

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)**

Электроника, радиотехника и системы связи

Учебно-методическое пособие по практическим занятиям для
аспирантов, обучающихся по направлению подготовки:

11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи

(профиль: Вакуумная и плазменная электроника)

А.С. Аникин

Томск - 2019

Содержание

Введение	3
1. Общие требования	4
2. Техническое обеспечение практических работ	4
3. Цели и задачи дисциплины	4
4. Требования к результатам освоения дисциплины	6
5. Прием результатов выполнения практических заданий	7
6. Задания для практических занятий	8
7. Индивидуальное задание	9
8. Библиографический список	10
Приложение 1	11
Приложение 2	13

Введение

Практические занятия предназначены для закрепления материала, полученного аспирантами при самостоятельном изучении материалов настоящей дисциплины и получения практических навыков расчёта параметров и характеристик антенно-фидерных устройств и систем, углубленному изучению физических основ построения и функционирования микроволновых антенно-фидерных устройств и систем, необходимых для проведения фундаментальных и прикладных научных исследований и создания передовых разработок в области создания антенн и устройств СВЧ диапазона.

Полученные навыки и знания могут быть полезны при проектировании и разработке передовых антенно-фидерных устройств, а также при получении навыков организации работы исследовательского коллектива в области создания антенн и фидерных линий с целью выработки новых методов исследования и их применения в научно-исследовательской деятельности, а также при обеспечении освоения преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования.

1. Общие требования

Практические занятия проводятся согласно учебному расписанию отдельно для каждой группы аспирантов. В ходе практических занятий аспирант выполняет практическое задание, полученное от преподавателя. Практические задания выполняются аспирантами индивидуально под контролем со стороны преподавателя.

Все консультации осуществляются преподавателем. Для успешного выполнения практических заданий целесообразно в учебном расписании для практических занятий выделять 2 академических часа.

2. Техническое обеспечение практических работ

Для выполнения практического задания аспиранту предоставляется индивидуальное рабочее место, в состав которого входят:

- персональный компьютер с операционной системой Windows 7;
- программное обеспечение MATLAB/SciLAB.

Размещение и освещенность рабочих мест в учебной аудитории (лаборатории) должно удовлетворять действующим требованиям СанПиН.

3. Цели и задачи дисциплины

Целью дисциплины является:

- изучение истории, современного состояния и перспектив развития антенн, устройств СВЧ и технологий их изготовления, фундаментальных основ разработки, исследования,

функционирования устройств СВЧ и антенн, предназначенных для передачи и приёма электромагнитных волн;

- овладение аспирантами методологией теоретических и экспериментальных исследований, культурой научного исследования в области антенн и устройств СВЧ, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий;
- освоение аспирантами навыками организации работы исследовательского коллектива в области антенн и устройств СВЧ с целью выработки новых методов исследования и их применения в научно-исследовательской деятельности;
- обеспечить освоение преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования.

Задачи дисциплины:

- углубленно изучить фундаментальные основы физических принципов построения и функционирования устройств СВЧ и антенн;
- понимать основные фундаментальные знания в области физики работы устройств СВЧ и антенн, а также знать физические и математические модели функционирования этих устройств;
- освоить новые методы исследования и их применение к научно-исследовательской деятельности в области функционирования устройств СВЧ и антенн;
- овладеть методологией теоретических и экспериментальных исследований и культуры научного исследования и синтеза математических моделей функционирования устройств СВЧ и антенн;
- научиться организовывать работу исследовательского коллектива в области функционирования устройств СВЧ и антенн;
- освоить преподавательскую деятельность в области высшего образования.
- получение и углубление знаний по методам расчёта основных параметров и характеристик устройств СВЧ и антенн, а также по основам их проектирования.

4. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование у аспирантов следующих компетенций:

– *ОПК-1* владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности

– *ОПК-2* владение культурой научного исследования, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий

– *ОПК-3* способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной профессиональной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности

– *ОПК-4* готовность организовать работу исследовательского коллектива в профессиональной деятельности

– *ОПК-5* готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** современное состояние и перспективы развития плазменной электроники. Фундаментальные основы физики вакуума, плазмы и твердого тела; принципы использования физических эффектов в вакууме и в плазме в приборах и устройствах вакуумной, плазменной электроники; конструкции, параметры и характеристики и методы моделирования приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники; новые методы исследования и их применение для исследований физических процессов в плазме и устройствах вакуумной электроники, методологию теоретических и экспериментальных исследований в области вакуумной электроники.

– **уметь** аргументированно выбирать эффективную методику экспериментального исследования; применять методы расчета параметров и характеристик приборов вакуумной и плазменной

электроники; применять методы моделирования и проектирования приборов и устройств вакуумной и плазменной электроники; анализировать информацию о новых типах вакуумных и плазменных приборах; организовать работу исследовательского коллектива в профессиональной деятельности; уметь вести преподавательскую деятельность по основным образовательным программам высшего образования.

– **владеть** методами экспериментальных исследований параметров и характеристик материалов, приборов и устройств вакуумной и плазменной электроники; современными программными средствами моделирования и проектирования приборов вакуумной и плазменной электроники; основными приемами обработки и предоставления экспериментальных данных; методологией теоретических и экспериментальных исследований и физических процессов вакуумной электроники и культурой научного исследования, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий.

5. Прием результатов выполнения практических заданий

Результаты выполнения практических заданий оформляются в виде отчета. За выполнение каждого задания преподаватель выставляет аспиранту оценку по пятибалльной системе. Оценка выполнения задания складывается с весовыми коэффициентами из 5-балльных оценок по следующим критериям:

1. Время выполнения задания. Фиксируется с момента получения задания до момента сдачи отчета. Измеряется в астрономических часах. Сравняется с нормативным временем выполнения. Весовой коэффициент оценки - 30%

2. Полнота и правильность реализации алгоритмов, предусмотренных заданием. Экспертная оценка преподавателя. Вклад в итоговую оценку аспиранта – 50%.

3. Аккуратность при составлении отчета. Вклад в итоговую оценку аспиранта – 20%.

Во время приема выполненной работы преподаватель вправе:

- Требовать у аспиранта демонстрации выполнения

алгоритмов.

- Самостоятельно производить манипуляции с программным обеспечением, не изменяя его конфигурацию.

- Требовать у аспиранта реализации алгоритмов.

Преподаватель должен объявить аспиранту поставленную ему оценку за выполнение задания, а в случае возникновения непонимания, объяснить причины ее выставления. В случае, если оценка ниже 4 баллов, аспирант имеет право повторно предъявить исправленный отчет, но не более двух раз.

При этом для вычисления оценки время, затраченное на исправление, прибавляется к общему времени выполнения задания.

Отчеты о выполнении практических заданий сохраняются преподавателем до конца учебного года.

Выставленная оценка влияет на оценку аспиранта при выставлении итоговой оценки за практические занятия.

До конца семестра аспирант должен получить оценку по всем заданиям, предусмотренным настоящими указаниями. За работы, результаты выполнения которых не были предъявлены преподавателю для оценивания, выставляется оценка 0 (нуль) баллов. Аспиранты, имеющие итоговую оценку за практические занятия ниже 3 баллов, к сдаче зачета по предмету не допускаются.

6. Задания для практических занятий

Задания выполняются последовательно. Приступать к следующему занятию аспирант имеет право, только предъявив для оценивания результат выполнения предыдущего задания.

Наименование практических занятий (семинаров) приведено ниже:

1. Исторические аспекты развития эмиссионной электроники. Тенденции развития плазменной и вакуумной электроники. Классификация устройств эмиссионной электроники, их характеристики и предназначение в радиотехнических устройствах и системах связи – трудоемкость 6 часов.

2. Эмиссионная электроника Термоэлектронная эмиссия. Фотоэлектронная эмиссия. Вторичная электронная эмиссия.

Автоэлектронная эмиссия – трудоемкость 6 часов.

3. Термоэлектронная эмиссия, фотоэлектронная эмиссия, вторичная эмиссия – трудоемкость 4 часа.

