# Форма № Н-9.02.1

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

# Факультет \_ Інформаційних технологій та електроніки\_\_\_\_\_\_\_\_

(повне найменування факультету)

# Кафедра \_\_ Електронних апаратів \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(повна назва кафедри)

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи)

освітньо-кваліфікаційного рівня \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ магістр \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(бакалавр, спеціаліст, магістр)

напряму підготовки 153 «Мікро-та наносистемна техніка»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ (шифр і назва напряму підготовки)

на тему

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| |  | | --- | | **Розробка конструкції, топології і технологіі виготовлення ІМС підсилювача струму** | |  | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Виконав: студент групи  МНТ-18дм | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | В.В. Катруха |
| Керівник | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | О.М. Іванов |
| Завідувач кафедри | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | Ю.Э. Паеранд |
| Рецензент | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | В.М. Смолій |

Севєродонєцк 2020

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | | Текстові документи |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
| А 4 |  | 1 | | ДПМ 153.02 ПЗ | | | | Пояснювальна записка | 1 | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | | Графічні документи |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
| А4 |  | 2 | | ДПМ 153.02 ГЧ | | | | Графічна частина | 19 | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | | . |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  | | | | | | | | | | | | | | |
|  |  | |  | |  |  | **ДПМ 153.02** | | | | | | | |
|  |  | |  | |  |  |
| Змн | Лист | | № докум. | | Підпис | Дата |
| Розроб. | | | Катруха | |  |  | **Розробка конструкції, топології і технологіі виготовлення ІМС підсилювача струму** | | | Літ. | | | Лист | Листів |
| Перевір. | | | Іванов | |  |  |  |  |  | 4 | 80 |
| Реценз. | | | Смолій | |  |  | **ВНУ гр. МНТ-18дм** | | | | |
| Н. контр | | |  | |  |  |
| Затв. | | | Паеранд | |  |  |

**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. Катруха**

1. **Тема проекту:**  **Розробка конструкції, топології і технологіі виготовлення ІМС підсилювача струму**
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 \_\_**20. 05. 2020 р.**\_**
2. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити):
   1. Вступ
   2. Літературний огляд
   3. Основні елементи ІМС
   4. Основи технології створення полупровідникових ІМС
   5. Розробка конструкції і топології ІМС підсилювача струму
   6. Розробка технології виготовлення ІМС
   7. Охорона праці
3. **Консультанти розділів проекту**

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

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 | 21.03.20 |  |
| 2 | Літературний огляд | 24.03.20 |  |
| 3 | Основні елементи ІМС | 15.04.20 |  |
| 4 | Основи технології створення полупровідникових ІМС | 30.04.20 |  |
| 5 | Розробка конструкції і топології ІМС підсилювача струму | 12.05.20 |  |
| 6 | Розробка технології виготовлення ІМС | 25.05.20 |  |
| 7 | Охорона праці | 5.06.20 |  |
| 8 | Оформлення пояснювальної записки | 10.06.20 |  |

**Студент\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Катруха В.В.**

**Керівник проекту\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Іванов\_О.М.**

**РЕФЕРАТ**

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

5

ДПМ 153.02 ПЗ

Разраб.

Катруха

Провер.

Иванов

Реценз.

Смолий

Н. Контр.

Утверд.

Паеранд

Розробка конструкції, топології і технологіі виготовлення ІМС підсилювача струму

Лит.

Листов

80

ВНУ гр.МНТ 18дм

Пояснювальна записка до дипломного проекту містить:

Сторінок - 79 , малюнків - 24, таблиць - 4, джерел літератури -15

Об'єкт дослідження - Напівпровідникова ІМС підсилювача струму.

Мета роботи - Розробка конструкції, топології і технологічного процесу виготовлення ІМС підсилювача струму. Розробка заходів безпеки при виробництві та експлуатації електронних приладів.

У даній роботі була розроблена топологія і розраховані параметри ІМС підсилювача струму Проведені розрахунки підтверджують повну відповідність розробленої ІМС вимогам технічного завдання. Топологія мікросхеми розроблена з урахуванням вимог до сучасної технології виготовлення напівпровідникових ІМС.

**ІНТЕГРАЛЬНА МІКРОСХЕМА, ПІДСИЛЮВАЧ СТРУМУ, БІПОЛЯРНИЙ ТРАНЗИСТОР, МЕТАЛ-ДІЕЛЕКТРИК-НАПІВПРОВІДНИК**

**Зміст**

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

Вступ …………………………………………………………………………..8

1. Літературний огляд ........................................................................................10

1.1. Основні поняття і положення…………………………………………….10

1.2. Класифікація напівпровідникових ІМС. ………………………………..12

1.3. Основні елементи ІМС ...............................................................................15

1.4. Основи технології створення напівпровідникових ІМС ............... …….22

2. Розробка конструкції, топології і технологічного процесу виготовлення ІМС підсилювача струму ................................................ …………………….24

2.1. Розрахунок параметрів транзистора. ........................................................25

2.2. Розрахунок параметрів діодів. ................................................... ………...38

2.3. Розрахунок геометричних розмірів резисторів ........................................42

2.4. Розрахунок геометричних розмірів конденсаторів. .................................47

3.Технологія виготовлення ІМС. .......................................................................51

4. Охорона праці ...................................................... …………………………..65

4.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів при виробництві…………..65

4.2. Заходи з охорони праці ................................................................................67

Висновки………………………………………………………………………...76

Список літератури ...............................................................................................77

**Список умовних скорочень**

ІМС - інтегральна мікросхема;

БТ - біполярний транзистор;

ПТ - польовий транзистор;

НВІС - надвелика інтегральна мікросхема;

МДП - метал-діелектрик-напівпровідник;

МОП - метал-окисел-напівпровідник;

ОПЗ - область просторового заряду;

ТКЛР - температурний коефіцієнт лінійного розширення.

**Вступ**

Мікроелектроніка на сьогоднішній день є однією з найбільш бурхливо розвиваються галузей сучасної промисловості. Значущою складовою частиною даної науки є схемотехнічна мікроелектроніка. На кожному новому етапі розвитку технології виробництва інтегральних мікросхем (ІМС) створюються принципово нові методи виготовлення структур ІМС, що відображають останні досягнення науки.

В даний час найбільшу увагу в мікроелектроніці приділяється створенню НВІС - надвеликих інтегральних схем - інтегральних структур з дуже великим ступенем інтеграції елементів, що дозволяє не тільки значно зменшити площу підкладки ІМС, а отже, габаритні розміри і споживану потужність, але також і значно розширити перелік функцій , які дана НВІС здатна виконувати.

Зокрема, використання НВІС в обчислювальній техніці дозволило створення високопродуктивних мікропроцесорів електронно-обчислювальних машин, а також вбудованих одно кристальних мікроконтролерів, які об'єднують на одному кристалі декілька взаємопов'язаних вузлів обчислювального комплексу.

Перехід до використання НВІС пов'язаний зі значним збільшенням числа елементів ІМС на одній підкладці, а також з істотним зменшенням геометричних розмірів елементів ІМС. В даний час технологія дозволяє виготовлення окремих елементів ІМС з геометричними розмірами порядку 0,15 - 0,18 мкм.

Швидкий розвиток мікроелектроніки як однієї з найбільших галузей промисловості обумовлено наступними факторами:

1. Надійність - комплексне властивість, яке в залежності від призначення виробу і умов його експлуатації може включати безвідмовність, довговічність, ремонтопридатність і збереженість окремо або певне поєднання цих властивостей як виробів в цілому, так і його частин. Надійність роботи ІМС обумовлена ​​монолітністю їх структури, а також захищеністю інтегральних структур від зовнішніх впливів за допомогою герметичних корпусів, в яких, як правило, випускаються серійні ІМС.

2. Зниження габаритів і маси. Значне зменшення маси і розмірів конкретних радіоелектронних приладів без втрати якості роботи також є одним з вирішальних факторів при виборі ІМС при розробці різних приладів і вузлів радіоелектронної апаратури.

  Інтегральна мікросхема - це конструктивно закінчений виріб електронної техніки, яке виконує певну функцію перетворення інформації містить сукупність електрично пов'язаних між собою електрорадіоелементів (транзисторів, діодів, резисторів і т.д.), виготовлених в єдиному технологічному циклі [1].

  Інтегральна мікросхема містять елементи і компоненти. Елементом інтегральної мікросхеми називають частину ІМС, що реалізує функцію якого-небудь простого електрорадіоелементами. Ця частина виконана нероздільно від кристала ІМС (або її підкладки). Елемент не може бути відділений від ІМС як самостійний виріб, тому його не можна випробувати, упакувати і експлуатувати [1].

  Компонентом ІМС також називається частина ІМС, що реалізує функції будь-якого електрорадіоелементами. Однак ця частина перед монтажем була самостійним виробом. Компонент в принципі може бути відділений від виготовленої ІМС.

  У даній роботі розглянуті основні принципи проектування ІМС і проведені розробка конструкції, топології і технології виготовлення ІМС підсилювача струму.

**1. Літературний огляд.**

**1.1. Основні поняття і положення**.

Основними елементами напівпровідникових ІМС є транзистори, діоди, резистори та конденсатори, які виготовляються з монокристала Si або CaAs, а електричні з'єднання між ними - з тонкої плівки металу або силіциду.

Найважливіша властивість напівпровідників - можливість змінювати свою електричну провідність під впливом різних факторів: температури, освітлення і т.д. Крім того, провідність напівпровідника можна управляти шляхом контрольованого введення незначної кількості домішкових атомів. Залежно від природи домішкових атомів розрізняють електронні та діркові напівпровідники. Електропровідність в напівпровідниках виникає в результаті теплового збудження. Під його впливом в напівпровіднику безперервно утворюються рухливі електронно-діркові пари, концентрації яких зростають не безмежне, тобто поряд з генерацією відбувається і зворотний процес рекомбінації.

Для власних напівпровідників концентрація носіїв заряду визначається наступними виразами [2]:

 (1.1)

 (1.2)

Для примесных пп:

 (1.3)

 (1.4)

где nД nа - концентрации примесей.

ЕД и Еа – положение примесных уровней.

Робочий температурний діапазон домішкових напівпровідників обмежений знизу температурою повної іонізації домішок, а зверху практичної температурою, при якій домішковий напівпровідник перетворюється в власний. У робочий діапазон можна вважати все домішкові атоми повністю іонізованими і знехтувати власною концентрацією ni і рi, поклавши концентрації основних носіїв заряду рівними концентраціями домішкових атомів nn = NД Рр = NA.

Рух носіїв заряду в напівпровіднику обумовлено двома процесами: дифузією під дією градієнта їх концентрації і дрейфом під дією електричного поля. Повний струм складається з 4 складових:

де - дрейфові, а - дифузійні складові щільності струму електронів і дірок.

На поверхні напівпровідника і в при поверхневому шарі також виникає рух носіїв заряду під дією прикладеного до поверхні напівпровідника електричного поля. У приповерхневої області напівпровідника можуть спостерігатися три важливі процеси: збіднення, інверсія і збагачення приповерхностной області носіями заряду.

Збіднена область з'являється в разі, коли на поверхні пп виникає заряд, за знаком збігається з основними носіями заряду. У цьому випадку вони відновлюються в обсяг напівпровідника, а до його поверхні притягуються основні носії заряду. Інверсна область в при поверхневому шарі напівпровідника виникає при високій щільності поверхневого заряду, за знаком збігається з основними носіями заряду. Внаслідок цього концентрація неосновних носіїв заряду в приповерхневому шарі стає вище концентрації основних носіїв заряду, тобто відбувається зміна типу провідності напівпровідника [1].

з'являється в поверхневому шарі в разі, коли знак поверхневого заряду протилежний знаку основних носіїв заряду в напівпровіднику. Під впливом заряду на поверхні відбувається притягання до неї основних носіїв і збагачення ними приповерхневого шару. Такі шари називаються збагаченими.

Більшість виробів мікроелектроніки є суто неоднорідні структури, найважливішими елементами яких є контакти: метал-напівпровідник і р-п перехід. Р-n переходом називається перехід між двома областями напівпровідника, одна з яких має електропровідність n-типу, а інша - р-типу. За характером структури р-n переходи можна поділити на різкі із ступінчастим розширником концентрації домішкових атомів і плавні з розподілом концентрації домішкових атомів, описуваних будь-якої безперервною функцією. У свою чергу, різкі p-n переходи діляться на симетричні і несиметричні. Симетричними називають переходи, утворені однаково легованими матеріалами р і n типів, несиметричними - утворені матеріалами р-n типів з рівнями легування, що відрізняються на декілька порядків [2].

Структуру, що складається з шарів метал - діелектрик - напівпровідник, називають МДП-структурою, або МОП-структурою, якщо в якості шару діелектрика використовується плівка оксиду (SiO2, Al2O3), на яку напилюється тонка металева плівка. МДП-структури широко використовуються для створення польових транзисторів, і на їх основі різних інтегральних мікросхем [2].

Р-n переходи і МДП - структури є основними елементами сучасних ІМС.

**1.2. Класифікація напівпровідникових ІМС.**

За функціональним призначенням розрізняють цифрові, аналогові та аналого-цифрові ІМС.

Напівпровідникові ІМС можуть бути виготовлені як на напівпровідникових, так і на діелектричних підкладках. Тому головним класифікаційним ознакою є тип підкладки. За цією ознакою ІМС можна розділити на два типи: ІМС на напівпровідникових і диэлектрических подложках. Среди полупроводниковых материалов наибольшее распространение получили Si и GaAs. По типу используемого транзистора полупроводниковые ИМС подразделяют на биполярные и МОП ИМС. Кроме того, в последнее время все большее значение приобретают ИМС, построенные на основе полевых транзисторов (ПТ) с управляющим р-n переходом. К этому классу относятся ИМС на GaAs, ПТ с затвором Шотки. В настоящее время разработаны ИМС с одновременным использованием биполярных транзисторов (БТ) и ПТ. Возможно и совместное использование БТ и МОП-транзисторов в составе одной ИМС [1].

