

**ТЕХНОЛОГИИ МОНТАЖА И ДЕМОНТАЖА УЗЛОВ И ЭЛЕМЕНТОВ  
РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ  
И РАДИОТЕЛЕВИЗИОННОЙ АППАРАТУРЫ**

Правительство Санкт-Петербурга  
Комитет по образованию  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«КОЛЛЕДЖ ЭЛЕКТРОНИКИ И ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»

---

А.И. Цуканов О.В. Кучевасов

**ТЕХНОЛОГИИ МОНТАЖА И ДЕМОНТАЖА УЗЛОВ И ЭЛЕМЕНТОВ  
РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ И РАДИОТЕЛЕВИЗИОННОЙ АППАРАТУРЫ**

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

г. Санкт-Петербург  
2017

Печатается по решению методического совета колледжа

**Цуканов, А. И.** Технологии монтажа и демонтажа узлов и элементов радиоэлектронной и радиотелевизионной аппаратуры [Текст] : учебно-методическое пособие. / А. И. Цуканов, О. В. Кучевасов ; СПб ГБ ПОУ «Колледж электроники и приборостроения». – СПб., 2017. – 105 с.

В учебно-методическом пособии предлагается описание алгоритмов выполнения основных монтажных и демонтажных работ узлов и элементов радиоэлектронной и радиотелевизионной аппаратуры, схемы и классификации компонентов применяемого оборудования и инструментов, использующихся в учебном процессе при изучении междисциплинарных комплексов и модулей программ подготовки специалистов СПО по специальностям «Техническое обслуживание и ремонт радиоэлектронной техники (по отраслям)», «Радиоаппаратостроение», при подготовке квалифицированных рабочих, служащих по профессии «Монтажник радиоэлектронной аппаратуры и приборов», «Электромонтажник-наладчик», «Радиомеханик».

Содержание учебно-методического пособия рекомендуется использовать при подготовке материалов для всех видов занятий, а также при выполнении обучающимися практических заданий и лабораторных работ.

## Содержание

Перечень приставок к единицам измерения	5
Электромонтажные работы	7
Механический монтаж	8
Электрический монтаж	9
Комплектация рабочего места	12
Набор инструмента рабочего стола	13
Формовка выводов	17
Типы корпусов ИС	28
Детали и узлы радиоаппаратуры и приборов	31
Измерение сопротивления перехода полупроводникового диода	40
Определение цоколевки транзистора (алгоритм)	43
Электрический монтаж ИЭТ	44
Пайка	45
Монтаж электронных модулей	51
Монтаж SMD компонентов	59
Контроль качества собранных печатных узлов	69
Дефекты паяных соединений	73
Перечень справочной литературы	105



Производная величина	Название производной единицы	Обозначение единицы		Выражение через основные единицы СИ
		русское	международное	
частота	Герц	Гц	Hz	$\text{с}^{-1}$
мощность	Ватт	Вт	W	Вольт, Ампер; $\text{Дж/с} = \text{м}^2 \text{кг} \text{с}^{-3}$
напряжение	Вольт	В	V	
сила электрического тока	Ампер	А	A	В/Ом
электрическое сопротивление	Ом	Ом	$\Omega$	$\text{В/А} = \text{м}^2 \text{кг} \text{с}^{-3} \text{А}^{-2}$
ёмкость	Фарада	Ф	F	$\text{Кл/В} = \text{м}^{-2} \text{кг}^{-1} \text{с}^4 \text{А}^2$
электрический заряд, количество электричества	Кулон	Кл	C	$\text{с А}$
электрическая проводимость	Сименс	См	S	$1/\text{Ом} = \text{А/В} = \text{м}^{-2} \text{кг}^{-1} \text{с}^3 \text{А}^2$
магнитный поток	Вебер	Вб	Wb	$\text{В с} = \text{м}^2 \text{кг} \text{с}^{-2} \text{А}^{-1}$

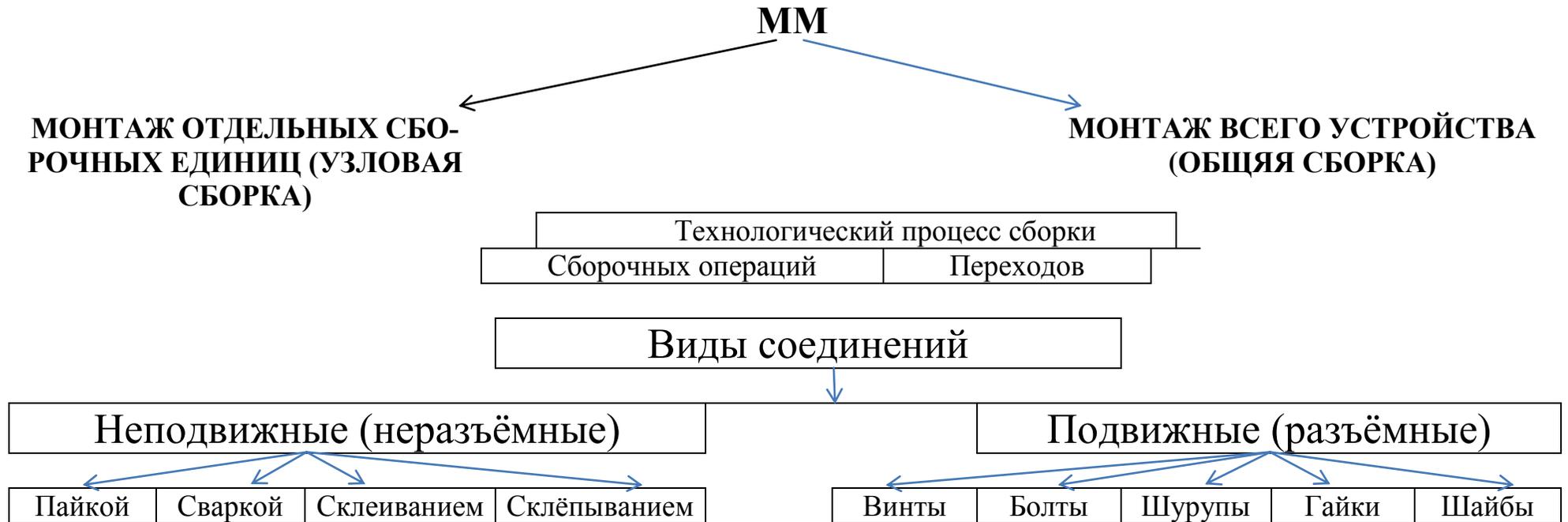
**Электромонтажные работы** – вид профессиональной деятельности, при которой выполняется монтаж внутрисхемных и внутримодульных электрических соединений, изделий входящих в состав устройств и объединённых одной электрической цепью.

К электромонтажным работам относятся:

- Подбор соединительных проводов, кабелей, шнуров с учётом различных условий эксплуатации РЭУ.
- Вязка проводов в жгуты.
- Подбор и монтаж элементов для электрического соединения плат, модулей и отдельных деталей между собой.
- Соединение проводов и ИЭТ между собой и с деталями конструкции в целях создания электрической цепи прибора с использованием разъёмных и неразъёмных методов.

# Механический монтаж

**Механический монтаж (ММ)** – совокупность операций механического соединения узлов, деталей ИЭТ в изделии выполняемых в определённой последовательности.



**Механический монтаж, производится в такой последовательности:**

- выполнение неподвижных неразъёмных соединений (развальцовка, сварка) деталей и узлов с шасси прибора;
- выполнение подвижных разъёмных соединений, т.е. установка крепёжных механических деталей (угольники, ламповые панели);
- механическая установка ИЭТ на шасси прибора (трансформаторы, дроссели);
- механическая установка подвижных частей узлов и деталей, которые могут заменяться в процессе настройки;
- контроль механического монтажа.

# Электрический монтаж

**Электрическим монтажом** называется процесс соединений ИЭТ в соответствии с электрической принципиальной или электромонтажной схемой.

Электрический монтаж может выполняться с помощью печатных, проводных, тканых плат, единичных проводов, жгутов, кабелей.

**Электрический монтаж** включает операции по соединению выводов радиодеталей в схему и является очередным этапом производственного процесса после механической сборки изделия.

Современные конструкции строятся на основе **объёмного монтажа** выполняемого пайкой или сваркой, или печатным монтажом.

Наибольшее применение имеет **объёмный монтаж пайкой**.

Электрический монтаж выполняется способом последовательной укладки гибких или жёстких соединительных монтажных проводников, шаблонно жгутовыми или комбинированным способами.

## Порядок выполнения монтажа

**Электрический** монтаж производят в строгом соответствии с технологическим процессом соблюдая общий для всех ИЭТ порядок выполнения монтажа:

1. Монтаж расшивочных панелей, переключателей и других обособленных узлов (до их установки на шасси прибора);
2. Монтаж перемычек из неизолированного провода;
3. Монтаж одиночных проводов;
4. Установка на шасси заранее смонтированных узлов и монтажных проводов, идущих от этих узлов;
5. Укладка жгута на шасси и монтаж его проводов;
6. Монтаж и подключение навесных радиодеталей (резисторов, конденсаторов и др.).

# Методы выполнения электромонтажных соединений

## Пайка

Низкотемпературная пайка  
 $\leq 450^{\circ}\text{C}$

Индивидуальная

Групповая

Высокотемпературная пайка  
 $\geq 450^{\circ}\text{C}$

Индивидуальная

Групповая

## Сварка

Давлением

Ультразвуковая

Электроконтактная

Термокомпрессионная

Плавлением

Электронным лучом

Лазерным лучом

Основанные на упругой и пластической деформации

Накрутка

Обыкновенная

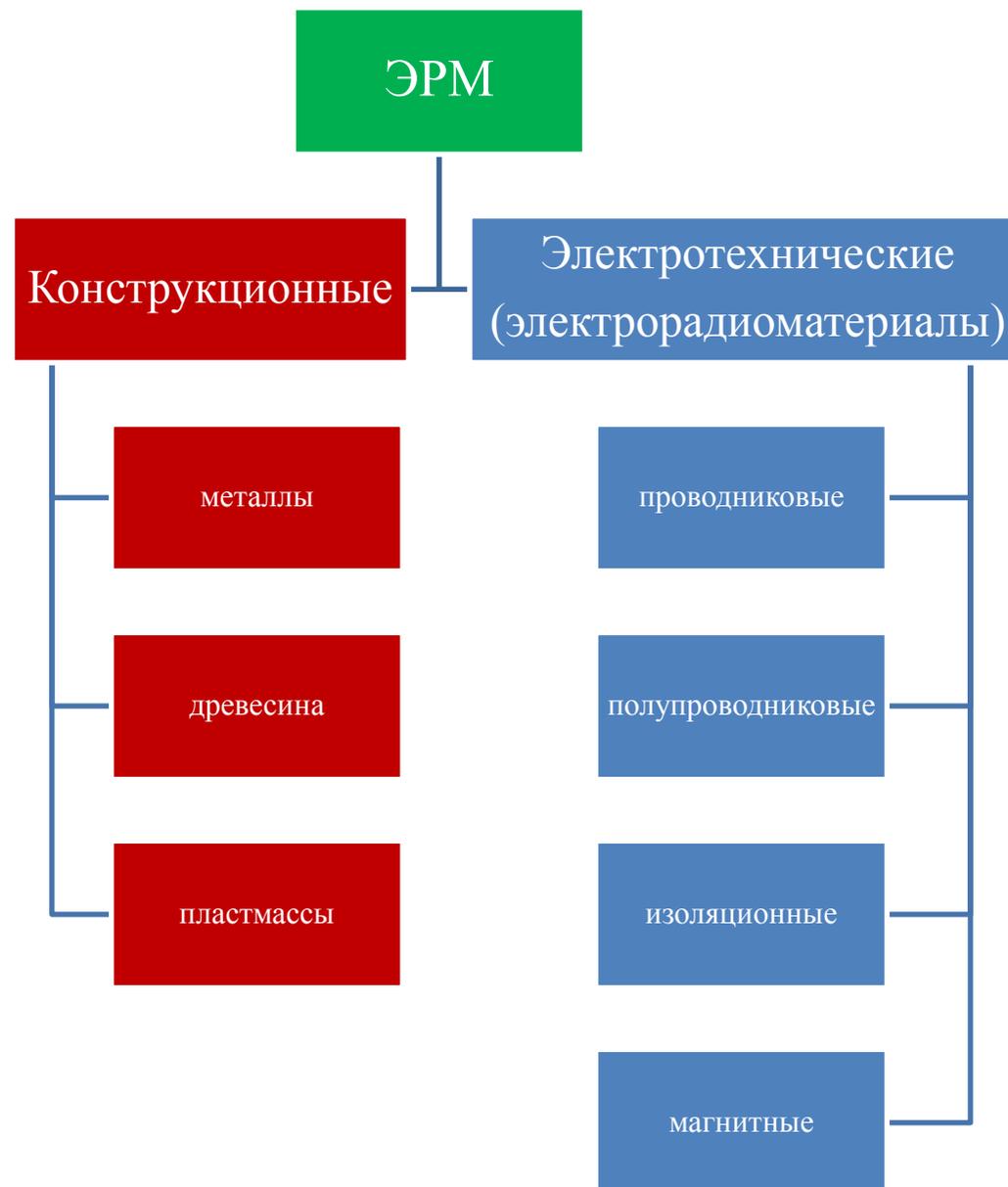
Модифицированная

Бандажная

Обжатие

Специальные

Соединение токопроводящим клеем



# Типовая комплектация рабочего места

- Инструменты;
- Монтажное оборудование:
  - Измерительные приборы;
  - Приспособления для хранения комплектующих изделий и компонентов, обеспечивающие безопасную работу и качественное выполнение операций;
  - Приспособления и оборудование для выполнения монтажных работ;
- Технологические материалы;
- Средства антистатической защиты;
- Вентиляция и осветительные приборы.
- Технологическая документация:
  - Маршрутная или технологическая карта;
  - Монтажная схема;
  - Сборочный чертёж + спецификация;
  - Принципиальная схема + перечень элементов.

# Набор инструментов рабочего стола

## Комплект инструмента

### **МОНТАЖНЫЙ**

1. Плоскогубцы.
2. Плоскогубцы – с узкими губками.
3. Круглогубцы.
4. Кусачки торцевые.
5. Кусачки боковые.
6. Ножницы.
7. Кусачки для зачистки проводов, стриппер.
8. Монтажный нож.
9. Пинцет.

1. На-

### **СЛЕСАРНЫЙ**

- фили.
3. Специальные гаечные ключи.
  4. Отвёртки различных видов.
  5. Молотки.
  6. Инструмент для разметки.
  7. Натяжки и обжимки.
  8. Кернер.
  9. Шабер.

пильники.

2. Над-

## Комплект приспособлений

1. Паяльная станция.
2. Термопинцет.
3. Приспособление для обжига и снятия изоляции при разделке монтажных проводов (термощипцы, обжигалка).
4. Кримпер. (Щипцы для снятия изоляции).
5. Настольная лампа с увеличительным стеклом.
6. Антистатические браслеты.
7. Электротигель.
8. Приспособления для укладки и правки монтажа.
9. Дымоуловитель.

## Инструмент и приспособления



Кусачки-бокорезы



Плоскогубцы-с узкими губками



Нож



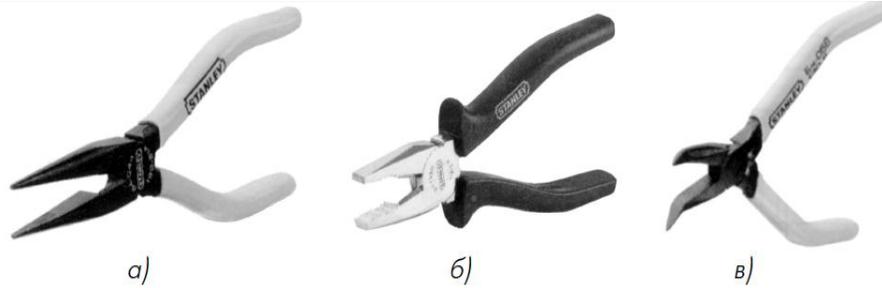
Пинцет



Паяльная станция HAKKO 937



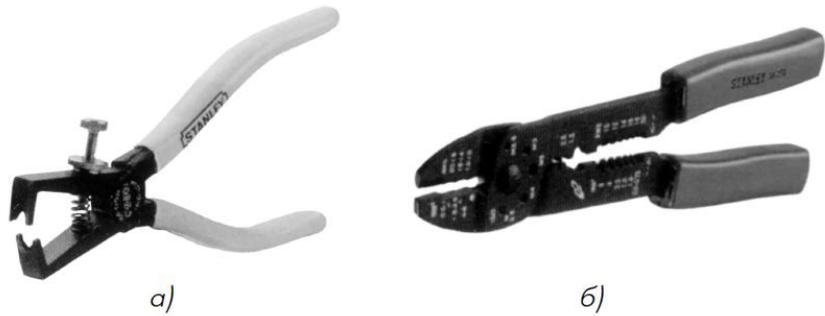
Термопинцет



Плоскогубцы с губками без насечек (а), плоскогубцы с насечками или пассатижи (б), плоскогубцы для работы в труднодоступных местах (в).



Круглогубцы (а), кусачки торцевые (б) и боковые (в)



Щипцы для зачистки проводов (а) и стриппер (б).



Дымоуловитель



Антистатические браслеты



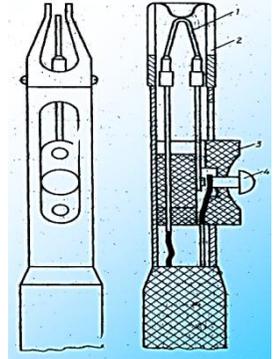
ESD- настольная лампа с увеличительным стеклом



Кримпер.



Приспособление для обжига и снятия изоляции при разделке монтажных проводов (термоципсы).



Электротигель ЭТ 2,0x1,5/4.



Фен.



Паяльная станция комбинированная.

# Формовка выводов и установка изделий электронной техники на печатные платы (ГОСТ 29137-91)

## Общие требования и нормы конструирования

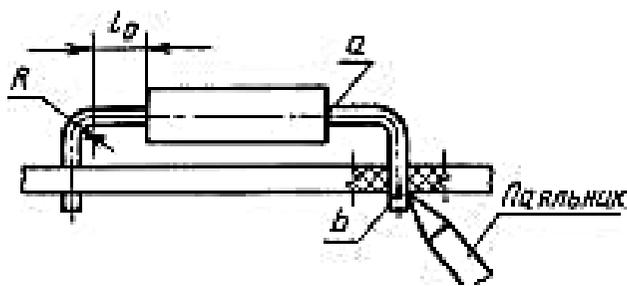


Рис.1.

1.3. Для каждого вывода ИЭТ, устанавливаемого на плату, должно быть предусмотрено отдельное монтажное отверстие или контактная площадка.

Допускается устанавливать в отверстие по ГОСТ не более двух выводов ИЭТ.

1.4. При формовке выводов ИЭТ размером от корпуса ИЭТ до места изгиба вывода  $l_0$  считают размер от корпуса ИЭТ до центра окружности изгиба вывода  $R$ , как указано на рис.1.

1.5. При установке ИЭТ на печатные платы размером от корпуса до места пайки вывода считают размер от корпуса ИЭТ вдоль оси вывода от места приложения паяльника (размер определяющий расстояние между точками  $a$  и  $b$  вдоль оси вывода).

1.6. Минимальный размер от корпуса до места изгиба при формовке выводов  $l_0$ , мм:

для резисторов, конденсаторов.....	0,5
для микросхем и других ИЭТ в корпусах типа 4 по ГОСТ 17467.....	1
для полупроводниковых приборов.....	2
для дросселей.....	3,5

1.7. Минимальный внутренний радиус изгиба выводов  $R$ , мм

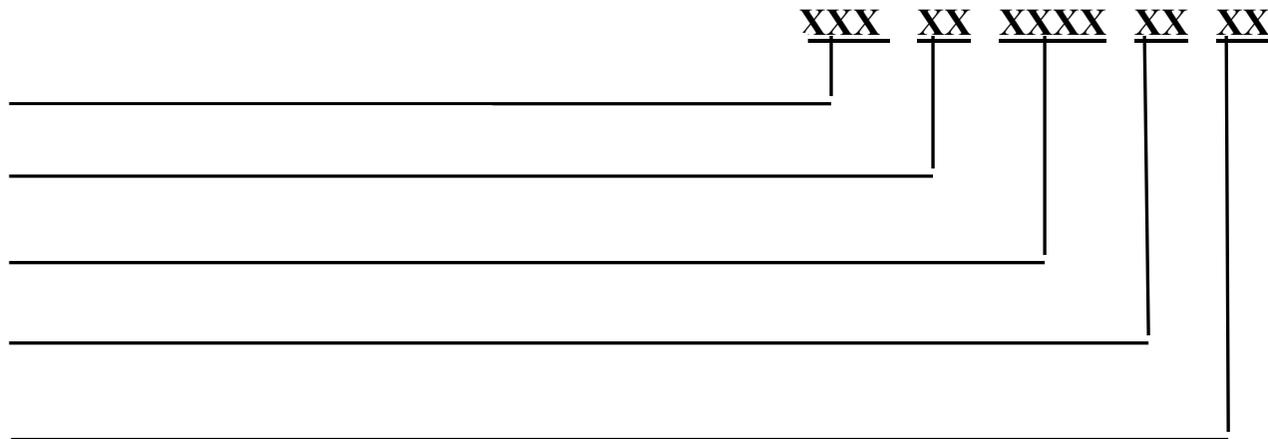
для выводов диаметром или толщиной до 0,5 мм включительно .....	0,5
для выводов диаметром или толщиной свыше 0,5 мм до 1,00 мм включительно.....	1,0
для выводов диаметром или толщиной свыше 1,0 мм включительно.....	1,5

В технически обоснованных условиях допускается уменьшать внутренний радиус изгиба выводов до 0,3 мм.

1.8. Минимальный размер от корпуса ИЭТ до места пайки (отступ) – 2,5 мм.

## 2. Варианты формовки выводов и установки изделий электронной техники на печатные платы.

- 2.1. Формовку выводов и установку ИЭТ на печатные платы производить с вариантами, приведёнными в таблице 1 данного ГОСТ.
- 2.2. Для обозначения формовки выводов и установки ИЭТ на печатные платы устанавливают следующую структуру условных обозначений



### **3. Структура условных обозначений пример записи в конструкторской документации вариантов формовки выводов и установки ИЭТ**

3.1. Структура условного обозначения варианта формовки установки в КД должна иметь следующее обозначение:

3.1.1. В случае отсутствия какого-либо из показателей при обозначении ИЭТ в структуре условных обозначений вместо цифр, определяющих эти показатели, записывают нули.

3.1.2. Для обозначения вариантов формовки и установки рекомендуется использовать трёхзначный код, приведённый в табл.1 ГОСТ29137 и в настоящем стандарте.

Необходимость использования дополнительного крепления рекомендуется обозначать третьим знаком кода - нулём или единицей, например: 240 - крепление не используется, 241 - крепление используется,

3.1.3. Для обозначения номера чертежа следует использовать двузначный код, приведённый в табл. 1 ГОСТ 20137 и настоящем стандарте. При обозначении номеров чертежей, состоящих из одной цифры, перед этой цифрой записывается ноль.

3.1.4. Для обозначения шифра позиции ИЭТ рекомендуется использовать четырёхзначный код, приведённый в табл. 4-6, 12, 13 ГОСТ 20137 и настоящем стандарте.

3.1.5. При обозначении выбранной глубины формовки левая цифра обозначает единицы, а правая цифра - десятые доли миллиметра.

3.1.6. Для обозначения дополнительной формовки следует использовать двузначный код:

"зиг" - 01, "зиг-замок" - 02, "замок" - 03.

**Пример условного обозначения** варианта формовки выводов и установки резистора, соответствующего исполнению 14 с длиной корпуса 10,8 мм при использовании зиг-замка:

***140.02.0203.00.02***

**Примечание.** При обозначении номеров чертежей состоящих из одной цифры, перед этой цифрой записывают ноль.

**Пример условного обозначения** варианта формовки выводов и установки диода, соответствующего исполнению 7 с длиной корпуса 7,5 мм, диаметром корпуса 3,0 мм, диаметром выводов 0,6 мм, при использовании дополнительного крепления и глубиной формовки  $H = 1,2$  мм:

***071.04.0602.12.00***

**Примечание.** При обозначении выбранной глубины формовки  $H$  левая цифра обозначает единицы, а правая цифра – десятые доли миллиметра.

**Пример условного обозначения** варианта формовки выводов и установки микросхем в 12-выводном корпусе типа 3 по ГОСТ 17467.соответствующего исполнения 30. в квадрат 7,5x7,5 мм:

***301.14.0000.00.00***

2.3. В технических требованиях сборочного чертежа печатного узла следует указывать варианты формовки выводов и установки ИЭТ на печатные платы в соответствии с таб. 1 настоящего стандарта.

**Пример записи** вариантов формовки выводов и установки ИЭТ, имеющих согласно спецификации поз.1, 2, 3 на сборочном чертеже:

Установку ИЭТ производить по ГОСТ 29137:

поз. 1 - вариант 140.02.0203.00.02,

поз. 2 - вариант 301.14.0000.00.00,

поз. 3 - вариант 071.04.0602.12.00.

