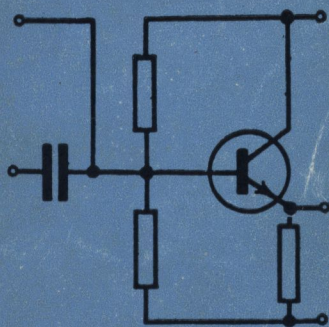
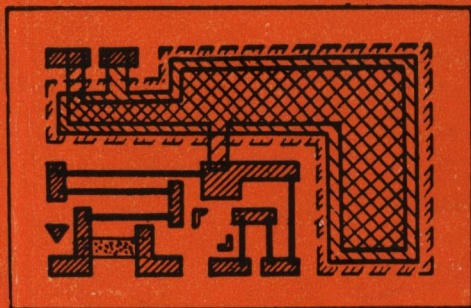


Г.Н.Петров, Д.И.Косачева

ЧТЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ МИКРОСХЕМ



Г. Н. Петров, Д. И. Косачева

ЧТЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ МИКРОСХЕМ

Одобрено Ученым советом
Государственного комитета
Совета Министров СССР
по профессионально-техническому образованию
в качестве учебного пособия
для подготовки рабочих
на производстве



«ЭНЕРГИЯ» МОСКВА 1973

6Ф0.3

П30

УДК. 621.3.049.75(075)

Петров Г. Н. и Косачева Д. И.

П30 Чтение чертежей микросхем. Учеб. пособие для
профтехучилищ. М., «Энергия», 1973.
80 с. с ил.

Учебное пособие содержит описание различных видов микросхем, специфические особенности их чтения и понимания. Рассматриваются типы линий и их назначение, особенности начертания условных и сокращенных обозначений элементов микросхем.

Учебное пособие предназначено для подготовки рабочих на производстве.

3312 - 485
051(01)-73 216-73

6Ф0.3.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Совершенствование технологии производства радиоэлектронной аппаратуры привело к созданию радиоэлектронных устройств нового типа — интегральных микросхем. Микроэлектронное изделие — это электронная схема (усилитель, мультивибратор), выполненная в едином объеме. Интегральная микроэлектроника предполагает полностью исключить использование отдельных электронных деталей, таких как резисторы, конденсаторы, транзисторы и т. д., в качестве составных элементов электронных схем, что приводит к уменьшению размеров и массы, существенному повышению надежности.

Развитие интегральной микроэлектроники привело к появлению новых терминов, чертежей, стандартов на конструкторскую и текстовую документацию.

Одной из главных сторон квалификации молодых рабочих, занятых в электронной промышленности, является умение быстро и правильно разбираться в технической документации, среди которой основное место занимают чертежи микросхем.

Чертежи микросхем содержат массу разносторонней информации, дающей представление о сложной технологии современного производства, поэтому в настоящее время техническое обучение молодых рабочих должно включать некоторые элементы инженерно-технической подготовки. В этой связи перед чтением чертежей микросхемы на-

до хотя бы кратко познакомиться с технологическими способами производства микросхем. Необходим и минимальный объем сведений по проекционным основам инженерной графики. Читателю рекомендуется предварительно ознакомиться с проекционными основами черчения. Помещенные краткие сведения призваны лишь освежить в памяти обучающегося основы построения проекций и методы создания чертежей.

Авторы надеются, что настоящее учебное пособие поможет молодым рабочим быстрее научиться читать чертежи по избранной специальности.

Авторы

ВВЕДЕНИЕ

Радиоэлектронная аппаратура находит все более широкое применение во многих областях науки и техники. Внедрение всевозможных машин и автоматических систем и возрастание их сложности, увеличение объема и темпов передачи и переработки информации требуют все большего насыщения радиоэлектронной аппаратурой промышленных объектов народного хозяйства. Решением поставленной задачи является широкое использование последних достижений микроэлектроники.

Микроэлектроника — новое научно-техническое направление электроники, которое с помощью сложного комплекса физических, химических, технологических и других методов и приемов решает проблему создания высоконадежных и экономичных миниатюрных схем и устройств. Микроэлектроника — этап развития, характеризующийся отказом от отдельных деталей с их многочисленными соединениями в узлах и блоках. Это позволяет значительно повысить надежность электронной аппаратуры и уменьшить ее габариты.

Микросхема — это микроэлектронное изделие, имеющее эквивалентную плотность монтажа не менее пяти элементов в 1 см^3 объема, занимаемого схемой, и рассматриваемое как единое конструктивное целое.

Интересно сравнить рост плотности монтажа электронных устройств. За единицу объема примем 1 см^3 . В табл. 1 показаны сравнительные компоновочные характеристики в зависимости от вида радиоэлектронного устройства.

Из таблицы видно, что если при переходе от каскада на лампах пальчикового типа к каскаду на миниатюрных деталях плотность заполнения увеличивается примерно в 3 раза, то микромодули дают увеличение плотности уже в 10 раз, гибридные интегральные микросхемы в 50 раз и интегральные полупроводниковые схемы в 100 раз по отношению к миниатюрным транзисторным конструкциям.

Таблица 1

Виды радиоэлектронных схем	Количество элементов в 1 см ³
Каскад с лампой пальчикового типа . . .	0,03—0,15
Каскад с лампой серии «дробь» на миниатюрных деталях	0,15—0,5
Каскад на полупроводниковом триоде и миниатюрных деталях	1—2
Микромодуль этажерочной конструкции . .	15—20
Гибридные интегральные микросхемы . . .	50—100
Интегральные полупроводниковые микросхемы	100—300
Молекулярные микросхемы	До 10 000
Перспективные микросхемы для ЭЦВМ . .	До 100 млн.

Следует оговориться, что приведенные цифры характеризуют плотность монтажа отдельных узлов. В целом аппаратура будет иметь плотность несколько меньше.

В зависимости от назначения и применения микросхемы изготавливают самого различного вида. Разнообразие микросхем потребовало различных способов их изображения на чертежах.

Прочитать современный чертеж микросхемы — значит получить информацию о элементах микросхемы, их форме, соединениях, размерах, а также определить данные для изготовления и контроля.

При чтении чертежа выясняют способ выполнения микросхемы, назначенные конструктором материалы, технические требования и другие данные. По чертежу устанавливают принцип действия микросхемы, ее назначение и взаимное расположение составных частей.

Читающий чертеж должен уметь проверить наличие и комплектность конструкторских документов, понять смысл всех изображений и технических надписей на каждом чертеже, раскрыть использованные условности и упрощения.

1. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКИ

Для изображения окружающих нас предметов существуют различные способы: фотография, рисунок, чертеж. При рисовании и фотографировании предмет

изображается так, как он представляется нашему зрению в действительности. Изображение предмета на плоскости при этом зависит от точки, с которой этот предмет наблюдается, причем форма и размеры его могут искажаться в большей или меньшей степени в зависимости от места расположения наблюдателя. В связи с этим определение размеров и формы, характеризующих данный предмет, не может быть осуществлено не-

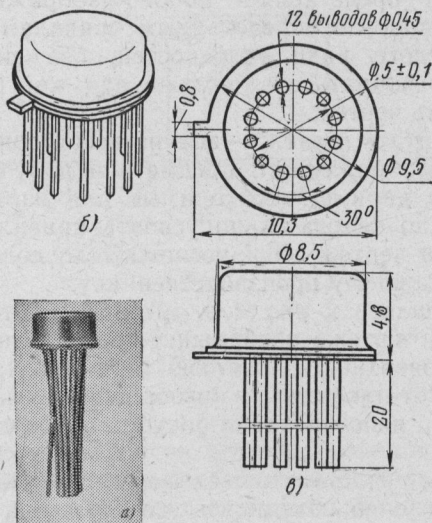


Рис. 1. Виды изображений.

а — фотография; б — рисунок; в — чертеж.

посредственным измерением отдельных частей рисунка или фотографии, так как последние передают размеры и форму не такими, какие они есть в действительности, а с искажением (рис. 1, а, б). Так, крышка герметизированного корпуса микросхемы на рисунке изображена в виде эллипса, а в действительности имеет форму окружности. По фотографии и рисунку нельзя установить точную длину выводов и их количество, невозможно определить габаритные размеры.

Изображение предмета при помощи рисунка и фотографии имеет только то преимущество, что общее представление об изделии получается наглядным. Но

это представление недостаточно, чтобы изготовить данный предмет. Для этого необходим чертеж, т. е. такое изображение, которое точно передает наружные и внутренние формы, устройство предмета и позволяет определить размеры всех его элементов.

В отличие от фотографии (рис. 1, а) и рисунка (рис. 1, б) чертеж корпуса, изображенный на рис. 1, в, передает форму и размеры двумя видами (проекциями). Он представляет собой изображение предмета, выполненное по определенным правилам и с соблюдением целого ряда условностей, без знания которых нельзя разобраться в чертеже или, как говорят, нельзя прочесть чертеж.

Прочитать чертеж — значит всесторонне представить форму изображенного предмета и получить о нем технические данные, необходимые для изготовления. Для этого надо основательно усвоить правила, по которым выполнен чертеж. Они несложны и должны быть известны каждому производственнику.

Обращаясь к рис. 1, в, мы видим, что каждая проекция на чертеже изображает только одну сторону (боковую поверхность, нижнюю торцевую часть). Вследствие этого наглядность изображения, которая имела место при использовании рисунка и фотографии, утрачивается.

Чтобы представить себе форму предмета по чертежу, надо мысленно объединить все проекции, что для сложных чертежей сделать не легко и иногда требует большого навыка. Несмотря на это, чертеж по сравнению с рисунком и фотографией имеет то преимущество, что форма предмета в целом, как и его отдельных частей, может быть передана точно, без всякого искажения.

Таким образом, ни рисунок, ни фотография не могут дать о предмете такого полного и точного представления, как правильно составленный чертеж, на основании которого можно изготавливать любые устройства.

Чертеж является основным техническим документом, содержащим исчерпывающие указания по изготовлению микросхемы. Дополнительные устные указания требуются лишь изредка и обычно по причине неполного овладения рабочими умением читать чертежи.

Перенос на плоскость чертежа вида предмета называется проектированием, а полученное изображение — проекцией предмета.

Из существующих способов проектирования основным в технике является способ прямоугольных (ортогональных) проекций. Проекция точки на плоскости есть точка пересечения проектирующей прямой с плоскостью проекций. Проектирующей прямой называют прямую, проведенную через точку в пространстве перпендикулярно плоскости проекций. На рис. 2, а показаны проекции (A_1 и B_1) точек A и B на плоскость Π_1 . Как вид-

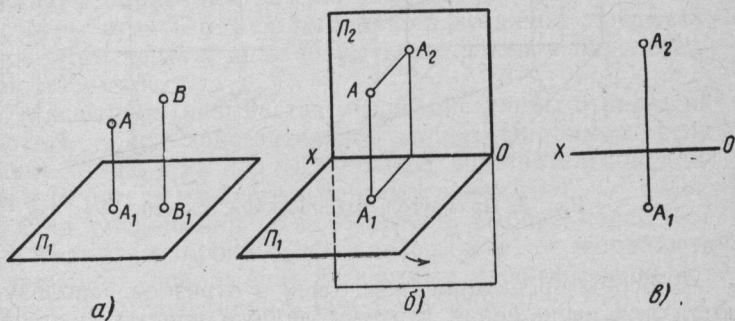


Рис. 2. Проекции точек.

а — на одну плоскость; б, в — на две плоскости.

но из рисунка, ни одна из проекций каждой точки (A или B) не определяет положения ее в пространстве, т. е. не дает представления о расстоянии каждой из них от плоскости проекций. Для того чтобы сделать определенным положение точки в пространстве, необходимо проектировать ее на две взаимно перпендикулярные плоскости проекций.

На рис. 2, б показаны проекции точки A на две плоскости проекций: Π_1 —горизонтальную и Π_2 —фронтальную плоскости проекций.

Две проекции точки вполне определяют ее положение в пространстве. Для удобства изображения составляют чертёж точки. Для этого, сохраняя неподвижной одну плоскость проекций Π_2 , другую вращают вокруг оси OX до совпадения ее с продолжением первой. В результате обе плоскости проекции будут совмещены с плоскостью бумаги (рис. 2, в). При этом горизонтальная проекция всегда разместится книзу от оси OX . Иногда при выполнении чертежей прибегают к проектированию на три плоскости.

Для получения прямоугольной проекции отрезка AB нужно построить соответствующие проекции его точек A и B , а затем одноименные проекции точек соединить прямыми (рис. 3).

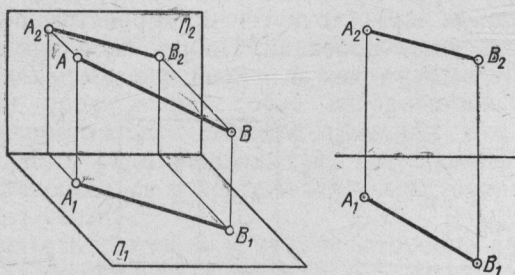


Рис. 3. Прямоугольные проекции прямой.

Способы проектирования точек и отрезков используются для выполнения чертежа любого предмета.

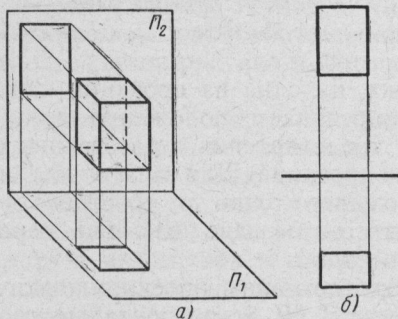


Рис. 4. Изображение бруска.

a — рисунок; b — чертеж.

Для того чтобы получить минимальное искажение предмета в изображениях (в проекциях), его располагают в отношении плоскостей проекций так, чтобы его основная ось или главная грань были перпендикулярны или параллельны какой-либо плоскости проекций.

Для примера возьмем прямоугольный брусок и расположим его так, чтобы его грани были параллельны

плоскостям проекций (рис. 4, а). В этом случае передняя и задняя грани бруска спроектируются в натуральную величину на фронтальную плоскость проекций P_2 , а верхнее и нижнее основания — без искажения на горизонтальную плоскость проекций P_1 (рис. 4, б).

Ввиду невозможности в большинстве случаев изобразить предмет в натуральную величину его вычерчивают в увеличенном (а иногда в уменьшенном) виде, но таким образом, чтобы по этому изображению можно было бы судить о действительной величине предмета. Для этого чертеж должен быть выполнен в определенном масштабе.

Масштабом называется отношение длины отрезка на чертеже к его действительной длине. Например, если длина отрезка на чертеже больше действительной длины в 10 раз, то и масштаб чертежа равен 10:1.

Для уменьшения разнообразия в выборе масштабов они стандартизированы. В зависимости от сложности и величины изображения на чертеже масштаб выбирают из рядов, установленных ГОСТ 2.302-68.

Масштабы уменьшения: 1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:20 и т. д.

Масштабы увеличения: 2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1 и т. д.

Размеры, указанные на чертеже, соответствуют действительным размерам изображаемой детали.

При первом взгляде на чертеж поражает множество линий, как будто бы незначительно отличающихся друг от друга (рис. 5).

В действительности каждая линия имеет смысл и регламентирована стандартом. Линии внешней рамки чертежа являются границами формата. Форматы стандартизированы по ГОСТ 2.301-68. Поэтому, зная стандартное построение форматов, сразу можно определить, на формате какого размера выполнен чертеж. Наиболее часто для чертежей микросхем используют форматы 11 (297×210), 12 (297×420), 22 (594×420) и 24 (594×841). Размеры форматов указаны в миллиметрах.

Согласно ГОСТ 2.303-68 каждая линия на чертеже имеет свое назначение. Толщина линий выбирается по отношению к толщине сплошной основной линии, которая обозначается латинской буквой *S* и должна быть в пределах от 0,6 до 1,5 мм в зависимости от величины и сложности изображения, а также от формата чертежа.

Сплошная основная линия применяется для изображения основного контура, контура сечения, вынесенного и входящего в состав изображения, для рамки чертежа. На рис. 5 это линия фронтальной и профильной проекций микросхемы в корпусе пенального типа. В

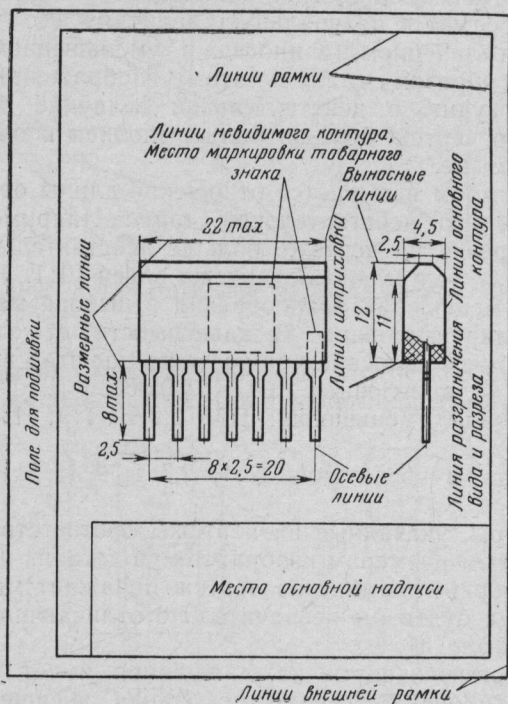


Рис. 5. Основные линии чертежа.

пределах одного чертежа (рис. 5) толщина всех линий основного контура одинаковая.

Сплошная тонкая линия (толщина $S/2$ — $S/3$) применяется для изображения размерных и выносных линий, линий штриховки, линий выноски, полки, внешней рамки чертежа.

На виде сбоку (профильная проекция) дан местный разрез, который отделяется от вида сплошной волнистой линией (рис. 5), толщина которой от $S/2$ до $S/3$.

Для обозначения невидимого контура выводов микросхемы и границы места маркировки условного обоз-

начения, даты изготовления, товарного знака используется штриховая линия.

Штрихпунктирная тонкая линия применяется для обозначения линий осевых и центровых.

Штрихпунктирные и штриховые линии имеют толщину от $S/2$ до $S/3$.

Чертеж правильно и грамотно выполнен, если все штрихи и промежутки между штрихами в линиях равны.

