

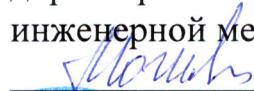
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

Институт технологий и инженерной механики
Кафедра микро- и наноэлектроники

УТВЕРЖДАЮ

директор института технологий и
инженерной механики

 Могильная Е.П.
«18» 09 2023 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«ВАКУУМНАЯ И ПЛАЗМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА»

По направлению подготовки: 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Профиль «Электронные приборы и устройства»

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Вакуумная и плазменная электроника» по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника. – 26 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Вакуумная и плазменная электроника» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19.09.2017 года № 927.

СОСТАВИТЕЛИ:

к.т.н., доцент Войтенко Г.О.;

к.т.н., доцент Войтенко В.А.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры микро- и нанoeлектроники «14» 04 2023 г., протокол № 9.

Заведующий кафедрой

микро- и нанoeлектроники  Войтенко В. А.

Переутверждена: « » 202 г., протокол № .

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии института технологий и инженерной механики «18» 04 2023 г., протокол № 3.

Председатель учебно-методической

комиссии института технологий и инженерной механики  С. Н. Ясуник

© Войтенко Г.О., Войтенко В.А., 2023 год
© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля», 2023 год

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Цель дисциплины – изучение электровакуумных и плазменных приборов и устройств и ознакомление с применением таких приборов и устройств в электронике.

Задачи: ознакомление студентов с устройством, принципами действия электровакуумных и плазменных приборов и устройств и физическими процессами, происходящими в этих устройствах; ознакомление с применением таких приборов и устройств в электронике и основными направлениями развития вакуумной и плазменной электроники.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО. Требования к условиям освоения содержания дисциплины

Дисциплина «Вакуумная и плазменная электроника» относится к циклу профессиональных дисциплин.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются: знания физики и математики, основ измерительной техники, основ теории сигналов и цепей, основ физики электронных приборов; умения использования персонального компьютера на уровне пользователя, работы в средах MATLAB и Multisim; навыки работы с измерительными приборами (мультиметр, осциллограф), генераторами гармонических и периодических сигналов.

Содержание дисциплины основано на знаниях дисциплин «Математика», «Физика», «Введение в технику измерений», «Основы отраслевых знаний», «Теория сигналов», «Функциональная электроника», «Специальные разделы физики (физика электронных и полупроводниковых приборов)» и служит основой для освоения дисциплин «Схемотехника», «Приборы и методы СВЧ».

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ПК-8. Способен к эксплуатации измерительного, диагностического, технологического оборудования	ПК-8.1. Знает функциональные возможности электронного оборудования. ПК-8.2. Умеет осуществлять метрологическое обеспечение технологических и измерительных процессов при производстве приборов квантовой электроники и фотоники на базе нанотехнологий. ПК-8.3. Владеет навыками мониторинга диагностического,	Знать: функциональные возможности, принципиальные схемы и принципы действия генераторов и усилителей на электронных лампах, плазменных приборах; основные группы вакуумных и плазменных приборов и их функциональные возможности; устройство и принципы действия вакуумных и плазменных приборов, использование заряженных частиц в

	<p>технологического оборудования.</p>	<p>вакуумных приборах, аксиально-симметричные электронные и магнитные линзы, возможности по детектированию плазмы;</p> <p>Уметь: осуществлять метрологическое обеспечение технологических и измерительных процессов при производстве вакуумных приборов; проводить исследования входных характеристик электронных ламп и выбор рабочей точки; проводить исследования пусковых сетевых характеристик плазменных приборов;</p> <p>Владеть: навыками мониторинга диагностического, технологического оборудования при производстве электронно-вакуумных и ионно-плазменных приборов; навыками проведения мониторинга режимов работы вакуумных и плазменных приборов; навыками снятия характеристик вакуумных и плазменных приборов.</p>
<p>ПК-9. Способен осуществлять настройку, поверку и контроль электронного оборудования</p>	<p>ПК-9.1. Знает принципы поверки, настройки и калибровки измерительной и тестовой аппаратуры.</p> <p>ПК-9.2. Умеет осуществлять пуско-наладочные работы электронного оборудования.</p> <p>ПК-9.3. Владеет навыками поверки, настройки и калибровки измерительной и тестовой аппаратуры.</p>	<p>Знать: принципы поверки, настройки и калибровки измерительной и тестовой аппаратуры при производстве электронно-вакуумных и ионно-плазменных приборов; основные метрологические характеристики электронных вакуумных и плазменных приборов и устройств.</p> <p>Уметь: осуществлять пуско-наладочные работы электронно-вакуумного оборудования, выполнять измерения при помощи электроизмерительных приборов; выполнять выбор режимов работы вакуумных</p>

