**Усилители: конструкция и эксплуатация**

**Введение**

В настоящее время усилители получили очень широкое распространение практически во всех сферах человеческой деятельности: в промышленности, в технике, в медицине, в музыке, на транспорте и во многих других. Усилители являются необходимым элементом любых систем связи, радиовещания, акустики, автоматики, измерений и управления. Но прежде, чем усилитель стал таким распространенным ему пришлось пройти очень долгий путь.

Активным элементом первых усилителей была электронная лампа. Такие усилители были громоздки, потребляли много энергии и быстро выходили из строя. Только в середине нашего столетия после долгих упорных поисков и трудов наконец удалось впервые создать усилительный полупроводниковый прибор, заменяющий электронную лампу. Это важное открытие произвело крупный переворот в радиоэлектронике. Габариты транзисторных усилителей стали в несколько раз меньше ламповых, а потребляемая мощность - в десятки раз меньше. К тому же значительно увеличилась надежность.

Но научно-технический прогресс на этом не остановился. Появилась первая микросхема. Сейчас широко применяются усилители, полностью собранные на микросхемах и микросборках. Практически единственная проблема на сегодняшний день - это отвод тепла. Так как мощные усилители рассеивают большое количество тепла, необходимо интенсивно отводить это тепло, что не позволяет миниатюризировать мощные усилители.

Следующим этапом развития является технология поверхностного монтажа кристаллов. Технология поверхностного монтажа кристаллов обеспечивает миниатюризацию радиоэлектронной аппаратуры при росте ее функциональной сложности. Навесные компоненты намного меньше, чем монтируемые в отверстия, что обеспечивает более высокую плотность монтажа и уменьшает массо-габаритные показатели. Наряду с этим для большей миниатюризации применяют микросборки и гибридные интегральные схемы.

В настоящее время многие усилители выполняются на печатных платах. Применение печатных плат дало возможность, по сравнению с объемными конструкциями, увеличить плотность монтажа, надежность, ремонтопригодность, уменьшить массу конструкции, разброс параметров и так далее.

В данном курсовом проекте при изготовлении усилителя звуковой частоты используется двусторонняя печатная плата, изготовленная позитивным комбинированным методом.

**1. Назначение и условия эксплуатации**

Данный усилитель предназначен для воспроизведения монофонических музыкальных программ и рассчитан на работу с радиоприемником, магнитофоном, электропроигрывающим устройством или проигрывателем компакт дисков, снабженным предварительным корректирующим усилителем.

Особенностью этого усилителя является использование микросхемы, специально предназначенной для сборки бестрансформаторного усилителя низкой частоты звуковоспроизводящей аппаратуры I и II классов. Это позволило упростить усилитель в целом и обеспечить сравнительно высокие характеристики.

Так, полоса пропускания усилителя при номинальной выходной мощности и неравномерности частотной характеристики 1,5 дБ составляет 40-16 000 Гц. При этом уровень шума не превышает -50 дБ. Чувствительность усилителя 50 мВ, входное сопротивление 50 кОм, номинальная мощность на нагрузке 8-10 Ом 8 Вт при коэффициенте гармоник - не более 1%. Усилитель снабжен раздельными регуляторами тембра по низшим и высшим частотам, диапазон регулирования на частотах 100 и 10 000 Гц составляет +20...-18 дБ. При максимальной выходной мощности усилитель потребляет от сети не более 25 Вт.

Данный усилитель предназначен для эксплуатации в районах умеренного климата при температуре воздуха 25100С, относительной влажности воздуха 6015% и атмосферным давлением 630-800 мм рт. ст.

**2. Выбор варианта конструкции**

Проанализировав электрическую принципиальную схему с точки зрения конструкции радиоэлементов, я обнаружил, что практически все радиоэлементы (резисторы, конденсаторы, транзисторы, стабилитроны, микросхема) не имеют бескорпусных аналогов.

Сложив мощности рассеивания всех радиоэлементов, получили суммарную мощность рассеивания более 2 Вт. При такой мощности рассеивания изготовление данной схемы на ГИС нецелесообразно, так как потребуется дополнительный отвод тепла. В схеме также присутствуют конденсаторы емкостью до 200 мкФ, а по конструктивным требованиям конденсаторы емкостью более 0,033 мкФ в виде пленочного элемента не выполняются, а бескорпусные навесные конденсаторы изготовляются емкостью только до 1,5 мкФ. Также в схеме присутствует большой разброс параметров, что еще раз подтверждает невозможность изготовления данной схемы на ГИС.

Учитывая все вышеперечисленные моменты, делаем вывод, что изготовление заданного устройства на ГИС не представляется возможным, поэтому принимаем решение изготавливать данное устройство на печатной плате.

В качестве несущей конструкции применяем двухстороннюю печатную плату, при этом компоновка радиоэлементов получится более плотной, соответственно и габаритные размеры печатной платы будут меньше.

В данной схеме присутствуют два мощных выходных транзистора, которым требуются дополнительный отвод тепла. Чтобы не занимать место на печатной плате, устанавливать дополнительные теплоотводы для этих транзисторов не будем. В качестве общего теплоотвода будет использоваться металлический корпус кожуха. Эти транзисторы через слюдяную прокладку устанавливаются на задней стенке кожуха, и затем хомутками и винтами М3 закрепляются на ней. Слюдяная прокладка нужна для того, чтобы не было электрического контакта между коллекторами транзисторов.

Также на задней стенке закрепляются входной и выходной разъемы. На передней панели устанавливаются переменные резисторы регулировки громкости и тембра по высшим и низшим частотам.

Остальные радиоэлементы дополнительного крепления не требуют.

В геометрических размерах печатной платы следует предусмотреть припуск на технологическое поле для отверстий, с помощью которых печатная плата крепится при изготовлении печатных проводников.

**3. Выбор материалов**

Для изготовления печатной платы нам необходимо выбрать следующие материалы: материал для диэлектрического основания печатной платы, материал для печатных проводников и материал для защитного покрытия от воздействия влаги. Необходимость применения защитного покрытия мы рассмотрим несколько ниже. Сначала мы определим материал для диэлектрического основания печатной платы.

Существует большое разнообразие фольгированных медью слоистых пластиков. Их можно разделить на две группы:

на бумажной основе;

на основе стеклоткани.

Эти материалы в виде жестких листов формируются из нескольких слоев бумаги или стеклоткани, скрепленных между собой связующим веществом путем горячего прессования. Связующим веществом обычно являются фенольная смола для бумаги или эпоксидная для стеклоткани. В отдельных случаях могут также применяться полиэфирные, силиконовые смолы или фторопласт. Слоистые пластики покрываются с одной или обеих сторон медной фольгой стандартной толщины.

Характеристики готовой печатной платы зависят от конкретного сочетания исходных материалов, а также от технологии, включающей и механическую обработку плат.

В зависимости от основы и пропиточного материала различают несколько типов материалов для диэлектрической основы печатной платы.

Фенольный гетинакс - это бумажная основа, пропитанная фенольной смолой. Гетинаксовые платы предназначены для использования в бытовой аппаратуре, поскольку очень дешевы.

Эпоксидный гетинакс - это материал на такой же бумажной основе, но пропитанный эпоксидной смолой.

Эпоксидный стеклотекстолит - это материал на основе стеклоткани, пропитанный эпоксидной смолой. В этом материале сочетаются высокая механическая прочность и хорошие электрические свойства.

Прочность на изгиб и ударная вязкость печатной платы должны быть достаточно высокими, чтобы плата без повреждений могла быть нагружена установленными на ней элементами с большой массой.

Как правило, слоистые пластики на фенольном, а также эпоксидном гетинаксе не используются в платах с металлизированными отверстиями. В таких платах на стенки отверстий наносится тонкий слой меди. Так как температурный коэффициент расширения меди в 6-12 раз меньше, чем у фенольного гетинакса, имеется определенный риск образования трещин в металлизированном слое на стенках отверстий при термоударе, которому подвергается печатная плата в машине для групповой пайки.

Трещина в металлизированном слое на стенках отверстий резко снижает надежность соединения. В случае применения эпоксидного стеклотекстолита отношение температурных коэффициентов расширения примерно равно трем, и риск образования трещин в отверстиях достаточно мал.

Из сопоставления характеристик оснований (см. дальше) следует, что во всех отношениях (за исключением стоимости) основания из эпоксидного стеклотекстолита превосходят основания из гетинакса.

Печатные платы из эпоксидного стеклотекстолита характеризуются меньшей деформацией, чем печатные платы из фенольного и эпоксидного гетинакса; последние имеют степень деформации в десять раз больше, чем стеклотекстолит.

Некоторые характеристики различных типов слоистых пластиков представлены в таблице 1.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип | Максимальная рабочая температура, 0C | Время пайки при 2600 С, сек | Сопротивление изоляции, МОм | Объемное сопротивление, МОм | Диэлектрическая постоянная, ε |
| Фенольный гетинакс | 110-120 | 5 | 1 000 | 1·104 | 5,3 |
| Эпоксидный гетинакс | 110-120 | 10 | 1 000 | 1·105 | 4,8 |
| Эпоксидный стеклотекстолит | 130-150 | 20 | 10 000 | 1·106 | 5,4 |

Сравнивая эти характеристики, делаем вывод, что для изготовления двусторонней печатной платы следует применять только эпоксидный стеклотекстолит.

В качестве фольги, используемой для фольгирования диэлектрического основания можно использовать медную, алюминиевую или никелевую фольгу. Однако, алюминиевая фольга уступает медной из-за плохой паяемости, а никелевая - из-за высокой стоимости. Поэтому в качестве фольги выбираем медь.

Медная фольга выпускается различной толщины. Стандартные толщины фольги наиболее широкого применения - 17,5; 35; 50; 70; 105 мкм. Во время травления меди по толщине травитель воздействует также на медную фольгу со стороны боковых кромок под фоторезистом, вызывая так называемое подтравливание. Чтобы его уменьшить обычно применяют более тонкую медную фольгу толщиной 35 и 17,5 мкм. Поэтому выбираем медную фольгу толщиной 35 мкм.

