



Oponentní posudek dizertační práce Ing. Tomáše Parkmana

LABORATORY WATER-WINDOW MICROSCOPE BASED ON Z-PINCHING CAPILLARY DISCHARGE SOURCE FOR BIOLOGICAL IMAGING

Školitel: prof. Ing. Miroslava Vrbová, CSc., Fakulta biomedicínského inženýrství ČVUT v Praze

Předložená dizertační práce pana Ing. Tomáše Parkmana, vykonaná na Katedře přírodních věd FBMI ČVUT v Praze, ve spolupráci s KFE FJFI ČVUT v Praze, je věnována moderní a perspektivní oblasti výzkumu stolních zdrojů měkkého rentgenového (RTG) záření, založených na kapilárním výboji, spolu s konkrétní aplikací takového zdroje pro mikroskopii. Jedná se o mikroskopii ve spektrálním rozsahu nazývaném vodní okno, neboť zde dochází k poklesu absorpce, a tedy zvýšené transmisí, je tedy velmi vhodná pro následné biologické a medicínské aplikace. Cíle dizertační práce přitom byly stanoveny následovně: zabývat jednak charakterizací stolního zdrojů měkkého RTG záření (využívajících jednak laserového, jednak kapilárního výboje), dále vytvořit, otestovat a aplikovat transmisní RTG mikroskop v takovémto vodním okně. Takovéto zdroje a jejich aplikace dnes představují, díky svým novým unikátním vlastnostem, perspektivní a efektivní část fyzikálně materiálového výzkumu v oblasti nových generátorů záření a jejich aplikací. Jedná se tedy o téma dizertační práce bezpochyby velmi aktuální, na mezinárodní úrovni. Dizertační práce tak představuje potřebný a užitečný příspěvek do dané oblasti, nejen pro pracoviště školitelky, které se systematicky danou oblastí zabývá, na předloženou práci bude bezpochyby užitečné dále navazovat.

Posuzovaná dizertační práce má 97 stran, obsahuje 5 obrázků, odkazů na literaturu je v závěru práce uvedeno 168. Práce je členěna do 6 hlavních, číslovaných kapitol, součástí je též česká a anglická anotace, přehled použité literatury, přehled autorových publikací, seznam obrázků a tabulek. Jak je z práce i samostatného seznamu vlastní literatury v závěru práce patrné, autor dizertace publikoval celkem 5 publikací v impaktovaných časopisech bezprostředně souvisejících s tématem dizertace (v přehledu označené jako [A1] – Applied Sciences, [A6] – Physics of Plasmas, [A7] – Applied Sciences, [A9] – Journal of Microscopy, [A10] – Journal of Instrumentation), z nichž byl jednou prvním autorem. V rámci obhajoby by bylo vhodné zmínit jeho konkrétní přínosy v těchto pracích. Kromě toho dizertant publikoval 6 dalších článků v jiné problematice (FzÚ AV ČR [A2], [A3], [A4], [A5], [A5], [A11]). Dizertant je také spoluautorem dalšího článku, mimo hlavní tematiku dizertace (Journal of Instrumentation) a několika konferenčních příspěvků a vystoupení. V první úvodní kapitole se autor zabývá představením problematiky, motivací a formulováním cílů dizertační práce. Po této úvodní stručné kapitole se v kapitole 2 autor věnuje již problematice měkkého RTG záření, představuje zde dále interakce mezi takovým zářením a hmotou, včetně používaných veličin, dále zdroje a optiku měkkého RTG záření. Ve 3. části se autor věnuje přehledu mikroskopů vodního okna, jsou prezentovány různé typy mikroskopů měkkého RTG záření (plné pole, skenovací, kontaktní), dále je představeno formování obrazu a struktura takovýchto mikroskopů. Kapitola je uzavřena aktuální rešerší takovýchto mikroskopů. Ve 4. části se autor dále věnuje již představení stolního zdroje měkkého RTG záření. Nejprve je představena různorodá diagnostická infrastruktura, detektor měkkého RTG záření, „dírková“ kamera, RTG spektrometr, a zejména 2 zdroje plazmatu: zdroj laserového plazmatu a zdroj s využitím Z-spínaného kapilární výboje (časové a prostorové charakteristiky, emisní spektra). Oba zdroje jsou následně porovnány z pohledu mikroskopické aplikace. Dále jsou v následující 5. kapitole představeny výsledky týkající se transmisního mikroskopu ve vodním okně. Je diskutováno celkové schéma, optické komponenty, detektory, Fresnelova zonální destička. Dále autor prezentuje získané výsledky zobrazení, ve vztahu k technickým parametrům: poměr signálu a šumu, expoziční doba. V závěru kapitoly se věnuje biologickým aplikacím: zobrazování buněk (zelené řasy) a jejich porovnání s klasickou optickou mikroskopií, s mnohem lepším prostorovým rozlišením, tedy výhody tohoto RTG mikroskopu byly jasně demonstrovány. Práce je formálně zakončena stručným závěrem (6. kapitola), shrnujícím dosažené výsledky, dále přehledem autorových publikací a seznamem použité literatury (nečíslované kapitoly).