		и плазменных приборов; выполнять измерения при помощи электроизмерительных приборов.
		Владеть: навыками поверки, настройки и калибровки измерительной и тестовой аппаратуры производства и контроля вакуумных и плазменных приборов и устройств; навыками снятия характеристик вакуумных и плазменных приборов и устройств.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	144 (4 зач. ед)	144 (4 зач. ед)
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего) в том числе:	68	20
Лекции	34	8
Семинарские занятия	-	-
Практические занятия	17	4
Лабораторные работы	34	8
Курсовая работа (курсовой проект)	-	-
Другие формы и методы организации образовательного процесса (<i>расчетно-графические работы, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинг, компьютерные симуляции, интерактивные лекции, семинары, анализ деловых ситуаций и т.п.</i>)	-	-
Самостоятельная работа студента (всего)	59	124
Форма аттестации	экзамен	экзамен

4.2. Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Принципы действия вакуумных электронных приборов.

Классификация вакуумных электронных приборов. Типы и принципы действия вакуумных электронных ламп. Диод. Триод. Тетрод. Пентод. Электронно-лучевые приборы. Фотоэлектронные приборы. Рентгеновские приборы. Электронно-лучевая сварочная установка.

Тема 2. Электронная эмиссия.

Классификация эмиссии заряженных частиц. Энергия электронов в твердом теле. Поверхностный потенциальный барьер и работа выхода электронов.

Тема 3. Термоэлектронная эмиссия.

Основной закон термоэлектронной эмиссии. Распределение начальных скоростей термоэлектронов. Влияние ускоряющего электрического поля. Влияние атомов посторонних веществ, адсорбированных на поверхности металла. Дробовой эффект.

Тема 4. Термоэлектронные катоды.

Классификация термоэлектронных катодов. Характеристики и параметры термоэлектронных катодов. Вольфрамовый катод. Тонированный карбидированный вольфрамовый катод. Металлосплавные катоды. Оксидный катод. Металлогубчатые оксидно-никелевые катоды. Гексаборидные катоды. Металлопористые (диспенсерные, распределительные) катоды. Импрегнированные (пропитанные) катоды. Конструкции термоэлектронных катодов.

Тема 5. Автоэлектронная эмиссия.

Уравнение Фаулера – Нордгейма. Диоды с катодами в виде острия или лезвия. Взрывная электронная эмиссия. Катоды для источников взрывной и автоэлектронной эмиссии.

Тема 6. Фотоэлектронная эмиссия.

Основные законы фотоэлектронной эмиссии. Основные параметры и характеристики фотокатодов. Типы фотокатодов.

Тема 7. Движение электронов в аксиально-симметричных электрическом и магнитном полях.

Аксиально-симметричное электрическое поле. Аксиально-симметричное магнитное поле. Движение электронов в аксиально-симметричном электрическом поле. Движение электронов в аксиально-симметричном магнитном поле.

Тема 8. Аксиально-симметричные электронные и магнитные линзы.

Тонкая электростатическая линза. Линза-Диафрагма. Одиночная линза. Тонкая магнитная линза. Метод укорочения фокусного расстояния магнитной линзы. Длинная магнитная линза.

Тема 9. Детектирование и преобразование энергии электронного потока.

Наведение тока при движении электронов в вакууме. Отбор энергии от электронного потока. Процессы взаимодействия электронов с веществом детектора.

Тема 10. Физические основы плазменной электроники.

Основные определения. Электрический разряд в газах. Процессы в плазме. Излучение плазмы.

Тема 11. Приборы и устройства плазменной электроники.

