

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Галунин Сергей Александрович
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 26.10.2023 14:24:49
Уникальный программный ключ:
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b



СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)»**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«ВАКУУМНАЯ И ПЛАЗМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА»

для подготовки бакалавров

по направлению

11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»

по профилю

«Физическая электроника»

Санкт-Петербург

2022

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

доцент, доцент Шануренко А.К.

доцент, к.т.н. Комлев А.Е.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры МВЭ

10.03.2022, протокол № 2

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией

ФЭЛ, 24.03.2022, протокол № 01/02

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФЭЛ
Обеспечивающая кафедра	МВЭ
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	4
Курс	3
Семестр	5
Виды занятий	
Лекции (академ. часов)	34
Лабораторные занятия (академ. часов)	34
Практические занятия (академ. часов)	17
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	86
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	58
Всего (академ. часов)	144
Вид промежуточной аттестации	
Экзамен (курс)	3

2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

«ВАКУУМНАЯ И ПЛАЗМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА»

Основной целью дисциплины является ознакомление студентов с физическими процессами и эффектами, сопровождающими протекание электрического тока в вакууме и газонаполненных средах, выявление наиболее общих закономерностей, характеризующих эти процессы, и формирование у студентов умения применять рассматриваемые закономерности на практике.

SUBJECT SUMMARY

«VACUUM AND PLASMA ELECTRONICS»

Discipline «Vacuum and Plasma Electronics» should be regarded as one of the basic courses in the preparation of Bachelor of Electronics and Nanoelectronics, knowledge of which can minimize the time to adapt the graduates of electronics companies and organizations associated with the electronic instrument.

The main purpose of discipline is to familiarize students with physical processes and effects that accompany the flow of electric current in a vacuum and gas-filled environments, identifying the most common patterns that characterize these processes and the formation of students' ability to apply the laws considered in practice.

3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

3.1 Цели и задачи дисциплины

1. Целью дисциплины является ознакомление студентов с физическими процессами и эффектами, сопровождающими протекание электрического тока в вакууме и газонаполненных средах, выявление наиболее общих закономерностей, характеризующих эти процессы, и формирование у студентов умений и навыков применять рассматриваемые закономерности на практике.

2. Задачи изучения дисциплины:

-получение базовых знаний в области физических принципов работы компонентов и устройств вакуумной и плазменной электроники, тенденций их развития

-формирование умений выполнять расчет электрических и конструктивных параметров изучаемых устройств вакуумной и плазменной электроники, моделирования их основных характеристик;

-формирование навыков экспериментального исследования приборов и устройств вакуумной и плазменной электроники.

3. Изучение физико-технических основ вакуумной и плазменной электроники: знание законов эмиссии, способов формирования и транспортировки пучков заряженных частиц в вакууме и плазме, способов управления параметрами и преобразования энергии пучков заряженных частиц в другие виды энергии.

4. Формирование умений применять полученные знания при теоретическом анализе, компьютерном моделировании и экспериментальном исследовании физических процессов, лежащих в основе принципов работы приборов и устройств вакуумной и плазменной электроники.

5. Освоение навыков владения представлениями об областях применения и перспективах развития приборов и устройств вакуумной и плазменной электроники.

ки.

3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Математический анализ»
2. «Физика»
3. «Теоретические основы электротехники»

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «Аналоговая схемотехника»
2. «Микроволновая электроника»
3. «Основы проектирования электронной компонентной базы»
4. «Производственная практика (производственно-технологическая практика)»
5. «Производственная практика (преддипломная практика)»

3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

Код компетенции/ индикатора компетенции	Наименование компетенции/индикатора компетенции
ПК-1	Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования
<i>ПК-1.1</i>	<i>Умеет строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков</i>
<i>ПК-1.2</i>	<i>Владеет навыками компьютерного моделирования</i>
ПК-2	Способен аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения
<i>ПК-2.1</i>	<i>Знает методики проведения исследований параметров и характеристик узлов, блоков</i>
<i>ПК-2.2</i>	<i>Умеет проводить исследования характеристик электронных приборов</i>

4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Содержание разделов дисциплины

