

Aerosol Jet[®] bondování SMD součástek

Jiří Navrátil

Katedra technologií a měření
Fakulta elektrotechnická
Západočeská univerzita v Plzni
jirkanav@ket.zcu.cz

Aerosol Jet[®] SMD components bonding

Abstract – This paper presents a research focused on Aerosol Jet[®] bonding of SMD components to flexible substrates. Flexible printed electronics is becoming important fast growing market segment. Contacting technologies of the electronic components are well known for traditional electronics such as soldering, welding, conductive adhesive bonding, however in the expansion of direct printing technologies the new possibilities have raised. Except for using conductive adhesives the Aerosol Jet[®] technology can be used for contacting.

Keywords – Aerosol Jet; bonding; printed electronics; SMD

I. ÚVOD

Tištěná elektronika se postupně stává konkurenceschopnou pro tradiční vakuové či fotolitografické procesy. Přímý tisk šetří čas, efektivněji využívá materiál a tudíž i cena následných výrobků může být nižší. Zatím zdaleka ne všechny součástky mohou být ale přímo tištěné (např. integrované obvody) a je tedy nutné použít klasické komponenty jako (dnes hlavně) SMD součástky. Vystává tedy otázka, jak lze spolehlivě připojit SMD součástku k flexibilnímu substrátu jako je např. PET či Kapton[®] folie. [1] Je zde možnost použití vodivých lepidel, bondování pomocí mikrodrátků nebo právě využití moderních tiskových technologií. Z tohoto důvodu se dnes spousta firem zabývá myšlenkou tzv. hybridní tištěné elektroniky tj. klasické SMD součástky připojené k substrátu pomocí tiskové technologie. Samotný vodivý motiv a kontaktování SMD čipů by bylo provedeno stejnou technologií i materiálem v jednom kroku. Pro takovéto použití se výborně hodí zařízení Aerosol Jet[®]. [2] Jde o bezkontaktní selektivní tiskovou technologii založenou na vytvoření aerosolu z tiskového materiálu a jeho aerodynamickým zaostřováním při samotné depozici na substrát. Touto technologií je možné bezkontaktně tisknout na 3D povrchy (jako mohou být SMD součástky na flexibilním substrátu) velmi tenké linie (od 10 μm šířky) s malou vzájemnou roztečí (od 20 μm). Cílem výzkumu je zjistit jaké jsou možnosti a limity při kontaktování SMD čipů touto technikou. [1,2,3]



Obrázek I. Depozice materiálu pomocí technologie Aerosol Jet[®]

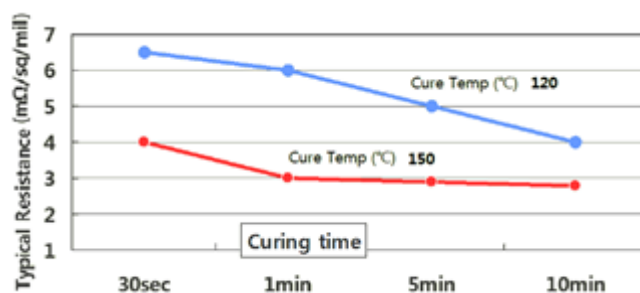
Charakterizace materiálů

Flexibilní substrát

Jako substrát byla zvolena flexibilní polyimidová folie DuPont® Kapton® HN500 v tloušťce 125 μm . Folie byla opláchnuta izopropylalkoholem a aktivována plasmou před samotným tiskem. Plasma substrát nejen mechanicky očistí, ale zvyšuje i smáčivost a adhezi nanášených inkoustů či lepidel.

Vodivý inkoust

Jako vodivý materiál byl zvolen inkoust Paru PG-007 AJ s 60 wt% stříbrných nanočástic (průměrná velikost 100 nm). Pojivo inkoustu je glykol a alkohol. Povrchové napětí inkoustu je 30 mN/m. Adheze k PET substrátu je dle ASTM standardu ohodnocena jako 5B. Inkoust musí být po tisku tepelně upraven k dosažení požadovaných vlastností. Teplota vytvrzení je dle výrobce 80 až 200 °C, nicméně pro nejlepší výsledky na naprosté většině substrátů jsou používány teploty od 120 do 150 °C.



