1. Міністерство освіти і науки України
2. СХІДНОУКРАЇНСЬКий НАЦІОНАЛЬНий УНІВЕРСИТЕТ
3. імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ
4. Факультет \_\_\_\_\_\_\_\_інформаційних технологій та електроніки\_\_\_\_\_\_\_
5. (повне найменування факультету)
6. Кафедра \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_електронних апаратів \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_
7. (повна назва кафедри)
8. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
9. до дипломного проекту (роботи)
10. освітньо-кваліфікаційного рівня \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_магістр \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_
11. (бакалавр, спеціаліст, магістр)
12. спеціальності \_\_\_\_153 «Мікро-та наносистемна техніка»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_
13. (шифр і назва спеціальності)
14. на тему
15. **Розробка гібридної мікросхеми детектора НВЧ сигналів**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Виконав: студент групи МНТ-18дм | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | В. В. Титаренко |
| Керівник | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | к.т.н., доц.  О. М. Іванов |
| Завідувач кафедри | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | к.т.н., проф.  Ю. Е. Паеранд |
| Рецензент | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | д.т.н., проф.  В. М. Смолій |

1. Сєвєродонецьк – 2020

**СХІДНОУКРАІНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

Інститут, факультет, відділення **інформаційних технологій та електроніки**

Кафедра **електронних апаратів\_\_\_**

Освітньо-кваліфікаційний рівень \_ **магістр** \_

Напрям підготовки **153 «Мікро-та наносистемна техніка»**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ЕА

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

«\_\_\_»\_\_\_\_\_\_2020 року

**З А В Д А Н Н Я**

**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ**

**В. В. Титаренко**

1. **Тема проекту: Розробка гібридної мікросхеми детектора НВЧ сигналів**
2. **Керівник проекту:** к.т.н., доцент О.М. Іванов

(прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 14.04.2020 р. № 60/15.14\_\_\_

1. **Строк подання студентом проекту \_\_**10. 06. 2020 р.**\_**
2. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити):
   1. Вступ
   2. Літературний огляд

4.3. Розробка гібридної інтегральної мікросхеми детектора НВЧ сигналів

4.4. Вибір корпусу

4.5. Технологічний процес виготовлення ГІС

* 1. Охорона праці

1. **Консультанти розділів проекту**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
| Завдання видав | Завдання прийняв |
| Охорона праці | Доц. Іванов О.М.. |  |  |

6. Дата видачі завдання\_\_\_\_\_\_\_\_9. 03. 2020 року\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**Календарний план**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| №  з/п | Назва етапів дипломного  Проекту (роботи) | Строк виконання  етапів проекту  (роботи) | Примітка |
| 1 | Вступ | 9.03.20 |  |
| 2 | Літературний обзор | 24.03.20 |  |
| 3 | Розробка гібридної інтегральної мікросхеми детектора НВЧ сигналів | 7.04.20 |  |
| 4 | Вибір корпусу | 2.05.20 |  |
| 5 | Технологічний процес виготовлення ГІС | 12.05.20 |  |
| 6 | Охорона праці | 1.06.20 |  |
| 7 | Висновок | 8.06.20 |  |
| 8 | Оформлення пояснювальної записки | 10.06.20 |  |

Студент\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Титаренко В. В.

Керівник проекту\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Іванов О. М.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | зона | Поз. | | Позначення | | | | Найменування | Кіл. | | Примітка | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | | Текстові документи |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
| А 4 |  | 1 | | ДПМ 153.5 ПЗ | | | | Пояснювальна записка | 1 | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | | Графічні документи |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
| А4 |  | 2 | | ДПМ 153.5 ГЧ | | | | Графічна частина | 17 | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | | . |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  | | | | | | | | | | | | | | |
|  |  | |  | |  |  | ДПМ 153.5. ВП | | | | | | | |
|  |  | |  | |  |  |
| ЗМН | лист | | № докум. | | підпис | Дата |
| Розроб. | | | Титаренко Полулященко ОлександМихайлович | |  |  | Розробка гібридної інтегральної мікросхеми детектора НВЧ сигналів | | | Літ. | | | лист | листів |
| Перевір. | | | Іванов | |  |  |  |  |  | 3 | 76 |
| Рецензент | | | Смолій | |  |  | СНУ ім. В.Даля гр. МНТ-18дм | | | | |
| Н. контр | | |  | |  |  |
| Затв. | | | Паеранд | |  |  |

**РЕФЕРАТ**

Изм.

Лист

№ докум.

Підпис

Дата

Лист

5

ДПМ 153.5 ПЗ

Разраб.

Титаренко Полулященко

Перевір.

Іванов

Реценз.

Смолій Смолій

Н. Контр.

Утверд.

Паеранд

Розробка гібридної інтегральної мікросхеми детектора НВЧ сигналів

Лит.

Листов

76

ВНУ гр. МНТ-18дм

Пояснювальна записка к дипломному проекту содержит:

сторінок -76 , рисунків –22 , таблиць –4 , джерел літератури - 15

**Об'єкт дослідження** – гибридная интегральная микросхема детектора СВЧ сигналов.

**Мета роботи –** Розробка гібридної інтегральної мікросхеми детектора СВЧ сигналов. Розробка заходів з охорони праці та техніки безпеки при виробництві та експлуатації електронних приладів.

У даній роботі об'єктом дослідження є розробка гібридної інтегральної мікросхеми детектора СВЧ сигналов

**ІНТЕГРАЛЬНА МІКРОСХЕМА; СВЕРХВІСОКОЧАСТОТНИЙ СИГНАЛ; ТОВСТОПЛІВКОВІ ГІБРИДНА ІНТЕГРАЛЬНА МІКРОСХЕМА; МЕТАЛ-ДІЕЛЕКТРИК-НАПІВПРОВІДНИК; МЕТАЛ-ДІЕЛЕКТРИК-МЕТАЛ.**

ЗМІСТ

Список умовних скорочень. ……………………………………………………7

Вступ……………………………………………………………………………...8

1. Літературний обзор ………………………………………………………….10

1.1. Основні поняття і визначення ………………………………………………10

1.2. Резистори і конденсатори ІМС.…………………………………………….12

2. Розробка гібридної інтегральної мікросхеми детектора НВЧ сигналів..…………………………………………………………………………252.1. Розрахунок резисторів.……………………………………………….......27

2.2. Розрахунок конденсаторів.………………………………………………43 3. Вибір корпусу ……………................................................................................46

4. Технологічний процес виготовлення ГIС……………………………………51

5. Охорона праці………………………………………………………………...59

5.1. Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих виробничих чинників..59

5.2. Заходи по техніці безпеки.…………………………………………………62

5.3. Заходи, що забезпечують виробничу санітарію і гігієну праці………….68

5.4. Рекомендації по пожежній безпеці………………………………………70

Висновки…………………………………………………………………………74

Список літератури……………………………………………………………….75

Список умовних скорочень

ИМС – интегральная микросхема;

ЭРЭ – электрорадиоэлементы;

СВЧ – сверхвисокочастотний сигнал;

ГIС – гібридна інтегральна мікросхема;

ТсГIС - товстоплівкова гібридна інтегральна мікросхема;

МДП – метал- діелектрик -полупровiдник;

МДМ – метал- діелектрик -метал ;

Вступ

Інтегральна мікросхема - це конструктивно закінчений виріб електронної техніки, яке виконує певну функцію перетворення інформації і містить сукупність електрично пов'язаних між собою електрорадіоелементів (ЕРЕ), виготовлених в єдиному технологічному циклі.

За способом виготовлення розрізняють напівпровідникові і плівкові інтегральні мікросхеми. У напівпровідникових інтегральних мікросхемах всі ЕРЕ і частина межсоединений сформовані в при поверхневому шарі напівпровідникової (зазвичай кремнієвої) підкладки. У плівкових інтегральних мікросхемах пасивні ЕРЕ виготовлені у вигляді сукупності тонких (менше 1 мкм) або товстих (10-50 мкм) плівок, нанесених на діелектричну підкладку. Гібридними називають такі інтегральні мікросхеми (ІМС), які мають навісні компоненти. Якщо як навісні компоненти використовують безкорпусні ІМС, то такі гібридні ІМС називають мікроскладення. Призначення гібридних ІМС таке, як і напівпровідникових - генерування і обробки сигналів, запис, зберігання і відтворення інформації. Гібридні ІМС класифікують за більшістю тих ознак, за якими класифікують ІМС взагалі. У них входить класифікація за функціональним призначенням (цифрові і аналогові) ступенем інтеграції (малі, середні, великі і надвеликі) застосуванням (загального і обмеженого застосування) функціональні гнучкістю (ІМС з незмінними і програмованими функціями); частотою (низькочастотні, високочастотні і надвисокочастотні) потужності (потужні, малопотужні, мікропотужні і нановатние). Специфічною для них є класифікація по товщині плівок. Розрізняють тонкоплівкові гібридні з товщиною плівок, менше 1 мкм, і товстоплівкові гібридні з товщиною плівок, що перевищує 1 мкм. Специфічною конструктивною особливістю гібридних ІМС є наявність в них, крім тонко або толстопленочной інтегрованої частини, ще неінтегрованою об'ємної частини, в ролі якої використовують навісні компоненти. Ними можуть бути безкорпусні діоди, діодні матриці, транзистори, безкорпусні напівпровідникові ІМС, вісокономінальние або підлаштування резистори і конденсатори, котушки індуктивності.

   У порівнянні з напівпровідниковими, гібридні ІМС, в результаті наявності навісних компонентів мають низьку надійність, високу вартість, менший ступінь інтеграції. Разом з тим, менше щільність компонування елементів, їх поверхневе розміщення забезпечують гібридним ІМС вище робочі частоти, великі потужності, що розсіюється. А широкий діапазон значень електрофізичних характеристик матеріалів плівкових елементів, можливість вибирати навісні компоненти забезпечують гібридним ІМС широкі функціональні можливості.

    Гібридні ІМС, які мають високоякісні активні і пасивні елементи, широко використовують в аналоговій техніці, зокрема радіо і телебачення, контрольно-вимірювальної апаратури, медицині, АРЧ-пристроях, навігаційних і радіолокаційних системах і ін. В зв'язку з вищесказаним розробка і проектування подібних пристроїв є досить актуальним завданням в даний час. Темою даної роботи є розробка гібридної інтегральної мікросхеми детектора НВЧ сигналів.

1. Літературний огляд.

1.1. Основні поняття і визначення.

Інтегральна мікросхема - це мініатюрний електронний блок, що містить в загальному корпусі транзистори, діоди, резистори та інші активні і пасивні-елементи, число яких може досягати декількох мільйонів. За способом виготовлення розрізняють напівпровідникові і плівкові інтегральні мікросхеми. У напівпровідникових інтегральних мікросхемах всі ЕРЕ і частина межсоединений сформовані в при поверхневому шарі напівпровідникової (зазвичай кремнієвої) підкладки. У плівкових інтегральних мікросхемах пасивні ЕРЕ виготовлені у вигляді сукупності тонких (менше 1 мкм) або товстих (10-50 мкм) плівок, нанесених на діелектричну підкладку. Гібридні інтегральні мікросхеми (ГІС) являє собою комбінацію плівкових ЕРЕ з мініатюрними безкорпусная дискретними приладами (напівпровідниковими інтегральними мікросхемами, транзисторами, діодами), розташованих на загальній діелектричної підкладці. ЕРЕ, які є невід'ємною складовою частиною інтегральної мікросхеми і не можуть бути виділені з неї як самостійний виріб, називають елементами інтегральної мікросхеми, а дискретні активні ЕРЕ ГІС - навісними компонентами (або просто компонентами), підкреслюючи тим самим, що їх виготовляють окремо у вигляді самостійних приладів, які можуть бути придбані виробником ГІС як покупні вироби. На відміну від дискретних компонентів елементи інтегральної мікросхеми називають інтегральними.

У суміщених інтегральних мікросхемах, активні ЕРЕ виконані в при поверхневому шарі напівпровідникового кристала (як у напівпровідникової інтегральної мікросхеми), а пасивні нанесені у вигляді плівок на вкриту діелектриком поверхню того ж кристала (як у плівковій інтегральної мікросхеми). Перерахуємо особливості інтегральних мікросхем як типу виробів електронної техніки:

а) інтегральна мікросхема самостійно виконує закінчену, часто досить складну функцію. Вона може бути підсилювачем, запам'ятовуючим пристроєм, генератором і т. Д. Жоден з ЕРЕ самостійно таких функцій виконувати не може, для цього його слід з'єднати з іншими дискретними ЕРЕ за окремою схемою; б) випуск і застосування інтегральних мікросхем супроводжуються суттєвим зменшенням маси, габаритів і вартості радіоелектронної апаратури, зниженням споживаної потужності і підвищенням надійності.

