

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(21) Číslo dokumentu:

2003-1348

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.⁷ :
B 23 K 35/26
C 22 C 13/00

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **16.11.2000**
(32) Datum podání prioritní přihlášky: **16.11.2000**
(31) Číslo prioritní přihlášky: **2000GB/0004365**
(33) Země priority: **WO**
(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu:
(Věstník č: 4/2004)
(86) PCT číslo: **PCT/GB2000/004365**
(87) PCT číslo zveřejnění: **WO 2002/040213**

(71) Přihlašovatel:

SINGAPORE ASAHI CHEMICAL AND SOLDER
INDUSTRIES PTE. LTD., Singapore, SG

(72) Původce:

Hwang Jennie S., Morelands Hills, OH, US
Guo Zhenfeng, Solon, OH, US

(74) Zástupce:

Čermák Karel jr. JUDr. Ph.D, Národní 32, Praha, 11000

(54) Název přihlášky vynálezu:

Bezolovnatá pájka

(57) Anotace:

Pájecí slitina sestávající ze 76 až 96 % hmotn. Sn, 0,2 až 2,5 % hmotn. Cu, 2,5 až 4,5 % hmotn. Ag a až 12 % hmotn. In, mající teplotu tavení nižší než 215 °C.

CZ 2003 - 1348 A3

Bezolovnatá pájka

Oblast techniky

Předložený vynález se týká bezolovnaté pájecí slitiny pro použití při pájení a pro pájená spojení. Zvláště se předložený vynález týká bezolovnatých směsí obsahujících účinná množství cínu, mědi, stříbra, bismutu, antimonu a/nebo india a majících teplotu tavení mezi 175-215 °C. Tato slitina je užitečná zejména pro použití v mikroelektronice a elektronice.

Dosavadní stav techniky

Navzdory jejich úspěchu v elektronickém průmyslu, Pb/Sn pájecí slitiny čelí omezené budoucnosti kvůli toxicitě olova a regulaci nebo zákazu použití olova v globální krajině. V důsledku toho se objevilo mnoho popudů na celosvětové úrovni k nalezení vhodných bezolovnatých alternativ k Pb/Sn pájecím slitinám. Mezitím jsou požadovány k dosažení zvyšující se úrovně výkonu v pájených spojích velmi pevné bezolovnaté slitiny velmi odolné proti únavě, jak vyžaduje nepřetržitý vývoj integrovaných obvodů (IC, Integrated Circuit) a technologií souborů IC.

V hierarchii výroby elektroniky je pájková slitina používána k metalurgickému připojení holých čipů nebo souborů čipů k další úrovni podkladu prostřednictvím požadované oblasti intermetalických sloučenin. Bezprostřední tečení a dobré smáčení pájecí slitinou s běžně užívanými metalizačními podklady jako například Cu, Ag, Au, Pd, Ni a jinými kovovými povrchy je podmínkou vytvoření spolehlivého pájeného spoje při automatizovaném procesu vysoké rychlosti

za použití měkkých tavidel, které jsou akceptovatelné pro elektronické systémy.

Technologie připevňování na povrch představuje významnou výrobní technologii při výrobě menších, hustších desek tištěných obvodů (PCB, Printed Circuit Board), které umožňují výrobu moderní elektroniky. Pb/Sn eutektické pájka ze 63Sn/37Pb má nejširší použití v montáži elektroniky, zejména při osazování desek tištěných obvodů. Tato pájka má další důležitou fyzikální vlastnost, tj. nízkou teplotu tavení, zejména nižší než 210 °C. Teplota tavení slitiny, s výjimkou eutektického složení, je často v rozmezí definovaném teplotou likvidu a solidu. Slitina začíná měknout při své teplotě solidu a tavení je dokončeno při teplotě likvidu. Pájení se musí provádět při teplotě vyšší než je teplota likvidu pájecí slitiny.

Praktická pracovní teplota pájení pro připevňování k povrchu může být dosažena při teplotě přibližně o alespoň 25 °C vyšší než je teplota likvidu pájecí slitiny, například pájecí slitina mající teplotu likvidu 210 °C by měla být pájena při minimální teplotě 235 °C. Teplota tavení pájecí slitiny je důležitá, neboť příliš vysoká teplota tavení poškozuje při pájení elektronická zařízení a PCB na polymerní bázi, zatímco při příliš nízké teplotě tavení by byla obětována dlouhodobá spolehlivost pájených spojů. Pro výrobu desek obvodů z typických PCB na polymerní bázi, jako například FR-4, pracovní teplota prakticky nesmí převýšit 240 °C. Bezolovnatá pájecí slitina, která může nahradit 63Sn/37Pb a může fungovat při postupu připevňování k povrchu, musí mít teplotu likvidu nižší než 215 °C, s výhodou asi 210 °C.

