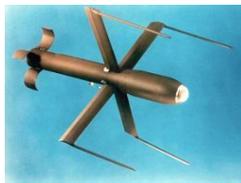


## Кафедра Микроэлектроника

курсы:

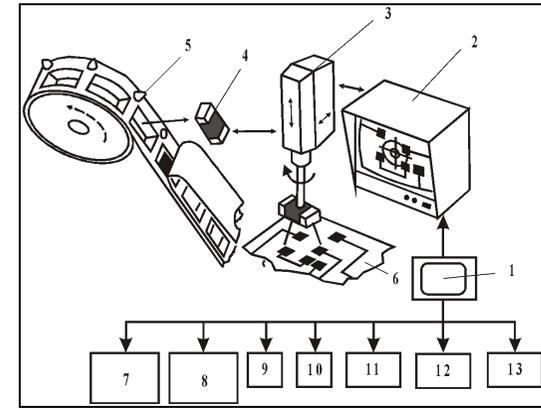
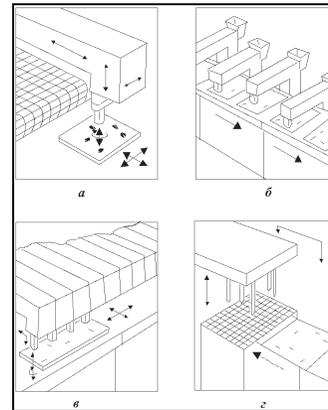
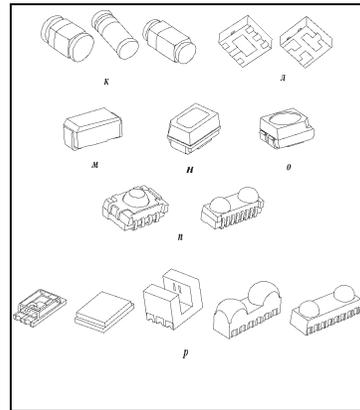
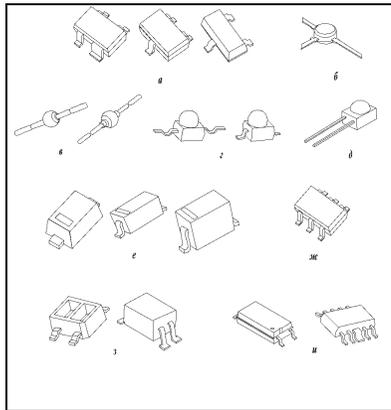
«Компьютерные интегрированные системы «Разработка-  
производство изделий»;

«Конструирование радиоэлектронной аппаратуры».

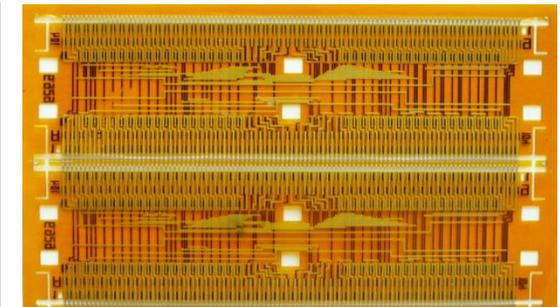
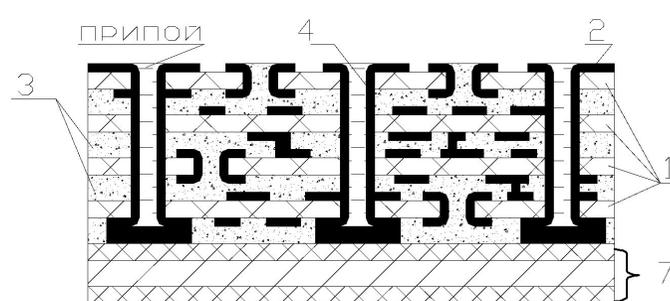
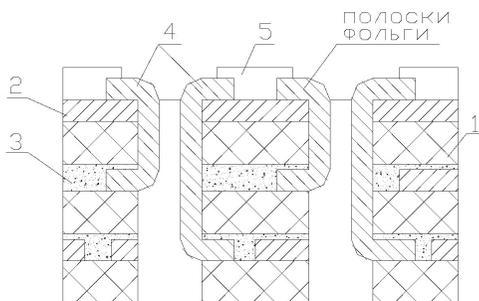


# Общая структура дисциплины

## Модуль 1: Комплексная микроминиатюризация и современные технологии сборки элементной базы



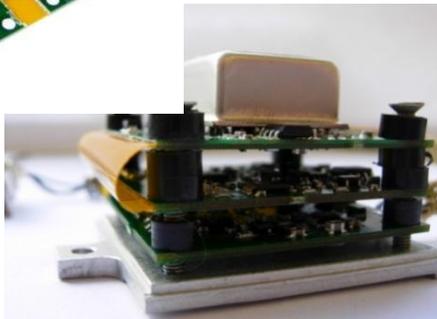
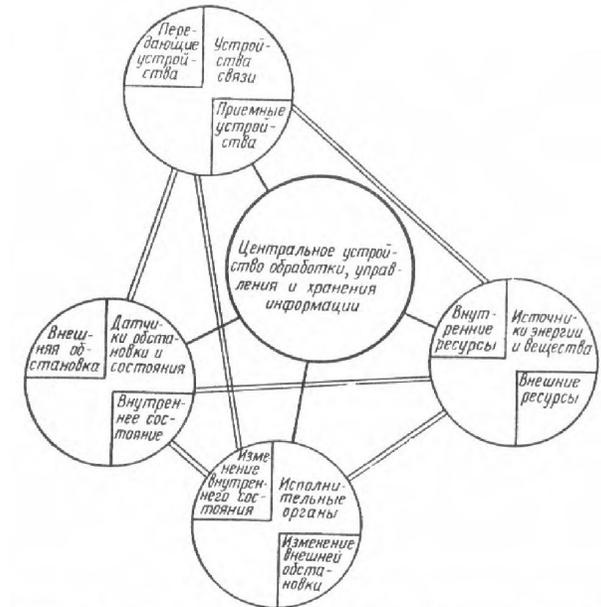
## Модуль 2: Многоуровневые коммутационные системы. Технологии внутриячеечного и особенности межъячеечного монтажа



## Модуль 1: Комплексная микроминиатюризация и современные технологии сборки элементной базы

### Состав модуля 1:

- Комплексная микроминиатюризация электронной аппаратуры.
- Роль компьютерно-интегрированных технологий монтажа и сборки в обеспечении тактико-технических характеристик современной электронной аппаратуры.
- Элементная база и ее влияние на конструкцию микроэлектронной аппаратуры.
- Пути развития компьютерно-интегрированных технологий в сборочно-монтажном производстве современных электронных средств и изделий микросистемной техники.



