

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



УТВЕРЖДАЮ
Декан РТФ

УТВЕРЖДАЮ /А.Н. Дедов/
(Ф.И.О. декана (директора института))

10.03.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

С.1.1.21 Физические основы электроники

(код и наименование дисциплины по учебному плану)

Направление подготовки
(специальность)

11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Квалификация выпускника

Инженер

(бакалавр/магистр/специалист)

Специализация

Радиолокационные системы и комплексы

Курс 2
Семестр 4

Распределение учебного времени

Трудоемкость по учебному плану	144 / 4	часов/зачетных единиц
Лекции	36	часов
Лабораторные работы	36	часов
Практические занятия	-	часов
Иная контактная работа	-	часов
Всего контактной работы (без учета экз.)	72	часов
Контактная работа по экзамену	6	часов
Курсовой проект (работа)	-	семестр
Самостоятельная работа обучающихся (без учета экз.)	36	часов
Самостоятельная работа по подготовке к экзамену	30	часов
Экзамен	4	семестр
Зачет	-	семестр
БРК, ДЗ	-	семестр

(год)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО направления подготовки (специальности) 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Программу составили:

доцент с ученой степенью кандидата наук	КиПР	СОГЛАСОВАНО	А.В. Мороз
(должность)	(кафедра)		(И.О. Фамилия)

РАССМОТРЕНА и ОДОБРЕНА на заседании кафедры, за которой закреплена дисциплина
Кафедра конструирования и производства радиоаппаратуры

(наименование кафедры)			
20.01.2025	протокол №	12	
(дата)			
Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	Н.И. Сушенцов	
		(И.О. Фамилия)	

Рабочая программа СОГЛАСОВАНА с факультетом (институтом), выпускающей(ими)
кафедрой(ами).
СООТВЕТСТВУЕТ действующей ОП.

Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	Р.Г. Хафизов
		(И.О. Фамилия)

Председатель методической комиссии факультета (института), в который входит
выпускающая кафедра

СОГЛАСОВАНО	А.Н. Дедов
	(И.О. Фамилия)

Эксперт(ы): Власов Никита Михайлович, заместитель главного конструктора АО
Марийский машиностроительный завод - заместитель начальника НТЦ «Коралл»
Рабочая программа проверена и зарегистрирована в УМЦ 12.03.2025 г.
Специалист учебно-методического центра СОГЛАСОВАНО /Т.А. Смирнова/

Раздел 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является достижение планируемых результатов обучения, соответствующих установленным в ОПОП индикаторам достижения компетенций:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения
1. ОПК-1 Способен представить адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	ОПК-1.1 Знает фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы	знания: основы физики твердого тела; принципы использования физических эффектов в твердом теле в электронных приборах и устройствах твердотельной электроники; - основных методов и средств измерения параметров и характеристик приборов твердотельной, квантовой и плазменной электроники и методов их моделирования умения: навыки:
	ОПК-1.2 Умеет применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера	знания: умения: - учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;- применять методы и средства измерения физических параметров приборов твердотельной, квантовой и плазменной электроники. навыки:
	ОПК-1.3 Владеет навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач	знания: умения: навыки: - методами расчета характеристик приборов твердотельной, квантовой и плазменной электроники; - готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций
2. ОПК-2 Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и	ОПК-2.1 Знает современное состояние области профессиональной деятельности	знания: современные достижения в области электроники, физики твердого тела умения: навыки:
	ОПК-2.2 Умеет искать и представлять актуальную информацию о состоянии предметной области	знания: умения: - находить данные о современных тенденциях развития электроники, радиотехники, наноэлектроники навыки:

применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и принятия решений	ОПК-2.3 Владеет навыками работы за персональным компьютером, в т.ч. пакетами прикладных программ для разработки и представления документации	знания: умения: навыки: - основными приемами обработки и представления экспериментальных данных - способностью строить простейшие физические и математические модели приборов твердотельной, квантовой и плазменной электроники, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования;
---	--	---

Раздел 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина относится к обязательной части ОПОП.

