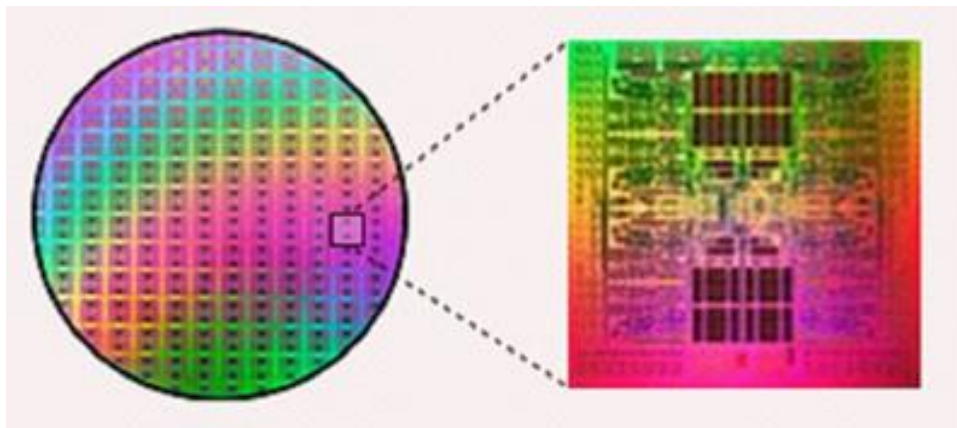


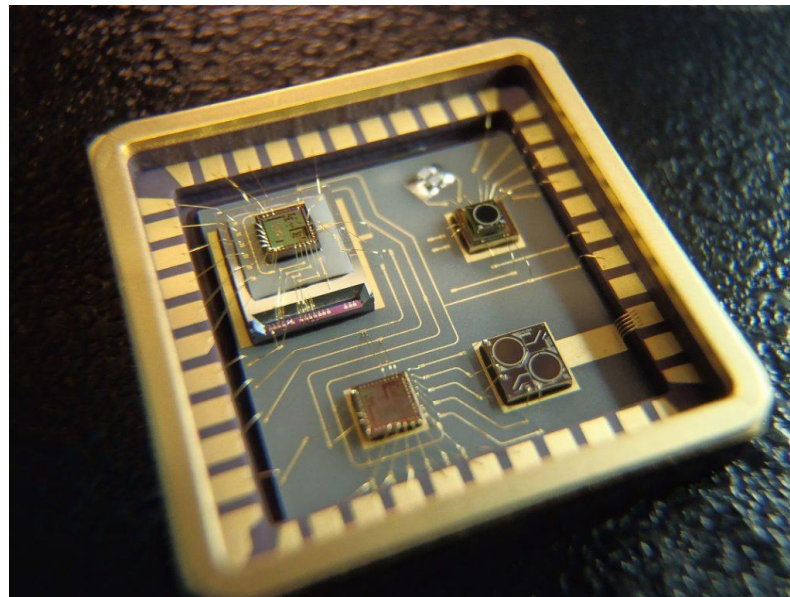
Технологични процеси и материали, свързани с монтажа и корпусирането на микро- и наносистеми

Доц. д-р Мария Александрова

Монтажните процеси са група технологични операции, имаща за цел разделянето на общата изготвена функционална подложка на отделни самостоятелни структури, измерването и окачествяването на всяка от тях, монтирането им в корпус, свързването на контактните им площадки към вътрешната част на корпусните изводи и херметизирането на корпуса.



Примерна полупроводникова подложка след приключване на груповите процеси (термично окисление, дифузия, вакуумно нанасяне на покрития, фотолитография) и една структура (чип) от нея.



Пример за монтирани 4 чипа в един корпус, на който все още не е поставена защитна капачка – система в корпус System-in-Package (SiP).

Целта на монтажните процеси е посредством корпуса да се осигури подходящи условия на работа на структурата с оглед на нейното предназначение и работни условия (електрически контакт, топлинен контакт, механичен контакт, радиационна защита, защита от въздействието на околната среда: агресивни газове и течности, потоци от газове и течности и др.).

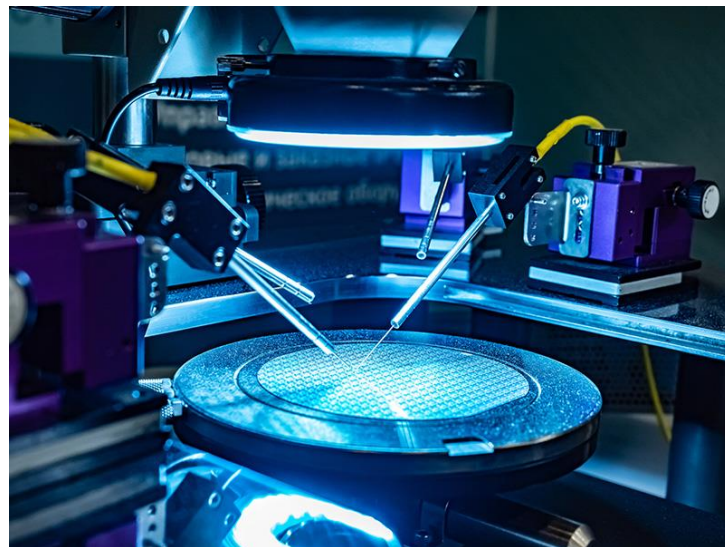
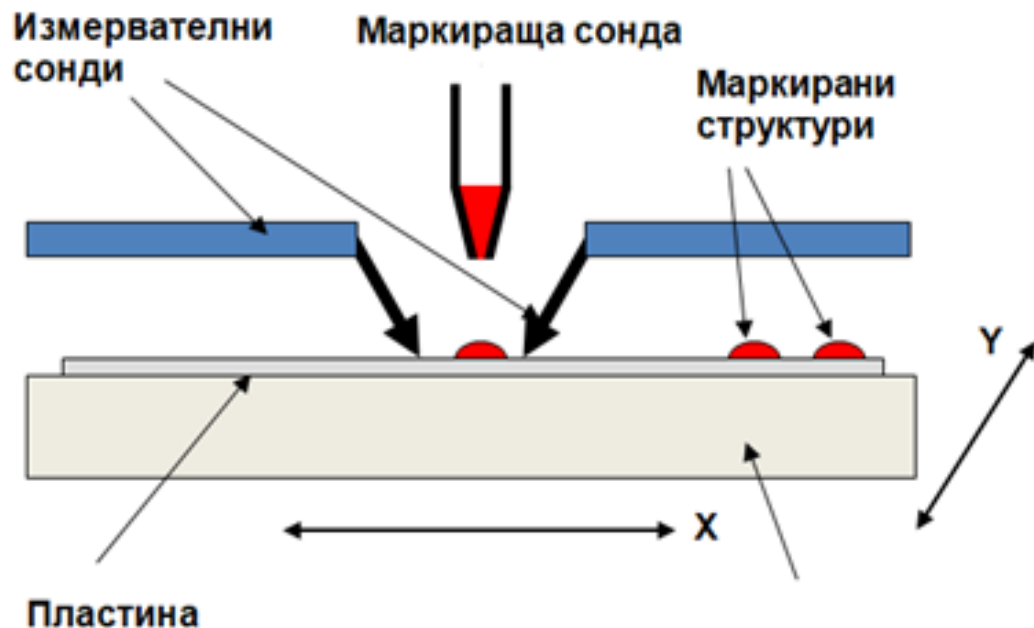


Основните видове корпуси при интегралните схеми според разположението на изводите

Ball-grid array (BGA); Dual-in-line package (DIP); Quad-flat no-leads (QFN)
Quad-flat package (QFP); Small-outline package (SOP); Small-outline transistor (SOT)

Първият от индивидуалните монтажни процеси е „Сондов контрол и маркиране“ (probing and marking)

Целта е да осигури измерването и окачествяването на всяка една от тях. За целта се използва т.нар. сондова установка, която осигурява необходимия набор от прецизно заострени сонди, които могат да контактуват към контактните площадки, разположени по периферията на всеки един от чиповете.

