CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

Faculty of Electrical Engineering
Department of Physics
Technicka 2, 166 27 Prague 6

Oponentský posudek disertační práce

Název práce:	Spektroskopické studium interakcí fokusovaného svazku rentgenového laseru s hmotou	
Obor:	4f-2 Fyzika plazmatu a ionizovaných prostředí	
Autor práce:	Ing. Tomáš Burian	(MFF UK v Praze)
Vedoucí práce:	Ing. Libor Juha, CSc.	(FÚ AV ČR, v.v.i.)

Disertační práce Ing. Tomáše Buriana se zaměřuje zejména na experimentální studium interakce koherentního, krátkovlnného (extrémně ultrafialového a rentgenového) záření s pevnou látkou. Jak autor sám výstižně shrnuje na konci čtvrté kapitoly, jedná se o poměrně novou oblast výzkumu, která není zdaleka tak prozkoumána jako v případě laserů v infračervené, viditelné a blízké ultrafialové oblasti elektromagnetického spektra. Proto je každá vědecká činnost v tomto oboru vysoce aktuální a lze od ní očekávat celou řadu nových aplikací a dopadů na základní výzkum.

Disertační práce se skládá ze dvou klíčových částí. První část o rozsahu cca 50 stránek tvoří 7 kapitol včetně úvodu, závěru a seznamu použité literatury. V této první části jsou definovány cíle disertační práce, poskytnut krátký úvod do studované problematiky, popsán současný stav výzkumu, shrnuty nejdůležitější výsledky disertační práce a zmíněny náměty pro další výzkum. Jedná se o text, který dostatečně přibližuje a doplňuje druhou část práce, kterou tvoří deset nejvýznamnějších článků, na kterých se Ing. Tomáš Burian podílel a které souvisí s tématem jeho práce. Autorský podíl Ing. Buriana na jednotlivých článcích je explicitně uveden v kapitole 7 na str. 49.

První část práce byla napsaná česky, zatímco většina přiložených článků je v anglickém jazyce. Text disertační práce je prostý gramatických chyb, nicméně lze najít opakovaná nebo naopak chybějící slova, překlepy či nejasné věty, které při úpravě textu zřejmě „ztratily kontext“ (např. v podkapitole 1.1. na str. 4. se píše o „specifickém stavu hmoty“, který ale předtím není zmíněn). I přes tyto nedostatky je práce dobře srozumitelná. Z pedagogického hlediska bych autorovi vytknul pouze skutečnost, že i když se celá práce věnuje EUV, měkkému rentgenovému a rentgenovému záření, tak v ní nikde není uvedeno, jak jsou tyto jednotlivé oblasti definovány a jak se od sebe liší.

Z předložené práce je patrné, že se autor během svého doktorského studia podílel na velkém množstvím různých experimentů, které souvisely s tématem disertační práce. Přes tuto různorodost se mu podařilo spojit, popř. vybrat experimenty tak, aby tematicky spolu souvisely. Pojítkem vybraných experimentů a prací je diagnostika interakce krátkovlnného záření s látkou. Tato diagnostika byla realizována jak v různých částech elektromagnetického spektra, tak pomocí tzv. hmotové spektroskopie. Ve většině případů se jednalo o diagnostiku prováděnou během interakce s krátkovlnným laserovým impulzem. V případě Ramanovy spektroskopie a částečně i hmotnostní spektroskopie byly analyzovány vzorky až po interakci. Na základě výše uvedených metod byly získány výsledky, které výrazně přispěly k lepšímu pochopení základních fyzikálních procesů a byly publikovány v prestižních vědeckých časopisech. Za zmínku stojí měření poklesu ionizačního potenciálu v horkém a hustovém hliníkovém plazmatu. Tento pokles byl publikován v časopisech *Nature* a *Physical*

Review Letters (v práci označených jako [P3] a [P4]). Velmi významné bylo i pozorování saturované absorpce 92 eV fotonů v hliníku, které bylo prezentováno v článcích časopisů *Nature Physics* a *Physical Review Letters* (v práci označených jako [P1] a [P2]). Na těchto článcích se Ing. Burian podílel především jako člen týmu, kterému se pod vedením Ing. Libora Juhy, CSc. podařilo charakterizovat příčné rozložení intenzity zfokusovaného laserového svazku na povrchu pevné látky. Jako hlavní a korespondující autor se Ing. Tomáš Burian podílel na článcích [P6], [P8] a [P10]. Tyto články se popořadě věnují hmotnostní spektroskopii ozářeného vzorku s mikrometrickým prostorovým rozlišením (*Čes. čas. fyz.*, další článek se připravuje), nelineární radioluminiscenční odezvě scintilátorů (*Opt. Mat. Express*, Q2) a efektu síťování molekulárních řetězců v PMMA po ozáření krátkovlnným laserem (odesláno do *J. Chem. Phys.*) Autorův podíl na přípravě a provedení experimentů, zpracování a interpretaci naměřených dat, stejně jako na přípravě uvedených článků dokazují schopnost vědecké práce na špičkové mezinárodní úrovni.

