

Implementace bezolovnaté technologie pájení v elektronické výrobě

Ing. František STEINER, Ph.D., Ing. Aleš HAMÁČEK, Ph.D., Doc. Ing. Vlastimil SKOČIL, CSc.

Oddělení technologie elektroniky, Katedra technologií a měření, Fakulta elektrotechnická, Západočeská univerzita v Plzni

Anotace: *Většina výrobců elektronických zařízení dnes řeší přechod na bezolovnatou technologii pájení. Jedním z důvodů je například směrnice RoHS 2002/95/EC omezující od 1.7. 2006 používání určitých nebezpečných materiálů včetně olova v elektrických a elektronických zařízeních. Odstranění olova z výrobního procesu však neznamená pouze záměnu SnPb pájky za bezolovnatou. Souvisí s tím také další změny. Olovo je totiž zastoupeno i na deskách plošných spojů nebo na vývodech součástek. V příspěvku proto budou popsány změny jak ve výrobní procesy tak i v použitých materiálech, které přímo souvisí s odstraněním olova z elektronických zařízení během jejich výroby.*

1 Úvod

Z důvodu toxicity olova se dnes setkáváme s obrovským úsilím eliminovat olovo v pájkách používaných v elektronickém průmyslu. To je částečně iniciováno WEEE/ROHS direktivy a následně urychlováno japonskými výrobci, kteří se snaží využít příležitosti, jak zvýšit svůj podíl na evropském trhu.

Většina bezolovnatých pájek však má teplotu tání vyšší než klasická SnPb pájka. Vyšší teplota tání samozřejmě znamená vyšší teplotu procesu pájení. U SnPb pájky je teplota procesu přetavení přibližně 220°C a naproti tomu u pájky Sn-Ag-Cu je 260°C. Aby bylo možné používat bezolovnaté pájky, je třeba, aby všechny materiály desek plošných spojů a součástek odolaly zvýšené teplotě. To vyžaduje nové materiály a technologie, ale zároveň zvyšuje náklady a snižuje spolehlivost.

U bezolovnatých pájek bylo provedeno velké množství testů spolehlivosti a modelových případů. Nicméně jsou bezolovnaté pájky v porovnání s olovnatými velmi nové a proto není k dispozici stejné množství vypovídajících a spolehlivých dat. Uvést na trh bezolovnatý produkt je proto velké riziko, speciálně jedná-li se o zařízení vyžadující vysokou spolehlivost. Na rozdíl od olovnaté pájky má většina bezolovnatých pájek nejméně tři složky. To může být příčinou nehomogenosti složení, což dále činí řízení výrobního procesu kritičtější a zvyšuje se tím i pravděpodobnost ztráty.

Kvůli vyššímu bodu tání většiny bezolovnatých pájek je oprava desek plošných spojů složitější, ne-li nemožná. To opět zvyšuje výrobní ztráty. Demontáž je také složitější a omezuje výměnu nebo náhradu součástky na konci životního cyklu zařízení. [5]

Při vyslovení nutnosti přechodu na bezolovnatou technologii se každému určitě vybaví náhrada SnPb pájky pájkou bezolovnatou. Olovo je však obsaženo i v jiných částech elektronických zařízení. V následujících odstavcích bude popsáno, kde všude se olovo vyskytuje, a bude nastíněno jak ho lze nahradit.

2 Povrchová úprava desek plošných spojů

Organický substrát jako nosný elektroizolační základní materiál, je jednostranně nebo oboustranně laminován fólií velmi čisté elektrolytické mědi. Měděný povrch substrátu se upravuje fyzikálně i chemicky. Čištěním pomocí rozpouštědel nebo mechanickou abrazí dojde k odstranění povrchových vrstev, zpravidla organických kontaminací, aniž by došlo ke

změně chemie povrchu. Aktivní povrchová úprava mění funkční skupiny na měděném povrchu substrátu a tedy i chemismus povrchu. Jedna z možností povrchové ochrany je použití SnPb slitiny. Jako náhrada SnPb se potom používají metody pokovování jinými kovy nebo metody pokrytí organickými povlaky [4].

V *Tabulce 1* můžeme vidět přehled možných bezolovnatých povrchových úprav připojovacích plošek desek plošných spojů. Jednotlivé typy jsou rozříděny podle způsobu výroby a chemického složení. V posledním sloupci jsou uvedeny příklady jednotlivých typů.

V následujícím textu budou popsány vybrané typy povrchových úprav substrátů. Patří mezi ně OSP, NiAu, Sn a Ag. Jedná se o nejčastěji používané povrchy vyhovující bezolovnaté technologii a součástkám vyšší integrace (nároky na rovinnost plošek).