2.5. ИЭТ крепятся к печатной плате пайкой выводов в монтажные отверстия или на контактные площадки, а в случае необходимости путём дополнительного крепления с помощью хомутов, скоб, держателей, заливки компаундом, установки на клей.

2.8. Варианты 140, 150, 160, 170, 180, 190, 220, 230, 310, 320, 370, 390, 410 следует использовать в аппаратуре без дополнительного крепления, в том числе с помощью клея.

2.12. Подогнутые на обратной стороне платы выводы ИЭТ не должны выходить за пределы контактных площадок, а длина подогнутого вывода должна быть не менее 2 мм для плат с неметаллизированными монтажными отверстиями.

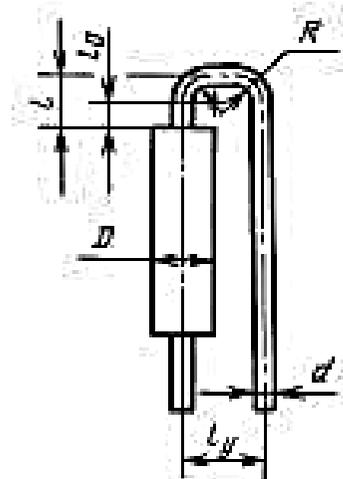
Подогнутые выводы рекомендуется располагать вдоль печатных проводников, а при отсутствии проводников в направлении, противоположном ближайшему из соседних проводников.

Допускается выход подогнутых выводов ИЭТ за пределы контактных площадок при обеспечении расстояния между соседним проводником и выводом в соответствии с ГОСТ 23751.

2.13. Выводы ИЭТ диаметром более 0,7 мм, а также выводы многовыводных и подборных ИЭТ не подгибают. Допускается для многовыводных ИЭТ подгибка двух диагонально противоположных выводов при отсутствии ограничений.

2.14. Высота выступающих концов выводов (подогнутых и не подогнутых) должна быть в пределах от 0,5 до 2 мм. Угол подгибки выводов от плоскости должен быть от 0° до 45°.

**При невозможности подрезки выводов максимально допустимую высоту выступающих концов выводов следует указывать на чертеже печатного узла.**



### 3. Требования к формовке выводов и установке изделий электронной техники на печатные платы

3.1. Минимальный установочный размер  $l_y$  в миллиметрах для ИЭТ исполнений 1, 4 – 6, 14 – 16 (рис. 2.) следует рассчитывать по формуле

$$l_y = L + 2l_0 + 2R + d$$

где L- максимальная длина корпуса, мм.

$l_0$  - минимальный размер до места изгиба вывода, мм.

R - радиус изгиба вывода, мм.

D - номинальный диаметр вывода ИЭТ в мм.

Рис. 2.

3.2. Установку ИЭТ исполнений 1, 4 -6 следует проводить вплотную на печатную плату, а установку ИЭТ исполнений 14 -1 6 – с зазором  $1^{+0,5}$ .

3.3. Минимальные установочные размеры  $l_y$  в миллиметрах для ИЭТ исполнения 22 (рис. 3.) следует рассчитывать по формуле

$$l_y = \frac{D+d}{2} + 0,5$$

где D- максимальный диаметр (толщина) корпуса, в мм. d- максимальный диаметр вывода, мм.

Формовочные размеры l в миллиметрах следует рассчитывать по формуле  $l = l_0 + R + \frac{d}{2}$

3.13. Формовку выводов ИЭТ исполнений 2, 3 следует производить в соответствии с чертежом (рис. 4.)

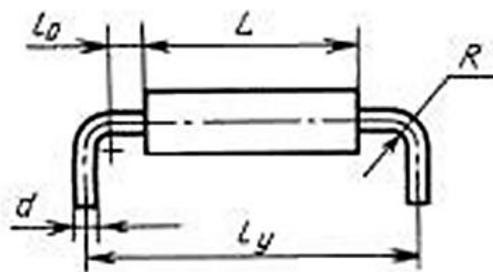


Рис. 3.

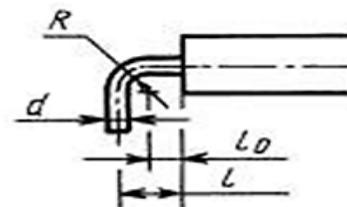
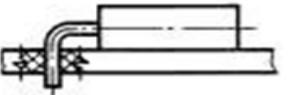
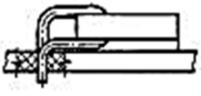
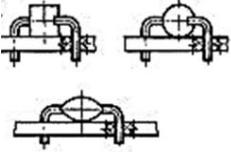
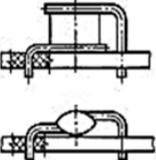
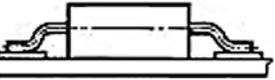
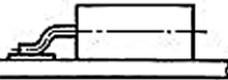
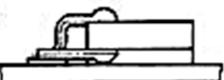


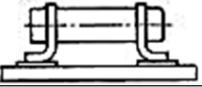
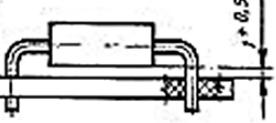
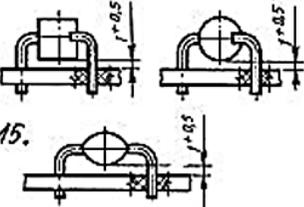
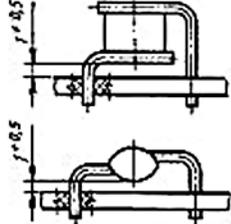
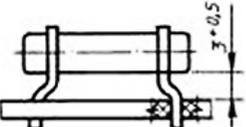
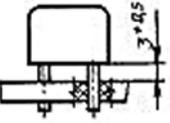
Рис. 4.

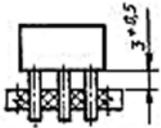
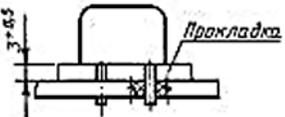
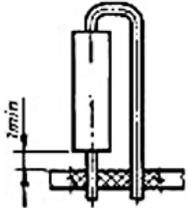
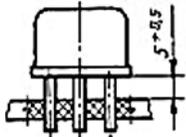
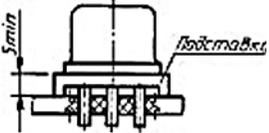
## Варианты формовки выводов

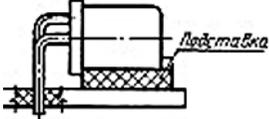
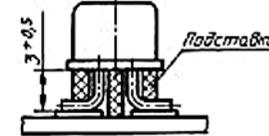
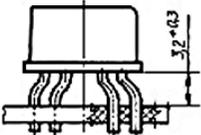
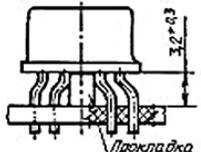
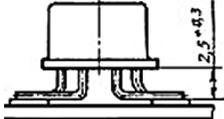
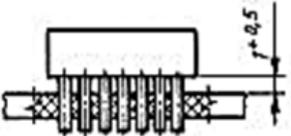
Таблица 1

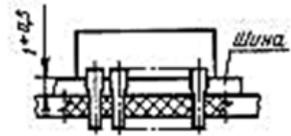
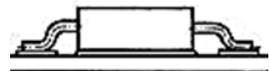
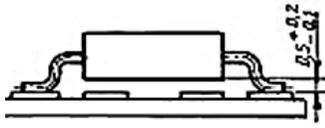
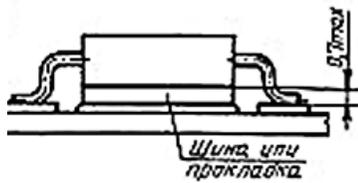
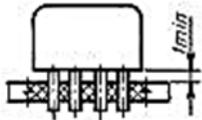
Типовое конструктивное исполнение	Обозначение варианта формовки и установки	Номер чертежа	Шифр позиции	Характеристика ИЭТ
	010	2	0201 – 0221 по табл.2;	Резисторы, конденсаторы, диоды, дроссели в цилиндрических и прямоугольных корпусах с двумя осевыми выводами
	011		0301 – 034 по табл.3;	
	020	7	0401 -0407 по табл.4;	Конденсаторы, резисторы в прямоугольных корпусах, окукленные с дискообразной и каплевидной формами корпуса; резисторы, конденсаторы, дроссели в цилиндрических корпусах с двумя - тремя однонаправленными выводами
	021			
	030	2		Конденсаторы в прямоугольных и дискообразных корпусах, с двумя несимметрично расположенными однонаправленными выводами.
	031			
	040			Конденсаторы, резисторы в прямо-

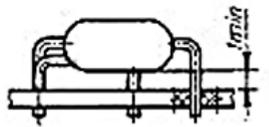
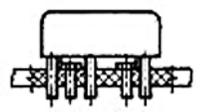
	041		0201 – 0221 по табл.2; 0301 – 034 по табл.3;	угольных корпусах, окукленные с дискообразной формой корпуса; с двумя несимметрично расположенными выводами; диоды в каплевидных корпусах с двумя осевыми выводами.
	050	2	0201 – 0221 по табл.2; 0301 – 034 по табл.3;	дрессели в цилиндрических и каплевидных корпусах с двумя несимметрично расположенными выводами
	070			
	080	8	0901 - 0903 по табл.9;	Конденсаторы, резисторы в прямоугольных корпусах, окукленные с дискообразной и каплевидной формами корпуса; резисторы, конденсаторы, дроссели в цилиндрических корпусах с двумя - тремя однонаправленными выводами; полупроводниковые приборы в прямоугольных и цилиндрических корпусах с двумя – тремя однонаправленными выводами
	090			
	091			

	120	5	-	Предохранители в цилиндрических корпусах с двумя плоскими однонаправленными выводами
	140	2	0201 – 0221 по табл.2; 0301 – 034 по табл.3;	Резисторы, конденсаторы, диоды, дроссели в цилиндрических и прямоугольных корпусах с двумя осевыми выводами; диоды в каплевидных корпусах с двумя осевыми выводами
	150	2	0201 – 0221 по табл.2; 0301 – 034 по табл.3;	Конденсаторы, терморезисторы в прямоугольных корпусах, окукленные с дискообразной и каплевидной формами корпуса; с двумя несимметрично расположенными выводами; диоды в каплевидных корпусах с двумя осевыми выводами
	160	2	0201 – 0221 по табл.2; 0301 – 034 по табл.3	Диоды в цилиндрических корпусах с двумя несимметрично расположенными выводами
	170	6	-	Предохранители в цилиндрических корпусах с двумя плоскими однонаправленными выводами
	180	-	-	Конденсаторы, резисторы в прямоугольных корпусах, окукленные с дискообразной и каплевидной формами корпуса; конденсаторы, резисторы, дроссели в цилиндрических корпусах; полупроводниковые приборы в прямоугольных корпусах с двумя однонаправленными выводами

	190	-	-	Транзисторы в прямоугольных и цилиндрических корпусах с тремя однонаправленными выводами
	211	-	-	Конденсаторы, резисторы, дроссели, полупроводниковые приборы в прямоугольных корпусах с двумя однонаправленными выводами
	220	3	0401 – 0407 по табл.4	Резисторы, конденсаторы, диоды, дроссели в цилиндрических и прямоугольных корпусах с двумя осевыми выводами
	230	9	1001 – 1004 по табл.10	Транзисторы в цилиндрических корпусах с однонаправленными выводами
	240	9	1001 – 1004 по табл.10	Транзисторы в цилиндрических корпусах с однонаправленными выводами
	241			

	250	10	0401 – 0407 по табл.4	Транзисторы в цилиндрических корпусах с однонаправленными выводами
	251			
	280	8	0901 – 0903 по табл.9	
	281			
	270	11	-	Транзисторы в цилиндрических корпусах с однонаправленными выводами
	271			
	290	12-15	-	Микросхемы в корпусах типа 3 по ГОСТ 17467-88 Микросхемы интегральные. Основные размеры
	301			
	310	16. 17	-	Микросхемы в корпусах типа 3 по ГОСТ 17467-88 Микросхемы интегральные. Основные размеры
	320	-	-	Микросхемы и другие ИЭТ в корпусах типа 1 по ГОСТ 17467-88 Микросхемы интегральные. Основные размеры

	330	-	-	Микросхемы и другие ИЭТ в корпусах типа 2 по ГОСТ 17467-88 Микросхемы интегральные. Основные размеры			
	341	-	-	Микросхемы и другие ИЭТ в корпусах типа 1 по ГОСТ 17467-88 Микросхемы интегральные. Основные размеры			
	351	-	-	Микросхемы и другие ИЭТ в корпусах типа 2 по ГОСТ 17467-88 Микросхемы интегральные. Основные размеры			
	360	18	1001 – 1013 по табл.11	Микросхемы и другие ИЭТ в корпусах типа 4 по ГОСТ 17467-88 Микросхемы интегральные. Основные размеры			
	361						
	370						
	380						
	381						
	390				-	-	Трансформаторы, резисторы, конденсаторы, фильтры в прямоугольных, цилиндрических и дискообразных корпусах с тремя и более однонаправленными выводами

	400	-	-	Реле, трансформаторы, резисторы, конденсаторы, фильтры в прямоугольных, цилиндрических и дискообразных корпусах с тремя и более однонаправленными выводами
	410			
		-	-	Реле
	420	-	-	Трансформаторы, фильтры в прямоугольных корпусах с тремя и более однонаправленными выводами
	421			

**Корпус 1 типа** Это корпус прямоугольной формы. Выводы перпендикулярны плоскости основания и расположены в пределах проекции тела корпуса на плоскость основания. Число выводов 15...29. Пример обозначения 15-выводного корпуса: 1203.15-2.

**Корпус 2 типа** Корпус прямоугольной формы. Выводы прямоугольные. Они перпендикулярны плоскости основания корпуса и выходят за пределы проекции тела корпуса на плоскость основания. Число выводов 8...64. Пример обозначения 64-выводного корпуса: 2136.64-1.

**Корпус 3 типа** Круглый корпус. Выводы перпендикулярны основанию корпуса и расположены в пределах проекции тела корпуса на плоскость основания. Число выводов – обычно 8. Пример обозначения 8-выводного корпуса: 302.8-1.

**Корпус 4 типа** Прямоугольный корпус с выводами, расположенными параллельно плоскости основания и выходящими за пределы проекции тела корпуса на плоскость основания. Корпуса имеют число выводов от 12 до 64. Пример обозначения 42-выводного корпуса: 4138.42-5.

**Корпус 5 типа** Прямоугольный плоский безвыводный корпус. Электрическое соединение микросхемы, размещённой в таком корпусе, осуществляется с помощью металлизированных контактных площадок по периметру корпуса. Имеют до 42 выводов. Пример обозначения 42-выводного корпуса: Н15.42-1В.

## Типы корпусов ИС

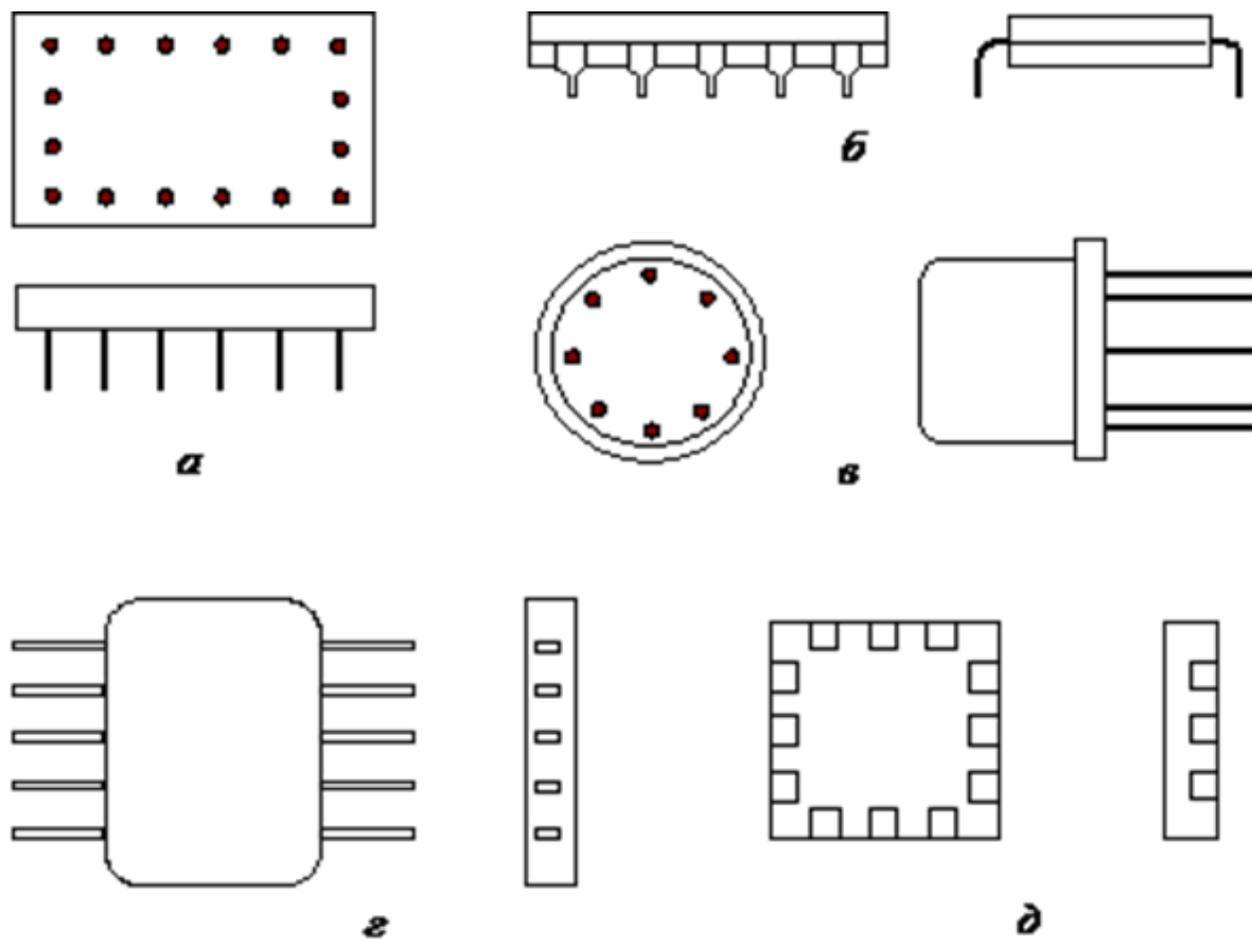


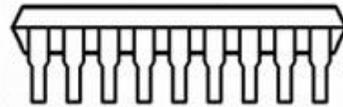
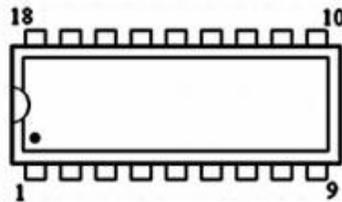
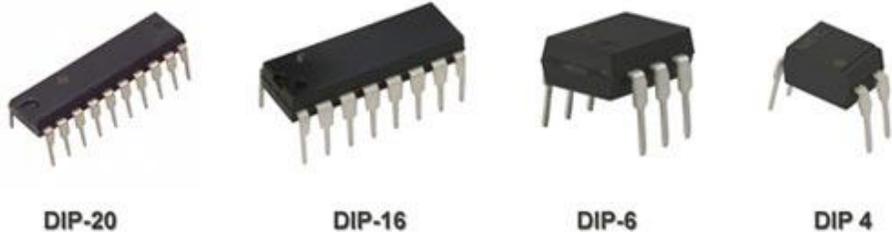
Рис. Типы корпусов ИС

а – корпус 1 типа; б - корпус 2 типа; в - корпус 3 типа; г - корпус 4 типа; д - корпус 5 типа;

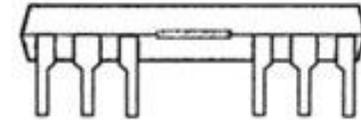
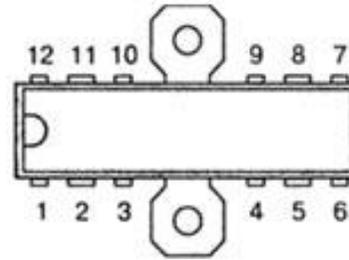
# КОРПУСА МИКРОСХЕМ

## DIP КОРПУСА

### DIP (Dual In-line Package)



### QDIP



### PDIP – (Plastic Dual In-line Package)



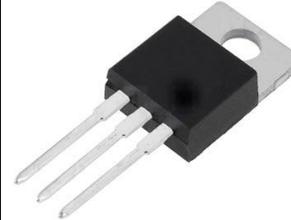
### SIP (Single In-line Package)



### TO92



### TO220



### PENTAWATT

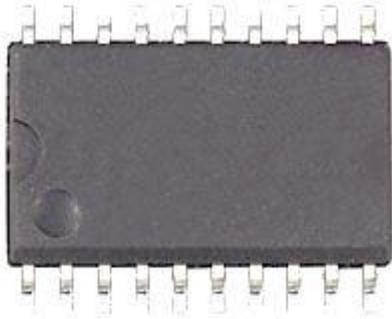


### DPAK – (TO-252, KT-89)



**SO (Small Outline) КОПИИКА**

**SO (Small Outline)**



**SOIC (Small-Outline In-  
tegrated Circuit)**



**SOJ (Small-Outline  
J-leaded).**

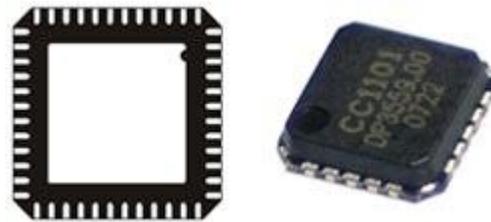


**QFP (Quad Flat Package) КОПИИКА**

**QFP (Quad Flat  
Package)**



**QFN (Quad-flat  
no-leads)**



**TQFP (Thin QFP), QFP, LQFP (Low-profile  
QFP).**



**ZIP (Zigzag-In-line  
Package)**



**PLCC и CLCC (Ceram-  
ic Leaded Chip Carrier)**



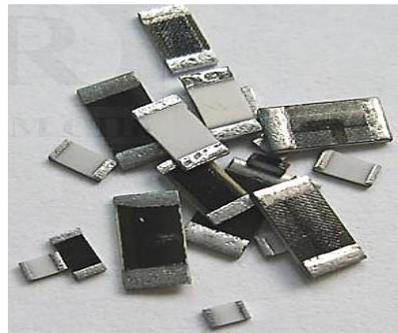
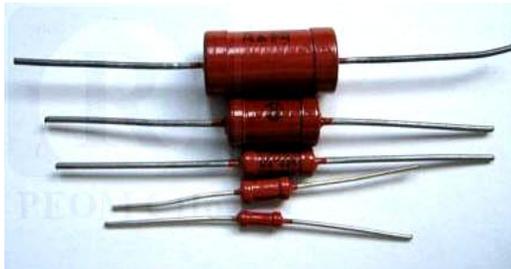
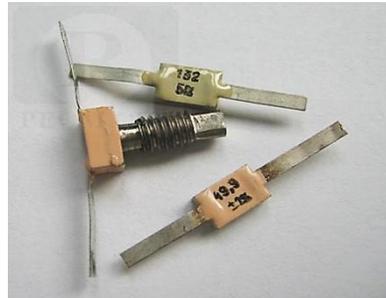
**TSOP (Thin Small-Outline Package)**



# Детали и узлы радиоаппаратуры и приборов

## Резисторы

### Постоянные



### Переменные

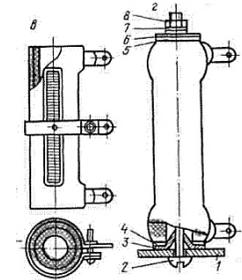
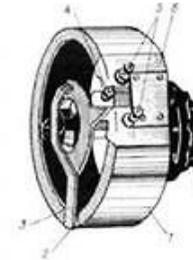
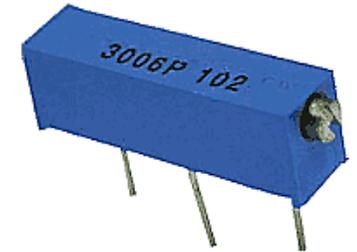


Фото резистор



Термо

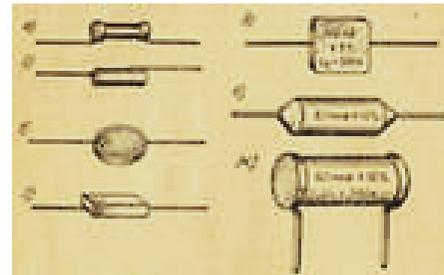
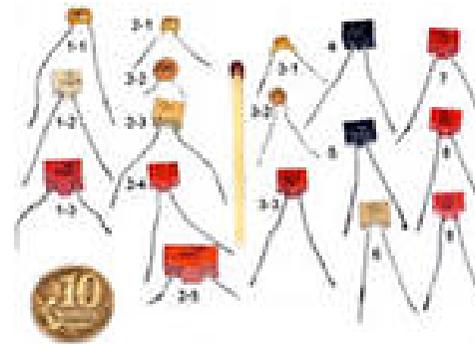


