

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Факультет nano- и биомедицинских технологий

УТВЕРЖДАЮ:



Проректор по учебно-методической
работе, д-р филол. наук, профессор

 Е.Г. Елина

 2016 г.

Рабочая программа дисциплины

Твердотельная СВЧ-электроника

Направление подготовки кадров высшей квалификации
11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи

Направленность

**Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и
наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах**

Квалификация (степень) выпускника

Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения

Заочная

Саратов

2016

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Твердотельная СВЧ-электроника» является формирование у аспирантов комплекса профессиональных знаний и умений (владений) и усвоение физических принципов работы полупроводниковых СВЧ электронных приборов и интегральных схем, их параметров, характеристик, их теоретического и экспериментального исследования и практического применения в изделиях электронной техники.

Задачами освоения дисциплины являются:

- формирование и углубление знаний о важнейших аспектах, которые непосредственно касаются возможности практической реализации полупроводниковых структур, применяемых в приборах и устройствах СВЧ твердотельной электроники и микроэлектроники;
- формирование умений теоретически исследовать физические процессы, протекающие в структурах СВЧ полупроводниковых приборов и интегральных схем;
- овладение методами и навыками экспериментального исследования и теоретического расчета параметров и характеристик СВЧ полупроводниковых приборов, оптимизации режимов их работы;
- формирование знаний практического использования СВЧ полупроводниковых электронных приборов и интегральных схем в радиоэлектронной аппаратуре различного функционального назначения.

2. Место дисциплины в структуре ООП аспирантуры

Дисциплина «Твердотельная СВЧ-электроника» является дисциплиной по выбору, входит в состав Блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к вариативной части ООП по направлению подготовки 11.06.01 "Электроника, радиотехника и системы связи", направленность - "Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах".

Дисциплина «Твердотельная СВЧ-электроника» изучается в 7семестре.

Входные знания, умения и компетенции, необходимые для изучения данного курса, формируются в процессе изучения таких дисциплин, как: «Физика квантово-размерных структур», «Современные проблемы твердотельной электроники». Взаимосвязь курса с другими дисциплинами ООП способствует углубленной подготовке аспирантов к решению специальных практических профессиональных задач и формированию необходимых компетенций.

3. Результаты обучения, определенные в картах компетенций и формируемые по итогам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины «Твердотельная СВЧ-электроника» направлен на формирование компетенции УК-1.

УК-1. способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.

В результате освоения дисциплины аспирант должен

- знать физические процессы, протекающие в полупроводниковых структурах, используемых в СВЧ приборах твердотельной электроники и микроэлектроники и являющиеся

ся физической основой их принципа действия, основные параметры и характеристики, примеры применения;

- уметь теоретически анализировать, рассчитывать и экспериментально исследовать параметры и характеристики СВЧ твердотельных электронных приборов, анализировать и оптимизировать режимы их работы;
- владеть методиками экспериментального исследования СВЧ приборов твердотельной электроники, методами и основными подходами к их теоретическому описанию и анализу.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости (по темам) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
			лекции	практические	СР	
I	Волны объемного заряда в твердом теле и приборы СВЧ-диапазона на их основе					
1.1	Введение.	7			2	
1.2	Волны в плазме твердого тела.	7			4	Реферат
1.3	СВЧ-приборы на основе эффекта Ганна.	7	2		4	Опрос
II	СВЧ-приборы на полупроводниковых элементах с р-п-переходами					
2.1	СВЧ-приборы на лавинно-пролетных диодах (ЛПД).	7	2		4	Опрос
2.2	СВЧ-приборы на туннельных диодах.	7	2		4	Опрос
2.3	СВЧ-приборы на биполярных и полевых транзисторах.	7	2		4	Опрос
2.4	СВЧ приборы на р-і-п-диодах	7			4	Реферат
2.5	Детекторные, смесительные и умножительные СВЧ-диоды	7		2	6	Опрос
2.6	Твердотельные параметрические приборы СВЧ-диапазона	7			6	
III	СВЧ-приборы на магнитостатических и акустических волнах в					

	твердых телах					
3.1	Принципы работы СВЧ-устройств на магнитостатических волнах.	7			6	
3.2	Принципы работы устройств СВЧ-акустоэлектроники.	7		2	6	Опрос
3.3	Приборы на СВЧ-устройствах в интегральном и гибридно-интегральном исполнении.	7			6	
Итого: 72 часа			8	4	56	Зачёт, 4 часа

Содержание дисциплины

Раздел 1. Волны объемного заряда в твердом теле и приборы СВЧ-диапазона на их основе

Тема № 1.1. Введение.

