

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Электронные приборы и устройства»

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

«Б.1.1.16 «Физические основы электроники»

направления подготовки

11.03.04 "Электроника и наноэлектроника"

Профиль 1 - Электронные приборы и устройства

Форма обучения – очная

Курс – 3,4

Семестр – 5,6,7

Зачетных единиц – 14

Часов в неделю – 3

Всего часов – 504

В том числе:

Лекции – 74

Коллоквиумы – 16

Лабораторные занятия – 108

Самостоятельная работа – 306

курсовой проект – 6,7

Зачет – 5

Экзамен – 6,7

1. Цели и задачи дисциплины

Цель преподавания дисциплины: изучение и теоретическое исследование физических процессов, связанных с прохождением электрического тока в вакууме и газе;

изучение физических процессов и законов, лежащих в основе принципов действия полупроводниковых приборов, и определяющих характеристики и параметры этих приборов, формирование навыков экспериментальных исследований и техники измерений характеристик и параметров полупроводниковых приборов;

изучение физических процессов и законов, лежащих в основе работы электронных вакуумных устройств СВЧ.

Задачи изучения дисциплины: изучение основ физики электронных приборов и устройств, а также физических явлений и процессов, лежащих в основе работы приборов вакуумной и плазменной электроники, полупроводниковых приборов и электронных вакуумных устройств СВЧ.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Физические основы электроники» является одной из естественнонаучных дисциплин при подготовке бакалавров по профилю «Электронные приборы и устройства» и является базовой дисциплиной для изучения ряда последующих дисциплин, таких как «Физические основы электроники (Часть 3)», «Микроэлектроника» «Микросхемы и микропроцессоры в электронных устройствах», «Импульсные и цифровые устройства», «Основы проектирования электронной компонентной базы» и др. Для усвоения данной дисциплины студентам необходимо усвоить следующие дисциплины: математика, теоретические основы электротехники, физика, квантовая механика и статистическая физика, электродинамика, электротехника и электроника, вакуумная и плазменная электроника.

В процессе изучения дисциплины студенты должны иметь четкое представление о дифференциальных уравнениях с постоянными коэффициентами и методами их решения, а также с общими свойствами заряженных и нейтральных частиц; знания общих закономерностей электрических и магнитных полей.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

- способность строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования (ПК-1);

- способность аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения (ПК-2).

Студент должен знать:

- виды эмиссии частиц из твердого тела и их применение; особенности действия электрических и магнитных полей на заряженные частицы и вещество в целом; основные управления движения частиц в вакууме и газе; основные виды газовых разрядов (после 5 семестра),

- физико-технические основы полупроводниковой электроники; основы физики твердого тела; принципы использования физических эффектов в твердом теле в электронных приборах и устройствах твердотельной электроники; конструкции, параметры, характеристики и методы их моделирования; основные физические процессы, лежащие в основе принципов действия электронных приборов и устройств, методы их аналитического описания, факторы, определяющие их параметры и характеристики, конструкции и области применения; основные физические процессы, лежащие в основе действия приборов, методы их аналитического описания, факторы, определяющие их параметры и характеристики (после 6 семестра);

- принципы использования физических эффектов в приборах и устройствах микроволновой вакуумной электроники их конструкции, параметры и характеристики; механизмы функционирования важнейших типов СВЧ устройств; способы формирования электронных потоков и отбора энергии для СВЧ устройств, современные тенденции в развитии СВЧ электроники (после 7 семестра).

Студент должен уметь:

- составлять уравнения движения заряженных частиц в вакууме; составлять уравнения моментов для функции распределения частиц по скоростям и уметь рассчитывать средние статистические величины: скорость, температуру, поток энергии (после 5 семестра);

- применять полученные знания при теоретическом анализе, компьютерном моделировании и экспериментальном исследовании физических процессов, лежащих в основе принципов работы приборов и устройств; применять методы расчета параметров и характеристик, моделирования и проектирования электронных приборов и устройств твердотельной электроники и наноэлектроники; рассчитывать основные параметры и характеристики электронных приборов и устройств, осуществлять оптимальный выбор прибора для конкретного применения; применять полученные знания для объяснения принципов работы электронных приборов и устройств (после 6 семестра).

- применять методы расчета параметров и характеристик приборов и устройств вакуумной микроволновой электроники, анализировать качество работы СВЧ систем (после 7 семестра).

Студент должен владеть:

- навыками процессов формирования потоков заряженных частиц в газе и вакууме с помощью электрических и магнитных полей (линз) (после 5 семестра);

- информацией об областях применения и перспективах развития приборов и устройств; методами экспериментальных исследований параметров и характеристик электронных приборов и устройств твердотельной электроники и наноэлектроники, современными программными средствами их моделирования и проектирования; методами компьютерного проектирования и экспериментального

исследования электронных приборов и устройств; информацией об областях применения и перспективах развития электронных приборов и устройств (после 6 семестра);

- методами компьютерного проектирования и экспериментального исследования микроволновых приборов и устройств; методами обработки и оценки погрешности результатов измерений; методами экспериментальных исследований параметров и характеристик приборов и устройств вакуумной микроволновой электроники (после 7 семестра).

4. Распределение трудоемкости (час.) дисциплины по темам и видам занятий

№ Мо-ду-ля	№ Не-де-ли	№ Те-мы	Наименование темы	Часы					
				Всего	Лек-ции	Кол-лок-виумы	Лабо-ра-торные	Пра-к-тич-ес-кие	СРС
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5 семестр									
1	1-5	1	Элементарные процессы взаимодействия электронов, ионов и атомов газа. Основы эмиссионной электроники: термоэмиссия, фотоэмиссия, вторичная электронная эмиссия, ионное распыление катодов.	32	4		8		18
1	5-8	2	Формирование потоков заряженных частиц, режим токопрохождения. Движение свободных заряженных частиц в вакууме в электрическом и магнитном поле.	36	4		10		18
2	9-12	3	Формирование потоков заряженных частиц в газоразрядном промежутке: не самостоятельные и самостоятельные разряды в газе, условия зажигания Пашена-Петрова. Пеннинговские смеси.	26	2		8		18
2	13-15	4	Методы генерации плазмы, типы и основные характеристики газовых разрядов, общие свойства плазмы. Электронные пушки, управление потоками заряженных частиц в плазме.	30	6		10		18
2	16-18	5	Свойства и применение потоков заряженных частиц, плазмы и	20	2				18

			газовых разрядов в электронной технике. Влияние магнитных полей на плазму						
Всего				144	18		36		90
6 семестр									
1	1-2	1	Введение и общие вопросы	14	4				10
2	3-4	2	Физические основы работы полупроводниковых приборов.	30	4	2			24
3	5-8	3	Полупроводниковые диоды	50	6	2	12		30
4	9-16	4	Транзисторы	70	12	4	20		34
5	17	5	Тиристоры, динисторы	16	2		4		10
Всего				180	28	8	36		108
7 семестр									
1	1-8	1	Общие вопросы	28	8				20
1	9	2	Микроволновые приборы с сеточным управлением	24	2	2			20
2	10-14	3	Микроволновые приборы О-типа	40	10	4	26		
2	15-18	4	Микроволновые приборы М-типа, гибридные приборы, приборы с полевой эмиссией	88	8	2	10		68
Всего				180	28	8	36		108
Всего за весь курс				504	74	16	108		306

