

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»

Институт технологий и инженерной механики
Кафедра микро- и нанoeлектроники

УТВЕРЖДАЮ

Директор

Могильная Е.П.

« 04 »

2025 года



**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по учебной дисциплине (практике)**

Проектирование и технология электронной компонентной базы СВЧ

(наименование учебной дисциплины, практики)

11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

(код и наименование направления подготовки (специальности))

Электронные микроволновые и квантовые приборы и устройства

(наименование профиля подготовки (специальности, магистерской программы); при отсутствии ставится прочерк)

Разработчик (разработчики):

доцент

(должность)

И.В.

(подпись)

Савицкий И.В.

ФОС рассмотрен и одобрен на заседании кафедры микро- и нанoeлектроники
от « 03 » 03 2025 г., протокол № 7

Заведующий кафедрой

(подпись)

Войтенко В.А.

(ФИО)

Луганск 2025 г.

**Комплект оценочных материалов по дисциплине
«Проектирование и технология электронной компонентной базы СВЧ»**

Задания закрытого типа

Задания закрытого типа на выбор правильного ответа

1. Выберите один правильный ответ

Интегральная микросхема СВЧ представляет собой:

А) класс ИМС, выполняющих функции генерирования, усиления и преобразования электромагнитных колебаний в диапазоне СВЧ

Б) ИМС, выполненные на кремниевой подложке по планарной технологии

В) ИМС, выполненные на германиевой подложке по VIP-технологии

Правильный ответ: А

Компетенции: ПК-3, ПК-4

2. Выберите один правильный ответ

СВЧ-элементы с сосредоточенными параметрами имеют размеры:

А) менее 0.1λ

Б) равные λ

В) более λ

Правильный ответ: А

Компетенции: ПК-3, ПК-4

3. Выберите один правильный ответ

К элементам СВЧ с сосредоточенными параметрами относятся:

А) полупроводниковые диоды и транзисторы

Б) микрополосковые линии

В) объемные резонаторы и волновые линии

Правильный ответ: А

Компетенции: ПК-4, ПК-5

4. Выберите один правильный ответ

СВЧ ИМС бывают:

А) гибридными и полупроводниковыми

Б) только гибридными

В) только полупроводниковыми

Правильный ответ: А

Компетенции: ПК-3, ПК-4

5. Выберите один правильный ответ

Активные приборы гибридной ИМС располагают:

А) на поверхности и в углублениях подложки

Б) только на поверхности подложки

В) непосредственно в подложке

Правильный ответ: А
Компетенции: ПК-3, ПК-4

6. Выберите один правильный ответ
Линейные размеры эмиттерного модуля СВЧ должны быть:
А) порядка половины длины волны
Б) порядка длины волны
В) порядка двух длин волн
Правильный ответ: А
Компетенции: ПК-4, ПК-5

7. Выберите один правильный ответ
Пассивные элементы СВЧ могут быть:
А) с распределенными и сосредоточенными параметрами
Б) только с сосредоточенными параметрами
В) только с распределенными параметрами
Правильный ответ: А
Компетенции: ПК-3, ПК-4

8. Выберите один правильный ответ
Требования, предъявляемые к подложкам гибридных СВЧ ИМС:
А) $\epsilon > 10$; $\text{tg}\delta < 10^{-4}$; пористость 0,5-1%; 12 класс чистоты
Б) $\epsilon = 1$; $\text{tg}\delta = 1$; пористость 1%; 1 класс чистоты
В) $\epsilon < 1$; $\text{tg}\delta > 1$; пористость $> 5\%$; 6-7 класс чистоты
Правильный ответ: А
Компетенции: ПК-4, ПК-5

9. Выберите один правильный ответ
В СВЧ ИМС, рассеивающих большую мощность, используют подложку из:
А) окиси бериллия
Б) окиси цинка
В) сапфира
Правильный ответ: А
Компетенции: ПК-3, ПК-5

10. Выберите один правильный ответ
Ферриты в качестве подложек используют в СВЧ ИМС:
А) циркуляторах, гираторах, фазовращателях
Б) усилителях, антенных решетках
В) смесителях, генераторах, усилителях
Правильный ответ: А
Компетенции: ПК-3, ПК-5

Задания закрытого типа на установление соответствия

1. Укажите соответствие названия частотного диапазона и характерных длин волн. Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.

Частотный диапазон		Диапазон длин волн	
1) СЧ		А) 1000...100 м	
2) ВЧ		Б) 100...10 м	
3) УВЧ		В) 100...10 см	
4) СВЧ		Г) 10...1 см	

Правильный ответ:

1	2	3	4
А	Б	В	Г

Компетенции: ПК-3, ПК-4

2. Укажите соответствие названия слоя в конструкции ПТШ и его назначения. Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.