Основы твердотельной электроники СВЧ. Полупроводниковые активные и пассивные приборы для техники СВЧ.

(отисывается краткое содержание лекций)

Тема № 1.2. Волны в плазме твердого тела.

Геликоновые волны в полупроводниках Скин-эффект в твердом теле в СВЧ- и оптическом диапазоне. СВЧ-эффект Холла.

Тема № 1.3. СВЧ-приборы на основе эффекта Ганна.

Нелинейные и автоволновые явления в полупроводниковых материалах и структурах. Автоволновые среды.

Малосигнальная теория эффекта Ганна. Критерий Кремера. Малосигнальный импеданс диода Ганна (в бездиффузионном приближении). Влияние диффузии на характеристики диода Ганна. Режимы работы диодов Ганна. Принципы конструирования СВЧ-генераторов и усилителей на диодах Ганна. Методы стабилизации и перестройки частоты генераторов на диодах Ганна. Шумы диодов Ганна. Паразитная низкочастотная генерация и методы ее подавления. Достоинства и недостатки СВЧ-устройств на диодах Ганна.

Раздел 2. СВЧ-приборы на полупроводниковых элементах с $p-n$ -переходами

Тема № 2.1. СВЧ-приборы на лавинно-пролетных диодах (ЛПД)..

Лавинно-пролетный диод. Оптимальный угол пролета. Малосигнальный импеданс ЛПД. Лавинно-ключевые (TRAPPAT) диоды. Шумы в ЛПД. Особенности конструирования СВЧ-устройств на ЛПД.

Тема № 2.2. СВЧ-приборы на туннельных диодах.

Физический механизм возникновения отрицательного сопротивления в туннельном диоде. Снятие вырождения при воздействии внешнего сигнала.

Тема № 2.3. СВЧ-приборы на биполярных и полевых транзисторах.

Эквивалентные схемы биполярного и полевого СВЧ-транзисторов. Факторы, ограничивающие рабочий диапазон частот СВЧ-устройств на транзисторах. Характеристики СВЧ-транзисторов в режиме большого сигнала. Принципы конструирования СВЧ-генераторов и усилителей на транзисторах.

Тема № 2.4. СВЧ приборы на р–і–п-диодах

Р-І-Н-структура как основа для создания фазовращателей, коммутаторов и переключателей. Полупроводниковые СВЧ-ограничители.

Физические принципы, используемые при создании СВЧ-ограничителей. Пассивные, квазиактивные и активные СВЧ-ограничители. Конструкции СВЧ-ограничителей. Проявление нелинейных свойств элементов эквивалентной схемы р–і–п-диода в схеме ограничителя. Возникновение отрицательного дифференциального сопротивления на вольтамперных характеристиках р–і–п-диодов и диодных структур на основе р–п-перехода при воздействии СВЧ-излучения высокого уровня мощности.

Тема № 2.5. Детекторные, смесительные и умножительные СВЧ-диоды

Детекторы СВЧ излучения на барьере Шоттки и на горячих носителях заряда. Полупроводниковые смесительные и умножительные СВЧ-диоды.

Тема № 2.6. Твердотельные параметрические приборы СВЧ-диапазона

Раздел 3. СВЧ-приборы на магнитостатических и акустических волнах в твердых телах

Тема № 3.1. Принципы работы СВЧ-устройств на магнитостатических волнах.

Физические эффекты, используемые при создании СВЧ-устройств на магнитостатических волнах (МСВ), их достоинства и недостатки. Области применения устройств на магнитостатических волнах (МСВ).

Тема № 3.2. Принципы работы устройств СВЧ-акустоэлектроники

Объемные и поверхностные акустические волны в твердом теле. Принципы конструирования СВЧ-устройств на акустических волнах.