Центры окружностей отверстий должны находиться в месте пересечения штрихов штрихпунктирной линии, если диаметр окружности менее 12 мм, то штрихпунктирная линия заменяется тонкой сплошной линией.

Для выявления формы и внутренних контуров изображаемых изделий (или их составных частей) применяют разрезы и сечения. По ГОСТ 2.305-68 разрез — изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями, при этом мысленное рассечение предмета относится только к данному разрезу и не влечет за собой изменения других изображений того же предмета. Сечение — изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями. На сечении показывается только то, что получается непосредственно в секущей плоскости.

Разрезы разделяются в зависимости от положения секущей плоскости на ряд разновидностей, которые подробно рассматриваются в курсе проекционного черчения. Здесь укажем на разрезы, наиболее часто применяемые в чертежах микросхем. На рис. 6 показаны две проекции корпуса микросхемы с разрезами. Здесь и в последующем даны примеры конструкций корпусов, разработанных до введения ГОСТ 17467-72 «Микросхемы интегральные. Корпуса». На главном виде (фронтальной проекции) сделан местный разрез, ограниченный сплошной волнистой линией. Такой разрез служит для выяснения устройства микросхемы в отдельном, ограниченном месте.

В нашем примере местный разрез дает возможность внутри кожуха 3 увидеть плату 1 с микросхемой. Отчетливо видны выводы 2, присоединенные к плате.

Местные разрезы широко применяются в чертежах микросхем как для пояснения всей конструкции, так и для показа отдельных деталей (см. рис. 5, 10, 24 и др.).

На профильной проекции (рис. 6) сделан поперечный разрез — секущая плоскость направлена перпендикулярно длине корпуса и обозначена А-А. Из этого изображения следует, что какие-то элементы (например, транзисторы) помещены в кассету 4. Платы в таких корпусах удерживаются компаундом со стороны выводов 2. При установке микросхемы жидкий компаунд

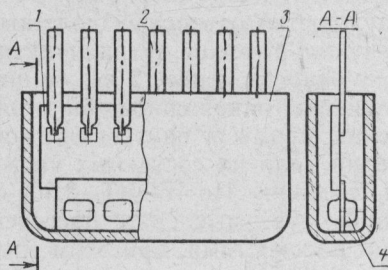


Рис. 6. Местный и поперечный разрезы корпуса гибридной интегральной микросхемы.

заливается в корпус 3. Компаунд графически не изображается, а оговаривается в технических требованиях.

2. ОБЩАЯ ТЕРМИНОЛОГИЯ

Для правильного понимания и разграничения чертежей необходимо усвоить названия микросхем и их элементов. ГОСТ 17021-71, введенный с 1 июля 1972 г., устанавливает в науке, технике и производстве термины и определения в области микросхем.

Микромодуль — электронное устройство, состоящее из отдельных радиодеталей — полуфабрикатов, соединенных друг с другом пайкой или сваркой, последующей герметизацией в специальном корпусе.

Пленочная интегральная микросхема — интегральная микросхема, элементы которой выполнены в виде пленок, нанесенных на поверхность диэлектрического материала (интегральной называют микросхему, все или часть элементов которой нераздельно связаны и электрически соединены между собой так, что устройство рассматривается как единое целое).

Полупроводниковая интегральная микросхема — интегральная микросхема, элементы которой выполнены в объеме и (или) на поверхности полупроводникового материала.

Гибридная интегральная микросхема — интегральная микросхема, часть элементов которой имеет самостоятельное конструктивное оформление.

Выпуск перечисленных видов микросхем и характеризует основные направления современной микроэлектроники. Каждый из названных видов в свою очередь имеет различные конструктивные исполнения, особенности изображения которых рассмотрены в соответствующих разделах пособия.

Микросхемы могут быть реализованы в магнитном и криогенном исполнении, в ионном и оптоэлектронном. Однако промышленностью серийно эти виды микросхем пока не выпускаются, и их изображения в настоящем пособии не рассматриваются.

Следует обратить особое внимание на то, что вышеприведенное условное деление микросхем (тонкопленочные, гибридные и т. д.) осуществлено по технологическому признаку. По характеру же выполнения электрических функций микросхемы подразделяются на классы и группы. Под классы выделены усилители, преобразователи, логические схемы, запоминающие устройства и т. д. Группы классифицированы отдельно в пределах каждого класса. Например, в классе логических схем есть группа: схемы И, схемы ИЛИ, схемы НЕ и т. д., в классе модуляторов — частотные, фазовые модуляторы и т. д.

Условное обозначение отечественных микросхем состоит из пяти элементов:

первый элемент — одна цифра, обозначающая вид микросхемы по технологическому признаку;

второй элемент — две буквы, обозначающие класс и группу по характеру выполнения электрических функций;

третий элемент — две цифры, обозначающие порядковый номер регистрации;

четвертый элемент — одна цифра, обозначающая номер типа микросхемы в группе микросхем одинакового функционального назначения;

пятый элемент — одна буква, обозначающая отличие по какому-то параметру одинаковых типов микросхем.

По технологическому признаку микросхемы обозначаются: полупроводниковые — цифрой 1, гибридные интегральные схемы — 2 и пленочные — 3. Классы и группы обозначаются буквами. Например, модулятор импульсный — МИ, преобразователь напряжения — ПН, логическая схема группы ИЛИ — ЛЛ.

Для того, кто читает чертеж, необходимо знать классификацию, чтобы расшифровать принятое обозначение, например: 2ЛЛ231 — гибридная интегральная логическая микросхема ИЛИ 23 серии 1. Обозначение микромодулей в конструкторской документации состоит из слова «микромодуль», условного обозначения микромодуля и номера ТУ (технических условий). Например, *микромодуль АБ2.212...ТУ...*

Чтение чертежей микросхем и микромодулей невозможно без употребления некоторых терминов и словообразований, присущих микроэлектронике. Поэтому ниже в алфавитном порядке объясняются термины, связанные с прочтением чертежей и широко используемые в последующих разделах.

Активный элемент — элемент, обладающий способностью активно воздействовать на схему, т. е. способный обеспечить усилие или управление, например диод, транзистор и др.

Базовый кристалл — полупроводниковая подложка со сформированными элементами, но без законченной коммутации, являющаяся основой для изготовления различных полупроводниковых интегральных схем.

Диодная матрица — несколько диодов, расположенных на одной подложке.

Ключ — металлизированный участок подложки установленных размеров и формы, служащий для ориентации платы и определения порядка нумерации выводов.

Контактная площадка — токопроводящий участок, предназначенный для присоединения объемных проводников или выводов навесных элементов.

Координатная сетка — прямоугольная сетка, нанесенная на чертеж платы, состоящая из параллельных равностоящих друг от друга линий, служащая для определения координат отверстий и взаимного расположения печатных проводников.

Корпус интегральной микросхемы — часть интегральной микросхемы, предназначенная для ее защиты от

внешних воздействий и монтажа в аппаратуре с помощью соответствующих выводов.

Крепежное отверстие — металлизированное или неметаллизированное отверстие, предназначенное для крепления платы или электроэлементов к плате.

Компонент — составляющая часть активного или пассивного элемента (обкладка конденсатора, база транзистора и т. п.).

Маска — трафарет, обеспечивающий избирательную защиту отдельных участков подложки при технологической обработке.

Оригинал — чертеж конфигурации технологического слоя интегральной микросхемы, предназначенный для получения фотошаблона.

Пазы — 12 криволинейных вырезов по краям платы микро модуля.

Пассивный элемент — элемент, не обладающий свойством активного воздействия на микросхему; примером пассивных элементов могут служить резисторы.

Перемычка — печатный или объемный проводник, служащий для соединения пазов различных микроплат внутри микро модуля.

Печатный проводник — участок токопроводящего слоя, нанесенного на изоляционное основание.

Печатный элемент — сопротивление, емкость, индуктивность и другие элементы, получаемые нанесением на изоляционное основание слоя металла или диэлектрика.

Пленочный элемент — радиоэлемент (конденсатор, резистор, диод, транзистор), выполненный в виде пленок на подложке.

Плотность монтажа — число элементов, укладываемых в единицу объема микросхемы.

Подложка — основание, на поверхности или в объеме которого формируются элементы интегральных микросхем.

Слой — часть микросхемы, выполненная с применением одной маски, одного или нескольких фотошаблонов (слой проводников и контактных площадок, слой диэлектрика и т. д.).

Топологический чертеж — чертеж размещения и формы элементов и соединений интегральной микросхемы.

Фотошаблон интегральной микросхемы — фотокопия оригинала интегральной микросхемы, выполненная на

прозрачном материале в масштабе 1:1 по отношению к размерам интегральной микросхемы.

Цоколевка микроэлемента — условное цифровое обозначение пазов микроплаты, с которыми соединены выводы элемента.

Шаг координатной сетки — расстояние между двумя ближайшими параллельными линиями координатной сетки.

Элемент (интегральной микросхемы) — часть микросхемы, выполняющая функции какого-либо радиоэлемента. Под радиоэлементом понимают транзистор, резистор, диод и др.

3. КОМПЛЕКТНОСТЬ ЧЕРТЕЖЕЙ МИКРОСХЕМ

Согласно ГОСТ и ЕСКД у нас в стране на каждое изделие, в том числе на любой вид микросхемы, выпускается определенный комплект конструкторских документов. Основным комплектом конструкторских документов изделий называется совокупность графических и текстовых сведений, относящихся ко всему изделию в целом, например: сборочный чертеж, принципиальная электрическая схема, технические условия. Чертежи составных частей изделия в основной комплект не входят; например, в основной комплект не входят чертежи отдельных элементов микросхемы, подложки.

В зависимости от серийного выпуска, договоров с заказчиками и технических условий на поставку на различных предприятиях комплектность чертежей различна. Поэтому целесообразно воспользоваться общими производственными рекомендациями и номенклатурой одинаковых чертежей, выпускаемых в настоящее время конструкторскими бюро и предприятиями электронной промышленности.

В табл. 2 собраны наименования обязательных конструкторских документов по различным видам микросхем, используемые в настоящее время в производственных условиях.

Как видно из табл. 2, в комплекты конструкторских документов перечисленных видов микросхем обязательно входят: схема электрическая принципиальная, сборочный чертеж микросхемы с герметизацией в корпусе, технические условия, паспорт и патентный формуляр.

Таблица 2

Наименование конструкторских документов на микросхемы и микромодули	Микро-модуль	Пленочная интегральная микросхема	Интегральная полупроводниковая микросхема	Гибридная интегральная микросхема
Принципиальная электрическая схема	+	+	+	+
Паспорт сопроводительный совместно с габаритным чертежом	+	+	+	+
Сборочный чертеж микросхемы в корпусе	+	+	+	+
Сборочный чертеж микросхемы без корпуса	+		+	+
Топологический чертеж интегральной микросхемы		+	+	+
Чертеж отдельного элемента интегральной микросхемы или микромодуля	+			+
Таблицы координат конфигураций элементов в слое		+	+	+
Технические условия	+	+	+	+
Патентный формуляр	+	+	+	+

В то же время не все микросхемы имеют чертежи отдельных элементов, а сборочные чертежи микросхем без герметизации, как будет показано ниже, значительно отличаются друг от друга.

Расшифруем назначение указанных в табл. 2 графических и текстовых документов.

Схема электрическая принципиальная — документ, определяющий полный состав электрических элементов изделия (резисторов, конденсаторов и т. п.) и электрические связи между ними. По схеме производят разработку конструкции, и она используется при изготовлении и эксплуатации изделия.

Сборочный чертеж микросхемы — изображение изделия в собранном виде, содержит необходимые данные для его сборки и контроля.

Топологический чертеж интегральной микросхемы — чертеж размещения, формы элементов и соединений интегральной микросхемы.

Таблицы координат конфигураций элементов — таблицы с номерами вершин элементов, а также с координатами вершин по осям X и Y.

Чертеж отдельного элемента — изображение элемента и другие данные, необходимые для изготовления и контроля.

Паспорт — документ, содержащий общий вид изделия, его габаритные размеры, эксплуатационные параметры, маркировку предприятия-изготовителя.

Технические условия — документ, отражающий интересующие потребителя технические параметры, качественные характеристики, методы контроля и испытания изделий и др.

Патентный формуляр — документ, отражающий результаты анализа патентов СССР и иностранных, выявляющий предполагаемые изобретения, созданные в ходе разработки изделия.

4. СВЕДЕНИЯ ОБ ОСНОВНЫХ ЧЕРТЕЖАХ МИКРОСХЕМ

Под основными подразумеваются чертежи, обязательно входящие в комплект конструкторских документов на любую микросхему. Согласно табл. 2 в этом параграфе рассматриваются принципиальная электрическая схема, сборочный чертеж и сопроводительный паспорт с габаритным чертежом.

Конструирование микросхемы начинается с вычерчивания электрической принципиальной схемы. Иногда принципиальной электрической схеме предшествует создание логической схемы.

Такие схемы в государственном стандарте названы структурными. Структурная схема предназначена для определения основных функциональных частей изделия, их назначения и взаимосвязи (ГОСТ 2.701-68).

Отдельные элементы на структурной схеме, как правило, изображены в виде фигур, возле которых при необходимости проставляют их типы (шифры). На принципиальной же электрической схеме отдельные элементы изображают в виде графических обозначений, установленных стандартами.

Каждый производитель прежде всего должен знать обозначения отдельных полупроводниковых приборов и элементов и уметь прочитать их на схеме. Группой ГОСТ и ЕСКД (2.721-68, 2.748-68, 2.750-68, 2.751-68) на встречающиеся в схемах электронные приборы и элементы введены условные графические обозначения.

Обозначения имеют строго определенные размеры. Отступление от этих размеров не допускается.

В ЕСКД разработана серия условных графических обозначений полупроводниковых приборов и элементов. На рис. 7 представлены некоторые обозначения основных элементов принципиальных электрических схем. Эти обозначения являются базовыми. В электрических прин-

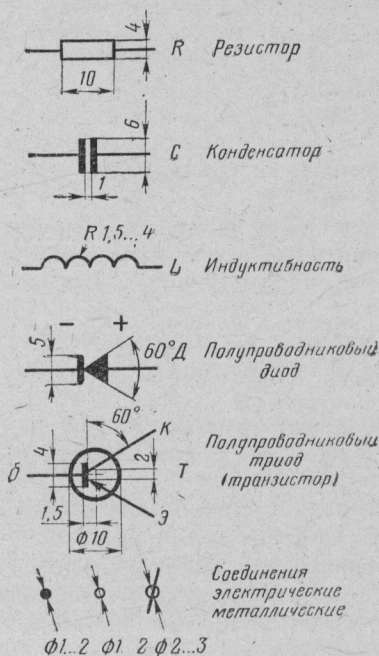


Рис. 7. Графические условные обозначения основных элементов микросхем.

ципиальных схемах эти обозначения могут встречаться с дополнительными знаками, введенными в контур их изображений, или с дополнительными линиями. Например, каждый транзистор состоит из трех компонентов (база, эмиттер, коллектор).

Эмиттер обозначается линией, заканчивающейся стрелкой, расположенной под углом 60° к базе.

Направление стрелки зависит от характера проводимости эмиттера.

В отличие от обычного биполярного транзистора в микросхемах иногда встречаются двухэмиттерные транзисторы, в обозначение которых вводятся соответственно две параллельные эмиттерные линии.

Линии связи и контуры элементов обычно вычерчены одной толщиной 0,3—0,6 мм. Иногда условные графические обозначения элементов выделяют более толстой (по сравнению с линиями связи) линией.

При обозначении элементов некоторые их части обязательно вычерчиваются утолщенной линией. Например, обкладки конденсатора (в схемном изображении) выполняются толщиной 0,8—1,2 мм. У диода отрицательный вывод выполняют толщиной 0,3—0,6 мм. База и окружность в обозначении транзистора также выполняются толщиной 0,3—0,6 мм.

При ознакомлении с условными графическими обозначениями приведенных отдельных приборов следует обратить внимание на следующие особенности изображений:

эмиттерная линия у транзистора всегда со стрелкой; положительный вывод диода вычерчивается в виде треугольника;

буквенные наименования резистора, конденсатора и индуктивности берутся из латинского алфавита, диода и транзистора — из русского.

Места соединения проводов обозначаются окружностью диаметром 1—2 мм и зачерняются.

Концы электрических соединений разъёмные и неразъёмные, т. е. входы, выходы, а также контакты питания заканчиваются окружностью диаметром 1—2 мм или окружностью диаметром 2—3 мм, перечеркнутой прямой (когда конец является частью разъёма) и располагаются по горизонтальным или вертикальным линиям как с правой, так и с левой стороны.

Основная особенность условных обозначений краткость и простота. Однако в процессе создания новых приборов и элементов их условные обозначения совершенствуются и усложняются. Например, в свое время появились различные виды диодов: туннельные, диоды-стабилитроны, фотодиоды, плоскостные, точечные. В схемах стали употреблять ряд видоизменений основного символа диода. Основные черты диода — треугольник и черточку — сохраняют во всех видоизменениях, но вводят небольшие различия, которые позволяют уточнить

конструкцию [Л.2]. На рис. 8 показаны предлагаемые ГОСТ 2.730-68 примеры построения условных обозначений диодов и транзисторов. В ГОСТ имеется таблица знаков, характеризующая особые свойства полупроводниковых приборов. Согласно этой таблице при температурном эффекте в условное обозначение добавляется латинская буква « t° », при фотоэлектрическом эффекте — знак « \Downarrow » и т. д.

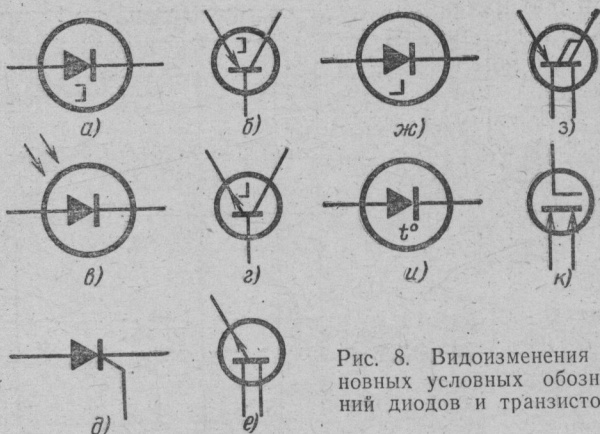


Рис. 8. Видоизменения основных условных обозначений диодов и транзисторов.

