

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

**Направление подготовки/специальность: 11.04.04 Электроника и наноэлектроника**

**Наименование образовательной программы: Твердотельная микро- и наноэлектроника**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
СВЧ техника и приборы**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Воронцов В.А.
	Идентификатор	R8f33d8a5-VorontsovVA-b7d5793f

(подпись)

В.А.

Воронцов

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень,  
ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Баринов А.Д.
	Идентификатор	Ra98e1318-BarinovAD-f138ec4f

(подпись)

А.Д. Баринов

(расшифровка подписи)

Заведующий  
выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень,  
ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Мирошникова И.Н.
	Идентификатор	Rd1db27a5-MiroshnikovaIN-70cafb8f

(подпись)

И.Н.

Мирошникова

(расшифровка подписи)

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-1 Способен участвовать в проектировании полупроводниковых приборов и / или интегральных схем

ИД-1 Демонстрирует знание принципов работы, физических и математических моделей основных полупроводниковых приборов в соответствующих областях электроники

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Защита задания

1. КМ-3. Лабораторная работа №1 (Лабораторная работа)
2. КМ-4. Лабораторная работа №2 (Лабораторная работа)
3. КМ-5. Лабораторная работа №3 (Лабораторная работа)
4. КМ-6. Лабораторная работа №4 (Лабораторная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ -1. Контрольная работа №1 (Контрольная работа)
2. КМ-2. Контрольная работа №2 (Контрольная работа)

## БРС дисциплины

1 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %						
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
	Срок КМ:	4	15	8	10	12	12
Введение							
Введение		+		+			+
Полупроводниковые СВЧ-диоды.							
Полупроводниковые СВЧ-диоды.		+			+	+	
Полупроводниковые биполярные СВЧ-транзисторы.							
Полупроводниковые биполярные СВЧ-транзисторы.			+				
Полупроводниковые полевые СВЧ-транзисторы.							
Полупроводниковые полевые СВЧ-транзисторы.			+				

СВЧ – интегральные схемы.						
СВЧ – интегральные схемы.		+				
Специальные полупроводниковые СВЧ-приборы.						
Специальные полупроводниковые СВЧ-приборы.		+				
Вес КМ:	30	30	10	10	10	10

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### *I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций*

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-1	ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Демонстрирует знание принципов работы, физических и математических моделей основных полупроводниковых приборов в соответствующих областях электроники	<p>Знать:</p> <p>принципы работы, физические и математические модели основных полупроводниковых приборов, работающих в СВЧ-диапазоне; особенности СВЧ-диапазона, особенности передачи СВЧ-сигналов по линиям;</p> <p>Уметь:</p> <p>измерять основные параметры диодов Ганна; измерять основные параметры лавинно-пролётных диодов; измерять основные параметры СВЧ - резонаторов; измерять основные параметры волноводных линий;</p>	<p>КМ -1. Контрольная работа №1 (Контрольная работа)</p> <p>КМ-2. Контрольная работа №2 (Контрольная работа)</p> <p>КМ-3. Лабораторная работа №1 (Лабораторная работа)</p> <p>КМ-4. Лабораторная работа №2 (Лабораторная работа)</p> <p>КМ-5. Лабораторная работа №3 (Лабораторная работа)</p> <p>КМ-6. Лабораторная работа №4 (Лабораторная работа)</p>

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### КМ-1. КМ -1. Контрольная работа №1

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенты отвечают письменно на вопросы варианта контрольной работы

**Краткое содержание задания:**

Ответить на вопросы билета

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: особенности СВЧ-диапазона, особенности передачи СВЧ-сигналов по линиям;	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Поясните термин запердельный волновод. Что такое критическая длина волны?</li><li>2.Что такое коэффициент стоячей волны? Как связан КСВ и коэффициент отражения?</li><li>3.Что такое нагруженная добротность СВЧ-резонатора.</li><li>4.Поясните принцип работы варикапа.</li><li>5.Поясните принцип работы переключательного диода.</li><li>6.Поясните принцип работы лавинно-пролётного диода (в нормальном режиме).</li></ol>
--------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Описание характеристики выполнения знания:* Контрольная работа считается выполненной на оценку «Отлично», если студент полностью верно ответил на поставленные вопросы.

