

ПРИМЕНЕНИЕ СЕТЧАТОГО ЭЛЕКТРОДА В ПЛАЗМЕННОМ УСКОРИТЕЛЕ, ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ СТРУИ БОРА ^{*)}

Горяинов В.Ю., Воронин А.В., Бахарев Н.Н.

*Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе, Санкт-Петербург, Россия,
vgoryainov@mail.ioffe.ru*

В данной работе предложено использование центрального электрода коаксиального плазменного ускорителя (скорость направленной струи порядка 100 км/с, плотность $\sim 10^{16}$ см⁻³, давление до 2 бар [1]) с рифлением, позволяющим уменьшить выход примесей металла в получаемой струе. Рифленость центрального электрода создается с помощью нанесения на поверхность стержня электрода сетки из нержавеющей стали.

Одна из существующих проблем использования плазменного ускорителя на токамаке в качестве инжектора заключается в заметном выходе примесей металла от эрозии электродов. В коаксиальной геометрии площадь внешнего электрода (при его внутреннем диаметре 46 мм) больше площади центрального электрода (с диаметром 10 мм) в 4.6 раз. Поэтому из-за более высокой плотности тока на поверхности центрального электрода по сравнению с внешним интенсивней происходит испарение металла. Это подтверждается многочисленными испытаниями, после которых регулярно наблюдаются повреждения центрального электрода. Решение использовать сетку на центральном электроде (диаметр прутка 0.4 мм, размер ячейки 0.3 мм) позволяет увеличить площадь его поверхности, уменьшив при этом поверхностную плотность тока.

Все эксперименты проводились на стенде. Ускоритель плазмы запитывался от конденсаторов емкостью 200 мкФ. Ток импульса составлял ~ 100 кА, длительность ~ 12 мкс. Напряжение на электроды подавалось 4-5 кВ. Газ: водород, гелий. Для определения состава струи использовался обзорный спектрометр.

Отдельно рассматривалась задача подачи вещества бора в реактор токамака для возможного формирования р-¹¹B-синтеза в реакторе. Синтез р-¹¹B – перспективное направление в области УТС, имеющее ряд преимуществ перед DT-реакцией, прежде всего, в отсутствии выхода нейтронов [2]. Однако не решен вопрос эффективной подачи бора в центр реактора. Плазменный ускоритель способен формировать струю с высокой направленной скоростью и высокой плотностью. Первоначально планировалось формировать разряд с помощью подачи бора в виде порошка в межэлектродную область, но такой метод не позволял ионизовывать бор и развиваться разряду. В итоге струя с бором получилась с использованием сетки двойного слоя, диаметром прутка 0.1 мм, размером ячейки 0.1 мм, нанесенной на центральный электрод. Между стержнем и сеткой внедрялся порошок бора с размером гранул 50 мкм. Разряд формировался через напуск гелия в межэлектродный зазор и его пробой. Гранулы бора увлекаются разрядом и выходят в составе струи. На выходе из ускорителя получены спектры струи с характерными линиями гелия и бора.

Работа выполнена на УНУ "Сферический токамак Глобус-М", входящей в состав ФЦКП "Материаловедение и диагностика в передовых технологиях". Ускоритель плазмы с сетчатым электродом спроектирован в рамках государственного задания ФТИ им. А.Ф. Иоффе (тема FFUG-2024-0028). Разработка метода инжекции струи с бором поддержана Министерством науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания в сфере науки по проекту № FSEG-2024-0005.

Литература

- [1]. А.В. Воронин, В.Ю. Горяинов, В.К. Гусев, ЖТФ – 2020 – т. 90, п. 6 - с. 1028-34, doi:10.21883/JTF.2020.06.49294.372-19
- [2]. В.И. Волосов, ВАНТ, сер. Термоядерный синтез. Безнейтронный резонансный синтез (необходимость, принципы, проблемы, пути реализации) – 2008 – п. 1 – с. 31-38

^{*)} [DOI – тезисы на английском](#)