

Zariadenie pre spájkovanie kondenzáciou nasýtených pár

Livovský E., Ďurišín J., Pietriková A. – KTE FEI TU v Košiciach

Anotácia

Jedným zo základných problémov v oblasti bezolovnatého spájkovania je kvalita a spoľahlivosť spojov na báze bezolovnatých spájk. Spájkovanie kondenzáciou nasýtených pár je perspektívna metóda spájkovania pretavením, ktorou je možné dosiahnuť vysokú kvalitu s garanciou dobrej reprodukovateľnosti, ako aj dlhodobej stability vlastností. Účinnosť prenosu tepla, na rozdiel od ostatných metód pretavenia, zabraňuje riziku prehriatia substrátu, spájky a súčiastok. Teplotný profil spájkovacej pasty je daný výberom kvapaliny, nastaviteľnou zmenou rozloženia teplotných polí a rýchlosťou vertikálneho posunu pretavovanej vzorky v prostredí kondenzačného zariadenia. Riadenie a kontrola celého procesu počítačom umožňuje presné dodržanie stanovených podmienok pretavenia.

Úvod do spájkovania pretavením

Spájkovanie pretavením použitím bezolovnatých spájk so sebou prináša zmeny v samotnom procese pretavenia. Bezolovnaté spájkovacie pasty spravidla vyžadujú, v porovnaní so spájkami na báze olova, vyššie predhrievacie a vrcholové teploty a pretavenie vyžaduje dlhší čas. Vyššie vrcholové teploty a dlhší čas pretavenia znamenajú riziko potenciálneho prehriatia jednotlivých súčastí vzorky (samotný substrát, spájkovacia pasta, súčiastky). Použitím konvekčnej metódy (prúdenie plynu) je možné dodržať teplotný profil, najmä husto osadených, obojstranných substrátov, zvýšením teploty prúdiaceho plynu – niektoré exponované časti vzorky sa však môžu prehriať, prípadne až spáliť, zatiaľ čo ostatné ešte nedosiahli potrebnú teplotu v stanovenom čase. Prenos tepla infračerveným žiarením zase podstatne závisí na povrchovej úprave a materiále jednotlivých súčastí pretavovanej vzorky. Najúčinnější spôsob prenosu tepla, z fyzikálneho pohľadu, je prenos tepla skupenskou premenou. Preto sa ako vhodný spôsob ukazuje pretavenie kondenzáciou nasýtených pár. Na Katedre technológií v elektronike FEI TU v Košiciach bolo vyvinuté experimentálne zariadenie, v ktorom prebieha spájkovanie na princípe kondenzácie nasýtených pár.

Zariadenie pre spájkovanie kondenzáciou nasýtených pár

Metóda spájkovania je založená na kondenzácii nasýtených pár perfluórouhlíkovej alebo perfluóropolyéterovej kvapaliny na povrchu spájkovaných objektov za rovnomerného odovzdávania skupenského tepla premeny pri kondenzácii montážnym prvkom. Dochádza k postupnému ohrevu celej vzorky až ku hodnote teploty varu použitej kvapaliny, kedy proces prenosu tepla končí a prebehne proces pretavenia pasty. Zdroj tepla – para a spájkovaný objekt dosahujú pri tomto spôsobe pretavenia rovnakú teplotu, preto účinnosť spotrebovanej energie je podstatne vyššia ako pri ostatných metódach typu reflow.