Pájené spoje fungují jako elektrická, tepelná a mechanická spojení v elektronických systémech, například

v telekomunikacích, počítačích, letecké a automobilové elektronice. V průběhu své životnosti jsou pájené spoje nevyhnutelně vystaveny tepelnému namáhání následkem fluktuace teploty, zapínání a vypínání a/nebo nepříznivým podmínkám okolí. To je spojeno s rozdílnou tepelnou expanzí ve spojených materiálech z polovodičů, keramiky, kovu a polymeru v systému, a má za následek termomechanickou únavu pájených spojů. Protože se elektronické obvody stávají stále hustšími a rychlost mikroprocesorů se zvyšuje ke stále vyšším frekvencím, je jedním ze zřejmých účelů konstrukce a materiálu použitých pro elektronické systémy vypořádat se zvýšeným rozptylem tepla.

Kromě toho, počet pájených spojů v jednotlivých PCB se stále zvyšuje. Není neobvyklá přítomnost několika tisíc nebo desítek tisíc pájených spojů na jedné PCB. Avšak porucha jednotlivého pájeného spoje má za následek poruchu systému. V důsledku toho se zvyšují požadavky na pevnost a odolnost pájených spojů proti únavě. Současný vývoj souborů integrovaných obvodů (IC) s vysokým počtem připojení, jako jsou například tzv. BGA soubory (Ball Grid Array, plošné spoje s kuličkami pájky), CSP soubory (Chip Scale Package, soubory velikosti čipu), a technologií přímého spojování čipů, například pájením přitavením tzv. flip-chip, dále vyžaduje vyšší odolnost pájecích slitin vůči únavě.

Podle dosavadního stavu techniky bylo navrženo množství bezolovnatých pájek. Shrnutí těchto bezolovnatých slitin je uvedeno v kapitole 15 knihy „Modern Solder Technology for Competitive Electronics Manufacturing“.

Patent US 5 328 660 (Gonya aj.) na bezolovnaté vysokoteplotní vícesložkové pájky na bázi cínu popisuje slitinu $78,4\text{Sn}2\text{Ag}9,8\text{Bi}9,8\text{In}$. Odolnost této slitiny proti únavě je však špatná.

Patent US 5 527 628 (Anderson aj.) na bezolovnatou ternární Sn/Ag/Cu eutektickou pájku popisuje slitinu $93,6\text{Sn}4,7\text{Ag}1,7\text{Cu}$ s teplotou tavení $217\text{ }^{\circ}\text{C}$. Teplota tavení této slitiny je poměrně vysoká a její odolnost proti únavě je nízká.

Patent US 5 520 752 (Lucey aj.) na kompozitní pájky popisuje bezolovnatou pájecí slitinu obsahující 86 až 97 % Sn, 0,3 až 4,5 % Ag, 0 až 9,3 % Bi a 0 až 5 Cu. Odolnost této slitiny proti únavě je průměrná nebo malá.

Patent US 5 538 686 (Chen aj.) na výrobek obsahující bezolovnatou pájku mající zlepšené mechanické vlastnosti popisuje bezolovnatou pájecí slitinu s teplotou tavení 173 až $193\text{ }^{\circ}\text{C}$ obsahující $>70\%$ Sn, 6 až 10 % Zn, 3 až 10 % In, $<10\%$ Bi, $>5\%$ Ag a $<5\%$ Cu. Tyto slitiny nesmáčejí typické substráty v prostředí výroby elektronických souborů a sestav.

Patent US 5 580 520 (Slattery aj.) na bezolovnatou slitinu obsahující cín, stříbro a indium popisuje slitinu $77,2\text{Sn}2,8\text{Ag}20\text{In}$ s teplotou tavení 179 až $189\text{ }^{\circ}\text{C}$. Odolnost této slitiny proti únavě je nízká.

V souhrnu, každá z těchto dosavadních bezolovnatých pájek je v alespoň jedné oblasti nevyhovující pro vytváření spolehlivých pájených spojů v průmyslu elektronických souborů a sestav.

