

Tento dokument obsahuje popis technologických možností při výrobě potištěných keramických substrátů – PS (Printed Substrates) ve společnosti ELCERAM a.s. Návrh PS by měl vycházet z níže uvedených technologických podmínek a pokud není konstruktér vázán jinými nutnostmi, je vhodné tyto podmínky dodržet.

Použití tlustovrstvé technologie

Technologie tlustých vrstev je alternativou ke klasické technologii výroby desek plošných spojů – DPS a proto při návrhu platí podobná pravidla. Používá se všude tam, kde jsou kladeny vysoké nároky na dlouhou životnost, tepelnou odolnost, mechanickou pevnost, tepelnou vodivost, elektrickou pevnost, malé dielektrické ztráty, atd. Tato technologie také nalézá velké uplatnění všude tam, kde je chemicky agresivní prostředí a kde klasické materiály jako FR4 selhávají. Aplikace této technologie lze nalézt např. v: automobilovém a leteckém průmyslu, lékařském průmyslu, osvětlovací LED technice, výkonové elektrotechnice, hybridní mikroelektronice, mikrovlnné technice, senzorce, elektronických součástkách, atd.

Definice pojmů:

Tlustovrstvá technologie - Jedná se o technologii, u které je sítotiskem nanesen motiv vodivé, odporové či dielektrické vrstvy na keramickou podložku. Tyto vrstvy mají v jednom tisku tloušťku v rozmezí 5 – 20 μm dle typu tisknutého materiálu. Při požadavku na větší tloušťku vrstvy je třeba tisk opakovat. Vrstvy se vypalují zpravidla při teplotách vyšších než 500 °C.

Základní substrát - korundová keramika – Al_2O_3 - Slouží jako chemicky stabilní a do vysokých teplot odolný nosič natištěného motivu. Je vynikajícím elektrickým izolantem a tepelným vodičem. V naší společnosti používáme podle vlastní receptury vyrobenou 96 % korundovou keramiku. Lze však zajistit i jiné keramiky, např. korund 99 %, AlN či ZrO_2 .

Potištěný substrát – Jedná se zpravidla o keramický substrát opatřený vodivými, dielektrickými či odporovými vrstvami. Maximální vnější rozměry substrátu jsou 200 x 200 mm, tloušťka od 0,1 – 1 mm. Substrát může být jednostranný nebo oboustranný – prokovený. Potištěné substráty dále mohou být jednostranné vícevrstvé či oboustranné vícevrstvé.

Sítotisk - Technologický proces, při kterém jsou nanášeny vodivé, odporové či dielektrické pasty pomocí sítotiskové šablony. Šablona je vyrobena z nerezové síťoviny popř. nerezového plechu.

Síto – Jedná se o kovový rámeček se speciální jemnou síťovinou. Pro každou vrstvu je potřeba jedno síto.

Tlustovrstvý rezistor – Rezistor tvořený odporovou pastou. Velikost rezistoru se nastavuje vhodnými geometrickými rozměry motivu.

Trimování rezistorů - Jedná se o přesné nastavení hodnoty tištěného rezistoru. Trimování se provádí pomocí trimovacího laseru a lze jím běžně dosáhnout přesnosti 0,5 % od jmenovité hodnoty odporu rezistoru.

CO₂ laser – Zařízení určené k obrábění vypálených korundových substrátů. S pomocí laseru lze z keramiky vyříznout prakticky jakýkoliv motiv.

Při návrhu potíštěného substrátu zákazník specifikuje:

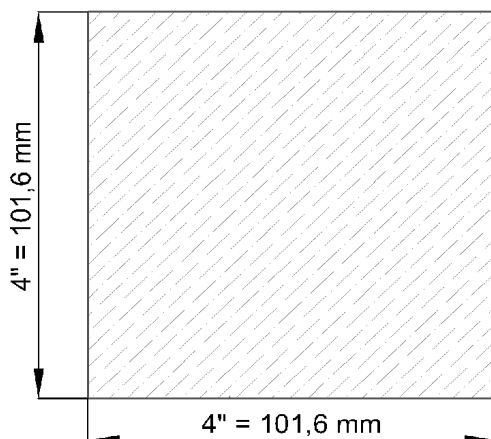
- 1) Vnější rozměry základního substrátu, další důležité rozměry a jejich tolerance.
- 2) Počet a materiál vrstev na TOP (líc) a BOTTOM (rub) straně, minimální šířku čáry, průměr děr prokovů před prokovením.
- 3) Geometrii rezistorů, jmenovitý odpor rezistoru, toleranci jmenovitého odporu rezistoru, jmenovitý výkon rezistoru.
- 4) Povrchovou úpravu potíštěného substrátu: pasivace substrátu, cínování a pájitelnost, popř. velikost a bondovatelnost plošek.
- 5) Výrobu sít, tiskových předloh, tvorbu programů, seřízení, výrobní data
- 6) Speciální požadavky zákazníka

