

PETERS: Efektivní řízení tepla na deskách plošných spojů

Paolo Serafino
Serigroup s. r. l.
Johannes Tekath
Dr. Manfred Suppa
Lackwerke Peters GmbH & Co KG

Množství elektrických komponentů na deskách plošných spojů neustále roste. Stále složitější obvody musí být umístěny na stále menší plochy. Tento vývoj, společně s použitím vysoce výkonných součástek, které způsobují vysokou

s druhým principem termodynamiky vždy proudí z horkého prvku na studený. Schopnost vedení tepla – tzv. teplotní vodivost – je specifickou charakteristikou některých materiálů. Nejlepší teplotní vodivost mají kovy, dále anorganické pevné látky. Dalšími v řadě jsou organické pevné látky a kapaliny, nejhůře jsou na tom plyny.

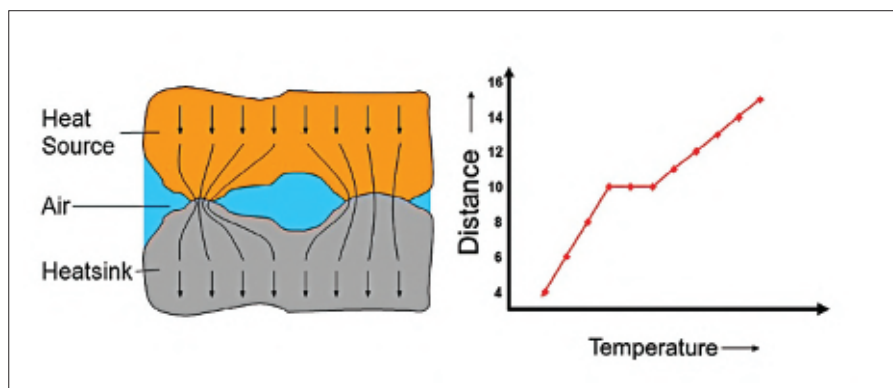
Příklady tepelné vodivosti různých materiálů: plech, hliník, měď 64, 200, 400 W/mK; vzduch cca 0,02–0,03 W/mK; polymer cca 0,2–0,4 W/mK.

kou jako tepelný odpor, ale zahrnují také rozhraní a jeho odolnost proti přechodu tepla. Zajímavými vstupními hodnotami dále jsou: způsob kontaktu mezi zdrojem tepla a chladičem, kontaktní tlak a povrch materiálu tepelného rozhraní (Thermal Interface Material – TIM). Důležitým aspektem je také uspořádání vrstev a možnost teplotního přenosu mezi dvěma tělesy. Jedna tyč o délce 10 cm má tedy lepší tepelnou vodivost než dvě tyče stejného materiálu a průměru o délce 5 cm, které jsou mechanicky spojeny. V termodynamice se počítá s tzv. koeficientem přenosu tepla nebo v tomto případě odporu přenosu tepla. To je vysvětleno drsností pevných povrchů každého tělesa, kdy je v případě přímého kontaktu „skutečná“ kontaktní oblast snížena mikroskopickými „vzduchovými inkluzemi“ tak, že teplo může protékat pouze touto redukovanou plochou.

Teplovodivé pasty v aplikacích s použitím IMS materiálů

V typické aplikaci IMS se teplo ze součástky, např. LED diody s vysokým výkonem, přenáší do hliníkové vrstvy DPS, kde se rozptýlí. Mohlo by však být nezbytné nebo výhodné připojit další chladič prvek.

