Особенности распределения магнитного поля в плазменном потоке плазмофокусного разряда

Крауз В.И., Митрофанов К.Н.1, Мялтон В.В., Войтенко Д.А.2, Ананьев С.С., Виноградов В.П., Харрасов А.М., Виноградова Ю.В.

НИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия, krauz\_vi@nrcki.ru
1АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ», Троицк, Москва, Россия, mitrofan@triniti.ru
2ГНПО «СФТИ», Сухум, Абхазия, opti-sfti@ya.ru

Важную роль в различных моделях, описывающих физику генерации и распространения астрофизических джетов, играют величина и распределение магнитных полей. В частности, магнитное поле может оказывать существенное влияние на коллимацию и устойчивость джета при его распространении на значительные расстояния. Одним из достоинств схемы лабораторного моделирования астрофизических джетов с помощью установок типа «плазменный фокус» (ПФ) является возможность измерения распределения магнитных полей в плазменном потоке. Генерируемые в ПФ потоки имеют достаточно большие размеры (несколько см) по сравнению с потоками в аналогичных экспериментах на быстрых Z-пинчах и мощных лазерах, что позволяет применить магнитозондовую методику.

В докладе приводятся основные результаты измерения магнитных полей на двух установках: ПФ-3 (НИЦ «Курчатовский институт») и КПФ-4 (ГНПО «СФТИ», Сухум, Абхазия). Изготовлены несколько модификаций магнитных зондов, позволяющих регистрировать различные компоненты магнитного поля. Выполнены исследования по распределению тороидального магнитного поля, как в области ядра потока, так и на его периферии. Показано, что в лабораторном эксперименте вдоль струйного выброса генерируется сильный продольный электрический ток, определяющий преобладание тороидального магнитного поля в окрестности выброса. При этом, как и в современных моделях астрофизических джетов, продольный ток сосредоточен лишь в непосредственной близости от оси выброса. Оценки показывают, что величины этого тока достаточно для обеспечения беннетовского равновесия ядра потока. Магнитное поле затухает по мере распространения потока вдоль оси камеры, однако при разряде в неоне или аргоне поток сохраняет свою компактность, что может быть объяснено охлаждением плазмы за счет радиационных потерь. Показано также, что магнитное поле сосредоточено в области минимальной светимости плазменного потока – в так называемых «магнитных пузырях».

Данная методика позволила также более детально исследовать распределение тока в области его замыкания на периферии потока, что представляется важным для моделирования поведения обратных токов в области кокона астрофизического джета. Обнаружены структуры магнитного поля, связанные с протеканием обратных токов. В экспериментах на установке ПФ-3 радиус обратного тока составляет 5-8 см для разрядов в неоне и более 8 см для разрядов в водороде. Неоднородность распределения магнитного поля в азимутальном направлении, а также зарегистрированный обратный знак магнитного поля соответствуют ситуации, когда обратный ток распределен на периферии потока неоднородно – в виде отдельных токовых каналов. Результаты экспериментов также свидетельствуют о возможной спиралевидной структуре тока и магнитного поля и вращении плазменного потока, что может приводить к стабилизации потока.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ, проекты № 17-02-01184-а и 17-52-40008 Абх\_а