

Sledovanie štruktúr spojov na báze zliatiny SAC

Pietriková A., Livovský L., Ďurišin J
FEI TU Košice

Anotace

Intermetallic compounds (IMCs) are essential part of lead-free solders microstructure. Presence of the IMCs results from solidification process of molten solder. In 96.5Sn3Ag0.5Cu (SAC305) solder is dominant element tin (Sn). But despite this Sn dominancy only 3% weight contain of silver (Ag) has strong influence on final structure of solid solder joint. Ag forms in volume of the solder hard Ag3Sn intermetallics significantly influencing especially mechanical properties of the joint. Fundamental impact on strength of solder joint has also interaction between the molten (or solid) solder and printed circuit board (PCB) pad. It forms IMC containig both Sn and PCB pad material (bare copper or surface coating). Therefore analysis of presence of IMCs in the solder joint is essential key to understand behaviour of lead-free solder joints.

ÚVOD

Sledovanie štruktúr spojov na báze zliatiny SAC je dôležité nielen z pohľadu sledovania správania sa štruktúr samotných zliatin na báze SAC, ale rovnako tiež z pohľadu interakcie (spôsobenej difúziou na rozhraní kvapalná a tuhá fáza) medzi spájkou a spájkovacou plôškou na povrchu dosky plošných spojov. Povrchová úprava medenej fólie na povrchu dosiek plošných spojov sa realizuje na báze rôznych materiálov: Ni/Au, zliatina spájky (HASL – Hot Air Solder Leveling), Sn, Ag, atď. Vzájomná interakcia uvedených materiálov významne vplýva na vlastnosti finálneho spájkovaného spoja. Výsledná mikroštruktúra spájkovaného spoja ovplyvnená materiálom povrchu spájkovacích plôšok je výsledkom prítomnosti jednotlivých prvkov, času a priebehu spájkovania ako aj samotného procesu tuhnutia štruktúry. Spájkovaný spoj (reakcia medzi spájkou a spájkovacou plôškou) je tvorený tuhým roztokom prvkov kovov s obmedzenou rozpustnosťou.

Vývoj mikroštruktúr spojov na báze zliatiny je tiež významne ovplyvnený v procese zrýchleného starnutia, kedy dochádza k významným zmenám v mikroštruktúre spájkovaného spoja. Tieto zmeny najviac ovplyvňujú pevnostné vlastnosti spájkovaných spojov.

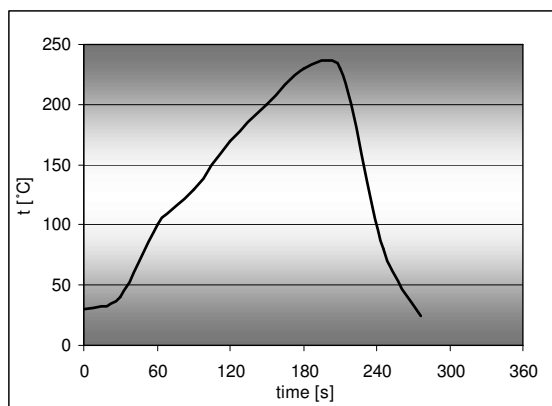
EXPERIMENTÁLNY MATERIÁL A PROCES SPRACOVANIA

Pre experimenty bola ako spájkovací materiál použitá spájkovacia pasta SAC firmy Alpha Metal typu OM-350, ktorá obsahuje zliatinu na báze 96.5Sn3Ag0.5Cu. Povrchová úprava dosiek plošného spoja bola typu HASL a na báze chemicky nanesenej vrstvy Ni/Au. Keďže v priebehu spájkovania sa celá vrstva zlata úplne rozpustí do spájky, vrstva zlata nie je v ďalšom popise sledovania štruktúr vyhodnocovaná.

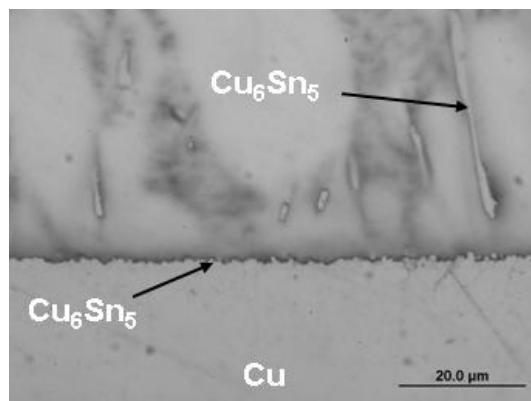
Spájkovanie reflow bolo realizované spôsobom pretavovania v nasýtených parách kondenzujúcej kvapaliny v zariadení, ktoré bolo vyvinuté na Katedre technológií v elektronike, FEI TU v Košiciach. Vzorky boli po naspájkovaní podrobené tepelnému zrýchlenému starnutiu pri teplote 125 °C (jednotlivé typy vzoriek boli analyzované po 0, 50, 100, 200, 500 a 1000 hodinách). Pre účely testovania boli aplikované dva typy vzoriek: pre analýzu mikroštruktúrnych vlastností (aplikovaná bola analýza optickým a elektrónovým mikroskopom) a pre analýzu pevnostných vlastností (skúšky pevnosti šmykovým namáhaním).