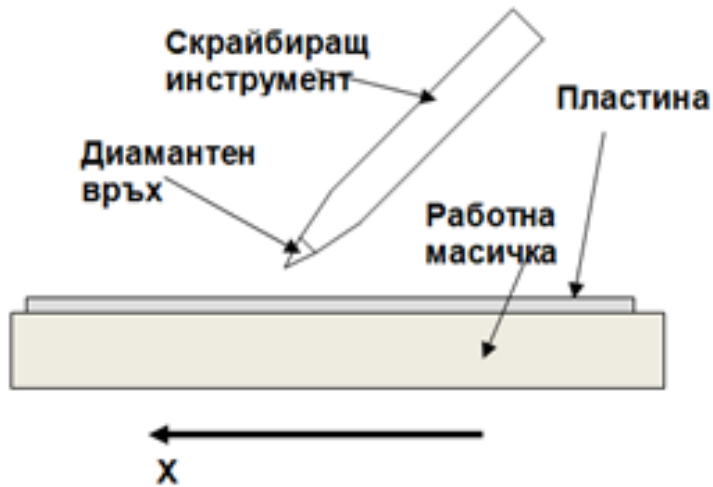


Част от сондите осигуряват необходимото захранване на структурата, друга група подава входен сигнал и извежда изходен сигнал към измервателната тестова апаратура за индивидуално окачествяване на всяка структура. Тези от чиповете, които не задоволяват поставените изисквания, се считат за негодни и се маркират с цветно мастило чрез специална сонда, за да могат да се отстранят.



Вторият индивидуален монтажнен процес се нарича „Скрайбирание“ (wafer cutting/wafer dicing).

Целта на дадената операция е да се осигури възможност за разделяне на отделните структури една от друга. Това се постига, като носещата пластина се „надрасква“ на повърхността в две перпендикулярни направления. Това става по продължение на предвидените пътечки между чиповете.



Скрайбирание с диамантен резец.

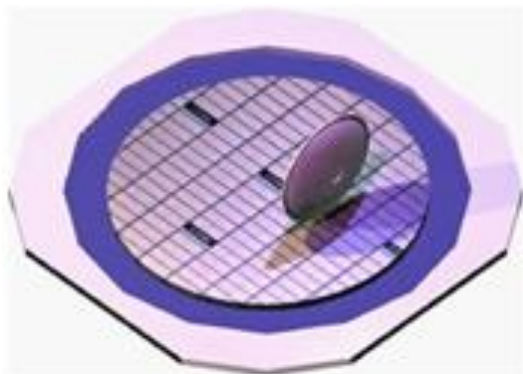


Диамантен скрайбер.



Резка, останала на повърхността на подложката след скрайбирание.

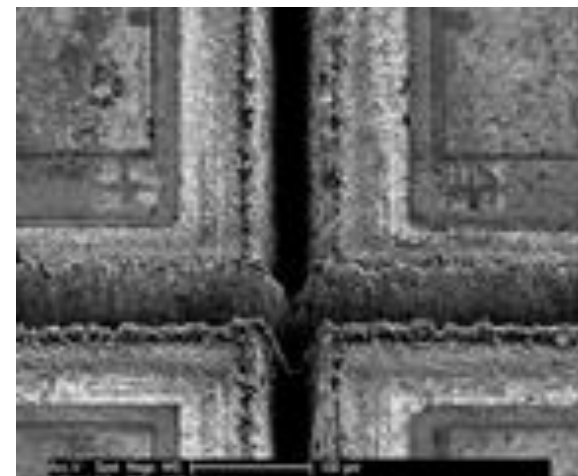
Скрайбиране с дисков скрайбер - извършва се изрязване на дълбоки канавки в основния материал, като за целта се използва много тънък абразивен диск, закрепен на шпиндел, въртящ се със скорост 6 000-60 000 об/мин, изискващ водно охлаждане, за да не прегреят структурите от развиващата се температура при рязане. Методът е универсален и по този начин могат да се скрайбират материали с различна твърдост и на различна дълбочина.



Скрайбиране
с дисков скрайбер

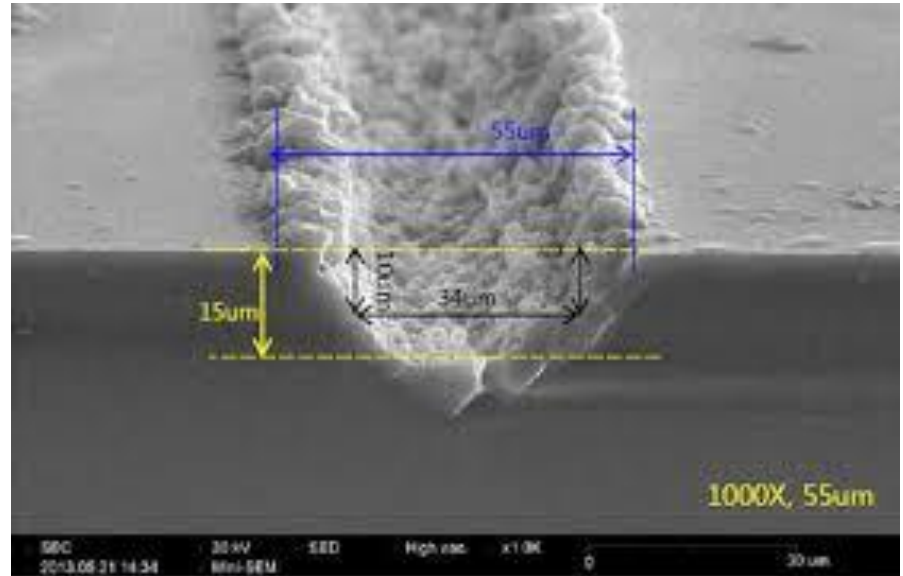
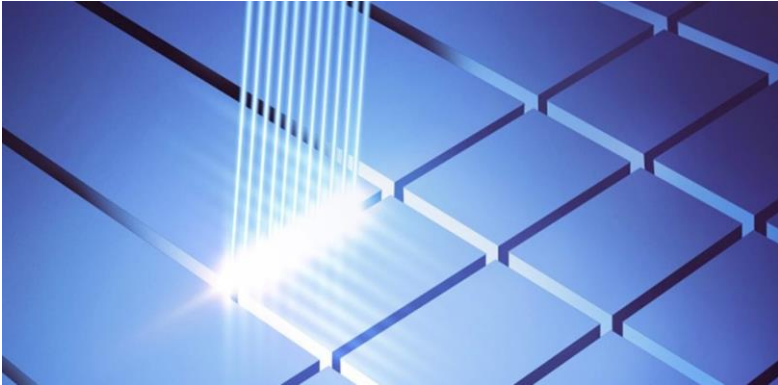


