**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ**

**Кафедра РЭС**

**РЕФЕРАТ**

**На тему:**

**«ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАЩИТЫ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ ОТ ВЛАГИ»**

**МИНСК, 2008**

**1 ГЕРМЕТИЗАЦИЯ. Виды герметизации**

Герметизация (ГР) - обеспечение практической непроницаемости корпуса РЭА для жидкостей и газов с целью защиты ее элементов и компонентов от влаги, плесневых грибков, пыли, песка, грязи и механических повреждений.

Различают индивидуальную, общую, частичную и полную ГР.

Индивидуальная ГР допускает замену компонентов РЭА при выходе их из строя и ремонт изделия (И). При общей ГР (она проще и дешевле индивидуальной) замена компонентов и ремонт возможны только при демонтаже гермокорпуса, что может вызвать затруднения. Выбор вида ГР зависит от срока службы РЭА. Если он мал и отсутствует необходимость в уходе, то целесообразно герметизировать все И. В противном случае герметизируют компоненты или РЭА в целом.

Дня частичной ГР РЭА применяют пропитку, обволакивание, заливку как компонентов, так и РЭА лаками, пластмассами или компаундами на органической основе. Они, как правило, не обеспечивают герметичность в течение длительного времени.

Практически-полная защита РЭА от проникновения воды, водных паров и газов достигается при использовании металлов, стекла и керамики с достаточной степенью непроницаемости. Наиболее распространенные способы такой ГР - применение металлических корпусов с воздушным, газовым (редко жидкостным) заполнением. Часто РЭА располагают в разъемном герметичном корпусе, который затем заполняют ; воздухом либо инертным газом при атмосферном или повышенном давлении, после чего корпус запаивается, Газовое заполнение не ограничивает рабочую температуру, предотвращает окисление смазки движущихся частей, понижает вероятность образования дуги между контактами реле, переключателей, улучшает тепловой режим компонентов (по сравнению с заполнением компаундами) благодаря охлаждению конвекцией газа. Недостатки разъемного герметичного корпуса: повышенные требования к механической прочности, трудность выполнения и контроля надежного разъемного соединения. Преимущество -относительно легкий доступ к компонентам РЭА.

При размещении РЭА в неразъемном (паяном или сварном) корпусе существенно затрудняется доступ к компонентам при облегчении конструкции гермокорпуса И. Важным фактором повышения эффективности ГР являются лакокрасочные, гальванические и химические покрытия пропитывающих, обволакивающих и заливочных материалов, металлическою и металпополимерного гермокорпусов.

**2. ПРОПИТКА**

**2.1. Назначение и область применения**

Пропитка - процесс заполнения изоляционным пленкообразующим материалом пор и малых зазоров в компонентах РЭА с «елью увеличения их электрической и механической (защита от повреждений) прочности, влаго-, нагрево- и химостойкости.

Пропитке подвергаются моточные изделия (трансформаторы, дроссели, катушки), детали из волокнистых и пористых материалов (каркасы катушек, монтажные колодки, платы). Пропитка в сушка выполняются при нормальном (или повышенном) атмосферном давлении или под вакуумом. Наилучшие результаты дает чередование вакуума и повышенного давления.

**2.2. Особенности конструкций пропитываемых изделий**

Конструкция моточных изделий должна обеспечивать хороший доступ пропиточного состава внутрь И. Жесткие выводы следует выполнять шинами из меди или латуни с антикоррозионным покрытием (лужение или серебрение), одножильным проводом типа ПЭВ, гибкие -теплостойкими проводами ПВСТ, ПТЛ, ПМРВ и др.