Дисциплина является обязательной

Для продолжения формирования заявленных компетенций необходимы знания предшествующих дисциплин: Математика (ОПК-1), Физика (ОПК-1), Химия (ОПК-1), Теоретические основы электротехники (ОПК-1), Математика (ОПК-2), Физика (ОПК-2), Химия (ОПК-2), Теоретические основы электротехники (ОПК-2), Материалы и компоненты электронной техники (ОПК-2)

Изучаемая дисциплина является основой для продолжения формирования указанных компетенций в следующих дисциплинах: Электромагнитные поля и волны (ОПК-1), Электромагнитные поля и волны (ОПК-2), Цифровые устройства и микропроцессоры (ОПК-2); государственной итоговой аттестации в форме: Выполнение и защита выпускной квалификационной работы (ОПК-1), Выполнение и защита выпускной квалификационной работы (ОПК-2)

Раздел 3. ОПИСАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Для формирования заявленных компетенций используются методологические технологии, реализующие деятельностный, личностно-ориентированный, практико-ориентированный подходы.

Основными стратегическими технологиями являются: дискуссионные, исследовательские, лекционные занятия, практические и лабораторные занятия, процедуры самообучения

На достижение конкретных целей обучения направлены применяемые тактические технологии: задания, классическая лекция, лекция-провокация, мини-проекты, проблемная лекция

Раздел 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4 семестр

Виды и темы занятий	Количество часов	Формируемые компетенции
Раздел №1 физические начала, лежащие в основе физики полупроводников	42	ОПК-1, ОПК-2
Лекция. Лекция 1 Структура и свойства твердых тел	2	
Лекция. Лекция 2 Физические основы квантовой механики	4	
Лекция. Лекция 3 Элементы статистической физики	4	
Лекция. Лекция 4 Элементы зонной теории твердых тел	4	
Лабораторная работа. ЛР 1 Исследование параметров	4	

полупроводников		
Самостоятельная работа. Подготовка к лекции 1 решение теста на электронном курсе	2	
Самостоятельная работа. Подготовка к лекции 2 решение теста на электронном курсе	2	
Самостоятельная работа. Подготовка к лекции 3 решение теста на электронном курсе	2	
Самостоятельная работа. Подготовка к лекции 4 решение теста на электронном курсе	2	
Самостоятельная работа. Подготовка к ЛР № 1 Написание отчета подготовка к защите	4	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение Самостоятельная работа включает в себя подготовка к тестированию по пройденному на лекциях материалу, тестирование на электронном курсе, подготовка отчетов к ЛР и к процедуре защиты. Конкретные наименования видов работ и времени отводимом на самостоятельную работу указаны в тематическом плане.	12	
Раздел № 2 физические основы работы п/п приборов	74	ОПК-1, ОПК-2
Лекция. Лекция 5 Электропроводность твердых тел	4	
Лабораторная работа. ЛР2 Исследование п/п с помощью эффекта Холла/	4	
Лекция. Лекция 6 Равновесные и неравновесные носители заряда	4	
Лекция. Лекция 7 Контактные явления	4	
Лабораторная работа. ЛР 2 Контакт металл-полупроводник	4	
Лабораторная работа. ЛР 3 Исследование транзисторов/тиристор	4	
Лабораторная работа. ЛР 4 Исследование р-п перехода/ диодов/ стабилитронов/ варикапов	6	
Лабораторная работа. ЛР 5 Определение потенциала Ферми в п/п с помощью коэффициента термоЭДС	4	
Лабораторная работа. ЛР 6 Исследование эффекта Пельтье	4	
Самостоятельная работа. Подготовка к лекции 5 решение теста на электронном курсе	2	
Самостоятельная работа. Подготовка к лекции 6 решение теста на электронном курсе	2	
Самостоятельная работа. Подготовка к лекции 7 решение теста на электронном курсе	2	
Самостоятельная работа. Подготовка к ЛР № 2 Написание отчета подготовка к защите	2	
Самостоятельная работа. Подготовка к ЛР № 3 Написание отчета подготовка к защите	2	
Самостоятельная работа. Подготовка к ЛР № 4 Написание отчета подготовка к защите	4	
Самостоятельная работа. Подготовка к ЛР № 5 Написание отчета подготовка к защите	2	
Самостоятельная работа. Подготовка к ЛР № 6 Написание отчета подготовка к защите	2	

Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение Самостоятельная работа включает в себя подготовка к тестированию по пройденному на лекциях материалу, тестирование на электронном курсе, подготовка отчетов к ЛР и к процедуре защиты. Конкретные наименования видов работ и времени отводимом на самостоятельную работу указаны в тематическом плане.	18	ОПК-1, ОПК-2
Раздел № 3 физические основы работы тонкопленочных приборов	58	
Лекция. Лекция 8 Поверхностные явления в ПП	4	
Лекция. Лекция 9 Электронные процессы в тонких пленках	4	
Лекция. Лекция 10 Перспективы микроэлектроники	2	
Лабораторная работа. ЛР 7 Исследование полевого транзистора	6	
Самостоятельная работа. Подготовка к ЛР № 7 Написание отчета подготовка к защите	4	
Самостоятельная работа. Подготовка к лекции 8 решение теста на электронном курсе	2	
Самостоятельная работа. Подготовка к экзамену	30	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение Самостоятельная работа включает в себя подготовка к тестированию по пройденному на лекциях материалу, тестирование на электронном курсе, подготовка отчетов к ЛР и к процедуре защиты. Конкретные наименования видов работ и времени отводимом на самостоятельную работу указаны в тематическом плане.	6	
Иная контактная работа: консультации	0	
Подготовка к экзамену	30	
Проведение экзамена	6	

Раздел 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины Физические основы электроники рекомендуется начать с ознакомления с рабочей программой, ее структурой и содержанием разделов. Учебный материал структурирован, изучение дисциплины осуществляется в тематической последовательности.

Занятия лекционного типа дают систематизированные знания по дисциплине Физические основы электроники, концентрируют внимание на наиболее сложных и важных вопросах. Во время лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала; обращать внимание на формулировки и категории, раскрывающие суть проблемы, явления или процесса; зафиксировать выводы и практические рекомендации.

Подготовка к занятиям семинарского типа включает ознакомление с планом лабораторного занятия; работу с конспектом лекций, выполнение домашнего задания, работу с учебной и учебно-методической литературой, научными изданиями и электронными образовательными ресурсами, рекомендованными рабочей программой дисциплины Физические основы электроники.

Содержание **самостоятельной работы** определяется рабочей программой дисциплины "Физические основы электроники", оценочными и методическими материалами, заданиями и указаниями преподавателя. Самостоятельная работа может осуществляться в аудиторной и внеаудиторной формах. Эффективным средством осуществления самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к образовательной программе, рабочей программе дисциплины

Физические основы электроники", к электронным библиотечным системам, профессиональным базам данных и информационным справочным системам. Изучение дисциплины Физические основы электроники" включает выполнение лабораторных работ, выполнение тестов по лекциям, сдачи итогового контрольного задания.

Периодичность проведения, формы текущего контроля успеваемости, система оценивания хода освоения дисциплин представлены в рабочей программе. Формой промежуточной аттестации по дисциплине Физические основы электроники

Раздел 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебно-методическое обеспечение

№№ п/п	Список используемой литературы	Количество экземпляров печатных изданий, имеющих в библиотеке, или электронный адрес издания (ресурса) в сети Интернет
УЧЕБНЫЕ, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ И НАУЧНЫЕ ИЗДАНИЯ		
1.	Игумнов, Владимир Николаевич. Физические основы микроэлектроники [Текст] : [учеб. пособие для студентов вузов по направлению подгот. "Проектирование и технология электрон. средств" : регистрацион. номер рецензии 389 от 30.06.09, МГУП] / В. Н. Игумнов. Изд. 2-е, перераб. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2010. - 295 с. ISBN 978-5-8158-0779-2. Экземпляры: всего 145.	145 / https://portal.volgatech.net/books/Igumnov.pdf
2.	Физические процессы в биполярном транзисторе [Текст] : [метод. указания к выполнению лаб. работы] / [сост. В. Н. Игумнов]. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2010. - 32 с. Экземпляры: всего 67.	67
3.	Игумнов, Владимир Николаевич. Физические основы микроэлектроники и электроники [Текст] : учеб.-метод. пособие / В. Н. Игумнов. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2010. - 55 с. Экземпляры: всего 99.	99 / https://portal.volgatech.net/books/Igumnov_FOMJE.pdf
4.	Мороз, Андрей Викторович. Физические основы микроэлектроники [Текст] : лабораторный практикум по дисциплине "Физические основы электроники". Часть 1 : Исследование параметров полупроводников, 2024. - 59 с. Экземпляры: всего 2.	2 / https://portal.volgatech.net/books/Moroz_Fizicheskiye_osnovy_mikroelektroniki_2024.pdf
5.	Физические основы оптоэлектроники [Текст] : метод. указания к выполнению лаб. работ для студентов специальностей 200800, 201500 / сост. В. Н. Игумнов ; МарГТУ. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2002. - 51 с. Экземпляры: всего 18.	18 / https://portal.volgatech.net/books/Igumnov_fizicheskiye_osnovi_optoelektroniki_2002.pdf
6.	Физические основы акустоэлектроники [Текст] : метод. указания к выполнению лаб. работ для студентов специальностей 200800, 201500 / [сост. В. Н. Игумнов]. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2002. - 29 с. Экземпляры: всего 47.	47 / https://portal.volgatech.net/books/Igumnov_fizicheskiye_osnovi_akustoelektroniki_2002.pdf
7.	Физические основы функциональной электроники [Текст] : метод. указания к выполнению лаб. работ для студентов специальности 200800 / [сост. В. Н. Игумнов] ;	14 / https://portal.volgatech.net/books/Igumnov_fiz_osnovi_fu