Дисков скрайбер



Канавки, останали след
скрайбиране с дисков
скрайбер

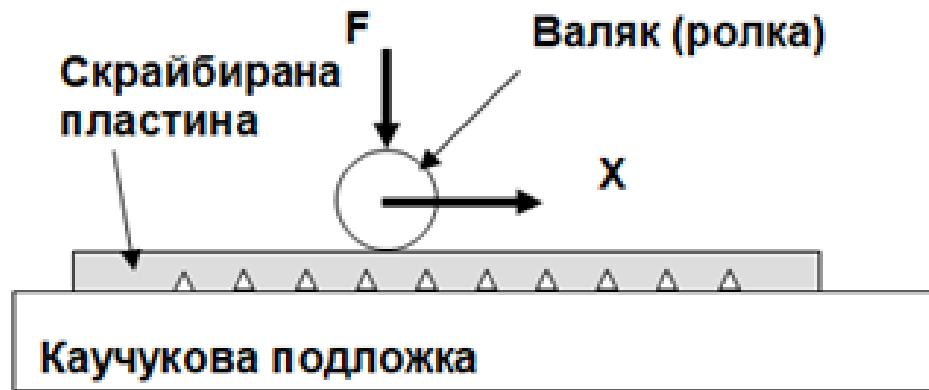
Скрайбиране с лазерен лъч (или няколко снопа лъчи), при което се използва импулсен лазер, който пробива плитки миниатюрни отвори или канали, по дължината на които впоследствие може да се раздели пластината.



Микроскопска снимка на канал в полупроводниковата пластина, формиран от лазерен лъч

Третият индивидуален монтажен процес се нарича „Разчупване на пластината“.

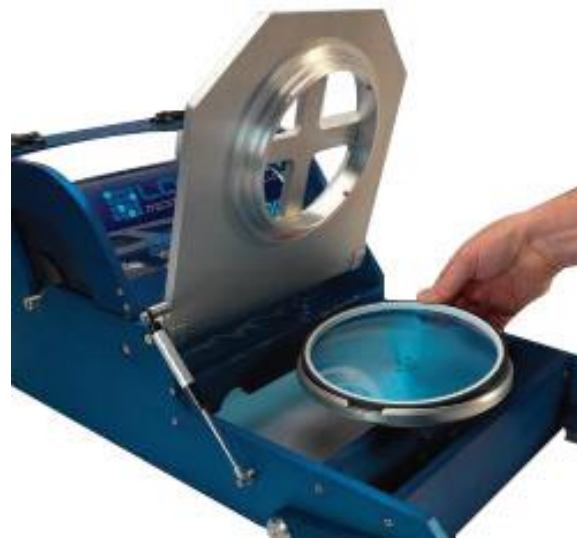
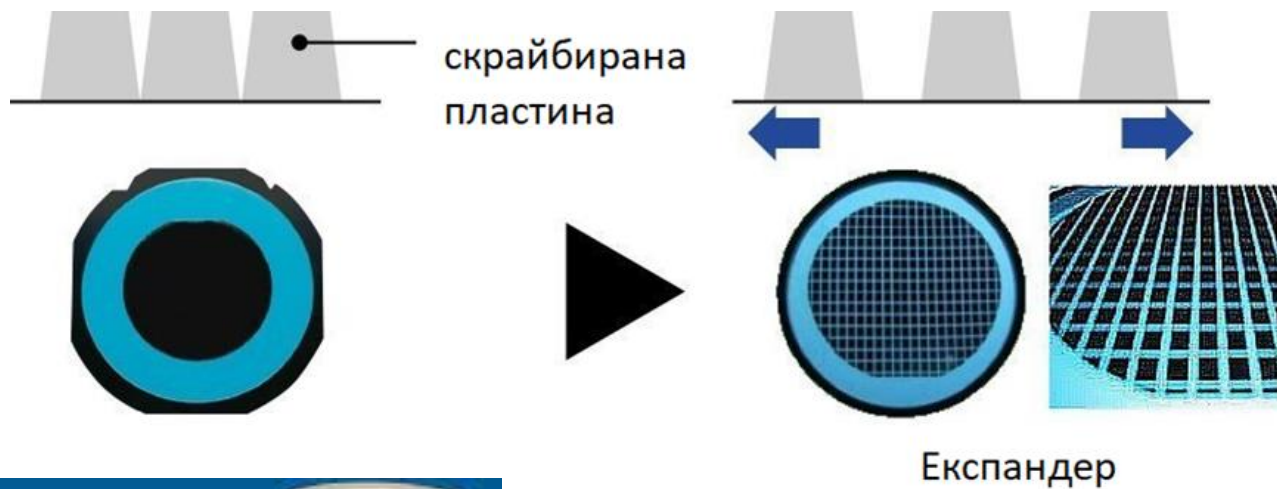
Целта на тази операция е пластината да бъде разделена на отделни чипове, годните от които да бъдат използвани при следващите монтажни операции.



Разчупване на пластината.

Скрайбираната пластина се поставя, с направените върху нейната повърхност резки върху пластична и еластична подложка, най-често от каучук. С помощта на метална ролка (валяк), в две взаимно перпендикулярни направления се оказва натиск и постъпателно движение, и така се постига разчупване на пластината на правоъгълни чипове, ограничени от предвидените пътечки между тях.

Понякога, едностранно или двустранно, към пластината се прилепва адхезивно фолио, което не дава възможност на чиповете да се разпръскват след разчупването и те запазват тяхната ориентация.



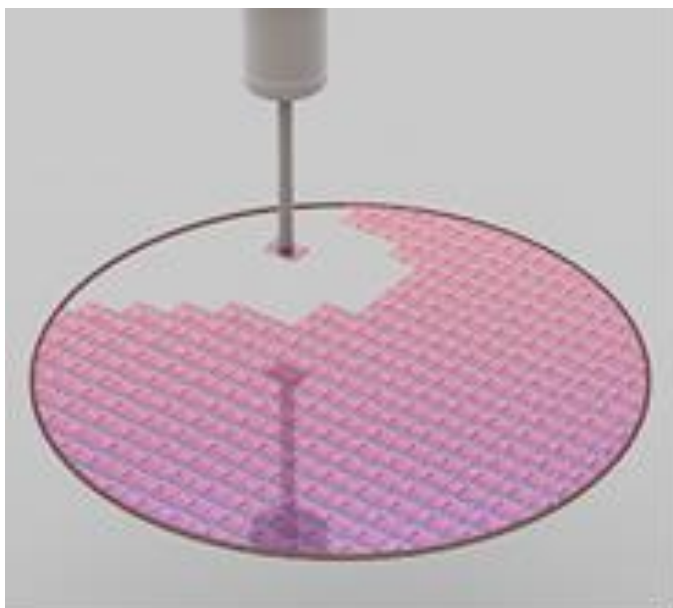
Четвъртият индивидуален монтажен процес се нарича „**Монтиране на чипа в корпус**“ (die attachment).

Тази операция има за цел да осигури стабилно и качествено монтиране на получените чипове в подходящ за съответния прибор корпус.

