



(12) PATENT

(19) NO

(11) 333677

(13) B1

NORGE

(51) Int Cl.

B23K 35/26 (2006.01)

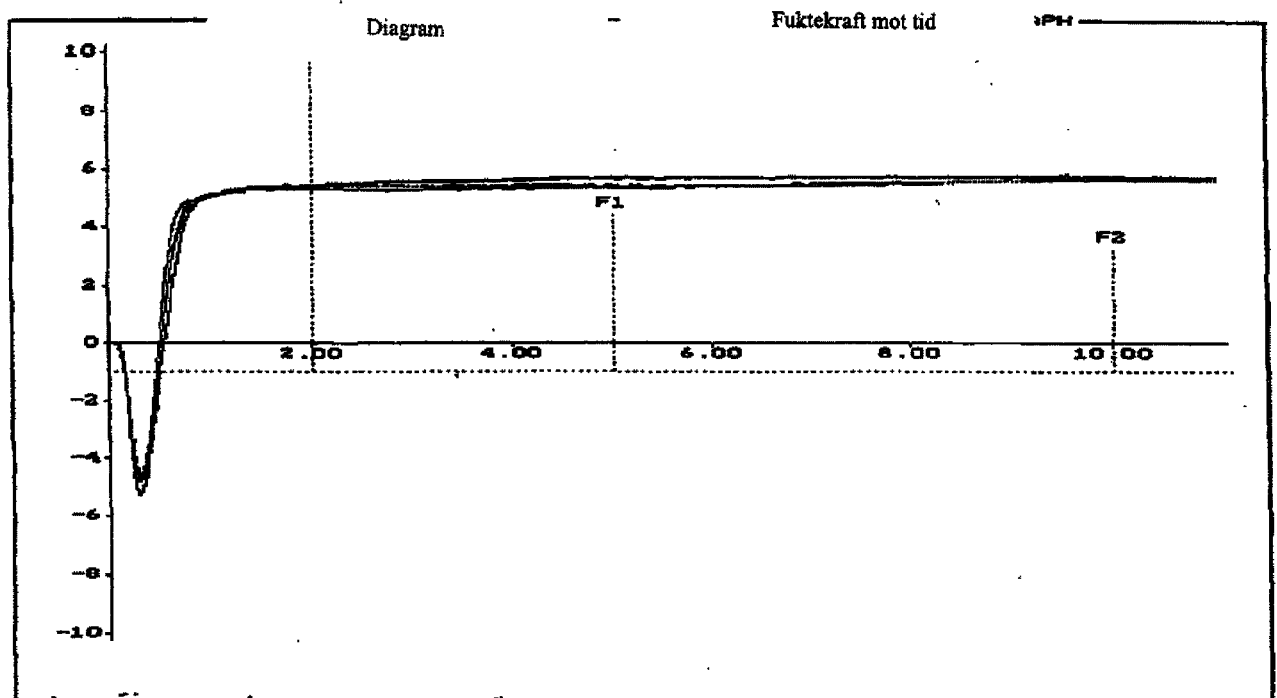
C22C 13/00 (2006.01)

### Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20032185	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	2000.11.16 PCT/GB2000/04365
(22)	Inng.dag	2003.05.14	(85)	Videreføringsdag	2003.05.14
(24)	Løpedag	2000.11.16	(30)	Prioritet	
(41)	Alm.tilgj	2003.05.14			
(45)	Meddelt	2013.08.05			
(73)	Innehaver	Singapore Asahi Chemical & Solder Industries Pte Ltd, 47 Pandan Road, SG-609288 SINGAPORE, Singapore			
(72)	Oppfinner	Alan Leonard Meddle, 52 Bounds Green Road, London N11 2EY, England, Storbritannia			
(74)	Fullmektig	Zacco Norway AS, Postboks 2003 Vika, 0125 OSLO, Norge			

(54)	Benevnelse	<b>Blyfri loddelegering</b>
(56)	Anførte publikasjoner	WO 9709455 A1 WO 9743456 A1 US 5938862 A
(57)	Sammendrag	

Det beskrives en blyfri loddelegering med høy styrke, høy tretthetsmotstandsevne og høy fukteevne, omfattende effektive mengder av tinn, kobber, sølv, vismut, indium og antimon og med en smeltetemperatur mellom 175-215°C.



