

Impulsų formavimo metodai efektyviam jonų generavimui: dažnio keitimas, koherentinis pluoštų kombinavimas ir kontrasto gerinimas

Lazerinis jonų greitinimas jau beveik tris dešimtmečius yra viena pagrindinių lazerio ir medžiagos sąveikos tyrimų krypčių. Ši technologija pasižymi keliomis eilėmis didesniu greitinimo gradientu nei tradiciniai radijo dažnio (RF) greitintuvai. Dėl to lazeriniai jonų greitintuvai laikomi perspektyvia technologija kompaktiškų, stalinių greitintuvų kūrimui, kurie galėtų būti plačiai taikomi medicinoje, medžiagų moksle ir branduolinėje pramonėje. Šiuo metu pagrindiniai praktinio tokių greitintuvų įgyvendinimo iššūkiai yra mažas lazerio energijos perdavimo jonams efektyvumas bei nepakankamas kilovatinė vidutinė galios lazerinių sistemų laikinis kontrastas.

Per pirmuosius tyrimų dešimtmečius atlikti eksperimentai padėjo atskleisti jonų greitinimo fizikinius mechanizmus ir nustatyti pagrindinius reikalavimus lazerio impulsams. Naujausi eksperimentiniai rezultatai rodo, kad lazerio impulso ir jonų pluošto sąveikos efektyvumas gali būti ženkliai padidintas, jei lazerio impulso savybės yra tiksliai pritaikomos konkrečiai taikinio medžiagai bei jos storiui.

Šis doktorantūros projektas skirtas optinių lazerio impulsų formavimo metodų kūrimui, siekiant padidinti energijos perdavimo iš lazerio impulso į jonų pluoštą efektyvumą. Impulsų formavimas pirmiausia apima aukšto laikinio kontrasto užtikrinimą, taip pat dažnio konversiją, dviejų spalvų spindulių generavimą, efektyvų impulsų dalinimą ir koherentinį jų sujungimą bei laikinį impulsų formavimą. Nors dalis šių reiškinių yra plačiai žinomi ir taikomi maždaug 1 μm bangos ilgio lazerio impulsams, kelių ciklų vidutinio infraraudonojo diapazono impulsų srityje jie tebėra menkai ištirti. Be to, ypatingas dėmesys turi būti skiriamas lazerio impulsų laikinojo kontrasto užtikrinimui.

Darbas prasidės impulsų formavimo modulio koncepcijos projektavimu, paremtu plazmos fizikos reikalavimais, o vėliau bus atliekamas jų modeliavimas ir eksperimentinis patvirtinimas.

Pulse conditioning methods for efficient ion generation, including frequency conversion, coherent beam combination, and contrast improvement

Laser ion acceleration has been in the focus of laser-matter interaction studies for almost three decades. It offers a few orders of magnitude higher acceleration gradient than conventional, RF accelerators. Hence, they may be a viable technology for the production of table-top ion accelerators, to be used widely in everyday life especially in medicine, material researches, and nuclear industry. Currently, the bottlenecks in the development of practical laser ion accelerators are the low efficiency of laser-to-ion energy conversion, and the temporal contrast of kW average power laser systems.

The experiments from the first decades revealed the physics of ion acceleration, including requirements for the laser pulses. Recent experimental series suggest that the laser-to-ion beam coupling can be significantly enhanced if the laser pulse properties are tailored for the actual target material and thickness.

This PhD project focuses on the development of optical techniques of conditioning of laser pulses for the increase the efficiency of energy transfer from the laser pulse to the ion beam. These conditioning means, first of all, ensure that the laser pulse have high temporal contrast, then frequency conversion and two colour beam generation, efficient pulse splitting and coherent combination, and temporal shaping. Although part of these phenomena are widely known and used for laser pulses around 1 micron, but largely unexplored for few-cycle, mid-infrared laser pulses. Besides, special care needs

to be taken for the temporal contrast of the laser pulses. The work shall start with the conceptual design of the pulse conditioning units based on plasma physic requirements, then modelling and experiental proofs.