

Министерство науки и высшего образования РФ  
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет»  
Инженерно-физический факультет высоких технологий

Кафедра радиофизики и электроники

Сабитов О. Ю.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«КОНСТРУИРОВАНИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ,  
МИКРОСБОРОК И СВЧ-МОДУЛЕЙ»**

Ульяновск 2019

Методические указания для самостоятельной работы студентов по дисциплине **«Конструирование интегральных микросхем, микросборок и СВЧ-модулей»** / составитель: О. Ю. Сабитов.- Ульяновск: УлГУ, 2019.

Настоящие методические указания предназначены для студентов направлений подготовки бакалавриата 03.03.03 «Радиофизика» и магистратуры 03.04.02 «Физика», изучающих дисциплину «Конструирование интегральных микросхем, микросборок и СВЧ-модулей». В работе приведены литература по дисциплине, основные темы курса и вопросы в рамках каждой темы, рекомендации по изучению теоретического материала, контрольные вопросы для самоконтроля и тесты для самостоятельной работы.

Студентам они будут полезны при подготовке к практическим занятиям, а также к зачету по данной дисциплине. Рекомендованы к использованию ученым советом Инженерно-физического факультета высоких технологий УлГУ, протокол №11 от « 18» июня 2019 г.

## 1. ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.

1. Родионов, Ю. А. Производство гибридных интегральных схем : учебное пособие / Ю. А. Родионов. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. — 300 с. — ISBN 978-5-9729-0460-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/98352.html>

2. Ефимов И. Е. **Основы микроэлектроники** : учебник / И. Е. Ефимов, И. Я. Козырь. - 3-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2008. - 384 с. : ил. - (Учебники для вузов) (Специальная литература). - Библиогр.: с. 381-382. - ISBN 978-5-8114-0866-5 (в пер.).

3. Коледов Леонид Александрович. **Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок** : учебник для вузов по спец. "Конструирование и технология радиоэлектронных средств" / Коледов Леонид Александрович. - Москва : Радио и связь, 1989. - 400 с. : ил. - Библиогр.: с. 393-394 (30 назв.).- Предм. указ. с. 395-397 . - ISBN 5-256-00142-6 (в пер.).

## 2.МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

### Тема 1. Введение.

#### Основные вопросы темы:

1. Современное состояние, задачи и проблемы комплексной микроминиатюризации микроэлектронной аппаратуры (МЭА). Уровни конструктивной иерархии современной МЭА [1, с.5-8]
2. Основные принципы конструирования гибридных интегральных схем (ГИС) [3,с.150-152]

#### Контрольные вопросы:

1. Каковы задачи и проблемы комплексной микроминиатюризации микроэлектронной аппаратуры?
2. Классификация ГИС по технологическому принципу изготовления
3. Основные достоинства ГИС

#### Вопросы для самостоятельной работы:

1. Охарактеризуйте задачи и проблемы комплексной микроминиатюризации микроэлектронной аппаратуры
2. Назовите уровни конструктивной иерархии современной МЭА

3. Приведите классификацию ГИС по технологическому принципу изготовления
4. Сформулируйте основные достоинства ГИС.

Тесты для самостоятельной работы:

1. К достоинствам ГИС **не** относятся
  - а) применение бескорпусных активных элементов и полупроводниковых микросхем со специальными жесткими выводами, пригодных для автоматического монтажа
  - б) возможность реализации мощных пленочных транзисторов
  - в) возможность создания высококачественных и стабильных пассивных элементов
  - г) внедрение в производство групповых методов обработки (одновременное нанесение пленок на большое число подложек, одновременное избирательное химическое травление, термообработка и т. д.)
2. К тонкопленочным относятся ГИС с толщиной пленок
  - а) не более 1 мкм
  - б) не более 1 мм
  - в) 40- 80 мкм
  - г) нет правильного ответа
3. К толстопленочным относятся ГИС с толщиной пленок
  - а) не более 1 мкм
  - б) не более 1 мм
  - в) 40- 80 мкм
  - г) нет правильного ответа

## **Тема 2. Конструирование и расчет элементов ГИС.**

### **Основные вопросы темы:**

1. Свойства подложек, требования к подложкам ГИС [1, с.8-23, 2, с.172-174, 3, с.152-153].
2. Конструкции и расчет тонко- и толстопленочных элементов ГИС [1, с.199-205, 2, с.175-189, 3, с.153-169].
3. Навесные компоненты ГИС. Их виды и особенности конструкции [2, с.196-198, 3, с.191-200].