4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лек, ач	Пр, ач	Лаб, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Введение	1				2
2	Тема 1. Основные термины, определения и понятия	2	2			4
3	Тема 2. Основы эмиссионной электроники	6	2	2		10
4	Тема 3. Прохождение потоков заряженных частиц в вакууме и газе	6	4	10		10
5	Тема 4. Формирование, транспортировка и преобразование энергии потоков заряженных частиц различной интенсивности	8	5	8	1	10
6	Тема 5. Методы генерации и диагностики потоков заряженных частиц и плазмы	6	2	8		10
7	Тема 6. Применение потоков заряженных частиц, плазмы и газовых разрядов в электронике	4	2	6		10
8	Заключение	1				2
	Итого, ач	34	17	34	1	58
	Из них ач на контроль	0	0	0	0	35
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	144/4				

4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение	Содержание, цель и значение дисциплины в подготовке бакалавров по направлению электроника и наноэлектроника, ее связь с другими дисциплинами специальности. Место вакуумной и плазменной электроники в науке и технике.
2	Тема 1. Основные термины, определения и понятия	Определение понятий: вакуум, ионизованный газ и плазма, газовый разряд. Элементарные процессы при взаимодействии электронов, атомных частиц и ионов. Модели для описания потоков заряженных частиц и плазмы.
3	Тема 2. Основы эмиссионной электроники	Термоэлектронная автоэлектронная, вторичная электронная, вторичная ионно-электронная, фотоэлектронная, вторичная ионно-ионная, взрывная эмиссия электронов, эмиссия горячих электронов; ионное распыление; эмиссионные свойства плазмы.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
4	Тема 3. Прохождение потоков заряженных частиц в вакууме и газе	Режимы токопрохождения в диодном промежутке с твердотельным и плазменным эмиттером. Закон степени трех вторых. Влияние на токопрохождение эмиссионной способности эмиттера, величины и знака потенциала на экстракторе и давления газа. Несамостоятельный разряд; возникновение газового разряда; критерий Таунсенда; кривые Пашена. Распределение потенциала в газоразрядном промежутке.
5	Тема 4. Формирование, транспортировка и преобразование энергии потоков заряженных частиц различной интенсивности	Электронные и ионные прожекторы и пушки. Транспортировка потоков заряженных частиц: методы управления поперечным сечением, интенсивностью, вектором и модулем скорости; электростатические и магнитные и плазмооптические системы, динамические способы управления.
6	Тема 5. Методы генерации и диагностики потоков заряженных частиц и плазмы	Типы и основные характеристики газовых разрядов, общие свойства плазмы. Диагностика потоков заряженных частиц и плазмы.
7	Тема 6. Применение потоков заряженных частиц, плазмы и газовых разрядов в электронике	Преобразование энергии потока заряженных частиц и плазмы в полезный сигнал. Основные типы приборов и устройств вакуумной и плазменной электроники и области их применения.
8	Заключение	Наиболее существенные закономерности, сопровождающие протекание электрического тока через вакуумные и газонаполненные промежутки. Основные тенденции, направления развития и перспективы приборов и устройств вакуумной и плазменной электроники.

4.2 Перечень лабораторных работ

Наименование лабораторной работы	Количество ауд. часов
1. Исследование процесса отбора катодного тока в вакуумных промежутках	4
2. Исследование закономерностей токораспределения в вакуумных промежутках с сетками	4
3. Исследование процесса модуляции электронных потоков в ВЭПУ	4
4. Исследование процесса преобразования энергии электронного потока	6
5. Исследование методик расчета сечения ионизации при соударении электрона с атомом	2
6. Расчет напряжения возникновения газового разряда (кривые Пашена)	4
7. Исследование характеристик различных форм тлеющего разряда	2
8. Исследование газоразрядной индикаторной панели	2
9. Исследование характеристик различных форм коронного разряда	2

Наименование лабораторной работы	Количество ауд. часов
10. Исследование стабилитронов коронного разряда	2
11. Исследование газоразрядной плазмы методом зондов	2
Итого	34

4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. Элементарные процессы при движении заряженных частиц в вакууме, газе и плазме	2
2. Эмиссия заряженных частиц	2
3. Системы для формирования поперечных размеров пучков заряженных частиц: слаботочные пучки	2
4. Системы для формирования поперечных размеров пучков заряженных частиц: сильноточные пучки	2
5. Поперечное отклонение потоков заряженных частиц в электростатических и магнитных полях	2
6. Влияние объемного заряда на транспортировку пучков заряженных частиц в каналах транспорта	2
7. Преобразование энергии электронного пучка при его взаимодействии с твердотельной мишенью.	2
8. Влияние магнитного поля на движение заряженных частиц	3
Итого	17

4.4 Курсовое проектирование

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

4.5 Реферат

Реферат не предусмотрен.

