

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Testování desek plošných spojů

Abstrakt

Předkládaná bakalářská práce je zaměřena na výrobu a testování jednovrstvých a dvouvrstvých desek plošných spojů. V bakalářské práci jsou uvedeny nejčastější vady vyskytující se na deskách plošných spojů ve firmě PULS. Jejich možné kontroly v průmyslu jak na straně výrobce, tak na straně dodavatele a kontroly prováděné ve firmě PULS.

Klíčová slova

Desky plošných spojů, výroba desek plošných spojů, kontroly desek plošných spojů, vady desek plošných spojů,

Abstract

The master thesis is focused on testing and production of single-layer and double layer printed circuit boards. It's possible controls in the industry, for manufacturer and supplier side, and inspections carried out in company of PULS.

Key words

Printed circuit boards, production of printed circuit boards, printed circuit boards inspection, defects of printed circuit boards.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

.....

podpis

V Plzni dne 22.8.2014

Lukáš Mergl

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval firmě PULS, hlavně panu Ing. Pavlu Hanzlíkovi, za cenné rady, připomínky a vedení práce, a také svému vedoucímu práce panu Ing. Tomáši Řeřichovi za cenné rady a poskytnuté materiály.

Obsah

OBSAH	1
ÚVOD	2
1 POSTUP VÝROBY DESEK PLOŠNÝCH SPOJŮ	3
1.1 JEDNOVRSTVÉ PLOŠNÉ SPOJE	4
1.1.1 Dělení desky na přířezy a panelizace	4
1.1.2 Vrtání	5
1.1.3 Čištění a kartáčování	6
1.1.4 Nanesení rezistu sítotiskem	6
1.1.5 Osvit a vyvolání fotorezistu	7
1.1.6 Leptání	8
1.1.7 Shrnutí	9
1.1.8 Dvouvrstvé plošné spoje bez pokovených otvorů	9
1.2 DVOUVRSTVÉ PLOŠNÉ SPOJE S POKOVENÝMI OTVORY	10
1.2.1 Technologie výroby spojů na plátovaném základním materiálu	10
1.3 VÍCEVRSTVÉ PLOŠNÉ SPOJE	15
1.3.1 Prepreg	15
1.3.2 Měděná folie	15
2 DRUHY VAD V DESKÁCH PLOŠNÝCH SPOJŮ	16
2.1 PŘÍTOMNOST NEČISTOT V DESCE	17
2.2 SOUOSOST DĚR	18
2.3 ADHEZE NEPÁJIVÉ MASKY	19
2.4 ROVINNOST	20
2.5 CHYBY V OTVORECH	21
2.5.1 Smear removal	21
2.5.2 Etchback	22
2.6 PODLEPTÁNÍ	23
3 KONTROLY DESEK PLOŠNÝCH SPOJŮ U VÝROBCE	24
3.1 VIZUÁLNÍ TESTY	24
3.1.1 AOI + vizuální testování dle rozměrových výkresů	24
3.2 ELEKTRICKÉ TESTY	25
3.2.1 Létařící sonda (flying probe) testy	25
3.2.2 Hipot test	26
3.3 KONTROLNÍ VÝBRUSY	26
3.4 NEDESTRUKTIVNÍ TESTY U ODBĚRATELE	27
3.4.1 Test lepicí páskou – tape test	27
4 FIRMA PULS	28
4.1 ZKOUŠKY VE FIRMĚ PULS	28
5 ZÁVĚR	30

Úvod

Těžko si lze dnes představit svět bez elektrické energie a bez všech elektronických zařízení, které člověku usnadňují a zlepšují život v mnoha směrech. Základním stavebním kamenem těchto elektronických zařízení jsou desky plošných spojů, které díky technologickému pokroku a zkvalitňování výroby umožňují stále větší miniaturizaci zařízení. Tomu, aby se stále využívaly, jim dopomáhá relativně snadná a levná výroba. V práci je popsán proces výroby jednovrstvých a dvouvrstvých desek plošných spojů.

Text je rozdělen do tří částí. První kapitola je rozdělena na jednotlivé operační kroky, které jsou nutné pro správné vytvoření desky plošných spojů. Zaobírá se výrobou jednovrstvých a dvouvrstvých desek. Druhá kapitola uvádí druhy chyb, které mohou nastat při výrobě a se kterými jsem se setkal ve firmě PULS. Jsou to chyby jako například špatná adheze nepájivé masky nebo chyby v otvorech. Také se zabývá chybami při převozu a skladování, jako je problém s rovinností, který často nastává při nesprávném transportu nebo skladování desek. Třetí část popisuje základní kontroly desek plošných, a to jak optické, tak elektrické, také řeší, jak desky kontrolují dodavatelé (výrobci desek) a osazovací linky (pracoviště).

1 Postup výroby desek plošných spojů

Deska plošných spojů se v elektronice používá pro mechanické připevnění a současně pro elektrické propojení elektronických součástek. Součástky jsou propojeny vodivými cestami vytvořenými leptáním z měděných folií nalepených na izolační laminátové desce. Samotné součástky jsou na DPS připájeny za své vývody cínovou pájkou. Klasická provedení součástek mají vývody ve formě drátů. Ty se obvykle prostrčí otvory v desce a na opačné straně, než byla součástka, se připájely k spojům vytvořených vrstvou mědi. V současnosti se při sériové výrobě používá velmi často technologie povrchové montáže. ^[10]

Deska s plošnými spoji má tři hlavní funkce:

- a) poskytuje mechanickou podporu součástkám, které jsou na ni upevněny
- b) zprostředkovává elektrické spojení mezi součástkami pomocí vodičů vytvořených na nosné desce
- c) zpravidla zajišťuje i označení součástek, jejich vývodů apod. ^[1]

Důvody častého užívání plošných spojů jsou, tak jako většinou všude v hromadné výrobě, vyšší spolehlivost a nižší cena. Plošné spoje mají ještě další výhody, a to:

- a) přesné rozmístění a jednoznačná poloha součástek
- b) vypočtené charakteristiky obvodů odpovídají dobře realitě
- c) vysoká opakovatelnost parametrů
- d) nízká hmotnost
- e) často snadná opravitelnost
- f) jednoduché a přesné dělení celku na části
- g) výborná automatizovatelnost výroby
- h) nízké nároky na kvalifikaci výrobních pracovníků

Jako každý systém mají i plošné spoje svoje nevýhody:

- a) nízká odolnost vůči rázům a vibracím
- b) složitá pravidla návrhu
- c) investiční náročnost vyspělejších technologií výroby ^[1]

Technologie tvorby vodivých obrazců plošných spojů jsou v zásadě tři:

- a) subtraktivní – naplátovaná Cu folie se z míst, kde budou izolační mezery, odleptá
- b) aditivní – na holém dielektriku se navrství jen vodivé motivy
- c) semiaditivní – využívá se obou předešlých možností ^[1]

Podle počtu vrstev dělíme plošné spoje na:

- a) jednovrstvé
- b) dvouvrstvé – 1) s nepokovenými otvory
2) s pokovenými otvory
- c) vícevrstvé ^[1]

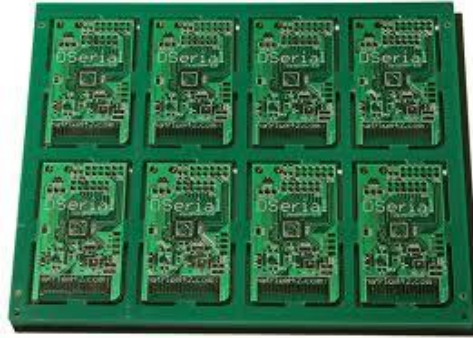
1.1 Jednovrstvé plošné spoje

Historicky nejstarší a také nejjednodušší plošné spoje jsou jednovrstvé. Vodivé motivy se na nich vytvářejí nejčastěji pomocí sítotisku nebo fotoprosu, jsou používány ale i jiné technologie. ^[1]

1.1.1 Dělení desky na přířezy a panelizace

Jelikož se základní materiál desky dodává ve velkých rozměrech (okolo 1 m²), musí se nařezat na menší kusy, protože zpracovávat tak velký kus desky by bylo velice náročné. Desky plošných spojů se používají pro různé aplikace, proto i jejich tvar se s každou aplikací mění, avšak nelze opracovávat každou desku zvlášť. Proto se využívá panelizace, což znamená, že se deska rozdělí na menší přířezy. Na těchto přířezech je vedle sebe naskládáno více výsledných desek, které jsou od sebe odděleny drážkou a jsou na přířezu zpracovávány najednou. Rozdělení na přířezy se provádí nejčastěji stříháním elektrickými nůžkami, vodním řezáním nebo frézováním.

Jednostranně mědi plátovaný základní materiál se nastříhá na přířezy, do nichž se vyvrtají technologické otvory. Přířez musí být větší než výsledná deska plošného spoje o jeden až dva centimetry, aby se na něm umístily zakládací otvory, jimiž se docílí stejné polohy desky ve všech výrobních a kontrolních operacích. Dalším důvodem, proč má být přířez větší než samotná deska, je, že některé výrobní operace nedocílí stejné kvality procesu i blízko hran desky. ^[1]



Obr. 1 Ukázka panelizace [9]

1.1.2 Vrtání

Vrtat otvory u desek plošných spojů lze různými způsoby, např. mechanickými vrtáky, či laserem.

Mechanické vrtání probíhá za velmi vysokých otáček (30–300 tisíc otáček za minutu). Proto u těchto vrtaček bývají často použita vzduchová ložiska. Používají se NC nebo CNC vícevřetenové vrtačky pro rychlejší výrobu desek. Deska se ve vrtačce musí samozřejmě upnout, aby nedošlo k samovolnému pohybu.

Vrtají se různé průměry s ohledem na další opracování desky (chceme-li pokovit otvor, musíme vyvrtat díru o něco větší, než je předepsaná velikost). Nejmenší možná velikost děr vytvořených vrtáním je okolo 0,1 mm, maximální velikost děr je v podstatě neomezena.

Typická hodnota rychlosti vrtání otvorů se pohybuje mezi 2 000 až 5 000 otvorů/h. Výrobci uvádějí, že by se životnost vrtáku měla pohybovat okolo 2 000 otvorů a u některých vrtáků se uvádí, kolikrát lze vrták nabrousit, aby svou funkci plnil správně.