*Оценка: 4*

*Описание характеристики выполнения знания:* Контрольная работа считается выполненной на оценку «Хорошо», если студент ответил на поставленные вопросы с небольшими недочётами.

*Оценка: 3*

*Описание характеристики выполнения знания:* Контрольная работа считается выполненной на оценку «Удовлетворительно», если студент верно ответил на 50 % поставленных вопросов.

### КМ-2. КМ-2. Контрольная работа №2

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенты отвечают письменно на вопросы варианта контрольной работы

**Краткое содержание задания:**

Ответить на вопросы билета

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: принципы работы, физические и математические модели основных полупроводниковых приборов, работающих в СВЧ-диапазоне;	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Перечислите основные причины, по которым биполярный имеет ограничения рабочей частоты в СВЧ-диапазоне.</li><li>2.Приведите гребенчатую и многоэмиттерную структуру мощного биполярного СВЧ – транзистора. Поясните, по какой причине применяется именно такая структура.</li><li>3.Приведите структуру СВЧ – транзистора с барьером Шотки. Поясните, по какой причине применяется именно такая структура.</li><li>4.Приведите зонную диаграмму гетероперехода с двумерным электронным газом. Опишите какие проблемы проектирования ПТШ помогает решить подобная структура.</li><li>5.Приведите структуру гетеробиполярного транзистора. Поясните принцип его работы.</li></ol>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Описание характеристики выполнения знания:* Контрольная работа считается выполненной на оценку «Отлично», если студент полностью верно ответил на поставленные вопросы.

*Оценка: 4*

*Описание характеристики выполнения знания:* Контрольная работа считается выполненной на оценку «Хорошо», если студент ответил на поставленные вопросы с небольшими недочётами.

*Оценка: 3*

*Описание характеристики выполнения знания:* Контрольная работа считается выполненной на оценку «Удовлетворительно», если студент верно ответил на 50 % поставленных вопросов.

**КМ-3. КМ-3. Лабораторная работа №1**

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент защищает результаты лабораторной работы, отвечая устно на вопросы преподавателя

**Краткое содержание задания:**

Ответить на вопросы преподавателя.

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: измерять основные параметры волноводных линий;	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Критическая длина волны волновода.</li><li>2.Ослабление и КСВН.</li><li>3.Принцип работы панорамного измерителя КСВН и ослабления, схема подключения.</li><li>4.Расчёт геометрических размеров волновода для заданного частотного диапазона.</li><li>5.Направленный ответвитель его виды и применение.</li><li>6.Основные параметры НО.</li></ol>
-------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<p>7. Достоинства метода измерения больших мощностей СВЧ с помощью направленных ответвителей.</p> <p>8. В каком случае в волноводном тройнике с подключенными к плечам 1 и 2 генераторами не будет ответвления энергии в плечо 3?</p> <p>9. Двойной волноводный тройник, его свойства.</p> <p>10. Связь плеч двойного волноводного тройника.</p> <p>11. Матрица рассеяния. Её назначение и свойства.</p>
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Описание характеристики выполнения знания:* Защита считается выполненной на оценку «Отлично», если студент полностью верно ответил на поставленные вопросы.

*Оценка: 4*

*Описание характеристики выполнения знания:* Защита считается выполненной на оценку «Хорошо», если студент ответил на поставленные вопросы с небольшими недочётами.

*Оценка: 3*

*Описание характеристики выполнения знания:* Защита считается выполненной на оценку «Удовлетворительно», если студент верно ответил на 50 % поставленных вопросов, а на остальные вопросы смог ответить, используя подсказки преподавателя.

**КМ-4. КМ-4. Лабораторная работа №2**

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент защищает результаты лабораторной работы, отвечая устно на вопросы преподавателя

**Краткое содержание задания:**

Ответить на вопросы преподавателя.