Podstata vynálezu

V souladu s tím, prvním cílem vynálezu je poskytnout bezolovnatou pájku. Vynález poskytuje bezolovnatou pájku, která nabízí vysokou pevnost a vysokou odolnost proti únavě

za stále nepříznivějších a tvrdších podmínek v mikroelektronických a elektronických aplikacích.

Dalším přínosem vynálezu je poskytnutí bezolovnaté pájky, která má nízkou teplotu tavení v rozmezí 175-210 °C, použitelnou v hlavních oborech výroby elektroniky.

Dalším přínosem vynálezu je poskytnutí bezolovnaté pájecí slitiny, která dobře smáčí kovové substráty jako Sn, Cu, Ag, Au, Pd a Ni ve výrobě mikroelektroniky a elektroniky pro vytvoření důkladných a spolehlivých pájených spojů bez tavidel, která jsou ve výrobě elektroniky neakceptovatelná.

Dalším přínosem vynálezu je poskytnutí bezolovnaté pájky, která může být uzpůsobena pro realizaci výrobního procesu a infrastruktury bez nutnosti velkých změn materiálů, postupů a součástek.

Další cíle a přínosy vynálezu jsou jednak uvedeny v následujícím popisu a jednak jsou z popisu zřejmé nebo mohou být seznány při provádění vynálezu. Tyto cíle a přínosy vynálezu mohou být realizovány a dosaženy prostřednictvím prostředků a kombinací zvláště uvedených v patentových nárocích.

Pro dosažení výše uvedených cílů a v souladu s účelem vynálezu, jak je zde uveden a úplně popsán, pájecí slitina podle vynálezu má Sn jako hlavní složku a obsahuje účinná množství Cu, Ag, Bi, In a Sb. Tato pájka vykazuje kompatibilní teplotu tavení, dobrou smáčivost, vysokou pevnost a vysokou odolnost proti únavě.

Přehled obrázků na výkresech

Obr. 1 zobrazuje smáčecí napětí (mN) v závislosti na čase, pro pájecí slitinu 82,3Sn/0,5Cu/3Ag/2,2Bi/12In na Cu destičce při teplotě 235 °C.

Podrobný popis vynálezu

Ačkoli bude vynález popsán ve spojení s upřednostňovaným provedením, bude rozuměno, že není zamýšleno omezovat vynález pouze na toto provedení.

Vynález poskytuje bezolovnatou pájecí slitinu velmi pevnou, velmi odolnou proti únavě, s vysokou smáčecí schopností a mající teplotu tavení kompatibilní se zavedenou infrastrukturou výroby desek tištěných obvodů. Pájecí slitina podle tohoto vynálezu obsahuje 76 až 96 % hmotn. Sn, 0,2 až 2,5 % hmotn. Cu, 2 až 4,5 % hmotn. Ag, 0 až 12 % hmotn. In, 0 až 0,5 % hmotn. Bi a 0 až 2 % hmotn. Sb. S výhodou slitina obsahuje alespoň 2,0 % hmotn. In. S výhodou slitina obsahuje alespoň 0,5 % hmotn. Bi. S výhodou slitina obsahuje více než 0 % hmotn. Sb. Ještě výhodněji slitina obsahuje více než 0,01 % hmotn. Sb.

Ve zvláště výhodném provedení vynálezu obsahuje asi 81 až 93 % Sn, 0,2 až 1,0 % Cu, 2,5 až 4,5 % Ag a 6 až 12 % In. V ještě výhodnějším provedení vynálezu slitina obsahuje asi 81 až 90 % Sn, >0 až 1,0 % Cu, 2,5 až 4,5 % Ag, 6 až 12 % In a >0 % Sb. Alternativní provedení vynálezu představuje slitina obsahující 81 až 85 % Sn, >0 až 1,0 % Cu, 2,5 až 4,5 % Ag, 6 až 12 % In a 0,5 až 3,5 % Bi. Jedno další provedení vynálezu představuje slitina obsahující 90 až 96 % Sn, >0 až 2,5 % Cu, 2,0 až 3,5 % Ag, 0,5 až 5 % Bi. Pokud není v popisu nebo v nárocích uvedeno jinak, všechny části a podíly v procentech jsou hmotnostní.

