

Министерство высшего и среднего специального образования  
Р С Ф С Р

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени авиационный  
институт имени академика С.П.Королева

КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИЯ  
МИКРОСХЕМ

Утверждено редакционным  
советом института в качестве  
методических указаний к курсовому проектированию

Куйбышев 1983

УДК 621.382 (075)

В указаниях приведены тематика и содержание курсового проектирования по курсу "Конструкции и технология микросхем". Указания предназначены для студентов специальности 0705.

Составители: А.И.Меркулов, В.Д.Дмитриев, Т.С.Кадугина

Рецензент доцент Е.Г.Гусева

## ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ И СОДЕРЖАНИЕ ЗАДАНИЯ

Курсовой проект выполняется с целью закрепления и расширения теоретических знаний по курсу, приобретения и развития практических навыков в самостоятельном проектировании гибридных пленочных микросхем.

Тематика курсовых проектов определяется программой курса "Конструкции и технология микросхем". Темы курсовых проектов определяются преподавателем, ведущим курсовое проектирование, и представляют собой задания на разработку конструкций и технологии изготовления гибридных пленочных микросхем частного применения (усилителей, генераторов, преобразователей и др.). Темой курсового проекта может быть:

разработка принципиально новой конструкции микросхемы на основе новейших достижений науки и техники;

исследование характеристик активных и пассивных элементов микросхем, изготавливаемых по новой технологии с применением новых материалов;

исследование новых физических явлений в твердом теле или тонких пленках;

опытная проверка новых теоретических положений в микроэлектронике;

разработка новых методов расчета и проектирования интегральных схем и т.д.

Каждому студенту выдается индивидуальное техническое задание на курсовое проектирование.

В задании указываются:

тема курсового проекта;

исходные электрические и конструктивные данные;

назначение объекта проектирования и параметры внешних воздействующих факторов;

срок службы изделия;

масштаб производства;

конструктивно-технологические ограничения.

В бланке задания также проставляются сроки выдачи задания и защиты проекта, фамилии с инициалами руководителя и студента, номер группы. Задание подписывает руководитель проекта.

Схему электрическую принципиальную выбирают в методическом пособии "Микросхемы частного применения. Схемы электрические принципиальные" в соответствии с номером варианта задания.

## СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект состоит из расчетно-пояснительной записки объемом 25–30 страниц и комплекта конструкторской (или технологической) документации (2,5–3 листа формата 24).

Расчетно-пояснительная записка содержит:

титульный лист стандартной формы;

задание на курсовое проектирование;

содержание;

введение;

основные разделы в соответствии с заданием на проектирование;

заклЮчение;

список литературы.

Во введении кратко характеризуют современное состояние микроминиатюризации РЭА и задачи, поставленные перед разработчиками современной РЭА партией и правительством, обосновывают тему курсового проекта, ее актуальность и новизну, формулируют основную задачу. Выбирают конструктивно-технологическое решение (тонкопленочная или толстопленочная микросхема) применительно к объему производства. Объем введения составляет не более страницы текста.

Основные разделы расчетно-пояснительной записки следующие:

анализ технического задания и выбор конструктивно-технологического варианта исполнения микросхемы;

конструктивный расчет элементов микросхемы;

разработка топологии и конструкции микросхемы;

технология изготовления микросхемы;

сборка и защита микросхемы.

Анализ технического задания необходим для выявления особенностей микросхемы, уточнения техпроцесса изготовления и его характеристик, для сопоставления возможных конструктивно-технологических характеристик микросхемы с уровнем производства, достигнутым промышленностью.

Техническое задание на разработку микросхемы содержит основные сведения о характеристиках проектируемой микросхемы, такие как: принципиальную электрическую схему; номиналы пассивных элементов и допуски на них; признаки воздействующего сигнала: частота, амплитуда, длительность, форма сигнала, уровень помех и т.д.; характеристики навесных элементов; напряжения источников питания; рабочие напряжения конденсаторов; мощности, рассеиваемые резисторами.

В некоторых случаях в техническом задании указывается тип и размеры корпуса для разрабатываемой микросхемы, условия эксплуатации и другие данные.

Принципиальная электрическая схема позволяет судить о сложности коммутации между отдельными элементами, числе контактных площадок для внешних соединений и навесных элементов, возможном размещении контактных площадок. Функциональные узлы с большим числом входов и выходов (например, устройства дискретной вычислительной техники) обычно реализуются на подложке с двусторонним расположением контактных площадок по широкой стороне подложки. Аналоговые функциональные узлы (например, многокаскадные усилители) часто имеют малое число входов и выходов. Склонность таких устройств к самовозбуждению заставляет располагать входные и выходные контактные площадки с разных сторон подложки.

Анализ номиналов пассивных элементов и допусков на них позволяет сделать вывод о возможности реализации этих элементов в пленочном исполнении или о необходимости применения навесных и подстроечных (тонкопленочных и навесных) элементов.

Наличие в схеме резисторов и конденсаторов с большим диапазоном номиналов усложняет технологический процесс изготовления микросхем и ухудшает их характеристики. Для отдельного изготовления пассивных элементов с малыми и большими номиналами приходится применять материалы с различными свойствами, что позволяет получить хорошие конструктивные характеристики микросхем, но в то же время усложняет технологический процесс. Заданная величина допусков на номиналы пассивных элементов влияет на их конструктивные параметры и налагает дополнительные ограничения на характеристики техпроцесса. Увеличение геометрических размеров  $R$  и  $C$  элементов в ряде случаев позволяет снизить погрешности воспроизведения номиналов, но размеры микросхемы при этом возрастают.

Особое внимание следует обращать на рабочие напряжения конденсаторов и мощности, рассеиваемые резисторами, так как от их величины зависит выбор материалов  $R$  и  $C$  элементов, материала и размеров подложки, условий изготовления микросхемы. Иногда изготовление тонкопленочных конденсаторов с большим рабочим напряжением и резисторов с большими рассеиваемыми мощностями оказывается нецелесообразным из-за сложности технологического процесса изготовления и усложнения конструкции микросхемы, в таких случаях необходимо применять навесные элементы.

При выборе материала подложки, материалов для изготовления пассивных элементов, выборе конструкции и взаимного расположения

элементов необходимо учитывать характеристики воздействующего сигнала. Так, например, длительность фронта импульса позволяет судить о ширине спектра импульсного сигнала. Материал диэлектрической пленки ТПК должен обеспечивать малые потери на верхних частотах спектра. При выполнении этого условия возможно прохождение сигнала по цепям микросхемы без искажения фронтов. Следует помнить, что частотные характеристики  $R$  и  $C$  элементов зависят от их конструкции.

При повышенных требованиях к помехоустойчивости необходимо максимальное разнесение контактных площадок и проводников входных и выходных цепей, обеспечение низкого сопротивления штиф питания и заземляющих проводников, применение металлических корпусов.

В процессе анализа технического задания намечаются возможные конструктивно-технологические мероприятия, направленные на обеспечение требуемой надежности и снижение стоимости микросхемы. Для обеспечения надежности по постепенным отказам необходимо оценить допуски на отдельные технологические операции изготовления пассивных элементов. Вероятность возникновения внезапных отказов уменьшается при рациональном выборе материалов (с учетом условий эксплуатации) и применении конструктивных мер по повышению надежности.

Выводы, сделанные в процессе анализа технического задания, позволяют получить предварительную информацию о конструктивно-технологических особенностях разрабатываемой микросхемы, которая совместно с дополнительными сведениями (экономические показатели, требования к габаритам и весу, надежности и т.д.) используется для разработки эскизного варианта микросхемы.

Конструктивный расчет элементов микросхемы заключается в определении форм и размеров тонкопленочных элементов. Исходные данные: перечень элементов по схеме принципиальной электрической с указанием номинальных значений и допустимых отклонений основных параметров, значений мощностей рассеяния, рабочих напряжений, дополнительные конструктивно-технологические данные и требования. В результате расчетов должны быть определены размеры и форма резисторов, размеры и форма конденсаторов, тонкопленочных катушек индуктивности,  $RC$ -структур, размеры контактных площадок, токоведущих проводников.

Геометрические размеры элементов определяют с учетом обеспечения необходимой точности номиналов [1]. Исходя из условий эксплуатации микросхемы, заданных ограничений, диапазона номиналов, выбранного при анализе технического задания технологического процесса, и т.д., выбирают материал резистивных пленок, диэлектрика, провод-

ников, контактных площадок и защитного слоя. Исходя из допусков на номинальные значения элементов, номиналов элементов, характеристик воспроизводимости свойств и размеров пленок, требуемой стабильности, интервала рабочих температур по методике, изложенной в [1], определяют геометрические размеры элементов. Результаты расчетов сводятся в таблицы.

