Kontaktování SMD součástek na flexibilní DPS s pomocí nevodivých lepidel

Jiří Navrátil, Martin Hirman
Katedra technologií a měření
Fakulta Elektrotechnická
Západočeská univerzita v Plzni
jirkanav@ket.zcu.cz

Connection of SMD Components on a Flexible PCB by Non-Conductive Adhesive

Abstract – **The paper deals with the connection of SMD chip resistors on the flexible substrate by electrically conductive and non-conductive adhesives. UV curable non-conductive adhesive and epoxy non-conductive adhesive were used in the experiment. The target of the experiment proved that the connection of component with substrate by non-conductive adhesive is possible and could be used as a replacement of electrically conductive adhesives in some applications.**

Keywords – Electrically conductive adhesive (ECA); Flexible substrates; Non-conductive adhesive (NCA)

I. Úvod

V dnešní době lze nalézt tři základní možnosti montáže SMD součástek na DPS. První a nejrozšířenější možností je pájení, které je spolehlivé a lze ho snadno automatizovat. Teploty v průběhu procesu pájení by však mohly být příliš vysoké pro dnešní moderní flexibilní substráty, jako například PET, PEN nebo biologicky odbouratelné substráty, používané v mnoha moderních aplikacích, např. [1], [2]. Druhou možností jsou elektricky vodivá lepidla (ECA), která nedosahují pevnosti pájených spojů, ale mohou nabídnout nízkoteplotní vytvrzovací profily (nižší teplota, ale delší doba pro vytvrzení lepidla). Třetí možností jsou nevodivá lepidla, u kterých postačuje velmi nízké nebo dokonce žádné tepelné vytvrzování (UV lepidla) a srovnatelné elektrické a mechanické vlastnosti s elektricky vodivými lepidly. Důvodem k realizaci tohoto experimentu bylo prozkoumání možností a vlastností nevodivých lepidel a jejich porovnání s vodivými lepidly. Cílovou aplikací pro použití nevodivých lepidel může být například laboratorní prototypová výroba DPS.

Použití nevodivého lepidla pro kontaktování součástek na substráty není příliš obvyklou metodou, avšak některé pokusy s tímto typem kontaktování již byly v minulosti realizovány jako možná náhrada olovnatého pájení, např. [3]. V současnosti jsou pro flexibilní substráty nutné pružné a nízkoteplotní spoje. V mnoha případech nelze tyto spoje pájet a použití nevodivých lepidel by mohlo být vhodnou alternativou k použití elektricky vodivých lepidel v této oblasti elektroniky. Prozkoumání této alternativy bylo také důvodem k realizaci níže popsaného experimentu.

II. POUŽITÉ MATERIÁLY A PRACOVNÍ POSTUPY

A. Substrát a součástky

Pro realizaci experimentu byl zvolen ohebný kaptonový substrát zakoupený ve společnosti PragoBoard s.r.o., známý pod obchodním názvem DuPont Pyralux. Substrát se skládá ze 100 μm kaptonové nosné folie a 18 μm vodivého motivu vytvořeného z čisté mědi bez povrchové úpravy (viz obrázek I – vlevo). Pro experiment byly dále použity SMD čipové rezistory 0R0 s velikostí pouzdra 0805.

B. Lepidla

Pro experiment byla vybrána dvě nevodivá lepidla - NCA (Loctite AA 3926, Loctite HY 4092 GY) a dvě elektricky vodivá lepidla - ECA (Loctite Hysol CA3150, M.G. Chemicals 8331S). Nevodivé lepidlo AA3926 je akrylové lepidlo vytvrzované s pomocí UV záření, které má fluorescenční schopnost a je možné ho využívat v širokém rozsahu teplot od -40°C do +150°C. Druhé zvolené nevodivé lepidlo HY4092 je dvousložkové lepidlo tvrditelné při teplotě 120°C po dobu 48 hodin. Elektricky vodivé lepidlo MG 8331S je také dvousložkové, obsahuje stříbrné vločky a pro vytvrzení byla použita teplota 130°C po dobu 30 minut. Poslední lepidlo CA 3150 je určeno přímo pro použití na flexibilní substráty a pro vytvrzení byla použita teplota 100°C po dobu 93 sekund.

C. Testování mechanické pevnosti ve smyku

U vytvořených vzorků byla testována mechanická pevnost součástek ve smyku za pomoci zařízení LabTest 3.030. Šestihranným trnem bylo působeno silou na čipový rezistor, dokud nedošlo k odtržení tohoto rezistoru. Maximální síla potřebná k odtržení rezistoru byla zaznamenána v průběhu testu. Pro každý typ vzorku bylo testováno 9 rezistorů.