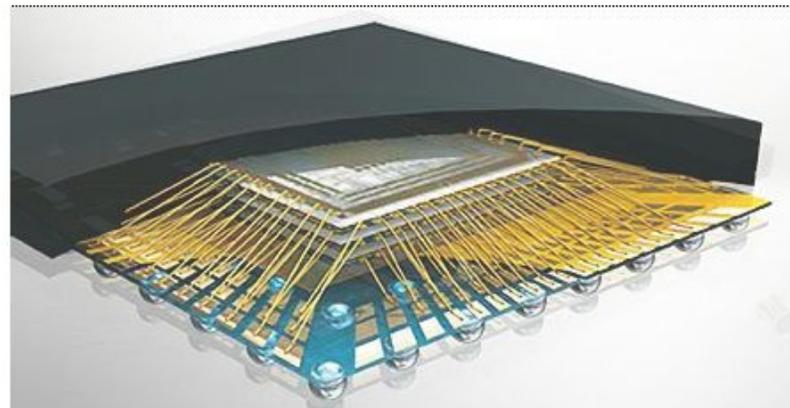
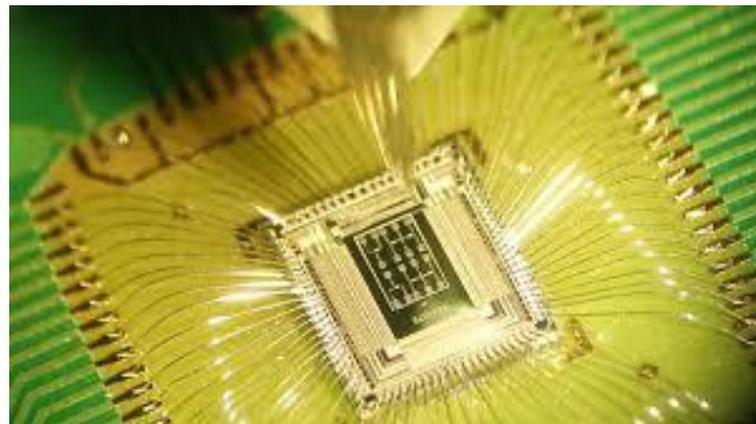
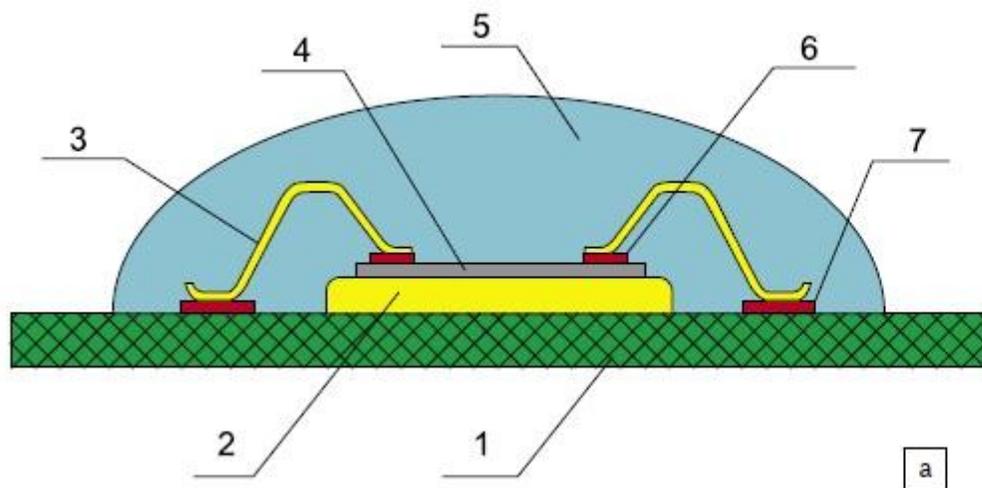
- Корпусные интегральные микросхемы.
- Государственные, отраслевые и международные стандарты.
- Бескорпусная элементная база и её конструктивное исполнение.
- Особенности сборки и монтажа бескорпусных микросхем на гибких полиимидных носителях.
- Конструктивно-технологические ограничения при проектировании СБИС модификации 2.

## Бескорпусная элементная база (б/к)

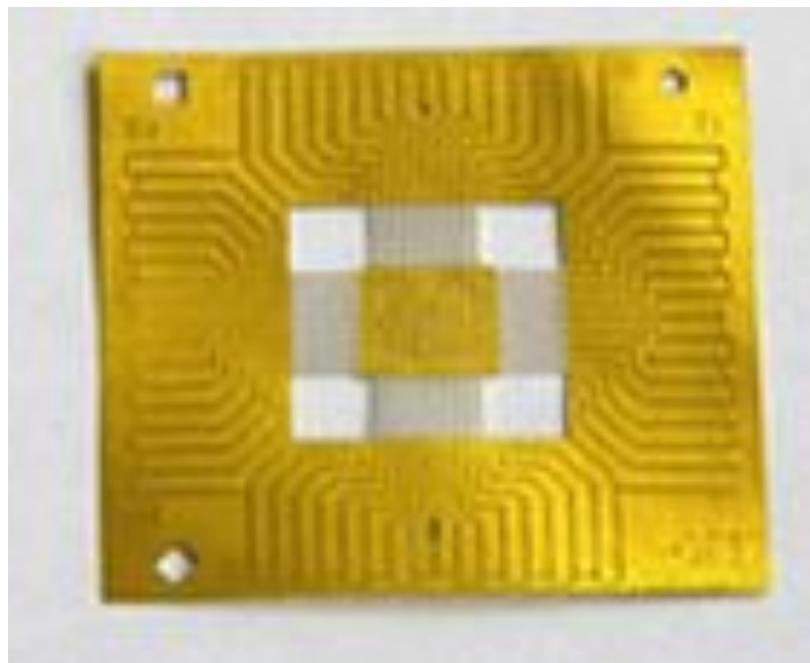
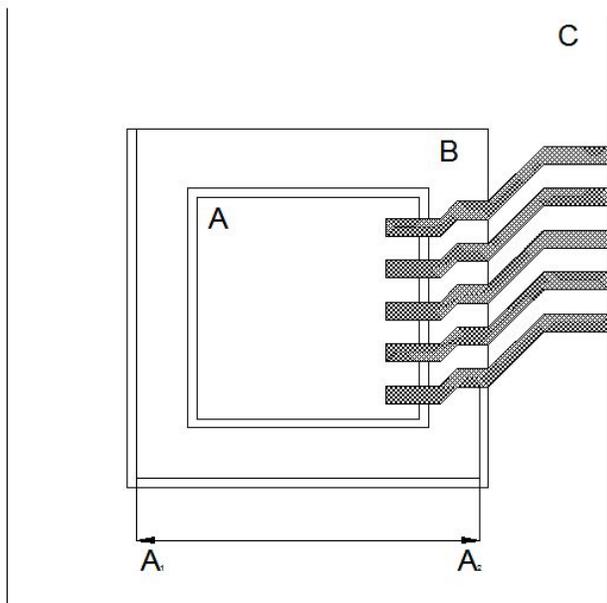
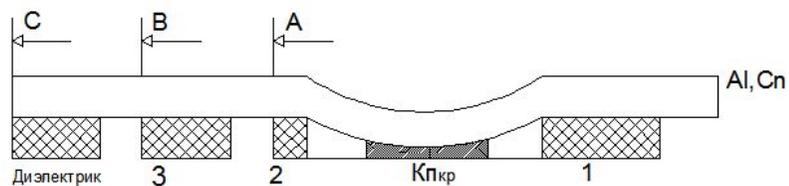
Находит широкое применение и отвечает всем проблемам комплексной миниатюризации.