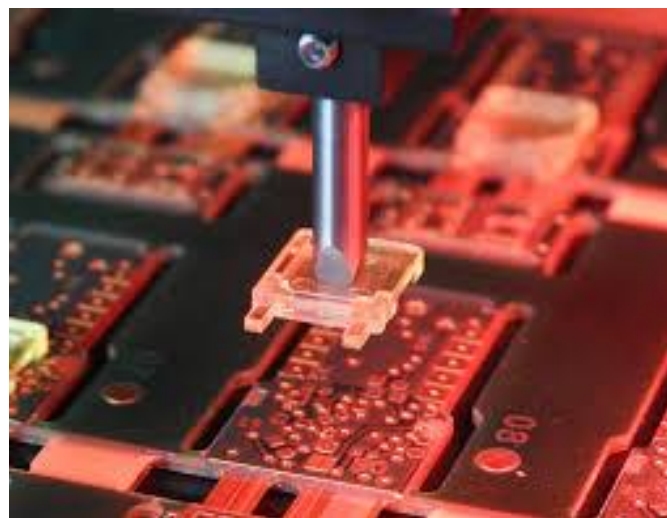
Основните изисквания, които трябва да бъдат изпълнени при тази операция, са свързани с вида и параметрите на използваните корпуси, но те могат да бъдат систематизирани, както следва:

- Добро механично присъединяване на полупроводниковия чип към корпуса.
- Добър електрически контакт между чипа и корпуса.
- Добър топлинен контакт между чипа и корпуса.
- Добра херметизация на чипа в корпуса.
- Лесно и качествено монтиране на корпуса в схемата.
- Сигурна и надеждна работа на чипа вътре в корпуса.
- Радиационна устойчивост на корпусирания чип.
- Ниска цена на корпуса и на процеса.

Различните видове корпуси отговарят в различна степен на формулираните изисквания.



Вземане на чип от пластината



Вакуумна игла за вземане на чип

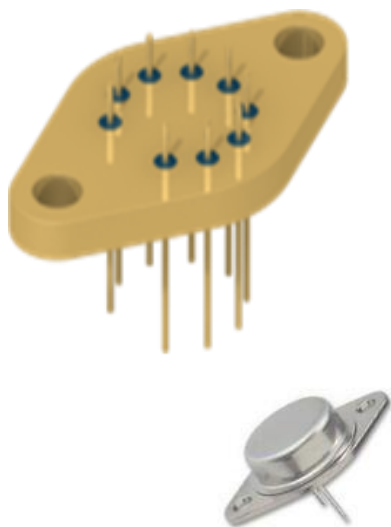


Нанесена епоксидна смола или проводящ адхезив, върху която се фиксира чипът

Видове корпуси според материала на корпуса

Металостъклен корпус.

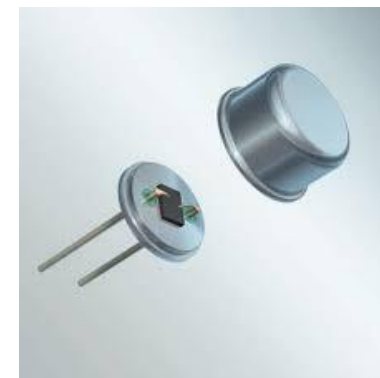
Представява метална основа, през която, през изолирани отвори, преминават външните изводи на прибора. Изолирането се осъществява посредством използването на малки стъклени перли, осигуряващи херметична връзка между изводите и корпуса. След монтирането на чипа в корпуса и неговото опроводяване, върху основата се поставя метална капачка, която се херметизира.



Металостъклен корпус
за мощни прибори.



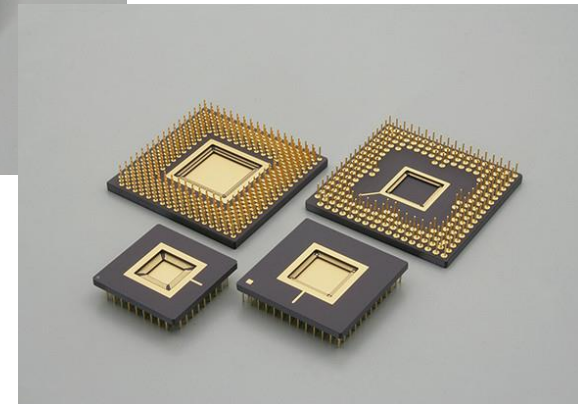
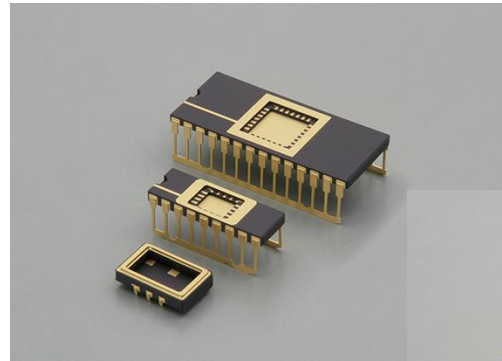
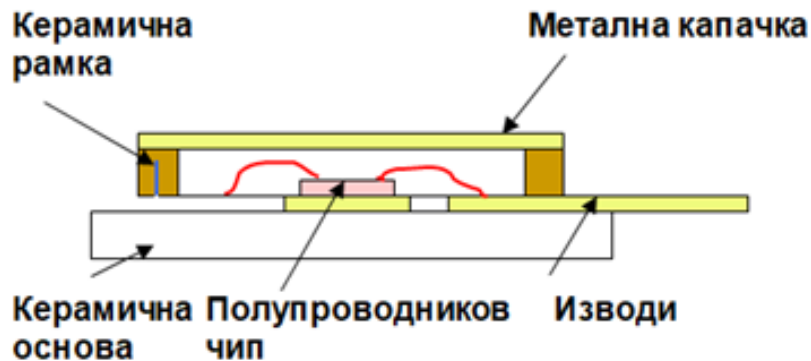
Метало-стъклени корпуси



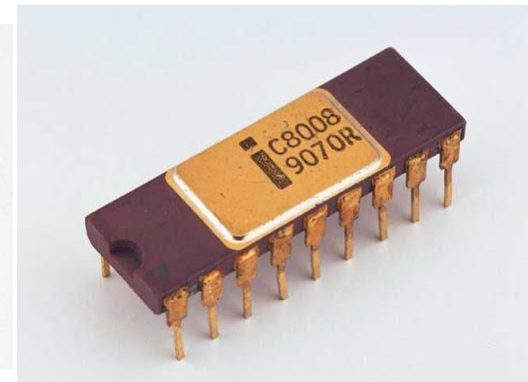
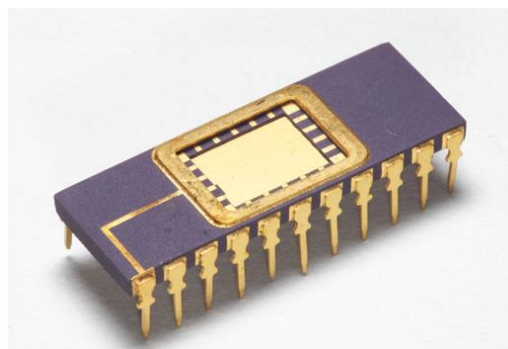
Херметизиране на
металостъклен корпус

Керамичен корпус.