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: измерять основные параметры лавинно-пролётных диодов;</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Объяснить устройство, принцип действия генератора на ЛПД.</li> <li>2. Объяснить схему измерительной установки и назначение элементов.</li> <li>3. Чем определяется частота генерации генератора на ЛПД. Назначение резонатора.</li> <li>4. От чего зависит мощность КПД генератора.</li> <li>5. Определить вольтамперную характеристику ЛПД.</li> <li>6. Чем определяется величина пускового тока.</li> <li>7. От чего зависит величина КПД генератора на ЛПД.</li> <li>8. Определить изменение частоты генератора при изменении напряжения питания.</li> </ol>
---------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Описание характеристики выполнения знания:* Защита считается выполненной на оценку «Отлично», если студент полностью верно ответил на поставленные вопросы.



Оценка: 4

Описание характеристики выполнения знания: Защита считается выполненной на оценку «Хорошо», если студент ответил на поставленные вопросы с небольшими недочётами.

Оценка: 3

Описание характеристики выполнения знания: Защита считается выполненной на оценку «Удовлетворительно», если студент верно ответил на 50 % поставленных вопросов, а на остальные вопросы смог ответить, используя подсказки преподавателя.

### КМ-5. КМ-5. Лабораторная работа №3

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент защищает результаты лабораторной работы, отвечая устно на вопросы преподавателя

**Краткое содержание задания:**

Ответить на вопросы преподавателя.

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: измерять основные параметры диодов Ганна;	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Объяснить устройство и принцип действия генератора на ДГ.</li><li>2.Объяснить схему измерительной установки и назначение ее элементов.</li><li>3.Объяснить методику измерения нагрузочных характеристик на ДГ.</li><li>4.От чего зависит мощность и КПД генератора на ДГ?</li><li>5.От чего зависит частота генерации?</li><li>6.Почему затягивание частоты зависит от величины КСВн?</li><li>7.Объяснить характер зависимостей тока, мощности и частоты генератора на ДГ от напряжения питания.</li><li>8.В чем достоинства и недостатки генератора на ДГ в сравнении с генератором на отраженном клистроне.</li></ol>
--------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Описание характеристики выполнения знания: Защита считается выполненной на оценку «Отлично», если студент полностью верно ответил на поставленные вопросы.

Оценка: 4

Описание характеристики выполнения знания: Защита считается выполненной на оценку «Хорошо», если студент ответил на поставленные вопросы с небольшими недочётами.

Оценка: 3

Описание характеристики выполнения знания: Защита считается выполненной на оценку «Удовлетворительно», если студент верно ответил на 50 % поставленных вопросов, а на остальные вопросы смог ответить, используя подсказки преподавателя.

### КМ-6. КМ-6. Лабораторная работа №4

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент защищает результаты лабораторной работы, отвечая устно на вопросы преподавателя

**Краткое содержание задания:**

Ответить на вопросы преподавателя.

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: измерять основные параметры СВЧ - резонаторов;	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Объяснить устройство исследуемых резонаторов и возбуждающих элементов.</li><li>2.Изобразите структуру полей в стенках резонатора</li><li>3.Какие виды колебаний могут существовать в цилиндрическом резонаторе?</li><li>4.Объяснить влияние длины (высоты) резонатора и его радиуса на резонансную частоту различных видов колебаний.</li><li>5.Объяснить влияние длины резонатора на величину собственной добротности</li></ol>
-------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Описание характеристики выполнения знания:* Защита считается выполненной на оценку «Отлично», если студент полностью верно ответил на поставленные вопросы.

*Оценка: 4*

*Описание характеристики выполнения знания:* Защита считается выполненной на оценку «Хорошо», если студент ответил на поставленные вопросы с небольшими недочётами.

*Оценка: 3*

*Описание характеристики выполнения знания:* Защита считается выполненной на оценку «Удовлетворительно», если студент верно ответил на 50 % поставленных вопросов, а на остальные вопросы смог ответить, используя подсказки преподавателя.