б/к имеет свой отраслевой стандарт: ОСТ В 11.0305.

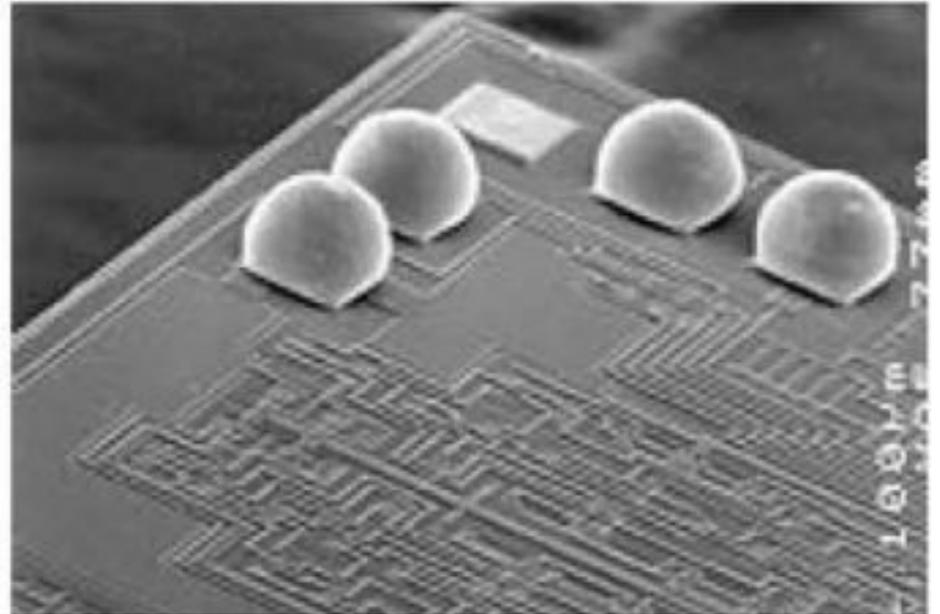
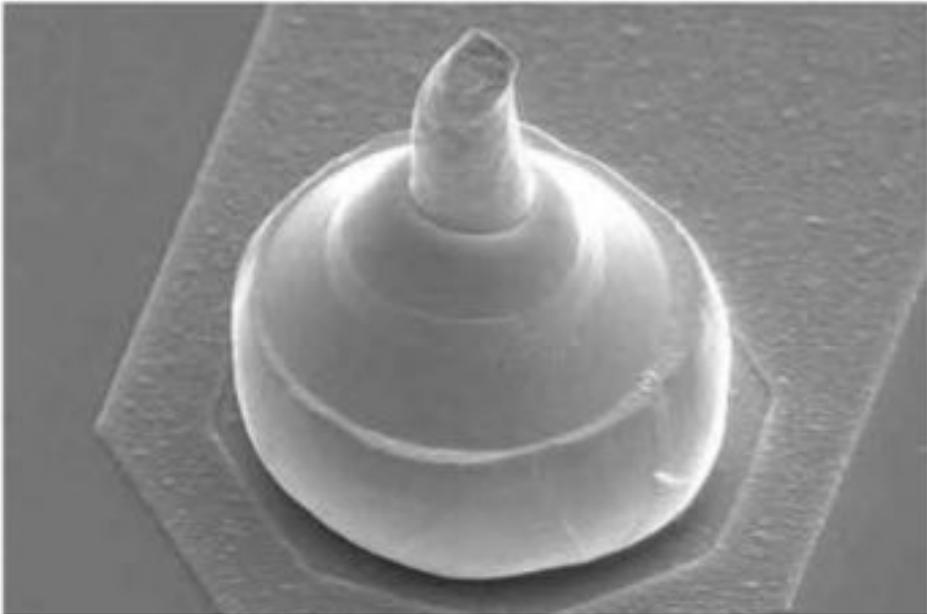
Модификация 1: с гибкими проволочными выводами.



Модификация 2: с ленточными выводами (кристалл на ленточном полиимидном носителе с Al или Cu выводами).