4. Диодный промежуток, вакуумный и ионный фотоэлемент, многокаскадные ФЭУ – трудоемкость 4 часа.

5. Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях – трудоемкость 4 часа.

6. Тлеющий разряд – трудоемкость 6 часов.

7. Методы индивидуальных теоретических и экспериментальных исследований, интеграция в научное сообщество, организация работы исследовательского коллектива. Порядок выполнения научно-исследовательских работ (НИР). Результаты НИР. Научная этика. Культура научных исследований – трудоемкость 6 часов.

8. Организация преподавательской деятельности (виды контактной работы, организация самостоятельной работы, учебно-методическое обеспечение, педагогика и психология). Источники основных образовательных программ высшего образования в области вакуумной электроники. Образовательные стандарты, профессиональные отраслевые стандарты – трудоемкость 4 часа.

7. Индивидуальное задание

Для формирования основы диссертационного исследования необходим полноценный обзор литературы. Постановка вопросов к поиску литературы неразрывно связано с постановкой цели и задач диссертационного исследования, а также названия диссертации.

Аспирантам предлагается сформулировать и обсудить с научным руководителем:

- предварительное название диссертационной работы;
- цель диссертационного исследования;
- задачи диссертационного исследования.

На основании этих данных необходимо выполнить обзор литературы, включая патентный поиск. Результатом такого обзора является:

- краткое описание каждого источника и указание выводов,

- полученных в источнике с указанием ссылки на источник;
- анализ источников с точки зрения решаемых в диссертации задач.
 - обобщение результатов обзора;
 - выявление особенностей или условий решения задач, приведённых в источнике литературы;
 - список литературы (источников).

После обзора литературы следует выявить необходимость дополнительных исследований (моделирования, проведения экспериментов) для достижения цели диссертационной работы.

Результатом индивидуального задания является отчёт, содержащий указанные выше требования.

8. Библиографический список

Основная литература

1. Форвакуумные плазменные источники электронов [Электронный ресурс]: Монография / Бурдовицин В. А., Климов А. С., Медовник А. В., Окс Е. М., Юшков Ю. Г. - 2014.: Научно-образовательный портал ТУСУР, <https://edu.tusur.ru/monographies/15>.

2. Применение форвакуумных плазменных источников электронов для обработки диэлектриков: [Электронный ресурс] Монография / Климов А. С., Медовник А. В., Юшков Ю. Г., Тюньков А. В., Зенин А. А., Казаков А. В., Золотухин Д. Б. - 2017.: Научно-образовательный портал ТУСУР, <https://edu.tusur.ru/monographies/89>.

3. Пушкарев, А.И. Генерация пучков заряженных частиц в диодах со взрывоэмиссионным катодом [Электронный ресурс]: монография / А.И. Пушкарев, Ю.И. Исакова, Р.В. Сазонов, Г.Е. Холодная. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2012. — 235 с.: В другом месте, <https://e.lanbook.com/book/48309>.

Дополнительная литература

1. Смирнов, С. Д. Педагогика и психология высшего образования: от деятельности к личности: Учебное пособие для вузов / С. Д. Смирнов. - 3-е изд., стереотип. - М. : Академия, 2007. -

393 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 5 экз.)

2. Дьяконов, В.П. Сверхскоростная твердотельная электроника. Т. 2: Приборы специального назначения [Электронный ресурс] / В.П. Дьяконов. — Электрон. дан. — Москва : ДМК Пресс, 2013. — 576 с.: В другом месте,<https://e.lanbook.com/book/9122>.

3. Данилов, В.Г. Математическое моделирование эмиссии из катодов малых размеров [Электронный ресурс] / В.Г. Данилов, В.Ю. Руднев, Р.К. Гайдуков, В.И. Кретов. — Электрон. дан. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2014. — 232 с.: В другом месте, <https://e.lanbook.com/book/63225>.