Laserové systémy pro vyhotovení otvorů obsahují typicky dva laserové systémy: UV laser pro realizaci otvorů v kovových vrstvách a CO₂ laser pro zhotovení otvorů v dielektrických vrstvách. Výsledkem je velmi přesné zhotovení děr s malými odchylkami ($\pm 25 \mu\text{m}$). Avšak při tom jsou kladeny velké nároky na pracovní prostředí (ohledně vlhkosti, teploty nebo odsávání vzduchu). Laserové vrtání má oproti mechanickému tu nevýhodu, že výsledná díra má kónický tvar, který je nejširší na povrchu desky a postupně se zužuje směrem vrtání. Výhodou laserového vrtání je, že dokáže vytvořit menší průměry než vrtání mechanické. Otvory s průměrem pod 150 μm se označují jako microvia.

Otvory se dají dělit na součástkové a propojovací. Součástkové jsou určeny pro vývod součástek a jejich zapájení do desky. Propojovací jsou určeny k propojení jednotlivých vrstev mezi sebou, často jsou pokoveny nebo vyplněny vodivým materiálem.

1.1.3 Čištění a kartáčování

Během manipulace s deskou dojde často k jejímu zašpinění a zároveň po vrtání vznikají otřepy, které je nutné odstranit. Tyto nečistoty mohou být pouhým okem neviditelné, avšak mohou mít špatný dopad na další práci s deskou a na kvalitu desky. Proto se deska musí čistit, nejčastěji se k tomu používá proud vody a používají se i rotující kartáče.

Nejen kvůli mastnotě a jiným nečistotám se deska čistí a kartáčuje. Například chceme-li nanést cokoli na měděnou vrstvu, půjde to jen velmi obtížně, jelikož měděná vrstva je téměř dokonale rovinná a nic se na ní jen tak neuchytí. Proto se zdrsňuje povrch mědi, aby se s ním dalo lépe pracovat. Po kartáčování se měď ještě naleptá, aby byl výsledný povrch větší a přilnavost materiálu k mědi byla velmi dobrá. Navíc leptání povrchu měděné vrstvy odstraňuje nežádoucí oxidy, které mohly vzniknout. Po mytí desky následuje samozřejmě její usušení.

1.1.4 Nanesení rezistu sítotiskem

Princip sítotisku spočívá v protlačování rezistu přes prostupná místa šablony na desku. Na desku se nanáší sítotiskem leptuodolný rezist přesně ve tvaru budoucího vodivého obrazce. Natištěný rezist se poté suší, anebo vytvrzuje. Následující leptání odstraní všechnu měď z míst, která nebyla chráněna rezistem, a vytvoří se tak požadované vodivé motivy, zatím skryté pod rezistem. Ten se v dalším kroku smyje, deska se opláchne a plošný spoj se po osušení mechanicky opracuje na výsledný tvar.^[1]

1.1.4.1 Nanášení rezistu laminací

Na desku lze nanést tuhý fotorezist technikou laminace. Nalaminuje se přímo na desku. Tlak přitom působí jen po určitý časový interval. Zařízením, kterým laminujeme fotorezist na desku, může být lis nebo jím mohou být dva proti sobě otáčející se válce. Lze laminovat ve vakuu nebo za zvýšené teploty.

1.1.4.2 Fotorezist

Fotorezist je látka, která změní své vlastnosti za působení UV záření o správné vlnové délce. Používá se, aby zakryté části desky ochránil před leptáním

Fotorezist lze dělit na:

- pozitivní – zářením se rozruší jeho struktura a poté se odplaví,
- negativní – zářením na něj se jeho struktura zpolymeruje a kryje dané oblasti, tento typ se používá častěji.

Fotorezist lze také dělit na to, v jakém stavu je před nanesením na samotnou desku: Je buď ve stavu kapalném, nebo ve stavu tuhém.

Odstranění fotorezistu se nazývá „stripování“. Provádí se například v roztoku KOH (hydroxid draselný).

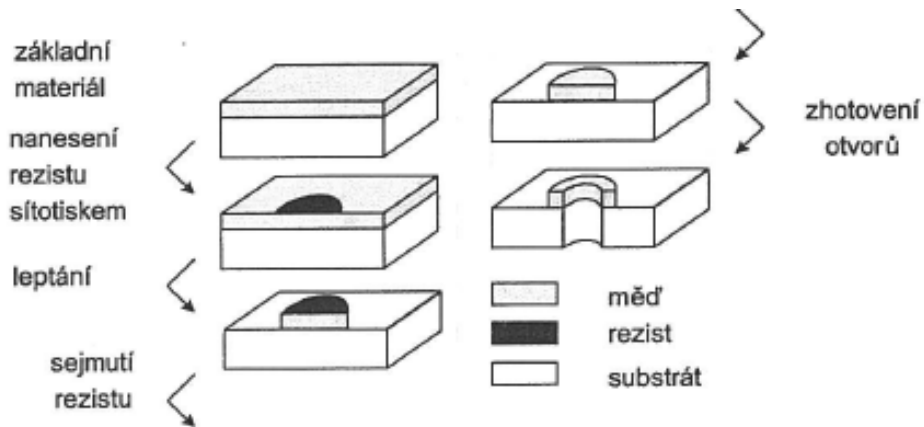
1.1.5 Osvit a vyvolání fotorezistu

Je-li rezist nanesen technikou laminace, tak se pro přenesení motivu na desku používá filmová matrice, skrz kterou neprojde UV záření, a povrch pod ní čili rezist zůstane nedotčen. Tato matrice se pevně spojí s deskou. Aby nedošlo k podsvícení matrice, využívají se vakuové rámy. Zářením na negativní fotorezist se jeho struktura zpolymeruje a kryje dané oblasti. Tento typ se používá častěji. U pozitivního se působením záření fotorezist rozkládá.

Deska s exponovaným fotorezistem se vyjme z expozičních zařízení a sejme se z ní vyvolávací matrice. Z exponované desky se sejme matrice a folie, na které byl nanesen fotorezist, který nyní ulpěl na desce. Deska se omývá uhličitanem draselným nebo sodným, což má za následek odstranění neosvíceného fotorezistu.

1.1.5.1 Vyvolání obrazce při použití sítotisku

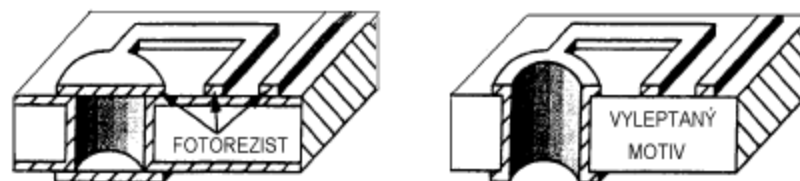
Je-li rezist nanesen technikou sítotisku, nemusí podstupovat fotoprocес, jelikož fotorezist je nanesen jen na místech výsledného motivu. Následuje usušení rezistu.



Obr. 2 Postup výroby plošného spoje sítotiskem a leptáním [1]

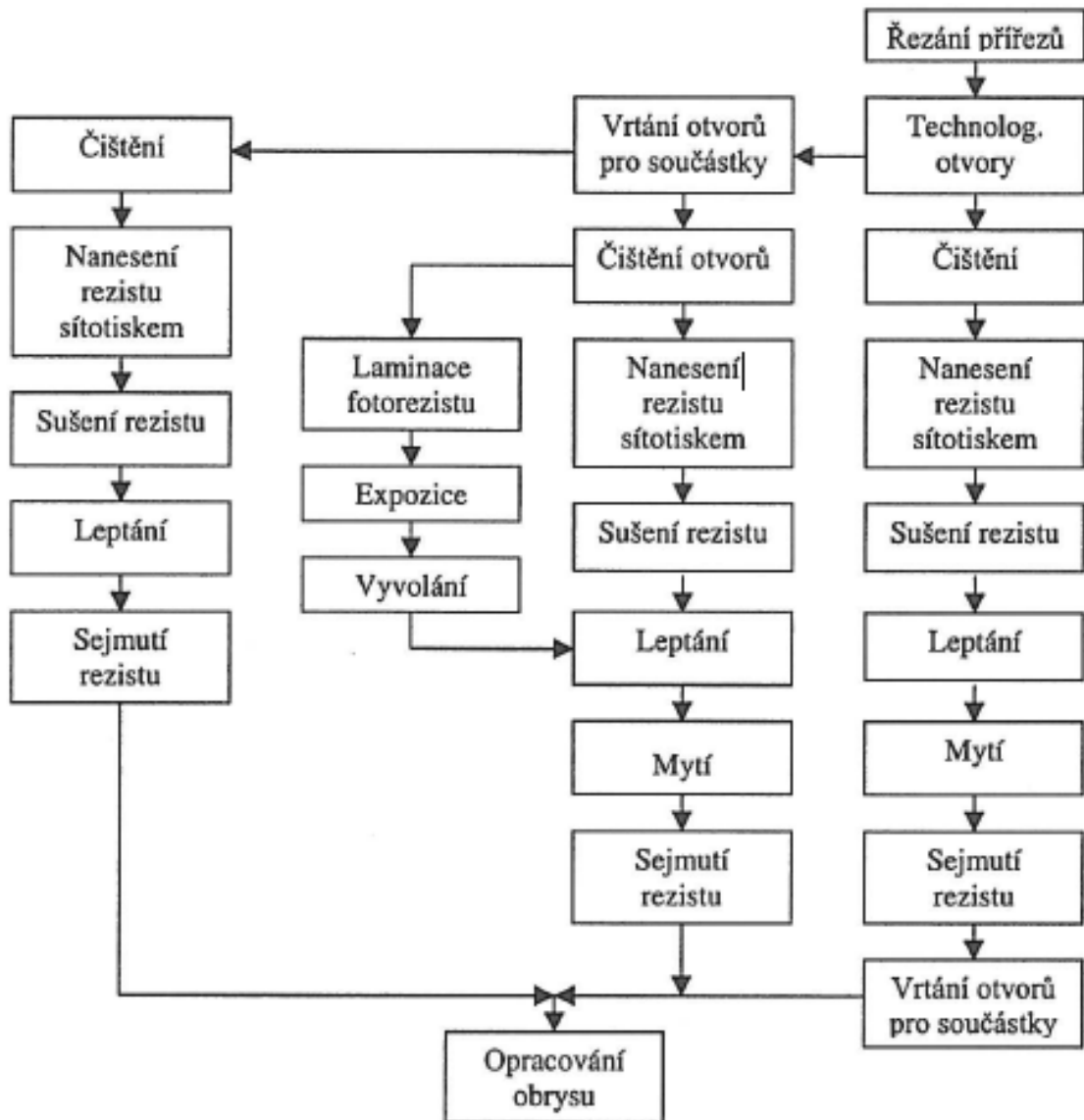
1.1.6 Leptání

Leptání je chemické odstraňování galvanické vrstvy (mědi), která není pokryta leptodolným materiálem. Pro každou leptuodolnou vrstvu (cín nebo fotorezist) se musí zvolit jiné leptadlo. Nejčastěji se k odleptání používá amoniakální síranová lázeň a čpavek. Z ekologických i ekonomických důvodů se používá regenerace leptacího roztoku a zpětné získávání mědi.



