

NON-LINEARITY AND RESISTANCE CHANGES INDUCED BY CURRENT STRESS IN THICK FILM RESISTORS

David PRÁŠEK, Bachelor Degree Programme (1)

Dept. of Physics, FEEC, BUT

E-mail: xprase03@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Ing. Vlasta Sedláková

ABSTRACT

The object of this work is measure the non-linearity and stability of laser trimmed thick film resistors, and analyze the change of these quantities after current pulse stressing. We have found out, that resistors with high initial value of third harmonic voltage (THV) show higher change of THV after current pulse stressing. THV relative change after current pulse stressing is an order of magnitude higher than the resistance relative change. Third harmonic voltage measurements before and after the current pulse stressing can be used for on-line testing of thick-film resistors.

1 ÚVOD

U rezistorů se předpokládá lineární závislost volt-ampérové charakteristiky. Tlustovrstvové rezistory vykazují měřitelnou odchylku od této lineární závislosti. Hlavním zdrojem nelinearity jsou přechody mezi vodivými zrny v pastě, poruchy a trhliny v odporové vrstvě a na rozhraní rezistor-kontakt. Výrazným zdrojem nelinearity je trimování rezistorů na nominální hodnotu. Trimování laserovým svazkem spočívá v lokálním odpaření odporové vrstvy. V důsledku vysoké teploty a teplotního gradientu vznikají trhliny v substrátu i odporové vrstvě. Vznikají místa, v nichž je odporová vrstva zúžená. V těchto místech dochází k lokálnímu zvýšení proudové hustoty.

Je známo, že nelinearita rezistorů je úměrná třetí mocnině proudové hustoty, a proto dojde-li k lokálnímu nárůstu proudové hustoty v místě defektu nebo rozhraní kontakt-odporová vrstva, celková hodnota nelinearity výrazně vzroste [1]. Nelinearita je obecně úměrná zkreslení přiloženého harmonického signálu. Mírou zkreslení je amplituda třetí harmonické složky. Využití nelinearity jako indikátoru kvality a spolehlivosti pasivních součástek popisuje například Fagerholt a Ewell [2]. Základní otázkou zůstává, zda prvky vykazující vyšší hodnotu nelinearity budou mít nižší spolehlivost.

Navržená metoda testování spolehlivosti tlustovrstvových rezistorů je založena na experimentálním sledování změny nelinearity rezistoru vyvolané působením krátkých proudových pulsů. Měřený rezistor je připojen ke kondenzátoru nabitému na vhodně zvolené testovací napětí. Po připojení ke kondenzátoru vznikne v rezistoru proudový puls určený

vybíjecím proudem kondenzátoru. Parametry pulsu musí být zvoleny tak, aby nedošlo k degradaci měřené struktury a tím významnému zkrácení životnosti součástky.

2 POPIS EXPERIMENTU

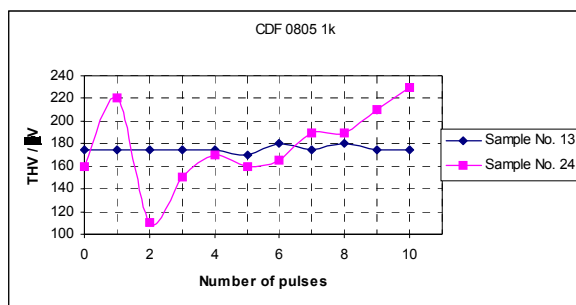
Pro naše měření jsme si vybrali komerčně vyráběné zapouzdřené trimované odpory vyrobené tlustovrstvovou technologií, výrobce MICROTTECH GmbH Electronic, Německo. Jedná se o odpory série CDF o velikosti 0805 (2,0 x 1,2mm) a odporu 1 k Ω a 10 k Ω . Při měření vycházíme z toho, že na zkoumaný odpor aplikujeme krátké napěťové pulsy, ($\tau = 5$ ms), jejichž proudová hustota dosahuje až 100násobku nominální proudové hustoty. Proudové pulsy jsou určeny vybíjecím proudem kondenzátoru o kapacitě $C = 1 \mu\text{F}$ nabitého na testovací napětí ($U = 380$ V pro rezistory 10 k Ω a $U = 150$ V pro rezistory 1 k Ω).

Při průchodu takto velkého pulsu dochází ve struktuře rezistoru k významnému nárůstu proudové hustoty, který se projeví zvláště v místech defektů a na rozhraní kontakt-odporová vrstva. V těchto místech může přitom dojít k degradaci struktury, která se projeví změnou odporu a nelinearity součástky. Na vzorky jsme aplikovali pulsy, přičemž jsme měřili odpor a nelinearitu po každém pulsu.

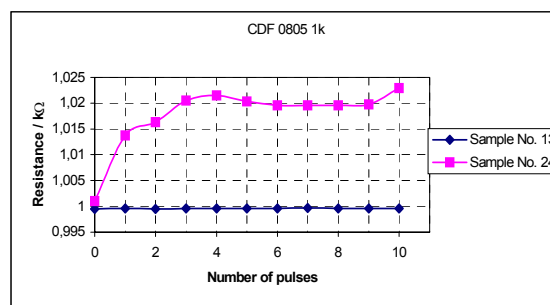
Na měření nelinearity odporů jsme použili přístroj RADIOMETER COPENHAGEN, typ CLT1. Na měřený rezistor je přiloženo harmonické napětí o frekvenci 10 kHz, snímáme velikost napětí o frekvenci 30 kHz.

