

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ  
Декан ФРТЭ В.А. Небольсин  
«29» июня 2018 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины

«Вакуумная и плазменная электроника»

Направление подготовки 16.03.01 ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Профиль Физическая электроника

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2018

Автор программы

/Костюченко А.В./

Заведующий кафедрой  
Физики твердого тела

/Калинин Ю.Е./

Руководитель ОПОП

/Янченко Л.И./

Воронеж 2018

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1. Цели дисциплины** – формирование знаний и навыков в области физики вакуума и плазмы, физических явлений и процессов, лежащих в основе принципов работы приборов вакуумной и плазменной электроники

### 1.2. Задачи освоения дисциплины

Формирование знаний о физико-технических основах вакуумной и плазменной электроники: законах эмиссии, способах формирования и транспортировки потоков заряженных частиц в вакууме и плазме, способах управления параметрами и преобразования энергии потоков заряженных частиц в другие виды энергии; формирование представлений об областях применения и перспективах развития приборов вакуумной и плазменной электроники; формирование навыков применения полученных знаний для теоретического анализа и экспериментального исследования физических процессов, лежащих в основе принципов работы приборов вакуумной и плазменной электроники

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Вакуумная и плазменная электроника» относится к дисциплинам вариативной части (дисциплина по выбору) блока Б1.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Вакуумная и плазменная электроника» направлен на формирование следующих компетенций:

ДПК-1 - готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований, готовить и представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций

ДПК-2 - готовностью учитывать тенденции развития современной науки, техники и технологии по выбранному профилю технической физики в своей профессиональной деятельности

ОПК-1 - способностью использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ДПК-1	знать способы представления результатов исследований
	уметь читать и понимать справочную и специальную литературу в области плазменных технологических процессов
	владеть навыками анализа и систематизации результаты исследований вакуумных и плазменных процессов, представления результатов в виде презентаций и публикаций
ДПК-2	знать законы эмиссии, способы формирования и

	транспортировки потоков заряженных частиц в вакууме и плазме, применяемые в современных устройствах науки и техники
	уметь проводить анализ конкретных плазменных процессов в современных устройствах науки и техники
	владеть навыком разработки современных устройств вакуумной и плазменной электроники
ОПК-1	знать способы управления параметрами и преобразования энергии потоков заряженных частиц в другие виды энергии
	уметь применять полученные знания для экспериментального исследования физических процессов, лежащих в основе принципов работы приборов вакуумной и плазменной электроники
	владеть навыками использования полученных знаний для теоретического анализа характеристик приборов вакуумной и плазменной электроники

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Вакуумная и плазменная электроника» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий  
**очная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		8
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	78	78
В том числе:		
Лекции	48	48
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	12	12
<b>Самостоятельная работа</b>	75	75
Часы на контроль	27	27
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	180	180
зач.ед.	5	5

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий**

**очная форма обучения**

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Введение	Вакуумная и плазменная электроника (ВПЭ) – важнейшие составные части	2	0	0	5	7