5. Содержание лекционного курса

№ Темы	Всего час.	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, обрабатываемые на лекции	Учебно - методическое обеспечение
1	2	3	4	
5 семестр				
1	4	1-2	Физические основы термоэлектронной эмиссии. Явление фотоэлектронной эмиссии. закон Столетова. закон Эйнштейна. автоэлектронная эмиссия. физические основы. перспективы применения электростатической эмиссии	[2,7]
2	4	3-4	Формирование потоков заряженных частиц в вакууме. Закон 3/2. Действие электрических и магнитных полей на заряженных частицах в вакууме (электронно-лучевая трубка). Особенности движения частиц в магнитном поле. Фокусирование электронов в продольном магнитном поле.	[1,5,6]
3	2	5	Формирование заряженных частиц в газоразрядном промежутке. Несамостоятельный ток в газе. Условие зажигания самостоятельного разряда в газе. Закон Пашена-Петрова	[3,6]
4	2	6	Функция распределения заряженных частиц в газе. Кинетическое уравнение Больцмана. Температура электронного газа.	[3,6,7]
4	2	7	Свойства газоразрядной плазмы вблизи диэлектрических стенок. Радиус Дебая, распределение потенциала в плазме вблизи диэлектрических стенок.	[1,2,9]
4	2	8	Расчет потенциала и поля точечного заряда в плазме. Амбиполярные диффузии заряженных частиц в плазме.	[3]
5	2	9	Свойство и применение газоразрядной плазмы. Управление потоками заряженных частиц в магнитном поле.	[3,9]
6 семестр				
1	2	1	Введение. Физические и математические модели процессов, определяющих величины концентраций носителей заряда в твердом теле.	[1,2,3,6]
1	2	2	Энергетические зонные диаграммы и энергетические уровни. Концентраций НЗ в невырожденном и вырожденном полупроводниках. Температурные зависимости концентраций НЗ и положения уровня Ферми в твердом теле.	[1,2,3,6]
2	2	3	Физика процессов токопрохождения в модели тонкого электронно-дырочного перехода (ЭДП). ВАХ моделей тонкого, толстого и ограниченного ЭДП. ВАХ и свойства контакта «металл-полупроводник». Барьерная и диффузионная емкости ЭДП. Основные виды	[1-4,6]

			рассеяния НЗ в твердом теле, температурная зависимость параметров рассеяния. Приповерхностная проводимость и эффект поля в твердом теле.	
3	2	4	Классификация полупроводниковых диодов и транзисторов. Конструктивно-технологические особенности германиевых и кремниевых выпрямительных диодов Вольт-амперные характеристики (ВАХ) германиевых и кремниевых выпрямительных диодов. Прямая ветвь диода при высоком уровне инжекции. Температурные зависимости прямых и обратных токов выпрямительных диодов. Температурные коэффициенты.	[1,2,4-6]
3	2	5	Прохождение тока через выпрямительный диод. Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) диода. Передача импульсного сигнала выпрямительным диодом. Характеристики и параметры искажения импульса при прохождении его через диод. Назначение и принцип действия низковольтных и высоковольтных стабилитронов. Параметры и характеристики стабилитронов.	[1,2,4-6]
3	2	6	Назначение и принцип действия туннельных диодов. Параметры и характеристики. Конструктивно-технологические особенности (КТО) туннельных диодов. Назначение и принцип действия варикапа. Параметры и характеристики варикапа. КТО варикапов.	[1,2,4-6]
4	2	7	Назначение, принцип действия и классификация биполярных транзисторов (БТ). Особенности процессов токопрохождения через кристаллическую структуру БТ. Схемы включения транзистора как четырехполюсника. Режимы работы транзистора. Семейства статических вольтамперных характеристик (ВАХ) биполярных транзисторов (БТ). Семейства входных и выходных ВАХ в схеме с общей базой, общим коллектором, общим эмиттером. Определение величин некоторых параметров транзистор из семейств ВАХ.	[1,2,4-6]
4	2	8	h - параметры БТ. Эквивалентная схема в h -параметрах. Физическая эквивалентная схема БТ ОБ по переменному току. Физическая эквивалентная схема БТ ОЭ и БТ ОК по переменному току. Соотношения пересчета параметров БТ ОЭ и БТ ОБ. Определение величин параметров физической эквивалентной схемы из семейств статических ВАХ БТ.	[1,2,4-6]
4	2	9	Расчет аналитических выражений статических и динамических коэффициентов передачи тока БТ ОБ и	[1,2,4-6]

			БТ ОЭ. Расчет аналитических выражений входных и выходных сопротивлений БТ ОБ и БТ ОЭ.	
4	2	10	Входное и выходное сопротивления БТ ОК. Понятие рабочей точки БТ в электронной схеме. Аналитические выражения амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик БТ ОБ, БТ ОЭ и БТ ОК. Характерные высшие частоты БТ. Принципы и методы их повышения.	[1,2,4-6]
4	2	11	Конструктивно-технологические особенности низкочастотных (НЧ) сплавных БТ и высокочастотных (ВЧ) сплавно-диффузионных и мезатранзисторов. Электростатическое поле базы в них. Особенности процесса токопрохождения и конструктивно-технологические особенности мощных НЧ и ВЧ БТ. КТО, принцип действия и ВАХ однопереходного транзистора.	[1,2,4-6]
4	2	12	Применение эффекта поля для управления током в кристаллических структурах. Полевые транзисторы с управляющим переходом. Особенности процесса управления током стока. Физические модели семейства выходных ВАХ. Математические модели выходных и входных ВАХ полевого транзистора (ПТ) с переходом. Эквивалентная схема и частотные свойства ПТ. Аналитические выражения основных параметров ПТ.	[1,2,4-6]
4	2	13	Особенности КС и принципы управления током стока МДП транзисторов. Физическая модель выходной ВАХ МДП транзистора с индуцированным каналом. Математическая модель стоковых характеристик МДП транзисторов. КТО. эквивалентная схема и частотные свойства МДП транзисторов.	[1,2,4-6]
5	2	14	Назначения и классификация тиристоров. Структура и ВАХ динистора. Физическая модель переключения, назначение шунтирования области базы. Назначение, структура и семейство ВАХ тринистора. КТО и области применения тринисторов.	[1,2,4-6]
7 семестр				
1	2	1	Особенности диапазонов высоких частот и сверхвысоких частот, их роль в развитии радиоэлектроники. Краткий исторический очерк развития электроники СВЧ.	1-3,6
1	2	2	Основные уравнения вакуумной СВЧ электроники. Особенности электронных процессов в ВЧ и СВЧ диапазонах. Время и угол пролета электронов. Неразрывность электронной и электродинамической систем. Классификация электровакуумных приборов СВЧ	1-3,6,8
1	2	3	Принципы квазистатического и динамического управления электронным потоком. Особенности	1-3,6,8