Исходя из всех вышеперечисленных сравнений для изготовления двусторонней печатной платы позитивным комбинированным способом выбираем фольгированный стеклотекстолит СФ-2-35.

Теперь рассмотрим необходимость применения защитного покрытия от влаги. В разделе “НАЗНАЧЕНИЕ И УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ” мы описали, что данный усилитель предназначен для эксплуатации в нормальных условиях при температуре 25100 С и относительной влажности воздуха 6015%. То есть казалось, что никакого защитного покрытия от влаги не требуется, однако в действительности все обстоит несколько иначе. Многое зависит от помещений, в которых будет эксплуатироваться данный усилитель.

Например, на первом этаже деревянного дома с печным отоплением относительная влажность воздуха может достигать 90% и неделями держаться на этом уровне. На верхних этажах таких домов она иногда превышает 83%, изменяясь в течение суток от максимума в предрассветные часы до минимума в середине дня. В домах с центральным отоплением в зимнее время влажность часто падает ниже 40%. Аналогичные условия могут быть в кирпичных и железо-бетонных зданиях.

Таким образом, нормальные условия при эксплуатации радиоаппаратуры выдерживаются далеко не всегда. Прежде всего, это относится к влажности воздуха. Следует отличать абсолютную влажность, характеризующую количество водяного пара в граммах, содержащегося в 1 м3 воздуха, от относительной влажности, представляющей собой выраженное в процентах отношение абсолютной влажности к тому количеству водяного пара, при котором воздух насыщен при каждой данной температуре (дальнейшее его насыщение невозможно - избыток влаги выпадает в виде росы). Повышение температуры приводит к уменьшению относительной влажности, а понижение, наоборот,- к увеличению ее вплоть до выпадения росы.

Нередко радиоаппаратуру устанавливают возле окна. При проветривании помещения в теплое время года влажный наружный воздух обдувает ее, попадает через вентиляционные отверстия внутрь футляра, и, если температура вне помещения выше, чем внутри, относительная влажность воздуха в футляре растет, может выпасть роса. Такая же картина наблюдается и зимой, но в этом случае внешний воздух охлаждает блоки радиоаппаратуры, и роса выпадает на них из влажного воздуха помещения. Этим объясняется требование инструкций по эксплуатации выдерживать внесенный с улицы в помещение аппарат не менее двух часов, не извлекая из упаковки (коробка защищает его от влажного воздуха).

Действие влажного воздуха на радиоаппаратуру объясняется малыми размерами молекул воды (до 3·10-8 см). Это позволяет ей проникать в мельчайшие поры и трещины диэлектриков, а так как она хорошо растворяет соли и щелочи, то происходящий при этом процесс электролитической диссоциации приводит к образованию проводящих электролитов, резко снижающих поверхостное и объемное сопротивление изоляции.

Даже при нормальной относительной влажности воздуха (65%) все тела покрыты тончайшей (0,001...0,01 мкм) пленкой влаги, которая может быть непрерывной (на гидрофильной поверхности) или прерывистой (на гидрофобной). С ростом относительной влажности толщина пленки растет и при 93...96% достигает сотни микрон, резко снижая поверхостное сопротивление изолятора.

Уменьшение поверхостного и объемного сопротивлений приводит к шунтированию элементов, появлению гальванических связей между ними, возрастанию потерь в конденсаторах и трансформаторах, падению добротности катушек и так далее. Все это вызывает ухудшение работы аппарата и в ряде случаем выход его из строя из-за электрических пробоев.

Весьма опасна, особенно для серебра и олова, электрохимическая коррозия, приводящая к нарушению паяных соединений в печатном монтаже, возрастанию переходного сопротивления контактов реле и переключателей (вплоть до полного разрыва цепи). Большую опасность высокая относительная влажность представляет для самих печатных плат: из-зи небольших расстояний между проводниками появление пленки и капель влаги приводит к пробою между ними.

Следовательно, воздух с высокой (более 80%) относительной влажностью, действующей длительное время на радиоаппаратуру,- фактор, который необходимо учитывать при ее конструировании и эксплуатации. Ежедневная работа в течение четырех-пяти часов в какой-то мере предохраняет радиоаппаратуру от повреждения в этих условиях.

Способы защиты радиоэлектронной аппаратуры от действия влажного воздуха бывают пассивными и активными. Пассивная защита основана на создании барьера, либо замедляющего проникновение влаги, либо полностью изолирующего его от влажного воздуха. В первом случае это достигается пропиткой или покрытием объекта различными веществами (смолами, лаками, компаундами), во втором - помещением его в герметичный корпус (металлический корпус, стеклянный или керамический баллон). Активная защита заключается в поглощении влаги адсорбентами, снижающими относительную влажность воздуха в кожухе аппарата до безопасного уровня.

Пассивные способы в настоящее время - основные при защите радиоаппаратуры. Следует, однако, отметить, что полная герметизация бытовых аппаратов обычно не применяется из-за большой стоимости, значительной материалоемкости, увеличения массы и объема аппарата, сложности уплотнения осей ручек управления, плохой ремонтопригодности и так далее.

Самый распространенный и дешевый способ защиты гетинаксовых и стеклотекстолитовых печатных плат - покрытие их бакелитовыми, эпоксидными и другими лаками или эпоксидной смолой. Наиболее стойко к действию влаги покрытие из эпоксидной смолы, обеспечивающее самое высокое поверхостное сопротивление. Несколько хуже защитные свойства перхлорвиниловых, фенольных и эпоксидных лаков. Плохо защищает покрытие из полистирола, но в отличие от остальных, при помещении изделия в нормальные условия оно быстро восстанавливает свои свойства.

Далее приведены наиболее распространенные материалы, применяемые для защитных покрытий.

Лак СБ-1с, на основе фенолформальдегидной смолы, нанесенный на поверхность сохнет при температуре 600 С в течение 4 ч, наносят его до пяти слоев с сушкой после каждого слоя, получается плотная эластичная пленка толщиной до 140 мкм.

Лак УР-231 отличается повышенной эластичностью, влагостойкостью и температуростойкостью, поэтому может применяться для гибких оснований. Лак приготовляют перед нанесением в соответствии с инструкцией и наносят на поверхность пульверизацией, погружением или кисточкой. Наносят четыре слоя с сушкой после каждого слоя при температуре 18-230 С в течение 1,5 ч.

Для аппаратуры, работающей в тропических условиях, в качестве защитного покрытия применяют лак на основе эпоксидной смолы Э-4100. Перед покрытием в лак добавляют 3,5% отвердителя № 1, смешивают и разводят смесью, состоящей из ацетона, этилцеллозольва и ксилола до вязкости 18-20 сек по вискозиметру ВЗ-4. После смешивания жидкость фильтруют через марлю, сложенную в несколько слоев. В полученную смесь погружают чистую высушенную аппаратуру. После каждого погружения стряхивают излишки смеси и ставят сушить на 10 мин, таким образом наносят шесть слоев. Это покрытие обладает малой усадкой и плотной структурой.

Исходя из вышеперечисленных сравнений выбираем для защитного покрытия от действия влаги лак УР-231.

**4. Расчетная часть**

**4.1. Определение ориентировочной площади печатной платы**

Сначала рассчитаем суммарную площадь резисторов МЛТ-0,125

S1=n1L1D1

S1=2262,2=290,4 мм2

где S1 - суммарная площадь резисторов МЛТ-0,125

n - количество резисторов МЛТ-0,125

L1 - длина резистора МЛТ-0,125, мм

D1 - ширина резистора МЛТ-0,125, мм

Рассчитаем суммарную площадь резисторов МЛТ-0,25:

S2= n2L2D2

S2=473=84 мм2

где S2 - суммарная площадь резисторов МЛТ-0,25

n2 - количество резисторов МЛТ-0,25

L2 - длина резистора МЛТ-0,25, мм

D2 - ширина резистора МЛТ-0,25, мм

Рассчитаем суммарную площадь резисторов МЛТ-0,5:

S3=n3L3D3

S3=210,84,2=90,72 мм2

где S3 - суммарная площадь резисторов МЛТ-0,5

n3 - количество резисторов МЛТ-0,5

L3 - длина резистора МЛТ-0,5, мм

D3 - ширина резистора МЛТ-0,5, мм

Рассчитаем суммарную площадь резисторов СП3-1б:

S4=n4L4D4

S4=115,58,2=127,1 мм2.

где S4 - суммарная площадь резисторов СП3-1б

n - количество резисторов СП3-1б

L4 - длина резистора СП3-1б, мм

D4 - ширина резистора СП3-1б, мм

Рассчитаем суммарную площадь конденсаторов К53-1:

S5=n5L5D5

S5=3134=156 мм2.

где S5 - суммарная площадь конденсаторов К53-1 емкостью 15 мкФх16 В.

n5 - количество конденсаторов К53-1 емкостью 15 мкФх16 В

L5 - длина конденсатора К53-1 емкостью 15 мкФх16 В, мм

D5 - ширина конденсатора К53-1 емкостью 15 мкФх16 В, мм

S6=n6L6D6

S6=1104=40 мм2

где S6 - суммарная площадь конденсаторов К53-1 емкостью 6,8 мкФх16 В.

n6 - количество конденсаторов К53-1 емкостью 6,8 мкФх16 В

L6 - длина конденсатора К53-1 емкостью 6,8 мкФх16 В, мм

D6 - ширина конденсатора К53-1 емкостью 6,8 мкФх16 В, мм

S7=n7L7D7

S7=1·17·4=68 мм2

где S7 - суммарная площадь конденсаторов К53-1 емкостью 4,7 мкФх30 В.