Представява керамична основа, върху която са отложени метални изводи. Керамична рамка ограничава полезната площ, в която трябва да бъде монтиран чипът и да се извърши опроводяване на чипа към вътрешната част на изводите. След извършването на тези операции, отгоре, върху керамичната рамка, се монтира метална капачка.

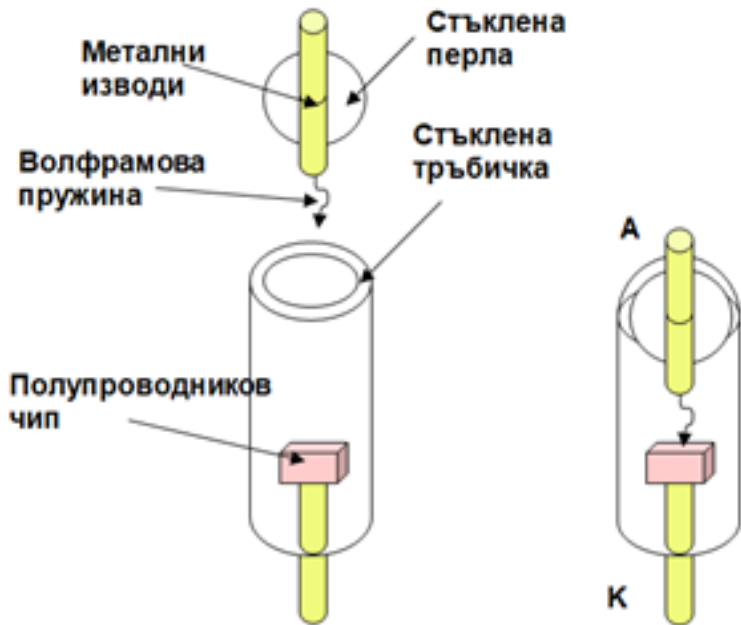


Този корпус също притежава доста добри експлоатационни параметри, но отстъпва на металостъкления по отношение на топлинния контакт на чипа, херметизацията на прибора и радиационната устойчивост.

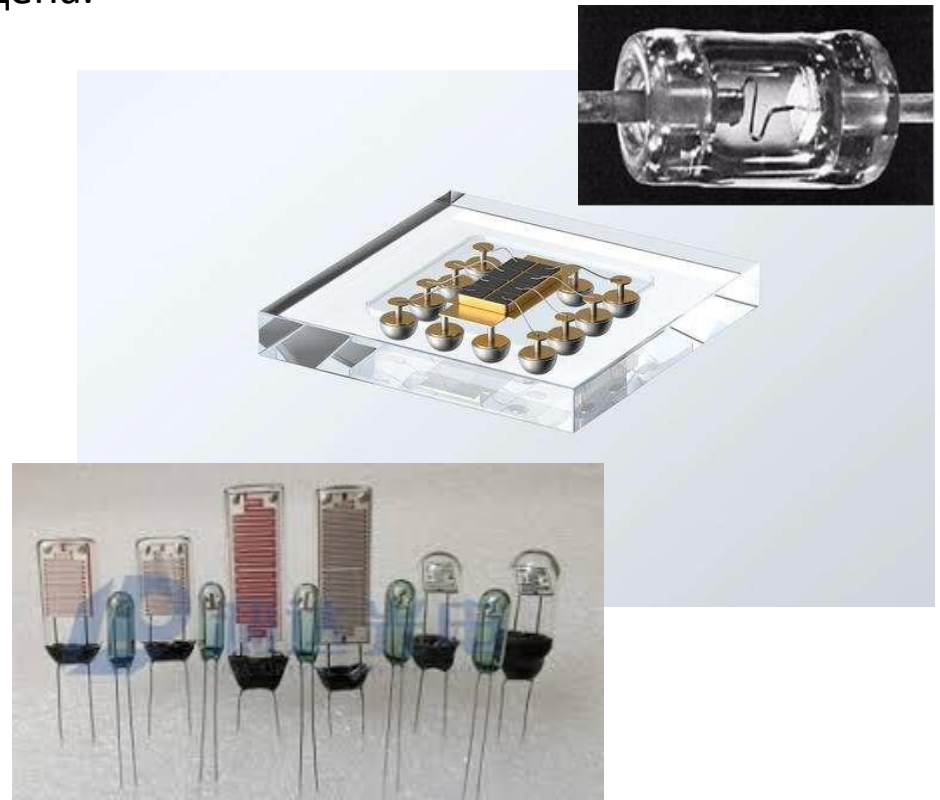


Стъклен корпус.

Представява стъклена ампула, в която е разположена разширената вътрешна част на единия извод. Чипът се монтира върху разширената площадка. Към него се опира волфрамово острие, свързано с другия извод, преминаващ през стъклена перла. Двете части на корпуса се заваряват една към друга посредством газова (водородна) горелка. Предимства на този корпус са отличната херметичност, лесното монтиране и много ниската цена.



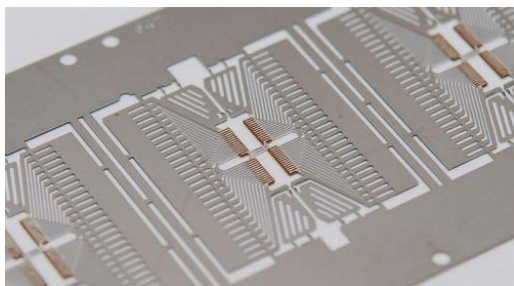
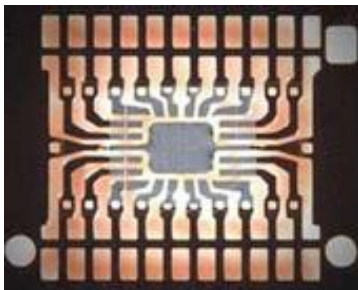
Конструкция на стъклен корпус



Външен вид на стъклени корпус.

Пластмасов корпус.

Предварително се изготвя метален носач, върху който се монтира и опроводява чипът. Цялата конструкция се поставя в матрица и се залива с херметизираща пластмаса. Това е много евтин корпус, който не предлага добър топлинен контакт и топлоотдаване, с недобра херметизация и ниска радиационна устойчивост.



