

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Факультет нано- и биомедицинских технологий

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебно-методической работе,
профессор

Е.Г. Елина

2016 г.



состава

Рабочая программа дисциплины
Измерение параметров полупроводников,
микро- иnanoструктур на СВЧ

Направление подготовки магистратуры
11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»

Профиль подготовки магистратуры
«Диагностика нано- и биомедицинских систем»

Квалификация выпускника
Магистр

Форма обучения
очная

Саратов, 2016 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Измерение параметров полупроводников, микро- и наноструктур на СВЧ» является формирование у магистрантов комплекса профессиональных знаний умений и навыков в области определения электрофизических параметров материалов электроники на сверхвысоких частотах.

Задачами освоения дисциплины являются:

- усвоение знаний элементов общей теории электродинамики СВЧ, необходимых для реализации методов измерения электрофизических параметров материалов электроники
- приобретение умений и навыков эксплуатации современного измерительного оборудования в диапазоне сверхвысоких частот;
- овладение методами и навыками экспериментального исследования электрофизических параметров полупроводниковых и диэлектрических материалов электроники в диапазоне сверхвысоких частот;

2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина «Измерение параметров полупроводников, микро- и наноструктур на СВЧ» относится к вариативной части блока Б1 «Дисциплины (модули)» и изучается магистрантами дневного отделения факультетаnano- и биомедицинских технологий СГУ, обучающимися по направлению «Электроника и наноэлектроника», профиль подготовки «Диагностика nano- и биомедицинских систем», в течение 3 учебного семестра. Материал дисциплины опирается на ранее приобретенные магистрантами знания по физике, математике, электродинамике сплошных сред, теоретическим основам радиоэлектроники, физике полупроводников, твердотельной электронике, методам исследования материалов и структур электроники и наноэлектроники и используется магистрантами в ходе научно-исследовательской работы, а также при выполнении выпускной квалификационной работы при выборе соответствующей тематики исследований.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины «Измерение параметров полупроводников, микро- и наноструктур на СВЧ» формируются следующие компетенции: ОПК-1, ОПК-4, ПК-4.

ОПК-1. Способность понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения.

ОПК-4. Способность самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области.

ПК-4. Способность к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов.

В результате освоения дисциплины обучающийся магистрант должен:

- знать элементы общей теории электродинамики СВЧ, необходимые для реализации методов измерения электрофизических параметров материалов электроники;
- уметь проводить измерения с использованием современного оборудования и приборов, входящих в состав установок, используемых при исследовании электрофизических параметров полупроводников и диэлектриков в диапазоне сверхвысоких частот;
- владеть методиками и навыками экспериментального исследования электрофизических параметров полупроводниковых и диэлектрических материалов электроники в диапазоне сверхвысоких частот.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу магистрантов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лек	Лаб	Пр	CPC	
1	Введение. Предмет курса.	3	1	2			2	
2	Электродинамические основы методов определения электрофизических параметров полупроводников и диэлектриков на СВЧ.	3	2-6	10			10	Проверка выполнения заданий самостоятельной работы
3	Волноводные устройства, входящие в состав измерительных установок и примеры их использования при определении параметров полупроводников и диэлектриков.	3	7-12	12			12	Проверка выполнения заданий самостоятельной работы
			10-14		20			Отчет по выполненным лабораторным работам
4	Резонансные методы определения параметров полупроводников и диэлектриков.	3	13-15	6			6	Проверка выполнения заданий самостоятельной работы

			15-18		16			Отчет по выполненным лабораторным работам
5	СВЧ методы исследования полупроводников в сильных электрических полях.	3	16	2			2	Проверка выполнения заданий самостоятельной работы
6	СВЧ методы исследования параметров полупроводников при наличии магнитного поля.	3	17-18	4			4	Проверка выполнения заданий самостоятельной работы
	Итог:			36	36		36	Зачет, Экзамен (36 час)

Содержание дисциплины

1. Введение.

Сравнительный анализ зондовых и СВЧ методов измерения параметров полупроводников. Классификация СВЧ методов измерения параметров полупроводников. Достоинства и недостатки СВЧ методов измерения параметров полупроводников и диэлектриков.

