

OPTIMALIZATION OF LEAD-FREE SOLDERING PROCESS

Michal Nicák

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT
E-mail: xnicak00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Ivan Szendiuch

E-mail: szend@feec.vutbr.cz

ABSTRACT

The aim of this project is to summarize list of elements and parameters involved in lead-free soldering process. Project consists of three parts. The first part is about Pb-free soldering theory, especially about ways helping to achieve the best possible quality of solder joints by design of soldering-pads geometry. Project continues in the second part, which is about practical verification of gathered theory by performing laboratory tests on Al_2O_3 substrates using surface-mount devices. Samples are designed in four different sizes, and they are soldered on testing pads with various geometry. The last part is about evaluation of practical tests and about compilation of recommendations for better design of soldering pads in lead-free process.

1. ÚVOD

Bezolovnaté pájení je aktuální průmyslová problematika, neboť ekologicky zaměřená legislativa Evropské Unie od 1.7.2006 vylučuje použití kovů s negativním dopadem na lidské zdraví. Mezi takové kovy patří i olovo, které bylo po dlouhá léta běžně používáno jako hlavní součást nejrozšířenějších pájecích slitin. Nové rozhodnutí EU má za následek nemálo problémů, které provázejí zavádění i průběh bezolovnatého pájecího procesu ve výrobním procesu. Praktických poznatků je v současnosti velmi málo, dlouhodobé rozbory bezolovnatého procesu a s nimi i praktické zkušenosti nejsou k dispozici vůbec.

Cílem projektu bylo shromáždění a vyřídění dostupných informací o faktorech, které proces i výsledky bezolovnatého pájení nejvíce ovlivňují. Ze získaných informací byl sestaven souhrn nejdůležitějších parametrů do přehledné formy. Mezi parametry, které nás v projektu nejvíce zajímají, patří velikost a tvar pájecích plošek pro SMT součástky.

2. ROZBOR

2.1. TEORIE

Bezolovnatý pájecí proces je ovlivňován v celém průběhu velkým množstvím nejrůznějších parametrů. Výchozím parametrem je již samotné určení finálního výrobku a jeho celkové provedení. Součástí globálního designu je pak také úvaha týkající se způsobu výroby, v případě elektroniky tedy zejména způsob pájení. Zaměříme se zejména na pájení přetave-

ním, označované v anglické literatuře „reflow“. Do hry zde vstupuje hned několik možných variant jako IR pájení, konvekční pájení, pájení v parách, nebo další.

S určeným pájecím postupem se dostáváme k materiálovým hlediskům. Výběr součástek a všechny jejich parametry se pojí s designem a provedením nosného substrátu a samozřejmě i s výběrem použitých pájecích materiálů.

U součástek nás zajímají parametry jako typ pouzdra, materiál, typ a počet vývodů, teplotní odolnost a podobně. Parametry substrátů lze rozdělit na materiál samotného substrátu a s ním spjatý typ vodivých cest, ale také nás zajímá výsledná topologie obvodů (layout), tvary pájecích plošek a také povrchové vlastnosti a úpravy. Vliv povrchových úprav má nezanedbatelný vliv na výsledky celého pájecího procesu. Velký vliv mají také samotné pájecí materiály – pájecí slitiny a tavidla. Zde nás zajímají hlavně složení slitiny, tepelné vlastnosti, konzistence a velikost částic, typ a tepelné, smáčecí a očistné vlastnosti tavidel. Všechny tyto parametry je vždy nutné provázaně uvažovat již při tvorbě prvotního návrhu výrobku.