L7 - длина конденсатора К53-1 емкостью 4,7 мкФх30 В, мм

D7 - ширина конденсатора К53-1 емкостью 4,7 мкФх30 В, мм

Рассчитаем суммарную площадь конденсаторов К50-6:

S8=n8··r82

S8=2·3,14·32=56 мм2

где S8 - суммарная площадь конденсаторов К50-6 емкостью 10 мкФх16 В.

n8 - количество конденсаторов К50-6 емкостью 10 мкФх16 В.

=3,14

r8 - диаметр конденсатора К50-6 емкостью 10 мкФх16 В, мм

S9=n9··r92

S9=2·3,14·3,752=88 мм2

где S9 - суммарная площадь конденсаторов К50-6 емкостью 30 мкФх16 В.

n9 - количество конденсаторов К50-6 емкостью 30 мкФх16 В, мм

r9 - диаметр конденсатора К50-6 емкостью 30 мкФх16 В, мм.

S10=n10··r102

S10=1·3,14·72=154 мм2

где S10 - суммарная площадь конденсаторов К50-6 емкостью 50 мкФх25 В.

n10 - количество конденсаторов К50-6 емкостью 50 мкФх25 В.

r10 - диаметр конденсатора К50-6 емкостью 50 мкФх25 В, мм

S11=n11··r112

S11=1·3,14·62=113 мм2

где S11 - суммарная площадь конденсаторов К50-6 емкостью 100 мкФх10 В.

n11 - количество конденсаторов К50-6 емкостью 100 мкФх10 В.

r11 - диаметр конденсатора К50-6 емкостью 100 мкФх10 В, мм

S12=n12··r122

S12=1·3,14·62=113 мм2

где S12 - суммарная площадь конденсаторов К50-6 емкостью 100 мкФх16 В.

n12 - количество конденсаторов К50-6 емкостью 100 мкФх16 В.

r12 - диаметр конденсатора К50-6 емкостью 100 мкФх16 В, мм

S13=n13··r132

S13=1·3,14·92=254 мм2

где S13 - суммарная площадь конденсаторов К50-6 емкостью 200 мкФх25 В.

n13 - количество конденсаторов К50-6 емкостью 200 мкФх25 В.

r13 - диаметр конденсатора К50-6 емкостью 200 мкФх25 В, мм

S14=n14··r142

S14=1·3,14·92=254 мм2

где S14 - суммарная площадь конденсаторов К50-6 емкостью 500 мкФх25 В.

n14 - количество конденсаторов К50-6 емкостью 500 мкФх25 В.

r14 - диаметр конденсатора К50-6 емкостью 500 мкФх25 В, мм

Рассчитаем суммарную площадь конденсаторов КД-2б:

S15=n15·L15·D15

S15=1·16,5·5=82,5 мм2

где S15 - суммарная площадь конденсаторов КД-2б.

n15 - количество конденсаторов КД-2б.

L15 - длина конденсатора КД-2б, мм

D15 - ширина конденсатора КД-2б, мм

Рассчитаем суммарную площадь конденсаторов КМ-5:

S17=n17·L17·D17

S17=1·11·3,3=36,3 мм2

где S17 - суммарная площадь конденсаторов КМ-5 емкостью 0,033 мкФ.

n17 - количество конденсаторов КМ-5 емкостью 0,033 мкФ.

L17 - длина конденсатора КМ-5 емкостью 0,033 мкФ, мм

D17 - ширина конденсатора КМ-5 емкостью 0,033 мкФ, мм

S18=n18·L18·D18

S18=1·8,5·3=25,5 мм2

где S18 - суммарная площадь конденсаторов КМ-5 емкостью 0,047 мкФ.

n18 - количество конденсаторов КМ-5 емкостью 0,047 мкФ.

L18 - длина конденсатора КМ-5 емкостью 0,047 мкФ, мм

D18 - ширина конденсатора КМ-5 емкостью 0,047 мкФ, мм

S19=n19·L19·D19

S19=1·6·3=18 мм2

где S19 - суммарная площадь конденсаторов КМ-5 емкостью 0,047 мкФ.

n19 - количество конденсаторов КМ-5 емкостью 0,047 мкФ.

L19 - длина конденсатора КМ-5 емкостью 0,047 мкФ, мм

D19 - ширина конденсатора КМ-5 емкостью 0,047 мкФ, мм

S20=n20·L20·D20

S20=2·8,5·3=51 мм2

где S20 - суммарная площадь конденсаторов КМ-5 емкостью 2200 пФ.

n20 - количество конденсаторов КМ-5 емкостью 2200 пФ.

L20 - длина конденсатора КМ-5 емкостью 2200 пФ, мм

D20 - ширина конденсатора КМ-5 емкостью 2200 пФ, мм

S21=n21·L21·D21

S21=1·13·3=39 мм2

где S21 - суммарная площадь конденсаторов КМ-5 емкостью 0,01 мкФ.

n21 - количество конденсаторов КМ-5 емкостью 0,01 мкФ.

L21 - длина конденсатора КМ-5 емкостью 0,01 мкФ, мм

D21 - ширина конденсатора КМ-5 емкостью 0,01 мкФ, мм

Рассчитаем площадь микросхемы К237УН2:

S22=n22·L22·D22

S22=1·19,5·7,5=146,2 мм2

где S22 - суммарная площадь микросхемы К237УН2.

n22 - количество микросхемы К237УН2.

L22 - длина микросхемы К237УН2, мм

D22 - ширина микросхемы К237УН2, мм

Рассчитаем суммарную площадь стабилитронов Д814Б:

S23=n23·L23·D23

S23=2·15·7=210 мм2

где S23 - суммарная площадь стабилитронов Д814Б.

n23 - количество стабилитронов Д814Б.

L23 - длина стабилитронов Д814Б, мм

D23 - ширина стабилитронов Д814Б, мм

Рассчитаем суммарную площадь транзисторов КТ315Г:

S24=n24·L24·D24

S24=4·6·3=72 мм2

где S24 - суммарная площадь транзисторов КТ315Г

n24 - количество транзисторов КТ315Г

L24 - длина транзисторов КТ315Г, мм

D24 - ширина транзисторов КТ315Г, мм

Рассчитаем суммарную площадь транзисторов ГТ402:

S25=n25··r25

S25=1·3,14·5,852=107 мм2

где S25 - суммарная площадь транзисторов ГТ402

n25 - количество транзисторов ГТ402

r25 - радиус транзисторов ГТ402, мм

Рассчитаем суммарную площадь транзисторов ГТ404:

S26=n26··r26

S26=1·3,14·5,85=107 мм2

где S26 - суммарная площадь транзисторов ГТ404

n26 - количество транзисторов ГТ404

r26 - радиус транзисторов ГТ404, мм

Рассчитаем суммарную площадь транзисторов КТ605А:

S27=n27··r27

S27=1·3,14·5,85=107 мм2

где S27 - суммарная площадь транзисторов КТ605А

n27 - количество транзисторов КТ605А

r27 - радиус транзисторов КТ605А , мм

Далее рассчитаем суммарную площадь всех радиоэлементов:

S=S1+S2+S3+S4+S5+S6+S7+S8+S9+S10+S11+S12+S13+S14+S15+S16+S17+S18+S19+S20+S21+S22+S23+S24+S25+S26+S27

S=303,6+84+136+127,1+156+40+68+56+88+154+113+113+254+254+  
+82,5+200+36,3+25,5+18+51+39+146,2+210+72+107+107+107=3148 мм2

где S - суммарная площадь всех радиоэлементов.

Определим ориентировочную площадь печатной платы:

Sпп=2·(S+Sпров)

Sпп=2·(3148+3148)=12592 мм2

Sпров=S=3148 мм2

где Sпп - ориентировочная площадь печатной платы

Sпров - площадь печатных проводников

Исходя из рассчитанной площади печатной платы выбираем ее размер - 140х100 мм.

**4.2. Расчет минимальной ширины проводника**

Большая поверхность и хороший контакт с изоляционным основанием обеспечивает интенсивную отдачу тепла от проводника изоляционной платы и в окружающее пространство, что позволяет пропускать бльшие токи, чем через объемные проводники того же сечения. Для печатных проводников, расположенных на наружних слоях, допускается плотность тока до 20 А/мм2. При этом заметного нагрева проводников не наблюдается.

Плотность тока определяется по формуле:

D=I/S

где I=0,5 А - максимальный ток в схеме

S - площадь сечения печатного проводника, мм2

Отсюда

S=I/D

S=0,5/20=0,025 мм2

Как известно,

S=b·h

где b - ширина проводника

Отсюда

b=S/h

b=0,025/0,035=0,71 мм

Таким образом, минимальная ширина печатного проводника может быть 0,71 мм. Поэтому в качестве нормальной ширины проводника будем принимать значение 1 мм.

5. Разработка топологии печатной платы

Перед началом разработки топологии печатной платы необходимо решить вопросы, связанные с печатной платой. Решение этих вопросов поможет конструктору оптимально разместить электрорадиоэлементы на печатной плате.

В начале конструкторской работы должны быть решены вопросы, касающиеся габаритных размеров печатной платы и координат крепежных отверстий. Габаритные размеры выбираются из стандартного ряда. Выбор размеров нужно выполнять очень тщательно, поскольку малые размеры и жесткие допуски увеличивают стоимость печатной платы. Все ограничения по высоте печатного узла должны быть оговорены и сообщены конструктору, чтобы он мог их учесть при размещении на плате крупногабаритных деталей.

Для того, чтобы оптимально разместить тепловыделяющие и термочувствительные элементы конструктор должен быть проинформирован о конструкции всей аппаратуры в целом, в том числе о применяемом способе охлаждения (конвекция, принудительное воздушное охлаждение и так далее) и способе установки платы в аппаратуре (вертикальное, горизонтальное).

Также необходимо оговорить какие радиоэлементы непосредственно на плате не устанавливаются, например, ручки управления громкостью и тембром, кнопочные выключатели, светодиоды выносятся на переднюю панель, предохранители - на заднюю стенку. Для разъема, установленного на печатной плате, может потребоваться совмещение либо с отверстием в задней стенке, либо с жестко закрепленной приборной ответной гнездовой колодкой.

