

Лабораторное моделирование взаимодействующих встречных потоков плазмы в магнитном поле диполя

Ефимов Михаил Александрович^{1,2}

Шайхисламов Илдар Фаритович², Посух Виталий Георгиевич², Березуцкий Артём Григорьевич²,
Чибранов Алексей Алексеевич^{1,2}, Руменских Марина Сергеевна², Захаров Юрий Петрович²,
Бояринцев Эдуард Леонидович², Мирошниченко Илья Борисович²

¹Новосибирский государственный технический университет

²Институт лазерной физики СО РАН

Шайхисламов Илдар Фаритович

mikle3496@gmail.com

В лабораторном эксперименте с целью исследования процессов, которые могут протекать в магнитосфере горячих экзопланет, моделируется взаимодействие лазерной плазмы с фоновыми плазменными потоками в магнитном поле диполя [1-2]. Величина момента магнитного диполя равна $5 \cdot 10^5$ Гс*см³, основная компонента дипольного поля – Н. Положительный сигнал Н-компоненты магнитного зонда соответствует усилению поля диполя и свидетельствует о формировании магнитосферы.

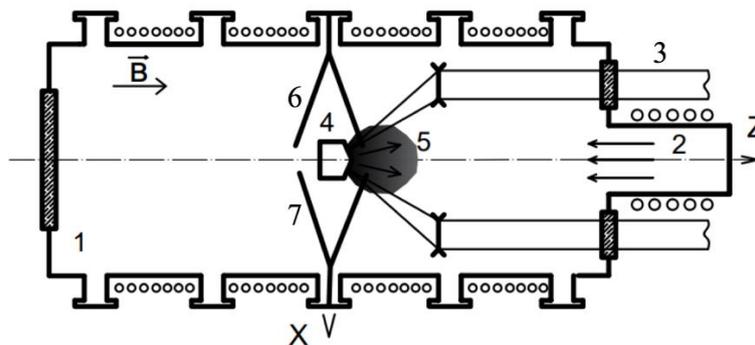


рис. 1. Общая схема эксперимента. 1 – вакуумная камера ($2 \cdot 10^{-6}$ Торр); 2 – источник фоновой плазмы; 3 – излучение CO_2 лазера (300 Дж); 4 – диполь вместе с мишенями (C_2H_4); 5 – поток лазерной плазмы; 6, 7 – магнитные зонды и зонды Ленгмюра.

В данном эксперименте магнитосфера вокруг магнитного диполя сформирована потоком плазмы сгенерированного тета-пинчем. Лазерное излучение фокусируется на пару мишеней расположенных на корпусе диполя, так как генерируемая лазерная плазма достаточно энергична, то она прорывает через дипольное магнитное поле и пролетает через фоновую плазму на большие расстояния, при этом увлекая за собой магнитное поле диполя, унося его далеко за пределы магнитосферы.

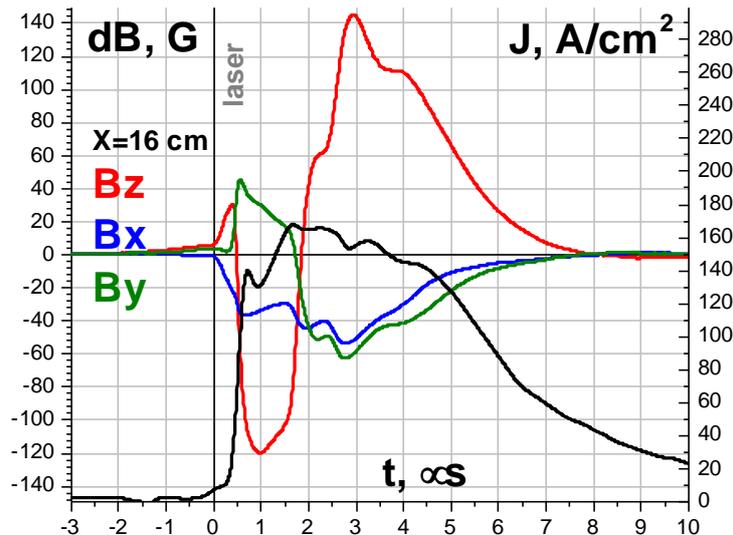


рис. 2. Осциллограммы различных компонент магнитного поля (цветные кривые) и потока плазмы, измеренные при взаимодействии магнитного диполя с лазерной плазмой. Лазерная плазма создавалась в нулевой момент времени на мишени, расположенной на расстоянии 3 см от центра диполя.