Плівкові, а значить, і гібридні ІС в залежності від технології виготовлення поділяються на товсто- і тонкоплівкові. Товстоплівкові ГІС (ТсГІС) виготовляються досить просто. На діелектричну платівку-підкладку наносять пасти різного складу. Провідні пасти забезпечують межсоединения елементів, обкладки конденсаторів і висновки до штирькам корпусу; резистивні - отримання резисторів; діелектричні - ізоляцію між обкладинками конденсаторів і загальну захист поверхні готової ГІС. Кожен шар повинен мати свою конфігурацію, свій малюнок. Тому при виготовленні кожного шару пасту наносять через свою маску - трафарет - з вікнами в тих місцях, куди повинна потрапити паста даного шару. Після цього приклеюють навісні компоненти і з'єднують їх висновки з контактними майданчиками. Тонкоплівкові ГІС (позначимо їх ТкГІС) виготовляються за більш складною технологією, ніж ТсГІС. Класична тонкоплівкова технологія характерна тим, що плівки осідають на підкладку з газової фази. Виростивши чергову плівку, змінюють хімічний склад газу і тим самим електрофізичні властивості наступної плівки. Таким чином по черзі отримують проводять, резистивні та діелектричні шари. Конфігурація (малюнок) кожного шару визначається або трафаретом, як у випадку ТсГІС, або маскою, подібно окисною масці в напівпровідникових ІС. Навісні елементи в ТкГІС, як і в ТсГІС, приклеюють на поверхню готової плівковою частини схеми і з'єднують з відповідними контактними майданчиками елементів [1].

1.2. Резистори і конденсатори ІМС.

   Як резисторів можна використовувати плівкові структури або об'ємні опору емітерний, базової або колекторної областей. Найбільш часто в напівпровідникових ІМС застосовуються резистори на основі базової області. Щоб ізолювати резистор від підкладки паразитний р-n-р-транзистор повинен перебувати в режимі відсічення. З цією метою на висновок колектора від n-шару подають високий потенціал. Відхилення від номінального значення опору становить 10 ... 20%. Крім резисторів на основі тіповойn-р-n-структури в сучасних ІМС як резисторів використовують тонкі резистивні плівки, створювані методом іонного легування, коли домішки впроваджуються в підкладку шляхом бомбардування її поверхні потоком іонів. У цьому випадку вдається отримати резистивні плівки товщиною 0,1 ... 0,3 мкм. Плівкові резистори виготовляються на основі резистивних і проводять плівок (рис. 1.1.).

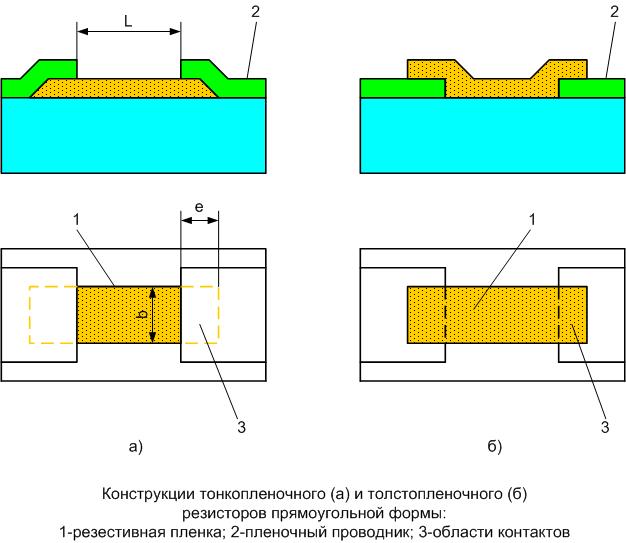
(рис. 1.1.).

Рис. 1.1. Структура плівкових резисторів ІМС.

  У деяких випадках в напівпровідникових ІМС застосовують тонкоплівкові резистори, напилювані на поверхню двоокису кремнію. Такі резистори відрізняються більш високою точністю виготовлення.

  У напівпровідникових ІМС в якості конденсаторів використовують або ємності р-n-переходів, або МДП-структури. Якщо в якості конденсатора використовується ємність р-n-переходу, то на перехід має бути подано зворотна напруга. При цьому ємність кон¬денсатора буде залежати від величини цієї напруги. Найчастіше використовується варіант з колекторним переходом. Практично ємність робочого конденсатора Скб не перевищує 300 пФ з допуском ± 20% [1].

Кращими властивостями володіють МДП-конденсатори (рис. 1.2), у яких нижній обкладанням є емітерний n + -шар, діелектриком шари SiO2, а верхній обкладанням металева плівка. Ємність такого конденсатора майже не залежить від величини і знака прикладеної напруги. Практично питома ємність становить від 300 до 750 пФ / см2 при допуску ± 10%. Плівкові конденсатори в ГІС є МДМ структуру (метал-діелектрик-метал) виготовлену з різних матеріалів (рис. 1.2.).

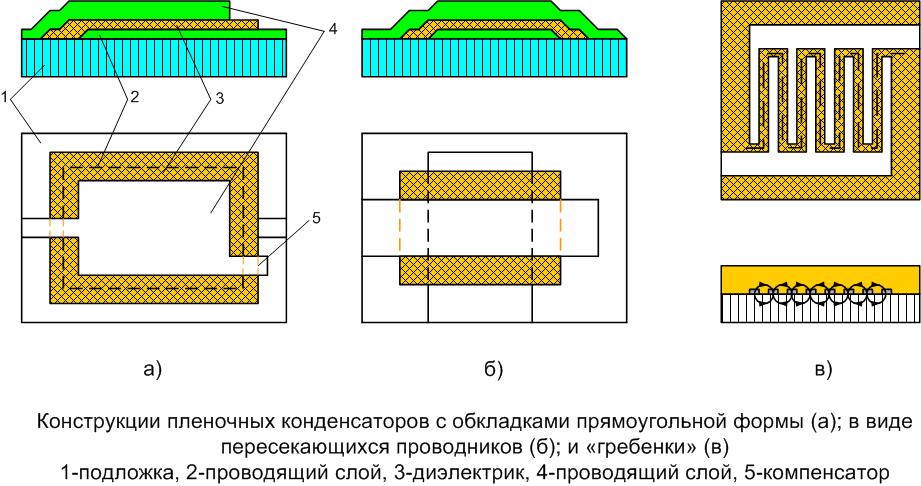


Рис. 1.2. Структура плівкових елементів ІМС.

   Таким чином, мікроелектронні технології дозволяють отримати конденсатори малої ємності, причому з низькою добротністю і точністю.

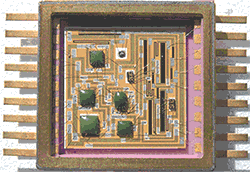
Плівкові котушки індуктивності робляться у вигляді плоских спіралей, найчастіше прямо¬угольной форми. Ширина проводять смужок і просвітів між ними зазвичай становить кілька де¬сятков мікрометрів. Тоді виходить питома індуктивність 10 - 20 мГн / мм2. На площі 25 мм2 можна отримати індуктивність до 0,5 мкГн. Зазвичай такі котушки робляться з індуктів¬ностью не більше декількох мікрогенрі. Збільшити індуктивність можна нанесе¬ніем на котушку феромагнітної плен¬кі, яка буде виконувати роль сердечника. Деякі труднощі возні¬кают при влаштуванні виведення від внутрен¬него кінця плівковою котушки. Пріхо¬дітся для цього наносити на відпо-ціалу місце котушки діелектрі¬ческую плівку, а потім поверх цієї плівки наносити металеву плен¬ку - висновок.

   Широке поширення отримали гібридні ІС, в яких пасивні елементи - плівкові, а активні еле¬менти (діоди, транзистори) - навес¬ние. Навісними елементами в мікро¬електроніке називають мініатюрні, звичайно безкорпусні діоди і транзистори, що представляють собою само¬стоятельни елементи, які приклейте-ються ( «навішуються») в соответ¬ствующіх місцях до підкладки і соеді¬няются тонкими провідниками з пле¬ночнимі елементами схеми . Іноді в гібридних ІС навісними можуть бути і деякі пасивні елементи, на¬прімер мініатюрні конденсатори з такою великою ємністю або котушки з такою індуктивністю, що їх не¬возможно здійснити у вигляді плівок. Це можуть бути і мініатюрні транс-форматори. У деяких випадках в гібридних ІС навісними є це¬лие напівпровідникові ІС. Гібридна ІС, що складається з конден¬сатора, транзистора і резистора, по¬казана на рис.1.3. Провідники від транзистора або від інших навісних елементів прісоеді¬няются до відповідних точок схе¬ми найчастіше методом термокомпрес¬сіі (провід при високій температурі притискається під великим тиском) [2].

****

Рис.1.3. Структура (а) і електрична схема (б) гібридної інтегральної мікросхеми

На рис. (1.4) представлений загальний вид тонкопленочной ГІС в корпусі.



Мал. 1.4 Тонкоплівкова ГІС.

              Товстоплівкові ГІС

   Товстоплівкові гібридними називають такі гібридні інтегральні мікросхеми, товщина плівок яких більше 1 мкм. Товстоплівкові гібридні ІМС мають таке ж призначення, як і інші види ІМС, тобто генерування і обробки сигналів, запис, зберігання і відтворення інформації. Товстоплівкові гібридні ІМС класифікують за більшістю тих ознак, за якими класифікують ІМС взагалі, в тому числі по функціональним призначенням (аналогові і цифрові), за ступенем інтеграції (малі, середні, великі, надвеликі), за застосуванням (загального і обмеженого застосування), почастотою (низькочастотні, високочастотні, надвисокочастотні), по потужності (потужні, малопотужні, мікропотужні, нановатние) [2].

  Основними елементами конструкції товстоплівкових гібридних ІМС є плата разом з виготовленими на ній товстоплівкових пасивними елементами, навісні компоненти, корпус і перемички, що з'єднують контактні площадки плати з зовнішніми висновками корпусу. В окремих конструкціях зовнішні висновки вставляють вотвори плати, до яких підходять контактні площадки, тому в них перемички відсутні. Плати застосовують керамічні, так що вони мають високу термостійкість, якої вимагає товстоплівкова технологія. На них виготовляють товстоплівкові пасивні елементи (резистори, конденсатори, провідники з'єднання і контактні площадки). Котушки індуктивності Товстоплівкові метод не виготовляють. Товстоплівкові елементи відрізняються від тонкоплівкових переважно матеріалом, більшою шириною і товщиною, спрощеної конфігурацією, обумовлено специфікою толстопленочной технології. Активні елементи товстоплівкових гібридних ІМС нічим не відрізняються від активних елементів тонкоплівкових гібридних ІМС. Основними матеріалами товстоплівкових елементів є пасти, які

складаються з трьох компонентів: фріти (подрібненого скла) наповнювача, яким є срібло, золото, паладій, платина, сегнетоелектрики тощо; органічні зв'язку (наприклад, скипидарні-каніфолевие). Товстоплівкові резистори - це резистивні товсті плівки, товщина яких 20 ... 30 мкм квадратної або прямокутної форми (товстоплівкова технологія не дозволяє виготовляти складні конфігурації), нанесені на поверхню керамічної плати (рис. 1.5).

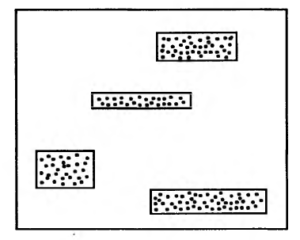


Рис. 1.5. Конструкції товстоплівкових резисторів.

   Всі вони витягнуті в одну сторону - сторону нанесення пасти, мають велику за розрахункову ширину, яка забезпечує можливість лазерної підгонки, розміщені поверх контактних майданчиків (рис. 1.6).

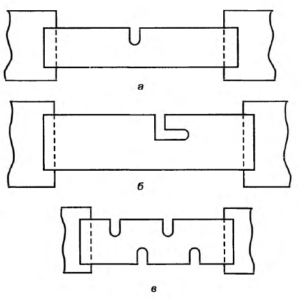


Рис. 1.6. Товстоплівкові резистори після лазерної підгонки

Товстоплівкові конденсатори - це тришарові структури метал-діелектрик-метал квадратної або прямокутної форми, сумарна товщина яких досягає З0 ... 40 мкм (рис. 1.7).

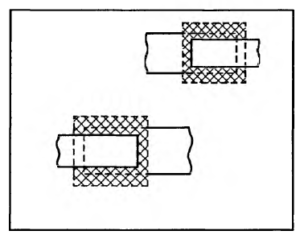


Рис. 1.7. Конструкції товстоплівкових конденсаторів

   Провідникові з'єднання (комутація) товстоплівкових гібридних ІМС разом з Товстоплівкові резистори показані на рис. 1.8. Видно, що круглі контактні площадки провідникових з'єднань підходять безпосередньо до отворів в платі. У тих випадках конструкції, плати яких прорізів не мають, контактні площадки товстоплівкових ІМС подібні контактних площадок їх тонкоплівкових аналогів.

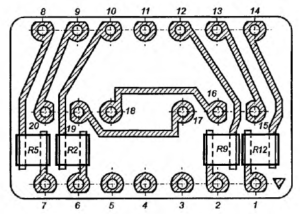


Рис. 1.8. Топологія толстопленочной гібридної ІМС

Навісні компоненти товстоплівкових гібридних ІМС аналогічні навісним компонентів тонкоплівкових ІМС.