Часто в плате требуется предусмотреть различные окна, вырезы и прочее. Печатную плату крепят на фиксаторах с помощью специальных отверстий.

Поскольку в данном курсовом проекте изготавливается двусторонняя печатная плата, то необходимо оговорить, что количество проводников, расположенных со стороны установки радиоэлементов по возможности необходимо уменьшать. То есть основной рисунок схемы должен быть с обратной стороны печатной платы.

В печатной плате при пересечении проводников получается электрический контакт. Если он не нужен, необходимо изменять линию проведения одного из проводников, либо один из проводников выполнять на другой стороне платы. Длина проводников должна быть минимальной. Рисунок проводников должен наилучшим способом использовать отведенную для него площадь. Для обеспечения гарантий от повреждения проводников при обработке минимальная ширина проводников должна быть 0,25 мм. При ширине проводника более 3 мм могут возникнуть трудности, связанные с пайкой. Чтобы при пайке не появилось мостиков из припоя, минимальный зазор между проводниками должен быть 0,5 мм.

Для печатных проводников для двусторонней печатной платы допускается плотность тока до 20 А/мм2. Напряжение между проводниками зависит от величины минимального зазора между ними. Для печатных плат, защищенных лаком, значение рабочего напряжения можно выбрать из таблицы 1.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Таблица 1 | | | | | | | | | |
| Зазор, мм | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 1 | 2,5 |
| Uраб, В | 50 | 75 | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 250 |

При этих условиях заметного нагрева проводников не происходит.

По плотности рисунка печатные платы делятся на три класса:

1. Характеризуется наименьшей плотностью и точностью изготовления;

2. Характеризуется повышенной плотностью и точностью изготовления;

3. Характеризуется высокой плотностью и точностью изготовления.

Определить класс можно по таблице 2.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Таблица 2 | | | |
| Параметр | Размеры элементов, мм | | |
|  | 1 | 2 | 3 |
| Расстояние между проводниками, контактными площадками, проводниками и контактными площадками, проводниками и металлизированными отверстиями | 0,5 | 0,25 | 0,15 |
| Расстояние от края просверленного отверстия (зенковки) до края контактной площадки | 0,5 | 0,25 | 0,15 |
| Отношения минимального диаметра металлизированного отверстия к толщине платы | 0,4 | 0,33 | 0,33 |

По первому классу выполняются платы всех размеров, по второму - платы размером не более 240х400 мм, по третьему - платы размером не более 170х170 мм. Толщину печатной платы определяют толщиной выбранного диэлектрика, она лежит в пределах от 0,5 до 3 мм.

Чертежи печатных плат выполняют на бумаге с координатной сеткой и шагом 0,625; 1,25; 2,5 мм. Центры всех отверстий должны располагаться строго в узлах координатной сетки. Допустимые отклонения 200 мкм для первого класса, 100 мкм для второго и третьего класса. Для обеспечения свободной установки электрорадиоэлементов и протекания припоя на всю длину металлизированных отверстий диаметры отверстий должны быть больше диаметров выводов примерно на 0,2 мм. Диаметры отверстий выбираются по таблице 3.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Таблица 3. | | |
| Номинальный диаметр отверстий, мм | |  |
| Монтажные неметаллизированные отверстия | Монтажные и переходные отверстия с металлизацией | Максимальный диаметр выводов навесных электрорадиоэлементов, мм |
| 0,5 | 0,4 | - |
| 0,7 | 0,6 | до 0,4 |
| 0,9 | 0,8 | 0,5-0,6 |
| 1,1 | 1,0 | 0,7-0,8 |
| 1,6 | 1,5 | 0,9-1,3 |
| 2,1 | 2,0 | 1,4-1,7 |

Монтажные и переходные металлизированные отверстия следует выполнять без зенковки, но для обеспечения надежного соединения металлизированного отверстия с печатным проводником вокруг него на наружних сторонах печатной платы со стороны фольги делают контактную площадку. Контактные площадки выполняют круглой или прямоугольной формы, а контактные площадки, обозначающие первый вывод активного навесного электрорадиоэлемента выполняют по форме отличной от остальных. Для двусторонней печатной платы возможно уменьшение контактных площадок (при химическом методе) до 2,5 мм2 для первого класса, до 1,6 мм2 для второго класса, до 1,2 мм2 для третьего класса (без учета площади самого отверстия).

Печатные проводники должны выполняться прямоугольной формы параллельно сторонам платы и координатной сетки или под углом 450 к ним. Ширина проводника должна быть одинаковой по всей длине. Расстояние между неизолированными корпусами электрорадиоэлементов, между корпусами и выводами, между выводами соседних электрорадиоэлементов или между выводом и любой токопроводящей деталью следует выбирать с учетом допустимой разностью потенциалов между ними и предусматриваемого теплоотвода, но не менее 1 мм (для изолированных деталей не менее 0,5 мм). Расстояние между корпусом электрорадиоэлементом и краем печатной платы не менее 1 мм, между выводом и краем печатной платы не менее 2 мм, между проводником и краем печатной платы не менее 1 мм.

У электрорадиоэлементов, устанавливаемых на печатную плату, выводы диаметром более 0,7 мм не подгибать. Выводы диаметром менее 0,7 мм следует подгибать и обрезать.

Подготовку, установку (в том числе на клей), пайку интегральных микросхем, микросборок и других электрорадиоэлементов на печатную плату, а также влагозащиту их в составе печатных узлов необходимо производить с учетом требований технических условий на электрорадиоэлементы, ОСТ 11.073.063-81, ОСТ 11.074.011-79, ОСТ 11. 336.907.0-79, ОСТ 11.070.069-81.

Перечисленные выше сведения об элементах дадут возможность конструктору печатной платы разработать топологию печатной платы, определить ее геометрические размеры и координаты крепежных отверстий, оптимально разместить электрорадиоэлементы на плате. Этот чертеж является основой для всех последующих конструкторских работ.

На основе рассмотренных конструктивных требований и ограничений была разработана топология печатной платы.

6. Описание технологического процесса изготовления печатной платы комбинированным позитивным методом

Позитивный комбинированный способ является основным при изготовлении двусторонних печатных плат. Преимуществом позитивного комбинированного метода по сравнению с негативным является хорошая адгезия проводника, повышенная надежность монтажных и переходных отверстий, высокие электроизоляционные свойства. Последнее объясняется тем, что при длительной обработке в химически агрессивных растворах (растворы химического меднения, электролиты и др.) диэлектрическое основание защищено фольгой.

Технологический процесс изготовления печатной платы комбинированным позитивным методом состоит из следующих операций:

Резка заготовок

Пробивка базовых отверстий

Подготовка поверхности заготовок

Нанесение сухого пленочного фоторезиста

Нанесение защитного лака

Сверловка отверстий

Химическое меднение

Снятие защитного лака

Гальваническая затяжка

Электролитическое меднение и нанесение защитного покрытия   
ПОС-61

Снятие фоторезиста

Травление печатной платы

Осветление печатной платы

Оплавление печатной платы

Механическая обработка

Далее рассмотрим каждую операцию более подробно.

6.1. Резка заготовок

Фольгированные диэлектрики выпускаются размерами 1000-1200 мм, поэтому первой операцией практически любого технологического процесса является резка заготовок. Для резки фольгированных диэлектриков используют роликовые одноножевые, многоножевые и гильотинные прецизионные ножницы. На одноножевых роликовых ножницах можно получить заготовки размером от 50 х 50 до 500 х 900 мм при толщине материала 0,025-3 мм. Скорость резания плавно регулируется в пределах 2-13,5 м/мин. Точность резания 1,0 мм. Для удаления пыли, образующейся при резании заготовки, ножницы оборудованы пылесосом. В данном технологическом процессе будем применять одноножевые роликовые ножницы при скорости резания 5 м/мин.

Из листов фольгированного диэлектрика одноножевыми роликовыми ножницами нарезаем заготовки требуемых размеров с припуском на технологическое поле по 10 мм с каждой стороны. Далее с торцов заготовки необходимо снять напильником заусенцы во избежание повреждения рук во время технологического процесса. Качество снятия заусенцев определяется визуально.

Резка заготовок не должна вызывать расслаивания диэлектрического основания, образования трещин, сколов, а также царапин на поверхности заготовок.

6.2. Пробивка базовых отверстий

Базовые отверстия необходимы для фиксации платы во время технологического процесса. Сверловка отверстий является разновидностью механической обработки. Это одна из самых трудоемких и важных операций. При выборе сверлильного оборудования необходимо учитывать следующие основные особенности: изготовление нескольких тысяч отверстий в смену, необходимость обеспечения перпендикулярных отверстий поверхности платы, обработка плат без заусенцев. При сверлении важнейшими характеристиками операции являются: конструкция сверлильного станка, геометрия сверла, скорость резания и скорость осевой подачи. Для правильной фиксации сверла используются специальные высокоточные кондукторы. Кроме того, необходимо обеспечить моментальное удаление стружки из зоны сверления. Как известно стеклотекстолит является высокоабразивным материалом, поэтому необходимо применять твердосплавные сверла. Применение сверл из твердого сплава позволяет значительно повысить производительность труда при сверлении и улучшить чистоту обработки отверстий. В большинстве случаев заготовки сверлят в пакете, высота пакета до 6 мм.

В данном технологическом процессе заготовки будем сверлить в пакете на сверлильном станке С-106. Скорость вращения сверла при этом должна быть в пределах 15 000-20 000 об/мин, а осевая скорость подачи сверла - 5-10 мм/мин Заготовки собираются в кондукторе, закрепляются и на сверлильном станке просверливаются базовые отверстия.

6.3. Подготовка поверхности заготовок

От состояния поверхности фольги и диэлектрика во многом определяется адгезия наносимых впоследствии покрытий. Качество подготовки поверхности имеет важное значение как при нанесении фоторезиста, так и при осаждении металла.