Биполярными принято считать полупроводниковые ИМС с компонентами, выполненными на основе БТ. Активными компонентами в биполярных ИМС являются транзисторы (в основном n-р-n типа), а пассивными – элементы транзисторной структуры: диодами и конденсаторами эмиттерный и коллекторный р-n переходы и переходы металл-полупроводник; резисторными - диффузионные или эпитаксиальные коллекторные области. Как правило, компоненты биполярных ИМС электрически изолированы от полупроводниковой подложки и между собой с помощью дополнительных конструктивных элементов; они объединены в функциональную схему путем металлизации внутрисхемных соединений. Использование металлизации для соединения компонентов биполярной ИМС является принципиально необходимым, поскольку соединяемые области имеют различный тип электропроводности. Для изоляции компонентов используются обратно смещенные р-п переходы, диэлектрические области или их комбинации[1].

МОП-ИМС являются разновидностью полупроводниковых ИМС с компонентами на основе ПТ с изолированным затвором. Данный класс ИМС строится или на транзисторах с каналом одного типа электропроводности, или на транзисторах взаимодополняющего типа электропроводности. Поскольку МОП-транзисторы с индуцированным каналом является самоизолированными от подложки, в данном классе ИМС дает необходимость в специальной изоляции компонентов. Однако элементы боковой диэлектрической изоляции используют для подавления паразитных взаимодействий между МОП-транзисторами [2].

Одним з основних класифікаційних ознак ІМС є вид технології виробника, який визначається типом використовуваного транзистора.

Біполярні і МОП ІМС виготовляють по планарно-епітаксіальної технології шляхом багаторазового повторення процесів формування фоторезистивной масок, травлення, легування і оксидування, нанесення напівпровідника, діелектричних і металевих шарів. Існує безліч комбінацій цих операцій. Особливістю біполярної технології є наявність операцій формування високолегованих прихованих шарів, а також вирощування тонких епітаксійних шарів, створення ізоляції і багаторівневої металізації. Для реалізації біполярних з дворівневої металізацією ІМС необхідно вісім фотошаблонів [2]:

1 - для формування прихованих шарів;

2 - для ізоляції;

3 - для створення базових областей;

4 - для формування емітерний областей;

5 - для створення контактних вікон до базових і емітерний областей;

6 - для утворення першого рівня металізації;

7 - для формування перехідних вікон з першого шару металізації в другій;

8 - для утворення другого рівня металізації.

Таке число фотошаблонів необхідно, але в ряді випадків недостатньо для деяких типів біполярних ІМС.

Класифікаційним ознакою прийнято вважати також вид ізоляції компонентів. За цією ознакою біполярні ІМС поділяють ІМС з ізоляцією р-n переходом, ІМС з комбінованою ізоляцією і ІМС з повною діелектричною ізоляцією. Кожен з видів ізоляції має безліч різновидів і модифікацією. Основною особливістю технології МОП ІМС є створення тонкого (~ 100А) подзатворного діелектрика з затвора області. За технологічними ознаками МОП ІМС прийнято поділяти на р-, n- канальні і комплементарні. Технологічною різновидом МОП ІМС є ІМС з металевими і полікремнієвих затворами. На відміну від біполярних для реалізації МОП ІМС, побудованих на транзисторах з каналами одного типу електропровідності, необхідно 4 фотошаблона [2]:

1 - для формування Істоковий і стічних областей;

2 - для створення затвора;

3 - для освіти контактних вікон і Істоковий і стічних областям;

4 - для металізації внутрісхемних з'єднань.

 Така кількість фотошаблонів необхідно, але в ряді випадків недостатньо.

При розміщенні напівпровідникових приладів на загальній підкладці виникає необхідність їх електрично ізолювати один від одного. У зв'язку з цим структури ІМС, а також технологічний процес їх створення класифікують за способом ізоляції.

Існує 3 основні методи виконання ізоляції [2].

У першому випадку використовують властивості назад зміщених р-n переходів. Цей метод є в даний час найбільш поширеним, тому що його виконання не вимагає проведення складних технологічних операцій.

Другий метод здійснюється шляхом введення в структуру ІМС діелектричних ізолюючих шарів і підкладок. Додаток діелектричної ізоляції підвищує максимально допустимі напруги між компонентами, збільшує радіаційну стійкість схеми, істотно зменшує паразитні ємності і струми витоку.

Третій метод є комбінованим. Ізоляцію в даному випадку здійснюють шляхом поєднання струмових діелектричних шарів і назад зміщених р-n переходів, що дозволяє використовувати переваги першого і другого методів ізоляції.

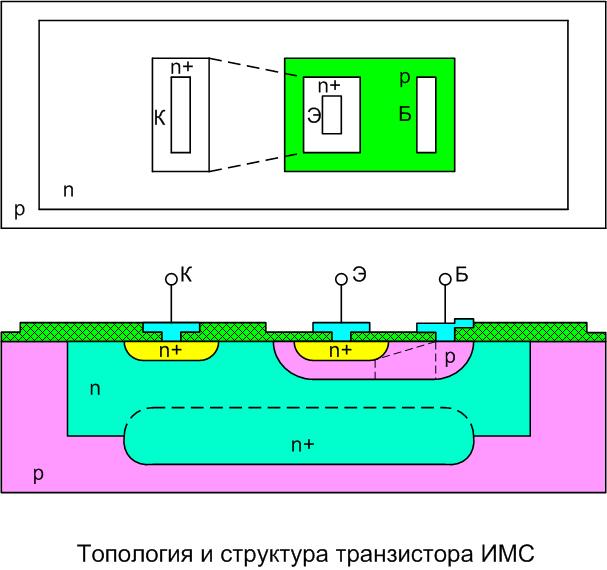
**1.3. Основні елементи ІМС**

   Напівпровідникові інтегральні схеми - це інтегральні схеми, всі елементи і межелементние з'єднання яких виконані в обсязі і на поверхні напівпровідника. Конструктивною основою ІМС є підкладка з кремнію р-типу або арсеніду галію завтовшки 200-300 мкм. Елементи ІМС формуються в ізольованих від підкладки локальних областях n-типу, які називаються кишенями. Ізоляція кишень від підкладки може бути здійснена кількома способами. Ідеальною є ізоляція за допомогою плівки двоокису кремнію (рис. 1.1, б). Однак такий спосіб технологічно трудомісткий. Найбільш простим є спосіб ізоляції за допомогою назад зміщеного р-n-переходу (рис. 1.1, а), але він не є досконалим через наявність зворотного струму. Основним способом ізоляції в сучасних ІС є метод комбінованої ізоляції (рис. 1.1, в), що поєднує ізоляцію діелектриком і назад зміщеним р-n-переходом [3].

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *а*SiО2 | *б* | *в* |
| [1](http://meandr.org/wp-content/uploads/2013/11/13) | | |

Мал. 1.1. Ізоляція елементів в ІМС.

Біполярні транзистори і діоди. Біполярні n-р-n-транзистори є основним схемним елементом напівпровідникових ІС. Найбільшого поширення набули транзистори, які мають вертикальну структуру, в якій висновки від областей транзистора розташовані в одній площині на поверхні підкладки (рис. 1.2).

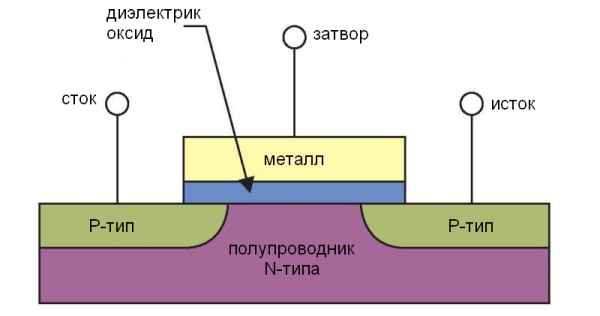


Мал. 1.2. Топологія і структура біполярного транзистора ІМС.

   Такі структури формуються в кишенях n-типу, глибина яких становить кілька мікрометрів, а ширина кілька десятків мікрометрів. Робочою областю транзистора є область, розташована під донної частиною емітера. Решта областей структури є пасивними, вони виконують функції з'єднання робочих областей з зовнішніми висновками і володіють значними сопротивлениями. Ізоляція транзистора від підкладки забезпечується шляхом подачі на колектор позитивного напруги щодо підкладки.

Транзистори р-n-р-структури в ІС відіграють допоміжну роль. Їх виготовляють одночасно з n-р-n-транзисторами і вони, як правило, мають горизонтальну структуру. У такій структурі емітерна і колекторна області виготовляються одночасно зі створенням базових областей n-р-n-транзисторів. Перенесення носіїв заряду в такому транзисторі відбувається в горизонтальному напрямку. У напівпровідникових ІС в якості діода можна використовувати один з n-р-переходів вертикального n-р-n-транзистора або їх комбінацію. Отримання діодів таким шляхом значно простіше, ніж формування спеціальних діодних структур. Можливі п'ять варіантів діодного включення n-р-n-транзистора. Перший варіант, коли колектор з'єднаний з базою (ІКБ = О), забезпечує найбільш високу швидкодію діода (tвосст »1 ... 10 нс), так як надмірне зарядження, що визначає швидкодію, накопичується в базі за рахунок інжекції електронів тільки з боку емітера. У всіх інших випадках накопичення надлишкового заряду має місце не тільки в базі, але і в колекторі, тому швидкодія таких варіантів значно нижче (tвосст »10 ... 100 нс). Для отримання високого пробивної напруги використовують діоди на основі колекторного переходу [3].

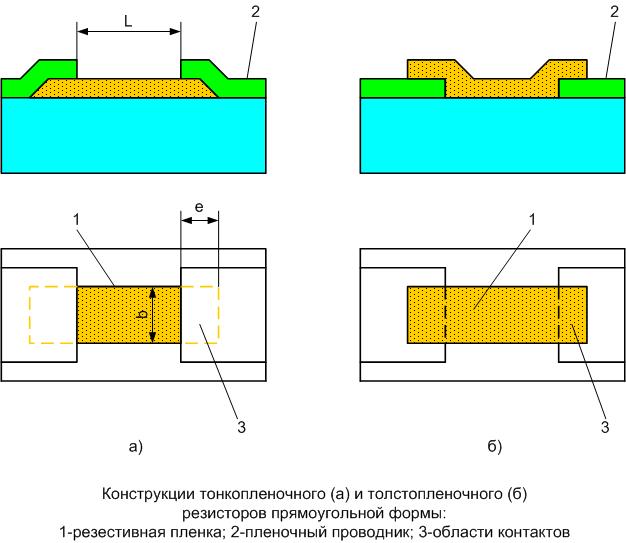
           МДП-транзистори. МДП-транзистори мають відносно просту конструкцію, не вимагають додаткової ізоляції в схемі і мають менші в порівнянні з біполярними транзисторами розміри, що дозволяє підвищити ступінь інтеграції. В сучасних ІМС зазвичай застосовують МДП-транзистори з індукованим каналом n-типу і (рис. 1.3).



Мал. 1.3. Структура МДП - транзистора ІМС.

Транзистори формуються на кремінної підкладці р-типу. Сусідні транзистори поділяються шарами товстого оксиду, під якими розташовані сильно леговані р + -області, необхідні для виключення можливості виникнення паразитних n-каналів, що з'єднують n + -області сусідніх транзисторних структур. Довжина каналу в транзисторах НВІС становить 0,2-1,0 мкм. Щоб зменшити граничну напругу, збільшують концентрацію домішок в області, розташованої між витоком і стоком, в якій індукується канал. Товщина подзатворного діелектрика становить 0,02-0,1 мкм, товщина полікристалічного кремнію не перевищує 0,5 мкм, а товщина захисного оксиду становить приблизно 1 мкм. Висновки від витоку і стоку здійснюються через вікна в плівці Si02, висновок від полікремнієвих затвора також здійснюється через контактні вікна, але за межами МДП-структури [2].

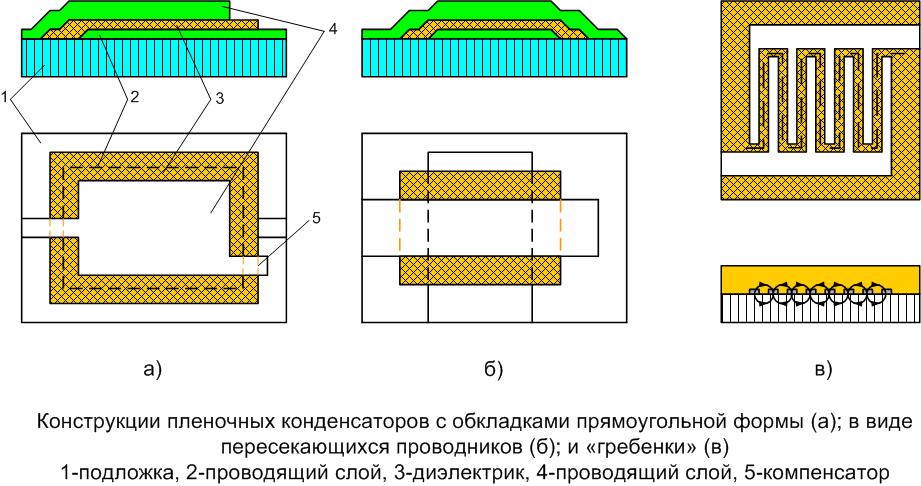
Комплементарні МДП-структури (КМДП) представляють собою поєднання транзисторів з каналами n- і p-типу, з'єднаних послідовно. У такій структурі транзистор з каналом n-типу формується безпосередньо на кремнієвій підкладці р-типу, а транзистор з каналом р-типу - в спеціальному кармане n-типа. В целях повышения степени интеграции разработаны опытные образцы двухслойных КМДП-структур. В такой структуре на подложке р-типа створюється звичайний транзистор з n-каналом і полікремнієвих затвором, а над n-канальним транзистором створюється плівка відпаленого полікремнію, за своїми властивостями наближається до монокристалів, в якій формується транзистор з каналом р-типу. Обидва транзистора мають загальний полікремнієвих затвор. Створена таким способом комплементарная пара разом з сполуками займає таку ж площу, як один транзистор з каналом n-типу [3].

      Резистори і конденсатори. 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 типової n-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 структур. Структура плівкових резисторів приведена на мал.1.4. 