Контрольные вопросы:

1. Конструкции и расчет тонко- и толсто пленочных резисторов различной формы.
2. Конструкции и расчет тонко- и толсто пленочных конденсаторов.
3. Конструкции и расчет распределенных тонко пленочных RC- структур.
4. Материалы проводников и контактных площадок. Навесные компоненты ГИС. Их виды и особенности конструкции.

Вопросы для самостоятельной работы:

1. Какие функции выполняет подложка гибридных микросхем?
2. Чем определяется сопротивление пленочного резистора?
3. В чем заключается лазерная подгонка толсто пленочных элементов?
4. От чего зависит площадь, занимаемая пленочным конденсатором?
5. Каким противоречивым требованиям приходится удовлетворять при конструировании контактных переходов?
6. Каковы преимущества распределенных RC-структур по сравнению с сосредоточенными?
7. Какими исходными предпосылками руководствуются при выборе приборов гибридных микросхем?

Тесты для самостоятельной работы:

1. К требованиям, предъявляемым к подложкам ГИС, **не** относится

- а) высокая теплопроводность
- б) высокая электропроводность
- в) низкая пористость
- г) химическая стойкость

2. К материалам подложки ГИС **не** относится

- а) керамика
- б) стекло
- в) ситал
- г) золото

3. Подложку для ГИС с какими электрофизическими параметрами нужно выбрать?

- а) с высоким удельным сопротивлением и высоким  $\text{tg}\delta$

- б) с высоким удельным сопротивлением и низким  $\text{tg}\delta$
- в) с низким удельным сопротивлением и высоким  $\text{tg}\delta$
- г) с низким удельным сопротивлением и низким  $\text{tg}\delta$

4. Конструирование пленочного резистора начинается с

- а) выбора материала подложки ГИС
- б) выбора материала плёнки резистора
- в) оценки рассеиваемой мощности
- г) нет правильного ответа

5. Толстопленочные резисторы для последующей операции подгонки проектируются

- а) с завышенным относительно номинала значением
- б) с заниженным относительно номинала значением
- в) нет правильного ответа
- г) с номинальным значением

6. Конструкцию пленочного резистора определяют по значения параметра

- а) коэффициента размера
- б) коэффициента сопротивления
- в) коэффициента формы
- г) нет правильного ответа

7. Какая форма **не** является формой пленочного резистора?

- а) меандр
- б) спираль
- в) прямоугольник
- г) квадрат

8. Конструирование пленочного конденсатора начинается с

- а) выбора материала подложки ГИС
- б) выбора материала обкладок и диэлектрика конденсатора
- в) оценки рассеиваемой мощности
- г) нет правильного ответа

9. Толстопленочные конденсаторы для последующей операции подгонки проектируются

- а) с завышенным относительно номинала значением
- б) с заниженным относительно номинала значением
- в) нет правильного ответа
- г) с номинальным значением

10. Минимальная толщина диэлектрика пленочного конденсатора определяется

- а) ёмкостью пленочного конденсатора
- б) добротностью диэлектрика пленочного конденсатора
- в) рабочим напряжением пленочного конденсатора
- г) тангенсом угла диэлектрических потерь

11. Основным недостатком пленочных индуктивностей является

- а) высокий коэффициент связи
- б) низкие значения пленочных индуктивностей
- в) нет правильного ответа
- г) высокая погрешность пленочных индуктивностей

### **Тема 3. Проектирование топологии тонко- и толстопленочных ГИС**

#### **Основные вопросы темы:**

1. Этапы разработки и особенности топологии тонко- и толстопленочных ГИС [2, с.203-210].
2. Конструктивные и технологические ограничения при проектировании тонко- и толстопленочных ГИС [2, с.210-217].

