

**I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE**

<b>Název práce:</b>	Vrstvové technologie v elektronice
<b>Jméno autora:</b>	Jakub Novák
<b>Typ práce:</b>	bakalářská
<b>Fakulta/ústav:</b>	Fakulta elektrotechnická (FEL)
<b>Katedra/ústav:</b>	Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd
<b>Oponent práce:</b>	Ing. Jan Mikeš, Ph.D.
<b>Pracoviště oponenta práce:</b>	Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

**II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ**

<b>Zadání</b>	<b>průměrně náročné</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
<p>Předložená práce se zabývá technologiemi tenkých a tlustých vrstev. <i>Tenké vrstvy</i> se již řadu let používají k povrchovým úpravám substrátů (podkladů) v různých odvětvích (elektrotechnika, strojírenství, energetika, dekorační technika, v digitálních zobrazovacích jednotkách, měřicích přístrojích, aj.). Stále žádanější se díky vysoké flexibilitě geometrických i elektrických vlastností, ve spojení s vysokou výkonovou zatížitelností, stávají implementace <i>tlustých vrstev</i>. Rozsáhlý vývoj v materiálové oblasti je toho důkazem s využitím v mnoha oborech elektronického, resp. elektrotechnického průmyslu. Toto prostředí vytváří tržní poptávku po vysoce spolehlivých senzorech s miniaturními rozměry a zároveň nízkou pořizovací cenou. <b>Zvolené téma je velmi aktuální a z dlouhodobé perspektivy je společensky i technicky významně žádané. Bakalářská práce integruje jak teoretickou rešeršní část, tak vlastní autorovy laboratorní experimenty.</b></p>	

<b>Splnění zadání</b>	<b>splněno</b>
<i>Posuďte, 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>	
Jednotlivé cíle bakalářské práce definované její osnovou byly řádně splněny.	

<b>Zvolený postup řešení</b>	<b>správný</b>
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Metody práce, vycházející ze zvoleného tématu, byly použity správně a vhodným způsobem při zpracování bakalářské práce. Autor práce vhodně popsal přípravu vzorků tenkovrstvých struktur pomocí napařování a naprašování, u tlustovrstvých struktur pomocí sítotisku.	

<b>Odborná úroveň</b>	<b>C - dobře</b>
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
<p><b>Využití představených technologií se bude nadále rozšiřovat, z tohoto pohledu nemůže být studovaná problematika uzavřená a bakalářskou prací zcela popsána a vyčerpána.</b> Při stále pokračujícím vývoji a trendu miniaturizace jsou vrstevové technologie jedním z důležitých faktorů umožňujících pokrok ve výrobě elektronických zařízení a splnění stoupajících technologických nároků při snížení nebo zachování ekonomických nákladů na výrobu. Současné vrstevové technologie jsou nadále vyvíjeny a vlastnosti vrstev neustále zlepšovány. <b>Cílem bakalářské práce bylo charakterizovat vybrané vrstevové technologie, provést experimentální prověření vlivu určitých faktorů na vlastnosti vrstev a shrnutí základních teoretických i praktických poznatků. Z rešeršní části práce je patrné, že student problematice porozuměl a dostatečně se s ní seznámil tak, aby mohl navrhnout potřebné experimenty. Odborná úroveň předložené bakalářské práce je dobrá. Zřídka se však objevují některé technické nepřesnosti, případně nepřesné interpretace získaných výsledků, resp. bylo by pravděpodobně vhodné tyto výsledky lépe komentovat.</b></p>	

<b>Formální a jazyková úroveň, rozsah práce</b>	<b>B - velmi dobře</b>
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Formální a jazyková úroveň i rozsah práce odpovídá standardům kladeným na bakalářské práce.	

**Výběr zdrojů, korektnost citací**

**B - velmi dobře**

*Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, 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.*

Student postupoval ve využití zdrojů aktivně, uvádí jich na rozsah práce (75 s.) adekvátní množství. Zápis odborné literatury a dalších zdrojů je proveden podle normy. Autor uvádí správně i soupis tabulek, obrázků a příloh. Tabulky jsou provedeny technicky správně. Je zřejmé, že autor BP si dal práci s formální úpravou. Větší množství z uvedených zdrojů ([1, 5–7, 11–13, 15–25]) však není zmiňováno a citováno v textu, přestože informace z nich byly objektivně použity.

**Další komentáře a hodnocení**

*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.*

Bakalářská práce se vhodným způsobem zaměřila na technologie tenkých a tlustých vrstev. Vedle teoretického rámce a analýzy forem napařování a naprašování vrstev se práce **věnovala stanovení jednotlivých nákladových položek na výrobu jednoho vzorku technologií napařování a technologií napařování v laboratoři Katedry elektrotechnologie FEL ČVUT v Praze a jejich komparaci. Byly definovány důležité pojmy použité při kalkulaci nákladů. Poté pro jeden vzorek vyrobený každou z technologií byl stanoven náklad na mzdu, zdravotní a sociální pojištění, náklady na materiál, elektrickou energii a pro napařování i náklady na pracovní plyn. Byly určeny odpisy použitých zařízení pomocí jejich anuitně rozpočítaných pořizovacích investic. Celkové náklady činily 298,10 Kč na jednu napařenou vrstvu a 632,50 Kč na jednu vrstvu naprašovanou. Uvedené ceny jsou vysoké, což si autor BP uvědomuje, neboť se jednalo o použití laboratorních zařízení, kvůli kterým nebylo možné vyrábět více vzorků současně. Pro průmyslovou výrobu se nepodařilo autorovi BP získat relevantní data. Výrobky nanášené pomocí technologie napařování a naprašování nelze navzájem zaměňovat, protože se od sebe v mnohých vlastnostech odlišují. Vzhledem k tomu, že naprašované vrstvy mají silnější adhezi k substrátu, je možné v některých aplikacích i přes vyšší náklady zvolit výhodnější technologii naprašování, což autor BP dokládá. Dalším rozdílem je rovnoměrnost tloušťky vrstvy po celé délce, která je lepší u napařených vrstev. V neposlední řadě je tloušťka napařované vrstvy omezena shora množstvím materiálu, který může být umístěn do odpařovacího zdroje. Naopak naprašování je omezeno zdola tím, že pod určitou hranici výkonu se již nenanese spojitá vrstva. To autor BP ověřil nastavením výkonu na 30 W s dobou depozice 12 minut, přičemž nevznikla měřitelná vrstva.**

**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.*

Uvedená bakalářská práce vhodným způsobem integruje jak teoretické, tak praktické poznatky a doplňuje je o ekonomické srovnání.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **B - velmi dobře**.

Jak rozhodující roli hraje v případě obou depozic kvalita a druh substrátu?

Je některá z technologií vhodná pro flexibilní substráty?

Datum: 20.8.2020

Podpis: