**Содержание**

Введение 4

1 Разработка платы ГИМС

1.1 Выбор материалов для подложки, плёночных элементов и плёночных проводников 5

1.2 Выбор конструкции плёночных элементов и описание методики их расчета 10

1.3 Расчёт топологических размеров элементов 13

1.4 Выбор размера платы и разработка топологии платы 14

Заключение 19

Список использованных источников 20

Приложения

1 Приложение А. ГИМС. Схема электрическая принципиальная.

2 Приложение Б. ГИМС. Топологический чертёж.

3 Приложение В. ГИМС. Чертёж резистивного слоя.

**Введение**

Задача курсового проекта - разработка конструкции платы ГИС.

Используя данные технического задания и принципиальную электрическую схему, в соответствии с приложением А, необходимо разработать конструкцию платы гибридной ИМС, т.е.:

1.1выбрать материалы для подложки, пленочных элементов и пленочных проводников;

1.2 выбрать конструкцию пленочных элементов;

1.3 рассчитать топологические размеры пленочных элементов;

1.4 выбрать размер платы и разработать топологию платы;

1.5 разработать необходимую конструкторскую документацию.

В техническом задании дана принципиальная электрическая схема устройства.

Электрическая схема включает в себя 13 резисторов R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8 ,R9, R10, R11, R12, R13 со следующими характеристиками   
 R = 1100:12000 Ом, γR= 15%, P =10:25 мВт. Также данная схема имеет навесные элементы: 9 транзисторов и 1 микросхему, имеющие гибкие проволочные вывода, выполненные из золота диаметром 40 мкм. Метод сборки – термокомпрессионная сварка.

Тонкие пленки формируют методом термовакуумного напыления с помощью метода свободной маски.

Данная гибридная ИМС является маломощной и имеет небольшое быстродействие. Исходя из этого, выбирают материалы элементов схемы.

При выборе резистивного материала следует учитывать, что αR<=2\*10-4 1/ºС, γRст<=3%, а элементы должны иметь оптимальные размеры.

Следующим этапом является выбор конструкции элементов, которые мы будем располагать на плате. Выбранная конструкция должна соответствовать выбранным параметрам элементов. Далее выполняем расчет размеров пленочных элементов схемы, выбор размера платы по формуле и разработку топологии платы.

**1.1 Выбор материалов для подложки, пленочных элементов и плёночных проводников**

Подложки ГИС служат основанием для расположения пленочных и навесных элементов, а также для теплоотвода. Для изготовления подложек ГИС применяют материалы, приведённые в таблице 1.1

**Таблица 1.1 Электрофизические параметры подложек ГИС**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Параметры** | **Материалы** | | | | | |
| **Стекло** | | **Ситалл**  **СТ50-1** | **Плавленый**  **Кварц** | **Керамика** | |
| **C41-1** | **C48-3** | **22ХС**  **(96% Al2О3)** | **Поликор** |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** |
| Класс чистоты обработки поверхности | 14 | 14 | 13-14 | 14 | 12 | 12-14 |
| Температурный коэффициент линейного расширения ТКЛР при Т=20÷300ºС | (41±2)\*\*10ˉ7 | (48±2)\*\*10ˉ7 | (50±2)\*10ˉ7 | (55±2)\*10ˉ7 | (60±2)\*\*10ˉ7 | (70±2)\*10ˉ7 |
| Коэффициент теплопроводности, Вт/(м\* ºС) | 1 | 1,5 | 1,5 | 7-15 | 10 | 30-45 |
| Диэлектрическая проницаемость при f=106 Гц и Т=20 ºС | 7,5 | 3,2-8 | 5-8,5 | 3,8 | 10,3 | 10,5 |
| Тангенс угла диэлектрических потерь при f=106 Гц и Т=20 ºС | 20\*10ˉ4 | 15\*10ˉ4 | 20\*10ˉ4 | - | 6\*10ˉ4 | 10\*10ˉ4 |
| Объёмное сопротивление при Т=25 ºС, Ом\*См | 1017 | 1014 | - | 1015 | - | - |
| Электрическая прочность, кВ/мм | 40 | 40 | - | - | 50 | - |

К материалу подложки независимо от конструкции и назначения микросхемы предъявляют следующие требования:

1. высокое качество обработки рабочей поверхности, обеспечивающие чёткость и прочность рисунка схемы;
2. высокая механическая прочность при относительно небольшой толщине;
3. минимальная пористость;
4. высокая теплопроводность;
5. химическая стойкость;
6. высокое удельное сопротивление;
7. близость коэффициентов термического расширения подложки и наносимых на неё плёнок;
8. низкая стоимость исходного материала и технологии его обработки.

Недостатком керамики является значительная шероховатость поверхности, что затрудняет получение воспроизводимых номиналов тонкоплёночных элементов. По этой причине керамику 22ХС используют только для толстоплёночных ГИС. Увеличение класса чистоты обработки поверхности путём глазурования керамики слоем бесщелочного стекла приводит к значительному уменьшению теплопроводности.

Для маломощных ГИС можно применять бесщелочные боросиликатные стёкла С41-1 и С48-3, а также ситаллы. Стёкла имеют низкую теплопроводность. Ситалл в 2-3 раза прочнее стекла. Так же он хорошо обрабатывается, выдерживает резкие перепады температуры, обладает высоким электрическим сопротивлением, газонепроницаем, имеет высокую сопротивляемость к истиранию, высокую химическую стойкость к кислотам, очень малую пористость, дает незначительную объемную усадку, обладает малой газоотдачей при высоких температурах.

Из приведённых выше материалов подложек я выбрал ситалл, так как он более других соответствует требованиям, предъявляемым к подложкам. Ситалл - стеклокерамический материал, получаемый термообработкой стекла. Он достаточно легко поддается обработке: его можно прессовать, вытягивать, прокатывать и отливать центробежным способом.

Пленочные резисторы конструктивно состоят из резистивной пленки определенной конфигурации и контактных площадок в соответствии с приложением В. Параметры тонкопленочных резисторов определяются свойствами применяемых резистивных материалов, толщиной резистивной пленки и условиями ее формирования. Для создания ГИС необходимы резистивные пленки с удельным поверхностным сопротивлением ρS от десятков до десятков тысяч Ом на квадрат. Чем меньше толщина пленок, тем выше ρS, но одновременно повышается ТКР, а также ухудшается временная и температурная стабильность пленок.

В качестве резистивных материалов используют чистые металлы и сплавы с высоким электрическим сопротивлением, а также специальные резистивные материалы – керметы, которые состоят из частиц металла и диэлектрика. Широко распространены пленки хрома и тантала. Из сплавов часто используют нихром, имеющий малое значение ρS по сравнению с пленками чистых металлов. При сравнительно малом ТКР и высокой стабильности воспроизведения удельных поверхностных сопротивлений диапазон номиналов сплавов ρS достаточно  
 широк: 50 Ом/□ – 50 кОм/□.Параметры резистивных материалов представлены в таблице 1.2.

**Таблица 1.2 Параметры материалов пленочных резисторов**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Материал**  **резисторов** | **Материал**  **контактных**  **площадок** | **ρS**  **Ом/**□ | **άRmax**  **\*104** | **P0, Вт/см2** | **γRст. ,%** | **Способ**  **нанесения**  **пленок** |
| Хром | Медь | 500 | 0.6 | 1 | 1.5 | Термическое  напыление |
| Нихром | медь | 300 | ±1 | 2 | 1.1-1.3 |
| Сплав  МЛТ-3М | Медь с  подслоем  нихрома | 500 | ±2 | 2 | ±0.5 |
| Рений | - | 300-7000 | 0-20 | - |  |
| Тантал | Тантал | 10 | -2 | 3 | 1 | Термическое  напыление |
| РС-3001 | Золото с  подслоем  нихрома | 1000-2000 | -0,2 | 2 | 0,5 |
| Нитрид Та |  | 200 | 0 | 3 | 0.2 |

К плёночным резисторам предъявляются следующие основные требования:

1. стабильность во времени;
2. малая занимаемая площадь на подложке;
3. низкий температурный коэффициент сопротивления;
4. требуемая мощность рассеяния;
5. низкий уровень шумов;
6. малые значения паразитных параметров.

