

Oponentní posudek disertační práce „ Netradiční vybrané aplikace laserových technologií“

Autorka disertační práce: Mgr. Lenka Řiháková

Oponent: Doc. RNDr. Libor Mrňa, Ph.D.

Předložená disertační práce se zabývá aplikacemi laserů s krátkými pulzy v rozsahu nano až pikosekund. V úvodu lze konstatovat, že nejsou jasné definovány cíle práce, proto lze hůře diskutovat dosažené výsledky právě s ohledem na tuto skutečnost.

Práce je rozdělena na dvě části, z nichž každá se zabývá odlišnou aplikací. První část se zabývá obráběním keramiky (Al_2O_3) pomocí několika typů laserů. Obsahuje poměrně rozsáhlou rešerši (128 odkazů) postihující v první řadě informace o keramických materiálech využívaných v dnešní době v technické praxi, dále o obrábění keramiky pomocí laserového záření. V kapitole 2.1.1 lze polemizovat se vztahem 2.2 kde úhel dopadu Θ je brán (zřejmě) jako konstanta, ale z obrázku 2.2 je patrné, že dutina má obecný tvar vedoucí k tomu, že výše zmíněný úhel bude jiný při každém z dopadů. Dále jsou zde nastíněny všechny fyzikální jevy, ke kterým dochází při opracování keramiky. Vzhledem k používání laserů s krátkými pulzy je otázkou, zda by neměly být zmíněny i další procesy, při kterých není teplo a jeho šíření dominantním procesem (např. fotoablace). V dalších kapitolách je poměrně podrobná rešerše technologií vrtání a dělení různých typů keramických materiálů při použití různých typů laserů. Jsou zde také zmíněny problémy, které při laserovém obrábění keramiky mohou nastat – například vznik a šíření trhlin v důsledku termálního šoku. V kapitole 3 jsou popsány tři typy laserů použitých v experimentální části. Zde bych očekával tabulku shrnující parametry jednotlivých laserů kvůli jejich vzájemnému srovnání. V tabulkách parametrů jednotlivých (tab. 3.3, 3.4, u laseru IPG YLR-150/1500 tabulka zcela chybí) laserů není uvedena jejich pracovní vlnová délka. Za poměrně závažný nedostatek ale považuji neuvedení průměru ohniskového spotu vzhledem k použité fokusační optice. Tento parametr je důležitý pro výpočet dosahované hustoty energie při technologických operacích a lze ho snadno vypočítat na základě znalosti vlnové délky, průměru vstupního rovnoběžného svazku a optické mohutnosti fokusační čočky. Dále jsou zde popsány přístroje použité pro vyhodnocení experimentů a konečně jsou uvedeny i mechanické a tepelné parametry materiálu použitého v experimentech.

Při experimentech bylo nejprve prováděno vrtání otvorů do keramiky jednotlivými typy laserů. Vzhledem k jejich odlišným možnostem z hlediska dosažitelné energie pulzu jsou i výsledky odlišné (opět u kvazipulzního laseru YLR není uvedena tabulka s použitými procesními parametry). Nicméně lze konstatovat, že bylo získáno množství solidní experimentálních výsledků uvádějících pro dané lasery do souvislosti procesní parametry laseru a parametry vrtaných otvorů. V této souvislosti se naskytá otázka (související s výtkou uvedenou v odstavci výše) uváděných hustot energií a hustot výkonu v tabulkách 4.3, 4.4 a 4.5, zda jsou spočteny pro výstupní průměr svazku z laseru, nebo již v ohniskovém spotu?

V dalším bloku experimentů byla studována možnost dělení keramiky metodou vícenásobného přejezdu pulzního svazku danou trajektorií. Zde byla řešena i optimalizace procesních parametrů (opakovací frekvence / energie pulzu) pro řez. U dělicího procesu je důležitá kvalita – drsnost řezné hrany, bohužel není zde uváděna (konfokální mikroskop většinou má výpočet drsnosti povrchu ve své sw výbavě). Tato metoda dělení byla testována pro Nd-YAG laser pro kvazipulzní vláknový laser. Konečně pomocí Nd-YLF laseru bylo testováno gravírování keramiky. I zde bylo získáno množství experimentálních dat použitelných pro tabulky uvádějících do souvislosti procesní parametry s hloubkou a šířkou gravírované spáry. Všechny uvedené výsledky jsou nakonec krátce shrnuty v závěrečné kapitole této části práce.

Druhá část disertační práce se zabývá přípravou metalických nanočástic metodou laserové ablace, tedy z fyzikálního pohledu zcela odlišnou oblastí oproti první části práce.

V rešeršní části jsou popsány nanočástice mědi a stříbra (které budou dále experimentálně studovány) z hlediska jejich vlastností a oblastí možného využití. Dále je zde popsána technologie přípravy nanočástic pomocí ablace příslušného terčíku (ponořeného v kapalině) ultrakrátkými laserovými pulzy. Součástí je též pouze fenomenologicky popsaný mechanismus generace nanočástic ultra krátkými laserovými pulzy. Ve třetí kapitole je popsána experimentální aparatura včetně prostředků pro studium vlastností získaných nanočástic.

V první části experimentů byly připravovány nanočástice z obou výše zmíněných kovů (tedy Cu a Ag). I když bylo pro zobrazení vzniklých nanočástic použita elektronové mikroskopie, z obrázků 4.1 a 4.2 si nelze učinit dobrou představu o velikosti nanočástic (navíc na obr. 4.1 nejsou zřejmě správně uvedena měřítka). Vzhledem k tomu, že v další části práce je uveden i histogram rozdělení velikosti částic vzhledem k jejich počtu (na obr. 4.8), pak bych předpokládal za standardní uvedení těchto histogramů pro každý experiment. Také vzhledem k tomu, že na velikosti nanočástic závisí některé z jejich fyzikálních vlastností. Nabízí se také otázka, jak lze vysvětlit nestabilitu Cu nanočástic, která plyne z provedených experimentů? Dále proč byla provedena XPS analýza pouze pro nanočástice Cu?

Při přípravě bimetalických nanočástic opět jako nedostatek uvádím obrázky 4.6 a 4.7, kde jsou metodou elektronové mikroskopie zobrazeny vzniklé nanočástice a ze kterých se špatně odečítá jejich velikost. V již zmíněném histogramu na obr. 4.8 je v komentáři uvedeno rozdělení odpovídající dvěma Gaussovým křivkám, do grafu je zakreslena pouze jedna. Další otázka – proč byl vykreslen pouze histogram pro nanočástice typu CuAg a proč ne pro AgCu, když tyto byly také připraveny? Dále při studiu vlastností nanočástic byl zobrazen výsledek XPS jen pro bimetalické nanočástice CuAg a není uveden pro AgCu – proč?

V závěru této části jsou stručně shrnuty dosažené výsledky a je zde také komentář vysvětlující důvody, proč byly studovány bimetalické částice vzniklé pouze při vyšším průtoku média (když v úvodu je uvedeno studium nanočástic v závislosti na různých průtocích média reakční celou).

Přes zmíněné nedostatky lze konstatovat, že obě zmíněné části mají charakter vědecké práce (rozbor problematiky, rešerše, experiment, diskuse a vyvozené závěry), dosažené výsledky považuji za přínosné jak z vědeckého tak i technologického hlediska.

Autorka práce v závěru též předložila chronologický seznam 25 prací, ve kterých figuruje jako autorka nebo spoluautorka. Pět z nich jsou publikace v impaktovaných médiích.

Na základě všech výše uvedených skutečností předloženou disertační práci „*Netradiční vybrané aplikace laserových technologií*“ od Mgr. Lenky Řihákové k obhajobě

doporučuji

V Brně 23. 10. 2018



Doc. RNDr. Libor Mrňa, Ph.D.