Метален носач
(lead frame)

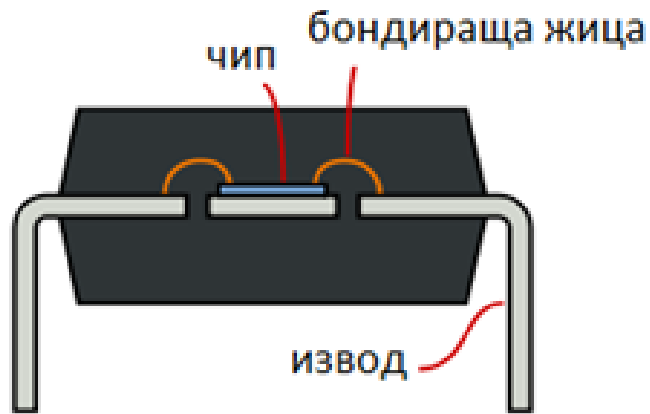
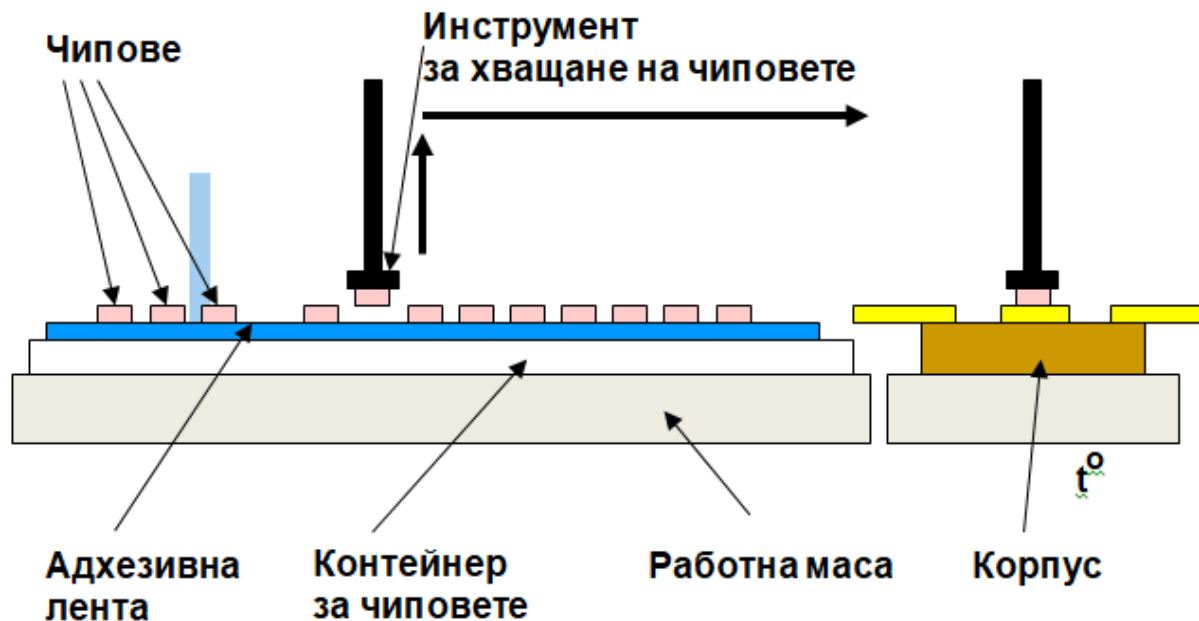


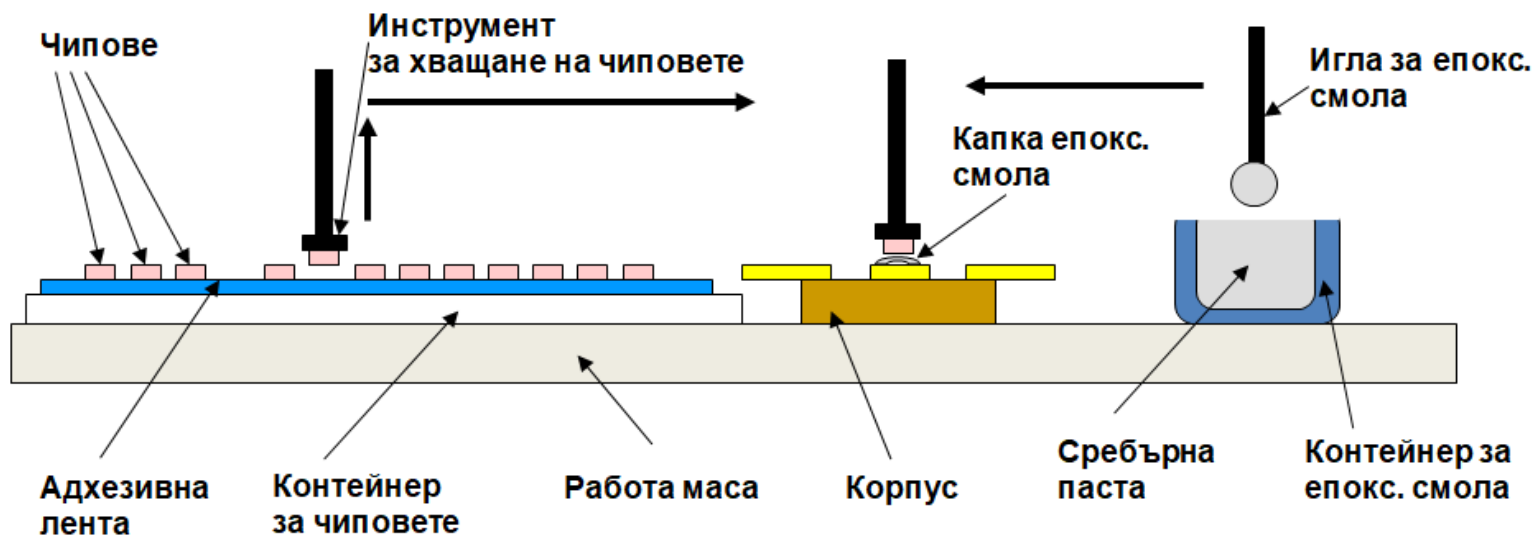
Схема на монтиране в пластмасов корпус
и херметизирана интегрална схема

По отношение на самия процес за монтиране на чипа в корпус, може да се каже, че най-общо съществуват две основни разновидности: Първата от тях е свързване на чипа към корпуса посредством **евтектична сплав злато-силиций**.



Евтектичната сплав злато-силиций (Au-Si) съдържа 97.15% Au и 2.85% Si. Тя се топи при точно определена, специфична евтектична температура - 370°C. След охлаждане се втвърдява, образувайки качествен контакт с превъзходна електрическа и топлинна проводимост и голяма механична якост. За да може да се създаде такава връзка е достатъчно да се доведат до директен контакт силициев чип и галванично златно покритие под него, с дебелина около 3-4 μm . Не е възможно монтирането на чипове от друг материал, различен от силиций.