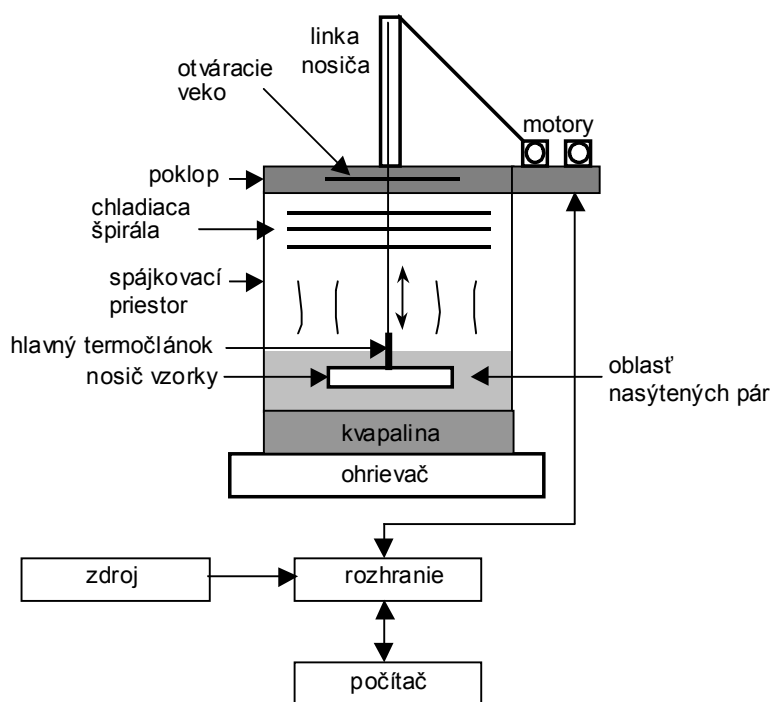
Výhodou takého spôsobu prenosu tepla parou je efektívny transport latentného tepla kondenzáciou pary chemicky inertnej kvapaliny na substrát a komponenty a tiež kontrola teploty na celej vzorke. Prenos tepla je nezávislý na veľkosti, tvare alebo geometrii ohrievaného povrchu. Je asi 10-krát rýchlejší ako pri pretavení prúdením a asi 8-krát rýchlejší ako pri pretavení infračerveným žiarením.

Typickými kondenzačnými médiami sú inertné a netoxické kvapaliny, ktoré sa používajú v širokom intervale teplôt (155 °C – 260 °C). Vyznačujú sa chemickou a termálnou stabilitou do teploty 260 °C. Počas varu vrstva nasýtenej pary nad kvapalinou vytvorí 100 % inertnú atmosféru. Je to možné preto, že hmotnosť (hmota) molekúl pary vytlačí molekuly vzduchu, prípadne iných ľahších plynov z pracovného priestoru. Problém s kolísaním, resp. s nedostatkami v procese výroby v dôsledku premenlivej, rozličnej koncentrácie kyslíka je

preto irelevantný. Inertná atmosféra pár kondenzačnej kvapaliny garantuje bezoxidačný proces pretavenia, pričom je garantovaná úroveň kyslíka 0 ppm. Na druhej strane je však problémom odstraňovanie tavidiel zmytých kondenzovanou kvapalinou. Keďže tavidlá pást sa používajú v inertnom prostredí, môžu byť preto menej agresívne. Kontrolovaný prenos tepla je základným kľúčom ku kvalitnej montáži SMD. Hlavne v prípade použitia bezolovnatých spájok s bodom tavenia okolo 220 °C. Rýchle ochladzovanie spájkovaných spojov sa odporúča, z dôvodu prevencie tvorby veľkých zŕn v spájke, ktoré oslabujú spoj a z dôvodu prevencie tvorby dendritov v zliatinách s vysokým podielom cínu.

Spájkovacie zariadenie vyvinuté na Katedre technológií v elektronike FEI TU v Košiciach je konštruované ako pretavovacie zariadenie pre špeciálne a nízkoobjemové aplikácie, ktoré sú vhodné pre realizáciu výskumu kvality a spoľahlivosti spájkovaného spoja. Jeho výhodou je tiež možnosť spájkovať ťažko spájkovateľné puzdra s BGA bez rizika vysokého prehriatia.

Zariadenie pre spájkovanie kondenzáciou nasýtených pár (Obr. 1), tvoriace uzavretý systém, pozostáva z ohrievača – zdroja tepla pre kondenzačnú kvapalinu; sklenenej nádoby – spájkovací priestor (objem 10 dm³); chladiacej špirály (zóna chladenia), v ktorej prúdi studená voda; poklopu, ktorého úlohou je zabrániť úniku pár a zabezpečiť stabilizáciu teploty a na ktorom sú umiestnené dva krokové motory; otváracieho veka; linky pre posun vzoriek vo vertikálnom smere (zmenou polohy pozdĺž spájkovacieho priestoru a rýchlosti pohybu sa dosahuje definovaný teplotný profil pre pretavenie pasty); počítača; zdroja napájania a elektronického rozhrania pre riadenie celého procesu pretavenia pomocou počítača.



Obr. 1: Schéma spájkovacieho kondenzačného zariadenia

Zariadenie obsahuje okrem konštrukčných častí teplotný monitorovací systém na reguláciu rýchlosti ohreву a ochladzovania (sústava termočlánkov pozdĺž pracovného priestoru zariadenia a na vzorke pre účely riadenia teploty počítačom). Elektronické

rozhranie, zabezpečujúce komunikáciu medzi termočlánkami, motormi a počítačom, obsahuje ako hlavnú časť programovateľný mikroprocesor Dallas Semiconductor DS89C450. Je programovateľný v Assembléri, určuje sa nim odozva na príkazy a požiadavky v programe LabWindows/CVI. Napájanie celého systému kondenzačného zariadenia zabezpečuje zdroj jednosmerného napätia o hodnote 5 V a 12 V.

Pohyb vzorky, umiestnenej na nosiči, vo zvislom smere, zabezpečujú krokové motory, ktoré sú prostredníctvom elektronického rozhrania riadené cez počítač. Krokové motory sa používajú z dôvodu jemného vertikálneho posunu vzorky v závislosti od rozloženia teplotných polí nad kvapalinou. Maximálne rozmery substrátu vzorky sú 8 cm x 8 cm. Posun nosiča vzorky vo vertikálnom smere a otváranie veka poklopu je možné uskutočniť buď pomocou tlačidiel priamo na elektronickom rozhraní alebo klávesnicou počítača.

Snímanie a záznam teploty v oblasti nasýtenej pary, v oblasti chladenia a na nosiči vzorky - snímanie teplotného profilu pretavenia je zabezpečené termočlánkami a pomocou rozhrania zaznamenávané počítačom. Výška oblasti nasýtených pár a rozloženie teplotných polí nad kvapalinou závisí najmä od výkonu ohrievača. Predbežné výsledky pretavovania v experimentálnom zariadení poukazujú na efektívny a bezstratový prenos tepla, výsledkom ktorého sú evidentne lepšie výsledné vlastnosti ako v prípade klasickej metódy pretavenia [5].

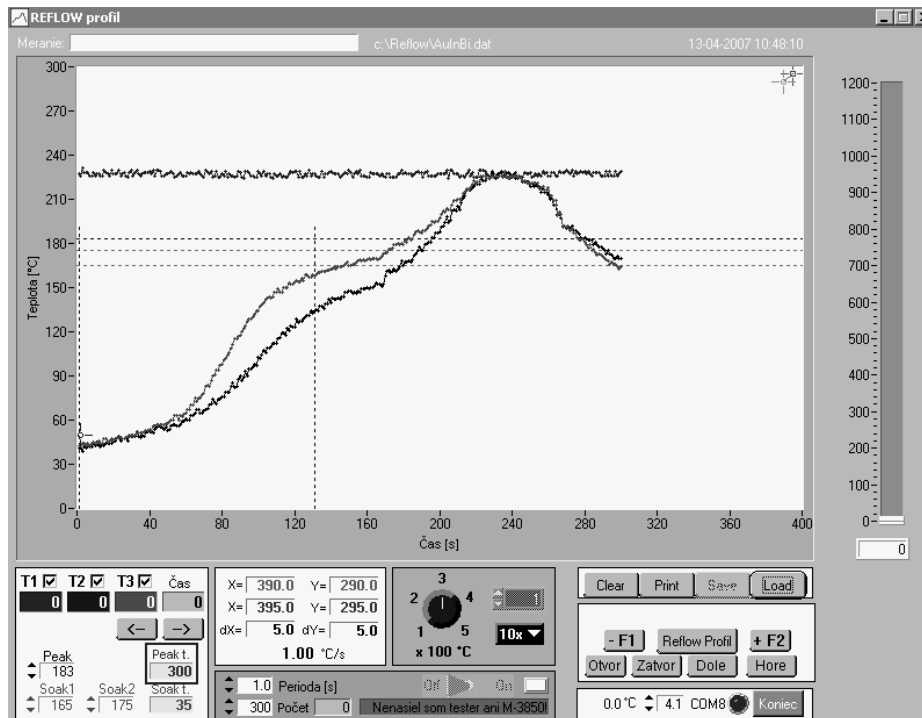
Na elimináciu úniku pár, a teda aj predraženia celého procesu slúži v hornej časti spájkovacieho priestoru chladiaca špirála, v ktorej prúdi studená voda. Unikajúce pary na nej kondenzujú a vo forme kvapaliny sa vracajú späť do oblasti vriacej kvapaliny.