Oponentní posudek doktorské disertační práce

„Netradiční vybrané aspekty laserových technologií“ (Unusual selected applications of laser technologies)

Doktorand:	Mgr. Lenka Řiháková
Školitel:	prof. RNDr. Miroslav Hrabovský, DrSc.
Školící pracoviště:	Společná laboratoř optiky UP a FZÚ AV ČR, Olomouc
Studijní obor:	Aplikovaná fyzika
Studijní program:	Fyzika

Aktuálnost zvoleného tématu

Posuzovaná disertační práce se zabývá dvěma aktuálními směry užití laserových technologií. První část práce je věnována problematice vybraného okruhu konstrukčních tzv. hliníkových keramik a především jejich laserovému obrábění v závislosti na užitých parametrech procesu a jejich optimalizaci.

Druhá část práce se zabývá problematikou syntézy mono a bimetalických Cu, Ag a Cu/Ag nanočástic, které jsou poměrně hojně využívány pro své antimikrobiální vlastnosti, přičemž nanočástice byly připraveny laserovou ablací v kapalině pomocí dvoukrokového procesu probíhajícího v tzv. průtokové cele.

Z uvedené stručné charakteristiky obsahu disertační práce, je zřejmé, že zvolené téma práce je aktuální a tedy i žádoucí.

Cíle práce

Konkretizované cíle práce představují zadání pro poměrně velký objem prací, a to v obou částech práce. Z výsledků v práci uvedených usuzuji, že cíle práce byly splněny v zadaném rozsahu.

Zvolené metody zpracování a postup řešení

Disertační práce má převažující charakter experimentální práce doplněné vždy nezbytnými teoretickými východisky. Práce obsahuje výsledky získané užitím řady moderních experimentálních měřících technik v korelaci s užitými technologiemi a technologickými postupy, které jsou samotné také předmětem výzkumu. Tyto techniky a metody jsou v práci vzájemně vhodně korelovány a poskytují tak komplexní náhled na studované problematiky.

Zvolené metody zpracování a postupy řešení jsou adekvátní zadanému tématu práce, práce má věcně logické uspořádání.

Zhodnocení výsledků dosažených doktorandkou, přínos pro další rozvoj vědy a techniky, publikační aktivity doktorandky

V první části práce se doktorandka zabývá problematikou laserového opracování keramiky, tedy těžko tradičně obrobitelných materiálů s jinak poměrně výjimečnými chemickými, fyzikálními a mechanickými vlastnostmi. Předložená práce tedy především přispívá k rozvoji obrábění hliníkové keramiky bez vzniku vad užitím této technologie. V úvodních kapitolách jsou uvedeny základní informace o keramice, hliníkové keramice a mechanismech obrábění keramiky. V experimentální

části práce byly užity různé (dostupné) laserové zdroje a hledány vhodné a optimalizované techniky laserového obrábění keramiky v závislosti na parametrech technologického procesu. Práce tedy uvádí možné využití různých laserových zdrojů k obrábění keramiky a bylo zjištěno několik poznatků, které významně snižují vznik defektů pro různé techniky obrábění. Práce otevírá nové příležitosti pro kvalitní laserové obrábění konstrukční keramiky, a to zejména vrtání hliníkové keramiky Nd:YLF laserem, vrtání hliníkové keramiky Nd:YAG laserem, vrtání hliníkové keramiky QCW laserem, řezání hliníkové keramiky vícenásobnými přejezdy a gravírování hliníkové keramiky Nd:YLF laserem. Pokus o obecnější interpretaci experimentálních výsledků považuji za cenný a tyto vlastní závěry doktorandky dokumentují, mimo jiné, její schopnost zhodnotit výsledky svých experimentů a vyvodit z nich vlastní vědecké výsledky.

