

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Technologie pro výrobu plošných spojů
Jméno autora:	Jan Kaltmeyer
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd
Oponent práce:	Ing. Jan Mikeš, Ph.D.
Pracoviště oponenta práce:	Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Cílem bakalářské práce bylo po úvodní rešerši popsat alternativy výroby desek plošných spojů pomocí fotolitografických (klasických) a tlustovrstvých technologií. Práci tvoří jak teoretický rozbor, tak praktická část. Z tohoto pohledu hodnotím úkoly stanovené v práci jako náročnější.	

Splnění zadání	splněno
<i>Posudte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	
Práce je rozdělena do čtyř částí, ve kterých jsou postupně řešeny jednotlivé úkoly ze zadání. Všechny části zadání jsou dostatečně podrobně rozebrány a řešeny v příslušných sekcích práce. Předložená závěrečná práce splňuje všechny body ze zadání.	

Zvolený postup řešení	správný
<i>Posudte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Student postupoval systematicky dle metodologicky vytyčeného plánu a neodklonil se od zadání.	

Odborná úroveň	A - výborně
<i>Posudte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Dle předložených výsledků práce (nejenom v závěrečné části) je patrné, že byla vypracována odpovědně a že poskytuje prakticky užitečné srovnání.	

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce	A - výborně
<i>Posudte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posudte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Po formální stránce je práce až na drobné nedostatky (chybějící indexy, jednotky, atd., ...) na velmi dobré úrovni.	

Výběr zdrojů, korektnost citací	A - výborně
<i>Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posudte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.</i>	
Doporučená literatura byla plně využita při psaní práce a byly autorem doplněny další důsledně citované bibliografické zdroje.	

Další komentáře a hodnocení
<i>Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.</i>

Viz závěrečné hodnocení.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uveďte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **A - výborně**.

Bakalářská práce J. Kaltmeyera se na 64 stranách textu s množstvím obrazové dokumentace zaměřuje na technologie pro výrobu desek plošných spojů.

První část bakalářské práce seznamuje s klasickou technologií výroby desek plošných spojů pomocí fotolitografických procesů, a to z pohledu substrátů, jejich vlastností a jednotlivých kroků procesu výroby desek plošných spojů. V další části se autor zaměřil na alternativní metodou výroby desek plošných spojů pomocí tlustovrstvých technologií. Analyzuje použití past pro tvorbu motivu a vyvozuje jejich elektrické vlastnosti. Charakterizuje i jednotlivé technologie nanášení pasty na substrát, procesu výpalu a vytvrzování past i diagnostiku natištěného motivu. Třetí část práce se věnuje tvorbě a měření vzorků tlustých vrstev. Autor se soustředil především na vliv tvaru tlustovrstvé struktury na její vlastnosti. Vlivem použití ručního sítotiskového stroje byla ovlivněna kvalita vytvořených vzorků. Naměřené hodnoty byly využity k ověření a potvrzení teoretického předpokladu vlivu délky a šířky vrstvy na její odpor.

Autor závěrem konstatuje, že výrobky vyráběné pomocí technologie tlustých vrstev a fotolitografických procesů nelze plně navzájem zaměňovat pro mnohou odlišnost v parametrech. Například motivy vytvářené pomocí anorganických past se vyznačují vyšší mechanickou i chemickou odolností a díky nutnosti použití anorganických substrátů s lepší tepelnou vodivostí jsou také schopné odolávat vyššímu výkonovému zatížení. Jak je patrné z kalkulace nákladů, výroba desek plošných spojů pomocí anorganických past pro tlusté vrstvy je několikanásobně dražší, než výroba DPS pomocí fotolitografických procesů. Tento výrazný cenový rozdíl předurčuje technologii tlustých vrstev využívající anorganické pasty pouze ke speciálním účelům tam, kde nelze použít desky plošných spojů vyráběné fotolitografickými procesy. Cenový rozdíl těchto technologií není výrazný. Alternativou k anorganickým pastám mohou být pasty organické, které díky nižší teplotě vytvrzení umožňují použití organických substrátů. To přináší i zlevnění konečného výrobku. V komparaci s anorganickými pastami však vykazují horší elektrické vlastnosti. Výhodou organických past oproti fotolitografickým procesům se jeví jednodušší postup výroby vzhledem k nižšímu počtu výrobních operací. Vzhledem k horším elektrickým vlastnostem těchto past je však lze použít v aplikacích s nižšími nároky na vlastnosti nanesené vrstvy.

Předložená bakalářská práce je zpracována po obsahové i formální stránce pečlivě a dokazuje i invenčnost autora a především pečlivou a důslednou spolupráci s vedoucí práce, paní **Ing. Ivanou Beshajovou-Pelikánovou, Ph.D.**

Navrhuji známku A a doporučuji tuto práci k úspěšné obhajobě.

Otázky: V posledních letech se objevují technologie materiálových tiskáren (např. FujiFilm Dimatix) schopných tisknout (deponovat) na substrát různé funkční materiály. Do jaké míry by případně byla tiskárna vhodná pro tisk desek plošných spojů?

Datum: 4.6.2018

Podpis: