

ФИЗИКА ПЛАЗМЫ

УДК 533.952.08

DOI: 10.17223/00213411/62/12/33

А.П. АРТЁМОВ¹, С.А. ЧАЙКОВСКИЙ^{1,2}, В.И. ОРЕШКИН¹, А.В. ФЕДЮНИН¹, А.Г. РУССКИХ¹, Н.А. ПАТАХИН¹**О РАЗМЕРЕ ИСТОЧНИКА МЯГКОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
НА ОСНОВЕ Х-ПИНЧА ***

Появление компактных радиографов на основе Х-пинча существенно расширило возможности применения импульсной радиографии для диагностики быстротекущих процессов. Ключевым моментом является вопрос о пространственном разрешении, которое такой радиограф способен обеспечить. Представлена методика определения размера источника мягкого рентгеновского излучения, основанная на получении дифракционных изображений непрозрачных металлических проволок и их сравнении с дифракционной картиной, рассчитанной для протяженного источника в заданном спектральном диапазоне. Измерение размеров источника Х-пинча производилось с учетом сенситометрической характеристики фотопленки и характеристик сканера. С помощью этой методики показано, что в диапазоне скоростей нарастания тока 0.7–1.35 кА/нс диаметр источника излучения на основе Х-пинча в спектральном диапазоне $h\nu > 3$ кэВ изменяется слабо.

Ключевые слова: импульсная рентгенография, мягкое рентгеновское излучение, Х-пинч, импульсный генератор тока, низкоиндуктивный конденсатор, плотная высокотемпературная плазма.

Введение

Х-пинч является нагрузкой мощных импульсных генераторов тока и представляет собой несколько тонких металлических проволок, скрещенных в форме буквы «Х» [1, 2]. Такая нагрузка при пропускании по ней импульса тока с амплитудой ~ 100 кА и скоростью нарастания не менее 1 кА/нс позволяет сформировать один из самых ярких источников мягкого рентгеновского излучения ($h\nu = 1\text{--}10$ кэВ). Размеры такого источника не превышают 10 мкм, а длительность рентгеновской вспышки может составлять менее 500 пс [3, 4].

Наряду с тем, что Х-пинч является самостоятельным объектом фундаментальных исследований [1–4], он также имеет вполне прикладное применение в качестве источника мягкого рентгеновского излучения (МРИ) в импульсной радиографии. Данная диагностика в настоящее время активно применяется в научных исследованиях различных плазменных объектов, поскольку является эффективным средством получения информации о внутренней структуре исследуемого объекта [5–8].

Одной из важнейших характеристик радиографа является пространственное разрешение, которое он способен обеспечить. Ранее эксперименты с Х-пинчем выполнялись на крупногабаритных стационарных импульсных генераторах тока, поскольку только они могли обеспечить необходимые параметры импульса тока [1–3]. В этих работах было показано, что при скорости нарастания тока не менее 1 кА/нс размер источника излучения Х-пинча может достигать ≈ 1 мкм в спектральном диапазоне более 2.5 кэВ [3]. В последнее время проявилась тенденция к радикальному сокращению габаритов генераторов тока для питания с Х-пинча с целью создания мобильных радиографических комплексов [9–11].

Появившиеся несколько лет назад емкостные накопители, способные выводить энергию порядка 10^2 Дж непосредственно в нагрузку за время 100–200 нс, позволили создать компактные низкоимпедансные генераторы тока (0.13 Ом), обеспечивающие параметры импульса тока (200–250 кА, 180–200 нс) [11, 12]. При создании генераторов учитывалась необходимость выполнения условия на скорость нарастания тока через Х-пинч не менее 1 кА/нс. С другой стороны, в настоящее время влияние скорости нарастания тока на размер источника излучения на основе Х-пинча изучено недостаточно и не имеет четкого теоретического обоснования.

Традиционно для изучения структуры рентгеновских источников используют камеры-обскуры. Однако в работах [3, 13] была показана нецелесообразность их применения в случае

* Работа поддержана грантом Российского научного фонда № 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>