Разработка топологии и конструкции микросхемы проходит несколько этапов. Вначале проводят эскизное проектирование, затем - техническое проектирование.

На этапе эскизного проектирования определяют оптимальное число элементов на подложке (при необходимости), рассчитывают (ориентировочно) площадь подложки и выбирают подходящий типоразмер корпуса из числа нормализованных.

Площадь подложки гибридной пленочной микросхемы, необходимую для размещения всех элементов, ориентировочно можно вычислить по формуле

$$S = K \left( \sum_{i=1}^n S_{R_i} + \sum_{i=1}^m S_{C_i} + \sum_{i=1}^k S_{L_i} + \sum_{i=1}^l S_{A_i} + N S_K \right), \quad (I)$$

где  $K$  - коэффициент использования площади подложки (для ориентировочных расчетов его значение берется равным 2-3);

$S_{R_i}$  - площадь  $i$ -го резистивного элемента;

$S_{C_i}$  - площадь  $i$ -го емкостного элемента;

$S_{L_i}$  - площадь  $i$ -го индуктивного элемента;

$S_{A_i}$  - площадь, занимаемая  $i$ -м навесным активным или пассивным элементом;

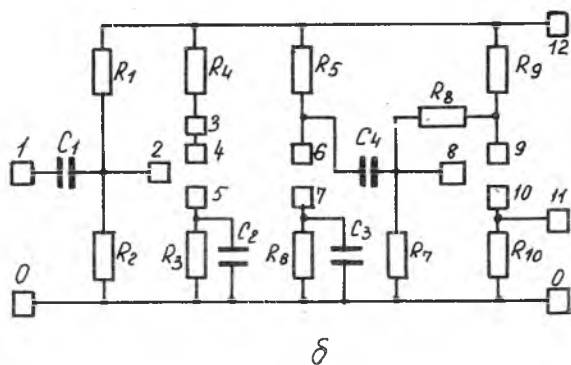
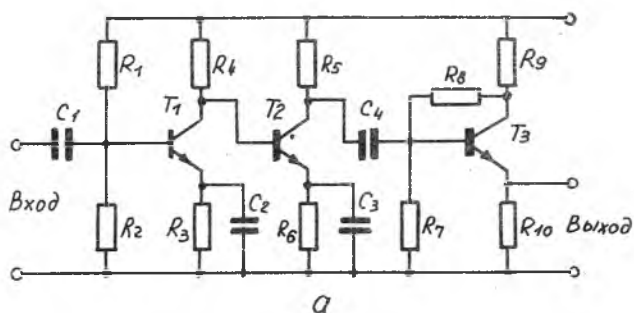
$N$  - число контактных площадок;

$S_K$  - площадь одной контактной площадки;

$n, m, k, l$  - число пленочных резисторов, конденсаторов, катушек индуктивности и активных элементов соответственно.

Для определения числа контактных площадок целесообразно на основе заданной принципиальной электрической схемы (рис. I, а) составить коммутационную схему (рис. I, б). Коммутационная схема представляет собой преобразованную принципиальную электрическую схему, на которой не изображают навесные элементы, а их выводы показывают контактными площадками.

По вычисленному значению  $S$  выбирают типоразмер подложки из ряда рекомендуемых (табл. I).



Р и с. 1. Преобразование принципиальной электрической схемы усилителя (а) в коммутационную (б)

Т а б л и ц а I

Рекомендуемые размеры подложек, мм

Ширина	30	24	20	16		12		10		
Длина	48	30	24	60	30	20	48	30	16	12

Материал подложки выбирают, исходя из электрических параметров разрабатываемой микросхемы. Характеристики материалов, наиболее часто применяемых для изготовления подложек, приведены в табл. 2.



Механические и электрофизические характеристики материалов подложек

Характеристика	Сигнал СТ50-Г	Стекло С41-Г	Стекло С48-3	К е р а м и к а			глазуро- ванная облицовка
				22ХС	поликор	98-процент- ная окись бериллия	
Класс чистоты поверхности по ГОСТ 2789-59	13-14	14	14	12	12-14	11	14
	46-50	40-43	46-50	55-80	75-85	70	73-78
Температурный коэффициент линейного расширения, $\alpha \cdot 10^{-6}$ , 1/град, в интервале температур 20-300°C	3,4	0,8-1,3	0,8-1,3	20	60-90	500	2,5-3,5
Теплопроводность, $С \cdot 10^3$ кал/см·с·град	8,5	7,5	6,8	10,3	10,5	6,4-9,5	13-16
Диэлектрическая проводимость $J = 10^6$ при $t = +20^\circ C$	$20 \cdot 10^{-14}$	$20 \cdot 10^{-14}$	$15 \cdot 10^{-14}$	$6 \cdot 10^{-14}$	$1 \cdot 10^{-14}$	-	$18 \cdot 10^{-14}$
Температура угла диэлектрической потери при $f = 10^6$ Гц и $t = +20^\circ C$	40	40	40	50	50	-	50
Электрическая прочность, кВ/мм							

