Исследование воздействия внешнего магнитного поля на взрыв тонкого проводника

В.М. Романова, А.Р. Мингалеев, И.Н. Тиликин, Г.В. Иваненков, Т.А. Шелковенко, С.А. Пикуз

Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва, Россия, vmr@inbox.ru

Известно, что внешнее магнитное поле способно изменить характер электрического взрыва тонкого проводника. Так, в работе [1] показано, что наложение слабого (1–50 кГс) продольного магнитного поля ведёт к уменьшению скорости нарастания начальных возмущений и к стабилизации всей картины взрыва. В частности, исчезают характерные поперечные выбросы вещества из керна. В наших экспериментах была поставлена задача определить, как поперечное магнитное поле влияет на процесс стратообразования, который обычно сопровождает взрыв тонкого проводника из легкоплавких металлов (медь, серебро).

Проволочка диаметром 10 или 25 мкм и длиной ≈25 мм устанавливалась в разрядную цепь сильноточного генератора БИН вместо одного из трёх стержней обратного токопровода. Для создания магнитного поля разрядный ток пропускался также во встречном направлении через параллельный проволочке толстый медный проводник. В зависимости от расстояния между взрываемым проводником и источником дополнительного поля его величина достигала значений от 10 до 30 кГс. Геометрия эксперимента позволяла в одном выстреле, практически в идентичных условиях, получать информацию о взрыве «с полем» и «без поля», поскольку в зоне взаимодействия находилась лишь половина объекта.

Изображения проволочки в диапазоне энергий фотонов 3–5 кэВ получались с помощью проекционной рентгенографии с гибридным Х-пинчом (ГХП) в качестве источника излучения [2]. Пространственное разрешение метода лимитировалось дифракцией и не превышало 3 мкм.

Страты наблюдались практически в каждом выстреле, но лишь у самой тонкой из использованных проволочек, 10-микронной меди, они были относительно равномерно распределены вдоль всего проводника. Во всех остальных случаях их было больше с катодной стороны (без поля); кроме того, в этой области они имели более резкие границы. При увеличении магнитного поля более чем в два раза характер картины не изменялся.

Все изображения были получены в моменты времени, близкие к максимуму тока, поскольку фотографирование жёстко привязано к срабатыванию ГХП. Взрыв проволочки происходит, наоборот, на ранней стадии, в первые 10 нс после начала разряда, когда величины тока и, соответственно, создаваемого им магнитного поля ещё очень далеки от максимума. По всей видимости, характер будущей стратификации продуктов взрыва, развивающейся уже после потери проволочкой металлической проводимости, определяется именно на этой стадии, т.е. при воздействии достаточно слабого поля. Возможно также, что в более поздние моменты времени возросшее более чем на порядок магнитное поле способствует эффективному разрушению системы страт, что приводит к неоднородности их распределения вдоль проволочки, наблюдаемой в эксперименте.

Работа частично поддержана грантом РФФИ № 14-02-0120615.

Литература

1. А.А. Волков, Е.В. Гребнёв, П.С. Дадыкин, В.Ф. Ермолович, М.М. Иванов,
А.В. Ивановский, В.А. Карелин, А.П. Орлов, П.Б. Репин, Р.В. Савченко, В.Д. Селемир,
В.Т. Синявский. ЖТФ, 2002, **72**(5), 115–120.
2. Т.А. Шелковенко, И.Н. Тиликин, Г.В. Иваненков, В. Степниевски, А.Р. Мингалеев,
В.М. Романова, А.В. Агафонов, А.Д. Кахилл, К.Л. Хойт, П.А. Гордан, Д.А. Хаммер,
С.А. Пикуз. Физика плазмы, 2015, **41** (1), 54–72.