 Товстоплівкові гібридні ІМС внаслідок більшої ніж тонкоплівкові гібридні товщини елементів і використання високо теплопровідні керамічних підкладок розсіюють більше потужності. Технологія їх простіше, тому вони мають більш низьку вартість. Робочі частоти в них нижче, в основному внаслідок більшої шорсткості підкладок. Параметри плівкових елементів гірше насамперед через їх концептуальні технологічні особливості. Щільність компонування елементів нижче, в основному внаслідок їх великих розмірів і великих відстаней між ними [3].

   Товстоплівкові резистори в порівнянні з тонкоплівковими мають широкий діапазон значень питомого поверхневого опору, широкий діапазон номінальних значень, велику питому потужність розсіювання. У той же час вони мають низьку температурну стабільність і більший розкид номінальних значень опору, тому вони вимагають підгонки. Товстоплівкові конденсатори в порівнянні з тонкоплівковими мають меншу питому ємність, менший діапазон номіналів ємності, меншу точність. У той же час їх робочі напруги більше, перш за все внаслідок більшої товщини діелектричних прокладок. Висока якість навісних активних компонентів і посередню якість товстоплівкових пасивних елементів (нижче тонкоплівкові, але вище напівпровідникові), також порівняно низька вартість дозволяють виробляти в товстоплівкових гібридному вигляді цілий ряд аналогових ІМС насамперед для побутової техніки.

Плати товстоплівкових ГІС повинні бути дешевими, мати високі механічну міцність, теплопровідність, термостійкість і хімічну стійкість. Найбільш відповідними матеріалами для плат товстоплівкових ГІС є високоглиноземний кераміка 22ХС, поликор і кераміка на основі окису берилію. Висока механічна міцність кераміки дозволяє використовувати плату як деталі корпуса з отворами, пазами, а висока теплопровідність дає можливість виготовляти потужні мікросхеми. Найвищу теплопровідність має берилієва кераміка, але в масовому виробництві її не використовують через високу токсичність окису берилію. Кераміку типу "поликор" застосовують для створення багатошарових товстоплівкових БІС.

В умовах масового виробництва використовують плати з кераміки 22ХС, виготовлені пресуванням порошків або методом шликерного лиття з подальшим випалюванням при температурі 1650 С. Пасти для товстоплівкових ГІС необхідні для створення різних товстих плівок. Нанесення матеріалу товстих плівок, до складу яких, як правило, входять метал, оксид металу і скло, на пасту здійснюють продавлювання через сітчастий трафарет, що має закриті і відкриті ділянки. Для трафаретного друку матеріал товстих плівок повинен мати консистенцію пасти. Пасти поділяються на провідні (для провідників, контактних майданчиків і обкладок конденсаторів), резистивні та діелектричні (для конденсаторів, ізоляційних і захисних шарів).

До складу паст входять основні матеріали, що додають плівкам необхідні для їх функціонування фізичні властивості і допоміжні матеріали, що додають паст основні технологічні та фізико-хімічні властивості. В якості основних матеріалів у які проводять і резистивні пасти входять метали: Ag, Au, Pt, Pd, In, Os, Ro і сплави Pt-Au, Pd-Ag, Pd-Au, і багатокомпонентні системи Pd-PdO-Ag. З метою економії дорогоцінних металів для формування резисторів застосовують сплави Ag-Ru, Bi-Ru, Ru-Ir і пасти на основі рутенію [3]. Основним матеріалом для діелектричної пасти служить роздрібнена кераміка з високою діелектричної проникністю і тангенсом кута діелектричних втрат, наприклад кераміка на основі BaTiO3. Для межслойной ізоляції використовують кристалізуються скла з малим значенням діелектричної проникності. Для хорошого зчеплення плівки з пастою і зв'язування частинок основного матеріалу між собою до складу паст вводять порошок скла (найчастіше за все вісмутоборосілікатние скла). Для додання пасті необхідних в'язкості і поверхневого натягу, що дозволяють їй легко проникати через трафарети і, не розтікаючись, закріплюватися на платі, вводять додаткові органічні речовини і розчинники.

Нанесення паст. Нанесення паст можна проводити двома способами: безконтактним і контактним. При контактному способі підкладку, на яку потрібно нанести пасту, встановлюють під сітчастим трафаретом з деяким зазором; пасту подають поверх трафарету і пересуванням ракеля через отвори в трафареті переносять на підкладку у вигляді стовпчиків, які копіюють отвори в сітці. Розтікаючись, стовпчики з'єднуються, утворюючи такий же малюнок, як на трафареті. Сітчасті трафарети виготовляють з капрону, нейлону або нержавіючої сталі. Якість трафаретного друку залежить від швидкості переміщення і тиску ракеля, зазору між сітчастим трафаретом і платою, натягу трафарету і властивостей пасти. Необхідно суворо дотримуватися паралельність плати, трафарету та напрямки руху ракеля.

Для усунення нерівномірності товщини резисторів рекомендується складати топологію так, щоб всі резистори розташовувалися по довжині в одному напрямку по руху ракеля. З цієї ж причини не рекомендується проектувати довгі і вузькі, а також короткі і широкі резистори.

При контактному способі трафаретного друку плату встановлюють під трафаретом без зазору. Відділення плати від трафарету здійснюють вертикальним переміщенням без ковзання щоб уникнути розмазування пасти. При контактному способі пасту можна наносити пульверизації за допомогою розпилювача. Точність відбитка при контактному способі вище, ніж при безконтактному.

Термообробка паст. Пасти після нанесення піддають термообробці - сушці і вжигания. Сушка необхідна для видалення з пасти летких компонентів (розчинника). Сушку проводять при температурі 80 - 150 С протягом 10 - 15 хвилин в установках з інфрачервоним (ІЧ) нагріванням. ІК - випромінювання проникає в глиб шару пасти на всю його товщину, забезпечуючи рівномірну сушку без утворення скоринки на поверхні [4].

Вжигание виробляють в печах конвеєрного типу безперервної дії з поступовим підвищенням температури до максимальної, витримкою при ній і наступним охолодженням. Ряд печей містить приставки ІК - сушіння, що дозволяє об'єднати ці операції. Якщо одна і та ж паста наноситься на обидві сторони плати, то можливі роздільне нанесення і вжигание пасти з кожного боку, а також нанесення пасти з одного боку, нанесення, сушіння і вжигание з іншого боку при одночасному вжигания раніше нанесеної пасти.

Захист товстоплівкових ГІС. Її здійснюють глазуруванням поверхні сформованої плівковою структури стеклами з низькою температурою розм'якшення, що не перевищує 500 С щоб уникнути зміни параметрів резисторів. Товщина захисного діелектричного шару 30 - 60 мкм, опір ізоляції більше 10000 МОм при постійній напрузі 100 В. Якщо товстоплівкова ГІС встановлюється в корпус, то захист з використанням глазуірованія, як правило, не виробляють.

Збірка. Після нанесення і вжигания всіх верств пасивної частини схеми виробляють підгонку плівкових елементів, монтаж навісних компонентів, армування (установку висновків) і герметизацію.

Для здійснення контролю в процесі підгонки контактні площадки елементів повинні бути облужени. Армування можна виробляти до і після підгонки. Висновки і контактні переходи у вигляді зволікань встановлюють перед підгонкою, а рамкові висновки, з'єднані між собою на загальній рамці, на заключному етапі складання перед герметизацією. Після герметизації рамку обрубують і висновки роз'єднують.

Підгонка резисторів. В умовах масового виробництва відхилення від номіналів опорів резисторів може досягати 50%, тому необхідно проводити підгонку. Підгонка товстоплівкових резисторів і конденсаторів принципово не відрізняються від тонкоплівкових і виробляється зміною конфігурації елементів або відпалом. Використовується лазерна підгонка видаленням частини резистивной плівки. Точність виготовлення резисторів з підгонкою в умовах масового виробництва близько 2%. Якщо при лазерної підгонки опір резистора тільки збільшується за рахунок зменшення його ширини, то отжиг нагріванням до температури 400 - 500 С дозволяє змінити опір в обидві сторони, оскільки при цьому змінюються властивості резистивних плівок [4].

Підгонка конденсаторів. Для товстоплівкових конденсаторів використовують повітряно-абразивної підгонку видаленням частини верхньої обкладки абразивом. Це складна малопродуктивна операція, при здійсненні якої може призвести до пошкодження діелектрика і нижньої обкладки, що знижує вихід придатних схем. У товстоплівкових ГІС широко застосовують навісні малогабаритні конденсатори. Монтаж навісних компонентів виробляють тими ж методами, що і для тонкоплівкових ГІС.

Товстоплівкові ГІС герметизують в металлополімерниє, металокерамічні, керамічні та пластмасові корпуси або заливкою стеклоемалью. Після очищення і відпалу плати на неї наносять і вжігают черзі з обох сторін провідну пасту для формування провідників, контактних майданчиків і нижніх обкладок конденсаторів, після чого формують діелектрик для конденсаторів і перетинів провідників. Верхні обкладання і плівкові перемички виготовляють з однієї пасти.

2. Розробка гібридної інтегральної мікросхеми детектора НВЧ сигналів.

   На даний момент детектори СВЧ сигналів широко поширені в зв'язку з високою потребою контролю і вимірювання потужності сигналів в сантиметровому діапазоні довжин хвиль. Величини напруг і струмів в різних перетинах лінії передачі даних може відрізнятися, тому вимірюється потужність СВЧ сигналів. Детектор повинен забезпечувати вхідний динамічний діапазон 55 дБ в діапазоні частот 5-7 ГГц, при потужності першої бічної частоти вхідного сигналу від мінус 80 до мінус 25 дбвт. Детектор повинен бути здатний вимірювати потужність АМ сигналів з частотою обвідної 100 кГц.

 Типи детекторів. Можна виділити кілька типів детекторів: на нелінійному елементі (транзисторні та діодні), синхронні, ІС детекторів (RMS, логарифмічний підсилювач, SDLVA, на основі діода Шотткі).

RMS детектор. RMS детектор дозволяє обчислювати середньоквадратичне значення напруги на виході, може мати лінійну в вольтах або лінійну в децибелах характеристику. RMS детектор не чутливий до типу модуляції. Дозволяє проводити дуже точні вимірювання потужності, але має не надто швидкий відгук (від 1 мкс).

Детектор на основі діода Шотткі. Детектор на основі діода Шотткі має дуже швидкий відгук (менше 10 нс), але в той же час низьку точність і чутливість. Ще одним недоліком детекторів на діоді Шотткі є характеристика з нелінійним ділянкою. Такі детектори застосовуються в пристроях, де важливо швидко виявити факт наявності сигналу [4].

Логарифмічний підсилювач. Логарифмічні підсилювачі мають постійну напругу на виході пропорційне логарифму вхідного НВЧ сигналу. Логарифмічний підсилювач дозволяє виробляти досить точні вимірювання потужності з чутливістю до мінус 80 дБм і має швидкий відгук (10-100 нс) і таким чином за своїми параметрами знаходиться між RMS детекторами і детекторами на діоді Шотткі, вдаючи із себе компроміс. Такі детектори широко використовуються і є особливо корисними, коли сигнал має фіксований тип модуляції і має широкий динамічний діапазон з необхідністю швидкого відгуку [5].

 SDLVA детектор. SDLVA детектори використовуються у військових і космічних галузях, мають дуже широкий динамічний діапазон (до 100 дБ), широкий діапазон робочих частот (0-30 ГГц), швидкий відгук (менше 10 нс) і головний плюс таких ІС полягає в плоскій частотній характеристиці. SDLVA детектори застосовуються, наприклад, в радарах, де сигнал - короткі радіоімпульси.

  У даній роботі необхідно провести топологічний розрахунок схеми принципової електричної детектора НВЧ представленої на рис. 2.1. для толстопленочной ГІС.

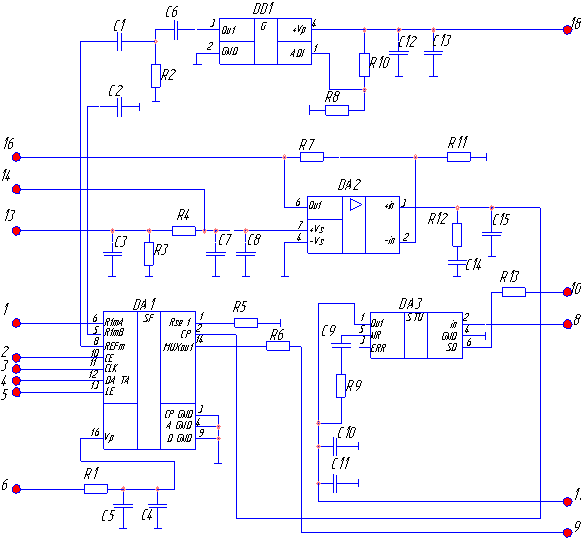


Рис.2.1. Схема принципова електрична детектора НВЧ.

Топологія ІМС передбачається використання навісних корпусних або безкорпусних напівпровідникових ІМС і товстоплівкові резистори і конденсатори.

2.1. Розрахунок резисторів.