Foreliggende oppfinnelse angår en blyfri loddelegering som kan anvendes ved lodding og for sammenføyninger tilveiebrakt ved hjelp av lodding. Mer spesielt angår oppfinnelsen blyfrie blandinger inneholdende effektive mengder av tinn, kobber, sølv, vismut, antimon og/eller indium og som har en smeltetemperatur på mellom 175-215°C. Lege-  
5 ringen er særlig brukbar i forbindelse med mikroelektroniske og elektroniske anvendelser.

På tross av dagens suksess i elektronikkindustrien går Pb-Sn-loddemiddellegeringer en usikker fremtid i møte på grunn av giftigheten av bly og kontrollen med, eller forbudet  
10 mot bruk av denne bestanddelen i et globalt landskap. Som en konsekvens er mange initiativer tatt verden over for å finne egnede, blyfrie alternativer til Pb-Sn-loddelegeringer. Imidlertid er høy styrke og høy utmattingsresistens krevet av blyfrie legeringer for å møte de økende ytelsesnivåer i loddeforbindelser slik de kreves ved den fortsatte utvikling av integrerte kretser (IC) og IC-pakketeknologier.

15 Innenfor fremstillingen av elektroniske komponenter benyttes en loddelegering for metallurgisk å forene de nakne brikker eller pakkede brikker på det neste nivå av et substrat ved dannelsen av et ønsket bånd av intermetalliske forbindelser. En umiddelbar flyt og god fukting av loddelegeringen med de vanligvis benyttede metalliseringsputene som Cu, Ag, Au, Pd, Ni og andre metalliske overflater, er et uomgjengelig krav for  
20 dannelse av pålitelige loddeskjøter under de automatiserte høyhastighetsfremstillingsprosesser som benytter milde flussmidler som kan aksepteres av de elektroniske systemer.

25 Overflatemonteringsteknologi er blitt en kritisk fremstillingsteknologi ved fremstilling av mindre, lettere og hurtigere trykkede kretskort (PCB), som gjør moderne elektronikk mulig. Det Pb-Sn-eutektiske loddemiddel av 63Sn/37Pb benyttes i svært utstrakt grad i elektronisk montering, særlig overflatemonterte trykte kretskort. Dette loddemiddel tilveiebringer en annen kritisk fysikalsk egenskap, nemlig en moderat smeltetemperatur, særlig under 210°C. Smeltetemperaturen for en legering, bortsett fra en eutektisk bland-  
30 ing, er ofte i et område som spesifiseres av en liquidus- og en solidustemperatur. En legering begynner å bli myk ved sin solidustemperatur og fullfører smeltingen ved sin liquidustemperatur. Lodding må gjennomføres ved en temperatur over liquidustemperaturen for loddelegeringen.

35 En praktisk loddeprosesstemperatur for overflatemonteringsfremstilling kan oppnås ved en temperatur rundt minst 25°C over liquidustemperaturen for loddelegeringen, for ek-

sempel bør loddelegeringen med en liquidustemperatur på 210°C loddet ved minimum 235°C. Smeltetemperaturen for loddelegeringene er kritisk, fordi en for høy smeltetemperatur vil skade elektroniske innretninger og polymerbasert PCB under loddingen, mens en for lav smeltetemperatur vil negativt påvirke langtidspåliteligheten for loddeskjøtene. For kretskortfremstilling som involverer typiske polymerbaserte PCB'er som FR-4, kan prosess temperaturen i praksis ikke overskride 240°C. Derfor må en blyfri loddelegering som kan erstatte 63Sn/37Pb og virke ved overflatemonteringsfremstillingsprosessen ha en liquidustemperatur under 215°C, fortrinnsvis rundt 210°C.

10 Loddeskjøter virker som elektriske, termiske og mekaniske gjensidige forbindelser i et elektronisk system som telekommunikasjons-, datamaskin-, luftfarts- og bilelektronikk. Under levetiden blir loddede skjøter uunngåelig eksponert mot termiske belastninger som resultatet av temperaturfluktuering, energi på/av, og/eller krevende miljøbetingelser. Dette koblet med en dårlig tilpasset termisk ekspansjon i de gjensidig forbundne materialer av halvleder, keramikk, metall og polymer i systemet, resulterer i en termomekanisk tretthet i loddeskjøter. Etterhvert som de elektroniske kretser i økende grad blir tettere og klokkehastigheten for mikroprosessorer fortsetter å nå ennå høyere frekvenser, er en av de åpenbare effekter ved konstruksjonen av og materialet som benyttes for et elektronisk system, å behandle den økende varmedissipasjon.