2. Электродинамические основы методов определения электрофизических параметров полупроводников и диэлектриков на СВЧ.

Общие принципы построения волноведущих и резонансных систем в диапазоне сверхвысоких частот. Электропроводность полупроводника на СВЧ. Волновое уравнение. Решение волнового уравнения. Постоянная распространения. Волновые числа. Фазовая скорость. Типы волн прямоугольного волновода. Структура поля волны низшего типа. Способы возбуждения волн. Длина волн в волноводе. Критическая длина волны. Точки в стенках прямоугольного волновода.

3. Волноводные устройства, входящие в состав измерительных установок и примеры их использования при определении параметров полупроводников и диэлектриков.

Аттенюаторы, типы, устройство, принцип действия. Измерение затухания волны. Направленные ответвители. Схема рефлектометра. Измерительная линия, устройство, принцип действия. КСВН, связь с коэффициентом отражения, методы измерения. Волноводные тройники и мостовые методы измерения параметров полупроводников. Двойной волноводный тройник.

4. Резонансные методы определения параметров полупроводников и диэлектриков.

Половолновый резонанс в волноводе. Общие принципы определения параметров полупроводников и диэлектриков резонаторными методами. Волноводно-диэлектрический резонанс.

5. СВЧ методы исследования полупроводников в сильных электрических полях.
Электропроводность полупроводника в сильном электрическом поле. Зависимость подвижности носителей заряда от величины приложенного электрического поля
6. СВЧ методы исследования параметров полупроводников при наличии магнитного поля. Электропроводность полупроводника в постоянном магнитном поле. Тензор электропроводности. Эффект Фарадея. Циклотронный резонанс

Перечень лабораторных работ

1. Измерение параметров полупроводниковых и диэлектрических материалов на СВЧ по частотным зависимостям коэффициентов отражения и прохождения.
2. Измерение параметров полупроводниковых материалов методом «короткого замыкания» и «холостого хода».
3. Измерение параметров полупроводниковых пластин, частично заполняющих волновод по сечению, по изменению характеристик распространения волны.
4. Мостовые методы измерения параметров полупроводниковых материалов
5. Измерение параметров материалов методом волноводно-диэлектрического резонанса.

Описания всех перечисленных лабораторных работ имеются на кафедре физики твердого тела, а также содержатся в электронных учебных пособиях:

1. Усанов Д.А., Скрипаль А.В., Феклистов В.Б., Вениг С.Б. Измерение параметров полупроводников, микро- и наноструктур на СВЧ. – Саратов, 2007. – 140 с. Электронное учебное пособие
<http://solid.sgu.ru/rus/MicroWaveMicroNano2007.TIF>
2. Усанов Д.А., Скрипаль А.В., Феклистов В.Б., Вениг С.Б. Практикум по спецкурсу «Измерение параметров полупроводников и диэлектриков на СВЧ». – Саратов, 2010. – 91 с. Электронное учебное пособие
<http://solid.sgu.ru/rus/microwave2010.pdf>

5. Образовательные технологии

В преподавании дисциплины «Измерение параметров полупроводников, микро- и наноструктур на СВЧ» используются следующие современные образовательные технологии:

- информационно-коммуникационные технологии
- исследовательские методы в обучении
- проблемное обучение

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника», реализация компетентностного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных

и интерактивных форм проведения занятий (компьютерные симуляции, разбор конкретных ситуаций, работа над проектами) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Использование интерактивных форм и методов обучения направлено на достижение ряда важнейших образовательных целей:

- стимулирование мотивации и интереса в осваиваемой предметной области;
- повышение уровня активности и самостоятельности обучаемых;
- развитие навыков анализа, критичности мышления, взаимодействия, коммуникации;
- саморазвитие и развитие обучаемых благодаря активизации мыслительной деятельности и диалогическому взаимодействию с преподавателем и другими участниками образовательного процесса.

При реализации программы дисциплины предусмотрены также встречи с представителями российских компаний.

Условия обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья:

- предоставление инвалидам по зрению или слабовидящим возможностей использовать крупноформатные наглядные материалы;
- организация коллективных занятий в студенческих группах с целью оказания помощи в получении информации инвалидам и лицам с ограниченными возможностями по здоровью;
- проведение индивидуальных коррекционных консультаций для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья;
- использование индивидуальных графиков обучения;
- использование дистанционных образовательных технологий.

