

# TECHNOLOGIE ELEKTROTECHNIKY A ELEKTRONIKY

## 1) Uved'te principy pájení

### Pájení

- vodivé spojení dvou kovových ploch na bázi difúze pájky
- nerozebíratelné spojení dvou kovových ploch, nedochází k tavení pájených součástí, taví se jen pájka
- optimální doba tečení pájky je 3 – 8 sekund
- na pájku nepříznivě působí chlór, rozkládá ji na vodivý prášek
  
- olovnaté pájky
  - $Pb + Sn \Rightarrow$  čím více Sn roste teplota tavení a křehkost spoje
  - mají nízkou odolnost ve stříhu a smyku
  
- bezolovnaté pájky
  - sloučeniny dvou až 5-ti prvků
  - zvyšuje se teplota tavení a tání  $\Rightarrow$  složením pájky se tyto teploty regulují

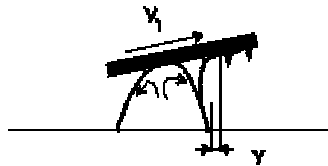
### *Princip pájení*

- odmaštění – kvůli mědi
  - předehtání
  - pájení
  - chlazení
- 
- samotné pájení se dá rozdělit:
  - ohřev
    - $\Rightarrow$  při něm se používá tavidlo na odmaštění a odstranění nečistot (odstranění oxidů)
    - $\Rightarrow$  množství tavidla
  - málo tavidla  $\Rightarrow$  zůstanou oxidy
  - hodně tavidla  $\Rightarrow$  tavidlo zůstane ve spoji
    - $\Rightarrow$  kalafuna – podle množství aktivátoru:
  - R - neaktivovaná kalafuna
  - RMA – středně aktivovaná kalafuna
  - RA – silně aktivovaná kalafuna
    - $\Rightarrow$  ohřev probíhá postupně
  - tečení
    - $\Rightarrow$  asi na 0,1s
  - chlazení
    - $\Rightarrow$  ovlivňuje vlastnosti
    - $\Rightarrow$  co nejrychlejší chlazení

2) Uved'te způsoby hromadného pájení v elektronice a stručně uveďte jejich principy

Pájení v elektronice

- ruční
- strojní pájení
  - ponorem
    - HIP – HOP
    - ultrazvuk
  - vlečením
  - vlnou
    - různé tvary vln (oboustranné, reflexní, úzké, atd...)
    - pájka se musí dotýkat, vyvzlínat, nedělat krápníky
      - výhody
        - napájí celou desku za krátkou dobu
        - pájka se dostane i do otvorů
      - nevýhody
        - teplota pájky
        - rychlost pohybu (nanášení pájky)
        - neustálé omývání desky pájkou => vnášení dalších prvků => za čas se pájka musí vyčistit



- přetavením
  - pájecí pasta – kuličky spojené neředěným tavidlem – pryskyřice
  - postup:
    - ⇒ nanášení pájecí pasty
      - dispenzerem – bodově
      - sítotiskem – plošně pomocí šablony
    - ⇒ rozehtání
    - ⇒ pájka vyvzlíná a propojí kontakty
    - ⇒
      - dispenzerem – bodově
      - sítotiskem – plošně pomocí šablony
  - výhody
    - ⇒ přesné nanášení pájky – není žádný odpad
  - infrazářiče
    - předehtátí (150°C na 30s)
    - přetavení (240°C na 3-5s)
    - chlazení
    - výhody
      - rychlé
      - čisté

- nevýhody
  - stíny, součástky se musí umístit tak, aby si nestínili
- laser
  - pájení bod po bodu
  - výhody
    - velmi rychlé
    - pro jemné striktury (Hi-Fi)
  - nevýhody
    - stíny
- kondenzační
  - páry se kondenzují a dostanou se všude
  - výhody
    - kde nestačí kvalitní infrazářiče
  - nevýhody
    - pomalé – pásový systém
- (horkým trnem) - individuální
  - individuální pájení pro jemné motivy
  - pohyb rozehrátého kusu mědi
  - výhody
    - spolehlivé
    - pohyb v X, Y, Z
    - přesné
  - nevýhody
    - pomalé
- proudem horkého plynu
  - plyn proniká všude (může být i ruční pájení)