Se samotným procesem je potom spjato množství procesních parametrů, které se projevují postupně, tak jak výrobek prochází jednotlivými výrobními bloky. Zaměříme se na pájení přetavením. Připravené substráty jsou nejdříve opatřeny pájecí pastou. Již zde, na počátku procesu, se objevuje několik důležitých faktorů, které mohou výrazně ovlivnit výsledek. Patří mezi ně způsob nanesení pájecí pasty - velikost, tvar a tloušťka apertur při použití sítotisku či šablony, nebo parametry dávkovacího nanášení. Na substráty jsou následně osazovány jednotlivé součástky a i zde se najde několik parametrů hodných zájmu. Jde např. o přesnost osazení nebo způsob manipulace se součástkou. Po osazení a potřebných transportech substrátu se dostáváme k pájení samotnému. Zde je celá řada dalších vlivů a parametrů. Jmenujme například povahu a typ atmosféry (vzduch, dusík, vodík apod.), dobu působení tepla na výrobek, tvar pájecího teplotně-časového profilu, gradienty, teploty tavení pájecích slitin, teploty aktivace tavidel, teplotní maxima, prodlevy nad teplotou liquidu a v neposlední řadě i závěrečné chlazení...

Při přetavení samozřejmě také dochází k velmi důležitým jevům, které je navíc možné do jisté míry nepřímo ovlivňovat nastavením a přípravou celého procesu. Jsou to například difúze pájky, rychlost, síla a úhel smáčení slitiny, její přilnavost, tvorba intermetalických sloučenin ve spojích, formování tvaru spojů, oxidační a redukční chemické reakce, vznik bublin (voids), prasklin apod.

K závěrečným procesům potom patří čištění, kdy může být osazený a zapájený substrát vystaven mechanickým či chemickým vlivům, což se opět může negativně projevit na výsledném výrobku.

Důležitou fází je i testování výrobku, jednak průběžné, které pomáhá odhalovat vadné výrobky a chyby výroby již v průběhu procesu a také testování závěrečné, které prověřuje funkčnost a ideálně i kvalitu provedení. Může být provedeno kontrolní nedestruktivní cestou, nebo v případě zkoumání vybraných výrobků, nebo při výzkumu i destruktivní.

2.2. EXPERIMENT

Hlavní náplní experimentální části projektu je ověření vlivu tvaru a velikosti pájecích plošek na výslednou kvalitu zapájených spojů. Experiment je v současnosti ve stádiu přípravy testovacích substrátů. Jedná se o Al₂O₃ keramické desky velikosti 1 x 2 palce. Na tyto desky budou zapájeny pasivní součástky velikostí 1812 (4,5 x 3,2 mm), 1206 (3,2 x 1,6 mm), 0805 (2,0 x 1,2 mm) a 0402 (1 x 0,5 mm). Jednotlivé dvojice plošek pro každý typ součás-

tek pak má rozměry 120 %, 100 %, 80 % standardní velikosti a vždy jedna dvojice odpovídá formátu z katalogu firmy Panasonic. Plošky jsou propojeny vodivými cestami tak, aby bylo možné později provést i elektrické ověření.

V současnosti jsou ve výrobě síta a šablony pro tisk vodivých cest a pájecí pasty. Návrh plošek a vodivých cest je patrný z negativu na Obrázku.1 - skutečný rozměr substrátu je 25,4 mm x 50,8 mm.



Obrázek 1: Negativ pro vodivé cesty.

3. ZÁVĚR

Po osazení a zapájení se je počítáno s testy optickými, testem zrychleného stárnutí, otestováním mechanické odolnosti spojů a zjišťování změn ve struktuře spojů s pomocí výbrusů a následného mikroskopického zvětšení. Výsledky získané při testování pak budou shrnuty k dalšímu využití a budou učiněna účelná doporučení k návrhu pájecích plošek pro bezolovnaté pájení.

LITERATURA

- [1] NoNE lead-free soldering guideline Version 2, Nordic Innovation Centre. Dostupné z http://www.ittf.no/prosjekter/none/site/guideline_v2/NoNE_Guideline_v2.pdf
- [2] Lasky, R. Jensen, T. An Overview of a Successful Pb-Free Implementation, Indium Corporation of America. Dostupné z <http://www.indium.com/pbfree/documents/techpapers/Overview.pdf>
- [3] Starý, J., Szendiuch, I. Some New Results from Investigation of Lead-free Solders Application, VUT Brno, Ústav mikroelektroniky Údolní 53