Широко используют химические и механические способы подготовки поверхности или их сочетание. Консервирующие покрытия легко снимаются органическим растворителем, с последующей промывкой в воде и сушкой. Окисные пленки, пылевые и органические загрязнения удаляются последовательной промывкой в органических растворителях (ксилоле, бензоле, хладоне) и водных растворах фосфатов, соды, едкого натра.

Удаление оксидного слоя толщиной не менее 0,5 мкм производят механической очисткой крацевальными щетками или абразивными валками. Недостаток этого способа - быстрое зажиривание очищающих валков, а затем, и очищающей поверхности. Часто для удаления оксидной пленки применяют гидроабразивную обработку. Высокое качество зачистки получают при обработке распыленной абразивной пульпой. Гидроабразивная обработка удаляет с фольги заусенцы, образующиеся после сверления, и очищает внутренние медные торцы контактных площадок в отверстиях многосторонних печатных плат от эпоксидной смолы.

Высокое качество очистки получают при сочетании гидроабразивной обработки с использованием водной суспензии и крацевания. На этом принципе работают установки для зачистки боковых поверхностей заготовок и отверстий печатных плат нейлоновыми щетками и пемзовой суспензией.

Для двусторонней механической зачистки поверхности фольгированного диэлектрика часто применяют специальную крацевальную установку. Обработка поверхности производится вращающимися латунными щетками в струе технологического раствора. Установка может обрабатывать заготовки максимальным размером 500х500 мм при их толщине 0,1-3,0 мм, частота вращения щеток 1200 об/мин, усилие поджатия плат к щеткам 147 Н.

Химическое удаление оксидной пленки (декапирование) наиболее эффективно осуществляется в 10 %-ном растворе соляной кислоты.

К качеству очистки фольгированной поверхности предъявляют высокие требования, так как от этого во многом зависят адгезия фоторезиста и качество рисунка схемы.

В данном технологическом процессе подготовка поверхности заготовок производится декапированием заготовок в 5% соляной кислоты и обезжириванием венской известью. Для этого необходимо поместить заготовки на 15 сек в 5%-ный раствор соляной кислоты при температуре 180-250 С, затем промыть заготовки в течение 2-3 мин в холодной проточной воде при температуре 180-250 С, далее зачистить заготовки венской известью в течение 2-3 мин, снова промыть заготовки в холодной проточной воде при температуре 180-250 С в течение 2-3 мин, затем декапировать заготовки в 5%-ном растворе соляной кислоты в течение 1-3 сек при температуре 180-250 С, опять промыть заготовки в холодной проточной воде в течение 1-2 мин при температуре 2020 C, промыть заготовки в дистиллированной воде при температуре 2020 C в течение 1-2 мин, и затем сушить заготовки сжатым воздухом при температуре 180-250 С до полного их высыхания. После всех этих операций необходимо проконтролировать качество зачистки поверхности фольги. Контроль рабочий.

6.4. Нанесение сухого пленочного фоторезиста

От фоторезиста очень часто требуется высокое разрешение, а это достигается только на однородных, без проколов пленках фоторезистов, имеющих хорошее сцепление с фольгой. Вот почему предъявляются такие высокие требования к предыдущим операциям. Необходимо свести до минимума содержание влаги на плате или фоторезисте, так как она может стать причиной проколов или плохой адгезии. Все операции с фоторезистом нужно проводить в помещении при относительной влажности не более 50 %. Для удаления влаги с поверхности платы применяют сушку в термошкафах.

В зависимости от применяемого фоторезиста существуют несколько методов нанесения фоторезиста на поверхность фольгированного диэлектрика. Жидкий фоторезист наносится методом окунания, полива, разбрызгиванием, электростатическим распылением с последующей сушкой при температуре 400 С в центрифуге до полного высыхания. Такая сушка обеспечивает равномерность толщины слоя. Сухие пленочные фоторезисты наносятся ламинированием.

При применении жидкого фоторезиста необходимо обеспечивать высокую равномерность наносимого слоя по заготовке и исключать потерю фоторезиста. Известны установки нанесения жидкого фоторезиста валковым способом с последующей сушкой теплонагревателями. Этот способ обеспечивает равномерную толщину фоторезиста на заготовках с предварительно просверленными отверстиями.

Более производительной является заготовка нанесения жидкого фоторезиста способом медленного вытягивания заготовки с заданной скоростью из объема фоторезиста. При этом обеспечивается толщина наносимого слоя фоторезиста в 3-4 мкм. Такая установка может обрабатывать заготовки размерами от 70х80 мм до 500х500 мм, при объеме ванны 0,35 м3, скорости вытягивания заготовки 0,143-0,430 м/мин, температуре сушки 35-1200 С, времени сушки 20 мин и производительности 75 шт/ч.

Для повышения защитных свойств жидкого фоторезиста после экспонирования и проявления проводят его термическое дубление. Для этой цели используют шкафы с электрокалорифером. При температуре нагрева камеры до 150 0 С цикл дубления длится 4-4,5 ч. Более эффективным является применение установок дубления фоторезиста в расплаве солей.

Для экспонирования рисунка схемы рекомендуются установки с равномерным световым потоком по всей площади светокопирования, невысокой рабочей температурой ламп для предотвращения перегрева фотошаблона.

Возрастающие требования к точности и качеству схем, необходимость автоматизации процессов и рост объемов выпуска плат привели к замене жидких фоторезистов сухим пленочным фоторезистом (СПФ). Широкое внедрение сухопленочных фоторезистов привело к тому, что все ведущие предприятия-изготовители печатных плат в настоящее время располагают всем необходимым технологическим и контрольным оборудованием для их применения.

СПФ состоит из слоя полимерного фоторезиста, помещенного между двумя защитными пленками. Для обеспечения возможности нанесения сухопленочных фоторезистов на автоматическом оборудовании пленки поставляются в рулонах. На поверхность заготовки СПФ наносится в установках ламинирования. Адгезия СПФ к металлической поверхности заготовок обеспечивается разогревом пленки фоторезиста на плите до размягчения с последующим прижатием при протягивании заготовки между валками. Установка снабжена термопарой и прибором контроля температуры нагрева пленки фоторезиста. На установке можно наносить СПФ на заготовки шириной до 600 мм со скоростью их прохождения между валками 1,0-3,0 м/мин. Фоторезист нагревается до температуры 110-1200С. В процессе нанесения одну защитную пленку с фоторезиста удаляют, в то время как другая остается и защищает фоторезист с наружной стороны.

В данном технологическом процессе применяем сухой пленочный фоторезист СПФ-2, наносимый на ламинаторе КП 63.46.4.

В данном случае рисунок схемы получают методом фотопечати. Для этого перед нанесением фоторезиста заготовку необходимо выдержать в сушильном шкафу при температуре 7550 С в течение 1 часа, затем последовательно на обе стороны заготовки нанести фоторезист, обрезать ножницами излишки по краям платы, освободить базовые отверстия от фоторезиста, выдержать заготовки при неактиничном освещении в течение 30 мин при температуре собрать пакет из фотошаблона и платы, экспонировать заготовки в установке экспонирования КП 6341, снова выдержать заготовки при неактиничном освещении в течение 30 мин при температуре 1820 С, проявить заготовку в установке проявления АРС-2.950.000, затем промыть платы в мыльном растворе, промыть заготовки в холодной проточной воде в течение 1-2 мин при температуре 2020С, декапировать заготовки в 20%-ном растворе серной кислоты в течение 1 мин при температуре 2020С, снова промыть заготовки в холодной проточной воде в течение 1-2 мин при температуре 2020С, сушить заготовки сжатым воздухом. После этого следует проконтролировать проявленный рисунок. После экспонирования заготовки, перед проявлением, необходимо удалить пленку, защищающую фоторезист.

6.5. Нанесение защитного лака

Лак наносится для того, чтобы защитить поверхность платы от процесса химического меднения. Лак обычно наносится окунанием в ванну с лаком, поливом платы с наклоном в 10-150 или распылением из пульверизатора. Затем плата сушится в сушильном шкафу при температуре 60-1500 С в течение 2-3 ч. Температура сушки задается предельно допустимой температурой для навесных электрорадиоэлементов, установленных на печатную плату.

Лак для защитного покрытия должен обладать следующими свойстами: высокой влагостойкостью, хорошими диэлектрическими параметрами (малыми диэлектрической проницаемостью и тангенсом угла диэлектрических потерь), температуростойкостью, химической инертностью и механической прочностью.

При выборе лака для защитного покрытия следует также учитывать свойства материалов, использованных для изготовления основания печатной платы и для приклеивания проводников, чтобы при полимеризации покрытия не произошло изменения свойств этих материалов.

Существуют различные лаки для защитного покрытия, такие как лак СБ-1с на основе фенолформальдегидной смолы, лак Э-4100 на основе эпоксидной смолы, лак УР-231 и другие.

В данном технологическом процессе в качестве защитного покрытия будем применять лак СБ-1с. Для нанесения лака на поверхность заготовки необходимо окунуть заготовки в кювету с лаком на 2-3 сек, температура лака должна быть в пределах 18-250 С, а затем следует сушить заготовки в термошкафе КП 4506 в течение 1,5 часов при температуре 1200 С.

6.6. Сверловка отверстий

Наиболее трудоемкий и сложный процесс в механической обработке печатных плат - получение отверстий под металлизацию. Их выполняют главным образом сверлением, так как сделать отверстия штамповкой в применяемых для производства плат стеклопластиках трудно. Для сверления стеклопластиков используют твердосплавный инструмент специальной конструкции. Применение инструмента из твердого сплава позволяет значительно повысить производительность труда при сверлении и зенковании и улучшить чистоту обработки отверстий. Чаще всего сверла изготавливают из твердоуглеродистых сталей марки У-10, У-18, У-7. В основном используют две формы сверла: сложнопрофильные и цилиндрические. Так какстеклотекстолит является высокоабразивным материалом, то стойкость сверлневелика. Так, например, стойкость тонких сверл - около 10 000 сверлений.