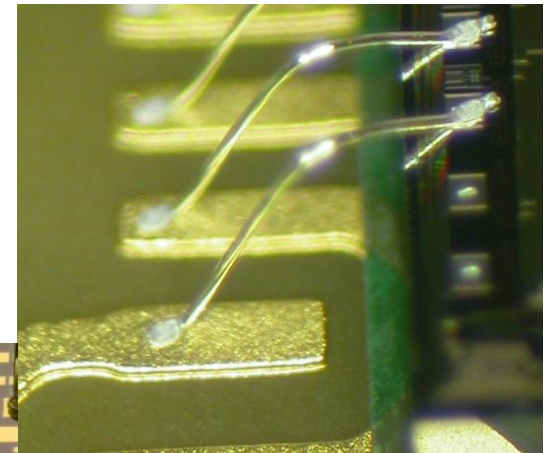
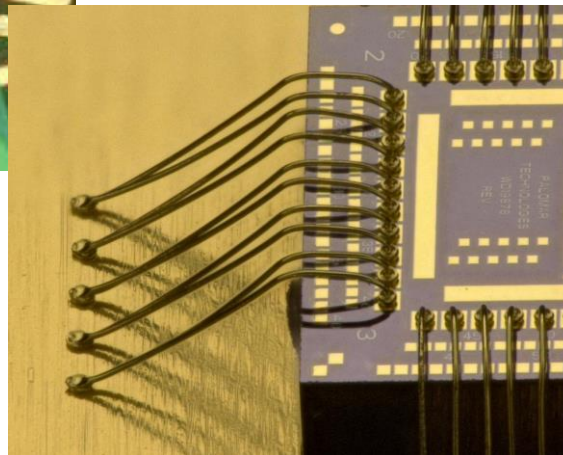
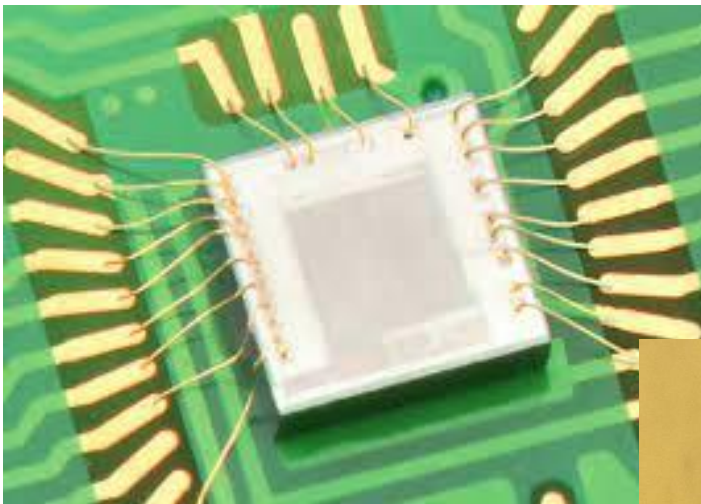
Втората разновидност за свързване на чипа към корпуса е посредством използването на **проводяща епоксидна паста**.

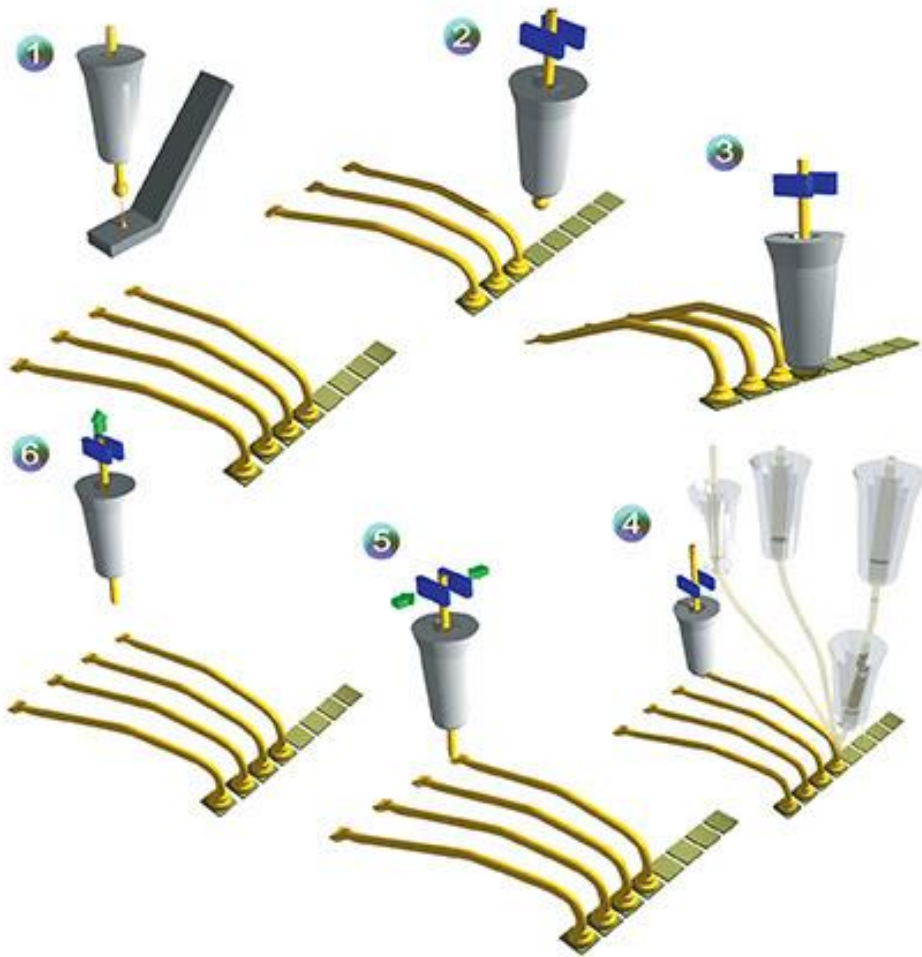


Този метод е приложим за всякакви комбинации от подложки и материал на чипа. При него, преди да се разположи чипът, под него се нанася определено количество епоксидна смола, съдържаща голямо количество колоидно сребро на прах. След присъединяването на чипа, посредством термична обработка, епоксидната смола се втвърдява и осъществява свързването. Известен недостатък на метода е малко по-малката топлинна и електрическа проводимост на връзката и необходимостта от термична обработка за около 30-40 минути.

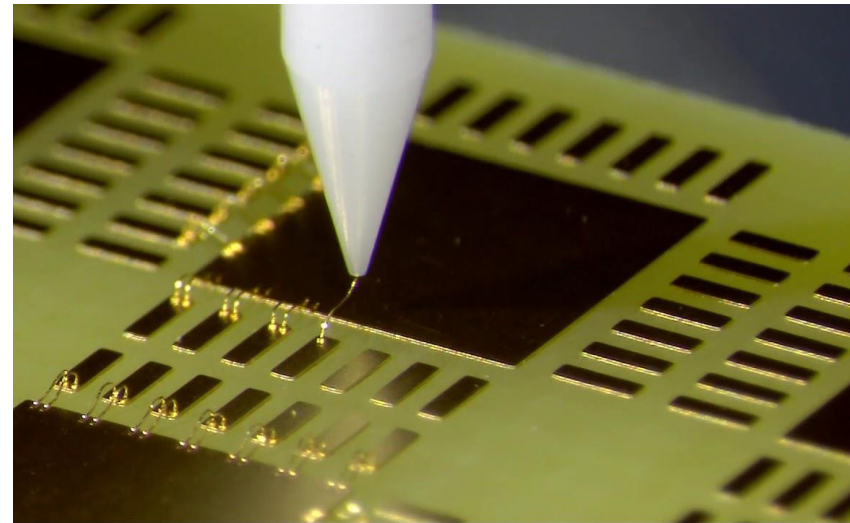
Петият индивидуален монтажен процес се нарича „**Опроводяване (бондиране) на чипа в корпуса**“ (chip bonding).

При тази операция трябва да се свържат контактните площадки на чипа с вътрешните изводи на корпуса. Тук също се поставят известни изисквания, най-важното от които е високата електропроводност на контакта. Опроводяването се извършва с помощта на тънка (10-150 μm) златна или алуминиева жичка, произвеждана специално за тази цел.





