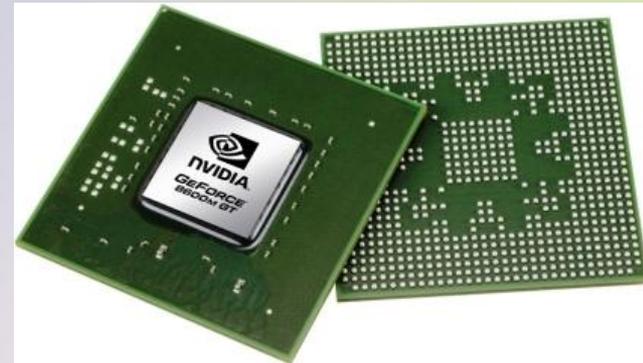


# Поверхностный монтаж

История, технология и оборудование, размеры и типы корпусов,  
преимущества и недостатки

# Технология поверхностного монтажа (ТПМ или SMT)

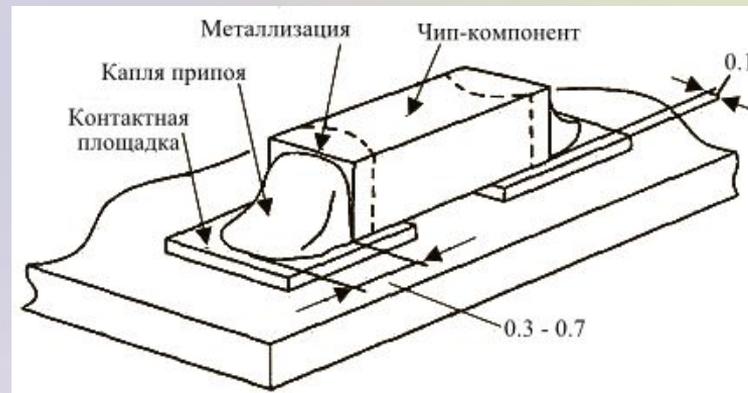
Это технология изготовления электронных изделий на печатных платах, а также связанные с данной технологией методы конструирования печатных узлов.



# Отличие от сквозного монтажа

Основным отличием ТМП от «традиционной» технологии — сквозного монтажа в отверстия является то, что компоненты монтируются на поверхность печатной платы.

Такие компоненты называют чип-компонентами.



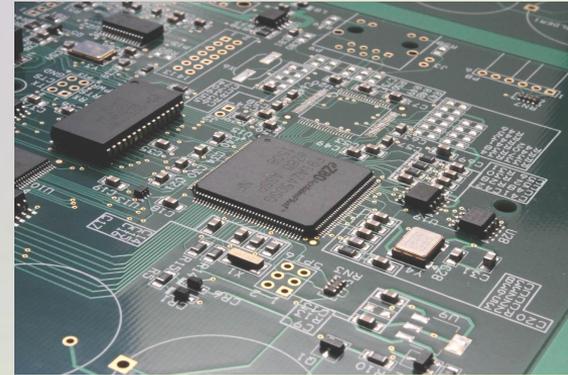
# Предпосылки к появлению технологии

- достаточно высокие значения коэффициента использования объема ( $K_v$ ) при сквозном монтаже. Для уменьшения необходимо было не только повышать степень интеграции ИС, но и уменьшать размеры корпусов и плотность расположения их на ПП;
- значительная сложность автоматического монтажа;
- рост сложности устанавливаемых компонентов;
- рост плотности расположения компонентов на печатной плате;
- рост плотности проводников печатной платы .

# История: появление

Японские изготовители электронных устройств в конце 1970-х годов начали первыми в мире монтировать пассивные чип-компоненты, ранее применявшиеся только в гибридных ИС и микросборках, непосредственно на поверхность ПП.

Одним из первопроходцев в этой технологии также была компания «IBM». Электронные компоненты были изменены таким образом, чтобы уменьшить контактные площадки или выводы, которые бы паялись непосредственно к поверхности печатной платы.



