

Оценочные материалы – это совокупность учебно-методических материалов (контрольных заданий, описаний форм и процедур), предназначенных для оценки качества освоения обучающимися данной дисциплины как части основной образовательной программы.

**Цель – оценить соответствие знаний, умений и уровня приобретенных компетенций, обучающихся целям и требованиям основной образовательной программы в ходе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации.**

**Основная задача – обеспечить оценку уровня сформированности общекультурных и профессиональных компетенций, приобретаемых обучающимся в соответствии с этими требованиями.**

**Контроль знаний проводится в форме текущего контроля и промежуточной аттестации.**

**Текущий контроль успеваемости проводится с целью определения степени усвоения учебного материала, своевременного выявления и устранения недостатков в подготовке обучающихся и принятия необходимых мер по совершенствованию методики преподавания учебной дисциплины (модуля), организации работы обучающихся в ходе учебных занятий и оказания им индивидуальной помощи.**

**К контролю текущей успеваемости относятся проверка знаний, умений и навыков, приобретённых обучающимися на практических занятиях.**

**На практических занятиях допускается использование либо системы «зачтено – не зачтено», либо рейтинговой системы оценки, при которой, например, правильно решенная задача оценивается определенным количеством баллов. При поэтапном выполнении учебного плана баллы суммируются. Положительным итогом выполнения программы является определенное количество набранных баллов.**

**Промежуточный контроль по дисциплине осуществляется проведением зачета. Форма проведения зачета – устный ответ по утвержденным зачетным билетам, сформулированным с учетом содержания учебной дисциплины. В зачетный билет включается два теоретических вопроса. В процессе подготовки к устному ответу экзаменуемый может составить в письменном виде план ответа, включающий в себя определения, выводы формул, рисунки и т.п. Решение задачи также предоставляется в письменном виде.**

В соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки бакалавров 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств» при освоении дисциплины «Микроэлектроника СВЧ» формируются следующие компетенции: ПК-1, ПК-5, ПК-6.

Указанные компетенции формируются в соответствии со следующими этапами:

- 1) формирование и развитие теоретических знаний, предусмотренных указанными компетенциями (лекционные и практические занятия, самостоятельная работа студентов);
- 2) приобретение и развитие практических умений предусмотренных компетенциями (практические занятия, самостоятельная работа студентов);
- 3) закрепление теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями, в ходе выполнения конкретных заданий на практических занятиях, ответов на контрольные и тестовые задания (текущий контроль), а также в процессе подготовки и сдачи отчетов по самостоятельной работе и экзамена (промежуточный контроль).

#### **Паспорт оценочных материалов по дисциплине**

| №<br>п/п | Контролируемые разделы (темы)<br>дисциплины                            | Код контролируемой<br>компетенции (или её<br>части) | Вид, метод, форма<br>оценочного мероприятия |
|----------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 1        | Общие сведения о микроволнах<br>(сверхвысоких частотах) диапазона СВЧ. |                                                     | Ответы на контрольные                       |

|   |                                                                                                                                 |            |                                        |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|----------------------------------------|
|   | Основные особенности диапазона и применения СВЧ. Общие вопросы электронных приборов СВЧ.                                        | ПК-4       | задания, экзамен                       |
| 2 | Приборы клистронного типа («О»-типа).                                                                                           | ПК-3       | Ответы на контрольные задания, экзамен |
| 3 | Приборы магнетронного «М»-типа. Приборы с (сеточным) управлением током катода.                                                  | ПК-1, ПК-4 | Ответы на контрольные задания, экзамен |
| 4 | Пассивные микроволновые устройства СВЧ. Устройства СВЧ на полупроводниковых диодах с положительным динамическим сопротивлением. | ПК-4       | Ответы на контрольные задания, экзамен |
| 5 | Полупроводниковые управляющие устройства СВЧ.                                                                                   | ПК-4       | Ответы на контрольные задания, экзамен |
| 6 | Устройства СВЧ на полупроводниковых диодах с отрицательным динамическим сопротивлением.                                         | ПК-3       | Ответы на контрольные задания, экзамен |
| 7 | Усилители СВЧ на транзисторах. Перспективные транзисторы на «горячих» электронах и с гетеропереходами.                          | ПК-4       | Ответы на контрольные задания, экзамен |
| 8 | Состояние микроэлектроники СВЧ в настоящее время. Направления развития.                                                         | ПК-3       | Ответы на контрольные задания, экзамен |