			отбора энергии. Основная компонентная база электронных приборов СВЧ.	
1	2	4	Наведенный ток. Скоростная модуляция. Использование понятий коэффициента эффективности взаимодействия и электронной проводимости для характеристики эффективности взаимодействия электронов с СВЧ полем	1-3,6,8
2	2	5	Триоды и тетроды микроволнового диапазона. Особенности конструкции. Пространственно-временная диаграмма движения электронов в СВЧ триоде и тетроде. Конструкции триодов и тетродов СВЧ. Новые типы мощных ЭВП СВЧ с сеточным управлением.	1-3,6
3	2	6	Пролетные клистроны. Процессы в двухрезонаторном усилительном клистроне. Электронный коэффициент полезного действия (КПД).	1-3,6,8
3	2	7	Многорезонаторные клистроны. Каскадная группировка электронов. Основные характеристики и параметры клистронов. Области применения многорезонаторных клистронов.	1-3,6,8
	2	8	Многолучевые клистроны. Типичные конструкции резонаторов и электронно-оптических систем.	1-4, 6-8
3	2	9	Клистронные генераторы и умножители частоты. Отражательный клистрон. Принцип действия. Электронная настройка. Конструкции и параметры отражательных клистронов.	1-4, 6-8
3	2	10	Лампы прямой и обратной волны типа О. Принцип действия. Основные характеристики и параметры. Конструкции и области применения ЛБВ.	1-4, 6-8
4	2	11	Лампы прямой и обратной волны типа М. Принцип действия. Коэффициент полезного действия, коэффициент усиления. Электронная настройка. Амплитрон. Основные характеристики и параметры. Конструкции и области применения усилителей и генераторов М-типа.	1-4,9
4	2	12	Многорезонаторный магнетрон. Резонансная система магнетрона, виды колебаний. Движение электронов в магнетроне. Рабочие характеристики и параметры. Коаксиальные и обращенные коаксиальные магнетроны. Магнетроны, настраиваемые напряжением. Типичные конструкции, параметры и области применения магнетронов.	1-4,7,9
4	2	13	Гибридные СВЧ приборы. Основные пути улучшения выходных характеристик приборов с комбинированным механизмом модуляции электронного потока.	1-4,7,9
4	2	14	СВЧ –приборы с автоэмиссионными катодами и устройства на их основе.	1-4,7,9

			Использование субмикронной технологии для создания приборов вакуумной нанoeлектроники.	
--	--	--	----------------------------------------------------------------------------------------	--

6. Содержание коллоквиумов

№ темы	Всего часов	№ коллоквиума	Тема коллоквиума. Вопросы, отрабатываемые на коллоквиуме	Учебно - методическое обеспечение
1	2	3	4	5
6 семестр				
2	2	1	Амплитудно-частотная характеристика диода и передача импульсного сигнала выпрямительным диодом.	[1,2,4-6]
3	2	2	Полевые транзисторы как основные элементы в микроэлектронике.	[1,2,4-6]
4	4	3	Динисторы и тринисторы	[1,2,4-6]
7 семестр				
2	2	1	Микроволновые приборы с сеточным управлением	1-3,6
3	4	2	Микроволновые приборы О-типа	1-3,8
4	2	3	Микроволновые приборы М-типа, гибридные приборы, приборы с полевой эмиссией	1-3,9

7. Перечень практических занятий

Не предусмотрено учебным планом.

8. Перечень лабораторных работ

№ темы	Всего, час.	№ лаб. работы	Наименование лабораторной работы. Вопросы, отрабатываемые на лабораторном занятии	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
5 семестр				
1	8	1	Исследование фоторезисторов	[1,4,5]
2	10	2	Исследование свойств вакуумного триода	[2,8]
3	8	3	Исследование термоэлектронной эмиссии металлических и оксидных катодов	[1,5]
4	10	4	Исследование токопрохождения в газоразрядном промежутке – стабилитрон тлеющего разряда.	[2,6]
6 семестр				
3	2	1	Характеристики и параметры германиевых и кремниевых выпрямительных диодов	[7]
3	4	2	Исследование характеристик полупроводниковых диодов и устройств на их основе	[7]

3	6	3	Исследование вольтамперной характеристики туннельного диода	[7]
4	10	4	Исследование характеристик биполярного транзистора	[7]
4	10	5	Исследование характеристик полевого транзистора	[7]
5	4	6	Исследование характеристик тиристора и управляемого выпрямителя	[7]
7 семестр				
3	8	1	Исследование отражательного клистрона	[1-4]
3	8	2	Исследование лампы обратной волны	[1-4]
3	10	3	Исследование лампы бегущей волны О-типа	[1-4]
4	10	4	Исследование митрона	[1-4]

Методические указания приведены в соответствующем разделе ИОС
«Физические основы электроники» 5 семестр [10],
«Физические основы электроники» 6 семестр [7],
«Физические основы электроники» 7 семестр [20].

9. Задания для самостоятельной работы студентов

№ Темы	Всего часов	Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Учебно - методическое обеспечение
1	2	3	4
5 семестр			
1	18	Элементарные процессы при столкновениях электронов, ионов с атомами газа. Законы сохранения при описании столкновений. Упругие и неупругие соударения. Ионизация при столкновениях электронов с атомами.	[3]
2	18	Физика электронно-лучевых приборов: Параксиальные электроны; Электрические и магнитные линзы; Электронные параметры ; Электрические и магнитные отклоняющие системы ;	[6]
3	18	Виды электрического разряда в газе и их устойчивость. Неоднородность разряда в направлении от катода к аноду. Физические процессы в положительном столбе газового разряда: квазинейтральность, амбиполярная диффузия , электрическое поле и распределение потенциала в разряда. Функции распределения в положительном столбе.	[3,9]
4	18	Влияние электрического поля на функцию	[3]

		распределения электронов по скоростям. Учет интегралов соударений, а так же электронных соударений и распределение электронов . Решение КУБ с помощью метода моментов : получение нулевого, первого и второго уравнения моментов для слабоионной плазмы. Баланс заряженных частиц и энергии для ограничения плазмы положительного столба разряда. Учет влияния магнитного поля на электрические свойства плазмы.	
5	18	Электрические и энергетические свойства ограничений плазмы. Уравнения баланса заряженных частиц в плазме и определение распределения концентрации электронов, электронной напряженности поля разряда из уравнения моментов для функции распределения.	[3]
6 семестр			
1	10	Распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. Энергия Ферми. Вырожденное и невырожденное состояния. Применение уравнения Шредингера к описанию движения свободной частицы. Элементы зонной теории твердого тела. Электрон в периодическом потенциальном поле. Модель Кронига-Пенни. Зонная структура диэлектриков, полупроводников, металлов.	[1-4,6]
2	24	Примесные уровни и примесная проводимость полупроводников. Уравнение баланса носителей заряда в полупроводнике. Температурная зависимость равновесной концентрации примесных носителей заряда. Неравновесные носители заряда. Понятие о квазиуровнях Ферми. Рекомбинация, ее механизмы. Скорость рекомбинации и время жизни носителей заряда. Излучательная рекомбинация. Основные полупроводники, применяемые в микроэлектронике (кремний, германий, арсенид галлия), их свойства. Диффузионная и дрейфовая составляющие тока. Коэффициент диффузии носителей заряда. Соотношение Эйнштейна. Монополярная и биполярная диффузия носителей заряда в полупроводниках. Уравнение непрерывности	[1-4,6]
3	30	Контактные явления. Контакт двух металлов. Контактная разность потенциалов. Контакт металл-полупроводник в равновесном и неравновесном состояниях. Эффект Шоттки. Диод Шоттки. ВАХ диода Шоттки. P-n переход, его энергетические диаграммы в равновесном и неравновесном состоянии. Резкий и плавный p-n переходы. Обратный ток p-n перехода, его составляющие. ВАХ p-n перехода. Зарядная и диффузионная емкости p-n перехода.	[1-4,6]