Выбор корпуса для микросхемы. По выражению (I) и коммутационной схеме (рис. I, б) можно определить конструктивные признаки корпуса для микросхемы. По найденным признакам из числа нормализованных подбирается подходящий корпус [2]. При выборе корпуса кроме размеров следует учитывать тип микросхемы (аналоговая, дискретная), число контактных площадок для внешних соединений, рабочую частоту, число каскадов, рассеиваемую мощность.

Многокаскадные аналоговые функциональные узлы более устойчиво работают при последовательном расположении каскадов на подложке. В сочетании с малым числом входных и выходных контактных площадок такая особенность обуславливает предпочтительное применение подложек с соотношением сторон от  $1:1,5$  до  $1:3$  в зависимости от числа каскадов и расположения контактных площадок. Выбор подложки с нормализованными размерами сторон предопределяет размеры соответствующего такой подложке корпуса.

Микросхемы дискретного действия часто содержат большое количество навесных элементов и имеют много выводов. Выбор размеров подложки для таких микросхем производится с учетом других соображений: при большом числе (15-30) контактных площадок нередко удается разместить их только на широких сторонах подложки. Поэтому длина широкой стороны подложки выбирается с учетом числа контактных площадок и шага их расположения.

Для уточнения конструктивных признаков корпуса необходимо учитывать также ряд специфических требований технического задания, важнейшими из которых являются условия эксплуатации, надежность, габариты, вес, стоимость и другие. При выборе типа корпуса учитывают также требования к размещению разрабатываемой микросхемы на основании (печатной плате) в целях упрощения коммутационной схемы печатных проводников.

На этапе технического проектирования осуществляется разработка топологии ГИС и общей конструкции ГИС.

Разработка топологии является одним из основных этапов конструирования гибридных пленочных микросхем, на котором решается задача компоновки пленочных элементов микросхемы с учетом требований технического задания, особенностей принципиальной электрической схемы и технологических возможностей производства, а также выводов, сделанных на этапе эскизного проектирования. В процессе разработки топологии определяется взаимное расположение пленочных элементов микросхемы, а также уточняются их форма и геометрические размеры, выбираются места расположения контактных площадок.

Исходными данными для разработки топологии являются: электрические и конструктивные данные и требования; основные технологические данные и ограничения.

Общие и специальные электрические и конструктивные данные и требования разрабатываются на этапе предварительного проектирования, включающего разработку электрической схемы и общей компоновки проектируемой микросхемы. Основные технологические данные и ограничения формулируются в соответствии с достигнутым уровнем технологии микросхем и могут изменяться и уточняться в процессе совершенствования технологических процессов.

Общие электрические и конструктивные требования, обязательные для всех разработчиков микросхем, определяются действующей нормативно-технической документацией и направлены на унификацию электрических и конструктивных параметров микросхемы. При учебном проектировании учитывают следующие общие требования:

микросхемы разрабатывают в виде функциональных и конструктивно законченных изделий, надежно защищенных от воздействия внешних условий;

микросхемы одного типа должны быть взаимозаменяемыми при всех эксплуатационных условиях и режимах работы, оговоренных в техническом задании;

микросхемы общего применения выпускают только в унифицированных корпусах;

номинальные значения питающих напряжений выбирают из следующего ряда: 1,2; 3,0; 4,0; 5,0; 6,3; 10,0; 12,6; 20 и 27 В;

условия и режимы применения навесных элементов должны находиться в пределах требований соответствующих стандартов, нормативов и ТУ; для повышения надежности рекомендуется использовать все элементы в облегченных режимах;

вероятность безотказной работы микросхемы в течение 500 часов должна быть не менее 0,95;

микросхемы разрабатывают на подложках, размеры которых соответствуют ряду, приведенному в табл. I;

конструкция микросхемы должна исключать возможность появления локальных нагревов, превышающих допустимую температуру для элементов, расположенных в зоне нагрева;

каждая микросхема имеет маркировку, нанесенную несмываемой и нестираемой краской, с обозначением товарного знака предприятия - изготовителя, номера основного конструкторского документа на микросхему, месяца и года изготовления; на микросхеме должно быть пре-

дусмотрено место для нанесения клейма ОТК и указано место расположения первого вывода (ключ).