Обязательные учебно-методические пособия

1. Основы научно-исследовательской деятельности: Учебное пособие по дисциплине «Научно-исследовательская деятельность» для обучающихся в аспирантуре / Д. В. Озеркин, Е. М. Покровская - 2018. 187 с.: Научно-образовательный портал ТУСУР, <https://edu.tusur.ru/publications/7831>

изменить удалить

2. Информационные и электронные ресурсы в организации научных исследований: Учебно-методическое пособие по практической и самостоятельной работе / Е. М. Покровская - 2018. 13 с.: Научно-образовательный портал ТУСУР,<https://edu.tusur.ru/publications/7289>

изменить удалить

3. О самостоятельной работе обучающихся в бакалавриате, специалитете, магистратуре, аспирантуре: Учебно-методическое пособие / С. В. Мелихов, В. А. Кологривов - 2018. 9 с.: Научно-образовательный портал ТУСУР,<https://edu.tusur.ru/publications/7627>

изменить удалить

Вопросы зачета

1. Современное состояние и перспективы развития вакуумной электроники.
2. Классификация устройств вакуумной электроники.
3. Обзор устройств вакуумной электроники и их место в радиотехнических устройствах и системах связи.
4. Электронная эмиссия.
5. Основы электронной теории твердого тела.
6. Термоэлектронная эмиссия.
7. Электронный поток.
8. Формирование и транспортировка электронных потоков.
6. Электронные пушки и прожекторы.
7. Примеры использования электронных пушек и прожекторов в приборах вакуумной электроники.
8. Электрические и магнитные способы управления плотностью и скоростью электронов.
9. Преобразование энергии электронного потока в другие виды энергии.
10. Эффекты взаимодействия (катодолуминесценция, катодоусиление, рентгеновское излучение, нагрев).
11. Ионизованный газ и плазма.
12. Основные методы генерации плазмы.
13. Типы газовых разрядов.
14. Эмиссионные свойства плазмы.
15. Диагностика параметров плазмы.
16. Применение плазмы в электронике.
17. Автоэлектронная эмиссия.
18. Вторично-электронная эмиссия.
19. Фотоэлектронная эмиссия.
20. Потенциальный барьер.
21. Математические модели физических явлений, определяющих принципы функционирования устройств вакуумной электроники.
22. Технологические требования к техническим параметрам

современной элементной базы вакуумной электроники.

23. Методы индивидуальных теоретических и экспериментальных исследований, интеграция в научное сообщество, организация работы исследовательского коллектива.

24. Порядок выполнения научно-исследовательских работ (НИР).

25. Результаты НИР.

26. Научная этика.

27. Культура научных исследований.

28. Организация преподавательской деятельности (виды контактной работы, организация самостоятельной работы, учебно-методическое обеспечение, педагогика и психология).

29. Источники основных образовательных программ высшего образования вакуумной электроники.

30. Образовательные стандарты, профессиональные отраслевые стандарты.

Тестовые задания

1. Эксперимент, в котором задействованы только математические и/или имитационные модели, носит название:

- а) физического эксперимента;
- б) математического эксперимента;
- в) технического эксперимента;
- г) вычислительного эксперимента.

2. Средства массовой коммуникации выполняют социализирующие функции:

- а) социально-нравственную;
- б) социально-эстетическую;
- в) социально-эмоциональную;
- г) рекреативную, релаксационную;
- д) коммуникативную.

3. Виды социализации, в процессе которых молодежь усваивает социальные роли:

- а) стихийная, направляемая, контролируемая;
- б) дотрудовая, трудовая, послетрудовая;
- в) полоролевая, семейно-бытовая, профессионально-трудовая, субкультурно-групповая;
- г) идентификация, индивидуализация, персонализация.

4. Самостоятельное осознанное нахождение смыслов выполняемой работы и всей жизнедеятельности в конкретной культурно-исторической (социально-экономической) ситуации - это...

- а) профессиональный выбор;
- б) профессиональный план;
- в) профессиональный отбор;
- г) профессиональное самоопределение.

5. Какому закону подчиняется распределение электронов по скоростям ?

- а) Закону Больцмана;
- б) Закону Максвелла;
- в) По закону Столетова

4) По закону Эйнштейна

6. Какая электронная пушка считается высокопервиансной?

