

Oponentní posudek disertační práce

"Tvorba bezpečnostních značek pomocí mikroskopie atomárních sil"

Autor: Ing. Josef Kudělka

Autor disertační práce se zabýval možnostmi značení materiálů či výrobků litografickou technikou prováděnou prostřednictvím mikroskopie skenující sondou (SPM). Z experimentální části práce je patrné, že se zaměřil na nevodivé materiály a tudíž bylo vhodné ze široké škály možností SPM vybrat právě techniku tzv. "rytí" pomocí AFM. Jako modelový materiál byl zvolen polykarbonát pravděpodobně z důvodu zaměření oboru doktorského studia "Inženýrská informatika" a možnosti srovnání úrovně informační hustoty s datovými nosiči CD, byť jsou tyto média již na ústupu z hlediska uchovávání informace. Je nepochybné, že se jedná o velmi zajímavý badatelský potenciál a současně nabízí i široké uplatnění v oblasti bezpečnostních technologií.

Během doktorského studia se uchazeč podílel či byl hlavním autorem řady článků uvedených v konferenčních sbornících, z nichž je šest dohledatelných na Web of Science. Ačkoliv je škoda, že se nepokusil své výsledky publikovat spíše v zavedených časopisech indexovaných na WoS. Už z tohoto důvodu je dobře, že si autor zvolil sepsání disertace formou monografie a nikoliv jen jako soubor komentovaných článků. Nicméně se domnívám, že jako monografie je disertační práce až příliš úsporná a zasloužila by si hlubší a rozsáhlejší teoretickou část a také důkladnější rozbor provedených experimentů.

Teoretická část práce je sepsána na pouhých deseti stranách včetně úvodu. Lze pochopit, že se autor chtěl zaměřit především na AFM, avšak teorie a současný stav řešené problematiky je natolik rozsáhlý, že se nabízí, aby aspirant seznámil čtenáře i s jinými možnostmi značení či strukturování povrchů pomocí SPM technik. Zlepšilo by to pak celkový dojem čtenáře, že je doktorand důkladně seznámen s možnostmi a typy litografických metod v SPM. Například hrotová litografie s využitím lokální anodické oxidace mikroskopii tunelového proudu (LAO-SPM) či LAO-AFM, silová litografie (SFL) nebo dip-pen nanolitografie (DPN) je v teoretické části zmíněna jen pár větami. Vždyť třeba biosenzory připravované DPN technikou jsou zajímavé právě z hlediska informačních a bezpečnostních technologií. Lze pochopit, že badatel v informatice nemusí být dokonale erudovaný v této oblasti, ale měl by mít alespoň minimální vědomostní přesah v oboru, do kterého svým výzkumem přispívá a mohl se tak o tyto znalosti podělit se čtenářem. Teoretickou část tedy považuji za nedostatečnou pro disertační práci.

V experimentální části pracoval doktorand s polykarbonátem. V této souvislosti by bylo dobré blíže specifikovat, o jaké vzorky se jednalo (původ vzorků, atd.). Stejně tak je zvykem vzorky analyzovat ve vztahu k experimentům, které byly předmětem disertace. Například měření nanoindentace pro vyhodnocení mechanických vlastností povrchu (modul pružnosti, tvrdost, mez kluzu nebo viskózní parametry). Tato měření by pak mohla pomoci k hlubší diskuzi v kapitolách popisující vliv rychlosti rytí, objem vyrytého materiálu, vliv směru rytí, síly, vliv teploty na stabilitu struktury. Tyto kapitoly pouze popisují různé varianty podmínek při experimentu a jen zřídka se čtenář v textu setká s rozбором a názorem badatele, proč jsou výsledky takové, jaké jsou. To je podle mne dost zásadní, protože

disertace by neměla být jen zprávou o měření, ale měl by z ní být patrný doktorandův příspěvek ke stavu poznání a přínos pro vědu a praxi. V kapitole, kde popisujete samotnou tvorbu bezpečnostních značek, se také čtenář dočte pouze o tom, jaké povrchové útvary byly vytvořeny. Asi by bylo vhodné se zde také více zabývat možnostmi nalezení těchto značek, jejich identifikaci, atd., což s bezpečností v informačních technologiích souvisí a nejde přece jen o to, jak značku vytvořit, ale také jaké lze zvolit vhodné nástroje k jejich nalezení.