Номінальні значення використовуваних резисторів складають:

R1 , R11=2,2кОм ±5%

R2 , R13 =0,051кОм ±5%

R3 , R6 =20кОм ±5%

R4 =0,022кОм ±1%

R5 =5,1кОм ±5%

R7 =6,8кОм±5%

R8 , R10 =10кОм ±5%

R9 =100кОм ±5%

R12 =0,82кОм ±5%

Розрахунок товстоплівкових резисторів.

Розбиваємо резистори на дві групи відповідно до їх номіналами:

Перша група: ( R1 ,R5 ,R7 ,R11).

Друга група: (R2 ,R4 ,R12 ,R13 ).

Третя група: (R3 ,R6 ,R8 ,R9 ,R10 ).

Розбивку виробляють на підставі номіналів опорів та оптимального питомого опору резистивних паст.

Для кожної групи визначаємо оптимальне значення питомого опору резистивної пасти за формулою:

 (2.1)

де n - кількість резисторів.



Для першої групи:

За розрахованим значенням оптимального питомого опору вибираємо пасту з питомим опором, найближчим до оптимального:

- для першої групи вибираємо пасту ПР - 3К з питомим опором 3000 Ом;

Оптимальне число паст визначають з умови, щоб площа, займана усіма резисторами на платі, була мінімальною. Якщо виявиться, що при збільшенні числа паст виграш в площі незначний або розміри плати достатні, то доцільно зупинитися на меншому числі паст. При цьому похибка виготовлення резисторів буде тим менше, чим менше відрізняється форма резистора від квадрата.

Визначимо коефіцієнти форми резисторів за формулою:



1) для резистора R1 ,R11 : Кф1=2200/3000=0,73 (резистор прямокутної форми (0.1<=Кф1<=1)

2) для резистора R5 : Кф2 =5100/3000=1,7 (резистор прямокутної форми(1<Кф2<10)

3) для резистора R7 Кф3 =6800/3000=2,27 (резистор прямокутної форми(1<Кф3<10)

Здійснимо розрахунки:

Розрахунок резистора R1, R11

Резистивная паста: ПР-3К(ρS= 3000 Ом/; P0= 50 мВт/мм2)

Приймаємо для всіх резисторів потужність розсіювання P=0,125 Вт.

Довжина резистора прямокутної форми повинен бути не менше однієї з двох величин:

де lтехн - мінімальна довжина резистора, обумовлена можливостями толстопленочной технології; lтехн = 0,8 мм

Довжина резистора визначається з умови виділення заданої потужності:



 де Кр - коефіцієнт запасу потужності, що враховує підгонку резистора.

Звідси слідує що Кр = 1.1.



Відповідно до сказаного вище вибираємо довжину резистора R1 рівній lрасч = 1.4 мм.

 Розрахункова ширина резистора визначається за формулою:

Довжина резистора з урахуванням перекриття з контактними

майданчиками:

де е = 0,2 мм - мінімальний розмір перекриття

Площа резистора визначається за формулою:



Розміри резистора R11 аналогічні розмірам резистора R1

Розрахунок резистора R5

Резистивна паста:

ПР-3К(ρS= 3000 Ом/; P0= 50 мВт/мм2)

Приймаємо для всіх резисторів потужність розсіювання P=0,125 Вт.

Ширина резистора прямокутної форми повинна бути не менше найбільшого значення однієї з двох величин:

де bтехн - мінімальна ширина резистора, обумовлена можливостями толстопленочной технології; bтехн = 0,8



Ширина резистора з умови виділення заданої потужності:



де Кр - коефіцієнт запасу потужності, що враховує підгонку резистора:

Звідси слідує що Кр =1+0.1=1.1



Відповідно до сказаного вище вибираємо ширину резистора R5 рівній bрасч = 1,3 мм.

Розрахункова довжина резистора визначається за формулою:



Для резистора R5 lиспр =2мм

Довжина резистора з урахуванням перекриття з контактними майданчиками:

де е = 0,2 мм - мінімальний розмір перекриття,

Площа резистора визначається за формулою:



Розрахунок резистора R7

Резистивна паста:

ПР-3К(ρS= 3000 Ом/; P0= 50 мВт/мм2)

Приймаємо для всіх резисторів потужність розсіювання P=0,125 Вт.

Ширина резистора прямокутної форми повинна бути не менше найбільшого значення однієї з двох величин:

де bтехн - мінімальна ширина резистора, обумовлена можливостями толстопленочной технології; bтехн = 0,8



де Кр - коефіцієнт запасу потужності, що враховує підгонку резистора:

Звідси слідує що Кр =1+0.1=1.1

Ширина резистора з умови виділення заданої потужності:

Відповідно до сказаного вище вибираємо ширину резистора R7 рівній bрасч = 1,2 мм.

Розрахункова довжина резистора визначається за формулою:

Для резистора R7 lиспр =2,4мм

Довжина резистора з урахуванням перекриття з контактними майданчиками:



де е = 0,2 мм - мінімальний розмір перекриття,

Площа резистора визначається за формулою:



Для другої групи резисторів:



За розрахованим значенням оптимального питомого опору вибираємо пасту з питомим опором, найближчим до оптимального:

- для другої групи вибираємо пасту ПР - 20К з питомим опором 20000 Ом;

Визначимо коефіцієнти форми резисторів за формулою:

1) для резистора R8 , R10: Кф3 = 10000/20000=0.5(резистор прямокутної форми (0.1<=Кф3<=1)

2) для резистора R3 , R6: Кф4 = 20000/20000=1(резистор прямокутної форми (0.1<=Кф3<=1)

3) для резистора R9 : Кф5 = 100000/20000=5(резистор прямокутної форми (1<Кф3<10)

Здійснимо розрахунки:

Розрахунок резистора R8, R10

Резистивна паста:

ПР – 20К (ρS= 20000 Ом/; P0= 50 мВт/мм2)

Приймаємо для всіх резисторів потужність розсіювання P=0,125 Вт.

Довжина резистора визначається з умови виділення заданої потужності:



де Кр - коефіцієнт запасу потужності, що враховує підгонку резистора:



Звідси слідує що Кр = 1.1.



 Відповідно до сказаного вище вибираємо довжину резистора R8 рівній lрасч = 1.2 мм.

Розрахункова ширина резистора визначається за формулою:

Довжина резистора з урахуванням перекриття з контактними майданчиками:



де е = 0,2 мм - мінімальний розмір перекриття,

Площа резистора визначається за формулою:



Розміри резистора R10 аналогічні розмірам резистора R8

Розрахунок резистора R3, R6,

Резистивна паста:

ПР – 20К (ρS= 20000 Ом/; P0= 50 мВт/мм2 )

Приймаємо для всіх резисторів потужність розсіювання P = 0,125 Вт.

Довжина резистора прямокутної форми повинен бути не менше однієї з двох величин:



де lтехн - мінімальна довжина резистора, обумовлена можливостями толстопленочной технології; lтехн = 0,8 мм

Довжина резистора визначається з умови виділення заданої потужності:



де Кр - коефіцієнт запасу потужності, що враховує підгонку резистора:

Звідси слідує що Кр = 1.1.



Відповідно до сказаного вище вибираємо довжину резистора R3 рівній lрасч = 1.7 мм.

Розрахункова ширина резистора визначається за формулою:

Довжина резистора з урахуванням перекриття з контактними майданчиками:



де е = 0,2 мм - мінімальний розмір перекриття,

Площа резистора визначається за формулою:



Розміри резистора R6 аналогічні розмірам резистора R3

Розрахунок резистора R9.

резистивна паста:

ПР-20К(ρS= 20000 Ом/; P0= 50 мВт/мм2)

Приймаємо для всіх резисторів потужність розсіювання P=0,125 Вт.

Ширина резистора прямокутної форми повинна бути не менше найбільшого значення однієї з двох величин:

де bтехн - мінімальна ширина резистора, обумовлена можливостями толстопленочной технології; bтехн = 0,8

Ширина резистора з умови виділення заданої потужності:



де Кр - коефіцієнт запасу потужності, що враховує підгонку резистора:



Звідси слідує що Кр =1+0.1=1.1



Відповідно до сказаного вище вибираємо ширину резистора R9 рівній bрасч = 0,8 мм.

Розрахункова довжина резистора визначається за формулою:



Для резистора R9 lиспр =3,7мм

Довжина резистора з урахуванням перекриття з контактними майданчиками:



де е = 0,2 мм - мінімальний розмір перекриття,

Площа резистора визначається за формулою:



Для третьої групи резисторів:



За розрахованим значенням оптимального питомого опору вибираємо пасту з питомим опором, найближчим до оптимального:

- для другої групи вибираємо пасту ПР - 100 з питомим опором 100 Ом;

Визначимо коефіцієнти форми резисторів за формулою:

 (2.3)

1) для резистора R2 ,R13 : Кф7 = 51/100=0.51(резистор прямокутної форми (0.1<=Кф3<=1)

2) для резистора R4 : Кф8 = 22/100=0.22(резистор прямокутної форми (0.1<=Кф3<=1)

3) для резистора R12 : Кф9 = 820/100=8,2(резистор прямокутної форми (1<Кф3<10)

Здійснимо розрахунки:

Розрахунок резистора R2, R13

Резистивна паста:

ПР – 100 (ρS= 100 Ом/; P0= 50 мВт/мм2)

Приймаємо для всіх резисторів потужність розсіювання P=0,125 Вт.

Довжина резистора прямокутної форми повинен бути не менше однієї з двох величин:

де lтехн - мінімальна довжина резистора, обумовлена можливостями толстопленочной технології; lтехн = 0,8 мм

Довжина резистора визначається з умови виділення заданої потужності:



де Кр - коефіцієнт запасу потужності, що враховує підгонку резистора:



Звідси слідує що Кр = 1.1.



Відповідно до сказаного вище вибираємо довжину резистора R2 дорівнює lрозрах = 1.2 мм.

Розрахункова ширина резистора визначається за формулою:



Довжина резистора з урахуванням перекриття з контактними майданчиками:



де е = 0,2 мм - мінімальний розмір перекриття,

Площа резистора визначається за формулою:



Розміри резистора R13 аналогічні розмірам резистора R2

Розрахунок резистора R4.

резистивна паста:

ПР – 100 (ρS= 100 Ом/; P0= 50 мВт/мм2)

Приймаємо для всіх резисторів потужність розсіювання P = 0,125 Вт.

Довжина резистора прямокутної форми повинен бути не менше однієї з двох величин:

де lтехн - мінімальна довжина резистора, обумовлена можливостями толстопленочной технології; lтехн = 0,8 мм

Довжина резистора визначається з умови виділення заданої потужності:



де Кр - коефіцієнт запасу потужності, що враховує підгонку резистора:



Звідси слідує що Кр = 1.02.



Відповідно до сказаного вище вибираємо довжину резистора R4 рівній lрасч = 0,7 мм.

Т.к товстоплівкова технологія не може дозволити виготовлення резистора такої товщини, то резистор R4 буде виконаний у вигляді навісного елемента.

Розрахунок резистора R12,

резистивна паста:

ПР – 100 (ρS= 100 Ом/; P0= 50 мВт/мм2)

Приймаємо для всіх резисторів потужність розсіювання P = 0,125 Вт.

Ширина резистора прямокутної форми повинна бути не менше найбільшого значення однієї з двох величин:



де bтехн - мінімальна ширина резистора, обумовлена можливостями толстопленочной технології; bтехн = 0,8

Ширина резистора з умови виділення заданої потужності:



де Кр - коефіцієнт запасу потужності, що враховує підгонку резистора:

Звідси випливає, що Кр = 1 + 0.1 = 1.1

Т.к товстоплівкова технологія не може дозволити виготовлення резистора такої товщини, то резистор R12 буде виконаний у вигляді навісного елемента.

Таблиця 2.1 Параметри розрахованих резисторів:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| резистор | Номінал КОм | L мм | L полн | B мм | S  мм2 |
| R1,R11 | 2,2 | 1,4 | 1,8 | 2 | 3,6 |
| R2,R13 | 0,051 | 1,2 | 1,6 | 2,4 | 3,84 |
| R3,R6 | 20 | 1,7 | 2,1 | 1,7 | 3,57 |
| R5 | 5,1 | 2 | 2,4 | 1,3 | 3,12 |
| R7 | 6,8 | 2,4 | 2,8 | 1,2 | 3,36 |
| R8,R10 | 10 | 1,2 | 1,6 | 2,4 | 3,84 |
| R9 | 100 | 3,7 | 4,1 | 0,8 | 3,28 |
|  |  |  |  |  |  |

В даних розрахунках були приведені розрахунки для трьох груп резисторів, вони повинні наноситися за максимальними габаритних параметрів для подальшої підгонки. Якщо номінали резисторів відрізняються в одну сторону, то слід спочатку провести отжег ГІС.

2.1. Розрахунок конденсаторів.

Робоча напруга 12В, відносна похибка виготовлення конденсаторів 10%. Розрахунок конденсаторів на точність не проводять. Якщо точність виготовлення конденсатора задана вище 15%, необхідно передбачити ділянку підгонки на верхній обкладці.