Bylo zjištěno, že Cu a Ag kombinované ve správných dávkách nejen že zvyšují odolnost proti únavě, ale také snižují teplotu tavení. Ve výhodných provedeních vynálezu, 0,5 % Cu samotné představuje nejúčinnější množství ke snížení teplot tavení slitin. Rozdíly teplot tavení slitin s obsahem 0,5-2,5 % Cu jsou do 1 °C. Více než 2,5 % Cu snižuje tekutost roztavené slitiny až ke způsobení nedostatečného lití. Například teploty tavení (185-195 °C) slitiny (83,4Sn/0,5Cu/4,1Ag/12In) při obsahu 0,5 % Cu jsou o asi 5 °C nižší než teploty tavení (190-200 °C) slitiny (83,9Sn/4,1Ag/12In) bez Cu. Teploty tavení (195-201 °C) slitiny (87,4Sn/0,5Cu/4,1Ag/8In) při obsahu 0,5 Cu jsou stejné jako teploty tavení (195-201 °C) slitiny (87Sn/2Cu/3Ag/8In) při obsahu 2 % Cu. Obsah 0,5 % Cu samotné představuje také nejúčinnější množství ke zvýšení odolnosti proti únavě. Plasticita lineárně klesá a únavová životnost se exponenciálně snižuje s dalším přidáváním Cu až k asi 2 %. Například plasticita resp. únavová životnost slitiny (87,4Sn/0,5Cu/4,1Ag/8In) při obsahu 0,5 % Cu jsou o 206 % resp. 146 % vyšší, než u slitiny (86,1Sn/1,6Cu/4,3Ag/8In) při obsahu 1,6 % Cu. Plasticita resp. únavová životnost slitiny (83,4Sn/0,5Cu/4,1Ag/12In) při obsahu 0,5 % Cu jsou o 250 % resp. 174 % vyšší, než u slitiny (82,4Sn/1,5Cu/4,1Ag/12In) při 1,5 % Cu.

Obsahy kolem 3 % Ag samotného představují nejúčinnější množství ke snížení teplot tavení slitin. Odchyly od teplot tavení slitin při 34,5 % Ag jsou do 1 °C. Například teploty tavení (196-202 °C) slitiny (88,5Sn/0,5Cu/3Ag/8In) při obsahu 3 % Ag jsou o asi 10 °C nižší než teploty tavení (208-212 °C) slitiny (91,5Sn/0,5Cu/8In) bez Ag, ale zhruba stejné jako teploty tavení (195-201 °C) slitiny (87,4Sn/0,5Cu/4,1Ag/8In) při obsahu 4,1 % Ag.

Přídavek In lineárně snižuje teplotu tavení o asi 1,8 °C na hmotnostní procento až do asi 12 %. Pevnost slitin lineárně roste a odolnost proti únavě exponenciálně narůstá s obsahem In až do asi 8 %. Obsah 8-10 % In je optimální pro vynikající odolnost proti únavě. Například slitina (87,4Sn/0,5Cu/4,1Ag/8In) při 8 % In má o 6 °C nižší teplotu tavení, o 126 % vyšší pevnost a o 175 % vyšší únavovou životnost než slitina (91,4Sn/0,5Cu/4,1Ag/4In) při obsahu 4 % In. 12 % In je kritický obsah pro znatelný výskyt měkčího In ve druhé fázi při 113 °C. Například slitina (83,4Sn/0,5Cu/4,1Ag/12In) při obsahu 12 % In má o 21 9 % nižší únavovou životnost a o 118 % nižší pevnost než slitina (85,4Sn/0,5Cu/4,1Ag/10In) při obsahu 10 %In.

Slitiny s poměrně vysokými obsahy (6-12 %) In mohou být dále přídavkem Bi zpevněny pro nejnižší možné teploty tavení s přijatelnou odolností proti únavě pro některé důležité aplikace. Například slitina (82,3Sn/0,5Cu/3Ag/2,2Bi/12In) s obsahem 12 %In a 2,2 %Bi má o asi 130 % vyšší pevnost a o asi 20 °C nižší teplotu tavení (183-193 °C) než slitina 83,4Sn/0,5Cu/4,1Ag/12In) s obsahem 12 % In bez Bi. Maximální možný obsah Bi by měl být menší než 5 % pro akceptovatelnou plasticitu a odolnost proti únavě. Například, plasticita a únavová životnost slitiny (79,5Sn/0,5Cu/3Ag/5Bi/12In) je značně snížena na úroveň horší než 63Sn/37Pb.