20

I tillegg fortsetter antallet loddeskjøter på hver PCB å øke. Nærværet av flere tusen eller titusener loddeskjøter på en PCB er ikke uvanlig. Imidlertid kan enhver enkelt loddeskjøtsvikt resultere i et sviktende system. Som en konsekvens økes kravene til styrke og tretthetsresistens for loddeskjøter. Den senere utvikling i pakker av integrerte kretser (IC) med høyt pintall som ball grid-mønster (BGA), skalerte brikker (CSP) og teknologier for direkte brikkefesting som flip chip, krever i tillegg høyere ydelse i tretthets- eller utmattingsresistens for loddelegeringer.

Et antall blyfrie loddemidler er foreslått i den kjente teknikk. En oppsummering av disse blyfrie legeringer er skissert i kapittel 15 i boken "Modern Solder Technology for Competitive Electronics Manufacturing".

US 5328660, Gonya et al, med tittelen Lead-free, High Temperature, Tin Based, Multi-Component Solder, beskriver en sammensetning av 78.4Sn2Ag9.8Bi9.8In. Imidlertid er tretthetsresistensen for denne legering dårlig.

35

US 5527628, Anderson et al., med tittelen Pb-free Sn-Ag-Cu Ternary Eutectic Solder, beskriver en sammensetning av 93.6Sn4.7Ag1.7Cu med en smeltetemperatur på 217°C. Smeltetemperaturen for denne legering er fremdeles relativt høy, og tetthetsresistensen er moderat.

5

US 5520752 i navnet Lucey et al., med tittelen Composite Solders, beskriver en blyfri loddelegering omfattende 86 til 97% Sn, 0,3 til 4,5% Ag, 0 til 9,3% Bi og 0 til 5% Cu. Tetthetsresistensen for denne legering er moderat eller lav.

10 US 5538686 i navnet Chen et al., med tittelen Article Comprising a Pb-Free Solder Having Improved Mechanical Properties, beskriver en blyfri loddelegering med smeltetemperaturen fra 173°C til 193°C, omfattende >70% Sn, 6 til 10% Zn, 3 til 10% In, <10% Bi, >5% Ag og <5% Cu. Legeringene kan ikke fukte typiske substrater under omgivelsene for elektronisk pakking og sammensetningsproduksjon.

15

US 5580520 i navnet Slattery et al., med tittelen Lead-Free Alloy Containing Tin, Silver and Indium, beskriver en sammensetning av 77.2Sn2.8Ag20In med smeltetemperaturen fra 179°C til 189°C. Tetthetsresistensen for denne legering er lav.

20 WO-A-9709455 beskriver blyfri, tinnbasert loddelegering omfattende 0,5-2,7% Cu, 3,1-3,5% Ag og eventuelt opp til 20% In, opp til 10% Bi, opp til 2,7% Sb, idet vismut og antimon ikke er til stede.

WO 9709455 A1 beskriver en blyfri loddelegering bestående av tinn og sølv. Til denne basisen tilsettes det forskjellige kombinasjoner av indium, antimon, sink og/eller vismut for å danne loddessammensetninger som har de ønskede egenskapene.

WO 9843456 A1 beskriver blyfrie loddessammensetninger som har relativt lave smeltetemperaturen, et trangt smelteområde og god fluksrespons. Sammensetningene består av tinn, sølv, indium, vismut og kobber.

30

Som en oppsummering svikter hver av disse blyfrie loddemidler på minst ett område når det gjelder å virke adekvat ved tildannelse av pålitelige loddeskjøter innenfor den elektroniske pakke- og monteringsindustrien.

35

## OPPSUMMERING AV OPPFINNELSEN

I henhold til dette er en hovedhensikt med foreliggende oppfinnelse å tilveiebringe et blyfritt loddemiddel. Det er en fordel ved oppfinnelsen at det tilveiebringes et blyfritt  
 5 loddemiddel som gir høy styrke og høy trethetsresistens for å kunne motstå de økende krevende og ugunstige betingelser ved mikroelektroniske og elektroniske anvendelser.

Nok en fordel ved oppfinnelsen er at det tilveiebringes et blyfritt loddemiddel som har et moderat smeltetemperaturområde (175°C-210°C) brukbart for massefremstilling in-  
 10 nenfor elektronikk.

Det er nok en fordel ved oppfinnelsen at det tilveiebringes en blyfri loddelegering som lett kan fukte vanlige metalliske substrater som Sn, Cu, Ag, Au, Pd og Ni ved fremstil-  
 15 ling av mikroelektronikk og elektronikk for å tildanne gode og pålitelige loddeskjøter uten flussmidler som er uakseptable ved elektronikk-fremstilling.