Привыборе сверлильного оборудования необходимо учитывать такие особенности, какизготовление нескольких миллионов отверстий в смену, диаметр отверстий 0,4 мми меньше, точность расположения отверстий 0,05 мм и выше, необходимостьобеспечения абсолютно гладких и перпендикулярных отверстий поверхности платы,обработка плат без заусенцев и так далее. Точность и качество сверлениязависит от конструкции станка и сверла.В настоящее время используют несколько типов станков для сверления печатныхплат. В основном это многошпиндельные высокооборотные станки с программнымуправлением, на которых помимо сверлений отверстий в печатных платаходновременно производится и зенкование или сверление отверстий в пакете беззенкования.Широко применяется также одношпиндельный полуавтомат, который может работатькак с проектором, так и со щупом. На станке можно обрабатывать заготовки платмаксимальным размером 520х420 мм при толщине пакета 12 мм. Частота вращенияшпинделя 15 000-30 000 об/мин (изменяется ступенчато). Максимальный диаметрсверления 2,5 мм.Более производительным является четырехшпиндельный станок с программнымуправлением, на котором можно одновременно обрабатывать одну, две или четыре(в зависимости от размера) печатных плат по заданной программе. Станокобеспечивает частоту вращения шпинделя 10 000-40 000 об/мин, максимальнуюподачу шпинделя 1000 об/мин, толщину платы или пакета 0,1-3,0 мм, диаметрсверления 0,5-2,5 мм. Регулировка частоты вращения шпинделя бесступенчатая.Разработан специальный полуавтоматический станок с программным управлением,предназначенный для сверления и двустороннего зенкования отверстий в МПП.Станок имеет позиционную систему программного управления с релейным блоком иконтактным считыванием. Полуавтомат имеет два шпинделя - сверлильный изенковальный. Частота вращения первого бесступенчато может изменяться впределах 0-33 000 об/мин, второй шпиндель имеет постоянную частоту вращения11 040 об/мин. На станке возможно вести обработку плат размером 350х220 мм,толщиной 0,2-4,5 мм. Максимальный диаметр сверления 2,5 мм, зенкования - 3,0мм. Скорость подачи шпинделей: сверлильного - 1960 мм/мин, зенковального -1400 мм/мин.Совершенствование сверлильного оборудования для печатных плат ведется вследующих направлениях: увеличения числа шпинделей; повышения скорости ихподачи и частоты вращения; упрощения методов фиксации плат на столе и ихсовмещение; автоматизации смены сверла; уменьшения шага перемещения;увеличение скорости привода; создание систем, предотвращающих сверлениеотверстий по незапрограммированной координате с повторным сверлением попрежней координате; перехода на непосредственное управление станка от ЭВМ.Сверление не исключает возможности получения отверстий и штамповкой, если этодопускается условиями качества или определяется формой отверстий. Так,штамповкой целесообразно изготавливать отверстия в односторонних платах подвыводы элементов и в слоях МПП, изготавливаемых методом открытых контактныхплощадок, где перфорационные окна имеют прямоугольную форму.В данном технологическом процессе сверление отверстий будем производить наодношпиндельном сверлильном станке КД-10. Необходимо обеспечивать следующиережимы сверления: 20 000-25 000 об/мин, скорость осевой подачи шпинделя 2-10мм/мин.Перед сверлением отверстий необходимо подготовить заготовки иоборудование к работе. Для этого нужно промыть заготовки в растворе очистителяв течение 1-2 мин при температуре 2220 С, промыть заготовки в холоднойпроточной воде в течение 1-2 мин при температуре 2020 С, промыть заготовки в10% растворе аммиака в течение 1-2 мин при температуре 2020 С, сновапромыть заготовки в холодной проточной воде в течение 2-3 мин при температуре1820 С, подготовить станок КД-10 к работе согласно инструкции поэксплуатации, затем обезжирить сверло в спирто-бензиновой смеси, собрать пакетиз трех плат и фотошаблона, далее сверлить отверстия согласно чертежу.После сверления необходимо удалить стружку и пыль с платы и продуть отверстиясжатым воздухом. После этого следует проверить количество отверстий и ихдиаметры, проверить качество сверления. При сверлении не должно образовываться сколов, трещин. Стружку и пыль следует удалять сжатым воздухом.

6.7. Химическое меднение

Химическое меднение является первым этапом металлизации отверстий. При этом возможно получение плавного перехода от диэлектрического основания к металлическому покрытию, имеющих разные коэффициенты теплового расширения. Процесс химического меднения основан на восстановлении ионов двухвалентной меди из ее комплексных солей. Толщина слоя химически осажденной меди 0,2-0,3 мкм. Химическое меднение можно проводить только после специальной подготовки - каталитической активации, которая может проводиться одноступенчатым и двухступенчатым способом.

При двухступенчатой активации печатную плату сначала обезжиривают, затем декапируют торцы контактных площадок. Далее следует первый шаг активации - сенсибилизация, для чего платы опускают на 2-3 мин в соляно-кислый раствор дихлорида олова. Второй шаг активации - палладирование, для чего платы помещают на 2-3 мин в соляно-кислый раствор дихлорида палладия. Адсорбированные атомы палладия являются высокоактивным катализатором для любой химической реакции.

При одноступенчатой активации предварительная обработка (обезжиривание и декапирование) остается такой же, а активация происходит в коллоидном растворе, который содержит концентрированную серную кислоту и катионы палладия при комнатной температуре.

В нашем случае процесс химического меднения состоит из следующих операций: обезжирить платы в растворе тринатрий фосфата и кальцинированной соли в течение 5-10 мин при температуре 50-600 С; промыть платы горячей проточной водой в течение 1-2 мин при температуре 50-600 С; промыть платы холодной проточной водой в течение 1-2 мин при температуре 2020 С; декапировать торцы контактных площадок в 10%-ном растворе соляной кислоты в течение 3-5 сек при температуре 18-250 С; промыть платы холодной проточной водой в течение 1-2 мин при температуре 18-250 С; промыть платы в дистиллированной воде в течение 1-2 мин при температуре 18-250 С; активировать в растворе хлористого палладия, соляной кислоты, двухлористого олова и дистиллированной воды в течение 10 мин при температуре 18-250 С; промыть платы в дистиллированной воде в течение 1-2 мин при температуре 2020 С; промыть платы в холодной проточной воде в течение 1-2 мин при температуре 2020 С; обработать платы в растворе ускорителя в течение 5 мин при температуре 2020 С; промыть платы в холодной проточной воде в течение 1-2 мин при температуре 2020 С; произвести операцию электрополировки с целью снятия металлического палладия с поверхности платы в течение 2 мин при температуре 2020 С; промыть платы горячей проточной водой в течение 2-3 мин при температуре 5020 С; протереть поверхность платы бязевым раствором в течение 2-3 мин; промыть платы холодной проточной водой в течение 1-2 мин при температуре 2020 С; произвести визуальный контроль электрополировки (плата должна иметь блестящий или матовый вид, при появлении на плате темных пятен, которые не удаляются во время промывки, необходимо увеличить время электрополировки до 6 мин); произвести операцию химического меднения в течение 10 мин при температуре 2020 С; промыть платы в холодной проточной воде в течение 1-2 мин при температуре 2020 С; визуально контролировать покрытие в отверстиях.

6.8. Снятие защитного лака

Перед гальваническим меднением необходимо снять слой защитного лака с поверхности платы. В зависимости от применяемого лака существуют различные растворители. Некоторые лаки возможно снять ацетоном.

В данном технологическом процессе защитный лак будем снимать в растворителе 386. Для этого платы необходимо замочить на 2 часа в растворителе 386, а затем снять слой лака беличьей кистью, после этого промыть платы в холодной проточной воде в течение 2-3 мин при температуре 2020 С, контролировать качество снятия защитного лака (на поверхности лака не должны оставаться места, покрытые пленками лака).

6.9. Гальваническая затяжка

Слой химически осажденной меди обычно имеет небольшую толщину (0,2-0,3 мкм), рыхлую структуру, легко окисляется на воздухе, непригоден для токопрохождения, поэтому его защищают гальваническим наращиванием (“затяжкой”) 1-2 мкм гальванической меди.

Для этого необходимо декапировать платы в 5%-ном растворе соляной кислоты в течение 1-3 сек при температуре 18-250 С, промыть платы в холодной проточной воде в течение 2-3 мин при температуре 18-250 С, зачистить платы венской известью в течение 2-3 мин при температуре 18-250 С, промыть платы в холодной проточной воде в течение 2-3 мин при температуре 18-250 С, снова декапировать заготовки в 5%-ном растворе соляной кислоты в течение 1-3 сек при температуре 18-250 С, промыть платы в холодной проточной воде в течение 1-2 мин при температуре 2020 С, промыть платы в дистиллированной воде в течение 1-2 мин при температуре произвести гальваническую затяжку в течение 10-15 мин при температуре 2020 С, промыть платы холодной проточной водой в течение 1-2 мин при температуре 18-250 С, сушить платы сжатым воздухом при температуре 18-250 С до полного их высыхания, контролировать качество гальванической затяжки (отверстия не должны иметь непокрытий, осадок должен быть плотный, розовый, мелкокристаллический).

6.10. Электролитическое меднение и нанесение защитного покрытия ПОС-61

После гальванической затяжки слой осажденной меди имеет толщину 1-2 мкм. Электролитическое меднение доводит толщину в отверстиях до 25 мкм, на проводниках - до 40-50 мкм.