Лекционные занятия проводятся в основном в традиционной форме. При проведении части лекционных занятий используется ПК и интерактивная доска.

При проведении лабораторных занятий выполняются натурные эксперименты в лабораторном практикуме.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы магистрантов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Самостоятельная работа магистрантов по дисциплине проводится в течение всего периода изучения и заключается в чтении и изучении литературы, подготовке к лекциям и лабораторным занятиям, в выполнении заданий преподавателя.

Рекомендуется:

- для качественного усвоения материала лекций разбирать вопросы, изложенные в каждой очередной лекции, до следующей, по непонятым деталям консультироваться у лектора, читать соответствующую литературу;

- при подготовке к выполнению и отчетам по лабораторным работам тщательно изучать описание работы, задавать уточняющие вопросы преподавателю и дежурному инженеру, иметь отдельную тетрадь по лабораторному практикуму, для выполнения заданий и оформления отчетов;

- задания, которые даются лектором во время лекции по отдельным вопросам, обязательны для выполнения, и качество их выполнения будет проверяться во время зачета и экзамена.

Перечень заданий самостоятельной работы, предлагаемых магистрантам в ходе чтения лекций:

1. На основе уравнения движения электрона в кристалле в поле электромагнитной волны получить и проанализировать выражение для электропроводности полупроводника на СВЧ.
2. Определить линии токов в стенках прямоугольного волновода при возбуждении в нем волны H_{20} .
3. Вывести выражение для определения критической длины волны в волноводе, исходя из соотношения между волновыми числами и условия закритичности.
4. Вывести выражение для определения длины волны в волноводе.
5. Вывести соотношение, определяющее коэффициент стоячей волны в волноводе, исходя из уравнения суперпозиции падающей и отраженной волн.
6. Проанализировать причины неоднозначности в определении диэлектрической проницаемости с использованием двойного волноводного тройника.
7. Исходя из известной конфигурации полей разных типов колебаний в цилиндрическом резонаторе, предложить наиболее приемлемый для измерения диэлектрической проницаемости образцов в форме диска.
8. Исходя из известной зависимости резонансной частоты от степени погружения исследуемого образца в волновод при использовании волноводно-диэлектрического резонанса, определить оптимальную глубину погружения, при которой погрешность измерения, связанная с неточностью определения частоты резонанса, будет минимальной.
9. На основе уравнения движения электрона в кристалле в поле электромагнитной волны в присутствии внешнего постоянного магнитного поля, получить выражение для тензора диэлектрической проницаемости полупроводника на СВЧ.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета по лабораторным работам и экзамена по лекционному курсу.

Вопросы для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

1. Сравнительный анализ зондовых и СВЧ методов измерения параметров полупроводников.
2. Классификация СВЧ методов измерения параметров полупроводников.
3. Общие принципы определения параметров полупроводников и диэлектриков волноводными методами.
4. Достоинства и недостатки СВЧ методов измерения параметров полупроводников и диэлектриков.
5. Электропроводность полупроводника на СВЧ.
6. Волновое уравнение.
7. Решение волнового уравнения.
8. Типы волн в прямоугольных волноводах.
9. Токи в стенках прямоугольного волновода.
10. Критическая длина волны в волноводе.
11. Длина волны в волноводе и способы ее нахождения.
12. Аттенюаторы: типы, устройство, примеры использования при измерении параметров полупроводников.
13. Направленные ответвители, примеры использования при измерении параметров полупроводников и диэлектриков.
14. Измерительная линия, устройство, примеры использования при измерении параметров полупроводников и диэлектриков.
15. КСВН, связь с коэффициентом отражения, методы измерения.
16. Волноводные тройники и мостовые методы измерения параметров полупроводников.
17. Двойной волноводный тройник и его использование при измерении параметров полупроводников и диэлектриков.
18. Общие принципы определения параметров полупроводников и диэлектриков резонаторными методами.
19. Волноводно-диэлектрический резонанс и его использование при определении параметров полупроводников и диэлектриков.
20. СВЧ методы исследования полупроводников в сильных электрических полях.
21. Электропроводность полупроводника в постоянном магнитном поле.
22. СВЧ методы исследования параметров полупроводников при наличии магнитного поля.

7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Максимальное количество баллов по видам учебной деятельности в семестре и формам аттестации (зачет, экзамен) указано в таблицах 1 и 3.

Таблица 1 - Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности в семестре для аттестации в форме зачета.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
3	0	40		40	0	20	0	100

Программа оценивания учебной деятельности студента для аттестации в форме зачета

3 семестр

Лабораторные занятия:

Корректность выполнения лабораторных работ и устные отчеты по ним (от 0 до 40 баллов):

1. Лабораторная работа № 1 (от 0 до 10 баллов).
2. Лабораторная работа № 2 (от 0 до 10 баллов).
3. Лабораторная работа № 3 (от 0 до 10 баллов).
4. Лабораторная работа № 4 (от 0 до 10 баллов).

Практические занятия:

Не предусмотрены.

Самостоятельная работа:

Оформление отчётов по лабораторным работам (от 0 до 40 баллов).

1. Лабораторная работа № 1 (от 0 до 10 баллов).
2. Лабораторная работа № 2 (от 0 до 10 баллов).
3. Лабораторная работа № 3 (от 0 до 10 баллов).
4. Лабораторная работа № 4 (от 0 до 10 баллов).

Автоматизированное тестирование: Не предусмотрено.

Другие виды учебной деятельности:

Реферат по заданной теме (от 0 до 20 баллов).

Промежуточная аттестация

Зачет выставляется по результатам выполнения контрольной работы, лабораторных работ, заданий практических (семинарских) занятий и участия в их обсуждении

Максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента для аттестации в форме зачета (таблица 1) составляет 100 баллов.

Пересчет полученной студентом суммы баллов в оценку (зачет) осуществляется в соответствии с таблицей 2:

Таблица 2 - Пересчет полученной студентом суммы баллов в оценку (зачет)

60 баллов и более	«зачтено»
менее 60 баллов	«не зачтено»

Таблица 3 - Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности в семестре для аттестации в форме экзамена.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
3	15	0	0	15	0	40	30	100

Программа оценивания учебной деятельности студента для аттестации в форме экзамена

3 семестр

Лекции: Посещаемость, опрос, активность и др. (от 0 до 15 баллов).

Самостоятельная работа:

Самостоятельное освоение отдельных тем лекционного курса по заданию преподавателя (от 0 до 15 баллов).

Автоматизированное тестирование: Не предусмотрено.

Другие виды учебной деятельности:

Учитывается успешность освоения материала по итогам лабораторных занятий, которая рассчитывается путем умножения количества набранных баллов из столбца 9 таблицы 1 на 0,4 (от 0 до 40 баллов).

Промежуточная аттестация:

Во время промежуточной аттестации используется следующая шкала ранжирования:

21-30 баллов – ответ на «отлично»

11-20 баллов – ответ на «хорошо»

6-10 баллов – ответ на «удовлетворительно»

0-5 баллов – неудовлетворительный ответ.

Пересчет полученной студентом итоговой суммы баллов (таблица 3) по дисциплине «Измерение параметров полупроводников, микро- и наноструктур на СВЧ» в оценку (экзамен) производится в соответствии с таблицей 4.

Таблица 4 - Пересчет полученной студентом суммы баллов в оценку (экзамен) по дисциплине

81-100 баллов	«отлично»
65-80 баллов	«хорошо»
50-64 баллов	«удовлетворительно»
0-49 баллов	«неудовлетворительно»

Текущие индивидуально набранные студентами баллы доводятся до их сведения 2 раза за семестр: в середине и в конце семестра.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература

1. Фальковский О. И. Техническая электродинамика: учебник. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2009. – 429 с. (В НБ СГУ 12 экз)
2. Фальковский О. И. Техническая электродинамика [Электронный ресурс] : учебник. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2009. – 430 с. ЭБС «ЛАНЬ»
3. Григорьев А. Д. Электродинамика и микроволновая техника: учебник. 2-е изд. – СПб.: Лань, 2007. – 703 с. **Гриф МО РФ** (в НБ СГУ 113 экз)
4. Замотринский В. А., Шангина Л.И. Устройства СВЧ и антенны. Часть 1. Устройства СВЧ [Электронный ресурс] : учебное пособие. - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. - 222 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.