Вибираємо діелектричну пасту ПД-1 для C2

питома ємність :С0=160пФ/см2

Вибираємо діелектричну пасту ПК1000-30 для C6,C15

Питома ємність:С0=3700пФ/см2

Розрахунок С2

1) Визначаємо площу верхньої обкладки конденсатора.



2) Розраховуємо геометричні розміри верхньої обкладки конденсатора. Для обкладок квадратної форми.



3) Обчислюємо геометричні розміри нижньої обкладки конденсатора.

,

де р = 0.3 - перекриття між нижньою і верхньою обкладинками (по таблиці 1.5)

4) Визначаємо геометричні розміри діелектрика.



де f = 0.2 - перекриття між нижньою обкладанням і діелектриком.

5) Обчислюємо площа, яку займає конденсатором на платі.



розрахунок С15

1) Визначаємо площу верхньої обкладки конденсатора.



2) Розраховуємо геометричні розміри верхньої обкладки конденсатора. Для обкладок квадратної форми.



3) Обчислюємо геометричні розміри нижньої обкладки конденсатора.

,

де р = 0.3 - перекриття між нижньою і верхньою обкладинками.

4) Визначаємо геометричні розміри діелектрика.



де f = 0.2 - перекриття між нижньою обкладанням і діелектриком.

5) Обчислюємо площа, яку займає конденсатором на платі.



Розрахунок С6

1) Визначаємо площу верхньої обкладки конденсатора.



2) Розраховуємо геометричні розміри верхньої обкладки конденсатора. Для обкладок квадратної форми.



3) Рахуємо геометричні розміри нижньої обкладки конденсатора.

,

де р = 0.3 - перекриття між нижньою і верхньою обкладинками.

4) Визначаємо геометричні розміри діелектрика.



де f = 0.2 - перекриття між нижньою обкладанням і діелектриком.

5) Обчислюємо площа, яку займає конденсатором на платі.



Висновок: в даних розрахунках були приведені розрахунки для двох груп конденсаторів, вони повинні наноситися по макс. габаритних параметрів для подальшої підгонки.

3. Вибір корпусу

Корпус призначений для захисту мікросхеми від механічних і інших впливів дестабілізуючих факторів (температури, вологості, сонячної радіації, пилу, агресивних хімічних і біологічних середовищ і т.д.). Конструкція корпусу повинна відповідати таким вимогам: надійно захищати елементи і з'єднання мікросхеми від впливів навколишнього середовища і, крім того, забезпечувати чистоту і стабільність характеристик матеріалів, що знаходяться в безпосередньому зіткненні з кристалом напівпровідникової мікросхеми або платою гібридної мікросхеми, забезпечувати зручність і надійність монтажу і збірки мікросхеми в корпус; відводити від неї тепло; забезпечувати електричну ізоляцію між струмопровідними елементами мікросхеми і корпусом; володіти корозійної і радіаційною стійкістю; забезпечувати надійне кріплення, зручність монтажу і складання корпусів в складі конструкції осередків та блоків мікроелектронної апаратури, бути простою і дешевою у виготовленні, мати високу надійність. Залежно від матеріалів корпусу діляться на наступні типи: металоскляний, скляні, керамічні, металополімерні, пластмасові, полімерні (рис.3.1) [5]. У металоскляних корпусах армування і кришку виконують з металу, а висновки ізолюють від заснування склом

Корпуси металокерамічні складаються з керамічного підстави з висновками і металевої кришки. Так як через високу температуру спікання кераміки армувати підставу металевими висновками неможливо, їх в спеціальній технологічній рамці впаивают в нього склом. Крім того, до бортику керамічного підстави склом припаюють металеву рамку, до якої зварюванням або паянням приєднують металеву кришку. Так як рамка і кришка повинні при пайку добре сма¬чіваться припоєм на основі олова, їх попередньо покривають тонким шаром нікелю, міді або золота. Висновки можна також приєднувати до керамічної основи за допомогою проводять паст.

Скляні корпусу більш технологічні і складаються зі скляного підстави і металевою або скляною кришки. У процесі формування підставу армують висновками і металевою рамкою, а потім спе¬кают, в результаті чого утворюється металоскляний спай.

У керамічних корпусах як кришка, так і підстава виконані з кераміки. Це дозволяє монтувати зовнішні висновки і виконувати герметизацію пайкою склом без рамки, що спрощує конструкцію.

У пластмасових корпусах кришки приклеюють до основи спеціальними клеями. Цей варіант герметизації застосовують тільки при виготовленні маловідповідальних ІМС, так як він не забезпечує вакуумношотную захист.

До корпусу ІС пред'являється ряд вимог, обумовлених її призначенням і електричними параметрами, особливостями збірки як самих мікросхем, так і збірки ІС на друкованих платах, призначенням, особливостями конструкції і умовами експлуатації апаратури, в якій використовуються ІС. До цих вимог належать: герме¬тічность конструкції, висока надійність, малі габарити, ефективний тепловідвід, малі паразитні електричні параметри висновків (активний опір, індуктивність і ємність), висока механічна міцність, простота монтажу на друкованих платах, легкість знімання з друкованої плати при необхідності ремонту, низька вартість, захист від світлового опромінення. До корпусу можуть пред'являтися вимоги, обумовлені специфічним призначенням мікросхеми: електростатичне і (або) магнітне екранування, забезпечення можливості впливу світла при обробці оптичної інформації або при стирання інформація в програмованих (полупостоянних) запам'ятовуючих пристроях ультрафіолетовим опроміненням і ін.

Основні вимоги, що пред'являються до корпусу, такі:

1. механічна міцність і герметичність, що забезпечують надійний захист мікросхеми від впливу навколишнього середовища і механічних пошкоджень;

2. висока теплопровідність;

3. можливість надійного електричного з'єднання контактних майданчиків мік¬росхем з висновками корпусу;

4. можливість надійного кріплення мікросхеми при монтажі в апаратурі;

5. простота виготовлення і герметизації;

6. низька вартість.

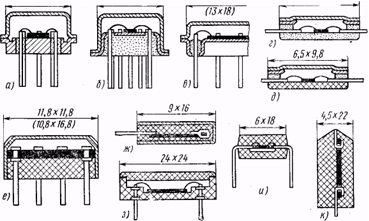
Перші дві вимоги зазвичай знаходяться в протиріччі з двома останніми: поки не розроблені прості і дешеві корпусу, здатні надійно захищати схему в важких умовах експлуатації. Випробування показують, що інтенсивність відмовивши ІС в трудомістких і дорогих керамічних корпусах в 3 -10 разів нижче, ніж в найдешевших полімерних корпусах.

Рис. 3.1. Схеми конструкцій корпусів мікросхем: а, б, в - металоскляних; г - скляного; д - керамічного; е, ж - металополімерних; з - пластмасового; и,к - полімерного.

На підставі проведеного аналізу вибираємо порожнистий металоскляний корпус (рис.3.2).

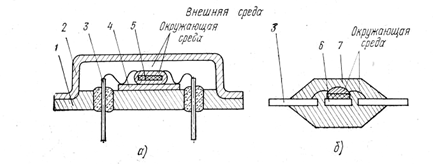


Рис.3.2. Корпус ІМС - порожнистий металоскляний корпус: 1 - підстава; 2 - кришка; 3 - висновки; 4 - підкладка; 5 - навісний компонент з герметизуючим покриттям.

