная работа студентов, часы	Форма контроля знаний студентов
1	1.1	<b>Структура материалов электронной техники. Кристаллические твердые тела. Основы кристаллографии.</b> Агрегатные состояния вещества. Основные свойства кристаллических веществ. Симметрия в твердых телах. Виды симметрии. Сингонии. Кристаллические решетки. Решетки Браве. Основные виды решеток, характеристики. Обозначение узлов и направлений в кристаллах. Индексы Миллера	2.1	0,4	5	3, 4, 5 7, 10	1, 2, 5, 7	4	Отчёт по лабораторной работе
2	1.2	<b>Аморфные вещества и жидкие кристаллы.</b> Определение и основные свойства аморфных веществ. Процессы стеклования. Классификация и свойства ЖК. Методы получения жидких кристаллов. Электрооптические эффекты жидких кристаллов				3, 4, 5 7, 10	5	1	
	1.3	<b>Дефекты структуры.</b> Дефекты структуры кристаллов, их классификации. Точечные дефекты (по Шоттки, по Френкелю, примесные) и их влияние на физические свойства материалов. Дислокации. Виды дислокаций, образование и их влияние на физические свойства материалов. Линейные, объемные, поверхностные дефекты и их влияние на физические свойства материал				3, 4, 5 7, 10	5	1	
3,4,5	1.4	<b>Рост кристаллов.</b> Процессы роста кристаллов. Методы и технологии выращивания кристаллов: одно- и двухтемпературные методы (вертикальный и горизонтальный), метод обменных реакций, Методы выращивания монокристаллов: Бриджмена-Стокбаргера, Чохральского, химических транспортных реакций, выращивание монокристаллов из расплава-раствора, метод бестигельной зонной плавки.				3, 4, 5 7, 10	1	3	
6	2	<b>Основы квантовой механики.</b> Описание частицы волновым пакетом. Фазовая и групповая скорости. Соотношение Гейзенберга. Дифракция электронов. Физический смысл волны де-Бройля. Понятие волновой функции электрона. Принцип суперпозиции состояния. Уравнение Шредингера. Стационарное (амплитудное) уравнение Шредингера. Решение уравнения Шредингера. Требование к волновой функции. Прохождение частицы через потенциальный барьер. Туннельный эффект. Движение частицы в потенциальной яме. Линейный гармонический осциллятор. Водородоподобный атом. Минимальная энергия атома водорода. Многоэлектронные атомы. Принцип Паули. Число состояний и порядок заполнения квантовых состояний.	2.2	0,4		1, 2, 5, 6, 8, 9, 11	2, 3, 7	4	

Номер недели	Номер темы	Вопросы программы	Обзорные лекции (номера по п. 2.1)	Практические (семинарские) занятия (номера по п. 2.2)	Лабораторные занятия (номера по п. 2.3)	Литература (номера по п.п. 3.1, 3.2)	Наглядные и методические пособия (номера по п. 3.3)	Самостоятельная работа студентов, часы	Форма контроля знаний студентов
	3	<b>Виды химических связей.</b> Образование ионной связи. Свойства ионных кристаллов. Образование и свойства ковалентной связи. Особенности химической связи в полупроводниках. Образование металлической связи. Свойства металлов. Молекулярная связь. Способ образования и свойства.				5, 7, 10		2	
7,8	4	<b>Зонная теория твердых тел.</b> Модель сильной связи. Модель слабой связи (модель периодического потенциала). Функции Блоха. Дисперсионная зависимость $E(k)$ . Зоны Бриллюэна. Причины образования запрещенных зон в энергетическом спектре кристалла. Число уровней в разрешенных зонах. Приведенные зоны. Металлы, полупроводники и диэлектрики в свете зонной теории. Эффективная масса электрона. Понятие дырки. Собственные и примесные полупроводники. Положение примесных уровней в полупроводниках.	2,3	0,4		1, 2, 5, 6, 8, 9, 11	1, 7	4	
8	5	<b>Статистика носителей зарядов в полупроводниках и металлах.</b> Статистика носителей зарядов в твердых телах. Функции распределения Максвелла-Больцмана, Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. Распределение Ферми-Дирака для металлов. Плотность заполнения уровней в полупроводниках. Определение концентрации носителей в полупроводниках. Положение уровня Ферми и концентрация носителей заряда в собственных полупроводниках. Положение уровня Ферми и концентрация носителей заряда в примесных полупроводниках. Вырожденные полупроводники. Компенсированные полупроводники. Концентрация носителей в металлах.	2,4	0,4		1, 2, 5, 6, 8, 9, 11	1, 2, 7	4	
9	6	<b>Тепловые свойства твердых тел.</b> Нормальные колебания атомов в кристалле. Дисперсионные зависимости для акустических и оптических колебаний. Спектр нормальных колебаний решетки. Тепловые колебания с квантовой точки зрения. Фононы. Теплоемкость кристаллической решетки. Законы Дюлонга-Пти и Дебая. Характеристическая температура Дебая. Теплоемкость электронного газа. Тепловое расширение твердых тел. Теплопроводность решетки, ее зависимость от температуры. Теплопроводность электронного газа. Зависимость от температуры.	2,5		8	1, 2, 5, 6, 8, 9, 11	2, 8	4	Отчёт по лабораторной работе