Диагностика плазмы. Ионные (газоразрядные) приборы. Ионные приборы обработки и отображение информации.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Принципы действия вакуумных электронных приборов.	4	1
2	Электронная эмиссия	2	-
3	Термоэлектронная эмиссия	2	1
4	Термоэлектронные катоды.	4	-
5	Автоэлектронная эмиссия	2	1
6	Фотоэлектронная эмиссия	2	-
7	Движение электронов в аксиально-симметричных электрическом и магнитном полях	2	1
8	Аксиально-симметричные электронные линзы	2	1
9	Аксиально-симметричные магнитные линзы	2	1
10	Детектирование и преобразование энергии электронного потока.	4	1
11	Физические основы плазменной электроники.	4	1
12	Приборы и устройства плазменной электроники.	4	-
Итого:		34	8

4.4. Практические (семинарские) занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Расчет ультразвукового генератора на лампах 6ГЗС, включенных по схеме триодов	2	-
2	Расчет вольтамперной характеристики вакуумного диода	2	1
3	Расчет входной характеристики лампового триода и выбор рабочей точки	2	-
4	Расчет зависимости вольтамперной характеристики от напряжения сетки триода	2	1
5	Расчет зависимости вольтамперной характеристики от напряжения сетки пентода	2	-
6	Расчет пусковой сетевой характеристики тиратрона	2	1
7	Расчет температуры электронов в плазме однозондовым методом	2	-
8	Расчет релаксационного генератора на неоновой лампе	3	1
Итого:		17	4

4.5. Лабораторные работы

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма

1	Исследование работы ультразвукового генератора на лампах 6ГЗС, включенных по схеме триодов	2	1
2	Исследование вольтамперной характеристики вакуумного диода	2	1
3	Исследование входной характеристики лампового триода и выбор рабочей точки	2	1
4	Исследование зависимости вольтамперной характеристики от напряжения сетки триода	2	1
5	Принципы действия вакуумных электронных приборов. Электронная эмиссия. Термоэлектронная эмиссия	2	-
6	Исследование зависимости вольтамперной характеристики от напряжения сетки пентода	2	1
7	Исследование пусковой сетевой характеристики тиратрона	2	-
8	Определение температуры электронов в плазме однозондовым методом	2	1
9	Термоэлектронные катоды. Автоэлектронная эмиссия	2	-
10	Исследование плазмы, которая возникает в тиратроне, двухзондовым методом	2	1
11	Исследование упругого рассеяния электронов на атомах инертного газа (эффект Рамзауэра)	2	-
12	Получение вольтамперной характеристики газового стабилитрона	2	1
13	Исследование самостоятельного разряда в газе	2	-
14	Фотоэлектронная эмиссия. Движение электронов в аксиально-симметричных электрическом и магнитном полях. Аксиально-симметричные электронные и магнитные линзы	2	-
15	Исследование работы газового стабилитрона	2	-
16	Исследование работы релаксационного генератора на неоновой лампе	2	-
17	Детектирование и преобразование энергии электронного потока. Физические основы плазменной электроники	2	-
Итого:		34	8

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1	Принципы действия вакуумных электронных приборов. Электронная эмиссия. Термоэлектронная эмиссия	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	6	8
2	Исследование работы и характеристик вакуумных электронных приборов	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	6	8
3	Термоэлектронные катоды. Автоэлектронная эмиссия	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	3	8
4	Исследование работы и характеристик плазменных приборов	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	1	8

5	Фотоэлектронная эмиссия. Движение электронов в аксиально-симметричных электрическом и магнитном полях. Аксиально-симметричные электронные и магнитные линзы	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	1	8
6	Исследование физических процессов, протекающих в плазме	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	1	8
7	Детектирование и преобразование энергии электронного потока. Физические основы плазменной электроники	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	1	8
8	Исследование работы релаксационного генератора на неоновой лампе	Подготовка к лабораторной работе и оформление отчета	3	8
9	Исследование работы низкочастотного усилителя на вакуумном пентоде	Подготовка к лабораторной работе и оформление отчета	1	8
10	Экзамен по дисциплине	Подготовка к семестровому экзамену	36	36
Итого:			59	124

4.7. Курсовые работы/проекты

Не предусмотрены учебным планом.

5. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;

технологии проблемного обучения, направленные на развитие познавательной активности, творческой самостоятельности студентов и предполагающие последовательное и целенаправленное выдвижение перед студентом познавательных задач, разрешение которых позволяет студентам активно усваивать знания (используются поисковые методы; постановка познавательных задач);

технологии развивающего обучения, позволяющие ориентировать учебный процесс на потенциальные возможности студентов, их реализацию и развитие;

технологии концентрированного обучения, суть которых состоит в создании максимально близкой к естественным психологическим особенностям человеческого восприятия структуры учебного процесса и которые дают возможность глубокого и системного изучения содержания учебных дисциплин за счет объединения занятий в тематические блоки;

технологии модульного обучения, дающие возможность обеспечения гибкости процесса обучения, адаптации его к индивидуальным потребностям и

особенностям обучающихся (применяются, как правило, при самостоятельном обучении студентов по индивидуальному учебному плану);

технологии дифференцированного обучения, обеспечивающие возможность создания оптимальных условий для развития интересов и способностей студентов, в том числе и студентов с особыми образовательными потребностями, что позволяет реализовать в культурно-образовательном пространстве университета идею создания равных возможностей для получения образования;

технологии активного (контекстного) обучения, с помощью которых осуществляется моделирование предметного, проблемного и социального содержания будущей профессиональной деятельности студентов (используются активные и интерактивные методы обучения) и т.д.

Максимальная эффективность педагогического процесса достигается путем конструирования оптимального комплекса педагогических технологий и (или) их элементов на личностно-ориентированной, деятельностной, диалогической основе и использования необходимых современных средств обучения.

6. Формы контроля освоения дисциплины

Текущая аттестация студентов производится в дискретные временные интервалы лектором и преподавателем(ями), ведущими лабораторные работы по дисциплине в следующих формах:

- контрольные вопросы к лекциям;
- вопросы к лабораторным работам;
- тесты;
- вопросы к экзамену.

Фонды оценочных средств, включающие контрольные вопросы, вопросы коллоквиумов, тесты и методы контроля, позволяющие оценить результаты текущей и промежуточной аттестации обучающихся по данной дисциплине, помещаются в приложении к рабочей программе в соответствии с «Положением о фонде оценочных средств».

Промежуточная аттестация по результатам освоения дисциплины проходит в форме устного экзамена (включает в себя ответ на теоретические вопросы) в 5 семестре. Студенты, выполнившие 75 % текущих и контрольных мероприятий на «отлично», а остальные 25 % на «хорошо», имеют право на получение итоговой отличной оценки.

В экзаменационную ведомость и зачетную книжку выставляются оценки по национальной шкале, приведенной в таблице.

Характеристика знания предмета и ответов	Экзамены
Обучающийся глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.	отлично (5)

Обучающийся знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.	хорошо (4)
Обучающийся знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30 % ошибок в излагаемых ответах.	удовлетворительно (3)
Обучающийся не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Обучающийся отказывается от ответов на дополнительные вопросы	неудовлетворительно (2)

7. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. Берлин Е.В. Индуктивные источники высокоплотной плазмы и их технологические применения [Электронный ресурс] / Берлин Е.В., Григорьев В.Ю., Сейдман Л.А. – М.: Техносфера, 2018. - 464 с. - ISBN 978-5-94836-519-0 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948365190.html>

2. Адаменко М.В. Ламповые усилители низкой частоты без секретов [Электронный ресурс] / Адаменко М. В. - М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2017. - 352 с. - ISBN 978-5-91359-228-6 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785913592286.html>

б) Дополнительная литература:

1. Щука А.А. Электроника [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Щука А.А. - СПб:БХВ-Петербург, 2008. - 751 с. ISBN 978-5-9775-0160-6 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/350420>

2. Астайкин А.И. Вакуумная микроволновая электроника. Физико-технические основы [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Астайкин А.И., Воронина Л.В., Липатов А.Ф. - Саров: ФГУП "РФЯЦ-ВНИИЭФ", 2012. - 377 с.: ISBN 978-5-9515-0197-4 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/950034>

3. Егоров Н. В. Автоэлектронная эмиссия. Принципы и приборы [Электронный ресурс]: Учебник-монография / Н.В. Егоров, Е.П. Шешин. - Долгопрудный: Интеллект, 2011. - 704 с.: 60x90 1/16. (переплет) ISBN 978-5-91559-027-3, 800 экз. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/367176>

4. Попов А.Н. Вакуумная техника [Электронный ресурс]: Учебное пособие / А.Н. Попов. - М.: НИЦ Инфра-М; мн.: Нов. знание, 2012. - 167 с.: ил.; 60x88 1/16.

- (Высшее образование: Бакалавриат). (обложка) ISBN 978-5-16-006031-6 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/317368>

в) Методические рекомендации/указания:

1. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине "Вакуумная и плазменная электроника" / Сост.: В.А. Войтенко, Г.О. Войтенко. – Луганск: ВНУ им. В. Даля, 2012. – 30 с.