		современной электроники. Краткая история развития ВПЭ. Научно-технические разделы ВПЭ. Структура и методические особенности изложения учебного материала. Энергия электронов в твердом теле. Поверхностный потенциальный барьер и работа выхода электронов. Контактная разность потенциалов.					
2	Электронная эмиссия	Виды эмиссий заряженных частиц. Термоэлектронная эмиссия. Основной закон термоэлектронной эмиссии. Распределение начальных скоростей термоэлектронов. Влияние ускоряющего электрического поля. Влияние адсорбированных на поверхности металла атомов посторонних веществ. Автоэлектронная и взрывная электронная эмиссии. Термоэлектронные катоды. Классификация термоэлектронных катодов. Характеристики и параметры термоэлектронных катодов. Фотоэлектронная эмиссия. Основные законы фотоэлектронной эмиссии. Вторичная электронная эмиссия. Особенности вторичной электронной эмиссии диэлектриков и полупроводников. Вторично-электронные эмиттеры и антидинаatronные покрытия. Основные параметры и характеристики фотокатодов.	6	2	0	10	18
3	Формирование электронного потока	Формирование неинтенсивных электронных пучков. Аксиально-симметричные электрические и магнитные поля. Уравнения движения параксиальных электронов. Методы расчета траекторий электронов. Аксиально-симметричные электронные линзы. Оптико-механическая аналогия формирования неинтенсивных электронных пучков. Движение электронов в скрещенных однородных электрических и магнитных полях. Типы электронных прожекторов. Оптическая система электронного прожектора. Прожектор с электростатической фокусировкой. Прожектор с магнитной фокусировкой. Цилиндрические и квадрупольные электронные линзы. Интенсивные электронные пучки. Начальное формирование ленточных электронных пучков. Начальное формирование сплошных аксиально-симметричных электронных пучков. Начальное формирование полых (трубчатых) аксиально-симметричных электронных пучков. Электронные пушки с управляющими электродами. Формирование электронных пучков в скрещенных электрических и магнитных полях. Собственные поля электронных пучков. Движение интенсивных электронных пучков в свободном пространстве. Потенциал пространства, занятого электронным пучком. Проблема ограничения поперечных	10	4	0	14	28

		размеров электронных пучков. Системы однородного продольного магнитного поля. Однородная магнитная система поперечного ограничения аксиально-симметричного электронного пучка. Однородная магнитная система поперечного ограничения полого (трубчатого) электронного пучка. Однородная магнитная система поперечного ограничения ленточного электронного пучка: система с экранированным катодом; система с частично экранированным катодом.					
4	Транспортировка электронного потока и способы ограничения его поперечных размеров	<p>Проблема ограничения поперечных размеров электронных пучков. Системы однородного продольного магнитного поля. Однородная магнитная система поперечного ограничения аксиально-симметричного электронного пучка. Однородная магнитная система поперечного ограничения полого (трубчатого) электронного пучка. Однородная магнитная система поперечного ограничения ленточного электронного пучка: система с экранированным катодом; система с частично экранированным катодом.</p> <p>Устройство систем, создающих однородное магнитное поле. Ограничение поперечных размеров электронных пучков периодическими магнитными полями. Электростатические системы поперечного ограничения сплошных аксиально-симметричных электронных пучков. Электростатические системы поперечного ограничения полых аксиально-симметричных электронных пучков. Электростатические системы поперечного ограничения ленточных электронных пучков.</p>	6	2	4	10	22
5	Управление параметрами электронного потока. Преобразование энергии электронного потока в другие виды энергии	<p>Электрические и магнитные способы управления электронными потоками. Способы получения переменного конвекционного тока. Характеристики и параметры управления электронным потоком. Квазиэлектростатический способ управления плотностью катодного тока. Режимы управления катодным током. Квазиэлектростатический способ управления токопрохождением.</p> <p>Каскадный квазиэлектростатический способ управления электронным потоком. Управление плотностью катодного тока высокочастотным электрическим полем. Движение электронов в пространстве высокочастотного взаимодействия. Квазистатические способы модуляции направления движения электронного пучка.</p> <p>Скоростная модуляция электронного пучка и его группирование в дрейфовом пространстве. Клистронное управляющее устройство. Каскадный клистронный способ управления электронным пучком. Скоростная модуляция и группирование электронов в продольном поле бегущей волны. Скоростная модуляция и группирование электронов в поле бегущей волны при наличии постоянных скрещенных полей.</p>	8	4	4	12	28