# Дальнейшее развитие

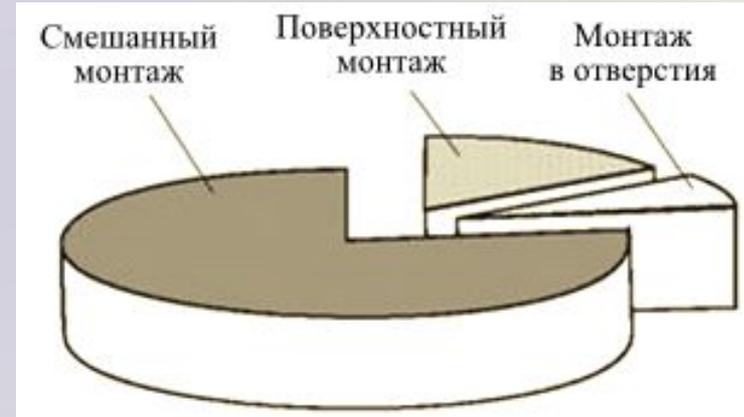
Это новое направление получило название Surface Mount Technology (SMT) — технология поверхностного монтажа.

Дальнейшее развитие конструкций ЭМПП было связано с созданием активных компонентов для ТПМ, а также совершенствованием существующих пассивных.



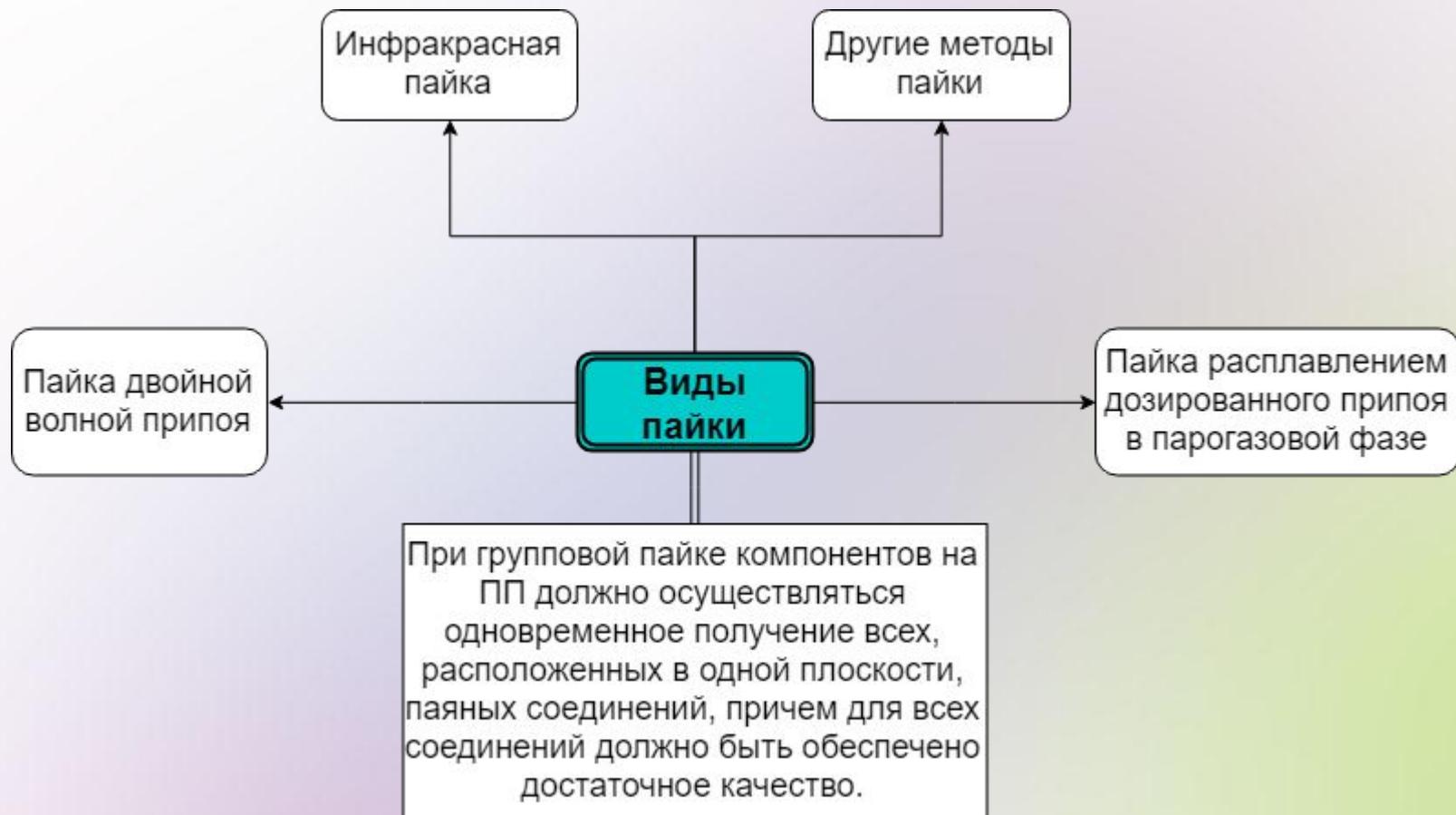
# Что на данный момент?