4.6 Индивидуальное домашнее задание

Индивидуальное домашнее задание не предусмотрено.

4.7 Доклад

Доклад не предусмотрен.

4.8 Кейс

Кейс не предусмотрен.

4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся в рамках внеаудиторной самостоятельной работы необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной дисциплины.

Особое место уделяется консультированию как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет способами деятельности, которые указывают путь решения проблемы.

Текущая СРС	Примерная трудоемкость, ач
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	7
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	4
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0

Текущая СРС	Примерная трудоемкость, ач
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	6
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	6
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	0
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	35
ИТОГО СРС	58

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библи.
Основная литература		
1	Сушков, Александр Данилович. Вакуумная электроника. Физико-технические основы [Текст] : Учеб. пособие для вузов по направлению "Электроника и микроэлектроника" / А.Д. Сушков, 2004. -462 с.	208
2	Физические основы плазменной электроники [Текст] : учеб. пособие / [В.Т. Барченко [и др.]], 2010. -79 с.	184
3	Барченко, Владимир Тимофеевич. Плазменные приборы и устройства на базе тлеющего разряда [Текст] : учеб. пособие / В.Т. Барченко, 2002. -63 с.	76
4	Вакуумные электронные приборы [Текст] : метод. указания к выполнению лаб. работ по дисциплине "Вакуумная и плазменная электроника" / Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет им. В.И. Ульянова (Ленина) "ЛЭТИ", 2006. -32 с.	134
5	Иванов, Борис Викторович. Применение характериографа для исследования вакуумных и твердотельных приборов [Текст] : учеб. пособие / Б. В. Иванов, А. Д. Тупицын, А. К. Шануренко, 2011. -97, [3] с.	68
6	Колебательные процессы в вакуумных электронных приборах [Текст] : метод. указания к лаб. работам по дисциплине "Вакуумная и плазменная электроника" / Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет им. В.И. Ульянова (Ленина) "ЛЭТИ", 2013. -27 с.	48
7	Вакуумная и плазменная электроника [Текст] : метод. указания по дисциплине "Вакуумная и плазменная электроника" для студентов заоч. формы обучения / Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет им. В.И. Ульянова (Ленина) "ЛЭТИ", 2007. -32 с.	70
Дополнительная литература		
1	Молоковский, Сергей Иванович. Интенсивные электронные и ионные пучки [Текст] : монография / С.И.Молоковский, А.Д.Сушков, 1991. -302 с	5
2	Голант, Виктор Евгеньевич. Основы физики плазмы [Текст] / В.Е. Голант, А.П. Жилинский, И.Е. Сахаров, 1977. -384 с.	30
3	Кацман, Юрий Абрамович. Электронные лампы [Текст] : теория, основы расчета и проектирования : учеб. для вузов по специальности "Электронные приборы" / Ю.А. Кацман, 1979. -301 с.	79
4	Каганов, Израиль Львович. Ионные приборы : учеб. пособие для вузов по специальностям "Промышленная электроника" и "Электронные приборы" / И.Л. Каганов, 1972. -526 с. -Текст : непосредственный.	53
5	Абрамов, Игорь Семенович. Лабораторный практикум по дисциплине "Плазменные приборы и устройства" / И.С. Абрамов, В.Т. Барченко, 1995. -75 с.	80

5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	Библиотека по электронике, радиоэлектронике, электротехнике и автоматике http://infotechlib.narod.ru
2	ЭБС издательства «Лань» https://e.lanbook.com/

5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=13891>

6 Критерии оценивания и оценочные материалы

6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Вакуумная и плазменная электроника» предусмотрены следующие формы промежуточной аттестации: экзамен.

Экзамен

Оценка	Описание
Неудовлетворительно	Курс не освоен. Студент испытывает серьезные трудности при ответе на ключевые вопросы дисциплины
Удовлетворительно	Студент в целом овладел курсом, но некоторые разделы освоены на уровне определений и формулировок
Хорошо	Студент овладел курсом, но в отдельных вопросах испытывает затруднения. Умеет решать задачи
Отлично	Студент демонстрирует полное овладение курсом, способен применять полученные знания при решении конкретных задач

Особенности допуска

Студент допускается к экзамену при условии защиты лабораторных работ по вакуумной и плазменной электронике, а также при условии написания двух контрольных работ по вакуумной электронике и теста по плазменной электронике.