		Способы преобразования энергии электронного потока в энергию выходного сигнала. Преобразование энергии модулированного электронного потока в устройстве с колебательным контуром. Преобразование энергии модулированного электронного потока в устройстве с замедляющей системой. Преобразование энергии модулированного электронного пучка в устройстве со скрещенными полями. Наведенные токи в триодных системах. Полный ток в цепи преобразующего устройства. Рекуперация энергии электронного пучка.					
6	Процессы в плазме, методы генерации плазмы. Общие свойства плазмы	Элементарные процессы в плазме и на пограничных поверхностях. Основные методы генерации плазмы. Модели для описания свойств плазмы. Типы газовых разрядов. Ионные электровакуумные приборы. Приборы дугового, тлеющего и высокочастотного разрядов. Явления переноса. Плазма в магнитном поле. Колебания, неустойчивости и эмиссионные свойства плазмы. Методы ускорения плазменных потоков. Диагностика параметров плазмы. Излучение плазмы. Применение плазмы в электронике.	12	4	0	16	32
7	Применение плазменных технологий для осаждения пленок.	Системы ионно-плазменного распыления на постоянном токе. Магнетронные распылительные системы. Различные типы магнетронов. Расчет распределения толщины пленки. Нагрев мишени во время распыления. Нагрев подложки во время осаждения пленки	4	2	4	6	18
8	Контроль						27
<b>Итого</b>			<b>48</b>	<b>18</b>	<b>12</b>	<b>75</b>	<b>180</b>

## 5.2 Перечень лабораторных работ

Укажите перечень лабораторных работ

1. Снятие характеристик и определение параметров диода и триода
2. Электронно-лучевая трубка с электростатической фокусировкой и электростатическим отклонением.
3. Режимы работы магнетронов в вакуумных процессах нанесения покрытий: постоянный разряд, высокочастотный разряд.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

**7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
-------------	---	---------------------	------------	---------------

	компетенции			
ДПК-1	знать (переносится из раздела 3 рабочей программы)	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь (переносится из раздела 3 рабочей программы)	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть (переносится из раздела 3 рабочей программы)	Решение прикладных задач в конкретной предметной области; проведение анализа данных, полученных по результатам диагностики физических и структурных параметров наносистем	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ДПК-2	знать (переносится из раздела 3 рабочей программы)	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь (переносится из раздела 3 рабочей программы)	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть (переносится из раздела 3 рабочей программы)	Решение прикладных задач в конкретной предметной области; проведение анализа данных, полученных по результатам диагностики физических и структурных параметров наносистем	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ОПК-1	знать (переносится из раздела 3 рабочей программы)	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь (переносится из раздела 3 рабочей программы)	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть (переносится из раздела 3 рабочей программы)	Решение прикладных задач в конкретной предметной области; проведение анализа данных, полученных по результатам диагностики физических и структурных параметров наносистем	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 8 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ДПК-1	знать (переносится из раздела 3 рабочей программы)	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь (переносится из раздела 3 рабочей программы)	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть (переносится из раздела 3 рабочей программы)	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ДПК-2	знать (переносится из раздела 3 рабочей программы)	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь (переносится из раздела 3 рабочей программы)	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть (переносится из раздела 3 рабочей программы)	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ОПК-1	знать (переносится из раздела 3 рабочей программы)	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь (переносится из раздела 3)	Решение стандартных практических	Задачи решены в полном	Продемонстрирован верный ход	Продемонстрирован верный ход решения в	Задачи не решены



	рабочей программы)	задач	объеме и получены верные ответы	решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	большинстве задач	
	владеть (переносится из раздела 3 рабочей программы)	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

## 7.2 Примерный перечень оценочных средств (типичные контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

### 7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Длина свободного пробега электронов по сравнению с ионами в условиях среднего вакуума

- а) больше
- б) меньше
- в) одинакова

2. При движении в электрическом поле в условиях высокого вакуума

- а) энергия электронов больше, чем ионов
- б) энергия ионов больше, чем электронов
- в) энергия электронов равна энергии ионов.