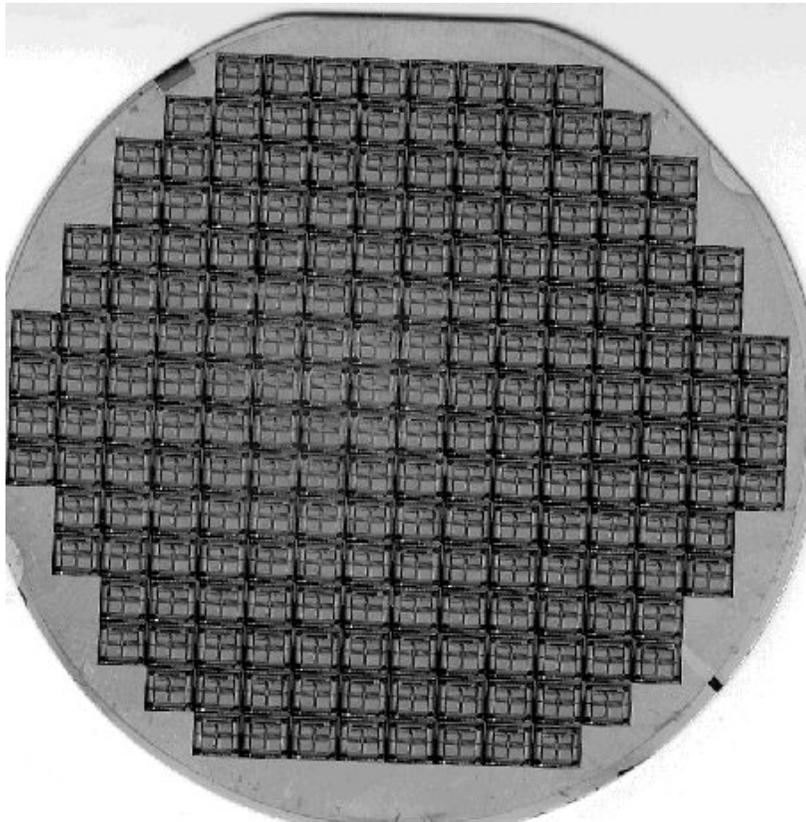


Модификация 3: с жесткими выводами, шариковыми и столбиковыми.



Модификация 4: кристалл в пластине.

Модификация 5: кристалл на общей пластине, разделенной без потери ориентации.



## Модификация 1

БИС модификации 1 выполняется наиболее простым технологическим приемом, путем приварки проволочных выводов к КП кристалла. Для выводов используют материал с высокой электропроводимостью (Al, Au, Ni). Если использовать Al, то лучше применять ультразвуковую сварку (УЗС). Au и Ni допускают как УЗС сварку, так и термокомпрессионную, или контактную. Автоматизация б/к БИС модификации 1 на этапе монтажа крайне затруднена, так как кристалл имеет более 60 выводов.

Диаметр используемой проволоки  $\approx 30-100$  мкм.

Золотая проволока от 7 мкм.

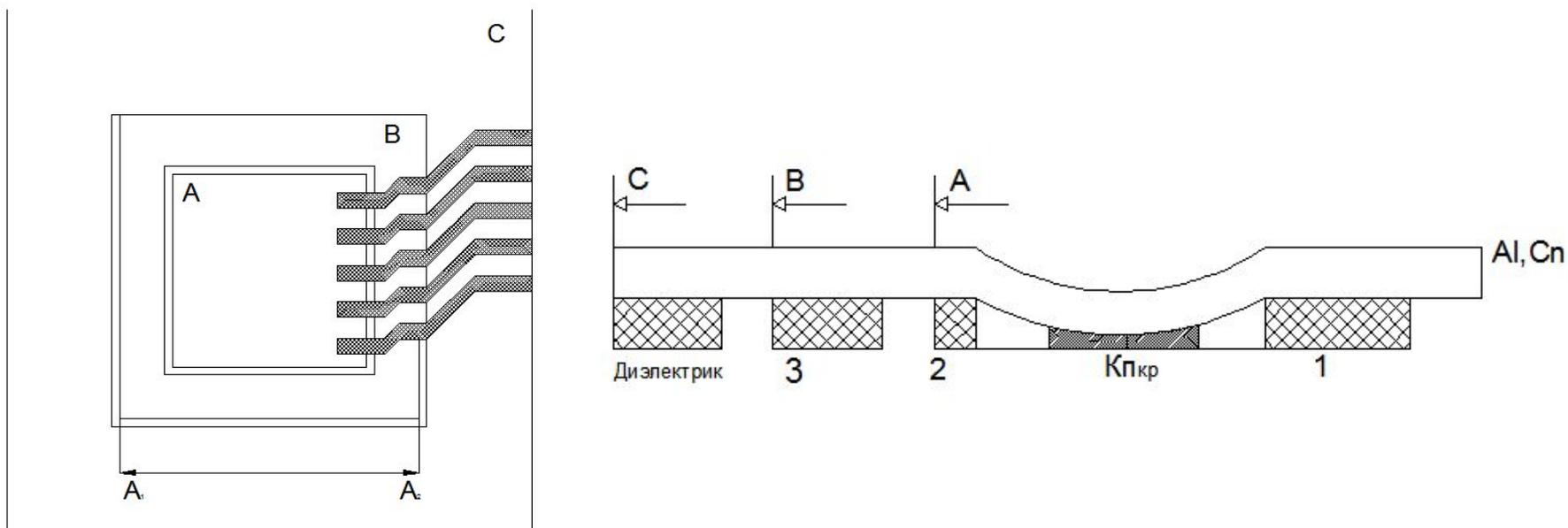
Поэтому для монтажа и сборки применяют конструктивно-технологическую плату. Однако такое конструктивное усовершенствование не обеспечивает автоматизацию внешних выводов. Поэтому стали развиваться методы создания БИС с организованными выводами полностью отвечающим компьютерно – интегрированной технологии.

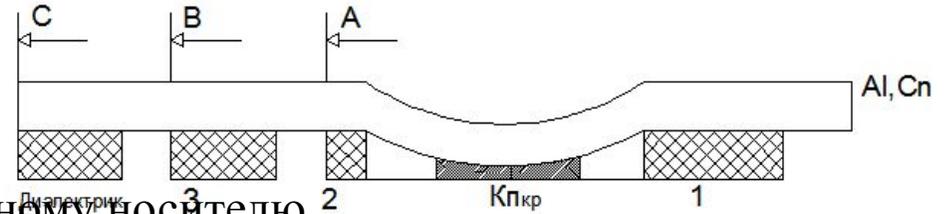
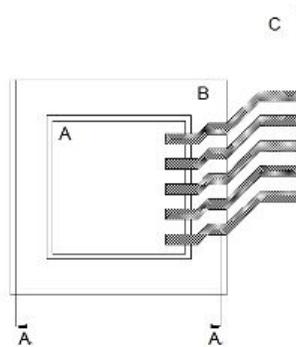
Б/к БИС с организованными выводами (модификации 2 и 3).