Мал. 1.4. 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% Лучшими свойствами обладают МДП-конденсаторы (Рис. 1.5), 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%.



Мал. 1.5. Структура плівкових елементів ІМС.

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

**1.4. Основи технології створення напівпровідникових ІМС**

В даний час розрізняють 4 типи напівпровідникових ІМС [2]:

1) планарно-дифузійні (однокристальних) на біполярних структурах;

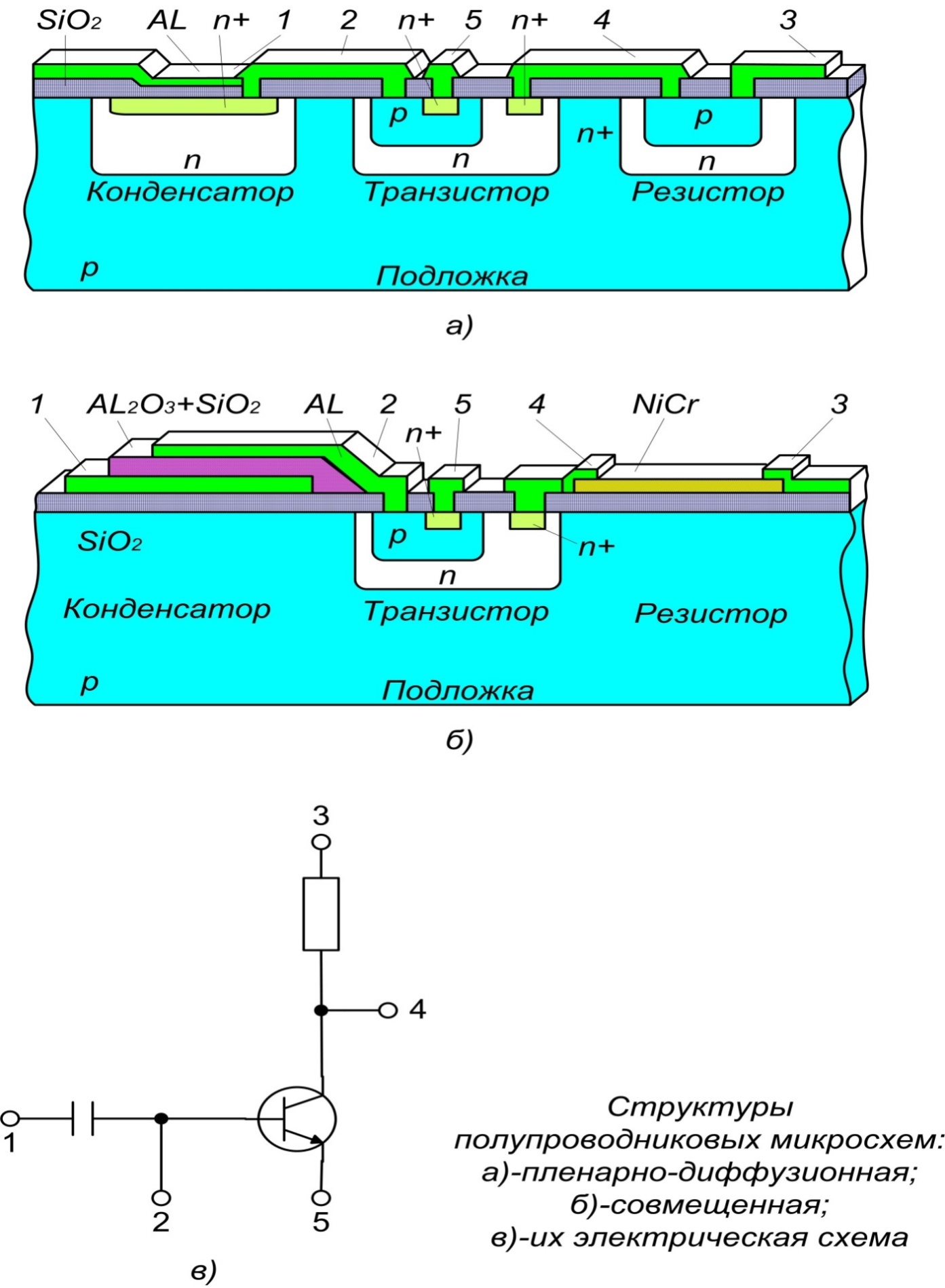
2) суміщені (з тонкоплівковими пасивними елементами);

3) на МДП-структурах;

4) багатокристальні.

У планарно-дифузійних мікросхемах елементи являють собою області з різним типом електропровідності всередині монокристаллической полупроводниковой подложки (рис.1.6) Эти элементы изолированы друг от друга либо обратносмещенным р-п переходом либо слоем диэлектрического матеріалу, наприклад, оксиду кремнію. Цифри ділянок структури (див. Рис. 1.6.) Відповідають позначенням електричної схеми.

Поєднані ІМС - це поєднання напівпровідникової мікросхеми з тонкоплівковими елементами на підкладці з Si. Осадження тонких плівок виробляють безпосередньо після виконання всіх дифузійних операцій; за допомогою тонкопленочной технології створюють резистори і конденсатори (рис. 1.6). Ці елементи в мікросхемі можуть бути виконані більш точними по номінальним значенням у порівнянні з дифузійним методом.



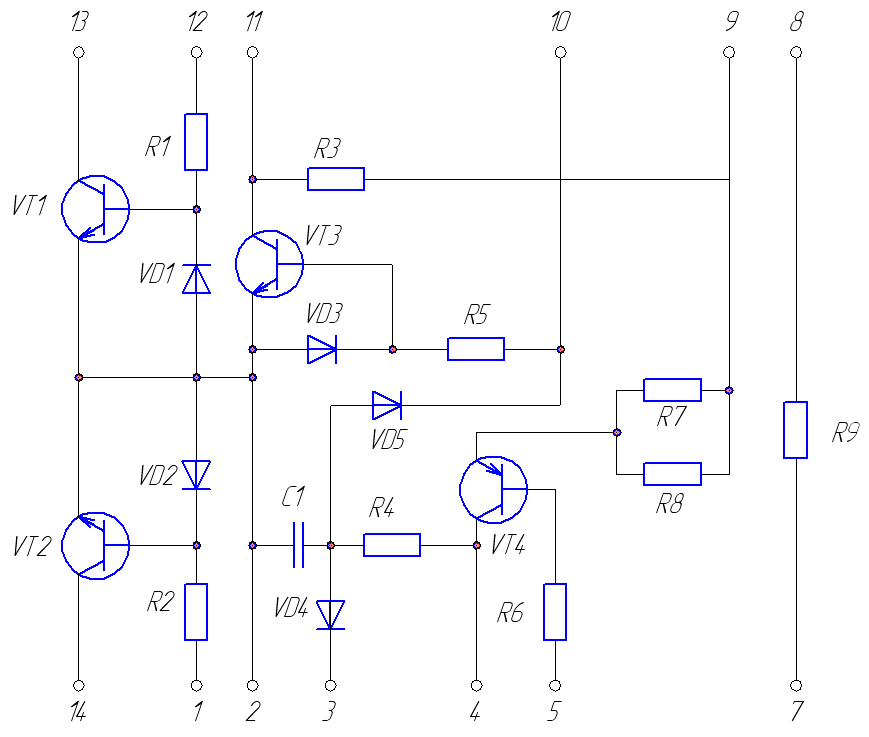
Мал. 1.6. Структура напівпровідникових мікросхем.

1. **Розробка конструкції, топології і технологічного процесу виготовлення ІМС підсилювача струму**

Опис роботи схеми. Схема електрична принципова наведена на

Мал. 2.1.

Дана схема забезпечує обробку сигналів, що надходять на вхід схеми, і видачі сигналу на вихід. Транзистори VT1-VT4 забезпечують посилення по току.



Мал.2.1. Схема електрична принципова ІМС.

У таблиці 2.1. наведені номінальні параметри елементів ІМС.

Таблиця 2.1. Номінальні значення елементів ІМС.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| R1 | 6,8 кОм±5% | R6 | 6,8 кОм±5% | VT1…VT3 | VT4 | VD1…VD5 |
| R2 | 6,8 кОм±5% | R7 | 120 Ом±5% |
| R3 | 6,8 кОм±5% | R8 | 120 Ом±5% | Uкб=50 В | Uкб=50 В | Uкб=40 В |
| R4 | 2 кОм±5% | R9 | 120 Ом±5% | P=1 Вт | P=1 Вт | P=1 Вт |
| R5 | 6,8 кОм±5% | C1 | 270 пФ±20% | I=20 мА | I=25 мА | I=25 мА |

* 1. **Розрахунок параметрів транзистора**.

Проведемо розрахунок режимів виготовлення епітаксійних-планарного транзистора. Попередньо зробимо розрахунок концентрацій домішки в окремих областях транзистора.

Розрахунок концентрацій домішки в окремих областях транзистора з урахуванням заданого пробивної напруги.

Визначається зі співвідношення:

 (2.1)

- напруга пробою переходу.

 В / см - критичне значення напруженості поля для кремнію.

 Кл - заряд електрона.

 - відносна діелектрична проникність (для кремнію 12).

 Ф / см - абсолютна діелектрична проникність.

N - концентрація домішки на слаболегірованних стороні переходу, яку треба віднести до найбільш небезпечного перерізу, тобто до поверхні.

Усередня , якщо , а .

а) Концентрація домішки на поверхні підкладки:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| U | Uк-п | Uк-б | Uб-э |
| VT1…VT3 | 60 | 50 | 5 |

, при Uпр к-п = 60 В

б) Поверхнева концентрація домішки в колекторі:

, при Uпр к-б = 50 В.

в) Поверхнева концентрація домішки в базі:

, при Uпр б-э = 5 В.

Остаточно:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| N |  |  |  |
| VT1…VT3 |  |  |  |

Для подальших розрахунків виберемо транзистор VT5 і приймемо його за базовий елемент нашої ІМС.

Розрахунок режимів дифузії базової області.

При двухстадийной дифузії розподіл домішки підраховується за законом Гаусса:

, (2.2)

де N – концентрація домішок, .

Q – поверхнева концентрація домішок, .

 - дифузійна довжина.

З огляду на, що колектор легирован рівномірно і знаючи концентрацію домішки на поверхні бази і під переходом Б-К

(на глибині ), можно записати:

1) при Х = 0:   (2.3)

2) при :  (2.4)

,

де  – коефіцієнт дифузії на етапі розгону бази .

 – час процесу розгону бази.

 – доза легування бази .

Из (2.3) и (2.4) отримаємо: ;



Задаємося температурою розгону бази:



Мал. 2.2. Температурна залежність коефіцієнта дифузії: і - вихідна і поверхнева концентрація домішки, 

З графіка  знаходим , а .

З (1) 

Для этапу загонки домішки в базу можна записати:

 , тоді 

Приймемо температуру загонки бази  и из графика .   мин.

Остаточно:, , , , ,  мин,  мин.

Розрахунок режимів дифузії емітерний області. Визначимо концентрацію домішки на рівні переходу Е-Б.

;

; где ; . (2.5)

Вважаючи для високолегованого емітера, що , а , то ,т.к. . (2.6)

Для визначення скористаємося вимогою високої провідності емітера, яка повинна мати питомий поверхневий опір  Ом. Приклад . Тоді .



Мал. 2.3. Залежність питомого опору Si від концентрації домішки при температурі 

З графіка  приблизно визначемо концентрацію домішок в емітері 



Мал. 2.4. Залежність рухливості електронів від концентрації донорів в кремнії

З графіка  .

Тоді 

Поділемо  на , .



Мал. 2.5. Графіки для визначення параметра Dt в емітерний області (етапрозгону)З графіка  отримаемо 

Концентрація домішків донорів в емитері  . Пусть , 

З графіків , 

Звідси  Доза легування в процесі загонки визначається по

формулі  Звідси для процесу загонки домішків в емітер (5)

Вважаючи  (6).

При   по графіку , .

Із (2.6) 

Остаточно:  ;  ;  ;

 ; .

Розрахунок поверхневого опору областей транзисторів.

Для контролю та проектування дифузійних резисторів необхідно знати величини поверхневих опорів областей транзистора, які визначаються за формулою: . (2.7)

1) Визначимо поверхневий опір колектора

:  по графику , при 

Для рівномірного легування кремнія .

2) Визначимо поверхневий опір базової області:  де  - средня концентрація введенної суміші;  при рівномірно легированном колекторі ,  – рухомість дірок в області бази,  – сумарна концентрації суміші на глубині  .



Мал. 2.6. Залежність рухливості електронів від концентрації донорів в кремнії при 



Мал. 2.7. Залежність рухливості дірок від концентрації акцепторів в кремнії при: 

З графіка (2.6)  , тоді , 

3) Визначимо поверхневий опір емітерний області:

; (2.8)

Для дифузійних областей, де розподіл домішки нерівномірно по глибині, різниця концентрацій повинна мати сенс середньої концентрації, нескомпенсованих домішки , знайденої в межах . , де  – повна концентрація веденної суміші.  

 – средня концентрація р - суміші до .

Знаходим  також як і , тільки берем , ,  и .



Отримаемо:

 .

По графіку (2.7)  при  , тоді  .

Остаточно: ;  

Топологічний розрахунок транзистора.

   Мета топологічного розрахунку - отримання в плані мінімально можливих розмірів областей транзистора, які залежать від потужності розраховується транзистором і наступними топологічними обмеженнями.

а) Мінімальний розмір елемента топологічного малюнка аmin обумовлений роздільною здатністю процесу фотолітографії (4мкм).

б) Максимальне відхилення розміру елемента малюнка Δ1 = 0,5 мкм обумовлені похибками розмірів елементів малюнків фотошаблона і похибками розмірів на операціях експонування і травлення.

в) Похибка зміщення Δ2 = 2 мкм.

г) Бічна дифузія домішки під маскує окисел.

При високих рівнях струму різко проявляється ефект відтискування емітерного струму. Тому токонесущей здатність транзистора визначається не площею емітера, а периметром. Звідси при проектуванні емітера необхідно забезпечити максимальне відношення периметра до площі.

Розрахунок емітерний області.

Розмір вікна під емітерний контакт lЕКмін = аmin = 4мкм.

Приймемо lЕК = 10мкм

Розмір провідника над еммітером:



Мал.2.8. Эмітерна область транзистора.

lЭП ≥ lЭК + 2 ∆2+2 ∆1 = 15 мкм.

При подальшому розрахунку необхідно врахувати наступні вимоги:

а) Розрахунок вести на найбільш невдячна поєднання похибок;

б) Відсутність перекриття переходу кромкою провідника (зменшення паразитної ємності);

в) Повне заповнення металом вікна під контакт;

г) Відстань між бічними переходами суміжних областей одно дифузійній довжині неосновних носіїв.

З огляду на умова б) маємо:

lЕ = lЕП + 2 ∙ Δl + 2 ∙ Δ2 = 15 + 1 + 4 = 20 мкм

Розмір вікна під дифузію еммітерной області:

lОЕ = lЕ - 2 ∙ Хпер (Е-Б) = 20 - 4 = 16 мкм.

Периметр емітерний області можна визначити за формулою:

П = 6 ∙ JЕ1 = 2 ∙ l Е1 + 2 ∙ l Е2 (в мкм) (\*)

J е - максимальний струм емітерний області, мА.

l Е1, l Е2 - довжина і ширина емітерний області, мкм.

l Е1min = amin = 2Xпер Е-Б = 4 + 4 = 8 мкм

Приймемо l Е1 = 25 мкм;

З формули (\*): мкм; при J е = 20 мА.

Остаточно: l ЕП = 15 мкм; lЕК = 10 мкм;

lОЕ = 16 мкм; lЕ = 20 мкм;

Розрахунок розмірів базової області. Топологічний розрахунок базової області зводиться до визначення відстані між переходами в місці розташування базового контакту dБ1і відстані dБ2 на ділянках, де немає контакту.

Розмір вікна під базовий контакт lБК≥ 2аmin.

Розмір базового провідника

lБПмин = lБК + 2∙∆1 + 2∙∆2=8 +1 + 4 = 13 мкм.

Примем lБП=17,5

Враховуючи вимоги б), розмір між переходами Э-Б и Б-К, де є базовий контакт:

dБ1= lБП+2∙∆1+2∙∆2+аmin= 17,5 + 1 + 4 + 4 = 26,5 мкм.



Мал.2.9. Базова область транзистора.

Розмір між переходами Е-Б і Б-К з боку, де немає базового контакту:

При дотриманні вимоги г) {lПБ = 4 мкм.}

dБ2 = lПБ + Δ1 + Δ2 = 6.5 мкм. Приймемо dБ2 = 7 мкм.

Визначимо більшу сторону базової області:

lБ1 = lЕ + dБ1 + dБ2 = 25 + 26,5 + 7 = 58,5 мкм.

Визначимо розмір меншої сторони базової області:

lБ2 = lЕ + 2 ∙ dб2 = 25 + 14 = 39 мкм.

Розміри вікна під дифузію бази:

lБО1 = lБ1 - 2 ∙ Хпер. (Б-К) = 52,5 мкм.

lБО2 = lБ2 - 2 ∙ Хпер. (Б-К) = 33 мкм.

Остаточно: lБК = 8 мкм; lБ2 = 39 мкм. lБО1 = 52,5 мкм.

lБП = 17,5 мкм. lБ1 = 58,5 мкм. lБО2 = 33 мкм.

Розрахунок розмірів колекторної області.

Розмір вікна під колекторний контакт приймемо:

lon + = lкк = 2аmin = 8 мкм.

Тоді розмір колекторного провідника:

lКП = lКК + 2 ∙ ∆1 + 2 ∙ ∆2 = 13 мкм.

а размер между переходами К-П и Б-К в стороне контакта:

dК1 = lКП + 2 ∙ ∆1 + 2 ∙ ∆2 + аmin = 22 мкм.

Розмір між переходами К-П и К-Б в стороні, де немає контакту, но є n+-область:

ln+ = lоn+ +2 ∙ Хпер.(Б-Э)= 8 + 4 = 12 мкм.

dK2 = ln+ + 2 ∙ ∆1 + 2 ∙ ∆2= 12+ 1 + 4 = 17 мкм.



Мал.2.10. Колекторна область транзистора.

Розмір великої сторони колекторної області:

lK1 = lБ1 + dК2 + dК1=58,5 + 39 = 97,5 мкм.

lК2 = lБ2 + 2∙dК2= 67+ 39 = 106 мкм.

Розмір вікна під розділову дифузію приймемо lор = аmin = 4 мкм.

Тоді розмір між колекторними областями в плані (ширина ізолюючого каналу):

B = lOP + 2∙Хпер(К-П)=4 + 2 ∙ 2 = 8 мкм.

Остаточно: lКК = 8 мкм lК2 = 97,5 мкм ln+ = 12 мкм lOP = 4 мкм

lКП= 13 мкм lК1= 106 мкм в = 8 мкм

* 1. **Розрахунок параметрів діодів**

Діоди формуються на основі одного з переходів планарно - епітаксіальної структури. Діоди сформовані на основі переходу емітер - база, характеризуються найменшими значеннями зворотного струму за рахунок малої площі і самій вузькій області об'ємного заряду. Для інших структур значення паразитної ємності характеризується часом відновлення зворотного опору, тобто часом перемикання діода з відкритого стану в закрите. Воно мінімально (близько 10 нс) для переходу емітер - база, за умови, що перехід колектор - база закорочен, за умови, що перехід перехід колектор - база закорочен, так при такій діодним структурі заряд накопичується тільки в базовому шарі. В інших структурах заряд накопичується не тільки в базі, але і в колекторі, тому час відновлення зворотного опору складає 50 ... 100нс.

  Діод на основі транзисторної структури із замкнутим переходом база - колектор краще використовувати в цифрових ІМС, оскільки він забезпечує найбільшу швидкодію. Діод на основі переходу емітер - база застосовують в цифрових схемах в якості накопичувального діода. Діоди із замкнутим переходом база - емітер, що мають найбільші напруги пробою, можуть бути використані в якості діодів загального призначення [8].

Розрахунок параметрів діода Д242Б

Ширина емітера Rе = 3Δ, площа емітера Sе = 300 мкм2

 Довжина емітера:

; (2.8)



 мкм

Довжина бази:

 (2.9)

Значення омічних опорів областей транзистора можна оцінити за формулами:

 (2.10)

Ом

 (2.11)

 Ом

де Кк = 0 для конструкції з одним базовим контактом; ,-   
питомий поверхневий опір пасивної і активної областей бази, Ом/□; (100 – 300) Ом/□; (1 – 10) кОм/□; hк – товщіна колекторної області , см,(2 -10) мкм; hб – глубина залегання p-n – переходу база – колектор, см, (1 - 3) мкм; ρк – питоме объемний опир колекторної області Ом\*см; (0,1 – 1)

Ширина бази становить :

 (2.12)

де =(0,5 – 2,5) мкм

мкм

Коэфиціент переносу  розраховуеться по формулі:

 (2.13)

де - дифузійна довжина бази, =(2 – 50) мкм; - концентрація донорної суміші у эмітерного переходу,

=(0,1–1) \* 1018 см; - концентрація донорної суміші в колекторі, см-3, =(0,05 – 1)\*1017 ;



Коэфиціенти  ,  и розраховуються по формулам :

 2.14)



 (2.15)

 мкм;

 (2.16)

Максимальне навантаження переходів (колектору – база, эмітер – база, эмітер - колектор) разраховуються по формулам:

 (2.17)

 В

 (2.18)

 В

 (2.19)

 В

потенціал.

рний

температу

-

)

)

(

(

2

);

(

2

*T*

*i*

*э*

*дэ*

*T*

*оэ*

*i*

*дк*

*T*

*ок*

*n*

*h*

*N*

*Ln*

*n*

*N*

*Ln*

**

**

**

**

**









****

- концентрація носіїв заряду в особистому полупровіднику.

Інверсний коефіціент передачі транзистора (*Bi*) можно визначити по наступній формулі:

 (2.20)



Ємність переходу колектор-база і емітер - база визначимо як:

(2.21)



Ф;  
 (2.22)

Ф;

Зворотній ток эмітера визначаемо по формулі:

 (2.23)

А;

Зворотній ток колектора визначаемо по формулі:

 (2.24)

А;

**2.3. Розрахунок геометричних розмірів резистора**

Розрахунок геометричних розмірів інтегрального напівпровідникового резистора починають з визначення його ширини. За розрахункову ширину b резистора приймають значення, яка не менше найбільшого значення однієї з трьох величин: bтехн, bточн, BР, тобто , Де bтехн - мінімальна ширина резистора, що визначається роздільною здатністю технологічних процесів (4 мкм); bточн - мінімальна ширина резистора, при якій забезпечується задана похибка геометричних розмірів; bр - мінімальна ширина резистора, що визначається з максимально допустимої потужності розсіювання.

Для розрахунку довжини і ширини резисторів необхідні наступні вхідні дані:

1. Номінальні значення опорів R, задані в принциповій схемі:

R1 - R4 - 6800 Ом;

R5 - 2000 Ом. R7 - R9 - 120 Ом.

2. Допустима похибка DR.

Виходячи з технологічних можливостей обладнання, виберемо DR = 20%.

3. Робочий діапазон температур (Tmin, Tmax).

Виходячи з припущення, що розробляється ІМС буде призначена для експлуатації в кліматичних умовах, характерних для широти України, виберемо діапазон температур,

визначається кліматичним виконанням УХЛ 3.0 (апаратура, призначена для експлуатації в помірному і холодному кліматі, в закритих приміщеннях без штучно регульованих кліматичних умов). Виходячи з цього:

Tmin = -60 ° С;

Tmax = +40 ° С.

1. Середня потужність Р, яка розсіюється на резисторах.

Потужність, що розсіюється на резисторах, буде розрахована на основі виміряних раніше струмів через резистори, використовуючи закон Ома

P = I2R, де I- струм через резистор, А; R- опір резистора, Ом.

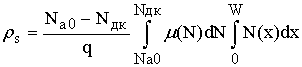
Виміряні значення струмів кілька збільшимо для обліку можливих стрибків вхідних струмів схеми.

Таблиця 2.2. Розрахунок потужностей резисторів

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Значення току | IR1-4, мА | 0,26 |
| IR5, мА | 4,94 |
| Збільшене значеня току | I’R1-4, мА | 0,5 |
| I’R5, мА | 5 |
| Розрахована потужність | РR1-4, мВт | 1,175 |
| РR5, мВт | 82,5 |

1.Послідовність розрахунку топологічних параметрів параметрів напівпровідникових резисторів. Вибираємо тип резистора, виходячи з його номінального опору.

2. Розраховуємо питомий поверхневий опір:

, (2.25)

де Na0 — концентрація акцепторів у поверхності бази, см-3;

N — концентрація акцепторів у базі, см-3;

Nдк — концентрація донорів в колекторному слої, см-3;

q — единичний заряд, Кл;

m — рухомість носіїв заряду, см2 / В · с;

W — глубина колекторного p – n переходу, мкм.

Для розрахунку приймаемои Na0 = 8\*1018 см-3; Nдк = 1016 см-3; значення інтегралів разраховуються чисельными методами на основі   
існуючих залежностей рухливості носіїв від їх концентрації.

В результаті rS = 222,81 Ом/ .

Типове значення поверхневого опору базової області — 200 Ом/ , разраховане значення показуе прийнятність використання вибраних концентрацій.

1. Розраховуемо коефіціент форми резисторів та його відносну похибку:

Image9564 (2.26)

Image9565,

де DrS / rS – відносна похибка   
відтворення питомого поверхневого опору легованого шару, яка викликана особливостями технологічного процесу, для розрахунку приймемо її рівною 0,05; ТКR - температурний коефіцієнт опору базового шару, він дорівнює 0,003 1 / ° С.

Результати разрахунків наступні:

R1 - R4: КФ = 21,094; DКФ / КФ = 0,00474,

R5: КФ = 15,719; DКФ / КФ = 0,00636.

1.Розрахуємо мінімальну ширину резистора bточн, яка забезпечить задану похибку геометричних розмірів:

Image9566,

де Db — похибка ширини резистору;

Dl — похибка дліни резистору.

В нашому випадку:

R1 - R4: bточн = 1,0455 мкм,

R5: bточн = 1,0617 мкм.

2.Визначаємо мінімальну ширину резистора bP, яка забезпечить задану потужність Р:

Image9567, (2.27)

де Р0 — максимально допустима потужність расіяня для всіх ІМС, для полупровідникових ІМС Р0 = 4,5 Вт/мм2.

В нашому випадку:

R1 - R4: bр = 3,5183 мкм,

R5: bр = 34,1512 мкм.

3. Расчетное значення ширини резистора визначається максимальним з розрахованих значень:

bрасч = max{bP, bточн}

R1 - R4: bрасч = 3,5183 мкм,

R5: bрасч = 34, 1512 мкм.

Розрахунки b для R1 – R4 дають значеня ширини резистора меньше технологічної можливої (5 мкм), тмоу для наступних розрахунків приймаемо bрасч = 5 мкм.

4. З урахуванням роз'ятрювання вікон в маскирующем окисле і бічний дифузії ширина резистора на фотошаблонах повинна бути трохи менше розрахункової:

bпром = bрасч - 2( Dтрав - Dу).

Dтрав — похибка растравлювання замаскованого окислау,

Dу — похибка бокової дифузії.

Для розрахунку приймемо Dтрав = 0,3; Dу = 0,6, тоді

R1 - R4: bпром = 5,6 мкм,

R5: bпром = 34,7512 мкм.

5. Виберемо відстань координатної сітки h для креслення рівним 1 мм і масштаб креслення 500: 1, тоді відстань координатної сітки на шаблоні

Image9568 мкм.

1. Определяем топологическую ширину резистора bтоп.

За bтоп принимают значение большее или равное bпром — значение, кратное расстоянию координатной сетки фотошаблона

В нашем случае:

R1 - R4: bтоп = 6 мкм,

R5: bтоп = 34 мкм.

1. Находим реальную ширину резистора на кристалле, учитывая погрешности, вызванные растравливанием окисла и боковой диффузией:

b = bтоп + 2 (Dтрав + Dу).