		Пробой р-n перехода и его механизмы (лавинный, туннельный, тепловой). Полупроводниковые приборы на основе р-n перехода. Энергетические диаграммы, принцип действия, ВАХ. Лавинно-пролетный диод. Лавинное умножение и дрейф. Характеристики лавинно-пролетных диодов.	
4	34	Структура и физика работы биполярного транзистора, его энергетическая диаграмма. Инжекция носителей. Активный режим, режимы насыщения и отсечки. МДП (МОП)-транзисторы. Идеальная МДП-структура. Эффект поля. МДП-транзисторы со встроенным и индуцированным каналом. ВАХ МДП-транзистора. Режимы обеднения, обогащения, инверсии. Приближенная модель и ее уточнение. Роль поверхностных состояний. Разновидности МОП-транзисторов. Высокочастотные МОП-транзисторы. Переходные процессы в полевых транзисторах. Эквивалентная схема МОП-транзистора.	[1,2,4-6]
5	10	Тиристоры, динисторы. Эквивалентные схемы. Режимы и физика работы. Энергетические диаграммы, принцип действия, ВАХ.	[1,2,4-6]
7 семестр			
1	20	Современные тенденции развития электровакуумных приборов. Современные программы 3-D моделирования электровакуумных приборов СВЧ и их узлов: HFSS, FEKO, CST. Основные особенности применения. Описание моделируемой структуры, визуализация результатов. Погрешность при проектировании.	[4,5,10-13]
2	20	Тетроды микроволнового диапазона. Особенности конструкции. Пространственно-временная диаграмма движения электронов в СВЧ тетроде. Конструкции тетродов СВЧ. Новые типы мощных ЭВП СВЧ с сеточным управлением.	[1-3,6]
4	28	Лампы прямой и обратной волны типа М. Коэффициент полезного действия, коэффициент усиления. Электронная настройка. Амплитрон. Основные характеристики и параметры. Конструкции и области применения усилителей и генераторов М-типа.	[1-4,7,9]
4	40	Гироприборы. Колебания типа циклотронной частоты в магнетронных генераторах. Мазер на циклотронном резонансе. Гиротроны. Лазер на свободных электронах.	[1-4,7,9]

Методические указания по самостоятельному изучению отдельных разделов дисциплины приведены в соответствующем разделе ИОС «Физические основы электроники» 5 семестр [10],

«Физические основы электроники» 6 семестр [7],
«Физические основы электроники» 7 семестр [20].

10. Расчетно – графическая работа

Не предусмотрено учебным планом.

11. Курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом.

12. Курсовой проект

Курсовой проект выполняется в 6 и 7 семестрах.

6 семестр

Тема курсового проекта: «Расчет и проектирование усилительных каскадов на биполярных и полевых транзисторах» [7].

Целями курсового проекта являются:

- развитие навыков самостоятельной работы в области науки, изучаемой в курсе,
- развитие навыков работы с научной и технической литературой,
- приобретение опыта практического использования теоретических материалов курса,
- углубление знаний по основам курса.

Задание на выполнение курсовой работы должно удовлетворять следующим требованиям:

- широкий охват теоретических разделов курса,
- использование вычислительной техники.

Методические указания по самостоятельному изучению отдельных разделов дисциплины приведены в соответствующем разделе ИОС

«Физические основы электроники» 6 семестр [7]

7 семестр

Тема «Расчет и проектирование многорезонаторного клистрона».

Задание на курсовое проектирование

N	$P_{\text{вых}}$, КВт	F_0 , ГГц	dF , МГц	Тех. кпд	Число лучей	Число зазор.	$K_{\text{ус}}(u)$ дБ	Фамилия студента
1	0.75	5.93	40.	0.32	1	1	40	
2	1.5	5.93	38	0.38	1	1	37	
3	3.0	6.43	45	0.38	1	1	40	
4	3.35	6.23	45	0.58	1	2	40	
6	50	1.3	8.	0.44	1	1	50	
7	1	5.71	20.	0.38	7	1	40	

8	17.5	2.9	15	0.45	1	2	45	
9	150	1.29	8	0.45	1	1	45	
10	25	2.85	10	0.38	1	1	46	
11	3	2.45	12	0.5	1	2	45	
12	2.5	2.45	40	0.6	7	2	50	
15	10	0.92	20	0.6	1	2	40	
16	10	0.92	30	0.7	7	2	40	
17	12	0.92	50	0.5	1	1	37	
18	3	6.2	20	0.5	1	1	43	
19	2	1.64	10	0.4	1	1	38	
20	2	1.64	5.	0.6	3	2	45	
21	1	1.7	8	0.3	1	1	34	

Методические указания по самостоятельному изучению отдельных разделов дисциплины приведены в соответствующем разделе ИОС «Физические основы электроники» 7 семестр [20].

13. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

В процессе освоения образовательной программы формируются отдельные элементы компетенций: ПК-1- способность строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования; ПК-2 - способностью аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения. Содержание лекционного курса и интерактивных практических занятий формируют на рассматриваемом этапе элементы компетенций в части, касающейся - видов эмиссии частиц из твердого тела и их применения; особенностей действия электрических и магнитных полей на заряженные частицы и вещество в целом; основных уравнений движения частиц в вакууме и газе; основных видов газовых разрядов (в 5 семестре); физико-технических основ полупроводниковой электроники и физики твердого тела; принципов использования физических эффектов в твердом теле и процессов, лежащих в основе действия в электронных приборах и устройствах методы их аналитического описания, факторы, определяющие их параметры, характеристики, конструкции и области применения (в 6 семестре); способности аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик микроволновых приборов; использования программных средств компьютерного моделирования приборов СВЧ (в 7 семестре).

Процедура оценивания знаний, умений и навыков проводится в соответствии со следующими методическими материалами и заключается в проведении устного экзаменационного опроса в виде диалога преподавателя со студентом, цель которого – систематизация и уточнение имеющихся у студента знаний, проверка его индивидуальных возможностей усвоения материала; отчетов по лабораторным работам, для оценки способности студента применить полученные ранее знания для проведения анализа, опыта, а также составления выводов с учетом определенных требований в заданные сроки, выступление студента с докладом, как способ проверки знаний, умений, навыков по пройденным темам изучаемого предмета (курсовой проект).

Показателем оценивания степени усвоения знаний этого элемента компетенции (дисциплины «Физические основы электроники»), является оценка, полученная на экзамене при ответе на вопросы для зачета и экзамена. Оценка выставляется по четырехбальной шкале, соответствующей оценкам зачтено: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и не зачтено: «неудовлетворительно» и осуществляется путем анализа ответа на вопросы для зачета и экзамена. При этом руководствуются следующими критериями.

Оценка	Критерии оценивания результатов обучения
Зачтено (отлично)	заслуживает обучающийся, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, предусмотренного программой, усвоивший основную литературу и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой.
Зачтено (хорошо)	заслуживает обучающийся, обнаруживший полное знание учебного материала, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Оценка "хорошо" выставляется обучающимся, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.
Зачтено (удовлетворительно)	заслуживает обучающийся, обнаруживший знания основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, знакомых с основной литературой, рекомендованной программой. Оценка выставляется обучающимся, допустившим погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.
Не зачтено (неудовлетворительно)	выставляется обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала. Оценка ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по

окончании образовательного учреждения без дополнительных занятий по рассматриваемой дисциплине

Умения и навыки, приобретенные студентом на этапе освоения указанной части компетенций оцениваются по результатам выполнения предусмотренных учебным планом лабораторных работ, коллоквиумов, заданий на самостоятельную работу, выполненного курсового проекта. Оценка выставляется по четырехбальной шкале, соответствующей оценкам «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» и осуществляется путем анализа представленного материала в ответ на задания курсового проектирования. При этом руководствуются следующими критериями:

Оценка	Критерии оценивания результатов обучения
Зачтено (отлично)	выставляется студенту, если задание выполнено в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности. Студенты работают полностью самостоятельно: подбирают необходимые для выполнения предлагаемых работ в задании источники знаний, показывают необходимые для разработки курсового проекта теоретические знания, практические умения и навыки.
Зачтено (хорошо)	выставляется студенту, если задание выполнено в полном объеме и самостоятельно. Допускаются отклонения от необходимой последовательности выполнения, не влияющие на правильность конечного результата. Студенты используют указанные преподавателем источники знаний, включая страницы атласа, таблицы из приложения к учебнику, страницы из справочной литературы по предмету. Задание показывает знание учащихся основного теоретического материала и овладение умениями, необходимыми для самостоятельного выполнения работы. Могут быть неточности и небрежность в оформлении результатов работы.
Зачтено (удовлетворительно)	выставляется студенту, если задание на курсовой проект выполняется и оформляется студентами при помощи преподавателя или хорошо подготовленных и уже выполненных на «отлично» данную работу студентов. На выполнение задания затрачивается много времени (можно дать возможность доделать работу дома). Студенты показывают знания теоретического материала, но испытывают затруднение при самостоятельной работе с физическими приборами, графиками, таблицами справочной литературы.
Не зачтено (неудовлетворительно)	выставляется, если студенты показывают плохое знание теоретического материала и отсутствие умения применить