Электролитическое меднение включает в себя следующие операции: ретушь под микроскопом краской НЦ-25 беличьей кистью № 1; декапирование плат в 5%-ном растворе соляной кислоты в течение 1-3 сек при температуре 2020 С; промывка плат холодной проточной водой в течение 1-2 мин при температуре 2020 С; зачистка плат венской известью в течение 2-3 мин при температуре 18-250 С; промывка плат холодной проточной водой в течение1-2 мин при температуре 18-250 С; декапирование плат в 5%-ном растворе соляной кислоты в течение 1мин при температуре 18-250 С; промыть платы холодной проточной водой в течение 1-2 мин при температуре 18-250 С; произвести гальваническое меднение в растворе борфтористоводородной кислоты, борной кислоты, борфтористоводородной меди и дистиллированной воды в течение 80-90 мин при температуре 2020 С; промыть платы холодной проточной водой в течение 1-2 мин при температуре 2020 С; произвести визуальный контроль покрытия (покрытие должно быть сплошным без подгара, не допускаются механические повреждения, отслоения и вздутия).

Чтобы при травлении проводники и контактные площадки не стравливались их необходимо покрыть защитным металлическим покрытием. Существует различные металлические покрытия (в основном сплавы), применяемые для защитного покрытия. В данном технологическом процессе применяется сплав олово-свинец. Сплав олово-свинец стоек к воздействию травильных растворов на основе персульфата аммония, хромового ангидрида и других, но разрушается в растворе хлорного железа, поэтому в качестве травителя раствор хлорного железа применять нельзя.

Для нанесения защитного покрытия необходимо промыть платы дистиллированной водой в течение 1-2 мин при температуре 18-250 С, затем произвести гальваническое покрытие сплавом олово-свинец в растворе борфтористоводородной кислоты, борной кислоты, мездрового клея, нафтохинондисульфоновой кислоты, 25%-ного аммиака, металлического свинца, металлического олова, гидрохинона и дистиллированной воды в течение 12-15 мин при температуре 2020 С, промыть платы в горячей проточной воде в течение 1-2 мин при температуре 5050 С, промыть платы в холодной водопроводной воде в течение 1-2 мин при температуре 2020 С, сушить платы сжатым воздухом в течение 2-3 мин при температуре 2020 С, удалить ретушь ацетоном с поля платы, контролировать качество покрытия (покрытие должно быть сплошным без подгара, не допускаются механические повреждения, отслоения и вздутия).

6.11 . Снятие фоторезиста

Перед операцией травления фоторезист с поверхности платы необходимо снять. При большом объеме выпуска плат это следует делать в установках снятия фоторезиста (например, АРС-2.950.000). При небольшом количестве плат фоторезист целесообразней снимать в металлической кювете щетинной кистью в растворе хлористого метилена.

В данном технологическом процессе фоторезист будем снимать в установке снятия фоторезиста АРС-2.950.000 в течение 5-10 мин при температуре 18-250С, после этого необходимо промыть платы в холодной проточной воде в течение 2-5 мин при температуре 18-250 С.

6.12. Травление печатной платы

Травление предназначено для удаления незащищенных участков фольги с поверхности платы с целью формирования рисунка схемы.

Существует несколько видов травления: травление погружением, травление с барботажем , травление разбрызгиванием, травление распылением. Травление с барботажем заключается в создании в объеме травильного раствора большого количества пузырьков воздуха, которые приводят к перемешиванию травильного раствора во всем объеме, что способствует увеличению скорости травления.

Существует также несколько видов растворов для травления: раствор хлорного железа, раствор персульфата аммония, раствор хромового ангидрида и другие. Чаще всего применяют раствор хлорного железа.

Скорость травления больше всего зависит от концентрации раствора. При сильно- и слабоконцентрированном растворе травление происходит медленно. Наилучшие результаты травления получаются при плотности раствора 1,3 г/см3. Процесс травления зависит также и от температуры травления. При температуре выше 250 С процесс ускоряется, но портится защитная пленка. При комнатной температуре медная фольга растворяется за 30 сек до 1 мкм.

В данном технологическом процессе в качестве защитного покрытия использовался сплав олово-свинец, который разрушается в растворе хлорного железа. Поэтому в качестве травильного раствора будем применять раствор на основе персульфата аммония.

В данном случае применяется травление с барботажем. Для этого необходимо высушить плату на воздухе в течение 5-10 мин при температуре 18-250 С, при необходимости произвести ретушь рисунка белой краской НЦ-25, травить платы в растворе персульфата аммония в течение 5-10 мин при температуре не более 500 С, промыть платы в 5%-ном растворе водного аммиака, промыть платы в горячей проточной воде в течение 3-5 мин при температуре 50-600 С, промыть платы в холодной проточной воде в течение 2-5 мин при температуре 18-250 С, сушить платы на воздухе в течение 5-10 мин при температуре 18-250 С, контролировать качество травления (фольга должна быть вытравлена в местах, где нет рисунка. Оставшуюся около проводников медь подрезать скальпелем. На проводниках не должно быть протравов).

6.13. Осветление печатной платы

Осветление покрытия олово-свинец проводится в растворе двухлористого олова, соляной кислоты и тиомочевины. Для этого необходимо погрузить плату на 2-3 мин в раствор осветления при температуре 60-700 С, промыть платы горячей проточной водой в течение 2-3 мин при температуре 5550 С, промыть платы холодной проточной водой в течение 1-2 мин при температуре 1850 С, промыть платы дистиллированной водой в течение 1-2 мин при температуре 1850 С.

6.14. Оплавление печатной платы

Оплавление печатной платы производится с целью покрытия проводников и металлизированных отверстий оловянно-свинцовым припоем. Наиболее часто применяют конвейерную установку инфракрасного оплавления ПР-3796.

Для оплавления печатных плат необходимо высушить платы в сушильном шкафу КП-4506 в течение 1 часа при температуре 8050 С, затем флюсовать платы флюсом ВФ-130 в течение 1-2 мин при температуре 2050 С, выдержать платы перед оплавлением в сушильном шкафу в вертикальном положении в течение 15-20 мин при температуре 8050 С, подготовить установку оплавления ПР-3796 согласно инструкции по эксплуатации, загрузить платы на конвейер установки, оплавить плату в течение 20мин при температуре 50100 С, промыть платы от остатков флюса горяче проточной водой в течение 1-2 мин при температуре 50100 С, промыть плату холодной проточной водой в течение 1-2 мин при температуре 2050 С, промыть плату дистиллированной водой в течение 1-2 мин при температуре 2050 С, сушить платы в течение 45 мин при температуре 8550 С в сушильном шкафу КП-4506, контролировать качество оплавления на поверхности проводников и в металлизированных отверстиях визуально.

Проводники должны иметь блестящую гладкую поверхность. Допускается на поверхности проводников наличие следов кристаллизации припоя и частично непокрытые торцы проводников.

Не допускается отслаивание проводников от диэлектрической основы и заполнение припоем отверстий диаметром большим 0,8 мм. Не допускается наличие белого налета от плохо отмытого флюса на проводниках и в отверстиях печатной платы.

6.15. Механическая обработка

Механическая обработка необходима для обрезки печатных плат по размерам(отрезка технологического поля) и снятия фаски. Существует несколько способовмеханической обработки печатных плат по контуру.Бесстружечная обработка печатных плат по контуру отличается низкими затратамипри использовании специальных инструментов. При этом исключается нагревобрабатываемого материала. Обработка осуществляется дисковыми ножницами. Линияреза должна быть направлена так, чтобы не возникло расслоения материала.Внешний контур односторонних печатных плат при больших сериях формируется наскоростных прессах со специальным режущим инструментом.Многосторонние печатные платы бесстружечным методом не обрабатываются, так каквелика возможность расслоения.Механическая обработка печатных плат по контуру со снятием стружкиосуществляется на специальных дисковых пилах, а также на станках для снятияфаски. Эти станки снабжены инструментами или фрезами из твердых сплавов илиалмазными инструментами. Скорость резания таких станков 500-2 000 мм/мин. этистанки имеют следующие особенности: высокую скорость резания, применениетвердосплавных или алмазных инструментов, резка идет с обязательнымравномерным охлаждением инструмента, обеспечение незначительных допусков,простая и быстрая замена инструмента.

Широко используют широкоуниверсальный фрезерный станок повышеннойточности типа 675П. На станке выполняют фрезерные работы цилиндрическими,дисковыми, фасонными, торцовыми, концевыми, шпоночными и другими фрезами.

В данном технологическом процессе обрезка платы производится с помощьюдисковых ножниц, а снятие фасок - на станке для снятия фасок типа ГФ-646. Для этого необходимо обрезать платы на дисковых ножницах, снятьфаски на станке для снятия фасок ГФ-646, промытьплаты в горячей воде с применением стирально-моющего средства "Лотос" втечение 2-3 мин при температуре 55+/-5 С, затем промыть платы вдистиллированной воде в течение 1-2 мин при температуре 20+/-2 С, сушить платыв сушильном шкафу КП 4506. После этого следует визуально проконтролироватьпечатные платы на отслаивание проводников.7. Обоснование технологичности конструкции

Одним из основных принципов создания современных изделий радиопромышленности является проведение широкой унификации. Смысл унификации заключается в том, чтобы уменьшить число наименований элементов, из которых состоит аппаратура.

Технологичность конструкции радиоэлектронной аппаратуры складывается из возможности применения в новом изделии стандартных и унифицированных деталей; уменьшения трудоемкости и времени при изготовлении аппаратуры; уменьшения материалоемкости; применения широко распространенного оборудования для изготовления аппаратуры; уменьшения времени и затрат средств на подготовку производства к выпуску новой продукции; возможности механизации, автоматизации и роботизации производства.

В данном усилителе звуковой частоты применяются большое количество стандартных деталей (резисторы, конденсаторы, транзисторы, стабилитроны и так далее).

Малая трудоемкость изготовления данного усилителя звуковой частоты получена путем применения средств механизации и унификации. Это такое оборудование, как ламинатор КП-63.46.5, установка экспонирования КП-63-41, установка для проявления АРФ2.950.000, конвейерная установка инфракрасного оплавления ПР-3796, сверлильные станки С-106 и КД-10 и так далее.

