

Posudek školitele doktorské disertační práce Ing. Martina Albrechta, „Laserem generované zdroje koherentního krátkovlnného záření a jejich aplikace“

Doktorská disertační práce je věnována studiu částečně koherentních laboratorních zdrojů XUV záření generovaných pomocí laserů a bezčočkové mikroskopii v této spektrální oblasti. Experimentální část práce byla provedena jednak v Badatelském centru PALS AV ČR v Praze, kde probíhaly experimentální verifikace nových metod určení koherenčních vlastností plazmových rentgenových laserů, tak i v centru ELI Beamlines v Dolních Břežanech, kde se autor podílel na zprovoznění zdroje vysokých harmonických frekvencí a s tímto zdrojem provedl pilotní experimenty bezčočkového zobrazování.

Text práce je rozdělen do devíti kapitol, z čehož první a poslední kapitoly jsou úvodem a závěrem disertace. Druhá kapitola obsahuje přehled částečně koherentních zdrojů krátkovlnného záření. Autor v ní stručně představuje princip fungování velkých zařízení, jakými jsou synchrotrony a lasery na volných elektronech, i kompaktnější laserem generované zdroje, konkrétně plazmové rentgenové lasery a generaci vysokých harmonických frekvencí v plynech, které využil pro své experimenty.

Třetí kapitola je věnována teorii koherence elektromagnetického záření a způsobům modelování šíření světla ve volném prostoru. Tato kapitola tedy představuje teoretické základy celé disertační práce.

Ve čtvrté kapitole se autor zabývá časovou koherencí plazmového rentgenového laseru (niklu-podobného Mo zářícího na vlnové délce 18,9 nm) a ukazuje, že z měření intenzitní statistiky spekl obrazce tohoto laseru lze odhadnout délku pulzu. Dále ukazuje, jak se podélná koherence a délka pulzu vyvíjí při šíření aktivním prostředím.

Pátá kapitola se věnuje principům bezčočkového zobrazování a představuje základní přehled výpočetních algoritmů pro rekonstrukci obrazu při koherentním difrakčním zobrazování i při tzv. ptychografii.

Šestá kapitola představuje inovativní metodu měření prostorové (příčné) koherence jiného typu plazmového rentgenového laseru (neonu-podobného Zn laseru, emitujícího záření o vlnové délce 21,2 nm). Tato metoda založená na určení kompletní koherenční funkce z jediného difrakčního obrazce, který vznikl průchodem svazku speciálně navrženou binární maskou s několika aperturami, ukázala, že prostorová koherence takového svazku může být jednoznačně charakterizována v jediném výstřelu laseru a to bez většiny omezujících předpokladů, které využívají jiné dosud známé metody.

Sedmá kapitola pak popisuje zdroj vysokých harmonických frekvencí na ELI Beamlines, na jejímž zprovoznění se autor významně podílel a kterou využil pro experimentální testování bezčočkových zobrazovacích metod, které je diskutováno v kapitole osmé. Zde autor představuje výsledky z koherentního difrakčního zobrazování s monochromatickým XUV zářením v jediné expozici i skenovací ptychografické zobrazení vzorku s polychromatickým zářením.

Disertace v sobě zahrnuje i ucelenou bibliografii obsahující odkazy na všechny relevantní publikace. Je připojen seznam autorových článků v recenzovaných časopisech i příspěvků na mezinárodních konferencích.

Práce je napsána přehledně a srozumitelně, s poměrně dobrou angličtinou. V některých případech bych uvítal větší provázanost jednotlivých podkapitol.

Zásadních přínosů autorovy práce vidím hned několik. V první řadě bych rád vyzdvihl novou metodu určení prostorové koherence svazku rentgenového laseru v jediném výstřelu. Publikace shrnující tuto práci je sice v době odevzdání disertace teprve na počátku recenzního řízení, věřím ale, že se jí podaří publikovat v jednom z prestižních oborových časopisů a vyvolá silný ohlas odborné komunity. Metoda určení délky pulzu jiného typu plazmového rentgenového laseru publikovaná v časopise Optics Letters je dalším výrazným studentovým příspěvkem odborné komunitě. Výsledky experimentální realizace bezčočkového zobrazování zatím sice nebyly připraveny pro časopiseckou publikaci, dokazují ale autorovu připravenost se touto problematikou zabývat na světové úrovni a dále tuto oblast rozvíjet.

Přes drobné stylistické nedostatky se domnívám, že práce reprezentuje velké množství výsledků s významným příspěvkem celé vědecké komunitě zabývající se zdroji krátkovlnného záření a jejich aplikacemi. Předpokládám, že v době obhajoby bude i článek plynoucí z kapitoly 6, jakožto nejvýznamnější výsledek celé disertace, přijat k publikaci v jednom z prestižních vědeckých časopisů.

Domnívám se, že předložená doktorská disertační práce dostatečně dokládá píli, znalosti a experimentální i teoretické schopnosti autora. Disertace dle mého názoru splňuje a v některých aspektech převyšuje nároky kladené na tento typ práce, proto ji doporučuji k obhajobě a domnívám se, že po úspěšné obhajobě může být autorovi udělen titul Ph.D.

V Praze dne 26.08.2023

doc. Ing. Ladislav Pína, DrSc.
školitel