	знания к решению практической задачи. Руководство и помощь со стороны преподавателя и хорошо подготовленных студентов неэффективны по причине плохой подготовки студента.
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

При этом руководствуются следующими критериями при оценивании выступления и ответов на вопросы при докладе презентационного материала

Оценка	Критерии оценивания результатов обучения
Зачтено (отлично)	<p>Студенты работают полностью самостоятельно: подбирают материал для подготовки презентационного материала (презентация и доклад).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Содержание доклада соответствует заявленной теме и в полной мере ее раскрывает; - Тема полностью раскрыта; представлен обзор литературных и/или патентных источников по данной теме (не старше 5 лет); изложение материала логично и доступно; - Все ответы на вопросы исчерпывающие и аргументированные; - Выступление докладчика полностью соответствует критериям: точность изложения, свободное владение материалом, культура речи и умение привлечь внимание аудитории, лаконичность изложения.
Зачтено (хорошо)	<p>Студенты подбирают материал для подготовки презентационного материала (презентация и доклад).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Содержание доклада, за исключением отдельных моментов соответствует заявленной теме и в полной мере ее раскрывает; - Тема хорошо раскрыта; представлен обзор литературных и/или патентных источников по данной теме (старше 5 лет); в изложении материала есть моменты, нарушающие логичность и доступность; - Все ответы на вопросы даны, но они имеют небольшие неточности и/или недостаточно аргументированы; - Выступление докладчика большей частью соответствует критериям: точность изложения, свободное владение материалом, культура речи и умение привлечь внимание аудитории, лаконичность изложения.
Зачтено (удовлетворительно)	<p>Студенты подбирают материал для подготовки презентационного материала (презентация и доклад) с помощью преподавателя.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Содержание доклада большей частью соответствует заявленной теме и ее раскрывает; - Тема раскрыта удовлетворительно: представлен обзор литературных и/или патентных источников по данной

	<p>теме (старше 10 лет); в изложении материала есть моменты, нарушающие логичность и доступность;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Не все ответы на вопросы исчерпывающие и аргументированные; - Выступление докладчика частично соответствует критериям: точность изложения, свободное владение материалом, культура речи и умение привлечь внимание аудитории, лаконичность изложения.
<p>Не зачтено (неудовлетворительно)</p>	<p>Студенты подбирают материал для подготовки презентационного материала (презентация и доклад) с помощью преподавателя.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Содержание доклада частично соответствует заявленной теме; - Тема не раскрыта; представлен обзор литературных и/или патентных источников по данной теме (старше 10 лет); изложение материала нелогично и недоступно; - Ответы на вопросы отсутствовали или не соответствовали заданной теме; - Выступление докладчика полностью не соответствует критериям: точность изложения, свободное владение материалом, культура речи и умение привлечь внимание аудитории, лаконичность изложения.

Процедура оценивания знаний, умений, навыков по дисциплине «Физические основы электроники» включает учет успешности выполнения лабораторных работ, самостоятельной работы, курсового проектирования, сдачи зачета в 5 семестре и экзамена в 6 и 7 семестрах.

Вопросы для зачета

Зачет сдается в 5 семестре.

1. Влияние потенциального барьера на термоэмиссию с катода.
2. Основные законы фотоэлемента .
3. Траектория электронов в ЭЛТС электростатическим управлением.
4. Фокусировка электронов в продольном магнитном поле.
5. Режим пространственного заряда и режим насыщения вакуумного диода.
6. Кинетическое уравнение Больцмана.
7. Уравнение баланса и его физический смысл.
8. Уравнение движения заряженных частиц в газе. Коэффициенты подвижности и диффузии.
9. Несамостоятельные и самостоятельные токи в газах.
10. Условие зажигания самостоятельного тока в газе.
11. Дебаевский радиус экранирования точечных зарядов в плазме.
12. Действие электрического поля на свойство плазмы.

13. Эффект Холла в плазме и его применение.
14. Основные типы газовых разрядов и их свойства.

Вопросы для экзамена

экзамен сдается в 6 и 7 семестрах.

Вопросы для экзамена в 6 семестре

1. Физические и математические модели процессов, определяющих величины концентраций носителей заряда в твердом теле.
2. Энергетические зонные диаграммы и энергетические уровни. Концентраций НЗ в невырожденном и вырожденном полупроводниках. Температурные зависимости концентраций НЗ и положения уровня Ферми в твердом теле.
3. Физика процессов токопрохождения в модели тонкого электронно-дырочного перехода (ЭДП). ВАХ моделей тонкого, толстого и ограниченного ЭДП. ВАХ и свойства контакта «металл-полупроводник». Барьерная и диффузионная емкости ЭДП. Основные виды рассеяния НЗ в твердом теле, температурная зависимость параметров рассеяния. Приповерхностная проводимость и эффект поля в твердом теле.
4. Классификация полупроводниковых диодов и транзисторов. Конструктивно-технологические особенности германиевых и кремниевых выпрямительных диодов. Вольт-амперные характеристики (ВАХ) германиевых и кремниевых выпрямительных диодов. Прямая ветвь диода при высоком уровне инжекции. Температурные зависимости прямых и обратных токов выпрямительных диодов. Температурные коэффициенты.
5. Прохождение тока через выпрямительный диод. Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) диода. Передача импульсного сигнала выпрямительным диодом. Характеристики и параметры искажения импульса при прохождении его через диод. Назначение и принцип действия низковольтных и высоковольтных стабилитронов. Параметры и характеристики стабилитронов.
6. Назначение и принцип действия туннельных диодов. Параметры и характеристики. Конструктивно-технологические особенности (КТО) туннельных диодов. Назначение и принцип действия варикапа. Параметры и характеристики варикапа. КТО варикапов.
7. Назначение, принцип действия и классификация биполярных транзисторов (БТ). Особенности процессов токопрохождения через кристаллическую структуру БТ. Схемы включения транзистора как четырехполюсника. Режимы работы транзистора. Семейства статических вольтамперных характеристик (ВАХ) биполярных транзисторов (БТ). Семейства входных и выходных ВАХ в схеме с общей базой, общим коллектором, общим эмиттером. Определение величин некоторых параметров транзистор из семейств ВАХ.
8. h - параметры БТ. Эквивалентная схема в h -параметрах. Физическая эквивалентная схема БТ ОБ по переменному току. Физическая эквивалентная схема БТ ОЭ и БТ ОК по переменному току. Соотношения пересчета параметров

БТ ОЭ и БТ ОБ. Определение величин параметров физической эквивалентной схемы из семейств статических ВАХ БТ.

9. Расчет аналитических выражений статических и динамических коэффициентов передачи тока БТ ОБ и БТ ОЭ. Расчет аналитических выражений входных и входных сопротивлений БТ ОБ и БТ ОЭ.

10. Входное и выходное сопротивления БТ ОК. Понятие рабочей точки БТ в электронной схеме. Аналитические выражения амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик БТ ОБ, БТ ОЭ и БТ ОК. Характерные высшие частоты БТ. Принципы и методы их повышения.