Pájecí slitiny obsahující In mohou také být dále zpevněny malým množstvím Sb, řekněme 0,5 %, pro dosažení vyšší odolnosti proti únavě bez významného zvýšení teploty tavení. Například slitina (84Sn/0,5Cu/3Ag/2,2Bi/12In/0,5Sb) s obsahem 12 % In a 0,5 % Sb má o 113 % vyšší pevnost a o 160 % vyšší únavovou životnost než slitina (83,4Sn/0,5Cu/4,1Ag/12In) s obsahem 12 % In bez Sb. Příliš vysoký obsah Sb ve slitinách obsahujících In zvyšuje teplotu tavení, však snižuje plasticitu a únavovou životnost, a snižuje smáčivost

na Cu. Například, slitina (84Sn/0,5Cu/3Ag/12In/0,5Sb) s obsahem 12 % In a 0,5 % Sb má o 4 °C nižší teplotu tavení, o 212 % vyšší plasticitu a o 125 % vyšší únavovou životnost než slitina (82,5Sn/0,5Cu/3Ag/12In/2Sb) s obsahem 2 % Sb.

Pokud jde o mechanismus, Cu, Ag a Sb jsou kovy, tvořící intermetalické sloučeniny s Sn. Cu tvoří částice Cu_6Sn_5 , Ag tvoří částice Ag_3Sn , a Sb tvoří kubické částice SnSb . Tyto intermetalické částice samotné jsou mnohem pevnější než matrice Sn, a efektivně blokují rozvoj únavových trhlin. Nepřímo, vytváření intermetalických částic rozděluje matici Sn na jemnější strukturu zrn. Intermetalickými sloučeninami vytvořená jemnější zrna v matici Sn usnadňují klouzání hranic zrn a prodlužují únavovou životnost.

In vstupuje do krystalové mřížky matrice Sn jako substituční atom. Substituce In poskytuje zpevnění pevného roztoku a podporuje jemnější klouzavý charakter pro vyšší odolnost vůči únavovému lomu.

Bi vstupuje do krystalové mřížky matrice Sn jako substituční atom v množství až 1 % hmotn. Bi obsažený v množství vyšším než 1 % hmotn. se může vysrážet jako částice druhé fáze. Bi tak poskytuje jak zpevnění pevného roztoku, tak zpevnění sraženinami. Zpevnění substitucí Bi může také podporovat jemnější klouzavý charakter pro vyšší odolnost vůči únavovému lomu matrice Sn.

Obsah 2,5-3,5 Ag je důležitý pro pájecí slitiny v systému Sn/Cu/Ag/Bi na rozdíl od 2,5-4,5 % Ag pro jiné systémy obsahující In. Obsah Ag vyšší než 3,5 v systému Sn/Cu/Ag/Bi vyvolává křehkost slitiny. Například, únavová životnost resp. plasticita slitiny (93,3Sn/0,5Cu/3,1Ag/3,1Bi) s obsahem 3,1 % Ag je o asi 152 % resp. 138 % vyšší než životnost resp. plasticita slitiny (90,5Sn/1,7Cu/4,7Ag/3,1Bi) s obsahem 4,7 % Ag. Obsah 2,5 % Ag představuje

minimum pro zajištění vynikající odolnosti proti únavě. Při obsahu nižším než 2,5 % je odolnost proti únavě snížena. Například únavová životnost slitin 93,3Sn/0,5Cu/3,1Ag/3,1Bi, 92,2Sn/1,5Cu/3,2Ag/3,1Bi resp. 91,5Sn/2Cu/3,4Ag/3,1Bi je o asi 538 %, 377 % resp. 281 % vyšší než únavová životnost slitiny (93Sn/2Cu/2Ag/3Bi) s obsahem 2 % Ag.

Ve všech systémech obsahujících In však In reaguje s Ag či absorbuje část Ag za vzniku intermetalické sloučeniny AgIn_2 nebo dokonce ternární intermetalické sloučeniny AgSnIn . Maximální obsah Ag ve všech systémech obsahujících In tedy může být 4,5 % pro dobrou plasticitu a únavovou životnost. Vyšší dávky již nesnižují teplotu tavení, ale zvyšují křehkost. Například, při stejné teplotě tavení je plasticita slitiny (84Sn/0.5Cu/13Ag/12,5Sb) o 131 % vyšší než slitiny (81,1Sn/1,7Cu/4,7Ag/12In/0.5Sb).