SPÁJKOVANIE PRETAVENÍM V NASÝTENÝCH PARÁCH KVAPALINY

Spájkovanie pretavením v nasýtených parách kvapaliny VPS (Vapour Phase Reflow Soldering) prebiehalo pri teplote 230 °C, čas pretavovania vrátane procesu chladnutia bol 240 sekúnd. Teplotný profil pretavenia pasty SAC je na Obr. 1.



Obr. 1. Reflow teplotný profil spracovania SAC

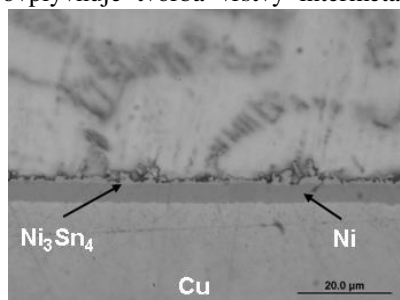


Obr. 2. SAC spájka/Cu pad po spájkovaní

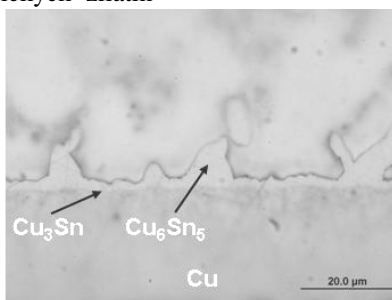
ANALÝZA MIKROŠTRUKTÚRY

Detailná analýza mikroštruktúry hrá dôležitú úlohu pre pochopenie správania sa spájkovaných spojov, tiež vysvetľuje príčiny zmien vlastností spojov po zrýchlenom starnutí. Na Obr. 2 je znázornené rozhranie spájka /HASL pad (Cu pad okamžite po naspájkovaní). Meď difunduje do roztavenej spájky. V dôsledku difúzie sa významne ovplyvňuje tvorba vrstvy intermetalických zliatin

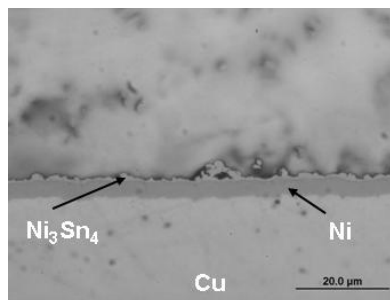
na báze Cu_6Sn_5 , tiež ich pozdĺžny nárast v celkovom objeme spájky (extenzívna difúzia meď). Hrubá vrstva Ni je zreteľne dokumentovaná na povrchu medenej fólie na doske plošného spoja (Obr. 3). Počas spájkovania sa medzi vrstvou spájky a Ni vrstvou vytvára vrstva intermetalických zlúčenín na báze Ni_3Sn_4 .



Obr. 3. SAC /Ni po spájkovaní



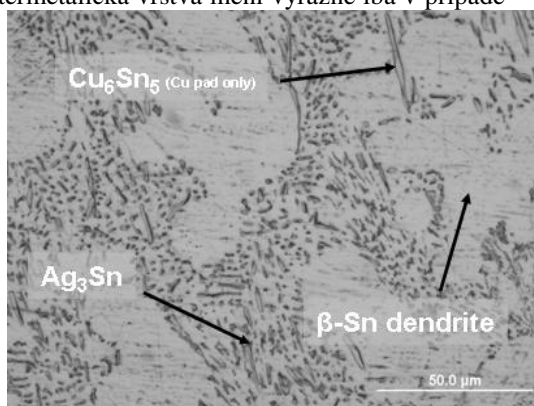
Obr. 4. SAC/Cu po starnutí



Obr. 5. SAC/Ni po starnutí

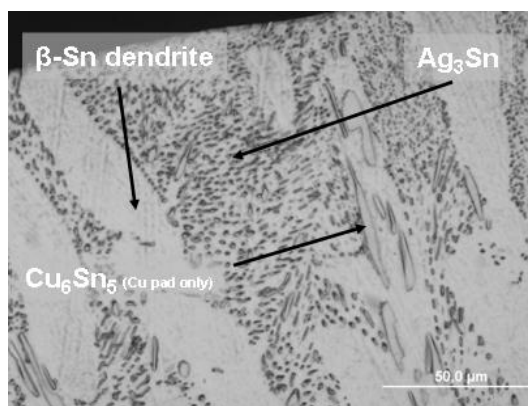
Porovnaním rozhrania SAC/Cu a SAC/Ni na spájkovacej plôške vidieť rozdiely vo formovaní intermetalických vrstiev. Ni_3Sn_4 vrstva vykazuje v porovnaní s Cu_6Sn_5 väčšiu rovnomernosť. Je to spôsobené pravdepodobne predchádzajúcim naplátovaním niklu. Po starnutí (125 °C, 1000 hod.) sa intermetalická vrstva mení výrazne iba v prípade

