**Курсовая работа**

**Расчёт интегральной микросхемы**

**Содержание**

Введение

1. Анализ исходных данных и выбор конструкции
2. Разработка коммутационной схемы
3. Расчет параметров элементов
4. Тепловой расчет микросхемы в корпусе
5. Расчет паразитных емкостей
6. Расчет параметров надежности ИМС
7. Разработка технологии изготовления микросхем

Заключение

Литература

Приложение

# Введение

Создание микроэлектронной аппаратуры явилось результатом процесса комплексной микроминиатюризации электронно-вычислительных средств, аппаратуры связи, устройств автоматики. Этот процесс возник в связи с потребностями развития промышленного выпуска изделий электронной техники на основе необходимости резкого увеличения масштабов их производства, уменьшения их массы, занимаемых ими объемов, повышения их эксплуатационной надежности.

Интегральная микросхема (ИМС) – это конструктивно законченное изделие электронной техники, выполняющее определенную функцию преобразования информации и содержащее совокупность электрически связанных между собой электрорадиоэлементов (ЭРЭ), изготовленных в едином технологическом цикле.

По способу изготовления различают полупроводниковые и пленочные ИМС. В полупроводниковых ИМС все ЭРЭ и часть межсоединений сформированы в приповерхностном слое полупроводниковой (обычно кремниевой) подложки. В пленочных ИМС пассивные ЭРЭ изготовлены в виде совокупности тонких (менее 1мкм) или толстых (10-50мкм) пленок, нанесенных на диэлектрическую подложку. Гибридные ИМС (ГИС) представляют собой комбинацию пленочных пассивных ЭРЭ с миниатюрными бескорпусными дискретными активными приборами (полупроводниковыми ИМС, транзисторами, диодами), расположенных на общей диэлектрической подложке.

Актуальность производства и проектирования интегральных схем обусловлена следующими достоинствами:

* высокой надежностью вследствие уменьшения количества паянных и других соединений, которые имеют высокую интенсивность отказов, по сравнению с РЭС на дискретных элементах;
* малыми габаритами и весом, что повышает надежность РЭС, так как при малых габаритах и весе больше резонансные частоты и аппаратура становиться более устойчивой к механическим воздействиям;
* низким энергопотреблением, что объясняется малым расстоянием между элементами в микросхеме (большая плотность упаковки), что приводит к меньшим затуханиям и искажениям полезного сигнала, вследствие чего возможно снижение питающих напряжений в интегральной схеме по сравнению со схемами на дискретных элементах;
* сокращением длительности процессов проектирования и производства РЭС на основе интегральных схем;
* повышением ремонтопригодности, так как становится проще отыскать и устранить неисправность.

Задачами данного курсового проекта являются: выбор конструкции ИМС (полупроводниковая или гибридная), расчет элементов(резисторов, конденсаторов, транзисторов и т.д) и разработка топологии, а также тепловой расчет, расчет надежности и паразитных связей и разработка технологии изготовления ИМС.

1. **Анализ исходных данных и обоснование выбора конструкции**

Сначала анализируем электрическую принципиальную схему. Схема является аналоговой.

Исходя из этого ее можно выполнять как в виде полупроводниковой ИМС, так и в виде гибридной ИМС.

Далее анализируем перечень элементов. Резисторы имеют номинальные сопротивления в приделах от 1,2 кОм до 9 кОм и номинальные мощности рассеивания ниже 5 мВт, а конденсатор имеет номинальную емкость 20-30 пФ, что позволяет их выполнить как в виде ГИС, так и в виде полупроводниковой ИМС. Погрешности электрических параметров резисторов и конденсатора выше 15%, что также не накладывает ограничения в выборе конструктивно-технологического варианта микросхемы. Ввиду того, что схема содержит большое количество транзисторов, следует склониться к выбору биполярной полупроводниковой ИМС.

С целью снижения себестоимости ИМС необходимо их выпускать большими партиями, что обусловлено меньшими затратами на амортизацию с основных средств на единицу конструкции. В связи с вышеизложенным полупроводниковые ИМС экономически целесообразны только при массовом или крупносерийном характере производства.

**2. Разработка коммутационной схемы**

Разработка коммутационной схемы – это первый этап разработки топологии. На этом этапе путем анализа электрической принципиальной схемы оценивается возможность реализации изделия в виде полупроводниковой интегральной схемы. При составлении коммутационной схемы, представленной на рисунке 2.1, за основу была принята схема электрическая принципиальная усилителя . Далее преобразуем ее с учетом конструктивных особенностей элементов схемы в полупроводниковом исполнении. В частности сформируем схему так, чтобы в ней отсутствовали пересечения проводников. В процессе выполнения разработки коммутационной схемы было принято решение разместить внешние контактные площадки на противоположных сторонах платы, что облегчит осуществление операции соединения внешних контактных площадок с выводами корпуса.

1. **Расчеты элементов ИМС**

Расчет биполярного транзистора с применением ЭВМ

По литературному источнику [1] определяем основные электрические параметры и эксплуатационные данные на заданный транзистор (КТ319В).

Таблица 2.1

**Основные электрические параметры и эксплуатационные данные на заданный транзистор**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип транзистора | Струк  тура |  |  |  |  |  |  | Интервал рабочих темпера тур |
| КТ319В | n-p-n | 100 | 5 | 1 | 15 | 40 | 15 | -60…+85 |

Используя ЭВМ и данные, полученные из справочной литературы, определяем нужные нам характеристики интегрального биполярного транзистора.

Исходные и корректируемые данные:

1.Значение тока коллектора =15 мА.

2.Напряжение коллектор-эмиттер =5В.

3.Длина эмиттера =0,005см.

4.Ширина эмиттера =0,005см.

5.Глубина  области (эмиттер) =0,85\*10-4 см.

6. Глубина  области (активная база) =3\*10-4 см.

7.Толщина эпитаксиальной пленки =10\*10-4 см.

8.Концентрация донорной примеси на поверхности эмиттера= 3\*1021.

9. Концентрация акцепторной примеси на поверхности базы = 5\*1017.

10.= 5\*1015.

11.Температура окружающей среды 300 К.

Результаты расчета на ЭВМ:

1.Статический коэффициент передачи тока=46,7.

2.Граничная частота усиления =107МГц.

3.Поверхностное сопротивление эмиттера =0,573.

4.Поверхностное сопротивление коллектора =569.



5.Поверхностное сопротивление пассивной базы =284.

6.Поверхностное сопротивление активной базы =480.

7.Сопротивление базы =28,5 Ом.

8.Сопротивление коллектора =60 Ом.

9.Пробивное напряжение перехода эмиттер-база =6,78 В.

10.Пробивное напряжение перехода коллектор-база =116 В.

11. =32 В.

12.Емкость перехода база-эмиттер =15 пФ.

13.Емкость перехода база-коллектор =0,26 пФ.

14.Время заряда емкости эмиттерного p-n перехода =с.

15.Время переноса носителей через активную базу транзистора =с.

16.Время пролета носителей заряда через ОПЗ коллекторного перехода =с.

17.Время заряда емкости коллекторного p-n перехода =с.

18.Удельная емкость = .

19. Удельная емкость = .

Остальные элементы (резисторы, конденсаторы) выполняются на основе областей биполярного транзистора. Выполним соответствующие расчеты.

Расчет резисторов

Исходными данными для расчета геометрических размеров интегральных полупроводниковых резисторов являются: заданное в принципиальной электрической схеме номинальное значение сопротивления R и допуск на него , поверхностное сопротивление легированного слоя , на основе которого формируется резистор, среднее значение мощности

P и максимально допустимая удельная мощность рассеяния (=8для диффузионных и имплантированных резисторов [2]), основные технологические и конструктивные ограничения.

R1=3 кОм15%

Так как данный резистор имеет сопротивление не более 10 кОм и не менее 1 кОм, то в качестве конструкции используем диффузионные резисторы на основе базовой области (=480). Конфигурация данного резистора изображена на рисунке 3.1.

**Рис.3.1. Конфигурация диффузионных резисторов R1**

Минимальную ширину резистора, при которой обеспечивается заданная погрешность, определяют из выражения:

0,331, (2.1)

где Δb и Δl - погрешности ширины и длины, обусловленные технологическими процессами. Для типовых процессов (Δl=Δb=0.1 мкм).

0,35, (2.2)

где  - погрешность воспроизведения удельного поверхностного сопротивления, для типовых процессов его выбирают в пределах 0,05÷0,1.

Теперь найдем минимальную ширину резистора , определяемую из максимально допустимой мощности рассеяния

. (2.3)

=7,3 мкм.

Для составления чертежа топологии необходимо выбрать шаг координатной сетки. Выбираем 1:500. Затем определяют промежуточное значение ширины резистора:

****, (2.4)

где  - погрешность растравливания окон (=0,2÷0,5 мкм);

- погрешность ухода диффузионного слоя под маскирующий окисел (≈ 60% базового и 80% эмиттерного слоёв).

пром=7,3-2⋅(0,5+1,8)=2,7 мкм

Реальная ширина резистора на кристалле:

**** (2.5)

где топ – топологическая ширина резистора.

Отсюда =9,6.

Расчётную длину резистора определяют по формуле:

 (2.6)

где n1 – число контактных площадок резистора (n=2);

k1 – поправочный коэффициент, определяемый по номограмме (k1=0,5).

Тогда имеем

=50,4 мкм.

Затем рассчитывают промежуточное значение длины:

**** (2.7)

Реальная длина резистора на кристалле:

**** (2.8)

Аналогично рассчитываем резисторы R2, R3, R4, R6. Полученные данные заносим в таблицу 3.1.

Таблица 3.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Номин.,  кОм | Откл.,  % | Мощность,  мВт | , | Коэф.  формы | ,  мкм | ,  мкм | топ,  мкм | ,  мкм | ,  мкм | топ,  мкм |
| R1 | 3 | 15 | 1.5 | 480 | 6,25 | 0,331 | 7,3 | 5 | 9,6 | 50,4 | 55 |
| R2 | 9 | 15 | 1 | 480 | 18,75 | 0,3 | 3,4 | 5 | 9,6 | 168,4 | 173 |
| R3 | 5 | 15 | 2 | 480 | 10,4 | 0,313 | 6,5 | 5 | 9,6 | 90,4 | 95 |
| R4 | 2,1 | 15 | 1.5 | 480 | 4,37 | 0,351 | 8,7 | 5 | 9,6 | 32,4 | 37 |
| R5 | 3 | 15 | 1.5 | 480 | 6,25 | 0,331 | 7,3 | 5 | 9,6 | 50,4 | 55 |
| R6 | 1,2 | 15 | 1.5 | 480 | 2,5 | 0,4 | 11,5 | 7 | 11,6 | 17,4 | 22 |

Расчет конденсатора

Выбор конструкции конденсатора определяется значениями допустимого рабочего напряжения  и номинальной емкости . Напряжение  ограничено величиной напряжения пробоя p-n-перехода. Напряжения пробоя p-n-перехода коллектор – база  и эмиттер – база  рассчитывались ранее при проектировании биполярного транзистора и имеют следующие значения: =116 В, =6,78 В. И то и другое пробивное напряжение обеспечивает заданное . Удельную емкость p-n-перехода коллектор – база и эмиттер – база при нулевом смещении на нем (=0В, =0В) также рассчитывались при проектировании биполярного транзистора и имеют следующие значения: =9,69\*10-9 Ф/см2, =1.06\*10-7 Ф/см2. Таким образом целесообразно выбрать удельную емкость, которая в наилучшей степени обеспечивает площадь конденсатора, соизмеримую с площадью, занимаемой транзистором, то есть выбираем конденсаторы на основе p-n-перехода эмиттер – база.

Расчет удельной емкости боковой части p-n-перехода эмиттер – база затруднен, поэтому ее величина может быть принята равной . Удельная емкость боковой части p-n-перехода коллектор – база практически равна ее донной части.С целью минимизации размеров кристалла полупроводниковой ИМС принимаем топологию конденсатора квадратной формы со стороной А. Величина А для конденсатора на основе p-n-перехода эмиттер – база определяется из уравнения:

,

где = - удельная емкость донной части p-n перехода эмиттер-база;

= 1000 - удельная емкость боковой части p-n перехода эмиттер-база;

 - глубина эмиттера;

 – номинальная емкость заданного i-го конденсатора.

Таким образом, решая данное уравнение относительно А, получим размеры конденсаторов:



А=135 мкм – для конденсаторов С1 и С3.