Obrázek II. Rezistivita inkoustu Paru PG-007 AJ pro různé teploty a časy vytvrzování

Dielektrikum

Dielektrikum Smart Fabric Inks – UV-D1 bylo použito pro ruční dispenzing plnou jehlou za účelem vytvoření rádiusu mezi součástkou a substrátem. Dielektrikum bylo vytvrzováno pomocí UV záření v expoziční jednotce po dobu 10 minut

Lepidlo

Nevodivé lepidlo Loctite® 4090™ bylo použito pro fixaci SMD součástek k substrátu. Toto dvousložkové lepidlo bylo vytvrzeno při pokojové teplotě a poskytuje dobrou fixaci pro velmi široký rozsah materiálů. Lepidlo je také odolné až do teploty 150 °C.

II. EXPERIMENT

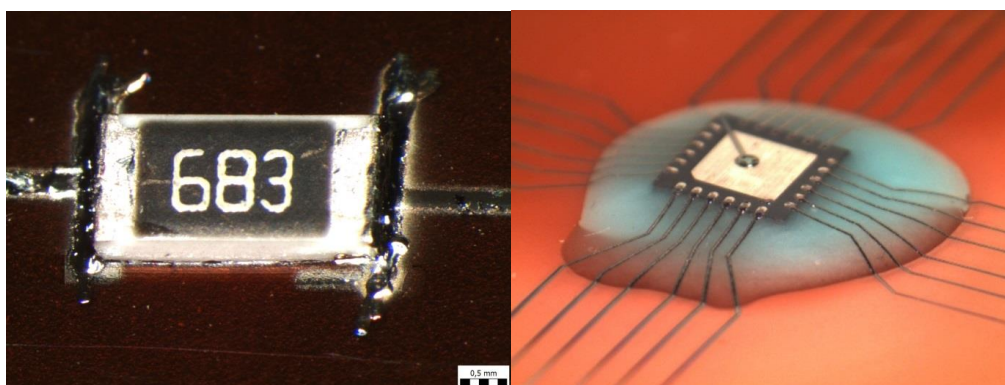
Pro experiment byla použita 250 μm keramická tryska pro tisk relativně tenké linie s dostatečným množstvím materiálu. Tisková rychlost byla 5 mm/s, vzdálenost trysky od vrchní plochy SMD součástky byla nastavena vždy na 3 mm. Z experimentu vyplynuly dvě možnosti bondování – přímá metoda a nepřímá metoda přes dielektrický blob.

Přímé bondování

SMD součástka byla k substrátu zafixována pomocí lepidla Loctite® 4090™. Pak byl stříbrný inkoust Paru tištěn ve velkém množství těsně k vývodům součástky, které smáčel. Výhoda metody je její rychlost a malá pracnost. Nevýhodou může být křivě umístěná součástka, která vytvoří převis, pod který se inkoust nedostane a kontaktní ploška je nedostatečně smáčena. U 10 ks 0 Ω rezistorů byl čtyřvodičovou metodou změřen průměrný kontaktní odpor 1,2 Ω .