### 3) Jaké jsou hlavní problémy přenosu obrazů fotoprocesem?

#### Fotoproces

- aditivní charakter
- přenáší obrazec zářením
  - laserem
  - filmovou maticí
- fotorezistivní látka
  - negativní – osvitom se vytvrzují
  - pozitivní – osvitom se struktura narušuje – rozpuštění ve vývojce
- pro přenos obrazce se používá fotocitlivá látka => nanese se => osvítíme => vyvoláme
- rezist – fotobar
  - odolávající části
    - ⇒ tekuté – používali se dříve, nanášejí se odstředěním, naválcováním, ponorem, sítotiskem, stříháním

- ⇒ suché – vyrábí se na nosné vrstvě (nanášení na nosnou vrstvu laminátorem)
- laser je přesnější na osvětlování

### Problémy fotoproduktu

- k dokonalému přenosu obrazců je třeba, aby matrice měly dostatečnou kvalitu, aby místa, přes které nemá procházet světlo, byla dostatečně hustě černá a naopak
- matrice musí k podložce s fotorezistem důkladně přilnout a světlo musí dopadat kolmo, aby nedošlo k podsvícení
- pro vyvíjení je třeba určit optimální čas
  - při kratším vyvolání – zůstávají zbytky rezistu => brání dalšímu výrobnímu procesu
  - při delším vyvolání – naopak nedochází k dodržení geometrie obrazce
- před ovrstvením fotorezistem musí být povrch čistý a suchý
  - broušení speciálními kartáči, které za mokra odstraní nečistoty => pak se vysuší

#### 4) Uveďte principy síťotisku

- 3 důležité komponenty
  - síťovina s otvory pro řízení pozice, tvaru a množství substance
  - pasta z podobného materiálu, který má být nanášen
  - vhodné zařízení, zajišťující aplikaci materiálu na podložku
- síťové šablony
  - vlákna
    - ⇒ polyester
    - ⇒ nerezová ocel
  - rámy – kovové rámy
    - ⇒ hliník
    - ⇒ ocel
- tkaniny vybíráme dle:
  - materiálu (kde bude aplikován => velikost částic pasty)
  - rozměrů
  - požadované přesnost motivů
  - tloušťka tisku
  - struktura povrchu
- typy tkanin:
  - monofilní polyesterová tkanina
    - ⇒ pevná v tahu, pružná => umožňuje zotavení
  - VA – tkanina
    - ⇒ ocelová vlákna
    - ⇒ téměř nulová pružnost
    - ⇒ rozměrová stabilita

- metalizovaná polyesterová tkanina
  - ⇒ kompromis
  - ⇒ pevnější v tahu, ale větší elasticita než VA
- úhly směru vlákna síta a tištěného motivu => experimentálně bylo zjištěné 22,5°
- *tloušťka nanesené vrstvy závisí:*
  - na tkanině
  - vzdálenosti tkaniny od podložky
  - pastě, tvrdosti
  - náklonu a rychlosti pohybu stěrky
  - struktury a nasákavosti povrchu
- množství tkaninou protečené vrstvy je závislé na průměru vlákna a velikosti ok

### Princip sítotisku

- 3 fáze
- **tisk**
  - na povrchu podložky vytlačeny kvádrdy pasty dány velikostí ok a tloušťkou vlákna a tkaniny
- **uzavírání plochy**
  - sléváním kvádrů do plochy => tím se snižují výšky kvádrů a zaplňují původní mezery
  - konečná tloušťka záleží na tloušťce vláken, velikosti ok, tekutosti barvy a struktury podložky
- **sušení**
  - mokrá vrstva je redukována o těkavé složky v pastě
- 
- co nejmenší odtrh
- co nejmenší poměr rozměrů šablony k rozměrům tištěného obrazce
- optimální tlak stěrky
- obrazec musí být kolmo k pohybu stěrky

### ***Těrka***

- roztírá pásku po ploše => zatlačuje ji do otvorů šablony
  - vyrábí se
    - ⇒ z kovu
    - ⇒ z pryže
  - důležitá je u ní:
    - ⇒ rychlost posuvu
    - ⇒ přítlak
    - ⇒ kvalita povrchu
    - ⇒ úhel náklonu

5) Vysvětlete pojem suchého fotorezistu a uveďte způsob jeho nanášení.

Suché fotorezisty

- mají po stránce fotorezistivity stejné vlastnosti jako mokré
- vrstva je nanášena na 20 $\mu$ m tlusté nosné fólii z polyesteru a z dolní strany pokryta ochranou vrstvou polyetylenu (15 - 75 $\mu$ m)
- vrstva rezistu je 18 - 100 $\mu$ m
  
- suché rezistry se na podložky nanášejí laminací => přitlakem zahřátých válců s pružným povrchem
- před položením rezistu na povrch desky plošného spoje je třeba sejmout nosnou polyesterovou fólii => ochranná fólie se sejme až po expozice
- často se používají laminátory => ovrstvějí desky fotorezistem po obou stranách současně
- pro větší přilnavost a zabránění vzduchových bublin se využívá také vakuování laminačního procesu

6) Jaké znáte způsoby nanášení rezistů?

- před nanášením musí být povrch substrátu čistý a suchý

Druhy rezistů a jejich způsob nanášení

- tekutý rezist
- - odstředěním
    - ⇒ vysoká kvalita
    - ⇒ ovrstvěování polovodičových substrátů => umístíme tekutý rezist do středu desky => kvůli působení odstředivé síly na odstředivce se rezist rozlije do všech stran stejnosměrně a má stejnou tloušťku => vysuší se
    - ⇒ tloušťka vrstvy se řídí hustotou rezistu a počtem otáček odstředivky
  - ponorem
    - ⇒ nevýhodou je zdlouhavost procesu a nestejněměrnost vrstvy
    - ⇒ ponoření vertikálně zavěšené desky do nádoby s rezistem => pomalu se vytahujeme => sušení
  - stříkání
    - ⇒ rezist je silně zředěný
    - ⇒ má hodně nevýhod
  - sítotisk
    - ⇒ v otázce 4
  - navalování
    - ⇒ přenesení rezistu drážkovým válcem na desku => povrch válce je pružný, vrstva je ovlivňována přitlakem válce
    - ⇒ výhoda je že rezist nestéká do otvorů (plošné spoje s pokovenými otvory)

- elektroforetické nanášení
    - ⇒ podobné elektrolytickému procesu, ale místo Cu iontů obsahuje lázeň malé částičky rezistu
    - ⇒ ovrstvená destička je připojena na opačný pól než elektrody
    - ⇒ silou elektrického pole v lázni se částičky rezistu pohybují k desce, kde se uchytí a chemicky změní na stabilnější formu
  - clonové ovrstvení
    - ⇒ nanášecí hlava s regulovatelnou šterbinou je stejně široká jako dopravní pás s ovrstvovanou deskou => ze šterbiny vytéká rezist (ve tvaru nekonečného listu)
    - ⇒ tloušťka vrstvy se reguluje rychlostí posuvu a viskozitou rezitu
- suchý rezist
- 
- laminace
    - ⇒ přitlakem zahřátých válců se pružným povrchem
    - ⇒ před přiložením rezistu na povrch pásu musíme odstranit nosnou polyesterovou fólii
    - ⇒ ochranou polyetylenovou fólii sejmeme až po expozice
    - ⇒ často se používají laminátory
      - ovrství desku po obou stranách současně
    - ⇒ pro lepší přilnavost a zabránění vzniku vzduchových bublin se používá vakuového laminačního prostoru

## 7) Jaké substráty se nejčastěji používají v elektronice?

- základní materiál je dielektrikum
  - pryskyřice
  - keramika
  - epoxid
  - atd...
- na základní materiál naplátujeme měděné fólie
- možnost přidat výstuže (bavlna, buničina, skelaná tkanina, kevlar, atd...)
- nakonec se vše zalisuje

### Druhy substrátů

- organické substráty
  - fenolová pryskyřice
    - ⇒ levný snadno rozebíratelný materiál
    - ⇒ navlhá => při horších klimatických podmínkách neudrží rezistivit
  - epoxidová pryskyřice
    - ⇒ modifikovaná – epoxid může být tekutý, tvrdý, plastický
    - ⇒ lepší klimatické a elektrické vlastnosti
    - ⇒ nenavlhá
    - ⇒ čím více tužidla, tím lépe tvrdne => tvrdá chemie
- kompozitové substráty
  - střídají se vrstvy z papíru a skla

- lépe se vrtá
  - jádro je papírové => na každé straně je jeden prepreg
  - při tepelném zatížení => výměna složek
    - ⇒ polyimidový substrát vyšší Tg
    - ⇒ PTFE => pro mikrovlnné aplikace
- **keramické a skleněné substráty**
- dražší
  - výroba
    - ⇒ rozmělnit  $\text{Al}_2\text{O}_3$
    - ⇒ na lince vyjede „mastný papír“
    - ⇒ slisovaný prach
    - ⇒ vystříknou se tvary
    - ⇒ dají se vypéct ( $1000^\circ\text{C}$ )
    - ⇒ zatěžkají se
  - maximální rozměr je 20 x 20cm
  - 2 keramiky
    - ⇒ *podle permitivity*
      - kondenzátorové ( $>12$ )
      - plošné ( $<12$ )
- **ohobné substráty**
- bez výztuže
  - hlavně polyimid
  - dříve se používaly místo plošných vodičů
  - dnes se na ně pájí i součástky
  - 25 - 50 $\mu\text{m}$
- **3D substráty**
- při vytvrzení se ohne jak potřebujeme
  - vystřikování
- **Substrát s kovovým jádrem**
- mezi epoxidové vrstvy se dá plech => na plech se dá smalt
  - hlavně u drátových plošných spojů
  - pro velké chlazení

### **Měděné fólie**

- většinou 35 $\mu\text{m}$  (minimálně 12,5 $\mu\text{m}$ ; 17,5 $\mu\text{m}$ )
- elektrolytická výroba => použije se nerezový válec => otáčí se v elektrolytu  
=> Cu fólie se pak sloupne => natočí se na cívky

### **Laminát**

- výroba
  - prosycení tkaniny pryskyřicí => vysušení=> vytvrzení => položení fólie => vypečení

### **Výztuž**



- skleněná tkanina
- tlusté vlákno a mezery => výsledné vlastnosti podle velikosti mezer a vláken
- pryskyřice špatně drží na skle => vznikají dutiny => provádí se zmatňování skla = lubrikace

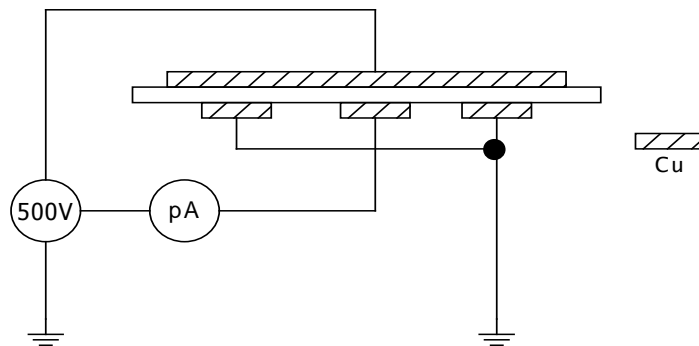
### Prepreg

- skelná tkanina napuštěná epoxidovou pryskyřicí a vysušená => není tvrzená
- změkne při 165°C

### 8) Nakreslete schéma zapojení pro měření povrchové a vnitřní rezistivity.

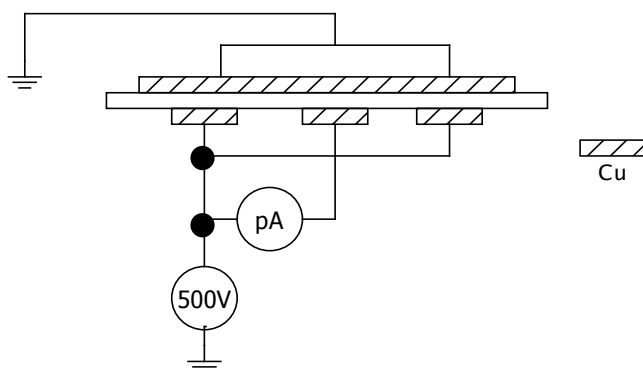
#### Povrchový odpor

- měření pikoampérmetrem



- $R_p = \frac{U}{I}$
- $\rho_p = \frac{l}{S} * R [\Omega]$

#### Vnitřní odpor



## 9) Jaké znáte hlavní vlivy prostředí na degradaci izolantů?

### *Základní vlivy*

- teplota
$$\tau = A * e^{\frac{B}{T}}$$
  - $\tau$  - životnost
  - A,B – materiálové konstanty (tabulková hodnota)
  - T – teplota v K
  