Так, на рис. 8, а, б показаны обозначения туннельного диода и туннельного транзистора. Обозначение на рис. 8, в относится к фотодиоду. Лавинный транзистор в принципиальных электрических схемах обозначается по рис. 8, г, лавинный диод — по рис. 8, ж. Полупроводниковый диод с температурной зависимостью в схемном изображении дан на рис. 8, и. Управляемый диод (тиристор) приведен на рис. 8, д. На рис. 8, е, з, к приведены другие разновидности обозначений транзисторов.

После ознакомления с условными графическими обозначениями отдельных электронных приборов можно приступать к чтению принципиальной электрической схемы. Любое изделие, в которое входят взаимодействующие электрические элементы, обязательно имеет в составе технической документации одну или несколько принципиальных схем. Принципиальная схема является графическим воплощением результатов теоретической стадии создания нового изделия и служит заданием для разработки его конструкции. Принципиальные схемы на-

ходят применение в производстве и в эксплуатации изделий для изучения принципов их действия, а также при налаживании, регулировке, контроле и ремонте; кроме того, это наиболее распространенный тип схем, применяемых в технической литературе. Такие схемы выполняются по ГОСТ 2.702-69.

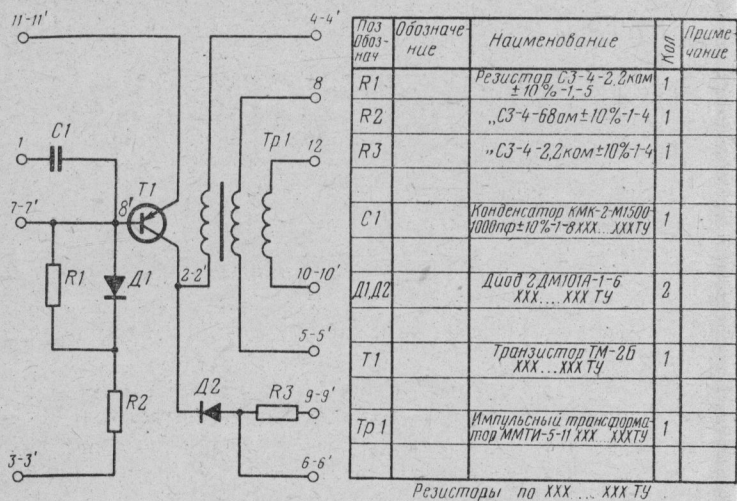


Рис. 9. Схема электрическая принципиальная.

В качестве примера рассмотрим принципиальную электрическую схему импульсного усилителя в микро-модульном исполнении (рис. 9). Как видно из рисунка, расположение условных графических обозначений элементов определяется удобством чтения схемы, а изображение электрических связей (проводников) между элементами выполнено кратчайшими линиями при минимальном числе пересечений.

На схеме должны быть указаны и места соединений проводников.

Номера выводов проставляют справа или сверху от линий, изображающих проводники, и если их можно перепутать с другими цифрами, то их заключают в скобки.

Каждый элемент, входящий в изделие и изображенный на схеме, имеет буквенно-цифровое позиционное обозначение, составленное из буквенного обозначения и порядкового номера, проставленного после буквенного обозна-

чения, например: *T1, R2, C1, D2* и т. д. Позиционные обозначения на схеме проставлены всегда рядом с условными графическими обозначениями, чаще всего с правой стороны или над ними. Порядковые номера начинаются с единицы в пределах каждой группы элементов.

Все элементы, входящие в состав изделия, однозначно определены на принципиальной электрической схеме. Данные об элементах обязательно записываются в перечень элементов. При этом связь перечня с условными графическими обозначениями элементов осуществляется через буквенно-позиционные обозначения.

Согласно ГОСТ 2.702-69 перечень элементов помещают на первом листе схемы и оформляют в виде таблицы. Таблицу располагают на чертеже над основной надписью, отступая сверху от рамки чертежа на некоторое расстояние. Перечень элементов может быть выполнен на отдельном листе, однако в комплекте конструкторских документов должен находиться непосредственно за принципиальной электрической схемой.

В перечне пять граф, которые заполняются сверху вниз. В графе *Поз. обозначение* записывают позиционное обозначение элемента, в графу *Обозначение* — обозначения основных конструкторских документов, в графу *Наименование* — наименование элемента, тип (шифр) его структуры и расчетный номинал. Может быть указан ГОСТ или специальные технические условия. При многократном использовании однотипных элементов в перечне разрешается:

а) вместо повторения одинаковых наименований элементов проставлять кавычки (см. рис. 9 — слово *Резистор* записано один раз);

б) при использовании элементов по одному документу взамен повторения обозначения этого документа помещать на поле схемы соответствующую надпись (см. рис. 9 — *Резисторы по ... ТУ*, т. е. все резисторы выпущены по одним техническим условиям).

Полупроводниковые приборы и радиоэлементы, занесенные в перечень, имеют условные обозначения, которые состоят из нескольких цифр и букв, расположенных в определенном порядке. Например, условное обозначение полупроводниковых приборов по стандарту состоит из пяти индексов.

Первый элемент обозначения для всех приборов — буква, указывающая на исходный материал прибора

(Г или 1 — германий, К или 2 — кремний, А или 3 — арсенид галлия).

Вторым элементом служит буква, обозначающая разновидность прибора (Т — транзистор, Д — диод, И — туннельный диод, С — стабилитрон и т. д.).

Третьим индексом является цифра, обозначающая класс или назначение прибора (например, транзистор малой мощности низкой частоты — 1, он же высокой частоты — 3), причем классификационные признаки для различных групп приборов различны.

Четвертым элементом обозначения приборов служит число от 01 до 99, соответствующее порядковому номеру разработки прибора.

Пятый элемент обозначения — буквы от А до Я, обозначающие деление технологического типа на группы.

Так, в нашем примере (рис. 9) обозначение 2ДМ101А-1-6 расшифровывается — кремниевый диод микромодульный малой мощности группы А. Или, например, кремниевый транзистор средней мощности, высокой частоты, номер разработки 15, группы Д обозначается КТ615Д, а германиевый стабилитрон средней мощности на напряжение стабилизации 30 в, группы В — ГС530В.

Есть некоторые особенности в выполнении электрической принципиальной схемы микромодулей.

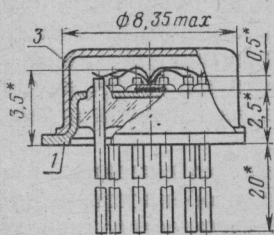
При записи в перечень элементов в графе *Наименование* указываются название элемента, его расчетный номинал и допуск, а также величина максимальной мощности рассеяния (для резисторов) и максимального рабочего напряжения (для конденсаторов). Например (см. рис. 9), в перечень занесен С1 — конденсатор микромодульный керамический уменьшающий; ММТИ — микромодульный трансформатор импульсный.

Принципиальная электрическая схема может быть более сложной, чем схема, изображенная на рис. 9. В технической литературе можно встретить принципиальную схему в таком виде, как это показано в приложении 1, на рис. а.

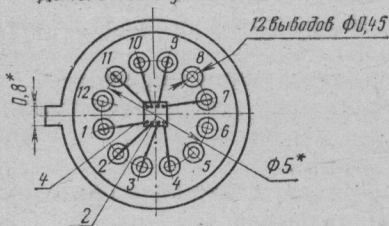
На основании принципиальной схемы создают конструкцию изделия и разрабатывают остальные конструкторские документы: сборочные чертежи, чертежи слоев, общего вида и др.

Чертеж отдельного элемента выполняется согласно ГОСТ 2.109-68.

Сборочный чертеж интегральной микросхемы в корпусе показан на рис. 10. Прочитаем сборочный чертеж по этому рисунку. Микросхема в корпусе изображена в двух проекциях. Металлостеклянный круглый корпус состоит из металлического основания 1, стеклянного изолятора с двенадцатью постоянными выводами 4 и металлической крышки 3. В центре металлостеклянного осно-



Деталь поз. 3 условно снята.



Пример маркировки (развертка)
M5:1

Шифр
схемы



Группа электрических параметров

Товарный знак

Месяц и год изготовления

- 1.* Размеры для справок
2. Герметизацию схем производить методом контактной сварки (конденсаторной) по XXX.XXX.
3. Контроль герметичности схем производить вакуумно-жидкостным методом.

Рис. 10. Сборочный чертеж микросхемы в металлостеклянном корпусе.

1 — основание; 2 — микросхема; 3 — крышка корпуса; 4 — контактные выводы.

вания на специальной эмали посажена подложка с микросхемой 2. Металлостеклянное основание закрыто крышкой 3.

Названия материалов (металл, стекло) определены по виду штриховки (ГОСТ 2.306-68).

Обе проекции снабжены осевыми (штрихпунктирными) линиями. На главном виде (фронтальная проекция) сделаны два местных разреза: справа от оси для того, чтобы провести выносные линии к размеру «0,5*», слева от оси, чтобы показать соединение вывода, основания 1 и крышки 3.

Штриховка смежных сечений деталей выполнена в разных направлениях (см. штриховку деталей 1 и 3 на рис. 10).

По чертежу можно установить порядок сборки микросхемы. Кристалл микросхемы 2 присоединяется к верхней площадке металлического фланца основания корпуса 1 эмалью или специальной (эвтектической) пайкой. Затем основание закрывается крышкой.

С целью герметизации крышка 3 приваривается контактной сваркой к металлическому фланцу основания корпуса.

Все соединения в представленной на сборочном чертеже микросхемы неразъемные. Соединения проводников 4 с контактными выводами осуществляются пайкой или сваркой. Если на чертеже отсутствуют изображения сварных и паяных соединений, то пайка и сварка оговариваются в технических требованиях.

Технические требования — это ряд технических указаний, характеризующих свойства и особенности изделия в окончательном виде: прочность, качество поверхностей, точность размеров и формы, а также другие особенности исполнения детали по чертежу.

В технических требованиях указывается отклонение подложки (или кристалла) микросхемы от положения, указанного на чертеже.

Записано это может быть следующим образом.

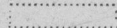
Несовмещение центра кристалла с центром основания корпуса не более $\pm 0,5$ мм.

Поворот кристалла не более 10° .

Технические требования могут содержать сведения технологического порядка, например:

Допустимое отклонение от оси симметрии размеров 12 и 8,5 не более 0,15 мм.

Несимметричность расположения надписей относительно осей микросхемы не более 0,5 мм.

Поверхность, обозначенную , покрыть лаком после нанесения маркировки (т. е. поверхность, ограниченную на чертеже штриховой линией).

В большинстве случаев корпус микросхемы должен быть герметичным. Корпус должен защищать действующую микросхему от внешних воздействий, влияния света, химического воздействия на корпус внешней среды, например кислорода или влажности. Поэтому в технических требованиях чертежа всегда имеется указание о герметичной сварке (пайке).

С 1 января 1973 г. введен ГОСТ 17467-72 «Микросхемы интегральные. Корпуса». Этот стандарт распростра-

няется на вновь разрабатываемые корпуса интегральных микросхем. Стандарт устанавливает форму корпуса (круглая, прямоугольная), габаритные, присоединительные размеры и условные обозначения.

На сборочном чертеже нужно уметь правильно прочитать установочные размеры.

Установочные размеры указывают положение микросхемы в общей конструкции. Они необходимы для установки и закрепления корпуса. К ним относятся диаметр выводов, диаметр центральной окружности, по которой расположены выводы, количество выводов и др.

Каждый условный знак на чертеже имеет строго определенное значение и при чтении должен восприниматься соответствующим образом.

Звездочка у размерного числа (рис. 10) указывает на то, что размер задан для справок, т. е. в действительности такие размеры могут иметь отклонения в ту или иную сторону и по данному чертежу не контролируются. Знак \varnothing перед размерами 8,35; 5 относится к условному обозначению диаметра. Свободные размеры, т. е. размеры без допусков, должны читаться как размеры, определяемые 5—7-м классами точности (ГОСТ 3.047-66).

Справа от изображений сборочного чертежа помещаются товарный знак, дата изготовления и шифр микросхемы. Следует отметить, что сборочные чертежи микросхем, вообще, несколько различаются между собой. Но в данном случае мы стремились показать структуру «типовой сборки», как называют такие чертежи на предприятиях.

Сборочный чертеж снабжается спецификацией, в которой отражены составные части изделия.

По ГОСТ 2.108-68 спецификацию составляют на отдельных листах на каждую сборочную единицу по форме, приведенной ниже; текстовые данные записаны в соответствии с примером, приведенным на рис. 10.

Спецификация состоит из разделов, которые располагаются в следующей последовательности: документация, комплексы, сборочные единицы, детали, стандартные изделия, прочие изделия, материалы, комплекты.

При наличии того или иного раздела название его записывают в графу *Наименование* и подчеркивают сплошной тонкой линией.

Графы спецификации заполняют следующим образом.

В графе *Формат* проставляют цифры, обозначающие номер формата листа, на котором выполнен чертеж сборочной единицы или детали. Если документ (например, топологический чертеж слоев пленочной микросхемы) выполнен на нескольких листах различных форматов, то в графе *Формат* проставляют «звездочку», а в графе *Примечание* перечисляют все форматы. В спецификации в графе *Зона* записывают сочетание буквы и цифры, например *A1, B2* и т. д.

<i>Формат</i>	<i>Зона</i>	<i>Поз.</i>	<i>Обозначение</i>	<i>Наименование</i>	<i>Кол.</i>	<i>Примечание</i>
			<i>Сборочные единицы</i>			
		2		<i>Кристалл</i>	1	
				<i>Детали</i>		
		1		<i>Корпус</i>	1	
		3		<i>Крышка</i>	1	
				<i>Материалы</i>		
		4		<i>Проволока</i>		
				<i>Кр Зл 999М Ф0,040 ГОСТ...</i>		
				<i>Компаунд</i>		
				<i>ЭК-16Б</i>		

Иногда чертежи выполняют на листах больших размеров. Для быстрого нахождения на чертеже (схеме) составной части изделия или его элемента поле чертежа (схемы) разбивают на зоны (ГОСТ 2.104-68), которые наносят на расстояниях, равном одной из сторон формата И1 (297 или 210 мм). Отметки, разделяющие чертеж (схему) на зоны, наносят на поле чертежа по горизонтали арабскими цифрами справа налево, по вертикали — прописными буквами латинского алфавита снизу вверх.

На сборочном чертеже от изображений каждой составной части сборочной единицы проводят линию — выноску, заканчивающуюся полкой, на которой проставляют номера позиций. Такие номера позиций в порядке возрастания записывают в спецификации в графе *Поз.*

В графе *Обозначение* записывают обозначения основных конструкторских документов на сборочные единицы, детали и т. д., входящие в изделие, на которое составляется спецификация, а в графе *Наименование* указывают название этих сборочных единиц, деталей и т. д. (кристалл, крышка, плата, транзистор кремниевый).

В графе *Кол.* указывают количество составных частей изделия, записываемых в спецификацию, на одно изделие.

В графе *Примечание* записывают различные дополнительные сведения.

Графы *Формат*, *Обозначение* в разделах *Стандартные изделия*; *Прочие изделия* и *Материалы* не заполняют.

Когда комплект необходимой документации на микросхему поступает к потребителю, определенная информация может быть получена из сопроводительного паспорта. По ГОСТ 2.601-68 ЕСКД «Эксплуатационные документы» выпуск паспорта обязателен для всех видов изделий.

Аналогично двум предыдущим видам рассмотренных чертежей сопроводительные паспорта выпускаются на все виды микросхем. В настоящем пособии паспорт рассматривается постольку, поскольку он снабжен соответствующим чертежом. Паспорт является документом, отражающим гарантированные предприятием-изготовителем основные параметры и характеристики изделия. В настоящее время паспорт выпускают на нескольких листах формата А1 (210×297 мм). На первом листе (рис. 11) даются товарный знак, название и функциональное назначение микросхемы (в словесной формулировке).

На этом же листе функциональное назначение микросхемы показано условными графическими обозначениями. В данном случае двумя прямоугольниками, специальными буквенно-цифровыми обозначениями показано выполнение функции 4И — НЕ. Подобные обозначения регламентированы ГОСТ 2.743-68 «Обозначения условные графические в схемах. Элементы и устройства цифровой вычислительной техники».

Прямоугольники показывают логическую операцию, осуществляемую микросхемой (набором микросхем, логическим элементом). Значок в левом верхнем углу прямоугольника является указателем функции. Указатель функции составляется из символов, установленных ГОСТ 13052-72.

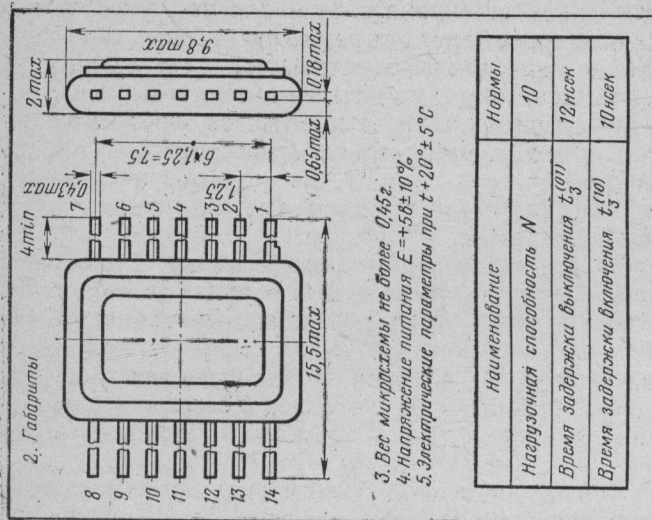
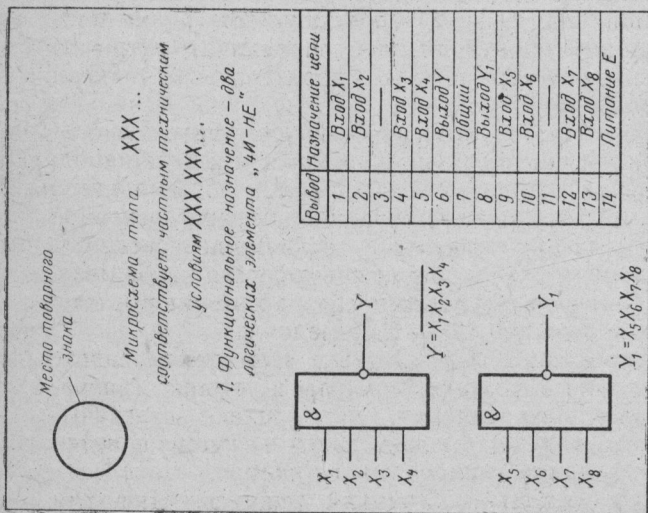


Рис. 11. Сопроводительный паспорт; функциональная схема, габаритный чертеж и электрические параметры.