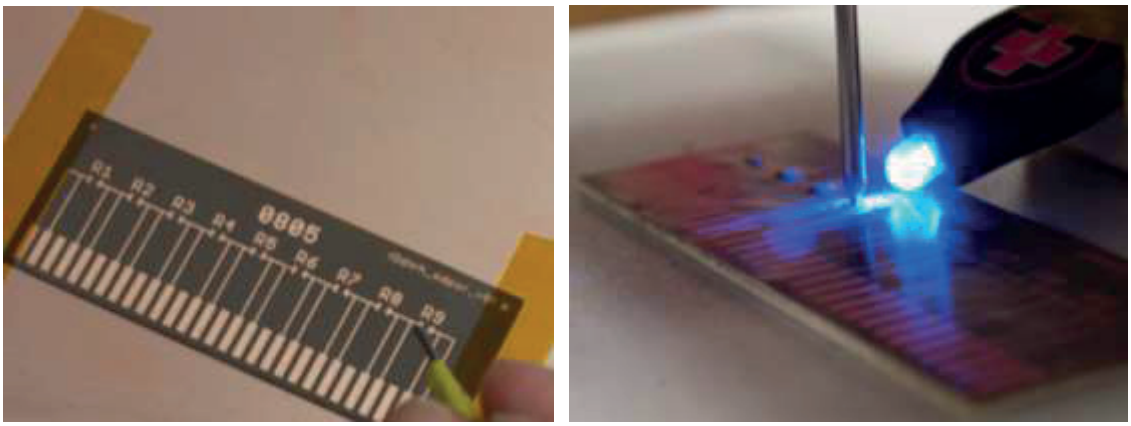
D. Měření elektrického odporu

Elektrický odpor lepených spojů byl měřen za pomoci 4 bodové metody. Vodivý motiv na DPS byl vytvořen právě pro měření touto metodou a je zobrazen na obrázku I – vlevo. Každý vzorek byl pro měření připojen k zařízení Keithley 2701 s pomocí ISA slotu. Takto byl u každého vzorku změřen elektrický odpor dvou lepených spojů a samotného rezistoru 0R0. V předchozích experimentech byl naměřen průměrný elektrický odpor rezistoru 0R0, který byl získán naměřením 30ti rezistorů a vypočtením jejich průměrné hodnoty, která činí 4,8 mΩ [4]. Elektrický odpor jednoho spoje byl tedy vypočten jako naměřená hodnota mínus odpor rezistoru děleno dvěma spoji. Níže zobrazené hodnoty již tedy odpovídají tomuto vypočtenému odporu jednoho spoje.

III. EXPERIMENT

Pro nanesení nevodivých lepidel byla použita metoda plné jehly. V případě lepidla HY4092 bylo osazeno 9 součástek na každou DPS a každá součástka byla při vytvrzení zatěžována silou 4 MPa. Při tomto zatížení byla DPS vložena do laboratorní pece ArgoLab a vytvrzena při teplotě 120°C po dobu 48 hodin. Po vytvrzení bylo odstraněno závaží tvořící zatěžovací sílu a vzorky byly podrobeny testům. V případě lepidla AA3926 byly rezistory osazovány postupně, přičemž na každý rezistor byl vyvíjen tlak 30 MPa a lepidlo bylo vytvrzováno pod úhlem 45° po dobu 30 sekund z obou stran součástky (viz obrázek I - vpravo). Po vytvrzení byl tlak ze součástky opět odstraněn a vzorek byl podroben testování. Jednotlivé parametry vzorků použité v realizovaném experimentu jsou zobrazeny v tabulce I.

U osazených vzorků byl změřen elektrický odpor přístrojem Keithley 2701 za pomoci 4 bodové metody. Následně byly vzorky podrobeny testu mechanické pevnosti ve smyku na zařízení LabTest. U každého typu vzorku bylo testováno vždy 9 součástek s výjimkou lepidla HY4092 – 3x, kde byly dvě součástky poškozeny již během testování a nebylo možné je otestovat.



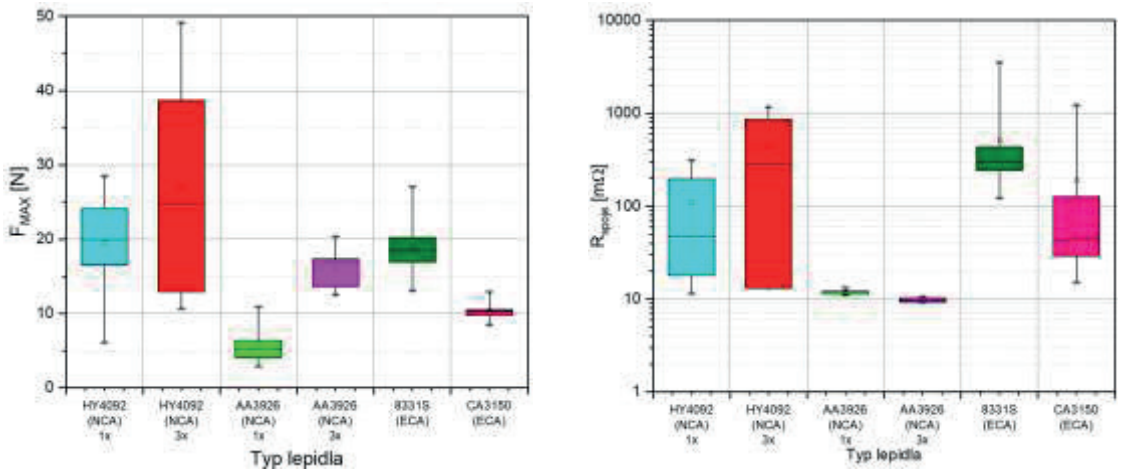
Obrázek I. **Vzorek během aplikace lepidla HY4092 plnou jehlou (vlevo), vytvrzování nevodivého lepidla AA3926 s pomocí UV záření (vpravo)**

