

Posudek na doktorskou disertační práci Michala Bittnera „Ablace materiálů fokusovaným zářením XUV laserů“

Disertační práce se zabývá velmi aktuálním a perspektivním tématem. Zatímco ablace zářením laserů v infračervené, viditelné a blízké ultrafialové oblasti je zkoumána řadu let a je tudíž poměrně dobře známa, výzkum ablace zářením o kratší vlnové délce v současné době teprve začíná. Tyto vlnové délky jsou nepochybně velmi zajímavé jak z hlediska fyziky interakce vzhledem k velké energii fotonů dopadajícího záření, tak i z hlediska aplikací, neboť krátká vlnová délka záření umožňuje vytvářet povrchové struktury s podstatně kratší periodou. Studium ablace XUV zářením je nyní umožněna existencí nových unikátních intenzivních zdrojů v dané vlnové oblasti. Pro studium ablace využil disertant 4 intenzivních zdrojů koherentního XUV záření – laser na volných elektronech TTF1 v laboratoři DESY v Hamburku; laser na neonu-podobných iontech zinku v laserem generovaném plazmatu v laboratoři PALS v Praze, laser na neonu-podobných iontech argonu v plazmatu kapilárního výboje na Coloradské státní univerzitě ve Fort Collins, USA a svazek vysokých harmonických generovaný femtosekundovým titan-sařirovým laserem v plynu (xenon). Navíc bylo použito nekoherentní záření z laserem ozářeného plynu z trysky (gas jet) v laboratoři PALS v Praze.

Disertační práce se sestává ze 7 kapitol, přiloženo je 8 prací [A1-A8], jejichž spoluautorem je disertant. V úvodní kapitole je podán stručný popis procesu ablace, jsou zmíněny použité zdroje koherentního XUV záření. Druhá kapitola je věnována popisu dobře známé ablace dlouhovlnným zářením, autor podává přehled základních fyzikálních mechanismů ablace a objasňuje vznik laserem indukovaných periodických povrchových struktur (LIPSS). Ještě podrobněji jsou uvedené procesy popsány v přiloženém přehledovém článku [A1]. Ve třetí kapitole disertant stručně popisuje metody generace koherentního XUV záření, popisuje mechanismy interakce krátkovlnného záření s látkou a uvádí přehled prací, zabývajících se ablací pomocí XUV záření. Z těchto kapitol vyplývá, že disertant je velmi dobře seznámen se současným stavem problematiky a výborně se v ní orientuje.

Ve čtvrté kapitole jsou snad až příliš stručně uvedeny cíle disertace. V páté kapitole jsou popsány použité zdroje koherentního XUV záření. Jsou zde též stručně popsány metody, které disertant používal pro studium povrchů poškozených intenzivním XUV zářením. Je třeba ocenit, že disertant používal řadu moderních metod a že pro některé i vyvinul doplňující software pro měření požadovaných veličin. Jsou zde i vyjmenovány použité vzorky ozařovaných materiálů.

Jádrem práce je šestá kapitola, která shrnuje výsledky studia. Zatímco přiložené práce [A2-A8] jsou uspořádány podle zdroje záření, tato kapitola je uspořádána podle ozařovaného materiálu. V odstavci 6.1 jsou popsány výsledky ablace křemíku, kde je charakter ablace podobný jako pro ablací dlouhovlnným zářením. Výsledky jsou někdy prezentovány příliš popisně, např. str. 41 „v mělké části kráteru i poměrně daleko za jeho hranicemi“. V části 6.2 jsou popsány výsledky XUV ablace organických polymerů. Autor dochází k závěru, že ablace těchto materiálů je netepelná a vyznačuje se vysokou reprodukovatelností. Odstavec 6.3 je věnován vzniku LIPSS a obsahuje hlavně analýzu, proč u použitých zdrojů záření LIPSS struktury 1.druhu většinou nevznikají. Chtěl bych se zeptat, proč platí věta „Délka pulsu a koherentní délka pravděpodobně ztrácí na důležitosti, pokud je akumulováno více pulsů“ (rozhraní str. 45 a 46). Odstavec 6.4 je věnován analýze vlivu délky pulsu na XUV ablací. Tato analýza je zde poměrně obtížná, protože u použitých zdrojů se s odlišnou délkou pulsu mění i vlnová délka. Je zmíněna zajímavá unikátní metodika vyvinutá v práci [A5], která toto srovnání umožňuje prostřednictvím teoretické analýzy problému pomocí kódu ABLATOR. V odstavci 6.5 je zkoumán prakticky významný problém poškození vrstev amorfního uhlíku,

kteře by měly sloužit jako pokrytí povrchu zrcadel v krátkovlnných laserech na volných elektronech. Ke kapitole 6 je třeba poznamenat, že jde jen o velmi stručný popis výsledků a pro detailní informace je nutno nahlédnout do přiložených publikací. V závěru jsou stručně zmíněny důsledky autorových výsledků pro praktickou aplikaci XUV ablace.

Práce je napsána velmi stručně, ale bez vážnějších chyb. Má i dobrou grafickou úpravu.

K práci mám tyto obecné připomínky:

- 1) U práce tohoto charakteru by bylo vhodné připojit kapitolu, kde by prezentoval stručný obsah přiložených původních prací a přesněji specifikoval svůj podíl tam, kde jde o výsledek práce většího množství spoluautorů. U těchto prací je existence silného tvůrčího týmu velkou výhodou, ale k posouzení kvalifikace disertanta je podrobný popis přínosu autora k metodice a výsledkům kolektivních prací potřebný.
- 2) Posouzení práce by usnadnilo, kdyby autor shrnul své základní nové výsledky a svůj přínos k vědeckému poznání do jedné krátké podkapitoly.

Domnívám se ale, že přínos disertanta k přiloženým pracím byl podstatný a jeho detailní objasnění lze ponechat na obhajobu.

K práci mám ještě některé drobnější připomínky:

- a) Na str. 11 je uveden vzorec (2.2) bez uvedení a popisu symbolů. Navíc se domnívám, že symbol α zde označuje úhel dopadu laseru, ač na téže stránce je pro úhel dopadu zaveden symbol θ .
- b) Na straně 15 je uvedeno tvrzení, že srážková absorpce roste s parametrem $I\lambda^2$. Je to správné? A kdy? Při velkých intenzitách totiž srážková absorpce klesá při zvětšování uvedeného parametru.

Přes uvedené připomínky se na základě předložené práce a přiložených publikací domnívám, že se autor velmi dobře orientuje v problematice laserové ablace, získal kvalifikaci v oblasti experimentálního studia poškození povrchů materiálů intenzivním zářením a dokáže interpretovat získané experimentální výsledky. Proto doporučuji přijetí předložené doktorské disertační práce k obhajobě. Pokud autor při obhajobě prokáže svou vědeckou kvalifikaci, doporučuji udělení vědecké hodnosti PhD.

Praha, 13. srpna. 2007



Ceské vysoké učení technické v Praze