## 2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Сформированность каждой компетенции в рамках освоения данной дисциплины оценивается по трехуровневой шкале:

- 1) пороговый уровень является обязательным для всех обучающихся по завершении освоения дисциплины;
  - 2) продвинутый уровень характеризуется превышением минимальных характеристик сформированности компетенций по завершении освоения дисциплины;
  - 3) эталонный уровень характеризуется максимально возможной выраженностью компетенций и является важным качественным ориентиром для самосовершенствования.
- При достаточном качестве освоения более 80% приведенных знаний, умений и навыков преподаватель оценивает освоение данной компетенции в рамках настоящей дисциплины на эталонном уровне, при освоении более 60% приведенных знаний, умений и навыков – на продвинутом, при освоении более 40% приведенных знаний, умений и навыков – на пороговом уровне. При освоении менее 40% приведенных знаний, умений и навыков компетенция в рамках настоящей дисциплины считается неосвоенной.

**Уровень сформированности** каждой компетенции на различных этапах ее формирования в процессе освоения данной дисциплины оценивается в ходе текущего контроля успеваемости и представлено различными видами оценочных средств.

Преподавателем ответы студента на контрольные вопросы и тестирование при текущем контроле:

Принимается во внимание **знания** и **уровень сформированности** каждой компетенции обучающимися ПК-3, ПК-4,:

– основные законы классической и особенности современной научной картины мира для целенаправленного поиска новых знаний и умений в сфере будущей профессиональной деятельности;

– методы и способы планирования, подготовки и выполнения типовых экспериментальных исследований по заданной методике;

– основные методы расчета электронных приборов, схем и устройств.

наличие **умений**:

– анализировать и выделять то новое, что позволяет выстраивать адекватную современному уровню знаний научную картину мира;

– применять методы планирования, подготовки и выполнения типовых экспериментальных исследований по заданной методике;

– пользоваться методиками расчета и проектирования электронных приборов и устройств в соответствии с техническим заданием.

**обладание:**

– основными методологическими приемами современной науки, в том числе математики;

4 – навыками по применению методов и участию в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике;

5 – навыками использования средств автоматизации проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенций ПК-1, ПК-5, ПК-6 в процессе выполнения контрольных и тестовых заданий, а также защиты отчетов по самостоятельной работе:

– 41%-60% правильных ответов соответствует пороговому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования;

– 61%-80% правильных ответов соответствует продвинутому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования;

– 81%-100% правильных ответов соответствует эталонному уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования.

Сформированность уровня компетенций не ниже порогового является основанием для допуска обучающегося к промежуточной аттестации по данной дисциплине.

Формой промежуточной аттестации по данной дисциплине является зачет, оцениваемый по принятой в ФГБОУ ВО «РГРТУ». Для определения результатов освоения дисциплины применяется система оценок «зачтено/не зачтено».

Критерии оценивания промежуточной аттестации представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Критерии оценивания промежуточной аттестации

| Шкала оценивания | Критерии оценивания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| «зачтено»        | <b>студент должен:</b> продемонстрировать общее знание изучаемого материала; знать основную рекомендуемую программой дисциплины учебную литературу; уметь строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; показать общее владение понятийным аппаратом дисциплины; уметь устранить допущенные погрешности в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий под руководством преподавателя, либо (при неправильном выполнении практического задания) по указанию преподавателя выполнить |

|                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                     | другие практические задания того же раздела дисциплины.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>«не зачтено»</b> | <b>ставится в случае:</b> незнания значительной части программного материала; не владения понятийным аппаратом дисциплины; существенных ошибок при изложении учебного материала; неумения строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; неумения делать выводы по излагаемому материалу. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине (формирования и развития компетенций, закрепленных за данной дисциплиной). Оценка «неудовлетворительно» выставляется также, если студент после начала экзамена отказался его сдавать или нарушил правила сдачи экзамена (списывал, подсказывал, обманом пытался получить более высокую оценку и т.д.). |

### **3 Типовые контрольные вопросы по дисциплине, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

Список **типовых контрольных вопросов** для оценки уровня сформированности знаний, умений и навыков, предусмотренных компетенциями, закрепленными за дисциплиной.

1. Основные принципы работы микроэлектронных приборов СВЧ. Основные особенности диапазона и применения СВЧ. Общие вопросы микроэлектронных приборов и устройств СВЧ.
2. Основные уравнения микроволновой электроники. Уравнения и законы непрерывности полного тока, сохранения заряда.
3. Наведенный ток. Определение наведенного тока точечным зарядом. Энергетический подход к определению наведенного тока. Теорема Шокли-Рамо.
4. Монотрон. Условия самовозбуждения, оценка КПД.
5. Двухрезонаторный пролетный клистрон. Процессы во входном зазоре. Определение переменной составляющей скорости электронов.
6. Кинематическая теория группирования электронов в 2-х резонаторном клистроне. Определение переменного тока.
7. Выходная мощность и КПД двухрезонаторного клистрона.
8. Многорезонаторный клистрон. Особенности группирования электронов.
9. Основные характеристики и параметры многорезонаторного клистрона. Оценка полосы частот.
10. Отражательный клистрон. Особенности процесса группирования.
11. Мощность и КПД отражательного клистрона. Зависимости от номера зоны.
12. Электронная настройка частоты отражательного клистрона.
13. ЛБВ типа О. Устройство, принцип работы. Особенности группирования электронов в поле бегущей волны.
14. Линейная теория ЛБВ. Характеристическое уравнение ЛБВ и его решение.
15. Определение коэффициента усиления ЛБВ.
16. Область синхронизации и КПД ЛБВ. Пути повышения КПД.
17. Основные характеристики и параметры ЛБВ. Причины ограничения полосы частот.
18. Движение электронов в скрещенных электрическом и магнитном полях. Критическая индукция. Парабола критического режима.
19. Многорезонаторный магнетрон. Устройство. Виды колебаний резонансной системы, способы разделения видов.
20. Движение электронов в магнетроне при наличии СВЧ колебаний (в динамическом режиме). Сортировка и фазовая фокусировка (группирование) электронов. Распределение пространственного заряда в магнетроне
21. Электронный КПД многорезонаторного магнетрона.
22. Рабочие характеристики многорезонаторного магнетрона. Электронное смещение частоты
23. Коаксиальный и обращенный магнетроны.
24. Магнетрон , настраиваемый напряжением. Особенности конструкции. Характеристики.

25. Сравнение приборов О и М типов.
26. Детекторные диоды (ДД). Математическая модель ДД. Конструкции и параметры ДД.
27. Смесительные диоды (СД). Эквивалентная схема СД. Применение СД
28. Диоды с управляемой емкостью. Варикапы. Структура и эквивалентная схема варикапа. Вольт-фарадная характеристика варикапа. Применение варикапов.
29. Умножительные диоды (УД). Принципиальная схема умножителя частоты последовательного типа. Режимы работы УД (номинального возбуждения и перевозбуждения). Умножительные диоды с накоплением заряда (ДНЗ). Применение УД.
30. Параметрические усилители (ПУ). Схема ПУ отражательного типа. Классификация ПУ. Применение и параметры ПУ.
31. Диоды Ганна. Междолинный переход электронов в GaAs. Зависимость дрейфовой скорости электронов от напряженности поля в GaAs. Отрицательная дифференциальная проводимость (ОДП).
32. Режим работы диода Ганна с ограниченным накоплением объемного заряда. Гибридный режим. Конструкции и параметры генераторов на диодах Ганна. Перестройка частоты генераторов.
33. Лавинно-пролетные диоды (ЛПД). Эквивалентная схема генератора на ЛПД и принцип работы ЛПД в пролетном режиме.
34. Электронный КПД генераторов на ЛПД в пролетном режиме. Структуры ЛПД. Двухпролетные ЛПД.
35. Аномальный режим работы ЛПД. Достоинства и недостатки режима. Параметры генераторов на ЛПД. Многодиодные автогенераторы.
36. Биполярные СВЧ транзисторы. Структура СВЧ транзистора. Эффект отеснения тока эмиттера. Параметры биполярных СВЧ транзисторов.
37. Биполярные СВЧ транзисторы на горячих электронах (ТГЭ). Особенности ТГЭ с металлической базой и n-базой.
38. Гетероструктурные биполярные транзисторы.
39. Полевые СВЧ транзисторы. Устройство полевого транзистора (ПТ) с барьером Шоттки. Эквивалентная схема ПТ. Параметры ПТ.
40. Полевые транзисторы с изолированным затвором и индуцированным вертикальным каналом n-типа. Двухзатворные полевые транзисторы.
41. Полевые транзисторы на гетероструктурах и с противоположащими затвором и истоком.
42. СВЧ устройства на транзисторах.
43. Направления развития микроэлектроники СВЧ.