Контрольные вопросы:

1. Особенности топологии тонко- и толстопленочных ГИС
2. Специфика конструктивно-технологических ограничений при проектировании тонко- и толстопленочных ГИС

Вопросы для самостоятельной работы:

1. Что собой представляет топологический чертеж микросхемы?
2. Назовите основные этапы разработки топологии гибридных микросхем.
3. Как рассчитать площадь подложки гибридной микросхемы?
4. Какие требования необходимо выполнять при расположении схемных элементов на подложке при проектировании гибридной микросхемы?

5. Какие критерии оптимальности используются при проектировании гибридной микросхемы?

Тесты для самостоятельной работы:

1. Исходными данными для проектирования топологии ГИС являются
  - а) техническое задание для разработки микросхемы или серии микросхем
  - б) принципиальная электрическая схема
  - в) технологические возможности и ограничения
  - г) все вышеперечисленное
  
2. Послойные чертежи выполняют на основе
  - а) принципиальной электрической схемы ГИС
  - б) коммутационной схемы ГИС
  - в) топологической схемы ГИС
  - г) нет правильного ответа
  
3. При проектировании топологии толстопленочной ГИС **не** следует
  - а) резисторы на плате ориентировать одинаково
  - б) проектировать резисторы в виде меандра
  - в) навесные компоненты располагать на одной стороне подложки
  - г) близкие по номинальным сопротивлениям резисторы изготавливать из одной пасты и располагать на одной стороне подложки

#### **Тема 4. Контрольно-проверочные расчеты топологии ГИС.**

**Основные вопросы темы:**

1. Расчет паразитных емкостных, индуктивных и гальванических связей в ГИС [2].
2. Расчет теплового режима ГИС [3].

Контрольные вопросы:

1. Охарактеризуйте особенности паразитных емкостных связей в ГИС
2. Охарактеризуйте особенности паразитных индуктивных связей в ГИС
3. Охарактеризуйте особенности паразитных гальванических связей в ГИС

Вопросы для самостоятельной работы:

1. Какие виды связей и взаимосвязей существуют в гибридных микросхемах?



2. Как производится оценка паразитных емкостных связей гибридных микросхем?
3. Какие исходные данные необходимы для оценки теплового режима гибридной микросхемы?
4. Какие рекомендации необходимо учитывать для обеспечения заданного теплового режима гибридной микросхемы?

Тесты для самостоятельной работы:

1. Оценку паразитных емкостных связей проводят путем расчета
  - а) коэффициента паразитной взаимоиндуктивности
  - б) паразитной проводимости гальванической связи
  - в) нет правильного ответа
  - г) паразитной емкости
  
2. Оценку паразитных индуктивных связей проводят путем расчета
  - а) коэффициента паразитной взаимоиндуктивности
  - б) паразитной проводимости гальванической связи
  - в) нет правильного ответа
  - г) паразитной емкости
  
3. Оценку паразитных гальванических связей проводят путем расчета
  - а) коэффициента паразитной взаимоиндуктивности
  - б) паразитной проводимости гальванической связи
  - в) нет правильного ответа
  - г) паразитной емкости
  
4. Исходными данными для оценки теплового режима ГИС **не** являются:
  - а) коэффициент теплопроводности подложки
  - б) толщина подложки
  - в) длина подложки
  - г) максимально допустимая температура пленочных элементов

## **Тема 5. Технология изготовления ГИС.**

### **Основные вопросы темы:**

1. Основные технологические методы и операции изготовления тонко- и толстопленочных элементов ГИС [1, с.23-199].

2. Сборка ГИС. Микромонтаж навесных компонентов. Проволочный микромонтаж и присоединение выводов [2, с.196-198].
3. Герметизация ГИС. Виды корпусов ГИС. Защита бескорпусных компонентов ГИС [2, с.198-203].

Контрольные вопросы:

1. Характерные особенности тонкопленочной технологии ГИС
2. Характерные особенности тонкопленочной технологии ГИС
3. Герметизация ГИС. Виды корпусов

Вопросы для самостоятельной работы:

1. В чем заключается технология трафаретной печати?
2. Перечислите технологические методы нанесения тонких пленок.
3. Как осуществляется микромонтаж навесных компонентов?
4. Назовите основные методы проволочного микромонтажа и присоединения внешних выводов.
5. Назовите способы контроля герметичности корпусов.

