

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ

Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Факультет нано- и биомедицинских технологий

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета, профессор

С.Б. Вениг

"25"

04

2019 г.

Рабочая программа дисциплины

СВЧ-оптоэлектроника

Направление подготовки магистратуры

11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»

Профиль подготовки магистратуры

«Диагностика нано- и биомедицинских систем»

Квалификация выпускника


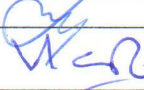
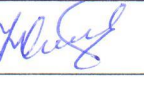

Магистр

Форма обучения

Очная

Саратов,

2019 г.

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Скрипаль Ал.В.		24.04.19
Председатель НМК	Михайлов А. И.		24.04.19
Заведующий кафедрой	Усанов Д. А.		24.04.19
Специалист Учебно-го управления	Юшинова И. В.		24.04.19

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «СВЧ оптоэлектроника» является формирование у магистрантов комплекса профессиональных знаний и умений (владений) и усвоение материала в СВЧ оптоэлектронике, основных физических принципов, на которых базируется современные оптически управляемые пассивные и активные полупроводниковые СВЧ-устройства, приобретение магистрантами знаний и выработка навыков в области исследований принципов работы приборов СВЧ-оптоэлектронике, приобретение магистрантами знаний в области создания современной элементной базы СВЧ-оптоэлектронике.

Задачами освоения дисциплины являются:

- формирование и углубление знаний о тенденциях и перспективах развития СВЧ-оптоэлектронике, а также смежных областей науки и техники; о передовом отечественном и зарубежном научном опыте в профессиональной сфере деятельности;
- формирование умений предлагать новые области научных исследований и разработок, новые методологические подходы к решению задач в профессиональной сфере деятельности;
разрабатывать физические и математические модели оптически управляемых пассивных и активных СВЧ-устройств;
- овладение знаниями в области применения оптоэлектронных элементов на полупроводниковых приборах в устройствах СВЧ-электронике, включая активные фазированные антенные решетки.

2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина «СВЧ оптоэлектроника» относится к дисциплинам по выбору части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 «Дисциплины (модули)» и изучается магистрантами дневного отделения факультета нано- и биомедицинских технологий СГУ, обучающимися по направлению «Электроника и наноэлектроника», профиль подготовки «Диагностика нано- и биомедицинских систем», в течение 2 учебного семестра. Материал дисциплины опирается на ранее приобретенные магистрантами знания по физике, математике, теоретическим основам радиоэлектронике, электродинамике сплошных сред, квантовой механике, квантовой теории твёрдого тела, кристаллографии и кристаллофизике, физике полупроводников, материалам электронной техники и наноэлектронике, физическим основам твердотельной электроники, физике квантово-размерных структур, квантовой и оптической электронике, нелинейным явлениям и самоорганизации в полупроводниках и полупроводниковых наноструктурах и находится в тесной взаимосвязи с изучаемыми в том же или в последующих семестрах такими дисциплинами как «Элементы и приборы наноэлектронике», «Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектронике», «Физические принципы работы твердотельных приборов СВЧ-электронике».

3. Результаты обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
<p>ПК-1. Способен проводить оценку направлений научного развития исследований и разработок, связанных с перспективными материалами, технологическими процессами и оборудованием</p>	<p>1.1_М. ПК-1. Разбирается в основах структурирования и систематизации информации.</p> <p>2.1_М. ПК-1. Выявляет тенденции развития научных исследований и разработок, связанных с перспективными материалами, технологическими процессами и оборудованием.</p> <p>3.1_М. ПК-1. Применяет средства поиска информации в информационных сетях.</p>	<p><u>Знать</u> современные проблемы СВЧ-оптоэлектроники: оптически управляемые пассивные полупроводниковые СВЧ-устройства, оптически управляемые СВЧ-устройства на активных полупроводниковых приборах, применение оптически управляемых СВЧ-устройств на полупроводниковых приборах в активных фазированных антенных решетках.</p> <p><u>Уметь</u> анализировать перспективы и тенденции развития СВЧ-оптоэлектроники, достоинства и недостатки оптически управляемых СВЧ-устройств на активных и пассивных полупроводниковых приборах, включая оптически управляемые фазированные антенные решетки.</p>
<p>ПК-2. Способен проводить анализ и выбор оптимальных вариантов технологических процессов производства приборов квантовой электроники на основе наноструктурированных материалов</p>	<p>1.1_М. ПК-2. Демонстрирует понимание базовых технологических процессов, используемых при производстве наноструктурированных материалов и приборов квантовой электроники.</p> <p>2.1_М. ПК-2. Адекватно оценивает состояние научно-технической проблемы по теме исследований в области квантовой электроники.</p> <p>3.1_М. ПК-2. Осуществляет выбор оптимальных вариантов технологических процессов производства приборов квантовой электроники на основе наноструктурированных материалов.</p>	<p><u>Владеть</u> знаниями в области применения оптоэлектронных элементов на полупроводниковых приборах в устройствах СВЧ-электроники, включая активные фазированные антенные решетки.</p>