3 VÝSLEDKY MĚŘENÍ

Z výsledků měření vyplývá, že napětí třetí harmonické (THV) je závislé na počtu pulsů aplikovaných na vzorek (viz. obr.1.) Na obr. 2. je závislost odporu vzorku na počtu pulsů. Z obou obrázků je zřejmé, že u dobrého rezistoru (vzorek č. 13) nedojde ani po 10 pulsech ke změně nelinearity a odporu, zatímco u vzorku č. 24 dochází k výrazné změně THV i odporu už po 1. pulsu. Hodnota THV vzorku č. 24 v závislosti na počtu pulsů jak roste tak klesá vzhledem k původní hodnotě. Po druhém pulsu dojde k výraznému snížení THV pod původní hodnotu. Tato změna není spojena se zlepšením parametrů měřeného rezistoru, jak je zřejmé z obrázku 2. Odpor měřeného vzorku s počtem pulsů roste. Pokud dochází po aplikaci pulsu ke změně THV jedná se o nestabilní prvek, u něhož předpokládáme s vysokou pravděpodobností nižší životnost.



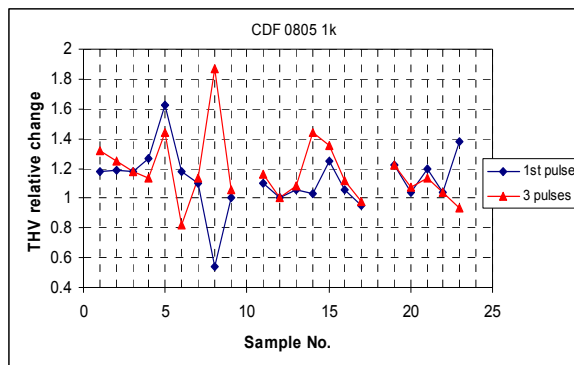
Obr. 1: Závislost THV na počtu pulsů pro dobrý (č.13) a špatný (č. 24) vzorek



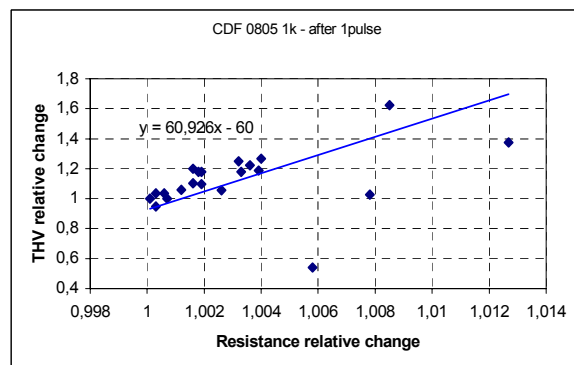
Obr. 2: Závislost odporu na počtu pulsů pro dobrý (č.13) a špatný (č. 24) vzorek

Na obrázku 3. je relativní změna THV po prvním pulsu a po třech pulsech.

Z experimentů vyplývá, že k největší změně THV i odporu dojde již po jednom pulsu. Dobrou představu o spolehlivosti součástky tedy přinese měření parametrů před a po jednom pulsu.



Obr. 3: Relativní změna THV po prvním pulsu a po třech pulsech



Obr. 4: Relativní změna THV v závislosti na relativní změně odporu, po prvním pulsu

Na obrázku 4. je relativní změna THV v závislosti na relativní změně odporu, měřená po prvním pulsu. Z obrázku je vidět, že relativní změna nelinearity je 60krát větší než relativní změna odporu. Z našich měření vyplývá, že změna nelinearity rezistoru je až o dva řády citlivějším indikátorem strukturálních změn v rezistoru v porovnání se změnou odporu. Měření změny nelinearity namísto změny odporu nám umožní nastavit parametry zkušební pulsu tak, aby docházelo k minimálnímu narušení struktury měřených vzorků.

4 ZÁVĚR

Při průchodu pulsu dochází ve struktuře rezistoru k významnému nárůstu proudové hustoty, který se projeví zvláště v místech defektů a na rozhraní kontakt-odporová vrstva. V těchto místech může přitom dojít k degradaci struktury, která se projeví změnou odporu a nelinearity součástky. Pro dobrou představu o kvalitě součástky stačí aplikovat jeden puls. Pokud dojde po aplikaci pulsu k výrazné změně THV (nárůstu i poklesu), jedná se o nestabilní prvek, u něhož lze předpokládat s vysokou pravděpodobností nižší životnost.

Po průchodu pulsu dochází ke změně odporu i nelinearity rezistoru, přičemž relativní změna THV je až o dva řády větší než relativní změna odporu. Měření změny nelinearity po aplikaci pulsu může sloužit jako citlivý indikátor strukturálních změn v rezistoru. Měření změny nelinearity namísto změny odporu nám umožní nastavit parametry zkušební pulsu tak, aby docházelo k minimálnímu narušení struktury měřených vzorků.

LITERATURA

- [1] Sedláková, V., Melkes, F., Šikula, J., Rocak, D., Belavic, D., Tacano, M.: Effect of Contact Electrode on Noise and Non-linearity of Thick Film Resistors, in Proceedings of 16th European Passive Components Conference CARTS-EUROPE 2002, Port St. Laurent, France, October 14 – 17, France, pp. 171 – 175
- [2] Fägerholt, P.O., Ewell, G.J.: Third harmonic testing: An initial review, in Proceedings of 21st Capacitor and Resistor Technology Symposium CARTS 2001, St. Petersburg, Florida, March 25 – 30, 2001, pp.198-208