В нашем случае:

R1 - R4: b = 7,8 мкм,

R5: b = 35,8 мкм.

1. Определяем расчетную длину резистора:

lрасч = b (R/ rS – n1k1 – n2k2 – 0,55Nизг,

где Nизг — количество изгибов резистора на 90°;

k1, k2 — поправочные коэффициенты, которые учитывают сопротивление околоконтактных областей резистора при разных конструкциях этих областей;

n1, n2 — количество околоконтактных областей каждого типа.

В нашем случае:

R1 - R4: lрасч = 198,579 мкм,

R5: lрасч = 284,4.

1. Рассчитаем длину резистора на фотошаблоне, учитывая растравливание окисла и боковую диффузию:

lпром = lрасч + 2 (Dтрав + Dу).

В нашем случае

R1 - R4: lпром = 200,84 мкм,

R5: lпром = 286,2 мкм.

1. За топологічну дліну резистора lтоп беремо найближче к lтоп значення, кратневідстані координатної сітки на фотошаблоні.

В нашому випадку:

R1 - R4: lтоп = 200 мкм,

R5: lтоп = 286 мкм.

1. Розраховуему реальну довжину резистора на кристалі:

l = lтоп – 2 (Dтрав + Dу).

R1 - R4: l = 198,2 мкм,

R5: l = 284,2 мкм.

1. Визначаемо опір розрахованого резистора:

Rрасч = rS (1/b + n1k1 + n2k2 + 0,55Nизг).

В нашему випадку:

R1 - R4: Rрасч = 6732, 991 Ом,

R5: Rрасч = 2301, 55 Ом.

Похибка рорахунку:

Image9569. (2.28)

В нашему випадку:

R1 - R4: DRрасч = 0,007

R5: DRрасч = 0,00046.

Результати розрахунку цілком задовольняють задану похибку.

**2.4. Розрахунок геометричних розмірів конденсаторів**

Розрахунку МДП-конденсатора.

МДП-конденсатори (метал-діелектрик-напівпровідник) використовують в якості діелектрика тонкий шар (0,05 ... 0,12 мкм) SiO2 або Si3N4.

Нижньої обкладанням служить високолегований емітерний шар, верхній - плівка алюмінію завтовшки від 5000 до 1 мкм.

Типовий МДП-конденсатор являє собою звичайний плоский конденсатор, і його ємність визначається за формулою, пФ:

Image9571, (2.29)

де eд/э — діелектрична постійна диелектрика;

e0 диелектрична постійна вакуума, e0 = 8,85 · 10-6 пФ/мкм;

S — площа верхньої обкладки, мкм2;

d — товщина діелектрика, мкм.

На противагу дифузійним конденсаторів МДП-конденсатори можуть працювати при будь-якої полярності прикладеної напруги. Крім того, їх ємність не залежить від прикладеної напруги і частоти змінного струму.

Вихідні дані для розрахунку:

* необхідне значення емкості: С = 20 пФ;
* допуск на емкость: DС = 20 %;
* рабоча напруга: U = 4 В;
* интервал рабочіх температур (УХЛ 3.0): Тmin = -60 °C, Тmax = +40 °С;
* рабоча частота: 500 МГц.

1. Задаємося напругою пробою конденсатора, виходячи із заданого робочої напруги:

Uпр = (2…3)U.

В нашем случае Uпр = 12 В.

2.Визначаемо товщину діелектрика, мкм:

d = Uпр / Епр,

де Епр — електрична міцність диелектрика, для SiO2 Епр = 103 В/мкм.

В нашому випадку d = 0,012 мкм.

3.Емкість МДП-конденсатора визначаеться по формулі пФ, виходячи з якої площа верхньої обкладки, мкм2:

Image9572. (2.30)

eSiO2Image95744, в нашем случае S = 6822,76 мм2.

Ширина конденсатору, мкм:

Image9573.

В нашому випадку Image9574 = 82,6 мкм.

3.Вибираемо відстань координатної сітки для черчення h рівним 1 мм, масштабу M вибираемо рівний 500:1.

Відстань координатної сітки:

Hf = h/M.

В нашому випадку Hf = 2 мкм.

4.Приводимо ширину конденсатора до відстані координатної сітки:

атоп = [Image9574/ Hf].

Тут [х] — цілна частина х.

В нашому випадку атоп дорівнюе 41 відстані координатної сітки

рохраїовуемо емкість Срасч розрахованого конденсатору по формулі:

Срасч = 20,1271 пФ.

5.Розраїовуемо відхилення Срасч от С:

Image9575 (2.31)

В нашому випадку DСрасч = 0,636 %, що цілком задовольняє заданій на початку розрахунку похибки.

Всі резистори даної схеми реалізуються в базовому шарі. Отже, на n-кишеню, в якому вони знаходяться, подається максимальна напруга, що діє в цій схемі, т. Е. Напруга живлення. Конденсатори даної ІМС реалізуються по МДП-технології, что предполагает додатковий етап фотолитографии для создания кулі тонкого діелектріка МДП-структури. Інтегральна схема буде іметь13 вісновків (контактних майданчиків). При термокомпрессіі проводом 28 мкм ширина площадки буде дорівнює, де D - діаметр дроту; K - коефіцієнт, что дорівнює звідсі з запасом 100 мкм. Відстань между центрами контактних майданчиків НЕ менше 200 мкм. Лінія скрайбування для Зменшення ймовірності відколу взята шириною 100 мкм.

1. Провідники металізації алюмінієм виконуються товщиною 1 мкм. Ширина провідника визначається зі співвідношення (знаходиться в межах 10:20 мкм).

2. Нумерація висновків на кристалі може починатися з будь-якого кута і повинна йти по порядку (за годинниковою стрілкою).

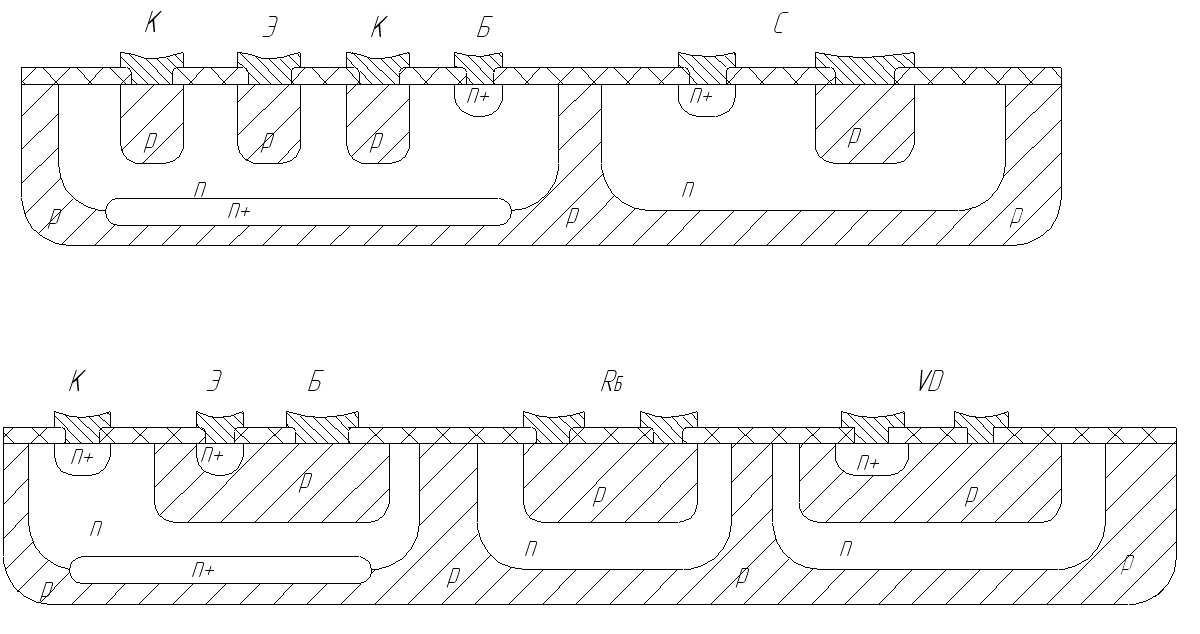
3. У разі перетину - виконувати його над резистором, крім провідників харчування, які над резистором виконувати не рекомендується.

Приклад виконання перетину над резистором наведено на рис.2.11.



Мал.2.11. Приклад виконання перетину висновків над резистором.

  Структура біполярного транзистора мікросхеми і спрощена структура кристала представлені на рис 2.12.



Мал.2.12. Структура біполярного транзистора мікросхеми і спрощена структура напівпровідникового кристала.

**3.Технологія виготовлення ІМС.**

При виробництві різних ІМС в поточний момент використовується планарная технологія, що забезпечує відтворювані параметри інтегральних елементів і групові методи їх виробництва Локальні технологічні обробки ділянок монокристала кремнію забезпечуються завдяки застосуванню вільних і контактних масок. У планарной технології багаторазово повторюються однотипні операції для створення різних за структурою ІМС [4].

Последовательность операцій планарно-епітаксіальної технології виробництва ІМС.

Основними технологічними операціями при виготовленні ІМС є [4]:

* подготовка полупроводниковой подложки;
* окисление;
* фотолитография;
* диффузия;
* эпитаксия;
* ионное легирование;
* металлизация.

Елементи біполярних інтегральних структур створюються в єдиному технологічному циклі на загальній напівпровідникової підкладці. Кожен елемент схеми формується в окремій ізольованій області, а з'єднання між елементами виконуються шляхом металізації на поверхні пасивувати схеми. Ізоляція між елементами схеми здійснюється двома способами: обратносмещенного р - n переходами і діелектриком.

Ізоляція назад зміщеним переходом реалізується наступними технологічними методами: розділової, колекторної ізолюючої дифузією; базової ізолюючої дифузією; методом трьох фотошаблонів, ізоляцією n-порожниною.

Для ізоляції елементів ІМС діелектриком використовують шар SiO2, і Si3Н4, ситалл, скло, кераміку, повітряний зазор.

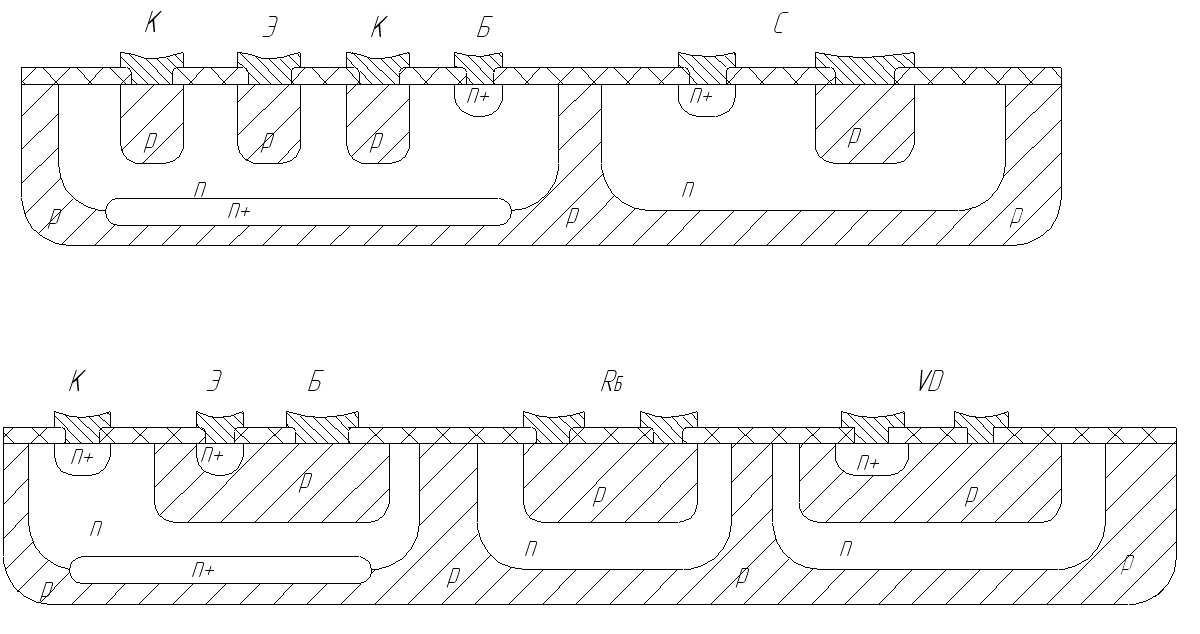
Механічна обробка поверхні робочої сторони кремнієвої пластини р-типу до 14-го класу чистоти і травлення в парах НСl для видалення порушеного шару. Підкладки кремнію шліфують до заданої товщини, потім полірують (зазвичай до 14 класу точності), піддають травленню і промивають. Епітаксиальні структури не вимагають додаткової механічної обробки, а лише піддаються травленню і промиванні перед процесами створення схем.