Tabulka 1: Přehled bezolovnatých povrchových úprav desek plošných spojů [5]

<i>Povrchová úprava</i>	<i>Proces a chemické složení</i>	<i>Příklad</i>
OSP	Benzotriazol Imidazol Benzimidazol (náhradní)	COBRATEC, ENTEK CU-56 AT & T, Protecto 5630 (Kester) ENTEK PLUS CU-106A, Gliccoat
Ni-Au	Elektrolyticky Ni – Au Chemicky Ni / chemicky (imerze) Au Chemicky Ni / chemicky (autokatalyticky) Au Chemicky Ni / chemicky (substrátem katalyzovaný) Au	
Ag	Chemicky (imerze nebo galvanicky) Ag	Alpha Level (Alpha Metals), Sterling Silver (Mac Dermid)
Bi	Chemicky (imerze) Bi	
Pd	Elektrolyticky Pd nebo slitina Pd Chemicky (autokatalyticky) Pd Chemicky (autokatalyticky) Pd / chemicky (imerze) Au	
Ni-Pd	Chemicky Ni / chemicky (imerze) Pd Chemicky Ni / chemicky (autokatalyticky) Pd Chemicky Ni / chemicky (autokatalyticky) Pd / chemicky (imerze) Au	
Ni-Pd (X)	Elektrolyticky Ni / PdCo/Au	
Sn	Elektrolyticky Sn Chemicky (imerze) Sn Chemicky (imerze) Sn Chemicky (modifikovaná imerze + autokatalyticky) Sn	Matte – Lucent Florida CirTech White (nový) Gray (starý) Flat Solderable Tin (FST)
Ni-Sn	Elektrolyticky Ni / elektrolyticky Sn	Satin bright Sn – Lucent ECS
Sn-Ag	Elektrolyticky Sn – Ag	96,5Sn-3,5Ag
Sn-Bi	Elektrolyticky Sn – Bi Chemicky (imerze) Sn – Bi	90Sn-10Bi Motorola
Sn-Cu	Elektrolyticky Sn – Cu	99Sn-1Cu
Sn-Ni	Elektrolyticky Sn - Ni	

2.1 OSP (Organic Solder Preservatives)

Chemická metoda nanášení organických inhibitorů oxidace mědi na odkrytý měděný povrch substrátu, zpravidla po tisku nepájivé masky. Používají se často látky na bázi benzoimidazolů, benzotriazolů i látky nové generace vhodnější pro bezolovnatý pájecí proces. Vrstvy jsou fixovány k povrchu slabými Van der Waalsovými silami. Nevýhodou OSP je kratší doba garantované skladovatelnosti i problematické vícenásobné teplotní expozice. [4]

2.2 Povrchová úprava NiAu

NiAu povrch je stabilní a nepodléhá rychlému stárnutí. Tuto stálost zajišťuje vrstva Au a mezivrstva Ni. Ni se na měděný povrch nanáší chemicky v lázni, do které se přidává P. Vysoký obsah P však snižuje smáčivost. Au se nanáší imerzně, bez přítomnosti elektrického proudu a redukčního činidla. Tento proces je ukončen, když je základní materiál zcela pokryt kovem.

Nevýhodou NiAu zejména u bezolovnatých pájek je výrazné rozpouštění zlata z povrchu plátovaného substrátu do formovaného spoje a vytváření křehkých intermetalických sloučenin AuSn_4 a AuSn_2 . [4]

2.3 Povrchy Sn a Ag

Povrchy Sn a Ag jsou nanášeny chemicky nebo galvanicky na měděný povrch substrátu. Některé typy chemického cínu používají speciální katalyzátory depoziční reakce chemického cínu k povrchu mědi. Katalyzátor je na bázi organického kovu (syntetické sloučeniny na bázi uhlíku, která se chová jako kov a mezi částicemi struktury se pohybují elektrony). Tento typ povlaku má větší hustotu a má relativně velké krystaly a je odolnější k difúzi mezi kovy i k oxidaci.

Chemicky nanesená vrstva Ag snadno oxiduje a pokrývá se oxidy a sulfidy. Povrch Ag se často pasivuje, používají se organické vrstvy či chromany. Nevýhodou těchto typů povlaků je kratší doba skladování i horší pájitelnost. [4]

3 Vývody součástek

U součástek se můžeme s olovem setkat v následujících třech podobách:

1. Olovo použité jako funkční materiál v piezoelektrických prvcích, kondenzátorech, sklech, pojistkách apod.
2. Olovo v pájce použité k vnitřnímu propojení uvnitř součástek.
3. Olovo v pájce pokrývající povrch vývodů součástek.

Jak je z přehledu vidět, druhá a třetí skupina souvisí s pájením. Obecně je olovo v povrchové úpravě vývodů součástek relativně snadné nahradit. Příklady alternativ zahrnují Sn, PdNi, Au, Ag, NiPd, NiAu, AgPt, AgPd, PtPdAg, NiAuCu, Pd a Ni. Například firma Sony nahradila olovnatou pájku v povrchové úpravě jak vývodových tak i SMD součástek slitinami NiPdAu a SnBi.