Экзамен состоит из двух частей: ответов на вопросы экзаменационного билета по вакуумной электронике и при положительном результате -ответов на вопросы экзаменационного билета по плазменной электронике с учетом итоговых оценок по текущему контролю.

6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Вопросы к экзамену

№ п/п	Описание
1	Природа сил, препятствующих выходу электронов из катода. Потенциальный барьер. Работа выхода.
2	Термоэлектронная эмиссия: основной закон, эффект Шоттки.
3	Термоэлектронные катоды: основные типы, параметры и конструкции. Области применения.
4	Вольфрамовый торированный карбидированный катод (ВТКК).
5	Оксидный катод.
6	Методы расчета термокатодов.
7	Автоэлектронная эмиссия: основной закон, условия его реализации, конструкции катодов. Взрывная эмиссия и острый катод.
8	Вторично -электронная эмиссия: основные характеристики и параметры катодов, области применения.
9	Фотоэлектронная эмиссия: основные законы, характеристики и параметры, типы катодов.
10	Основные виды электронных потоков, способы их создания, области применения.
11	Диод с термокатодом: электрические поля и их составляющие, режимы отбора катодного тока.
12	Распределение потенциала в диоде с учетом пространственного заряда при нулевых начальных скоростях электронов и соответствующие ему распределения $E(x)$, $v(x)$, $\rho(x)$.
13	Закон степени $3/2$ для диода с различной формой электродов.
14	Первеанс электронного потока: определение понятия, его связь с геометрией и режимом работы прибора.

15	Вакуумный триод с термокатодом: картины электрических полей, естественный потенциал, островковый эффект.
16	Сведение триода и многосеточной лампы к эквивалентному диоду. Проницаемость прямая и обратная. Действующий потенциал. Закон «степени 3/2» для триода и многосеточной лампы.
17	Токораспределение в триоде; коэффициенты токораспределения. Режимы токораспределения.
18	Динаatronный эффект, условия его возникновения и способы подавления. Лучевой тетрод и его конструктивные особенности.
19	Виртуальный катод.
20	Статические характеристики электронных ламп и их дифференциальные параметры.
21	Принципы формирования неинтенсивных электронных пучков. Электростатические электронные линзы и прожекторы.
22	Магнитные линзы. Примеры использования.
23	Формирование интенсивных электронных потоков. Метод Пирса. Пушки Пирса.
24	Методы ограничения поперечных размеров интенсивных электронных потоков.
25	Способы управления электронными потоками. Пример реализации одного из этих способов.
26	Режимы квазистатического управления катодным током. Интегральные графики, иллюстрирующие эти режимы.
27	Недонапряженный, критический и перенапряженный режимы использования лампы по анодному напряжению.
28	Способы управления вектором скорости электронов (направлением движения).
29	Динамический способ управления плотностью электронного потока на примере двухрезонаторного пролетного клистрона.
30	Эффективность управления в различных управляющих устройствах.
31	Принцип работы триодного усилителя.
32	Преобразование энергии электронного потока в энергию выходного сигнала. Виды преобразующих устройств.
33	Конвекционные и наведенные заряды и токи в устройстве с плоским зазором и связь между ними.
34	Полный ток в цепи преобразующего устройства с плоским зазором и его составляющие.
35	Принцип работы преобразующего устройства с плоским зазором.
36	Определение понятий: колебательная и выходная мощности, а также мощности рассеяния. Математические выражения для этих мощностей.
37	Определение понятий: КПД преобразования и полный КПД, их математическое выражение. Способы повышения эффективности преобразования.
38	Типы приемников электронных потоков и способы их охлаждения.
39	Особенности конструкций, характеристик и параметров мощных электронных приборов с электростатическим управлением.
40	Ионизованный газ и плазма. Определение понятия «Плазма». Слабо- и сильно ионизованная плазма.
41	Общая характеристика газовых разрядов. Разновидности газовых разрядов.
42	Свойства газовых разрядов и плазмы и их применение в науке и технике.