МарГТУ. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2004. - 53 с.	nkcion_elektroniki_2004.pdf
Экземпляры: всего 14.	

6.2. Материально-техническая база и программное обеспечение

№№ п/п	Аудитории для проведения учебных занятий, самостоятельной работы и проведения государственной итоговой аттестации	Перечень основного оборудования	Программное обеспечение
1.	410 (III)	Автоматизир-я лаб. установка д/исследования полупроводн.материалов с ПЭВМ. (1), Атоматизированный комплекс по исследованию характеристик пленок и джозеф. структур на основе высокотемпер.и сверхпровод.материалов (1), Зонд измерительный М 1 с ПХВ 606817А (1), Зонд измерительный М 1 с ПХВ 606818А (1), Источник питания АТН-1165 (1), КАРАЛТНРЦОГР ТВ-4805 (1), Лабораторный комплекс для исслед. вольт.-фарадных характеристик (1), Лабораторный комплекс для исслед. одноком. и многокоп.проводниковых материалов (1), Лабораторный комплекс для исслед. фотоэлектрич.свойств материалов и полупровд.пр (1), Осциллограф цифровой ADS-2061М (1), Установка ФПК-06"Изучение р-п перехода" (1), Установка ФПК-07"Изучение температ.зависим. электропроводности металлов и п/проводн, (1), ХАРАКТЕРИОГРАФ ТР (1), Комплект учебной мебели (1)	Microsoft Windows Enterprise, Microsoft Office Standard, Агент Dr.Web, Microsoft Access, Microsoft Visio Professional, Microsoft Project Professional, Microsoft Visual Studio Enterprise, Комплект ПО для решения основных пользовательских задач

Раздел 7. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ/ ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Критерии оценивания индикаторов достижения компетенций направлены на:

- усвоение теоретического материала (объем знаний, глубина усвоения), предусмотренного рабочей программой;
- умение излагать материал (четкость, грамотность изложения материала, точность и полнота воспроизведения учебного материала);
- умение применять теоретические знания при решении практических заданий.

Шкала оценивания представлена ниже.

Уровень сформированности элементов компетенции	Критерии оценивания	Шкала оценивания
Пороговый уровень	Обучающийся имеет знания основного материала, проявляет умение логично его излагать, но может допускать неточности в изложении материала, недостаточно правильные формулировки, испытывает затруднения в выполнении практических заданий.	удовлетворительно
Продвинутый уровень	Обучающийся твердо знает программный материал, излагает его грамотно и по существу, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения	хорошо
Высокий уровень	Обучающийся глубоко и прочно усвоил программный материал, грамотно и логически стройно его излагает, дает исчерпывающие ответы на поставленные вопросы. В ответе тесно увязывается теория с практикой, при этом обучающийся не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, показывает знакомство с монографической литературой, периодическими изданиями, правильно обосновывает принятые решения, свободно владеет разносторонними навыками, приемами выполнения практических работ	отлично

7.1. Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины (модуля) и производится с применением технологии рейтингового контроля в соответствии с технологической картой дисциплины. Порядок составления технологической карты и алгоритм проведения процедуры оценивания видов деятельности обучающихся, направленных на освоение знаний, умений, навыков и/или опыта деятельности, по накопительной системе в баллах устанавливается положением о системе РИТМ в ФГБОУ ВО «ПГТУ»

7.2. Промежуточная аттестация обучающихся

Промежуточная аттестация обучающихся направлена на оценивание результатов обучения по дисциплине (модулю) и проводится с использованием фондов оценочных средств.

Примеры типовых контрольных заданий из базы фонда оценочных средств по образовательной программе.

Какие примесные уровни в полупроводниках называются глубокими?

Какими особыми числами определяется состояние электронов в атоме?

Какой полупроводник называется донорным?

Какой полупроводник называется полностью компенсированным?