Дополнительная литература:

1. Методы исследования микроэлектронных и наноэлектронных материалов и структур. Часть II [Т Электронный ресурс] / А. А. Величко, Н. И. Филимонова. - Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет (НГТУ), 2014. - 227 с.— ЭБС «IPRbooks»
Усанов Д.А., Горбатов С.С. Эффекты ближнего поля в электродинамических системах с неоднородностями и их использование в технике СВЧ. - Саратов : Изд-во Сарат. ун-та, 2011. – 346 с. (В НБ СГУ 3 экз)
2. Барыбин А.А. Электродинамика волноведущих структур. Теория возбуждения и связи волн. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. - 510с. (В НБ СГУ 8 экз)
3. Электродинамика и распространение радиоволн : учебное пособие / В. В. Никольский, Т. И. Никольская. - 5-е изд. - Москва : Книжный дом "ЛИБРОКОМ", 2011. - 542, [2] с. . (В НБ СГУ 114 экз)
4. Максимов В. М. Линии передачи СВЧ-диапазона: учеб. пособ. для студентов вузов. – М.: САЙНС-ПРЕСС, 2002. – 80 с. (в НБ СГУ 3 экз)
5. Усанов Д.А., Вениг С.Б., Феклистов В.Б., Скрипаль А.В. Лабораторные работы по курсу "Измерение параметров полупроводников на СВЧ". – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 1997. – 140 с. **Гриф УМО** (в НБ СГУ 4 экз)
6. Теория и техника СВЧ [Электронный ресурс] : учебное пособие / Астайкин А.И., Троцюк К.В., Ионова С.П., Профе В.Б. - Саров : Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, 2008. - 464 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.



Рекомендуемая литература

1. Электродинамика и распространение радиоволн : учеб. пособие / В. А. Неганов [и др.] ; под ред. В. А. Неганова, С. Б. Раевского. - 3-е изд., доп. и перераб. – М.: Радиотехника, 2007. – 743 с.(1экз.), 2005 (1 экз.)
2. Теория и применение устройств СВЧ / В. А. Неганов, Г. П. Яровой; под ред. В. А. Неганова. – М.: Радио и связь, 2006. – 719 с. (1 экз.)
3. СВЧ-полупроводниковая электроника: учеб. пособие / А. Н. Комов, Г. П. Яровой. – М.: Радио и связь, 2007. – 150 с.
4. Нефедов Е.И. Техническая электродинамика (1-е изд.) учеб.пособие. ВПО. – М.: Академия, 2008. – 416 с.
5. Максимов В. М. Устройства СВЧ: основы теории и элементы тракта: учеб. пособ. для студентов вузов. – М.: САЙНС-ПРЕСС, 2002. - 72 с. (в НБ СГУ 1 экз)
6. Усанов Д. А. СВЧ методы измерения параметров полупроводников. – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 1985. – 55 с.
7. Лебедев И. В. Техника и приборы СВЧ. М.: Высшая школа, 1970. Т. 1. 440 с.
8. Завьялов А. С., Дунаевский Г. Е. Измерения параметров материалов на сверхвысоких частотах. – Томск: Изд. Томского ун-та, 1985. – 214 с.
9. Давыдов Ю. Г., Арапов А. Б. Волноводные методы измерения электрофизических параметров полупроводников на СВЧ // Дефектоскопия. 1978. № 11. С. 63 - 87.
- 10.Брандт А. А. Исследование диэлектриков на сверхвысоких частотах. – М.: Физматгиз, 1963. – 403 с.
- 11.Стариков В. Д. Методы измерения на СВЧ с применением измерительных линий. – М.: Связь, 1972. – 144 с.
- 12.Диэлектрические резонаторы / М. Е. Ильченко, В. Ф. Взятышев, Л. Г. Гассанов и др.; Под ред. М. Е. Ильченко. – М.: Радио и связь, 1989. – 328 с.
- 13.Цидильковский И. М. Электроны и дырки в полупроводниках. – М.: Наука, 1972. – 640 с.
- 14.Чэмплин К. С., Армстронг Д. Б., Гандерсон П. Д. Инерция носителей заряда в полупроводниках. – ТИИЭР, т. 52, № 6, с. 720 - 729.
- 15.Денис В. И. Пожела Ю. К. Горячие электроны. – Вильнюс, 1971.
- 16.Конуэлл Э. Кинетические свойства полупроводников в сильных электрических полях. – М., 1970.
- 17.Климов Б. Н. Взаимодействие горячих носителей заряда с коротковолновым СВЧ излучением. – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 1976.
- 18.Арапов Ю. Г., Давыдов А. Б. Волноводные методы измерения электрофизических параметров полупроводников на СВЧ. – Дефектоскопия , 1978, № 11, с. 63 - 87.
- 19.Павлов Л. П. Методы определения основных параметров полупроводниковых материалов. М., 1975.
- 20.Ковтонюк Н. Ф., Концевой Ю. А. Измерения параметров полупроводниковых материалов. М., 1970.