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

Раздел дисциплины	Се- местр	Неделя семест-ра	Виды учебной работы, вклю- чая самостоятельную работу магистрантов и трудоемкость (в часах)				Формы теку- щего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы проме- жуточной атте- стации (по се- местрам)
			Лек	Лаб	Пр	СРС	
Введение	2	1			2		
Оптически управляемые пас- сивные полупроводниковые СВЧ-устройства.	2	2-5			8	10	опрос
Оптически управляемые СВЧ- устройства на активных полу- проводниковых приборах.	2	6-12			14	18	опрос
Применение оптически управ- ляемых СВЧ-устройств на по- лупроводниковых приборах в активных фазированных ан- тенных решетках.	2	13-17			10	10	опрос
Промежуточная аттестация	2						Зачет
Итого:	2		0	0	34	38	
Общая трудоемкость дисциплины			72				

Содержание дисциплины

1. Введение.

Предмет и задачи курса СВЧ-оптоэлектроники.

2. Оптически управляемые пассивные полупроводниковые СВЧ-устройства.

2.1. Микрополосковые СВЧ-устройства, управляемые оптическим сигналом.

Особенности взаимодействия оптического излучения с полупроводниковыми микрополосковыми линиями передачи.

Оптоэлектронные переключатели СВЧ на основе микрополосковых линий передачи.

2.2. Оптоэлектронные устройства СВЧ на основе полупроводниковых фотодиодных детекторов оптического излучения.

2.3. Оптически управляемые диэлектрические СВЧ-резонаторы.

3. Оптически управляемые СВЧ-устройства на активных полупроводниковых приборах.

3.1. Влияние оптического излучения на характеристики СВЧ-устройств на диодах Ганна.

Влияние оптического излучения на характеристики полупроводниковых СВЧ-генераторов на диодах Ганна
 Теоретический анализ влияния оптического излучения на характеристики СВЧ-генераторов на диодах Ганна
 Экспериментальное исследование влияния излучения оптического диапазона на характеристики СВЧ-генераторов на диодах Ганна
 Оптическое управление спектром генератора на диоде Ганна в условиях воздействия внешнего сигнала
 Стабилизация частоты СВЧ-генератора на диоде Ганна оптическим излучением
 3.2. Влияние оптического излучения на характеристики СВЧ-устройств на биполярных и полевых транзисторах.
 Фотоотклик СВЧ-усилителя на основе арсенид-галлиевого полевого транзистора с барьером Шоттки.
 Оптическое управление характеристиками усилителя на GaAs ПТШ в режиме большого сигнала.
 Экспериментальные исследования влияния оптического излучения на статические и спектральные характеристики усилителя на GaAs ПТШ в режиме большого сигнала.
 Математическое моделирование оптически управляемого ПТШ.
 3.3. Влияние оптического излучения на характеристики СВЧ-устройств на лавинно-пролетных диодах.
 Оптически управляемые генераторы на IMPATT-диодах.
 Оптически управляемые генераторы на TRAPATT-диодах.
4. Применение оптически управляемых СВЧ-устройств на полупроводниковых приборах в активных фазированных антенных решетках.
 Оптическая синхронизация СВЧ-сигналов.
 Оптическая передача СВЧ-сигналов к удаленным антеннам.
 Оптически управляемые фазовращатели.

5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины

В преподавании дисциплины «СВЧ-оптоэлектроника» используются следующие современные образовательные технологии:

- информационно-коммуникационные технологии
- 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.

При проведении практических (семинарских) занятий в активной форме проводится детальное рассмотрение основ теории оптически управляемых пассивных и активных полупроводниковых СВЧ-устройств, основных физических и математических моделей оптически управляемых пассивных и активных СВЧ-устройств, физических принципов работы оптически управляемых устройств СВЧ-электроники, включая активные фазированные антенные решетки в соответствии с приведенным в разделе 4 списком тем

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.

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 освоения и заключается в чтении и изучении литературы, подготовке к практическим занятиям, подготовке реферата, в выполнении заданий преподавателя.