Специальные электрические и конструктивные требования к микросхеме приводят в техническом задании на проектирование. К числу специальных требований относятся:

основные электрические параметры микросхемы;

номинальные значения основных технических параметров пленочных и навесных элементов, их стабильность и допуски;

допустимый уровень паразитных связей между отдельными цепями микросхемы;

требования по устойчивости к механическим и климатическим воздействиям;

рекомендуемый тип корпуса.

Основные технологические данные и ограничения, учитываемые при разработке топологии. При разработке топологии гибридной пленочной схемы необходимо ориентироваться на один из нижеследующих вариантов последовательности нанесения тонкопленочных слоев.

Для микросхем, не содержащих конденсаторов:

первый слой - резистивный;

второй слой - выводы резисторов, контактные площадки, часть проводников;

третий слой - диэлектрический слой в местах пересечения проводников;

четвертый слой - оставшаяся часть проводников;

пятый слой - защитный.

Для микросхем с конденсаторами:

первый слой - резистивный;

второй слой - выводы резисторов, контактные площадки и часть проводников;

третий слой - диэлектрик в местах пересечения проводников;

четвертый слой - часть проводников;

пятый слой - нижние обкладки конденсаторов и по необходимости часть проводников;

шестой слой - диэлектрический слой конденсаторов;

седьмой слой - верхние обкладки конденсаторов и по необходимости часть проводников;

восьмой слой - защитный.

В зависимости от сложности схемы и особенностей технологического процесса количество напыляемых слоев и последовательность их нанесения могут меняться. Необходимо стремиться к тому, чтобы число

наносимых слоев было минимальным.

Предложенная последовательность нанесения слоев микросхемы характерна для технологического процесса получения конфигурации тонких пленок путем термического напыления материалов на подложку через затеняющий трафарет (маску). Последовательность нанесения слоев и технология формирования рисунка микрэлементов при использовании метода фотолитографии, который находит все большее применение при изготовлении компактных и точных микросхем, подробно описаны в литературе [3].

Работая над эскизным чертежом топологии микросхемы, следует учитывать следующие требования и технологические ограничения:

контактные площадки, коммутационные проводники, диэлектрические слои рекомендуется располагать от краев подложки на расстоянии не менее 0,5 мм;

резисторы, обкладки ТПК, пленочные катушки индуктивности располагают от краев подложки на расстоянии не менее 0,7–1,0 мм;

для совмещения элементов, лежащих в разных слоях, предусматривают перекрытие не менее чем на 200 мкм;

расстояние между различными пленочными элементами, лежащими в одном слое, должно быть не менее 200 мкм, лежащими в разных слоях — не менее 300 мкм;

минимально допустимые размеры контактной площадки для пайки —  $600 \times 600 \text{ мкм}^2$ , для сварки —  $300 \times 300 \text{ мкм}^2$  для контроля параметров элементов —  $300 \times 300 \text{ мкм}^2$ ;

у однослойных ТПК нижняя обкладка должна выступать за край верхней не менее чем на 200 мкм, а диэлектрик — не менее чем на 200 мкм за край нижней обкладки;

граница диэлектрика отстоит от края контактной площадки на расстояние не менее 500 мкм;

минимально допустимая ширина пленочного резистора (при использовании затеняющей маски) равна 200 мкм;

целесообразно ограничить минимальное сопротивление пленочных резисторов величиной 50 Ом, при этом их длина должна быть не менее 0,5 мм;

минимально допустимые расстояния между контактными площадками для сварки и пайки — 500 мкм;

не допускается припайка или приварка двух и более навесных элементов к одной контактной площадке;

во избежание возникновения паразитных связей не рекомендуется применять один пленочный коммутационный проводник для подвода пита-

ния к нескольким функциональным узлам, расположенным на одной подложке;

в большинстве случаев недопустимо использовать одну нижнюю обкладку для нескольких пленочных конденсаторов, входящих в схему одного узла;

в нижнем левом углу подложки размещают ключ (треугольник), необходимый для ее ориентации при сборке,

Выбор места установки навесного элемента и расположения контактных площадок для его подсоединения определяется цоколевкой навесного элемента, длиной и жесткостью его выводов. Допускается установка навесных элементов на пленочные проводники и маломощные резисторы, предварительно защищенные слоем диэлектрика. Минимальное расстояние от края контактной площадки до навесного элемента, выводы которого подключаются к этой площадке — 500 мкм, максимальное — 3000 мкм.

