

CONDUCTIVE NET DESIGNING FOR THICK FILM CIRCUITS

Jindřich Strejček

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT
E-mail: xstrej00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jaroslav Jankovský

E-mail: j.jankovsky@seznam.cz

ABSTRACT

Project is intent on determination the appropriate methods for conductive net designing for thick film circuits. Describes an intelligent current source with voltage measurement function and its control. Contains a description of testing to test the test structure and processing of its results. From the evidence in trial testing was formed a new test structure, which is subsequently used in the Bachelor Thesis design work for the establishment of rules current conductors for power applications thick film circuits.

1. ÚVOD

Hlavní výhody technologie tlusté vrstvy spočívají v tom, že se nejedná o vakuový proces, tudíž není tak nákladný a složitý jako vakuové výrobní procesy. Tlustovrstvé hybridní obvody mají velkou mechanickou odolnost a malou tepelnou roztažnost díky používaným keramickým substrátům, nejčastěji korundovou keramikou. Proto jsou používány pro náročné aplikace. Pro návrh hybridních tlustovrstvých obvodů existuje celá řada pravidel, která určují výslednou topologii hybridního integrovaného obvodu, a jsou to předpisy pro rozmístění jednotlivých prvků na daném substrátu, dodržení jednotlivých izolačních mezer, velikosti plošek pro umístění SMD součástek nebo samostatných polovodičových čipů a plošek pro jejich kontaktování. Problém však nastává, pokud bychom měli navrhnout hybridní integrovaný obvod pro výkonovou aplikaci, kde v některých částech obvodu mohou téct velké proudy. Pro návrh proudových vodičů tlustovrstvých obvodů není zcela jasně definováno pravidlo jak tyto vodiče dimenzovat z hlediska jejich geometrických rozměrů v závislosti na jejich proudové zatížitelnosti.

2. ROZBOR

2.1. MĚŘÍCÍ ZAŘÍZENÍ

Pro testování zatížitelnosti proudových vodičů tlustovrstvých obvodů, byl zvolen inteligentní zdroj proudu s měřením napětí série SCSM od společnosti CEDO, spol. s r. o. Jedná se o programovatelný inteligentní zdroj proudu pro přesná měření odporu. Na proudovém výstupu lze nastavit proud v rozsahu 0 až 10A a to jak stejnosměrný, tak střídavý průběh. Zařízení je připojeno k PC pomocí rozhraní USB. Zdroj obsahuje

samostatný kanál pro měření napětí nebo teploty. Naměřená data jsou ukládána do souboru na PC, z kterého je zařízení ovládáno pomocí grafického uživatelského rozhraní založeného na LabView. K tomuto ovládacímu prostředí byl v projektu zpracován návod. Připojení měřeného vzorku je založeno na principu čtyřvodičové metody.

Čtyřvodičová (Kelvinova) metoda je určena pro měření velmi malých odporů, u kterých by při dvouvodičovém měření vznikala značná chyba způsobená odporem přírodních vodičů. Na měřený vzorek přivádíme dvěma vodiči proud a dvěma připojenými přímo k měřenému vzorku měříme napětí, které na něm vzniklo průchodem proudu. A tímto je vyloučen odpor přírodních vodičů. V ideálním případě by byl voltmetr připojen v těsné blízkosti měřeného vzorku, ale ve skutečnosti je zapotřebí určité délky vodičů k připojení voltmetru. Na tomto připojení nevzniká chyba způsobená úbytkem napětí na vodiči způsobeným průchodem proudu, neboť voltmetr má velký vstupní odpor a tudíž přes něj neprochází skoro žádný proud, který by způsoboval úbytek napětí a zatěžoval měření chybou.

2.2. MĚŘENÍ NA ZKUŠEBNÍ TESTOVACÍ STRUKTUŘE

Zkušební měření bylo provedeno za účelem seznámení se s měřicím zařízením, stanovením vhodné měřicí metody a návrhu testovací struktury. Zkušební testovací struktura byla převzata z práce, kde sloužila pro analýzu vlivu pouzdření na izolační vlastnosti, a motiv který byl použit pro zkušební měření, zde byl natisknut jako druhotný. Samotný testovaný vodič měl šířku $w = 0,8$ mm a délku $l = 17,1$ mm. Vodivý motiv byl stříbrnou pastou ESL-9912-K a stříbro-paladiovou pastou TT9210.