Перечень заданий самостоятельной работы, предлагаемых магистрантам в ходе практических занятий:

1. Оптически управляемые пассивные полупроводниковые СВЧ-устройства.
2. Микрополосковые СВЧ-устройства, управляемые оптическим сигналом.
3. Оптически управляемые диэлектрические СВЧ-резонаторы.
4. Оптически управляемые СВЧ-устройства на активных полупроводниковых приборах.
5. Влияние оптического излучения на характеристики СВЧ-устройств на диодах Ганна.
6. Оптическое управление спектром генератора на диоде Ганна в условиях воздействия внешнего сигнала
7. Стабилизация частоты СВЧ-генератора на диоде Ганна оптическим излучением
8. Влияние оптического излучения на характеристики СВЧ-устройств на биполярных и полевых транзисторах.
9. Оптическое управление характеристиками усилителя на GaAs ПТШ в режиме большого сигнала.
10. Математическое моделирование оптически управляемого ПТШ.
11. Влияние оптического излучения на характеристики СВЧ-устройств на лавинно-пролетных диодах.
12. Применение оптически управляемых СВЧ-устройств на полупроводниковых приборах в активных фазированных антенных решетках.
13. Оптическая синхронизация СВЧ-сигналов.
14. Оптически управляемые фазовращатели.

Рекомендуется:

- для качественного усвоения материала занятий разбирать вопросы, рассмотренные на каждом очередном занятии, до следующего, по непонятым деталям консультироваться у преподавателя, читать соответствующую литературу;
- задания, которые даются преподавателем во время занятий по отдельным вопросам, обязательны для выполнения, и качество их выполнения будет проверяться во время зачета и экзамена.

При реализации программы дисциплины «СВЧ-оптоэлектроника» магистрантам предлагается подготовить реферат.

Примерный перечень предлагаемых тем рефератов:

1. Оптически управляемые пассивные полупроводниковые СВЧ-устройства.
2. Микрополосковые СВЧ-устройства, управляемые оптическим сигналом.
3. Оптически управляемые диэлектрические СВЧ-резонаторы.
4. Оптически управляемые СВЧ-устройства на активных полупроводниковых приборах.

5. Применение оптически управляемых СВЧ-устройств на полупроводниковых приборах в активных фазированных антенных решетках.
6. Оптически управляемые фазовращатели.

Рефераты выполняются под руководством преподавателя и должны содержать элементы литературного обзора по теме, анализа в соответствии с конкретной спецификой выбранной темы. Рефераты следует выполнять в течение всего семестра с периодическим обсуждением результатов с преподавателем.

Текущий контроль проводится в форме опроса магистрантов на занятиях и отчета по результатам выполнения практических работ.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета.

Вопросы для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

1. Предмет и задачи курса СВЧ-оптоэлектроники.
2. Оптически управляемые пассивные полупроводниковые СВЧ-устройства.
3. Микрополосковые СВЧ-устройства, управляемые оптическим сигналом.
4. Особенности взаимодействия оптического излучения с полупроводниковыми микрополосковыми линиями передачи.
5. Оптоэлектронные переключатели СВЧ на основе микрополосковых линий передачи.
6. Оптоэлектронные устройства СВЧ на основе полупроводниковых фотодиодных детекторов оптического излучения.
7. Оптически управляемые диэлектрические СВЧ-резонаторы.
8. Оптически управляемые СВЧ-устройства на активных полупроводниковых приборах.
9. Влияние оптического излучения на характеристики СВЧ-устройств на диодах Ганна.
10. Влияние оптического излучения на характеристики полупроводниковых СВЧ-генераторов на диодах Ганна
11. Теоретический анализ влияния оптического излучения на характеристики СВЧ-генераторов на диодах Ганна
12. Экспериментальное исследование влияния излучения оптического диапазона на характеристики СВЧ-генераторов на диодах Ганна
13. Оптическое управление спектром генератора на диоде Ганна в условиях воздействия внешнего сигнала
14. Стабилизация частоты СВЧ-генератора на диоде Ганна оптическим излучением

15. Влияние оптического излучения на характеристики СВЧ-устройств на биполярных и полевых транзисторах.
16. Фотоотклик СВЧ-усилителя на основе арсенид-галлиевого полевого транзистора с барьером Шоттки.
17. Оптическое управление характеристиками усилителя на GaAs ПТШ в режиме большого сигнала.
18. Экспериментальные исследования влияния оптического излучения на статические и спектральные характеристики усилителя на GaAs ПТШ в режиме большого сигнала.
19. Математическое моделирование оптически управляемого ПТШ.
20. Влияние оптического излучения на характеристики СВЧ-устройств на лавинно-пролетных диодах.
21. Оптически управляемые генераторы на IMPATT-диодах.
22. Оптически управляемые генераторы на TRAPATT-диодах.
23. Применение оптически управляемых СВЧ-устройств на полупроводниковых приборах в активных фазированных антенных решетках.
24. Оптическая синхронизация СВЧ-сигналов.
25. Оптическая передача СВЧ-сигналов к удаленным антеннам.
26. Оптически управляемые фазовращатели.