11. Применение эффекта поля для управления током в кристаллических структурах. Полевые транзисторы с управляющим переходом. Особенности процесса управления током стока. Физические модели семейства выходных ВАХ. Математические модели выходных и входных ВАХ полевого транзистора (ПТ) с переходом. Эквивалентная схема и частотные свойства ПТ. Аналитические выражения основных параметров ПТ.

12. Особенности КС и принципы управления током стока МДП транзисторов. Физическая модель выходной ВАХ МДП транзистора с индуцированным каналом. Математическая модель стоквых характеристик МДП транзисторов. КТО эквивалентная схема и частотные свойства МДП транзисторов.

13. Назначения и классификация тиристоров. Структура и ВАХ динистора. Физическая модель переключения, назначение шунтирования области базы. Назначение, структура и семейство ВАХ тринистора. КТО и области применения тринисторов.

Вопросы для экзамена в 7 семестре

1. Уравнения Максвелла, уравнения движения и непрерывности
2. Угол пролета электронов. Понятие наведенного тока.
3. Классификация СВЧ приборов.
4. Обобщенная схема СВЧ прибора О- типа.
5. Основные параметры СВЧ усилителей и генераторов.
6. Формирование электронных пучков в электронных пушках. Влияние пространственного заряда на формирование пучков. Понятие о компрессии и первеансе.
7. Магнитное сопровождение электронных пучков. Типы фокусирующих систем.
8. Коллекторы приборов СВЧ.
9. Сверхвысокочастотные электровакуумные приборы с сеточным управлением (триоды, тетроды, диакроды).
10. Основные параметры клистронных резонаторов и их эквивалентная схема.
11. Критерии оптимальности клистронных резонаторов, определяющие неразрывность процессов в электронном потоке и резонаторе.
14. Принцип отбора энергии от электронного потока резонансными и нерезонансными колебательными системами.

15. Основные параметры процесса взаимодействия электронов с СВЧ полем (Коэффициент эффективности взаимодействия M и относительная электронная проводимость $Ge/G0$).
16. Монотрон. Условия самовозбуждения.
17. Двухрезонаторный усилительный клистрон. Основные параметры и характеристики.
18. Пространственно-временная диаграмма для двухрезонаторного клистрона.
19. Отражательный клистрон. Группировка электронов в однородном тормозящем поле. Конвекционный ток. Энергетические соотношения взаимодействия электронов с высокочастотным полем в отражательном клистроне. Электронный КПД и зоны генерации.
20. Многорезонаторные клистроны.
21. Пути повышения КПД и полосы усиления клистронов (рекуперация, несинусоидальная скоростная модуляция, многозачерные резонаторы).
22. Многолучевые клистроны. Особенности конструкции резонаторов.
23. Конструкции и параметры клистронных резонаторов.
24. Методика оптимизации широкополосных клистронов.
25. Замедляющие системы. Конструкция и параметры.
26. Решение самосогласованной задачи взаимодействия электронов с полем замедляющей системы.
27. Усилитель на лампе бегущей волны типа О. Конструкция, основные параметры и характеристики.
28. Пути улучшения параметров ЛБВ.
29. Генератор на лампе обратной волны типа О.
30. Гибридные СВЧ приборы (клистрод, КРВ, твистрон).
31. Влияние переменного электрического и магнитных полей на движение электронов в скрещенных полях.
32. Статический режим работы цилиндрического магнетрона со сплошным анодом. Парабола критического режима.
33. Усилитель на лампе бегущей волны типа М.
34. Генератор на лампе обратной волны типа М.
35. Конструкция и параметры стабилотрона.
36. Многорезонаторный магнетрон: устройство и принцип работы.
37. Виды колебаний резонаторного блока в магнетроне; разделение видов колебаний.
38. Резонансная система магнетрона, виды колебаний.
39. Магнетроны, настраиваемые напряжением (митроны). Типичные конструкции, параметры и области применения.
40. Области применения СВЧ приборов и устройств.
41. Конструкция бытовой СВЧ печи.
42. Тенденции развития современной вакуумной электроники.

Тестовые задания по дисциплине

Тестовые задания по дисциплине в 5 семестре

Вопрос	Ответ
Уравнение движения заряженных частиц в вакууме	Уравнение Ньютона
Форма траектории электрона в электрическом поле в вакууме	Парабола
Форма траектории электрона в магнитном поле в вакууме	Винтовая линия
Скорость электрона v в электрическом поле в вакууме зависит от потенциала поля V	<ol style="list-style-type: none"> 1. $v \sim \sqrt{V}$ 2. $v \sim V$ 3. $v \sim V^{-1}$ + 4. $v \sim V^{-\frac{1}{2}}$
Как изменяется кинетическая энергия электрона в магнитном поле	Не меняется
Уравнение движения заряженных частиц в газе	Кинетическое уравнение Больцмана
Физический смысл функции распределения частиц по скоростям $f(\vec{v}, r, t) d\vartheta_x d\vartheta_y d\vartheta_z$	Доля частиц, находящихся в объеме со скоростями в диапазоне от \vec{v} до $\vec{v} + d\vec{v}$
Напряжение зажигания определяется формулой	<ol style="list-style-type: none"> 1. $Va^3 = \alpha_i \ln \left(1 + \frac{1}{\gamma_p} \right)$ 2. $Va^3 = \frac{1}{\alpha_i} \ln \left(1 + \frac{1}{\gamma_p} \right)$ + 3. $Va^3 = \alpha_i^2 \ln \left(1 + \frac{1}{\gamma_p} \right)$ 4. $Va^3 = \frac{1}{\alpha_i^2} \ln \left(1 + \frac{1}{\gamma_p} \right)$
Чем обуславливается начальный ток	Начальной скоростью вылета электрона

вакуумного диода	с катода
Как изменяется с ростом температуры фототок вакуумного диода	<ol style="list-style-type: none"> 1. Увеличивается 2. Уменьшается 3. Не изменяется
Уравнение вакуумного триода имеет вид	$\mu_i = S_i R_i$
Как изменяется крутизна вакуумного триода с ростом сеточного напряжения в области $V_c \leq 0$	Возрастает
Как изменяется крутизна вакуумного триода с ростом сеточного напряжения в области $V_c > 0$	Падает(уменьшается)
Как связан принцип стабилизации напряжения в вакуумном стабилитроне со свойствами нормального тлеющего разряда	Напряжение $V_a = const$
Почему электрическое поле слабо проникает в плазму газового разряда	В силу экранировки электрических зарядов зарядами плазмы
Возрастание тока в аномальном тлеющем разряде связано	С увеличением температуры катода за счет явления перезарядки ионов
Почему не удастся зажечь два параллельно включенных стабилитрона тлеющего разряда	Напряжение зажигания стабилитрона всегда меньше напряжения горения
Причина перегорания вакуумного стабилитрона тлеющего разряда подключенного к источнику питания без балластного резистора	Развитие дуги с холодным катодом
Подвижность заряженных частиц b в газе зависит от частоты столкновений ν	<ol style="list-style-type: none"> 1. $b \sim \frac{1}{\nu}$ + 2. $b \sim \nu$ 3. $b \sim \nu^2$ 4. $b \sim \frac{1}{\nu^2}$

Написать закон 3/2 для диода	$i_a = gV_a^{3/2}$
Написать закон 3/2 для триода	$i_a = g [(V_c + DV)_a]^{3/2}$
Как связана проницаемость D и коэффициент усиления триода	$D = -\frac{1}{\mu}$
Чувствительность электронно-лучевой трубки с электростатическим управлением зависит от ускоряющего напряжения V_a	<ol style="list-style-type: none"> 1. Пропорционально V_a 2. Обратно пропорционально V_a + 3. Пропорционально $\sqrt{V_a}$ 4. Обратно пропорционально $\sqrt{V_a}$
Чувствительность электронно-лучевой трубки с магнитным отклонением зависит от ускоряющего напряжения V_a	<ol style="list-style-type: none"> 1. Пропорционально V_a 2. Обратно пропорционально V_a 3. Пропорционально $\sqrt{V_a}$ 4. Обратно пропорционально $\sqrt{V_a}$ +
Особенность отклонения частиц в магнитном поле	Зависит от $\frac{e}{m}$
В каких системах отклонения используются магнитные системы отклонения	<ol style="list-style-type: none"> 1. V_a – мало 2. V_a - среднее значение 3. V_a - высоковольтная система +

Тестовые задания по дисциплине в 6 семестре

Примеры тестовых заданий приведены в [7].