Nok en fordel ved oppfinnelsen er at det tilveiebringes et blyfritt loddemiddel som kan tilpasses de etablerte produksjonsprosesser for elektronikk og den etablerte infrastruktur uten at det kreves vesentlige endringer i materialer, prosesser og komponenter.  
 20

Ytterligere fordeler ved oppfinnelsen vil fremgå av den nedenfor følgende del av be-  
 skrivelsen, og vil være åpenbar fra denne, eller kan læres ved å utøve oppfinnelsen. Fordelen ved oppfinnelsen kan realiseres og oppnås ved hjelp av de detaljer og kombi-  
 25 nasjoner som særlig påpekes i det vedlagte krav.

Foreliggende oppfinnelse vedrører følgelig en blyfri loddelegering som er kjennetegnet ved at den består av 76% til 96% Sn, 0,2% til 0,5% Cu, 2,5% til 4,5% Ag, >0% til 12%  
 In, 0,5% til 5,0% Bi og 0,01 til 2% Sb.

Følgelig beskrives det her generelt loddelegeringer ifølge oppfinnelsen med Sn som  
 30 hovedbestanddel og effektive mengder av Cu, Ag, Bi, In og Sb. Loddemidlene viser kompatibel smeltetemperatur, god fuktbarhet, høy styrke og høy trethetsresistens.

## KORT BESKRIVELSE AV FIGUREN

35

Figur 1 viser fuktekraften (mN) mot fuktetiden for loddelegeringen:  
 82.3Sn0,5Cu3Ag2.2Bi12In på et Cu-stykke ved 235°C.

## DETALJERT BESKRIVELSE AV OPPFINNELSEN

5 Foreliggende oppfinnelse tilveiebringer en blyfri loddelegering med høy styrke, høy trethetsresistens og høy fukteevne og med en smeltetemperatur som er kompatibel med den etablerte infrastruktur for fremstilling av trykkede kretskort. Loddelegeringen ifølge oppfinnelsen omfatter rundt 76 til 96 vekt-% Sn, 0,2 til 0,5 vekt-% Cu, 2,5 til 4,5 vekt-%, Ag, >0 til 12 vekt-% In, 0,5 til 5,0 vekt-% Bi og 0,01% til 2 vekt-% Sb. Fortrinnsvis  
10 inkluderer blandingen minst 2,0 vekt-% In.

I en spesielt fordelaktig variant kan legeringen omfatte mellom rundt 81 til 93% Sn, 0,2 til 0,5%, Cu, 2,5 til 4,5% Ag og 6 til 12% In. I en ytterligere fordelaktig variant omfatter blandingen mellom 81 til 90% Sn, 0,2 til 0,5% Cu, 2,5 til 4,5% Ag, 6 til 12% In. En  
15 alternativ utførelsesform er en blanding omfattende 81 til 85% Sn, 0,2 til 0,5% Cu, 2,5 til 4,5% Ag, 6% til 12% In og 0,5 til 3,5% Bi. En ytterligere utførelsesform er blandingen omfattende 90 til 96% Sn, 0,2 til 0,5% Cu, 2,5 til 3,5% Ag og 0,5 til 5,0% Bi. Hvis ikke annet er angitt i beskrivelse og krav, er alle deler og prosentandeler på vektbasis.

20 Det er funnet at Cu og Ag kombinert i egnede doser ikke bare øker trethetsresistensen men også reduserer smeltetemperaturen. I de foretrukne varianter av oppfinnelsen er 0,5% Cu alene de mest effektive mengder for å redusere smeltetemperaturene for legeringer. For eksempel er smeltetemperaturene (185-195°C) for en legering (83,4Sn/0,5Cu/4,1 Ag/12In) ved 0,5% Cu rundt 5°C lavere enn de (190-200°C) for en  
25 legering (83,9Sn/4,1Ag/12In) uten Cu. Smeltetemperaturene (195-201°C) for en legering (87,4Sn/0,5Cu/4,1Ag/8In) ved 0,5% Cu er den samme som de (195-201°C) for en legering (87Sn/2Cu/3Ag/8In) ved 2% Cu. 0,5% Cu alene er altså den mest effektive mengde for å øke trethetsresistensen. Plastisiteten synker lineært og trethetslevetiden synker eksponensielt med ytterligere økning av Cu opptil rundt 2%. For eksempel er  
30 plastisiteten og trethetslevetiden for en legering (98,4 Sn/0,5 Cu/4,1 Ag/8 In) ved 0,5% Cu 206%, henholdsvis 146% høyere enn de for en legering (86,1 Sn/1,6 Cu/4,3 Ag/8 In) ved 1,6% Cu. Plastisiteten og trethetslevetiden for en legering (83,4 Sn/0,5 Cu/4,1 Ag/12 In) ved 0,5% Cu er 250%, henholdsvis 174% høyere enn de for en legering (82,4 Sn/1,5 Cu/4,1 Ag/12 In) ved 1,5% Cu.