резистор

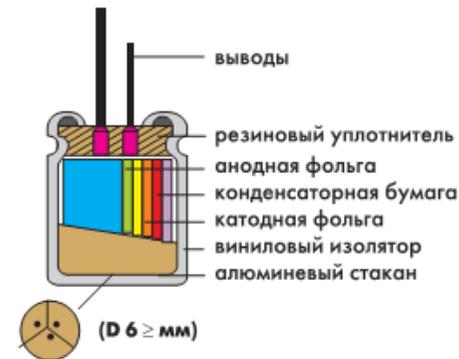
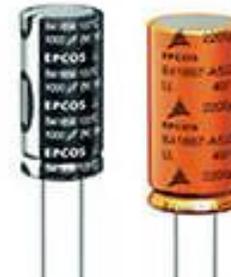


# Конденсаторы

## Конденсаторы постоянной ёмкости (плёночные и керамические)



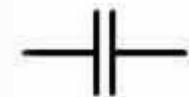
## Алюминиевые электролитические конденсаторы



## Подстроечные конденсаторы



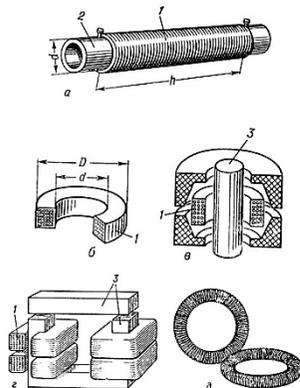
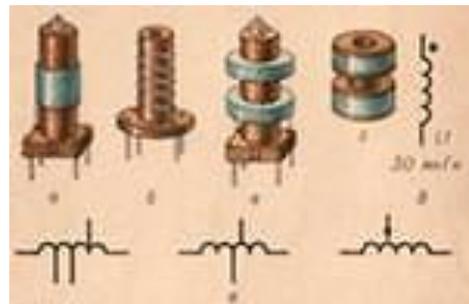
C1



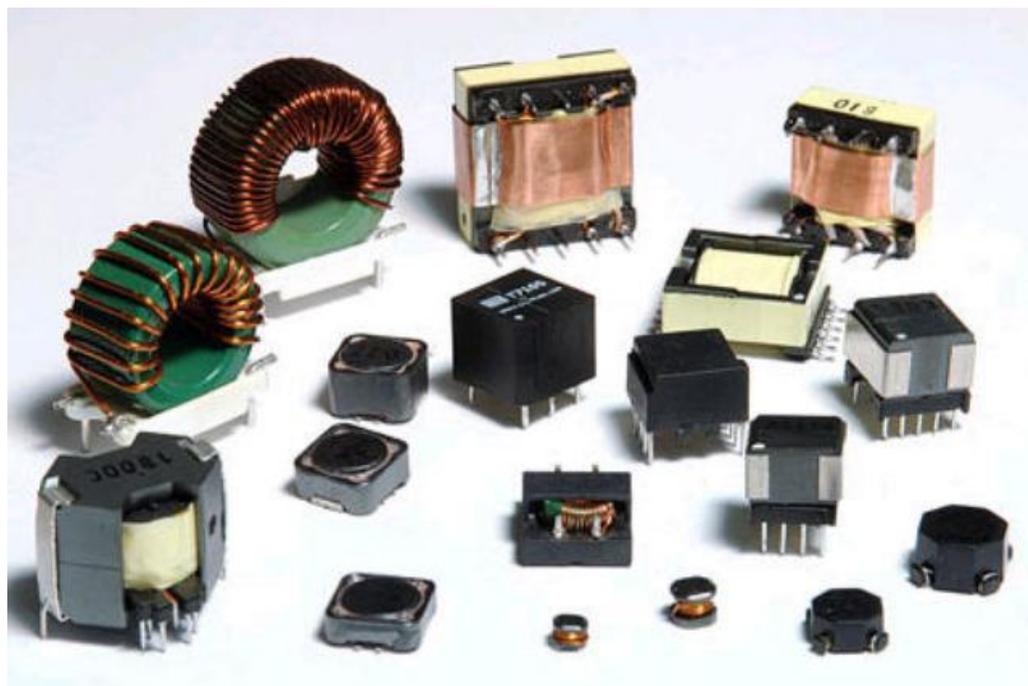
10 мкФ

# Магнитные компоненты

## Катушки индуктивности



## Дроссели



## Трансформаторы



# Коммутирующие устройства

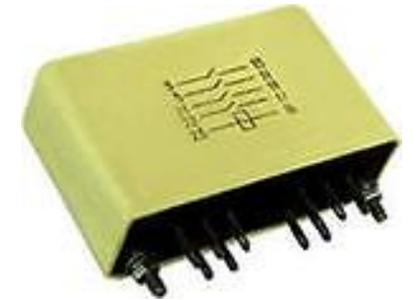
## Тумблеры



## Переключатели многополюсные



## Реле



# Разъёмы

## Цилиндрические разъёмы



KLS15-M13



KLS15-226-FQ



KLS15-227



KLS15-228



KLS15-229



KLS15-230



KLS15-231



KLS15-232



KLS15-233



KLS15-235



RC4 RC7 RC10



KLS15-239

## Разъёмы I/O Серии



**KLS1-151**



**KLS1-152**



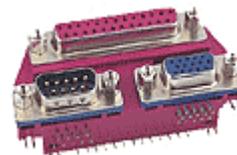
**KLS1-153**



**KLS1-155**



**KLS1-156**



**KLS1-160**



**KLS1-161**



**KLS1-162**

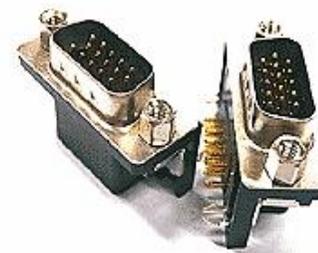


**KLS1-165**

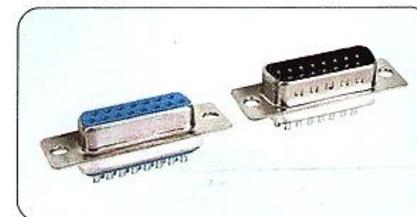
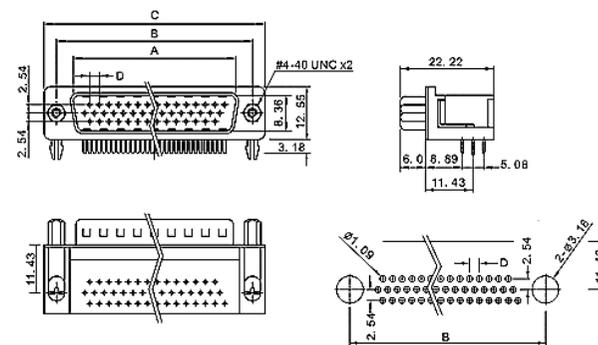


**KLS1-166**

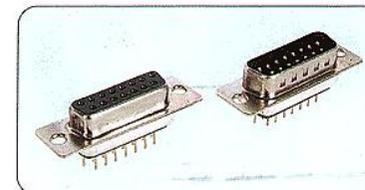
## Разъёмы серии D-SUB



**KLS1-315 D-SUB**



**KLS1-213 DB**



**KLS1-221 DBB**

## Расшифровка буквенных обозначений различного типа светодиодов

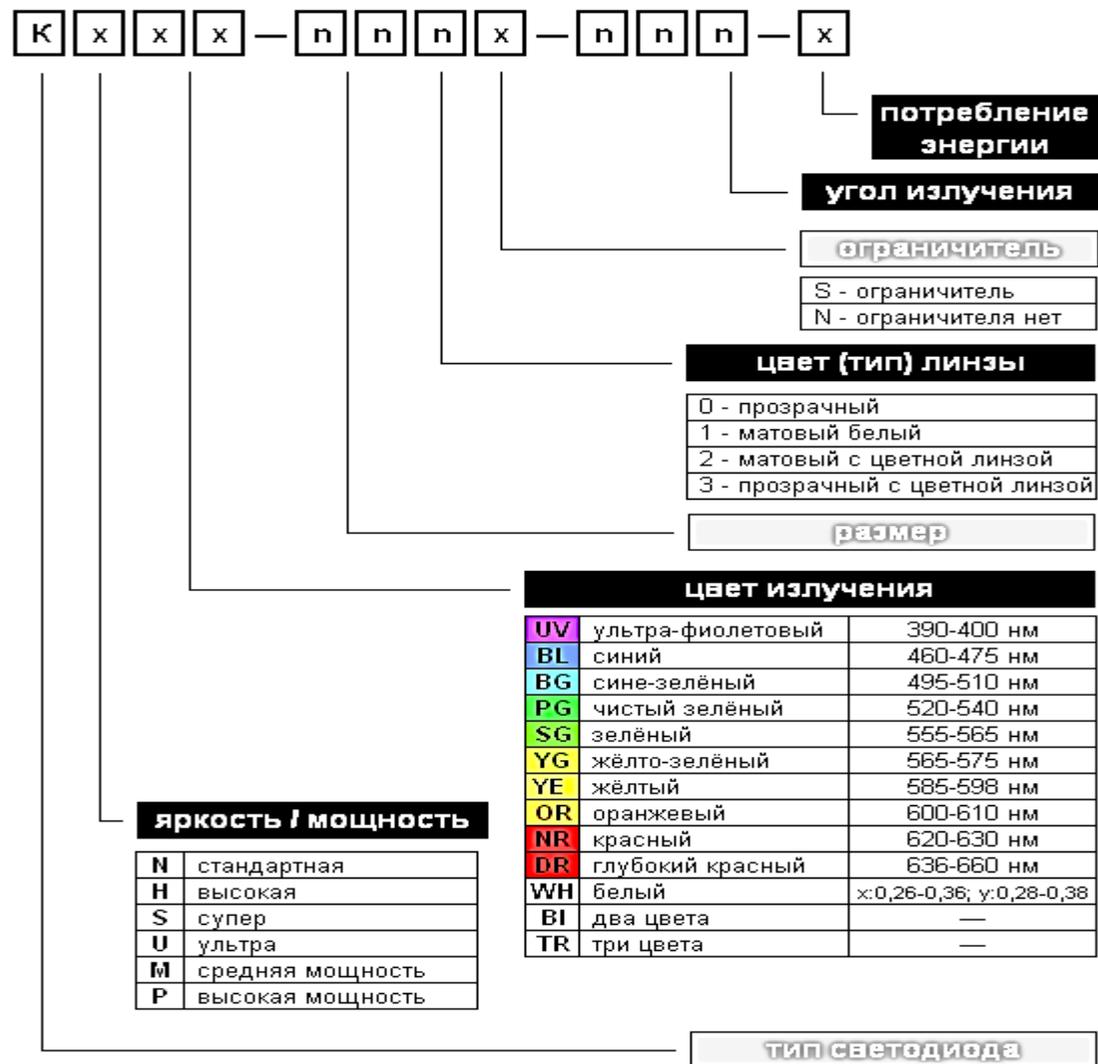


Рис. Расшифровка буквенных обозначений различного типа светодиодов.

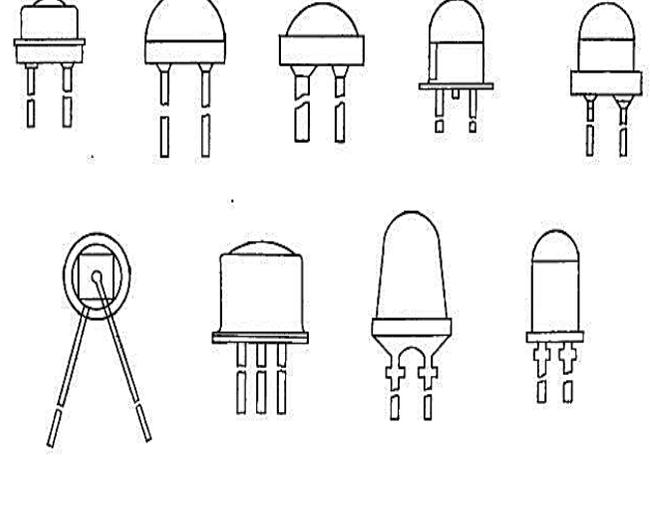
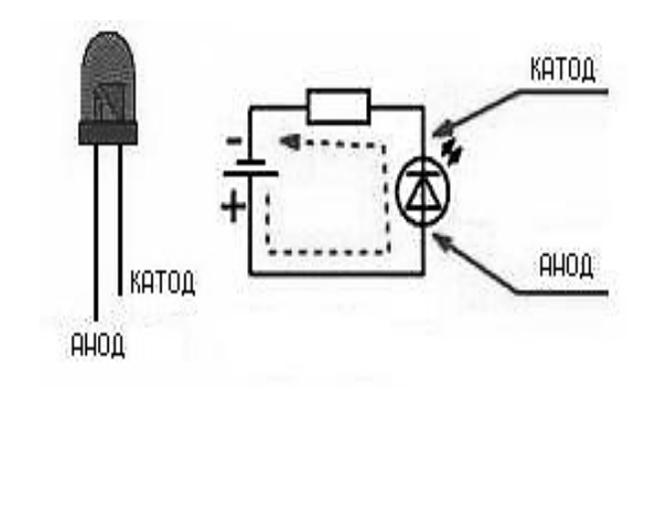
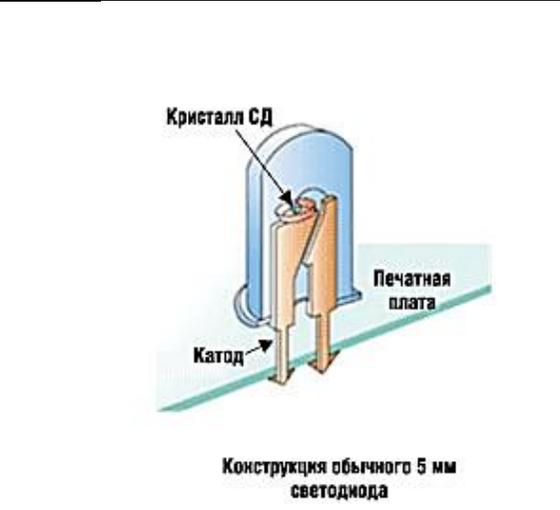
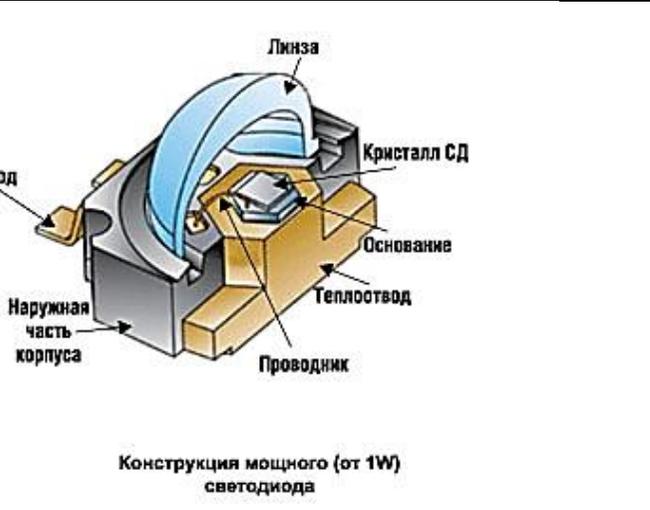
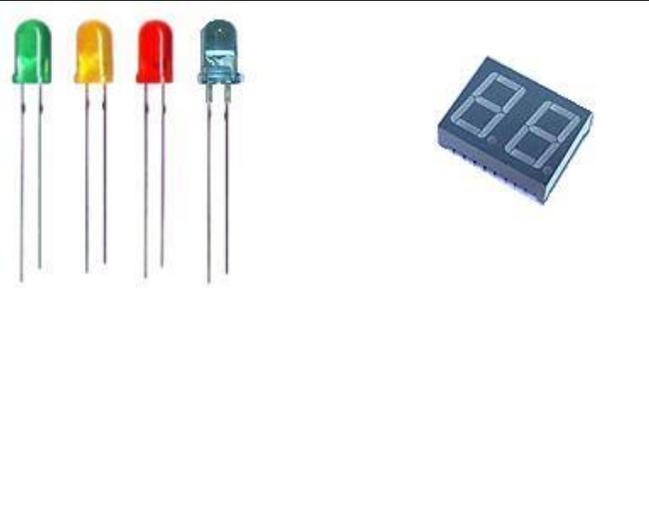
Устройство светодиода	Корпуса светодиодов	Подключение светодиода
 <p>линза из эпоксидной смолы</p> <p>кристалл</p> <p>проволочный контакт</p> <p>электрод</p> <p>рефлектор</p> <p>плоский срез</p> <p>анод</p> <p>катод</p>		 <p>КАТОД</p> <p>АНОД</p> <p>КАТОД</p> <p>АНОД</p>
 <p>Кристалл СД</p> <p>Катод</p> <p>Печатная плата</p> <p>Конструкция обычного 5 мм светодиода</p>	 <p>Линза</p> <p>Кристалл СД</p> <p>Катод</p> <p>Основание</p> <p>Теплоотвод</p> <p>Проводник</p> <p>Наружная часть корпуса</p> <p>Конструкция мощного (от 1W) светодиода</p>	

Рис. Устройство светодиода.

**Измерение сопротивления перехода полупроводникового диода омметром  
(анод - катод  $R_{AK}$ , катод - анод  $R_{KA}$ )**

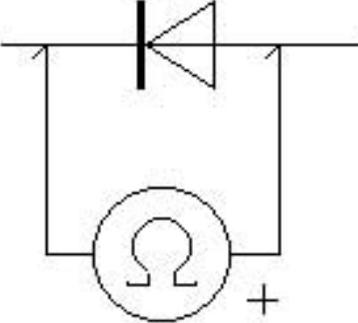
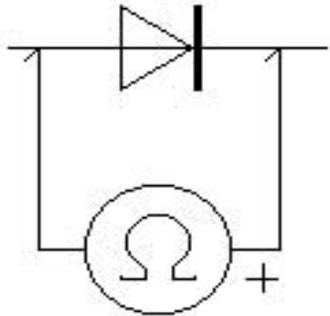
<p><math>R_{AK}</math></p> 		<p><b>Показывает сопротивление</b></p>
 <p><math>R_{KA}</math></p>		<p><b>Не показывает сопротивление</b></p>

Рис. Измерение сопротивления перехода полупроводникового диода

## Цветовая и кодовая маркировка транзисторов

Для корпуса типа КТ-26			Для корпуса типа КТ-27				Для корпуса типа КТ-26	
Тип	Код	Цв. Точка сбоку	Тип	Код	Цв. С торца	Группа	Цв. Точка сбоку	
КТ203		Темно-красная	КТ814	4	Серо-бежевый	А	Темно-красная	
КТ208		-	КТ815	5	Сереново-фиолетовый	Б	Жёлтая	
КТ209	или	Серая	КТ816	6	Розово-красный	В	Темно-зелёная	
КТ313		Оранжевая	КТ817	7	Серо-зелёный	Г	Голубая	
КТ326		Коричневая	КТ683	8	Фиолетовый	Д	Синяя	
КТ339		Голубая	КТ9115	9	Голубой	Е	Белая	
КТ342		Синяя	КУ112	12	-	Ж	Тёмно-коричневая	
КТ3686м		Одна бел. или крас.	КТ940	40	-	И (-*)	Серебристая	
КТ368ам		две бел. или крас. точки сверху	КТ972а		-	К (-*)	Оранжевая	
КТ399		Две бел. Полоски	КТ972б		-	Л (И*)	Светло-табачная	
КТ502		Желтая	КТ973а		-	М (К*)	Серая	
КТ503		Белая	КТ973б		-			
КТ3102		Тёмно-зелёная	КТ646а		-			
КТ3107		-	КТ646б		-			
КТ3117		Белая полоса						
КТ3157		-						
КТ3166	Т	-						
КТ3126	или	Зелёная						
КТ3127		-						
КТ632		Серебристая						
КТ638		Оранжевая						
КТ645	или	Белый						
КТ680		-						
КТ681		-						
КТ698		-						
КП103		-						
КП364	А	Табачная						
КП501								
Кр1157ен5	А5							
Кр1168ен15	Б15							
Кр1170ен6	Г6							
Кр1171ен3	В3							

Год выпуска	Код	Месяц выпуска	Код
1986	U	Январь	1
1987	V	Февраль	2
1988	W	Март	3
1989	X	Апрель	4
1990	A	Май	5
1991	B	Июнь	6
1992	C	Июль	7
1993	D	Август	8
1994	E	Сентябрь	9
1995	F	Октябрь	O
1996	H	Ноябрь	N
1997	I	Декабрь	D
1998	K		
1999	L		
2000	M		

Группа

Тип

Год выпуска

Месяц выпуска

Группа

Тип

Год выпуска

Месяц выпуска

Группа

Тип

Год выпуска

Месяц выпуска

Рис. Цветовая и кодовая маркировка транзисторов.

# Типы корпусов транзисторов

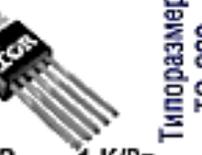
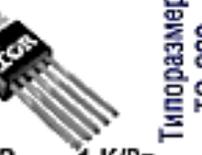
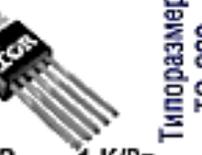
<p><b>Для SMT-монтажа</b></p> <p><b>SOT-227</b> (6,5 x 7 мм)</p>  <p><math>R_{\theta JC} = -</math> <math>R_{\theta JA} = 62/40^* \text{ K/Вт}</math></p>	<p><b>Для монтажа в отверстие</b></p>						
<table border="1"> <tr> <td data-bbox="835 288 1070 595"> <p><b>TO-220AB</b></p>  <p><math>R_{\theta JC} = 1 \text{ K/Вт}</math> <math>R_{\theta JA} = 62/40^* \text{ K/Вт}</math></p> </td> <td data-bbox="1079 288 1314 595"> <p><b>TO-220FP</b></p>  <p><math>R_{\theta JC} = 3,6 \text{ K/Вт}</math> <math>R_{\theta JA} = 65 \text{ K/Вт}</math></p> </td> <td data-bbox="1323 288 1559 595"> <p><b>Super-220</b> (TO-274AA)</p>  <p><math>R_{\theta JC} = 0,37 \text{ K/Вт}</math> <math>R_{\theta JA} = 58 \text{ K/Вт}</math></p> </td> <td data-bbox="1568 288 1825 595"> <p><b>HEXSense®</b> (5-выв. TO-220)</p>  <p>Типоразмер TO-220</p> <p><math>R_{\theta JC} = 1 \text{ K/Вт}</math> <math>R_{\theta JA} = 62 \text{ K/Вт}</math></p> </td> </tr> </table>				<p><b>TO-220AB</b></p>  <p><math>R_{\theta JC} = 1 \text{ K/Вт}</math> <math>R_{\theta JA} = 62/40^* \text{ K/Вт}</math></p>	<p><b>TO-220FP</b></p>  <p><math>R_{\theta JC} = 3,6 \text{ K/Вт}</math> <math>R_{\theta JA} = 65 \text{ K/Вт}</math></p>	<p><b>Super-220</b> (TO-274AA)</p>  <p><math>R_{\theta JC} = 0,37 \text{ K/Вт}</math> <math>R_{\theta JA} = 58 \text{ K/Вт}</math></p>	<p><b>HEXSense®</b> (5-выв. TO-220)</p>  <p>Типоразмер TO-220</p> <p><math>R_{\theta JC} = 1 \text{ K/Вт}</math> <math>R_{\theta JA} = 62 \text{ K/Вт}</math></p>
<p><b>TO-220AB</b></p>  <p><math>R_{\theta JC} = 1 \text{ K/Вт}</math> <math>R_{\theta JA} = 62/40^* \text{ K/Вт}</math></p>	<p><b>TO-220FP</b></p>  <p><math>R_{\theta JC} = 3,6 \text{ K/Вт}</math> <math>R_{\theta JA} = 65 \text{ K/Вт}</math></p>	<p><b>Super-220</b> (TO-274AA)</p>  <p><math>R_{\theta JC} = 0,37 \text{ K/Вт}</math> <math>R_{\theta JA} = 58 \text{ K/Вт}</math></p>	<p><b>HEXSense®</b> (5-выв. TO-220)</p>  <p>Типоразмер TO-220</p> <p><math>R_{\theta JC} = 1 \text{ K/Вт}</math> <math>R_{\theta JA} = 62 \text{ K/Вт}</math></p>				
<table border="1"> <tr> <td data-bbox="835 600 1070 922"> <p><b>TO-247AC</b></p>  <p><math>R_{\theta JC} = 0,65 \text{ K/Вт}</math> <math>R_{\theta JA} = 40 \text{ K/Вт}</math></p> </td> <td data-bbox="1079 600 1314 922"> <p><b>Super-247</b> (TO-273AA)</p>  <p>Типоразмер TO-247</p> <p><math>R_{\theta JC} = 0,23 \text{ K/Вт}</math> <math>R_{\theta JA} = 40 \text{ K/Вт}</math></p> </td> <td data-bbox="1323 600 1559 922"> <p><b>HEXDIP</b></p>  <p><math>R_{\theta JC} = -</math> <math>R_{\theta JA} = 120 \text{ K/Вт}</math></p> </td> <td data-bbox="1568 600 1825 922"> <p><b>TO-262</b></p>  <p><math>R_{\theta JC} = 1 \text{ K/Вт}</math> <math>R_{\theta JA} = 40^* \text{ K/Вт}</math></p> </td> </tr> </table>				<p><b>TO-247AC</b></p>  <p><math>R_{\theta JC} = 0,65 \text{ K/Вт}</math> <math>R_{\theta JA} = 40 \text{ K/Вт}</math></p>	<p><b>Super-247</b> (TO-273AA)</p>  <p>Типоразмер TO-247</p> <p><math>R_{\theta JC} = 0,23 \text{ K/Вт}</math> <math>R_{\theta JA} = 40 \text{ K/Вт}</math></p>	<p><b>HEXDIP</b></p>  <p><math>R_{\theta JC} = -</math> <math>R_{\theta JA} = 120 \text{ K/Вт}</math></p>	<p><b>TO-262</b></p>  <p><math>R_{\theta JC} = 1 \text{ K/Вт}</math> <math>R_{\theta JA} = 40^* \text{ K/Вт}</math></p>
<p><b>TO-247AC</b></p>  <p><math>R_{\theta JC} = 0,65 \text{ K/Вт}</math> <math>R_{\theta JA} = 40 \text{ K/Вт}</math></p>	<p><b>Super-247</b> (TO-273AA)</p>  <p>Типоразмер TO-247</p> <p><math>R_{\theta JC} = 0,23 \text{ K/Вт}</math> <math>R_{\theta JA} = 40 \text{ K/Вт}</math></p>	<p><b>HEXDIP</b></p>  <p><math>R_{\theta JC} = -</math> <math>R_{\theta JA} = 120 \text{ K/Вт}</math></p>	<p><b>TO-262</b></p>  <p><math>R_{\theta JC} = 1 \text{ K/Вт}</math> <math>R_{\theta JA} = 40^* \text{ K/Вт}</math></p>				
<p><b>D-PAK</b> (8,5 x 10 мм)</p>  <p><math>R_{\theta JC} = 5 \text{ K/Вт}</math> <math>R_{\theta JA} = 110/50^* \text{ K/Вт}</math></p>	<p><b>D2-PAK</b> (10 x 15 мм)</p>  <p><math>R_{\theta JC} = 3,5 \text{ K/Вт}</math> <math>R_{\theta JA} = 62/40^* \text{ K/Вт}</math></p>	<p><b>Для проводного подключения</b></p> <p><b>SOT-227</b></p>  <p><math>R_{\theta JC} = 0,25 \text{ K/Вт}</math> <math>R_{\theta JA} = -</math></p>					
<p>*Примечание: указывает на тепловое сопротивление при использовании в качестве теплоотвода печатной платы</p>							

Рис. Типы корпусов транзисторов.