Указанные ограничения сформулированы для современного уровня технологии изготовления гибридных пленочных микросхем и могут уточняться и видоизменяться по мере ее совершенствования. Перечисленные рекомендации не являются исчерпывающими, однако их выполнение позволяет при разработке микросхемы предупредить возникновение грубых ошибок.

Разработку топологии тонкопленочной микросхемы рекомендуется выполнять в несколько этапов.

На первом этапе производят преобразование принципиальной электрической схемы, из которой исключают все навесные элементы; выводы последних заменяют контактными площадками. Схему перечерчивают таким образом, чтобы уменьшить число пересечений проводников и сократить их длину. Для подсоединения внешних выводов и выводов навесных элементов производят предварительное размещение контактных площадок с учетом конструктивных и электрических требований, оговоренных в техническом задании. Принципиальная схема, переработанная указанным образом, носит название коммутационной схемы. После проработки нескольких вариантов коммутационной схемы и получения оптимального (с точки зрения минимальной длины соединительных проводников и минимального числа пересечений между ними) варианта производят уточненный расчет геометрических размеров тонкопленочных элементов.

Следующим этапом разработки топологии является размещение пленочных элементов и выбор их формы. Предварительные размеры подложки и места расположения контактных площадок определяют на этапе эскизного проектирования, однако окончательный размер подложки устанавливают после проработки вариантов размещения всех элементов и выбора оптимального из них.

Размещая элементы, необходимо стремиться к тому, чтобы их форма была наиболее простой, а занимаемая площадь — минимальной. Рекомендуется проектировать топологию микросхемы в прямоугольной системе координат. Придание элементам форм, содержащих отрезки прямых, не параллельных осям координат, допустимо лишь в тех случаях, когда это приводит к значительному упрощению формы элементов.

Каждый пленочный элемент ( $R$ ,  $C$ ,  $L$ ) должен быть спроектирован таким образом, чтобы имелась возможность проконтролировать его параметры после напыления.

Пленочные элементы в процессе их размещения вычерчивают на миллиметровой бумаге в масштабе 10:1 или 20:1. Для удобства просмотра конфигураций отдельных слоев целесообразно окрашивать их в различные цвета.

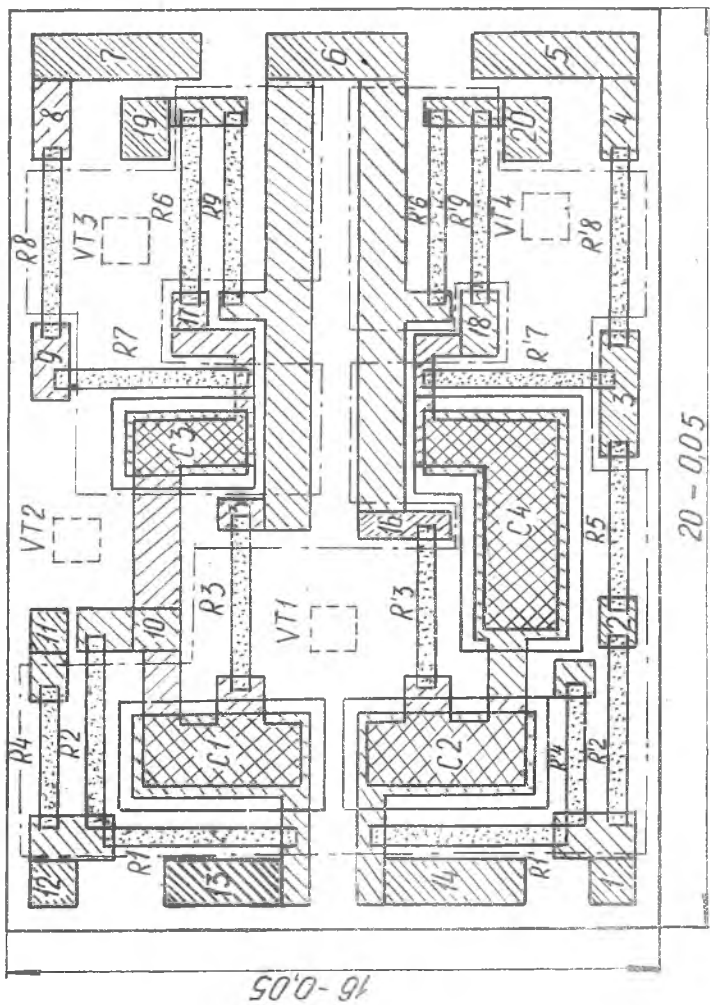
После составления эскиза топологии производят расчет паразитных емкостных связей между пленочными элементами (если это требование записано в техническом задании).