43	Возникновение самостоятельного газового разряда: теория Таунсенда, кривые Пашена.
44	Особенности пробоя при низких и высоких давлениях.
45	Процессы в газонаполненной промежутке после достижения напряжения «Пробоя».
46	Коронный разряд.
47	Тлеющий разряд в условиях правой ветви кривой Пашена: картина физических явлений.
48	Теория катодного падения напряжения в тлеющем разряде по Энгелю и Штеенбеку.
49	Законы нормального тлеющего разряда.
50	Тлеющий разряд при низких давлениях плазмообразующего газа.
51	Теория положительного столба среднего давления: основные допущения и уравнения модели.
52	Теория положительного столба среднего давления: движение заряженных частиц в радиальном направлении. Амбиполярная диффузия.
53	Теория положительного столба среднего давления: определение электронной температуры.
54	Теория положительного столба среднего давления: радиальное распределение концентрации.
55	Теория положительного столба среднего давления: определение продольного градиента потенциала.
56	Теория положительного столба среднего давления: пристеночные явления.
57	Распад плазмы среднего давления.
58	Зондовые методы диагностики плазмы.

Форма билета

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический
 университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина)»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

Дисциплина Вакуумная и плазменная электроника ФЭЛ

1. Природа сил, препятствующих выходу электронов из катода. Потенциальный барьер. Работа выхода.
2. Режимы квазистатического управления катодным током. Интегральные графики, иллюстрирующие эти режимы.

3. Ионизованный газ и плазма. Определение понятия «Плазма». Слабо- и сильно ионизованная плазма.

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Д.В. Холодняк

Образцы задач (заданий) для контрольных (проверочных) работ

Контрольная работа № 1

Тема: Основы эмиссионной электроники. Прохождение потоков заряженных частиц в вакууме.

1. Приведите и поясните основные законы термоэмиссии. Что такое эффект Шоттки?

2. Поясните режимы отбора катодного конвекционного тока в вакуумном диоде с помощью анодной характеристики

3. Заряженная частица движется в однородном магнитном поле по винтовой линии, радиус которой равен 20 мм, а шаг 125,6 мм. Определить угол, который составляет вектор скорости частицы с вектором индукции магнитного поля.

4. Вычислить уровень Ферми для натрия и меди, считая, что в каждом из металлов на один атом приходится один электрон проводимости. При комнатной температуре плотность натрия 970 кг/м³, меди – 8920 кг/м³; масса атома натрия $38,2 \cdot 10^{-27}$ кг, меди – $105 \cdot 10^{-27}$ кг.

Контрольная работа № 2

Тема: Формирование, транспортировка и преобразование энергии потоков заряженных частиц различной интенсивности

1. Как определить эффективность управления плотностью электронного потока при линейном электростатическом способе управления?

2. Кратко опишите сущность воздушного принудительного охлаждения. Какой характер движения охлаждающей среды при этом применяется и почему?

3. На отклоняющие пластины подано синусоидальное напряжение. Угол пролета электронов в отклоняющем поле $\pi/4$. На экране видна прямая линия длиной 5 см. Определить действующее значение отклоняющего напряжения, если чувствительность по отклонению при постоянном напряжении на отклоняющих пластинах 0,45 мм/В.

4. Сравнить КПД генератора в режимах управления АВ ($\theta = 110^\circ$) и С ($\theta = 60^\circ$) при $\xi = 0,9$.

Тест

1. Что такое работа выхода электрона?
1. Энергия, необходимая для ионизации атома.
2. Разность между энергией электрона в металле и уровнем Ферми
3. Энергия, необходимая для преодоления сил потенциального барьера
2. Какой вид эмиссии наиболее часто используется в вакуумных приборах?

1. Вторично-электронная
2. Термоэлектронная
3. Автоэлектронная
3. Укажите основной закон термоэмиссии.

1. $JT = A \cdot T^2 \cdot \exp(e\phi/kT)$

2. $JT = A \cdot T^2 \cdot \exp(-e\phi_0/kT)$

3. $JTE = JT \cdot \exp(\alpha\sqrt{E/T})$

4. Что такое эффект Шоттки?

1. Увеличение термоэмиссии за счет уменьшения потенциального барьера при воздействии внешнего ускоряющего поля

2. Увеличение эмиссии за счет появления автоэмиссионного тока при воздействии внешнего ускоряющего поля

3. Увеличение эмиссии за счет появления фотоэмиссионного тока при облучении катода квантами падающего света

5. Укажите выражение для определения первенанса электронного потока.