В данной работе большое внимание уделялось физическим процессам, благодаря которым лазерная плазма увлекает за собой магнитное поле. Анализ магнитных сигналов получаемых с зондов, устанавливаемых

на расстояниях 5-25 см от центра диполя, показал, что поток фоновой плазмы формирует вокруг диполя магнитосферу масштабом ~ 20 см. Пролет лазерной плазмы через эту магнитосферу показывает необычные магнитные возмущения. Также было проверено что электрические и магнитные зонды, установленные на расстоянии 60 см от диполя, показывают тот же эффект приноса потоком лазерной плазмы замороженного дипольного поля как и в предыдущих экспериментах [3-4]. Одной из обнаруженных особенностей является значительная генерация компоненты, перпендикулярной исходному дипольному полю, а также направлению потока плазмы. Предварительный вывод проведённого эксперимента говорит о том, что это вероятно связано с проявлением Холловских или двухжидкостных эффектов, на масштабе ионно-плазменной длины (при меньшей концентрации), когда электроны и ионы могут двигаться по существенно разным линиям тока.

Работа выполнена при поддержке проекта РНФ 18-12-00080, проектов РФФИ 18-29-21018 и 19-02-00993, а также в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № АААА-А17-117021750017-0).

Список публикаций:

- [1] Antonov V. M., et al. // *The Astrophysical Journal* 2013. V. 769. P. 28
 [2] Khodachenko M. L., et al. // *The Astrophysical Journal* 2015. V. 813. P. 50
 [3] Shaikhislamov I. F. et al. // *Plasma Physics Reports*. 2015. V. 41. PP. 399-407.
 [4] Shaikhislamov I. F. et al. // *Plasma Physics and Controlled Fusion*. 2016. V. 58. P. 115002.

Локальные магнитные измерения в винтовой магнитной ловушке СМОЛА

Ломов Константин Андреевич

Новосибирский национальный исследовательский государственный университет

Судников Антон Вячеславович, к.ф.-м.н.

k.lomov@g.nsu.ru

Одной из новейших идей по улучшению параметров удержания плазмы в открытых магнитных ловушках является концепция подавления продольных потерь из ловушки за счёт динамического многопробочного удержания винтовыми пробками с управляемым вращением плазмы [1]. Для экспериментальной проверки этой концепции в Институте ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН была создана установка СМОЛА (рис. 1а), состоящая из входного расширителя с источником плазмы, транспортной секции с прямым и винтовым соленоидами и выходного расширителя с радиально сегментированным плазмодриёмником [2]. Основные параметры установки: плотность плазмы $n_i \sim 10^{19} \text{ м}^{-3}$, электронная температура плазмы $T_e \sim 5$ эВ, ведущее магнитное поле в винтовой секции $B_{max} = 0,1 - 0,3$ Тл, радиальное электрическое поле до $E_r \sim 100$ В/см, радиус плазмы $r \sim 5$ см, средняя по сечению глубина перепада магнитного поля вдоль силовой линии $R_{mean} = 1,5 - 2$. В ходе первой серии экспериментов на СМОЛА были подтверждены основные предположения концепции: подавление аксиального потока плазмы и пинч-эффект в плазменном шнуре [3].

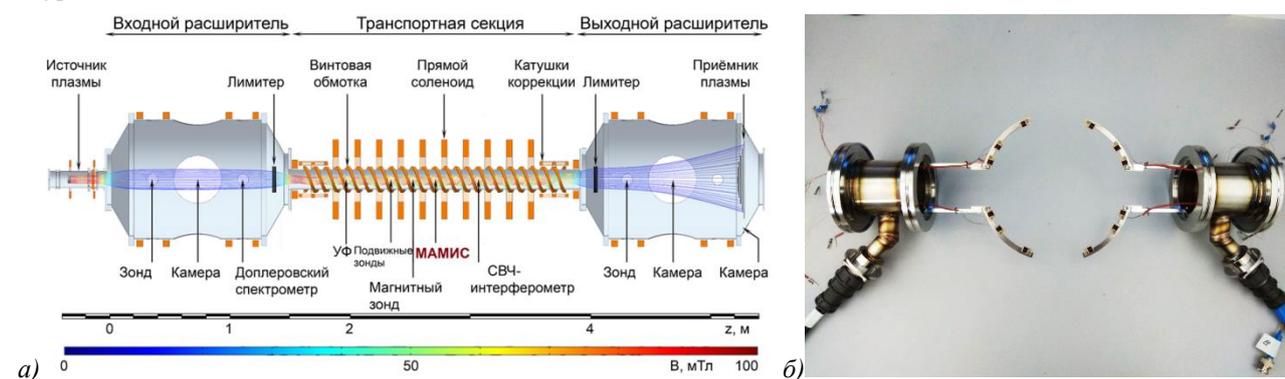


рис. 1. а) Схема установки СМОЛА. б) Фотография многоканальной азимутальной магнитной измерительной системы перед монтажом в установку.

При исследовании структуры магнитного поля в транспортной секции установки одиночными магнитными зондами было обнаружено возмущение азимутальной компоненты поля на частоте около 20 кГц. При включении винтового соленоида частота возмущения возрастает приблизительно в 1,2 раза. Для более подробного изучения наблюдаемого эффекта разработана многоканальная азимутальная магнитная измерительная система из 12 магнитных зондов внутри вакуумной камеры (катушки длиной 5 мм и диаметром 5 мм), распределённых по азимутальной координате и отстоящих на 70 мм от оси установки (рис. 1б).