Тема № 3.3. Приборы на СВЧ-устройствах в интегральном и гибридно-интегральном исполнении

Микрополосковые, щелевые, компланарные линии. Полупроводниковые волноводы. Диэлектрические волноводы и резонаторы. СВЧ-устройства на полупроводниковых волноводах.

5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины

При реализации учебной работы по освоению дисциплины «Твердотельная СВЧ-электроника» используются современные образовательные технологии:

- информационно-коммуникационные технологии;
- дискуссии на практических занятиях;
- исследовательские методы в обучении;
- проблемное обучение.

Успешное освоение материала курса предполагает большую самостоятельную работу аспирантов и руководство этой работой со стороны преподавателей.

В учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения занятий: подготовка и защита реферата, индивидуальные и групповые консультации, работа с информационными ресурсами, подготовка сообщения с соответствующей презентацией, проблемный семинар, дискуссии на практических занятиях.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов.

Самостоятельная работа аспирантов проводится в форме изучения отдельных теоретических вопросов по предлагаемой литературе и самостоятельного решения задач с

дальнейшим их разбором или обсуждением на аудиторных занятиях. Во время самостоятельной подготовки обучающиеся обеспечены доступом к базам данных и библиотечным фондам и доступом к сети Интернет.

6.1. Виды самостоятельной работы

Раздел/Тема дисциплины	Вид самостоятельной работы	Литература
Раздел 1. Волны объемного заряда в твердом теле и приборы СВЧ-диапазона на их основе		
Тема № 1.1. Введение.	- проработка вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы;	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ансельм А. И. Введение в теорию полупроводников: учеб. пособие . - 3-е изд., стер. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2008. – 618 с. 2. Основы физики полупроводников: учеб. пособие / Г. Г. Зегря, В. И. Перель. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 335 с. 3. Шишкин Г.Г., Шишкин А.Г. Электроника. М.: Дрофа, 2009. 703 с. 4. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы: Учебник для вузов. - 8-е изд., стер. - СПб.: Лань, 2009. - 480 с 5. Лебедев А.И. Физика полупроводниковых приборов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 487 с. Гриф УМО
Тема № 1.2. Волны в плазме твердого тела.	<p>- проработка вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы;</p> <p>- конспектирование материалов, аннотирование научных публикаций, работа со справочной литературой;</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ансельм А. И. Введение в теорию полупроводников: учеб. пособие . - 3-е изд., стер. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2008. – 618 с. 2. Основы физики полупроводников: учеб. пособие / Г. Г. Зегря, В. И. Перель. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 335 с. 3. Шишкин Г.Г., Шишкин А.Г. Электроника. М.: Дрофа, 2009. 703 с. 4. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы: Учебник

		<p>для вузов. - 8-е изд., стер. - СПб.: Лань, 2009. - 480 с</p> <p>5. Лебедев А.И. Физика полупроводниковых приборов. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 487 с. Гриф УМО</p>
<p><i>Тема № 1.3. СВЧ-приборы на основе эффекта Ганна.</i></p>	<p><i>- проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы;</i></p> <p><i>- подготовка к лекционным занятиям.</i></p>	<p>1. Ансельм А. И. Введение в теорию полупроводников: учеб. пособие. - 3-е изд., стер. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2008. - 618 с.</p> <p>2. Основы физики полупроводников: учеб. пособие / Г. Г. Зегря, В. И. Перель. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 335 с.</p> <p>3. Шишкин Г.Г., Шишкин А.Г. Электроника. М.: Дрофа, 2009. 703 с.</p> <p>4. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы: Учебник для вузов. - 8-е изд., стер. - СПб.: Лань, 2009. - 480 с</p> <p>5. Лебедев А.И. Физика полупроводниковых приборов. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 487 с. Гриф УМО</p>
<p>2. Раздел 2. СВЧ-приборы на полупроводниковых элементах с <i>p-n</i>-переходами</p>		
<p><i>Тема № 2.1. СВЧ-приборы на лавинно-пролетных диодах (ЛПД)..</i></p>	<p><i>- конспектирование материалов, аннотирование научных публикаций, работа со справочной литературой;</i></p> <p><i>- подготовка к лекционным занятиям.</i></p> <p><i>- проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы;</i></p>	<p>1. Ансельм А. И. Введение в теорию полупроводников: учеб. пособие. - 3-е изд., стер. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2008. - 618 с.</p> <p>2. Основы физики полупроводников: учеб. пособие / Г. Г. Зегря, В. И. Перель. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 335 с.</p> <p>3. Шишкин Г.Г., Шишкин А.Г. Электроника. М.: Дрофа, 2009. 703 с.</p> <p>4. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы: Учебник для вузов. - 8-е изд., стер. - СПб.: Лань, 2009. - 480 с</p> <p>5. Лебедев А.И. Физика</p>