Наиболее распространенным вариантом ЭМПП в настоящее время считается конструкция со смешанным монтажом.



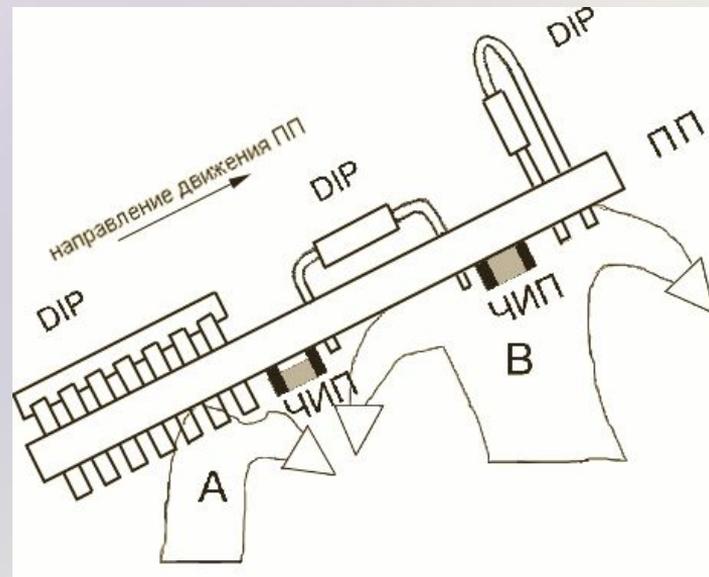






# Пайка двойной волной припоя

Применяется для пайки простых чип-компонентов, расположенных на одной стороне ПП, как правило, обратной. Первая волна делается турбулентной и узкой, которая исходит из сопла под большим давлением - это позволяет избежать образования полостей с газообразными продуктами разложения флюса. Вторая волна обладает очищающей способностью и устраняет перемычки припоя, а также завершает формирование галтелей с целью создания качественного профиля места пайки.