- vlhkost
  - rychlost difúze
  - $D = C * e^{\frac{F}{T}}$
  - 3 kategorie
    - ⇒ 0-30% => vlastnosti téměř nedotčeny
    - ⇒ 30-80% => jiné chování => povrchový odpor se silně mění
    - ⇒ 80-100% => tvorba kapiček
  - kapilárový jev – u materiálů pod 0,1 $\mu$ m
  
- chemické vlivy

### Degradační procesy

- elektrické napětí
  - nutno sledovat vratné a nevratné vlivy
    - ⇒ částečné výboje
      - pokud není povrch homogenní => jsou tam bublinky => lavinové jevy
      - záleží na frekvenci
    - ⇒ plazivé proudy
      - i u malých napětí
      - = vodivé proudy
    - ⇒ elektromigrace
      - hlavně u vlhkosti => dělají se můstky
      - u stříbra
  
- prach
  - tepelná izolace se může poškodit => přehřátí
  - vlhkost – mezi částicemi prachu
  
- mechanické vlivy
  - vibrace
  - teplotní roztažitelnost
  - mechanické napětí
  
- biologické vlivy
  - plísně – jsou agresivní
  - hmyz, zvířata

**10) Vysvětlete pojmy apriorní a posteriorní stanovení spolehlivosti a uveďte příklady.**

**Apriorní**

- na základě výpočtů => spíš jsou pesimistické
- stanoví se ještě před vyrobením
- parametry
  - spolehlivostní data shodného charakteru pro všechny komponenty
  - spolehlivostní zhodnocení vlivů ze zkušeností
  - komplexní popis pracovního prostředí včetně výskytu krátkodobých extrémních namáhání)
  - matematický model
- *příklad*
  - vypočítám si, kdy by se měl stroj porouchat, před uplynutím této doby provedu kontrolu zařízení.

**Posteriorní**

- podmínky
  - vysoká sériovost
  - pravidelný přísun dat o poruchách a provozu
  - intenzita poruch  $\lambda > 10^{-5}$
- stanoví se po výrobě => z provozu
- *příklad*
  - z provozu je patrné, že je např. jeden typ zařízení poruchový do určité doby od výroby => revizi a servis provedeme před uplynutím této doby

**11) Uveďte postup hlavních operací při výrobě jednovrstvých plošných spojů fotoprocесem.**

- 1) řezání přířezů
  - 2) technologické otvory
  - 3) vrtání otvorů pro součástky
  - 4) čištění otvorů
  - 5) laminace fotorezistu
  - 6) expozice
  - 7) vyvolání
  - 8) leptání
  - 9) mytí
  - 10) sejmutí rezistu
  - 11) opracování obrysu
- jednostranně mědí naplátovaný základní materiál se nastřihá na přířezy
  - do přířezů se vyvrtají technologické otvory
  - přířez je větší než výsledná deska o 1 - 2cm

- Chemické a mechanické čištění
  - deska nesmí obsahovat
    - ⇒ mastnotu
    - ⇒ prach
    - ⇒ úlomky
  - povrch měděné fólie je většinou třeba přebrousit
- deska se po celé ploše ovrství fotocitlivým lakem – fotorezistem
- přes filmovou matici se exponuje obraz motivu na desku
- obraz se vyvolá
- leptání odstraní všechnu měď z míst, která byla nebo nebyla osvícena
- vytvoří se požadované motivy zatím kryté rezistm
- na závěr se rezist omyje

**12) Uved'te postup hlavních operací při výrobě dvouvrstevých plošných spojů s pokovenými otvory.**

- 2 technologie

***Semiaktivní technologie***

- používá materiálu oboustranně plátovaného měděnou fólií
- po vyvrtání součástkových otvorů se nanese na stěny otvorů i na celý povrch další měď => následně se leptá
- jsou 2 metody technologií

pokovení desky	pokovení obrazce
vrtání otvorů	
před úprava	
ovrstvení elektrolytickou Cu	ovrstvení rezistem
ovrstvení rezistem	vyvolání
vyvolání	elektrolytická měď
pokovení SnPb	pokovení SnPb
sejmutí rezistu	sejmutí rezistu
leptání	

## *Aditivní technologie*

- základní materiál je bez měděné fólie
- měď se nanáší jen na vodivé cesty a stěny otvorů