Технологічний процес виготовлення ІМС подамо у вигляді маршрутних карт.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| А | 005 | Комплектування |
| Б |  | Комплектувальний стіл |
| О |  | Формувати партію пластин.  Укласти в тару цехову. |
| А | 010 | Гідромеханічна відмивання пластин |
| Б |  | Ванна з розчином сітанола АЛМ-10 |
| О |  | Операція виконується в розчині сітанола АЛМ-10 в деионизированной воді за допомогою щіток для видалення механічних забруднень і збільшення змочуваності поверхні пластин. |
| А | 015 | Хімічна обробка |
| Б |  | Устаткування - лінія "Лада-125" |
| О |  | Обробка пластин сумішшю Каро (H2SO4 + H2O2) і перікісьно-аміачної сумішшю для видалення будь-яких органічних забруднень з поверхні напівпровідникових пластин при температурі 90 ºС. |
| А | 020 | Сушка |
| Б |  | Сушильна шафа |
| О |  | Операція проводиться спочатку в парах етилового спирту, а потім в потоці гарячого осушенного азоту в центрифузі при частоті обертання 20000 оборотів в хвилину. |
| А | 025 | Окислення |
| Б |  | Дифузійна піч СДО-125 / 3-12 |
| О |  | Окислення проводиться в два етапи:  - газова полірування (проводиться в спеціальних печах);  встановлюється потрібне розподіл температури і печі з потоком азоту;  встановлюється потік газу-носія (водень, 8 л / хв; піч з  внутрішнім діаметром труби 35 мм), а потік азоту перекривається;  вносять човник з пластинами і вичікують 5 хв до встановлення теплової рівноваги;  до газу-носія додають необхідний потік хлористого водню;  полірують протягом 10 хв (звичайна тривалість полірування);  припиняють потік НСl і виймають пластини.  Швидкість полірування залежить від температури і концентрації хлористого водню. Питомий опір, тип провідності і поверхнева обробка кремнію не роблять помітного впливу на швидкість полірування.  Якість полірування пов'язано з чистотою хлористого водню. У випускається промисловістю хлористом водні іноді присутній ацетилен; це небажано, оскільки призводить до утворення матових поверхонь.  Небажаним є також наявність двоокису вуглецю і води.  - Окислення  Від газової полірування можна переходити відразу до процесу  окислення простим зміною складу газового потоку. При цьому не  потрібно виймати пластини з печі. Для швидкого отримання якісної плівки, окислення виробляють спочатку в сухому кисні для формування плівки, потім довго окислюють у вологому кисні і остаточної стадією є формування оксиду в сухому кисні. |
| А | 030 | перша фотолітографія |
| Б |  | Установка нанесення фоторезиста НВ-100, лінія "Лада-125" |
| О |  | З використанням фотолітографії проводиться легування локальних областей підкладки з метою створення прихованих шарів  Нанесення фоторезиста дискретне.  Отримання рівномірного шару фоторезиста на поверхні напівпровідникових пластин товщиною 1,1 мкм, з попередньої фільтрацією використовуваного фоторезиста ФП-383 на установці нанесення НВ-100.  Експонування ультрафіолетовим промінням контактна.  Операція перенесення зображення з фотошаблона на отриманий раніше шар фоторезиста.  Прояв і термообробка фотослоя.  Операція перетворення засвічених ділянок фотослоя в розчинну сіль, з використанням 5% -го розчину гідроксиду калію в якості проявника. Подальша термообробка проводиться в два етапи:1-й этап: 30 минут при температурі 90ºС.  2-й етап: 60 хвилин при температурі 150ºС  Контроль горизонтальних розмірів малюнка.  Видалення фоторезиста в суміші неорганічних кислот.  Контроль фотолитографии.  Контроль догляду лінійних розмірів отриманого малюнка по відношенню до маски. |
| А | 035 | Дифузія бором, I стадія |
| Б |  | Дифузійна піч СДО-125 / 3-12 |
| О |  | При дифузії в якості джерела дифезанта використовується ВВrз. Дифузія проводиться в дві стадії. Перший етап двухстадийной дифузії, для створення поверхневого шару легуючої домішки підвищеної концентрації - джерела домішки для другого етапу. Проводиться при температурі 960ºС протягом 40 хв. |
| А | 040 | Зняття боросилікатного скла |
| Б |  | Установка “08 ПХО 100Т-001” |
| О |  | З поверхні кремнію видаляється боросиликатное скло mВ2О3nSiO2. Для травлення використовується плаві¬ковая кислота HF. |
| А | 045 | Дифузія бором, II стадія |
| Б |  | Дифузійна піч СДО-125 / 3-12 |
| О |  | Розгін бору і формування області прихованого шару. Бічна дифузія становить 5,2 мкм. Загальне збільшення розміру малюнка на пластині щодо фотошаблона Δl = 6 мкм. Для розгону домішки пластини піддають високотемпературній нагріванню, яким одночасно здійснюється і отжиг. Під час розгону відбувається окислення кремнію. |
| А | 050 | Епітаксия |
| Б |  | Установка епітаксіального нарощування для індивідуальної обробки підкладок - ЕТМ 150 / 200-0,1 |
| О |  | Нарощування на поверхню пластини епітаксіальної плівки n-типу товщиною 9 мкм. |
| А | 055 | Окислення |
| Б |  | Дифузійна піч СДО-125 / 3-12 |
| О |  | Операція проводиться в потоці хлороводню для отримання плівки двоокису кремнію на поверхні напівпровідникових пластин, яка буде використовуватися в якості маски в процесі дифузії. товщина одержуваного оксиду 0,8 мкм.  На ній в процесі другої фотолітографії формується захисна маска під локальну (розділову) дифузію бору з метою створення ізолюючих областей р-типу. Окислення проводиться в потоці кисню зі зміною його вологості в три етапи: сухий - вологий - сухий. |
| А | 060 | друга фотолітографія |
| Б |  | Установка нанесення фоторезиста НВ-100, лінія "Лада-125” |
| О |  | Отримання малюнка ізолюючих областей.  Підготовка пластин до нанесення фоторезиста.  Обробка пластин в парах трихлоретилена для поліпшення адгезії маски до поверхні пластини, видалення жирових плівок і інших органічних сполук.  Нанесення фоторезиста дискретне.  Отримання рівномірного шару фоторезиста на поверхні напівпровідникових пластин товщиною 1,1 мкм, з попередньої фільтрацією використовуваного фоторезиста ФП-383 на установці нанесення НВ-100.  Експонування ультрафіолетовим промінням контактна.  Операція перенесення зображення з фотошаблона на отриманий раніше шар фоторезиста.  Прояв і термообробка фотослоя.  Операція перетворення засвічених ділянок фотослоя в розчинну сіль, з використанням 5% -го розчину гідроксиду калію в якості проявника. Подальша термообробка проводиться в два етапи:  1-й етап: 30 хвилин при температурі 90ºС.  2-й етап: 60 хвилин при температурі 150ºС  Контроль горизонтальних розмірів малюнка.  Видалення фоторезиста в суміші неорганічних кислот.  Контроль фотолитографии.  Контроль догляду лінійних розмірів отриманого малюнка по відношенню до маски. |
| А | 065 | Разделительная диффузия бором, I стадия |
| Б |  | Диффузионная печь СДО-125/3-12 |
| О |  | Як джерело дифезанта використовується ВВr3. Дифузія проводиться в дві стадії.  Перший етап двухстадийной дифузії призначений для створення поверхневого шару легуючої домішки підвищеної концентрації - джерела домішки для другого етапу. Проводиться при температурі 940ºС протягом 35 хв. |
| А | 070 | Снятие боросиликатного стекла |
| Б |  | Установка “08 ПХО 100Т-001” |
| О |  | С поверхности кремния удаляется боросиликатное стекло mВ2О3nSiO2. Для травления используется плави­ковая кислота HF. |
| А | 075 | Разделительная диффузия бором, II стадия |
| Б |  | Диффузионная печь СДО-125/3-12 |
| О |  | У процесі другої стадії дифузії, проводі¬мой, на відміну від першої, в окислювальному середовищі, створюється нова плівка SiO2, що виконує в подальшому не тільки маскірую¬щіе, але і захисні функції. Після розділової дифузії утворюються дифузійні шари р-типу з опором 2 ... 12 Ом / □. Другий етап двухстадийной дифузії - перерозподіл домішки на певну глибину (формування області поділу). Проводиться при температурі 1050ºС з одночасним термічним оксидуванням протягом 24 хв. |
| А | 080 | Третья фотолитография |
| Б |  | Установка нанесения фоторезиста НВ-100, линия “Лада-125” |
| О |  | Аналогічно операції 060.  Використовується набір фотошаблонів для отримання малюнка базових областей n-p-n транзисторів, конденсаторів і р-кишені для виготовлення резисторів (без зняття ф / р). Збільшення розміру на пластині щодо фотошаблона Δl = 0,6 мкм.  Підготовка пластин до нанесення фоторезиста.  Обробка пластин в парах трихлоретилена для поліпшення адгезії маски до поверхні пластини, видалення жирових плівок і інших органічних сполук.  Нанесення фоторезиста дискретне.  Отримання рівномірного шару фоторезиста на поверхні напівпровідникових пластин товщиною 1,1 мкм, з попередньої фільтрацією використовуваного фоторезиста ФП-383 на установці нанесення НВ-100.  Експонування ультрафіолетовим промінням контактна.  Операція перенесення зображення з фотошаблона на отриманий раніше шар фоторезиста.  Прояв і термообробка фотослоя.  Операція перетворення засвічених ділянок фотослоя в розчинну сіль, з використанням 5% -го розчину гідроксиду калію в якості проявника. Подальша термообробка проводиться в два етапи:  1-й етап: 30 хвилин при температурі 90ºС.  2-й етап: 60 хвилин при температурі 150ºС  Контроль горизонтальних розмірів малюнка.  Видалення фоторезиста в суміші неорганічних кислот.  Травлення двоокису кремнію.  Видалення плівки оксиду з отриманих вікон для подальшого процесу іонної імплантації домішки за допомогою буферного травителя: HF: NH4F: H2O = 1: 3: 7  Контроль фотолитографии.  Контроль догляду лінійних розмірів отриманого малюнка по відношенню до маски. |
| А | 085 | Химическая обработка |
| Б |  | Автомат хімічної обробки напівпровідникових пластин АФОП |
| О |  | Операція проводиться кип'ятінням в суміші NH4OH: H2О: H2О2 (1: 1: 1) і промиванням в деонізірованої воді. |
| А | 090 | Диффузия бором, I стадия |
| Б |  | Диффузионная печь СДО-125/3-12 |
| О |  | Аналогічно операції 065.  Для створення транзисторної структури в якості джерел діффузант використовуються ВВг3 і РС13 (або РОС13). Діффузі¬онний процес отримання базової області проводиться також в дві стадії.  На першій стадії створюється сильно легований тонкий шар р + -типу з опором близько 90 Ом / . Температура 800ºС, час 52 хв. |
| А | 095 | Снятие боросиликатного стекла |
| Б |  | Установка “08 ПХО 100Т-001” |
| О |  | На цій стадії для видалення боросилікатного скла використовується хімічне травлення в розчині наступного складу: 10 частин HNO3, 15 частин HF і 300 частин Н2О. Цей розчин з високою швидкістю труїть боросиликатное і фосфоросілікатное скла, практично не руйнуючи SiO2. |
| А | 100 | Диффузия бором, II стадия |
| Б |  | Диффузионная печь СДО-125/3-12 |
| О |  | Вторая стадия диффузии, в процессе которой толщина слоя збільшується до 1,8 ... 2,2 мкм, а його питомий опір (в результаті перерозподілу бору) підвищується до 170 ... 330 Ом / . Оскільки друга стадія проводиться в окислювальному середовищі, на поверхні кремнію утворюється плівка SiO2 товщиною близько 0,4 мкм. Температура 1000 º, час 255 хв. |
| А | 105 | Четвертая фотолитография |
| Б |  | Установка нанесения фоторезиста НВ-100, линия “Лада-125” |
| О |  | Аналогічно операції 060.  Використовується набір фотошаблонів для отримання малюнка емітерний областей транзисторів, а також областей n + конденсаторів. На її основі формується маска для проведення локаль¬ной дифузії при створенні емітерний області. Товщина діффу¬зіонного емітерного сдоя 1,0 ... 1,4 мкм, питомий опір шару 3 ... 5 Ом / .  Підготовка пластин до нанесення фоторезиста.  Обробка пластин в парах трихлоретилена для поліпшення адгезії маски до поверхні пластини, видалення жирових плівок і інших органічних сполук.  Нанесення фоторезиста дискретне.  Отримання рівномірного шару фоторезиста на поверхні напівпровідникових пластин товщиною 1,1 мкм, з попередньої фільтрацією використовуваного фоторезиста ФП-383 на установці нанесення НВ-100.  Експонування ультрафіолетовим промінням контактна.  Операція перенесення зображення з фотошаблона на отриманий раніше шар фоторезиста.  Прояв і термообробка фотослоя.  Операція перетворення засвічених ділянок фотослоя в розчинну сіль, з використанням 5% -го розчину гідроксиду калію в якості проявника. Подальша термообробка проводиться в два етапи:  1-й етап: 30 хвилин при температурі 90ºС.  2-й етап: 60 хвилин при температурі 150ºС  Контроль горизонтальних розмірів малюнка.  Видалення фоторезиста в суміші неорганічних кислот.  Травлення двоокису кремнію.  Видалення плівки оксиду з отриманих вікон для подальшого процесу іонної імплантації домішки за допомогою буферного  травителя: HF: NH4F: H2O = 1: 3: 7  Контроль фотолитографии.  Контроль догляду лінійних розмірів отриманого малюнка по відношенню до маски. |
| А | 110 | Химическая обработка |
| Б |  | Автомат химической обработки полупроводниковых пластин АФОП |
| О |  | Операция проводится кипячением в смеси NH4OH : H2О : H2О2 (1:1:1) и промывкой в деионизированной воде. |
| А | 115 | Диффузия фосфором, I стадия |
| Б |  | Диффузионная печь СДО-125/3-12 |
| О |  | Аналогічно операції 065.  Для створення транзисторної структури в якості джерел діффузант використовується РС13. Діффузі¬онний процес отримання еммітерной області проводиться також в дві стадії.  Перший етап двустадийному дифузії для створення поверхневого шару підвищеної концентрації легуючої домішки - джерела домішки для другого етапу. Проводиться при температурі 1050ºС протягом 20 хв. |
| А | 120 | Диффузия фосфором, II стадия |
| Б |  | Диффузионная печь СДО-125/3-12 |
| О |  | Второй этап диффузии – «разгонка» фосфора. Проводится при температуре 1000ºС с одновременным термическим оксидированием в течение 22 мин. |
| А | 125 | Пятая фотолитография |
| Б |  | Установка нанесения фоторезиста НВ-100, линия “Лада-125” |
| О |  | Розтин контактних вікон до відповідних дифузійним областям.  Підготовка пластин до нанесення фоторезиста.  Обробка пластин в парах трихлоретилена для поліпшення адгезії маски до поверхні пластини, видалення жирових плівок і інших органічних сполук.  Нанесення фоторезиста дискретне.  Отримання рівномірного шару фоторезиста на поверхні напівпровідникових пластин товщиною 1,1 мкм, з попередньої фільтрацією використовуваного фоторезиста ФП-383 на установці нанесення НВ-100.  Експонування ультрафіолетовим промінням контактна.Операция переноса изображения с фотошаблона на полученный ранее слой фоторезиста.  Прояв і термообробка фотослоя.  Операція перетворення засвічених ділянок фотослоя в розчинну сіль, з використанням 5% -го розчину гідроксиду калію в якості проявника. Подальша термообробка проводиться в два етапи:  1-й етап: 30 хвилин при температурі 90ºС.  2-й етап: 60 хвилин при температурі 150ºС  Контроль горизонтальних розмірів малюнка.  Видалення фоторезиста в суміші неорганічних кислот.  Травлення двоокису кремнію.  Видалення плівки оксиду з отриманих вікон для подальшого процесу іонної імплантації домішки за допомогою буферного травителя: HF: NH4F: H2O = 1: 3: 7  Контроль фотолитографии.  Контроль догляду лінійних розмірів отриманого малюнка по відношенню до маски, зробити по виду А. |
| А | 130 | Химическая обработка |
| Б |  | Автомат химической обработки полупроводниковых пластин АФОП |
| О |  | Операция проводится кипячением в смеси NH4OH : H2О : H2О2 (1:1:1) и промывкой в деионизированной воде. |
| А | 135 | Напыление алюминия |
| Б |  | Установка “Магна 2М” |
| О |  | Электрическая разводка создается напылением алюминия.  Проводится за счет приложения магнитного поля, с помощью Установки “Магна 2М”. Толщина слоя алюминия 1,2±0,1 мкм. |
| А | 140 | Шестая фотолитография |
| Б |  | Установка нанесения фоторезиста НВ-100, линия “Лада-125” |
| О |  | Фотолітографія по плівці алюмінію для створення малюнка розводки і контактних майданчиків.  Підготовка пластин до нанесення фоторезиста.  Обробка пластин в парах трихлоретилена для поліпшення адгезії маски до поверхні пластини, видалення жирових плівок і інших органічних сполук.  Нанесення фоторезиста дискретне.  Отримання рівномірного шару фоторезиста на поверхні алюмінію напівпровідникових пластин товщиною 1,1 мкм, з попередньої фільтрацією використовуваного фоторезиста ФП-383 на установці нанесення НВ-100.  Експонування ультрафіолетовим промінням контактна.  Операція перенесення зображення з фотошаблона на отриманий раніше шар фоторезиста.  Прояв і термообробка фотослоя.  Операція перетворення засвічених ділянок фотослоя в розчинну сіль, з використанням 5% -го розчину гідроксиду калію в якості проявника. Подальша термообробка проводиться в два етапи:  1-й етап: 30 хвилин при температурі 90ºС.  2-й етап: 60 хвилин при температурі 150ºС  Контроль горизонтальних розмірів малюнка.  Видалення фоторезиста в суміші органічних кислот.  Травлення алюмінію.  Контроль фотолитографии.  Контроль догляду лінійних розмірів отриманого малюнка по відношенню до маски, зробити по виду Б. |
| А | 145 | пассивация |
| Б |  | Вертикальний реактор з інфрачервоним нагрівачем установки осадження УО-15. |
| О |  | Осадження низькотемпературної плівки двоокису кремнію на всю поверхню напівпровідникової пластини. Операція проводиться в середовищі азоту при температурі 475ºС для розчинення тонкої плівки двоокису кремнію. |
| А | 150 | Сьома фотолітографія |
| Б |  | Установка нанесения фоторезиста НВ-100, линия “Лада-125” |
| О |  | Фотолітографія по плівці захисного діелектрика для розтину вікон до контактних площадок.  Підготовка пластин до нанесення фоторезиста.  Обробка пластин в парах трихлоретилена для поліпшення адгезії маски до поверхні пластини, видалення жирових плівок і інших органічних сполук.  Нанесення фоторезиста дискретне.  Отримання рівномірного шару фоторезиста на поверхні алюмінію напівпровідникових пластин товщиною 1,1 мкм, з попередньої фільтрацією використовуваного фоторезиста ФП-383 на установці нанесения НВ-100.  Експонування ультрафіолетовим промінням контактна.  Операція перенесення зображення з фотошаблона на отриманий раніше шар фоторезиста.  Прояв і термообробка фотослоя.  Операція перетворення засвічених ділянок фотослоя в розчинну сіль, з використанням 5% -го розчину гідроксиду калію в якості проявника. Подальша термообробка проводиться в два етапи:  1-й етап: 30 хвилин при температурі 90ºС.  2-й етап: 60 хвилин при температурі 150ºС  Контроль горизонтальних розмірів малюнка.  Видалення фоторезиста в суміші органічних кислот.  Травлення плівки двоокису кремнію.  Контроль фотолитографии.  Контроль догляду лінійних розмірів отриманого малюнка по відношенню до маски, зробити по виду А. |
| А | 155 | Контроль електричних параметрів мікросхеми. |
| Б |  | Установки: система вимірювальна Н2001 ("Інтеграл"); зонд вимірювальний ОМ6010 |
| О |  | Налаштувати зонд по розташуванню контактних майданчиків на кристалі.  Провести контроль струмів I5 = 15 мА, I13 = 10 мА і напруг U5 = 4 ± 0,5 B, U13 = 15 ± 0,5 B на 5й і 13й контактних майданчиках відповідно.  У разі якщо параметри кристала не відповідають нормам, він закопується спеціальними магнітними чорнилом. |
| А | 160 | Скрайбування |
| Б |  | Установка скрайбування «ЕМ-210», мікроскоп «ММУ-3», напівавтомат «ПЛП-3». |
| О |  | Для поділу пластин на кристали використовується лазерне скрайбірованіе, для даного методу необхідний твердотільний лазер (оптичний квантовий генератор ОКГ) активний елемент якого, виконаний з алюмінієвого граната з домішкою неодиму (АІГ: Nd), а довжина хвилі становить 1,06 мкм.  На пластини наносять на центрифузі захисне покриття для запобігання структур від ушкодження.  Пластини закріплюють вакуумним притиском на столі установці  Проводять скрайбірованіе, Швидкість скрайбування в  межах від 100 до 200 мм / сек. Скрайбування доцільно проводити на установці ЕМ-210, що дозволяє скрайбіровать пластини діаметром 100 мм і товщиною 460 мкм за 3 проходу при швидкості скрайбування 120 мм / сек і глибині 100 мкм / прохід  Контроль якості скрайбування проводиться за допомогою мікроскопа ММУ-3.  Здійснюють розламування пластин на кристали, на напівавтоматі ПЛП-3. При цьому необхідно дотримуватися таких режими: сила натискання на пластини повинна бути в межах від 100 до 1500 Н, а швидкість руху стрічки з пластиною близько 40 мм / сек. |
| А | 165 | Контроль |
| Б |  | Микроскоп «ММУ-3» |
| О |  | Контроль кристалів проводиться за допомогою мікроскопа ММУ-3.  Кристали, закапані магнітними чорнилом видалити. |
| А | 170 | Сборка |
| Б |  | Установка термокомпрессионной сварки «ЭМ-439М» |
| О |  | Кристал кріпити до сіталловимі підкладці клеєм ВК-32-200.  Положки з кристалом кріпити до вивідний рамці клеєм ВК-32-200.  Розварювати висновки кристала за допомогою алюмінієвого дроту до вивідний рамці методом термокомпресіі. |
| А | 175 | Маркування |
| Б |  | маркувальний стіл |
| О |  | Маркувати серійний номер мікросхеми фарбою |