На втором листе сопроводительного паспорта изображен габаритный чертеж микросхемы в герметизированном корпусе в двух проекциях. Обе проекции необходимы для простановки габаритных размеров.

Габаритные размеры характеризуют высоту, длину и ширину изделия или его наибольший диаметр. Как видно из чертежа, почти все размеры записаны максимальными — без допусков. Это позволяет сопоставить функциональные возможности микросхемы и размерный объем, который она будет занимать при работе.

Под изображением на втором листе приводятся основные электрические параметры микросхемы. Иногда в паспортах микросхем считают целесообразным совмещение общего вида с принципиальной электрической схемой.

На последующих листах обычно находится текстовый материал: комплектность поставки, свидетельство о приемке, сведения о конструкции и упаковке, гарантийные обязательства и др.

Следует обратить внимание еще на одну особенность содержания чертежей микросхем. Это наличие многих общепринятых сокращений. Так, на рис. 11 употреблены: *тах* — максимальный, *г* — грамм, *нсек* — наносекунда и др. Такие сокращения необходимо уметь расшифровывать. В случае непонятого сокращения, встретившегося на чертеже, следует обращаться к ГОСТ 2.316-68.

Каждый чертеж обязательно содержит основную надпись (угловой штамп). Форму, размеры, порядок заполнения основных и дополнительных граф устанавливает ГОСТ 2.104-68. В соответствующих графах основной надписи содержатся важные технические сведения, обозначения и указания, характеризующие изображенную микросхему, например сведения о материале, масштаб изображения, выходные данные и т. д.

Многие сведения, содержащиеся в основной надписи, понятны непосредственно в процессе чтения (разработал, проверил, лист, масса и т. п.). Однако встречаются такие записи, смысл которых может быть понятен при знании соответствующих условностей.

На рис. 12 показана основная надпись. Цифрами обозначены те графы, которые могут содержать записи с принятыми условностями. Номера граф установлены по ГОСТ 2.104-68.

В графе 2 записывается обозначение чертежа (текстового документа) по ГОСТ 2.201-68, например *АВВГ 251423.000СБ*.

Первая часть записи — индекс организации-разработчика. Она состоит из сочетания четырех прописных букв русского алфавита или из сочетания букв и цифр. Индексы присваиваются организациями по стандартизации согласно порядку, установленному Государственным комитетом стандартов СССР.

					(2)			
(14)	(15)	(16)	(17)	(18)				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	(4)	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.								
Пров.								
Т.контр.						Лист	Листов	
И.контр.					(3)	(9)		
Утв.								

Рис. 12. Расположение граф основной надписи.

Следующей частью записи обозначения является классификационная характеристика, назначаемая по единому классификатору изделий и конструкторских документов (шесть цифр). Первые две цифры — класс изделия, последующие по одной распределяются на подкласс, группу, подгруппу и вид. Три последние цифры используются для нумерации деталей (слоев и составных частей в микросхемах), например 001, 002, 003 и т. д.

Каждому чертежу (виду документа) ГОСТ 2.102-68 присвоен шифр. Если встретится, например, обозначение *АВДР. 426324.112ЭЗ*, значит, на чертеже изображена электрическая принципиальная схема, или *МИСИ. 191899.108Г* — габаритный чертеж и т. д.

В графе 3 помещают обозначение материала детали, отдельного элемента или составной части. Аналогично предыдущему структура записи материала распадается на несколько частей. При чтении необходимо знать установленный порядок записи материалов и его расшифровку в общих чертах. Типовую структуру записи рассмотрим на примере материала для печатной платы.

*Стеклотекстолит СФ-2.
МРТУ 17-502.001-65.
Лист 1,5 ГОСТ 10316-62.*

Первое слово в записи — название материала, далее буквенно-цифровое обозначение марки материала, затем номер ведомственных технических условий или стандарта. В нашем примере СФ-2 — стеклотекстолит фольгированный с двух сторон; МРТУ — технические условия Министерства радиотехнической промышленности.

Иногда в запись включают вид сортамента (лист, труба и др.), размер толщины (1,5 в нашем примере) и номер ГОСТ на сортament.

При чтении обозначений материалов необходимо знать, что в производственной практике имеются отступления от приведенной типовой структуры обозначения. Так, некоторые стандарты охватывают как классификацию материала, так и технические условия на его поставку, другие регламентируют сортament (полоса, прутки и т. п.) и технические условия, третьи — только сортament. Приведем некоторые обозначения материалов, применяемых в микросхемах, и их расшифровку.

Винпроз СТУ-30-14347-65 — пленочный винипроз по специальным техническим условиям.

Лист 5. ГОСТ 2718-54. Гетинакс В — гетинакс электротехнический с толщиной листа 5 мм.

В графе 4 записывают литеру, присвоенную данному документу по ГОСТ 2.103-68. Этот стандарт устанавливает стадии разработки чертежей и этапы выполнения работ с присвоением соответствующей литеры (буквы). Если изделие разрабатывается на уровне технического проекта, то чертежу присваивается литера Т. При выполнении эскизного проекта в графу 4 основной надписи чертежа записывают букву Э.

Чертежи и текстовые документы микросхем часто встречаются с литерами O_1 и O_2 .

Это обозначает, что чертеж выпущен для изготовления и испытания опытного образца. O_2 — литера чертежа, выпущенного для повторного изготовления и испытания опытного образца.

Чертеж изделия для изготовления и испытания установочной серии имеет литеру А. Окончательно откор-

ректированным и проверенным производством чертежам и текстовым документам присваивают литеру *Б*.

Графа 4 по ГОСТ заполняется последовательно, начиная с крайней левой клетки, т. е. если чертеж имеет литеру *А*, ее записывают в первую клетку графы 4, литеру *Б* — во вторую и т. д.

В графе 9 помещают наименование или различительный индекс предприятия, выпустившего чертеж (если различительный индекс не содержится в обозначении документа).

В графы 14—18 вносят изменения, которые записывают согласно ГОСТ 2.503-68. Всем изменениям, которые вносят в чертеж, присваивают одну строчную букву русского алфавита: *а*, *б*, *в*, *г* и т. д.

Если встретится в основной надписи такая запись (по графам):

14	15	16	17	18
<i>а</i>	<i>Зам. 1</i>	<i>АБВГ. 45</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>

то это значит, что часть графического изображения подлежит изменению на основании извещения *АБВГ. 45*, что это первая замена (графа 15) и что на чертеже изменение можно найти по поставленной рядом с ним букве *а*. В приложении 2, *а* показаны примеры изменений, внесенных в чертежи. Прочитаем эти изменения. Внесение изменений производится зачеркиванием. В первом примере около литеры *г* видны зачеркнутые границы элемента *12* и его соединительные проводники с другими элементами.

Читая зачеркнутое, можно прийти к выводу, что автор изменения, видимо, считал целесообразным приблизить транзистор к другим элементам. От кружка с литерой проведено несколько линий к участкам изменения, однако документ изменения (извещение) один.

Во втором примере (приложение 2, *б*) изменение обозначено литерой *е*. Изменение внесено на топологическом чертеже слоя, о чем говорят структура изображения и надпись. Смысл изменения в том, что по технологическим соображениям потребовалось изменить конфигурацию контура. В связи с этим изменилось местоположение координат 150 и 151. В подобных случаях литера изменений должна быть проставлена и в таблице координат к чертежу.

Если невозможно исправить чертеж, часть изображения обводят тонкой линией в замкнутый контур и крестообразно перечеркивают. Измененный участок изображения выполняют на свободном поле чертежа.

5. ЧТЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ МИКРОМОДУЛЕЙ

Известно несколько типовых конструкций микро модуля. Наиболее распространенной из них является этажерочная конструкция, представляющая собой набор микроэлементов и перемычек на керамических микроплатах, собранных в виде этажерки и соединенных проводниками. Комплект конструкторской документации на микро модуль включает принципиальную схему, чертежи микроплат с перемычками, сборочный чертеж без герметизации, сборочный чертеж герметизированного модуля, технические условия и паспорт.

Теперь перейдем к последовательному рассмотрению отдельных чертежей, входящих в комплект конструкторских документов микро модуля.

Микроплатой называется изоляционное основание, на котором размещаются объемные микроэлементы (радиодетали), а также печатные проводники *перемычки* для соединения элементов внутри микро модуля. Чертеж типовой микроплаты показан на рис. 13.

В основу микро модулей положены квадратные микроплаты со стороной, равной 9,6 мм. На каждой стороне микроплаты имеется по три металлизированных паза, в которые при сборке микро модуля впаиваются соединительные проводники. Металлизированный слой покрывает внутреннюю поверхность пазов и окаймляет пазы на поверхностях буртиком шириной до 0,4 мм (на чертеже обозначено штрихпунктирной линией).

В одном из углов микроплаты (на рис. 13 в левом верхнем углу) имеется *ключ* — прямоугольный вырез размером 1,0×0,5 мм, служащий для ориентации микроплат в процессе сборки по отношению друг к другу. Нумерация пазов микроплаты всегда ведется по часовой стрелке, начиная от ключа, при нормальном положении микроплаты. Нормальным расположением считается такое, которое показано на рис. 13, т. е. ключ находится в верхнем левом углу и большая сторона его расположена горизонтально. Толщина микроплаты 0,35 мм. При изображении детали в одной проекции размер ее

моугольным отверстием по диагонали платы. Стабилитроны изготавливаются в таблеточных металлоглазанных корпусах и монтируются на плате с круглым отверстием в центре платы. Выводы диодов подключаются следующим образом: положительный вывод — к пазу 1 микроплаты, отрицательный — либо к пазу 6, либо к пазу 4 (рис. 14, б).

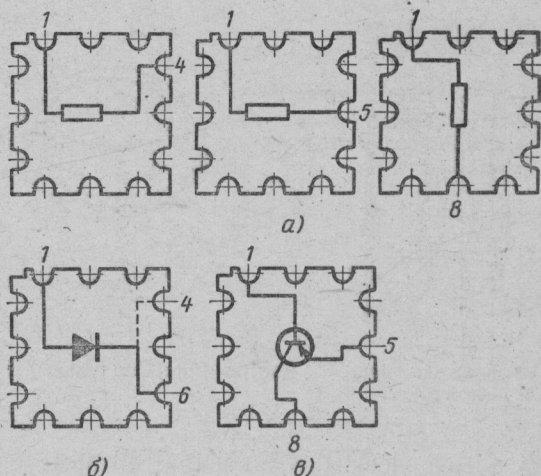


Рис. 14. Варианты цоколевки микроэлементов.

В случае установки на одной микроплате трех диодов микроэлемент называется полиэлементом. Цоколевка его — положительные выводы 1, 2, 3, пазы микроплаты, отрицательные выводы объединены и выведены к пазу 7 (рис. 15).

Все микромодульные транзисторы изготавливаются в специализированном корпусе (рис. 16). Габаритные размеры транзистора: диаметр 7,4 мм, высота 2,5 мм. Геометрические формы и размеры отдельных радиоэлементов микромодулей однотипны и различаются лишь рабочими параметрами. В специализированном корпусе одних и тех же габаритных размеров (рис. 16) отечественная промышленность выпускает 40 различных типов микромодульных транзисторов. Выводы транзистора присоединяются к пазам 1—8—5 (база — коллектор — эмиттер соответственно) (рис. 14, в).

Конструирование микромодулей начинается с раскладки электрической схемы. Под раскладкой понимается процесс создания монтажной схемы, определяющей взаимное расположение микроэлементов в составе микромодуля.

Конструкция микромодуля должна обеспечивать возможность его надежного механического крепления и на-

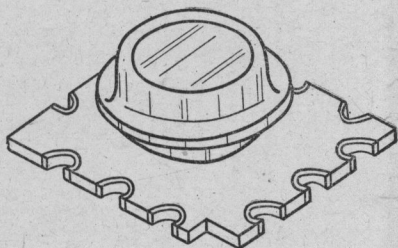
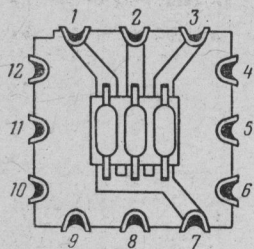
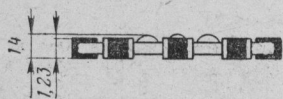


Рис. 15. Изображение диодной матрицы. Рис. 16. Микромодульный транзистор.

дежность электрических соединений, которые осуществляются 12 соединительными проводниками.

На рис. 17 представлен сборочный чертеж микромодуля, сконструированного по электрической принципиальной схеме, изображенной на рис. 9.

Для облегчения чтения чертежа важное значение имеют хорошая компоновка, строгая проекционная связь между изображениями, правильное применение всех условностей и размещение табличной информации.

На рис. 17 показаны два изображения микромодуля и таблица. Правое изображение является главным и дает наиболее полное представление о микромодуле. На этом виде разрез не делается, так как микроэлементы, располагающиеся на микроплатах, унифицированы и стандартизированы. Для лучшего понимания размещения микроэлементов внутри микромодуля показано, на какой плате расположены конденсатор, диод и т. д. Собранные в «этажерку» микроэлементы после герметизации влагостойким компонентом образуют единый блок.

Левое изображение дано с целью показать форму микроплат, размеры между соединительными проводниками, ключ первой микроплаты.

Результаты, полученные при раскладке электрической схемы, после дополнительной обработки заносятся

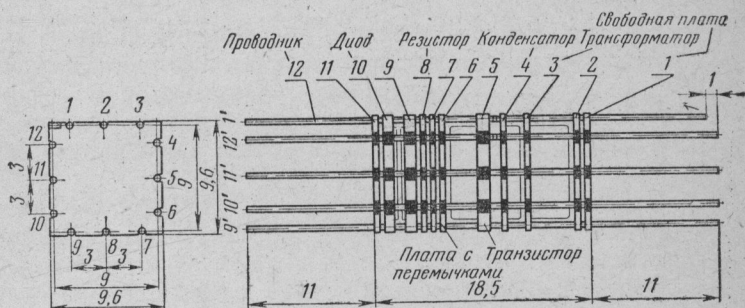


Схема сборки

Номер позиций		11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1																				
Схемное обозначение микроэлемента		П	D1	D2	R2	R1	П1	T1	C1	Tr1	R3	П																				
Цоколёвка микроэлемента			1-6	1-6	1-4	1-5	1-2	1-8	1-8	2-3, 10-12	1-4																					
Положение микроплаты	Нормальное	0	180	—	—	—	0	—	0	0	—	0																				
	Перевернутое	—	—	180	90	0	—	180	—	—	270	—																				
Условная нумерация выводов микро модуля																																
		<p>Высота микроэлемента, мм, не более</p> <table border="1"> <tr> <td>0,49</td> <td>1,30</td> <td>1,30</td> <td>0,49</td> <td>0,49</td> <td>0,49</td> <td>3,5</td> <td>1,6</td> <td>3,8</td> <td>0,49</td> <td>0,49</td> </tr> </table> <p>Толщина микроплаты с учетом лужения, мм, не более</p> <table border="1"> <tr> <td>0,49</td> <td>1,23</td> <td>1,23</td> <td>0,49</td> <td>0,49</td> <td>0,49</td> <td>0,97</td> <td>0,49</td> <td>0,49</td> <td>0,49</td> <td>0,49</td> </tr> </table>											0,49	1,30	1,30	0,49	0,49	0,49	3,5	1,6	3,8	0,49	0,49	0,49	1,23	1,23	0,49	0,49	0,49	0,97	0,49	0,49
0,49	1,30	1,30	0,49	0,49	0,49	3,5	1,6	3,8	0,49	0,49																						
0,49	1,23	1,23	0,49	0,49	0,49	0,97	0,49	0,49	0,49	0,49																						

Рис. 17. Сборочный чертёж микро модуля без герметизации.

в сборочный чертёж микро модуля в виде таблицы, называемой схемой сборки (рис. 17).

В таблице указываются взаимное расположение микроэлементов в микро модуле, угол поворота платы, цоколевка микроэлемента, высота микроэлементов и толщина микроплат, вид и положение плат с перемычками, места разрезов проводников. Горизонтальные линии схемы сборки соответствуют соединительным проводникам и нумеруются в соответствии с номерами пазов опорного микроэлемента.

Микроэлементы и платы с перемычками записываются в столбцах схемы в соответствии с выбранной цоколевкой в виде линии основного контура, оканчивающихся окружностями диаметром 3 мм. Число заполненных столбцов таблицы равно числу микроэлементов в данном микро модуле.

Полярность или условные обозначения выводов микроэлементов указываются около соответствующих точек. Например, для транзисторов указываются *Б* (база), *Э* (эмиттер), *К* (коллектор), для трансформаторов — начало *Н* и конец *К* каждой обмотки, для диодов — знаки плюс и минус и т. д.

Перемычки, расположенные на одной микроплате, изображают внутри одного вертикального столбца в схеме сборки.

Отсчет микроэлементов и плат в схеме сборки ведется справа налево. При этом выводы, расположенные справа, обозначаются цифрами без штрихов, а выводы, расположенные слева, — цифрами со штрихами, например *1-1'*, *2-2'*, *3-3'* и т. д.

В графе *Номер позиций* указывается номер позиции каждого микроэлемента, платы с перемычкой и свободной микроплаты. Отсчет позиций ведется справа налево.