povrchovej úpravy na báze HASL (Cu pad) – Obr. 4. Cu_6Sn_5 vrstva expanduje a okrem toho medzi Cu_6Sn_5 vrstvou a Cu fóliou sa tvorí tenká vrstva na báze Cu_3Sn . Ni_3Sn_4 intermetalická vrstva si zachováva homogénnu hrúbku (Obr. 5) tiež po starnutí.



Obr. 6. Mikroštruktúra SAC po spájkovaní

V objeme spájky (obr. 6) neboli zaznamenané významné zmeny v mikroštruktúre spájky v porovnaní s mikroštruktúrou po starnutí (Obr. 7), i keď sa tu objavilo tiež zhrubnutie zŕn v

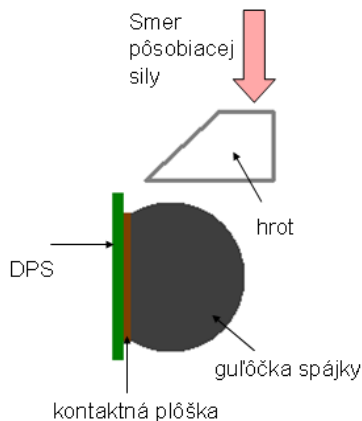


Obr. 7. Mikroštruktúra SAC po starnutí

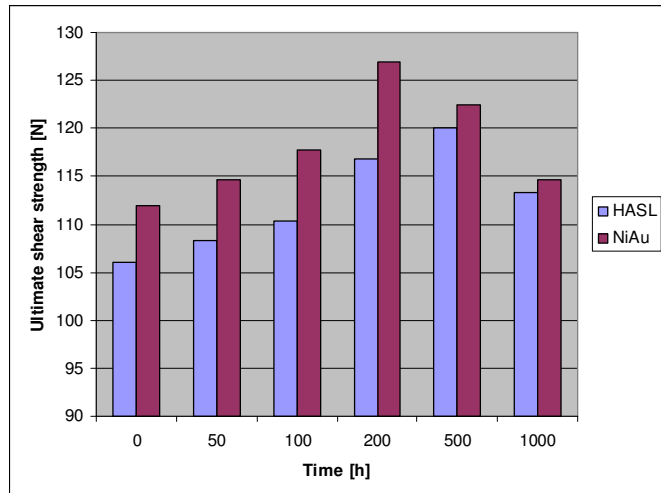
mikroštruktúre. V oblasti intermetalických vrstiev sú prítomné zlúčeniny typu Ag_3Sn a Cu_6Sn_5 . Ak spájkovanie prebehlo na povrchu na báze HASL, v mikroštruktúre možno pozorovať pozdĺžne ihlice

Cu6Sn5 nielen vo vrstve intermetalických zlúčenín,

ale tiež v objeme β -Sn dendritov.