35

Rundt 3% Ag alene er de mest effektive mengder for å redusere smeltetemperaturene for legeringer. Variasjonene av smeltetemperaturer for legeringer ved 34,5% Ag ligger

innenfor 1°C. For eksempel er smeltetemperaturene (196-202°C) for en legering (88,5Sn/0,5Cu/3Ag/8In) ved 3% Ag rundt 10°C lavere enn de (208-212°C) for en legering (91,5Sn/0,5Cu/8In) uten Ag, men det samme som de (195-201°C) for en legering (87,4Sn/0,5Cu/4,1Ag/8In) ved 4,1% Ag.

5

Tilsetninger av In reduserer lineært smeltetemperaturene i en mengde på rundt 1,8°C pr. vekt-prosent opptil rundt 12%. Styrkene for legeringene øker lineært og tretthetslevetiden øker eksponensielt med In opp til rundt 8%. 8-10% In er de optimale innhold for en overlegen tretthetsresistens. For eksempel har en legering (87,4Sn/0,5Cu/4,1Ag/8In) ved 8% In en 6°C lavere smeltetemperatur, 126% styrke og 175% høyere tretthetslevetid enn en legering (91,4Sn/0,5Cu/4,1Ag/4In) ved 4% In. 12% In er et kritisk punkt for den merkbare opptreden av en mykere andre In-fase ved 113°C. For eksempel har en legering (83,4Sn/0,5Cu/4,1Ag/12In) ved 12% In en 219% lavere tretthetslevetid og en 118% lavere styrke enn en legering (85,4Sn/0,5Cu/4,1 Ag/10In) ved 10% In.

15

Legeringene med de relativt høyere innhold (6-12%) av In kan styrkes ytterligere ved hjelp av Bi for de lavest mulige smeltetemperaturer med en akseptabel tretthetsresistens for visse kritiske anvendelser. For eksempel har en legering (82,3Sn/0,5Cu/3Ag/2,2Bi/12In) ved 12% In og 2,2% Bi en 130% høyere styrke og rundt 20°C lavere smeltetemperatur (183-193°C) enn en legering (83,4Sn/0,5Cu/4,1Ag/12In) ved 12% In uten Bi. Det maksimalt mulige innhold av Bi bør være mindre enn 5% for en akseptabel plastisitet og tretthetsresistens. For eksempel er plastisiteten og tretthetslevetiden for en legering (79,5Sn/0,5Cu/3Ag/5Bi/12In) signifikant redusert til det nivå der den er dårligere enn verdiene for 63Sn/37Pb.

25

De In-holdige loddelegeringer kan også styrkes ytterligere ved små tilsetninger av Sb, for eksempel 0,5%, for å oppnå høyere tretthetsresistens uten merkbart å heve smeltetemperaturene. For eksempel har en legering (84Sn/0,5Cu/3Ag/2,2Bi/12In/0,5Sb) ved 12% In og 0,5% Sb en 113% høyere styrke og 160% høyere tretthetslevetid enn en legering (83,4Sn/0,5Cu/4,1Ag/12In) ved 12% In uten Sb. Imidlertid vil et for høyt Sb-innhold i de In-holdige legeringer øke smeltetemperaturene, redusere plastisitet og tretthetslevetid og redusere fuktbarheten på Cu. For eksempel har en legering (84Sn/0,5Cu/3Ag/12In/0,5Sb) ved 12% In og 0,5% Sb en 4°C lavere smeltetemperatur, en 212% høyere plastisitet og 125% høyere tretthetslevetid enn en legering (82,5Sn/0,5Cu/3Ag/12In/2Sb) ved 2% Sb.