В БИС модификацию 2 подразделяют:

- с жесткими балочными выводами.
- с гибкими ленточными выводами (Al и Cu).

Конструктивной особенностью БИС модификации 2 является применение гибкого носителя, который обеспечивает в своем конструктиве наличие проводов, как для разварки на КП кристалла, так и для монтажа уже годной БИС в ячейку.





Зона А – для монтажа КН кристалла к ленточному носителю.

Зона В – для монтажа ленточного носителя к монтажной плате.

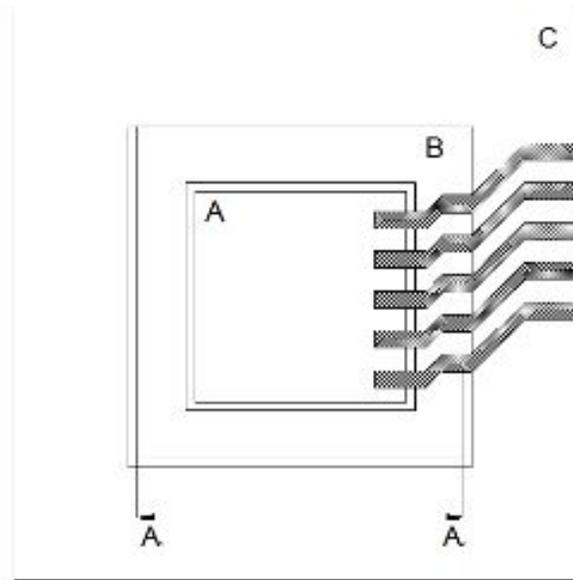
Зона С – для измерения кристалла и проведения электротермотоковой тренировки.

Технологически, после присоединения выводов к кристаллу в зоне А, производится нанесение защитного покрытия и его отверждение. Затем, после технологического испытания микросхемы поступаю на измерение. На участке монтажа микросхему «вырубают» из носителя по линии  $A_1A_2$ . Затем, после формовки выводов, микросхема поступает монтироваться в ячейку. При проектировании гибкого носителя необходимо выполнять 3 основные и 1 дополнительную рамку.

Конструктивные элементы:

1 полимерная сетка

2 армированная сетка.



Отверстия предназначены для сцепления защитного покрытия с кристаллом.

Защитное покрытие закрывает и сварную точку и дополнительно защищает поверхность кристалла от механических и динамических воздействий.

Лучшие результаты дают только сплошные армированные фрагменты над кристаллом (вып. Роль кристалла), однако прочность сцепления с кристаллом не значительно и для БИС с повышенным требованиями по механической стойкости, такой конструктив не желателен.

Шаг выводов выполняется в соответствии с ОСТ В 11.0305.

Шаг выводов в зоне А соответствует шагу выводов кристалла.

Шаг выводов в зоне В не менее 0,3 мм (по ОСТу 2,5; 1,25; 0,625; 0,5; 0,3).

Шаг выводов в зоне С составляет минимум 1,25 мм, чаще всего 2,5.

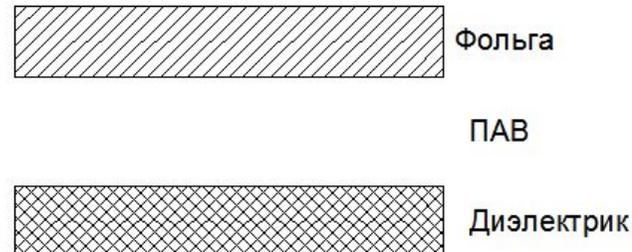
В соответствии с ОСТ подразделяется на:

- однослойные (Al, Cu).
- двухслойные (Al, Cu).
- трехслойные (Cu с выступами, Al без выступа).

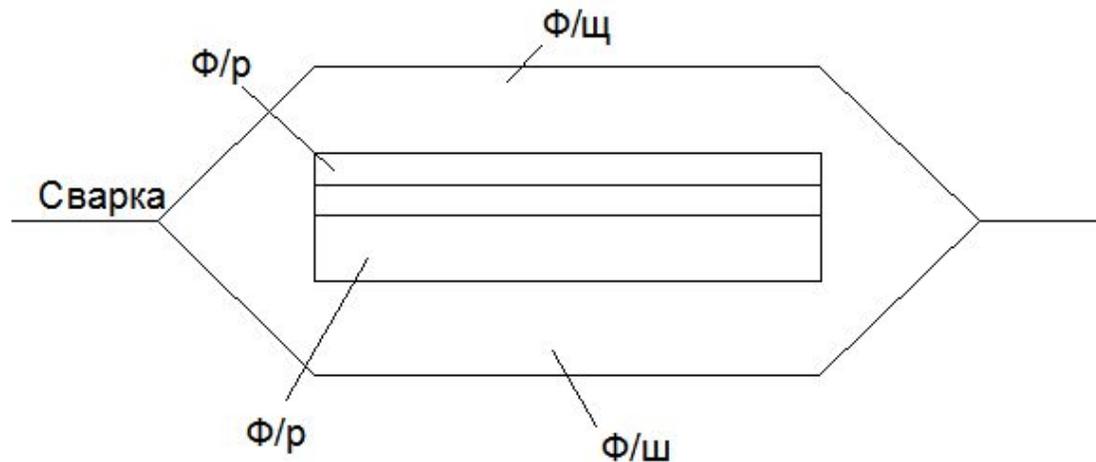
Гибкий носитель представляет ленту, на которой выполнен технологический рисунок выводов. Однослойные выполняются на Al или Cu фольге. Часто используется для корпусных БИС, для изготовления рамок в пластмассовых корпусах.

Для БИС модификации 2 находят широкое использование 2-хслойные и 3-хслойные.

Изначально развитие получили 3-хслойные:



Для формирования рисунка топологии проводников и полимерных рамок используют фотолитографию. С целью снижения трудоемкости печать проводят по двойному (сваренному) фотошаблону.



Недостатком 3-хслойных носителей является трудность очистки выводов от ПАВ. Так же используют негативный фоторезист. Поэтому активно стали развиваться 2-хслойные носители. Технологически формируется не термокомпрессией, как 3-хслойные, а путем полива через фильеры на фольгу.

Основные полимерные материалы для носителей:

- полиимид.
- тефлон.
- полиэтилен.

