УДК 537.525

DOI: 10.17223/00213411/62/11/96

*В.И. ОРЕШКИН^{1,2}, Р.Б. БАКШТ³, А.С. ЖИГАЛИН¹, Е.В. ОРЕШКИН⁴, А.Г. РУССКИХ¹***ФИЛАМЕНТАЦИЯ ТОКОНЕСУЩИХ ПЛАЗМЕННЫХ ОБОЛОЧЕК ***

В токнесущей плазме развиваются различные типы магнитогидродинамических неустойчивостей, одними из которых являются филаменты, проявляющиеся в формировании отдельных токовых каналов. На основе методов теории малых возмущений сделан анализ развития перегревных неустойчивостей, ведущих к образованию филаментов. Проведено сравнение результатов этой теории с результатами экспериментов по сжатию плазменных лайнеров, проведенных на установке ИМРИ-5.

Ключевые слова: филаменты, плазменный лайнер, сильноточный генератор.

Введение

В настоящее время наиболее эффективным способом получения плотной высокотемпературной плазмы является электромагнитное сжатие вещества под действием протекающего через вещество тока. Систематические исследования Z-пинчей были начаты в начале 50-х годов прошлого столетия в связи с возникновением проблемы управляемого термоядерного синтеза (УТС) [1, 2]. Рассматриваются различные схемы реализации УТС с помощью Z-пинчей [3–6]. Например, в рамках концепции MagLIF (Magnetized Liner Inertial Fusion [7–9]) предполагается использовать сжатие изначально нагретой дейтериево-третиевой смеси металлическим лайнером. В концепции MagLIF ключевыми являются вопросы, связанные с устойчивостью сжатия, так как ею определяются достижимые финальные значения плотности и температуры плазмы. В токнесущей плазме развиваются различные типы магнитогидродинамических неустойчивостей. Обычно наиболее опасными являются неустойчивости Рэлея – Тейлора (РТ) с модой $m = 0$ (перетяжки), рост которых обусловлен давлением магнитного поля [10–12]. Однако в начальной стадии сжатия этот тип неустойчивостей может быть подавлен. Существуют различные методы подавления РТ-неустойчивостей, например либо за счет snow-plow-механизма [13], обусловленного профилированием начального распределения плотности плазменного лайнера, либо за счет наложения аксиального магнитного поля [1, 14–16]. Однако в этом случае в начальной стадии сжатия может развиваться другой вид неустойчивостей, а именно возникновение филаментов, проявляющихся в формировании отдельных токовых каналов [15–18]. Анализ этого вида неустойчивостей, характерного для плазменных лайнеров, является целью данной работы.

Методика экспериментов и результаты исследования

Эксперименты по сжатию металлоплазменных лайнеров [16–20] проводились на сильноточном генераторе ИМРИ-5, который представляет собой конденсаторную батарею с запасаемой энергией 7.84 кДж, обеспечивающую ток в нагрузке с амплитудой до 450 кА при времени нарастания приблизительно 500 нс. При формировании оболочки в межэлектродный зазор сильноточного генератора ИМРИ-5 инжектировалась плазменная струя, создаваемая плазменной пушкой, в которой генерация плазмы происходит с помощью вакуумной дуги. Оболочка представляла собой струю ионизованного металла, испаренного с поверхности электродов дуги. В экспериментах для создания плазменной оболочки использовались магниевые электроды, и соответственно основным материалом лайнера являлся магний. Использовались следующие виды диагностики: с помощью активного высокоомного делителя напряжения измерялось падение напряжения на лайнере $V(t)$; поясом Роговского измерялся полный ток $I(t)$, протекающий через лайнер; с помощью 4-кадровой оптической камеры HSFC-Pro регистрировалось изображение пинча (экспозиция кадра 3 нс).

Результаты экспериментов представлены на рис. 1, на котором приведены осциллограммы тока и напряжения (*a*) и оптическое изображение пинча, полученное с помощью камеры HSFC-Pro (*б*). На рис. 1, *a* моменту сжатия пинча соответствует максимум напряжения, а изображение пинча

* Работа поддержана грантом Российского научного фонда, проект № 19-19-00127.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>