Слой	Назначение
1) буферный слой	А) улучшение свойств кристаллической решетки на границе раздела
2) эпитаксиальный n-слой	Б) формирование проводящего канала между истоком и стоком
3) металлизация в виде узкой полосы	В) затвор транзистора
4) металлизация топологией с прямоугольной формы	Г) сток/исток транзистора

Правильный ответ:

1	2	3	4
А	Б	В	Г

Компетенции: ПК-3, ПК-4

3. Укажите соответствие способа управления фазовращателем и их основными особенностями. Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.

Способ управления фазовращателем	Особенности способа
1) непрерывный	А) применяются специальные схемы для формирования управляющих аналоговых сигналов на рабочей характеристике аналоговых фазовращателей
2) дискретный	Б) используется ряд точек, изменение фазы происходит скачкообразно

- 3) дискретно-коммутационный В) стабильность таких устройств определяется стабильностью параметров пассивных элементов, а влияние управляющих ключевых элементов пренебрежимо мало

Правильный ответ:

1	2	3
A	B	B

Компетенции: ПК-4, ПК-5

4. Укажите соответствие между блоками СВЧ устройств и их основными функциями. Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.

- | Блок СВЧ устройства | Основные функции блока |
|---------------------|---|
| 1) аттенюатор | A) ослабление электромагнитного сигнала |
| 2) детектор | B) демодуляция сигнала |
| 3) смеситель | B) создание спектра комбинационных частот |

Правильный ответ:

1	2	3
A	B	B

Компетенции: ПК-4, ПК-5

5. Укажите соответствие между типами микрополосковых линий и их основными особенностями. Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.

- | Тип микрополосковых линий | Особенности линии |
|---------------------------------|--|
| 1) щелевая линия | A) наличие эллиптической поляризации магнитного поля |
| 2) копланарный волновод | B) электромагнитная волна распространяется вдоль щелей между проводящими поверхностями |
| 3) копланарная полосковая линия | B) имеется непрерывная распределенная по длине электромагнитная связь |

Правильный ответ:

1	2	3
A	B	B

Компетенции: ПК-3, ПК-5

6. Укажите соответствие между схемами включения полевых СВЧ транзисторов и их характерными особенностями. Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.

- | Схема включения полевых СВЧ транзисторов | Особенности схемы |
|--|-------------------|
|--|-------------------|

- на низких частотах эту схему можно рассматривать как схему ОИ с глубокой отрицательной обратной связью по току. Она имеет малое входное и повышенное выходное сопротивление
- 1) схема ОЗ А) схема применяется чаще всего в СВЧ усилителях
- 2) схема ОИ Б) схему на низких частотах можно рассматривать как схему ОИ с глубокой отрицательной обратной связью, последовательной по напряжению
- 3) схема ОС В)

Правильный ответ:

1	2	3
А	Б	В

Компетенции: ПК-3, ПК-5

Задания закрытого типа на установление правильной последовательности

1. Расставьте поддиапазоны, используемые для РЛС, в порядке возрастания частоты.

- А) L
- Б) S
- В) C
- Г) X

Правильный ответ: А, Б, В, Г

Компетенции: ПК-3, ПК-4

2. Укажите слои в хронологическом порядке их формирования во время производства транзисторов с затвором Шоттки:

- А) Буферный слой
- Б) Эпитаксиальный n-слой
- В) Металлизация

Правильный ответ: А, Б, В

Компетенции: ПК-3, ПК-4

3. Расставьте структуры с различными типами поперечных разрезов в порядке возрастания соответствующих им пробивных напряжений сток-исток при нулевом напряжении на затворе МПТШ транзистора.

- А) Планарная или плоская структура
- Б) Структуры с локально выращенным n⁺-слоем заданной формы
- В) Структуры с n⁺-контактным слоем, расположенным по всей поверхности пластины
- Г) Структуры с канавкой, края которой имеют угол наклона ~ 1°

Правильный ответ: А, Б, В, Г
Компетенции: ПК-4, ПК-5

4. Расставьте типы конструкций конденсаторов в порядке возрастания добротности схем с их использованием.

- А) На основе обратно смещенных диодов Шоттки
- Б) Встречно-штыревые конденсаторы
- В) Межслойные конденсаторы

Правильный ответ: А, Б, В
Компетенции: ПК-4, ПК-5

5. Расставьте материалы, на основе которых выполнена СВЧ микросхема, в порядке возрастания барьера, образующегося при создании барьера Шоттки.

- А) InP
- Б) GaAs
- В) $GaAs_{0.67}P_{0.33}$
- Г) $Ga_{0.7}Al_{0.3}As$

Правильный ответ: А, Б, В, Г
Компетенции: ПК-3, ПК-5

6. Расставьте поддиапазоны, используемых в спутниковой связи, в порядке убывания длин волн.