Výše uvedenou kritiku považuji za zásadní a domnívám se, že disertace neodpovídá nárokům kladeným na vědeckou práci v doktorském studiu. Student má právo vystoupit před komisí a obhajovat své výsledky a závěry, přestože jich není mnoho. Proto bych v této souvislosti položil několik otázek.

- 1) Popište technologii a principy dip-pen nanolitografie a LAO-AFM.
- 2) Na straně 21 píšete o "načechrání" vyrytého materiálu. Mohl byste tento pojem vysvětlit?
- 3) Ve čtvrtém odstavci kapitoly "Přínos práce pro vědu a praxi" píšete: "Výsledky uvedené v disertační práci se právě tyto aspekty mezoskopické vědy a technologie pokouší zdůraznit, což lze považovat za vědecký přínos předložené práce." Mohl byste více rozvést, v čem tkví Váš přínos? Respektive, čím je práce, podle Vás, unikátní a jaký je Váš příspěvek k současnému stavu poznání.



doc. Mgr. Aleš Mráček, Ph.D.,

Ústav fyziky a materiálového inženýrství

Fakulta technologická,

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Posudek k dizertační práci inženýra Josefa Kudělky

Dizertační práce: Tvorba bezpečnostních značek pomocí mikroskopie atomárních sil
Oponent: Ing. Libor Šustr

S vývojem vědy a techniky se stávají speciální technologie pro tvorbu mikro a nano struktur stále více dostupné široké veřejnosti. Technologie nedávno vídané jen v univerzitních laboratořích, nebo na míru vyráběné specializovaným technologickým společnostem, se dnes dají na trhu snadno najít v mnoha sériově vyráběných zařízeních. Je to logický a zcela správný vývoj, kdy se výsledky výzkumu a vývoje standardizují pro průmyslové využití. V tomto případě elektronová mikroskopie nebo mikroskopie atomárních sil jsou metody běžně průmyslově užívané. Máme-li pak technologie dostupné, z vědeckého hlediska má smysl zkoumat, jak je správně a lépe využít. A právě to sleduje tato dizertační práce. Pisatel navrhl a prozkoumal nové možnosti využití mikroskopie atomárních sil v konkrétní průmyslové aplikaci.

Teoretická část práce přináší spíše stručný a jednoduchý přehled litografických a zobrazovacích technik. Dle mého názoru mohl autor rozvést hlouběji fyzikální principy a důvody, na základě kterých pak volil vhodné metody a vybavení pro svou práci. Konkrétně například volba sondy vhodné pro cíle práce není z fyzikálního hlediska popsána a působí spíše jako volba pocitová nebo založená na zkušenosti. Netvrdím, že to jsou špatné argumenty pro volbu. Ale budoucímu čitateli práce tyto informace mohou chybět v případě, že bude pracovat s jinými podmínkami. Autor však k teoretické části práce přikládá dostatek odkazů na vhodnou literaturu a dále se soustřeďuje na praktickou část práce.

V hlavní, experimentální části práce je jasný postup za zvolenými cíli práce. Autor postupuje logicky a ověřuje parametry potřebné k finálnímu experimentu a k dosažení techniky vhodné pro tvorbu bezpečnostních značek. Jednotlivé kroky jsou v práci srozumitelně popsány a vyhodnoceny a čtenáři dávají návod, jak v případě vlastního experimentu či aplikace postupovat. Nutno ocenit, že se autor zamýšlí nad výsledky i z praktického hlediska, konkrétně teplotní stabilita struktur nebo problematika hledání struktur. To jsou jasné ukazatele na průmyslové využití výsledků výzkumu. Dále autor nezůstává jen u zvládnutí samotné techniky, ale uvádí konkrétní návody, jak techniku využít pro přenos a uchování dat a tím dále podporuje smysl svého výzkumu.