1) Vnější rozměry základního substrátu a jeho tolerance

V této části jsou uvedeny základní informace o rozměrech a mechanickém opracování korundových substrátů (96 % Al_2O_3). Dále jsou zde uvedeny výsledné tolerance po opracování.

Jako základní materiál se nejčastěji používá 96 % korundový substrát o vnějších rozměrech 101,6 x 101,6 mm a standardní tloušťce 0,3 mm, 0,635 mm nebo 1 mm a průhybu do 0,2 %. V případě potřeby lze vyrobit substrát jiných rozměrů. Tento keramický substrát je obdobou přířezu v klasické technologii plošných spojů.

Rozměry keramického substrátu



Zpracování keramického substrátu:

Korundovou keramiku (substrát) lze v případě standardních požadavků na daný vnější rozměr lámat. Pokud je požadována vyšší přesnost, keramiku lze řezat. Při požadavku na velmi přesný a hladký povrch lze keramiku brousit či leštit. Nejméně přesnou, ale při větších sériích ekonomickou cestou, je získání vnějšího rozměru keramického substrátu ražením za syrova. V této operaci jsou požadované rozměry keramiky rýhovány ze syrové keramické fólie – před výpalem.

Shrnutí jednotlivých operací a jejich dosažitelné přesnosti jsou uvedeny v následující tabulce.

Technologická operace	Dosažitelná přesnost po opracování
Ražení za syrova	$\pm 0,5$ % z rozměru
Lámání 0,3 mm	+0,1 mm / -0,05 mm
Lámání 0,635 mm	+0,2 mm / -0,05 mm
Lámání 1 mm	+0,3 mm / -0,05 mm
Řezání	$\pm 0,05$ mm
Broušení	$\pm 0,001$ mm

2) Návrh vodivých, dielektrických a odporových vrstev

V této části jsou popsány základní materiály a základní návrhová pravidla při navrhování potištěných substrátů.

Přehled typických materiálů pro jednotlivé vrstvy je uveden v tabulce níže:

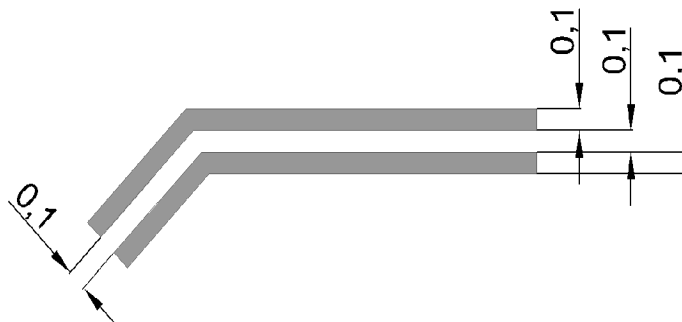
Typické materiály	
Materiál	Parametry / použití
Ag	Velmi malý měrný odpor, malá odolnost proti oxidaci, musí se pasivovat
AgPt	Velmi malý měrný odpor, velmi dobrá pájitelnost
AgPd	Velmi malý měrný odpor, velmi dobrá pájitelnost, bondovatelná
Au	Velmi odolná zlatá vrstva s malým měrným odporem, neoxiduje. Používá se zejména na kontaktovací plošky, bondovatelná
Resinát Au	Velmi tenká vrstva zlata cca 1 μm .
Polymer	Nepájivá krycí vrstva
Skelná krycí vrstva - 550 °C	Odolná nepájivá skelná krycí vrstva zelené barvy
Dielektrická skelná krycí vrstva - 850 °C	Velmi odolná nepájivá krycí vrstva transparentní barvy
Odporové vrstvy – typická hodnota odporu na čtverec	0,1 Ω/sq - 1 $\text{G}\Omega/\text{sq}$

Při návrhu motivu doporučujeme vycházet z níže uvedených typických hodnot. Nedodržení těchto doporučených hodnot vede ke zvýšení technologické náročnosti výroby a tím i k nárůstu ceny potištěného substrátu.