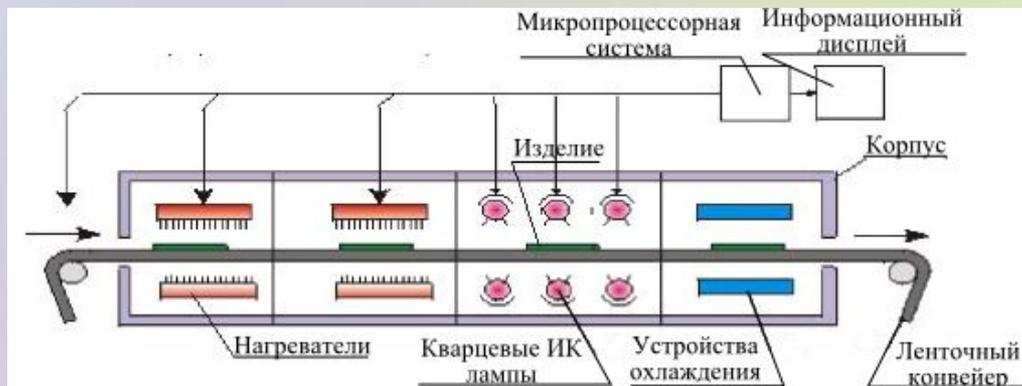




# Инфракрасная пайка

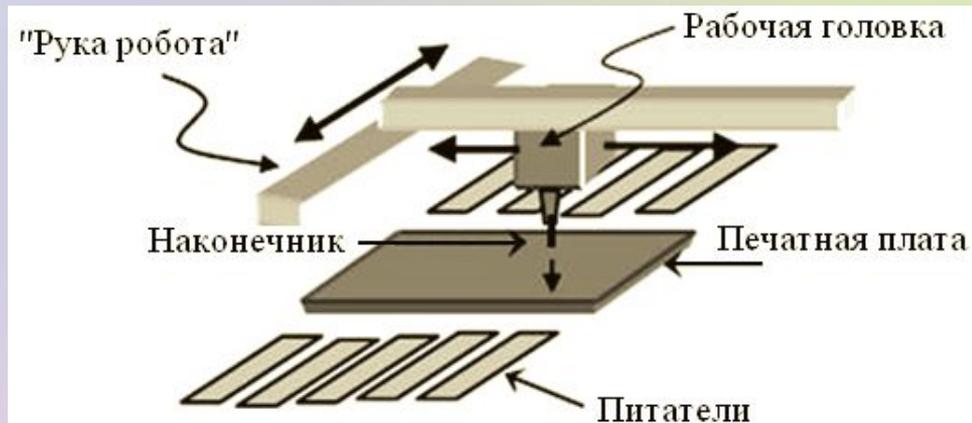
Аналогична пайке в парогазовой фазе, за исключением того, что нагрев платы с компонентами производится не парами жидкости, а ИК - излучением. Преимущество — это единственный из механизмов теплопередачи по всему объему изделия. Остальные механизмы передают тепловую энергию только поверхности изделия.

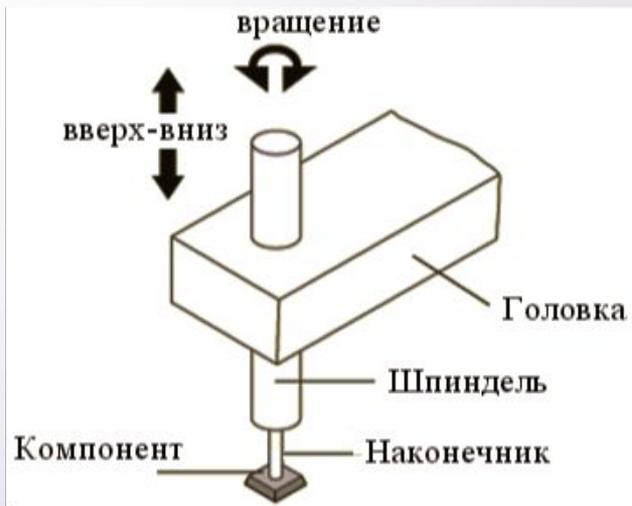
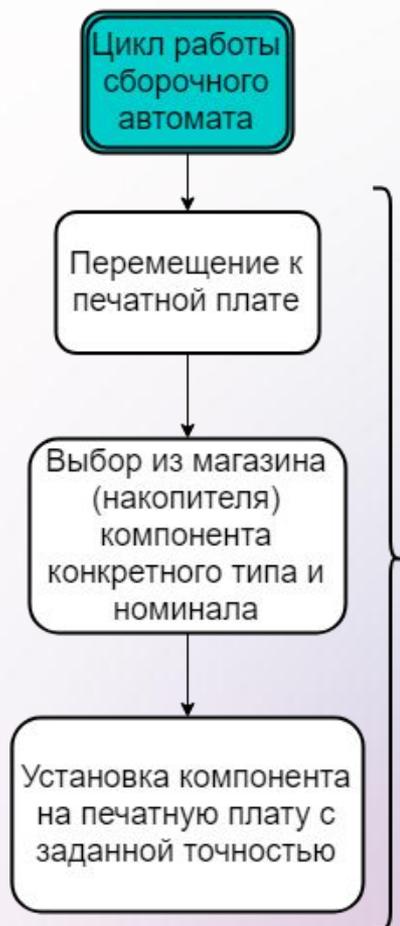
Производится в специальных установках, имеющих от двух до пяти зон нагрева с автономно регулируемыми нагревателями для создания необходимого профиля нагрева.



# О сборочных автоматах

Для российского мелкосерийного многономенклатурного производства ЭМПП чаще всего приобретаются автоматические установщики портального типа. Такие автоматы при достаточно высокой производительности и гибкости позволяют устанавливать широкую номенклатуру как пассивных, так и активных компонентов.





В автоматах портального типа эти функции выполняет «рука робота».

Каждый шпиндель рабочей головки может совершать поступательные (вверх–вниз) и вращательные (вокруг вертикальной оси) движения. Кроме того, в наконечнике шпинделя может создаваться пониженное давление — вакуум (для захвата компонента) или повышенное (для установки компонента на клей или паяльную пасту, нанесенные на посадочные места печатной платы).