1. $S = dI_a/dU_c$

2. $p = I_0/U_0^{3/2}$

3. $R_0 = U_a/I_a$

6. Укажите режимы отбора катодного конвекционного тока в вакуумных приборах.

1. Режим перехвата и режим возврата

2. Режим ограничения тока пространственным зарядом электронов и режим насыщения

3. Режим начальных токов, режим ограничения тока пространственным зарядом электронов и режим насыщения

7. Укажите режимы токораспределения в электронных лампах

1. Режим возврата и режим перехвата

2. Режим возврата и режим насыщения

3. Режим ограничения тока пространственным зарядом электронов и режим насыщения

8. Как формируются неинтенсивные электронные пучки?

1. С помощью электронных линз по аналогии с геометрической (световой) оптикой

2. С помощью электронных линз по аналогии с гидродинамической моделью
3. С помощью системы электродов в электронных лампах
9. Какие электроды входят в состав триодного электронного прожектора?
 1. Катод, сетка и анод
 2. Катод, модулятор и ускоряющий электрод
 3. Катод, формирующий электрод и ускоряющий электрод
10. Какие электроды входят в состав диодной пушки Пирса?
 1. Катод, управляющий электрод и анод
 2. Катод, модулятор и анод
 3. Катод, формирующий электрод и анод
11. С какой целью производится ограничение поперечных размеров интенсивных электронных пучков?
 1. Для фокусировки электронных пучков
 2. Для транспортировки пучков в рабочей области прибора без изменения поперечного сечения пучка
 3. Для улучшения токопрохождения пучка
12. Какие из перечисленных квазистатических способов управления плотностью электронного потока являются линейными?
 1. А, В, С
 2. В, АВ, С
 3. А, А1, А2
13. Какие из перечисленных квазистатических способов управления плотностью электронного потока являются нелинейными (режимами с отсечкой то-

ка)?

1. А, В, С

2. А, А1, А2

3. АВ, В, С

14. Чем отличается динамический способ управления плотностью электронного потока от квазистатического?

1. Динамический способ осуществляется в два этапа: скоростная модуляция и группирование

2. При динамическом способе управление плотностью осуществляется не постепенно, а мгновенно

3. Динамический способ позволяет управлять плотностью неинтенсивных электронных потоков

15. Какими способами можно управлять траекторией электронного потока?

1. Электростатическим и динамическим

2. Квазистатическим и магнитным

3. Динамическим и магнитным

16. Какое преобразующее устройство используется для преобразования энергии электронного потока в энергию видимого излучения?

1. Зазор выходного резонатора

2. Поверхностный слой мишени

3. Слой люминофора, нанесенный на внутреннюю поверхность экрана

17. Чем характеризуется эффективность преобразования энергии электронного потока?

1. Коэффициентом усиления по мощности $KP = P_{\text{вых}}/P_{\text{вх}}$

2. Коэффициентом полезного действия $\eta = P_{\text{вых}}/P_0$

3. Параметром группирования $X = I_m/I_0$

18. В каких приборах используется преобразование энергии электронного потока в полезную тепловую энергию?

1. В электронных лампах

2. В микроволновых вакуумных приборах

3. В электронно-лучевых технологических установках

19. Каково соотношение между конвекционным током электронов в выходном зазоре и наведенным током во внешней цепи зазора?

1. Эти токи равны

2. Наведенный ток равен усредненному по зазору конвекционному току

3. Эти токи не связаны между собой

20. Укажите формулу для расчета выходной энергии при преобразовании энергии электронного потока в энергию радиодиапазона

1. $P_{\text{вых}} = 0,5 \cdot I_m \text{ вых} \cdot U_m \text{ вых}$

2. $P_{\text{вых}} = 0,5 \cdot I_a \cdot U_a$

3. $P_{\text{вых}} = I_m \text{ вых} \cdot U_m \text{ вых}$

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3

6.3 График текущего контроля успеваемости

Неделя	Темы занятий	Вид контроля
1	Введение	
2	Тема 1. Основные термины, определения и понятия	
3	Тема 2. Основы эмиссионной электроники	
4	Тема 3. Прохождение потоков заряженных частиц в вакууме и газе	
5		
6		
7		Контрольная работа
8	Тема 4. Формирование, транспортировка и преобразование энергии потоков заряженных частиц различной интенсивности	
9		Коллоквиум
10	Тема 4. Формирование, транспортировка и преобразование энергии потоков заряженных частиц различной интенсивности	
11		
12	Тема 5. Методы генерации и диагностики потоков заряженных частиц и плазмы	
13		
14		Контрольная работа
15	Тема 5. Методы генерации и диагностики потоков заряженных частиц и плазмы	
16		
17	Тема 6. Применение потоков заряженных частиц, плазмы и газовых разрядов в электронике	Тест

6.4 Методика текущего контроля

на лекционных занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), по результатам которого студент получает допуск на экзамен.