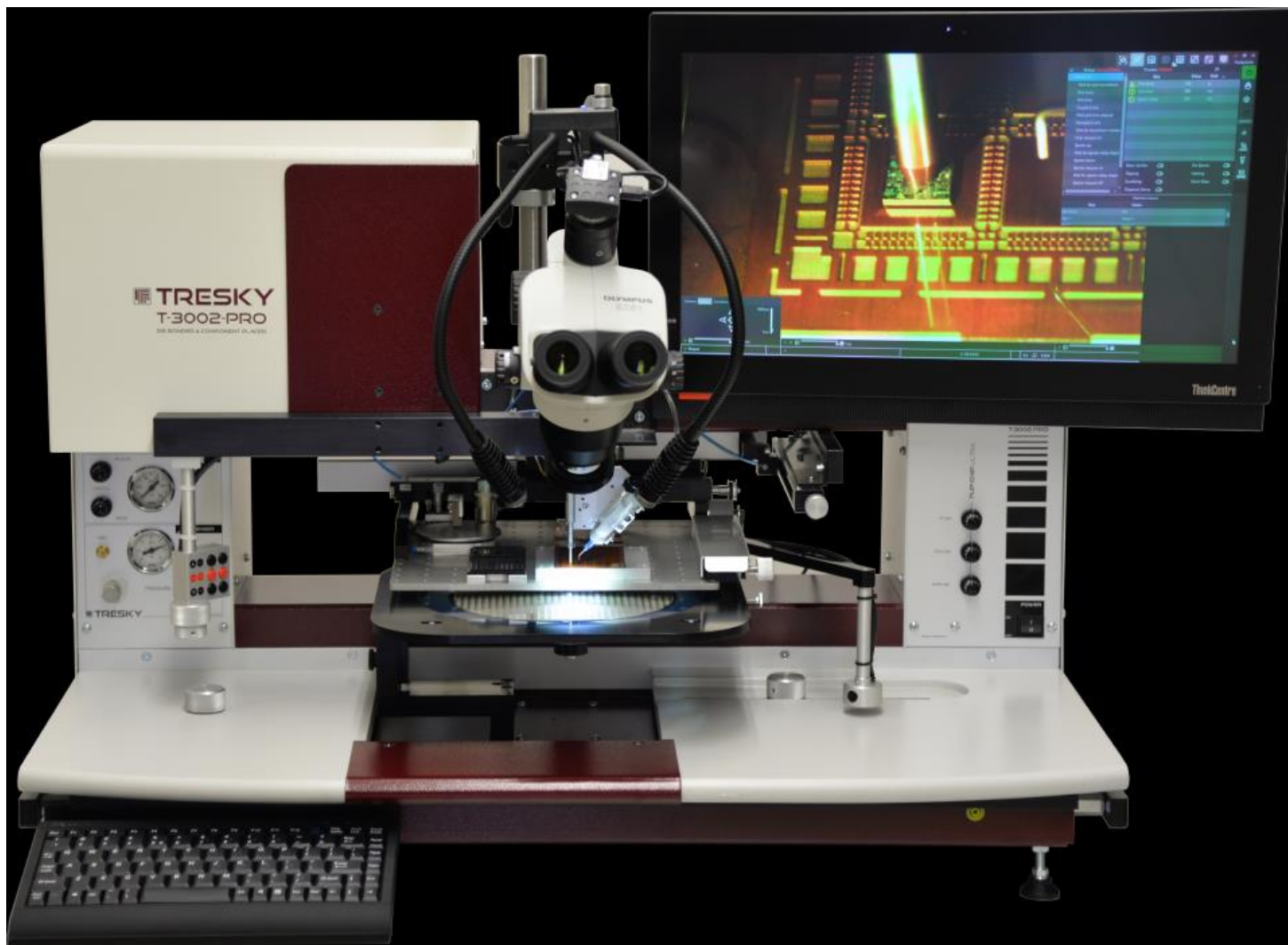
Последователност на свързването на микрожичките от контактните площадки на чипа към изводите на корпуса



Подаване на златна жичка към контактна площадка през бондираща игла



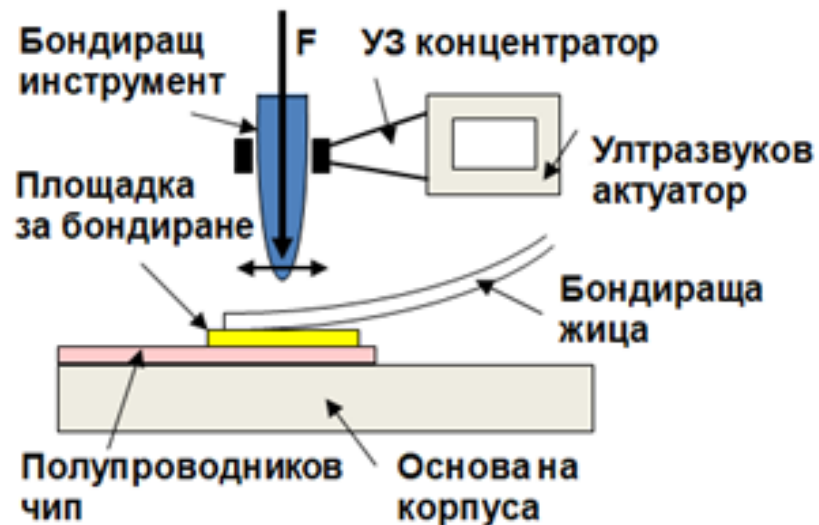
Видове бондиращи игли



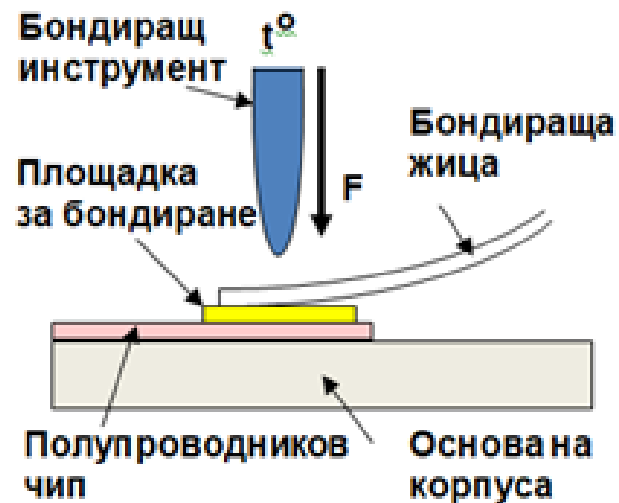
Бндиратца машина (бондер)

- Ултразвуково бондиране.

При този метод, към мястото на връзката едновременно се прилагат механичен натиск, заедно с ултразвукови колебания, създадени от специален трансформатор и концентратор. Това способства почистването на контактните повърхности и осъществяване на качествена връзка.



Ултразвуково бондиране



Термокомпресионно бондиране

- Термокомпресионно бондиране.

При този метод се използва специален бондиращ инструмент (игла), който се загрява до определена температура и притиска опроводяващата жичка към контактната площадка. По този начин, едновременното прилагане на топлина и механичен натиск осигурява качествено свързване.

Шестият индивидуален монтажен процес се нарича „**Херметизиране на чипа в корпус**“.

За всеки вид и разновидност корпус се използват различни технологични машини и процеси. Целта е приборът да бъде затворен в корпус, в който да бъде осигурена инертна среда за безопасното му функциониране. Като правило, процесът се извършва в специални затворени боксове, които са изпълнени със сух инертен газ – аргон или азот

БЛАГОДАРЯ ЗА ВНИМАНИЕТО!