В графе *Схемное обозначение микроэлементов* указывается буквенно-позиционное обозначение микроэлементов, плат с перемычками и свободных микроплат:

R1, R2 — резисторы; *C1* — конденсатор; *D1, D2* — диоды; *T1* — транзистор; *Tr1* — трансформатор; *П1* — плата с перемычками; *П, П* — свободные платы.

В графе *Цоколевка микроэлемента* указывают цоколевку применяемых микроэлементов.

В графе *Положение микроплаты* указывают в градусах угол поворота микроплаты от ее нормального положения.

В графе *Высота микроэлемента* указывают максимальную высоту применяемых микроэлементов с учетом верхнего предельного отклонения, например 3,5 вместо $3,1^{+0,4}$.

В графе *Толщина микроплаты...* указывают максимальную толщину микроплаты с учетом лужения пазов.

При составлении схемы сборки микро модуля нужно пользоваться табл. 3, в которой приведены возможные варианты совмещения цоколевки микроэлементов с сое-

Угол поворота при положениях микроплат		Варианты подключения микроэлемента								
		Резисторы, конденсаторы, катушки индуктивности			Диоды			Транзисторы		
нормальном	перевернутом	I	II	III	I	II	III	Б	К	Э
0°		1—4	1—5	1—8	1—6	1—4	2—5	1	8	5
90°		4—7	4—8	4—11	4—9	4—7	5—8	4	11	8
180°		7—10	7—11	7—2	7—12	7—10	8—11	7	2	11
270°		10—1	10—2	10—5	10—3	10—1	11—2	10	5	2
	0°	12—9	12—8	12—5	12—7	12—9	11—8	12	5	8
	90°	3—12	3—11	3—8	3—10	3—12	2—11	3	8	11
	180°	6—3	6—2	6—11	6—1	6—3	5—2	6	11	2
	270°	9—6	9—5	9—2	9—4	9—6	8—5	9	2	5

динительными проводниками при различных положениях микроплат в схеме сборки микро модуля.

При конструировании микро модуля может получиться, что к одному и тому же проводнику присоединяются элементы, электрически не связанные по схеме. Так, например, к проводнику 12-12' присоединяются Д1 (отрицательный вывод), R1, R2 и конец 3 обмотки трансформатора Tr1. По электрической принципиальной схеме (рис. 9) трансформатор не соединен с вышеуказанными элементами (Д1, R1, R2), поэтому на чертеже делаются разрезы соединительного проводника.

Количество разрезов соединительных проводников должно быть не более двух на одну грань микро модуля при общем количестве не более пяти.

На схеме сборки в случае разреза соединительного проводника горизонтальная линия разрывается. Места разрыва обозначают утолщенной линией (например, проводники 1-1', 8-8', 12-12').

На профильной проекции (правое изображение) между микроэлементами 4 и 5 (конденсатором и транзистором) показаны разрезы соединительных проводников 1 и 12. Между микроэлементами 3 и 4 также сделан разрез 8-го проводника, но на чертеже его не видно, так как 8-й проводник закрывается проводником 9.

Ширина вырезанного участка проводника должна быть равной 0,2 мм. В точке разреза расстояние между

микроэлементами должно быть не менее 1 мм. Удобно делать разрезы в местах установки крупных микроэлементов — транзисторов, трансформаторов и др.

Разрезы в интервале между крайними микроплатами не допускаются.

Взаимное расположение элементов в составе микро модуля в основном определяется положением разрезов соединительных проводников.

Многовыводные элементы, являющиеся опорными при раскладке, располагаются в нижней части микро модуля, а элементы, используемые для подстройки, — в верхней. Элементы, рассеивающие значительные мощности, распределяются по высоте микро модуля. Если толщина плат крайних микроэлементов менее 1 мм, то с обеих сторон микро модуля устанавливаются свободные типовые микроплаты. Свободные микроплаты устанавливаются в нормальном положении. Если микроплата, на которой расположен микроэлемент, находится в нормальном положении (рис. 14), то выступающая его (микроэлемента) часть направлена в сторону 1-го вывода, т. е. вправо по рис. 17 (трансформатор 3, конденсатор 4). Если микроплата находится в перевернутом положении, то выступающая часть микроэлемента направлена в сторону 1' вывода. По чертежу рис. 17 видно, что это трансформатор 5. Высота резистора и платы с перемычками практически равна толщине микроплаты.

После составления схемы сборки принципиальная электрическая схема микро модуля дорабатывается. Доработка заключается в перенесении на электрическую схему обозначений соединительных проводов, разрезов и перемычек, которые проставляются в узловых точках схемы.

Если соединительный проводник не имеет разрезов, то около соответствующей ему узловой точки указывается полное обозначение проводника, например 2-2' и т. д. (рис. 17).

В случае разреза проводника указывается только одна цифра, определяющая номер вывода, например 1, 8, 12. При наличии перемычки в микро модуле у соответствующей узловой точки проставляют цифры, определяющие номера всех соединяемых перемычкой проводников, например 10, 3-3'.

На чертеже должны быть оговорены технические требования, по которым изготавливают микро модуль.

6. ГИБРИДНЫЕ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ МИКРОСХЕМЫ

По ГОСТ 17021-71 установлены пять базовых типов микросхем, определяемых способом их технологической реализации. Однако современная микроэлектронная технология представлена двумя основными направлениями: дискретная (прерывная) микроэлектроника и интег-

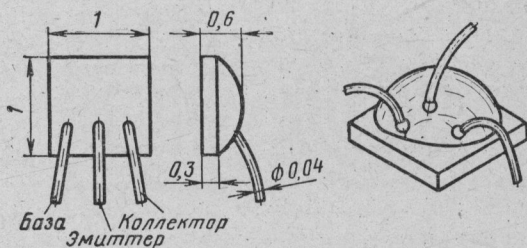


Рис. 18. Бескорпусный полупроводниковый транзистор.

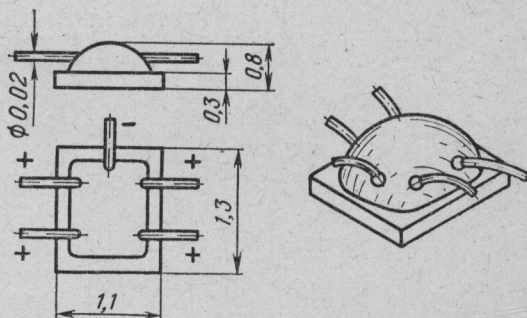


Рис. 19. Диодная матрица из четырех диодов с общим отрицательным выводом.

ральная (нераздельная, в объеме или на поверхности материала подложки).

Примером устройств дискретной микроэлектроники являются микромодули, навесные транзисторы, диоды и т. п., т. е. элементы, имеющие три измерения — длину, ширину, высоту. На рис. 18 показан бескорпусный транзистор и на рис. 19 — диодная матрица как изделия дискретной микроэлектроники. На каждом рисунке справа дано натурное изображение прибора, слева — чертеж.

Транзистор или диодная матрица — это кристалл полупроводника с мягкими золотыми выводами электродов диаметром около 40 мкм, одна или все поверхности которого защищены тонким слоем изолирующего и герметизирующего компаунда.

Оба элемента имеют три измерения: транзистор $1 \times 1 \times 0,6$ мм, диодная матрица $1,3 \times 1,1 \times 0,8$ мм. Нали-

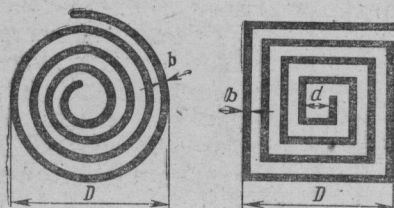


Рис. 20. Печатные индуктивные элементы.

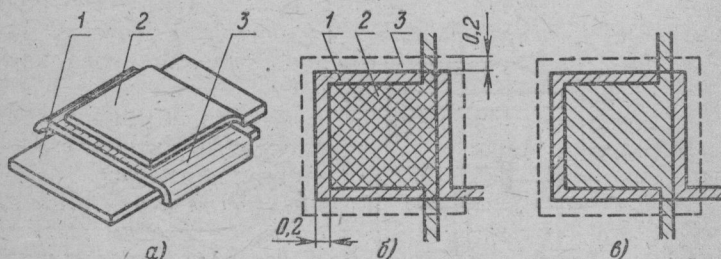


Рис. 21. Пленочный конденсатор.

a — натурное изображение; *б, в* — чертеж; 1 — нижняя обкладка; 2 — верхняя обкладка; 3 — диэлектрик.

чие трех измерений, а также полное выявление формы потребовало изображения в двух проекциях. По чертежам (рис. 18, 19) хорошо видны прямоугольные основания и криволинейные поверхности приборов.

Активные элементы для гибридных интегральных схем (ГИС) по способу герметизации делятся на бескорпусные и корпусные. Бескорпусные приборы наилучшим образом удовлетворяют основному требованию: имеют малые габариты и массу. Корпусные активные элементы заключают в миниатюрный корпус.

Изделия интегральной пленочной микроэлектроники представлены на рис. 20, 21. На рис. 20 показаны изображения индуктивностей в пленочном исполнении.

На рис. 21 показан тонкопленочный конденсатор в натурном изображении и на чертеже. Из чертежа видно, что нижняя обкладка конденсатора выступает за край верхней на 0,2 мм, диэлектрик выступает за край нижней также на 0,2 мм. Контур диэлектрика обозначается штриховой линией. Обкладки конденсатора штрихуются в разные стороны. Допускается в месте наложения верхней и нижней обкладок конденсатора штриховку нижней обкладки не показывать (рис. 21, в).

Наглядно проиллюстрировано, как штриховка в пределах одного вида (для металлов) дает возможность оттенить отдельные элементы конденсатора — обкладки и диэлектрик.

Толщина проводящего слоя пленочной индуктивности 0,8—0,9 мкм, толщина обкладок конденсатора с диэлектрической пленкой также составляет доли микрон, т. е. практически эти элементы имеют два измерения. Для изображения пленочных элементов на чертежах достаточно одной проекции (толщины пленок оговариваются в технических требованиях).

К настоящему времени пока не разработана технология, позволяющая получать пленочные активные элементы с удовлетворительными характеристиками.

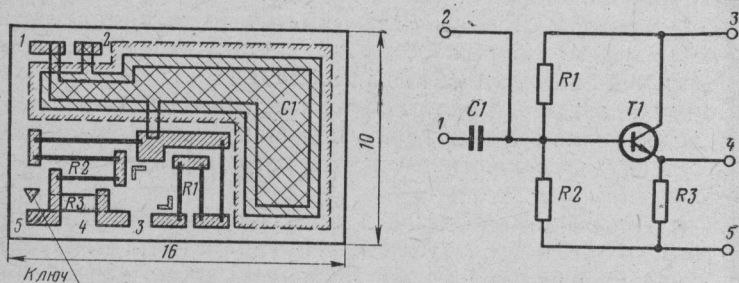
Отсутствие пленочных активных элементов привело к появлению гибридной технологии, в которой пленочные пассивные элементы сочетаются с полупроводниковыми активными (объемными).

Пленочная и полупроводниковая технологии дополняют друг друга и позволяют создавать наиболее оптимальные конструкции гибридных интегральных схем.

Резисторы, конденсаторы, контактные площадки и проводники в гибридных тонкопленочных интегральных схемах изготавливают главным образом методом вакуумного напыления. В вакуумной камере на подложку микросхемы, пользуясь различными масками, напыляют обкладки конденсаторов, пленки диэлектрика, металлические токоведущие перемычки и контактные площадки.

Навесные активные элементы приклеивают или припаивают, а выводы присоединяют к соответствующим контактным площадкам с помощью пайки или сварки.

Рассмотрим чертежи гибридных тонкопленочных микросхем. На рис. 22 приведены общий топологический чертеж эмиттерного повторителя и его принципиальная электрическая схема. Изображение формы элементов и соединений дано в одной проекции. Элементы, проводники и контактные площадки отличаются типом штриховки, для расшифровки которой приложена таблица.



Номер слоя	Условное обозначение	Наименование слоя	Обозначение материала	Электрические характеристики	Метод нанесения
1		Резисторы	Сплав МЛТ-3М XXX...XXX ТУ	$\rho_a = 300$ ом/кв.драт	Напыление в вакууме
2		Проводники и контактные площадки	Алюминий А99 ГОСТ 11069-64	$\rho_a \leq 0,08$ ом/кв.драт	— " —
3		Нижняя обкладка конденсатора	Алюминий А99 ГОСТ 11069-64	$\rho_a \leq 0,08$ ом/кв.драт	— " —
4		Диэлектрик	Моноксид кремния	$\epsilon_{уд} = 5000$ пф/см ²	— " —
5		Верхняя обкладка конденсатора	Алюминий А99 ГОСТ 11069-64	$\rho_a \leq 0,08$ ом/кв.драт	— " —

Рис. 22. Чертеж главного вида пленочной микросхемы.

По чертежу платы пленочной микросхемы оператор должен прочитать наименования всех микроэлементов. Так же как и в принципиальной электрической схеме, они обозначаются буквами латинского алфавита.

Если пленочный резистор имеет ширину 0,1—0,2 мм, то на чертеже он изображается сплошной утолщенной линией. При конструировании часто резисторы получают большой длины, тогда резисторы вычерчивают в виде «змейки», параллельными отрезками, соединенными между собой через контактные площадки или напыленные проводники, как, например, R1 и R2.

При необходимости на чертеже платы пленочной микросхемы допускается помещать принципиальную электрическую схему (рис. 22). Соответствие условных графических обозначений на принципиальной схеме и на чертеже способствует лучшему пониманию чертежа микросхемы. На общем топологическом чертеже не показан транзистор $T1$, но в нижней части изображения имеются два крест-накрест расположенных уголка. При чтении чертежа следует учесть, что уголки обозначают местоположение навесных элементов (в данном случае транзистор $T1$). Эти уголки являются технологическими знаками. Треугольник в нижнем левом углу платы является ключом данной микросхемы и служит для ее ориентации.

Электрические принципиальные схемы пленочных микросхем, имеющих несколько исполнений и отличающихся номенклатурой микроэлементов и соединениями между собой, рекомендуется выполнять табличным способом. В таблице даются обычно обозначения исполнения, шифр обозначения элементов и линии связи. Возникает вопрос, как правильно называть такой чертеж. Отнесение подобных чертежей к сборочным нецелесообразно, так как напыление или нанесение слоев на плату не следует рассматривать как сборочную операцию.

Кроме того, количество напыленных или нанесенных материалов не может быть определено конструктором, и, следовательно, запись этих материалов в угловой спецификации не может быть осуществлена.

Если на плате напыляются или наносятся только проводники (аналогично печатному монтажу), а остальные элементы принципиальной схемы будут навесными, то чертеж такой схемы будет состоять из одного листа с наименованием *Плата с элементами*.

Если на плате напыляются не только проводники, но и резисторы, конденсаторы, диэлектрики, то чертеж такой схемы будет состоять из нескольких листов, равных количеству слоев, с наименованием *Плата с пленочной схемой* (или просто *Плата*).

В комплект конструкторских чертежей на гибридную тонкопленочную микросхему входят *топологические* чертежи отдельных слоев (так называемые в производстве *послойные* чертежи). На каждый слой дается отдельное изображение. Над изображением видов на отдельные слои при необходимости допускается помещать надпись,

характеризующую изображенные на нем элементы, например: *Вид на резистивный слой* или *Вид на защитный слой*. Топологические чертежи (рис. 23) обычно выполняют в масштабах, обеспечивающих достаточную наглядность взаимного расположения элементов. Для чертежей главного вида гибридных тонкопленочных микросхем обычно применяют масштабы: 10 : 1, 20 : 1, 50 : 1

Вид на слой с резисторами

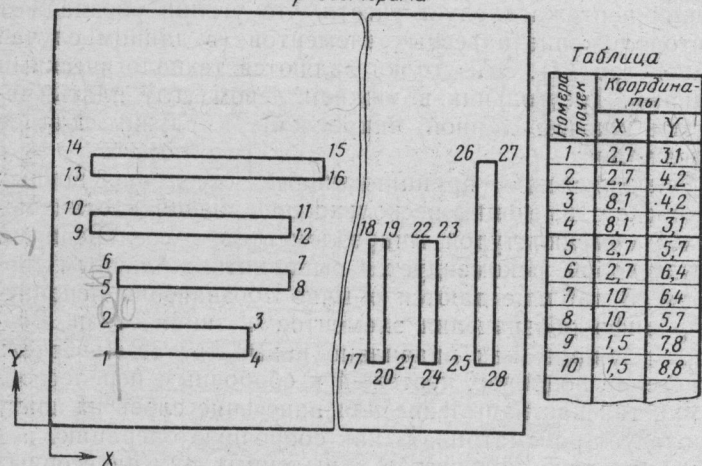


Рис. 23. Чертеж резистивного слоя.

и другие масштабы увеличения, кратные десяти. В отличие от этих чертежей чертежи отдельных слоев выполняются в больших масштабах.

Рассмотрим чертежи слоев. Согласно заголовку, например, *Вид на слой с резисторами* (рис. 23) внутри прямоугольника вычерчиваются конфигурации всех элементов одного слоя. В нашем примере вычерчены контуры всех резисторов, входящих в эмиттерный повторитель (рис. 22). Четыре вершины каждого прямоугольника (обозначающего резистор) пронумерованы и координаты их относительно выбранных осей X и Y занесены в таблицу. Таблица располагается справа или под изображением слоя. Нумерация вершин каждого отдельного элемента начинается с нижней левой вершины и продолжается по часовой стрелке. В такой же последовательности координаты точек (вершин) заносятся в таб-

лицу. Координаты одного элемента от другого рекомендуется отделять утолщенной линией.