Технические характеристики носителей:

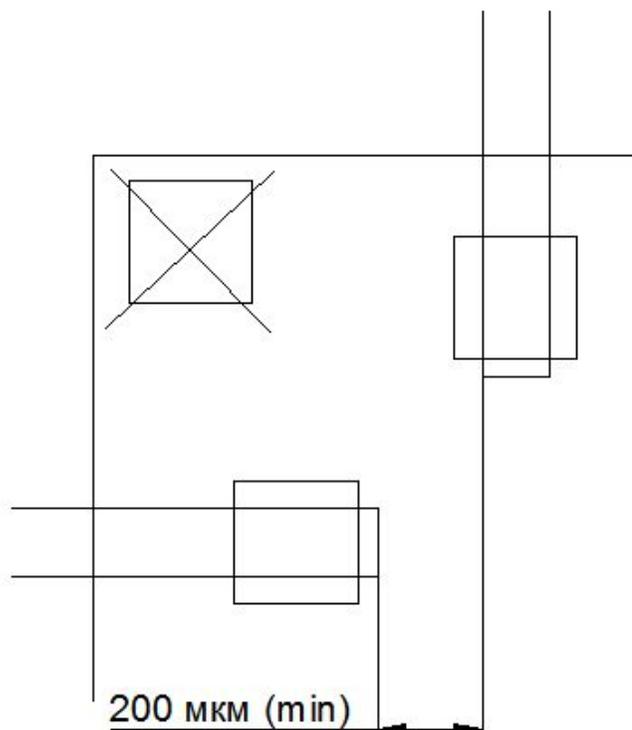
- рабочая температура.
- влагопоглощение.
- ТКЛР.
- диэлектрическая проницаемость.

Наилучшие показатели у полиимидной пленки, именно ее высокая рабочая температура  $\approx 350^{\circ}\text{C}$ , и ее высокая диэлектрическая проницаемость обеспечивает широкое развитие БИС модификации 2.

Минимальная толщина полиимида до 12 мкм.



Принципиальным моментом ОСТ В11.0305. для БИС модификации 2, является запрещение располагать КП в углах кристалла.



**Конструктивно – технологические особенности сборки и монтажа**  
**БИС модификации 2 с медными выводами.**

Технологические особенности такой сборки является то, что материал КП кристалла является Al, что предполагает микроконтактирование посредством сварки, а материал гибкого носителя является Cu, что предполагает контактирование пайкой. Поэтому с целью получения единого процесса микроконтактирования необходимо модифицировать либо КП кристалла под пайку, либо гибкий носитель под сварку. Модификация КП кристалла производится либо путем облуживания, с предварительным нанесением легкоплавкого материала (медь, никель), либо сухими процессами, путем приварки легко паяемых материалов в форме шарика.

**Cr (V, Ti) – Cu – > облуживание SnPb (ПОС).**

Этот вариант является крайне нежелательным для МОП структур, так как является «сырым». Поэтому активно применяется метод сухого процесса – УЗ присоединение Au проволоки шариком встык.

## Рисунок на доске

**Формирование шариков возможно 2-я способами:**

- газовая горелка.**
- высоковольтный разряд.**

**В настоящее время активно используется метод высоковольтного разряда, поскольку он исключает образование конденсата на поверхности кристалла в случае газовой горелки.**

**Второй особенностью является то, что в конструкции гибкого носителя можно и целесообразно охрannую рамку не выполнять, так как вывод носителя расположен над кристаллом на высоте не менее 50 мкм и опирается на ПМВ. Шарик до сварки приобретает диаметр приблизительно 3 диаметра проволоки. Следует отметить что модификация производится и вывода носителя таким же образом.**

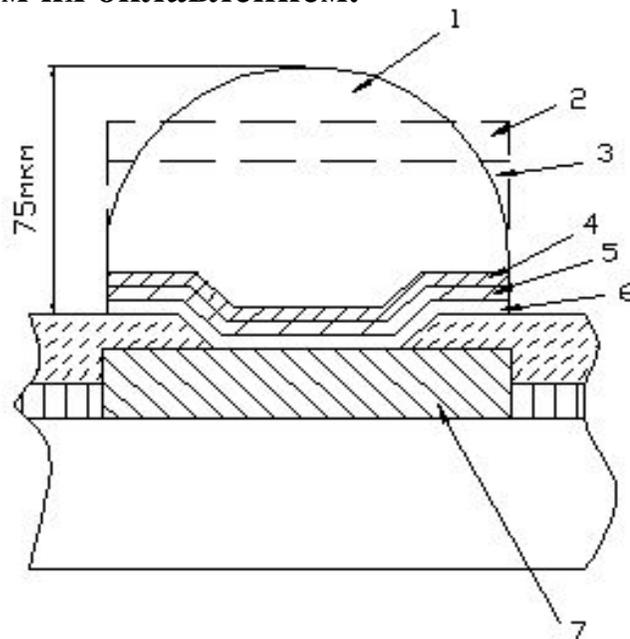
Если модифицировать КП кристалла, то производится монтаж посредством пайки. Если модифицируется вывод носителя, то микроконтактирование проводят путем сварки.

Аналогичные процессы модифицирования требуются и для БИС мод.2 с Al выводами. Только в этом случае модифицируется монтажная часть (зона В) вывода носителя.

Характерной особенностью является наличие ПМВ (паяемые микровыступы) на кристалле. Монтажное знакоместо на плате составляет не более размера самого кристалла. Для сравнения в DIP корпусе монтажное место больше на 2 порядка, чем размер кристалла. Однако за счет сложностей измерения и монтажа, этот конструктив немного уступает по промышленному применению конструктиву модификации 2.

Технологические особенности формирования шариковых (столбиковых) выводов.

Изначально формирование шариков проводили путем размещения на КП кристалла таблеток припоя, с последующим их оплавлением.