		полупроводниковых приборов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 487 с. Гриф УМО
<i>Тема № 2.2. СВЧ-приборы на туннельных диодах.</i>	- конспектирование материалов, аннотирование научных публикаций, работа со справочной литературой; - подготовка к лекционным занятиям. - проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы;	1. Ансельм А. И. Введение в теорию полупроводников: учеб. пособие. - 3-е изд., стер. - СПб. : М. ; Краснодар : Лань, 2008. – 618 с. 2. Основы физики полупроводников: учеб. пособие / Г. Г. Зегря, В. И. Перель. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 335 с. 3. Шишкин Г.Г., Шишкин А.Г. Электроника. М.: Дрофа, 2009. 703 с. 4. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы: Учебник для вузов. - 8-е изд., стер. - СПб.: Лань, 2009. - 480 с 5. Лебедев А.И. Физика полупроводниковых приборов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 487 с. Гриф УМО
<i>Тема № 2.3. СВЧ-приборы на биполярных и полевых транзисторах.</i>	- конспектирование материалов, аннотирование научных публикаций, работа со справочной литературой; - подготовка к лекционным занятиям. - проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы;	1. Ансельм А. И. Введение в теорию полупроводников: учеб. пособие. - 3-е изд., стер. - СПб. : М. ; Краснодар : Лань, 2008. – 618 с. 2. Основы физики полупроводников: учеб. пособие / Г. Г. Зегря, В. И. Перель. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 335 с. 3. Шишкин Г.Г., Шишкин А.Г. Электроника. М.: Дрофа, 2009. 703 с. 4. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы: Учебник для вузов. - 8-е изд., стер. - СПб.: Лань, 2009. - 480 с 5. Лебедев А.И. Физика полупроводниковых приборов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 487 с. Гриф УМО
<i>Тема № 2.4. СВЧ-приборы на р-і-n-диодах</i>	-конспектирование материалов, аннотирование научных публикаций, работа со справочной литературой; - подготовка к практическим занятиям. - проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы;	1. Ансельм А. И. Введение в теорию полупроводников: учеб. пособие. - 3-е изд., стер. - СПб. : М. ; Краснодар : Лань, 2008. – 618 с. 2. Основы физики полупроводников: учеб. по-

	<i>ное изучение с помощью основной и дополнительной литературы;</i>	<p>собие / Г. Г. Зегря, В. И. Перель. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 335 с.</p> <p>3. Шишкин Г.Г., Шишкин А.Г. Электроника. М.: Дрофа, 2009. 703 с.</p> <p>4. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы: Учебник для вузов. - 8-е изд., стер. - СПб.: Лань, 2009. - 480 с</p> <p>5. Лебедев А.И. Физика полупроводниковых приборов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 487 с.</p> <p>Гриф УМО</p>
<i>Тема № 2.5. Детекторные, смешительные и умножительные СВЧ-диоды</i>	<p>- конспектирование материалов, аннотирование научных публикаций, работа со справочной литературой;</p> <p>- проработка вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы;</p>	<p>1. Ансельм А. И. Введение в теорию полупроводников: учеб. пособие . - 3-е изд., стер. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2008. – 618 с.</p> <p>2. Основы физики полупроводников: учеб. пособие / Г. Г. Зегря, В. И. Перель. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 335 с.</p> <p>3. Шишкин Г.Г., Шишкин А.Г. Электроника. М.: Дрофа, 2009. 703 с.</p> <p>4. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы: Учебник для вузов. - 8-е изд., стер. - СПб.: Лань, 2009. - 480 с</p> <p>5. Лебедев А.И. Физика полупроводниковых приборов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 487 с.</p> <p>Гриф УМО</p>
<i>Тема № 2.6. Твердотельные параметрические СВЧ-приборы СВЧ-диапазона</i>	<p>- конспектирование материалов, аннотирование научных публикаций, работа со справочной литературой;</p> <p>- проработка вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы;</p>	<p>1. Ансельм А. И. Введение в теорию полупроводников: учеб. пособие . - 3-е изд., стер. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2008. – 618 с.</p> <p>2. Основы физики полупроводников: учеб. пособие / Г. Г. Зегря, В. И. Перель. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 335 с.</p> <p>3. Шишкин Г.Г., Шишкин А.Г. Электроника. М.: Дрофа, 2009. 703 с.</p> <p>4. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы: Учебник для вузов. - 8-е изд., стер. - СПб.: Лань, 2009.</p>