На основе откорректированного топологического чертежа микросхемы (рис.2) изготавливают чертежи слоев, на которых приводят координаты всех точек пересечения линий контуров элементов, отсчитываемые от координатных осей  $OX$  и  $OY$ , образующих базовый угол микросхемы.

Технология изготовления микросхемы разрабатывают в укрупненном варианте. Студент, исходя из технического задания, выбрав тот или иной технологический процесс, с учетом программы выпуска микросхем выбирает оборудование для операций изготовления микросхемы, приспособления (маски, испарители), используемые материалы, устройства и приборы контроля режимов изготовления, устройства и приборы контроля готовых микросхем. Особое внимание обращают на экономичность и эффективность технологических процессов и оборудования. Указывают также требования техники безопасности. При разработке технологического процесса изготовления микросхемы следует пользоваться методическими указаниями [4].

Сборка и защита гибридных интегральных микросхем. Гибридная интегральная микросхема состоит из пленочной схемы и навесных пассивных и активных элементов. Навесные элементы монтируют непосредственно на подложке с напыленной схемой, либо устанавливают на основании корпуса, в котором размещается интегральная пленочная микросхема (ИПС), либо собирают на отдельной плате.

В качестве навесных активных компонентов в гибридных пленочных микросхемах применяют миниатюрные (корпусные) и бескорпусные транзисторы, диоды, транзисторные и диодные матрицы. Основными требова-



Р и с. 2. Топологический чертёж микросхемы



ниями, предъявляемыми к активным элементам гибридных ИПС, являются малые габариты и вес. Этим требованиям отвечают бескорпусные активные компоненты, в которых кристаллы полупроводника защищены методом пассивации поверхности или с помощью лаков, эмалей, смол, компаундов и т.д.

Электрические и корпусные характеристики и габаритные чертежи некоторых типов транзисторов, диодов и диодных матриц приведены в литературе [2].

Навесные элементы устанавливаются на промежуточную плату или на основание корпуса в том случае, когда диаметр выводов этих элементов больше 100 мкм. Механическое крепление навесных элементов осуществляют путем приклеивания их к подложке или основанию корпуса с помощью клеев холодного отверждения, изготовленных на основе эпоксидной смолы ЭД-5, ГОСТ 10587-63. Присоединение выводов навесных элементов к контактным площадкам или непосредственно к внешним выводам, а также контактных площадок к внешним выводам производится пайкой или сваркой. Соединение контактных площадок с выводами корпуса осуществляется с помощью проволочных перемычек теми же методами. Сварку микросхем производят на установках типа УКМ-1, контакт - 3А, пайку - на установках ПИН-1 и др.

От воздействия внешней среды гибридные пленочные микросхемы защищают, помещая их в герметичные металло-стеклянные, металло-керамические, металло-полимерные или пластмассовые корпуса. Бескорпусная защита (лаками, компаундами) применяется в качестве предварительной или при кратковременном пребывании ГИС (до двух суток) в условиях повышенной влажности. В качестве защитного покрытия применяют лаки № 976-1, ФП-525, УР-231, эмаль ФП-545 и др. Схемы, защищенные лаком УР-231, могут работать в диапазоне температур от  $-60$  до  $+90^{\circ}\text{C}$ . Метод сушки лака может быть конвекционным (6 ч при  $80-90^{\circ}\text{C}$ ) или терморadiационным (40 мин при  $80^{\circ}\text{C}$ ). Лак УР-231, ВТУ ГИПИ-4 № 366-62 обладает высокой влагостойкостью и хорошими электроизоляционными свойствами.