Тесты для самостоятельной работы:

Каких типов корпусов микросхем **не** бывает?

- а) металлостеклянных
- б) керамических
- в) стеклянных
- г) керамостеклянных

## **Тема 6. Качество и надежность ГИС**

**Основные вопросы темы:**

1. Надежность ГИС [2, с.312-326].
2. Основные причины отказов ГИС [2, с.326-339].

Контрольные вопросы:

1. Чем характеризуется надежность ГИС?
2. Основные физические причины отказов пассивных и активных элементов ГИС.

Вопросы для самостоятельной работы:

1. Какие параметры характеризуют надежность ГИС?
2. Как рассчитывают надежность ГИС?

Тесты для самостоятельной работы:

Среднее время наработки на отказ ГИС характеризует:

- а) срок службы отдельно взятой ГИС в идеальных условиях
- б) среднее время безотказной работы большой совокупности ГИС в идеальных условиях**
- в) среднее время безотказной работы большой совокупности ГИС в реальных условиях
- г) срок службы отдельно взятой ГИС в реальных условиях

### **Тема 7. Конструктивно-технологические особенности ГИС высокой степени интеграции и функциональной сложности.**

**Основные вопросы темы:**

1. Общее представление о БГИС, их конструкция и технология [2, с.241-247].
2. Конструкция и технология изготовления мощных БГИС на стальных эмалированных подложках [3, с.267-274]

Контрольные вопросы:

1. Конструкции и технология изготовления коммутационных плат с многоуровневой разводкой в БГИС.
2. Достоинства и недостатки СЭП.
3. Монтаж навесных компонентов и присоединение выводов на СЭП

Вопросы для самостоятельной работы:

1. Назовите характерные особенности БГИС.
2. Перечислите достоинства и недостатки стальных эмалированных подложек.
3. Перечислите виды многоуровневой разводки ГИС

Тесты для самостоятельной работы:

1. Преимуществом стальной эмалированной подложки для БГИС является
  - а) возможность образования трещин
  - б) высокая теплопроводность
  - в) ограниченный частотный диапазон
  - г) наличие дополнительных паразитных емкостей

2. Многоуровневая разводка характерна для микросборок
- а) простых
  - б) составных
  - в) комбинированных
  - г) всех вышеперечисленных

**Тема 8. Особенности производства микросборок. Конструктивно-технологические разновидности микросборок, их назначение и области применения.**

**Основные вопросы темы:**

1. ГИС и микросборки СВЧ-диапазона. Типы СВЧ-ГИС [1, с.238-265].
2. Микрополосковая линия передачи СВЧ-ГИС [2, с.302-311].
3. Активные бескорпусные элементы СВЧ-ГИС [2, с.303-304].

Контрольные вопросы:

1. Особенности производства микросборок.
2. Конструктивно-технологические разновидности МСБ, их назначение и области применения.

Вопросы для самостоятельной работы:

1. Дайте определение микросборки
2. Назовите Конструктивно-технологические разновидности МСБ.
3. Приведите примеры применения микросборок.

**Тема 10. Конструктивно-технологические особенности межъячеичного монтажа.**

**Основные вопросы темы:**

1. Межуровневая и межъячеичная коммутация. Гибкие кабели-шлейфы [1, с.238-265].
2. Основные тенденции и определяющие аспекты развития гибридной технологии МЭА на современном этапе [3, с.179-185].

Контрольные вопросы:

1. Конструктивно-технологические особенности межъяеичного монтажа. Структурные уровни МЭА. Конструкции и компоновочные схемы ячеек МЭА.

2. Межуровневая и межъячеечная коммутация. Гибкие кабели-шлейфы.
3. Эластичные соединители. Герметизация ячеек МЭА

Вопросы для самостоятельной работы:

1. Перечислите виды многоуровневой разводки ГИС

Тесты для самостоятельной работы:

1. Для межуровневой и межъячеечной коммутации **не** используют
  - а) проводной монтаж с помощью гибкой матрицы
  - б) монтаж с помощью ультразвуковой сварки
  - в) шлейфовый монтаж
  - г) монтаж плоскими кабелями