В техническом задании имеются резисторы со следующими характеристиками: R = 1100:12000 Ом, γR = 15%, P=10:25мВт. Наиболее часто для материалов резисторов используют хром, нихром, тантал, нитрид тантала, сплавы МЛТ-3М и РС-3001. Нихром, тантал и нитрид тантала имеют небольшое значение ρs: не более 300 Ом/□, что при моём интервале сопротивлений даст большие геометрические размеры элементов. У хрома значение Р0=1Вт/см, что увеличит значение bp, а значит  
 и размеры моих резисторов. Сплав МЛТ-3М имеет ρs всего 500 Ом/□,  
 а РС-3001 - 1000÷2000 Ом/□, что даст мне возможность получить резисторы с оптимальными размерами. Так же РС-3001 имеет значение γRст всего 0.5%.   
В силу приведённых выше преимуществ я выбрал сплав РС-3001.

Элементы пленочной ГИС объединяются в единую систему с помощью системы пленочных коммутационных проводников, которые в местах соединения с другими пленочными элементами образуют контактные пары. Контактные площадки в ГИС необходимы для присоединения внешних выводов ГИС и выводов навесных элементов.

К проводникам предъявляется масса требований: они должны с минимальными потерями проводить напряжение питания к функциональным компонентам ГИС, с минимальными искажениями передавать сигналы, обеспечивать надежный контакт с элементами гибридной интегральной схемы. Требования, предъявляемые к пленочным проводникам и контактным площадкам, в ряде случаев являются противоречивыми. Например, с увеличением ширины проводника уменьшается индуктивность, но растёт ёмкость относительно близлежащих элементов.

При изготовлении коммутационных соединений и контактных площадок тонкопленочной ГИС часто применяют многослойную структуру, состоящую из подслоя, токопроводящего и защитного слоев. Подслой, выполняемый из нихрома, хрома, ванадия и других материалов, улучшает адгезию токопроводящих слоев с подложкой. Для проводящих слоёв хорошо подходят золото, медь, тантал, Al. Верхний слой многослойной структуры выполняется из никеля, серебра и служит для защиты от внешних воздействий. Для защиты проводников и контактных площадок иногда производят их облуживание припоем. Из проводящих материалов часто применяются золото, медь, алюминий. Золото – очень дорогой материл, так же он требует нанесения подслоя из нихрома, его используют в микросхемах повышенной надёжности, в моём же случае это не обязательно. Медь для защиты от коррозии нужно обязательно покрывать слоем золота, никеля или серебра, что повысит стоимость. Для пайки медные контактные площадки облуживают погружением схемы в припой, но тогда надо защищать остальные плёночные элементы. В качестве материала проводников я выбрал алюминий. Он обладает высокой коррозийной стойкостью, никелируют его только для пайки. В моём случае присоединение выводов осуществляется сваркой, а потому алюминий я могу использовать без дополнительных слоёв. Так же он дёшев, широко распространён. В соответствии с таблицей 1.2 материалом контактных площадок для РС-3001 является структура: золото с подслоем нихрома. Так как я для этой цели использую алюминий, я обязан увеличить значение γRК на 1%.

**1.2 Выбор конструкции пленочных элементов и описание методики их расчета**

**1.2.1 Резистор.**

Пленочный резистор конструктивно состоит из резистивной пленки, имеющей определенную конфигурацию, и контактных площадок. На рисунке 1.1 представлены наиболее часто применяемые их конфигурации: на рисунке 1.1 а - резистор прямоугольной формы, подходящий для резисторов с небольшим сопротивлением и коэффициентом формы меньше 10, на рисунке 1.1 б – резистор типа меандр. Данную конфигурацию используют для резисторов с большим сопротивлением и коэффициентом формы больше 10. Во всех конфигурациях отсутствуют наклонные кривые линии различных радиусов, поэтому изготовление фотошаблонов резистивных слоев ГИС существенно упрощается.

**1.2.3 Описание методики расчета резистора**

Конструктивный расчет тонкопленочных резисторов заключается в определении формы, геометрических размеров и минимальной площади, занимаемой резисторами на подложке. При этом необходимо, чтобы резисторы обеспечивали рассеивание заданной мощности при удовлетворении требуемой точности γR в условиях существующих технологических возможностей.