А=158 мкм – для конденсатора С2. с целью уменьшения топологических размеров конденсатора используем параллельное включение двух p-n-переходов, осуществляемое с помощью металлических проводников. Таким образом имеем:



А=111мкм.

Выбор структуры диодов ИМС

Данные диоды (КД901А) имеют следующие исходные данные:













Диоды, сформированные на основе перехода эмиттер – база, характеризуются наимеьшими значениями обратного тока за счет самой малой площади и самой узкой области объемого заряда (). Наименьшей паразитной емкостью () также обладают диодные структуры на основе перехода эмиттер – база. Для других структур значение паразитной емкости порядка 3пФ. Быстродействие характеризуется также временем восстановления обратного сопротивления. Оно минимально (около 10нс) для перехода эмиттер – база при условии, что переход коллектор – база закорочен. В других структурах время восстановления обратного сопротивления составляет 50-100нс. Из анализа исходных данных и способа применения диодов в цифровых схемах как накопительных, можно заключить, что целесообразнее выбрать диоды на основе перехода эмиттер – база.

1. **Тепловой расчет микросхемы в корпусе**

Так как ИС герметизируется путем запрессовки в пластмассовый корпус типа 2, то тепловое сопротивление конструкции определяется

, (4.1)

где , - толщина слоя пластмассы (компаунда, =1,7мм) и ее теплопроводность

();

 - внутреннее тепловое сопротивление кристалла, которое определяется по формуле

, (4.2)

где ,- толщина подложки pSi (=200мкм) и ее теплопроводность

();

Температура кристалла рассчитывается по формуле

****, (4.3)

где  - температура окружающей среды(=40);

 - площадь кристалла;

- суммарная мощность элементов.

****

Тогда

****.

.

Так как рабочая температура не превышает допустимую 85, то никаких конструктивных мер принимать не следует.

**5. Расчет паразитных связей**

Определим паразитную емкость в участке, где она наибольшая. Для трех проводников их будет две. Обозначим их как С12 и С13. Частичные емкости между проводниками, параллельно расположенными на подложке и находящимися в окружении других проводников, вычисляют по следующей формуле

**** , (5.1)

где i,j – номера проводников;

l – длина проводников;

 - расчетная диэлектрическая проницаемость(=2=6 при 2 1), где1,2 – диэлектрические проницаемости соответственно окружающей среды и двуокиси кремния;

 - емкостный коэффициент i-ого и j-ого проводников, который рассчитывается для данного случая по следующим формулам

****, (5.2)

****, (5.3)

где смысл параметров ясен из рисунка 4.1.

=см; =см; =см; =см; =см; l=см.

**Рис.5.1. Система параллельных проводников**

,

,

пФ ,

пФ.

Так как значения паразитных емкостей незначительны, то никаких мер принимать не следует.

**6. Оценка надежности ИМС**

В данном случае интенсивность отказов полупроводниковой ИМС с учетом того, что время появления внезапных отказов распределено по экспоненциальному закону, определяется выражением

 (6.1)

где m – число групп элементов;

 - число элементов данного типа;

 - поправочный коэффициент, учитывающий влияние температуры окружающей среды и электрической нагрузки;

 - поправочный коэффициент, учитывающий влияние механического воздействия, влажности и изменение атмосферного давления; ; =1,07 для полевых условий эксплуатации, =2,5 при влажности 90% и температуре 40, =1 для высоты уровня моря;

 - интенсивность отказов элементов, металлизации, кристалла и конструкции.

Значения интенсивностей отказов определим по следующим формулам

, (6.2)

, (6.3)

, (6.4)

где  - интенсивность отказов из-за дефектов, обусловленных диффузией (=);

 - интенсивность отказов из-за дефектов металлизации (=);

 - интенсивность отказов из-за дефектов оксида (=);

 - интенсивность отказов из-за дефектов от посторонних включений в корпусе (=);

 - интенсивность отказов из-за поверхностных и структурных дефектов кристалла (=);

 - интенсивность отказов из-за некачественного крепления кристалла (=);

 - интенсивность отказов из-за обрыва термокомпрессионного сварного соединения (=);

 - интенсивность отказов из-за повреждения корпуса(для пластмассового корпуса=);

,, - интенсивности отказов элементов, металлизации, и кристалла соответственно;

 - число стадий диффузии при формировании элемента (для транзистора – 4, для резистора – 2, для конденсатора – 3);

,, - площади элементов, металлизации, и кристалла соответственно(площадь одного транзистора составляет – 0,015, конденсатора – 0,058, суммарная площадь металлизации – 0,32, площадь кристалла – 1,15).