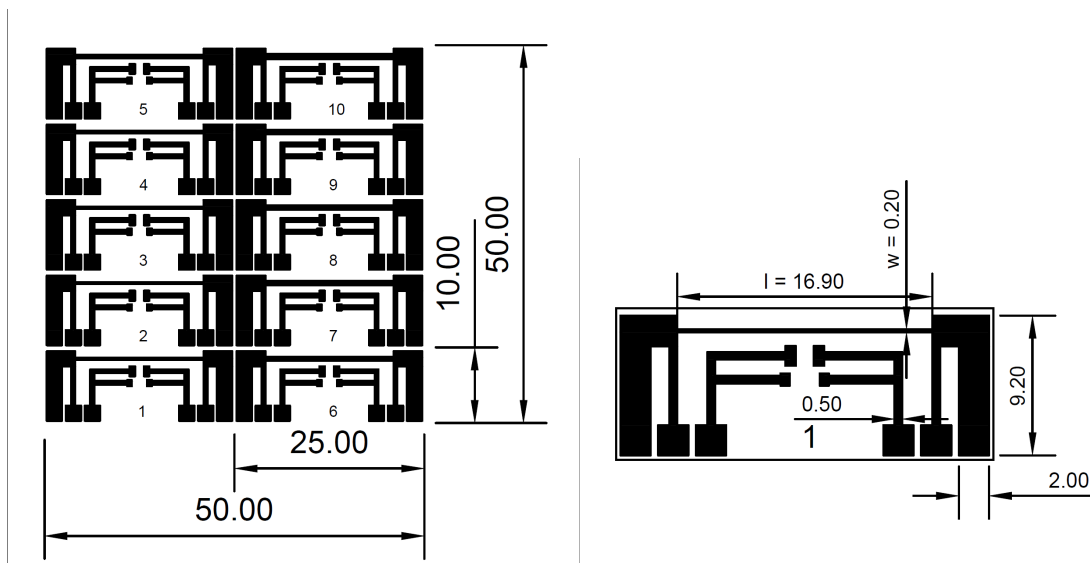
Při samotném měření nastalo několik situací, které nebyly předpokládány. Testovací struktura se do obvodu připojovala pomocí krokosvorek, které byly upevněny na hřebínkové vývody připájené na vodivých ploškách pájkou Sn63Pb37. Při postupném navyšování proudu procházejícího testovaným vodičem došlo k pozvolnému roztavení pájky a následnému pohlčení pájecí plošky roztavenou pájkou. Tento jev se nazývá leaching a dochází při něm k rozpouštění základního kovu pájecích plošek a pokovení v roztavené pájce při procesu pájení. Při nadměrném leachingu může dojít k úplnému odplavení pájecích plošek a přerušení obvodu. V našem případě došlo k roztavení pájky vlivem tepla způsobeného průchodem proudu testovaným vodičem a vzhledem k tomu že keramický substrát je dobrým tepelným vodičem došlo k jeho rozvedení po celé ploše testovací struktury včetně pájecích plošek. Nedošlo však k přerušení testovaného vodiče, což bylo záměrem, pravděpodobně vzhledem k jeho šířce a tím i velké zatížitelnosti došlo dříve k roztavení pájky a přerušení obvodu vlivem leachingu při hodnotě proudu 6,93 A. Pro některé další měření byly hřebínkové vývody přilepeny pomocí vodivého lepidla EPO-TEK[®] H31D. Při tomto měření se podařilo testovaný vodič pouze rozžhavit do červena. Největším problémem u vzorků připojených pomocí lepidla byla pravděpodobně degradační teplota lepidla 350°C, po jejíž překročení došlo k destrukci spoje a rozpadu lepidla.

2.3. NÁVRH TESTOVACÍ STRUKTURY

Testovací struktura byla navržena s ohledem na poznatky zjištěné během měření na zkušební testovací struktuře. Hlavním požadavkem bylo zvolit parametry testovaného vodiče tak, aby jej bylo možné testovat vybraným zařízením. Šířka vodiče na zkušební testovací struktuře byla $w = 0,80$ mm a s parametry měřicího zařízení nešlo zjistit mezní hodnoty jeho zatížení. Na výchozí rozměr 50*50 mm substrátu z korundové keramiky bylo

navrženo 10 jednotlivých testovacích obvodů. Navržený obvod má rozměr 10*25 mm. Jednotlivé obvody se od sebe liší šířkou testovaného vodiče, která je od 200 do 650 μm a zvyšuje se po 50 μm . Délka testovaného vodiče je pro všechny obvody shodná, její hodnota je $l = 16,90$ mm.

Návrh testovací struktury vychází z principu čtyřvodičové metody. Proudové vodiče jsou navrženy s šířkou cesty 2 mm a napěťové vodiče s šířkou cesty 0,5 mm. Uprostřed navržené testovací struktury jsou umístěny pájecí plošky pro tenkovrstvý platinový SMD rezistor, pomocí změny jeho odporu v závislosti na teplotě budeme schopni měřit teplotu. Dále zde jsou také umístěny plošky pro případný dotisk tenkého platinového pásku, který by sloužil ke stejnému účelu jako SMD součástka. Hodnoty teploty, které by byly naměřeny, by se mohli zohlednit při výsledném vyhodnocování zatížitelnosti vodičů. Na Obr. 2.1 je zobrazeno rozložení jednotlivých testovacích struktur s různými šířkami vodičů a detail testovací struktury.



Obr. 2.1: Na obrázku vlevo je zobrazeno rozložení jednotlivých testovacích obvodů (v měřítku 1:1), vpravo je zobrazen detail testovací struktury (v měřítku 2:1).

3. ZÁVĚR

Dále bude provedena výroba navržených struktur za předpokladu dodržení předepsané tloušťky výrobcem vodivé pasty. Následně bude provedeno samotné testování vodičů a vyhodnocení jeho výsledků. Z těchto výsledků měření by měli být vyvozeny návrhová pravidla pro proudové vodiče tlustovrstvých obvodů. Dále bude provedeno testování měděných vodičů na DPS pro srovnání těchto dvou koncepcí vytváření obvodů.

LITERATURA

- [1] Prezentace společnosti CEDO, spol. s r. o. [cit. 3. 11. 2009]. Dostupné na [www: http://www.cedo.eu/cz/wp-content/uploads/2009/05/merit_website.pdf](http://www.cedo.eu/cz/wp-content/uploads/2009/05/merit_website.pdf)
- [2] NING-CHENG, Lee., *Reflow soldering processes and troubleshooting: SMT, BGA, CSP, and flip chip Technologies*. 1st edition. [s.l.] : [s.n.], 2002. 270 s. ISBN 0-7506-7218-8.