Номер недели	Номер темы	Вопросы программы	Обзорные лекции (номера по п. 2.1)	Практические (семинарские) занятия (номера по п. 2.2)	Лабораторные занятия (номера по п. 2.3)	Литература (номера по п.п. 3.1, 3.2)	Наглядные и методические пособия (номера по п. 3.3)	Самостоятельная работа студентов, часы	Форма контроля знаний студентов
10	7	<b>Электропроводность твердых тел.</b> Равновесное состояние электронного газа в проводнике. Процессы рассеяния. Удельная электропроводность для вырожденного и невырожденного электронного газа. Подвижность свободных носителей. Зависимость подвижности носителей заряда от температуры для вырожденного и невырожденного газов. Электропроводность металлов и сплавов. Электропроводность собственных и примесных полупроводников. Закон Видемана-Франца.	2,6			1, 2, 5, 6, 8, 9, 11	1, 2, 8,9	4	
	8	<b>Гальваномагнитные эффекты.</b> Эффект Холла в примесных полупроводниках и металлах. Эффект Холла в собственном полупроводнике. Эффект магнетосопротивления. Эффект Эттингсгаузена в случаях собственного и примесного полупроводников.			3	1, 2, 5, 6, 8, 9, 11	3, 8, 9	2	Отчёт по лабораторной работе
11	9	<b>Перенос заряда в полупроводниках.</b> Процессы генерации и рекомбинации носителей заряда. Равновесные и неравновесные носители заряда. Излучательная и безызлучательная рекомбинация. Токоперенос в полупроводниках при наличии градиента концентрации. Соотношение Эйнштейна. Уравнение непрерывности. Диффузионная длина. Время жизни неравновесных носителей.				1, 2, 5, 6, 8, 9, 11	1, 7	4	
12	10	<b>Электропроводность в сильных полях.</b> Критерий сильного поля. Разогрев электронного газа. Закон Джоуля-Ленца. Зависимость подвижности от напряженности поля. Влияние поля на концентрацию носителей. Термоэлектронная ионизация Френкеля, ударная и электростатическая ионизация. Эффект Ганна.				1, 2, 5, 6, 8, 9, 11	3, 8	2	
	11	<b>Контактные явления в МЭ.</b> Классификация контактных явлений. Работа выхода. Термоэлектронная эмиссия. Контакт металл-металл. Контактная разность потенциалов. Выпрямление на контакте металл-металл. Выпрямляющие и невыпрямляющие контакты металла с полупроводниками n- и p-типов проводимости. Энергетические диаграммы. ВАХ барьера Шоттки. Электронно-дырочный переход. Классификация. Равновесное состояние электронно-дырочного перехода. Энергетическая диаграмма контакта. Выпрямляющие свойства p-n-перехода. Энергетические диаграммы. ВАХ p-n-перехода. Омический контакт двух полупроводников. Гетеропереходы.		0,4	2	1, 2, 5, 6, 8, 9, 11	1, 3, 6, 8	4	Отчёт по лабораторной работе

Номер недели	Номер темы	Вопросы программы	Обзорные лекции (номера по п. 2.1)	Практические (семинарские) занятия (номера по п. 2.2)	Лабораторные занятия (номера по п. 2.3)	Литература (номера по п.п. 3.1, 3.2)	Наглядные и методические пособия (номера по п. 3.3)	Самостоятельная работа студентов, часы	Форма контроля знаний студентов
13	12	<b>Поверхностные свойства полупроводников.</b> Поверхностные состояния в полупроводниках. Быстрые и медленные состояния. Поверхностный слой объемного заряда для случаев образования обогащенных и обедненных слоев. Зонные диаграммы для р- и п-типов полупроводников при образовании обогащенных, обедненных и инверсных слоев. Поверхностная рекомбинация. Скорость поверхностной рекомбинации. Эффект поля. Влияние поверхностного потенциала на поверхностную проводимость.			1	1, 2, 5, 6, 8, 9, 11	1	4	Отчёт по лабораторной работе
14	13	<b>Оптические свойства твердых тел.</b> Взаимодействие света с кристаллической средой. Закон Бугера-Ламберта. Оптические свойства металлов. Механизмы поглощения света в полупроводниках. Фотопроводимость. Зависимость коэффициента поглощения света $\alpha$ от энергии фотонов падающего света $E_{\text{ф}}$ . Собственное поглощение в прямозонных и непрямозонных полупроводниках. Экситонное и примесное поглощение света в полупроводниках. Зависимость $\alpha=f(E_{\text{ф}})$ для этих механизмов. Механизмы поглощения света свободными носителями заряда и на оптических колебаниях решетки. Эффект Франца-Келдыша.			4	1, 2, 5, 6, 8, 9, 11	3, 5, 8	4	Отчёт по лабораторной работе
14, 15	14	<b>Физические процессы в диэлектриках.</b> Основные электрические характеристики. Механизмы поляризации диэлектриков. Электропроводность диэлектриков. Зависимость диэлектрической проницаемости от частоты переменного поля. Диэлектрические потери и механизмы диэлектрических потерь. Тангенс угла диэлектрических потерь. Мощность диэлектрических потерь.			6, 7	1, 2, 5, 6, 8, 9, 11	4	5	Отчёт по лабораторной работе
16	15	<b>Магнитные свойства твердых тел.</b> Основные магнитные характеристики материалов. Магнитные свойства атомов. Классификация магнитных материалов. Природа диа- и парамагнетизма. Ферро- и антиферромагнетизм. Механизмы намагничивания магнетиков в постоянном и переменных полях. Механизмы рассеяния энергии в ферромагнетиках при их перемагничивании. Магнитострикция. Ферромагнетизм. Цилиндрические магнитные домены. Эффект Фарадея.				1, 2, 5, 6, 8, 9, 11		2	
	16	<b>Тонкие пленки в МЭ.</b> Классификация, образование и структура тонких пленок. Процессы нанесения пленок на подложку из жидкой и твердой фазы. Эпитаксиальные процессы. Механизмы роста на ориентирующих и на неориентирующих подложках. Физические свойства тонких пленок. Электропроводность тонких пленок.			10	1, 2, 5, 6, 8, 9, 11		2	Отчёт по лабораторной работе

Номер недели	Номер темы	Вопросы программы	Обзорные лекции (номера по п. 2.1)	Практические (семинарские) занятия (номера по п. 2.2)	Лабораторные занятия (номера по п. 2.3)	Литература (номера по п.п. 3.1, 3.2)	Наглядные и методические пособия (номера по п. 3.3)	Самостоятельная работа студентов, часы	Форма контроля знаний студентов
17	17	<b>Деформация и напряжения в твердых телах.</b> Упругая и пластическая деформации кристаллов. Дислокационный механизм пластической деформации кристаллов. Деформация поликристаллов. Механизм и кинетика процессов механического разрушения твердых тел.				1, 2, 5, 6, 8, 9, 11		3	
	18	<b>Сверхпроводимость материалов.</b> Основные закономерности изменения физических свойств материалов при переходе в сверхпроводящее состояние. Теория Бардина-Купера-Шиффера (БКШ). Сверхпроводники первого и второго рода. Эффекты Джозефсона. Новые сверхпроводящие материалы.				1, 2, 5, 6, 8, 9, 11		2	
									КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА, ЭКЗАМЕН

### 3.5 Протокол согласования рабочей программы с другими дисциплинами специальности

Название дисциплин, изучение которых опирается на данную дисциплину	Кафедры, обеспечивающие преподавание этих дисциплин	Предложение кафедры об изменениях в содержании рабочей программы	Решение, принятое кафедрой, разрабатывающей рабочую программу
Проектирование и технология МС	РЭС		Программа рассмотрена на заседании кафедры, протокол № 1
Теоретические основы конструирования, технологии и надёжности			

Зав. кафедрой химии

Боднарь И.В.

Зав. кафедрой РЭС

Образцов Н.С.