

УДК 533.952

DOI: 10.17223/00213411/62/7/137

А.В. ШИШЛОВ, В.А. КОКШЕНЕВ, Н.Е. КУРМАЕВ, Н.А. ЛАБЕЦКАЯ, Ф.И. ФУРСОВ, Р.К. ЧЕРДИЗОВ

ГЕНЕРАЦИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ В К-ЛИНИЯХ ИНЕРТНЫХ ГАЗОВ В МИКРОСЕКУНДНОМ РЕЖИМЕ ИМПЛОЗИИ *

Исследования плазменных источников излучения в К-линиях вещества лайнера проводились на генераторе ГИТ-12 (4.7 МА, 1.7 мкс). В экспериментах для формирования плазмы Z-пинча применялся новый тип нагрузки – газовый лайнер с внешней плазменной оболочкой. В качестве рабочих газов использовались инертные газы неон и аргон. Газовый лайнер состоял из двух каскадов: полый цилиндрической оболочки снаружи и сплошной струи внутри. Внешняя плазменная оболочка создавалась с помощью плазменных пушек, расположенных на диаметре 350 мм. Отличительной особенностью данных исследований является то, что эксперименты с плазменным источником излучения проводились в микросекундном режиме имплозии, что обычно приводит к существенному снижению эффективности генерации излучения в К-линиях. Применение нового типа нагрузки позволило существенно повысить эффективность микросекундного плазменного источника излучения. В результате проведенной в ходе исследований оптимизации начальных параметров лайнера выход излучения в К-линиях неона составил 14.7 кДж/см при пиковом токе имплозии 3.5 МА. В экспериментах с аргонем выход излучения достиг 1.9 кДж/см при пиковом токе имплозии 3.1 МА.

Ключевые слова: z-пинч, плазменный источник излучения, излучение в К-линиях.

Введение

Исследования плазмы Z-пинчей в качестве источника рентгеновского излучения в К-линиях вещества лайнера ведутся с конца 70-х годов прошлого столетия. Неустойчивости Релей – Тейлора (РТ-неустойчивости), развивающиеся в процессе имплозии плазменной оболочки, существенно снижают эффективность таких источников. Например, в [1] было показано, что для тонкой оболочки предельным радиусом, при котором имплозия остается более менее устойчивой, является расстояние 2–3 см. При больших начальных радиусах имплозия лайнера становится нестабильной и выход излучения снижается в несколько раз. На практике выбор начальных параметров нагрузки (начального радиуса, массы, распределения массы в межэлектродном зазоре) для обеспечения эффективной генерации излучения в К-линиях сильно усложняется, так как фактически приходится одновременно решать три задачи оптимизации: согласование параметров нагрузки с генератором для обеспечения максимального энерговклада, выбор оптимальной массы для обеспечения генерации излучения в К-линиях и обеспечение приемлемого уровня стабильности имплозии.

Частным решением данной проблемы является использование сильноточных генераторов со временем нарастания тока порядка 100 нс. При этом для согласования генератора и нагрузки, чтобы имплозия лайнера происходила вблизи максимума тока генератора, можно использовать оболочки с умеренными начальными радиусами. Однако поиск методов, позволяющих использовать нагрузки с большим начальным радиусом и при этом исключаящих или существенно уменьшающих вредное воздействие РТ-неустойчивостей, остается важной задачей. Переход к следующему поколению генераторов с большей амплитудой тока при фиксированном времени нарастания тока генератора (порядка 100 нс) означает либо увеличение выходного напряжения генератора, либо уменьшение его индуктивности. В перспективе это может приводить или к проблемам с вакуумным изолятором, или к возникновению утечек в вакуумных передающих линиях при уменьшении зазоров между электродами. В качестве примера можно привести данные из работы [2], где проводится анализ экспериментов с плазменным источником излучения на генераторе ZR. При токе в магнитоизолированной передающей линии порядка 25 МА измеренный ток на входе в нагрузку составляет от 15 до 18 МА. В идеале, при обеспечении стабильной имплозии с больших начальных радиусов и при временах имплозии порядка микросекунды, в качестве драйверов для плазменных источников излучения можно было бы использовать медленные микросекундные генераторы, которые имеют более простую конструкцию и меньшую стоимость.

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках проекта № 18-08-01132-а.

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>