Пайка элементов моточных И производится припоями, температура плавления которых превышает температуру полимеризации пропиточного материала не менее, чем на 35...45 град. Нельзя применять пропитанные лаком электроизоляционные материалы: лакоткань, хлопчатобумажные (линоксинвые) и хлорвиниловые трубки и фибру. В многослойных обмотках (с числом слоев более 4) применяется микалентная бумага, стеклоткань и другие легкопропитываемые материалы. Сердечники из феррита и пермаллоя, а также катушки с обмоткой из проводов Ø 0,08 мм необходимо защищать от воздействия напряжений (возникающих при полимеризации пропиточных материалов), которые значительно уменьшают: Qсердечника и ухудшают параметры трансформатора. Для этого рекомендуется использовать прокладки из термостойких резин и специальные контейнеры. На рис.*1* представлены: I - сердечник; 2-прокладка; 3- обмотка; 4- контейнер; *5-* крышка контейнера; 6- смазка ЦИАТИМ- 221. А также рекомендуется использовать компаунды на основе кремнийорганического каучука типа "Виксинт-У-1-18" и теоколовые герметики типа УТ-34,

* 1. **Основные свойства пропиточных материалов и рекомендации по их применению**

При выборе материалов для пропитки необходимо учитывать нейтральность к элементам пропитываемого И, нетоксичность, влаго- и нагревостойкость. У эпоксидных компаундов жизнеспособность характеризуется температурой и временем выдержки (мин.) при ней, а вязкость - той же температурой и временем выдержки при ней. Значения времени для ЖС и вязкости в виде отношения ЖС/ вязкость. При использовании пропитки и заливки для И, работающих в среде с 6 =313°К и относительная влажность (Вл) 90...93% для многослойных обмоток открытое типа, индекс 1 (в кружке), после трехкратной пропитки наносят дополнительное зашитое эмалевое покрытие. При двукратной пропитке и защитном эмалевом покрытии И работоспособно при 293,5°К и Вд до 98%- при однократной пропитке и защитном эмалевом покрытии - =293,5°К и Вл 65...75%.

После пропитки, для повышения влагостойкости, используют заливку и обволакивание. Особенностью заливки ферритовых и полупроводниковых деталей (индекс 3) является применение компаунда ЭЗК-6 без наполнителя.

Рисунок 1 Конструкция тороидальной конструкции, герметизированной пропиткой

**3. ОБВОЛАКИВАНИЕ И ЗАЛИВКА**

**3.1.Назначение и область применения;**

Обволакивание - процесс образования покровных оболочек на поверхности И, предназначенных для кратковременной работы в условиях воздействия влаги. Обволакиванию может предшествовать пропитка.

Заливка - процесс заполнения изоляционным материалом свободного пространства между узлом и стенкой защитного корпуса. Изделия без корпуса заливают в специальной форме. При помощи заливки можно нанести защитный слоя компаунда на поверхность узлов РЭА, заполнять зазоры и т.п. Заливка выполняется при нормальном, повышенном давлении или под вакуумом. Наилучшие результаты дает чередование вакуума и повышенного давления. Заливка узлов РЭА, кроме защиты от метеорологических факторов, позволяет улучшить И с точными геометрическими размерами и высокой чистотой обработки поверхности, повышает механическую прочность.

Широкое распространение эти методы защиты И получили благодаря простоте технологического процесса, минимальному расходу материалов. По степени обеспечения влагостойкости обволакиваниеуступает заливке.

Обволакивание, пропитка и заливка не заменяют полную герметизацию, т.к. не исключают проникновения влаги внутрь изделия. Слабым местом являются выводы, вдоль которых образуются капилляры на границе соприкосновения материалов с разными температурными коэффициентами линейного расширения (ТКЛР).

**3.2, Расчет внутренних напряжений в компаундах при заливке**

Возникающие при заливке напряжения вызваны взаимодействием компаунда с компонентами заливаемого И и обусловлены в основном несвободным изменением объема И при отвердении и различием ТКЛР компаунда и заливаемых изделий.

Максимальное значение напряжения возникает на границе компаунд - заливаемая деталь. Напряжения уменьшаются по мере удаления от границы раздела и (незначительно) после термообработки. Внутренние напряжения в цилиндр1гческом полимерном теле заливки, армированной стержнем из инородного материала, можно рассчитать по формуле

где - давление компаунда на стержень (деталь), Па;

 - модуль упругости компаунда, Па;

*Ек* - ТКЛР компаунда и материала стержня;

 *-* перепад от температуры полимеризации до рабочей, Па;

d0 - диаметр полимерного тела заливки из компаунда ,м;

dc - диаметр стержня, м;

 - коэффициент Пуассона компаунда.