		<p>- 480 с</p> <p>5. Лебедев А.И. Физика полупроводниковых приборов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 487 с. Гриф УМО</p>
3 Раздел 3. СВЧ-приборы на магнитостатических и акустических волнах в твердых телах		
<i>Тема № 3.1. Принципы работы СВЧ-устройств на магнитостатических волнах.</i>	<p>- конспектирование материалов, аннотирование научных публикаций, работа со справочной литературой;</p> <p>- проработка вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы;</p>	<p>1. Ансельм А. И. Введение в теорию полупроводников: учеб. пособие . - 3-е изд., стер. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2008. – 618 с.</p> <p>2. Основы физики полупроводников: учеб. пособие / Г. Г. Зегря, В. И. Перель. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 335 с.</p> <p>3. Шишкин Г.Г., Шишкин А.Г. Электроника. М.: Дрофа, 2009. 703 с.</p> <p>4. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы: Учебник для вузов. - 8-е изд., стер. - СПб.: Лань, 2009. - 480 с</p> <p>5. Лебедев А.И. Физика полупроводниковых приборов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 487 с. Гриф УМО</p>
<i>Тема № 3.2. Принципы работы устройств СВЧ-акустоэлектроники</i>	<p>- конспектирование материалов, аннотирование научных публикаций, работа со справочной литературой;</p> <p>- подготовка к практическим занятиям.</p> <p>- проработка вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы;</p>	<p>1. Ансельм А. И. Введение в теорию полупроводников: учеб. пособие . - 3-е изд., стер. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2008. – 618 с.</p> <p>2. Основы физики полупроводников: учеб. пособие / Г. Г. Зегря, В. И. Перель. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 335 с.</p> <p>3. Шишкин Г.Г., Шишкин А.Г. Электроника. М.: Дрофа, 2009. 703 с.</p> <p>4. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы: Учебник для вузов. - 8-е изд., стер. - СПб.: Лань, 2009. - 480 с</p> <p>5. Лебедев А.И. Физика полупроводниковых</p>

		приборов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 487 с. Гриф УМО
<i>Тема № 3.3. Приборы на СВЧ-устройствах в интегральном и гибридно-интегральном исполнении</i>	<i>- конспектирование материалов, аннотирование научных публикаций, работа со справочной литературой; - проработка вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы;</i>	1. Ансельм А. И. Введение в теорию полупроводников: учеб. пособие. - 3-е изд., стер. - СПб.: М.; Краснодар: Лань, 2008. – 618 с. 2. Основы физики полупроводников: учеб. пособие / Г. Г. Зегря, В. И. Перель. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 335 с. 3. Шишкин Г.Г., Шишкин А.Г. Электроника. М.: Дрофа, 2009. 703 с. 4. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы: Учебник для вузов. - 8-е изд., стер. - СПб.: Лань, 2009. - 480 с 5. Лебедев А.И. Физика полупроводниковых приборов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 487 с. Гриф УМО
Итого часов на самостоятельную работу: 56		