Корпусная защита рекомендуется при эксплуатации ГИС в условиях повышенной влажности (98% при  $\pm 40^{\circ}\text{C}$ ) в течение 10 и более суток. Пластмассовые и металло-полимерные корпуса просты по конструкции, имеют низкую стоимость, но не обеспечивают надежную защиту микросхем при работе в сложных климатических условиях. Более высокую герметичность и надежность при работе в трудных условиях имеют металло-стеклянные и металло-керамические корпуса. Герметизация корпусов осуществляется электроннолучевой сваркой крышки с основанием корпуса по периметру, холодной сваркой, пайкой или склеиванием.

На этом разработку и описание основных разделов пояснительной записки заканчивают.

В заключении следует исходя из требований технического задания оценить качество разработки, отметить ее соответствие ТУ, надежность, удачные конструктивные решения, уменьшение габаритов, веса, стоимости по сравнению с другими конструкциями аналогичных устройств. Также указывают возможные пути дальнейшего улучшения конструктивных, технологических и эксплуатационных характеристик микросхемы.

В конце расчетно-пояснительной записки приводят список использованной литературы, ссылки на которую должны быть в тексте.

#### ОФОРМЛЕНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Пояснительная записка оформляется на белой писчей бумаге формата II в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105-68 и ГОСТ 19600-74. Общие требования к оформлению текстовых документов, изложению материала, оформлению иллюстраций, таблиц, формул, единиц измерения физических величин и др. изложены в указаниях 5 .

#### ОФОРМЛЕНИЕ ГРАФИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

В комплект конструкторской документации на разрабатываемую микросхему входят: спецификация, сборочный чертеж, схема принципиальная электрическая, чертеж платы и топологические чертежи. Все графические документы сшивают в отдельный альбом. Титульный лист альбома конструкторской документации и спецификацию оформляют на стандартных листах. Правила оформления спецификации оговорены в ГОСТ 2.108-68 и ОСТ ГО.000.002. Сборочный чертеж микросхемы оформляют в соответствии с ГОСТ 2.109-69. Правила оформления схемы принципиальной электрической оговорены в ОСТ ИПО.000.028-73. Правила выполнения топологических чертежей приведены в ОСТ II ПО.000.028-73. Основные надписи и дополнительные графы к ним выполняют в соответствии с ГОСТ 2.104-68. Более подробно правила оформления технической документации на пленочные интегральные микросхемы приведены в методических указаниях [ 4 ] .

#### ЗАЩИТА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Оформленный курсовой проект (расчетно-пояснительная записка и комплект конструкторской документации) студент сдает преподавателю на проверку за неделю до указанного срока защиты и после исправ-

ления указанных ошибок представляет к защите.

Защита курсового проекта производится перед комиссией в составе 2-3 человек, назначаемой заведующим кафедрой. Студент (в течение 5-7 мин) излагает результаты анализа технического задания, расчетов, конструктивно-технологических решений, отмечая их оригинальность и эффективность, отвечает на вопросы.

Разрешается досрочная защита курсовых проектов.

#### Л и т е р а т у р а

1. Конструкции и технология микросхем: Методические указания по конструированию и расчету элементов гибридных интегральных микросхем. Куйбышев, 1983.
2. Конструкции и технология микросхем: Методические указания по выбору компонентов и корпусов интегральных микросхем. Куйбышев, 1983.
3. Черняев В.Н. Технология производства интегральных микросхем.-М.: Энергия, 1977.
4. Разработка и оформление конструкторской и технологической документации на тонкопленочные гибридные микросхемы: Методические указания по курсовому и дипломному проектированию. Куйбышев, 1983.
5. Правила оформления текстовых документов: Методические указания. Куйбышев, 1981.

Составители: Анатолий Игнатьевич Меркулов  
Василий Дмитриевич Дмитриев  
Татьяна Серафимовна Калугина

КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИЯ МИКРОСХЕМ

Редактор Е.Д. Антонова  
Технический редактор Н.М.Калениук  
Корректор Е.Г.Филиппова

Подписано в печать 14.09.83 г. Формат 60x84 1/16.  
Бумага оберточная белая. Печать оперативная.  
Усл.п.л. 1,16. Уч.-изд.л. 1,0. Тираж 500 экз.  
Заказ 6456 Бесплатно.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени авиационный институт имени академика С.П.Королева, г.Куйбышев, ул.Мелодовардейская, 151.

Областная типография имени В.П.Мяги, г.Куйбышев, ул.Венцека, 60.