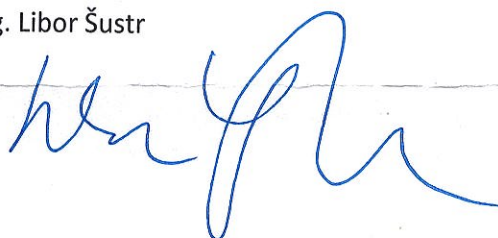
Dle mého názoru, založeného na zkušenostech s bezpečnostními technologiemi pro ochranu osobních dokumentů, mají výsledky práce praktický význam. Tedy mohou být při spolupráci s průmyslem použity v praxi. Například při tvorbě bezpečnostních hologramů elektronovou litografií mohou být výstupy litografu doplňovány bezpečnostními značkami vyrytými do fotorezistu tak, aby neovlivňovaly vzhled bezpečnostního hologramu, ale aby bylo kdykoliv možné tyto značky najít a ověřit pravost hologramu. Nebo, přidržíme-li se v práci použitého substrátu a výsledků práce s ním, může být rytí do polykarbonátu využito pro bezpečnostní značení osobních dokladů. Polykarbonát je pro své vlastnosti stále častěji využíván jako základní materiál pro výrobu osobních dokumentů

(občanské průkazy, pasy, řidičské průkazy, atd.). A polykarbonátových desek je také využíváno v mezikrocích při výrobě bezpečnostních hologramů pro tyto dokumenty. Samozřejmě je z praktického hlediska nereálné doklady značit jednotlivě, ale při spolupráci s průmyslem znalým výrobních procesů osobních dokumentů, je možné výsledky práce aplikovat v sériové výrobě.

Na základě výše uvedeného doporučuji autorovu dizertační práci k obhajobě.

V Ločovicích, 18. 2. 2020

Ing. Libor Šustr



Prof. Ing. Zdeněk Dvořák, PhD.
Fakulta bezpečnostního inženýrství
Žilinská univerzita v Žilině

Vážený pan
Doc. Ing. Milan Adámek, Ph.D.
Univerzita T. Bati
Fakulta aplikované informatiky
Nad Stráněmi 4511
760 05 Zlín 5

Posudek disertační práce

Název: Torba bezpečnostních značek pomocí mikroskopie atomárních sil
Autor: Ing. Josef Kudělka
Studijní program: P3902 Inženýrská informatika
Studijní obor: 3902V023 Inženýrská informatika

Na základě jmenování děkanem Fakulty aplikované informatiky UTB Zlín ze dne 4.11.2019 jsem vypracoval tento posudek. Cílem posouzení bylo zhodnocení kladů a nedostatků disertační práce. Celá práce čítá 66 stran textu. Celý text je psán odborným stylem.

Kvalita disertační práce

Po vícenásobném přečtení posuzované disertační práce konstatuji, že celková úroveň a kvalita závěrečné práce odpovídá třetímu stupni studia. Na jedné straně osobně oceňuji hloubku zvoleného problému, velmi dobrou formální úroveň vypracovaného textu a dobrou kontinuitu myšlenkových linií. Po formální stránce oceňuji i knižní formát posuzované disertační práce. Na druhé straně konstatuji, že celkový rozsah textové části dizertační práce (s.7-53) neodpovídá zvyklostem. Dále postrádám hlubší propracování tématu dizertační práce směrem k názvu práce. Ve svém posudku předkládám kritický rozbor předností a nedostatků disertační práce.