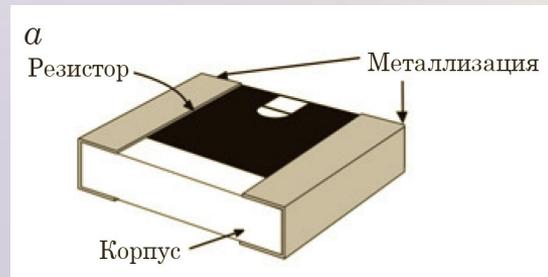
# Питатели монтажных автоматов

Рабочая головка способна захватывать компоненты только из специальных устройств — питателей. Каждый вид тары с компонентами (ленты, тубы, матричные поддоны и т. д.) устанавливается в питатели соответствующего типа. Современные монтажные автоматы, как правило, оснащаются интеллектуальными питателями, которые представляют собой программируемые устройства, хранящие информацию о типе и параметрах настройки питателя, о содержащихся в питателе и выбранных из него компонентах и т. д.

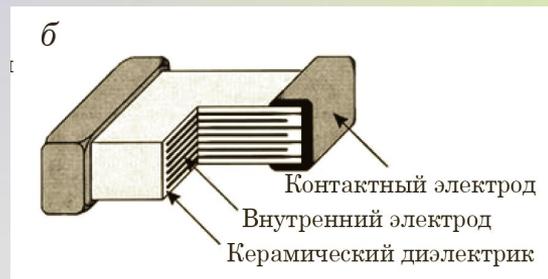
В современных монтажных автоматах используется как лазерное, так и оптическое центрирование.

# Размеры и типы корпусов электроэлементов

Пассивные компоненты. Выпускаются в корпусах двух типов: безвыводных корпусах прямоугольной формы и корпусах типа MELF (Metal Electrode Face Bonded). Для указания геометрических размеров таких корпусов используется краткая форма обозначения: например, 1206 означает, что компонент имеет длину 0,12 дюйма, а ширину 0,06 дюйма. Чип-компоненты изготавливаются по тонко- или толстопленочной технологии.



Резистор

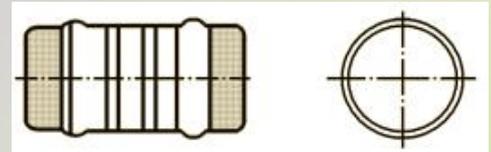


Конденсатор

# MELF

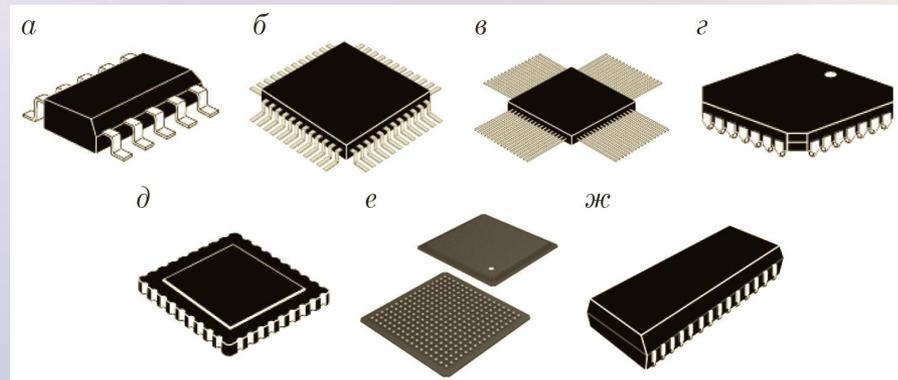
Корпуса типа MELF (Metal Electrode Face Bonded) представляют собой слегка измененный безвыводной вариант обычного резистора или конденсатора с аксиальными выводами. В корпусах типа MELF в основном выпускаются керамические конденсаторы и пленочные резисторы, а также кремниевые диоды, катушки индуктивности, устройства защиты.

Чип-компоненты в безвыводных корпусах (по сравнению с MELF) оказались более приспособленными к дальнейшей микроминиатюризации и получили большее распространение.



# Активные компоненты для ТПМ

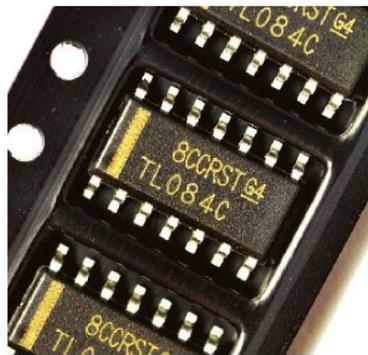
Активные компоненты для ТПМ разрабатывались в специальных корпусах. Выводы корпусов формируются предприятиями-изготовителями и дальнейшим изменениям не подлежат.



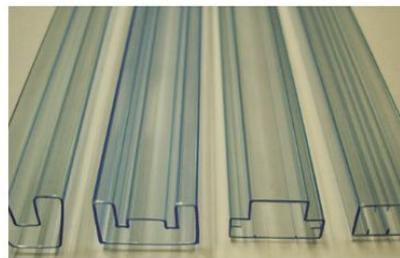
а — SOIC (Small Outline Integrated Circuit); б — PQFP (Plastic Quad Flatpack); в — CQFP (Ceramic Quad Flatpack); г — PLCC (Plastic Leaded Chip Carrier); д — LCCC (Leadless Ceramic Chip Carrier); е — BGA (Ball Grid Array); ж — SOJ (Small-Outline J-leaded)

# Активные компоненты для ТПМ

Активные компоненты для поверхностного монтажа поставляются в ленте (а), пластиковых пеналах (б) и матричных поддонах (в).



а



б



в

Размеры и типы корпусов электроэлементов:  
таблица

## Двухконтактные

### Прямоугольные пассивные компоненты (резисторы и конденсаторы)

0,4 × 0,2 мм  
(дюймовый типоразмер — 01005);  
0,6 × 0,3 мм (0201);  
1,0 × 0,5 мм (0402);  
1,6 × 0,8 мм (0603);  
2,0 × 1,25 мм (0805);  
3,2 × 1,6 мм (1206);  
3,2 × 2,5 мм (1210);  
4,5 × 3,2 мм (1812);  
4,5 × 6,4 мм (1825);  
5,6 × 5,0 мм (2220);  
5,6 × 6,3 мм (2225);

### Цилиндрические пассивные компоненты (резисторы и диоды) в корпусе MELF

Melf (MMB) 0207, L = 5.8 мм,  
Ø = 2.2 мм, 1.0 Вт, 500 В;  
MiniMelf (MMA) 0204, L = 3.6 мм,  
Ø = 1.4 мм, 0.25 Вт, 200 В;  
MiniMelf (MMA) 0204, L = 3.6 мм,  
Ø = 1.4 мм, 0.25 Вт, 200 В;  
MicroMelf (MMU) 0102, L = 2.2 мм,  
Ø = 1.1 мм, 0.2 Вт, 100 В;

### Диоды (англ. small outline diode, сокр. SOD)

SOD-323 — 1,7 × 1,25 × 0,95 мм;  
SOD-123 — 2,68 × 1,17 × 1,60 мм;

### Танталовые конденсаторы

тип А (EIA 3216-18) — 3,2 × 1,6 × 1,6 мм;  
тип В (EIA 3528-21) — 3,5 × 2,8 × 1,9 мм;  
тип С (EIA 6032-28) — 6,0 × 3,2 × 2,2 мм;  
тип D (EIA 7343-31) — 7,3 × 4,3 × 2,4 мм;  
тип Е (EIA 7343-43) — 7,3 × 4,3 × 4,1 мм;

## Трехконтактные

Транзисторы с тремя короткими выводами (SOT)

SOT-23 —  $3 \times 1,75 \times 1,3$  мм

SOT-223 —  $6,7 \times 3,7 \times 1,8$  мм  
(без выводов)

## DPAK (TO-252)

Корпус (трёх- или пятиконтактные варианты), разработанный компанией Motorola для полупроводниковых устройств с большим выделением тепла

## D3PAK (TO-268)

корпус, аналогичный D2PAK, но ещё больший по размеру

## D2PAK (TO-263)

Корпус (трёх-, пяти-, шести-, семи- или восьмивыводные варианты), аналогичный DPAK, но больший по размеру (как правило габариты корпуса соответствуют габаритам TO220)