## Определение цоколёвки транзистора (алгоритм)

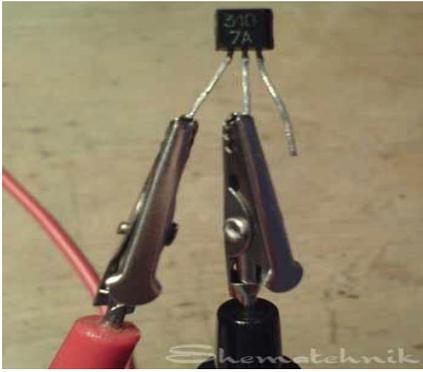
1. 	2. 	3. 
4. 	5. 	6. 
7. 	8. Так как у перехода эмиттера прямое сопротивление больше чем у перехода коллектора ( $728 > 725$ в нашем случае) то вывод коллектора слева, а эмиттера справа.	

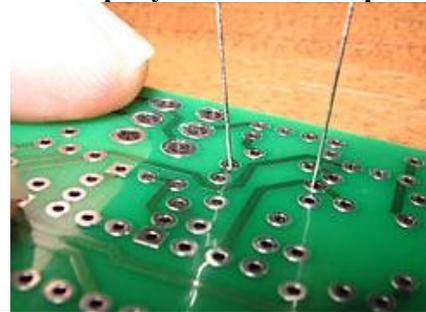
Рис. Определение цоколёвки транзистора.

# Электрический монтаж ИЭТ на печатную плату

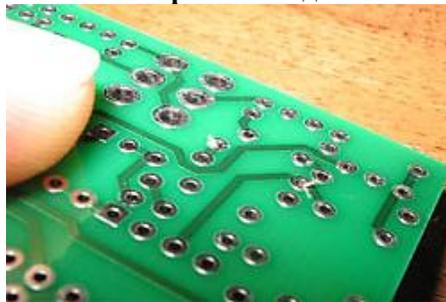
1. Подготовительная - формовка выводов деталей



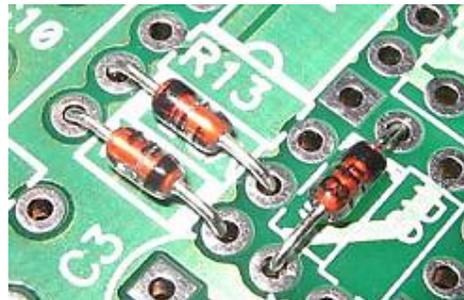
2. Сборка. Детали устанавливаются на плату со стороны надписей, выводы пропускаются в отверстия



3. Выводы обрезаются с обратной стороны платы на длину 1.5-2 мм и аккуратно отгибаются в стороны для механического крепления детали к плате.

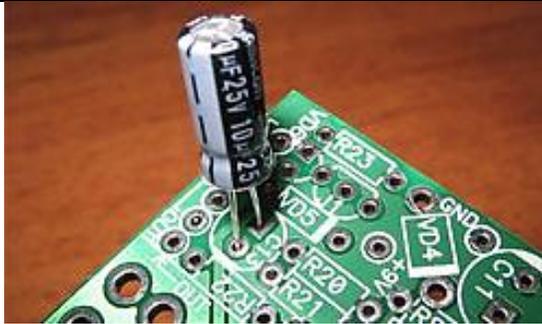


4. У диодов полоска на корпусе должна совпадать с полоской символа детали на плате.

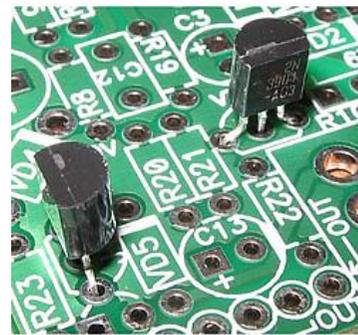
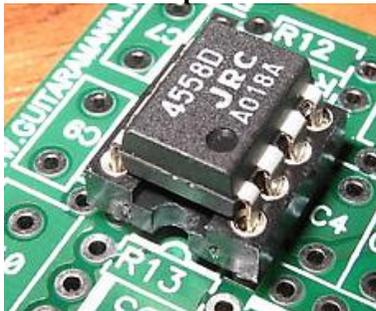


5. У электролитических конденсаторов отрицательный вывод помечен полоской на корпусе, её надо установить в сторону закрашенной части кружка-символа на плате.

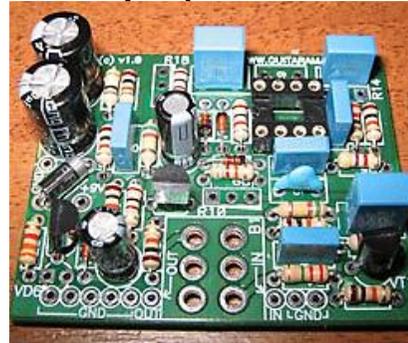
6. Транзисторы устанавливаются с соблюдением соответствия среза на корпусе, срезу на символе транзистора на плате.



**7. При установке микросхемы необходимо соблюдать положение ключей-вырезов в символе, на панельке и на микросхеме.**



**8. После сборки ИЭТ на плату, можно приступать к их пайке.**



## Пайка

**Пайка** – это сложный физико – химический процесс образования неразъёмного соединения деталей путём нагрева и заполнения зазоров между ними расплавленным припоем.

### *Условия получения качественного паяного соединения*

1. Очищение от оксидных плёнок паяемых поверхностей.
2. Нагрев соединяемых деталей до температуры ниже температуры расплавления материала деталей.
3. Расплавление припоя и заполнение зазора между соединяемыми деталями припоем.
4. Взаимодействие между паяемым материалом и расплавом припоя.
5. Кристаллизация жидкого припоя и его охлаждение.
6. Фиксация элементов должна обеспечивать их правильное взаимное расположение и исключать смещение в процессе затвердевания припоя.
7. Соблюдение теплового режима.

### *Основные дефекты пайки*

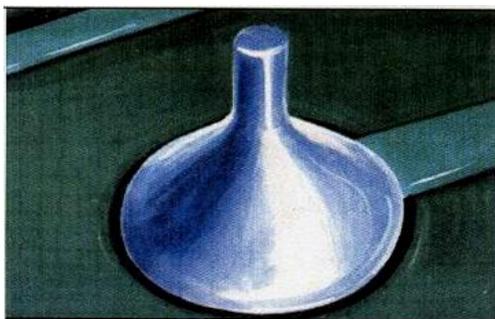
- Наличие трещин в паяном шве (причина: быстрое охлаждение деталей после пайки).
- Наличие пор в паяном шве (причина: высокая температура пайки, или интенсивное испарение флюса).
- Не смачивание припоем поверхностей деталей (причина: большая

загрязнённость поверхностей).

### *Контроль качества готовых паянных соединений обычно проводится двумя способами*

1. Без разрушения изделий (внешний осмотр, рентгеноскопия).
2. С разрушением изделий (на отрыв, на срез, на разрыв).

### **Вид паяного соединения**



#### **Цель:**

- ровная, однородная, гладкая, блестящая поверхность паяного соединения.
- Припой покрывает паяемые поверхности.
- Хорошее смачивание припоем.

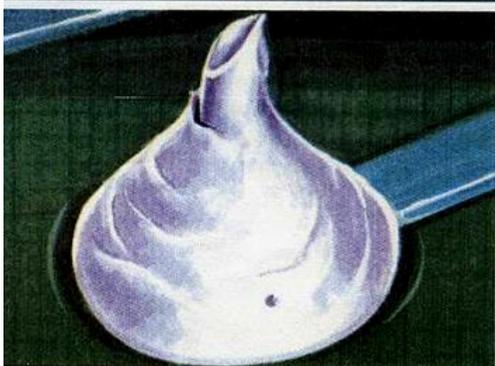
#### **Допускается:**

- матовая напоминающая сатин поверхность.
- Маленькие отверстия в пайке при условии, что они не уменьшают надёжности пайки.



### **Не допускается:**

- холодная пайка.
- Место спая шероховатое.
- Острая, морщинистая или пористая.



### **Не допускается:**

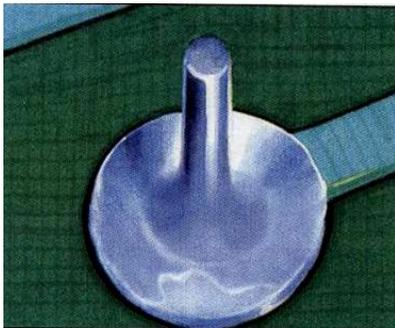
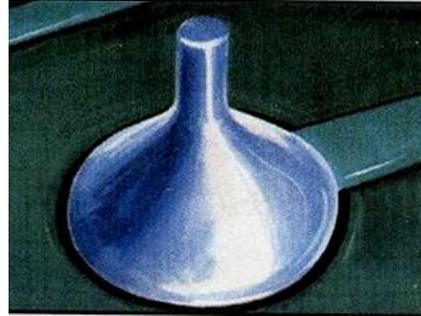
- сломанная, потрескавшаяся или «порванная» пайка.
- В пайке на конце вывода имеется остриё.
- Остриё с полукруглым концом удлиняет конец вывода компонента выходящего из платы, больше разрешённой длины.



### **Не допускается:**

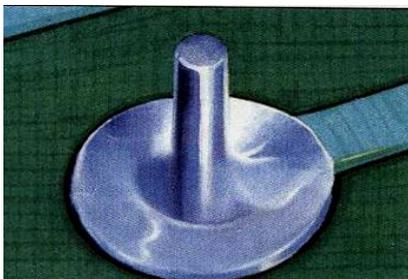
- наличие в пайке полости дна, которой не видно.
- Наличие отверстий и полостей в пайке приводящих к спаду смачиваемости ниже разрешённого количества припоя.

## Минимально разрешённое количество припоя



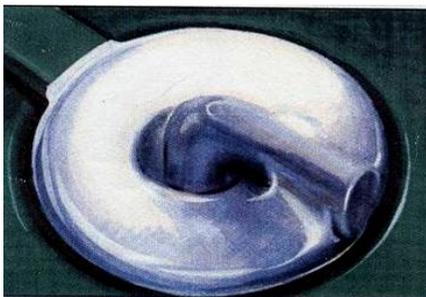
### Допускается:

- монтажное отверстие заполнено припоем на 75% от толщины печатной платы.
- Припой смочил не менее 75% площадки для пайки.
- Небольшое количество припоя, но хорошее смачивание припоем вывода компонента и контактной площадки.
- Припой заполнил монтажное отверстие на 75% от толщины печатной платы.
- Припой смочил загнутый на контактную площадку вывод компонента и саму контактную площадку на 75% площади их соединения.
- Хорошее смачивание вывода компонента и стенок монтажного отверстия ещё различимы.



**Не допускается:**

- припой не заполнил монтажное отверстие на 75% от толщины печатной платы.
- Припой смочил менее 75% площадки для пайки.
- Смачивание вывода компонента и стенок монтажного отверстия не различимо.



- Припой не заполнил монтажное отверстие на 75% от толщины печатной платы.
- Припой не смочил загнутый на контактную площадку вывод компонента и саму контактную площадку на 75% площади их соединения.
- Хорошее смачивание вывода компонента и стенок монтажного отверстия не различимы.

# Монтаж электронных модулей

## Варианты реализации

Тип монтажа модулей определяется в первую очередь количеством сторон, на которые осуществляется монтаж (одно- или двухсторонний), и номенклатурой используемых компонентов. Поэтому описание типов монтажа логично предварить кратким обзором компонентов и корпусов. Основным, наиболее важным для технолога критерием разделения электронных компонентов на группы является метод их монтирования на плату — в отверстия или на поверхность. Именно он в основном и определяет технологические процессы, которые необходимо использовать при монтаже.

В таблице приведена информация по наиболее распространенным корпусам компонентов: названия, изображения, габариты, шаг выводов. Все размеры, за исключением особо оговоренных, приведены в милах ( $1 \text{ mil} = 0,0254 \text{ мм}$ ).

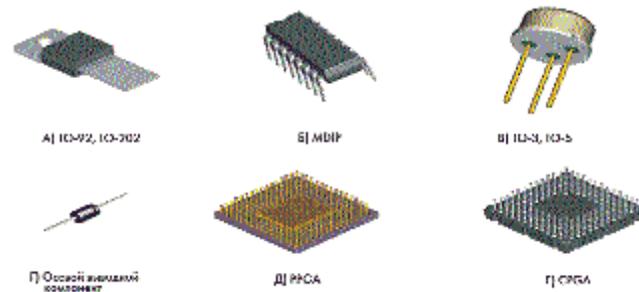


Рис. ТНТ-компоненты

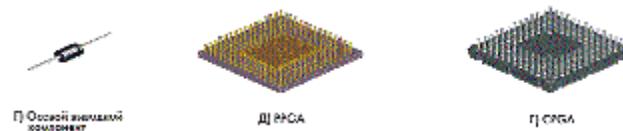
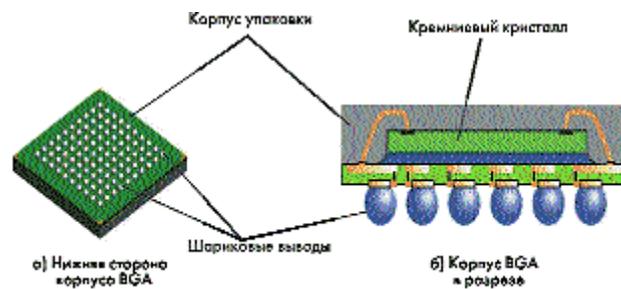


Рис. SMD-компоненты

Компоненты, монтируемые в отверстия				
Группа	Типы корпусов в группе	Габариты корпусов	Шаг выводов	Рис.
С одним рядом выводов — SIL	ТО-92ТО-202, ТО-220 и др.	380x190, 1120x135,420x185...	100 мил	Рис. 1, а
С двумя рядами выводов — DIL	MDIP, CerDIP	250x381...577x2050	100 мил	Рис. 1, б
С радиальными выводами	ТО-3, ТО-5, ТО-18	-	-	Рис. 1, в
С осевыми выводами		-	-	Рис. 1, г
Решетки — Grid	CPGA, PPGA	286x286...2180x2180 мил	20...100 мил	Рис. 1, д
Компоненты, монтируемые на поверхность				
С двумя рядами выводов — DIL	«SOT-23, SSOP, TSOP, SOIC»	55x120...724x315 мил	25...30 мил	Рис. 2, а-б
С выводами по сторонам квадратного корпуса — Quad Package	LCC, CQJB, CQFP, CerQuad, PLCC, PQFP	350x350 мил ...20x20 мм	50 мил...0,5 мм	Рис. 2, в
Решетки — Grid	BGA, uBGA	-	0,75 мм (uBGA)	Рис. 3, а-б

Наиболее интересны с практической точки зрения, по мнению автора, корпуса BGA, а точнее mBGA, которые имеют 672 вывода с шагом 0,75 мм. Верхняя часть корпуса BGA не представляет особого интереса, более примечательными являются его нижняя часть и внутреннее устройство этой упаковки компонентов. На рис.(часть а) изображена нижняя поверхность корпуса BGA, на которой видны шариковые выводы, а на рис. (часть б) — вид этого корпуса в разрезе.



**Рис. Корпус BGA**

Приведенный выше краткий обзор современных компонентов дает представление о том, насколько велико число возможных вариантов реализации монтажа модулей при различном расположении их на плате. Кроме того, в обзоре не была представлена еще одна группа — группа нестандартных компонентов (odd form components).

Виды монтажа можно разделять по различным параметрам: по количеству используемых для монтажа сторон платы (одно- или двусторонний), по типам используемых компонентов (поверхностный, выводной или смешанный), по их расположению на двустороннем модуле (смешанно-разнесенный или смешанный). Рассмотрим наиболее распространенные из них, а также последовательность технологических операций для каждого вида монтажа.

## Виды монтажа

### Поверхностный монтаж

Поверхностный монтаж на плате может быть односторонним и двусторонним. Число технологических операций при этом виде монтажа минимально.

При одностороннем монтаже (рис. 1, а) на диэлектрическое основание платы наносят припойную пасту методом трафаретной печати. Количество припоя, наносимое на плату, должно обеспечивать требуемые электрофизические характеристики коммутируемых элементов, что требует соответствующего контроля. После позиционирования и фиксации компонентов выполняют операцию пайки путем оплавления дозированного припоя. В завершение технологического цикла производится контроль паяных соединений, а также функциональный и внутрисхемный контроль. На рис. 1, а изображены поверхностно-монтажные компоненты различных видов: относительно сложно монтируемые компоненты в корпусах PLCC и SOIC и легко монтируемые чип-компоненты.

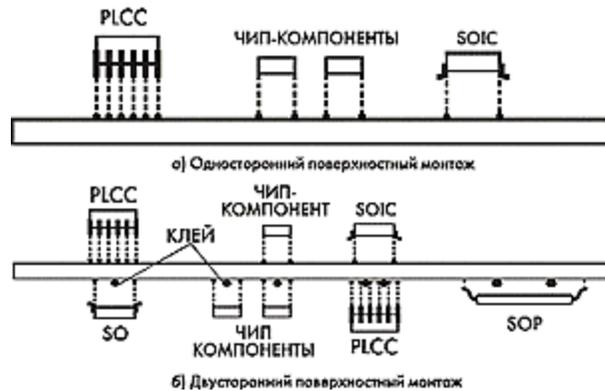


Рис. 1 а,б

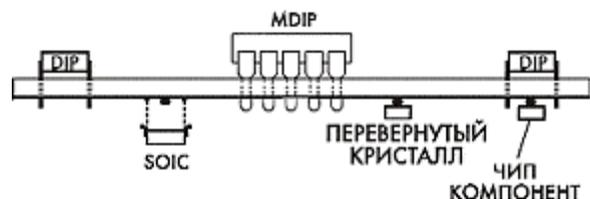
Для двустороннего поверхностного монтажа (рис. 1 б) возможны различные варианты реализации. Один из них предполагает начало технологического процесса с операции нанесения паяльной пасты на нижнюю сторону платы. Затем в местах установки компонентов наносят расчетную дозу клея и производят установку компонентов. После этого в печи клей полимеризуется и происходит оплавление пасты припоя. Плата переворачивается, наносится паста припоя и устанавливаются компоненты на верхнюю сторону платы, после чего верхняя сторона оплавляется. В этом случае для пайки компонентов используются печи с односторонним нагревом.

При другом варианте реализации двустороннего поверхностного монтажа используются печи с двусторонним нагревом.

Интересен вопрос о необходимости нанесения клея на плату. Эту операцию выполняют с целью предотвращения отделения компонентов от платы при ее переворачивании. Существующие расчеты показывают, что большинство компонентов не упадут с платы даже при ее переворачивании, поскольку будут держаться за счет сил поверхностного натяжения припойной пасты. По этой причине операцию нанесения клея нельзя отнести к обязательным.

### **Смешанно-разнесенный монтаж**

При смешанно-разнесенном монтаже компоненты, устанавливаемые в отверстия (ТНТ-компоненты), располагаются на верхней стороне платы, а компоненты для поверхностного монтажа — на нижней. В этом случае обязательной является операция пайки двойной волной припоя. Смешанно-разнесенный монтаж компонентов показан на рис. 2.



**Рис. 2. Смешанно-разнесенный монтаж**

Реализация такого вида монтажа предполагает следующую последовательность операций: на поверхность платы наносится дозатором клей, на который устанавливаются SMD-компоненты, клей полимеризуется в печи, после чего производится установка компонентов в отверстия, промывка модуля и выполняются операции контроля.

Возможен альтернативный вариант, при котором сборку начинают с установки компонентов в отверстия платы, после чего размещают поверхностно-монтируемые компоненты. Он применяется тогда, когда формовка и вырубка выводов обычных компонентов осуществляется при помощи специальных приспособлений заранее, иначе компоненты, монтируемые на поверхность, будут затруднять обрезку выводов, проходящих через отверстия платы. Компоненты для поверхностного монтажа при повышенной плотности их размещения целесообразно монтировать в первую очередь, что требует минимального количества переворотов платы в процессе изготовления изделия.

### Смешанный монтаж

Примером смешанного монтажа является установка на верхней стороне платы и SMD-, и ТНТ-компонентов (монтируемых в отверстия), а на нижней стороне — только SMD-компонентов. Это самая сложная разновидность монтажа (рис. 3).

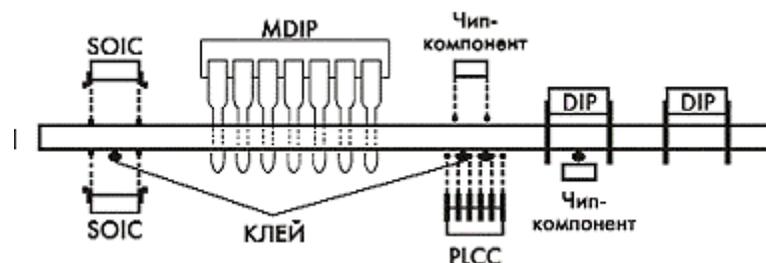


Рис. 3. Смешанный монтаж

Возможны различные варианты ее реализации. При одном из них сначала на нижнюю сторону печатной платы методом дозирования наносят клей, а на нанесенный клей устанавливают SMD-компоненты. После проведения контроля установки компонентов проводят отверждение клея в печи. На верхнюю сторону платы наносится паяльная паста, а на нее затем устанавливаются SMD-компоненты. Нанесение паяльной пасты возможно как методом трафаретной печати, так и методом дозирования. В последнем случае операции нанесения клея и паяльной пасты можно проводить на одном оборудовании, что сокращает затраты. Однако нанесение паяльных паст методом дозирования непригодно при промышленном производстве из-за низкой скорости и стабильности процесса по сравнению с трафаретной печатью и оправдано только в условиях отсутствия трафарета на изделие или нецелесообразности его изготовления. Такая ситуация может сложиться, например, при опытном производстве большой номенклатуры электронных модулей, когда из-за большого числа обрабатываемых конструктивов и малых серий затраты на изготовление трафаретов значительны.

После установки SMD-компонентов на верхнюю сторону платы производится их групповая пайка методом оплавления припойной пасты, нанесенной на трафаретном принтере, или методом дозирования. После этой операции технологический цикл, связанный с установкой поверхностно монтируемых компонентов, считается завершенным.

Далее, после ручной установки компонентов в отверстия платы производится совместная пайка всех SMD-компонентов, ранее удерживавшихся на нижней стороне платы при помощи отвержденного адгезива и уже установленных выводных компонентов.

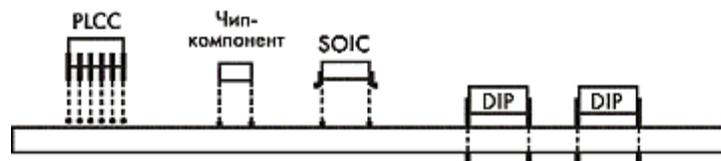
В конце технологического цикла выполняют операции визуальной инспекции пайки и контроля.

При другом варианте реализации смешанного монтажа предполагается иная последовательность выполнения операций. Первым этапом является нанесение припойной пасты через трафарет, установка на верхней стороне платы сложных компонентов для поверхностного монтажа (SO, PLCC, BGA) и пайка расплавлением дозированного припоя. Затем, после установки компонентов в отверстия платы (с соответствующей обрезкой и фиксацией выводов), плата переворачивается, на нее наносится адгезив и устанавливаются компоненты простых форм для поверхностного монтажа (чип-компоненты, компоненты в корпусе SOT). Они и выводы компонентов, установленных в отверстия, одновременно пропаиваются двойной волной припоя. Возможно также использование в составе одной линии оборудования, обеспечивающего эффективную пайку компонентов (с верхней стороны платы) расплавлением дозированного припоя и пайку (с нижней стороны платы) волной припоя.

Необходимо отметить, что в технологическом процессе, реализующем смешанный монтаж, возрастает количество контрольных операций из-за сложности сборки при наличии компонентов на обеих сторонах платы. Неизбежно возрастают также количество паяных соединений и трудность обеспечения их качества.

#### **Односторонний выводной и поверхностный монтаж**

Такая технология носит в мировой практике название технологии оплавления припойных паст (reflow) и является одной из стандартных в технологии монтажа на поверхность (рис. 4).

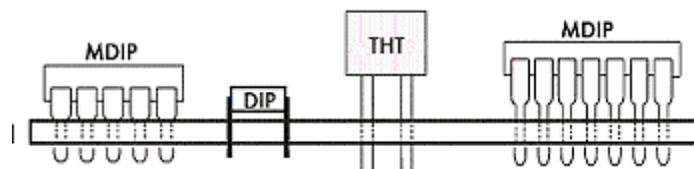


**Рис. 4. Односторонний монтаж SMD и THT**

Сборка модулей такого типа осуществляется следующим образом: на поверхность платы наносится припойная паста, на которую устанавливают SMD-компоненты; затем паста оплавляется в печи, устанавливаются THT-компоненты, проводится пайка волной припоя, после чего осуществляют промывку и контроль собранного модуля.

### Односторонний выводной монтаж

Технология сборки таких печатных плат (рис. 5) является стандартным сборочно-монтажным циклом с применением пайки волной припоя. Этот цикл состоит из операций установки выводных компонентов, их пайки на установке пайки волной и контрольных операций. Установка компонентов может быть как ручной, так и полуавтоматической. Выбор оборудования определяется требуемой производительностью. Автоматизация такого типа монтажа является минимальной, а сама реализация — предельно простой.

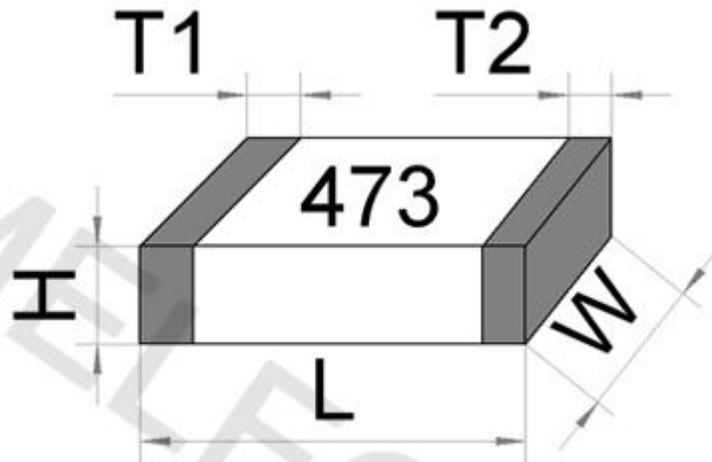


**Рис. 5. Односторонний монтаж THT**

Данная публикация является первой статьей из цикла, посвященного поверхностному монтажу. Логичным ее продолжением станет освещение вопроса состава производственной линии, на которой реализуется этот вид монтажа: необходимость каждого вида оборудования, его технические характеристики и роль в технологическом процессе, требуемый состав персонала и его квалификация, а также другие вопросы, возникающие при создании сборочно-монтажного производства.

## Монтаж SMD компонентов

### Корпуса и маркировка SMD резисторов



Типоразмер		L (мм)	W (мм)	H (мм)	T1 (мм)	T2 (мм)
дюйм	мм					
0402	1005	1.0	0.5	0.35	0.25	0.2
0603	1608	1.55	0.85	0.45	0.3	0.3
0805	2012	2.0	1.25	0.45	0.3	0.3
1206	3216	3.2	1.6	0.55	0.45	0.4
1210	3225	3.2	2.5	0.55	0.45	0.4
1218	3246	3.2	4.6	0.55	0.45	0.4
2010	5025	5.0	2.5	0.6	0.6	0.6
2512	6332	6.3	3.15	0.6	0.6	0.6

## Корпуса и маркировка SMD резисторов и конденсаторов

**Резисторы и конденсаторы в SMD исполнении маркируются трех буквенным кодом, редко - четырех буквенным.**

**В коде первая и вторая цифры указывают на первое и второе число, а третья цифра - множитель. Цифра в множителе соответствует степени множителя.**

**SMD резисторы маркируются в Омах, а конденсаторы в пикофарадах.**

К примеру.

резистор с обозначением 101 - первая цифра - 1, вторая - 0, множитель -  $\times 10^1$ . Получаем 100 Ом.

Резистор с обозначением 473 - первая цифра - 4, вторая - 7, множитель -  $\times 10^3$ . Получаем 47000 Ом или 47 кОм.

Резистор с обозначением 225 - первая цифра - 2, вторая - 2, множитель -  $\times 10^5$ . Получаем 2200000 Ом или 2.2 МОм.

Некоторые производители используют буквы К и М для обозначения множителя.

При такой маркировке резисторы могут маркироваться более привычным способом, к примеру.

Маркировка резистора - 47К, указывает на сопротивление в 47 кОм

Маркировка 3К3 - указывает на сопротивление 3,3 кОм

Маркировка М27 - Указывает на сопротивление 0,27 МОм или 270 кОм.

Сопротивления резисторов менее 100 Ом маркируются при помощи буквы R или E. К примеру.

Резистор сопротивлением 27 Ом будет маркироваться как 27R или R27, редко E27.

Так же есть резисторы с нулевым сопротивлением или перемычки, они маркируются цифрой - 0

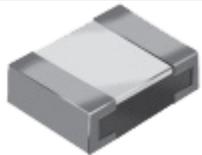
Типоразмер SMD резисторов и конденсаторов обозначается 4-мя цифрами (см. таблицу). Первая пара цифр обозначает длину элемента, а вторая пара - ширину. В маркировке принято обозначать элементы в дюймах.

Расшифровка маркировки конденсаторов не отличается от резисторов, за исключением того, что результат мы получаем в пФ.

---

## Размеры SMD корпусов

### Пассивные компоненты: Резисторы

ТИП:	Расшифровка Типа:					
SR	Resistor Chip Чип резистор					
Размер (дюймы)	Размер (мм)	Толщина компонента	Ширина ленты	Шаг компонента в ленте	Кол-во в стандартной упаковке (180 мм/7 дюймов) лента бумажная	Кол-во в стандартной упаковке (180 мм/7 дюймов) лента пластиковая
01005	0402	0.12 мм ± 0.02	8 мм	2 мм	20000	-
0201	0603	0.23 мм ± 0.03	8 мм	2 мм	15000	-
0402	1005	0.35 мм ± 0.05	8 мм	2 мм	10000	-
0603	1608	0.45 мм ± 0.1	8 мм	4 мм	5000	-
0805	2012	0.55 мм ± 0.1	8 мм	4 мм	5000	-
1206	3216	0.55 мм ± 0.15	8 мм	4 мм	5000	-
1210	3225	0.55 мм ± 0.15	8 мм	4 мм	5000	4000
2010	5025	0.55 мм ± 0.15	8/12 мм	4/8 мм	-	4000
2512	6332	0.55 мм ± 0.15	12 мм	4/8 мм	-	4000/2000

### Пассивные компоненты: Резисторы

ТИП:	Расшифровка Типа:	
SRM	Melf Resistor Melf резистор (круглый)	

Размер (дюймы)	Имя	Размер компонента	Ширина ленты	Шаг компонента в ленте	Кол-во в стандартной упаковке (180 мм/7 дюймов) лента пластиковая
0604	-	1.6 мм X 1.0 мм	8 мм	4 мм	3000
0805	Micro	2.2 мм X 1.1 мм	8 мм	4 мм	3000
1206	Mini	3.2 мм X 1.6 мм	8 мм	4 мм	3000
1406	Mini	3.5 мм X 1.4 мм	8 мм	4 мм	3000
2308	Melf	5.9 мм X 2.2 мм	12 мм	4 мм	1500

## Пассивные компоненты: Конденсаторы

ТИП:		Расшифровка Типа:				
SC		Ceramic Chip Capacitor Керамический чип конденсатор				
Размер (дюймы)	Размер (мм)	Толщина компонента	Ширина ленты	Шаг компонента в ленте	Кол-во в стандартной упаковке (180 мм/7 дюймов) лента бумажная	Кол-во в стандартной упаковке (180 мм/7 дюймов) лента пластиковая
01005	0402	0.2 мм ± 0.03	8 мм	2 мм	20000	-
0201	0603	0.3 мм ± 0.03	8 мм	2 мм	15000	-
0402	1005	0.5 мм ± 0.1	8 мм	2 мм	10000	-
0603	1608	0.8 мм ± 0.1	8 мм	4 мм	4000	-
0805	2012	0.6 – 1.25 мм	8 мм	4 мм	4000	3000
1206	3216	0.6 – 1.25 мм	8 мм	4 мм	4000	3000
1210	3225	1.25 мм – 1.5 мм	8 мм	4 мм	-	3000
1812	4532	2 мм (Макс.)	12 мм	8 мм	-	1000
2225	5664	2 мм (Макс.)	12 мм	8 мм	-	1000

## Пассивные компоненты: Конденсаторы

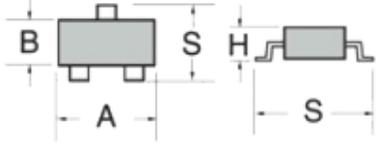
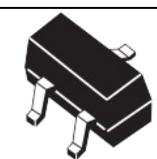
ТИП:	Расшифровка Типа:					
SD	Molded Tantalum Танталовый конденсатор (полярный компонент)					
Размер (дюймы)	Код	Толщина компонента	Размер компонента	Ширина ленты	Шаг компонента в ленте	Кол-во в стандартной упаковке (180 мм/7 дюймов) лента пластиковая
3216	A	1.6 мм	3.2 мм X 1.6 мм	8 мм	4 мм	2000
3528	B	1.9 мм	3.5 мм X 2.8 мм	8 мм	4 мм	2000
6032	C	2.5 мм	6.0 мм X 3.2 мм	12 мм	8 мм	500
7343	D	2.8 мм	7.3 мм X 4.3 мм	12 мм	8 мм	500
1608	J	0.8 мм	1.6 мм X 0.8 мм	8 мм	4 мм	4000
2012	P/R	1.2 мм	2.0 мм X 1.2 мм	8 мм	4 мм	2500/3000

## Пассивные компоненты: Конденсаторы

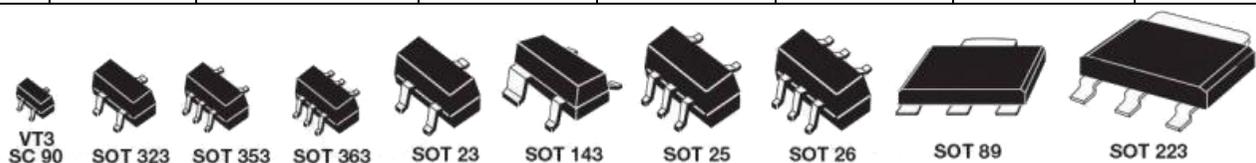
ТИП:	Расшифровка Типа:				
SE	Aluminum Capacitor Алюминиевый конденсатор (полярный компонент)				
Диаметр корпуса	Высота корпуса	Ширина ленты	Шаг компонента в ленте	Кол-во в стандартной упаковке (180 мм/7 дюймов) лента пластиковая	Кол-во в стандартной упаковке (330 мм/13 дюймов) лента пластиковая
3 мм	5.5 мм	12 мм	8 мм	100	2000
4 мм	5.5 мм	12 мм	8 мм	100	2000
5 мм	5.5 мм	12 мм	12 мм	100	1000
6.3 мм	5.5 мм	16 мм	12 мм	100	1000
8 мм	6 мм	16 мм	12 мм	100	1000

8 мм	10 мм	24 мм	16 мм	100	500
10 мм	10 мм	24 мм	16 мм	100	300 - 500
10 мм	14 - 22 мм	32 мм	20 мм	-	250 - 300
12.5 мм	14 мм	32 мм	24 мм	-	200 - 250
12.5 мм	17 мм	32 мм	24 мм	-	150 - 200
12.5 мм	22 мм	32 мм	24 мм	-	125 - 150
16 мм	17 мм	44 мм	28 мм	-	125 - 150
16 мм	22 мм	44 мм	28 мм	-	75 - 100
18 мм	17 мм	44 мм	32 мм	-	125 - 150
18 мм	22 мм	44 мм	32 мм	-	75 - 100
20 мм	17 мм	44 мм	36 мм	-	50

## Активные компоненты: Транзисторы

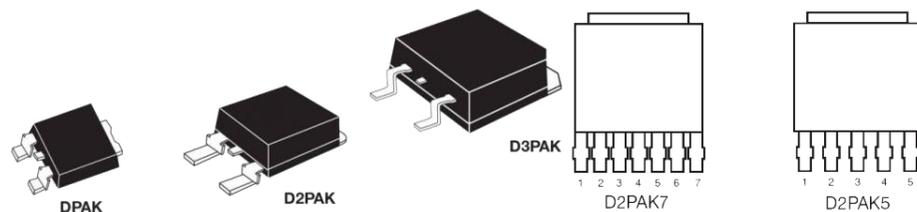
ТИП:	Расшифровка Типа:							
SOT	SOT Transistor SOT транзистор			Размер корпуса А (мм)	Размер корпуса В (мм)	Размер корпуса S (мм)	Высота корпуса Н (мм)	Кол-во в стандартной упаковке (180 мм/7 дюймов) лента пластиковая
Тип корпуса	Количество выводов	Ширина ленты	Шаг компонента в ленте	Размер корпуса А (мм)	Размер корпуса В (мм)	Размер корпуса S (мм)	Высота корпуса Н (мм)	Кол-во в стандартной упаковке (180 мм/7 дюймов) лента пластиковая
SOT723	3	8 мм	4 мм	1.2	0.8	1.2	0.5	8000
SOT346	3	8 мм	4 мм	2.9	1.6	2.8	1.1	3000
SOT323	3	8 мм	4 мм	2.0	1.25	2.1	0.9	3000
SOT416	3	8 мм	4 мм	1.6	0.8	1.6	0.7	3000
SOT523F	3	8 мм	4 мм	1.6	0.8	1.6	0.7	3000
SOT23	3	8 мм	4 мм	2.9	1.3	2.4	0.95	3000
SOT23-5	5	8 мм	4 мм	2.9	1.6	2.8	1.1	3000
SOT23-6	6	8 мм	4 мм	2.9	1.6	2.8	1.1	3000

SOT89	3	12 мм	8 мм	4.5	2.5	4.0	1.5	1000
SOT143	4	8 мм	4 мм	2.9	1.6	2.8	0.95	3000
SOT223	3	16 мм	8 мм	6.5	3.6	7.0	1.6	2500
SOT323	3	8 мм	4 мм	2.0	1.25	2.1	0.9	3000
SOT343	4	8 мм	4 мм	2.0	1.25	2.1	0.9	3000
SOT353	5	8 мм	4 мм	2.0	1.25	2.1	0.9	3000
SOT363	6	8 мм	4 мм	2.0	1.25	2.1	0.9	3000
SOT23-8	8	8 мм	4 мм	2.9	1.6	2.9	1.2	3000



## Активные компоненты: Транзисторы

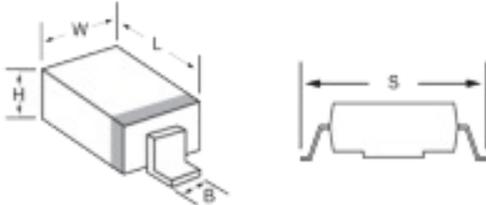
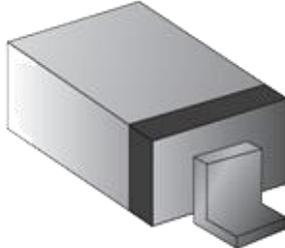
ТИП:	Расшифровка Типа:							
DPAK	DPAK Transistor DPAK транзистор							
Тип корпуса	Количество выводов	Ширина ленты	Шаг компонента в ленте	Размер корпуса L (мм)	Размер корпуса W (мм)	Высота корпуса H (мм)	Размер корпуса S (мм)	Кол-во в стандартной упаковке (330 мм/13 дюймов) лента пластиковая
DPAK	3	16 мм	8 мм	6	6.5	2.3	10	2500
D2PAK	3	24 мм	16 мм	9.2	10	4.4	15	500 - 800
D2PAK-5	5	24 мм	16 мм	9.2	10	4.4	15	500 - 800
D2PAK-7	7	24 мм	16 мм	9.2	10	4.4	15	500 - 800
D3PAK	3	24 мм	24 мм	14	16	4.7	18.8	500



## Активные компоненты: Диоды

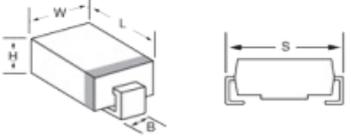
ТИП:	Расшифровка Типа:			
SOD	SOD, SM, Melf Diode/Rectifier SOD, SM, Melf диоды (круглые)			
Тип компонента	Размер компонента (диаметр X длина)	Ширина ленты	Шаг компонента в ленте	Кол-во в стандартной упаковке (180 мм/7 дюймов) лента пластиковая
MiniMELF/SOD-80 (LL34)	1.6 мм X 3.5 мм	8 мм	4 мм	2500
MELF (LL35/LL41)	2.5 мм X 5.0 мм	12 мм	4 мм	1500
MELF (SM1)	2.5 мм X 5.0 мм	12 мм	4 мм	1750

## Активные компоненты: Диоды

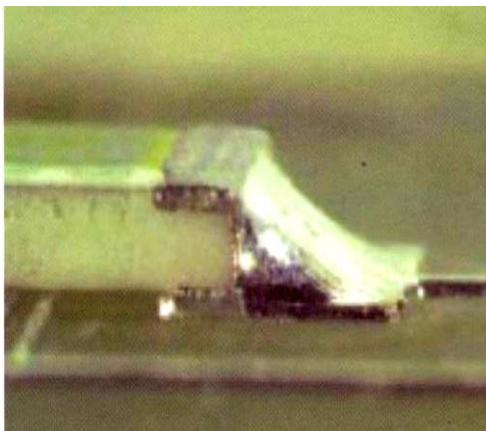
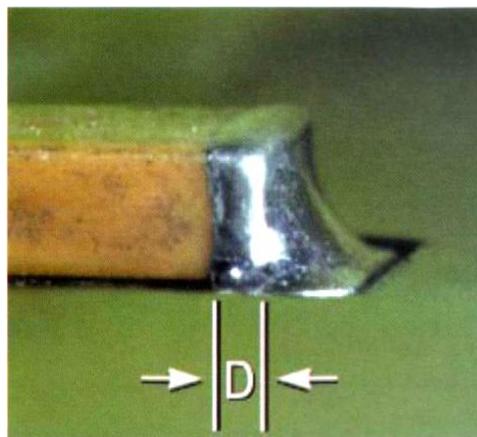
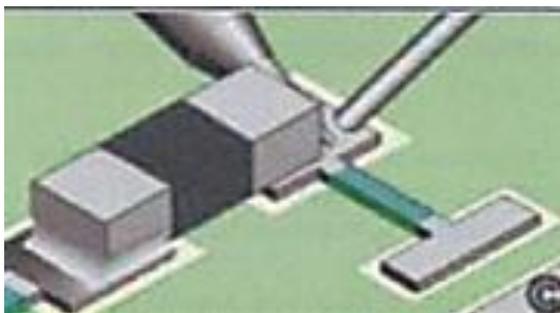
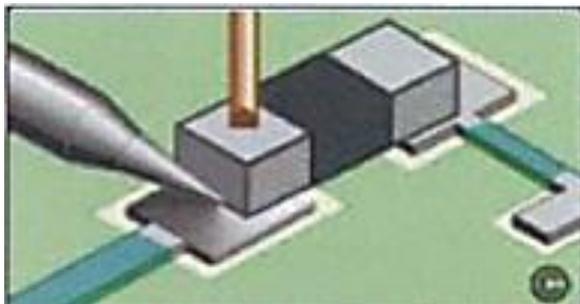
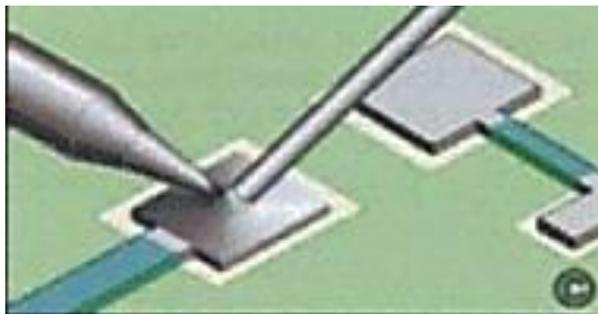
ТИП:	Расшифровка Типа:		
SM	Rectangular Diode Gull Wing Lead Квадратный диод – выводы «ласточкин хвост»		

Тип корпуса	Ширина ленты	Шаг компонента в ленте	Размер корпуса L (мм)	Размер корпуса W (мм)	Высота корпуса H (мм)	Размер корпуса S (мм)	Размер корпуса B (мм)	Кол-во в стандартной упаковке (170 мм/7 дюймов) лента пластиковая
SOD923	8 мм	2 мм	0.8	0.6	0.4	1.0	0.2	8000
SOD723	8 мм	2 мм	1.0	0.6	0.5	1.4	0.3	8000
SOD523	8 мм	4 мм	1.2	0.8	0.6	1.6	0.3	3000
SOD323	8 мм	4 мм	1.7	1.25	0.7	2.5	0.3	3000
SOD123	8 мм	4 мм	2.7	1.5	1.3	3.6	0.7	3000
DO215AC	12 мм	4 мм	4.3	2.6	2.2	6.1	1.4	1800
DO215AA	12 мм	8 мм	4.3	3.6	2.3	6.2	2.0	1000
DO215AB	16 мм	8 мм	7.0	6.0	2.3	10	3.0	900

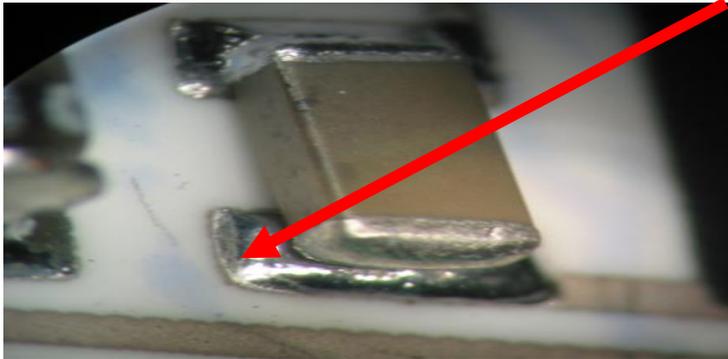
## Активные компоненты: Диоды

ТИП:	Расшифровка Типа:							
SM	Rectangular Diode C-Bend Lead (Modified J-Lead) Квадратный диод С – вывод (J-вывод)							
Тип корпуса	Ширина ленты	Шаг компонента в ленте	Размер корпуса L (мм)	Размер корпуса W (мм)	Высота корпуса H (мм)	Размер корпуса S (мм)	Размер корпуса B (мм)	Кол-во в стандартной упаковке (170 мм/7 дюймов) лента пластиковая
SMAJ	12 мм	4 мм	4.3	2.6	2.2	5.0	1.5	1800
SMBJ	12 мм	8 мм	4.3	3.6	2.3	5.4	2.0	750
SMCJ	16 мм	8 мм	7.0	6.0	2.3	8.0	3.0	850

## Монтаж SMD компонентов на печатную плату



## Контроль качества собранных печатных узлов



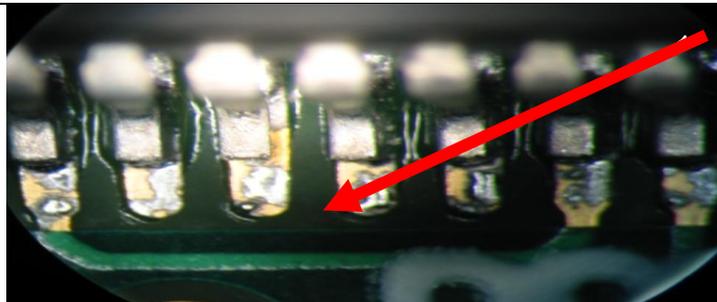
**Дефект:**

отсутствие паяного соединения.