Co se týče formální stránky, práce je vypracována standardním velmi pěkným způsobem. Co se týče formální i stylistické úrovně anglického jazyka, v němž je práce napsána, je na velmi solidní úrovni, pokud mohou posoudit. Text práce obsahuje minimum překlepů a formálních chyb, které není zde třeba zmiňovat. Využití obrázků a grafů je také adekvátní a efektivní. U některých grafů by ale pro jejich větší čitelnost a zřetelnost bylo vhodnější větší rozlišení, resp. větší popisky, apod. Editace rovnic je přehledná a systematická. Dle mého názoru je struktura vlastní práce zvolena vhodně, text je dostatečně podrobný, diskutující konkrétní výsledky, je vyváženou kombinací obecných teoretických definic a jejich aplikací, spolu s přehledem výsledků, tomu odpovídá i standardní členění do kapitol textu.

Pokud se tedy jedná o věcnou stránku, je zřejmé, že cíle předložené dizertační práce, tak jak byly zadány, tedy vytvoření a výzkum stolního zdroje měkkého RTG záření a transmisního mikroskopu ve vodním okně, byly bezesporu

splněny. Z odborného hlediska tak považuji práci za jednoznačně přínosnou a užitečnou pro další výzkum, v rámci pracoviště i v širším kontextu. Jsem dále přesvědčen, že výsledky mohou být velmi významné pro další pokračování výzkumu v dané oblasti. Dizertant tak dle mého názoru zvládl danou komplexní problematiku, v celé šíři tak, že je dále schopen vlastní vědecké práce.

K předložené dizertační práci mám následující dotazy resp. připomínky, k některým z nich by se autor mohl (pokud tak již nebude učiněno v rámci vlastní prezentace) v rámci obhajoby vyjádřit:

- 1) Na úvod bych poprosil o podrobnější fyzikální komentář ke tvaru pro komplexní index lomu prostředí pro měkkou RTG oblast, viz výraz (2.2).
- 2) V části 3.2, týkající se formování obrazu pomocí aplikace Fourierovské optiky, jaký je třeba předpoklad o impulzní odezvě zobrazovacího systému, aby mohl být uplatněn konvoluční teorém (přechod rovnic (3.1) \rightarrow (3.2))?
- 3) I když se jednalo o experimentální práci, zajímal by mne autorův pohled na možnosti teoretického popisu takovýchto zkoumaných zdrojů záření, jaké jsou možnosti a využití přibližných modelů? Využívají se také numerické simulace?
- 4) Zajímalo by mne porovnání vytvořeného mikroskopu s dvěma existujícími (viz část 3.4, s. 43) v Aachenu (Fraunhofer Institute of Laser Technology, Německo), resp. na University of California v Kalifornii v USA, co se týká důležitých parametrů.
- 5) Pokud se tak již nestane během prezentace, poprosil bych o přehled dalších biologických aplikací autorem vyvinuté mikroskopie (ve vlastní práci je tomuto věnován jen závěr 5. kapitoly).
- 6) Mohl by dizertant komentovat, ze zkušeností získané v rámci této práce, jak vidí budoucnost takovýchto zdrojů, kterými se zabýval, a z nich odvozených aplikací v mikroskopii?
- 7) Konečně, plánuje student pokračovat v dané či příbuzné problematice i v rámci svého dalšího kariérního postupu? Jaké jsou jeho aktuální plány?

Závěr: Předloženou dizertační práci je možno hodnotit kladně, z odborného hlediska jako kvalitní, předpokládám také uspokojivé zodpovězení vybraných dotazů a připomínek. Lze konstatovat, že všechny stanovené cíle práce tak byly splněny. Práce jednoznačně přináší nové poznatky a je přínosná jak pro vlastní pochopení studovaných jevů, tak pro potenciální další využití. Získané výsledky tak, dle mého názoru, přispěly a přispějí k rozvoji daného oboru. **Závěrem mohu prohlásit, že předložená dizertační práce splňuje dle mého názoru všechny požadavky na tyto práce kladené příslušnými právními předpisy. Práci proto doporučuji k obhajobě a po jejím úspěšném průběhu doporučuji udělení akademicko-vědeckého titulu Ph.D.**

Ivan Richter

V Praze dne 5. listopadu 2021

doc. Ing. Ivan Richter, Dr.
České vysoké učení technické v Praze
Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská
Katedra fyzikální elektroniky
Břehová 7, 115 19 Praha 1
E-mail: ivan.richter@jfifi.cvut.cz