6.2. Вопросы для углубленного самостоятельного изучения

1. Критерий Кремера. Влияние диффузии на характеристики диода Ганна.
2. Режимы работы диодов Ганна.
3. Лавинно-пролетный диод. Оптимальный угол пролета. Малосигнальный импеданс ЛПД.
4. Физический механизм возникновения отрицательного сопротивления в туннельном диоде.
5. Эквивалентные схемы биполярного и полевого СВЧ-транзисторов.
6. $P-I-N$ -структура как основа для создания фазовращателей, коммутаторов и переключателей.
7. Детекторы СВЧ излучения на барьере Шоттки и на горячих носителях заряда.
8. Принципы работы устройств СВЧ-акустоэлектроники.
9. Микрополосковые, щелевые, компланарные линии.

6.3. Порядок выполнения самостоятельной работы

Самостоятельная подготовка к занятиям осуществляется регулярно по каждой теме дисциплины и определяется календарным графиком изучения дисциплины. В ходе освоения курса предполагается написание не менее 2 рефератов,

7. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.1. Формы текущего контроля работы аспирантов

В ходе освоения дисциплины проводится опрос по разделам № 1, № 2, № 3.

7.2. Порядок осуществления текущего контроля

Текущий контроль освоения отдельных разделов дисциплины осуществляется при помощи написания реферата после завершения изучения разделов №1 и 2 и проведения опроса.

Система текущего контроля успеваемости служит в дальнейшем наиболее качественному и объективному оцениванию в ходе промежуточной аттестации.

7.3. Промежуточная аттестация по дисциплине

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета.

7.4. Фонд оценочных средств

Содержание фонда оценочных средств см. Приложение №1.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Ансельм А. И. Введение в теорию полупроводников: учеб. пособие . - 3-е изд., стер. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2008. – 618 с. (В НБ СГУ 41 экз)
Ансельм А. И. Введение в теорию полупроводников [Электронный ресурс] : учеб. пособие. – М. : Лань, 2008. - 618 с. **Гриф НМС МО РФ ЭБС "ЛАНЬ"**
URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=693
2. Основы физики полупроводников: учеб. пособие / Г. Г. Зегря, В. И. Перель. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 335 с. (В НБ СГУ 30 экз)
3. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы: Учебник для вузов. - 8-е изд., стер. - СПб.: Лань, 2009. - 480 с. (В НБ СГУ 134 экз)
4. Лебедев А.И. Физика полупроводниковых приборов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 487 с. **Гриф УМО** (В НБ СГУ 35 экз)
5. Приборы и устройства оптического и СВЧ диапазонов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Кущ Г. Г. - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. - 414 с. - ЭБС «IPRbooks». – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/14020>
6. Приборы и устройства СВЧ, КВЧ и ГВЧ диапазонов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Соколова Ж.М.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.— 283 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13961>. — ЭБС «IPRbooks»

б) дополнительная литература:

1. Физика работы полупроводниковых приборов в схемах СВЧ / Д. А. Усанов, А. В. Скрипаль. - Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 1999. – 373 с. (В НБ СГУ 8 экз)

2. Физика полупроводниковых радиочастотных и оптических автодинов / Д. А. Усанов, А. В. Скрипаль, А. В. Скрипаль. - Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2003. - 308 с. (В НБ СГУ 8 экз)
3. 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 НБ СГУ 8 экз)
4. Физические модели полупроводниковых приборов с отрицательным сопротивлением / С. А. Гаряинов, Ю. С. Тиходеев. - М. : Радио и связь, 1997. - 275 с. (В НБ СГУ 3 экз)
5. Широкозонные полупроводники: учеб. пособие для студентов вузов по направлению "Техническая физика" / Ю. Г. Шретер [и др.] ; . - СПб. : Наука, 2001. - 123 с. (В НБ СГУ 3 экз)
6. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы: Учебник для вузов. 7-е изд., испр. – СПб. ; М. ; Краснодар: Лань, 2003. – 478 с. (В НБ СГУ 30 экз)
7. Гаман В.И. Физика полупроводниковых приборов: Учебное пособие. – Томск: Изд-во НТЛ, 1989. – 426 с. (121 экз) (имидж каталог ЗНБ СГУ)
8. Валиев К.А. и др. Применение контакта металл-полупроводник в электронике. – М.: Сов. радио, 1981. – 304 с. (10 экз) (имидж каталог ЗНБ СГУ)
9. Климов Б.Н., Цукерман Н.М. Гетеропереходы в полупроводниках. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1976. – 180 с. (2 экз) (имидж каталог ЗНБ СГУ)