Zvolené metody, postup řešení a splnění cílů vyhovují podmínkám, které jsou kladeny na disertační práci. Na práci především oceňuji velké množství schopností a dovedností, které autor prokázal v rámci svého výzkumu. Ing. T. Burian participoval na experimentu přípravou diagnostických metod, realizací experimentu a zpracováním dat. Dále se podílel na interpretaci výsledků a přípravě publikací. K tomu potřeboval nejen znalosti z fyziky laserů, fyziky plazmatu a pevných látek, ale také fyzikální chemie, radiační fyziky a radiační chemie. Během svého doktorského studia dostatečně prokázal své technické a fyzikální znalosti, experimentální zručnost, nápaditost, dovednost zpracovat a prezentovat data včetně jejich řádné publikace. Bezesporná je i jeho schopnost pracovat v širším vědeckém kolektivu s mezinárodní účastí.

Předložená disertační práce byla vypracována v rámci rozsáhlého mezinárodního výzkumu na unikátních zdrojích koherentního extrémně ultrafialového a rentgenového záření FERMI (Terst), FLASH (Hamburg), LCLS (Standford, CA), PALS (Praha) a SCSS (Osaka). Práce podstatně přispívá k hlubšímu pochopení interakce tohoto krátkovlnného záření s látkou. Toto poznaní je klíčové pro využití těchto zdrojů v dalším základním výzkumu a v aplikacích.

V rámci obhajoby disertační práce bych se rád Ing. T. Buriana zeptal na následující otázky:

1. Přínosem článků [P1-P4] je charakterizace příčného rozložení intenzity zfokusovaného laserového svazku. Na tomto výsledku se podílela celá skupina Ing. Libora Juhy, CSc. Můžete blíže specifikovat svůj podíl na zmíněném přínosu?
2. Na str. 7 a 20 autor vysvětluje poměrně malé zastoupení vícenásobných iontů v časově integrálním viditelném spektru, které emitoval vzorek po interakci s femtosekundovým zdrojem záření. K vysvětlení tohoto jevu autor používá izochorický ohřev a fakt, že optické spektrum dává kvůli vysoké absorpci fotonů informaci o tenké povrchové či podpovrchové vrstvě. Samo o sobě toto ale ještě nevysvětluje, proč je takto určená teplota povrchu menší než teplota určená z EUV oblasti. Mj. článek [P5] naopak nemluví o tenké povrchové vrstvě, ale o expandujícím plazmatu, které má vnitřní teplotu vyšší než je na povrchu. Jaká je tedy v současnosti nejpravděpodobnější interpretace rozdílných teplot?

CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

Faculty of Electrical Engineering
Department of Physics
Technicka 2, 166 27 Prague 6

Ze spektroskopie plazmatu je známé, že viditelná oblast dává prakticky vždy nižší teplotu než rtg. spektra. Volbou spektrální oblasti časově integrálního spektra si totiž vybíráme prostorovou oblast a čas, v kterém plazma emituje. Při interpretaci výsledků tedy musíme vzít v úvahu nejen skutečnost, že v optické oblasti vidíme především okraj plazmatu s nižší teplotou, ale také to, že plazma ve viditelné oblasti září déle, a proto se v časově integrálním spektru projeví pozdější časy, kdy je teplota nižší. Pokud by to samé platilo i pro interpretaci experimentů v článku [P5], jaká je relevance izochorického ohřevu v případě femtosekundové interakce a viditelného spektra?

3. Článek [P10], kde je T. Burián hlavním autorem, byl odeslán k publikaci do *J. Chem. Phys*. Jaký je aktuální stav tohoto recenzního řízení?

Závěrem konstatuji, že disertační práce jednoznačně prokazuje schopnost autora samostatné vědecké činnosti a obsahuje velké množství původních vědeckých výsledků, na kterých měl Ing. T. Burian podíl. S radostí proto **disertační práci doporučuji k obhajobě.**

V Praze, dne 25. srpna 2019

prof. Ing. Daniel Klír, Ph.D.
FEL ČVUT v Praze

CTU in Prague
Faculty of Electrical Engineering
Department of Physics
Technicka 2
166 27 Prague 6

phone.: (+420) 224 352 312
fax: (+420) 233 337 031
www.fel.cvut.cz/en/

bank: KB Prague 6
account Nr.: 19-5504540257
bank sorting code: 0100
IBAN CZ9401000000195504540257