a) Aktuálnost tématu dizertační práce

Aktuálnost tématu disertační práce podle názoru oponenta je značná. Doktorand záměrem své disertační práce předbíhá dobu. Při hodnocení aktuálnosti konstatuji, že pouze jeden z použitých literárních zdrojů byl publikován v posledních třech letech. Na základě uvedeného faktu vyslovuji názor, že doktorand nedůsledně vypracoval aktuální literární rešerši a teda pravděpodobně pracoval se zastaralými literárními a informačními zdroji. Celkový počet literárních a informačních zdrojů je 40, což považuji za výrazně nižší počet než je obvyklé v doktorských disertačních pracích. Při hodnocení aktuálnosti doktorské disertační práce konstatuji, že vstupní analýza uvedená v disertační práci je velmi stručně rozpracována na 10 stranách (s.7-17). Na závěr analytické (teoretické) části podle mého názoru absentuje jednoznačné vyjádření doktoranda, co je předmětem řešení a proč.

b) **Hodnocení zvolených metod**

Popisu použitých metod není v disertační práci věnována žádná kapitola ani podkapitola. Z metodického hlediska se autor měl zaměřit aspoň na popis standardně použitých metod vědeckého výzkumu, případně na některé specifické metody inženýrské informatiky.

Absence popisu použitých metod na jedné straně byla nahrazena velmi přehledným popisem v experimentální části disertační práce (s. 18-49). Popis jednotlivých měření je srozumitelný, byť kriticky poznamenávám, že technické stránce rytí je věnováno celkem 18 stran (s. 18-36) a možné bezpečnostní aplikaci pouze 12 stran (s. 37-49). Celkově metodickou stránku disertační práce hodnotím jako dostatečnou. Z metodologického hlediska chci vyzvednout provedené experimenty. Experimentální práce doktoranda má celou řadu přínosů.

Na druhé straně v disertační práci absentuje ověření výsledku hodnověrným způsobem. Z metodického hlediska na závěr experimentální části doktorské disertační práce měla být uvedena diskuze výsledku.

c) **Naplnění stanoveného cíle**

Cíle disertační práce jsou uvedeny na s. 7, cituji: „*Tvorba a charakterizace bezpečnostních značek... a určení informační hustoty zápisu při použité technologii*“. Obvykle v části definování cílů jsou uvedeny i důvody, proč byl výzkum proveden, dále pak hypotézy, které budou v rámci výzkumu potvrzeny/vyvráceny. Velmi často jsou uvedeny i omezující podmínky, které byly při řešení zohledněny. Doporučuji, aby doktorand tyto nedostatky doplnil ve svém vystoupení v rámci obhajoby disertační práce.

Neobvyklé je neuvedení dílčích cílů/úloh/aktivit, které pro potvrzení vyřešení hlavního cíle jsou potřebné. Pokud je cíl disertační práce formulován takto stručně potom i hodnocení disertability cíle práce může být obdobně stručné – v této podobě disertační práce převážně nesplňuje obvyklou požadovanou úroveň.

Na druhé straně je možné konstatovat, že v práci uvedené dva cíle disertační práce byly splněny.

d) **Výsledky disertační práce**

Výsledky disertační práce jsou uvedeny v kapitole 3 (na stranách 18 – 49). Postupně se autor věnoval volbě jednotlivých parametrů – rychlosti a směru rytí a síle rytí. V kontextu názvu disertační práce je relevantní i podkapitola 3.2 zaměřená na vliv teploty na stabilitu vyrytých struktur. V kapitole 3.3 jsou popsány způsoby, jak by reálně bylo možné vytvářet bezpečnostní značky, od symbolů, přes text až po zakódovaná slova. Vzhledem k názvu a profilaci fakulty tuto část disertační práce považuji za nejvýznamnější výsledek. Vlastní autorovo hodnocení přínosu práce pro vědu a praxi považuji za pouze stručné shrnutí dosažených výsledků. Proto doporučuji, aby v rámci obhajoby disertační práce byly prezentovány hlavně výsledky, které patří do oboru Inženýrská informatika.