Порядок расчета резистора прямоугольной формы

Рассчитаем коэффициент формы Кф по формуле (1.1)

Кф =  (1.1)

где R – номинальное значение сопротивления, Ом;

ρS – поверхностное сопротивление материала, Ом/□.

Рассчитаем минимальную ширину резистора bр, мм, при которой обеспечивается заданная мощность по формуле (1.2)

bр =  (1.2)

где Р – мощность, Вт;

Р0 –предельное значение удельной мощности рассеяния, Вт/см2.

Рассчитаем температурную погрешность γRt,%, по формуле (1.3)

γRt = άR\*(tmax - 20°C)\*100% (1.3)

где άR – температурный коэффициент сопротивления, 1/°С;

tmax – температурный диапазон, °С.

Рассчитаем относительную погрешность коэффициента формы γКфmax,%, по формуле (1.4)

γКфmax = γR - γρs - γRt - γRk - γRст (1.4)

где γR  - относительная погрешность сопротивления, %;

γρs - относительная погрешность формирования поверхностного сопротивления ,%;

γRt  - температурная погрешность, %;

γRk  - погрешность сопротивления контактной области, %;

γRст - относительная погрешность сопротивления, %.

Рассчитаем минимальную ширину резистора bточн, мм, обусловленную точностью воспроизведения, по формуле (1.5)

bточн =  (1.5)

где ∆l,∆b – абсолютная погрешность формирования геометрических размеров, мм;

Выбираем ширину резистора не меньше самого большого из трех значений bтехн, bP, bточн  по формуле (1.6)

b > = max (bтехн; bP; bточн) (1.6)

где bтехн – разрешающая способность метода формирования пленки, мм.

Рассчитаем рабочую длину резистора l, мм, по формуле (1.7)

l = b\*КФ  (1.7)

Рассчитаем полную длину резистивной пленки l0, мм, по формуле (1.8)

l0 = l + 2\*l1 (1.8)

где l1 - величина перекрытия резистивной и проводящей пленок, мм.

Площадь S, мм, занимаемая резистором рассчитывается по формуле (1.9)

S = b\*l0 (1.9)

**1.3 Расчет топологических размеров элементов**

**1.3.1 Расчет топологических размеров резисторов**

В результате проведения расчетов у меня получилось 13 резисторов прямоугольной формы, эскиз которого приведён на рисунке 1.1 а. Результаты расчёта резисторов приведены в таблице 1.4.

**Таблица 1.4 Результаты расчета резисторов.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование**  **элемента** | **КФ** | **bP**  **мм** | **γRt**  **%** | **γКфmax**  **%** | **bтех**  **мм** | **bточн**  **мм** | **b**  **мм** | **l**  **мм** | **l0**  **мм** | **S**  **мм2** |
| R1 | 1 | 0,7 | 2.1 | 8,4 | 0,2 | 0,48 | 0,8 | 0,8 | 1,3 | 0,91 |
| R2 | 2.5 | 0,45 | 2.1 | 8.4 | 0,2 | 0,33 | 0,45 | 1,13 | 1,73 | 0,78 |
| R3 | 5.1 | 0.31 | 2.1 | 8.4 | 0,2 | 0,29 | 0,35 | 1,8 | 2,4 | 0,84 |
| R4 | 3 | 0,5 | 2.1 | 8.4 | 0,2 | 0,32 | 0,5 | 1,5 | 2,1 | 1,05 |
| R5 | 7.3 | 0,37 | 2.1 | 8.4 | 0,2 | 0,27 | 0,4 | 2,9 | 3,5 | 1,4 |
| R6 | 11 | 0,34 | 2.1 | 8.4 | 0,2 | 0,5 | 0,5 | 5,5 | 6,1 | 3,05 |
| R7 | 6.5 | 0,39 | 2.1 | 8.4 | 0,2 | 0,27 | 0,4 | 2,6 | 3,2 | 1,28 |
| R8 | 1 | 0,7 | 2.1 | 8,4 | 0,2 | 0,48 | 0,8 | 0,8 | 1,3 | 0,91 |
| R9 | 5.1 | 0.31 | 2.1 | 8.4 | 0,2 | 0,29 | 0,35 | 1,8 | 2,4 | 0,84 |
| R10 | 3 | 0,5 | 2.1 | 8.4 | 0,2 | 0,32 | 0,5 | 1,5 | 2,1 | 1,05 |
| R11 | 6.5 | 0,39 | 2.1 | 8.4 | 0,2 | 0,27 | 0,4 | 2,6 | 3,2 | 1,28 |
| R12 | 7.3 | 0,37 | 2.1 | 8.4 | 0,2 | 0,27 | 0,4 | 2,9 | 3,5 | 1,4 |
| R13 | 2.5 | 0,45 | 2.1 | 8.4 | 0,2 | 0,33 | 0,45 | 1,13 | 1,73 | 0,78 |