На рис. 23 координаты резистора $R3$ в таблице отделены от координат резистора $R2$. Таблицы координат на чертеже слоя может и не быть. В таком случае таблице присваивается номер, а изображение слоя снабжается надписью типа *Координаты точек см. АБ8, 345.614*,

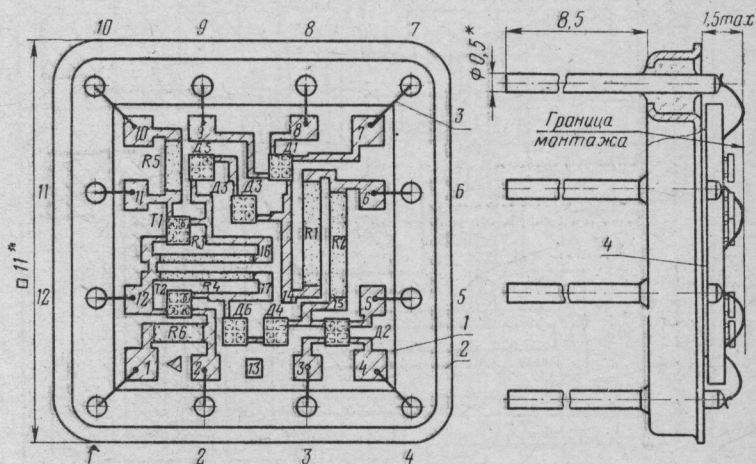


Рис. 24. Сборочный чертеж гибридной тонкопленочной микросхемы.

лист 5, таблица 2. Вдоль чертежа (рис. 23) сверху вниз расположены две волнистые линии. Это значит, что для экономии поля чертежа стандарт разрешает разрывом уменьшить длину (ширину) изображения, не изменяя смысла последнего. В нашем примере разрывом сокращена длина изображения платы в направлении оси X.

На рис. 24 изображен полный сборочный чертеж гибридной тонкопленочной микросхемы. Микросхема вычерчена в двух проекциях, с тем чтобы показать на виде слева, какой максимальный допуск по высоте могут иметь навесные элементы и проводники.

Согласно нумерации на полках-выносках подложка 1 установлена на основании 2; контактные площадки связаны с контактными выводами проводниками 3. Между подложкой и основанием показана пленка 4. Форма основания квадратная и имеет 12 контактных выводов

(наружная нумерация). Подложка 1 имеет 12 контактных площадок. В микросхему входят 6 резисторов, 6 диодов и 2 транзистора. Местный разрез на виде слева сделан с целью изображения структуры металлоглазья. Граница монтажа обозначена прямой линией с размером 1,5 *max*. Это означает, что проводники

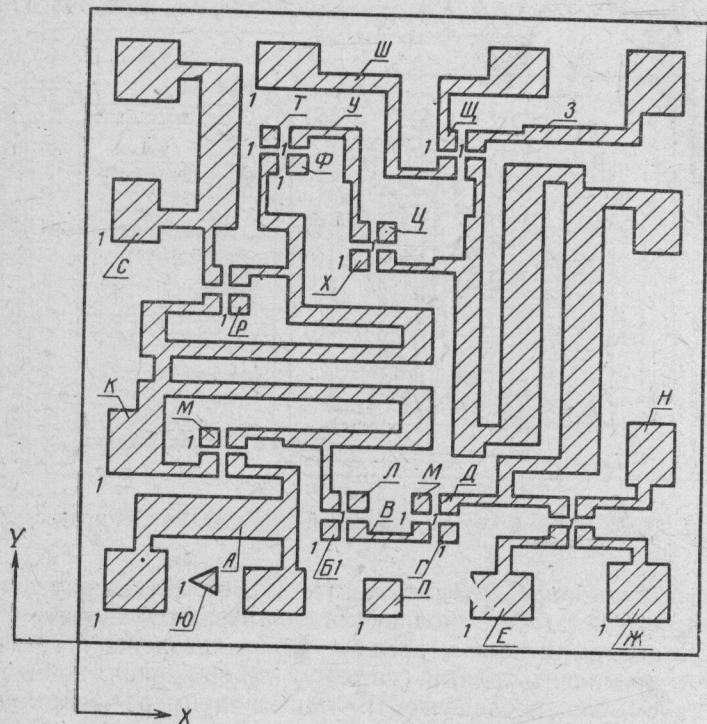


Рис. 25. Чертеж отдельного слоя (резистивный слой).

З и другие элементы не должны выступать выше чем на 1,5 мм над плоскостью основания. Ключ микросхемы дан в виде треугольника (между первой и второй контактными площадками), изображение ключа отнено штриховкой под 45°, так как он выполняется одновременно со слоем металлизации.

На рис. 25, 26 показаны примеры чертежей отдельных слоев микросхемы, изображенной на рис. 24, иллю-

стрирующие разные варианты графического оформления. Как видно из рисунка, структура послойных чертежей рис. 25, 26 та же, что и на рис. 23. Особенности состоят в следующем.

При отсутствии места на поле чертежа для нумерации вершин элементов этим элементам присваиваются

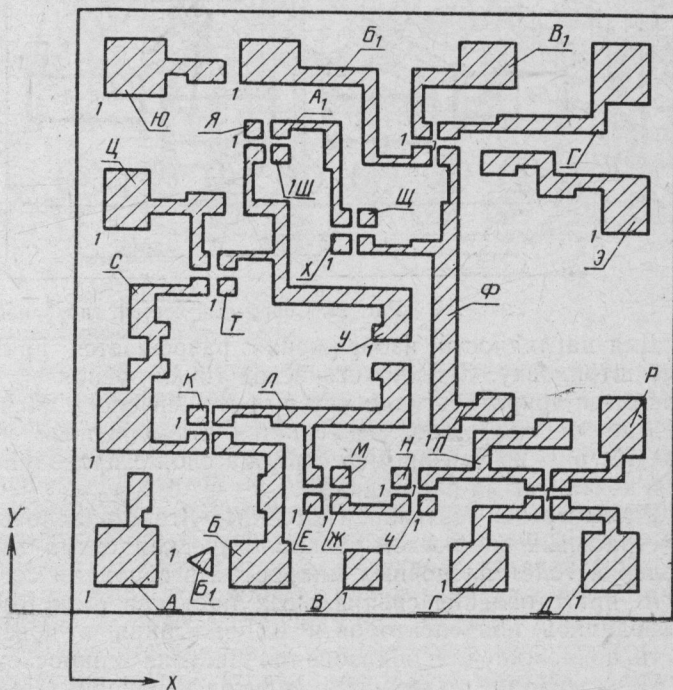


Рис. 26. Вид на слой с проводниками и контактными площадками.

буквенные обозначения, проставляемые на свободном месте возле элемента или внутри него. При этом вершины, с которых начинается запись, должны быть отмечены цифрой 1 и буква обозначения должна вноситься в первую графу таблицы координат. При буквенных обозначениях табличные величины координат, как правило, помещают на отдельных листах.

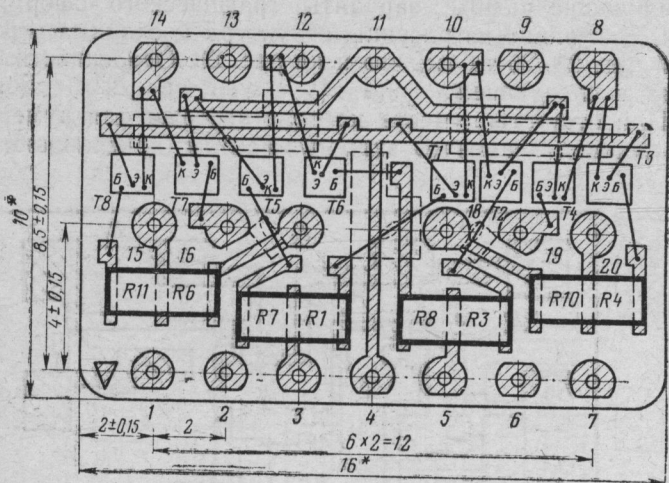


Рис. 27. Сборочный чертеж гибридной

Для наглядности изображения разрешается применять штриховку. С технологической точки зрения всегда стремятся сократить количество чертежей слоев. Поэтому, где это возможно, выпускается совмещенный чертеж. На рис. 26 дан пример чертежа слоя с проводниками и контактными площадками.

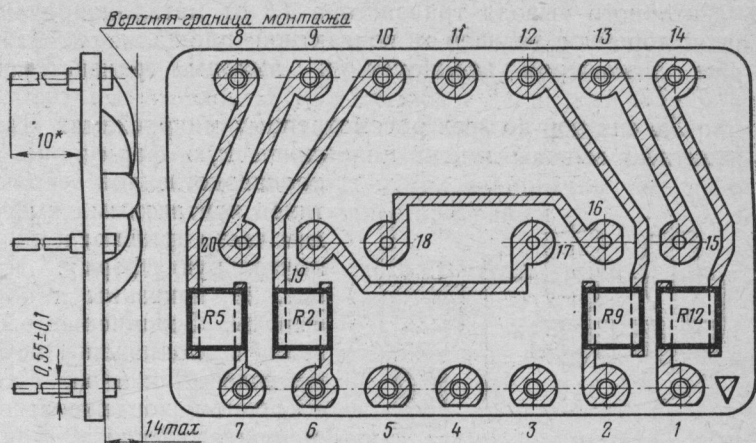
Рассмотрим чертежи гибридных толстопленочных интегральных микросхем. Технологическая схема изготовления толстопленочных микросхем в основном состоит из приготовления специальных паст для резисторов, проводников, конденсаторов и их вжигания в поверхность подложки для образования рисунка микросхемы.

Приклеивание навесных элементов и распайка выводов, а также методы герметизации в основном сходны с монтажно-сборочными процессами, применяемыми при изготовлении тонкопленочных схем.

На рис. 27 представлен сборочный чертеж гибридной толстопленочной микросхемы.

Как и на рис. 24, навесные элементы вычерчены в виде квадратов с обозначением выводов эмиттера (э), базы (б), коллектора (к), контактные выводы пронумерованы против часовой стрелки, размеры аналогичны изображенным на рис. 24, ключи треугольной формы и т. д.

Все проводники и металлизированные участки площадок оттенены штриховкой.



толстопленочной микросхемы.

Отличие изображений толстопленочной микросхемы от тонкопленочной состоит в следующем. Сборочный чертеж гибридной толстопленочной микросхемы всегда выполняется в трех проекциях. Это диктуется расположением элементов на обеих сторонах подложки. Последовательность размещения и выбор формы элементов определяются экспериментально и основаны на опыте и мастерстве разработчика. С технологической точки зрения главное это решить, какие элементы будут размещаться на разных сторонах подложки.

Навесные элементы и пленочные конденсаторы располагают на той стороне подложки, которая располагается внутри корпуса. Резисторы располагают на обеих сторонах подложки, только близкие по номиналам резисторы, которые изготавливают из одной пасты, располагают на одной стороне подложки. При вычерчивании резисторы обводят по периметру утолщенной линией и не заштриховывают (сравните с изображением тонкопленочных резисторов). Один из выводов после расклейки служит лишь для электрического соединения двух частей схемы, расположенных на обеих сторонах подложки.

Пунктирный контур в левом верхнем углу чертежа (главный вид рис. 27) обозначает слой диэлектрика. Диэлектрик в данном случае служит для изоляции кол-

латорного вывода транзистора Т8 от металлизированной дорожки, идущей к контактной площадке 4. Этот же диэлектрик изолирует и выводы транзисторов Т5—Т7.

До сих пор во всех рассмотренных микросхемах контактные выводы имели цилиндрическую форму, но в

производственной практике контактными выводами часто придают и прямоугольную форму. На рис. 28 показаны такие выводы. Соединение вывода с подложкой осуществлено пайкой. На сборочном чертеже всегда показывается материал припоя. Поэтому читающий чертеж, видя паяное соединение (утолщенная зачерненная линия), должен найти указания

Рис. 28. Контактные выводы прямоугольной формы.

о способе пайки. Места соединений пайкой и сваркой обозначаются по ГОСТ 2.313-68 и 2.312-68 соответственно.

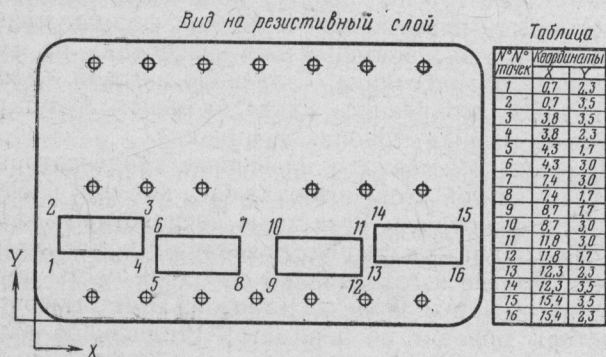


Рис. 29. Чертеж слоя гибридной толсто пленочной микросхемы.

Чертежи отдельных слоев (рис. 29) гибридных толсто пленочных микросхем выполняются, как и для тонко пленочных, в одной проекции и сопровождаются таблицей координат вершин элементов. Разрешается не изоб-

ражать последний слой, если по главному виду можно определить все очертания и размеры проводников и элементов этого слоя (ГОСТ 2.417-68).

Остальные графические документы, такие как принципиальная электрическая схема, габаритный чертеж, сопроводительный паспорт и др., аналогичны уже разобранным нами в предыдущих параграфах.

7. ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ МИКРОСХЕМЫ

Интегральная полупроводниковая микросхема представляет собой монолитное устройство, в котором все элементы схемы изготовлены нераздельно, в одном объеме материала. В современных схемах этим материалом в основном является кремний, который служит в качестве подложки монолитного устройства. Корни слова «монолитная» греческого происхождения: «моно» означает единый, а «литос» — камень. Буквально термин «монолитная схема» означает схему, изготовленную из целого камня — монокристалла.

В интегральных полупроводниковых микросхемах резисторы, конденсаторы, транзисторы представляют собой очень маленькие участки полупроводникового материала, каждый из которых выполняет функцию элемента. Эти участки соединяют соответствующим образом и в результате получают электронную схему (например, усилитель, мультивибратор).

В пределах одной пластинки кремния площадью около 5 см^2 и толщиной всего лишь в несколько сотен микрон при современной технологии может быть изготовлена схема, эквивалентная десяткам и даже сотням отдельных дискретных элементов.

Развитие любых графических изображений всегда тесно связано с технологическими способами производства. Нельзя вычертить чертеж, не зная, как будет изготавливаться по нему изделие. Нельзя прочитать чертеж, не зная принципа его выполнения и условные обозначения, установленные стандартами.

Кратко рассмотрим этапы технологии изготовления полупроводников и интегральных схем и обратим основное внимание не столько на технические параметры процесса, сколько на изменение структуры объекта изображения. Это очень важно, так как различные этапы тех-

нологии соответствующим образом видоизменяют интегральную схему и требуют применения определенных условностей в графическом изображении. Кроме того, как будет показано ниже, для последовательного формирования интегральной схемы отдельные этапы технологии требуют выпуска отдельных чертежей.

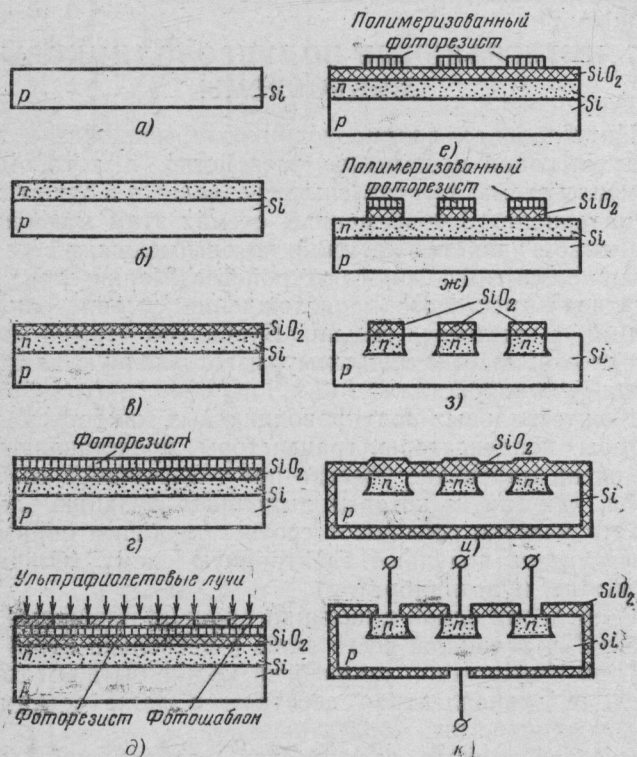


Рис. 30. Основные технологические операции изготовления полупроводниковых интегральных схем.

Основу будущей интегральной схемы составляет отполированная и очищенная кремниевая пластина одного типа проводимости, так называемого p -типа (рис. 30, а). На ней в специальных печах наращивают (рис. 30, б) слой кремния другого типа проводимости — n -типа. Поверх этого слоя термически наращивают плен-

ку двуокиси кремния SiO_2 (рис. 30, в). Получается структура, состоящая из слоев кремния разной проводимости и изолирующей пленки двуокиси кремния.

Теперь можно приступить к формированию интегральной схемы, например схемы, состоящей из трех диодов. Для этого на подготовленную пластину необходимо нанести светочувствительный слой фоторезиста (рис. 30, г). Затем на эту пластину накладывается прецизионный стеклянный фотошаблон, повторяющий рисунок схемы (в данном случае шаблон имеет три рисунка), и производится засветка от ультрафиолетового источника света, в результате чего освещенные участки фоторезиста полимеризуются (рис. 30, д).

После удаления фотошаблона неполимеризованные участки фоторезиста смываются, а полимеризованные остаются на поверхности слоя двуокиси кремния SiO_2 и в точности повторяют рисунок схемы (рис. 30, е).

При травлении пластины в плавиковой кислоте полимеризованный фоторезист надежно защищает пленку двуокиси кремния от агрессивной среды (рис. 30, ж).

После этого с помощью органических растворителей удаляют полимеризованный фоторезист и на поверхности остается только маска двуокиси кремния, через которую проводят операцию диффузии легирующей примеси в слой кремния *n*-типа. В результате диффузии область кремния *n*-типа переходит в *p*-тип, что приводит к образованию отдельных островков *n*-типа внутри кремния *p*-типа (рис. 30, з). После проведения диффузии верх пластины наращивается новый слой SiO_2 , изолирующий пластину от внешних воздействий (рис. 30, и). После вскрытия отверстий от областей *n* и *p* для выводов и присоединения последних микросхема готова, ее только остается заключить в герметизированный корпус (рис. 30, к).