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Windows XP Prof
2. Антивирус Касперского 6.0 для Windows Workstations
3. Microsoft Office профессиональный 2010
4. Каталог образовательных Интернет-ресурсов. – Режим доступа: <http://www.iqlib.ru>
5. Зональная научная библиотека им. В.А.Артисевич Саратовского государственного университета им.Н.Г.Чернышевского. – Режим доступа: <http://library.sgu.ru/>

г) рекомендуемая литература:

1. Шишкин Г.Г., Шишкин А.Г. Электроника. М.: Дрофа, 2009. 703 с. (на КФТТ 8 экз)
2. СВЧ-полупроводниковая электроника: учеб. пособие / А. Н. Комов, Г. П. Яровой. - М. : Радио и связь, 2007. - 150 с. (В НБ СГУ 1 экз)
3. Михайлов А.И. Твердотельные параметрические приборы сверхвысоких частот. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1989. – 154 с. (1 экз) (имидж каталог ЗНБ СГУ)
4. Родерик Э.Х. Контакты металл-полупроводник. – М.: Радио и связь, 1982. – 209 с. (1 экз) (имидж каталог ЗНБ СГУ)
5. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. – М.: Наука, 1977. – 672 с. (1 экз) (имидж каталог ЗНБ СГУ)
6. Полупроводниковые приборы. Сверхвысокочастотные диоды: справочник / Б. А. Наливайко, А. С. Берлин, В. Г. Божков ; . - Томск : МГП "РАСКО", 1992. - 224 с. (В НБ СГУ 1 экз)
7. Шухостанов А. К. Лавинно-пролетные диоды: Физика, технология, применение. - М.: Радио и связь, 1997. - 208 с. (В НБ СГУ 1 экз)
8. Гальваномагнитные СВЧ-преобразователи / А. Н. Комов, В. М. Трещев, Г. П. Яровой. - М. : Радио и связь, 2000. - 264 с. (В НБ СГУ 1 экз)

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения занятий по дисциплине «Твердотельная СВЧ-электроника», предусмотренной учебным планом подготовки аспирантов, имеется необходимая материально-техническая база, соответствующая действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам:

- лекционная аудитория, оснащенная мультимедийными проекторами, маркерными досками для демонстрации учебного материала;
- специализированные компьютерные классы;
- аппаратное и программное обеспечение (и соответствующие методические материалы) для проведения самостоятельной работы по дисциплине.

10. Особенности освоения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для аспирантов с ограниченными возможностями здоровья предусмотрены следующие формы организации педагогического процесса и контроля знаний:

- для слабовидящих:

обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;

для выполнения контрольных заданий при необходимости предоставляется увеличивающее устройство;

задания для выполнения, а также инструкция о порядке выполнения контрольных заданий оформляются увеличенным шрифтом

(размер 16-20);

- для глухих и слабослышащих:

обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости аспирантам предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;

- для лиц с тяжелыми нарушениями речи, глухих, слабослышащих все контрольные задания по желанию аспирантов могут проводиться в письменной форме.

Основной формой организации педагогического процесса является интегрированное обучение инвалидов, т.е. все аспиранты обучаются в смешанных группах, имеют возможность постоянно общаться со сверстниками, легче адаптируются в социуме.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению 11.06.01 «Электроника, радиотехника и системы связи», направленность «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах».

Автор программы: профессор кафедры физики твёрдого тела,
д.ф.-м.н., профессор Чевло Усанов Д.А..

Программа одобрена на заседании ученого совета факультета nano- и биомедицинских технологий Саратовского государственного университета (протокол № 11 от 9 июня 2016 г.).

Декан факультета nano- и биомедицинских технологий, профессор

С.Б. Вениг

« 1 » июня 2016 г.