При понижении температуры величина внутренних напряжений в эластичном компаунде в некоторых случаях может быть больше, чем в жестком.

Методы снижения внутренних напряжений в компаундах, модификация свойств компаундов, позволяет снизить внутренние напряжения путем введения наполнителей, пластификаторов, изменением их соотношения или режима отвердения. Снижение напряжений конструктивными методами обеспечивается использованием демпфирующих прокладок, контейнеров и других элементов для зашиты деталей РЭА, чувствительных к сжатию (пермаллой, феррит и т.п.).

Демпфирующие прокладки изготавливают из резины, эластичных компаундов и ленопластов. Плотность прилегания демпфирующих прокладок достигается технологическими приемами - окунанием, обволакиванием, нанесением демпфирующего слоя методом вихревого напыления *и* т.п.

Большое значение имеет выбор размеров и геометрии компоновки узлов РЭА, подлежащих заливке компаундом в монолитный блок, т.к. Внутренние напряжения увеличиваются с увеличением размеров, то деформации и внутренние напряжения имеют минимальную величину в геометрическом центре отливки. В нем нужно располагать наиболее чувствительные к сжатию детали.

**3.3. Основные свойства компаундов и рекомендации по их применению**

Герметики и компаунды на каучуковой основе рекомендуется использовать в следующих условиях работы. "Виксинт У-1-18" - воздействие вибраций масла МВП, бензина и морской воды. СКТН-1 (всех марок) - герметизация приборов с избыточным давлением 1,96 104 Па (0,2 атм.). "Виксинт К-18" - воздействие воздуха с повышенной влажностью, а также температур 213...523°К в течение 200 ч. ВГО-1 -воздушная среда при 2!3..,523°К (работоспособен при Т -523°К в течение 3500 ч). "Виксинт У-2-28" - воздействие Т=213...573°К при поверхностной герметизации и Т =213...523°К при внутришовной заделке.

Точные значения жизнеспособности герметика (ЖС) (обычно 288...303°К) зависят от дозировки катализаторов, молекулярного веса полимера, климатических условий в цехе. В случае применения герметика ВПГ-2Л для заливки многоштырьковых разъемов с плотным монтажом рекомендуется готовить пеногерметик с каучуком СКТН марки А, имеющим меньшую вязкость.

Недостатком компаундов и герметиков на каучуковой основе является их недостаточная адгезионная способность к металлам и различным материалам, улучшение адгезии достигается нанесением подслоя из лаков П‑11 или П-90.

При введении специальных добавок в лаки и эмали например бентонита или тонкодисперсной двуокиси кремния, образуются обратимые коагуляционные (тиксотропные) структуры, благодаря которым материал утрачивает текучесть и удерживается на вертикальных поверхностях. Такие материалы называется гиксотропными. Гелеобразное состояние материала может быть легко разрушено при механическом или термическом воздействии и вновь восстановлено по прекращении его. Эпоксидные тиксотропные компаунды обеспечивает покрытие необходимой толщины путем разового окунания.

**4. РАЗЪЕМНАЯ ГЕРМЕТИЗАЦИЯ**

**4.1. Назначение и область применения**

Разъемная герметизация (РГ) применяется для защиты блоков РЭЛ. требующих замены компонентов при ремонте, регулировке или настройке.

Размеры и масса герметизированного изделия больше, чем негерметизированного. Для предотвращения электрического пробоя нужно увеличивать зазоры между компонентами. Зазор между компонентами, находящимися под разными потенциалами, надо умножить на коэффициент, вычисленный по нормам электрической прочности воздуха при нормальном давлении (рис. 2).

Рисунок 2 Зависимость коэффициента увеличения зазора Кувз между деталями от высоты над уровнем моря h при зазорах < 2,2...5 и 5...10 мм

Герметичность разъемного контейнера достигается уплотнением стыков корпуса с кожухом при помощи уплотнительных прокладок: эластичных с принудительным уплотнением, металлических. Прокладка с самоуплотнением из упругого неметаллического материала, пометенная в гнездо уплотняемого разъема или замка, сжимается на некоторую определенную величину - натяг. Размеры посадочного места должны соответствовать размерам прокладки, а объем прокладки должен быть меньше объема посадочного места.