# 4. Технологический процесс изготовления ГИС

Технологічний процес виготовлення розробленої толстопленочной ГІС представимо у вигляді маршрутних карт.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| А/Б | № операції | Найменування і зміст операції |
| А | 005 | Промивання чистих плат в деионизированной воді в УЗ поле з порошком |
| Б |  | Установка вібропромивкі НО-2919; Магазин LP-Magazin Miko-Rack NKAJ 0525; |
| О |  | 1. Укласти плати в ванну з дістілярованной водою  2. Запустити УЗ - установку  3. Проводити процес протягом 10 - 15 хв.  4. Промиті плати укласти в магазин. |
| А | 010 | Термічна обробка дощок |
| Б |  | Установка з ІК нагріванням; |
| О |  | 1. Встановити плати в магазин установки з ІК нагріванням  2. Проводити сушку плат при температурі 600 - 700 0С протягом 10-15 хв, в залежності від ступеня вологості плат  3. Вилучити плати з магазину установки після їх охолодження  4. Укласти в цехову тару |
| А | 015 | Нанесення пасти ПП - 3 з перевіркою суміщення під мікроскопом. |
| Б |  | Автомат нанесення пасти DEK 260; Лупа RLL122 / 122Т; Лінза з 3х збільшенням; трафарет 01. |
| О |  | 1. Включити автомат і налаштувати його згідно з технічним описом.  2. Встановити трафарет, попередньо перевіривши його стан (чистоту і якість поверхні).  3. Встановити ракелі, перевіривши їх стан. Механічні пошкодження поверхонь не допускаються.  4. Подати плату в зону нанесення пасти. Поєднати її з трафаретом. Перевірити точність розташування плати щодо трафарету, при необхідності провести коректування.  5. Нанести паяльну пасту ракелем і малюнком трафарету. Пасти повинно бути достатня кількість. Шов з пасти повинен виходити за межі малюнка приблизно на 20 мм.  6. Запустити плату на лінію і нанести пасту.  Проміжну очищення трафарету робити через 10-15 циклів. Для очищення використовувати спеціальний папір, що не залишає пилу і ворсинок, з використанням промивної рідини (спирт "Прозою"). Додатково провести очищення трафарету стисненим повітрям |
| А | 020 | Вжигание пасти ПП - 3 |
| Б |  | Установка HOTFLOW 7; |
| О |  | 1. Включити і підготувати установку HOTFLOW 7 до роботи згідно з технічним описом.  2. На керуючому комп'ютері вибрати і запустити програму оплавлення пасти для даного зібраного блоку. Встановити температурний режим в діапазоні 780 - 800 0С, часовий режим вжигания протягом 20 - 30 хв.  3. Налаштувати транспортну лінію установки встановити підтримку відповідно до розміру і конструкцією плати.  4. Пропустити плату через установку. Перевірити якість оплавлення.  5. Для всіх наступних плат виконати пункт 4. |
| А | 25 | Нанесення пасти ПД - 1 з перевіркою суміщення під мікроскопом. |
| Б |  | Автомат нанесення пасти DEK 260; Лупа RLL122 / 122Т; Лінза з 3х збільшенням; Трафарет 07. |
| О |  | 1. Включити автомат і налаштувати його згідно з технічним описом.  2. Встановити трафарет, попередньо перевіривши його стан (чистоту і якість поверхні).  3. Встановити ракелі, перевіривши їх стан. Механічні пошкодження поверхонь не допускаються.  4. Подати плату в зону нанесення пасти. Поєднати її з трафаретом. Перевірити точність розташування плати щодо трафарету, при необхідності провести коректування.  5. Нанести паяльну пасту ракелем і малюнком трафарету. Пасти повинно бути достатня кількість. Шов з пасти повинен виходити за межі малюнка приблизно на 20 мм.  6. Запустити плату на лінію і нанести пасту.  Проміжну очищення трафарету робити через 10-15 циклів. Для очищення використовувати спеціальний папір, що не залишає пилу і ворсинок, з використанням промивної рідини (спирт "Прозою"). Додатково провести очищення трафарету стисненим повітрям |
| А | 30 | Вжигание пасти ПД – 1 |
| Б |  | Установка HOTFLOW 7; |
| О |  | 1. Включити і підготувати установку HOTFLOW 7 до роботи згідно з технічним описом.  2. На керуючому комп'ютері вибрати і запустити програму оплавлення пасти для даного зібраного блоку. Встановити температурний режим в діапазоні 730 - 750 0С, час вжигания в діапазоні 20 - 30 хв.  3. Налаштувати транспортну лінію установки встановити підтримку відповідно до розміру і конструкцією плати.  4. Пропустити плату через установку. Перевірити якість оплавлення.  Для всіх наступних плат виконати пункт 4. |
| А |  | Нанесення пасти ПК1000-30 з перевіркою суміщення під мікроскопом. |
| Б |  | Автомат нанесення пасти DEK 260; Лупа RLL122 / 122Т; Лінза з 3х збільшенням; Трафарет 07. |
| О |  | Включити автомат і налаштувати його згідно з технічним описом.  Встановити трафарет, попередньо перевіривши його стан (чистоту і якість поверхні).  Встановити ракелі, перевіривши їх стан. Механічні пошкодження поверхонь не допускаються.  Подати плату в зону нанесення пасти. Поєднати її з трафаретом. Перевірити точність розташування плати щодо трафарету, при необхідності провести коректування.  Нанести паяльну пасту ракелем і малюнком трафарету. Пасти повинно бути достатня кількість. Шов з пасти повинен виходити за межі малюнка приблизно на 20 мм.  Запустити плату на лінію і нанести пасту.  Проміжну очищення трафарету робити через 10-15 циклів. Для очищення використовувати спеціальний папір, що не залишає пилу і ворсинок, з використанням промивної рідини (спирт "Прозою"). Додатково провести очищення трафарету стисненим повітрям |
| А |  | Вжигание пасти ПК1000-30 |
| Б |  | Установка HOTFLOW 7; |
| О |  | Включити і підготувати установку HOTFLOW 7 до роботи згідно з технічним описом.  На керуючому комп'ютері вибрати і запустити програму оплавлення пасти для даного зібраного блоку. Встановити температурний режим в діапазоні 730 - 750 0С, час вжигания в діапазоні 20 - 30 хв.  Налаштувати транспортну лінію установки встановити підтримку відповідно до розміру і конструкцією плати.  Пропустити плату через установку. Перевірити якість оплавлення.  Для всіх наступних плат виконати пункт 4 |
| А | 035 | Нанесення пасти ПР - 3К з перевіркою суміщення під мікроскопом. |
| Б |  | Автомат нанесення пасти DEK 260; Лупа RLL122 / 122Т; Лінза з 3х збільшенням; трафарет 03. |
| О |  | 1. Включити автомат і налаштувати його згідно з технічним описом.  2. Встановити трафарет, попередньо перевіривши його стан (чистоту і якість поверхні).  3. Встановити ракелі, перевіривши їх стан. Механічні пошкодження поверхонь не допускаються.  4. Подати плату в зону нанесення пасти. Поєднати її з трафаретом. Перевірити точність розташування плати щодо трафарету, при необхідності провести коректування.  1. Нанести паяльну пасту ракелем і малюнком трафарету. Пасти повинно бути достатня кількість. Шов з пасти повинен виходити за межі малюнка приблизно на 20 мм.  2. Запустити плату на лінію і нанести пасту.  Проміжну очищення трафарету робити через 10-15 циклів. Для очищення використовувати спеціальний папір, що не залишає пилу і ворсинок, з використанням промивної рідини (спирт "Прозою"). Додатково провести очищення трафарету стисненим повітрям |
| А | 040 | Вжигание пасти ПР – 3К. |
| Б |  | Установка HOTFLOW 7; |
| О |  | 1. Включити і підготувати установку HOTFLOW 7 до роботи згідно з технічним описом.  2. На керуючому комп'ютері вибрати і запустити програму оплавлення пасти для даного зібраного блоку. Встановити температурний режим в діапазоні 620 - 630 0С, часовий режим вжигания в діапазоні 20 - 30 хв.  3. Налаштувати транспортну лінію установки встановити підтримку відповідно до розміру і конструкцією плати.  4. Пропустити плату через установку. Перевірити якість оплавлення.  Для всіх наступних плат виконати пункт 4. |
| А | 045 | Нанесення пасти ПР - 100 з перевіркою суміщення під мікроскопом. |
| Б |  | Автомат нанесення пасти DEK 260; Лупа RLL122 / 122Т; Лінза з 3х збільшенням; Трафарет 08. |
| О |  | 1. Включити автомат і налаштувати його згідно з технічним описом.  2. Встановити трафарет, попередньо перевіривши його стан (чистоту і якість поверхні).  3. Встановити ракелі, перевіривши їх стан. Механічні пошкодження поверхонь не допускаються.  4. Подати плату в зону нанесення пасти. Поєднати її з трафаретом. Перевірити точність розташування плати щодо трафарету, при необхідності провести коректування.  5. Нанести паяльну пасту ракелем і малюнком трафарету. Пасти повинно бути достатня кількість. Шов з пасти повинен виходити за межі малюнка приблизно на 20 мм.  6. Запустити плату на лінію і нанести пасту.  Проміжну очищення трафарету робити через 10-15 циклів. Для очищення використовувати спеціальний папір, що не залишає пилу і ворсинок, з використанням промивної рідини (спирт "Прозою"). Додатково провести очищення трафарету стисненим повітрям |
| А | 050 | Вжигание пасти ПР – 100. |
| Б |  | Установка HOTFLOW 7; |
| О |  | 1. Включити і підготувати установку HOTFLOW 7 до роботи згідно з технічним описом.  2. На керуючому комп'ютері вибрати і запустити програму оплавлення пасти для даного зібраного блоку. Встановити температурний режим в діапазоні 610 - 620 0С, часовий режим вжигания в діапазоні 20 - 30 хв.  3. Налаштувати транспортну лінію установки встановити підтримку відповідно до розміру і конструкцією плати.  4. Пропустити плату через установку. Перевірити якість оплавлення.  Для всіх наступних плат виконати пункт 4. |
| А | 055 | Нанесення пасти ПР - 20К з перевіркою суміщення під мікроскопом. |
| Б |  | Автомат нанесення пасти DEK 260; Лупа RLL122 / 122Т; Лінза з 3х збільшенням; Трафарет 06. |
| О |  | 1. Включити автомат і налаштувати його згідно з технічним описом.  2. Встановити трафарет, попередньо перевіривши його стан (чистоту і якість поверхні).  3. Встановити ракелі, перевіривши їх стан. Механічні пошкодження поверхонь не допускаються.  4. Подати плату в зону нанесення пасти. Поєднати її з трафаретом. Перевірити точність розташування плати щодо трафарету, при необхідності провести коректування.  5. Нанести паяльну пасту ракелем і малюнком трафарету. Пасти повинно бути достатня кількість. Шов з пасти повинен виходити за межі малюнка приблизно на 20 мм.  6. Запустити плату на лінію і нанести пасту.  Проміжну очищення трафарету робити через 10-15 циклів. Для очищення використовувати спеціальний папір, що не залишає пилу і ворсинок, з використанням промивної рідини (спирт "Прозою"). Додатково провести очищення трафарету стисненим повітрям |
| А | 060 | Вжигание пасти ПР – 20К. |
| Б |  | Установка HOTFLOW 7; |
| О |  | 1. Включити і підготувати установку HOTFLOW 7 до роботи згідно з технічним описом.  2. На керуючому комп'ютері вибрати і запустити програму оплавлення пасти для даного зібраного блоку. Встановити температурний режим в діапазоні 600 - 610 0С, часовий режим вжигания в діапазоні 20 - 30 хв.  3. Налаштувати транспортну лінію установки встановити підтримку відповідно до розміру і конструкцією плати.  4. Пропустити плату через установку. Перевірити якість оплавлення.  Для всіх наступних плат виконати пункт 4. |
| А | 065 | Нанесення пасти ПП - 4 з перевіркою суміщення під мікроскопом. |
| Б |  | Автомат нанесення пасти DEK 260; Лупа RLL122 / 122Т; Лінза з 3х збільшенням; Трафарет 09. |
| О |  | 1. Включити автомат і налаштувати його згідно з технічним описом.  2. Встановити трафарет, попередньо перевіривши його стан (чистоту і якість поверхні).  3. Встановити ракелі, перевіривши їх стан. Механічні пошкодження поверхонь не допускаються.  4. Подати плату в зону нанесення пасти. Поєднати її з трафаретом. Перевірити точність розташування плати щодо трафарету, при необхідності провести коректування.  5. Нанести паяльну пасту ракелем і малюнком трафарету. Пасти повинно бути достатня кількість. Шов з пасти повинен виходити за межі малюнка приблизно на 20 мм.  6. Запустити плату на лінію і нанести пасту.  Проміжну очищення трафарету робити через 10-15 циклів. Для очищення використовувати спеціальний папір, що не залишає пилу і ворсинок, з використанням промивної рідини (спирт "Прозою"). Додатково провести очищення трафарету стисненим повітрям |
| А | 070 | Вжигание пасти ПП – 4 |
| Б |  | Установка HOTFLOW 7; |
| О |  | 1. Включити і підготувати установку HOTFLOW 7 до роботи згідно з технічним описом.  2. На керуючому комп'ютері вибрати і запустити програму оплавлення пасти для даного зібраного блоку. Встановити температурний режим в діапазоні 700 - 720 0С, часовий режим вжигания в діапазоні 20 - 30 хв.  3. Налаштувати транспортну лінію установки встановити підтримку відповідно до розміру і конструкцією плати.  4. Пропустити плату через установку. Перевірити якість оплавлення.  Для всіх наступних плат виконати пункт 4. |
| А | 075 | Підгонка плівкових резисторів. |
| Б |  | Лазерна установка «Темп»; |
| О |  | Виробляти підгонку номіналів всіх резисторів починаючи з R1, R2 ... R29 лазерним променем згідно заданому номіналом і допуску резистора шляхом видалення частини поверхні резистора. |
| А | 080 | Вимірювання плівкових резисторів |
| Б |  | Установка для тестування мікросхем фірми Microcraft EMX - 5141; Магазин LP-Magazin Miko-Rack NKAJ 0525; Лінза 8066 3х збільшення; Пінцет прецизійний антистатичний 3CSA; Браслет антистатичний з гарнітурою заземлення; |
| О |  | 1. Перевірити резистори оглядом за допомогою лінзи на відсутність тріщин, відшарувань  2. Встановити ГІС на стенд установки  3. Виміряти із застосуванням щупів провідникові, опір має збігатися з заявленим номіналом і мати заявлений допуск  4. Зняти ГІС зі стенду укласти в тару. |
| А | 085 | Підгонка плівкових конденсаторів. |
| Б |  | Установка для абразивні препарати; |
| О |  | Виробляти підгонку конденсаторів починаючи з C1, C2, C3, C4 повітряно - абразивної обробкою згідно заданого номіналу ємності і допуску на номінал; |
| А | 090 | Вимірювання плівкових конденсаторів. |
| Б |  | Установка для тестування мікросхем фірми Microcraft EMX - 5141; Магазин LP-Magazin Miko-Rack NKAJ 0525; Лінза 8066 3х збільшення; Пінцет прецизійний антистатичний 3CSA; Браслет антистатичний з гарнітурою заземлення; |
| О |  | 1. Перевірити конденсатор оглядом за допомогою лінзи на відсутність тріщин, відшарувань  2. Встановити ГІС на стенд установки  3. Виміряти із застосуванням щупів ємності, опір має збігатися з заявленим номіналом і мати заявлений допуск  4. Зняти ГІС зі стенду укласти в тару. |
| А | 095 | Пайка в електронагрівальний пристрій в повітряному середовищі. |
| Б |  | Установка HOTFLOW 7, Автомат SIPLACE 80 F4; |
| О |  | 1. Виробляти пайку навісних компонентів з допомогою паяльної станції на автоматичної лінії пайки.  2. Пасту наносити трафаретного печаткою через трафарет.  3. Навісні елементи встановлювати автоматично шляхом захоплення їх з бункера і установки на місце. Температура плавлення 200 - 220 0С. Не допускається зміщення ЕРЕ, неправильна орієнтація ЕРЕ, фарбувати пасти. |
| А | 100 | Промивання плат в органічних розчинниках і в УЗ поле. |
| Б |  | Установка вібропромивкі НО-2919; Магазин LP-Magazin Miko-Rack NKAJ 0525; |
| О |  | 1. Промивання виробляти в 3 - х ваннах з попередньої замочки протягом 3 - х хвилин з подальшою обробкою в УЗ поле протягом 2 - 3 хвилин в кожній з 3 - х ванн.  2. Проводити сушка плат витяжкою. Висушені плати укласти в магазин. Необхідно суворе виконання інструкцій з безпеки. Неприпустимо зіткнення Тхе з нагрітими металевими предметами, щоб уникнути утворення задушливих газів (фосген, дифосген). |
| А | 105 | Промивання плат в гарячій деионизированной воді. |
| Б |  | Установка вібропромивкі НО-2919; Магазин LP-Magazin Miko-Rack NKAJ 0525; |
| О |  | Додаткова промивка від залишків флюсів і хлору (від Тхе) при температурі 85 0С при витраті води 1,2 л / хв з наступним сушінням при температурі 80 – 120 0С. |
| А | 110 | Стабілізація параметрів термотреніровкой. |
| Б |  | Магазин LP-Magazin Miko-Rack NKAJ 0525; Шафа сушильна КП-4506; Термостат ТС-80М; |
| Т |  | Халат х / б ГОСТ 621-73; Тримач плат; Рукавички трикотажні №10 ГОСТ 108-74; |
| О |  | Піддати плату термотреніровке по наступному режиму:  При температурі (+ 85 ± 3) ° С час витримки 24 год. |
| А | 115 | Термоціклірованіе. |
| Б |  | Камера КТ04, камераКТХБ; |
| О |  | Піддати ГІС термоциклювання (10 циклів) за наступним режиму:  1. При температурі (- 65 ± 3) ° С час витримки 2 год.  2. При температурі (+125 ± 3) ° С час витримки 2 год.  Час перенесення ГІС з камери в камеру не більше 3 хвилин. |
| А | 120 | Електро-термотреніровка. |
| Б |  | Випробувальний комплекс «Вахта»; |
| О |  | 1. Встановити ГІС в комплексі  2. Подати макс. живлять напруга і вхідний сигнал.  3. Витримувати ГІС при температурі 85 0С протягом 7 діб.  4. Після закінчення 7 діб вилучити ГІС з комплексу  5. Перевірити схеми по всьому приймально - здавальних параметрам, передбаченим технічними умовами. |
| А | 125 | Разбраковка по электрическим параметрам. |
| Б |  | Установка для тестування ГІС фірми Microcraft EMX - 5141; |
| О |  | 1. Встановити ГІС на стенд.  2. Проконтролювати електричні параметри, заявлені в ТУ (Iпотр).  3. Таврувати штамп регулювальника в місці згідно з кресленням.  4. Зняти ГІС зі стенду укласти в тару. |
| А | 130 | Розбраковує за зовнішнім виглядом. |
| Б |  | Лінза 8066 3х збільшення; Лупа RLL 122 / 122Т; |
| Т |  | Браслет антистатичний з гарнітурою заземлення; Матриця, ракель; Желатин, штемпель; Кисть КХЖК № 2 ТУ 17-1507-89; Пінцет прецизійний антистатичний 3CSA; |
| О |  | 1. Перевірити до 5% партії ГІС за зовнішнім виглядом на відсутність тріщин, сколів, непровари.  2. Таврувати штамп регулювальника в місці згідно з кресленням. |
| А | 135 | ВТК контроль 10% |
| Б |  | Лінза 8066 3х збільшення; Лупа RLL 122 / 122Т; |
| Т |  | Браслет антистатичний з гарнітурою заземлення; пластина заземлення  Матриця, ракель; штемпель; Кисть КХЖК № 2 ТУ 17-1507-89; Пінцет прецизійний антистатичний 3CSA; |
| О |  | 1. Перевірити до 10% ГІС зовнішнім оглядом на відповідність кресленням.  2. Таврувати штамп ОТК в місці згідно з кресленням. |

5. Охорона праці.

