

# Oponentní posudek k diplomové práci „Vliv okolního prostředí na tlustovrstvé struktury“

**Student:** Bc. Petr Eichler

**Katedra:** Elektrotechnologie FEL ČVUT

**Vedoucí diplomové práce:** Ing. Ivana Beshajová, Ph.D.

Vývoj nových, náročnějších elektronických systémů klade neustále přísnější nároky na stabilitu a spolehlivost elektronických prvků.

Klimatické podmínky a vliv okolního prostředí hraje zásadní roli při vývoji a zkoumání nových materiálů a výrobních technologií. Konzistence všech sledovaných parametrů v procesu stárnutí je pro spolehlivost elektronických součástí a jejich nasazení v průmyslu klíčová.

Proto jakékoliv nové poznatky v chování materiálů určených pro přípravu pasivních elektronických struktur jsou potřebné pro jejich další rozvoj a zdokonalování. Zejména s ohledem na vývoj nových materiálů a způsobů pro vytváření tlustých vrstev.

Proto považuji zvolené téma diplomové práce za velmi perspektivní. Tato diplomová práce v mnohém navazuje na práci Martina Felty, který tuto problematiku rozpracoval pod vedením Ing. Pelikánové už před časem. Z této práce je čerpána i metodika přípravy vzorků.

## **Teoretická a praktická část:**

Úvodní kapitola rozebírá problematiku tiskových past určených pro tvorbu tlustých vrstev, jejich rozdělení podle účelu použití a složení, jejich elektrické vlastností a způsoby nanášení. Tato kapitola také popisuje druhy substrátů používaných v tlustovrstvé technologii.

Další dvě kapitoly se soustředí na definici provozního prostředí a autor zde také specifikuje jednotlivé činitele znehodnocování materiálů.

Poslední, praktická část diplomové práce je věnována specifikaci použitých tiskových past a topologií testovacích motivů. V této části diplomant dále popisuje tisk tlustých vrstev, jejich výpal, selekci a nakonec měření sledovaných parametrů.

Teoretická část je zpracována podrobně a na odpovídající úrovni.

Větší výhrady mám k samotné realizaci testovaných vzorků. V práci není přesně specifikovaná metodika vytváření tlustých vrstev, takže připravené vzorky by pravděpodobně nebylo možné reprodukovat. Přitom na vzorcích je postavena celá diplomová práce. Předpokládám, že naměřené výsledky budou ovlivněné kvalitou připravených vzorků.

V práci nejsou specifikovány následující parametry:

- konkrétní hustoty použitých síťotiskových tkanin pro jednotlivé pasty [1/cm]
- hodnoty napětí tkaniny [ $\text{Ncm}^{-1}$ ]
- úhel natočení vláken síťotiskové tkaniny
- tvrdost použité tiskové těrky [Sh]
- vzdálenost mezi sítem a substrátem [mm]

V práci dále postrádám měření viskozit jednotlivých past před tiskem a měření tloušťek keramických substrátů a natištěných vrstev. Viskozita udávaná výrobcem se může lišit od reálné hodnoty během tisku.

Všechny uvedené parametry rozhodují o tloušťce vrstvy, její homogenitě a následně i o el. odporu. Autor práce přitom na straně 25 odkazuje na tloušťku natištěných vrstev jako na důležitý parametr. Kvalita šablony a samotného tisku má rozhodující vliv na obrysovou ostrot vodivých a odporových linií a tím i na homogenní průchod el. proudu. Jakékoliv obrysové nehomogenity jsou příčinou lokálního přehřívání vrstvy a tím i její degradace.

V práci také postrádám podrobnější informace o natištěné dielektrické vrstvě a o její parametrech. Pokud docházelo během klimatických testů k adhezním anomáliím mezi dielektrickou a vodivou nebo odporovou vrstvou, je nutné také prověřit vzájemnou kompatibilitu styčných vrstev. Podle technického listu k dielektrické pastě ED8010 je tato doporučována výrobcem pro přetisk vodivých a odporových past Electrador. K přípravě vzorků byly použité tiskové pasty jiné.

V závěru práce bych uvítal autorovo posouzení získaných poznatků s perspektivou pro případné následující práce navazující na tuto problematiku. Jedná se zejména o doporučení, na co se v následujících zkoumáních zaměřit, jak připravit kvalitnější vzorky a jakým způsobem zvýšit odolnost tlustých vrstev vůči degradačním procesům.

## Formální chyby zjištěné v práci:

- str.18 (tab.1) chybná jednotka pevnosti v tahu
- str. 24 (obr.12) zobrazený jev není způsoben tloušťkou vlákna (podle starého značení T a HD)
- str. 24 sítotisk umožňuje tisk linií o šířce 70  $\mu\text{m}$  pouze teoreticky. U viskózních past je to nemožné
- str. 57 nepřesná specifikace hustoty sítotiskových tkanin. Hustota tkaniny je vyjádřena počtem vláken / cm (palec). Jako materiály pro výrobu tkanin se používají v současné době polyesterová, polyamidová a nerezová vlákna.
- sítotisková tkanina není charakterizovaná počtem ok/ $\text{cm}^2$  ale počtem vláken [1/cm], jejich průměrem [ $\mu\text{m}$ ], celkovou tloušťkou [ $\mu\text{m}$ ] a propustnou plochou [%].

## Celkové hodnocení:

Naměřené výsledky jsou zatíženy chybou, způsobenou omezenou kvalitou přípravy měřicích vzorků. Možnosti přípravy vzorků jsou pravděpodobně limitovány technickými možnostmi, které měl diplomant k dispozici. Logické členění práce a využití literatury je velmi dobré. Úroveň jazykového zpracování i celkový dojem z diplomové práce je dobrý.

### Otázky:

- jak se provádělo čištění a selekce substrátů?
- měřila se viskozita tiskových past a tloušťka natištěných vrstev?
- co by diplomant doporučoval pro navazující výzkum tlustých vrstev?

Diplomovou práci Bc. Petra Eichlera na téma „Vliv okolního prostředí na tlustovrstvé struktury“ i s ohledem na zmiňované nedostatky a nepřesnosti doporučuji k obhajobě před zkušební komisí pro státní závěrečné zkoušky.

**Předloženou diplomovou práci hodnotím stupněm C.**

V Praze, dne 6. června 2016

.....  
Ing. Robert Haas

SITASERVIS, spol. s r.o.

haas@sitaservis.cz