Вероятная причина:

низкая паяемость выводов компонентов.

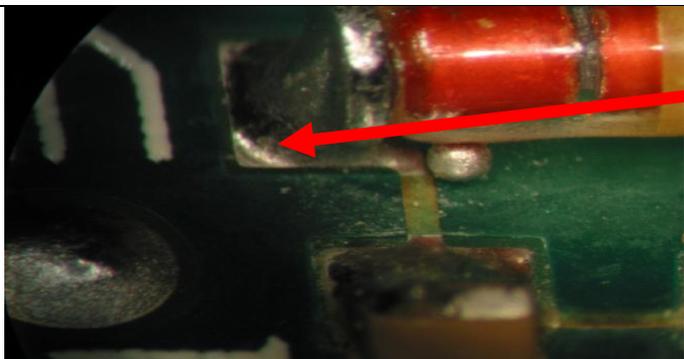
**Метод диагностики:** автоматическая оптическая инспекция или визуальный контроль под углом 30 - 45°.



**Дефект:** некачественное паяное соединение.

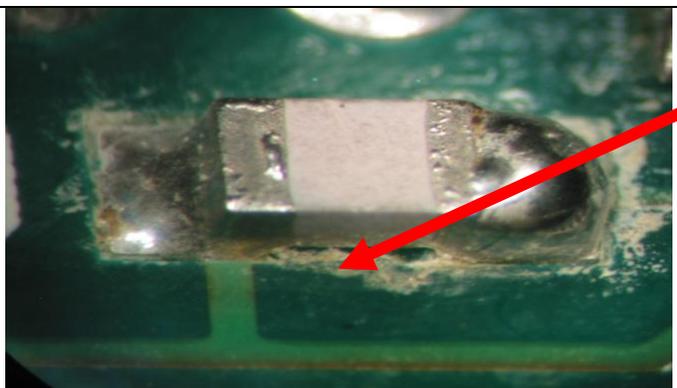
Вероятная причина: низкая паяемость контактных площадок с финишным покрытием иммерсионное золото.

**Метод диагностики:** автоматическая оптическая инспекция или визуальный контроль



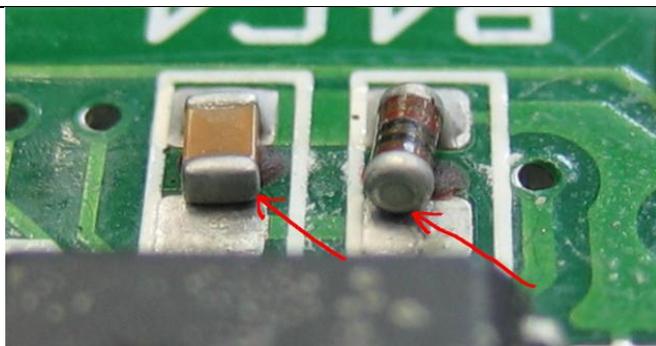
**Дефект:**

не удалённый шарик припоя



**Дефект:**

остатки флюса

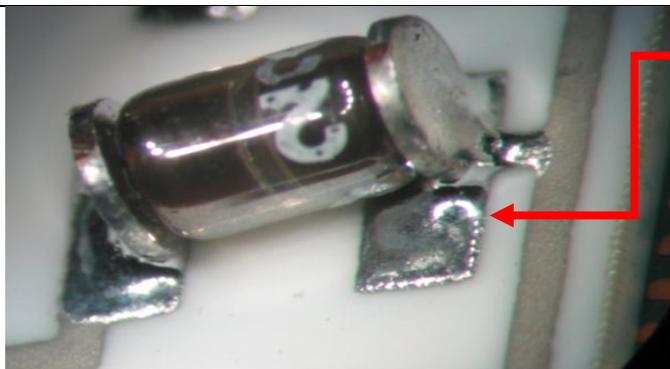


**Дефект:** отсутствие паяного соединения.

**Вероятная причина:**

Ошибка монтажа.

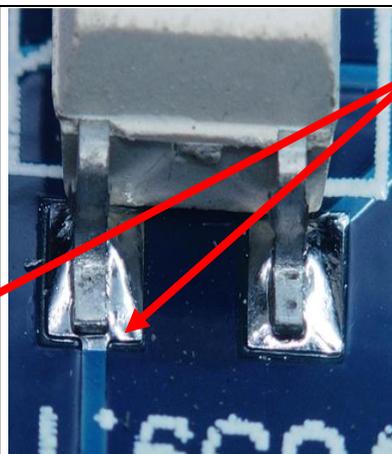
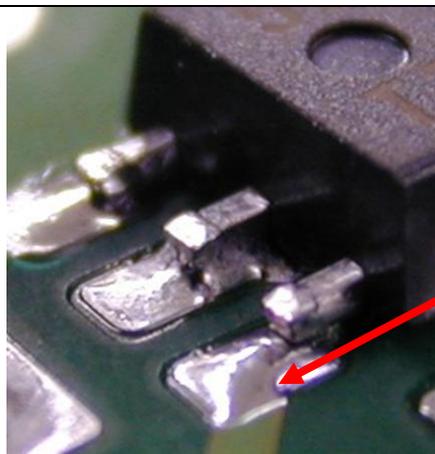
**Метод диагностики:** автоматическая оптическая инспекция или визуальный контроль под углом 30 - 45°.



**Дефект:** смещение компонента.

**Вероятная причина:** Ошибка монтажа.

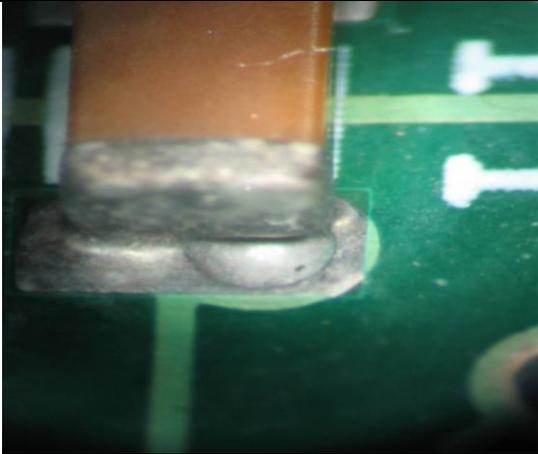
**Метод диагностики:** автоматическая оптическая инспекция или визуальный контроль под углом 45°.



**Дефект:** неудовлетворительное смачивание вывода компонента припоем.

**Вероятная причина:** низкая паяемость выводов компонентов.

**Метод диагностики:** автоматическая оптическая инспекция или визуальный контроль.



**Дефект:**

не качественное паяное соединение, уход припоя в отверстие.

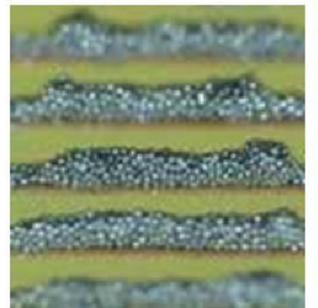
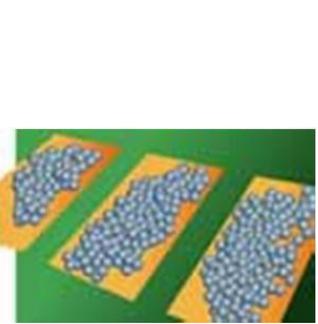
Вероятная причина: ошибка монтажа.

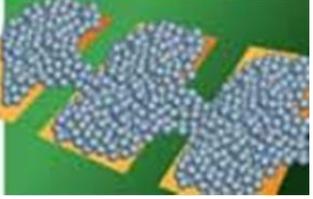
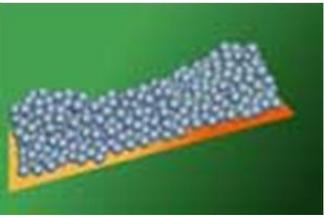
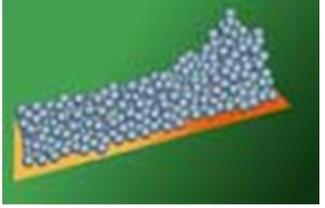
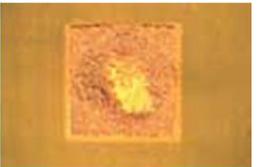
**Метод диагностики:** автоматическая оптическая инспекция или визуальный контроль под углом 30 – 45°.

**Дефекты паяных соединений, выявляемые визуальным  
и измерительным методом контроля**

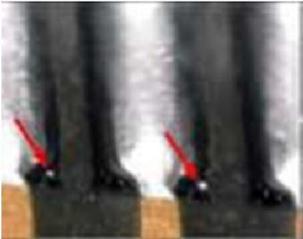
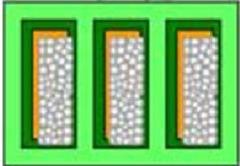
*Дефекты трафаретной печати*

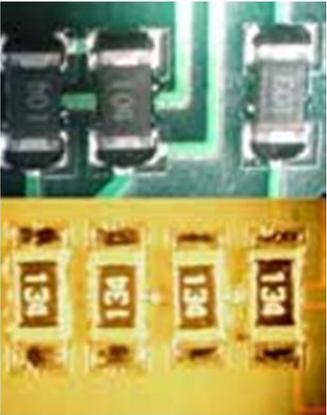
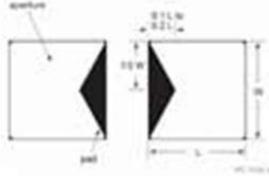
Пример дефекта	Описание дефекта	Возможные причины	Методы предотвращения
	<p>Загрязнение трафарета с нижней стороны – может приводить к образованию шариков припоя и перемычек при пайке оплавлением</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Плохая очистка трафаретов.</li> <li>2. Редкая очистка трафаретов.</li> <li>3. Плохая поддержка печатных плат (прогиб).</li> <li>4. Плохое совмещение трафарета с рисунком контактных площадок.</li> <li>5. Зазор между трафаретом и печатной платой</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Использовать специальные материалы для очистки трафаретов.</li> <li>2. Увеличить частоту очистки трафаретов снизу.</li> <li>3. Обеспечить поддержку печатных плат снизу.</li> <li>4. Обеспечить точное совмещение трафарета с рисунком контактных площадок.</li> <li>5. Исключить зазор между платой и трафаретом</li> </ol>
	<p>Деформация трафарета – может приводить к попаданию пасты за пределы контактных площадок, перемычкам и шарикам припоя</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Высокое давление ракеля.</li> <li>2. Большое давление при совмещении трафарета с платой.</li> <li>3. Плохое натяжение трафарета</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Уменьшить давление ракеля, (при походе ракеля трафарет должен полностью очищаться от паяльной пасты).</li> <li>2. Уменьшить давление.</li> <li>3. Обеспечить натяжение трафарета</li> </ol>

	<p>Паяльная паста остается в аперттурах после разделения трафарета с печатной платой</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отверстия в трафарете заблокированы.</li> <li>2. Высокая скорость разделения трафарета с печатной платой.</li> <li>3. Неправильно выбран размер частиц паяльной пасты.</li> <li>4. Площадь стенок апертур значительно больше площади контактных площадок</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Проверить и очистить окна в трафаретах.</li> <li>2. Откорректировать скорость разделения трафарета с платой.</li> <li>3. Заменить пасту.</li> <li>4. Конструкция апертур должна соответствовать требованиям стандарта IPC-7525</li> </ol>
	<p>Неравномерные отпечатки паяльной пасты</p>	<p>Плохое отделение пасты от апертур в трафарете</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Проконтролировать скорость разделения трафарета и платы.</li> <li>2. Проверить чистоту трафарета.</li> <li>3. Увеличить скорость нанесения пасты для уменьшения вязкости.</li> <li>4. Проверить качество паяльной пасты.</li> <li>5. При локальном расположении дефектов проверить поддержку плат</li> </ol>
	<p>Объем паяльной пасты на контактных площадках меньше 80 % от объема аперттуры трафарета</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Недостаточное количество пасты на трафарете.</li> <li>2. Плохое отделение пасты от апертур в трафарете.</li> <li>3. Длительное время нахождения пасты на трафарете может приводить к подсыханию пасты и увеличению вязкости.</li> <li>4. Слишком большой размер частиц припоя</li> <li>5. Частичное закупоривание апертур трафарета</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Проверить количество пасты на трафарете.</li> <li>2. Проконтролировать скорость перемещения и давление ракеля.</li> <li>3. Проконтролировать свойства паяльной пасты.</li> <li>4. Минимальная ширина окна в трафарете должна быть больше или равна пяти максимальным диаметрам шариков припоя.</li> <li>5. Произвести очистку трафарета</li> </ol>

	<p>Образование перемычек при нанесении паяльной пасты</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Слабое натяжение трафарета на раме.</li> <li>2. Низкая вязкость паяльной пасты.</li> <li>3. Повреждения (деформация) трафарета.</li> <li>4. Размер апертур в трафарете равен размеру контактных площадок</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обеспечить тщательное натяжение трафарета.</li> <li>2. Проконтролировать температуру в рабочем помещении; снизить скорость перемещения ракеля; заменить пасту.</li> <li>3. Заменить трафарет.</li> <li>4. Уменьшить размер апертур</li> </ol>
	<p>Избыточное количество паяльной пасты на контактных площадках – может стать причиной возникновения перемычек после установки компонентов</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Низкое давление ракеля.</li> <li>2. Истирание кромки ракеля (вмазывание пасты).</li> <li>3. Зазор между трафаретом и платой.</li> <li>4. Большая толщина трафарета.</li> <li>5. Недостаточная поддержка платы снизу</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Увеличить давление ракеля.</li> <li>2. Заменить ракель.</li> <li>3. Устранить зазор.</li> <li>4. Заменить трафарет.</li> <li>5. Обеспечить поддержку печатных плат снизу</li> </ol>
	<p>Дефект «собачьи уши» – недостаточное количество паяльной пасты в целом, но неправильная форма отпечатка пасты, возможно возникновение перемычек при пайке</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Не отрегулирована скорость разделения трафарета с печатной платой.</li> <li>2. Низкое давление ракеля.</li> <li>3. Низкая скорость ракеля</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отрегулировать скорость разделения трафарета с платой.</li> <li>2. Увеличить давление ракеля (трафарет должен полностью очищаться от паяльной пасты после прохода ракеля).</li> <li>3. Увеличить скорость перемещения ракеля</li> </ol>
	<p>Вычерпывание паяльной пасты – недостаточное количество паяльной пасты на контактных площадках</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Недостаточная жесткость ракеля.</li> <li>2. Высокое давление ракеля.</li> <li>3. Большой размер апертур (больше 2 × 2 мм)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Использовать металлический ракель.</li> <li>2. Уменьшить давление ракеля.</li> <li>3. Уменьшить размер окон в трафарете</li> </ol>

### *Дефекты пайки оплавлением: шарики припоя*

Пример дефекта	Описание дефекта	Возможные причины	Методы предотвращения
	<p>Отдельные или группа шариков припоя расположенных возле каждого вывода компонента, например, как показано на рис. по направлению часовой стрелки – 5 часов</p>	<p>1. Смещение отпечатков паяльной пасты при нанесении, например:</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обеспечить точное совмещение апертур трафарета с рисунком печатной платы на операции трафаретной печати.</li> <li>2. Уменьшить размер апертур в трафарете</li> </ol>
	<p>Крупные шарики припоя рядом с контактными площадками</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Избыточное количество паяльной пасты на контактных площадках – выдавливание паяльной пасты с контактной площадки при установке компонента (дефект сопровождается избыточным количеством припоя на паяных соединениях).</li> <li>2. Растекание (осадка) паяльной пасты</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Уменьшить толщину трафарета (для большинства применений рекомендуемая толщина трафарета составляет 150 мкм); уменьшить размер апертур в трафарете</li> </ol>
	<p>Шарики припоя на контактных площадках – паяное соединение отсутствует или имеет низкую механическую надежность.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Истек срок годности паяльной пасты, низкое качество паяльной пасты.</li> <li>2. Высокая влажность в рабочем помещении.</li> <li>3. Длительное время нахождения пасты на трафарете.</li> <li>4. Длительное время между процессами нанесения паяльной пасты и пайки.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Заменить паяльную пасту; провести испытания на шарики припоя.</li> <li>2. Влажность должна находиться в пределах 30–70 % RH.</li> <li>3. Не рекомендуется использовать пасту, которая находилась на трафарете больше 8 часов, заменить пасту.</li> </ol>

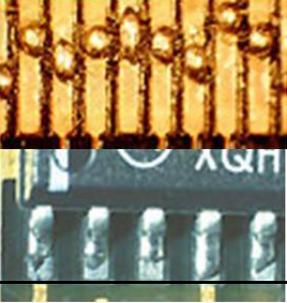
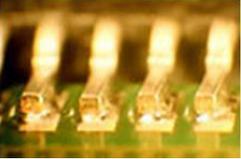
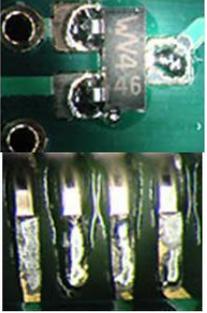
		<p>5. Истощение флюса во время пайки и повторное окисление частиц припоя и паяемых поверхностей</p>	<p>4. Сократить время между нанесением и пайкой до 2–3 часов. 5. Сократить время стадии стабилизации до 1–2 мин, использовать пасту, пригодную для длительного нагрева</p>
	<p>Шарики и бусинки припоя рядом с чип-компонентами: крупные и мелкие шарики припоя расположенные вдоль корпусов чип-компонентов</p>	<p>1. Выдавливание паяльной пасты под корпус компонента при установке чип-компонента – при пайке частицы порошкообразного припоя объединяются, формируя большие и маленькие шарики припоя вдоль корпуса и под чип-компонентом. 2. Неправильный выбор режимов пайки – интенсивное испарение растворителя на стадии предварительного нагрева приводит к разбрызгиванию шариков припоя</p>	<p>1. Уменьшить давление при установке чип-компонентов; использовать специальную конструкцию апертур, например:</p>  <p>2. Откорректировать температурный профиль: обеспечить медленное повышение температуры в зоне предварительного нагрева не более 1,5–2,0 °C/с до температуры 150 °C</p>
	<p>Отдельные шарики на очень большом расстоянии от ближайшего компонента</p>	<p>1. Паяльная паста попадает на плату в результате плохой очистки трафарета с нижней стороны</p>	<p>1. Обеспечить качественную очистку трафарета</p>

### *Дефекты пайки оплавлением: отсутствие смачивания*

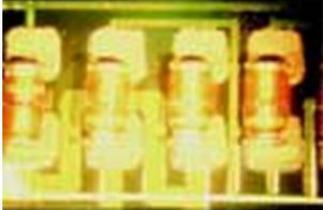
Отсутствие смачивания или плохая смачиваемость – это отсутствие (полное или частичное) способности смачивания твердых металлических поверхностей (выводов компонентов или контактных площадок) расплавленным припоем.

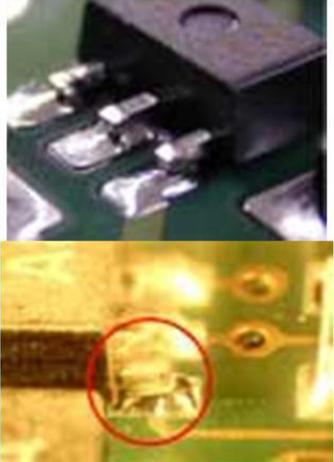
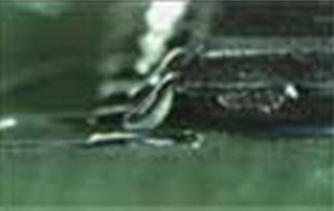
Высокая или низкая температура пайки может стать одной из причин ухудшения смачиваемости:

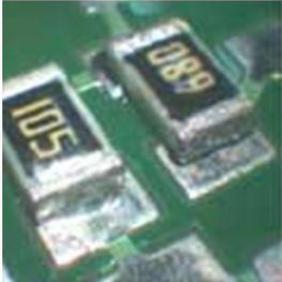


Пример дефекта	Описание дефекта	Возможные причины	Методы предотвращения
	<p>Отсутствие или плохая смачиваемость контактных площадок: припой неравномерно распределяется по поверхности контактных площадок в виде полусферических островков</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Загрязнение контактных площадок.</li> <li>2. Низкая активность флюса.</li> <li>3. Очень тонкое покрытие горПОС (HASL)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Перед началом сборки произвести очистку печатных плат с помощью специальных жидкостей (например, VIGON S 100 для покрытий Ni/Au, Ni/Pd и Cu).</li> <li>2. Использовать паяльную пасту с более активным флюсом.</li> <li>3. Низкое качество изготовления печатных плат, предъявить претензии изготовителю</li> </ol>
	<p>Отсутствие или плохая смачиваемость контактных площадок и выводов компонентов</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Перегрев паяльной пасты (выгорание флюса и повторное окисление паяемых поверхностей).</li> <li>2. Истощение и потеря защитных свойств флюса на этапе предварительного нагрева.</li> <li>3. Недостаточное количество пасты</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Понизить температуру пайки; уменьшить время пребывания выше температуры плавления при пайке до 30–90 с.</li> <li>2. Уменьшить время на стадии стабилизации.</li> <li>3. Увеличить количество паяльной пасты</li> </ol>
	<p>Плохая паяемость контактных площадок с покрытием электрохимический никель / иммерсионное золото (Ni/Au).</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Нарушены условия хранения печатных плат.</li> <li>2. Низкое качество изготовления печатных плат (золото по окисленному никелю)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Печатные платы должны храниться в вакуумной упаковке в шкафах сухого хранения (25 °C и влажности 10 %). Срок хранения не должен превышать 6 месяцев с даты производства.</li> <li>2. Провести входной контроль паяемости печатных плат, при несоответствии – претензии изготовителю</li> </ol>

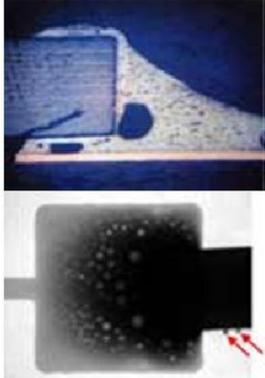
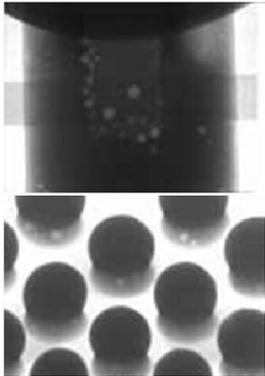
**Дефекты пайки оплавлением: отсутствие паяного соединения**

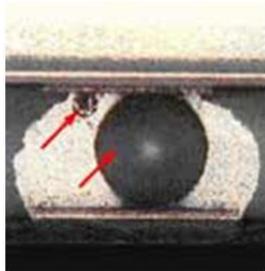
Пример дефекта	Описание дефекта	Возможные причины	Методы предотвращения
	<p>Не оплавленная паяльная паста: паяльная паста после процесса пайки остается в виде массы состоящей из отдельных шариков припоя</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Неправильные настройки оборудования пайки, оборудование не успело выйти на заданный профиль после включения. Истощение флюса на этапе предварительного нагрева (флюс потерял флюсующие и защитные свойства).</li> <li>2. Используется паяльная паста с истекшим сроком годности или неправильными условиями хранения.</li> </ol> <p>Длительное время выдержки печатных плат между процессами нанесения паяльной пасты, установки компонентов и пайки</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обеспечить достаточное время для выхода оборудования на заданные режимы, измерить температурный профиль и в случае необходимости откорректировать. Уменьшить время на стадии стабилизации (не более 120 с).</li> <li>2. Провести испытания пасты «на шарики припоя», заменить паяльную пасту.</li> <li>3. Сократить межоперационное время, конкретные значения зависят от типа паяльной пасты и условий окружающей среды, определяются экспериментальным путем</li> </ol>
	<p>Бугристые, неровные, матовые паяные соединения на отдельных выводах крупногабаритных микросхем: наблюдается на отдельных или на всех выводах крупных микросхем. Небольшие компоненты полностью запаяны</p>	<p>Крупногабаритные корпуса требуют большей передачи тепла и большего времени для образования паяного соединения. Недостаточное время и/или температура выше точки плавления приводят к отсутствию пайки</p>	<p>Варьируя параметрами «температура» и «время» на стадии стабилизации, «температура» и «время» на стадии пайки, откорректировать температурный профиль</p>