К компонентам ненадежности относится также корпус и соединения, значения интенсивностей отказов которых были рассмотрены ранее.

2,675\*(12\*1,1\*(\*4+\*0,015)+1,7\*(\*2+\*0,073)+ 1,7\*(\*2+\*0,012)+1,7\*(\*2+\*0,003)+ 1,7\*(\*2+\*0,01)+1,7\*(\*2+\*0,009)+1,2\*(\*2+\*0,058)+1,3(++)\*0,32+\*1,15+++=

Вероятность безотказной работы для времени t=10000ч определим по формуле

. (6.5)



**7. Технология изготовления микросхемы**

1.Химическая обработка пластин, двухстадийная в перикисно-аммиачном растворе.

2.Окисление кремния во влажном кислороде при 1000 в течении 2ч до получения окисла толщиной (0,60,06)мкм.

3.Фотолитография для образования окон под - скрытый слой. Применять фоторезист ФН 102. Нанесение фоторезиста и сушку осуществлять на агрегате формирования фоторезистивных покрытий АФФ 2. Сушку проводить в течении 15 мин. Экспанирование проводить в установке экспанирования ЭМ-569. Время экспанирования 40 сек. Проявление проводить в течении 20сек и температурой растворителя 50. После проявки сушку проводить в два этапа: 30 мин при температуре 90 и 40 мин при температуре 200. Для травления слоя расположенного под фоторезистивной маской использовать травитель следующего состава: HF:=2:7:1.

4.Химическая обработка пластин в перикисно-аммиачном растворе.

5.Диффузия сурьмы для формирования - скрытого слоя в две стадии: загонка при 1000 в течение 20мин, обработка осажденного сурьмяно-силикатного стекла во влажном кислороде при 1000, снятие стекла и окисла в растворе HF, вторая стадия разгонка при 1200 в течение 2 часов.

6.Снятие окисла в растворе :HF:=7:1:3.

7.Химическая обработка пластин в перикисно-аммиачном растворе.

8.Эпитаксиальное наращивание монокристаллического слоя кремния n-типа из газовой смеси + при 1200, толщиной (70,1) мкм, с плотностью дефектов не более , легированного мышьяком.

9.Окисление поверхности эпитаксиального слоя при 1000 в течение 40 мин в сухом кислороде для получения окисла толщиной (6010) нм.

10.Фотолитография для вскрытия окон под разделительную (изолирующую) диффузию и окон под диффузионные резисторы на основе коллекторной области. Применять фоторезист ФН 102. Нанесение фоторезиста и сушку осуществлять на агрегате формирования фоторезистивных покрытий АФФ 2. Сушку проводить в течении 15 мин. Экспанирование проводить в установке экспанирования ЭМ-569. Время экспанирования 40 сек. Проявление проводить в течении 20сек и температурой растворителя 50. После проявки сушку проводить в два этапа: 30 мин при температуре 90 и 40 мин при температуре 200. Для травления слоя расположенного под фоторезистивной маской использовать травитель следующего состава: HF:=2:7:1.

11.Двухстадийная диффузия бора: осаждение на поверхность пластины боросиликатного стекла из газовой фазы, содержащей  и , при 950, обработка боросиликатного стекла во влажном кислороде при 600 в течение 30 мин, снятие боросиликатного стекла в травителе HF: =1:10, разгонка при 1050 в течение 30 мин до толщины превышающей толщину эпитаксиального слоя.

12.Термическое окисление структур при 1050 в сухом (10мин), влажном (20мин), и снова в сухом (10мин) кислороде.