4 Bezolovnaté pájky

Bezolovnatých pájek existuje celá řada. Některé jsou k náhradě SnPb pájky vhodnější a některé méně vhodné. Při výběru optimální pájky se zohledňují následující kritéria:

- Netoxický materiál
- Dostatečné zásoby a cenová dostupnost
- Úzká plastická oblast
- Přijatelné smáčení
- Přijatelná teplota pájecího procesu
- Schopnost vytvářet spolehlivé spoje

Mnoho systémů bezolovnatých pájek je založeno na principu přidání malého množství třetího nebo čtvrtého prvku do binární slitiny za účelem snížení bodu tání a zvýšení smáčivosti a spolehlivosti. Následující vybrané slitiny jsou považovány za představitele vhodných kandidátů na náhradu eutektické SnPb slitiny.

Sn96,5/Ag3,5

Sn96,5/Ag3,5 (221°C) je jedna z neslibnějších slitin, která je používána například firmami Ford, Motorola nebo TI Japan. Německé studie tvrdí, že se jedná o jednu z nejvhodnějších slitin. Výhodou je dlouhá zkušenost s touto slitinou. Indium Corp. uvádí, že má při přetavení nejhorší smáčivost ze všech slitin s vysokým obsahem Sn.

Sn99,3/Cu0,7

Sn99,3/Cu0,7 (227°C) uvádí firma Nortel jako srovnatelnou s eutektickou pájkou SnPb pro výrobu telefonů. Smáčivost při přetavení ve vzdušné atmosféře je snížena. Jinak tato slitina má pravděpodobně nejhorší mechanické vlastnosti ze všech bezolovnatých pájek. Použití této pájky je preferováno při pájení vlnou a to z důvodu levných materiálů a možnosti použití inertní atmosféry.

SnAgCu

SnAgCu je ternární eutektická slitina (217°C). Požadavek na velmi přesné složení však vyžaduje, aby byla řádně pročištěna. Cu je přidána do SnAg, aby se zpomalilo rozpouštění mědi, snížila teplota tání a zlepšila smáčivost, creep a charakteristiky tepelné únavy. Firmy Nokia a Multicore dosáhly výtěžnosti a spolehlivosti srovnatelné, nebo dokonce lepší, než u eutektické SnPb pájky.

Kromě výše uvedených pájek se můžeme setkat s pájkami typu například SnAgCuX, SnAgBiX, SnSb, SnZnX nebo SnBi. Přesto výčet není stále úplný. Cílem tohoto článku ovšem není podat přehled všech bezolovnatých pájek, protože potřebné informace jsou dostupné v řadě publikací nebo na internetu.

5 Závěr

V předchozím textu byla popsána pouze malá část problematiky přechodu na bezolovnatou technologii. Cílem bylo hlavně nastínit rozsah problematiky. Při zavádění bezolovnaté technologie musíme nahradit olovo nejen ve spojovacím materiálu (pájce), ale i v povrchové úpravě substrátu nebo vývodů součástek.

Z textu vyplývá, že existuje velké množství alternativních pájek i povrchových úprav. Kombinace jednotlivých alternativ ovšem vykazují odlišné vlastnosti. Vybrat vhodnou kombinaci pro danou aplikaci není jednoduché, neboť zatím neexistuje ideální náhrada SnPb pájky. Proto se při každé aplikaci snažíme alespoň přiblížit k vlastnostem SnPb pájky. Toto je nutné ověřit, což vyžaduje řadu diagnostických testů, které budou i v budoucnosti tvořit velkou část implementace bezolovnatých technologií.

Tento příspěvek vznikl s podporou Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy v rámci řešení výzkumného záměru č. MSM4977751310 „Diagnostika interaktivních dějů v elektrotechnice“.

Literatura

1. Mach P., Skočil V., Urbánek J.: Montáž v elektronice – Pouzdření aktivních součástek, plošné spoje. ISBN 80-01-02392-3. ČVUT Praha 2001.
2. Lau J.H., Ricky Lee S.W.: Microvias for low cost, high density interconnects. ISBN 0-07-136327-0. New York 2001.
3. Skočil V., Hamáček A., Steiner F.: Perspektivní technologie a substráty pro mikroelektroniku. Aplikovaná elektronika '99. ISBN 80-7082-544-8. Plzeň 1999.
4. Starý J.: Bezolovnaté pájení – materiálová a procesní kompatibilita v inertní a inertně redukční atmosféře. Disertační práce. Brno 2005.
5. Lau J.H., Wong C. P., Lee N. Ch., Lee S. W. R.: Electronics Manufacturing with Lead-free, Halogen-free & Conductive-Adhesive Materials. ISBN 0-07-138624-6. McGraw-Hill New York 2003.