	<p>Отсутствие контакта отдельных выводов компонентов с оплавленным припоем Вывод компонента приподнят над галтелью припоя</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Неравномерное нанесение паяльной пасты на контактную площадку (например, при нанесении пасты дозатором).</li> <li>2. Низкое давление при установке компонента</li> </ol>  <p><i>Высота отпечатка пасты после нанесения <math>H</math></i></p> <p><i>Высота галтели припоя после пайки равна половине высоты отпечатка</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обеспечить равномерное нанесение пасты на контактные площадки.</li> <li>2. Откорректировать давление при установке компонентов</li> </ol>
	<p>Отсутствие контакта отдельных выводов компонентов с оплавленным припоем. Деформированный вывод компонента или некомпланарная поверхность контактных площадок. Чаще всего дефект наблюдается на компонентах с малым шагом</p>	<p>Дефект может возникать в случае некомпланарности выводов и контактных площадок. Деформация выводов компонентов возможна при транспортировке или установке компонентов</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Проверить компланарность выводов перед установкой.</li> <li>2. Исключить ручные операции установки компонентов.</li> <li>3. Проверить равномерность металлизации, использовать печатные платы с покрытием Ni/Au</li> </ol>
	<p>Эффект «надгробного камня»</p>	<p>Неравномерное распределение сил поверхностного натяжения на противоположных концах чип-компонентов заставляет подняться один из торцов чип-компонента над контактной площадкой</p>	<p>Провести анализ причин возникновения дефекта и предпринять методы по его предотвращению</p>

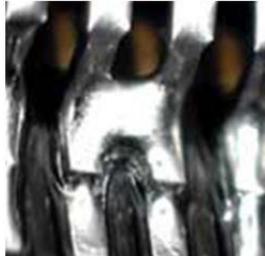
	<p>Отсутствие паяного соединения или недостаточное количество припоя на паяном соединении</p>	<p>Дефект возникает в результате ошибок на стадии трафаретной печати (недостаточное количество паяльной пасты).</p> <p>Возможные причины:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– недостаточный размер окон в трафарете;</li> <li>– загрязнение трафарета;</li> <li>– низкое давление ракеля;</li> <li>– смещение отпечатков паяльной пасты</li> </ul>	<p>Провести анализ причин возникновения дефекта и предпринять методы по его предотвращению.</p>
	<p>Отсутствие паяного соединения в результате разворота чип-компонента</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ошибки оборудования установки компонентов.</li> <li>2. Неаккуратное обращение с печатными платами</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отрегулировать оборудование установки компонентов.</li> <li>2. Осуществлять межоперационное перемещение плат в специальной таре</li> </ol>
	<p>Отсутствие паяного соединения в результате смещения чип-компонента</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Неточная установка компонентов.</li> <li>2. Неправильная конструкция контактных площадок (одна площадка длиннее другой или универсальные контактные площадки под разные типоразмеры компонентов, например 0805 и 0603)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Повысить точность установки компонентов.</li> <li>2. Изменить конструкцию контактных площадок</li> </ol>

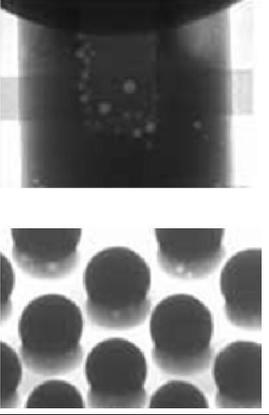
**Дефекты пайки оплавлением: перемычки и пустоты**

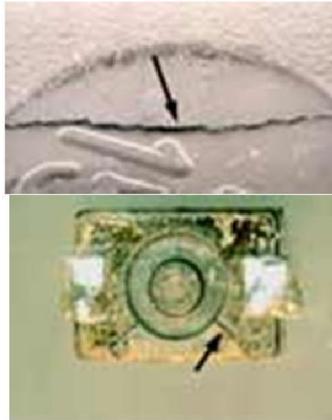
Пример дефекта	Описание дефекта	Возможные причины	Методы предотвращения
	<p>Пустоты в паяных соединениях (рис. сверху – микрошлиф, рис. внизу – рентгеновский снимок). Низкая механическая прочность и возможность разрушения паяных соединений</p>	<p>Высокая скорость предварительного нагрева. Формирование пустот на стадии предварительного нагрева происходит из-за быстрого нагрева и интенсивного испарения растворителя паяльной пасты. В большинстве случаев формирование пустот сопровождается разбрызгиванием шариков припоя (см. рис.)</p>	<p>Обеспечить медленное повышение температур на стадии предварительного нагрева (0,5– 1,5 °C/c)</p>
	<p>Пустоты в паяных соединениях при использовании бессвинцовой технологии. Низкая механическая прочность и возможность разрушения паяных соединений</p>	<p>Бессвинцовые компоненты + паяльная паста со сплавом олово-свинец: плохая паяемость бессвинцовых компонентов при низких температурах пайки (формирование пустот происходит по контуру выводов компонентов, см. рис.). Бессвинцовые компоненты и паяльная паста: более высокая сила поверхностного натяжения припоя (затруднен выход газов при пайке)</p>	<p>Повысить температуру пайки. Уменьшить количество паяльной пасты на контактных площадках. Обеспечить медленное повышение температур на стадии предварительного нагрева (0,5–1,5 °C/c)</p>

	<p>Пустоты внутри паяных соединений BGA корпусов</p>	<p>Образование больших пустот в паяных соединениях BGA корпусов, как правило, происходит при большой разнице размеров контактных площадок печатных плат и на подложке корпуса BGA (см. рис.). Большие пустоты в паяных соединениях BGA компонентов приводят к низкой механической прочности и разрушению паяных соединений</p>	<p>Обеспечить конструкцию контактных площадок в соответствии с требованиями стандарта IPC-7351 «Общие требования по конструированию контактных площадок и печатных плат с применением технологии поверхностного монтажа»</p>
	<p>Пустоты на поверхности контактных площадок</p>	<p>Газация финишного покрытия в процессе пайки (мелкие пустоты, расположенные вдоль поверхности контактных площадок)</p>	<p>Заменить поставщика печатных плат. Откорректировать процессы изготовления печатных плат</p>

Перемычки и мостики припоя – это образуемые припоем соединения между соседними контактными площадками не предусмотренные конструкцией печатных узлов, результатом являются короткие замыкания и электрический отказ изделия.

	<p>Перемычки и мостики припоя между выводами компонентов</p>	<p>Избыточное нанесение паяльной пасты. Неправильное нанесение или смещение отпечатков паяльной пасты. Неточная установка компонентов, высокое давление при установке компонентов (выдавливание паяльной пасты за пределы контактных площадок. Расползание (осадка) паяльной пасты</p>	<p>Проверить толщину фольги и размер апертур в трафарете (используйте рекомендации стандарта IPC-7525 «Руководство по конструированию трафаретов»). Контролировать точность нанесения пасты. Проконтролировать точность и качество установки компонентов</p>
--	--	--	--

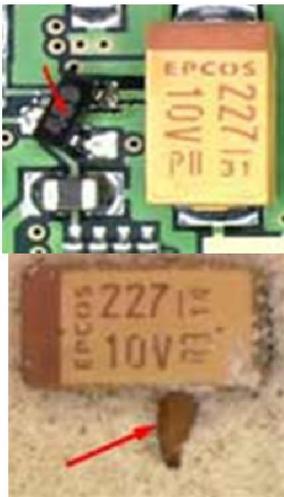
		<p>Наличие различных загрязнений в результате плохой очистки трафаретов (ворсинки и волоски, которые становятся мостиками для перетекания припоя в процессе пайки). Неправильное расположение контактных площадок (очень маленькое расстояние между соседними чип-компонентами)</p>	<p>Проконтролировать температуру и влажность в рабочем помещении; провести тест на растекание метод 2.4.35 стандарта IPC-TM-650 «Методы испытаний». Произвести очистку печатных плат перед сборкой; обеспечить регулярную очистку трафарета с нижней стороны. Обеспечить разводку печатных плат в соответствии с требованиями стандарта IPC-7351 «Общие требования по конструированию контактных площадок и печатных плат с применением технологии поверхностного монтажа»</p>
	<p>Пустоты в паяных соединениях при использовании бессвинцовой технологии. Низкая механическая прочность и возможность разрушения паяных соединений</p>	<p>Бессвинцовые компоненты + паяльная паста со сплавом олово-свинец: плохая паяемость бессвинцовых компонентов при низких температурах пайки (формирование пустот происходит по контуру выводов компонентов, см. рис.). Бессвинцовые компоненты и паяльная паста: более высокая сила поверхностного натяжения припоя (затруднен выход газов при пайке)</p>	<p>Повысить температуру пайки. Уменьшить количество паяльной пасты на контактных площадках. Обеспечить медленное повышение температур на стадии предварительного нагрева (0,5–1,5 °C/c)</p>



Трещины в пластмассовых корпусах

Основные причины растрескивания пластиковых корпусов связаны с неправильным выбором режимов пайки. Крупногабаритные пластиковые корпуса, например QFP и TSOP, склонны к растрескиванию в процессе пайки. Проблема связана с насыщением корпусов влагой в процессе хранения. Испарение влаги и расширение корпусов в процессе пайки приводят к образованию трещин

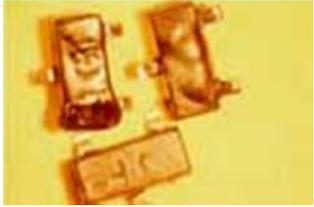
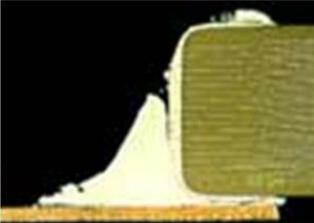
- Проконтролировать режимы пайки (максимальную температуру и время) на соответствие спецификациям производителей электронных компонентов.
- Обеспечить условия хранения крупногабаритных корпусов в специальных условиях предотвращающих адсорбцию корпусами влаги; провести предварительную сушку крупногабаритных корпусов перед сборкой печатных плат



Газация танталовых конденсаторов

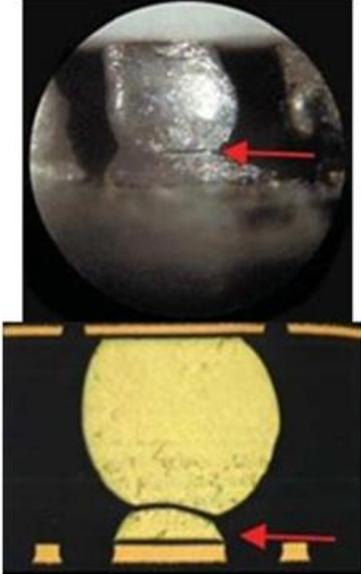
В процессе пайки может происходить газация танталовых конденсаторов. Влага абсорбированная в процессе хранения танталовых конденсаторов вырывается с такой силой в процессе пайки, что приводит к образованию трещин в корпусе компонента и смещению соседних компонентов (см. рис.)

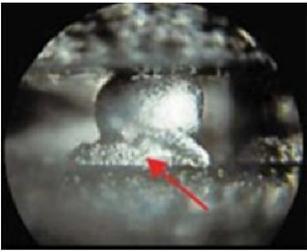
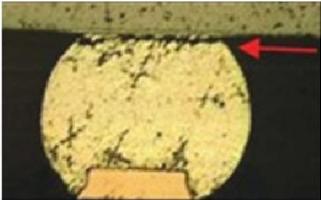
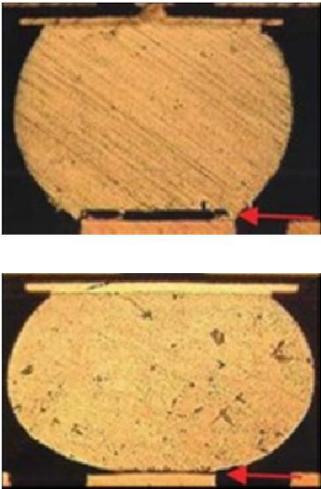
Произвести сушку танталовых конденсаторов перед установкой (упаковка должна быть устойчива к температурным воздействиям Dry-Packs).  
Использовать танталовые конденсаторы других производителей

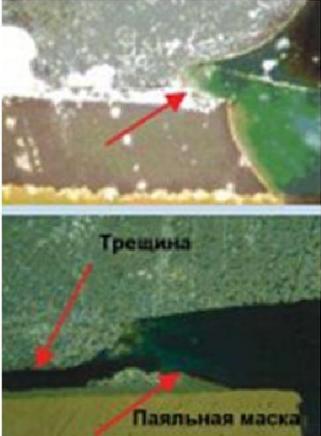
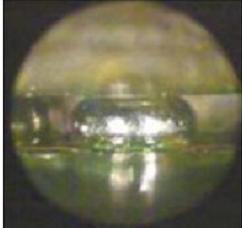
	<p>Оплавление или обугливание корпусов компонентов</p>	<p>Пластмассовые корпуса могут оплавляться или обугливаться при высоких температурах пайки. Обычно такие корпуса имеют устойчивость к высоким температурным воздействиям, тем не менее высокая температура и время пайки могут приводить к повреждению корпусов</p>	<p>Снизить пиковую температуру пайки. Уменьшить время пайки. Использовать компоненты других производителей (если дефект наблюдается только на отдельных компонентах)</p>
	<p>Бугристое, пористое, неровное паяное соединение серого цвета</p>	<p>Может быть вызвано перемещением компонента или вибрацией в процессе охлаждения припоя. «Холодная пайка» является результатом низкой температуры пайки</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Предотвратить вибрацию конвейера печи в процессе пайки.</li> <li>• Повысить температуру пайки до 215–225 °С для паяльных паст на основе сплава олово-свинец и до 235–245 °С для бессвинцовых сплавов</li> </ul>
	<p>Отслоение паяного соединения от контактной площадки</p>	<p>Возникает в результате плохой очистки поверхности контактных площадок перед сборкой. Нарушение покрытия золото/никель</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Обеспечить очистку печатных плат перед сборкой.</li> <li>• Проконтролировать паяемость контактных площадок, заменить поставщика печатных плат</li> </ul>
	<p>Трещины в паяном соединении. Обычно обнаруживаются после тестирования: климатических испытаний, удар, вибрация и т. д.</p>	<p>Изгиб печатных плат при разделении групповых заготовок. Механические напряжения при испытаниях. Механические напряжения при пайке, возникающие за счет теплового расширения, на нижней ранее запаянной стороне двухстороннего печатного узла</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Использовать надлежащее оборудование для разделения групповых заготовок.</li> <li>• Обеспечить конструкцию контактных площадок в соответствии с требованиями стандартов IPC-SM-782A и IPC-7351.</li> <li>• Откорректировать температурный профиль</li> </ul>

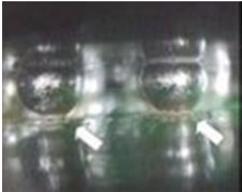
**Дефекты пайки оплавлением:  
дефекты компонентов в корпусах BGA**

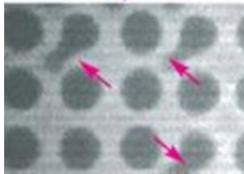
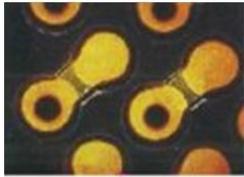
Пример дефекта	Описание дефекта	Возможные причины	Методы предотвращения
	<p>Эффект «Поп-корна». Метод контроля – рентген. В центре микросхемы паяные соединения отсутствуют (малый размер шариков свидетельствует об отсутствии механического контакта), вокруг центральной части большое количество перемычек припоя</p>	<p>Поглощение корпусом компонента влаги. В процессе пайки интенсивное испарение влаги может приводить к: – выдавливанию припоя из центра и формированию избыточного количества припоя на паяных соединениях вокруг центральной части или образованию перемычек; – повреждению корпуса компонента (расслоения, трещины)</p>	<p>Обеспечить хранение BGA компонентов в соответствующей упаковке, предотвращающей поглощение влаги (dry pack), или в шкафах сухого хранения. Обеспечить предварительную сушку компонентов перед сборкой (125 °С x 24 ч), однако подобная процедура может оказать негативное влияние на паяемость выводов компонентов</p>

	<p>Неполное оплавление паяльной пасты в процессе пайки. Метод контроля – визуальный. Паяльная паста оплавлена не полностью. Поверхность паяного соединения шероховатая повторяет форму частиц паяльной пасты</p>	<p>Неправильный выбор температурного профиля. Недостаточное время и/или температура предварительного нагрева. Недостаточное время и/или температура пайки</p>	<p>Измерить температурный профиль и откорректировать режимы предварительного нагрева и/или пайки</p>
--	--	---	--

	<p>Трещины и разрывы в паяном соединении. Метод контроля – визуальный, рентген, снятие микрошлифа</p>	<p>Плохая паяемость шариковых выводов, дефект сопровождается неправильной формой галтели припоя (см. рис.). Низкая температура и/или время пайки</p>	<p>Использовать паяльную пасту с более активным флюсом. Повысить температуру и/или время пайки</p>
	<p>Трещины и разрывы между шариком и подложкой микросхемы. Метод контроля – визуальный, рентген, снятие микрошлифа</p>	<p>Высокие механические нагрузки, возникающие из-за разных коэффициентов теплового расширения, как правило, наблюдаются у керамических СВГА</p>	<p>Снизить скорость охлаждения после пайки</p>
	<p>Отсутствие смачивания контактных площадок. Метод контроля – визуальный, рентген, снятие микрошлифа. Полное отсутствие или слабый электрический и механический контакт паяного соединения</p>	<p>Плохая паяемость контактных площадок. Загрязнение контактных площадок в процессе хранения и сборки ПУ. «Черные контактные площадки» – окисленное покрытие Ni/Au</p>	<p>Произвести испытания печатных плат на паяемость в соответствии с требованиями стандарта J-STD-003A «Тесты на паяемость печатных плат». Обеспечить хранение печатных плат в вакуумной упаковке, произвести предварительную очистку контактных площадок перед сборкой (например, с помощью Vigon S100), для перемещения плат использовать защитные перчатки. Заменить поставщика печатных плат</p>

	<p>Затекание паяльной маски на контактную площадку.  Метод контроля – визуальный, рентген, снятие микрошлифа.  Дефект может стать причиной возникновения трещин в паяном соединении</p>	<p>Ошибки при разработке или изготовлении печатных плат</p>	<p>Проконтролировать правильность конструкции контактных площадок на соответствие требованиям стандарта IPC-7095A.  Ввести операцию контроля качества нанесения паяльной маски на входном контроле печатных плат.  Заменить поставщика печатных плат</p>
	<p>Оксисленные паяные соединения.  Метод контроля – визуальный.  Дефект носит косметический характер</p>	<p>Несколько циклов нагрева при пайке двухсторонних печатных плат.  Высокая температура и время пайки.</p>	<p>Осуществлять пайку компонентов BGA после сборки первой стороны.  Уменьшить температуру и/или время пайки</p>
 <p><i>Пример уменьшения высоты шарикового вывода компонента BGA при пайке с 500 до 300 мкм</i></p>	<p>Коллапс шариковых выводов.  Метод контроля – визуальный.  В процессе пайки низкотемпературные (Sn/Pb) шариковые выводы BGA «расползаются». Типичное уменьшение высоты шариковых выводов составляет 10 %, уменьшение на 25 % является предельно допустимым</p>	<p>Длительное время пайки приводит к расплавлению и «расползанию» шариковых выводов</p>	<p>Откорректировать температурный профиль (уменьшить время пайки).  Ограничить растекание припоя паяльной маской (см. требования стандарта IPC-7095A)</p>

	<p>Перегрев шариковых выводов. Метод контроля – визуальный. Поверхность паяных соединений и шариковых выводов бугристая, неровная, матовая</p>	<p>Высокая температура в процессе пайки. Повторное расплавление припоя (двухсторонний монтаж, ремонт)</p>	<p>Откорректировать температурный профиль (уменьшить температуру пайки). При двухстороннем монтаже обеспечить пайку BGA во втором цикле</p>
	<p>«Холодная пайка». Метод контроля – визуальный, рентген, снятие микрошлифа. Низкая электрическая и механическая прочность паяного соединения, увеличение сопротивления контактов</p>	<p>Низкая температура пайки при пайке с применением флюс-геля (флюс-крема, флюс-пасты)</p>	<p>Увеличить температуру пайки</p>
 <p><i>Деформация паяного соединения</i></p>  <p><i>Деструкция паяного соединения</i></p>	<p>Деформация или деструкция паяных соединений. Метод контроля – визуальный. Приводит к снижению механической прочности паяных соединений</p>	<p>Перемещение компонентов в процессе охлаждения (до затвердевания припоя) – может происходить в результате вибрации конвейера печи. Деформация печатных плат при охлаждении (высокая скорость охлаждения, низкое качество базовых материалов). Ошибки при разработке печатных плат – неправильная конструкция/размещение контактных площадок</p>	<p>Предотвратить вибрацию конвейера печи. Снизить скорость охлаждения (руководствуйтесь требованиями стандарта J-STD-020C); использовать качественные материалы для печатных плат (при внедрении бессвинцовой технологии температура стеклования диэлектрика должна составлять не менее 150 °C). При конструировании печатных плат следует руководствоваться требованиями стандартов IPC-7095A и IPC-7351</p>



Затекание припоя в переходные отверстия.  
Метод контроля – рентген.  
Скелетная пайка, низкие механические характеристики паяного соединения, частично перекрытое припоем переходное отверстие становится ловушкой для загрязнений, создавая большие проблемы в процессе отмывки

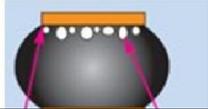
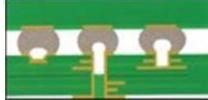
Ошибки разработчика : открытые металлизированные отверстия рядом с контактной площадкой, узкая перемычка паяльной маски (см. рис.) может не обеспечивать защиту от проникновения припоя в процессе пайки в переходное отверстие

Обеспечить перекрытие сквозных и межслойных металлизированных отверстий паяльной маской (см. требования стандарта IPC-7095A).