**Основные недостатки:**

**–Высокая трудоемкость.**

**–Разновысотность.**

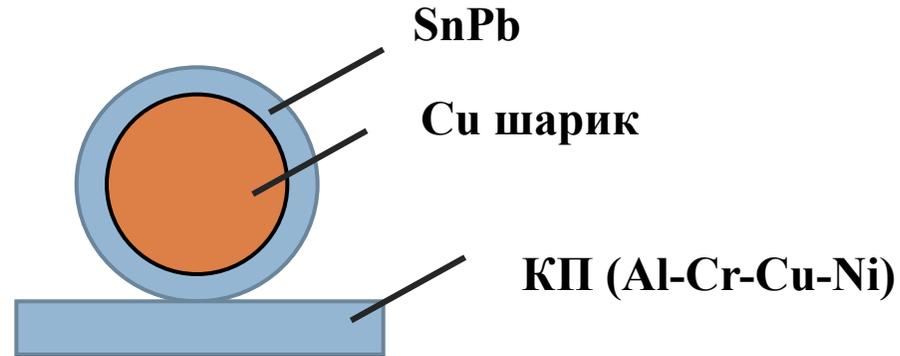
1 – шариковый вывод после оплавления;

2 и 3 - контуры таблетки припоя;

4, 5 и 6 - напыленные слои;

7 - алюминиевая контактная площадка)

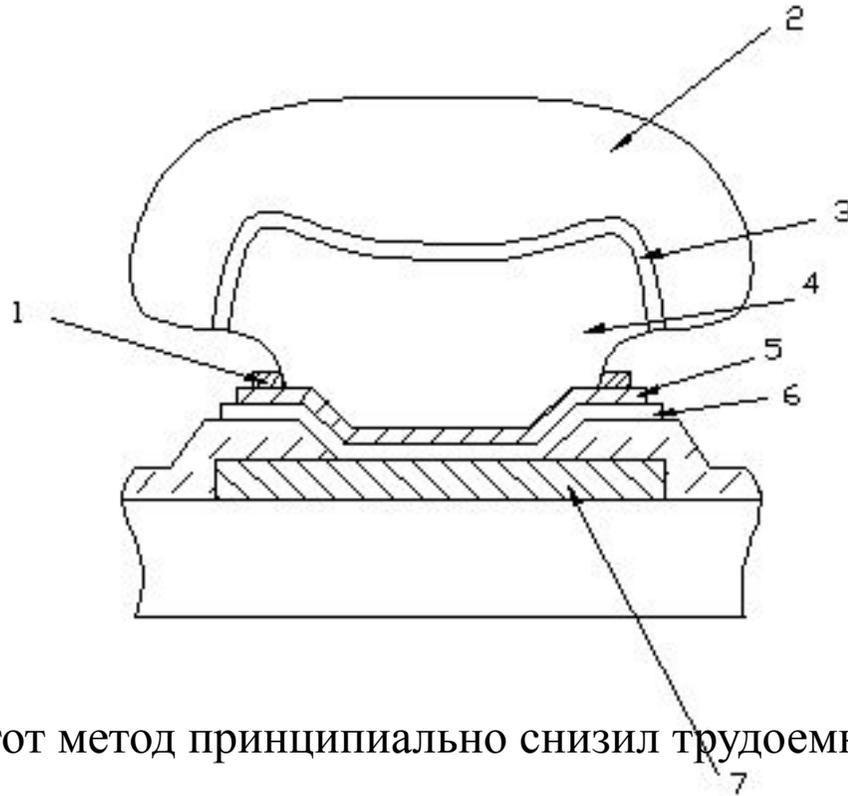
Вслед за методом таблетки припоя с целью воспроизведения по высоте предложено использовать твердые Cu шарики с тонким легкоплавким покрытием.



**Основные недостатки:**

- Высокая трудоемкость.
- Требуется индивидуальное размещение шариков.

Гальванический метод формирования шариков.



1 - припойное покрытие; 2 - слой Cu, напыленный с подслоем TiW; 3 - слой пассивации  $\text{Si}_3\text{N}_4$  дополнительно к  $\text{SiO}_2$ ; 4 - алюминиевая контактная площадка

Этот метод принципиально снизил трудоемкость.

Недостатки:

- из-за «сырого» процесса невозможно формирование ПМВ на МОП структурах.
- из-за разности плотности тока в центре пластины и по краям наблюдается разновысотность  $\approx 20\%$ .
- низкая надежность, из-за того, что под телом шарика остается фоторезист (трудноудалимый).



**Современные технология формирования ПМВ гальваническими методами основана на достижениях тонкопленочной тохнологии получения толстых слоев Си в вакууме.**

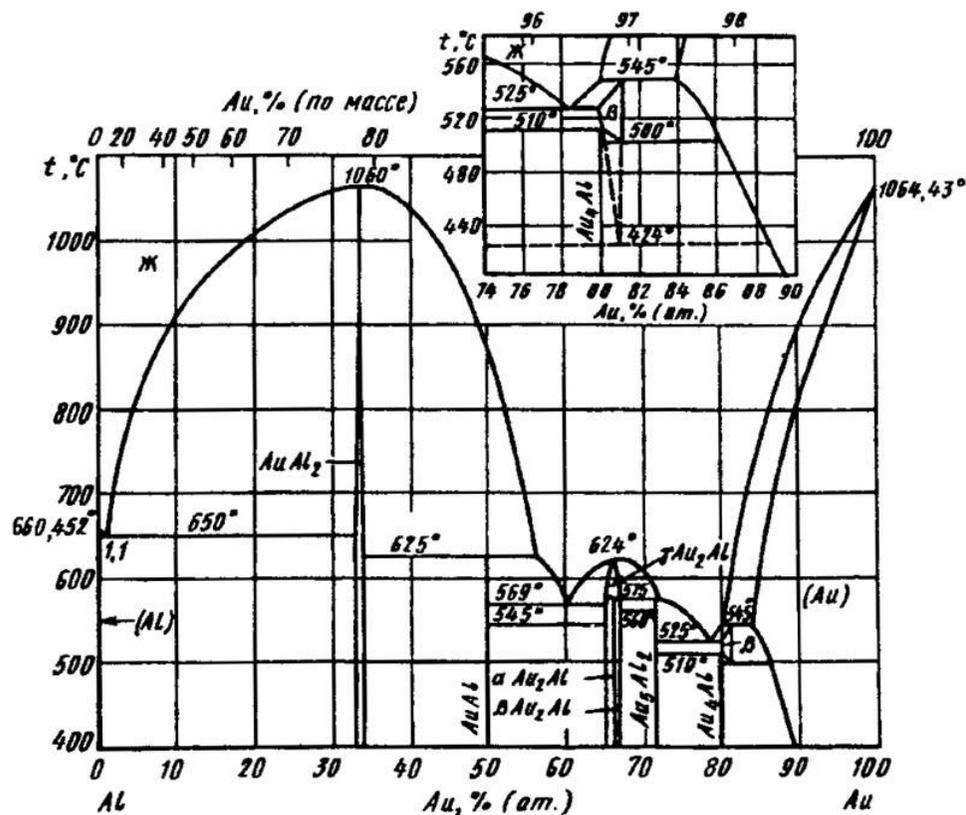
**Именно магнетронные методы распыления позволили получать многокомпонентные тугоплавкие слои (адгезионный подслой) псевдосплава Ti-W который «раскисляет»  $Al_2O_3$ , обеспечивая высокую прочность сцепления. На этот подслей наносят толстый слой меди, после чего осуществляют тонкое мерное облуживание. Данный метод позволяет повысить разрешающую способность (плотность создания шаров) и хорошей воспроизводимостью по высоте. Однако и этот метод характеризуется все теми же недостатками:**