Давление, с которым прокладка всегда прижата к стенкам: *Рп=Рн+Рс,* где *Рн* - начальное давление, *Рс -* давление окружающей среды. В уплотнительных узлах с принудительным уплотнением удельное давление на прокладку выбирается таким, чтобы контактное давление во всем диапазоне рабочих температур всегда оказывалось выше *Рс.* В качестве материала прокладок здесь, наряду с мягким металлом, часто используется эластичный упругий материал, преимущественно резина. Резиновые прокладки помещает в замкнутую по объему камеру. При этом резина не деформируется (не "вытекает"), но находится в сильно напряженном состоянии (табл. 1*).*

Таблица 1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *d,* мм | <5 | 50...300ОО | 100...3000 |
| *в,* мм | 1 | 1,5 | 2 |

Область применения этого типа уплотнений - трубопроводы и арматура при всех значениях давления, РЭА в небольших герметичных корпусах.

Металлические уплотнительные прокладки изготавливают из алюминия, меди, индия, свинца, реже из никеля, серебра, железа. Алюминиевые прокладки могут работать до температуры примерно 673К, медные - до 353°К. Прокладки, работающие на срез или предназначенные для гребешковых и клиновых уплотнений, изготавливают из медной ленты толщиной около 1 мм, отожженной в водороде при 1223°К. Индий применяют в виде тонкой проволоки d=0,7...1,5 мм, которая укладывается между фланцами (с перекрытием концов).

При снятии прокладки до 0.85...0,75 *d* происходит холодная сварка индия с элементами уплотнения. Индий наносится в виде покрытия на фланцы или медные кольца. Он имеет высокую пластичность и не требует больших усилий затяжки, как другие металлы.

Следует отметить, что уплотнение за счет пластических деформаций металлических прокладок не всегда приводит к надежной герметизации. Например, красномедные кольца с зубцами обладают большим ТКЛР, из-за чего при нагревании дополнительно обжимаются в уплотнении. При многократном повторении этого процесса ГР уплотнение нарушается из-за усадки в виде наклепа. Это особенно опасно, когда узел уплощения находится в труднодоступном месте и его нельзя контролировать. Срок службы такого уплотнения снижается при воздействии вибрации, поэтому его нужно применять с особой осторожностью.

4.3. Основные свойства резины и рекомендации по ее применению

При использовании резиновых прокладок важно знать, что резина, помещенная в замкнутый объем, передает давление как жидкость, а напряжение во всех точках резинового массива выравнивается за несколько минут. В ней наблюдается явление релаксации. При постоянном значении деформации напряжение в резине падает в течение 48 часов. Она практически несжимаема: при давлении 80 МПа (300 кгс/см2) сжатие ее около 3%. Коэффициент объемного расширения резины разных марок примерно в 10 рал больше, чем у стали, и равен (2...6,7)·10-4, что может быть причиной разрыва узла уплотнения при его малой прочности.

При уплотнении неподвижных соединений (корпуса, кожухи и т.д.) диаметр d сечения тороидальной прокладки выбирается в зависимости от ее внутреннего диаметра D.

Для резиновых тороидальных прокладок применяются в основном два типа гнезд: клиновидное, которое рекомендуется для, уплотнения узлов, работающих в агрессивных средах, и прямоугольное - для узлов, работающих в неагрессивных или малоагрессивных средах (например: воздух, вода, смазка ПЭС-С-1 по ГОСТ 10957-74, ЦИАТИМ-221).

Натяг тороида по внутреннему диаметру, вследствие растяжения при установке на вал (в канавку), равен

Увеличение натяга ускоряет процесс старения резины. Обеспечить заданный натяг можно, установив на внутренний диаметр тороида односторонний допуск в минус. Посадочный диаметр D1 гнезда для уплотнительной прокладки выполняется не ниже 3-го класса точности.