35

Uttrykt ved de underliggende mekanismer er Cu, Ag og Sb alle intermetalldannende metaller med Sn. Cu danner  $Su_6Sn_5$ -partikler, Ag danner  $Ag_3Sn$ -partikler, og Sb danner kubiske  $SnSb$ -partikler. Disse intermetalliske partikler er i seg selv meget sterkere enn Sn-matriks og blokkerer effektivt for tretthetsprekkingspropagering. Indirekte bidrar  
 5 dannelsen av multi-intermetalliske partikler til en finere Sn-matriks-kornstruktur. De intermetallinduserte finere korn i Sn-matriksen letter korn grenseglidning og utvider tretthetslevetiden.

In går inn i Sn-matrikskrystallgitteret som substitusjonelle oppløste atomer. Det oppløste In gir en styrking av den faste oppløsning og fremmer en finere slippkarakter for  
 10 en høyere tretthetsfraktureringsevne.

Bi går inn i Sn-matrikskrystallgitteret som substitusjonelt oppløste atomer opptil 1 vekt-%. Utover 1 vekt-% kan Bi presipitere ut som andrefase partikler. Bi gir derfor både  
 15 styrking av fast oppløsning og en presipiteringsstyrking. Andelen av oppløst Bi-styrking kan også fremme en finere slippkarakter for en høyere tretthetsfraktureringsevne i Sn-matriksen.

Innholdet av 2,5-3,5% Ag er kritisk for loddelegeringer i Sn/Cu/Ag/Bi-systemet i motsetning til 2,5-4,5% Ag for ethvert annet system inneholdende In. Et innhold av Ag utover 3,5% i Sn/Cu/Ag/Bi-systemet induserer legeringssprøhet. For eksempel er tretthetslevetiden og plastisiteten for en legering (93,3Sn/0,5Cu/3,1Ag/3,1 Bi) ved 3,1% Ag rundt 152%, henholdsvis 138% høyere enn en legering (90,5Sn/1,7Cu/4,7Ag/3,1 Bi) ved 4,7% Ag. Innholdet av 2,5% Ag er et minimum for å gi en overlegen tretthetsresistens. Under 2,5% reduseres tretthetsresistensen. For eksempel er tretthetslevetidene for  
 25 legeringer 93,3Sn/0,5Cu/3,1Ag/3,1Bi, og 92,2Sn/1,5Cu/3,2Ag/3,1Bi og 91,5Sn/2Cu/3,4Ag/3,1 Bi rundt 538%, 366%, henholdsvis 281% høyere enn den for en legering (93Sn/2Cu/2Ag/3Bi) ved 2% Ag.

I ethvert annet system inneholdende In, vil imidlertid In reagere med Ag eller absorbere noe Ag under dannelse av  $AgIn_2$  intermetallisk forbindelse eller sogar et ternært  $AgSnIn$ -intermetall. Derfor kan maksimalinnholdet av Ag i ethvert annet system inneholdende In tillates å være 4,5% for god plastisitet og tretthetslevetid. Enhver høyere dose vil ikke ytterligere redusere smeltetemperaturen, men vil øke sprøheten. Ved samme smeltetemperatur er for eksempel plastisiteten for en legering (84 Sn/.5 Cu/13 Ag/12,5Sb) 131% høyere enn en legering (81,1 Sn/1,7 Cu/ 4,7 Ag/ 12 In/.5 Sb).  
 35

For referanseformål antas det at smeltetemperaturen for 63Sn/37Pb loddemiddel ble målt ved rundt 183°C, den ultimate strekkstyrke var 47 MPa og lavsyklus-tretthetslevetiden ved 0,2% belastning var 3650 sykler. Smeltetemperatur, strekkstyrke og tretthetslevetid for den kjente loddelegeringen 99,3Sn0,7Cu er 227°C, 24 MPa henholdsvis 1125  
5 sykler. Smeltetemperatur, strekkstyrke og tretthetslevetid for en kjent loddelegering 96,5Sn3,5 Ag er 221°C, 35 MPa, henholdsvis 4186 sykler.

Foreliggende loddelegering viser en strekkstyrke på minst 50 MPa, fortrinnsvis 60 MPa; en lavsyklus tretthetslevetid ved 0,2% belastning av minst rundt 5.000 sykler, fortrinnsvis rundt 10.000; en fast smeltetemperatur på mellom omtrent 175 og 215°C, fortrinnsvis mindre enn 210°C, og en flytende smeltetemperatur på mellom rundt 185 og 215°C, fortrinnsvis mindre enn 210°C.