13.Фотолитография для вскрытия окон в окисле для проведения базовой диффузии над теми карманами, где будут формироваться транзистор и резистор на основе базового диффузионного слоя. Применять фоторезист ФН 102. Нанесение фоторезиста и сушку осуществлять на агрегате формирования фоторезистивных покрытий АФФ 2. Сушку проводить в течении 15 мин. Экспанирование проводить в установке экспанирования ЭМ-569. Время экспанирования 40 сек. Проявление проводить в течении 20сек и температурой растворителя 50. После проявки сушку проводить в два этапа: 30 мин при температуре 90 и 40 мин при температуре 200. Для травления слоя расположенного под фоторезистивной маской использовать травитель следующего состава: HF:=2:7:1.

14.Двухстадийная базовая диффузия примеси p-типа (бор). Загонку проводить в течении 20 мин при температуре 900. Одновременно формируется на базовых областях окисел толщиной 0,18…0,2 мкм и проводится разгонка 1ч при 1200.

15. Фотолитография для вскрытия окон в окисле над областями эмиттера транзистора и коллекторного контакта нижней обкладки конденсатора. Размер эмиттера 100мкм, точность совмещения фотошаблона не более 1мкм.

16.Диффузия фосфора для получения области эмиттера на глубину 1,3мкм. Осаждение проводить при температуре 960.

17.Фотолитография для вскрытия контактных окон в  к резисторам, к нижней обкладке конденсатора и к областям транзистора.

18.Напыление пленки Al +(1%)Si толщиной (0,60,1) мкм, температура подложки 200, температура отжига 250.

19.Фотолитография по алюминию для формирования пленочной коммутации, верхней обкладки конденсатора и внешних контактных площадок. Клин травления и уход размеров не более 1мкм.

20.Осаждение изолирующего слоя окисла плазмохимическим способом при температуре 150 толщиной (10,1)мкм.

21.Фотолитография по пленке защитного диэлектрика для вскрытия окон к контактным площадкам микросхемы и дорожек для скрайбирования.

22.Скрайбирование пластин для разделения их на кристаллы. Операции контроля и разбраковка микросхем по электрическим параметрам и на функционирование на еще не разделенных на кристаллы пластинах ( на негодные кристаллы ставится метка краской). Затем производится разделение пластин на кристаллы без потери их взаимной ориентировки. Операции монтажа и сборки в корпус.

**Заключение**

В процессе выполнения курсового проекта была разработана полупроводниковая интегральная схема усилителя. В курсовом проекте были выполнены тепловые расчеты, расчет паразитных емкостей. Полученные в результате расчета значения не превышают максимально допустимых, указанных в справочной литературе. Та же картина наблюдалась и при расчете паразитных емкостей, значения, полученные в процессе расчета, оказались ничтожно малыми. Можно сказать, что паразитные емкости с подобными номинальными значениями не будут оказывать, сколь бы то ни было, ощутимое воздействие на работу усилителя. Посему было принято решение конфигурацию проводников оставить без изменений. В процессе работы был также осуществлен расчет надежности.

Основываясь на значениях топологических размеров элементов был разработан топологический чертеж. Разработав топологию, мы перешли к выбору корпуса и в результате остановили свой выбор на корпусе вида: «Корпус 1203 ГОСТ 17467 – 79».Важным этапом явился этап разработки технологического процесса изготовления микросхемы. В результате можно сделать вывод, что последний вполне способен обеспечить воспроизведение параметров, заложенных конструктором на этапе разработки полупроводниковой интегральной схемы. И в заключение всего можно сделать вывод, что разработанная нами микросхема способна занять достойное место среди подобных ей изделий.

В итоге можно сказать, что курсовое проектирование значительно влияет на освоение материала учебного курса и дает реальное представление о конструкторско-технологических работах, проводимых на этапе проектирования.

**Литература**

1. Конструирование и производство микросхем. Курсовое проектирование: Учеб. пособие для вузов по спец. «Конструирование и производство радиоаппаратуры» и «Конструирование и производство электронно-вычислительной аппаратуры» /Под ред. Коледова Л.А. – М.: Высшая школа, 1984.-231 с.
2. Матсон Э.А., Крыжановский Д.В. Справочное пособие по конструированию микросхем. – Мн.: Вышэйшая школа, 1982.-224 с.
3. Матсон Э.А. Конструкции и технология микросхем: Учебное пособие для радиотехн. спец. вузов. – Мн.: Вышэйшая школа, 1985.- 207 с.