## Pokovení desky

- 1) dělení základního materiálu
  - počítáme s přířeze
- 2) základní otvory
  - pro zajištění stejné pozice desky ve všech krocích
- 3) otvory pro součástky
  - speciální vrtačky s velkou rychlostí vrtání i posuvu
- 4) odstranění odštěpů
- 5) čištění otvorů
  - možno použít ultrazvuk
- 6) odmaštění a zaleptání
  - čištění zaleptáním se prování Cu
- 7) katalyzátor a aktivátor
  - k přípravě povrchu pro pokovení
- 8) bezproudé pokovení mědi
  - deska se vloží do elektrolytu => Cu je nanesena na všechna vodivá místa desky (otvory)
- 9) elektrolytické pokovení mědi
  - vloží se do elektrolytu
- 10) úprava povrchu
  - zaleptání nebo jemné broušení
- 11) nanesení fotorezistu
- 12) expozice
  - deska přitisknuta k filmové matrici
- 13) vyvíjení
  - fotorezist na neosvícených místech se ve vývoje rozpustí
- 14) prava povrchu
- 15) elektrolytické pokovení Sn nebo SnPb
  - deska se ponoří do galvanické lázně
- 16) sejmutí fotorezistu => obnaží se měď
- 17) leptání
  - odstranění mědi
- 18) mytí
  - důkladné čištění desky od chemikálií
- 19) maskování
- 20) přetavení SnPb slitiny
  - zahřátí celého povrchu na teplotu tavení SnPb na motivech
  - pro zaoblení hran vodičů a zalití poleptaných boků vodičů
- 21) aplikace nepájivé masky
  - vrstva organického izolantu
    - mokrá
    - suchá
    - normální
    - fotocitlivá

- nanášení => sítotisk => zakryje se vše co nechceme pájet => nanese masku
- 22) vytvrzení nepájivé masky
- 23) potisk
- 24) úprava výsledného tvaru
- 25) výstupní kontrola
- 26) balení => expedice

### 13) Uved'te principy mikrovia spojů a jejich nejužívanější technologické postupy.

#### Microvia technologie

- jsou způsobeny vývody nosičů el. součástek umožňující propojení pokovenými otvory o průměru menším než 150 $\mu$ m
- otvory:
  - slepé
  - skryté
  - průběžné
- vývody
  - menší funkční plocha
  - více součástek na obou stranách desky
  - menší vzdálenost mezi vývody součástek
  - kvalitnější přenos signálu
  - cenová relace
- způsoby výroby:
  - vrtání
    - ⇒ relativně drahé, choulostivé, vyžaduje velkou přesnost
    - ⇒ *nevýhoda* – nutnost vrtat otvor po otvoru
  - ražení
    - ⇒ *nevýhoda* – jdou prakticky dělat pouze otvory průběžné
  - laser
    - ⇒ nejpoužívanější CO<sub>2</sub> (otvory v dielektriku??), YAG a excimer
    - ⇒ rychlý a přesný
  - chemicky leptané otvory
    - ⇒ maska – definuje umístění a velikost otvorů; je vytvořena suchým a tekutým rezistem
    - ⇒ dobře přizpůsobivé jsou polyimidové pryskyřice
    - ⇒ *výhoda* – možno vytvářet všechny otvory najednou
  - plasmové leptání
    - ⇒ postup
      - jádro microvia desky => laminace Cu fólie => vytvoření obrazce motivu rezistem => leptání Cu => sejmutí rezistu => plasmatické leptání => bezproudové pokovení mědí => laminace fotorezistu => vytvoření obrazce => elektrolytické pokovení Cu => sejmutí rezistu => leptání

- fotoproces
  - ⇒ otvory vytvářeny současně
  - ⇒ *nevýhoda* – velká spotřeba chemikálií
  - ⇒ fotocitlivé izolanty => osvítime => vyvoláme
- obrazce
  - ⇒ pískování
  - ⇒ moc se nepoužívá

#### 14) Popište vlastnosti a postup výroby součástek typu BGA

##### Součástky BGA

- ball grid array
- vývody
  - poduškový typ a kulovitý tvar
  - vysoký počet vývodů (od 4x4 po 49x49 na 50x50 mm)
- při manipulaci jsou málo zranitelné (na rozdíl od FPP)
- pouzdra
  - pplastová
  - keranická
- připojení drátů
  - mikrodráty
  - flip-chip
- kulové vývody
  - realizovány SnPb pájkou
- nevýhody
  - obtížná kontrola kvality připojená pouzdra po jeho montáži
  - opravitelnost