Pro srovnání, předpokládejme že teplota tavení pájky 63Sn/37Pb byla naměřena asi 183 °C, mez pevnosti v tahu byla 47 MPa a únavová životnost při pomalém kmitání při namáhání 0,2 % byla 3650 cyklů. Teplota tavení známé pájecí slitiny 99,3Sn/0,7Cu je 227 °C, pevnost v tahu 24 MPa a únavová životnost 1125 cyklů. Teplota tavení známé pájecí slitiny 96,5Sn/3,5Ag je 221 °C, pevnost v tahu 35 MPa a únavová životnost 4186 cyklů.

Pájka podle vynálezu vykazuje pevnost v tahu alespoň 50 MPa, s výhodou 60 MPa, únavovou životnost při pomalém kmitání při deformaci 0,2 % alespoň 5000 cyklů, s výhodou asi 10 000 cyklů, teplotu tavení solidus asi 175 až 215 °C, s výhodou nižší než 210 °C, a teplotu tavení likvidus asi 185 až 215 °C, s výhodou nižší než 210 °C.

Příklady provedení vynálezu

Podle výhodného provedení vynálezu byla vytvořena pájecí slitina obsahující asi 87,4 % Sn, 0,5 % Cu, 4,1 Ag a 8 % In. Slitina měla teplotu tavení asi 195 až 201 °C. Pevnost v tahu slitiny byla 63 MPa a únavová životnost 17 152 cyklů. Únavová životnost slitiny podle vynálezu je o 470 % vyšší než slitiny 63Sn/37Pb, a pevnost v tahu je o 134 % vyšší než u slitiny 63Sn/37Pb.

Podle jednoho výhodného provedení vynálezu byla vytvořena pájecí slitina obsahující asi 85,4 % Sn, 0,5 % Cu, 4,1 Ag a 10 % In. Slitina měla teplotu tavení asi 194 až 199 °C. Pevnost v tahu slitiny byla 66 MPa a únavová životnost 17 378 cyklů. Únavová životnost slitiny podle vynálezu je o 476 % vyšší než slitiny 63Sn/37Pb, a pevnost v tahu je o 140 % vyšší než u slitiny 63Sn/37Pb.

Podle jiného výhodného provedení vynálezu byla vytvořena pájecí slitina obsahující asi 84 % Sn, 0,5 % Cu, 3 % Ag, 0,5 % Sb a 12 % In. Slitina měla teplotu tavení asi 186 až 196 °C. Pevnost v tahu slitiny byla 58 MPa a únavová životnost 12 345 cyklů. Únavová životnost slitiny podle vynálezu je o 338 % vyšší než slitiny 63Sn/37Pb, a pevnost v tahu je o 123 % vyšší než u slitiny 63Sn/37Pb.

Podle jiného výhodného provedení vynálezu byla vytvořena pájecí slitina obsahující asi 82,3 % Sn, 0,5 % Cu, 3 Ag, 2,2 %Sb a 12 % In. Slitina měla teplotu tavení asi 183 až 193 °C. Pevnost v tahu slitiny byla 77 MPa a únavová životnost 8722 cyklů. Únavová životnost slitiny podle vynálezu je o 239 % vyšší než slitiny 63Sn/37Pb, a pevnost v tahu je o 164 % vyšší než u slitiny 63Sn/37Pb.

Podle jiného výhodného provedení vynálezu byla vytvořena pájecí slitina obsahující asi 92 % Sn, 2 % Cu,

3 Ag a 3 % Bi. Slitina měla teplotu tavení asi 209 až 212 °C. Pevnost v tahu slitiny byla 89 MPa a únavová životnost 8135 cyklů. Únavová životnost slitiny podle vynálezu je o 223 % vyšší než slitiny 63Sn/37Pb, a pevnost v tahu je o 189 % vyšší než u slitiny 63Sn/37Pb.

Podle jiného výhodného provedení vynálezu byla vytvořena pájecí slitina obsahující asi 83,4 % Sn, 0,5 % Cu, 4,1 Ag a 12 % In. Slitina měla teplotu tavení asi 185 až 195 °C, a pevnost v tahu slitiny byla 56 MPa a únavová životnost 7950 cyklů. Únavová životnost slitiny podle vynálezu je o 218 % vyšší než slitiny 63Sn/37Pb, a pevnost v tahu je o 140 % vyšší než u slitiny 63Sn/37Pb.

