

Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě
Univerzity Karlovy

- posudek vedoucího posudek oponenta
 bakalářské práce diplomové práce

Autor/ka: Bc. Marcel Lamač
Název práce: Laserem buzené zdroje rentgenového záření pro zobrazování
Studijní program a obor: Fyzika, Optika a optoelektronika [FOOE]
Rok odevzdání: 2020

Jméno a tituly vedoucího/opponenta: RNDr. Martin Kozák, Ph.D.
Pracoviště: Katedra chemické fyziky a optiky, MFF UK
Kontaktní e-mail: kozak@karlov.mff.cuni.cz

Odborná úroveň práce:

- vynikající velmi dobrá průměrná podprůměrná nevyhovující

Věcné chyby:

- téměř žádné vzhledem k rozsahu přiměřený počet méně podstatné četné závažné

Výsledky:

- originální původní i převzaté netriviální kompilace citované z literatury opsané

Rozsah práce:

- veliký standardní dostatečný nedostatečný

Grafická, jazyková a formální úroveň:

- vynikající velmi dobrá průměrná podprůměrná nevyhovující

Tiskové chyby:

- téměř žádné vzhledem k rozsahu a tématu přiměřený počet četné

Celková úroveň práce:

- vynikající velmi dobrá průměrná podprůměrná nevyhovující

Slovní vyjádření, komentáře a připomínky vedoucího/oponenta:

V této práci se autor Bc. Marcel Lamač zabývá numerickými výpočty dynamiky plazmatu a související generace rentgenového záření při interakci krátkých laserových pulzů s vysokou špičkovou intenzitou v relativistické oblasti a plazmatem tvořeným ionizovaným plynem. Po stručném úvodu do problematiky se autor v prvních dvou kapitolách věnuje shrnutí relativistické elektrodynamiky, fyziky interakce plazmatu se silnými elektromagnetickými poli a generace záření urychlovanými relativistickými částicemi. Tato část rešeršní část práce je velice hezky didakticky poskládána a poskytuje čtenáři přehled a odvození vztahů důležitých pro následující numerické výpočty. Rád bych také vyzdvihl autorovu schopnost delší a náročnější matematické pasáže přesunout do Appendixů, což napomáhá plynulému toku textu práce. Ve třetí kapitole autor popisuje numerické simulace relativistické dynamiky elektronů v plazmatu pomocí metody particle-in-cell a původní výsledky numerických výpočtů generace betatronového záření pro experimentální parametry, které budou v budoucnu aplikovány v centru ELI Beamlines pomocí laseru L3. Výpočty jsou založeny na použití již existujícího kódu, který autor upravil, čímž umožnil extrahovat trajektorie vybraných elektronů z objemných dat získaných particle-in-cell modelováním. Z těchto trajektorií autor posléze numericky spočetl spektrální a prostorové rozložení generovaného rentgenového záření pro tři různé hustoty plazmatu. Ve čtvrté kapitole je potom popsáno experimentální uspořádání betatronového rentgenového zdroje, jehož návrhem se autor zabýval. V poslední kapitole jsou stručně popsány možnosti využití tohoto zdroje pro pokročilé zobrazování v rentgenové oblasti spektra.

Tato diplomová práce má nadstandardní rozsah s celkovým počtem 124 stran doplněných o 94 citací použité literatury. Po formální stránce je práce na velice dobré úrovni a obsahuje přiměřené množství tiskových chyb (např. v části 1.2.1 jsou otočená znaménka nerovností u Keldyshova parametru popisujícího přechod mezi poruchovou a neporuchovou ionizací; jednotky z-ové komponenty pole v grafu 3.21 (a)-(d) by pravděpodobně měly být GV/m, stejně jako v 3.7 a 3.11). Dosažené výsledky ukazují autorovo detailní pochopení studované problematiky, díky němuž byl schopen z netriviálních dat produkovaných numerickými simulacemi získat kvalitativní odhad intenzity a spektrálního složení generovaného betatronového záření. Domnívám se, že tato práce bohatě splňuje požadavky na tento typ práce a proto ji doporučuji k obhajobě.

Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze:

- 1) Na straně 98 autor odhaduje použitelnost rentgenového zdroje založeného na betatronovém záření pro zobrazování ze spočtených spektrálních hustot výkonu. Mohl by autor detailněji popsat, jakým způsobem byl tento odhad spočten? Jaký poměr signálu k šumu a jaké prostorové rozlišení lze při single-shot zobrazování přibližně očekávat?
- 2) Autor popisuje, že v numerickém modelu byla použita translační symetrie, tedy že dynamika elektronů v plazmatu byla řešena ve 2D. Důvodem je přibližně o dva řády menší náročnost na výpočetní čas. Jaké byly typicky výpočetní nároky na provedení jedné PIC simulace s parametry použitými v práci a jaká je výpočetní náročnost v případě analýzy generovaného záření?
- 3) Výsledky výpočtů prostorového rozložení generovaného betatronového záření z trajektorií elektronů jsou prezentovány ve 2D obrázcích (obr. 3.14(a), 3.16(a), 3.17(a) a další), v nichž y-ová osa odpovídá úhlu ϕ , který určuje směr vyzářeného paprsku v rovině x-y. Nicméně, numerické simulace jsou provedeny ve 2D a ve směru y je uvažována translační symetrie všech fyzikálních veličin. Laserový pulz je uvažován s polarizací ve směru x, z čehož vyplývá, že na elektrony by ve směru y neměla působit žádná síla. Má rozložení vyzářeného světla jako funkce úhlu ϕ v tomto případě nějaký fyzikální smysl nebo se jedná pouze o numerický artefakt a ve skutečnosti je v tomto směru rozložení popsáno delta funkcí?

4) Dynamika plazmatu během PIC simulací v případě vysoké hustoty vykazuje známky částečně stochastického chování. Jaká je typicky stabilita generovaného spektra a celkové energie v pulzu v rentgenové oblasti betatronového zdroje založeného na urychlování elektronů v plazmatu? Jaká bude přibližně časová střední hodnota spektrální hustoty výkonu plánovaného betatronového zdroje (vystředovaná přes čas delší než perioda mezi dvěma následujícími pulzy) ve srovnání s typickým synchrotronovým zdrojem rentgenového záření poslední generace?

Práci

doporučuji

nedoporučuji

uznat jako diplomovou/bakalářskou.

Navrhuji hodnocení stupněm:

výborně velmi dobře dobře neprospěl/a

Místo, datum a podpis vedoucího/opponenta:

12.6.2020