### **Примеры контрольных вопросов к лабораторным занятиям по дисциплине:**

#### *1. Исследование многорезонаторного клистрона*

1. Как происходит скоростная модуляция? Каким параметром характеризуется этот процесс?
2. Что характеризует коэффициент взаимодействия? Особенности его для определения для бессеточного зазора.
3. Из каких условий определяются размеры ВЧ зазора и резонатора?
4. Кинематическая теория группирования в клистроне. Параметр группирования.
5. Как влияет пространственный заряд на группирование? Плазменная частота. Коэффициент редукции плазменной частоты.
6. Колебания и волны пространственного заряда.
7. Объяснить процесс возбуждения резонаторов электронным потоком, используя понятие наведённого тока. Как определить КПД, амплитуду напряжения и электронный КПД через наведённый ток?
8. Объяснить процесс возбуждения резонаторов электронным потоком, используя энергетический подход. Как определить электронный КПД с этой точки зрения?
9. Какой должна быть амплитуда напряжения на зазоре выходного резонатора для оптимального торможения электронов?
10. Из каких условий следует выбирать ток клистрона?
11. КПД двухрезонаторного и многорезонаторного клистронов.
12. Какие факторы определяют полосу частот клистрона?
13. Какую роль играет величина  $M^2\rho$  в клистропах?
14. Каким образом настраиваются резонаторы многорезонаторного клистрона? Влияние расстройки промежуточных резонаторов на ширину полосы и выходные параметры клистрона?
15. С какой целью применяются резонаторы с двумя зазорами?
16. Как выбрать расстояние между зазорами в двухзазорных резонаторах “О” и “ $\pi$ ” вида?
17. Объяснить амплитудную и частотную характеристики, зависимость электронного тока вдоль клистрона, фазовые траектории.

18. Особенности конструкций многорезонаторных клистронов средней и большой мощностей.
19. Параметры многорезонаторных клистронов: Коэффициент усиления, КПД, полоса частот, выходная мощность. Достоинства и недостатки клистронов.

## 2. Исследование многорезонаторного магнетрона

1. Основные особенности приборов типа “М” и их отличия от приборов “О” типа. В чём преимущество взаимодействия электронов с бегущей волной в скрещенных полях.
2. Признаки классификации различных приборов типа “М”.
3. Конструктивные особенности магнетронов.
4. Резонансная система и виды колебаний многорезонаторных магнетронов.
5. Способы поддержаний основного вида колебаний.
6. Процесс сортировки электронов и следствия этого процесса.
7. Группирование электронов в магнетроне.
8. Условие отдачи энергии электронами полю для “ $\pi$ ” вида колебаний с точки зрения дискретного взаимодействия.
9. То же условие для любого вида колебаний.
10. Условие отдачи энергии электронами полю (синхронизма) с точки зрения взаимодействия с бегущей волной.
11. Распределение пространственного заряда в динамическом режиме и общая картина электронных процессов.
12. Из каких условий определяется рабочее анодное напряжение магнетрона на любом виде колебаний и для любой пространственной гармоник.
13. Пороговое напряжение магнетрона и связь его с рабочим напряжением.
14. Электронный КПД магнетрона.
15. Рабочие характеристики магнетрона.
16. Электронное смещение частоты магнетрона.
17. Схема питания импульсного магнетрона.

## 3. Варакторный умножитель частоты

1. В чем основное преимущество умножителей с нелинейной емкостью по сравнению с умножителями на нелинейном активном сопротивлении?
2. Зависимость емкости варакторных диодов от напряжения смещения.
3. Режимы работы УД. Вольт-фарадные характеристики УД в различных режимах. Выбор рабочей точки и величины амплитуды входного напряжения в различных режимах.
4. Зависимости  $P_{\text{вых}}$  ( $U_{\text{см}}$ ) и  $\eta_n$  ( $U_{\text{см}}$ ).
5. Вольт-кулонная характеристика варакторов.
6. Основные параметры УД.