Біполярні мікросхеми з ізоляцією р-п переходом

Структура біполярного транзистора мікросхеми розглянута на мал.3.1.



Мал. 3.1.. Упрощенная структура кристалла

**4. Охорона праці**

**4.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів при виробництві виробу**

Відповідно до ГОСТ 12.0.002-80 «ССБТ. Терміни і визначення» небезпечний виробничий фактор - виробничий фактор, вплив якого на працюючого в певних умовах призводить до травми, гострого отруєння або іншого раптового різкого погіршення здоров'я або смерті. Шкідливий виробничий фактор - виробничий фактор, вплив якого на працюючого в певних умовах може призвести до захворювання, зниження працездатності і (або) негативного впливу на здоров'я потомства.

Відповідно до цього ж ГОСТ установлюються параметри температури навколишнього повітря, відносної вологості, щільності і швидкості руху повітряного потоку на робочому місці.

Відповідно до ГОСТ 12.0.003-74 «ССБТ. Небезпечні і шкідливі виробничі фактори класифікації» .1. Небезпечні і шкідливі виробничі фактори поділяються за природою дії на наступні групи:

- фізичні;

- хімічні;

- біологічні;

- психофізіологічні.

Фізичні небезпечні та шкідливі виробничі фактори поділяються на: рухомі машини і механізми, рухомі частини виробничого обладнання; рухомі вироби, заготовки, матеріали; конструкції що руйнуються; підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони; підвищена або знижена температура поверхонь обладнання, матеріалів; підвищена або знижена температура повітря робочої зони; підвищений рівень шуму на робочому місці; підвищений рівень вібрації; підвищений рівень інфразвукових коливань; підвищений рівень ультразвуку; підвищений або знижений барометричний тиск у робочій зоні і його різка зміна; підвищена або знижена вологість повітря; підвищена або знижена рухливість повітря; підвищена або знижена іонізація повітря; підвищений рівень іонізуючих випромінювань у робочій зоні; підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якої може статися через тіло людини; підвищений рівень статичної електрики; підвищений рівень електромагнітних випромінювань; підвищена напруженість електричного поля; підвищена напруженість магнітного поля; відсутність або нестача природного світла; недостатня освітленість робочої зони; підвищена яскравість світла; знижена контрастність; підвищена пульсація світлового потоку; підвищений рівень ультрафіолетової радіації; підвищений рівень інфрачервоної радіації; гострі кромки, задирки і шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів та обладнання; розташування робочого місця на значній висоті відносно поверхні землі (підлоги); невагомість.

Хімічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори поділяються: за характером впливу на організм людини на: токсичні; дратівливі; сенсибілізуючі; канцерогенні; мутагенні; котрі впливають на репродуктивну функцію; по шляху проникнення в організм людини через: органи дихання; шлунково-кишковий тракт; шкірні покриви і слизові оболонки.

Біологічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори включають такі біологічні об'єкти:  
патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, рикетсії, спірохети, гриби, найпростіші) і продукти їх життєдіяльності.

Психофізіологічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори за характером дії поділяються на наступні:

- фізичні перевантаження;

- нервово-психічні перевантаження.

Фізичні перевантаження підрозділяються на: статичні; динамічні.

Нервово-психічні перевантаження підрозділяються на: розумове перенапруження; перенапруження аналізаторів; монотонність праці; емоційні перевантаження.

Найбільш небезпечними виробничими факторами є шкідливі речовини. Відповідно до ГОСТ 12.1.007-76 «ССБТ. Шкідливі речовини, класифікація і загальні вимоги безпеки» по ступені впливу на організм шкідливі речовини підрозділяються на чотири класи небезпеки:

- надзвичайно небезпечні;

- високо-небезпечні;

- помірно небезпечні;

- мало-небезпечні.

Виготовлення друкованих плат зв'язано з використанням шкідливих речовин ІV-І класу небезпеки. При постійній роботі з ними можуть виникати хімічні опіки, хронічні поразки шкіри, отруєння і т.д.;

Під час пайки індивідуальним електропаяльником, мають місце наступні шкідливі і небезпечні фактори:

а). запиленість і загазованість повітря робочої зони;

б). улучення розплавленого припою на шкірний покрив;

в). наявність елементів, що нагріваються, дотик до яких викликає опіки;

г). поразки електричним струмом;

д). електромагнітне випромінювання.

- при виконанні робіт з нанесення захисних покрить і пояснювальних написів, існує небезпека гострого отруєння, джерелом якого є розчинники і дрібні частки при розпиленні емалей.

Відповідно до ГОСТ 12.0.002-75 безпека виробничих процесів забезпечується вибором оптимального технологічного процесу.

Для виявлення порушення норм по охороні праці і запобігання травматизму важливе значення має єдиний для всіх галузей народного господарства порядок розслідування й обліку нещасних випадків на виробництві, " Положенням про розслідування й облік нещасних випадків на виробництві".

**4.2. Заходи з охорони праці**

На основі описаних вище небезпечних і шкідливих виробничих факторів проектованого об'єкта, що впливають на персонал, розроблений ряд заходів щодо забезпечення безпеки праці.

Відповідно до ГОСТ 12.1.030-81, для захисту людей від поразки електричним струмом при дотику до металевих не струмоведучих частин, що можуть виявитися під напругою в результаті ушкодження ізоляції, передбачаються наступні заходи:

- захисне заземлення;

- занулення;

- мала напруга;

- захисне відключення;

- ізоляція струмоведучих частин;

- огороджувальні пристрої;

- попереджувальна сигналізація;

- блокування;

- застосування світильників загального висвітлення з напругою живлення 220 В, установлених на висоті не менш 2,5 м від рівня підлоги;

- запобіжні пристосування та інше.

Для зниження шкідливих факторів при нанесенні захисних покрить і пайці, основними методами захисту є загальна вентиляція з місцевими відсмоктувачами й індивідуальні засоби захисту.

У виробничому приміщенні на організм і його працездатність впливають мікрокліматичні фактори. Мікроклімат виробничих приміщень визначається з’єднанням температури, вологості і швидкості руху повітря, а також температури навколишнього середовища.

Роботи з виробництва проектованого виробу відповідно до ГОСТ 12.1.005-76 відносяться до категорії робіт - фізична робота середньої ваги ІІб. Оптимальні норми температури, відносної вологості, і швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень приведені в таблиці 4.1

Таблиця 4.1 - Оптимальні норми температури, відносній вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Період року | Категорія робіт | Температура | Відносна вологість, % | Швидкість руху повітря, м/с, |
| Холодний та перехідний | Середньої важкості IIб | 17-19 | 60-40 | не більше 0,3 |
| Теплий | 20-22 | 60-40 | не більше 0,4 |

Висота приміщення 6 м. У приміщенні встановлена система припливно-витяжної вентиляції. Робочі місця, на яких виробляються особливо шкідливі операції (травлення ДП, знежирення, пайка) обладнаються місцевими відсмоктувачами.