3. При увеличении напряжения накала катода величина тока термоэлектронной эмиссии

- а) увеличится
- б) уменьшится
- в) не изменится

4. Автоэлектронная эмиссия – это испускание твердым телом электронов под действием

- а) падающих на поверхность электронов
- б) высокой температуры твердого тела
- в) электрического поля

5. Причина, по которой уменьшается высота барьера на границе металл - вакуум

- а) высокая температура
- б) сильное электрическое поле
- в) воздействие излучения

6. При каком механизме эмиссии не повышается энергия электронов в твердом теле

- а) термоэлектронная
- б) автоэлектронная
- в) фотоэлектронная

7. Изолированный объект, помещенный в плазму тлеющего разряда, приобретает потенциал

- а) равный потенциалу анода
- б) равный потенциалу плазмы
- в) равный плавающему потенциалу

8. Для поддержания тлеющего разряда важно существование

- а) плазмы разряда (положительный столб)
- б) темного катодного пространства
- в) плазмы разряда и темного катодного пространства

9. В тлеющем разряде напряженность электрического поля

- а) у катода и у анода одинакова
- б) у катода выше, чем у анода
- в) у анода выше, чем у катода

10. В однородном магнитном и электрическом поле, силовые линии которых взаимно перпендикулярны, ионы и электроны дрейфуют

- а) в одном направлении с одинаковой скоростью
- б) в разных направлениях с одинаковой скоростью
- в) в разных направлениях с разными скоростями

### **7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач**

1. В линзу-диафрагму поступает пучок электронов из области, где напряженность электрического поля выше, чем за плоскостью диафрагмы. Такая линза

- а) всегда собирающая
- б) всегда рассеивающая
- в) в зависимости от потенциала диафрагмы может быть собирающей или рассеивающей

2. Для того, чтобы уменьшить фокусное расстояние в панцирных магнитных линзах следует

- а) увеличить диаметр и ширину зазора панциря
- б) уменьшить диаметр и ширину зазора
- в) уменьшить диаметр и увеличить ширину зазора
- г) увеличить диаметр и уменьшить ширину зазора

3. Одиночная электростатическая линза

- а) увеличивает энергию пучка электронов при его фокусировке
- б) не изменяет энергию пучка электронов при его фокусировке
- в) уменьшает энергию пучка электронов, делая его расходящимся

4. Масс-спектрометры имеют большой линейный размер для того, чтобы увеличить

- а) порог чувствительности
- б) разрешающую способность
- в) количество столкновений за время пролета

5. Эффективность ионизации нейтральных атомов ионным пучком по сравнению с электронным

- а) выше
- б) ниже
- в) одинакова

6. К неупругим столкновениям второго рода относится

- а) рекомбинация
- б) диссоциация
- в) возбуждение вращательных уровней

7. Контроль температуры подложки в вакууме следует производить с помощью

- а) термопары
- б) тонкопленочного резистора
- в) пирометра

8. Плазмотрон – устройство для получения плазменного факела на основе

- а) тлеющего разряда
- б) дугового разряда
- в) взрывной эмиссии

8. Для распыления магнитных материалов следует использовать

- а) плоский магнетрон
- б) цилиндрический магнетрон
- в) пеннинговское устройство

9. В плоском магнетроне

- а) скорость распыления равна скорости осаждения
- б) скорость распыления больше скорости осаждения
- в) скорость распыления меньше скорости осаждения

10. Пленки, полученные ионно-плазменным распылением по сравнению с термически напыленными пленками обладают

- а) хорошей адгезией и малым количеством загрязнений
- б) плохой адгезией и малым количеством загрязнений
- в) хорошей адгезией и высоким количеством загрязнений

### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Определить плотность тока термоэмиссии, если работа выхода термокатода  $e\phi = 2,5$  эВ, температура катода  $T = 1000$  °С.

2. Расстояние между катодом и анодом в вакууме составляет  $d = 4$  см, напряжение между катодом и анодом  $U = 300$  В. Какое расстояние должен пройти электрон, чтобы набрать энергию  $W = 15,7$  эВ, достаточную для ионизации атомов аргона?

3. Определить плотность тока термоэмиссии, если эффективная работа выхода материала катода  $e\phi = 2,2$  эВ, температура катода  $T = 1800$  °С, анод расположен на расстоянии  $d = 0,5$  см от катода. Разность потенциалов между катодом и анодом  $U = 20$  кВ.

4. Определить среднюю длину свободного пробега электрона, движущегося в среде атомов аргона. Температура газа 300 К. Давление в объеме  $p = 10^{-3}$  Па. Диаметр атома аргона  $d = 0,36$  нм.