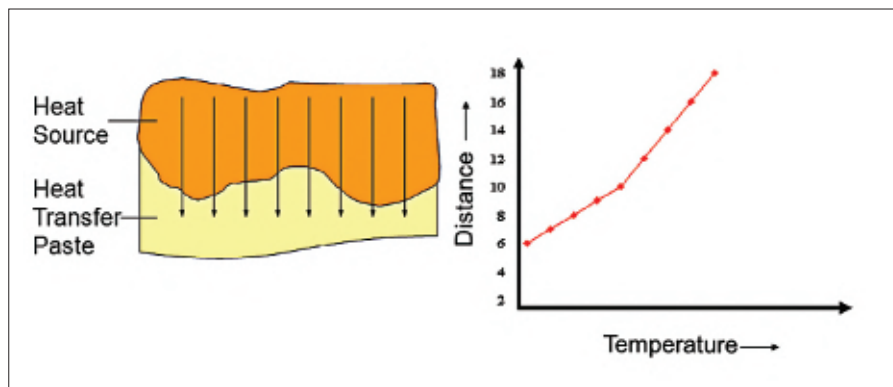
Co je vlastně tepelným rozhraním a jaké materiály se používají? TIM zahrnuje všechny materiály tepelného rozhraní, jako jsou pasty, maziva, lepidla a fólie. Tepelný odpor hliníku a TIM je známý, resp. lze jej změřit. Tepelný odpor všech rozhraní by měl být studován velmi podrobně, např. při použití tepelně vodivých fólií. Čím vyšší je kontaktní tlak, tím lepší je propojení mezi vrstvami a tím nižší teplotní odpor. V závislosti na drsnosti povrchu fólie a částečně také na modulu pružnosti bude výsledek více či méně relevantní. V případě použití tekutých rozhraní je tepelný odpor prakticky nulový.



Obr. 1
Klasický přenos tepla

ztrátu energie v podobě tepla, vyžadují jeho odvod od zdroje do okolí. Vedení tepla je přenosem energie vznikající jako důsledek atomové a molekulární interakce. Je způsobeno nerovnoměrným rozložením teploty a v souladu

úměrně k rostoucí tepelné vodivosti a kontaktní ploše klesá tepelný odpor tělesa. Ten definuje specifický odpor a je charakteristický pro daný materiál. Tepelná impedance nebo odpor tepelné impedance jsou podobnou charakteristi-



Obr. 2
Přenos tepla s použitím sítotiskové pasty TIM

Tepelně vodivé mazivo

Tepelně vodivá maziva zlepšují účinnost chladiče, ale podléhají určitému druhu „efektu vyčerpání“, který se týká změny teploty. Takový účinek způsobuje přesunutí maziva od původní požadované polohy, což dlouhodobě snižuje jeho účinnost. Navíc z důvodu nečistot není příliš preferováno operátory. Obvykle je úroveň nákladů poměrně nízká.

Tepelné podložky

Tepelné podložky jsou předem vytvořené čtverečky nebo obdélníky, které jsou řezané na míru. Jsou vyrobeny z pevného materiálu, který má stejnou funkci jako tepelné mazivo a může být elektrickým izolantem či nikoliv, a mohou být lepeny nebo ne. Jako alternativa k termickému mazivu jsou čistší, nevzniká žádný „efekt vyčerpání“ a obecně se snadněji instalují. Vedou však teplo méně účinně než minimální množství maziva, protože jejich typické tloušťky jsou vyšší než 120 μm , ale nejčastěji až 200 μm nebo více. Obvykle je úroveň nákladů mnohem vyšší a je hlavně ovlivněna rozměry a tvary dílů.

Sítotiskové teplovodivé pasty odolné pájce (TIP)

Novým technicky pokrokovým řešením je použít jako TIM pastu, která je elektricky izolující a odolná procesu pájení. Takový produkt byl vyvinut ve spolupráci mezi německou společností Lackwerke Peters GmbH + Co KG (výrobce vysoce kvalitních povlaků pro elektroniku) a Serigroup s.r.l. (výrobce desek plošných spojů pro výkonovou elektroniku).

Aplikace a vytvrzení provádí výrobce DPS sítotiskem před pájením. Tímto způsobem obdrží koneční uživatelé plošný spoj s již nanášenou pastou. Typická tloušťka po nanášení a vytvrzení je mezi 50 a 70 μm . Vzhledem k tomu, že při použití teplovodivé pasty nedochází k efektu vyčerpání, termomechanické oddělovací vlastnosti jsou zajištěny i při trvalých tepelných cyklech.

Konečné celkové náklady se ve velké míře sníží oproti používání tepelných podložek z následujících důvodů:

- 100% materiálový výnos díky procesu selektivního sítotisku;
- žádné předběžné náklady;

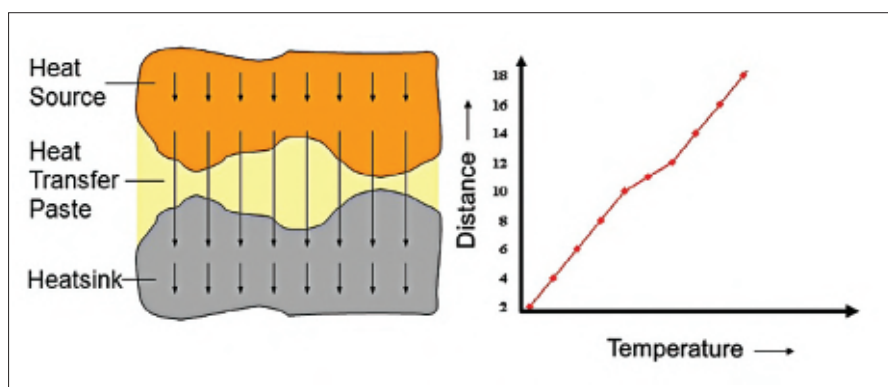
- snížení výrobních kroků při montáži, pouze pájení a následné mechanické upevnění.

Použití teplovodivých past u oboustranných DPS

V technologii plošných spojů jsou zdroje tepla a chladiče často umístěny na opačných stranách DPS. Materiály plošných spojů mají relativně nízkou tepelnou vodivost v rozmezí cca 0,3–0,5 W/mK. Proložení materiálu s dobrou tepelnou vodivostí – obvykle kovy – se dosáhne zlepšení odvodu tepla. Další metodou je propojení zdrojů tepla s chladičem pomocí tzv. tepelných průchodek. Ty se skládají z řady tzv. „teplných vias“

mezi ním a bondovacím filmem, mezi bondovacím filmem a DPS, jakož i mezi bondovacím filmem a teplotními vias. V konečném důsledku tedy není bondovací film potřebný. Jednoduchá náhrada kovové fólie za tištěný chladič je ale nemožná bez teplotní analýzy. Vzhledem k procesu tisku se pastou zaplní i prokovené otvory, čímž se zvětší kontaktní plocha a je snížen tepelný odpor. Přibližná kalkulace zní: rozšíření plochy o 50 % při 75% vyplnění heat vias. Tato hodnota se může mírně lišit v závislosti na uspořádání plošných spojů a měla by být považována pouze za referenční hodnotu.

Cílem dalšího zkoumání je optimální připojení zdroje tepla – tj. s nejmenšími odpory pro přenos tepla. Nejlepšího te-



Obr. 3

Přenos tepla s použitím kombinace sítotiskové pasty TIP a chladiče HSP

mezi dvěma kontaktními oblastmi, kde zdroj tepla a chladič musí být propojeny v místech s nejnižším odporem přenosu tepla. Vyšší počet pokovených otvorů snižuje tepelný odpor. Obvyklé připevnění kovových chladičů k tepelnému spoji se provádí např. bondováním. Požadovaný přenos tepla z chladiče přes pokovené otvory přichází z opačné strany tzv. heat vias, je omezen bondovacím filmem mezi chladičem na zadní straně a pokovením na straně opačné, snížen je i odpor mezi deskou s plošnými spoji, bondovacím filmem a chladičem.

Chladič, který můžete natisknout

Funkce tištěného chladiče obecně odpovídá funkci chladiče z kovové fólie. Jak je znázorněno na obrázku 4, chladič dovoluje přenos teplotního odporu

plného propojení lze dosáhnout např. pájením; může být použito i pojivové činidlo nebo částečné zalévání s odlévací sloučeninou s dobrými tepelně vodivými vlastnostmi. Celý systém – zdroj tepla, propojení, chladič – lze považovat za sériové spojení odporů, kde se největší odpor pak stává limitním parametrem pro tok tepla.

