

## **Posudek na disertační práci – Michal BITTNER – Ablace materiálů fokusovaným zářením XUV laserů**

### **A) Zvolené téma disertační práce, její aktuálnost a struktura**

Disertační práce se zabývá lasery emitujícími na vlnových délkách kratších než 100 nm a jejich aplikací pro laserovou ablací. Práce se skládá z úvodních kapitol, týkající se shrnutí současného stavu experimentálních možností, podrobného popisu využitých metod měření, dále pak z kapitol věnovaných originálním experimentálním a interpretačním pracím. Přiloženo je celkem 8 původních článků, ve kterých je pan M. Bittner 3-krát prvním autorem. Jedná se o 6 originálních příspěvků do odborných časopisů a o dva příspěvky do sborníků mezinárodních konferencí. Tyto publikace ukazují na neobyčejně vysokou kvalitu předkládané práce, ale protože se jedná o publikace většinou velkého počtu autorů, bylo by vhodné specifikovat podíl doktoranda na prováděných výzkumech. V kapitole 5 doktorand vysvětluje svůj podíl na prováděných experimentech, ale pro posouzení celé předkládané práce je určitě důležité jeho podíl ještě jednou jasně specifikovat. Navíc XUV ablace křemíku nanosekundovým zářením 46.9 nm laseru ještě nebyly vůbec publikovány. Časopisy, ve kterých jsou výsledky práce doktoranda publikovány, mají především fyzikální charakter a tzn., že především fyzici a možná i chemici jsou potenciálními uživateli prezentovaných výsledků. Práce předkládá srovnání XUV ablace s dlouhovlnnou ablací (UV,VIS,IR). Jsou vysvětleny změny, které přináší do ablace použití XUV laserů. Jedná se o změny, které se týkají základních mechanismů interakce záření s hmotou. Jsou vysvětleny principy některých typů XUV laserů, a to lasery emitující z horkého hustého plazmatu, lasery na volných elektronech a svazky vysokých harmonických frekvencí. Tyto typy laserů jsou diskutovány z hlediska přístrojového i z hlediska možných aplikací pro ablací. XUV lasery jsou posuzovány v této práci jako možný další slibný technologický krok v laserové ablací na základě jejich úspěšné aplikaci při vytváření nanostruktur. Protože se jedná o první takové studie v ČR a i ve světě je jich jen několik, tak vybrané téma je velice cenné a aktuální. Jak úvodní, tak i výsledkové a závěrečné kapitoly jsou zpracovány velice důkladně, o čemž svědčí i rozsáhlý rozsah citované literatury (78 citovaných prací).

### **B) Cíle disertační práce a jejich naplnění**

Motivace práce je uvedena hned v úvodních kapitolách a vlastní cíle práce jsou uvedené ve 4. kapitole. Těžiště celé práce vidím v jedné z prvních systematických studií věnovaných ablací s laserovými zdroji XUV záření a vytvoření databanky analyzovaných ozářených vzorků. Bylo provedeno srovnání ablace vyvolané zářením různých XUV laserů v závislosti na jejich vlnové délce, fluenci a délce laserového pulzu. Byly identifikovány rozdíly mezi ablací v XUV a v oblastech delších vlnových délek. Byly analyzovány kvality ablaovaných povrchů a byly hledány struktury LIPSS. Byla využita dostupná experimentální základna v oboru XUV ablace. Takže hlavní vědecký cíl práce vidím v metodickém přístupu k posuzování metod XUV laserové ablace.

### **C) Zvolené metody práce**

Zvolené metody práce byly silně závislé na stanovených cílech. Metody se týkaly především rozsáhlého záběru z hlediska experimentálních technik a přístrojového vybavení. Z toho vyplývá, že doktorand musel zvládnout práci po metodické stránce na vysoké profesionální úrovni. Svědčí o tom nakonec v ČR jedna z prvních metodických studií o XUV laserové ablací. Předpokládám, že

experimentální práce na různých XUV laserových systémech a interpretace experimentálních dat musela doktorandovi spotřebovat značnou část jeho odborných a časových rezerv při dokončování této práce. Proto bych rád tuto část jeho práce vyzdvihl a ocenil.

#### **D) Výsledky práce**

Výsledky práce jsou zpracovány v několika závěrečných kapitolách. Ze shrnutí výsledků je zřejmé, že doktorand v podstatné míře přispěl k finální studii XUV laserové ablace a provedl celou řadu původních měření.

K výsledkové části práce nemám žádné zásadnější připomínky. Mám jen několik dotazů spíše obecnějšího charakteru:

1. Termální jevy mají podstatně menší roli při použití XUV laserového záření především u organických polymerů, ale přesto určitě jistý vliv mají, jak tyto rozdíly vysvětlit ?
2. Jak lze popsat kvalitativní rozdíly při ablaci XUV a dlouhovlnným zářením ? Jaký je podstatný rozdíl v mechanismu interakci záření s hmotou ?
3. Jakou roli při XUV ablaci hrají nelineární jevy ?
4. Mohl by doktorand porovnat roli molekulární a atomové absorpce v případě XUV laserové ablace v souvislosti s použitými vzorky ?
5. Jaký je vliv optických vlastností XUV záření na ablaci ?
6. Jaký je přínos předkládané metodiky pro výzkum interakce záření s hmotou, popř. s jednotlivým atomem či molekulou.
7. V kterých případech ablace se projevuje Kelvin-Helmholtzova nestabilita a kvalitativně kdy se projevují v podstatě hydrodynamické vlastnosti kapalné fáze vzorku při ablaci ?
8. Provedené studie bezesporu přispějí k rozvoji výzkumu interakce záření s hmotou, rád bych znal doktorandův názor na přínos této metodiky k rozvoji materiálových technologií.

#### **E) Přínos pro další rozvoj vědy**

Provedené studie XUV laserové ablace a publikováním prvních výsledků vstoupil doktorand do diskuse a zároveň i do konfrontace s mezinárodní vědeckou komunitou. Tím rozhodně přispěl k rozvoji vědního oboru, ve kterém pracuje.

#### **G) Závěrečné vyjádření**

Na základě podrobného posouzení předložené disertační práce mohu konstatovat, že doktorand jednoznačně prokázal samostatně vědecky pracovat a doporučuji disertační práci k obhajobě podle studijního a zkušebního řádu doktorského studijního programu na UK MFF Praha.

V Praze, dne 7.8.2007

Ing. Zdeněk Zelinger, CSc.  
(Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR)  
oponent práce