**1.4 Выбор размера платы и разработка топологии платы**

При разработке топологии ГИС, согласно приложению Б, за основу принимается принципиальная электрическая схема, преобразованная с учетом конструктивных особенностей плёночных и навесных элементов, а также межсоединений.

В ГИС пересечения проводников осуществляются двумя способами: через диэлектрик и под проволочными выводами активных элементов. В первом случае два проводника, в месте их пересечения, разделяются слоем диэлектрика, но за счёт этого появляются значительные паразитные ёмкости, поэтому чаще пользуются вторым методом, когда проводники проходят под выводами навесных элементов.

На топологическом чертеже плату изображают со всеми нанесёнными на нее слоями, с указанием позиционных изображений элементов в соответствии с принципиальной электрической схемой. Каждый слой обозначают соответствующей штриховкой. Контактные площадки нумеруются, начиная с левого нижнего угла чертежа.

При конструировании ГИС необходимо выполнять общие правила и ограничения:

1. навесные компоненты рекомендуется по возможности располагать рядами, параллельными сторонам платы;
2. не допускается установка навесных компонентов на плёночные конденсаторы, плёночные индуктивности и пересечения плёночных проводников;
3. не допускаются резкие изгибы и натяжение проволочных проводников. Не рекомендуется делать перегиб проволочного вывода через навесной компонент;
4. не допускается оставлять незакреплёнными участки гибких выводов длиной более 3 мм;
5. проволочные вывода навесных элементов надо стараться проводить как можно дальше друг от друга, так как они не натянуты и могут соприкоснуться, вызвав тем самым короткое замыкание.

Топологический эскиз моей ГИС имеет следующие особенности:

- самый большой навесной элемент – ИМС – расположен в левом верхнем углу;

- три транзистора VT5, VT6, VT9 расположены в левом нижнем углу, в ряд;

- транзисторы VT1, VT2, VT3, VT4 расположены группой в правом верхнем углу;

- самый большой резистор R6 расположен в центре платы, вертикально;

- контактных площадок 14, из них 9 расположены на верхней стороне платы, 5 - на нижней.

Площадь платы рассчитывают по формуле (1.33)

S = K \*( +++\* n ) (1.33)

где К – коэффициент использования площади платы, 2 – 3;

SRi – площадь i-го резистивного элемента;

SCi – площадь i-го емкостного элемента;

Sаэ – площадь навесного элемента;

Sкп –площадь контактной площадки;

n – число контактных площадок;

n,m,k – число резисторов, пленочных конденсаторов, и навесных компонентов.

В результате расчета топологии тонкопленочной ГИС данной электрической схемы по формуле (1.33) получается:

S = 3\*(15,57+18+2,8) = 109,11мм2

Плата выбирается та, площадь которой наиболее близка к рассчитанной величине S. В соответствии с результатами расчета S по таблице 1.6 мне подходят платы №10 и № 15, их площадь равна S=120мм2. Но при разработке топологического эскиза я столкнулся с проблемой нехватки места для расположения на плате всех элементов и последующего их соединения. Это связано с особенностями схемы: элементы соединяются таким образом, что невозможно обеспечить минимальную длину плёночных проводников, а значит, проводники будут занимать слишком большую площадь. Чтобы обеспечить расположение всех элементов я выбрал большую плату с площадью 192мм2. Это плата №8, имеющая размеры 12\*16мм. Данные размеры позволили обеспечить оптимальное расположение элементов на плате.