- 1. Сырой процесс.**
- 2. Высокая трудоемкость и дороговизна, поскольку нанесения ПМВ производят на все кристаллы пластины.**



Кардинальным решением является переход ПМВ на сухие процессы – использование сварки. В этом случае ПМВ формируются только на годных кристаллах. Первым решением такого процесса было применение Au шариков.

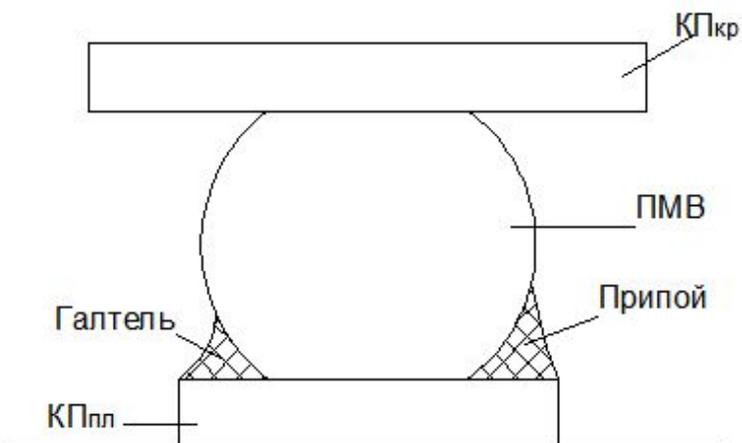
Основным ограничением данного метода являлось то, что для его реализации требуются высокие температуры (350 °С), а при таких температурах по диаграмме состояния Au-Al возможно образование интерметаллидов, которые все имеют повышенное объемное сопротивление и являются хрупкими.



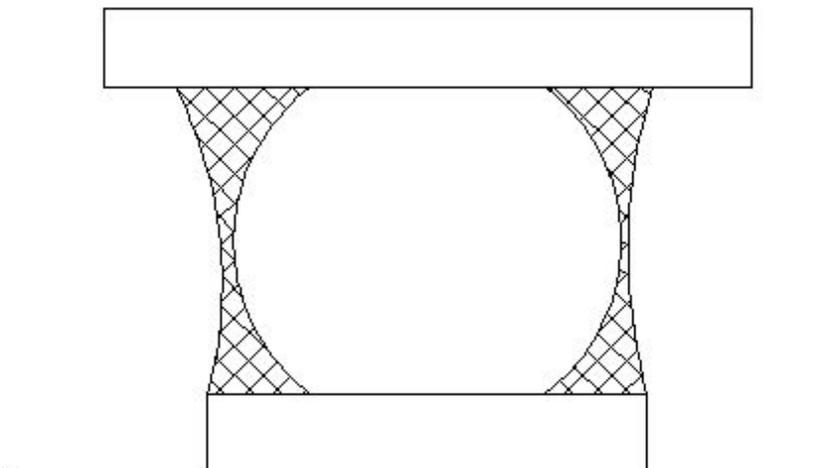
Поэтому в настоящее время активно развиваются методы УЗ присоединения, которые обеспечивают  $T < 150$  °С. Au, Sn – шарики.

## Особенности монтажа БИС мод.3 на плату

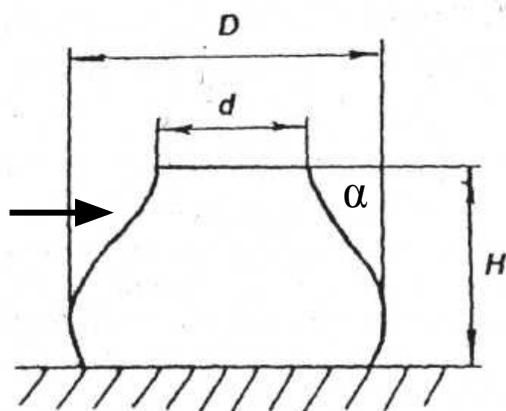
С частичным погружением ПМВ в припой.



С полным погружением



Геометрия объемного вывода:



При утапливании шарика происходит расклинивание и, как следствие, отслаивание.

$$\sigma = \frac{2ph(D + d)}{d^2 \tan \alpha}$$

Высота шарика должна быть не менее высоты облуженной КП платы.



## Сравнительные характеристики б/к БИС

Показатели	Модификация 1		Модификация 2		Модификация 3
	С подложкой	Без подложки	Al	Cu	
Конструкция					
Занимаемая площадь	256 мм <sup>2</sup>	144 мм <sup>2</sup>	100 мм <sup>2</sup>	100 мм <sup>2</sup>	16 мм <sup>2</sup>
Кол-во соединений на один сигнальный вывод	4	2	3	3	2
Масса, г	2,5	1,0	1,5	1,7	0,6
Трудоемкость	3,4 чел/ч	2,4 чел/ч	2,3 чел/ч	2,6 чел/ч	0,7 чел/ч
Контроль, качество монтажа	Хор.	Хор.	Хор.	Хор.	удовл.
Возможность автоматизации монтажа	Только внутренние выводы.	Нет (только в корпус).	Да	Да	Да

## ТТХ можно видеть из таблицы для 64х выводной БИС

Показатели	DIP корпус	Микрокорпус	б/к БИС	
			Мод. 2	Мод. 3
Монтажная площадь выводов, мм <sup>2</sup>	1700	78	41	32
Сопротивление выводов, Ом	1,0	0,22	0,09	0,002
Индуктивность выводов, нГн	22	4	0,8	0,03
Емкость выводов, пФ	4	0,4	менее 0,1	менее 0,01
Задержка выводов, нс	менее 0,3	0,4	0,03	0,01
Масса выводов, г	23	2,0	0,16	0,09

# JEDEC