Obr. 8. Princíp skúšky v strihu

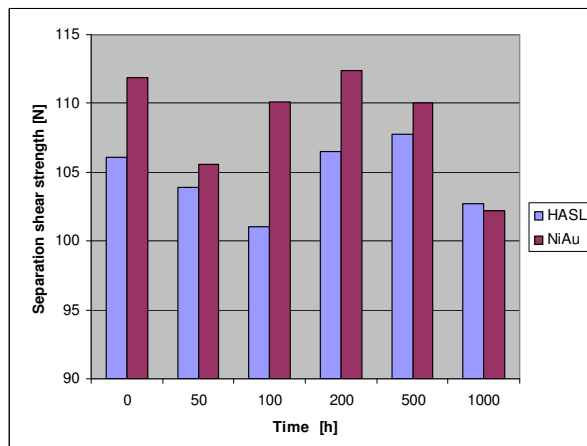


Obr. 9. Max. pevnosť v strihu vs. čas starnutia

SKÚŠKA PEVNOSTI SPÁJKOVACÍCH GULÔČOK V STRIHU

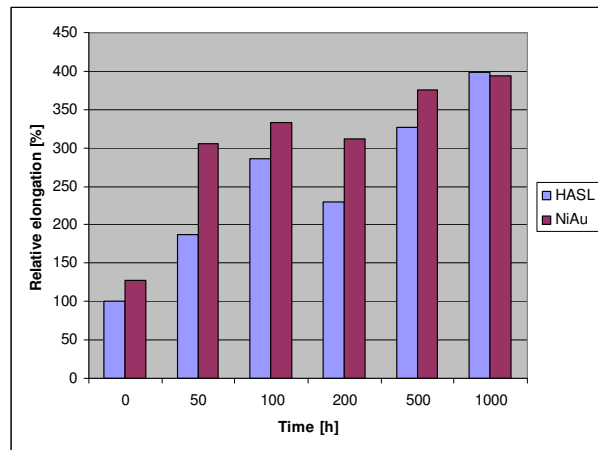
Skúška pevnosti gulôčok spájky v strihu bola realizovaná za účelom analýzy vplyvu starnutia na pevnostné vlastnosti spájkovaných spojov. Princíp pevnostnej skúšky vyplýva z Obr. 8. [1]. Významný vplyv starnutia bol zaznamenaný u oboch typov povrchových úprav (HASL, Ni/Au) dosiek plošných spojov. Pritom nie je dôležitá iba zmena

maximálnej pevnosti v strihu, ale tiež zmena hodnôt pevnosti v okamihu odtrhu a tiež predĺženie gulôčky spájky vplyvom plastickej deformácie. Dôvodom týchto zmien je nárast vrstvy intermetalických zlúčenín (HASL) difúziou v tuhom stave. V prípade vzoriek na báze Ni/Au nedochádza k významným zmenám v hrúbke intermetalickej vrstvy (menej výrazná difúzia niklu). Dochádza k spevneniu spoja na rozhraní spájka /doska plošného spoja spôsobenému difúziou Sn/Ni (Ni_3Sn_4) v tuhom stave.



Obr. 10. Pevnosť v odtrhu vs. čas starnutia

Z Obr. 9. je zreteľne vidieť, že vrcholová pevnosť v strihu je vyššia na povrchu na báze Ni/Au. Počas starnutia pevnosť postupne rastie, avšak po 200 (Ni/Au), resp. po 500 (HASL) hodinách začína výrazne klesať. Pevnosť v odtrhu nevykazuje taký významný vplyv starnutia (Obr. 10.) Aj v tomto prípade vykazuje povrchová úprava na báze Ni/Au vyššiu pevnosť. Veľmi dôležité zmeny tiež nastali v prípade plastickej deformácie gulôčky spájky vplyvom starnutia (Obr. 11). Je to spôsobené zlepšením pevnosti medzi spájkou a doskou



Obr. 11. Relatívne predĺženie vs. starnutie plošného spoja a pravdepodobne tiež rastom cínových zŕn v objeme v dôsledku starnutia.

ZÁVERY

Štruktúra spájkovaných spojov podstatným spôsobom ovplyvňuje mechanické a elektrické vlastnosti spájkovaných spojov. Ideálny spoj neobsahuje viskre, ani iné nežiaduce štruktúrne útvary, degradujúce kvalitu a životnosť spájkovaného spoja. Osobitné postavenie pri

vyhodnocovaní kvality spojov má hrúbka vrstvy intermetalických zlúčenín, rovnako tiež množstvo, homogenita rozloženia a ich poloha. Hodnotenie štruktúr spájkovaných spojov patrí k významným metódam vyhodnocovania kvality spájok. Na základe údajov o štruktúre je možné zdôvodniť mnohé vlastnosti spájkovaných spojov, ako aj vylepšiť technológiu ich spracovania. Predložený článok popisuje základné spôsoby vyhodnocovania štruktúry materiálu, t.j. opticky a pomocou rtg. difrakcie. Tieto metódy hodnotenia štruktúr spájky, objasňujú príčiny zmien vlastností spájkovaných spojov pred a po starnutí štruktúr spájok na báze SAC. Starnutie spájkovaných spojov vedie okamžite k zmene správania sa spojov. Okamžite po naspájkovaní vykazuje spoj znaky krehkého stavu a jeho šmyková pevnosť sa vplyvom starnutia zvyšuje.

POĎAKOVANIE

Autori ďakujú za finančnú pomoc agentúre projektov VEGA 1/0298/09, KEGA 3/6465/08 a Sk-Cz 0065-07, vďaka ktorej mohol vzniknúť tento článok.

A. Literatura

B. JEDEC Solid State Technology Association, "Solder Ball Shear JESD22-B117A", www.jedec.org/download/search/22b117A.pdf, October 2006.

Autoři

prof. Ing. Alena Pietriková, Ph.D.; Ing. Ľubomír Livovský, Ph.D.; Ing. Juraj Ďurišin; Katedra technológií v elektronike, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Technická univerzita v Košiciach; Park Komenského 2, 04389 Košice, Slovenská republika; e-mail: alena.pietrikova@tuke.sk, lubomir.livovsky@tuke.sk, juraj.durisin@tuke.sk