- А) L-band
- Б) S-band
- В) C-band
- Г) X-band

Правильный ответ: А, Б, В, Г
Компетенции: ПК-3, ПК-5

Задания открытого типа

Задания открытого типа на дополнение

1. Напишите пропущенное слово (словосочетание).

В СВЧ ИМС, где важна стабильность диэлектрической _____, используют подложку из титаната магния.

Правильный ответ: проницаемости
Компетенции: ПК-4, ПК-5

2. Напишите пропущенное слово (словосочетание).

Подложки из кремния и арсенида галлия применяют на частотах _____ 20 ГГц.

Правильный ответ: более
Компетенции: ПК-4, ПК-5

3. Напишите пропущенное слово (словосочетание).

Для изготовления узкополосных фильтров в диапазоне частот до 2 ГГц используются подложки из ____ кристаллического кварца.

Правильный ответ: моно-

Компетенции: ПК-3, ПК-4

4. Напишите пропущенное слово (словосочетание).

При проектировании СВЧ ИМС рабочая частота микрополосковой линии должна быть _____ критической частоты.

Правильный ответ: ниже

Компетенции: ПК-3, ПК-4

5. Напишите пропущенное слово (словосочетание).

Затухание в микрополосковой линии передачи определяется _____ в проводнике, диэлектрике и на излучение.

Правильный ответ: потерями

Компетенции: ПК-3, ПК-4

6. Напишите пропущенное слово (словосочетание).

При использовании подложки с $\epsilon > 10$ потери в микрополосковой линии определяются в основном потерями в _____.

Правильный ответ: проводнике

Компетенции: ПК-3, ПК-4

7. Напишите пропущенное слово (словосочетание).

В несимметричной микрополосковой линии часть энергии находится в пространстве над _____.

Правильный ответ: проводником

Компетенции: ПК-4, ПК-5

8. Напишите пропущенное слово (словосочетание).

Эффективная диэлектрическая проницаемость микрополосковой линии типа «сэндвич» _____ диэлектрической проницаемости диэлектрика

Правильный ответ: равна

Компетенции: ПК-4, ПК-5

9. Напишите пропущенное слово (словосочетание).

У микрополосковых линий типа щелевая, компланарная и односторонняя, как правило, _____ потери на излучение

Правильный ответ: большие

Компетенции: ПК-3, ПК-5

10. Напишите пропущенное слово (словосочетание).

Такие материалы проводников, как алюминий, хром, тантал, титан обладают хорошей _____ к подложкам.

Правильный ответ: адгезией

Компетенции: ПК-3, ПК-5

Задания открытого типа с кратким свободным ответом

1. Основным сдерживающим фактором при изготовлении МОП-приборов является трудность создания диэлектрической пленки, так как в отличие от Si на GaAs и InP _____.

Правильный ответ: трудно вырастить стабильный собственный окисел

Компетенции: ПК-3, ПК-4

2. Так как структуру полевого транзистора на СВЧ трудно выразить эквивалентной схемой и математической моделью в виде S-матрицы, параметры матрицы рассеяния полевого СВЧ транзистора измеряют и выражают _____.

Правильный ответ: в виде таблицы или графика

Компетенции: ПК-3, ПК-4

3. Для чего необходимы цепи согласования для СВЧ-усилителей на полевых транзисторах?

Правильный ответ: Из-за внутренних и внешних паразитных обратных связей / на высоких частотах транзистор утрачивает свойства взаимности, и при определенных соотношениях нагрузочных сопротивлений усилитель может самовозбудиться.

Компетенции: ПК-4, ПК-5

4. Как можно уменьшить влияние отрицательно смещенной подложки на область пространственного заряда под каналом ПТШ при фиксированном напряжении смещения?

Правильный ответ: увеличением расстояния между элементами / улучшением изоляции активных приборов

Компетенции: ПК-4, ПК-5

5. Интенсивность излучения света мощными ПТШ, усиливающими СВЧ сигнал, скоррелирована с _____.

Правильный ответ: уровнем входного СВЧ сигнала и с насыщением выходной мощности

Компетенции: ПК-3, ПК-5

6. Что необходимо для получения стационарных автоколебаний генератора, конструируемого на основе транзистора?

Правильный ответ: на выходных зажимах автогенератора необходимо отрицательное сопротивление / наличие цепи внешней обратной связи

Компетенции: ПК-3, ПК-5

7. Применение глубоких обратных связей в микросхемах СВЧ диапазона затруднено прежде всего потому, что _____.

Правильный ответ: усилительные возможности транзисторов значительно уменьшаются с ростом частоты

Компетенции: ПК-4, ПК-5

8. В чем состоит главная задача при проектировании микросхем смесителей на ПТШ?

Правильный ответ: В выборе электрических цепей для подачи входного сигнала и сигнала гетеродина на затвор ПТШ

Компетенции: ПК-3, ПК-4

Задания открытого типа с развернутым ответом

1. Назовите основные требования к малошумящим усилителям СВЧ.

Время выполнения – 20 мин.

Критерии оценивания: полное содержательное соответствие приведенному ниже пояснению:

К малошумящим усилителям СВЧ предъявляется комплекс достаточно жестких и в известной мере противоречивых требований. Они должны обладать:

- очень малым коэффициентом шума;
- высоким коэффициентом усиления;
- широким динамическим диапазоном;
- равномерной АЧХ и линейной ФЧХ в широкой полосе частот.

Полоса усиливаемых частот делается достаточно широкой, чтобы исключить необходимость перестройки усилителя.

В настоящее время применительно к системам радиосвязи, радиовещания и телевидения в наибольшей мере этим требованиям удовлетворяют транзисторные малошумящие усилители. Используются:

- биполярные транзисторы СВЧ на частотах до 7 ГГц;
- полевые транзисторы с затвором Шоттки до миллиметрового диапазона включительно.

Свойства усилителя диапазона СВЧ описываются параметрами, отличающимися от параметров усилителей умеренно высоких частот, что связано с особенностью измерений на СВЧ. Рассматриваются:

- входные и выходные коэффициенты отражения Γ_1 и Γ_2 ;
- функции усиления и отражения мощности K_p и $K_{от}$.

Важную роль играют шумовые параметры – коэффициент шума, шумовое число, мера шума.

Компетенции: ПК-3, ПК-4

2. Опишите, с чем связаны перспективы развития СВЧ устройств в России?
Время выполнения – 15 мин.

Критерии оценивания: полное содержательное соответствие приведенному ниже пояснению:

Перспективы СВЧ устройств в России связаны с несколькими ключевыми аспектами. Развитие СВЧ-транзисторов и монолитных интегральных схем (МИС) на основе нитрида галлия (GaN), что обеспечивает большую теплопроводность и возможность работы при высоких мощностях. Использование современных полупроводниковых материалов, таких как кремний, карбид кремния, нитрид галлия и алмаз, которые открывают новые возможности для СВЧ-технологий. Разработка и освоение новых изделий в радиоэлектронной отрасли, включая радиолокационные станции и другие приборы. Стратегия развития электронной промышленности в России, которая включает в себя разработку и производство СВЧ-диапазона с топологической нормой 45-65 нм.

Компетенции: ПК-4

3. Опишите основные особенности фильтров на поверхностно-акустических волнах (ФПАВ).

Время выполнения – 20 мин.

Критерии оценивания: полное содержательное соответствие приведенному ниже пояснению:

Фильтр на поверхностно-акустических волнах выполняется на подложках с сильным пьезоэффектом – ниобате лития, кварце. Конструктивно он состоит из двух встречно-штыревых преобразователей. Входной встречно-штыревой преобразователь возбуждает в подложке поверхностно-акустические волны, выходной – принимает их и вновь превращает в электрический сигнал. Малый КПД и ослабление акустической волны в подложке обуславливают большие потери сигнала. Зазор между штырями ФПАВ на 480 МГц должен быть порядка 2 мкм. Ширину и длину отдельных встречно-штыревых преобразователей оптимизируют, чтобы при наилучших параметрах АЧХ и ФЧХ получить активные составляющие входного и выходного сопротивлений 50 Ом. Реактивность входа и выхода обычно является емкостью (3...5 пФ), поэтому цепи согласования ФПАВ включают одну или несколько последовательных индуктивностей.

При монтаже ФПАВ ножки, присоединенные к корпусу, и сам корпус фильтра надо очень тщательно заземлять, а выводы входа и выхода разделять металлическим экраном.

Компетенции: ПК-3

Экспертное заключение

Представленный фонд оценочных средств (далее – ФОС) по дисциплине «Проектирование и технология электронной компонентной базы СВЧ» соответствует требованиям ФГОС ВО.

Предлагаемые формы и средства текущего и промежуточного контроля адекватны целям и задачам реализации основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки / специальности 11.04.04 Электроника и наноэлектроника.

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины представлены в полном объеме.

Виды оценочных средств, включенные в представленный фонд, отвечают основным принципам формирования ФОС.

Разработанный и представленный для экспертизы фонд оценочных средств рекомендуется к использованию в процессе подготовки обучающихся по указанному направлению / специальности.

Председатель учебно-методической комиссии
института

 Ясуник С.Н.

Лист изменений и дополнений

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