5. В некотором объеме за счет ионизирующего излучения концентрация ионов составляет  $10^2$  см<sup>-3</sup>. Через какое время после выключения ионизатора концентрация ионов уменьшится в 2 раза? Коэффициент рекомбинации ионов равен  $2 \times 10^{-6}$  см<sup>3</sup>/с.

6. Какое количество ампервитков следует использовать в беспанцирной магнитной линзе, чтобы получить фокусное расстояние  $f = 8$  см? Средний диаметр катушки  $R_{\text{ср}} = 5$  см. Энергия электронов в пучке  $W_0 = 100$  эВ.

7. На электрод (динод) падает поток электронов. Коэффициент вторичной электронной эмиссии динод  $\sigma = 3$  и ток в цепи  $I = 6$  мА. Каким станет ток, если  $\sigma' = 2$ ?

8. Какова максимальная энергия электронов покидающих катод под действием света с длиной волны  $l = 0,3$  мкм? Работа выхода фотокатода  $e\phi = 1,5$  эВ. Катод находится при температуре, близкой к абсолютному нулю.

9. Ион аргона с энергией  $W_i = 10$  эВ движется в среде атомов аргона. Через сколько столкновений энергия иона сравняется со средней энергией атомов. Температура газа  $T = 25$  °С, средняя доля передаваемой при каждом столкновении энергии  $k = 0,5$ .

10. Определить подвижность электронов в плазме, если коэффициент диффузии электронов  $D_e = 10^4 \text{ м}^2/\text{с}$ , средняя энергия электронов  $W_e = 1,5 \text{ эВ}$ .

#### **7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету**

Не предусмотрено учебным планом

#### **7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену**

1. Движение заряженных частиц в электрических полях. Средняя длина свободного пробега частиц в газе. Движение в однородном электрическом поле.

2. Движение заряженных частиц в магнитных полях. Движение в однородном магнитном поле. Движение в скрещенных электрических и магнитных полях. Магнитные ловушки

3. Электронная и ионная оптика. Электростатические линзы. Магнитные линзы

4. Эмиссия электронов из твердого тела. Термоэлектронная эмиссия. Автоэлектронная эмиссия. Влияние объемного заряда и внешнего ускоряющего поля на термоэлектронную эмиссию

5. Эмиссия электронов из твердого тела. Фотоэлектронная эмиссия. Вторичная электронная эмиссия. Вторичная ионно-электронная эмиссия. Взрывная эмиссия

6. Движение и столкновения частиц в газе и плазме. Ионизованный газ и плазма. Параметры плазмы и классификация. Квазинейтральность плазмы. Упругие столкновения частиц в газе и плазме.

7. Движение и столкновения частиц в газе и плазме. Неупругие столкновения частиц. Возбуждение атомов электронным ударом. Ионизация атомов электронным ударом. Соударение ионов с атомами. Взаимодействие атомов с фотонами

8. Движение и столкновения частиц в газе и плазме. Неупругие столкновения частиц. Неупругие процессы второго рода. Рекомбинация заряженных частиц. Образование отрицательных ионов.

9. Движение заряженных частиц в газе и плазме. Дрейф заряженных частиц. Диффузия заряженных частиц.

10. Типы газовых разрядов. Тлеющий разряд.

11. Типы газовых разрядов. Дуговой разряд.

12. Типы газовых разрядов. Высокочастотный газовый разряд

13. Методы диагностики плазмы. Зондовый метод диагностики плазмы. Одиночный (ленгмюровский) зонд. Зондовая характеристика и ее обработка. Двойной зонд.

14. Методы диагностики плазмы. Спектроскопические методы

15. Электронные и ионные пучки и пушки. Эксплуатационные и технологические параметры ПИЭЛ. Нестационарные источники электронов.

16. Приборы и устройства вакуумной, плазменной и газоразрядной электроники. Электроравакуумные приборы. Классификация и устройство. Электроравакуумные диоды и триоды

17. Приборы и устройства вакуумной, плазменной и газоразрядной электроники. Газоразрядные источники света. Общие представления.