**6 НЕРАЗЪЁМНАЯ ГЕРМЕТИЗАЦИЯ**

**6.1. Назначение и области применения**

РЭА помещают во влаго- и газонепроницаемый корпус, в котором поддерживается неизменное барометрическое давление, что позволяет использовать РЭА при высоком и низком давлении, в тропических условиях, под водой, в агрессивных средах. При неразъемной герметизации не применяют клей и компаунды из-за различия ТКЛР деталей корпуса и заливочных материалов, которое приводит к образованию трещин при тепловых ударах. При малых размерах герметичных швов допускается использование герметиков типа "Виксинта", "Победа", "Силпена", ВГО-1, а также полиэгилена:

**6.2. Неразъёмная герметизация сваркой и пайкой**

При конструировании сварных герметичных корпусов необходимо правильно выбрать материал. При сварке давлением целесообразно соединение встык, при роликовой сварке - внахлестку. Роликовая сварка применяется для получения особо прочных и плотных швов.

Хорошие результаты дает лазерная и электронно-лучевая сварка. Лучом лазера сваривают тугоплавкие металлы, приваривают контакты в полупроводниковых приборах, основания ИС и т.д. С помощью лазера легко свариваются алюминий и его сплавы, монельметалл, бронза, нержавеющая сталь, ниобий, молибден, вольфрам и др. При этом не требуется специальной защиты от влияния атмосферы (как и при металлообработке). Очень хорошо свариваются лазером медь, серебро и золото, т.к. из-за высокой теплопроводности они противостоят мгновенному нарастанию температуры. При правильном выборе режимов процесса можно сваривать материалы с различными температурами плавления: золото и германий, алюминий и вольфрам, тантал и медь и т.д. Такие сочетания часто встречаются в РЭА на ИС.

Луч лазера позволяет сваривать кольцевым швом стальной корпус термистора. При этом не наблюдается растрескивание керамического изолятора с выводами. Другие способы сварки корпуса термистора положительных результатов не дают.

Сварка в вакууме в совокупности с высокой интенсивностью нагрева электронным лучом обеспечивает высокое качество сварного шва, т.к. в процессе сварки удаляются газы, окислы, примеси и загрязнения как с поверхности металла, так и из внутренних слоев. Шов получается высокопрочным и надежным, деформации незначительными.

При конструировании вакуум-плотных соединений при помощи сварки плавлением необходимо учитывать следующее.

При сварке встык сварной шов должен быть со стороны вакуума, а не наоборот, и не с двух сторон. При сварке внахлестку шов варить только со стороны вакуума, а не с двух сторон и использовать при угловой сварке сверху встык, а не внахлестку. Не рекомендуется сварка внахлестку с двойным швом и усиливающими пластинками, т.к, в объёме между швами могут быть скрыты микротечи. Такие же принципы положены в основу конструирования Т-образной, угловой я краевой сварок. Угловые соединения необходимо выполнять с полной проваркой, чтобы не допустить образования трещин, а при краевых (чтобы вместе соединения не образовались загрязнения и газы), проварку надо выполнять до внутренней поверхности У образной отбортовки, чтобы не получались "карманы".

При выборе припоев для вакуум-плотного соединения необходимо учитывать ряд факторов, к основным из которых следует отнести давление паров металла, чистоту припоя, способность его к смачиванию и растеканию при температуре пайки, способность припоя образовывать с соединяемыми металлами химостойкие механические прочные связи.

Лучшими с точки зрения смачиваемости для деталей из сплавов меди являются припои на основе олова, никеля, серебра, золота, для никелевых деталей - припои иа основе меди, олова, цинка, свинца, золота, для стальных деталей - на основе цинка, олова, свинца, никеля, золота.

Для паяных герметичных соединений следует применять припой с малым температурным интервалом кристаллизации во избежание растрескивания (например ПОС-61).

При пайке мягкими припоями (пл.=673 К) необходимо разгружать швы от больших нагрузок (скрепляя детали точечной сваркой), развальцовкой, винтами и т п.). Паяный шов в этом случае используется только для обеспечения герметизация.