##### Součástky PBGA

- plastic ball grid array
- základna pouzdra tvořená oboustranně plastovanou destičkou pryskyřice
- složka pro připojení čipu => pozlacená
- čip je na základnu namontován el.ektrickými vodivými epoxydovými lepidy se stříbrným plnivem a připojeny mikrodráty

### Součástky CBGA

- ceramic ball grid array
- základna tvořena 3 – 5 vrstveným keramickým substrátem
- čip je k základně připojen
  - mikrodráty
  - flip-chip
- **výhody**
  - vyšší odvod tepla z pouzdra
  - vyšší hustota montáže
  - krátké propoje

### Součástky TBGA

- tape ball grid array
- ohebná plastová základna pouzdra
- základna je oboustranně plátována
  - 1. vrstva => signálové spoje
  - 2. vrstva => zemní rovina
- flip-chip technologie
- **nevýhoda**
  - vysoké náklady

### Součástky $\mu$ - BGA

- menší rozteč vývodů
- větší hustota vnitřních propojů
- **nevýhoda**
  - vysoká cena

## **15) Jaké znáte druhy hybridních integrovaných obvodů a jaký je postup jejich výroby.**

### HIO

- dokážou větší výkony
- kombinace vlastností materiálů
- v jednom pouzdře jsou aktivní i pasivní prvky



- **výhody**
  - spolehlivost
  - menší objem a hmotnost
  - při dostatečném objemu výroby jsou levnější
  - vyšší mezní a spínací kmitočty
  - větší odolnost vůči mechanickým a chemickým vlivům
  - dají se opravovat
  - stabilita součástek při vyšší frekvenci
  - dají se nastavit indukčnosti
  - mikrovlnné a mikropájkové obvody
  - lepší odvod tepla
- **nevýhoda**
  - složitá výroba substrátu

### ***TLUSTOVRSTVÉ HIO***

- vodivé dráty a odpory natisknuté sítotiskem
- používají se separační vrstvy ze skloviny (pasta a sklo)
- **výroba**
  - báze  $Al_2O_3$
  - *vodiče*
    - ⇒ vodivá pasta (As, Au, Pd) ve formě prášku
    - ⇒ pasta => silikonové oleje
    - ⇒ skelný prach => po roztavení zajistí přilnavost vodivé části k substrátu
    - ⇒ šířka => 50 - 200 $\mu$ m
    - ⇒ mezery => 100 - 200 $\mu$ m
    - ⇒ křížení vodiče => rekrystalizační sklovina => ve sklovině je okénko
  - *odpory*
    - ⇒ pasta
    - ⇒ šířka => 500 - 200 $\mu$ m
    - ⇒ justování odporů => upravování => odstranění kusu odporové dráhy
  - *mezní kmitočty*
    - ⇒ MHz
  - *intenzita poruch*
    - ⇒  $\lambda = 10^{-6}$
- ověřování obvodu => návrh topologie => výroba šablony => tisk => výroba justování => vsazování čipů => kontaktování => zkoušení => pouzdření

### ***TENKOVRSTVÉ HIO***

- dražší, preciznější – zhruba 2x než tlustovrstvé HIO
- tloušťka => 0,1 - 1 $\mu$ m
- menší výkony

- **výhoda**
  - použití na jednotky W (???)
  - frekvence desetitisíce MHz (???)
- stabilnější a přesnější
- **výroba**
  - *podložka*
    - ⇒ korundová keramika,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  nebo alkalické sklo
  - *vodiče*
    - ⇒ naprašováním hliníku nebo naprašováním zlata
    - ⇒ minimální šířka =>  $10\mu\text{m}$
    - ⇒ tloušťka =>  $1-5\mu\text{m}$
    - ⇒ křížení vodičů
      - obtížné => prakticky se nedělá
  - *fotorezist*
    - ⇒ osvětlení => vyvolání => leptání
- **justování odporů**
  - pomocí laseru nebo pískování
- **pouzdrění**
  - fluidizace
  - ohřívací píčka => vysoká teplota