Tolerance vodivých, dielektrických a krycích vrstev	
Maximální velikost tištěného motivu	standardně 101,6 x 101,6 mm , max. 200 x 200 mm
Minimální šířka spoje	0,1 mm
Minimální mezera mezi spoji	0,1 mm
Minimální mezera mezi dírou a spojem	0,1 mm
Minimální velikost prokovu	0,1 mm
Minimální odstup nepájivé masky od pájecí plošky	0,05 mm

Na obrázku níže jsou vyznačeny doporučené minimální rozměry vodičů a mezer. Vodiče by dále měly být dimenzovány s ohledem na jejich maximální proudové zatížení.

Minimální šířka spoje a mezery



Typické tloušťky jednotlivých tištěných vrstev typických materiálů jsou uvedeny v následující tabulce.

Materiál	Typická tloušťka vrstvy (po výpalu)
Ag	14 +/- 2 μm
Au	10 +/- 2 μm
Dielektrikum (pro křížení vodičů)	40 +/- 2 μm
Odporové vrstvy	9 +/- 2 μm
Krycí skelné vrstvy (nepájivé masky)	12 +/- 2 μm

3) Tištěné rezistory a jejich návrh

U rezistorů by měl zákazník zadat minimálně tyto parametry rezistoru:

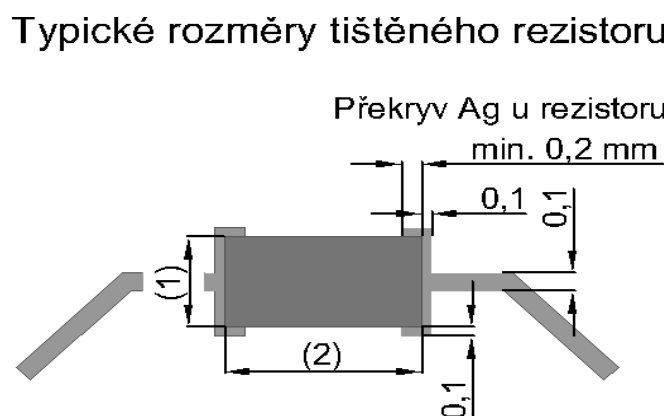
- 1) Jmenovitý odpor rezistoru
- 2) Tolerance jmenovitého odporu rezistoru
- 3) Jmenovitý výkon rezistoru

Při návrhu geometrického tvaru rezistoru je doporučeno dodržovat následující pravidla:

- 1) Minimální přesah vodivé vrstvy s odporovou vrstvou - alespoň 0,2 mm.
- 2) Plocha tištěného rezistoru musí být v souladu s maximálním ztrátovým výkonem rezistoru, a to i v případě, že je rezistor trimován na přesnou hodnotu. Tento údaj je pro každý typ pasty jiný a lze ho dohledat v technickém listu. Nejvyšší dovolené trvalé napětí (V / mm) – údaj je technickém listu od pasty.

Zákazník by měl specifikovat minimálně jmenovitou hodnotu rezistoru, toleranci a zatížitelnost, popřípadě nejvyšší dovolené trvalé napětí rezistoru.

Minimální přesah napojení vodivé dráhy na odporovou vrstvu je na obrázku dále:

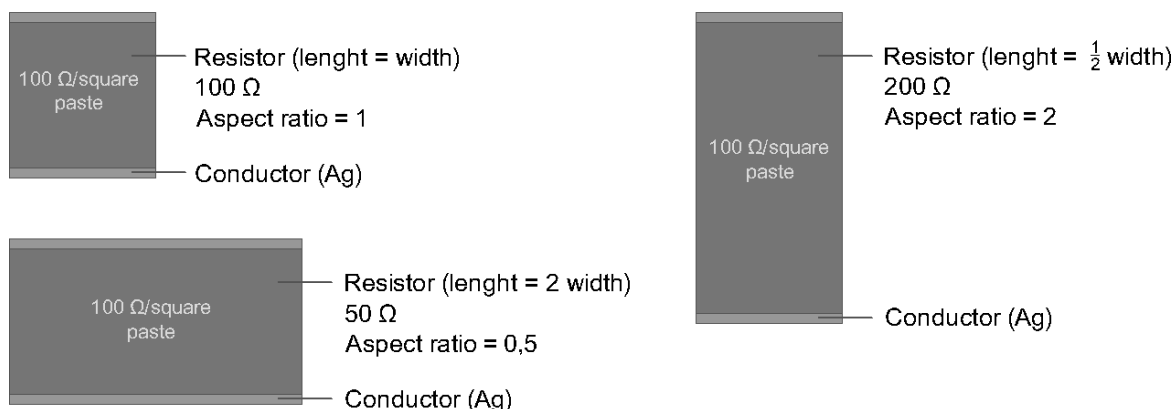


Obecná pravidla využívaná při návrhu rezistorů jsou:

Odpor rezistoru vychází z jeho geometrických rozměrů (šířka, délka, tloušťka) a parametru pasty, který se nazývá odpor na čtverec (Sheet Resistivity). Obecný vztah je $R = R_{square} \cdot \frac{L}{W} [\Omega]$, kde R_{square} je odpor na čtverec, který zjistíme z technického listu, L je délka rezistoru a W je jeho šířka. Udávaný odpor na čtverec je vždy vztažen k nějaké typické tloušťce vrstvy po výpalu, která bývá zpravidla v rozmezí 8 – 10 μm dle výrobce pasty.

Grafická ukázka návrhu odporu rezistoru je uvedena na obrázcích níže.

Aspect Ratio Variation



Trimování tlustovrstvých rezistorů:

V současné době ELCERAM disponuje dvěma vysoce přesnými trimovacími lasery. Těmito lasery lze trimovat rezistory o odporu od jednotek Ω do stovek $M\Omega$. Typické tolerance odporu rezistorů jsou uvedeny v tabulce níže.

Velikost odporu	Tolerance
0,1-10R	+/-1 %
10R-1000K	+/-0,5 %
1-10M	+/-1 %
10-100M	+/-3 %
100-500M	+/-5 %

4) Povrchová úprava potišťného substrátu

Vodivé stříbrné dráhy a odpory je třeba pasivovat – přikrýt ochranou vrstvou. To se provádí buď pastami na bázi polymeru, nebo skelnými pastami. Pasty na bázi polymeru mají srovnatelnou odolnost proti mechanickému a tepelnému poškození jako klasické povrchové úpravy DPS. V případě požadavků na vysokou teplotní odolnost se pasivace provádí pastami na bázi skla, kdy jsou vlastnosti z hlediska odolnosti proti mechanickému a tepelnému poškození na špičkové úrovni.

Teplotní odolnost povrchových úprav:

Polymerní krycí vrstva: cca do 250 °C

Sklená krycí vrstva : cca do 500 °C

5) Výroba sít, tiskových předloh, tvorba výrobních programů, seřízení, výrobní data

Výroba sít a tiskových předloh

Jednotlivé vrstvy se nanášejí sítotiskem (technologie tlustých vrstev). Pro každou vrstvu je třeba vyrobit samostatné síto. Tato síta se odlišují svou velikostí, typem použité síťoviny a množstvím ok na jednotku plochy. Typ použité síťoviny a množství ok závisí na vyžadované přesnosti natištěného motivu. Pokud není učiněna objednávka, ELCERAM standardně skladuje síta jeden rok. V případě delší periody objednávek nabízíme možnost zakoupení vlastních sít, která budou v majetku zákazníka.

Tvorba výrobních programů, seřízení

Jednotlivé obvody jsou ze základního keramického substrátu zpravidla vyráběny laserem. Pro tento účel je nutné napsat a odladit program. Tento program je vytvořen po první objednávce. Program je dále od posledního obchodního případu standardně archivován jeden rok.

Příprava výrobních dat

Ideálním formátem pro tvorbu výrobních dat je formát dwg, dxf, GERBER. V případě potřeby jsme schopni zpracovat výrobní data z technického výkresu (formát pdf, jpg...) i jiných běžných formátů.

6) Speciální požadavky zákazníka

Jedná se zejména o situace, kdy zákazník vyžaduje dosažení lepších technologických parametrů. Tyto požadavky budeme se zákazníkem rádi konzultovat. V případě potřeby jsme v našich laboratorních podmínkách schopni provést necertifikované klimatické či elektrické testy navržených obvodů.