Описанная технология позволяет за одну операцию получить одновременно все элементы (или часть элементов) одного функционального назначения в единичной конструкции электронного устройства, а за несколько операций — все устройство, выполняющее заданную схемой функцию. Такой технологии не присущи операции, объединяющие ряд отдельных элементов в единую конструкцию (как в микро модуле). Процесс образования всех элементов интегральной схемы неотделим от процесса образования самой конструкции.

Рассмотрим процесс чтения чертежей интегральных монолитных схем, входящих в комплект конструкторской документации с учетом технологии их изготовления.

В качестве примера в этом параграфе рассматривается интегральная схема логического элемента (рис. 31, а). На чертеже принципиальной электрической схемы иногда обозначают логическую функцию микросхемы (рис. 31, б). По функциональному назначению это двухвходовой логический элемент ИЛИ-НЕ (ГОСТ 2.743-68).

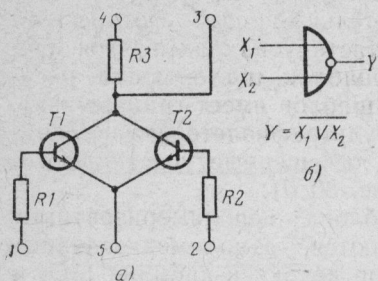


Рис. 31. Принципиальная электрическая схема и логическая функция двухвходового логического элемента.

Для размещения элементов и токопроводящих перемычек на подложке инженер-разработчик по принципиальной электрической схеме с учетом технологических особенностей изготовления составляет приближенный компоновочный эскиз общего вида топологии микросхемы (рис. 32).

Такой эскиз является промежуточным этапом конструкторской работы.

В производстве размеры и форму каждого элемента микросхемы задают фотошаблоном и режимом локальной диффузии, т. е., варьируя размерами фотошаблона, концентрациями примесей, режимами диффузии и т. п., можно создавать элементы с требуемыми параметрами. Из рис. 32 видно, что транзисторы изображаются в виде прямоугольников, причем эмиттерная область и контакт эмиттера вычерчены в виде квадратов, базовая и коллекторные области — в виде прямоугольников. Штриховой линией (рис. 32) обозначены коллекторный, эмиттерный и базовый контакты. Сплошной основной линией (ГОСТ 2.303-68) изображены коллекторная, эмиттерная и базовая области. Тонкая штрихпунктирная линия — линия условного очертания функциональной группы или прибора, не имеющего собственной принципиальной схемы.

Обратим внимание на то, что изображения транзисторов отличаются от ранее рассмотренных, в то же

время конфигурация резисторов аналогична тонкопленочным.

Компоновочный эскиз полностью соответствует принципиальной электрической схеме. Цифрами пронумерованы контактные площадки выводов; обозначения элементов и расположение токоведущих перемычек такие же, как на принципиальной схеме. Штриховка токоведущих перемычек выполнена условно с целью обеспечения наглядности изображения.

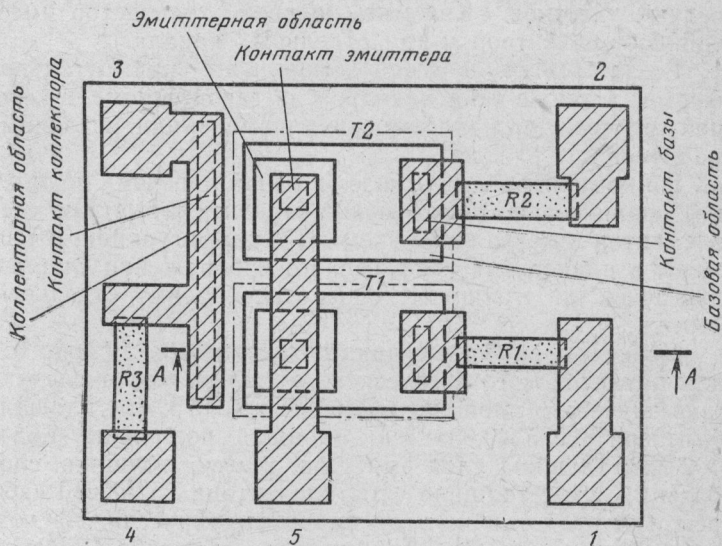


Рис. 32. Компоновочный эскиз ИС.

При чтении эскиза следует не забывать еще об одной условности. Элементы, их области и составляющие слои вычерчиваются с прямыми углами. В реальных же микросхемах транзисторные структуры, обкладки конденсаторов, формы резисторов и т.д. несколько скругленные. Это замечание относится и ко всем видам микросхем, рассмотренным ранее.

В приложении 1 дан еще один пример компоновочного эскиза (б). Он выполнен в соответствии с принципиальной электрической схемой усилителя с полевыми транзисторами. На прямоугольной подложке монолитного кристалла приведены изображения резисторов, диодов и полевых транзисторов.

Шкалы вдоль сторон прямоугольника проградуированы в миллиметрах и даны для размерного представления микросхемы.

Соединения между элементами на чертеже не показаны; эти соединения выполняются на поверхности кремниевой пластины. Конденсаторы на чертеже также не показаны; их изготавливают вакуумтермическим осаждением тонких пленок. Контактные площадки в областях полевых транзисторов показаны в виде зачерненных участков. Каждый полевой транзистор имеет один общий затвор и три отдельных канала.

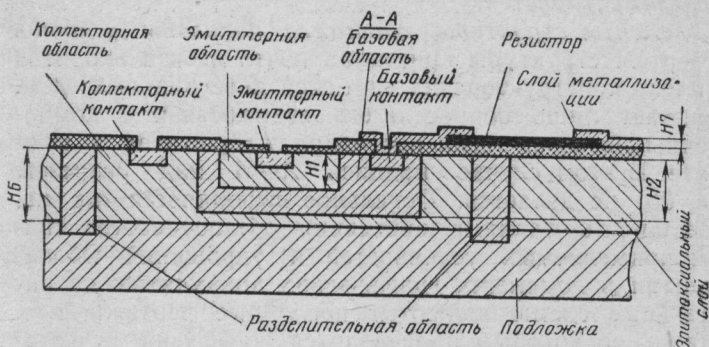
Резисторы на чертеже выполнены прямоугольной формы, а также типа меандр, т. е. такой формы, в которой отсутствуют наклонные и кривые линии различных радиусов.

На компоновочном эскизе (в одной проекции подложки) сравнительно легко можно отразить геометрию всех элементов интегральной схемы, их конфигурацию и размеры в плане. Для графического изображения глубины диффузии и толщины слоев необходим отдельный чертеж.

Допустим, расчетные данные транзистора $T1$ (рис. 31) для двухвходового логического элемента имеют следующие значения: площадь базы $0,063 \times 0,075$ мм; площадь эмиттера $0,025 \times 0,038$ мм; площадь подложки $1,63 \times 2$ мм; толщина слоя эмиттера 2 мкм, толщина слоя базы 2,7 мкм; толщина слоя коллектора 25 мкм. Разберем, как представляют эти данные графически. На компоновочном эскизе в увеличенном масштабе (200:1—400:1) вычерчивают контуры всех областей транзисторов в плане. После этого в соответствии с принятой технологией выполняются чертежи отдельных областей.

Чтобы графически отразить толщину слоев, выпускается чертеж структуры кристалла (рис. 33). На этом чертеже показан разрез $A-A$ по рис. 32. Разрез выполнен таким образом, чтобы секущая плоскость рассекала максимальное количество элементов. В нашем примере секущая плоскость $A-A$ расположена так, что она разрезает транзистор и резистор. Разрез — изображение условное, и выполнение его не вызывает никаких изменений на других чертежах (проекциях). Когда невозможно одной плоскостью рассечь все типы элементов, встречающиеся в конкретной интегральной схеме, при-

меняется ступенчатый разрез (несколькими плоскостями). Разрез структуры кристалла (рис. 33) выполняется в увеличенном масштабе. Различными видами штриховки наглядно оттенены области транзистора, контакты к ним, резистор и др. Следует обратить внимание на то, что штриховка здесь использована не в общепринятом смысле (ГОСТ 2.306—68).



Параметры транзисторных структур

Таблица 1

Наименование слоя	Условные обозначения слоя	Толщина слоя, мкм	Тип проводимости	Материал слоя ГOST, ТУ	Номер листа чертежа
Эмиттерная область	H1	1,9...2,1	n^+	Трихлорид фосфора	2
Базовая область	H2	2,7...3,0	p	Ангидрид борный	3
Коллекторная область	H6	18,7...25,3	n		4
Слой металлизации	H7	1...1,5	—	Алюминий	5

Рис. 33. Чертеж структуры кристалла.

Обычно по условной штриховке на разрезах получают общее представление о материале, из которого изготовлена деталь. В данном же случае штриховка использована для разграничения отдельных областей транзистора. Изображение таких разрезов в интегральной схеме обязательно сопровождается пояснительной таблицей, расшифровывающей наименование и материалы слоя, его толщину, проводимость и другие параметры.

Буквами с индексами на чертеже обозначена глубина локальной диффузии, например, $H1$, $H2$, а также толщина слоя металлизации — $H7$. На чертеже структуры кристалла всегда записываются технические требования, в которых имеются указания, способствующие пониманию изображения, например:

Форма областей, выполняемых методом диффузии, не регламентируется.

Элементы структуры кристалла показаны условно.

Чертеж структуры кристалла почти всегда входит в комплект конструкторских чертежей интегральных схем. Возникает лишь вопрос о его взаимосвязи с компоновочным эскизом, если последний отсутствует в комплекте. В этом случае надпись $A-A$ над разрезом (рис. 33) не делается. Остальное выполняется так же, правильность чтения и понимания обеспечивается знанием применяемых условностей и упрощений. Обязательными в комплекте графических документов на интегральные схемы являются послойные чертежи, т. е. чертежи, по которым производятся диффузия и фотолитография для образования базовых и эмиттерных областей, контактов и т. д. Количество и содержание этих чертежей строго регламентируются технологией. Послойный чертеж становится как бы элементом технологического процесса. Проиллюстрируем сказанное на примере.

Имеются размерные величины всех элементов ИС (рис. 32) и принятая технология. Для первых четырех технологических операций (рис. 30, $a-g$) чертежи не требуются. Нужны лишь размеры и материалы заготовки, режимы наращивания эпитаксиальных слоев и соответствующее оборудование. А вот для засветки пластины через фотошаблон нужен чертеж, по которому будет изготовлен точный фотошаблон. В случае изготовления транзистора используется последовательность двух диффузий: базовой и эмиттерной (для коллектора используется эпитаксиальный слой). Следовательно, необходимы два фотошаблона и соответственно два чертежа на них. Лишь только зная технологию, тип и структуру элементов микросхемы, можно получить представление о количестве и содержании послойных чертежей.

Для интегральной схемы, изображенной на рис. 31, должны быть вычерчены чертежи слоев: базового, эмит-

терного, металлизации, окон под контакты и резистивного.

На рис. 34 показаны примеры послойных чертежей, вид на окна под контакты (рис. 34, а), базовый слой (рис. 34, б). Квадратами обозначены контакты эмиттеров транзисторов, прямоугольниками — контакты баз, коллекторов и базовые области. Чертежи выполнены так же, как и чертежи слоев в тонкопленочных микросхемах: оси X и Y; штриховка для наглядности; нумерация одной из вершин прямоугольников (квадратов); таблица координат на отдельном формате.

Есть некоторые отличительные особенности. На послойных чертежах ИС даются дополнительные короткие технические требования, например:

1.* *Размеры для справок.*

2. *Остальное — базовый чертеж АБВ. 7.340.001.*

Второе техническое требование имеет большое значение для четкой надписи (угловым штампом) послойного чертежа указываются его номер, номер чертежа заготовки подложки, масштаб. Таким образом, весь чертеж содержит минимум сведений. Все технологические указания, например название типа *Вид на слой* и другие сведения, касающиеся отдельных слоев, помещаются на базовом чертеже.

Коротко о масштабах, применяемых в послойных чертежах. Послойные чертежи выполняются в масштабах не менее М200 : 1, М300 : 1, М400 : 1 и т. д. Это диктуется требуемой точностью.

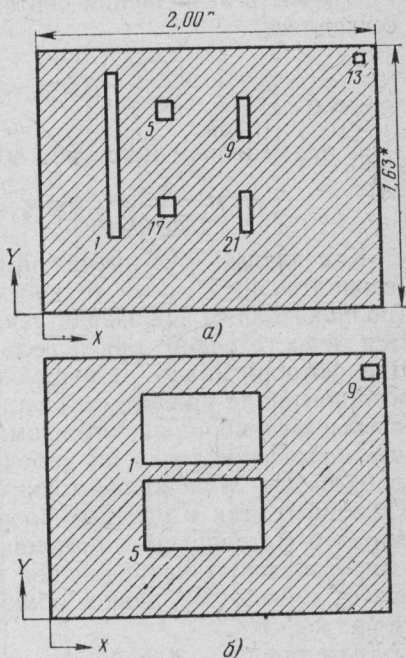


Рис. 34. Примеры послойных чертежей.

Опытный чертежник при благоприятных условиях может обеспечить проведение линий с точностью $\pm 0,3$ мм. Если в действительной микросхеме требуемая ширина резистора равна, к примеру, 0,25 мм, то ширина этого же участка, изображенного на чертеже в масштабе 200:1, составит 50 мм.

Точность выполнения чертежа с отклонениями $\pm 0,30$ составляет:

$$\frac{\pm 0,6}{50} \cdot 100\% = \pm 1,2\%.$$

С применением масштаба 400:1 точность будет

$$\frac{\pm 0,6}{0,25 \cdot 400} \cdot 100\% = \pm 0,6\%.$$

Как видим, хотя процентные величины отклонений и незначительны, такая точность графических операций (по показаниям производственной практики) оказывается недостаточной, для использования чертежа в качестве фотооригинала. В этих случаях для изготовления фотооригинала применяют специальный чертежный стол, называемый координатографом. На нем можно установить положение точки на рабочей площади с точностью до 0,025 мм. Положение точки может быть задано как в линейных, так и угловых координатах. При этом внесенная в фотооригинал погрешность при окончательном воспроизведении изображения на фотошаблоне уменьшается в число раз, равное общей кратности уменьшения изображения.

Если принять, что общее уменьшение равно 1:250, то ошибка в размерах окончательного изображения резистора будет равна 0,1 мкм, с которой принято не считаться.

Исключительное значение при создании ИС имеет точность совмещения фотошаблонов для получения различных слоев. Поэтому на каждом послойном чертеже в определенном месте вычерчивается знак или фигура совмещения. При чтении чертежей слоев нужно уметь распознавать этот знак. Знак совмещения необходим для того, чтобы после получения первого слоя правильно установить фотошаблон на подложку для получения второго, третьего слоя и т. д.

В правом верхнем углу каждого чертежа слоя (рис. 34, а, б) вычерчен квадрат — знак совмещения.

Для комплекта послойных чертежей, состоящего из четырех—шести слоев, знак совмещения обычно принимают одной формы — прямоугольной, квадратной и т. п. Знак совмещения на чертеже располагается в одном и

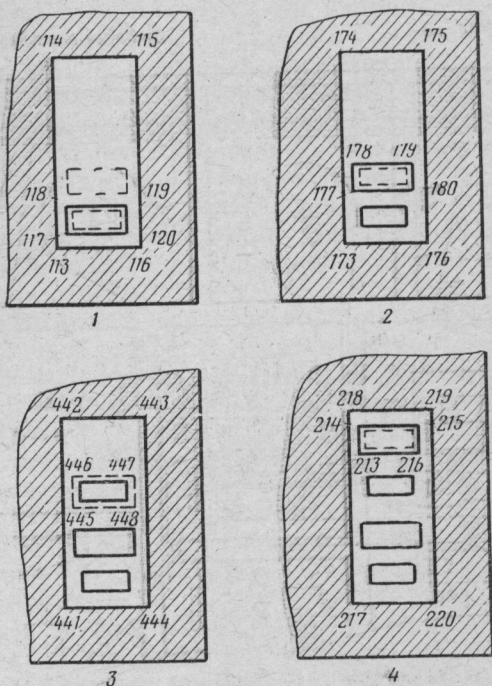


Рис. 35. Знаки совмещения для фотолитографических процессов.

том же месте — правом нижнем или левом верхнем углу.

На рис. 35 показаны правые нижние углы четырех послойных чертежей интегральной схемы. Знак совмещения представляет собой прямоугольник, причем на каждой паре смежных слоев (1—2, 2—3 и т. д.) один прямоугольник изображен сплошной, один — штриховой линией. Процесс совмещения заключается в наведении (помещении) последующего прямоугольника в предыдущий. Таким образом, если при чтении чертежа сталкиваются с подобным расположением и конфигурацией

знаков на поле формата, следует понимать их как знаки совмещения.

Следует отметить, что в производственной практике встречаются топологические чертежи интегральных схем, построенные на использовании различных типов линий.

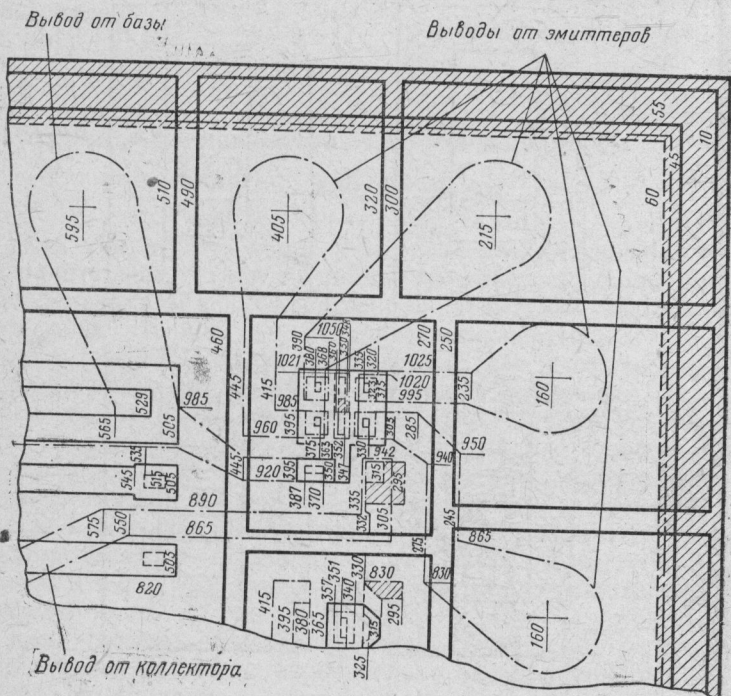


Рис. 36. Фрагмент ИС с четырехэмиттерным транзистором.