а) Значение первеанса меньше 10^{-9} A/V^{3/2};

б) Значение первеанса больше 10^{-8} A/ V^{3/2};

в) Значение первеанса меньше 10^{-6} A/V^{3/2};

г) Значение первеанса больше 10^{-6} A/ V^{3/2};

7) Под каким углом к оптической оси размещен управляющий электрод в пушке Пирса?

а) 30 градусов;

б) 60 градусов;

в) 67,5 градусов;

г) 45 градусов.

8. По какому закону изменяется ток электронной пушки?

а) По закону степени « $3/2$ »;

б) По закону степени « $5/2$ »;

в) По закону степени « $1/2$ »;

г) По закону « $7/2$ »;

9. Какое излучение называют тормозным рентгеновским излучением?

а) Излучение, связанное с взаимодействием ускоренных электронов со свободными и связанными электронами кристалла;

б) Излучение, связанное с взаимодействием медленных электронов с молекулами газа;

в) Излучение, связанное с взаимодействием медленных электронов с электронами кристалла;

г) Излучение, связанное с взаимодействием ускоренных электронов со свободными и связанными электронами кристалла.

10. Какое излучение называют характеристическим рентгеновским излучением?

а) Излучение, связанное с взаимодействием ускоренных электронов в глубине атомов, с принадлежащими им электронами;

б) Излучение, связанное с взаимодействием медленных электронов с электронами кристалла;

в) Излучение, связанное с взаимодействием медленных электронов с молекулами газа;

г) Излучение, связанное с взаимодействием ускоренных

электронов в глубине атомов, с принадлежащими им электронами.

11. При каком типе столкновений налетающий электрон передает свою энергию электрону кристалла?

- а) Упругое столкновение;
- б) Таких соударений не существует;
- в) При всех типах столкновений;
- г) Неупругое столкновение.

12. При каком типе столкновений налетающий электрон не передает свою энергию электрону кристалла?

- а) Неупругое столкновение;
- б) При всех видах столкновений;
- в) Таких соударений не существует;
- г) Упругое столкновение.

13. Назовите основную характеристику катода.

а) Зависимость эффективной работы выхода от материала катода;

б) Зависимость тока эмиссии от способа нагрева катода;

в) Зависимость эффективной работы выхода от толщины катода;

г) Зависимость тока эмиссии от температуры катода.

14. Для каких катодов применяется параметр допустимая плотность катодного тока?

- а) Для лантан-боридных катодов;
- б) Для активированных катодов;
- в) Для неактивированных катодов;
- г) Для всех типов катодов.

15. Какой электронный пучок считается параксиальный?

а) Если траектории электронов параллельны;

б) Отсутствует симметрия относительно оптической оси;

в) Расстояние от оптической оси до крайнего электрона много меньше квадрата этого расстояния.

г) Расстояние от оптической оси до крайнего электрона много больше квадрата этого расстояния.

16. Что представляет собой электронная пушка осциллографических трубок?

- а) Симметричная линза;

- б) Иммерсионная линза;
- в) Квадрупольная линза;
- г) Иммерсионный объектив.

17. В каком из указанных приборов происходит мгновенное преобразование видимого изображения в электрический сигнал ?

- а) Иконоскоп;
- б) Суперортикон;
- в) Видикон;
- г) Диссектор.

18. В какой передающей трубке применяется полупроводниковая фотопроводящая мишень ?

- а) Иконоскоп;
- б) Суперортикон;
- в) Диссектор;
- г) Видикон.

19. Какой тип разряда называется самостоятельным ?

а) Разряд, который может существовать только при воздействии внешнего ионизирующего фактора;

б) Разряд, который может существовать без электрического поля;

в) Разряд, который может существовать только при наличии внешнего электрического поля;

г) Разряд, который может существовать без воздействия внешнего ионизирующего фактора;

20. Какие системы отклонения имеют больший частотный диапазон ?

- а) Магнитные;
- б) Квадрупольные;
- в) Электростатические;
- г) Магнитостатические.