Основные вопросы, включаемые в тестовые задания.

1. Процессы переноса зарядов в полупроводниках (дрейф, диффузия, генерация, рекомбинация).
2. Зонная диаграмма полупроводников, КМП p-n перехода (указать все уровни и параметры). Виды токов.
3. Виды пробоев.
4. Полупроводниковые диоды: выпрямительный диод (Si, Ge), импульсный диод туннельный диод, обращенный диод, варикап, стабилитрон, стабистор, диод Шоттки, p-i-n-диод, лавинно-пролетный диод. - ВАХ, основные параметры, конструкции, УГО, принцип работы.

5. Классификация диодов (по назначению по частотному диапазону по размеру перехода по конструкции).
6. Диодный мост.
7. Биполярный транзистор. Конструктивное оформление биполярного транзистора. Режимы работы биполярного транзистора. Токи в транзисторе. Физические процессы в биполярном транзисторе. Основные параметры биполярных транзисторов. Схемы включения транзистора (ОБ, ОЭ, ОК) и основные параметры, характеризующие каждую схему включения. Статические характеристики биполярного транзистора для каждой схемы включения (входные и выходные характеристики, характеристика обратной связи по напряжению, характеристика передачи по току). Транзистор как линейный четырехполюсник. системы z-параметров, у-параметров и h-параметров. Режимы работы транзистора.
8. Полевой транзистор. Упрощенная структура полевого транзистора с управляющим p-n-переходом. Основные процессы переноса носителей заряда. Схемы включения полевых транзисторов. Статические характеристики полевых транзисторов (управляющие (стокзатворные) и выходные (стоковые) характеристики). Основные параметры полевых транзисторов.
9. Полевые транзисторы с изолированным затвором. Структура полевого транзистора с изолированным затвором со встроенным каналом. Статические характеристики МДП-транзистора со встроенным каналом.
10. Транзистор с индуцированным (инверсионным) каналом. Структура. Статические характеристики МДП-транзистора с индуцированным каналом. Типовые передаточные характеристики n- и p-канальных полевых транзисторов
11. Тиристоры. Основные параметры тиристоров. Виды. Конструкции. Применение тиристоров Динистор. Режимы работы. Структура и энергетическая зонная диаграмма. ВАХ.

Тестовые задания по дисциплине в 7 семестре

1. *Общие сведения об особенностях СВЧ электроники*

2. *Основные соотношения электроники*

Уравнения Максвелла, уравнения движения и непрерывности. Комплексная теорема Умова–Пойнтинга. Возбуждение объемных резонаторов и волноводов заданными токами свободных зарядов. Теорема Шокли–Рамо о наведенном токе. Пролетный коэффициент.

3. *Приборы О - типа*

Общие положения для приборов О-типа с кратковременным взаимодействием. Модуляция электронного потока по скорости. Группировка модулированного электронного потока в свободном пространстве. Учет влияния объемного заряда на процесс группировки. Конвекционный ток. Использование резонаторов для преобразования энергии электронного пучка в СВЧ энергию.

Пролетный клистрон. Двухрезонаторный усилительный пролетный клистрон. Основные параметры пролетного клистрона. Клистрон в роли генератора. Многорезонаторные клистроны. Клистроны с распределенным взаимодействием.

Отражательный клистрон. Группировка электронов в однородном тормозящем поле. Конвекционный ток. Энергетические соотношения взаимодействия электронов с высокочастотным полем в отражательном клистроне. Электронный КПД и зоны генерации.

СВЧ устройства с непрерывным взаимодействием типа О. Группировка электронов немодулированного потока в переменном поле стоячей волны. Конвекционный ток. Мощность взаимодействия немодулированного электронного потока с переменным полем стоячей волны. Моноотрон. Группировка электронов в бегущей волне постоянной амплитуды. Замедляющие системы. Однородные и неоднородные замедляющие системы. Взаимодействие модулированного электронного потока с бегущей волной. Решение самосогласованной задачи взаимодействия электронов с полем замедляющей системы.

Лампа бегущей волны – ЛБВО. Усилитель обратной волны – ЛОВО. Генераторы прямой и обратной волны.

4. Приборы М - типа

Магнетрон. Основные типы колебаний в магнетроне. Статический режим работы цилиндрического магнетрона со сплошным анодом. Парабола критического режима. Многорезонаторный магнетрон. Свойства резонансной системы магнетронных генераторов. Динамический режим работы многорезонаторного магнетрона. Пороговая прямая. КПД магнетрона. Коаксиальный и обращенный магнетроны. Релятивистский магнетрон.

ЛОВМ и ЛБВМ. Принцип действия. Характеристики ЛБВМ и ЛОВМ. Усилители М–типа. Амплитроны. Дематроны.

5. Приборы с модуляцией пучка путем его круговой развертки

Гирокон. Принцип работы гирокона. Магникон и его принцип работы

Оценка	Критерии
5	Студент верно ответил на 10 вопросов теста
4	Студент верно ответил на 8-9 вопросов теста,
3	Студент верно ответил на 5-7 вопросов теста,
2	Студент верно ответил не более, чем на 4 вопросов теста

14.Образовательные технологии

Лекционный курс читается с применением *информационно-коммуникационных образовательных технологий* (организация образовательного процесса, основанная на применении специализированных программных сред и

технических средств работы с информацией). Изложение всего материала (*лекции-визуализации*) сопровождается презентациями (демонстрацией учебных материалов, представленных в различных знаковых системах, в т.ч. иллюстративных, графических).

Коллоквиумы проводятся с применением *интерактивных технологий и технологий проблемного обучения* (лекция-дискуссия, в ходе которой решается комплексная учебная задача).

При проведении лабораторных работ наряду с *традиционными образовательными технологиями* (лабораторная работа – организация учебной работы с реальными материальными и информационными объектами, экспериментальная работа с аналоговыми моделями реальных объектов) применяются *технологии проблемного обучения* (проведение практикумов - организация учебной работы, направленная на решение комплексной учебно-познавательной задачи, требующей от студента применения как научно-теоретических знаний, так и практических навыков) и технологии проектного обучения (выполнение творческих и информационных проектов).

15. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Для 5 семестра:

Обязательные издания

1. Максина Е.Л. Электроника [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Максина Е.Л.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Научная книга, 2012.— 159 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6270> .— ЭБС «IPRbooks», по паролю

2. Толмачев В.В. Физические основы электроники [Электронный ресурс]/ Толмачев В.В., Скрипник Ф.В.— Электрон. текстовые данные.— Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2011.— 496 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16656> .— ЭБС «IPRbooks», по паролю

3. Сигов А.С. Электроника: Учеб. пособие [Электронный ресурс] /А.С. Сигов, В.И. Нефедов,А.А. Щука; Под ред. А.С. Сигова.-М.: Абрис, 2012.- 348 с. Режим доступа : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785437200728.html>

Дополнительные издания

4. Голант, В. Е. Основы физики плазмы : учеб. пособие / В. Е. Голант, А. П. Жилинский, И. Е. Сахаров. - 2-е изд., испр. и доп. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2011. - 448 с. : ил. ; 21 см. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 425-438. - ISBN 978-5-8114-1198-6 Экземпляры всего: 10

5. К.Е. Демихов, Ю.В. Панфилов, Н.К. Никулин Вакуумная техника: справочник [Электронный ресурс] / К.Е. Демихов, Ю.В. Панфилов, Н.К. Никулин и др.; под общ. ред. К.Е. Демихова, Ю.В. Панфилова. 3-е изд., перераб. и доп. М.:

6. Битнер Л.Р. Вакуумная и плазменная электроника [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Битнер Л.Р.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2007.— 148 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13920>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

Периодические издания

7. Ульянов Д.К. «Диффузионный положительный столб электрического разряда в поперечном магнитном поле» Письма в ЖТФ, Т. 37, Вып. 5, 2011

8. Банковский А.С., Захаров А.А., Подшивалова А.А. Свойства ограничений низкотемпературной плазмы в поперечном магнитном поле в случае однородного амбиполярного поля. -Известия вузов,2011,С.7-10

9. Банковский А.С., Захаров А.А., Иванова А.А. Электрофизические свойства плоской газоразрядной плазмы, ограниченной диэлектрическими стенками.- Радиотехника,2015,№7,стр.48-53

Источники ИОС

10 Физические основы электроники. Режим доступа: <https://portal3.sstu.ru/Facult/INETM/EPU/ELNE/B.1.1.16-5/default.aspx>
По паролю.

Для 6 семестра:

Обязательные издания

1. Бурбаева Н.В. Основы полупроводниковой электроники [Электронный ресурс]/ Бурбаева Н.В., Днепровская Т.С.— Электрон.текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012.— 312 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/24504>.— ЭБС «IPRbooks»

2. Игумнов Д.В. Основы полупроводниковой электроники [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Игумнов Д.В., Костюнина Г.П.— Электрон.текстовые данные.— М.: Горячая линия - Телеком, 2011.— 394 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12016>.— ЭБС «IPRbooks»

3. Зегря Г.Г. Основы физики полупроводников [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Зегря Г.Г., Перель В.И.— Электрон.текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009.— 336 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12941>.— ЭБС «IPRbooks»

Дополнительные издания

4. Троян П.Е. Твердотельная электроника [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Троян П.Е.— Электрон.текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2006.— 321 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13982>.— ЭБС «IPRbooks»,

5. Лебедев А.И. Физика полупроводниковых приборов [Электронный ресурс]/ Лебедев А.И.— Электрон.текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008.— 488 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12950> .— ЭБС «IPRbooks», по паролю

6. Толмачев В.В. Физические основы электроники [Электронный ресурс]/ Толмачев В.В., Скрипник Ф.В.— Электрон. текстовые данные.— Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2011.— 496 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16656>. — ЭБС «IPRbooks», по паролю

Источники ИОС

7. Физические основы электроники. Режим доступа: <https://portal3.sstu.ru/Facult/INETM/EPU/ELNE/V.1.1.16-6/default.aspx>. По паролю.

Для 7 семестра:

Обязательные издания

1 Соколова Ж.М. 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», по паролю

2 Сигов А.С. Электроника [Электронный ресурс]: учебное пособие/ А.С. Сигов, В.И. Нефедов, А.А. Щука; Под ред. А.С. Сигова.-М.: Абрис.- Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785437200728.html>.- ЭБС "Электронная библиотека технического ВУЗа"

3 Максина Е.Л. Электроника [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Максина Е.Л.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Научная книга, 2012.— 159 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6270>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

Дополнительные издания

4 Теория и техника СВЧ [Электронный ресурс]: учебное пособие/ А.И. Астайкин [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Саров: Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, 2008.— 464 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/18460>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

5 Банков С.Е. Анализ и оптимизация СВЧ-структур с помощью HPSS [Электронный ресурс]/ Банков С.Е., Курушин А.А., Разевиг В.Д.— Электрон. текстовые данные.— М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2009.— 216 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/8676>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.

6 Битнер Л.Р. Вакуумная и плазменная электроника [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Битнер Л.Р.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2007.— 148 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13920>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

7 Яфаров Р.К. Физика СВЧ вакуумно-плазменных нанотехнологий [Электронный ресурс]/ Яфаров Р.К.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009.— 216 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17494>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

1. Григорьев А.Д., Иванов В.А., Молоковский С.И. Микроволновая электроника: Учебное пособие/Под ред. А.Д.Григорьева - СПб.: Издательство «Лань», 2016. – 496с.: ил. – (Учебник для вузов. Специальная литература).

8 Трубецков Д.И. Лекции по сверхвысокочастотной электронике для физиков. Том 1 [Электронный ресурс]/ Трубецков Д.И., Храмов А.Е.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003.— 496 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17302> .— ЭБС «IPRbooks», по паролю.

9 Трубецков Д.И. Лекции по сверхвысокочастотной электронике для физиков. Том 2 [Электронный ресурс]/ Трубецков Д.И., Храмов А.Е.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004.— 647 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17303> .— ЭБС «IPRbooks», по паролю.

Интернет-ресурсы

10 www.emss.de - сайт компании EMSS, разработчика комплекса программ FEKO

11 <http://www.feko.info> - сайт программы FEKO

12 www.ansoft.com – сайт компании Ansoft – разработчика программы HFSS Ansoft

13 www.microwavestudio.com – сайт компании-разработчика программы Microwave Studio CST.

14 <http://lib.sstu.ru> – Главная страница сайта НТБ СГТУ имени Гагарина Ю.А.

Периодические издания

15. Радиотехника и электроника:рАН.-М.:Наука,1956-.-Выходит ежемесячно.- ISSN 0033-8494(2010-2012)

16. САПР и графика [Текст].-М.:ООО «Компьютер Пресс»,1996-.-Выходит ежемесячно.- ISSN 1560-4640(2001-2012)

17. Известия вузов. Материалы электронной техники [Текст]. – М. : Изд.дом «Руда и Металлы », 1998 - . – Выходит ежеквартально. – ISSN 1609-3597 (2008-2012)

18. Электротехника сетевой электронный научный журнал. ISSN 2313-8742 Режим доступа : http://elibrary.ru/title_about.asp?id=51219

19. Электронная техника. серия 1: СВЧ-техника. ISSN 1990-9012 Режим доступа: http://elibrary.ru/title_about.asp?id=9294

Источники ИОС

20. Физические основы электроники. Режим доступа: <https://portal3.sstu.ru/Facult/INETM/EPU/ELNE/B.1.1.16-7/default.aspx>, по паролю.

16. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническое обеспечение модуля: доступ к фондам учебных пособий, библиотечным фондам с периодическими изданиями по соответствующим темам, наличие компьютеров, подключенных к сети Интернет, и с необходимым программным обеспечением. Учебная дисциплина «Физические основы электроники» обеспечена учебно-методической документацией (компонент учебно-методического комплекса по дисциплине).

Чтение лекций проводится в лекционной аудитории, обеспеченной мультимедийными средствами: персональный компьютер, проектор (презентационная лекционная часть доступна обучающимся в локальной сети). Лабораторные занятия по дисциплине проводятся в аудитории оборудованной установками для проведения экспериментальных работ.

Информационное и учебно-методическое обеспечение: ЭБС «IPRbooks», электронная библиотека СГТУ имени Гагарина Ю.А., электронная информационно-образовательная среда СГТУ имени Гагарина