**Таблица 1.6 Типоразмеры плат ГИС (размеры, мм)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ типоразмера** | **Ширина** | **Длина** | **№ типоразмера** | **Ширина** | **Длина** | **№ типоразмера** | **Ширина** | **Длина** | **№ типоразмера** | **Ширина** | **Длина** |
| 1 | 96 | 120 | 6 | 20 | 24 | 11 | 5 | 6 | 16 | 8 | 10 |
| 2 | 60 | 96 | 7 | 16 | 20 | 12 | 2,5 | 4 | 17 | 24 | 60 |
| 3 | 48 | 60 | 8 | 12 | 16 | 13 | 16 | 60 | 18 | 15 | 48 |
| 4 | 30 | 48 | 9 | 10 | 16 | 14 | 32 | 60 | 19 | 20 | 45 |
| 5 | 24 | 30 | 10 | 10 | 12 | 15 | 8 | 15 | \_ | \_ | \_ |

При проектировании ГИС надо выполнять основные конструктивные и технологические ограничения, приведённые в таблице 1.7. Так же следует выполнять общие правила и ограничения:

1. в одной микросхеме следует применять навесные компоненты с одинаковым диаметром и материалом гибких выводов;
2. навесные компоненты рекомендуется по возможности располагать рядами, параллельными сторонам платы;
3. не допускается установка навесных компонентов на плёночные конденсаторы, индуктивности;
4. не допускаются резкие изгибы и натяжения проволочных проводников.

**Таблица 1.7 Конструктивно-технологические ограничения ГИС**

|  |  |
| --- | --- |
| **Содержание ограничения** | **Размер ограничения, мм** |
| Минимально допустимый размер резистора, мм  b  l | 0,1  0,3 |
| Минимально допустимые расстояния между плёночными элементами, расположенными в одном слое | 0,3 |
| Максимально допустимые расстояния между плёночными элементами, расположенными в разных слоях | 0,2 |
| Перекрытия для совмещения плёночных элементов, расположенные в разных слоях | 0,2 |
| Минимальное расстояние от плёночных элементов до края платы | 0,5 |
| Минимальная ширина плёночных проводников | 0,1 |
| Минимально допустимое расстояние между краем плёночного резистора и краем его контактной площадки | 0,2 |
| Минимально допустимое расстояние:  между краями диэлектрика и нижней обкладки конденсатора | 0,1 |
| Между краями верхней и нижней обкладок конденсатора | 0,2 |
| Между краем диэлектрика и соединением вывода конденсатора с другим плёночным элементом | 0,3 |
| Между краем диэлектрика и нижней обкладкой конденсатора в месте вывода верхней обкладки | 0,2 |
| От плёночного конденсатора до приклеиваемых навесных компонентов | 0,5 |
| Минимальная площадь перекрытия обкладок конденсатора | 0,5\*0,5 |
| Минимальные расстояния от края навесного компонента, до:  Края другого компонента | 0,4 |
| Края навесного пассивного компонента | 0,6 |

**Заключение**

В ходе разработки курсового проекта сделано следующее:

1. выбран материал для подложки, резисторов и контактных площадок (выбор материалов был сделан в соответствии с приведёнными таблицами).
2. выбраны конструкции элементов и приведено описание методики их расчёта;
3. разработаны эскизы конструкций, приведены результаты расчётов топологических размеров элементов;
4. произведён расчёт площади платы, выбрана платы из таблицы типоразмеров плат ГИС.

В графической части приведены:

1. схема электрическая принципиальная (формат А3);
2. топологический чертёж (формат А1);
3. топологический чертёж резистивного слоя (формат А1);

В итоге курсового проекта была составлена документация, в заключение которой были перечислены источники используемой литературы.

**Список использованных источников**

Коледов Л.А. Конструирование и технология микросхем: учебник.  
М.: Высшая школа,1984.-231с.

Николаев И.М. Интегральные микросхемы и основы их проектирования: учебник. М.: Радио и связь,1992.-424с.

Малышева И.А. Технология производства интегральных микросхем: учебник М.: Радио и связь,1991.-344с.