Obr. 3 Vyleptání obrazce na povrch desky [1]

1.1.7 Shrnutí



Obr. 4 Alternativy postupů výroby jednovrstvého plošného spoje [1]

1.1.8 Dvouvrstvé plošné spoje bez pokovených otvorů

Dvouvrstvé plošné spoje bez pokovených otvorů se vyrábějí stejně jako jednovrstvé. Stejně výrobní operace se tudíž opakují na druhé straně. Musí se však zajistit, aby motivy na jedné straně byly přesně nad motivy strany druhé. To mohou zajistit dostatečně přesné základací technologické otvory. ^[1]

1.2 Dvouvrstvé plošné spoje s pokovenými otvory

V mnoha případech návrh plošného spoje vyžaduje vodivé spojení obou stran. Existuje řada způsobů, jak tento problém řešit, avšak vždy je to komplikace.

Základní požadavky pro spojení jsou:

- dobré elektrické spojení mezi oběma stranami desky
- dobré mechanické vlastnosti spoje umožňující vkládání, případně i vyjímání a opětné vkládání vývodů součástek
- dostatečná odolnost proti vlivům prostředí
- přijatelná cena a ekologie

Původní snahy vyřešit problém propojení různými očky, nýtky, trubičkami nebo kolíky příliš neuspěly a nejčastějším způsobem, který také splňuje nejlépe uvedená kritéria, se staly pokovené otvory. ^[1]

1.2.1 Technologie výroby spojů na plátovaném základním materiálu

Existují dvě základní metody výroby na těchto substrátech: pokovení obrazce (pattern plating) a pokovení desky (panel plating). Obě metody mají svoje výhody a nevýhody.

Výběr se řídí následujícími faktory:

- požadované vzájemné vzdálenosti vodičů
- požadovaná šíře vodičů
- požadovaná tloušťka vodičů a pokovených otvorů
- řízení leptacího procesu

Základní kroky obvyklého výrobního postupu obou technologií jsou schematicky znázorněny na obr. 6. Méně důležité mezioperace nejsou pro lepší srozumitelnost uvedeny. ^[1]

1.2.1.1 Pokovení desky (panel plating)

V devadesátých letech byl obnoven zájem o metodu panel plating, hlavně pro výrobu desek s hustými motivy na tenkých laminátech s tenčí měděnou folií. Samozřejmě to má svůj dopad na výrobní čas a cenu. ^[1]

Hlavní kroky výrobního postupu jsou na obr. 6. Detailnější popis operací je následující:

- 1. Dělení základního materiálu.** Desky základního plátovaného materiálu jsou stříhány, řezány, nebo frézovány na příslušné velikosti, velikost přířezu je přizpůsobena možnostem zpracování v dalším výrobním procesu, ale také optimální velikosti přířezu vzhledem k velikosti jednotlivých výsledných desek na tomto přířezu.
- 2. Zakládací otvory.** Pro zajištění stejné pozice desky ve všech krocích výrobního postupu je vrtáno nebo lisováno do přířezu dva nebo více zakládacích otvorů. Jejich přesnost má vliv na přesnost výsledné desky.
- 3. Paketování desek.** Je-li to vhodné, mohou se desky skládat na sebe pro společné vrtání. Počet desek v paketu závisí na tloušťce desek a na požadované přesnosti vrtání. Větší počet desek v paketu způsobuje nižší přesnost vrtání.
- 4. Otvory pro součástky a propojení.** Otvory se vrtají na speciálních vrtačkách s velkou rychlostí otáček a posuvu. Mohou se sice také lisovat, ale zvláště u hustých motivů je kvalita lisování nepřijatelná a lisovací nástroj drahý.
- 5. Odstranění otřepů.** Jsou-li vrtáky dostatečně ostré, posuv a rychlost vrtání vhodně zvoleny, jsou otřepy po vrtání přijatelně malé. Při hromadné výrobě lze však stěží zajistit, aby v celém procesu nezpůsobily problémy, a tak většina výrobců desky kartáčuje speciálními otočnými válcovými kartáči s drsným povrchem vlasců. Neodstraněné otřepy, které by se v dalším postupu pokovily, by mohly být příčinou praskání mědi v těchto místech, nebo působí problémy s kvalitou překrytí fotorezistemem.
- 6. Čištění otvorů.** Otvory musejí být pečlivě zbaveny všech zbytků po předchozích operacích. Čím jsou otvory menší, tím je tento proces obtížnější a důležitější. S výhodou je možno použít ultrazvuk.
- 7. Odmaštění a zaleptání.** Povrch musí být pečlivě připraven pro pokovovací proces, proto musí být zbaven všech mastnot a měděná vrstva musí být zaleptána, aby byl její povrch naprosto čistý.
- 8. Katalyzátor a aktivátor.** Katalyzátory a aktivátory se užívají k přípravě povrchu pro pokovovací procesy.
- 9. Bezproudé pokovení mědi.** Deska je ponořena v roztoku obsahujícím ionty mědi, redukční prostředek a palladium, které katalyzuje redukci iontů mědi na měď.
- 10. Elektrolytické pokovení mědi.** Deska se vloží do elektrolytu, kde je elektrolyticky nanášena měď na všechna vodivá místa desky, to jsou po předchozím procesu všechny otvory a celá plocha desky.

- 11. Úprava povrchu.** Povrch mědi musí být upraven pro ovrstvení fotorezistu nejčastěji zaleptáním, nebo jemným zabroušením.
- 12. Nanesení fotorezistu.** Nanáší se slabá vrstva fotorezistu.
- 13. Expozice.** Deska je přitisknuta k filmové matrici obrazce a osvětí se světlem vhodné vlnové délky. Exponovaná místa fotorezistu se vytvrdí a zůstanou na desce i po vyvolání.
- 14. Vyvíjení.** Fotorezist na neosvícených místech se ve vývojce rozpustí, osvícená místa zůstávají.
- 15. Úprava povrchu.** Operace má podobný účel, jak je popsáno v bodě č. 7. Má připravit povrch mědi na další pokovení.
- 16. Elektrolytické pokovení Sn nebo SnPb.** Deska se ponoří do galvanické lázně, kde je elektrolyticky pokovena Sn, nebo SnPb. Vrstva působí jako rezist při leptání. Často je označována jako kovový leptuodolný rezist.
- 17. Sejmutí fotorezistu.** Fotorezist, který bránil ovrstvení kovovým rezistem, se rozpustí. Obnaží se tak měď, která bude v dalším kroku odleptána.
- 18. Leptání.** Všechna měď nechráněná kovovým rezistem bude odleptána. Zůstanou vodivý obrazec a otvory pokryté kovovým Sn nebo SnPb rezistem.
- 19. Mytí.** Je třeba velmi důkladně očistit desku od zbytků všech chemikálií, jinak dojde časem k degradaci vlastností jak kovových, tak izolačních materiálů.
- 20. Maskování.** V případě, že na desce plošného spoje bude přímý konektor, musí být z kontaktů konektoru odstraněn kovový rezist a nahrazen jiným pokovením. Před uvedenými operacemi je nutno nalepit pásku, která bude chránit vodivé motivy na přechodu ke konektoru.
- 21. Sejmutí kovového rezistu.** Deska se ponoří konektorem do lázně, která kovový rezist rozpustí a obnaží tak pod ním ukrytou měď. Masky chrání pod ní ukryté motivy.
- 22. Úprava povrchu.** Úprava je stejná jako v bodě č. 7.
- 23. Elektrolytické pokovení niklem.** Slabá vrstva Ni je podkladem pro další pokovení.
- 24. Elektrolytické pokovení zlatem.** Kontakty konektoru se pokoví zlatem, které má zajistit spolehlivost elektrického propojení.
- 25. Sejmutí masky.** Masky pro úpravu konektoru se sejme odloupením.
- 26. SnPb slitiny.** Velmi často se celý povrch desky zahřívá na teplotu tavení SnPb povrchu na vodivých motivech, aby se tavením zaoblily hrany vodičů a zalily podleptané boky vodičů.

- 27. Aplikace nepájivé masky.** Na desku se nanese suchá, anebo mokrá, normální, anebo fotocitlivá nepájivá maska.
- 28. Úprava tvaru výsledné desky.** Deska plošného spoje se ostříhne, anebo ofrézuje do výsledného tvaru.
- 29. Výstupní kontrola.** Podle dokumentace je třeba zkontrolovat všechny důležité parametry desky. Často se používají elektrické nebo optické testery.
- 30. Balení a expedice.** I této činnosti je třeba věnovat patřičnou péči, protože skladováním nebo dopravou v nevhodných podmínkách je možné celé dílo snadno nenávratně poškodit.^[1]

Výhody pokovení desky (panel plating) :

- elektrolytický proces pokračuje bez přerušení
- kontaminace z rezistu je vyloučena pokovením mědi
- kontaminace Sn roztoku je nulová, protože obrazec je přenášen mezi pokovením Cu a pokovením Sn
- je dosaženo vyrovnanější tloušťky pokovení^[1]

Nevýhody pokovení desky (panel plating) :

- měď je nanesena všude po povrchu desky a leptadlo musí odleptat relativně velkou a rozsáhlou vrstvu mědi
- leptání vodivých obrazců může vést k nadměrnému podleptání, které je možné snížit volbou tenčí Cu folie
- spotřeba leptadla je mnohem vyšší než u pokovení obrazců (pattern plating), což má vliv na odpadové hospodářství výroby^[1]

1.2.1.2 Pokovení obrazce (pattern plating)

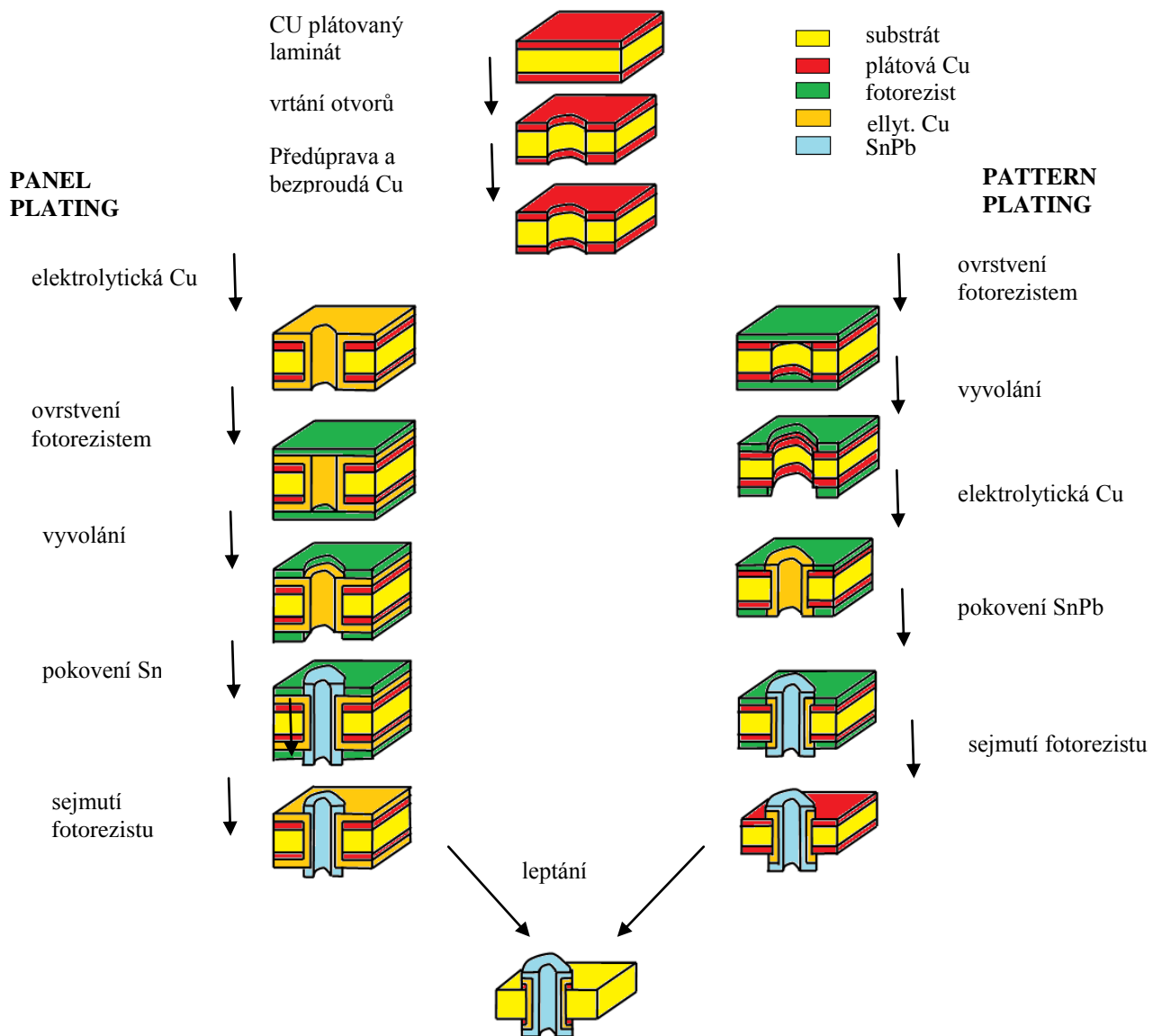
Technologie pokovení obrazce je užívanější variantou výroby desek plošných spojů s pokovenými otvory. Selektivní pokovení pouze výsledného obrazce spojů, které minimalizuje pokovení na plochách, které by byly později odleptány, je velkou předností. Proces je znázorněn na obr. 6. Elektrolytické pokovení mědi se provádí až po nanesení, expozici a vyvolání fotorezistu, když odkrytý vodivý obrazec je pokryt odpovídající tloušťkou mědi a nato i Sn rezistem. Fotorezist je poté sejmuto a obnažená měď je odleptána. Výroba probíhá dále jako u technologie pokovení desky (panel plating).^[1]

Výhody technologie pokovení obrazce (pattern plating) :

- schopnost realizovat velmi jemné vodivé motivy relativně snadno
- je nanášeno i odstraňováno méně mědi
- menší podleptání vodivých struktur
- kratší čas leptání a nižší spotřeba leptadla
- nižší cena^[1]

Nevýhody technologie pokovení obrazce (pattern plating)

- musí být věnována extrémní péče pokovení první vrstvy mědi
- nebezpečí kontaminace mezi elektrolytickými lázněmi Cu a SnPb
- je důležité dodržet rovnoměrnou tloušťku pokovení^[1]



Obr. 6 Technologický postup pro panel a pattern plating [1]

1.3 Vícevrstvé plošné spoje

Nárůst hustoty propojení a rychlosti přenášených signálů vyvolává stále větší potřebu vícevrstevných plošných spojů. Nejjednodušší forma z počátků snah o vícevrstvý spoj – třívrstvý spoj – se již téměř nepoužívá. Skutečný vícevrstvý spoj má v současné době alespoň dvě vnitřní vrstvy, často používané jako napájecí. Propojení jednotlivých vrstev je realizováno pokovenými otvory. Stále častější jsou však spoje s více než čtyřmi vrstvami a osmi až dvanáctivrstvé spoje již nejsou žádnou vzácností.

Tloušťka vícevrstevných plošných spojů prošla během vývoje změnami. Typické vícevrstvé spoje jsou nadále 1,5 nebo 1,6 mm silné, ale stále více se používají i desky o tloušťce 1,0 a 1,2 mm. Tloušťka plošného spoje závisí na tloušťce jádra a tloušťce použitých prepregů. Zavádění přenosných zařízení, jako jsou laptopy, mobilní telefony apod., si vyžádalo snížení váhy a objemu a vedlo až k osmivrstvým spojům o tloušťce 0,6 a 0,8 mm.

Další vývoj směřuje k postupně stavěným vícevrstevným spojům se skrytými a slepými otvory.^[1]

1.3.1 Prepreg

Prepreg je skelná tkanina impregnovaná pryskyřicí, která byla jen zčásti zpolymerizována. Stupeň polymerizace je právě takový, aby list nebyl lepkavý, ale aby ještě dovolil pryskyřici za zvýšené teploty znovu změkknout a nato se za tlaku a teploty vytvrdit. Parametry prepregu, např. obsah pryskyřice, tekutost pryskyřice, čas želatinace apod., jsou u různých laminátů různé. Pro laminaci však musí zůstat dostatečně velká plocha pro spojení mezi jednotlivými prepregy a mezi Cu folií. Důležité je, že vrstvy musejí být spojeny bez pórů a dutinu, což zaručuje tekutost pryskyřice v prepregu.^[1]

1.3.2 Měděná folie

Jako vodivé propojení mezi součástkami se používá měděná vrstva. Tato měděná folie může být nanášena z jedné strany nebo z obou stran, v případech vícevrstevných desek může být i uvnitř desky.

Pro nejběžnější aplikace je Cu folie o tloušťce 35 um použitelná pro vnitřní vrstvy, pro vnější vrstvy se používá obvykle folie s tloušťkou 17,5 um. Folie s tloušťkou 70 a více um se nejvíce používá pro rozvod napájení.^[1]

Měď se nejprve nanáší na nerezový pomalu se otáčející buben, na kterém vytváří tenkou folii mědi. Poté se tato folie sejme a nalisuje na substrát desky. Tyto folie se vyrábějí s velmi vysokou čistotou, ta činí minimálně 99,85 % obsahu mědi, a to proto, aby byla zaručena co možná nejlepší vodivost, tedy co možná nejmenší rezistivita. ^[1]

Vytvářejí se i různé tloušťky folie:

- standardní folie
 - 18 μm (0,5 oz)
 - 35 μm (1 oz = 28,3g/ft²)
 - 70 μm (1,5 oz)
 - 105 μm (3 oz)
- tenké folie
 - 7 μm
 - 9 μm

2 Druhy vad v deskách plošných spojů

Vad se v deskách plošných spojů může vyskytnout mnoho. Na této bakalářské práci jsem spolupracoval s firmou PULS, v této práci proto uvedu nejčastější vady, se kterými jsem se na pracovištích firmy setkal. K vadám nemusí vždy dojít při výrobě desky, i když to bývá nejčastější. Může k nim dojít i během transportu desek z místa na místo. Většina desek se vyrábí v Asii, a proto, osazují-li se například v Evropě, musí se s nimi správně zacházet, aby jejich převoz z místa na místo nebyl pro desku destruktivní.

Uvedené vady v deskách plošných spojů:

1. Přítomnost nečistot v desce
2. Souosost děr
3. Adheze nepájivé masky
4. Rovinnost
5. Etchback
6. Smear removal
7. Podleptání

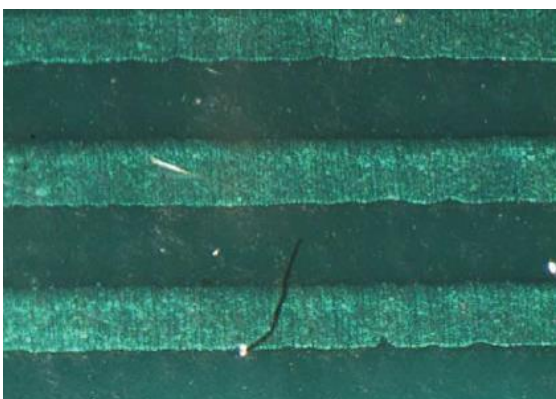
2.1 Přítomnost nečistot v desce

Nečistoty mohou být ukryty pod izolačním materiálem. Tyto nečistoty se mohou vyskytovat na čistém laminátu (např. ve vnitřních vrstvách), ale i pod nepájivou maskou. Nečistoty mohou být vodivé i nevodivé, organické i anorganické, kovové i nekovové, avšak v žádném případě nesmějí vlastnosti a funkci desky ovlivnit. O tom, jestli je deska s nečistotami vyhovující, nebo nevyhovující, se rozhoduje na základě velikosti a umístění nečistot. Nečistoty se k desce nejčastěji dostanou špatným, nebo vůbec žádným omytím během jednotlivých výrobních operací, anebo při zpracování v nedokonale čistém prostředí.



Obr. 6 Přijatelné nečistoty v desce [2]

Nečistoty se v desce mohou vyskytovat, jestliže nijak neovlivňují vzdálenost mezi vodiči. Například když nesníží vzdálenost mezi nimi pod menší hodnotu, než je hodnota minimální dovolená, což by jinak mohlo vyvolat zkrat mezi vodiči. A samozřejmě tyto nečistoty nesmějí nijak ovlivnit další možné požadované elektrické vlastnosti desky. [2]

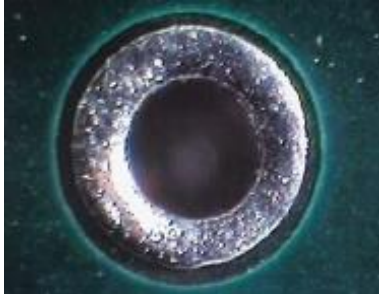


Je-li nečistota průhledná, deska může být použita. Vyskytuje-li se neprůhledná nečistota v desce, nesmí vodivé propojení v desce překrývat, ani se jich dotýkat. [2]

Obr. 7 Nepřípustné nečistoty v desce [2]

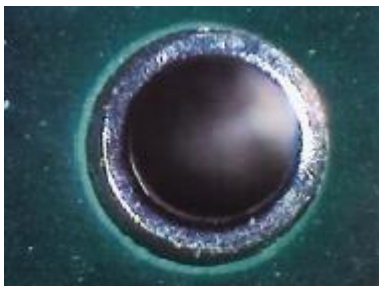
2.2 Souosost děr

Je požadováno, aby otvor byl s otvorem v nepájitelné masce pokud možno co nejvíce souosý a aby odstupy mezi mědí a maskou byly minimální.



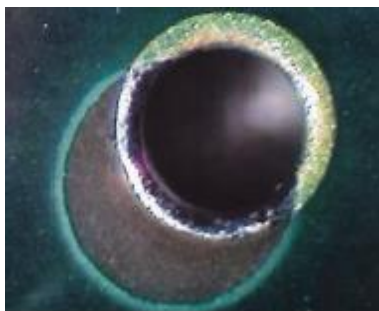
Takto by měla vypadat ideální souosost děr. Osa díry v laminátu se shoduje s osou díry v nepájitelné masce.^[2]

Obr. 8 Požadovaná souosost otvorů [2]



Toto je ještě přijatelná nesouosost, při níž nepájivá maska ještě nepřekrývá minimální hodnotu velikosti pájecích ploch otvoru, přičemž sousední vodivé části nesmějí být odhaleny.^[2]

Obr. 9 Přijatelná souosost otvorů [2]



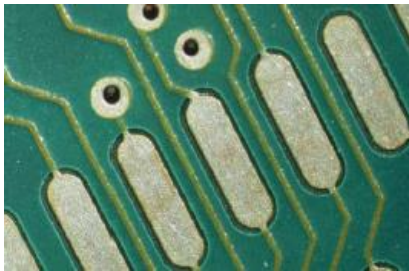
Je-li nesouosost tak velká, že nepájivá maska zasahuje do pájecích ploch, nebo dokonce zasahuje do otvoru, desku nelze označit za správně vyrobenou.^[2] Tato vada by způsobila, že by se kontakt správně nepájel na celý povrch pájecího kruhu.

Obr. 10 Nepřijatelná souosost otvorů [2]

Tento požadavek se netýká pouze nepájivé masky a děr, pravidlo lze uplatnit i na nesouosost vrstev (u vícevrstvých) pod sebou, které po tomto zjištění musejí být zkontrolovány. Kontrola obsahuje splnění požadavků na všechny elektrické vlastnosti a také, jak rozsáhlé je posunutí vrstev vůči sobě (zda na sebe navazují díry, jestli je někde vodivé přerušení atp.). Rovněž to také mohou být chybně umístěná nepájivá maska a pájecí ploška. I v tomto případě platí obdobné pravidlo jako u nesouososti děr: Nepájivá maska nesmí odhalovat sousední vodivé plochy ani vodiče a nesmí v ní být žádné neoprávněné zásahy (když se jí někdo snažil odstranit např. nožem).

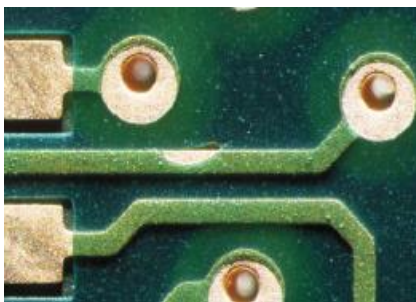
2.3 Adheze nepájivé masky

Když nanášíme nepájivou masku, chceme, aby dokonale a pevně přilnula k povrchu desky, avšak může se stát, že se tak nestane, ať už z důvodu nedostatečného vysušení desky, nebo nedostatečné kvality procesu nanášení nepájivé masky. Pro přijatelnost desky musí nepájivá maska dobře a pevně přiléhat k povrchu desky. Nikde nesmějí být vidět ani náznaky jakéhokoli nadzvedávání vrstvy nepájivé masky.



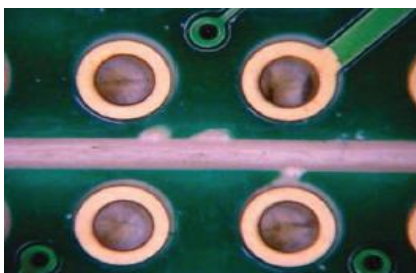
Lze vidět, že nikde nejsou žádné známky odlepování nepájivé masky od desky a nepájivá maska je pevně a těsně připojena k desce. ^[2]

Obr. 11 Cílená adheze nepájivé masky [2]



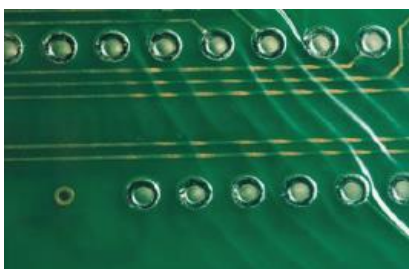
Deska je přijatelná, jestliže se odlupuje jen část nepájivé masky z povrchu desky nebo z povrchu vodivého spojení a je-li zbytek nepájivé masky pevně a správně spojen s deskou. A jestliže toto odlupování neodhaluje sousední vodivé části, lze desku také prohlásit za přijatelnou. ^[2]

Obr. 12 Přijatelná adheze nepájivé masky [2]



Lze vidět, že se nepájivá maska odlupuje od desky, čímž obnažuje desku samotnou, což z důvodů změny elektrických vlastností (z hlediska elektrické pevnosti je možný el. přeskok) nebo například pájení (je možné nechtěné vodivé spojení mezi vodivými cestami) není přijatelné.

Obr. 13 a) Nepřijatelná adheze nepájivé masky [2]

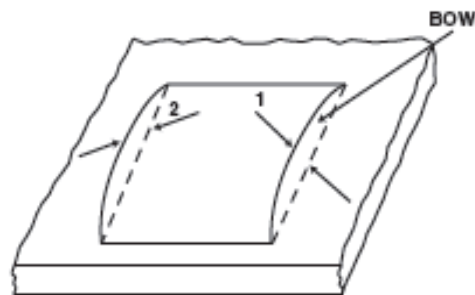


V nepájivé masce nemohou být ani vlnky, které by mohly vytvořit vodivé můstky mezi vodivými propojeními pod nepájivou maskou. Také nesmí klesnout hodnota tloušťky nepájivé masky pod dovolenou mez.

Obr. 14 b) Nepřijatelná adheze nepájivé masky [2]

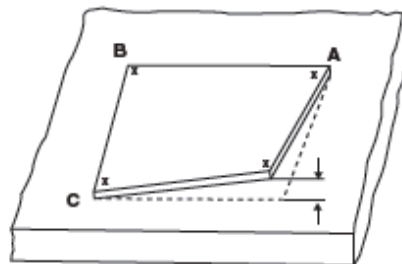
2.4 Rovinnost

Chceme-li vytvořit desku plošných spojů, musí být i rozměrově přesná, avšak to se během tepelných procesů, jako je např. laminace, může změnit a deska se může prohnut, nebo dokonce ohýbat a kroutit. Nemusí se tak stát pouze během tepelných procesů, může se tak stát během dopravy desky, kdy na desku spadne jiný objekt (nebo jiný balík desek), nebo během skladování desky, kdy se na desku naloží další materiál.



Obr. 15 Prohýbání desky [2]

Jakmile síla působila na dvě strany situované proti sobě, bude deska prohnuta. Jestliže deska bude používat SMD součástky, je dovoleno, aby prohnutí bylo pouze do hodnoty 0,75 % nebo menší. Nebudeme-li používat SMD techniku, je dovoleno, aby prohnutí bylo od 1,5 % a méně. [2]



Obr. 16 Zkroucení desky [2]

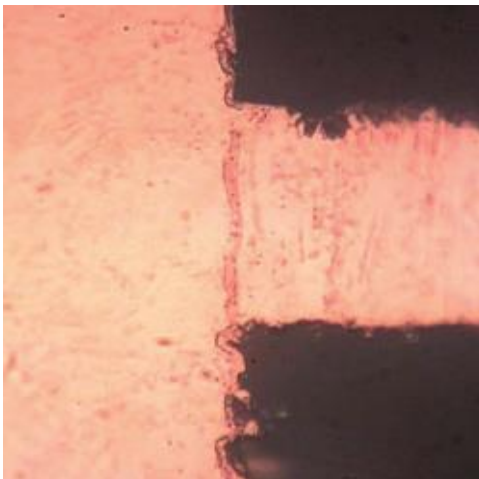
Působí-li síla jen na jednu stranu desky (resp. jeden roh), tento roh bude ohnut. Platí ta samá norma (i číselné hodnoty) jako u průhybu desek. Kdybychom chtěli zkroucenou desku opracovávat, mohlo by se stát, že by nezapadala do dalších přípravků při výrobě, nebo přímo do krytu zařízení, který chrání desku a součástky.

2.5 Chyby v otvorech

Typicky bývají u vícevrstvých desek, avšak objevují se velmi často, a z tohoto důvodu jsou v této práci uvedeny.

2.5.1 Smear removal

Při vrtání otvoru s sebou vrták táhne dolů vrtem i zbytky od vrtání, které ulpívají na stěně otvoru. Je zřejmé, že aby spoje byly naprosto vodivě spojené, konstrukčně kov na kov, měď na měď, musejí se tyto zbytky po vrtání nějak odstranit. Těmito zbytky nejsou ani moc skelná vlákna, jelikož se předpokládají ostré vrtáky dodavatele a jejich včasné vyměňování. Ale hlavně jsou to zbytky pojiva, pryskyřice, která při vrtání měkne a táhne se spolu s vrtákem po stěně otvoru. Aby se stěna otvoru úplně vyčistila, je nutné chemicky zbytky odstranit. Je nutné odleptat pouze pryskyřici, avšak ponechat kovy netknuté.



Je vidět, že měď se dobře spojila s pokovenou mědí. A že vodivé propojení mezi vodivou vrstvou mědi na desce a mědi v otvoru je kvalitní a úplné.

Obr. 17 Dobrý propoj mezi vodivou vrstvou desky a pokovením otvoru [2]



Lze vidět, že se pokovená měď v otvoru nespojila s vodivým propojením desky, což je nepřijatelné.

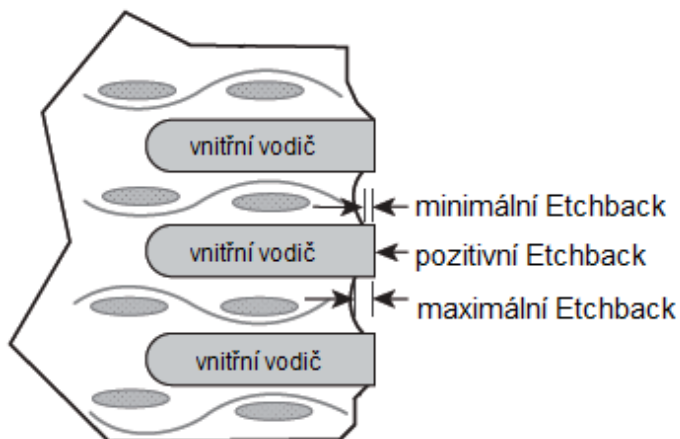
Dle normy IPC-A-600 nesmí být přerušeni mědi oproti rovině otvoru (bez pokovené mědi) větší než 0,025 mm. [2]

Obr. 18 Nepřijatelné propojení mezi vodivou vrstvou desky a pokovením otvoru [2]

2.5.2 Etchback

Je z anglického etching – leptat –, pojem „etchback“ proto znamená zaleptání. Toto zaleptání je termín, který říká, kolik nekovového materiálu bylo odstraněno z povrchu otvoru při operaci smear removal. Znamená to, že vodič zasahuje do otvoru a mezi jednotlivými vrstvami a mezi jednotlivé vodiče se vytvářejí převisy ve vztahu k odleptanému dielektriku. Tato vada se neprojeví u relativně velkých otvorů, jako je například 5 mm, avšak u menších otvorů, o velikosti například 0,1 mm, tyto výstupky vadit budou.

Cílem je, aby vznikl malý negativní etchback. Důvodem, proč je chtěné, aby vznikl etchback, je i to, že kdybychom měli nulový etchback čili měď zarovnanou s dielektrikem po povrchu v otvoru, mohlo by se stát, že po pokovení tohoto otvoru by se vnitřní plát mědi nedokonale spojil s pokovenou mědí v otvoru, což by zapříčinilo nedokonalý spoj.



Z obrázku je vidět, jak se měří pozitivní etchback (jeho minimální dovolená hodnota je 5 mikronů a maximální dovolená hodnota je 80 mikronů, cílená hodnota je 13 mikronů zaleptání).

Obr. 19. pozitivní etchback [2]

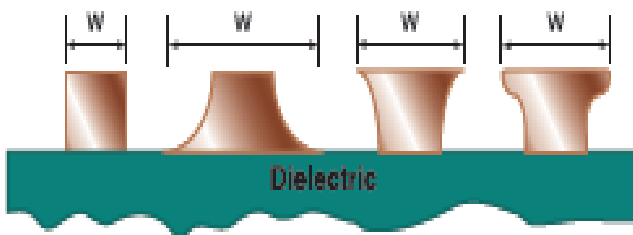


Z obrázku je zřejmé, že v tomto případě bylo zaleptáno až moc a byla překročena dovolená mez. Toto mohou zapříčinit nechtěné zkratky v desce nebo snížení elektrické pevnosti mezi jednotlivými vodiči, a tedy možný elektrický přeskok.

Obr. 20 Nepříjemný etchback [2]

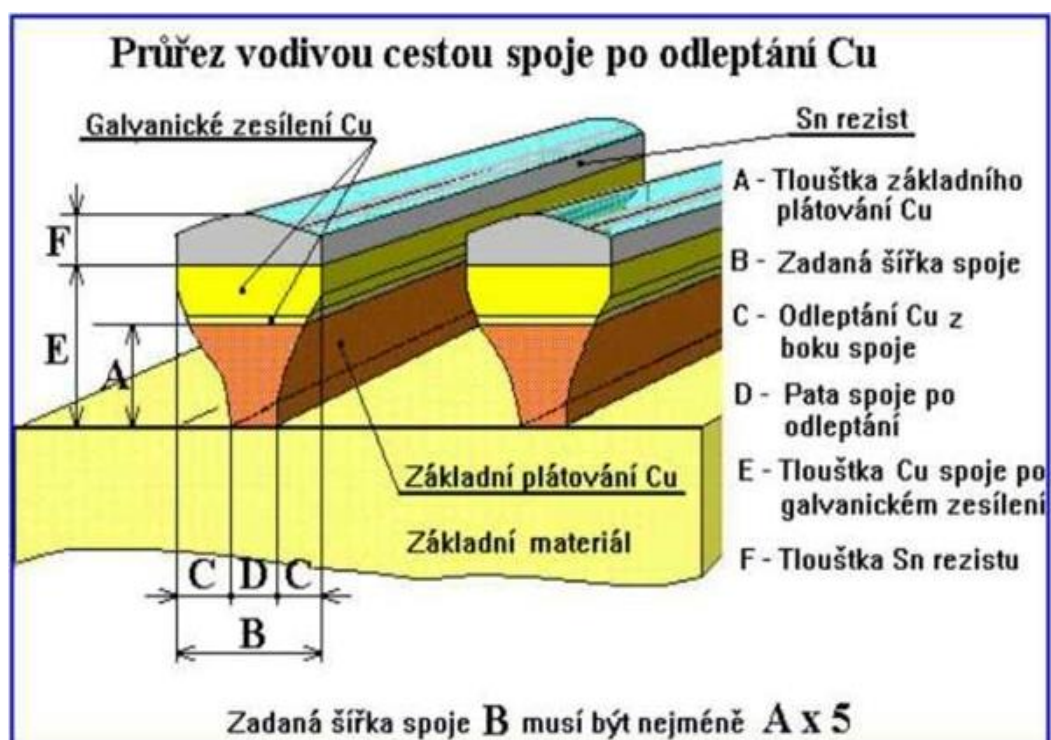
2.6 Podleptání

Leptáme-li povrch tělesa, nemůžeme zaručit kolmost vyleptaných stěn oproti neleptanému povrchu. Kdybychom tedy provedli řez vyleptaného povrchu, viděli bychom, že místo ideálních vyleptaných obdélníků jsou spíše lichoběžníky. To zmenšuje vodivou cestu a zvětšuje zahřívání desky a její větší tepelné namáhání.



Z obrázku je vidět, že první čtyřhran je ideálně vyleptaná část, druhý tvar je nedoleptaný kov (měď), třetí tvar je podleptání při použití tekutého fotorezistu a čtvrtý za použití suchého (písmeno W označuje použitelnou šířku vodiče).

Obr. 21 Druhy podleptání a nedoleptání fotorezistu [2]



Obr. 22 Podleptání mědi po leptání [4]

Protože pata podleptání vodivé vrstvy je typicky menší než vrchní část, musí se tato část měřit, jestli splňuje požadavky na šířku vodiče.

3 Kontroly desek plošných spojů u výrobce

Desky se kontrolují během výroby spíše namátkově, protože některé z testů na nich prováděných bývají destruktivní. Nejčastěji se desky detailně kontrolují při zavedení nového produktu do výroby. Výrobce provádí testy obvykle až na hotovém výrobku, testy v mezioperačních procesech jsou méně časté.

