

Кумуляція іонів плазми сфокусованим кільцевим лазерним імпульсом

*І.М.Онищенко, В.А.Балакіреєв, О.М.Єгоров,
А.І.Поврозін, О.П.Толстолужський*

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут»

Розробка яскравих компактних джерел нейтронів являється актуальною проблемою сучасної ядерної фізики. Такі джерела можуть бути використані в спектроскопії кристалічних матеріалів, для ініціювання ядерних реакцій і отримання ізотопів та в інших застосуваннях.

В роботах [1,2] запропонований метод отримання нейтронів, оснований на ефекті кумуляції іонів щільної плазми під впливом кільцевого лазерного імпульсу. Суть методу полягає в наступному. Під дією пондеромоторної сили на електрони плазми відбувається розділення зарядів в радіальному напрямку. Електричне поле просторового заряду, що при цьому виникає, надає іонам плазми (наприклад, дейтеронам) радіальний імпульс, направлений до осі системи. Сильне збільшення щільності іонів в приосьовій області та їх прискорення викликає термоядерний спалах і, відповідно, інтенсивний потік нейтронів.

В даній роботі теоретично досліджений ефект кумуляції та прискорення іонів кільцевим лазерним імпульсом, що фокусується лінзою. Робота складається з двох розділів. В першому розділі досліджений процес фокусування двояковипуклою лінзою кільцевого лазерного імпульсу фемтосекундного діапазону тривалості. Показано, що в поблизу фокальної площини в результаті дифракційного розходження кільцевого хвильового пучка відбувається його перетворення в імпульс з майже гаусовим розподілом інтенсивності в поперечному перерізі. Така складна структура хвильового пучка лазерного імпульсу призводить до цілої низки особливостей процесу радіальної кумуляції та прискорення іонів лазерним імпульсом, який фокусується лінзою. Числові розрахунки проводились для наступних параметрів системи: максимальна інтенсивність лазерного імпульсу $I = 1.2 \cdot 10^{19}$ Вт/см², тривалість лазерного імпульсу $\tau_e = 400$ фс, фокусна відстань $l_f = 10$ см, мінімальний радіус сфокусованого кільцевого лазерного імпульсу $r_e = 9$ мкм, щільність плазми $n_p = 10^{20}$ см⁻³, довжина плазми $l_p = 80$ мкм. Числові експерименти показали, що в плазмі на осі формуються дві області кумуляції іонів розміром $dz = 2$ мкм, які розташовані симетрично відносно фокальної площини. З часом області кумуляції зміщуються від фокальної площини до периферії плазми. Значення коефіцієнта, який визначається як відношення щільності іонів до їх початкової щільності, з віддаленням від фокальної площини спочатку зростає, досягає максимального значення $K_{max} \approx 500$ на відстані $z = 50$ мкм, а потім поступово убуває. Радіус кумуляції $r_{cum} = 0.3$ мкм. Темп прискорення 20 ГеВ/м, а максимальна енергія іонів досягає значення близько 200 кеВ.

Робота виконана з підтримки проекту програми ЯМРТ X-849

1. G.S.Sarkisov, V.Yu.Bychenkov, V.T.Tichonchuk et al., JTP Letters, 1999, V.69, No.1, P.20
2. V.A.Balakirev, A.N.Dovbnya, A.M.Yegorov et al., Problems of Atomic Energy and Technology, 2004 No.1, Series: Nuclear Physics Investigations(42), p. 41-44.