## 4. Генератор СВЧ на диоде Ганна

1. Междолинный переход электронов в сложных полупроводниках типа  $A^{III}B^V$ .
2. Зависимости дрейфовой скорости от напряженности поля.
3. Образование доменов в ДГ. Необходимые условия образования домена. Время формирования домена.
4. Режимы работы ДГ:
  - краткая характеристика доменных режимов (пролетный, с задержкой формирования и гашением доменов);
  - режим ограниченного накопления объемного заряда;
  - гибридный режим.
5. Виды электрической перестройки частоты генераторов на ДГ.

## 6. Параметры генераторов на ДГ. Применение ДГ.

### Примеры тестовых заданий к практическим занятиям по дисциплине:

1. Кто первым высказал о возможности самовозбуждения колебаний в диоде при постоянном токе катода?
  - Витте;
  - Роженский;
  - Арсеньева;
  - Гейль.
2. Место микроволн в спектре электромагнитных колебаний?
  - от 30 МГц до 30 ГГц;
  - от 300 МГц до 30 ГГц;
  - от 300 МГц до 300 ГГц;
  - от 30 МГц до 300 ГГц;
3. Что такое монотрон?
  - простейший по конструкции прибор с одним пространством взаимодействия;
  - прибор на основе  $\text{SiO}_2$ ;
  - прибор с двумя пространствами взаимодействия;
  - гибридный прибор, состоящий из полупроводниковых и вакуумных элементов.
4. Что происходит в трубе дрейфа зазоре?
  - модуляция по скорости;
  - модуляция по плотности;
  - отбор энергии.
5. Какое направление имеют электронный поток и СВЧ поле в ЛБВ?
  - они направлены в одну сторону по направлению к коллектору;
  - они направлены в одну сторону по направлению к катоду;
  - они направлены в разные стороны;
  - они направлены перпендикулярно друг другу.
6. Какие электроны в многорезонаторном магнетроне являются не благоприятными?
  - которые движутся к катоду;
  - которые движутся к резонатору;
  - которые движутся к аноду;

- которые движутся к коллектору.

7. Как называются диоды применяемые в приемной и измерительной аппаратуре СВЧ диапазона для преобразования частоты?

- детекторные;
- смесительные;
- усилительные;
- генераторные.

8. Как называются устройства СВЧ на диодах с управляемой емкостью?

- детекторные диоды;
- варакторные диоды;
- выпрямительные диоды;
- усилительные диоды.

9. На что влияет уменьшение толщины базы в СВЧ транзисторе?

- на время переноса носителей заряда;
- на время накопления в базовом слое носителей заряда;
- на скорость движения носителей заряда;
- на устойчивость транзистора к температурным перегрузкам.

10. К каким полупроводникам относится GaAs?

- однодолинным;
- двухдолинным;
- трехдолинным;
- четырехдолинным.

11. Какая плотность тока в диоде Ганна при больших полях когда все электроны перейдут в верхнюю долину?

- $j = eN_2\mu_2E$ ;
- $j = eN_1\mu_1E$ ;
- $j = e(N_1\mu_1 + N_1\mu_2)E$ ;
- $j = e(N_1\mu_1 - N_1\mu_2)E$ ;

12. Как рассчитывается наведенный ток во внешней цепи ЛПД?

- $i_n = \frac{2\pi}{\tau} \int_{t-\tau}^t i_e(t') dt'$ ;
- $i_n = \frac{2}{\tau} \int_{t-\tau}^t i_e(t') dt'$ ;

$$- i_{\pi} = \frac{\pi}{\tau} \int_{t-\tau}^t i_e(t') dt' ;$$

$$- i_{\pi} = \frac{1}{\tau} \int_{t-\tau}^t i_e(t') dt' .$$

Оператор ЭДО ООО "Компания "Тензор"

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

ПОДПИСАНО **ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ**, Круглов Сергей Александрович,  
Заведующий кафедрой ПЭЛ

**01.09.25** 19:44 (MSK)

Простая подпись