На рис. 36 представлен фрагмент ИС, изображающий четырехэмиттерный транзистор. Вся графическая и текстовая информация, необходимая для изготовления транзистора (и всей интегральной схемы), находится на одном чертеже. Подобные чертежи выполняются обычно на листах большого формата (24,48). На поле формата располагают принципиальную электрическую схему, разрез структуры кристалла, подробные технические требования и полную топологию. Под полной топологией имеются в виду изображения контуров всех областей

элементов, составляющих интегральную схему. Для каждого элемента вычерчиваются разделительная область, окна под контакты, контуры слоев.

Контур транзистора на рис. 36 вычерчен по аналогии с рис. 32, однако правильно прочитать это изображение можно при наличии (в технических требованиях) разъяснений следующего содержания, например:

1. Размеры указаны в микронах.
2. — — — зона разделительной изоляции.
3. На поверхностях, обозначенных —.—.—., провести диффузию фосфора на глубину $0,00175 \pm 0,00005$ мм.
4. На поверхностях, обозначенных — — — — —, произвести снятие окисла под контакты.
5. На поверхностях, обозначенных —.—.—.—.—., произвести напыление алюминия толщиной $1,5 \pm 0,2$ мкм.
6. На заштрихованных поверхностях произвести диффузию золота и т. д.

В предыдущих параграфах было описано чтение чертежей видов микросхем, различных по технологическому исполнению. Как было показано, эти чертежи имеют свои особенности, условности, упрощения, принятые сокращения.

В заключение сформулируем общие и наиболее рациональные правила и приемы чтения чертежей микросхем.

Читать чертеж следует, постоянно обращаясь к полному комплекту конструкторской документации, в который он входит.

Прочитать основную надпись и установить, какая микросхема изображена (по электрической функции и по технологическому признаку). Выяснить, какой чертеж вычерчен (сборочный, габаритный и т. д.) и в каком масштабе.

Изучить главный вид чертежа микросхемы. Разобраться, для чего дано имеющееся на чертеже количество проекций и дополнительных видов (если таковые есть). Выявить форму микросхемы (корпуса, подложки).

Выяснить, какие и для чего выполнены разрезы, какую внутреннюю конфигурацию они раскрывают. Установить по основной надписи номер листа и количество листов, вычерченных для правильного понимания данного изображения (к примеру, сборочный чертеж на двух листах, чертежи слоев на шести листах и т. п.).

Прочитать размеры на чертеже, выяснить, какие размеры требует выдержать данный чертеж, с какой точностью, какие размеры заданы как справочные.

Установить, какие виды разъемных и неразъемных соединений имеются на чертеже микросхемы (паяные, клееные, сварные и т. д.), как они осуществляются, что по этому поводу содержится в технических требованиях.

Помнить, что чертеж — это элемент технологического процесса.

Читать чертежи внимательно и вдумчиво. При большом навыке в чтении чертежей этот процесс может быть настолько быстрым, что опытный рабочий или оператор с первого взгляда получает достаточно полное представление о форме и содержании изделия.

8. МАШИННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

В процессе разработки и освоения производством новых типов интегральных микросхем существует определенная вероятность того, что проектируемая микросхема может морально устареть раньше, чем будет получен эффект от ее массового применения. В связи с этим уменьшение времени внедрения микроэлектронных изделий должно осуществляться путем сокращения сроков проектирования и производства. Сокращение сроков проектирования возможно за счет ускорения выпуска графических документов, повышения их качества и универсальности. Выполнение поставленных требований может быть достигнуто за счет механизации и автоматизации графических работ.

В настоящее время создан принципиально новый способ разработки чертежей с помощью ЭВМ, который получил название «машинный». Машинный способ проектирования обеспечивает бездефектность выпуска чертежей, поскольку внесение изменений часто связано с существенными трудностями (например, исправление фотшаблонов и чертежей слоев). При решении многовариантной задачи осуществление межсоединений позволяет добиться разработки вариантов, близких к оптимальным (по длине проводников, числу слоев, числу переходов из слоя в слой), так как от этих факторов существенно зависит надежность микросхем. При машинном способе проектирования достигается высокая точность выполнения чертежей (например, чертежи па

фотошаблоны и маски для изготовления специализированных ИС).

До последнего времени ручной способ разработки чертежей был единственным. Работы по механизации графических операций велись и ранее, но сводились они лишь к облегчению некоторых этапов вычерчивания, т. е. не затрагивали сущности способа, поэтому качество чертежей оставалось в прямой зависимости от способности конструктора. Способ разработки чертежей на ЭВМ наметил новые направления в проектировании и разработке конструкторской документации.

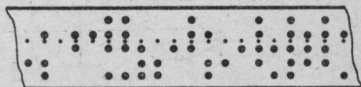


Рис. 37. Программа на пятидорожечной перфоленте.

Машинный способ выполнения конструкторской документации требует перестройки деятельности конструкторов. Если прежде конструкторы все идеи выражали в чертежах, то при автоматическом проектировании эти идеи необходимо выражать математически в виде специальных программ. Пользуясь программой (рис. 37), оператор закладывает исходные данные в ЭВМ. Программа может быть задана на перфоленте, перфокарте или магнитной ленте. Государственными стандартами установлены расположение информации на магнитной ленте, методы записи и считывания. Перфоленты используются 5-дорожечные и 8-дорожечные по ГОСТ 10860-64. Для считывания информации с перфокарт необходимо знание алфавитно-цифрового кода по ГОСТ 10859-64 [Л. 4]. Результаты обработки программы ЭВМ выводит на печатающее устройство в виде графического изображения.

Наиболее распространенным следует считать вывод графических документов на бумажную ленту. Рассмотрим последовательно различные виды машинных чертежей на бумажной ленте, их особенности и отличие от чертежей, выполненных вручную.

На рис. 38, а показана часть принципиальной электрической схемы, выведенной на бумажную ленту. Чертеж состоит только из прямых линий. Отсутствуют окружности в обозначениях транзисторов, нет каких-либо других кривых линий. Количество наклонных прямых сведено к минимуму (стрелки эмиттеров укорочены).

Правило прямых линий принято с тем, чтобы сократить размеры и сложность как аппаратных блоков, так и систем технологического оборудования.

Размеры шрифта надписей и цифр определяются возможностями конкретных выводных устройств ЭВМ и не могут быть высотой более 2,5 мм. При этом нужно

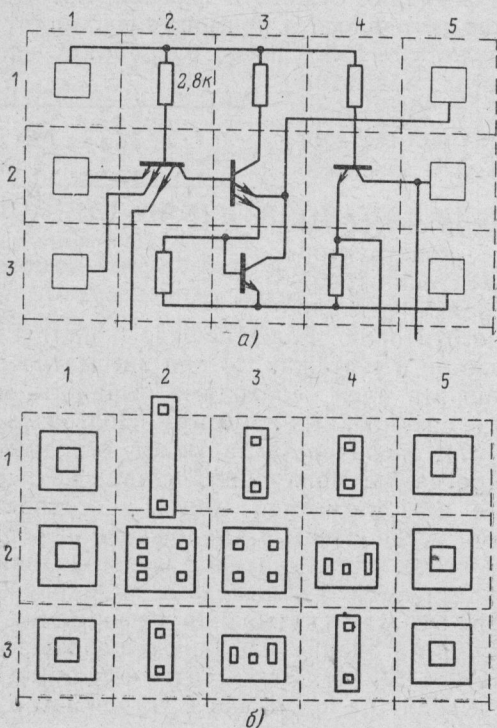


Рис. 38. Машинный чертеж.

a — часть принципиальной электрической схемы;
b — общая топология.

подчеркнуть, что современные выводные устройства не имеют строчных и прописных (заглавных) букв — все буквы одинакового размера и без наклона. Оператор, читающий машинный чертеж, должен учитывать эти особенности и не считать их за ошибки графики.

Толщина линий основного контура, осевых и штриховых также определяется возможностями выводных уст-

ройств ЭВМ, поэтому изменять их не представляется возможным.

Расстояние между параллельными линиями устанавливается равным 4 мм, чтобы между соседними параллельными линиями можно было поместить при необходимости пояснительную информацию.

На рис. 38, б показан машинный общий топологический чертеж. Особенности этого чертежа аналогичны предыдущим.

Соблюдается правило прямых линий, цифры без наклона и одинаковой высоты, толщина всех линий чертежа одинакова.

Прямоугольниками изображены резисторы. Размеры прямоугольников зависят от величины (номинала) резистора. Так, например, резистор сопротивлением 1,6 ком имеет меньший размер прямоугольника, чем резистор сопротивлением 2,8 ком.

Современные выводные устройства ЭВМ могут размещать информацию на бумажном носителе в виде дискретных (прерывистых) знаков. На рис. 39 приведен пример металлизированного слоя микросхемы. Цифрами отмечены контактные площадки. Такое изображение малопонятно для чтения и обычно выводится из машины в виде управляющей информации для станка автомата, который с помощью команд программного управления нанесет соответствующие слои на подложку.

Современные устройства автоматического проектирования могут выдавать информацию и другими способами.

К отличиям машинных чертежей от чертежей, выполненных вручную, следует отнести и заполнение основной надписи. Основная надпись печатается машиной без проведения линий граф и колонок. Информация кодируется в буквенно-цифровом виде и располагается в десяти строках следующим образом: в первых двух строках печатается условное обозначение документа и его наименование, в третьей строке — условные коды устройства и конструкции, к которой относится микросхема. В четвертой строке располагают десятичный номер разработки и т. д.

Существенное различие намечается и в комплектности машинных чертежей.

Комплектность чертежей, выполняемых вручную, регламентируется ГОСТ 2.102-68. В зависимости от уровня

проектирования (технический проект, эскизный проект и др.) вычерчиваются необходимые чертежи и собираются в комплект независимо от дальнейшего их использования.

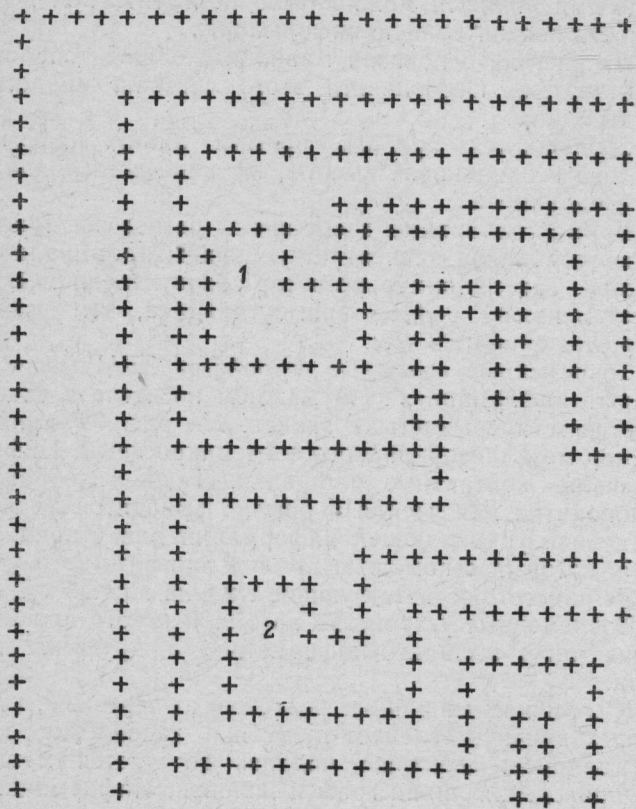


Рис. 39. Машинный чертеж слоя металлизации.

При машинных способах выполнения чертежей положение меняется. Как выше было показано, исходные данные могут быть представлены по-разному, и конструктору предстоит решить, какой вид чертежа должен быть представлен тем или иным способом. Этот вопрос решается в зависимости от способов использования графического документа, его последующего хранения и размножения. Вся конструкторская документация может нахо-

даться на перфоленте или магнитной ленте, если размножение на бумаге не требуется. Чертежи отдельных слоев микросхем (рис. 39) нет надобности выводить на бумагу. Графические и текстовые документы, разрабатываемые машинным способом, обязательно выводятся на бумагу в случаях, когда они необходимы для изучения, эксплуатации или ручной корректировки.

Кратко остановимся на хранении машинных чертежей. Все чертежи можно условно разделить на подлинники и дубликаты. Подлинник — чертеж, с которого можно снимать копии и в который вносятся изменения. Дубликат — документ для снятий копий в виде, необходимом для проектирования.

Подлинники хранят на магнитной ленте. Информация на подлинниках находится в закодированном виде, т. е. в виде, удобном для восприятия машиной. Дубликаты хранятся на перфокартах, микрофильмах, бумажных лентах, т. е. в виде, удобном для восприятия человеком.

Так, например, при машинном способе проектирования для многослойной печатной платы логическая, структурная и принципиальная электрическая схемы могут быть закодированы на магнитной ленте. Послойные чертежи и чертеж платы в сборе кодируются на перфоленте, а полная функциональная схема для эксплуатации — на бумажной ленте.

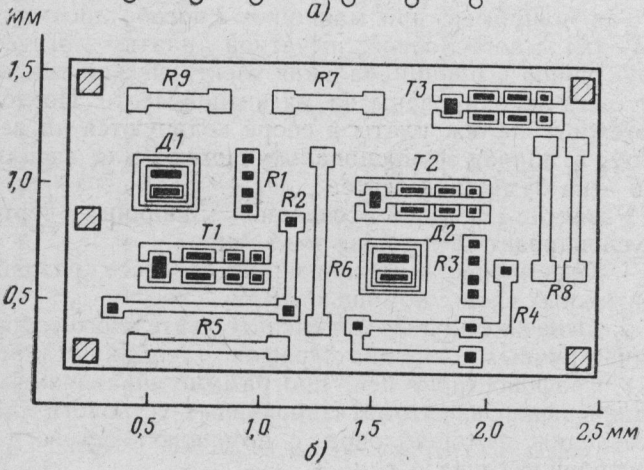
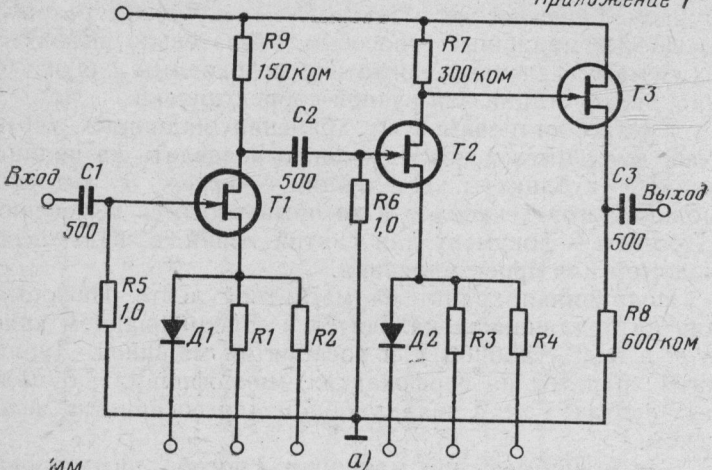
Развитие методов создания машинных чертежей обуславливает следующие тенденции.

1. Стремление к механизации процесса разработки монтажных схем с помощью ЭВМ.

2. Освоение нового поколения чертежного оборудования: ручных координатографов (чертежных автоматов), графопостроителей, программно-управляемых координатографов, автоматизированных устройств для изготовления фотошаблонов с помощью светового или электронного луча и т. д.

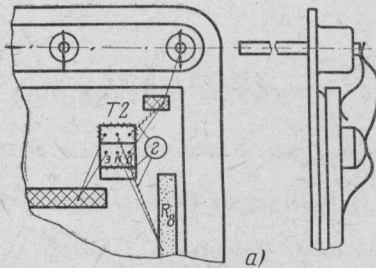
3. Резкое сокращение объема конструкторской документации с помощью новых методов ее записи и обработки, применение ЭВМ для непосредственного управления электронно-лучевым монтажным оборудованием.

Приложение 1

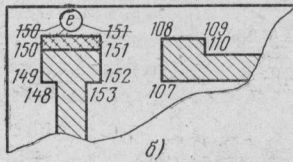


Принципиальная электрическая схема усилителя и топологический чертёж.

Приложение 2



а)
Вид на слой металлизации



б)

Пример исправления чертежа ГИС
и топологического чертежа слоя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бойцов В. В.** и др. Стандартизация в радиоэлектронике. М., Изд-во стандартов, 1971.
2. **Гаврилов С. Н., Никулин С. М.** Микроэлектроника. М., «Энергия», 1970.
3. **Квасницкий В. Н., Левинтов А. Г., Юрин О. Н.** Электрические схемы в радиоэлектронике и приборостроении. М., «Связь», 1971.
4. **Алексенко А. Г.** Основы микросхемотехники. М., «Советское радио», 1971.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Введение	5
1. Краткие сведения из инженерной графики . .	6
2. Общая терминология	14
3. Комплектность чертежей микросхем	18
4. Сведения об основных чертежах микросхем	20
5. Чтение чертежей микромодулей	37
6. Гибридные интегральные микросхемы	45
7. Интегральные полупроводниковые микросхемы	57
8. Машинное проектирование чертежей	70
Приложения	76
Список литературы	78

ГЕОРГИЙ НИКОЛАЕВИЧ ПЕТРОВ,
ДИНЭРА ИВАНОВНА КОСАЧЕВА
ЧТЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ МИКРОСХЕМ

Редактор *В. С. Харламов*
Редактор издательства *Ю. Н. Рысев*
Технический редактор *Т. А. Маслова*
Корректор *Г. Г. Желтова*

Сдано в набор 23/IV 1973 г. Подписано к печати 3/X 1973 г. Т-13987
Формат 84×108^{1/32} Бумага типографская № 2 Усл. печ. л. 4, 2 Уч.-изд. л. 3,92
Тираж 60 000 экз. Заказ 337 Цена 10 коп.

Издательство «Энергия», Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

Владимирская типография Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
Гор. Владимир, ул. Победы, д. 18-б.



10 коп.