Ртутные лампы высокого давления. Высокоинтенсивные газовые дуговые лампы

18. Приборы и устройства вакуумной, плазменной и газоразрядной электроники. Газоразрядные источники света. Дуговые металлогалоидные лампы. Дуговые лампы с поликоровой разрядной трубкой.....

19. Приборы и устройства вакуумной, плазменной и газоразрядной электроники. Масс-спектрометры. Газовые CO<sub>2</sub> лазеры непрерывного действия

20. Применение плазменных технологий для осаждения пленок. Системы ионно-плазменного распыления на постоянном токе. Магнетронные распылительные системы. Различные типы магнетронов

21. Применение плазменных технологий для осаждения пленок. Расчет распределения толщины пленки. Нагрев мишени во время распыления. Нагрев подложки во время осаждения пленки

#### **7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

Зачет проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 15 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 25.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 13 до 16 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 17 до 21 балла.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 22 до 25 баллов.

#### **7.2.7 Паспорт оценочных материалов**

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Введение	ДПК-1, ДПК-2, ОПК-1	Защита реферата
2	Электронная эмиссия	ДПК-1, ДПК-2, ОПК-1	Тест
3	Формирование электронного потока	ДПК-1, ДПК-2, ОПК-1	Тест
4	Транспортировка электронного потока и способы ограничения его поперечных размеров	ДПК-1, ДПК-2, ОПК-1	Тест, защита лабораторной работы
5	Управление параметрами электронного потока. Преобразование энергии электронного потока в другие виды энергии	ДПК-1, ДПК-2, ОПК-1	Тест, защита лабораторной работы
6	Процессы в плазме, методы генерации плазмы	ДПК-1, ДПК-2, ОПК-1	Тест, защита лабораторной работы

7	Общие свойства плазмы	ДПК-1, ДПК-2, ОПК-1	Тест
---	-----------------------	------------------------	------

### **7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Годы, вид издания	Обеспе- ченность
<b>7.1.1. Основная литература</b>				
7.1.1.1	Сушков А.Д.	Вакуумная электроника: Физико-технические основы: Учебное пособие.	2004 печатн.	0,5
7.1.1.2	Гусев В.Г.	Электроника и микропроцессорная техника : учеб. пособие	2005 печатн.	0,6
<b>7.1.2. Дополнительная литература</b>				
7.1.2.1	Щука А.А.	Электроника : учеб. пособие	2005. печатн.	0,3
7.1.2.2	Быстров Ю.А., Мироненко И.Г.	Электронные цепи и микросхемотехника : учеб. пособие	2002	0,3

7.1.2.3	В. В. Пасынков, В. С. Сорокин	Материалы электронной техники : Учебник	2004 печатн.	0,2
<b>7.1.3 Методические разработки</b>				
7.1.3.1	И. М. Голев, Л. Н. Коротков, Н. П. Самцова, О. И. Сысоев	Методические указания к лабораторным работам № 1-4 по дисциплине "Электротехника и электроника" для студентов направления 140400 "Техническая физика", специальностей 140401 "Техника и физика низких температур", 200503 "Стандартизация сертификация", 150702 "Физика металлов" очной формы обучения	2010 печатн.	1,0

**8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

Microsoft Word, Microsoft Excel, математический пакет Mathcad, графическая обработка экспериментальных данных Origin 8.0, <https://elibrary.ru>, <http://www.microsystems.ru/>

## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

9.1	Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой
9.2	Дисплейный класс, оснащенный компьютерными программами
9.3	Натурные лекционные демонстрации: диоды, триоды, электронно-лучевые трубки, стабилитроны тлеющего разряда, установка магнетронного распыления УВН-82

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

По дисциплине «Вакуумная и плазменная электроника» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета устройств вакуумной и плазменной электроники. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.


Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
---------------------	-----------------------



Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"> <li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li> <li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li> <li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li> <li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li> <li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li> </ul>
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

**6 Лист регистрации  
изменений**

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1	Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	31.08.2019	
2	Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	31.08.2020	