V druhé části práce byla řešena příprava hybridní monometalické nanostruktury měď-chitosan, stříbro-chitosan a hybridní bimetalické nanostruktury Cu/Ag-chitosan. Cílem bylo syntetizovat materiál, který spojuje antibakteriální a antimykotické vlastnosti mědi, stříbra a chitosanu a využívá jejich synergické a komplementární působení. Nanočástice byly připraveny laserovou ablací probíhající v kapalném mediu v průtokové cele pracující na dvou různých průtokových rychlostech s cílem zjistit vliv tohoto parametru na účinnost ablace. Mono a bimetalické nanočástice byly charakterizovány metodami jako TEM, UV-VIS spektroskopie a XPS za účelem zjištění jejich morfologie, struktury a chemického složení. Práce vznikly ve spolupráci doktorandky s italským pracovištěm kde pobývala na vědecké stáži.

Výsledkem tohoto výzkumu jsou pozoruhodné a byly publikované. Díky antibakteriálním vlastnostem mědi a stříbra a díky přítomnosti bakteriostatického chitosanu představují nanočástice produkované v této práci vícefázový materiál pro potenciální výrobu bakteriostatických povlaků, obalů a vrstev.

Řada dílčích výsledků disertační práce byla v průběhu studia publikována v časopisecké literatuře, respektive prezentována na vědeckých konferencích, kde ve většině případů tyto výsledky prošly recenzním řízením, což může být dokladem aktuálnosti, respektive původnosti výsledů studia.

Formální úprava disertační práce a jazyková úroveň

Práce má celkem 150 stran a je formálně rozdělena do dvou základních částí podle obsahu práce. V každé ze dvou částí je problematika logicky a vzestupně členěna do jednotlivých podkapitol. V obou částech jsou uvedeny samostatně vlastní závěry doktorandky k dané výzkumné problematice, doplněné souhrnem a seznamem použité literatury (127 položek v první části a 75 položek ve druhé části práce). Součástí práce jsou další formální kapitoly – seznam použitých zkratk a seznam autorčiných publikací (24 publikací v časopisech a na věd. konferencích), které většinou prošly recenzním řízením.

Celkově je disertační práce logicky a přehledně strukturována, je napsaná v českém jazyce s anglickými anotacemi, má dobrou grafickou úroveň a obrázky dobře zapadají do textu. Zpracování textu je přehledné a poměrně pečlivé. Nepodstatné drobné překlepy a nejasnosti nemají zásadní význam a nemění smysl textu práce, proto je ani neuvádím.

Připomínky k disertační práci, otázky k obhajobě

K vlastní práci nemám závažnější připomínky.

Otázky k obhajobě:

1) V závěrech první části práce doktorandka píše:

„Tato práce otevírá nové příležitosti pro další lasery k dosažení vysoce kvalitního obrábění dalších keramických materiálů. Do budoucna je nezbytné další studium vlivu procesních parametrů na kvalitu procesu a rychlost obrábění keramiky, prověřit zatím neodhalené mechanismy a prozkoumat nové potenciální techniky obrábění, aby bylo dosaženo vysoce kvalitního procesu.“

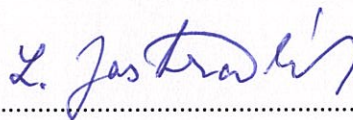
Otázka: Naznačte - odhadněte, které „neodhalené mechanismy“ by to měly být, resp. kterým směrem je vhodné se vydat?

2) Výsledky druhé části vznikly na základě vědecké stáže doktorandky v Itálii již před nějakým časem. Zajímal by mne komentář doktorandky jak výzkum této problematiky následně pokračoval a s jakými výsledky.

Závěrečné zhodnocení

Lze konstatovat, že předložená disertační práce formálně i věcně splňuje požadavky kladené na disertační práci ve zvoleném studijním oboru na dobré odborné úrovni. Doktorandka prokázala schopnost samostatné vědecké práce s vlastním vědeckým přínosem a výsledky své práce publikovat a prezentovat. **Doporučuji proto, aby doktorandka Mgr. Lenka Řiháková byla pozvána k obhajobě disertační práce a po úspěšném obhájení doporučuji udělení titulu Ph.D.**

V Praze, dne 27. září 2018.



RNDr. Lubomír Jastrabík, CSc., oponent