Bezprostřední tečení a důkladné smáčení v každém z výše uvedených provedení je prokázáno zkouškou smáčecí rovnováhy (obr. 1), a překonává požadavky schopnosti smáčení s ohledem na průmyslové normy jako například normy amerického národního úřadu pro normy ANSI-STD-002 a ANSI-STD-003. Smáčecí tavidlo bylo neaktivovaná nebo středně aktivovaná pryskyřice nebo nečistící tavidlo.

Schopnost smáčení podle ANSI-STD-002 a ANSI-STD-003, smáčecí napětí za 2,0 sekundy (F1) a za 5,0 sekund (F2) by nemělo přesáhnout 4,809 mN a doba smáčení ($t_{2/3}$) do dosažení 2/3 maximálního smáčecího napětí by neměla být delší než 1,0 sekundy. Oblast nesmočení by měla být menší než 5 %. V příkladu znázorněném na obr. 1, pájecí slitina podle vynálezu o složení 82,3Sn/0,5Cu/3Ag/2,2Bi/12In vykazovala

F1=5,98 mN

F2=6,10 mN

$T_{2/3}$ =0,72 sekund

nesmočení 0 %

Výše uvedené bezolovnaté pájecí slitiny podle vynálezu mohou být vyrobeny v kapalném stavu z hlavních složek

postupy zahřívání v oboru známými. Tyto slitiny mohou být také použity v různých fyzikálních formách, jako pasty, prášky, pruty a dráty, nebo v jakýchkoliv postupech pájení jako pájení v přetavovací peci, vlnové strojní pájení a ruční pájení, nebo pro zpracování například postupy ukládání nebo povlékání.

Ačkoliv vynález byl popsán s ohledem na jeho výhodná provedení, pro odborníka jsou zřejmé jeho obměny a modifikace. Výše uvedený popis není zamýšlen ani nemůže být vykládán jako omezení rozsahu vynálezu.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Bezolovnatá pájecí slitina sestávající v podstatě ze 76 až 96 % hmotn. Sn, 0,2 až 2,5 % hmotn. Cu, 2,5 až 4,5 % hmotn. Ag a >0 až 12 % hmotn. In, mající teplotu tavení likvidus nižší než asi 215 °C.

2. Bezolovnatá pájecí slitina podle nároku 1, obsahující nejvýše 8 % hmotn. In.

3. Bezolovnatá pájecí slitina podle nároku 1, sestávající ze 76 až 96 % hmotn. Sn, 0,2 až 1,0 % hmotn. Cu, 2,5 až 4,5 % hmotn. Ag a 6 až 12 % hmotn. In.

4. Bezolovnatá pájecí slitina podle nároku 1, sestávající z asi 87,4 % hmotn. Sn, 0,5 % hmotn. Cu, 4,1 % hmotn. Ag a 8 % hmotn. In.

5. Bezolovnatá pájecí slitina podle nároku 1, sestávající z asi 85,4 % hmotn. Sn, 0,5 % hmotn. Cu, 4,1 % hmotn. Ag a 10 % hmotn. In.

6. Bezolovnatá pájecí slitina podle nároku 1, sestávající z asi 83,4 % hmotn. Sn, 0,5 % hmotn. Cu, 4,1 % hmotn. Ag a 12 % hmotn. In.

7. Bezolovnatá pájecí slitina sestávající v podstatě ze 76 až 96 % hmotn. Sn, 0,2 až 2,5 % hmotn. Cu, 2,5 až 4,5 % hmotn. Ag, >0 až 12 % hmotn. In, a >0 až 2 % hmotn. Sb.

8. Bezolovnatá pájecí slitina sestávající v podstatě ze 76 až 96 % hmotn. Sn, 0,2 až 2,5 % hmotn. Cu, 2,5 až 4,5

% hmotn. Ag, >0 až 12 % hmotn. In, a 0,5 až 5 % hmotn. Bi, mající teplotu tavení likvidus nižší než asi 215 °C.

9. Bezolovnatá pájecí slitina sestávající v podstatě ze 76 až 96 % hmotn. Sn, 0,2 až 2,5 % hmotn. Cu, 2,5 až 4,5 % hmotn. Ag, >0 až 12 % hmotn. In, 0,5 až 5,0 % hmotn. Bi a >0 až 2 % hmotn. Sb.

