

## **Posudek školitele na doktorskou disertační práci Ing. Sebastiana Lorenze „Development of gas targets for laser-driven electron acceleration“**

Ing. Sebastian Lorenz absolvoval doktorské studium ve spolupráci FJFI ČVUT v Praze s laboratoří ELI-Beamlines ERIC v Dolních Břežanech, kde ho vedl Dr. Gabriele Maria Grittani, kterému bych rád vyjádřil své velké poděkování, V průběhu studia absolvoval stáž v Kansai Institute for Photon Science v Japonsku.

Předložená disertace je věnována celému komplexu vývoje plynových terčů pro urychlování elektronů ultrakrátkými laserovými impulsy. Disertantův příspěvek zahrnuje jak numerické simulace proudění plynů, tak optickou diagnostiku parametrů plynových terčů a dále návrhy a konstrukci inovativních systémů pro vytváření plynového terče ve vakuové komoře a prezentuje i výsledky aplikace těchto terčů v urychlovacích experimentech.

Práce se skládá z úvodu, šesti kapitol a závěru. V první kapitole autor prezentuje principy laserového urychlování elektronů brázdovou vlnou (LWFA – Laser Wakefield Acceleration), podává přehled injekce elektronů do brázdové vlny a podává souhrn teoretických požadavků na plynové terče, které konkretizuje pro dva laserové systémy (kHz TW laser L1-Allegro a 10 Hz PW laser L3-HAPLS) v laboratoří ELI-Beamlines. Druhá kapitola popisuje současný stav technologie vytváření plynových terčů a její technologická omezení. První část třetí kapitoly je věnována metodám numerických simulací používaných pro vývoj plynových terčů, vedle klasické počítačové fluidní dynamiky, která není vhodná v případě velkých Knudsenových čísel, autor používá i kinetickou metodu „Přímé Monte Carlo simulace“ (DSMC – Direct Simulation Monte Carlo). Druhá část je věnována interferometrickému a tomografickému měření profilů hustoty plynu v plynových terčích. Je zde popsán i inovativní čtyřprůchodový interferometr, na jehož vývoji v laboratoří ELI-Beamlines se autor podílel. Dále je popsána metodika tomografické rekonstrukce, kde autor vyvinul nový algoritmus FARM (Filtered Algebraic Reconstruction Method), vhodný pro rekonstrukci třídimensionálního rozložení hustoty z malého počtu projekcí. Čtvrtá kapitola prezentuje metodu zkrácení impulsu sondovacího laseru, na jejíž vývoji se disertant podílel a která zlepšuje prostorové rozlišení interferometrické diagnostiky procesu urychlování LWFA metodou. Pátá kapitola popisuje šest systémů plynových terčů vyvinutých disertantem pro laserové urychlovací experimenty. Šestá kapitola popisuje dvě vyvinutá experimentální uspořádání pro dva různé laserové systémy v laboratoří ELI-Beamlines a prezentuje výsledky prvotních experimentů na nich. V závěru je shrnut celý proces vývoje plynových terčů a jejich implementace do laserových urychlovacích experimentů.

Disertační práce obsahuje 102 stran a 105 odkazů na literaturu. Práce je psána v angličtině, jazyková úroveň je dle mého názoru velmi dobrá, počet překlepů a drobných nedostatků je minimální. Výsledky jsou dobře dokumentovány obrázky a grafy. Výklad je přehledný a jasný. Citace odrážejí současný stav znalostí, jsou relevantní, citování je zcela korektní.

Disertant v průběhu studia publikoval část výsledků v prestižních impaktovaných časopisech, je prvním autorem 2 článků a spoluautorem dalšího článku. Dále je prvním autorem jednoho článku a spoluautorem dalšího článku, které jsou v současné době v recenzním řízení. Je i spoluautorem publikovaného návrhu patentu.

Disertační práce popisuje celý proces návrhu a konstrukce plynových terčů pro generaci elektronových svazků urychlovaných laserem, včetně interferometrického měření profilu hustoty plynu a aplikace plynových terčů v experimentu. V každé oblasti obsahuje originální výsledky, které autor získal v průběhu doktorského studia. Na základě numerických simulací autor volí konfigurace pro vytváření plynových terčů tak, aby vznikl hustotní profil optimální pro LWFA urychlování a injekci elektronů do brázdové vlny daným laserovým impulsem. Přesnost předpovědi numerických simulací je pak ověřena interferometrickými metodami, kde se autor podílel na návrhu nového konceptu čtyřprůchodového interferometru, vyvinutého na ELI-Beamlines. Pro tomografickou rekonstrukci profilu hustoty z malého počtu projekcí disertant vyvinul novou speciální metodu. Navrhl a zkonstruoval několik systémů generace plynových terčů, z nichž inovativní kombinace plynové trysky a plynové cely je v současné době v patentovém řízení. Autor se podílel na návrhu a konstrukci koncových stanic ALFA a ELBA pro LWFA urychlovací experimenty na dvou různých laserech v laboratoří ELI-Beamlines. Autor se podílel na prvotních experimentech na těchto stanicích

využívajících jím vyvinuté systémy plynových terčů. Na terawattovém laseru L1-Allegro byla dosažena energie elektronů 50 MeV, která je dosud nevyšší energií dosaženou při urychlování laserem s opakovací frekvencí 1 kHz.

Disertant pracoval velmi samostatně a iniciativně. Předkládaná doktorská disertační práce podle mého názoru přesvědčivě dokládá píli, znalosti, experimentální i teoretické schopnosti disertanta a jeho schopnost samostatné vědecké práce na vysoké úrovni. Práce nejen splňuje, ale i podstatně překračuje požadavky kladené na doktorskou disertační práci. Proto práci doporučuji k obhajobě a domnívám se, že po úspěšné obhajobě může být autorovi plným právem udělen titul Ph.D.

V Praze 20. února 2024

prof. Ing. Jiri Limpouch, CSc.  
školitel