Pre naše experimenty kondenzačné kvapaliny Galden PFPE (teplota varu 215 °C a 230 °C) sú od výrobcu Solvay Solexis. Ich fyzikálne vlastnosti sú zhrnuté v Tab. 1 [3].

Galden PFPE kvapaliny			
Fyzikálna vlastnosť	Jednotka	LS/215	LS/230
Bod varu	°C	215	230
Hustota, 25 °C	10 ³ kg . m ⁻³	1,8	1,82
Výparné teplo	10 ³ J.kg ⁻¹	63	63
Tepelná vodivosť	W.m ⁻¹ K ⁻¹	0,07	0,07
Merná tepelná kapacita	J.kg ⁻¹ K ⁻¹	973	973

Tab. 1: Vlastnosti experimentálne použitých kondenzačných kvapalín výrobcu Solvay Solexis

Na pretavenie spájkovacej pasty je potrebné dodržať teplotný profil. To sa uskutočňuje zmenou typu kvapaliny a posunom pretavovanej vzorky vo zvislom smere. Rýchlosť posunu v jednotlivých fázach pretavenia (resp. statická poloha) je daná rozložením teplotných polí. Celé pretavenie je riadené buď manuálne alebo počítačom, okamžitá teplota v oblasti vzorky je meraná termočlánkom. Na ovládanie celého procesu pretavenia, priebežné zobrazovanie a záznam hodnoty teplôt a hlavne teploty pretavovanej vzorky - teplotného profilu sa používa program LabWindows/CVI. Typický profil pretavenia je na obrázku 2.



Obr. 2: Teplotný profil pretavenia v programe LabWindows/CVI

Záver

Metóda spájkovania kondenzáciou nasýtených pár je najúčinnnejšia metóda spájkovania pre bezolovnaté spájky, pretože zaručuje dodržanie predpísaného teplotného profilu a vylučuje riziko prehriatia a poskytuje tak vyššiu kvalitu spájkovaných spojov. Nevýhodou je vysoká cena kvapalín, znečistenie kvapaliny zvyškami tavidiel a čiastočný únik pár.

Literatúra

1. Pecht M.G.: Soldering Processes and Equipment, ISBN 0-471-59167-X. New York: John Wiley and Sons 1993.
2. IBL-Löttechnik GmbH: Overview: Vapour Phase Soldering Machines, IBL_Basics_Vapor_Phase.pdf. Dostupné na internete: <<http://www.ibl-loettechnik.de>>.
3. Solvay Solexis: Galden LS&HS Vapor Phase Soldering Fluids, bro VPS.pdf - product datasheet. Dostupné na internete: <<http://www.solvaysolexis.com>>.
4. Gregory, M.: Vapour Phase Returns for Lead-Free Soldering, In: NEPCON Brighton Process Technology Seminar. Brighton: 2004. Dostupné na internete: <<http://www.adauto.co.uk>>.
5. Pietriková A., Livovský L., Ďurišin J.: Speciality Of Vapour Phase Reflow Soldering, IMAPS, Rzeszow 2007, v tlači.

Autori

doc. Ing. Alena Pietriková, Ph.D.; Katedra technológií v elektronike, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Technická univerzita v Košiciach; Park Komenského 2, 043 89 Košice; e-mail: Alena.Pietrikova@tuke.sk

Ing. Lubomír Livovský, PhD.; Katedra technológií v elektronike, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Technická univerzita v Košiciach; Park Komenského 2, 043 89 Košice; e-mail: Lubomir.Livovsky@tuke.sk

Ing. Juraj Ďurišin; Katedra technológií v elektronike, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Technická univerzita v Košiciach; Park Komenského 2, 043 89 Košice; e-mail: Juraj.Durisin@tuke.sk