При выполнении вакуум-плотных соединений пайкой необходимо учесть следующие рекомендации. Для обеспечения капиллярного засасывания припоя я зазор между деталями взаимное перекрытие соединяемых поверхностей должно быть *2...3* мм. При пайке деталей из материалов с различными ТКЛР наружная деталь должна иметь больший ТКЛР, чтобы обеспечивать сжатие припоя при остывании.

Растекание припоя в зазоре определяется конструкцией последнего. Так, прямые углы обеспечивают хорошее протекание припоя через все соединения. Расширение в зазоре и скругленные углы останавливают течение припоя. Если ближайший со стороны подачи припоя угол скруглен, то припои не пройдет за этот угол. Если скруглен второй угол, то соединение будет прочным а герметичным. Прямой второй угол, прижатый к скругленному углу, также остановит течение припоя, несмотря на то, что зазоры с обеих сторон углов выбраны правильно. Если необходимо устранить растекание припоя по поверхности, то последнюю покрывают графитом или хромом.

При конструировании паяных соединений необходимо учитывать вид нагрузки, которую оно должно испытывать, нельзя копировать элементы сварных соединений.

**6.3. Проходные изоляторы для герметизированных корпусов**

Электрические выводы осуществляются через проходные изоляторы Их основными элементами являются трубка и фланец, впаянные в стеклянный изолятор. Материалы деталей соединения выбираются с примерно равными значениями ТКЛР. В результате образуется согласованный спай. Недостатки стеклянных изоляторов - высокая чувствительность к резкому изменению температуры. Более надежными являются стеклокерамические и керамические изоляторы.

В стеклокерамическом изоляторе втулка из керамики между фланцем и стеклом предохраняет последнее от растрескивания при тепловых ударах. Для внешних соединений на корпусах герметизированных приборов укрепляют гермопроводники, электрически изолированные от корпуса, и герметичные штепсельные разъемы.

Выбор материалов токопровода для его вакуумного уплотнения определяется конкретными условиями эксплуатации. Наибольшее распространение получили гермопроводники на базе согласованных спаев металла со стеклом.

Несогласованные спан имеют более высокие механические характеристики, однако их целесообразно применять только при работе изделия п. ограниченном интервале температур.

Попытки использовать в качестве гермопроводников металлические штыри, залитые эпоксидными компаундами, неудачны, так как в результате разных ТКЛР металлов и эпоксидных компаундов в процессе пайки монтажных проводов к выводам происходит разгерметизация. Термоудары и вибрация также приводят к разгерметизации таких соединений.

**7. РАСЧЕТЫ ГЕРМЕТИЧНОСТИ**

При конструировании герметичных изделий возникают две задачи: расчет усилия обжатия, обеспечивающего герметичность соединения, например корпуса и крышки (с прокладкой между ними), и расчет утечки газа через соединение.

**7.1. Расчет усилия обжатия**

Отсутствие обоснованных математических моделей разгерметизации объемных соединений не позволяет точно определить давление обжатия с учетом свойств среды, материала прокладок и характеристики микрогеометрни их поверхности. Поэтому получили распространение эмпирические формулы для определения давления обжатия. Они справедливы только в том диапазоне изменения параметров, в котором ставились эксперименты.

Зная необходимое усилив обжатияможно определить усилие затяжки соединения, например винтами, стягивающими уплотнительную прокладку между крышкой и корпусом.

**7.2. Расчет утечки**

При расчете утечки (скорости натекания) через уплотнение используются две модели. Одна из них - утечка через круглые капилляры, другая - ламинарное течение через плоскую щель (формула Пуазейля). Расчеты, сделанные по этим моделям, расходятся с практикой, т.к. последние не учитывают такие факторы, как контактное давление, характеристики микрогеометрии поверхности, а также физико-механические свойства материалов уплотняемых деталей и т.д. Между тем не все факторы в одинаковой степени влияют на утечку, поэтому многие авторы для каждого случая обрабатывали результаты эксперимента и получали эмпирические формулы, расчеты по которым дают хорошую сходимость с практическими данными.

Средняя статистическая высота щели и контактное давление *Рк*, обеспечивающее нормальнее уплотнение прокладки, связаны соотношением

 (1)

где *R* - параметр, характеризующий способность материала к уплотнению микронеровностей поверхности. Утечка через уплотнение из эластомера равна.

 (2)

Проводимость (утечка на единицу перепада давления и периметра уплотняемой поверхности В)

 (3)

Здесь *С0* - проводимость при отсутствии внедрения прокладки в микронеровности уплотняемой поверхности.

Формулы 1-3 справедливы для газов, не создающих облитерацию, которая уменьшает утечку за счет заращивания щели.

Утечка газа через зазор между уплотнительной прокладкой и фланцами для лучших эластомеров колеблется в пределах 8·10-6... 4·10-11 Па·см3/с (8·10‑6... 4·10-11 атм см3/с) на 1 см длины прокладки и зависит от ее материала и температуры,

Массовый расход газа через неплотности стыка герметичного соединения( 4 )

 (4)

где *Ри -* .давление газе в изделии,

*Р0* - давление окружающей среды;

*R* - газовая постоянная,

*h0 -* средняя высота щели при отсутствии контактного давления на стыке;

*К0 -* постоянная Козени, зависящая от формы поперечного сечения щели (для круглой щели *Ко* =2)*;*

t – коэффициент извилистости ();

*-* вязкость уплотняемой среды (газа);

 *Т-* абсолютная температура;

, - соответственно наружный и внутренний радиусы уплотнительных поверхностей;

 (t=1,2) - наибольшая высота неровностей профиля уплотнительных поверхностей;

*Sm* - средний шаг неровностей профиля (ГОСТ 2789-73);

*Ra* - среднее арифметическое отклонение профиля;

 - коэффициент пропорциональности;

 - коэффициент, характеризующий физико-механические свойства материала уплотнительных поверхностей;

*Мi* - коэффициент Пуассона материала,

*Еi* *-* модуль упругости материала;

*r*- средний радиус закругления вершин микронеровностей$

*в1* - суммарные параметры опорных кривых контактирующих поверхностей;

 - параметр опорных кривых,

 *-* гамма-функция.

Требование высокой степени герметичности микросборок, например, корпусов полупроводниковых приборов и *ИС* неразрывно связано с обеспечением их надежности и долговечности.

В результате негерметичности внутрь корпуса может попасть влага, коррозионно-активные вещества, а также посторонние частицы, которые вызовут повреждения отдельных элементов микросборки или короткое замыкание.

Герметичность корпусов микросборок очень высокая и массовый расход может достичь величины 10-8...10-9 см3/с. Укажем для сравнения, что через отверстие диаметром 10 мкм расход газа составляет 5·10-9 см3/с. При уменьшении диаметра отверстия до 0,1 мкм расход газа снижается на четыре порядка и составляет 5·10-13 см3/с. Эго вызывает большие трудности в выборе методов и средств для проверки герметичности микросборок, особенно в массовом производстве. Из существующих методов контроля распространение получил газовый (при помощи гелиевого течеискателя).

Как показала практика, утечка корпусов микросборок зависит не только от давления индикаторного газа, которым производят испытание, времени продолжения этого давления, интервала времени после снятия давления, но и от величины внутреннего (свободного) объема испытуемого на герметичность корпуса.

Для точной оценки утечки гелия по результатам измерений

 (5)

где *R -* измеренная утечка, атм·см3/с;

*L* - эквивалентная стандартная утечка, атм·см3/с;

 *-* молекулярный вес соответственно воздуха и индикаторного газа;

*t1* *-* время пребывания поддавлением;

*t2* - время выдержки перед измерением после снятия давления;

*U -* объем корпуса, см3.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Достанко А.П., Пикуль М.И., Хмыль А.А. Технология производства ЭВМ. Учеб. Мн.: Вышэйшая школа, 2004.

2. Кофанов Ю.Н. Теоретические основы конструирования технологии и надежности РЭС. Учеб. М.: Радио и связь, 2001.

3. Глудкин О.П. Методы и устройства испытаний РЭС и ЭВС. Учеб. М.: Высш. шк., 2001.

4. Технология радиоэлектронных устройств и автоматизация производства: Учебник А.П. Достанко, В.Л. Ланин, А.А. Хмыль, Л.П. Ануфриев. Мн.: Выш. шк., 2002.