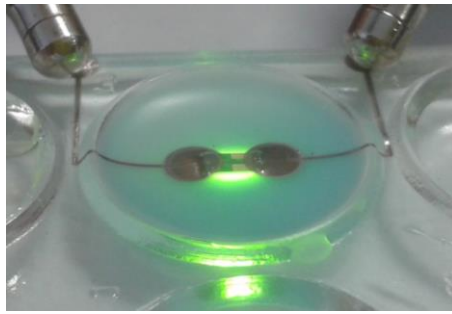
Bondování přes dielektrický blob

Pomocí dispenzingu plnou jehlou byl vytvořen dielektrický blob do kterého byla vmáčknuta součástka. Blob byl následně vytvrzen v UV záření v expoziční jednotce. V předchozích experimentech se v dielektriku objevovaly otvory a praskliny – bylo nutné dielektrický materiál velmi dobře rozmíchat, aby se odstranily vzduchové bublinky, které otvory způsobovaly. Dielektrický blob odstranil kolmé hrany součástky a umožnil plynulé přetisknutí z vývodu až na substrát. Další výhodou dielektrika je, že samo o sobě fixuje na místě součástku. Nevýhoda tohoto typu bondování je vysoká pracnost vytvoření spoje. U 10 ks 0 Ω rezistorů byl čtyřvodičovou metodou změřen průměrný kontaktní odpor 0,7 Ω . Pro budoucí experimenty je snaha nahradit ručně nanášené dielektrikum dielektrikem tištěným také pomocí Aerosol Jet® technologie.



Obrázek III. Přímé bondování SMD rezistoru (vlevo) a QFN pouzdro připojeno pomocí bondování přes dielektrický blob (vpravo)

Další úspěšný test bondování pomocí tisku byl proveden s SMD LED diodou umístěnou vzhůru nohama do prohlubně laboratorního skla pro mikrotesty. Takovéto sklíčko s integrovanými LED diodami by mohlo posloužit např. pro testování různých bioaktivních materiálů. SMD pouzdro diody bylo zatlačeno do nanášeného dielektrika a to bylo následně vytvrzeno UV zářením. Pomocí Aerosol Jet® byly následně nanášen kontaktující materiál – stříbrný inkoust Paru.



Obrázek IV. SMD LED přibondovaná v prohlubni sklička pro mikrotesty

III. ZÁVĚR

Aerosol Jet[®] technologie se zdá být vhodná pro kontaktování SMD pouzder. Bondy mají relativně dobré mechanické i přijatelné elektrické vlastnosti. Stále existuje však několik negativ, které musí být pro spolehlivou funkci vyřešeny. První je vysoká flexibilita substrátu vs. nízká flexibilita bondů. Druhé je závislost kontaktního odporu na vhodném tvaru dielektrického blobu a tiskového materiálu.

Potřeba tisku na 3D nebo flexibilní substráty stále roste a s ní vznikají i nové možnosti kontaktování součástek. Aerosol Jet[®] je jednou z klíčových technologií, která se může stát velmi zajímavou alternativou pro klasické mikrodrátkové bondování. Testy ukázaly dobré vlastnosti vytvořených propojení stejně jako rychlost, flexibilitu a efektivitu tiskové technologie. Velmi zajímavým dalším krokem do budoucna by mohl být vznik nových flexibilních tiskových inkoustů, které by umožnily spolehlivější připojení součástek.

PODĚKOVÁNÍ

Tento článek vznikl za podpory interního projektu na podporu studentských vědeckých konferencí SVK-2016-006 a projektu SGS-2015-020 „Technologické a materiálové systémy v elektrotechnice“.

LITERATURA

- [1] Michael J. Renn, Bruce H. King, Michael O'Reilly, Jeff S. Leal, Suzette K. Pangrle, Aerosol Jet[®] Printing of High Density, 3-D Interconnects for Multi-Chip Packaging, IMAPS 2010, Phoenix
- [2] Manfred Mengel, Ivan Nikitin, Inkjet printed dielectrics for electronic packaging of chip embedding modules, Microelectronic Engineering, Volume 87, Issue 4, April 2010, Pages 593-596, ISSN 0167-9317, <http://dx.doi.org/10.1016/j.mee.2009.08.033>.
- [3] Tobias Seifert, Mario Baum, Frank Roscher, Maik Wiemer, Thomas Gessner, Aerosol Jet Printing of Nano Particle Based Electrical Chip Interconnects, Materials Today: Proceedings, Volume 2, Issue 8, 2015, Pages 4262-4271, ISSN 2214-7853, <http://dx.doi.org/10.1016/j.matpr.2015.09.012>.