2. Методические рекомендации к самостоятельной работе по дисциплине "Вакуумная и плазменная электроника" / Сост.: В.А. Войтенко, Г.О. Войтенко. – Луганск: ВНУ им. В. Даля, 2012. – 20 с.

г) Интернет-ресурсы:

Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>

Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>

Министерство образования и науки Луганской Народной Республики – <https://minobr.su>

Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>

Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>

Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

Далевский педагогический портал – <http://ped.dahluniver.ru/>

Электронные библиотечные системы и ресурсы

Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>

Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

Университетская библиотека On-line – <http://www.biblioclub.ru>

Научная электронная библиотека eLIBRARY – <http://elibrary.ru>

Информационный ресурс библиотеки образовательной организации

Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

Научные журналы

"GNU Scientific Library" (GSL - библиотека для научных вычислений проекта GNU): <http://www.gnu.org/software/gsl>.

Система схемотехнического моделирования LTSpice IV. Краткое руководство: <http://zpostbox.ru/ltspice.html>.

Электронные компоненты: <http://www.elitan.ru/>.

Навигатор по профессиональным электронным ресурсам – http://www.spsl.nsc.ru/win/nelbib/nav_ei.htm

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекционные занятия проводятся с использованием комплекта электронных презентаций в аудитории, оснащенной презентационной техникой (проектор, экран, ноутбук).

Лабораторные работы проводятся с использованием компьютеризированных лабораторных стендов, пакета специализированных компьютерных программ, а также компьютерной математической среды MATLAB и компьютерной среды для моделирования Multisim.

Рабочие места преподавателя и студентов в учебной лаборатории оснащены компьютерами с доступом в Интернет, предназначенными для работы в указанных специализированных компьютерных программах и средах.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	Firefox Mozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx
Браузер	Opera	http://www.opera.com
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
Файл-менеджер	Far Manager	http://www.farmanager.com/download.php
Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator
Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/

8. Оценочные средства по дисциплине

Паспорт
фонда оценочных средств по учебной дисциплине
«Вакуумная и плазменная электроника»

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемо	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)

			й дисциплине)		
1	ПК-8	Способен эксплуатации измерительного, диагностического, технологического оборудования	ПК-8.1. ПК-8.2. ПК-8.3.	Тема 1 Принципы действия вакуумных электронных приборов	1
				Тема 2 Электронная эмиссия	1
				Тема 3 Термоэлектронная эмиссия	1
				Тема 4 Термоэлектронные катоды	1
				Тема 5 Автоэлектронная эмиссия	1
				Тема 6 Фотоэлектронная эмиссия	1
				Тема 7 Движение электронов в аксиально-симметричных электрическом и магнитном полях	1
				Тема 8 Аксиально-симметричные электронные линзы	1
				Тема 9 Аксиально-симметричные магнитные линзы	1
				Тема 10 Детектирование и преобразование энергии электронного потока	1
				Тема 11 Физические основы плазменной электроники	1

2.	ПК-9	Способен осуществлять настройку, поверку и контроль электронного оборудования	ПК-9.1. ПК-9.2. ПК-9.3.	Тема 1 Принципы действия вакуумных электронных приборов	1
				Тема 2 Электронная эмиссия	1
				Тема 3 Термоэлектронная эмиссия	1
				Тема 4 Термоэлектронные катоды	1
				Тема 5 Автоэлектронная эмиссия	1
				Тема 6 Фотоэлектронная эмиссия	1
				Тема 7 Движение электронов в аксиально-симметричных электрическом и магнитном полях	1
				Тема 8 Аксиально-симметричные электронные линзы	1
				Тема 9 Аксиально-симметричные магнитные линзы	1
				Тема 10 Детектирование и преобразование энергии электронного потока	1
				Тема 11 Физические основы плазменной электроники	1
				Тема 12 Приборы и устройства плазменной электроники	1

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1.	ПК-8	ПК-8.1. ПК-8.2. ПК-8.3.	<p>Знать:</p> <p>функциональные возможности, принципиальные схемы и принципы действия генераторов и усилителей на электронных лампах, плазменных приборах; основные группы вакуумных и плазменных приборов и их функциональные возможности; устройство и принципы действия вакуумных и плазменных приборов, использование заряженных частиц в вакуумных приборах, аксиально-симметричные электронные и магнитные линзы, возможности по детектированию плазмы;</p> <p>Уметь: осуществлять метрологическое обеспечение технологических и измерительных процессов при производстве вакуумных приборов; проводить исследования входных характеристик электронных ламп и выбор рабочей точки;</p>	Тема 1, Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема 5, Тема 6, Тема 7, Тема 8, Тема 9, Тема 10, Тема 11, Тема 12, Лабораторная работа 1, Лабораторная работа 2, Лабораторная работа 3	Контрольные вопросы к лекциям, вопросы к лабораторным работам, тесты, вопросы к экзамену