Kombinace tištěných chladičů a tištěných materiálů tepelného rozhraní

U některých specifických umístění osazených sestav, jako např. u pouličního LED osvětlení, v nichž jsou plošné spoje pod vysokým napětím, může být vhodné použít dvojí izolační vrstvu. Tuto situaci lze vyřešit kombinovanou aplikací tištěného chladiče a sítotiskové teplovodivé pasty jako horní vrstvy. Tvrdost chladi-

če bude efektivně podporovat aplikace pasty jako tepelného rozhraní. Za tímto účelem se používá chladičová pasta pro plnění teplotních vias pro rozptřeni tepla. Optimální spojení s chladičem je zajištěno právě tepelným rozhraním TIP (*obr. 4*).

Sítotisková tepelně vodivá pasta (TIP)

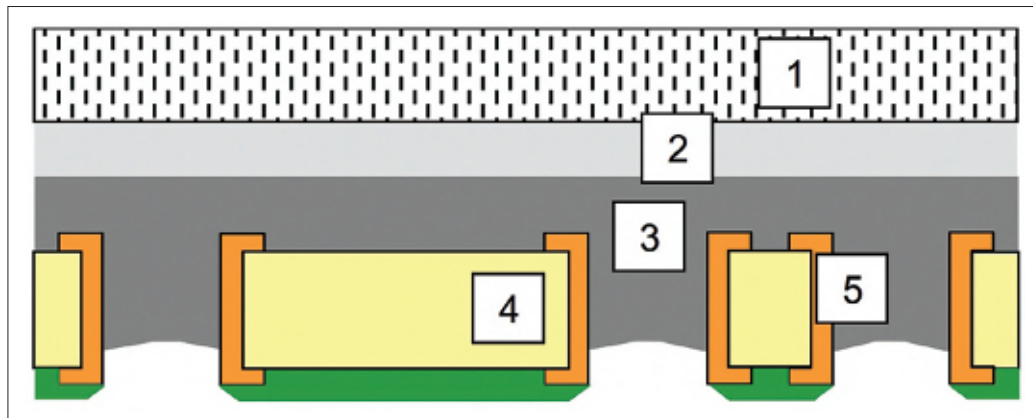
Ve srovnání s jinými použitými materiály, jako jsou maziva, fólie a lepidla, má sítotisková, tepelně vodivá pasta řadu výhod. Tento polymer je naplněn speciálními jemně rozptřenými pevnými částicemi. Je k dispozici jako jednosložkový systém, neobsahuje rozpouštědla a nanáší se přes šablonu nebo síto a může být vytvrzena v běžných pecích, konvekčních pecích nebo IR sušičkách.

Tloušťka pasty se mění podle požadavků. Může být aplikována přímo na kovové povrchy, tj. bez izolačního filmu,

protože jde o elektrický izolátor. Co se týče jeho elektrických vlastností, jsou shodná s izolačním povlakem.

Použití sítotiskových tepelně vodivých past a chladičů je unikátním řešením

má žádnou elektrickou vodivost, znamená to, že jeho nespornou výhodou je i funkční bezpečnost. Závady způsobené zkratem tedy nejsou možné. Kromě vynikající přilnavosti poskytují také úspo-



Obr. 4

1 – chladič prvek; 2 – TIP (teplotně vodivá pasta); 3 – tištěný chladič; 4 – jádro DPS; 5 – teplotní via

problematiky odvodu tepla pro aplikace, kde se používání kovových fólií ekonomicky nevyplatí, případně nelze je použít z hlediska samotného návrhu DPS. Vzhledem k tomu, že tištěný chladič ne-

ru hmotnosti ve srovnání s klasickým kovovým tělesem. Zjednodušený proces tisku tak umožňuje vysokou flexibilitu z hlediska tvaru a uspořádání.

www.interconti.cz





- základní materiály FR4
- flexibilní materiály, IMS
- vrtáky, frézy, drážkovací a řezné kotouče
- světlocitlivé materiály, fólie
- chemikálie pro výrobu plošných spojů
- chemikálie povrchových úprav plošných spojů
- pájky

- čističidla pro SMD-výrobu
- ochranné a krycí laky
- zalévací hmoty a tmely
- speciální lepidla
- software CAD
- nové i použité stroje
- měřicí přístroje a přípravky

INTERCONTI Ing. Tomáš Bravený s.r.o., Ulrychova 54, 624 00 Brno, +420 541 222 637, +420 739 237 833, interconti@interconti.cz, www.interconti.cz