Небезпечні фактори діючі на здоров'я людини є пари, гази і пил утворюючись в багатьох технологічних процесах. Джерелами шкідливих речовин можуть бути: вихідна сировина, проміжні операції, готові вироби, відходи виробництва.

Підлоги на робочих місцях виконуються теплими, щільними, опірними до ударів. Вони повинні мати неслизьку і зручну для чищення поверхню, бути стійкими до хімічних впливів. Вони настилаються з ухилом для стоку рідини до трапів або збірників і робляться непроникними для рідини.

Стіни виробничих і побутових приміщень виконуються відповідно вимогам шумозахисту, теплозахисту, запобігання сорбції. Вони мають обробку з керамічної плитки або олійної фарби, що виключає можливість поглинання й осадження отруйних речовин.

Основними мірами захисту від електромагнітних випромінювань (ЕМВ) проектом передбачається захист часом, захист відстанню, екранування джерел випромінювання, зменшення випромінювання в самому джерелі випромінювання, екранування робочих місць.

Захист часом передбачає обмеження часу перебування людини в робочій зоні. Захист відстанню доцільна, корду неможливо послабити ЕМВ іншими мірами, у тому числі захистом часом. Екранування використовується для зниження інтенсивності ЕМВ на робочому місці або огородження небезпечних зон випромінювання. У якості захисту передбачається застосування халата, комбінезона, капюшону, захисних окулярів, де в якості матеріалу використовується спеціальна радіотехнічна тканина.

Освітлення повинне забезпечувати чітку видимість розподілів на відлікових і контрольно-вимірювальних приладах і пристроях.

Відповідно до розряду зорових робіт відповідає категорії ІІІ "г". Для даної категорії нормовані наступні параметри - КЕО=1,2 %, освітленість 400 лк при комбінованому освітленні і 200 лк при загальному висвітленні.

Важливу роль у виробничій санітарії грає правильно спланована система освітлення: знижується виробничий травматизм, створюються нормальні умови для роботи органів зору, підвищується працездатність організму.

У розроблювальному проекті пропонується використовувати змішане освітлення. У світлий час доби приміщення буде освітлюватися через віконні отвори, в інший час доби буде використовуватися штучне освітлення.

Штучне освітлення створюється лампами накалювання або газорозрядними лампами. Штучне освітлення в робочому приміщенні пропонується здійснити з використанням люмінесцентних джерел світла у світильниках загального освітлення, оскільки люмінесцентні лампи мають високу світлову віддачу (до 75 лм/Вт і більш), тривалим терміном служби (до 10000 годин), спектральним складом випромінюваного світла близьким до сонячного.

Природне освітлення забезпечується бічними віконними отворами. Площа бічного віконного отвору визначається по формулі

, (4.1)

де - площа світлових прорізів, м2;

 - площа статі приміщення (25х10 = 250 м2);

 - нормоване значення КЕО (1,2 %);

 - коефіцієнт запасу (1,4 для приміщень з особливим режимом по чистоті повітря при обслуговуванні світильників знизу з приміщення);

 - світлова характеристика вікон (8,5, для відношення довжини приміщення до глибини рівного 2,5);

 - коефіцієнт затемнення вікон конфронтуючими будинками (1 для будинку, який стоїть окремо);

 - загальний коефіцієнт світлопропускання;

 - коефіцієнт підвищення КЕО при бічному освітленні за рахунок відбитого світла (1,1 при відношенні довжини приміщення до глибини рівного 2,5);

Загальний коефіцієнт світлопропускання визначається по формулі

 , (4.2)

де  - коефіцієнт світлопропускання матеріалу (0,9 скло віконне листове );

 - коефіцієнт світловтрат у плетіннях (0,7 для спарених плетінь);

 - коефіцієнт світловтрат у несучих конструкціях (0,8 для залізобетонних ферм й арки );

 - коефіцієнт світловтрат у сонцезахисних пристроях (1 для регульованих жалюзів і штор, що убираються );

 ,

 м2.

Таким чином, загальна площа бічного віконного прорізу становить 90,15 м2.

Для штучного освітлення приміщень варто застосовувати газорозрядні люмінесцентні ртутні лампи низького тиску з різним спектральним складом світла: лампи зеленого світла й денного світла з поліпшеною передачею кольору, лампи білого світла, тепло-білого світла, холодно-білого світла, лампи природного світла і т.д.

Для загального освітлення застосовуються світильники з розсіювачами і дзеркальними екранними сітками або відбивачами.

Згідно СНіП ІІ-4-79 нормальна освітленість штучного комбінованого освітлення 400 лк.

При розрахунку штучного освітлення використана методика, яка називається метод коефіцієнта використання. Даний метод призначений для розрахунку загального рівномірного освітлення горизонтальних поверхонь при відсутності великих предметів, що затінюють у світлих приміщеннях, площею більше 10 м2. При розрахунку по цьому методі враховується пряме і відбите світло.

Загальне освітлення забезпечується газорозрядними лампами. Кожен світильник містить 2 лампи. Використовуються лампи типу ЛДЦ, потужністю 40 Вт і світловим потоком 2200 лм.

Кількість використовуваних світильників визначається по формулі

 , (4.3)

де Е - нормована мінімальна освітленість (Е = 400 лк);

S - освітлювана площа (250 м2);

Z - коефіцієнт нерівномірності освітлення (1,15);

К - коефіцієнт запасу (1,4);

m - число ламп у світильнику;

U - коефіцієнт використання світлового потоку на розрахунковій площині (0,6);

F - світловий потік однієї лампи.



Розташувати світильники можна уздовж довжини приміщення. Відстань між стіною і крайніми світильниками приймається 1,25 м, а між рядами світильників 2,5 м. Для більше рівномірного світлового потоку світильники можна розташувати в п’ять рядів. Для симетрії потрібно загальну кількість світильників округлити до 65 штук. Таким чином, в одному ряді буде 13 світильників.

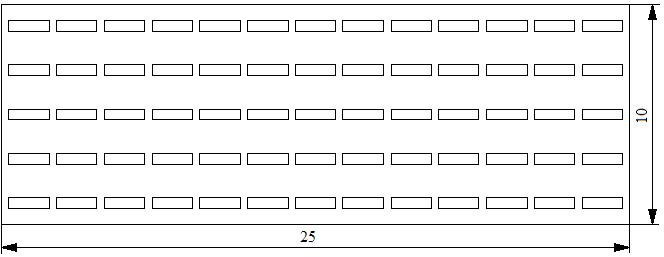
При ширині одного світильника приблизно 30 см відстань між рядами складає



При довжині одного світильника 1,33 м відстань між ними дорівнює



Таким чином, у даному розрахунку слід зазначити, що штучне освітлення ділянки монтажу, площею 250 м2 реалізується за допомогою 65 світильників кожний з яких містить по дві люмінесцентні лампи. Розташовуються світильники в п’ять рядів по 13 штук у кожному ряді. Схема розташування світильників представлена на рисунку 4.1.



Мал. 4.1 – Схема розташування світильників.

При експлуатації проектованого пристрою виникає ряд факторів, що створюють небезпеку виникнення пожежі. Пожежа може виникнути при внесенні джерела запалювання в пальне середовище. Пальними компонентами у виробі є: ізоляція струмоведучих частин, плати, наявність пальних речовин у радіодеталях, а також у приміщеннях, де знаходиться прилад. Пальними компонентами є також будівельні конструкції для акустичної та естетичної обробки приміщень, перегородки, двері, підлога.

Унаслідок наявності пожежонебезпечних матеріалів, відповідно до НАПБ.Б.03.002.2007 виробниче приміщення відноситься до категорії "В". Та згідно ПУЕ простір усередині приміщення відносно до пожеженебезпечної зони класу П-ІІа

Потенційними джерелами запалювання є:

- іскри і дуги коротких замикань;

- іскри при розмиканні і замиканні ланцюгів;

- перегріви при тривалому навантаженні;

- нагрівання індукційними струмами;

- нагрівання від діелектричних утрат;

- розряди статичної електрики.

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

- системою запобігання пожежі;

- системою протипожежного захисту;

- організаційно-технічними заходами.

Пожежна безпека проектованого об'єкта забезпечується системами запобігання пожеж і протипожежного захисту.

Через те, що неможливо виключити із застосування пальні і пожежовибухонебезпечні матеріали, проектується зменшування імовірності утворення або внесення джерел запалювання в пальне середовище в робочому приміщенні, що досягається застосуванням наступних способів:

- виключення можливості появи іскрового розряду в пальному середовищі з енергією, рівної і вище мінімальної енергії запалювання;

- застосування інструмента, що не іскрить, при роботі з легкозаймистими рідинами;

- застосування машин, механізмів, устаткування, пристроїв, при експлуатації яких не утворяться джерела запалювання;

- виконанням діючих будівельних норм, правил і стандартів.

Протипожежний захист досягається застосуванням автоматичних систем пожежної сигналізації і застосуванням первинних засобів пожежогасіння.

Приміщення обладнається відповідно до «Типових правил пожежної безпеки для промислових підприємств» автоматичною пожежною сигналізацією з димовими сигналізаціями фотоелектричного типу ІДФ-М, призначеними для виявлення початкової стадії пожежі по появі диму в місці його розташування і видачі тривожного сигналу на станцію пожежної сигналізації. Причому відповідно до розрахункових даних і параметрами сигналізації ІДФ-М, на площу 9м2 необхідна одна сигналізація. Пожежні сигналізації мають наступні характеристики, які приведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Характеристики пожежної сигналізації ІДФ-М.

|  |  |
| --- | --- |
| Найменування параметра | Значення |
| Контрольована зона при висоті установки 4 м., м2 | 50-100 |
| Спрацьовування при зниженні оптичної щільності | на 10% |
| Інерційність спрацьовувань, с | 30 |
| Фонова освітленість у місці установки, лк | 500 |
| Припустима швидкість повітряного потоку, м/с | 6 |
| Напруга живлення постійного струму, В | 27 |
| Споживана потужність, Вт | 1,5 |
| Діаметр та висота, мм | 125 х 97 |
| Маса, кг | 0,6 |
| Строк праці, років | 6 |

Як первинні засоби пожежогасіння пропонується використовувати:

- ручний вогнегасник ВУ-5;

- повітряно-пінний вогнегасник ППВ-5;

- азбестова полотнина 1,5х2 м.

Організаційно-технічні міри рекомендують проводити навчання робочого персоналу правилам пожежної безпеки.

**Висновки**

У даній роботі розглянуті основні принципи проектування ІМС і проведені розробка конструкції, топології і технології виготовлення ІМС підсилювача струму. Проведено розрахунки біполярного транзистора, діодів, резисторів і конденсаторів. Проведені розрахунки підтверджують повну відповідність розробленої ІМС вимогам технічного завдання. Топологія мікросхеми розроблена з урахуванням вимог до сучасної технології виготовлення напівпровідникових ІМС.  
Лінійні розміри елементів і відстані між ними більше мінімально допустимих, що забезпечує меншу похибку при виробництві, а отже, і більший вихід придатних виробів при груповому виробництві.      Розроблено технологічний процес виготовлення спроектованої ІМС. Розроблено заходи з охорони праці та техніки безпеки.

**Список літератури.**

1. Н.А. Аваев, Ю.Е., Наумов. В.Т. Фролкин Основы микроэлектроники. М. «радио и связь» , 1991г. – 288с.
2. Микроэлектроника /Под ред. Л.А. Коледова: в 9 т. – М.: Высшая школа, 1987г.
3. Ефимов И.Е., Козырь И.Я. Основы микроэлектроники – М.: Высшая школа, 1983г. – 384с.
4. Ефимов И.Е., Горбунов И.Ю., Козырь И.Я. Микроэлектроника: физические и технологические основы, надежность. – М.: Высшая школа. 1986г. – 463с.
5. Ефимов И.Е. Козырь И.Я., Горбунов Ю.И. Микроэлектроника: проектирование, виды микросхем, функциональная микроэлектроника. – М.: Высшая школа, 1987г. – 416с.

6. Каниболотский Ю. М. и др. Расчет и конструирование микросхем. — Киев: Высшая школа, 1983.

7. Конструирование и технология микросхем. Под ред. Коледова Л. А. — М.: Высшая школа, 1984.

8. У. Титце, К. Шенк “ Полупроводниковая схемотехника”. Пер. с нем. – М.: Мир, 1998. – с., ил

9. Б.И. Горошков “Радио - электронные устройства: Справочник. – М.: Радио и связь, 1984. – 400с., ил. – (Массовая радиобиблиотека; Вып. 1076).

10. А.А. Бокунян, Н.М. Борисов, Р.Г. Варламов и др., “Справочная книга радиолюбителя - конструктора ”.; Под ред. Н.И. Чистякова. – М.: Радио и связь, 1990. – 624 с.: ил. – (Массовая радиобиблиотека; Вып. 1147)

11. В.В. Пасынков, В.С. Сорокин “Материалы электронной техники”. – 2 – е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. Шк., 1996. – 367 с., ил.

12. Основи охорони праці: Підручник. / За ред. К.Н. Ткачука і М.О. Халімовського. – К.: Основа, 2006. – 448 с.

13.Методичні вказівки до самостійної роботи по дисциплінах «Основи охорони праці», «БЖД та охорона праці» та «Охорона праці в галузі» на тему: «Законодавство про охорону праці» (частина перша) (*для студентів усіх напрямів та форм навчання*) / Укл. М.А. Касьянов, В.О. Медяник, В.І. Сало, О.М. Гунченко – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В.Даля, 2008. – 42 с.

14. Методичні вказівки до самостійного заняття з дисциплін «Основи охорони праці», «БЖД та охорона праці», «Охорона праці в галузі», «Система управління охороною праці» за темою «Травматизм та професійні захворювання на виробництві»(для студентів усіх спеціальностей) / Укл. М.А. Касьянов, В.О. Медяник, О.М. Гунченко, В.І. Сало, В.Я. Міцик, О.О. Андріанова – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2011. – 40 с.

15. Охрана труда.: Учебник для студентов ВУЗов. Князевский Б.А., Долин П.А., Марусова Т.П. и д.р. перераб. и дополнен. – М : Высшая школа, 1982г. – 311с.