K dalším výsledkům řadím celkem 15 publikací uvedených v seznamu vlastních publikací. Z toho je 12 publikací v anglickém jazyku vždy v pozici spoluautora. V databázi SCOPUS má doktorand aktuálně uvedeno 9 publikací a 2 citace.

e) **Význam pro praxi nebo rozvoj vědy**

Výsledky disertační práce jsou podle mého názoru jen částečně relevantní směrem ke studovanému oboru. Rozsah experimentů svědčí o velkém úsilí doktoranda. Souhlasím s hodnocením doktoranda, že předmětná disertační práce svým obsahem je na rozhraní mezi základním a aplikovaným výzkumem. Tematicky je disertační práce v experimentální části mezioborová. Jako v praxi použitelné výsledky hodnotím tři vytvořené návrhy pro možné bezpečnostní značky. Podle mého názoru by uvedené výsledky experimentu měly být doplněny o možné praktické aplikace v oblasti bezpečnosti. Doporučuji, aby v rámci obhajoby disertační práce doktorand prezentoval i možné praktické způsoby využití výsledků disertační práce.

f) **Rozsah a kvality publikovaných prací**

V závěrečné části disertační práce je uveden seznam 15 publikací, všechny jsou spoluautorské. V šesti případech byl jako spoluautor uveden na prvním místě. Při hodnocení práce doktorandů se často hledí na jejich publikační výstupy v zahraničních časopisech, kde doktorand má dvě publikace (International Journal of Materials, 2014 a International Journal of Applied Engineering Research, 2016, HI 25, Q3.)

g) **Naplnění podmínek tvůrčí vědecké práce**

Tuto část oponentského posudku vnímám v tomto konkrétním případě jako klíčovou. Osobně oceňuji zvolenou tematiku, rozsah a popis provedených experimentů a návrhy uvedené v podkapitole 3.3. Pro další směřování výzkumu na fakultě doporučuji, aby doktorand navrhl nová témata závěrečných prací, kde by bylo vhodné dále směřovat. Vzhledem k hodnocení aktivit doktorského studia považuji vlastní publikační výstupy doktoranda za velmi dobré. Výsledek disertační práce – tři reálné experimentem potvrzené příklady pro zápis symbolu, textu anebo textu přepsaného ve dvojkové soustavě a experimentálně ověřenou hodnotu informační hustoty – 35,4 Gbit/in² považuji za vhodný příklad naplnění podmínky tvůrčí vědecké práce. Disertační práce splňuje podmínky uvedené v § 47 odst. 4*) zákona č. 111/1998 sb. o vysokých školách.

h) **Formální, jazyková a grafická úroveň práce**

Doktorand předložil stylisticky a obsahově správně vypracovanou práci. Struktura disertační práce je standardní. Grafická úroveň práce je velmi dobrá. Z formálního hlediska jsem objevil jen dílčí nedostatky, které nesnižují úroveň hodnocené disertační práce.

Otázky k obsahu disertační práce

1. V rámci obhajoby práce žádám o doplnění použitých metod zpracování.
2. V rámci podobných experimentálních prací je důležitá zpětná vazba, kterou autoři získávají při prezentování výsledků na mezinárodních vědeckých konferencích. Proto pokládám otázku, jestli byly výsledky prezentovány na mezinárodních konferencích a s jakou odezvou?
3. Prosím o vyjádření názoru studenta, jak a v jakém časovém horizontu bude možné přenést výsledky disertační práce do reálného života?

Závěr

Na základě výše uvedených skutečností konstatuji, že disertační práce:

- patří do oboru inženýrská informatika,
- je aktuální,
- splnila vytýčený cíl,
- obsahuje vlastní tvůrčí přínos doktoranda.

Závěrem konstatuji, že v posuzované disertační práci doktorand prokázal způsobilost k samostatné vědecké činnosti, a proto doporučuji disertační práci Ing. Josefa Kudělky k obhajobě.

Na základě úspěšné obhajoby doporučuji Ing. Josefovi Kudělkovi udělit akademický titul Filosofie doktor (Ph.D.).

V Žilině, 8. ledna 2020