			<p>проводить исследования пусковых сетевых характеристик плазменных приборов;</p> <p>Владеть: навыками мониторинга диагностического, технологического оборудования при производстве электронно-вакуумных и ионно-плазменных приборов; навыками проведения мониторинга режимов работы вакуумных и плазменных приборов; навыками снятия характеристик вакуумных и плазменных приборов.</p>		
2.	ПК-9	ПК-9.1. ПК-9.2. ПК-9.3.	<p>Знать: принципы поверки, настройки и калибровки измерительной и тестовой аппаратуры при производстве электронно-вакуумных и ионно-плазменных приборов; основные метрологические характеристики электронных вакуумных и плазменных приборов и устройств.</p> <p>Уметь: осуществлять пуско-наладочные работы электронно-вакуумного оборудования, выполнять измерения при помощи электроизмерительных приборов;</p>	Тема 1, Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема 5, Тема 6, Тема 7, Тема 8, Тема 9, Тема 10, Тема 11, Тема 12, Лабораторная работа 4, Лабораторная работа 5, Лабораторная работа 6	Контрольные вопросы к лекциям, вопросы к лабораторным работам, тесты, вопросы к экзамену

			выполнять выбор режимов работы вакуумных и плазменных приборов; выполнять измерения при помощи электроизмерительных приборов. Владеть: навыками поверки, настройки и калибровки измерительной и тестовой аппаратуры производства и контроля вакуумных и плазменных приборов и устройств; навыками снятия характеристик вакуумных и плазменных приборов и устройств.		
--	--	--	--	--	--

Фонды оценочных средств по дисциплине «Вакуумная и плазменная электроника»

Контрольные вопросы к лекциям:

1. Какую зависимость называют статической анодной характеристикой вакуумного диода?
2. Какую функцию выполняет сетка в триоде?
3. На чем основан принцип действия электронно-лучевых приборов?
4. Каково назначение фотоэлектронных приборов?
5. Приведите и объясните структурную схему рентгеновской трубки.
6. Приведите и объясните схему физико-технического эффекта эмиссии заряженных частиц.
7. Назовите виды электронной эмиссии.
8. Что используют в качестве источников электронной эмиссии в электронно-вакуумных приборах?
9. Как теоретически оценивают эмиссионные свойства эмиттера?
10. Какую величину называют термодинамической работой выхода?
11. В чем заключается явление термоэлектронной эмиссии?
12. Приведите и объясните выражение для основного закона термоэлектронной эмиссии.
13. В чем заключается метод прямой Ричардсона?
14. В чем заключается эффект Шоттки?
15. Запишите и объясните уравнение Шоттки.

16. Какие термокатоды называют прямонакальными?
17. Как разделяют термокатоды по материалу и структуре поверхности эмиттера?
18. Что представляет собой накальная характеристика термокатада?
19. Какую зависимость называют эмиссионной характеристикой катада?
20. Чем обусловлена нелинейность накальной характеристики?
21. В чем заключается явление автоэлектронной эмиссии?
22. Запишите уравнение Фаулера - Нордгейма.
23. Какие значения напряженности электрического поля необходимы для получения автоэлектронной эмиссии?
24. Для чего вводят коэффициент концентрации?
25. Приведите схему конструкции диода с металлическим острым катодом.
26. В чем заключается явление фотоэлектронной эмиссии?
27. По какой формуле определяется чувствительность фотокатода?
28. Раскройте понятие утомления и старения фотокатода.
29. Опишите конструкцию фотокатода вакуумного фотоэлектронного прибора.
30. В каких устройствах применяется сурмяно-цезиевый фотокатод?
31. Приведите уравнение Лапласа в общем случае в цилиндрических координатах.
32. Запишите выражение для векторного потенциала аксиально-симметричного магнитного поля.
33. Приведите уравнение траектории параксиальных заряженных частиц в аксиально-симметричном электростатическом поле.
34. Какие важные выводы можно сделать из основных уравнений параксиальной электронной оптики?
35. Как математически описывают движение электрона в неоднородном аксиально-симметричном магнитном поле?
36. Назовите основные типы электростатических линз.
37. Как определяют фокусирующие свойства электростатических линз?
38. Приведите исходное выражение для анализа тонких электростатических линз.
39. Опишите простейшую систему, которая создает тонкую магнитную линзу.
40. Запишите выражение для оптической силы тонкой магнитной линзы.
41. Приведите и объясните выражение для полного мгновенного тока, регистрируемого во внешней цепи при движении заряда в зазоре между электродами.
42. Приведите схему отбора энергии из электронного потока в низкочастотном диапазоне на резистивной нагрузке.
43. Приведите схему отбора энергии из электронного потока в высокочастотном диапазоне на согласованной линии.
44. В чем заключается явление катодолюминисценции?
45. Назовите механизмы люминесценции.
46. Какие процессы изучает плазменная электроника?
47. Назовите существующие механизмы ионизации газа.

48. Приведите и объясните вольтамперную характеристику газового разряда.
49. Запишите выражение для степени ионизации газа.
50. Запишите уравнение, которое отражает условие возникновения самостоятельного разряда.
51. В чем заключается диагностика плазмы?
52. Назовите параметры, которые определяют в процессе диагностики плазмы.
53. Как классифицируют ионные (газоразрядные) приборы?
54. Опишите строение и принцип действия простейшего ионного прибора.
55. Приведите и объясните характеристику зажигания тиратрона.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству контрольные вопросы к лекциям

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Ответ представлен на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемый вопрос, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет соответствующей научной терминологией)
4	Ответ представлен на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемый вопрос, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности)
3	Ответ представлен на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени соответствующей научной терминологией)
2	Ответ представлен на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов отвечать)

Вопросы к лабораторным работам:

1. Классификация вакуумных электронных приборов.
2. Типы и принципы действия электронных ламп.
3. Электронно-лучевые приборы.
4. Фотоэлектронные приборы.
5. Рентгеновские приборы.
6. Электронно-лучевая сварочная установка.
7. Классификация эмиссии заряженных частиц.
8. Энергия электронов в твердом теле.
9. Поверхностный потенциальный барьер и работа выхода электронов.
10. Основной закон термоэлектронной эмиссии.
11. Распределение начальных скоростей термоэлектронов.
12. Влияние ускоряющего электрического поля.
13. Влияние адсорбированных атомов посторонних веществ, на поверхности металла.
14. Дробовой эффект.
15. Характеристики и параметры термоэлектронных катодов.
16. Вольфрамовый катод.
17. Торируемый карбидированный вольфрамовый катод.
18. Металлосплавные катоды.

19. Оксидный катод.
20. Металлогубчатые оксидно-никелевые катоды.
21. Гексаборидные катоды.
22. Металлопористые (диспенсерные, распределительные) катоды.
23. Импрегированные (пропитанные) катоды.
24. Конструкции термоэлектронных катодов.
25. Уравнение Фаулера – Нордгейма.
26. Диоды с катодами в виде острия или лезвия.
27. Взрывная электронная эмиссия.
28. Катоды для источников взрывной и автоэлектронной эмиссии.
29. Основные законы фотоэлектронной эмиссии.
30. Основные параметры и характеристики фотокатодов.
31. Типы фотокатодов.
32. Аксиально-симметричное электрическое поле.
33. Аксиально-симметричное магнитное поле.
34. Движение электронов в аксиально-симметричном электрическом поле.
35. Движение электронов в аксиально-симметричном магнитном поле.
36. Тонкая электростатическая линза.
37. Линза-диафрагма.
38. Одиночная линза.
39. Тонкая магнитная линза.
40. Метод укорочения фокусного расстояния магнитной линзы.
41. Длинная магнитная линза.
42. Наведение тока при движении электронов в вакууме.
43. Отбор энергии от электронного потока.
44. Процессы взаимодействия электронов с веществом детектора.
45. Электрический разряд в газах.
46. Основные определения плазменной электроники.
47. Процессы в плазме.
48. Излучение плазмы.
49. Диагностика плазмы.
50. Ионные (газоразрядные) приборы.
51. Ионные приборы обработки и отображение информации.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству вопросы к лабораторным работам