7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1.1 Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности.

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
2	0	0	40	20	0	10	30	100

Программа оценивания учебной деятельности студента

2 семестр

Лекции

Не предусмотрены.

Лабораторные занятия

Не предусмотрены.

Практические занятия:

Участие в обсуждении тем практических занятий:

не менее 91% тем – 40 баллов

от 61% до 90% тем – 20-39 баллов

от 31% до 60% тем – 10-19 баллов

менее 30% тем – 0-9 баллов

Самостоятельная работа

- Правильное выполнение не менее 91% заданий на самостоятельную работу – 20 баллов
- Выполнение от 61% до 90% заданий – 15-19 баллов
- Выполнение от 31% до 60% заданий – 5-14 баллов
- Выполнение менее 30% заданий – 0-4 балла

Автоматизированное тестирование

Не предусмотрено.

Другие виды учебной деятельности:

Реферат - от 0 до 10 баллов

Промежуточная аттестация (зачёт)

Зачёт проводится в устной форме и предполагает ответ на 2 вопроса билета.

при проведении промежуточной аттестации

ответ на «зачтено» оценивается от 10 до 30 баллов;

ответ на «не зачтено» оценивается от 0 до 9 баллов;

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 2 семестр по дисциплине «СВЧ-оптоэлектроника» составляет 100 баллов.

Таблица 2.1 Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине «СВЧ-оптоэлектроника» в оценку (зачет):

60 баллов и более	«зачтено» (при недифференцированной оценке)
меньше 60 баллов	«не зачтено»

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

Оценка студентам, успешно прошедшим обучение по дисциплине, может быть проставлена без сдачи ими зачёта на основании рейтинговой оценки по решению преподавателя.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) литература:

1. Ансельм А. И. Введение в теорию полупроводников [Электронный ресурс] : учебное пособие. - 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2016. - 624 с. – ЭБС "ЛАНЬ". **Гриф НМС МО**
2. Ансельм А.И. Введение в теорию полупроводников. СПб. ; М. ; Краснодар: Изд-во Лань, 2008. 618 с. (в ЗНБ СГУ 41 экз.)
3. Зегря Г.Г., Перель В.И. Основы физики полупроводников. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. 335 с. **Гриф УМО** (в ЗНБ СГУ 30 экз.)
4. Оптоэлектроника / Э. Розеншер, Б. Винтер ; пер. с фр. под ред. О. Н. Ермакова. - 2-е изд., испр. - М. : Техносфера, 2006. – 588 с. (в ЗНБ СГУ 14 экз.)
5. Усанов Д.А., Скрипаль Ал.В., Скрипаль Ан.В. Физика полупроводниковых радиочастотных и оптических автодинов. - Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2003. - 312 с. (в ЗНБ СГУ 8 экз)
6. Усанов Д.А., Скрипаль А.В. Физика работы полупроводниковых приборов в схемах СВЧ. - Саратов: Изд-во Саратов. Ун-та, 1999. - 376 с. (в ЗНБ СГУ 6 экз)
7. Лебедев А.И. Физика полупроводниковых приборов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 487 с. **Гриф** (в ЗНБ СГУ 3 экз)
8. Игнатов А. Н. Оптоэлектронные приборы и устройства: учеб. пособие. – М.: Эко-Трендз, 2006. – 269 с. **Гриф** (в ЗНБ СГУ 3 экз)
9. Ермаков О. Н. Прикладная оптоэлектроника. – М.: Техносфера, 2004. – 414 с. (в ЗНБ СГУ 26 экз)
10. Гуревич А. Г. Физика твёрдого тела: учеб. пособие для студентов физ. специальностей ун-тов и техн. ун-тов; Физ.-техн. ин-т им. А. Ф. Иоффе РАН. - СПб.: Нев. Диалект: БХВ-Петербург, 2004. - 318 с. (в ЗНБ СГУ 15 экз.)
11. Физика твёрдого тела: учеб. для вузов / П. В. Павлов, А. Ф. Хохлов. - Н. Новгород: Изд-во Нижегород. ун-та, 1993. - 490 с. (в ЗНБ СГУ 13 экз)
12. Физика твердого тела: учеб. пособие / В. Л. Матухин, В. Л. Ермаков. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2010. – 218 с. (в ЗНБ СГУ 2 экз)
13. Гуртов В. А. Твердотельная электроника: учеб. пособие - 2-е изд., доп. - М.: Техносфера, 2007. - 406 с. **Гриф** (в ЗНБ СГУ 2 экз)
14. Основы физики твердого тела: учеб. пособ. по физике твердого тела для студентов вузов / В. И. Зиненко, Б. П. Сорокин, П. П. Турчин. - М.: Физматлит, 2001. - 336 с. (в ЗНБ СГУ 5 экз)
15. Основы физики полупроводников = Fundamentals of Semiconductors / П. Ю, М. Кардона ; . - 3-е изд. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2002. - 560 с. (в ЗНБ СГУ 2 экз)
16. Физика твердого тела для инженеров: учеб. пособие / В. А. Гуртов, Р. Н. Осауленко ; науч. ред. Л. А. Алешина. - М.: Техносфера, 2007. - 518 с. (**Гриф**) (в ЗНБ СГУ 2 экз)