I en fordelaktig utførelsesform tilveiebringes det en loddelegering inneholdende rundt  
15 87,4% Sn, 0,5% Cu, 4,1% Ag og 8% In. Legeringen har smeltetemperaturer fra rundt 195°C til rundt 201°C. Strekkstyrken og tretthetslevetiden for legeringen er 63 MPa, henholdsvis 17152 sykler. Tretthetslevetiden for oppfinnelsens legering er 470% høyere enn den til 63Sn37Pb, og strekkstyrken er 134% høyere enn den til 63Sn/37Pb.

20 I en fordelaktig utførelsesform tilveiebringes det en loddelegering inneholdende rundt 85,4% Sn, 0,5% Cu, 4,1% Ag og 10% In. Legeringen har smeltetemperaturer fra rundt 194°C til rundt 199°C. Strekkstyrken og tretthetslevetiden for legeringen er 66 MPa, henholdsvis 17378 sykler. Tretthetslevetiden for oppfinnelsens legering er 476% høyere enn den til 63Sn37Pb, og strekkstyrken er 140% høyere enn den til 63Sn/37Pb.

25 I en annen fordelaktig utførelsesform tilveiebringes det en loddelegering inneholdende rundt 84% Sn, 0,5% Cu, 3% Ag, 0,5% Sb og 12% In. Legeringen har smeltetemperaturer fra rundt 186°C til rundt 196°C. Strekkstyrken og tretthetslevetiden for legeringen er 58 MPa, henholdsvis 12345 sykler. Tretthetslevetiden for oppfinnelsens legering er  
30 338% høyere enn den til 63Sn37Pb, og strekkstyrken er 123% høyere enn den til 63Sn/37Pb.

I nok en fordelaktig utførelsesform tilveiebringes det en loddelegering inneholdende  
35 rundt 82,3% Sn, 0,5% Cu, 3% Ag, 2,2% Bi og 12% In. Legeringen har smeltetemperaturer fra rundt 183°C til rundt 193°C. Strekkstyrken og tretthetslevetiden for legeringen er 77 MPa, henholdsvis 8722 sykler.

Tretthetslevetiden for denne utførelsesformen er 239% høyere enn den til 63Sn37Pb, og strekkstyrken er 164% høyere enn den til 63Sn/37Pb.

I nok en fordelaktig utførelsesform tilveiebringes det en loddelegering inneholdende rundt 83,4% Sn, 0,5% Cu, 4,1% Ag og 12% In. Legeringen har en smeltetemperatur fra  
 5 rundt 185°C til rundt 195°C, og strekkstyrken og tretthetslevetiden for legeringen er 56 MPa, henholdsvis 7.950 sykler. Tretthetslevetiden for denne utførelsesformen er 218% høyere enn den til 63Sn37Pb, og strekkstyrken er 140% høyere enn den til 63Sn/37Pb.

Den umiddelbare flyt og den faste binding som inntreer for hver av de ovenfor angitte  
 10 utførelsesformer, påvist ved fuktighetsbalansetestene i figur 1, går ut over kravene til fukteevne slik disse er angitt i industristandarder som "American National Standard Institute", ANSI-STD-002 og ANSI-STD-003. Fukteflusmidlet var en ikke-aktivert kolofonium eller en mildt aktivert kolofonium eller et ikke-rent flussmiddel.

15 Fukteevnen, under henvisning til ANSI-STD-002 og ANSI-STD-003, skal fuktekraften ved 2,0 sekunder (F1) og ved 5,0 sekunder (F2) overskride 4,809 mN og fuktetiden ( $t_{2/3}$ ) for å nå 2/3 maksimal fuktekraft skal ikke være mer enn 1,0 sekunder. Området for avfukting skal være mindre enn 5%. Som et eksempel som vist i figur 1, viste en loddelegering ifølge oppfinnelsen med sammensetningen 82,3%Sn0,5%Cu3%Ag2,2%Bi12%In

20  $F1 = 5,98\text{mN}$   
 $F2 = 6,10\text{mN}$   
 $t_{2/3} = 0,72 \text{ sekunder}$   
 avfukting = 0%

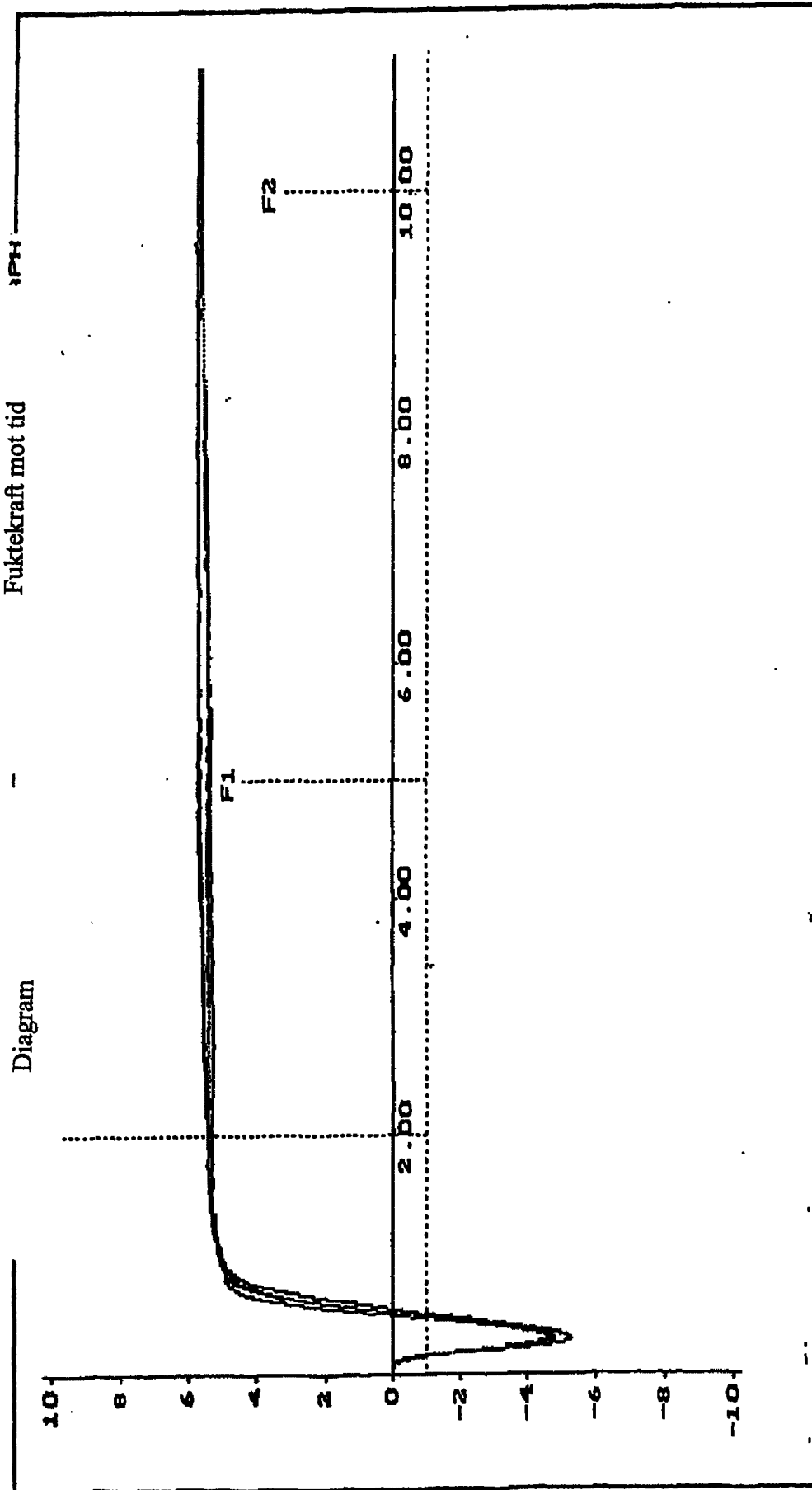
De ovenfor beskrevne blyfrie loddelegeringer ifølge oppfinnelsen, kan fremstilles ved  
 25 smeltet tilstand for hovedbestanddelen ved generelle oppvarmingsteknikker som er velkjente i teknikken. Legeringene kan også benyttes i forskjellige fysiske former som pastaer, pulvere, stenger og tråder, eller i en hvilken som helst loddeprosess som ved reflow-ovnslodding, bølgemaskinlodding og håndlodding eller i en hvilken som helst materialfabrikasjon som forskjellige avsetnings- og belegningsteknikker.

30

P a t e n t k r a v

1.

Blyfri loddelegering, k a r a k t e r i s e r t v e d at den består  
s av 76% til 96% Sn, 0,2% til 0,5% Cu, 2,5% til 4,5% Ag og >0% til 12% In, 0,5% til  
5,0% Bi og 0,01 til 2% Sb.



Figur