Сколько электронных уровней и каким образом расщепляются в изолированном атоме при образовании кристалла?

Каков механизм поставки дополнительных электронов примесными атомами в донорном полупроводнике?

Почему металлы и полупроводники различаются способностью проводить электрический ток при температуре 0 К?

Что происходит с дискретными энергетическими уровнями электронов в изолированных атомах при объединении последних в кристалл?

Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации

1. Уравнение Шредингера. Волновая функция
2. Свободный электрон
3. Электрон в потенциальной яме
4. Туннельный эффект
5. Водородподобный атом
6. Функция Ферми-Дирака
7. Функция Бозе-Эйнштейна и Максвелла-Больцмана
8. Решетки Бравэ
9. Структура и свойства тонких пленок
10. Жидкие кристаллы
11. Зонная структура твердых тел
12. Дефекты в кристаллах
13. Примесные уровни в полупроводниках
14. Концентрация носителей и уровень Ферми в собственных полупроводниках
15. Концентрация носителей и уровень Ферми в примесных полупроводниках
16. Проводимость и подвижность носителей
17. Проводимость металлов и сплавов
18. Проводимость полупроводников
19. Равновесные и неравновесные носители
20. Уравнение непрерывности
21. Фоторезистивный эффект
22. Фотовольтаический эффект
23. Эффект Ганна
24. Контакт металл-полупроводник
25. P-n переход. Равновесное состояние. Диоды
26. P-n переход. Прямое включение

27. Р-п переход. Обратное включение. Пробой
28. Приборы на двух р-п переходах
29. Приборы на трех р-п переходах
30. Эффект Пельтье
31. Эффект Зеебека
32. Эффект поля. Полевые транзисторы
33. Излучательные и безизлучательные процессы в полупроводниках. Полупроводниковые светодиоды, их особенности и характеристики.
34. Усиление и генерация электромагнитного излучения. Излучательные и безизлучательные процессы в полупроводниках. Полупроводниковые светодиоды, их особенности и характеристики.
35. Усиление и генерация электромагнитного излучения.
36. Принцип работы мазеров и лазеров; инверсия населенностей.
37. Приборы оптического диапазона: газовые лазеры, их особенности и характеристики.
38. Газоразрядные лазеры на смеси гелия и неона; молекулярные лазеры; газодинамические лазеры; эксимерные лазеры.
39. Полупроводниковые лазеры. Активные материалы инжекционных лазеров. ограничения. Гетеролазеры.
40. Лазеры с отдельным оптическим и электронным ограничением. Лазеры на квантовых ямах и квантовых точках.
41. Приемники оптического излучения, их классификация и технические характеристики.
42. Полупроводниковые фотоприемники: фоторезисторы, фотодиоды, р-і-п-фотодиоды и лавинные фотодиоды, солнечные фотоэлементы.
43. Особенности оптической электроники. Терминология, основные понятия и определения.
44. Физические основы квантовой и оптической электроники: энергетические состояния квантовых систем.
45. Оптоэлектронные пары, оптроны.
46. Логические элементы на оптоэлектронных парах.
47. Основная тенденция развития электроники. Микроминиатюризация и интеграция.
48. Полупроводниковые приборы микроэлектроники.
49. Физические и технологические ограничения микроэлектроники.
50. Функциональная электроника. Перспективные направления развития.
51. Определение понятий: вакуум, ионизованный газ и плазма, газовый разряд.
52. Элементарные процессы при взаимодействии электронов, атомных частиц и ионов.
53. Модели для описания потоков заряженных частиц и плазмы.

54. Основы эмиссионной электроники: термоэлектронная, автоэлектронная, взрывная,
55. Вторичная электронная, вторичная ионно-электронная, фотоэлектронная электроника.
56. Вторичная ионно-ионная электроника, ионное распыление; эмиссионные свойства плазмы.
57. Формирование потоков заряженных частиц (ПЗЧ) различной интенсивности: электронные и ионные прожекторы и пушки.
58. Транспортировка потоков заряженных частиц: методы управления поперечным сечением, интенсивностью, вектором и модулем скорости.
59. Электростатические, магнитные и плазмооптические системы, динамические способы управления; ускорение ионных потоков в плазме.
60. Методы генерации плазмы, типы и основные характеристики газовых разрядов, общие свойства плазмы.
61. Диагностика потоков заряженных частиц и плазмы.
62. Применение потоков заряженных частиц в электронике.
63. Применение плазмы и газовых разрядов в электронике.