на лабораторных занятиях

- Порядок выполнения лабораторных работ, подготовки отчетов и их защиты

В процессе обучения по дисциплине «Вакуумная и плазменная электроника» студент обязан выполнить 8 (по 4 работы по вакуумной и плазменной электронике) лабораторных работ. Под выполнением лабораторных работ подразумевается подготовка к работе, проведение экспериментальных исследований, подготовка отчета и его защита на коллоквиуме. После каждых 4 лабораторных работ предусматривается проведение коллоквиума на 9 и 17 неделях, на

которых осуществляется защита лабораторных работ. Выполнение лабораторных работ студентами осуществляется в бригадах до 3 человек. Оформление отчета студентами осуществляется индивидуально в соответствии с принятыми в СПбГЭТУ правилами оформления студенческих работ. Отчет оформляется после выполнения экспериментальных исследований и представляется преподавателю на проверку. После проверки отчет либо возвращается (при наличии замечаний) на доработку, либо подписывается к защите.

Лабораторные работы защищаются студентами индивидуально. Каждый студент получает вопрос по теоретической части, или по процедуре проведения экспериментальных исследований, или по последующей обработке результатов, после чего ему предоставляется время для подготовки ответа. При обсуждении ответа преподаватель может задать несколько уточняющих вопросов. В случае если студент демонстрирует достаточное знание вопроса, работа считается защищенной.

На защите лабораторной работы студент должен показать: понимание методики исследования и знание особенностей её применения, понимание и умение объяснять особенности применяемых методов, возможные области их применения и т.д., умение давать качественную и количественную оценку полученных экспериментальных результатов и прогнозировать реакции исследуемого объекта на различные воздействия, навыки и умения, приобретенные при выполнении лабораторной работы.

Текущий контроль включает в себя выполнение, сдачу в срок отчетов и их защиту по всем лабораторным работам, по результатам которой студент получает допуск на экзамен.

на практических занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), по результатам которого студент получает допуск на экзамен.

В ходе проведения практических занятий целесообразно привлечение студентов к как можно более активному участию в дискуссиях, решении задач, обсуждениях и т. д. При этом активность студентов также может учитываться преподавателем, как один из способов текущего контроля на практических занятиях.

В ходе практических занятий студенты выполняют две контрольные работы и выполняют тест.

Критерии оценивания контрольной работы:

Каждая контрольная работа состоит из 4-х заданий (два вопроса и 2 задачи). Каждое задание оценивается по 4-х балльной системе.

Оценка "отлично" ставится за полный и правильный ответ.

Оценка "хорошо" - за неполный и правильный ответ.

Оценка "удовлетворительно" - за неполный и частично правильный ответ.

Неправильный ответ даже на одно задание приводит к неудовлетворительной оценке за всю контрольную работу.

Итоговая оценка за контрольную работу рассчитывается как среднеарифметическое значение оценок за задания.

Критерии оценивания теста:

Тест состоит из 20 вопросов, каждый из которых сопровождается тремя возможными ответами, из которых нужно выбрать единственно правильный.

Итоговая оценка на вопросы теста формируется как доля правильных ответов. При этом, если доля правильных ответов менее 0,5, оценка за тест неудовлетворительная.

самостоятельной работы студентов

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекции-

онных, лабораторных и практических занятиях студентов по методикам, описанным выше.

7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

Тип занятий	Тип помещения	Требования к помещению	Требования к программному обеспечению
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, меловая или маркерная доска.	
Лабораторные работы	Лаборатория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, доска учебная, демонстрационный экран, мультимедиа проектор, ПК или ноутбук, стенды для измерения статических и динамических характеристик вакуумных и полупроводниковых электронных приборов	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, проектор, экран, ПК или ноутбук, меловая или маркерная доска.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше

8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Дата	Изменение	Дата и номер протокола заседания УМК	Автор	Начальник ОМОЛА