5.1. Аналіз потенційно небезпечний и шкідливих виробничих чінніків

Категорії тяжкості віконуваніх робіт при віготовленні елетронніх приладів и ЕКСПЛУАТАЦІЇ встановлюються відповідно до ГОСТ 12.1.005-88. Відповідно до ГОСТ 12.0.002-80 "Терміни і визначення" до Небезпечна виробничих чінніків відносяться Чинник, дія якіх на того, что працює виробляти до травми, а шкідлівім - Чинник, что прізводять до захворювання або зниженя працездатності. Небезпечні и шкідливі виробничі Чинник согласно ГОСТ 12.0.003-74 "Небезпечні и шкідливі виробничі Чинник. Класифікація" підрозділяються на Чотири групи [19]:

- Фізичні;

- хімічні;

- біологічні;

- Психофізіологічні.

Відповідно до ГОСТ 12.0.002-75 безпека виробничих процесів забезпечується Вибори технологічного процесса, режімів роботи и порядку обслуговування виробництва; Вибори початкових матеріалів, способів їх зберігання; професійним відбором; вібіранням засобів захисту персоналу.

Технологічний процес виготовлення елетронніх приладів складається з Наступний основних частин (операцій): виготовлення деталей, загальна зборка і монтаж, тестування готового вироби на предмет працездатності.

Деталі корпусу елетронніх приладів виготовляють з удароміцного полістіролу методом литва під лещата; друкована плата віготовляється комбінованім позитивним способом; размещения и пайка навісніх елементів - вручну на светомонтажних столах.

Основними Небезпечна и шкідлівімі виробничими Чинник при обробці пластмас є шкідливі гази, пари, пил, а такоже Чинник, властіві механічній обробці матеріалів.

У процесі механічної ОБРОБКИ пластмас тупим різальнім інструментом відбувається інтенсівне нагрівання, внаслідок чого стружка и пив превращаются в паро- и газоподібній стан.

Леткі продукти (ГРАНИЧНІ и негранічні вуглеводні, Ароматичні вуглеводні) могут віклікаті наркотичного дію, зміни з боку центральної нервової системи, судінної системи, кровотворних ОРГАНІВ, а такоже захисних функцій кожи. Технологічний процес литва під лещата відносіться до особливого класу впровадження нових технологічних процесів. Результатом цього процесса є НЕ лишь вихід готових деталей, но віділення парі цієї токсичної Речовини, таких як, например, стирол, в Повітря РОБОЧОЇ зони.

Стирол має неспеціфічну (наркотичного) и спеціфічну дію на організм людини, чинячи Вплив на нервово систему, печінку и кровотворення. Парі стиролу, кроме того, дратують слізові оболонки верхніх діхальніх Шляхів и очей. В процесі виробництва деталей методом литва під лещата и при механічній обробці матеріалів вінікає ряд Небезпечна и шкідливих виробничих чінніків:

- рухомі части виробничого устаткування;

- висока температура поверхні оброблюваніх деталей;

- високого тиску розплавленої пластічної масі в прес-форме;

- токсичні віпарі нагрітої пластічної масі;

- різальні інструменти;

- стружка, пил, шум, вібрація.

Сучасна технологія виготовлення Друкований плат складається з великого числа операцій. При віготовленні друкованої плати могут вінікнуті следующие небезпеки и шкідлівості: поразка електрична Струм, вибухо- и пожежонебезпека, термоожог, хімічний опік, Небезпека травмуванню механічнім устаткуванням, поразка шкірніх покрівів и Отруєння, шум, вібрація, світлова дія газорозрядними ламп.

Більшість Речовини и матеріалів, вживаних при віготовленні Друкований плат, є шкідлівімі и представляються небезпеки для здоров'я і життя людини. Шкідливі Речовини и їх парі могут пронікаті в організм людини через органи дихання, шкіру, травний тракт.

Електричні з'єднання віробляються пайки. Технологічний процес Включає відалення ізоляції, лудіння, формирование. При віконанні пайки на робітника могут впліваті следующие шкідливі и небезпечні Чинник:

- - запив и загазованість Повітря РОБОЧОЇ зони;

- - попадання розплавленого припою на шкірній покрив;

- - наявність елементів, что нагріваються, дотик до якіх віклікає опікі.

Операція пайки супроводжується забруднення повітряного середовища в пріміщенні парами олова, свинцю, сурми та ін. Властивості свинцю накопічуватіся в організмі виробляти до хронічного Отруєння при систематичному надходженні в організм даже малих доз.

Оскількі підприємство насічене устаткуванням, Пожалуйста спожіває електричний струм, то існує Небезпека поразка людини електричний Струм. Небезпека ЕКСПЛУАТАЦІЇ Полягає в дотик персоналу до струмопровідніх частин и замикання їх на землю. Поразка електрична Струм відбувається в результате перебування людини в зоне розтікання Струму. Виробниче приміщення відносіться до категорії приміщень з підвіщеною небезпеки поразка людей електрична Струм.

Такоже необходимо відмітіті такий важлівій Чинник як Накопичення статічної електрики на тілі людини. Цей Чинник вінікає внаслідок того, что персонал корістується взуттям, Пожалуйста не проводити електрик; а такоже одягом з шерсті, шовку при пересуванні по непровідній підлозі.

5.2. Заходи по техніці безпеки.

На підставі описаних в п. 5.1 небезпечних і шкідливих виробничих чинників передбачається низка заходів по забезпеченню безпеки праці.

Для забезпечення безпечної роботи операція литва під тиском має бути максимально автоматизована. Необхідно строго дотримувати параметри техпроцесса (практично виключений людський чинник), використовувати автоматичну сигналізацію (звукову і світлову) для попередження обслуговуючого персоналу у разі виникнення аварійної ситуації.

При виготовленні друкованих плат щоб уникнути травм і профзахворювань робота з шкідливими речовинами виконується з використанням засобів індивідуального захисту органів, що фільтрують, дихання, до яких відносяться універсальні респіратори і протигази. Для захисту рук як засобів індивідуального захисту застосовуються рукавиці і рукавички з різних матеріалів, а також захисні мазі, пасти і так далі. Для захисту очей застосовуються окуляри, для видалення пилу - промислові пилососи, пилестружкоприемники, місцеву витяжну і загальнообмінну вентиляцію.

Однією з умов забезпечення безпеки праці є потокова виробництва відповідно до технологічної послідовності окремих операцій, передбачаючи механізацію і автоматизацію процесів, а також централізація приготування електроліту. Пульти оператора автоматичних ліній з програмним управлінням мають бути віддалені від ванн на певну відстань, що виключає дію на працюючих небезпечних і шкідливих виробничих чинників.

Особлива увага має бути приділена заміні токсичних речовин менш токсичними або нетоксичними. Так, використання присадок і інгібіторів дозволяє понизити витрати на вентиляцію, а також значно зменшити виділення пари кислоти з поверхні гальванічних і травильних ванн (дзеркало ванни покривається шаром піни).

В цілях поліпшення умов праці при нанесенні лакофарбних матеріалів процес забарвлення автоматизується. При цьому людина виводиться з небезпечної зони.

У зв'язку з тим, що лакофарбні матеріали характеризуються високою швидкістю займання, для захисту цехів забарвлень від пожеж набула поширення пожежна автоматика.

У цехах забарвлень категорично забороняється палити, приймати їжу з непредназначеной для цього посуд.

Відносно процесів пайки, залуживания і випалення ізоляції можна сказати наступне. Ділянки, на яких зосереджені ці операції, виділяють в окремі приміщення. При ручній пайці і випаленні ізоляції в цілях захисту від поразки електричним струмом електропаяльник і электрообжигалка повинні працювати від електромережі напругою не вище 42 В. Використані серветки і дрантя після зміни повинні спалюватися, повторне використання вони не допускається. Шафи для зберігання робочого одягу і особистих речей щотижня усередині і зовні обмиваються гарячою водою з милом. Приміщення, в яких розміщуються ділянки пайки, обладналися відособленою припливно-витяжною вентиляцією. Приплив повітря повинен складати 95 % об'єму витягу. Не вистачає 5 % припливного повітря поступають з суміжних, чистіших приміщень.

Для забезпечення електробезпеки застосовуються окремо або в поєднанні один з одним наступні технічні способи і засоби :

- повне зняття напруги з електроустановок при монтажі і ремонті;

- ізоляція токоведущих частин електроустановок;

- обгороджування електроустановок.

Відповідно до ГОСТ 12.1.030-81 для захисту людей від поразки електричним струмом при дотику до металевих нетоковедущим частин, які можуть виявитися під напругою в результаті ушкодження ізоляції, передбачається захисне заземлення або "занулення" металевих частин електроустановок, які доступні для дотику людини і не мають іншого вигляду захисту, що забезпечує електробезпеку.

Відповідно до ГОСТ 12.2.003-74 необхідно, щоб небезпечні ділянки устаткування мали захисні екрани або забарвлювалися в яскраві кольори.

Серед загальної кількості виробничих нещасних випадків електротравми складають всього 0,5..1 %, проте серед випадків із смертельним результатом - до 40 %. При цьому 60..85 % смертельних поразок електричним струмом відбувається в електроустановках напругою до 1000 В (220..380 В), які найширше поширені в побуті.

Захисне заземлення - це умисне електричне з'єднання із заземляючим пристроєм металевих нетоковедущих частин електроустановки, які можуть виявитися під напругою внаслідок переходу на них напруга з токоведущих частин з метою забезпечення електробезпеки.

Оскільки корпус пристрою, що розробляється, виготовлений з полістиролу (діелектрика), в заземленні необхідності немає. При виготовленні корпусу використовується операція литва під тиском. Устаткування, що виконує цю операцію необхідно заземлити.

Заземляючим пристроєм називається сукупність заземлителя (металевого провідника або групи провідників, сполучених між собою металево і що знаходяться в безпосередньому з'єднанні з грунтом) і заземляючих провідників, що сполучають частини електроустановки, що заземляються, із заземлителем.

Данні для розрахунку: стержневий заземлитель в грунті, грунт - пісок.

Параметри заземлителя наступні:

діаметр 0,03 м, довжина 0,5 м, відстань від верхнього краю до поверхні землі не менше 0,5 м

Рекомендований для розрахунків питомий опір піску складає 500 Ом·м

Опір струму розтікання природних заземлителей. Оскільки природний заземлитель відсутній, то

Rе = Rи = Rз.д = 4 Ом.

де Rе - опір природних заземлителей;

Rи - опір штучних заземлителей;

Rз.д - допустимий опір заземляючого пристрою;

Далі визначається опір струму розтікання одного заземлителя.

(5.1)



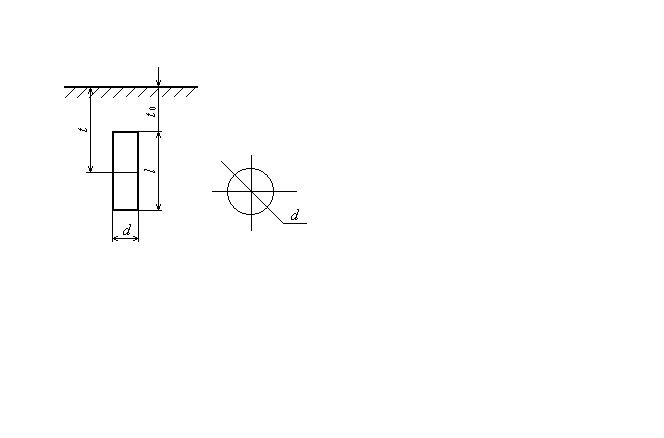


Рис. 5.1 - Трубчастий заземлитель в грунті

Необхідна кількість заземлителей, що паралельно сполучаються

, (5.2)



де ηэ - коефіцієнт використання заземлителей, що враховує їх взаємне

екранування, ηэ = 0,67.