10. Bezolovnatá pájecí slitina sestávající v podstatě ze 76 až 96 % hmotn. Sn, 0,2 až 2,5 % hmotn. Cu, 2,0 až 3,5 % hmotn. Ag, a 0,5 až 5,0 % hmotn. Bi.

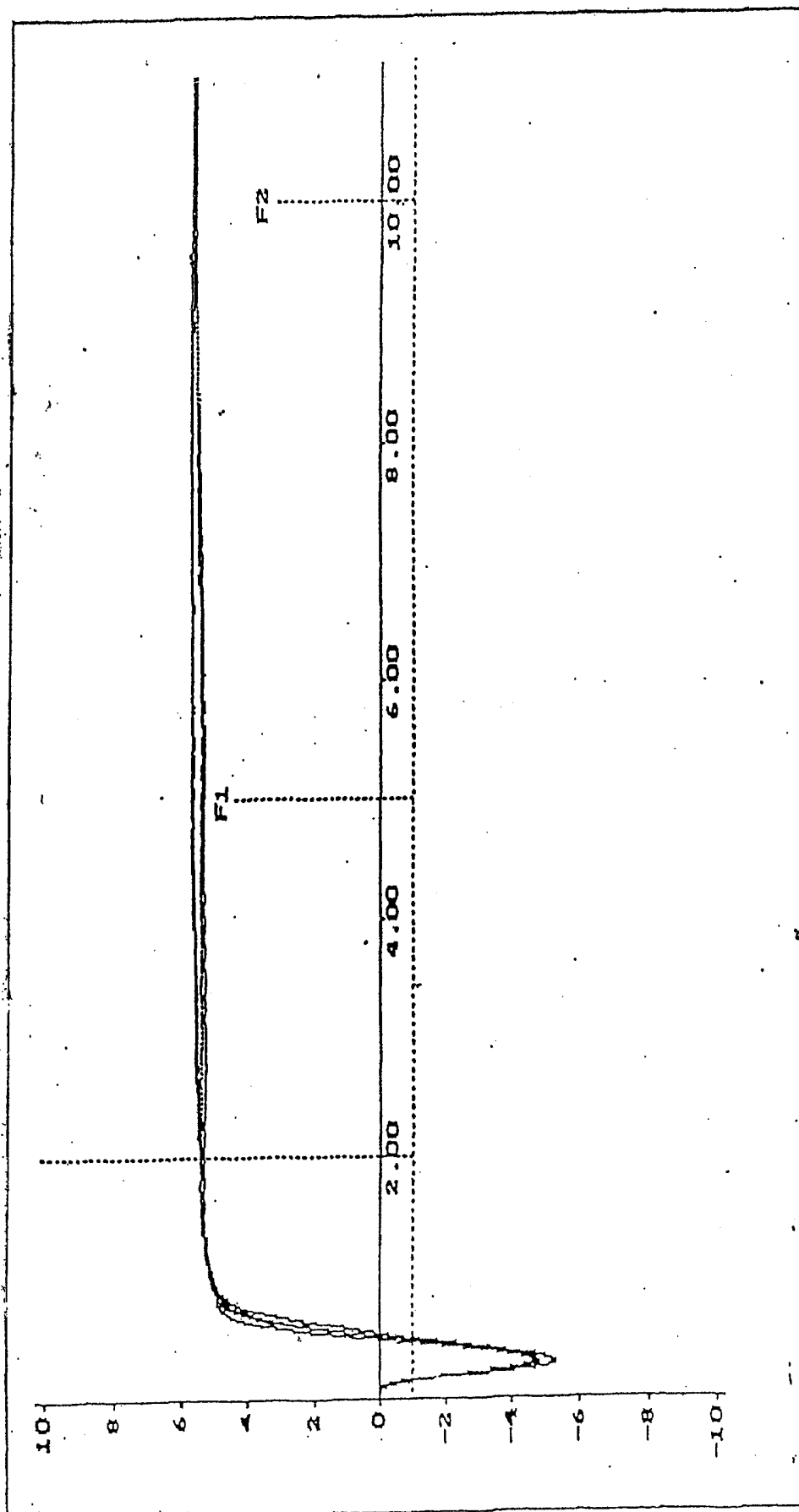
2003-1348

19.12.03

PCT/GB00/04365

WO 02/40213

1/1



OBR. 1