Uvedené testy na deskách plošných spojů:

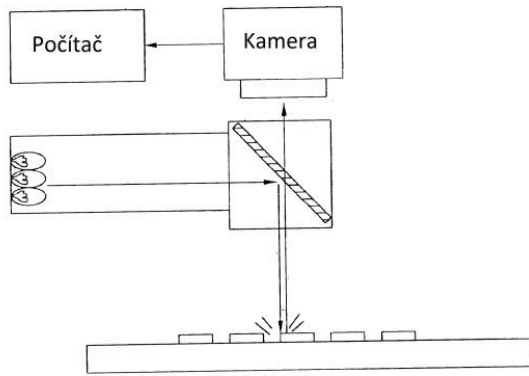
1. Vizuální testy
 - 1.1. AOI + vizuální testování dle rozměrových výkresů
2. Elektrické testy
 - 2.1. Létající sonda
 - 2.2. Hipot test
3. Kontrolní výbrusy
4. Nedestruktivní testy u odběratele
 - 4.1. Tape test
5. Testy ve firmě PULS

3.1 Vizuální testy

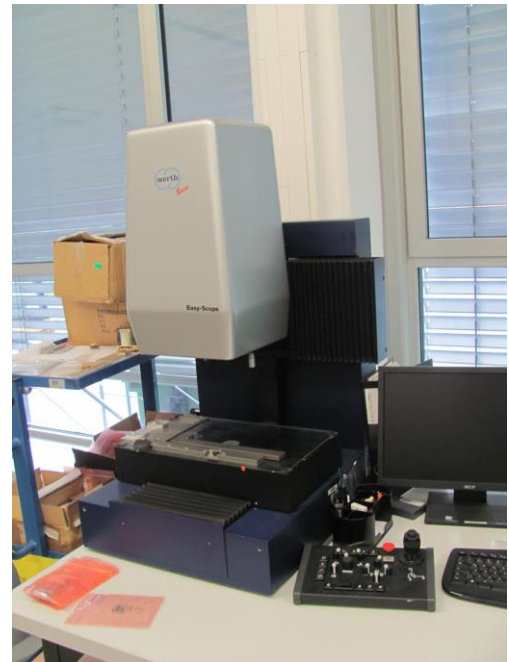
3.1.1 AOI + vizuální testování dle rozměrových výkresů

Jako každá součástka i deska musí mít výkres (nejčastěji v CAD formátu), který přesně určí veškeré její parametry, rozměry vodičů, odstupy součástek atp. Podle této zprávy je možné desku opticky zkontrolovat, zda je na ní vše, jak má být, jestli nikde nedošlo ke zkratu, nebo naopak k vodivému rozpojení. Kontrola člověkem na stále opakující se činnost je v tomto případě nepraktická a tak byla zavedena automatická optická inspekce (automated optical inspection – AOI).

V principu desku snímá kamera, která snímaný obraz nahrává do počítače, jenž má v sobě předlohu toho, jak by deska měla dle výkresu vypadat. Tento počítač porovnává obraz desky s její předlohou, a když se obraz od předlohy liší příliš, vyhlásí chybný sektor a upozorní operátora na chybu a označí ji.



Obr. 23 Princip AOI [5]



Obr. 24 AOI ve firmě PULS

3.2 Elektrické testy

3.2.1 Létající sonda (flying probe) testy

Tyto testy se používají hlavně pro koncové testování desek ve výrobě nebo například u testování prototypů i u jednotlivých vrstev. Létající sonda využívá elektromechanicky ovládané sondy, které se dotýkají vodivých spojení a kontrolují elektrickou vodivost spojů. Je to tedy elektrická povrchová kontrola nedestruktivního charakteru.



Obr. 25 Testování létající sondou [6]

3.2.2 Hipot test

Hipot pochází z anglického spojení „high potencial“, což v českém překladu znamená vysoké napětí. Dielektrikum desky se tudíž zkouší na vysoké napětí. V typickém hipot testu je vysoké napětí aplikováno mezi vodivé vrstvy desky. Výsledný proud, který teče přes izolaci, je označen jako svodový proud a je monitorován na hipot testeru. Teorie říká, že bude-li napětí vyšší než provozní a nenastane elektrický průraz v izolaci, je bezpečné desku použít za normálních provozních podmínek. Tyto testy se používají nejčastěji.

Test průrazu dielektrika – zkušební napětí se zvyšuje, dokud dielektrikum neselže, což zapříčiní vysoký tok proudu. Dielektrikum je testem často zničeno, takže se tento test používá na náhodném vzorku.

Test elektrické pevnosti – aplikuje se zkušební napětí (pod stanoveným poruchovým napětím) a výsledný svodový proud je monitorován. Svodový proud musí být pod nastavenou mezí, nebo se zkouška považuje za neúspěšnou. Tento test je nedestruktivní.

3.3 Kontrolní výbrusy

Jelikož se potřebujeme podívat do desky, jestli je v desce dle technické zprávy vše správně, musíme udělat kontrolní výbrus, který toto vše prověří. Ve výbrusu se měří například tloušťka nepájivé masky, tloušťka mědi na povrchu nebo tloušťka pokovené mědi v otvoru.

- U výrobce

Následně obvykle výrobce připravuje rozměrovou zprávu, kterou přikládá k desce fyzicky, k dodávce, společně s výbrusem, pro koncového odběratele jako potvrzení o správnosti technologického postupu při výrobním procesu.

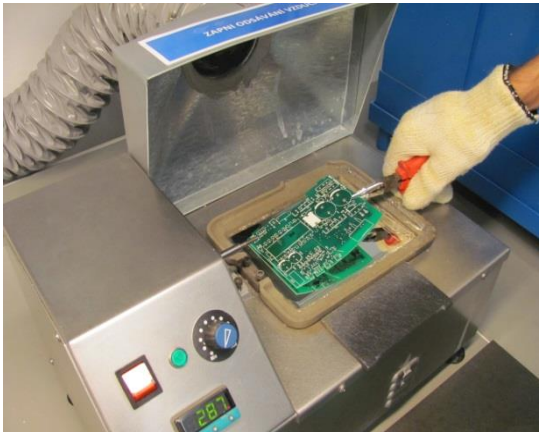
- U odběratele

Výbrusy se vytvářejí ve firmě PULS v případě, že desky přijme firma od jiného dodavatele, než od kterého je odebírala doposud. Činí tak i při kvalifikaci nového dodavatele, nového výrobku nebo namátkovou kontrolou při sériových dodávkách.

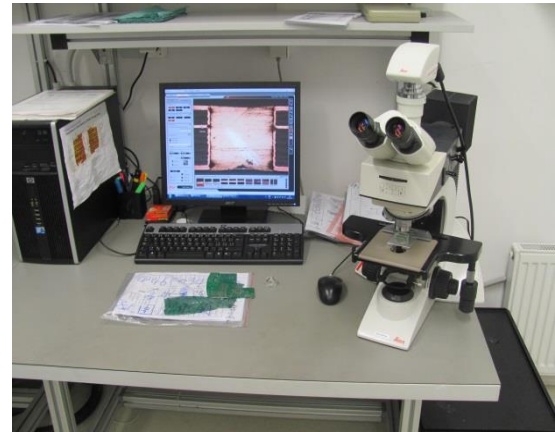
Pro výbrus se vybírá oblast, kde by mohly být problémy s pokovením otvoru nebo se zatékací pájky. Poté se tato část vyřízne z desky ven (čímž dojde ke zničení desky) a vloží se do cínové lázně, aby se do otvorů mohla dostat pájka. Následně se musí součástka upevnit nejlépe do plastového držáku (klipu) pro snadnější obsluhu při broušení.

Poté se část desky brousí na brusných kotoučích od nejdruhnějšího k nejjemnějšímu, až po leštící kotouče, které mají za úkol vyleštit výsledný povrch, aby se dal lépe pozorovat na mikroskopu. Poté se již jen musí daný výbrus popsat a zkontrolovat na mikroskopu, jestli je doopravdy vše tak, jak má být.

Mikroskop bývá často spojen s počítačem pro přesnější měření a lepší dokumentaci dat. Odběratel vyhodnocuje namátkové vzorky také dle normy IPC-A-600.



Obr. 26 Cínová lázeň



Obr. 27 Mikroskopové stanoviště

3.4 Nedestruktivní testy u odběratele

Odběratel sám nemá mnoho možností, jak se o kvalitě dodávaných desek kvalifikovaně přesvědčit. Z nedestruktivních zkoušek zbývá vlastně jen možnost ověření základních rozměrů a kontur, přesnost a velikost vrtaných otvorů nebo adheze nepájivé masky. Elektrická funkce desky může být ověřena až na relativně hotovém výrobku, tedy již v procesu, který s sebou nese náklady na přidanou hodnotu výrobku.

3.4.1 Test lepicí páskou – tape test

Adheze nepájivé masky se zkouší „tape testem“. Princip spočívá v tom, že na desku se předtím, než se na ní napájí součástky a je jakkoli opracována, přilepí lepicí páska, která je velmi podobná běžné lepicí pásce. Poté se páska jedním rychlým pohybem musí strhnout. Zůstane-li na pásce kousek, nebo dokonce celá nepájivá maska, je jasné, že její adheze je špatná a že je nutno desky jako vadné vyřadit z výroby. Test se samozřejmě provádí na více deskách, aby se zamezilo nahodilým chybám.

4 Firma PULS

Firma PULS je výrobcem velmi kvalitních pulzních zdrojů. Firma byla založena roku 1980 panem Bernhardem Erdlem v Mnichově a je považována za jednu z vedoucích firem v oblasti této technologie. Své sídlo má firma v Mnichově, kde se nachází centrála a vývoj firmy. Výroba pulzních zdrojů je realizována v českém Chomutově, kde se nachází osazovna o velikosti 6 200 metrů čtverečních užitkové plochy. Nově je otevřen závod v čínském Suzhou. V Chomutově i v Číně jsou však pouze osazovací linky. To znamená, že do závodu přijde materiál, jako jsou například rezistory, kondenzátory transformátory nebo samotné desky plošných spojů, a v daném závodě, projde-li vše kvalitativními testy, jsou vstupní součástky zkompletovány do výsledné podoby výrobku čili pulzního zdroje.

Firma PULS se specializuje na výrobu těchto produktů:

- 1fázové síťové zdroje AC/DC
- 3fázové síťové zdroje AC/DC
- Redundantní síťové zdroje a moduly

Přístroje firmy PULS jsou využívány v mnoha odvětvích například ve strojírenství, v řízení a automatizaci, robotice, světelné technice a dalších.

4.1 Zkoušky ve firmě PULS

Bude-li firma PULS i nadále vyrábět elektrické součástky (elektrické zdroje), bude určitě součástky stále pájet na desky plošných spojů. Ty však, i přes svou poměrně jednoduchou výrobu, mohou mít spoustu vad. A proto ve firmě PULS existuje vstupní kontrola pro ověření kvality materiálu, který do firmy (potažmo i do výroby) vstupuje. Toto oddělení nekontroluje jen desky plošných spojů, ale i většinu součástí vstupujících do firmy.

Nejprve se zkontroluje, zda deska je doopravdy deska, kterou si firma objednala. To se provede jednoduchou kontrolou názvů desek v objednávce, na balení a na samotné desce. Desky se tedy vyjmou z krabic a z ESD obalů pro tuto a další kontroly.

Poté nastává vizuální kontrola. Desku samotnou tak kontrolor celou prohlédne a snaží se najít chyby. Hledá hlavně delaminace nebo špatně nanesenou nepájivou masku. Tuto kontrolu doprovází kontrola otvorů, při níž se jednotlivé otvory (všechny) musejí prozkoušet, jestli svým průměrem podle výkresu vyhovují. To se provádí válečkovými měrkami, jimiž se otvory zkoušejí.



Obr. 28 Válečkové měrky [7]

Vždy se vybere otvor a zkouší se měrka o nejmenší možné velikosti, která je dána rozměrem otvoru a jeho spodní hranicí odchylky, která je pro daný otvor předepsána. Projde-li tato měrka otvorem bez obtíží, lze přistoupit k další měrce, která je ve stupnici o jeden krok dále. Takto se postupuje až k momentu, kdy už měrku nelze zasunout, čímž se stanoví rozměr otvoru čili největší možná měrka, která šla do otvoru zasunout. Lze-li do otvoru zasunout měrku větší, než stanovuje maximální dovolený rozměr, je deska označena za vadnou. Kvůli zdoluhavosti tohoto měření, kdy je nutné zkontrolovat každý otvor, se při velkém počtu desek tato kontrola neprovádí.

Nastane-li podezření, že by se nepájivá maska nemusela dokonale spojit se základní deskou, nebo že byla překročena maximální možná vlhkost při balení desky, provádí se test lepicí páskou. Test spočívá v nalepení pásky na povrch desky a poté v jejím prudkém strhnutí. Tento test se provádí minimálně na každém balení desek s podezřením na odlupování nepájivé masky.

Firma PULS odebírá desky plošných spojů od čínských dodavatelů, jako jsou WanZheng nebo SuHang. Tyto desky se vyrábějí v Číně po velkých dodávkách (z ekonomických důvodů) a v různých týdnech. Jakmile do firmy PULS přijde deska, kontrola je závislá na tom, jestli je deska jednovrstvá, dvouvrstvá, nebo čtyř- a vícevrstvá. Čtyř- a vícevrstvé desky se testují pokaždé, když jsou firmě dodány. U jednovrstvých a dvouvrstvých se zkoumá, jestli deska, která byla vyrobena ve stejný týden, již nebyla zkontrolována jako deska nově příchozí. Jestliže se tak stalo, znamená to, že byla vyrobena ve stejnou dobu jako deska předchozí, jen byla o chvilku déle ve skladu v Číně. Jakmile již byla deska se stejným datem týdne výroby zkontrolována, výbrus se neprovádí a deska je prohlášena za dobrou. Metoda vytváření výbrusů je popsána výše.

Čínští dodavatelé mají s firmou PULS smluvní dohodu na výbrus provedený ke každé desce u nich, jejich metodami. Bohužel tento výbrus má mizivou kvalitu a moc se z něj určit nedá. Často to bývá jen kus vystřižený z desky, který je velmi hrubě zabroušen, a tudíž pro mikroskop téměř nepoužitelný. Někdy se stává, že výbrus k desce dokonce ani nepřiloží. Proto si firma PULS dělá výbrusy sama a snaží se kvalitu desky vyhodnocovat ze svých výbrusů, výbrusy provedené čínskými dodavateli nepoužívá.

5 Závěr

Tato bakalářská práce se zabývá jednovrstvými a dvouvrstvými deskami plošných spojů, jejich výrobou, nejčastějšími vadami a základními kontrolami. Jejím smyslem je ukázat zjednodušeně postup výroby desek plošných spojů, jejich možné chyby a kontroly těchto vad.

V první kapitole jsou uvedeny materiály pro výrobu desek. Poté je ukázána výroba desky od začátku, kdy do firmy vstoupí kus jednoho metru čtverečného laminátu pokrytého folií mědi, a postupně po jednotlivých operačních krocích pozorujeme, jak se přířez mění na desku požadovaného tvaru a vlastností, na desku, na kterou již lze osadit a zapájet součástky, aby deska byla plně funkční.

Druhá kapitola je zasvěcena druhům vad, které mohou desku postihnout, ať už při výrobě, nebo při transferu a skladování desky. Uvedeny jsou pouze nejčastější vady, jelikož skutečných vad je nezměrně mnoho a plně je zachycují normy.

Ve třetí kapitole jsou popsány základní druhy kontrol desek. Kontrolovat desky lze mnoha různými způsoby. Uvedl jsem jen ty základní kontroly, které se používají nejčastěji. Avšak tyto testy – i přes jejich jednoduchost – odhalí téměř každou vadu v desce.

Ve firmě PULS investiční, s. r. o., jsem se seznámil s celým kontrolním procesem vstupní kontroly firmy. Firma PULS přímo výrobcem desek plošných spojů není, je to závod, který vyrábí elektrické zdroje. A za sebe mohu říci, že mě až překvapilo, kolik kvalitativních kontrol (nejen na deskách) firma provádí, jen aby si udržela kvalitu na té nejlepší úrovni, aby patřila mezi špičku ve svém oboru. Například pokaždé její pracovníci kontrolují nově přijatou desku, jejíž typ ještě daný týden nekontrolovali. Když jsem se na toto zeptal, bylo mi to zdůvodněno tím, že nevědí, jestli je daná deska vyrobena stejně dobře jako deska před ní, byť by to bylo jen o týden dříve. Aby se tudíž přesvědčili a měli důkaz, že deska je vyrobena ve stejné kvalitě jako deska předchozí, musejí ji otestovat.

Také pokaždé, když se ve výrobě vyskytne závada s deskou (např. delaminace), firma okamžitě testuje, zda je to u desky chyba namátková, nebo je vadná celá série přijatých desek. Proto si myslím, že firma PULS dbá velice dobře o kvalitu nejen desek, ale celé výroby.

Byl jsem také v Mělníce na exkurzi ve firmě Printed, s. r. o., která se výrobou desek přímo zabývá. Překvapilo mne, kolik chemikálií a materiálu se k výrobě jedné desky spotřebuje. Ale hlavně také v jakém prostředí se tam pracuje: Stísněné prostředí starého domu jistě není ideálním místem k výrobě desek. Protikladem firmě Printed je nová hala firmy PULS, která je každodenně čištěna a má ventilaci opatřenou prachovými filtry, které pro zdraví a bezpečnost zaměstnanců uchovávají prostředí v co nejlepší čistotě.

Závěrem bych chtěl dodat, že si nemyslím, že je správné, aby se firmy spoléhaly na výrobu desek v Číně, která sice dodá obrovské množství desek, avšak jejich kvalita je mnohem nižší než kvalita desek vyrobených v Evropě nebo Americe. Bohužel je vidět, že cena hraje hlavní roli. Doufám, že se na trhu brzy prosadí nějaká firma evropská nebo americká, která tuto situaci na trhu změní a bude konkurovat čínským dodavatelům.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] Mach P., Skočil V., Urbánek J.: Montáž v elektronice, ČVUT Praha 2001, ISBN 80-01-02392-3
- [2]. IPC-A-600H: Acceptability of Printed Boards, 2010 , ISBN 1-58098629-3
- [3] IPC-TM-650H: Test methods manual, 2009 , ISBN 1-580981-38-0
- [4] http://www.printed.cz/assets/photos/fullsize/_tpv_15.jpg; 13.8.2014
- [5] <http://www.freepatentsonline.com/6884988-0-large.jpg>; 13.8.2014
- [6] http://www.pcb-pool.com/images/pp_info_technique_06_gross.jpg; 13.8.2014
- [7] http://www.unimetra.cz/images_zbozi/72_1_small2.jpg; 13.8.2014
- [8] http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/57/Via_Types.svg/325px-Via_Types.svg.png; 13.8.2014
- [9] <http://www.natrium42.com/images/thumb-dserial-pcb-palette.jpg> 13.8.2014
- [10] http://cs.wikipedia.org/wiki/Plo%C5%A1n%C3%BD_spoj 19.8.2014

Seznam obrázků

Obr. 1 Ukázka panelizace	4
Obr. 2 Postup výroby plošného spoje sítotiskem a leptáním	8
Obr. 3 Vyleptání obrazce na povrch desky	8
Obr. 4 Alternativy postupů výroby jednovrstvého plošného spoje	9
Obr. 5 Technologický postup pro panel a pattern plating	14
Obr. 6 Přijatelné nečistoty v desce	16
Obr. 7 Nepřijatelné nečistoty v desce	16
Obr. 8 Požadovaná sousost otvorů	17
Obr. 9 Přijatelná sousost otvorů	17
Obr. 10 Nepřijatelná sousost otvorů	17
Obr. 11 Cílená adheze nepájivé masky	18
Obr. 12 Přijatelná adheze nepájivé masky	18
Obr. 13 a) Nepřijatelná adheze nepájivé masky	18
Obr. 14 b) Nepřijatelná adheze nepájivé masky	18
Obr. 15 Prohýbání desky	19
Obr. 16 Zkroucení desky	19
Obr. 17 Dobrý propoj mezi vodivou vrstvou desky a pokovením otvoru	20
Obr. 18 Nepřijatelné propojení mezi vodivou vrstvou desky a pokovením otvoru	20
Obr. 19. pozitivní etchback	21
Obr. 20 Nepřijatelný etchback	21
Obr. 21 Druhy podleptání a nedoleptání fotorezistu	22
Obr. 22 Podleptání mědi po leptání	22
Obr. 23 Princip AOI	23
Obr. 24 AOI ve firmě PULS	23
Obr. 25 Testování létající sondou	24
Obr. 26 Cínová lázeň	25
Obr. 27 Mikroskopové stanoviště	25
Obr. 28 Válečkové měrky	27