Далі визначається довжина сполучної смуги і опір її струму розтікання Rп. Площа перерізу смуги S = 100 мм2, довжину l = 108 м (при тому, що стержні розташовуються на відстані 0,5 м один від одного).

(5.3)



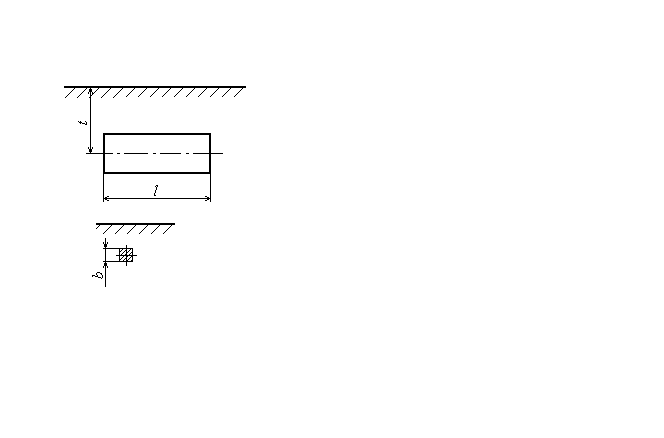


Рис. 5.2 - Протяжний смуговий заземлитель в грунті.

Еквівалентний опір штучних заземлителей струму розтікання

, (5.4)



де ηn - коефіцієнт використання горизонтального електроду (смуги зв'язку) з урахуванням вертикальних електродів (ηn = 0,67).



Результат розрахунку опору штучних заземлителей задовольняє умові R 'і < Ru, т. до. 3,3 < 4.

Еквівалентний опір заземляючого пристрою

(5.5)



Умова Rэ.з. ≤ Rз.д. виконується. Отже, розраховане захисне заземлення функціонуватиме. Заземляючий пристрій виконується у вигляді контура.

Для запобігання травмуванню і виникненню професійних захворювань застосовують комплексну механізацію технологічних процесів. Для захисту від дії небезпечних і шкідливих виробничих чинників робітники застосовують індивідуальні захисні засоби (протигази респіратори, спецодяг, захисні окуляри, захисні дерматологічні засоби).

Шкідливі гази, пари, пил можуть потрапляти в організм тих, що працюють з водою, їжею і при курінні. В зв'язку з цим потрібна постійна увага і дотримання правил особистої гігієни.

5.3. Заходи, що забезпечують виробничу санітарію і гігієну праці

Територія і планування будівель і споруджень промислових підприємств повинні відповідати вимогам діючих "Санітарних норм проектування промислових підприємств" і "Будівельних норм і правил" по проектуванню генеральних планів промислових підприємств і задовольняти санітарним вимогам відносно природного освітлення і провітрювання, рівня стояння грунтових вод, попередження забруднення повітря, води, грунти відходами виробництва.

Вимоги до виробничих приміщень встановлюються СН 245-71, СНиП, відповідними Гостами і ОСТами з урахуванням небезпечних і шкідливих чинників, що утворюються в процесі виробництва. Посилаючись на СН 245-74, підприємство, на якому передбачається виробляти прилад, що розробляється, відноситься до IV класу виробництва - ширина санітарної зони 100 м [18].

Висота виробничих приміщень має бути не менше 3,2 м. Об'єм і площа визначаються з умов вимоги СН 245-71 і має бути не менше 15 м3 і 4,5 м2 на кожного робітника відповідно.

Підлоги на робочих місцях мають бути теплими, щільними, сопротивляемими удару; мати неслизьку і зручну для чищення поверхню; бути стійкими до дій хімічних речовин і їх поглинання.

Стіни виробничих і побутових приміщень повинні відповідати вимогам шумозахисту, теплозахисти, запобіганню сорбції; піддаватися легкому прибиранню, миттю; мати обробку, що унеможливлює поглинання і осадження отруйних речовин (керамічна плитка, масляна фарба).

Для підвищення працездатності і збереження здоров'я важливо створити для організму людини стабільні метеорологічні умови. Значне коливання параметрів мікроклімату призводить до порушення терморегуляції організму, т. е. здібності організму підтримувати постійну температуру тіла. Це призводить до порушення систем кровообігу, нервовою і потовидільною, що може викликати підвищення або пониження температури тіла, слабкість, запаморочення, іноді і непритомність.

"Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень" встановлюють оптимальні і допустимі температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря в робочій зоні.

Норми мікроклімату встановлюються залежно від сезону року і категорії робіт [17]. Робота на складальній ділянці відноситься до категорії I (легкі фізичні роботи). До цієї категорії відносяться роботи, вироблювані сидячи і що не вимагають фізичної напруги або пов'язані з ходьбою і такі, що супроводжуються деякою фізичною напругою.

Відповідно до цього критерію на складальній ділянці необхідно підтримувати мікроклімат з параметрами, вказаними в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Параметрів мікроклімату в робочій зоні ділянки зборки

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Період року | Температура, Cº | | Відносна вологість, % | | Швидкість руху  повітря, м/c | |
| оптимальна | допустима | оптимальна | допустима | оптимальна | допустима |
| Холодний | 22...24 | 21...25 | 40...60 | 75 | 0,1 | ≤ 0,1 |
| Теплий | 23...25 | 22...28 | 40...60 | 75 | 0,1 | 0,1...0,2 |

Для підтримки в зимовий час нормальної температури у виробничих приміщеннях, відповідно до санітарних умов і норм, передбачається центральне опалювання.

5.4. Рекомендації по пожежній безпеці

Пожежі в робочому приміщенні представляють небезпеку, оскільки зв'язані як з матеріальними втратами, так і з відмовою виробничого устаткування, що у свою чергу спричиняє за собою порушення ходу технологічного процесу.

При експлуатації електронних приладів вірогідність виникнення пожежі невелика. Пожежа може виникнути тільки при короткому замиканні в мережі, яке може бути викликане несправністю джерела живлення.

На ділянці зборки цього виробу є присутній наступні горючі речовини і матеріали :

а) дерево (столи, двері);

б) склотекстоліт (плати);

в) рідини (спирт, бензин, лаки, фарби);

в) полімери (ізоляція, деталі).

Пожежовибухонебезпека вживаних матеріалів приведена в таблиці 9.2.

Згідно ОНТП 24-86 таке приміщення відноситься до категорії "В" (пожежонебезпечне).

Можливі наступні причини виникнення пожежі :

* іскри і дуги коротких замикань;
* іскри при розмиканні і замиканні ланцюгів;
* перегрівання при тривалому навантаженні;
* нагріваючи індукційними струмами;
* нагріваючи від діелектричних втрат;
* розряди статичної електрики.

Таблиця 5.2 - Пожежовибухонебезпека матеріалів

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Матеріал | Показник небезпеки | Засоби гасіння |
| Полістирол | Горюча речовина  Воспл. 343 0С  Самовоспл. 486 0С | Розпорошена вода із змочувачами |
| Лак електроізоляційний | Горюча речовина  Воспл. 141 0С  Самовоспл. 370 0С | Гасити розпорошеною водою із змочувачами, піною, порошком ПФ (фосфорно-амонійним) |
| Полівінілхлорид | Горюча речовина  Самовоспл. 530 0С | Гасити розпорошеною водою із змочувачами, піною, порошком ПФ |
| Склотекстоліт | Трудногорючий матеріал | Гасити розпорошеною водою із змочувачами, піною, порошком ПФ |
| Деревина | Горючий матеріал,  схильний до теплового самозаймання  Воспл. 255 0С  Самовоспл. 399 0С  Жевріння при самозайманні 480 0С | Оберігати від джерел нагріву з температурою вище 80 0С, гасити  розпорошеною водою із змочувачем |

Пожежна безпека при експлуатації приладу відповідно до ГОСТ 12.1.004-85 "Пожежна безпека" забезпечується:

* системою запобігання пожежі;
* системою протипожежного захисту;
* організаційно-технічними заходами.

Оскільки неможливо видалити горючі матеріали, вимагається виключити джерела запалення.

Для запобігання освіті в горючому середовищі джерел запалення передбачають:

* унеможливлення появи іскрового розряду в горючому середовищі з енергією, рівній і вище мінімальній енергії запалення;
* застосування устаткування, що задовольняє вимогам електростатичної безпеки;
* застосування в конструкції швидкодіючих засобів захисного відключення можливих джерел запалення;
* виконанням діючих будівельних норм, правил і стандартів.

Для зменшення небезпеки виникнення пожежі забороняється використання електричних кабелів з пошкодженою ізоляцією і поганими контактами в місцях з'єднання, з'єднання електричних дротів між собою і з металоконструкціями, застосування саморобних запобіжників.

Для зниження пожежної небезпеки для приміщень категорії "В" рекомендується встановити первинні засоби пожежогасінні, а також систему автоматичної пожежної сигналізації на основі комбінованого извещателя ДИП- 1, який призначений для виявлення вогнища пожежі в закритих приміщеннях по прояву диму або локальному підвищенню температури і розрахований для контролю площі до 150 м2 при висоті стелі до 4 метрів. Чутливість извещателя до диму не більше 10%, чутливість до температури 70..100С.

Як первинні засоби пожежогасінні пропонується використовувати углекислотние вогнегасники в ручному виконанні (ОУ- 5 у кількості двох штук), достоїнствами яких є :

* висока ефективність гасіння пожежі;
* збереження електронного устаткування після гасіння пожежі;
* діелектричні властивості вуглекислого газу, що дозволяє використовувати ці вогнегасники навіть у тому випадку, коли не вдається знеструмити електроустановку відразу.

Висновки

    В ході виконання дипломної роботи були досліджені питання конструювання і виробництва товстоплівкова гібридних інтегральних схем:

1. Порядок розрахунку товстоплівкова пасивних компонентів, зокрема: товстоплівкова резистори і товстоплівкова конденсатори.

2. Були вивчені матеріали, за допомогою яких виготовляються товстоплівкова ГІС, зокрема пасти (фрити) для отримання пасивних компонентів; матеріали для плат, які проводять шарів, резистивних елементів, плівкових конденсаторів.

3. Розроблено технологічний процес виготовлення товстоплівковой ГІС, зокрема: нанесення паст, їх подальша термообробка, установка висновків, установка отриманої плати з висновками в корпус. Також були вивчені найбільш застосовувані типи корпусів.

    Розроблена гібридна інтегральна мікросхема детектора НВЧ сигналів. Проведено розрахунок товстоплівкових резисторів і конденсаторів ІМС. Розроблені заходи з охорони праці та техніки безпеки.

Література

1. Березин А.С., Мочалкина О.Р. Технология и конструирование интегральных микросхем. - М.: Радио и связь, 1993.

2. Пономарёв М.Ф. Конструкции и расчёт микросхем и микроэлементов ЭВМ. М.: Радио и связь, 1982.

3. Конструирование и расчёт больших гибридных интегральных схем, микросборок и аппаратуры на их основе. Под ред. Б.Ф. Высоцкого, М.: Радио и связь, 1999.

1. Агаларзаде П.С., Петрин А.И., Изидинов С.О. Основы конструирования и технологии обработки поверхности p-n перехода. – Москва: Советское радио, 1998.
2. Антонов В.А «Технология производства электровакуумных и полупроводниковых приборов». Москва: Советское радио, 1997.
3. Арданатская М.В. Герметизация и защита изделий порошковыми полимерными материалами. - Москва: Радио и связь, 1977.
4. Брук В.А. «Производство полупроводниковых приборов»
5. Волков В.А. Сборка и герметизация микроэлектронных устройств. - Москва: Радио и связь, 1982.
6. Дуболазов В.А., Синекоп Ю.С., Томашпольский Л.В. Технология сборки интегральных микросхем. - Киев: Вища школа, 1987.
7. Епифанова Г.И. Герметизация и бескорпусная защита полупроводниковых приборов и радиоэлектронных устройств. - Москва: Советское радио, 1984.
8. Коутный Й. «Технология серийного производства транзисторов и полупроводниковых диодов» Москва: Советское радио, 1997.
9. Курносов А.И. «Основы полупроводниковой микроэлектроники» Москва: Советское радио, 2006.
10. Курносов А.И. «Материалы для полупроводниковых приборов и интегральных микросхем», Москва: Советское радио, 1994.
11. Маслов А.А. «Технология и конструкции полупроводниковых приборов». Москва: Советское радио, 1999.
12. Охрана труда в электроустановках: Учебник для вузов / Под ред. Б.А. Князевского. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 336 с.
13. Ткачук К.Н., Сабарно Р.В. Охрана труда и окружающей среды в радиоэлектронной промышленности. – К.: Вища школа, 1988.
14. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник / Под ред. Баратова А.Н., в 2-х томах. – М.: Химия, 1990.
15. Добровольский А.А., Переслыцких Х.Х. Пожарная техника. Справочник. – К.: Техника, 1981.