б) 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: 20.04.2019).
5. Зональная научная библиотека им. В.А.Артисевич Саратовского государственного университета им.Н.Г.Чернышевского. – URL: <http://library.sgu.ru/>
6. Белкин М. Е., Сигов А. С. Новое направление фотоники – сверхвысокочастотная оптоэлектроника. Радиотехника и электроника, 2009, т. 54, № 8, с. 901–914. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=12901268> (дата обращения: 20.04.2019).
7. Белкин М. Е., Лопарев А. В. Оптоэлектронный генератор – первое практическое устройство СВЧ оптоэлектроники. Электроника НТБ, 2010, № 6. с. 62-70. – URL: http://www.electronics.ru/files/article_pdf/0/article_106_352.pdf (дата обращения: 20.04.2019).
8. ЛОПАРЕВ А.В., БЕЛКИН М.Е. МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОКОНТУРНЫХ СХЕМ ОПТОЭЛЕКТРОННОГО ГЕНЕРАТОРА СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНЫХ КОЛЕБАНИЙ// Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения. 2010. Т. 10. № 1-1. С. 159-163 URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15643724> (дата обращения: 20.04.2019).

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Занятия по дисциплине «СВЧ-оптоэлектроника» проводятся в аудиториях, оснащенных компьютерной техникой, проекторами, измерительными приборами, лабораторным оборудованием, наглядными демонстрационными материалами, мультимедийными установками и пр. (презентации, плакаты).

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
профессор, д.ф.-м.н. Скрипаль А.В.

Программа одобрена на заседании кафедры физики твёрдого тела от 24 апреля 2019 года, протокол № 6.

Приложение

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Рекомендуемая литература:

1. СВЧ-полупроводниковая электроника: учеб. пособие / А. Н. Комов, Г. П. Яровой. - М. : Радио и связь, 2007. – 150 с. (в ЗНБ СГУ 1 экз)
2. Физика твёрдого тела: учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению "Физика" и др. / П. В. Павлов, А. Ф. Хохлов. - 3-е изд. стер. - М. : Высш. шк., 2000. - 496 с. (в ЗНБ СГУ 1 экз)
3. Физика твердого тела: учеб. пособие для техн. ун-тов / И. К. Верещагин, С. М. Кокин, В. А. Никитенко. - М. : Издат. дом Моск. физ. о-ва, 1998. – 237 с. (в ЗНБ СГУ 1 экз)
4. Шур М. Современные приборы на основе арсенида галлия /Пер. с англ. М.: Мир, 1991. 632 с.
5. Микроэлектронные устройства СВЧ /Г.И. Веселов, Е.Н. Егоров, Ю.Н. Алехин и др. М.:Высш. шк., 1988. 280 с.
6. Полупроводниковые приборы в схемах СВЧ/Под ред. М. Хауэса, Д. Моргана. М.: Мир, 1979. 444 с.
7. Левинштейн М. Е., Пожела Ю. К., Шур М. С. Эффект Ганна /Под ред. С. М. Рывкина. М.: Сов. радио, 1975. 288 с.
8. СВЧ-полупроводниковые приборы и их применение / Под ред. Г. Уотсона. Пер. с англ. под ред. В.С. Эткина. М.: Мир, 1972. 662 с.
9. Шишкин Г.Г., Шишкин А.Г. Электроника. М.: Дрофа, 2009. 703 с. (на КФТТ 8 экз)