21. Блад П., Ортон Дж. В. Методы измерения электрических свойств полупроводников. - Зарубежная радиоэлектроника, 1981, ч. 1, № 1, с. 3 - 50; ч. 2, № 2, с. 3 - 49.
22. Ягудин Г. Х. Измерение электрофизических параметров полупроводников с помощью электромагнитных полей СВЧ диапазона. — Обзоры по электронной технике. Сер. Полупроводниковые приборы и микроэлектроника, 1968, вып. 21.
23. Гершензон Е. М., Литвак – Горская Л. Б., Плохова Л. А., Зарубина Т. С. Методы определения параметров полупроводников и полупроводниковых пленок на СВЧ. — В кн.: Полупроводниковые приборы и их применение /Под ред. Е. А. Федотова, М., 1970, вып. 23, с. 3 - 48.
24. Ягудин Г. Х., Шибаев А. А., Пономаренко О. Н. Бесконтактные методы неразрушающего контроля электрофизических параметров полупроводниковых структур. - Обзоры по электронной технике. Сер. Полупроводниковые приборы, 1973, вып. 4 (104).

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Windows XP Prof
2. Антивирус Касперского 6.0 для Windows Workstations
3. Microsoft Office профессиональный 2010
4. Единое окно доступа к образовательным ресурсам. – URL: <http://window.edu.ru> (дата обращения: 26.08.2016).
5. Усанов Д.А., Скрипаль А.В., Феклистов В.Б., Вениг С.Б. Измерение параметров полупроводников, микро- иnanoструктур на СВЧ. – Саратов, 2007. – 140 с. Электронное учебное пособие URL: <http://solid.sgu.ru/rus/MicroWaveMicroNano2007.TIF> (дата обращения: 26.08.2016).
6. Усанов Д.А., Скрипаль А.В., Феклистов В.Б., Вениг С.Б. Практикум по спецкурсу «Измерение параметров полупроводников и диэлектриков на СВЧ». – Саратов, 2010. – 91 с. Электронное учебное пособие URL: <http://solid.sgu.ru/rus/microwave2010.pdf> (дата обращения: 26.08.2016).
Измерение диэлектрических потерь в гетерогенных объектах в диапазоне 3 см: Методические указания к лабораторной работе. - М.: МФТИ, 2005. – 8 с. URL: <https://mipt.ru/dbmp/upload/695/lab04-raphlf43p21.pdf> (дата обращения: 26.08.2016).

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Занятия по дисциплине «Измерение параметров полупроводников, микро- и наноструктур на СВЧ» проводятся в аудиториях, оснащенных компьютерной техникой, измерительными приборами, лабораторным оборудованием, наглядными демонстрационными материалами, мультимедийными установками и пр.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника» и профилем подготовки «Диагностика нано- и биомедицинских систем».

Автор: доцент  В.Б. Феклистов

Программа разработана в 2011 г. (одобрена на заседании кафедры физики твердого тела от 18 марта 2011 г., протокол № 12).

Программа актуализирована в 2016 г. (одобрена на заседании кафедры физики твердого тела от 30 августа 2016 г., протокол № 1).

Зав. кафедрой физики твердого тела,
профессор

 Д.А. Усанов

Декан факультета нано- и биомедицинских
технологий, профессор

 С.Б. Вениг