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 1 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-1</sub> Демонстрирует знание принципов работы, физических и математических моделей основных полупроводниковых приборов в соответствующих областях электроники

#### **Вопросы, задания**

1. СВЧ диапазон, достоинства и недостатки.
2. Особенности СВЧ - линий. Дисперсные и бездисперсные волны, запердельный волновод. Низшие и высшие типы волн. Микрополосковая линия, влияние скин-слоя. Волна квази – Т. Повышение рабочей частоты с помощью микрополосковой линии. Щелевая и компланарная линии.
3. Характеристическое (волновое) сопротивление линии. Коэффициент отражения волны. Волновое сопротивление микрополосковой линии.
4. Неоднородности в СВЧ линии. Реализация режимов КЗ и ХХ в СВЧ линии. Шлейфы.
5. Согласование СВЧ линий. Общий принцип согласования. Связь сопротивления нагрузки, волнового сопротивления линии и коэффициента отражения. Режим полного отражения. Коэффициент стоячей волны. Измерение КСВ. Взаимосвязь фазы сигнала и взаимного расположения источника СВЧ излучения и нагрузки. Четвертьволновой трансформатор.
6. Направленный ответвитель, параметры НО. НО на микрополосковой линии.
7. СВЧ резонаторы. Добротность резонатора, нагруженная добротность резонатора. Реализация СВЧ резонатора на микрополосковой линии.
8. Параметрический диод. Отрицательное дифференциальное сопротивление параметрического диода.
9. Варикап. Варактор. Принцип умножения частоты.
10. Смесительный диод. Применение смесительного диода в гетеродинных системах. Конструкции смесительных диодов.
11. Детекторный диод. Принцип дешифрации модулированного сигнала детекторным диодом.
12. Переключательный диод. Особенности работы при прямом и обратном смещении. Технология изготовления, основные достоинства и недостатки различных полупроводниковых материалов. Ускорение работы переключательных диодов.
13. Ограничительный диод. Основные достоинства и недостатки простейшей схемы включения переключательного диода.
14. Туннельный диод. Принцип генерации мощности туннельным диодом. Особенности технологии для диодов СВЧ диапазона. Обращённый диод.
15. Лавинно-пролётный диод. Оптимизация работы прибора в пролётном режиме. Варианты конструкции ЛПД. Аномальный режим работы ЛПД («с захваченной плазмой»).
16. Диод Ганна. Режимы работы диода, режим ОНОЗ. Конструкция диода Ганна.
17. Биполярный СВЧ транзистор. Характерные времена задержек биполярного СВЧ транзистора, физические процессы, приводящие к этим задержкам. Связь максимальной частоты с мощностью прибора. Конструкция биполярного СВЧ транзистора. Конструкция мощного биполярного СВЧ транзистора. S-параметры биполярного СВЧ транзистора.

18. Полевой СВЧ транзистор. ПТШ. Характерные времена задержек полевого СВЧ транзистора, физические процессы, приводящие к этим задержкам. Двухзатворные ПТШ. Явление выброса скоростей. Рассеяние электронов при дрейфе в ПТШ.
19. Гетеротранзистор с двумерным электронным газом. Простейшая структура. Двухпереходная структура. Варианты материалов. Зависимость электропроводности от частоты в НЕМТ. Явление выброса скоростей в НЕМТ. Особенности диффузии в НЕМТ.
20. НЕМТ на GaN. НЕМТ с квантовыми точками.
21. Гетеробиполярный транзистор.
22. LDMOS.
23. Резонансно – туннельный диод.
24. Печатные платы для СВЧ интегральных схем. Низкотемпературная керамика. Гибридные СВЧ ИС.

### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1. По какой причине в СВЧ — приборах наблюдаются квазиоптические эффекты?
2. Какие волны называют бездисперсными?
3. Какие типы волн не могут существовать в микрополосковой линии?
4. Какой ситуации на контакте СВЧ линии и нагрузки соответствует условие  $\Gamma=0$ ?
5. В каком диапазоне может меняться коэффициент стоячей волны?
6. Какова роль согласующего четырёхполюсника?
7. На каком расстоянии размещаются плечи направленного ответвителя?
8. Что такое нагруженная добротность?
9. По какой причине параметрический диод может усиливать слабый переменный сигнал?
10. Какова функция варактора?

### ***II. Описание шкалы оценивания***

*Оценка: зачтено*

*Описание характеристики выполнения знания:*

*Оценка: не зачтено*

*Описание характеристики выполнения знания:*

### ***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***