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Ответы представлены на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемые вопросы, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет соответствующей научной терминологией, правильные ответы даны на 90-100% вопросов)
4	Ответы представлены на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемые вопросы, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности, правильные ответы даны на 75-89% вопросов)
3	Ответы представлены на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не

	владеет в достаточной степени соответствующей научной терминологией, правильные ответы даны на 50-74% вопросов)
2	Ответы представлены на неудовлетворительном уровне или не представлены (студент не готов отвечать или правильные ответы даны менее чем на 50% вопросов)

Тесты:

1. Клистрон относится к следующей группе вакуумных электронных приборов:

- А) электронные лампы.
- Б) микроволновые приборы.
- В) электронно-лучевые приборы.

2. Внутри баллона вакуумной электронной лампы воздух откачан до давления порядка:

- А) 10^{-6} мм рт. ст.
- Б) 10^{-10} мм рт. ст.
- В) 10^{-12} мм рт. ст.

3. Сетка в вакуумном триоде необходима:

- А) для управления величиной тока.
- Б) для поддержания постоянного напряжения.
- В) для разогревания катода.

4. Анодной характеристикой триода называют:

- А) зависимость тока от напряжения.
- Б) зависимость тока от сопротивления.
- В) зависимость тока от температуры.

5. Вторая сетка в тетроде предназначена для:

- А) экранирования катода и анода от влияния поля первой сетки.
- Б) экранирования первой сетки и анода от влияния поля катода.
- В) экранирования первой сетки и катода от влияния поля анода.

6. При динаatronном эффекте:

- А) потенциал экранирующей сетки больше за анодный потенциал.
- Б) потенциал экранирующей сетки равняется анодному потенциалу.
- В) анодный потенциал больше, чем потенциал экранирующей сетки.

7. В тетродном усилителе с общей точкой на катоде балластное сопротивление:

- А) повышает постоянное напряжение экранирующей сетки по отношению к постоянному напряжению анода.

Б) понижает постоянное напряжение экранирующей сетки по отношению к постоянному напряжению анода.

В) заземляет экранирующую сетку.

8. В вакуумном пентоде, по сравнению с вакуумным тетродом, наблюдается:

А) подавление сеточного динатронного эффекта.

Б) подавление анодного динатронного эффекта.

В) уменьшение проходной емкости электронной лампы.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству тесты

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Тесты выполнены на высоком уровне (правильные ответы даны на 90-100% тестов)
4	Тесты выполнены на среднем уровне (правильные ответы даны на 75-89% тестов)
3	Тесты выполнены на низком уровне (правильные ответы даны на 50-74% тестов)
2	Тесты выполнены на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем на 50% тестов)

Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамен)

1. Типы и принципы действия вакуумных электронных ламп.
2. Основной закон термоэлектронной эмиссии. (Уравнение Ричардсона-Дэшмена).
3. Распределение термоэлектронов по скоростям.
4. Уравнение Шоттки.
5. Дробовой эффект.
6. Классификация термоэлектронных катодов.
7. Характеристики термоэлектронных катодов.
8. Вольфрамовый катод.
9. Торированный карбидированный вольфрамовый катод.
10. Металлосплавные катоды.
11. Оксидные катоды.
12. Металлогубчатые оксидноникелевые катоды.
13. Гексаборидные катоды.
14. Металлопористые катоды.
15. Импрегированные катоды.
16. Конструкции термоэлектронных катодов.
17. Автоэлектронная эмиссия. Уравнение Фаулера-Нордгейма.
18. Диоды с катодами в виде острия или лезвия. Характеристики.
19. Катоды для источников взрывной эмиссии.
20. Катоды для источников автоэлектронной эмиссии.
21. Основные законы фотоэлектронной эмиссии.
22. Интегральная и спектральная чувствительности фотокатода.

23. Квантовый выход фотокатода. Типы фотокатодов.
24. Характеристики сурьмяно-цезиевого фотокатода.
25. Характеристики многощелочного фотокатода.
26. Характеристики висмута-серебряно-цезиевого фотокатода.
27. Характеристики серебряно-кислородно-цезиевого фотокатода.
28. Фотокатоды с отрицательным электронным средством.
29. Фотокатоды для УФ-области спектра.
30. Фотоэлектронный умножитель. Диссектор. ЭОП.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточный контроль (экзамен)

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
неудовлетворительно (2)	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы

Форма листа изменений и дополнений, внесенных в ФОС

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)