Выводы в две линии по бокам
ИС с выводами малой длины (англ. small-outline integrated circuit, сокращённо SOIC), расст. между выводами 1,27 мм;
TSOP (англ. thin small-outline package) — тонкий SOIC (тоньше SOIC по высоте), расст. между выводами 0,5 мм;
SSOP — усаженный SOIC, расстояние между выводами 0,65 мм;
TSSOP — тонкий усаженный SOIC, расстояние между выводами 0,65 мм;
QSOP — SOIC четвертного размера, расстояние между выводами 0,635 мм;
VSOP — QSOP ещё меньшего размера, расстояние между выводами 0,4; 0,5 или 0,65 мм;

**С четырьмя и более выводами**

Выводы в четыре линии по бокам
PLCC, CLCC — ИС в пластиковом или керамическом корпусе с выводами, загнутыми под корпус с виде буквы J на расстоянии 1,27 мм);
QFP (англ. quad flat package — квадратный плоский корпус) — квадратные плоские корпуса ИС разных размеров;
LQFP — низкопрофильный QFP (1,4 мм в высоту, разные размеры);
PQFP — пластиковый QFP, 44 или более вывода;
CQFP — керамический QFP, сходный с PQFP;
TQFP — тоньше QFP;
PQFN — силовой QFP, нет выводов, площадка для радиатора;

Массив выводов
BGA (англ. ball grid array) — массив шариков с квадратным или прямоугольным расположением выводов, обычно на расстоянии 1,27 мм;
LFBGA — низкопрофильный FBGA, квадратный или прямоугольный, шарики припоя на расстоянии 0,8 мм;
CGA — корпус с входными и выходными выводами из тугоплавкого припоя;
CCGA — керамический CGA;
μBGA (микро-BGA) — массив шариков с расстоянием между ними менее 1 мм;
FCBGA (англ. flip-chip ball grid array) — массив шариков на подложке, к которой припаян сам кристалл с теплораспределителем, в отличие от PBGA (массив шариков, микросхема в пластиковом корпусе) с кристаллом внутри пластмассового корпуса микросхемы;
LLP — безвыводный корпус.

# Преимущества поверхностного монтажа

- отсутствие, либо очень малая длина выводов у компонентов: нет необходимости в их обрезке после монтажа;
- меньшие габариты и масса компонентов;
- нет необходимости прогрева припоя внутри металлизированного отверстия;
- нет необходимости в сверлении отверстий в плате для каждого компонента;

# Преимущества поверхностного монтажа

- можно использовать для монтажа обе стороны платы;
- более простая и легко поддающаяся автоматизации процедура монтажа: нанесение паяльной пасты, установка компонентов на плату и групповая пайка являются разнесёнными во времени технологическими операциями;
- можно использовать печатные платы с металлическим основанием для рассеивания тепла от компонентов, а также электромагнитной экранизации.

# Преимущества поверхностного монтажа

- высокая плотность монтажа, как за счёт меньших габаритов компонентов, так и за счёт меньшего количества отверстий в плате и меньшей площади контактных площадок;
- улучшение массо-габаритных характеристик готового изделия;
- улучшение электрических характеристик: за счёт отсутствия выводов и уменьшения длины дорожек снижаются паразитные ёмкости и индуктивности, уменьшается задержка в сигналах сверхвысокой частоты;
- снижение себестоимости готовых изделий.

# Недостатки поверхностного монтажа перед СКВОЗНЫМ

- производство требует более сложного и дорогого оборудования;
- при ручной сборке, например, единичных и малосерийных изделий, поверхностный монтаж требует более высокой квалификации и специальных инструментов;
- высокие требования к качеству и условиям хранения технологических материалов. Это связано с высокой плотностью монтажа, а также с тем фактом, что компоненты и печатная плата часто имеют непосредственный тепловой контакт, и при этом различные коэффициенты теплового расширения, что может привести к появлению перенапряжений, короблению и отрыву элементов;

# Недостатки поверхностного монтажа перед СКВОЗНЫМ

- при проектировании топологии печатных плат необходимо учитывать не только электрические, но и тепловые, а иногда и механические характеристики элементов;
- при групповой пайке требуется обеспечивать очень точное соблюдение температуры и времени нагрева, во избежание перегрева компонентов, либо появления непропаянных участков. Качество групповой пайки еще и зависит от топологии печатной платы, что также нужно учитывать при её проектировании.

# Заключение

Производство компонентов в корпусах для поверхностного монтажа постоянно растет, но традиционные компоненты со штыревыми выводами также остаются в применении.

Спасибо за внимание