TABULKA I. PARAMETRY VZORKŮ

Vzorek	A1	A3	A2	A4
Použité lepidlo	Loctite HY 4092 GY		Loctite AA 3926	
Množství lepidla (µl) / označení	2 (1x)	6 (3x)	2 (1x)	6 (3x)
Vytvrzovací profil	120 °C / 48 h		3W UV LED / 2 x 30s	
Použitý tlak na SMD rezistor (MPa)	4		30	

IV. VÝSLEDKY EXPERIMENTU

V průběhu experimentu byl u všech vzorků měřen elektrický odpor a mechanická pevnost ve smyku. Naměřené hodnoty byly poté statisticky zpracovány a výsledky tohoto měřená lze vidět v boxových grafech na obrázku II.



Obrázek II. **Boxový graf maximální síly potřebné k odtržení součástky (vlevo), elektrického odporu jednoho spoje (vpravo)**

Z grafů vyplývá, že mechanická pevnost spojů kontaktovaných nevodivým lepidlem HY4092 je mírně vyšší oproti použití elektricky vodivých lepidel, ale rozptyl hodnot je u nevodivého lepidla také vyšší. V případě UV tvrditelného nevodivého lepidla AA3926 je mechanická pevnost nižší v případě použití menšího množství lepidla, avšak v případě použití většího množství je mechanická pevnost i její rozptyl srovnatelný s testovanými elektricky vodivými lepidly. Z grafů je dále patrné, že elektrický odpor spoje kontaktovaného nevodivým lepidlem HY4092 je srovnatelný s vodivými lepidly. V případě UV lepidla AA3926 je tento odpor dokonce výrazně (téměř 50 krát) lepší než v případě vodivých lepidel. Vzorky byly zároveň po odtržení pozorovány pod mikroskopem, kde bylo zjištěno, že se nevodivé lepidlo s pomocí tlaku vytlačí z míst pod ploškami součástky a tedy nebrání vytvoření vodivého kontaktu. Tento jev byl teoreticky předpokládán a byl také potvrzen.

V. ZÁVĚR

V realizovaném experimentu byly prozkoumány vlastnosti vodivého spojení součástky s vodivým motivem za pomoci elektricky nevodivého lepidla. Hypotézou tohoto experimentu bylo, že mezi součástkou a vodivým motivem vznikne přímý kontakt a tím i přímé vodivé spojení. Tato hypotéza byla experimentem potvrzena a bylo zjištěno, že nevodivé lepidlo může být použito pro dosažení dobrého vodivého kontaktu součástek s vodivým motivem na flexibilním substrátu. Experiment dále prokázal, že mechanická pevnost takto kontaktovaných součástek je podobná součástkám kontaktovaným elektricky vodivým lepidlem. Elektrická pevnost součástek kontaktovaných nevodivým lepidlem je mnohem lepší (v případě UV lepidla) než u elektricky vodivých lepidel.

Pokud uvážíme oba testované parametry, můžeme konstatovat, že použitá nevodivá lepidla (především UV lepidlo) by mohlo teoreticky nahradit elektricky vodivá lepidla a lze ho doporučit pro některé aplikace. Otázkou zůstává dlouhodobá spolehlivost takto lepených spojů, která bude předmětem dalšího výzkumu.

PODĚKOVÁNÍ

Tento článek vznikl za podpory interního projektu na podporu studentských vědeckých konferencí SVK-2018-005. Tato práce byla dále podpořena grantem Studentské grantové soutěže ZČU č. SGS-2018-016 „Diagnostika a materiály v elektrotechnice“. Tento příspěvek také vznikl s podporou Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy ČR v rámci projektu RICE – Nové technologie a koncepce pro inteligentní systémy, číslo projektu LO1607.

LITERATURA

[1] C. Yang *et al.*, „Water-based isotropically conductive adhesives: Towards green and low-cost flexible electronics", *Adv. Funct. Mater.*, roč. 21, s. 4582–4588, 2011.

[2] P. Kuberský, T. Syrový, A. Hamáček, S. Nešpůrek, a J. Stejskal, „Printed Flexible Gas Sensors based on Organic Materials", *Procedia Eng.*, roč. 120, s. 614–617, 2015.

[3] F. Steiner, A. Hamáček, V. Skočil, a J. Štrunc, *Nové uplatnění lepidel v elektronice: Materiály pro elektroniku a elektrotechniku*. Ostrava: Tanger, 1999.

[4] M. Hirman a F. Steiner, „Optimization of solder paste quantity considering the properties of solder joints", *Solder. Surf. Mt. Technol.*, roč. 29, č. 1, 2017.