*Пример перекрытия отверстий паяльной маской*

**Дефекты пайки оплавлением: пустоты в шариковых выводах BGA**

Пример дефекта	Описание дефекта	Возможные причины	Методы предотвращения
	<p>Небольшие пустоты на границе шарикового вывода и контактной площадки корпуса компонента. Метод контроля – рентген, снятие микрошлифа</p>	<p>Дефект возникает на этапе производства компонентов</p>	<p>Ввести выборочный входной контроль (рентген). Заменить производителя компонентов</p>
 <p><i>Пример сечения печатной платы с контактными площадками, имеющими в центре углубление, и компонента BGA до сборки ПУ.</i></p>  <p><i>Пример образования дефектов паяных соединений во время процесса пайки</i></p>	<p>Большие пустоты в месте контакта вывода компонента и контактной площадки на печатной плате. Метод контроля – рентген, снятие микрошлифа. Возникают как при пайке BGA с применением флюс-геля, так и при использовании паяльной пасты</p>	<p>Неправильная конструкция контактных площадок. Некоторые производители применяют специальную конструкцию контактных площадок для BGA с межслойными или сквозными металлизированными отверстиями. Подобная конструкция применяется с целью упрощения центрирования компонентов с шариковыми выводами при установке, однако в процессе пайки — это будет приводить к формированию больших пустот (см. рис.)</p>	<p>Исключить сквозные межслойные металлизированные отверстия на контактных площадках под компоненты с шариковыми выводами  (сквозные и межслойные металлизированные отверстия должны быть отделены от контактной площадки зауженным проводником и перекрыты паяльной маской, см. пример выше)</p>

## **Дефекты паяных соединений**

<b>Дефект</b>	<b>Причина возникновения</b>	<b>Меры предупреждения</b>
Припой не смачивает	Недостаточный нагрев изделия под пайку	Повысить температуру пайки
	Наличие окисной пленки или других загрязнений	Проверить составы травителей и режимы обработки. При пайке в активных газовых средах проверить наличие среды
	Не обеспечено флюсование	Использовать более активный флюс или газовую среду, увеличить количество применяемых флюсующих средств
	Большая разность температур плавления припоя и флюса	Подобрать припой и флюс в соответствии с требованием технологии пайки
	Не обеспечена оптимальная шероховатость поверхности	Обеспечить подготовку поверхности к облуживанию (механически, химически или другим способом)
	Припой не взаимодействует с паяемым металлом	Заменить состав припоя; повысить температуру пайки; нанести на паяемый материал технологическое покрытие
Припой не затекает в зазор при наличии хорошего смачивания	Увеличен или уменьшен зазор в сравнении с оптимальным	Подобрать оптимальный зазор и обеспечить его поддержание в процессе пайки
Не образуется галтели с обратной стороны шва	Не выдержан оптимальный зазор, большая растворимость паяемого металла в припое	Изменить размер зазора до оптимального; поднять температуру пайки, увеличить количество припоя
	Не выдержан режим нагрева	Обеспечить равномерный прогрев всего изделия до оптимальной температуры
	Плохое качество очистки паяемой поверхности	Обеспечить более тщательную очистку поверхности перед пайкой, применять более активные флюсы или газовые среды
	Отсутствие выхода для газов из замкнутых полостей в зоне шва	Сделать технологические отверстия

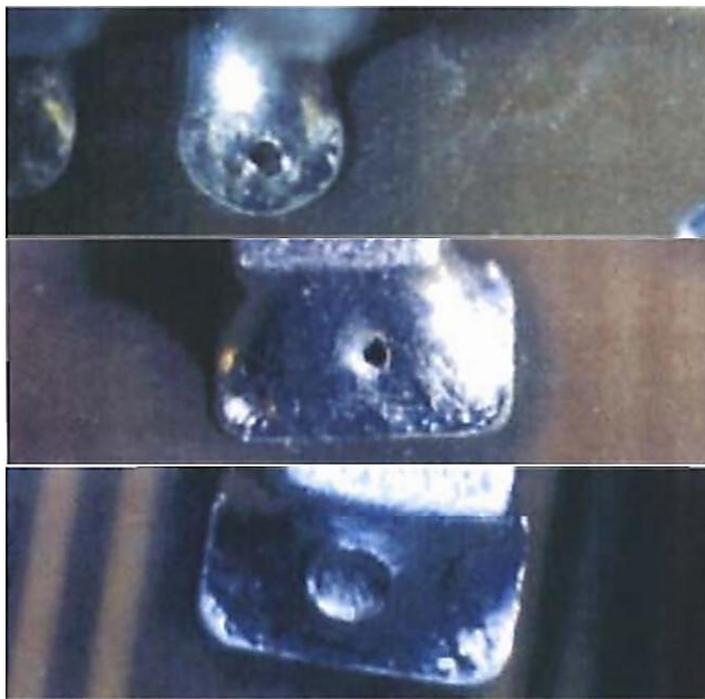
Дефект	Причина возникновения	Меры предупреждения
Пористость шва	Недостаточное количество припоя вследствие уноса его при пайке связующим компонентом припоя	Использовать в качестве связующего паяльных паст полимеры, переходящие при нагреве из твердого состояния в газообразное (типа сополимера формальдегида с диаксоланом – СФД)
	Высокая температура нагрева или слишком продолжительный нагрев	Сократить время или снизить температуру пайки
	Испарение компонентов припоя и флюса	Пайку вести в контролируемой среде при минимальных температуре и выдержке; применить способ нагрева, обеспечивающий сокращение времени нагрева
	Влияние флюса или контролируемых сред	Применить пайку в вакууме
	Проникновение газов в зону пайки из диэлектриков при пайке печатных плат	Проверить качество металлизации отверстий печатных плат (толщина покрытия должна быть не менее 25 мкм). Перед пайкой нагревать печатные платы с целью их дегазации. Повысить продолжительность пайки для удаления газообразных компонентов через расплав припоя
Осадки на поверхности печатных плат	Выпадение белого осадка связано с составом флюса, режимом пайки, качеством защитных покрытий	Удалить осадки сухой щеткой или промывкой водой
	Выпадение темного осадка вследствие неправильного выбора флюса или неполного удаления остатков флюса	Удалить остатки канифольного флюса сразу после пайки с помощью растворителей. Остатки кислотных флюсов удалять с применением нейтрализующих их добавок
Трещины в паяном шве	Быстрое охлаждение после пайки	Уменьшить скорость охлаждения. Использовать нагрев концентрированным источником энергии
	Значительная разность ТКЛР паяемых материалов и припоя	Подобрать материалы с близкими ТКЛР

Дефект	Причина возникновения	Меры предупреждения
	Пайка припоями с широким интервалом кристаллизации	Применять композитные материалы
	Образование хрупких фаз	Пересмотреть выбор припоя или режим пайки
Трещины в зоне паяного соединения	Интенсивная диффузия припоя в основной металл	Снизить температуру пайки, сократить время нагрева
	Значительная разность ТКЛР паяемых материалов	Подобрать близкие по ТКЛР материалы. Применить конструктивные или технологические приемы для обеспечения пайки различающихся по ТКЛР материалов. Использовать концентрированные источники нагрева
Смещение и перекося паяных соединений	Плохое крепление изделий перед пайкой	Использовать оснастку и приспособления, обеспечивающие надежную фиксацию изделия в процессе пайки
Некачественное состояние поверхности изделий после пайки	Окислительная среда в камере пайки	Обеспечить герметичность соединений трубопроводов, подающих защитную среду в камеру пайки
		Создать избыточное давление в системе, подающей защитную среду в камеру пайки
		Проверить состояние внутренней поверхности камеры пайки
	Наличие углерода на поверхности изделий	Проверить полноту удаления смазочного материала на паяемых изделиях
Наплывы или натеки припоя	Изделие недостаточно прогрето при пайке	Повысить температуру пайки в печи, при конвейерной пайке уменьшить скорость движения конвейера
	Наличие перемычек на печатных платах вследствие близкого расположения мест паяк	Использовать средства, изменяющие физические характеристики расплава припоя

<b>Дефект</b>	<b>Причина возникновения</b>	<b>Меры предупреждения</b>
	В результате низкой температуры пайки, малой выдержки, несоответствия выбранного припоя, плохой смачиваемости поверхности припоем	Повысить температуру расплава, увеличить время контакта печатной платы с припоем. Применить механические средства для удаления избытка припоя
Шероховатая поверхность паяного шва	Высокая температура или слишком продолжительный нагрев	Снизить температуру или сократить время нагрева
Нет электрического контакта впаянного элемента	Ложная пайка, отсутствие спаивания	Перепаять место соединения
Высокое электросопротивление термоэлемента	Пайка произошла не по всей поверхности контакта	Повторно облудить коммутирующие устройства и спаивать их
Включения флюса в паяном шве	Температура плавления припоя ниже температуры плавления флюса	Температура плавления флюса должна быть ниже температуры плавления припоя
	Заполнение паяльного зазора происходит с двух сторон	Обеспечить одностороннее заполнение зазора припоем
	Удельный вес флюса больше удельного веса припоя	Подобрать соответствующий флюс
Шлаковые включения в шве	Некачественная подготовка поверхности соединяемых изделий перед пайкой	Обеспечить тщательную подготовку поверхности перед пайкой
	Излишняя продолжительность нагрева в процессе пайки	Выдержать режим пайки
	Использование пламени с избыточным содержанием кислорода	Отрегулировать пламя горелки
Локальная эрозия паяемого материала в зоне соединения	Повышенная растворимость паяемого материала в расплаве припоя	Использовать припой, не вызывающий эрозии, снизить количество вводимого припоя, уменьшить температуру и продолжительность пайки
Деформация и коробление паяного изделия	Неравномерность нагрева и охлаждения изделия	Обеспечить равномерный нагрев и охлаждение изделия
		Применить нагрев концентрированным источником тепла
		Использовать оснастку, фиксирующую положение изделия при сборке, пайке и охлаждении

*Дефекты, чаще всего встречающиеся  
при осуществлении электрического монтажа компонентов*

**Раковины, поры, пустоты**

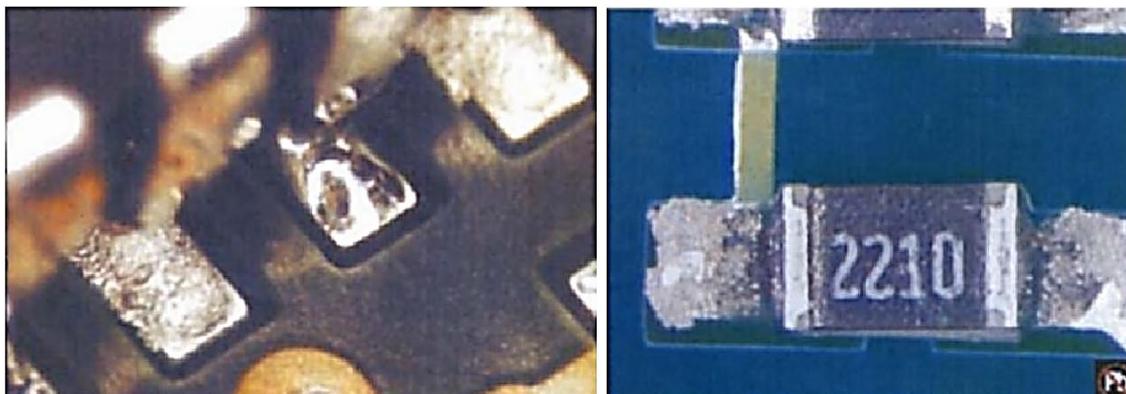


*Рис. Раковины, поры, пустоты*

<b>Причина возникновения</b>	<b>Меры предупреждения</b>
Недостаточное количество припоя вследствие уноса его при пайке связующим компонентом припоя	Использовать в качестве связующего паяльных паст полимеры, переходящие при нагреве из твердого состояния в газообразное
Высокая температура нагрева или слишком продолжительный нагрев	Сократить время или снизить температуру пайки
Испарение компонентов припоя и флюса	Пайку вести в контролируемой среде при минимальных температуре и выдержке; применить способ нагрева, обеспечивающий сокращение времени нагрева
Влияние флюса или контролируемых сред	Применить пайку в вакууме
Проникновение газов в зону пайки из диэлектриков при пайке печатных плат	Проверить качество металлизации отверстий печатных плат (толщина покрытия должна быть не менее 25 мкм). Перед пайкой нагревать печатные платы с целью их дегазации. Повысить продолжительность пайки для удаления газообразных компонентов через расплавы припоя

### **Неполное оплавление паяльной пасты**

Паяльная паста оплавлена не полностью. Поверхность паяного соединения шероховатая, повторяет форму частиц паяльной пасты.

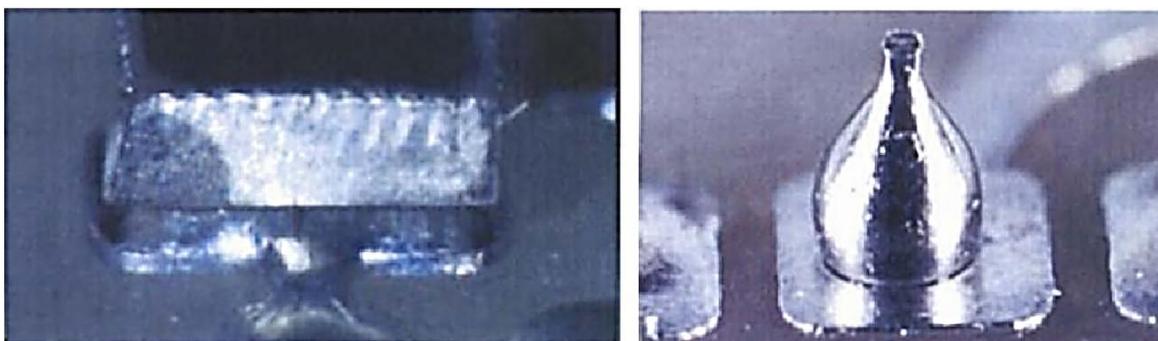


*Рис. Неполное оплавление паяльной пасты*

<b>Причина возникновения</b>	<b>Меры предупреждения</b>
Недостаточное время и/или температура предварительного нагрева	Измерить температурный профиль и откорректировать режимы предварительного нагрева и/или пайки
Недостаточное время и/или температура пайки	

### **Отсутствие смачивания припоем**

Припой не смачивает необходимую поверхность контактной площадки или вывод компонентов.



*Рис. Отсутствие смачивания припоем*

Причина возникновения	Меры предупреждения
Недостаточный нагрев изделия под пайку	Повысить температуру пайки
Наличие окисной пленки или других загрязнений	Проверить составы травителей и режимы обработки. При пайке в активных газовых средах проверить наличие среды
Не обеспечено флюсование	Использовать более активный флюс или газовую среду, увеличить количество применяемых флюсующих средств
Большая разность температур плавления припоя и флюса	Подобрать припой и флюс в соответствии с требованием технологии пайки
Не обеспечена оптимальная шероховатость поверхности	Обеспечить подготовку поверхности к облуживанию (механически, химически или другим способом)
Припой не взаимодействует с паяемым металлом	Заменить состав припоя; повысить температуру пайки; нанести на паяемый материал технологическое покрытие

### **Шарики, брызги припоя**

Сферические образования из припоя, остающиеся после процесса пайки. Бусинки припоя обычно являются мелкими шариками размером с зерно припоя исходной паяльной пасты, разбрызгиваемыми вокруг паяного соединения в процессе пайки оплавлением.



*Рис. Шарики, брызги припоя*

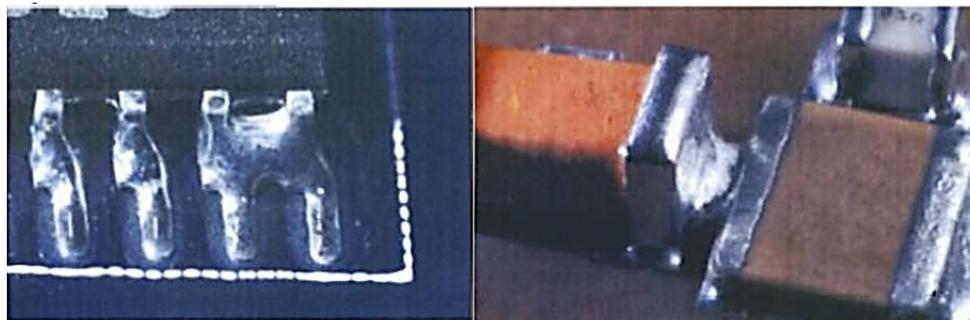
- Шарики припоя нарушают минимальный электрический зазор.
- Шарики припоя не вкраплены и не покрыты остатками безотмычного флюса или влагозащитным покрытием, или не имеют контакта с металлическими поверхностями.

**Примечание:** Понятия «вкраплены / покрыты флюсом / не имеют контакта» употребляются в предположении, что стандартные условия эксплуатации изделия не приведут к перемещениям шариков.

<b>Возможные причины</b>	<b>Методы предотвращения</b>
Избыточное количество паяльной пасты на контактных площадках – выдавливание паяльной пасты с контактной площадки при установке компонента (дефект сопровождается избыточным количеством припоя на паяных соединениях)	Уменьшить толщину трафарета (для большинства применений рекомендуемая толщина трафарета составляет 150 мкм); уменьшить размер апертур в трафарете
Истек срок годности паяльной пасты, низкое качество паяльной пасты	Заменить паяльную пасту
Высокая влажность в рабочем помещении	Влажность должна находиться в пределах 30–70 %
Длительное время нахождения пасты на трафарете	Не рекомендуется использовать пасту, которая находилась на трафарете больше 8 часов, заменить пасту
Длительное время между процессами нанесения паяльной пасты и пайки	Сократить время между нанесением и пайкой до 2–3-х часов
Истощение флюса во время пайки и повторное окисление частиц припоя и паяемых поверхностей	Сократить время стадии стабилизации до 1–2 мин, использовать пасту пригодную для длительного нагрева

### ***Мостики припоя***

Мостики припоя – это паяное соединение между проводниками, которые не должны быть соединены. Припой образует мостики между не связанными электрическими проводниками или компонентами.



*Рис. Мостики припоя*

**Причина возникновения:** наличие перемычек на печатных платах вследствие близкого расположения мест паяк.

**Методы предотвращения:** использовать средства, изменяющие физические характеристики расплава припоя.

### Трещины в паяных соединениях

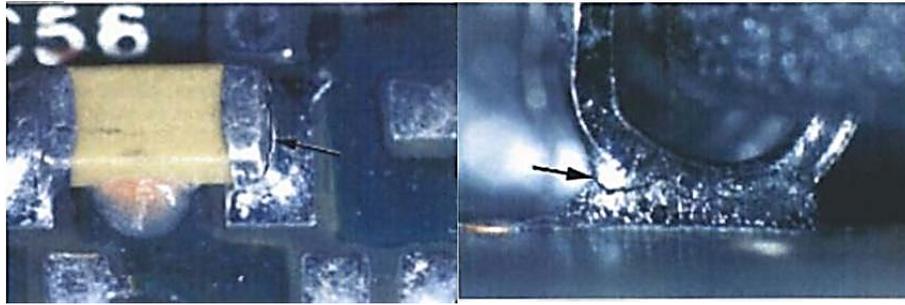


Рис. Трещины в паяных соединениях

Возможные причины	Методы предотвращения
Быстрое охлаждение после пайки	Уменьшить скорость охлаждения. Использовать нагрев концентрированным источником энергии
Значительная разность ТКЛР паяемых материалов и припоя	Подобрать материалы с близкими температурными коэффициентами линейного расширения (ТКЛР)
Пайка припоями с широким интервалом кристаллизации	Применять композитные материалы
Образование хрупких фаз	Пересмотреть выбор припоя или режим пайки

### Не сформирована галтель припоя

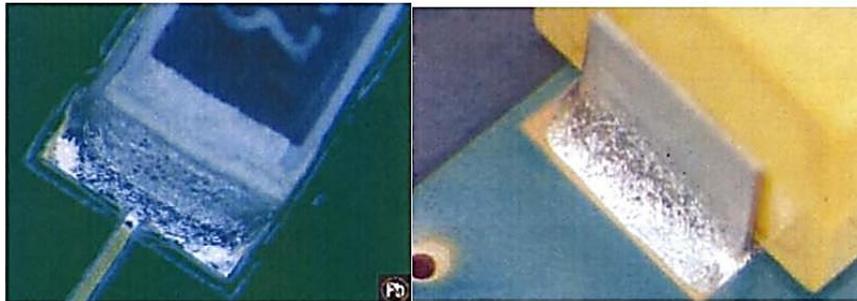
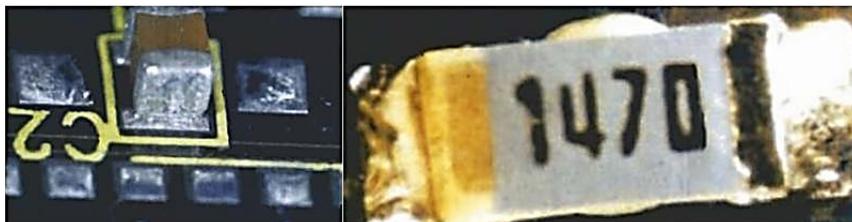


Рис. Не сформирована галтель припоя

Причина возникновения	Меры предупреждения
Большая растворимость паяемого металла в припое	Поднять температуру пайки, увеличить количество припоя
Не выдержан режим нагрева	Обеспечить равномерный прогрев всего изделия до оптимальной температуры
Плохое качество очистки паяемой поверхности	Обеспечить более тщательную очистку поверхности перед пайкой, применять более активные флюсы или газовые среды

### **Растворение металлизации**

Растворение торцевой части контактной поверхности чип-конденсатора оголяет керамику. Растворение металлизации на любой контактной поверхности превышает 25 % от ширины или толщины компонента. Потеря металлизации верхнего участка превышает 50 %. В этом случае компонент подлежит замене.



*Рис. Растворение металлизации*

### **Механическое повреждение чип-компонента**

Любая царапина или скол, оголяющая электроды. Сколы, трещины или повреждение любого рода компонентов в стеклянных корпусах. Любые сколы резистивного элемента. Любые трещины или усталостное разрушение.

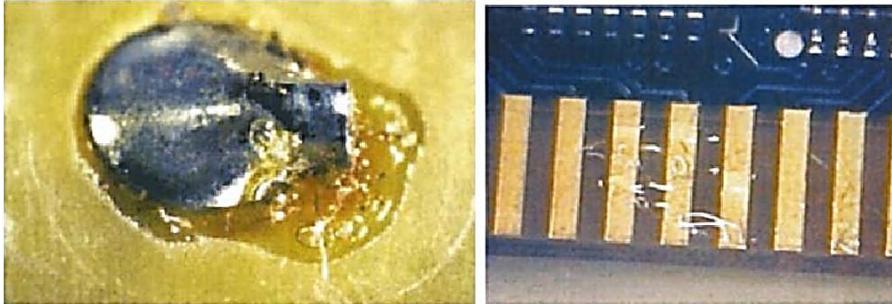


*Рис. Механическое повреждение чип-компонента*

<b>Возможные причины</b>	<b>Методы предотвращения</b>
Высокое давление при установке компонентов на печатную плату	Откалибровать оборудование и/или отрегулировать давление при установке компонентов
Тепловой удар в процессе пайки	Уменьшить температуру и время пайки, снизить скорость охлаждения (не более 3–4 °C/c)
Высокие механические напряжения вследствие избыточного содержания припоя на паяном соединении	Не допускать избыточного количества припоя на контактных площадках, уменьшить толщину трафарета
Деформация печатных плат на этапе нанесения паяльной пасты и установки компонентов (повреждение чип-компонентов на нижней, собранной стороне платы)	Обеспечить поддержку плат снизу при трафаретной печати и установке компонентов
Изгиб и деформация печатных плат при разделении групповых заготовок (ручное выламывание печатных плат)	Исключить деформацию плат при разделении групповых заготовок (необходимо использовать надлежащее оборудование)

### **Остатки флюса**

Наличие на электрических контактных поверхностях видимых остатков от флюсов, подлежащих удалению. Влажные, липкие или избыточные остатки флюса, которые могут распространяться на другие поверхности.

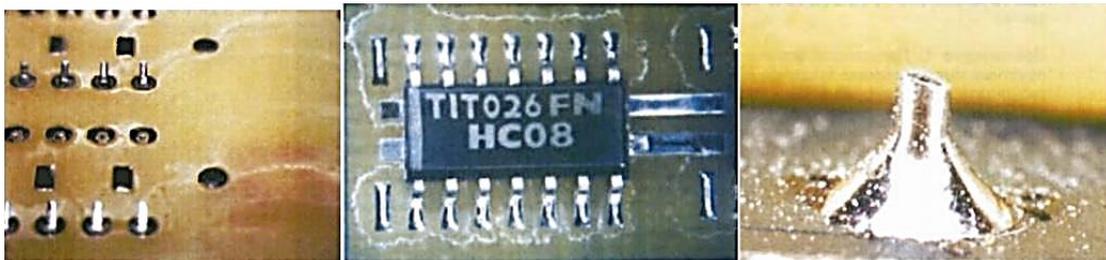


*Рис. Остатки флюса*

<b>Возможные причины</b>	<b>Методы предотвращения</b>
Температура плавления припоя ниже температуры плавления флюса	Температура плавления флюса должна быть ниже температуры плавления припоя
Удельный вес флюса больше удельного веса припоя	Подобрать соответствующий флюс

### **Белый налет**

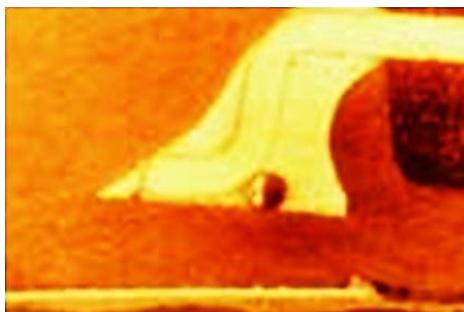
Белый налет на поверхности печатной платы. Белый налет на паяных соединениях или вокруг них. Белые кристаллы на металлических поверхностях.



*Рис. Белый налет*

<b>Причина возникновения</b>	<b>Меры предупреждения</b>
Выпадение белого осадка связано с составом флюса, режимом пайки, качеством защитных покрытий	Удалить осадки сухой щеткой или промывкой водой

**Отслоение паяного соединения от контактной площадки)**



*Рис. Отслоение паяного соединения от контактной площадки*

<b>Причина возникновения</b>	<b>Меры предупреждения</b>
Возникает в результате плохой очистки поверхности контактных площадок перед сборкой	Обеспечить очистку печатных плат перед сборкой
Нарушение покрытия золото/никель	Проконтролировать паяемость контактных площадок, заменить поставщика печатных плат

## ПЕРЕЧЕНЬ СПРАВОЧНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ р МЭК 61192 -1 -2010 Печатные узлы. Требования к качеству часть 1. М. : ИПК Изд-во стандартов, 2011.
2. ГОСТ р МЭК 61192 -2 -2010 Требования к качеству часть 2. Поверхностный монтаж. М. : ИПК Изд-во стандартов, 2011.
3. ГОСТ р МЭК 61192 -3-2010 Печатные узлы. Требования к качеству. часть 3. Сквозной монтаж. М. : ИПК Изд-во стандартов, 2011.
4. РД 03-606–03. Инструкция по визуальному и измерительному контролю. Сер. 03. Вып. 39. – М. : Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2003. – 104 с.
5. ИРС-А-610D. Промышленный стандарт «Критерии качества электронных сборок». – М. : ИПК Изд-во стандартов, 2005. – 397 с.
6. ГОСТ 18353-79. Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 1980. – 40 с.
7. ГОСТ 10317-79. Платы печатные. Основные размеры. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 1980. – 48 с.
8. ГОСТ 23752-79. Платы печатные. Общие технические условия. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 1980. – 32 с.
9. ГОСТ Р 53386-2009. Платы печатные. Термины и определения. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2009. – 15 с.
10. ГОСТ 23479-79. Контроль неразрушающий. Методы оптического вида. Общие требования. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 1980. – 12 с.
11. ГОСТ 24715-81. Соединения паяные. Методы контроля качества. – М : ИПК Изд-во стандартов, 1983. – 12 с.