Исследование плазменных струй в плазменном фокусе вблизи момента их рождения

Гурей А.Е., Никулин В.Я., Перегудова Е.Н., Полухин С.Н., Силин П.В.

Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва, Россия, snpol@lebedev.ru

В работе лазерно-оптическими методами исследуются ранние стадии образования и распространения плазменной струи в плазменном фокусе. Интерес к этой теме продиктован материаловедческими задачами взаимодействия плазмы с твердым телом [1], фундаментальными проблемами генерации жестких излучений в Z-пинчах [2], а также некоторыми космическими и лабораторными аналогиями [3, 4].

Первоначально, до проведения экспериментов авторы придерживались довольно очевидных, исторически сложившихся с середины прошлого века представлений о кумулятивной природе плазменной струи, рождающейся в ходе схлопывания конической токовой оболочки плазменного фокуса [5]. При скорости схлопывания порядка 107 см/c и характерных размерах оболочки порядка или более 1 см, газодинамический процесс генерации струи должен длиться доли микросекунды, а в осевом направлении должна вытекать практически вся масса газа, которую сгребла токовая оболочка, двигаясь к оси разряда.

Однако проведенные эксперименты на аргоне и азоте показали, что вместо протяженной струи после появления «особенности» на производной тока из области схождения токовой оболочки вылетает компактный плазменный сгусток с характерным размером порядка 1 мм и временем формирования менее 10 нс. Его скорость около 2 × 107 см/c. При значительной начальной электронной плотности порядка 1019 см–3, сгусток, тем не менее, содержит лишь небольшую часть от упомянутой выше массы. Эти параметры сгустка измерены в интервале 10 – 50 нс от момента его рождения, позже сгусток расплывается, теряя плотность и скорость, и сливается с ударной волной. Ни на одной из нескольких десятков полученных интерферограмм не было одновременно обнаружено сгусток и токовая оболочка. Сгусток регистрировался после развала и исчезновения плазменного столба.

Исходя из приведенных экспериментальных данных, авторы считают, что основной причиной генерации плазменной струи в килоджоульном плазменном фокусе мэйзеровского типа является быстрое развитие перетяжки на плазменном столбе и последующее интенсивное осевое выдавливание плазмы [2, 3].

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (грант № 16-12-10351).

Литература

1. Михайлов Б.П., Иванов Л.И., Боровицкая И.В. и др.// ДАН. 2012. Т. 442. № 5. С. 56.
2. Вихрев В.В, Королев В.Д., // ФИЗИКА ПЛАЗМЫ, 2007,том33, №5,с.397
3. Трубников Б.А. //УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК, том 167, №3, с.345
4. Митрофанов К.Н., Крауз В.И., Мялтон В.В., Велихов Е.П.// .ЖЭТФ, 2014, том 146,вып.5(11), стр.135
5. Петров Д.П., Филиппов Н.В., Филиппова Т.И. и др. //Физика плазмы и проблема управляемых термоядерных реакции. Т.4.М.:Изд-во АН СССР.1958.с.170