Оборудование, применяемое для изготовления данного прибора, является широко распространенным и имеется в наличии на большинстве предприятий-изготовителей печатных плат. Производство данного устройства является технологичным, поскольку не использовались нестандартные решения в технологическом процессе.

Исходя из всего вышеперечисленного, мы можем однозначно сказать, что конструкция нашего прибора получилась технологичная.

8. Расчет надежности схемы

Данное устройство содержит большое количество элементов и соединений, которые потенциально могут оказаться причиной отказа всего устройства в целом. Поэтому необходимо рассчитать надежность устройства, учитывая все эти элементы. Для удобства расчетов все эти элементы сведены в таблицу.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  | Таблица |
| №  п/п | Элементы схемы, подлежащие расчету | Количество, шт | Значение интенсивности отказов λ, 1/ч |
| 1 | Германиевые транзисторы | 2 | 0,6·10-6 |
| 2 | Интегральные микросхемы | 1 | 2,5·10-6 |
| 3 | Керамические монолитные конденсаторы | 9 | 0,44·10-6 |
| 4 | Контактные площадки | 178 | 0,02·10-6 |
| 5 | Кремниевые диоды | 2 | 2,5·10-6 |
| 6 | Кремниевые транзисторы | 7 | 0,3·10-6 |
| 7 | Металлодиэлектрические резисторы | 30 | 0,04·10-6 |
| 8 | Отверстия | 197 | 0,0001·10-6 |
| 9 | Пайки | 178 | 1·10-6 |
| 10 | Переменные пленочные резисторы | 3 | 4·10-6 |
| 11 | Печатная плата | 1 | 0,0005·10-8 |
| 12 | Пленочные подстроечные резисторы | 1 | 2·10-6 |
| 13 | Проводники | 68 | 0,005·10-6 |
| 14 | Разъемы | 2 | 2,5·10-6 |
| 15 | Электролитические конденсаторы | 14 | 1,1·10-6 |

Интенсивность отказов всей схемы можно рассчитать по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
| Λ=∑λn·Nn |  |

где - Λ - интенсивность отказов всей схемы.

λn - интенсивность отказов элементов схемы.

N - количество элементов схемы.

Λ=λ1·N1+λ2·N2+λ3·N3+λ4·N4+λ5·N5+λ6·N6+λ7·N7+λ8·N8+λ9·N9+λ10·N10+λ11·N11+λ12··N12+λ13·N13+λ14·N14+λ15·N15=0,6·10-6·2+2,5·10-6·1+0,44·10-6·9+0,02·10-6·178+ +2,5·10-6·2+0,3·10-6·7+0,04·10-6·30+0,0001·10-6·193+1·10-6·178+4·10-6·3+  
+0,0005·10-8·1+2·10-6·1+0,005·10-6·68+2,5·10-6·2+1,1·10-6·14=1,2+2,5+3,96+3,56+5+ +2,1+1,2+0,0193+178+12+0,000005+2+0,34+5+15,4=232,279305·10-6 1/ч.

где λ1 - интенсивность отказов германиевых транзисторов

N1 - количество германиевых транзисторов

λ2 - интенсивность отказов интегральных микросхем

N2 - количество интегральных микросхем

λ3 - интенсивность отказов керамических монолитных конденсаторов

N3 - количество керамических монолитных конденсаторов

λ4 - интенсивность отказов контактных площадок

N4 - количество контактных площадок

λ5 - интенсивность отказов кремниевых диодов

N5 - количество кремниевых диодов

λ6 - интенсивность отказов кремниевых транзисторов

N6 - количество кремниевых транзисторов

λ7 - интенсивность отказов металлодиэлектрических резисторов

N7 - количество металлодиэлектрических резисторов

λ8 - интенсивность отказов отверстий

N8 - количество отверстий

λ9 - интенсивность отказов пайки

N9 - количество пайки

λ10 - интенсивность отказов переменных пленочных резисторов

N10 - количество переменных пленочных резисторов

λ11 - интенсивность отказов печатной платы

N11 - количество печатной платы

λ12 - интенсивность отказов пленочных подстроечных резисторов

N12 - количество пленочных подстроечных резисторов

λ13 - интенсивность отказов проводников

N13 - количество проводников

λ14 - интенсивность отказов разъемов

N14 - количество разъемов

λ15 - интенсивность отказов электролитических конденсаторов

N15 - количество электролитических конденсаторов

Найдем среднюю наработку до первого отказа по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
| Тср=1/Λ=1/232,279305·10-6 =4305,16 час |  |

где Тср - средняя наработка до первого отказа.

Далее найдем вероятность безотказной работы:

|  |  |
| --- | --- |
| Р(t)=1-Λ·tср=1-232,279305·10-6·500=0,89 |  |

где Р(t) - вероятность безотказной работы

tср - среднее время нормальной работы изделия

9. Заключение

В последнее время научно-исследовательские и производственные предприятия радиотехнической и электронной промышленности передовых стран мира тратят много сил и средств на отыскание путей уменьшения габаритов и массы радиоэлектронной аппаратуры. Работы эти получают поддержку потому, что развитие многих отраслей науки и техники, таких как космонавтика, вычислительная техника, кибернетика, бионика и другие, требуют исключительно сложного электронного оборудования. К этому оборудованию предъявляются высокие требования, поэтому аппаратура становится такой сложной и громоздкой, что требования высокой надежности и значительного уменьшения габаритов и массы приобретают важнейшее значение. Особенно эти требования предъявляются ракетной технике. Известно, что для подъема каждого килограмма массы аппаратуры космического корабля необходимо увеличить стартовую массу ракеты на несколько сотен килограммов. Чтобы удовлетворить эти требования, необходимо миниатюризировать аппаратуру. Это достигается несколькими методами конструирования радиоэлектронной аппаратуры.

При микромодульном методе конструирования повышение плотности монтажа достигается за счет применения специальных миниатюрных деталей и плотного их монтажа в микромодуле. Благодаря стандартным размерам микромодули размещаются в аппаратуре с минимальными промежутками.

Применение гибридных интегральных микросхем и микросборок также дало возможность миниатюризации радиоэлектронной аппаратуры. При использовании микросхем повышение плотности монтажа достигается тем, что на общей изоляционной подложке располагаются в виде тонких пленок резисторы, проводники, обкладки конденсаторов, такой же принцип используются и в устройствах, изготовленных методом молекулярной электроники, при этом для создании пассивных (резисторы и конденсаторы) и активных (диоды, транзисторы) элементов схем используются слои полупроводниковых материалов.

Следующий этап развития технологии производства радиоэлектронной аппаратуры - технология поверхостного монтажа кристалла (ТПМК). ТМПК обеспечивает миниатюризацию радиоэлектронной аппаратуры при росте ее функциональной сложности. Навесные компоненты намного меньше, чем монтируемые в отверстия, что обеспечивает более высокую плотность монтажа и уменьшает массо-габаритные показатели. ТПМК допускает высокую автоматизацию установки электрорадиоэлементов вплоть до роботизации.

Повышение надежности радиоэлектронных устройств, выполненных указанными методами микроминиатюризации, достигается тем, что во первых, все методы основаны на автоматизации производственных процессов, при этом предусматривается тщательный контроль на отдельных операциях.

Вторая причина состоит в том, что в изделиях, изготовленных на базе микросхем, значительно уменьшается количество паяных соединений, которые являются причиной многих отказов. Метод молекулярной электроники исключает отказы, связанные с различными коэффициентами линейного расширения материалов, ибо при этом методе предусматривается, что конструкция выполняется из однородного материала.

Увеличение надежности конструкций, выполненных методами микроминиатюризации, объясняется также гораздо большими возможностями обеспечить защиту от воздействия внешней среды. Малогабаритные узлы могут быть гораздо легче герметизированы, что к тому же увеличит и механическую прочность. Наконец, применение миниатюрных узлов и деталей позволяет лучше решить задачи резервирования как общего, так и раздельного.

Как видно из сказанного, задача уменьшения габаритов и массы тесно связана с увеличением надежности. Стоимость радиоэлектронной аппаратуры, выполненной на базе микроминиатюризации, в настоящее время приближается к стоимости аппаратуры, выполненной в обычном исполнении. Значительное снижение стоимости микроминиатюрных блоков, сборочных единиц может быть достигнуто только путем полной автоматизации производства, а автоматизация, как было указано ранее, является одним из условий повышения надежности и, следовательно, условием целесообразности микроминиатюризации.

приложение 1

Приготовление раствора осветления

Состав:

Олово двухлористое 15-20 г/л

Кислота соляная 17 г/л

Тиомочевина 50-90 г/л

Вода дистиллированная до 1 л

В половинном объеме воды, подкисленной соляной кислотой, в количестве согласно рецептуре, растворить двухлористое олово. Отдельно растворить тиомочевину в воде, нагретой до 400-500 С, тщательно перемешивая. Затем оба раствора слить. Готовый раствор довести дистиллированной водой до объема 1 л.

Работу проводить в вытяжном шкафу.

**Список литературы**

“Справочник. Полупроводниковые приборы: транзисторы средней и большой мощности”, под редакцией А.В. Голомедова. М., “Радио и связь”, 1994.

“Справочник. Полупроводниковые приборы: транзисторы малой мощности”, под редакцией А.В. Голомедова. М., “Радио и связь”, 1994.

С.Г. Мякишев “Справочник. Полупроводниковые приборы: диоды”, М., “Радио и связь”, 1986.

4. В.И. Блаут-Блачева, А.П. Волоснов, Г.В. Смирнов "Технология производства радиоаппаратуры", М., "Энергия", 1972

5. А.Т. Белевцев “Монтаж и регулировка радиоаппаратуры”, М., “Высшая школа”, 1966

6. “Черчение”, под редакцией проф. А.С. Куликова, М., “Высшая школа”, 1989

7. “Единая система конструкторской документации. Основные положения”, М., Государственный комитет СССР по стандартам, 1983