

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Jarosława Domańskiego pt. „Numeryczne modelowanie laserowej generacji intensywnych wiązek jonowych”.

Temat recenzowanej rozprawy doktorskiej związany jest jednym z najbardziej frapujących przedsięwzięć współczesnej nauki i technologii, które zmierza do zbudowania akceleratora cząstek naładowanych w oparciu o technikę laserową. Dzięki ogromnemu postępowi mierzonemu zarówno intensywnością ($\sim 10^{21}$ W/cm²), mocą (Tera i Peta Waty), jak i ekstremalnie krótkimi czasami trwania (\leq ps) uzyskiwanych impulsów laserowych szansa zbudowania akceleratora laserowego staje się coraz większa. Impulsy o takich parametrach oddziałując z materią wywołują liczne, nie w pełni zbadane dotąd zjawiska fizyczne, w tym akcelerację cząstek. Aby wyprodukować wiązki prędkich jonów o założonych parametrach należy przede wszystkim zbadać jak zależą one od charakterystyk impulsu laserowego (jego przebiegu w czasie – natężenia i mocy, długość fali i polaryzacji światła laserowego, rozmiaru ogniska itp.) a także od parametrów użytej tarczy (jej kształtu i grubość, składu chemicznego, warstwowości itp.). Można więc powiedzieć, że laserowa technika akceleracji cząstek, pomimo uzyskiwanych postępów, wymaga jeszcze wielu prac badawczy zarówno teoretycznych jak i eksperymentalnych. W prezentowanej pracy doktorskiej przedstawiono numeryczną symulację akceleracji laserowej, którą można wpisać w ogólnoswiatowy trend badawczy.

Przedmiotem pracy było komputerowe modelowanie i zbadanie wiązek jonów (głównie protonów) generowanych przez impulsy laserowe oddziałujące z dwoma rodzajami tarcz: lekką węglowodorową (CH) wykonaną z polistyrenu i ciężką - z wodorku erbu (ErH₃).

W pierwszym rozdziale przedstawionej pracy doktorskiej autor, na podstawie dostępnej literatury, omawia obszernie wiązek laserowej akceleracji cząstek z parametrami wiązek światła, które są/będą uzyskiwane w działających/budowanych) urządzeniach laserowych. Istotnym osiągnięciem techniki laserowej jest przede wszystkim skrócenie impulsów (do ps a nawet fs), co pozwala na uzyskanie ekstremalnie wysokich mocy (PW i TW) i natężeń (10^{20} - 10^{21} W/cm²). Autor analizuje charakterystyki przyspieszanych cząstek jakie udało się dotychczas otrzymać eksperymentalnie w wyniku oddziaływania światła laserowego z tarczami z materiałów stałych. Pokazuje zależność maksymalnej energii przyspieszonych jonów od natężenia i długości impulsów laserowych (Rys. 1.2 i 1.3), od grubości tarczy i od długości pre-impulsu, a także widma energetyczne, które były wyznaczone w różnych eksperymentach (Rys. 1.4).

W rozdziale pierwszym autor omawia fizyczne mechanizmy zaproponowane w celu wyjaśnienia istoty laserowej akceleracji. Najbardziej prawdopodobnym mechanizmem akceleracji w zakresie krótkich impulsów laserowych (≤ 1 ps) o średnich natężeniach (10^{17} – 10^{20} W/cm²) jest tzw. akceleracja TNSA (Target Normal Sheath Acceleration). Według tego scenariusza jony z tylnej powierzchni tarczy akcelerowane są przez pole elektryczne wytworzone przez prędkie elektrony. Elektrony te zostały przyspieszone w kierunku propagacji wiązki laserowej przez równoczesne działanie pól elektrycznego i magnetycznego fali światła laserowego. Elektrony, które przeniknęły przez tarczę utworzyły na jej tylnej powierzchni tzw. warstwę Debye'a charakteryzującą się ekstremalnie silnym polem E.

Dla impulsów laserowych o wyższym natężeniu (10^{21} – 10^{23} W/cm²) dominującą rolę w procesie przyspieszania jonów odgrywa mechanizm RPA (Radiation Pressure Acceleration).

