

## Газовый источник плазмы для создания импульсного пучка коллективно ускоренных ионов

**Глумац Предраг**

*Студент (магистр)*

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия

*E-mail: gp05@tpu.ru*

Импульсные ускорители являются перспективным направлением в развитии пучковых, нейтронных и медицинских технологий, с главным преимуществом лежащим в их простоте и компактности, а также возможности ускорять разные виды частиц [2, 3].

В рамках проекта развития нейтронного источника на базе мощного наносекундного импульсного ускорителя лёгких ионов, разработан диодный узел с импульсным напуском газа. Данная схема узла лишает конструкцию основного недостатка традиционного подхода с использованием диода Люса [3] – отсутствия требуемого ресурса анодной вставки при выходе на частотную работу. Кроме того, конструкция позволяет образование плазмы предсказуемого состава и плотности, регулируемых удаленно за счет подачи газа и работы быстродействующего клапана.

Конструкция сопла состоит из системы тороидальных каналов, распределяющих газ равномерно по периметру анодной области. Между последним распределительным каналом и катодной иглой помещено тороидальное сопло Лавалья, обеспечивающее необходимую плотность газа для ионизованного облака. Сама подача газа проводится за счёт импульсного клапана с временем срабатывания примерно 1,5 мс, который синхронизован с внешним магнитным полем таким образом чтобы все процессы диффузии поля были завершены в момент подачи пучка релятивистских электронов.

Многократная ионизация газа осуществляется за счёт инжекции электронов и виркаторной системы, образующейся при превышении критического тока в вакууме [1]. Дополнительно, наложено внешнее гомогенное магнитное поле (при токах 100-400 А на соленоиде) вдоль траектории пучка, которое удерживает пучок от рассыпания.

Эксперименты проведены на дейтронах при напряжениях 190 и 260 кВ, а диагностика полученного ионного пучка велась коллектором и активационным анализом. Показано, что при увеличении тока в соленоиде ток в заанодном пространстве падает с 330 А (при 100 А на соленоиде) до 160 А (при 400 А на соленоиде). По результатам активационного анализа определена энергия и численность основной ускоренной группы частиц –  $4 \cdot 10^{10}$  част./имп и 1075 кэВ (при 190 кВ) и  $1,6 \cdot 10^{11}$  част./имп. и 920 кэВ (при 260 кВ).

Дальнейшие исследования проводятся по совмещению данного источника ионов с нейтронными мишенями на основе  ${}^7\text{Li}$ ,  ${}^9\text{Be}$  и  ${}^{13}\text{C}$ , с целью получить стабильный поток нейтронов годных для нейтронной и нейтрон-захватной терапии.

*Работа выполнена в рамках проекта Российского научного фонда (грант №23-19-00614, <https://rscf.ru/en/project/23-19-00614/>)*

## Источники и литература

- 1) Olson, C.L., Theory of ion acceleration by drifting intense relativistic electron beams. I. Theory, The Physics of Fluids, <https://doi.org/10.1063/1.861174> (1975)
- 2) Ponomarenko, A.G. and Soloukhin, R.I., Compact high-voltage accelerators of charged particles in space experiments, Acta Astronautica, [https://doi.org/10.1016/0094-5765\(74\)90082-4](https://doi.org/10.1016/0094-5765(74)90082-4) (1974)

- 3) Ryzhkov, V.A. et al., Comparison of collective acceleration of protons and deuterons in Luce diode with a polyethylene anode. Russian Physics Journal, <https://doi.org/10.1007/s11182-021-02311-8> (2021)