

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по научной работе
НИЦ «Курчатовский институт»



Э.Ф. Лобанович
2016

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Тиликина Ивана Николаевича

«Исследование динамики гибридных X-пинчей»,

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 – физика плазмы.

Яркие миниатюрные источники рентгеновского излучения, с помощью которых можно делать рентгеновские фотографии с высоким пространственным разрешением, служат уникальным инструментом для диагностики импульсной плазмы, других быстропротекающих процессов, малых биологических объектов и т.д. Примером такого источника может служить X-пинч – две перекрещенные проволоочки, по которым протекает импульсный ток порядка 10^5 А и выше. Недостатком подобной системы является сложность конструкции нагрузки, особенно при больших токах, когда для хорошего согласования нагрузки с установкой приходится скрещивать много проволочек. Диссертационная работа И.Н. Тиликина посвящена исследованию процессов, протекающих при электрическом взрыве в гибридном X-пинче (ГХП) - короткой проволоочки, помещенной между двумя конусными электродами. Ранее было показано, что в ГХП появляются горячие точки (ГТ), также служащие источниками рентгеновского излучения.

Актуальность тематики диссертации определяется тем, что ввиду более простой конструкции практическое применение ГХП значительно удобнее, вплоть до возможности использования в частотном генераторе. Кроме того, ГХП существенно проще согласовывать с генераторами мегаамперного диапазона.

Однако, несмотря на постепенное внедрение данного типа X-пинча взамен стандартного, до конца не было ясно, какие процессы протекают при взрыве гибридного X-пинча, а также не был известен механизм образования горячей точки из короткой проволоочки, помещенной между двумя коническими тугоплавкими электродами.

Новизна работы определяется тем, что впервые была подробно изучена динамика плазмы в ГХП на различных установках с амплитудами токов, отличающихся на два порядка – от 5 до 500 кА. Исследованы параметры источника мягкого рентгеновского излучения на основе горячей точки ГХП. Показано, что характеристики такого источника практически не отличаются от параметров источника при взрыве стандартного X-пинча. Продемонстрирована возможность использования излучения гибридного X-пинча в качестве источника для проекционной рентгенографии, для эмиссионной и абсорбционной рентгеновской спектроскопии, а так же в качестве источника электронного пучка. Результаты работы позволяют доказать **обоснованность выделения гибридного X-пинча** как специфического плазменного объекта с собственным названием и с высокой точностью определить размеры его излучающей области в рентгеновском диапазоне спектра. Исследование динамики гибридных X-пинчей показало возможность подбора начальных параметров нагрузок для создания яркого источника рентгеновского излучения на основе ГХП для установок с различными выходными электрическими параметрами.

Практическая значимость работы состоит в том, что было показано, что гибридный X-пинч является простым и дешевым источником рентгеновского излучения в разных энергетических диапазонах квантов излучения с широкими возможностями его использования как для проекционной рентгенографии различных объектов, так и для применения в качестве источника для эмиссионной и абсорбционной рентгеновской спектроскопии. Кроме того, в процессе работы над диссертацией были получены результаты, важные для разработки относительно малогабаритных импульсных генераторов, которые можно использовать в различных областях науки и техники.

Обоснованность и достоверность выводов работы в первую очередь определяются применением в экспериментах разнообразных современных

диагностик – рентгеновских, рентгеноспектральных, оптических, лазерных, уровень исполнения которых очень высок. Материалы диссертации широко обсуждались на различных научных конференциях и семинарах и получали положительный отклик научной общественности.

В целом представленная диссертация представляет собой содержательную, законченную, очень хорошо оформленную работу. Основные её положения были представлены в 31 докладе на 12 научных конференциях, в том числе и международных, и опубликованы в 8 статьях в ведущих научных журналах.

Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

В качестве недостатков уместно отметить следующее:

1. Глава 3 содержит описание численных методов для определения параметров плазмы по обработке интерференционных картин и для определения размера источника излучения по расчету дифракционных картин, однако, далее при обработке результатов экспериментов не указано, где именно использовались эти численные методы.
2. Недостаточно полно описаны эксперименты на генераторе БИН: приведены лишь рентгеновские тенеграммы взрыва проволочек в гибридном X-пинче и их обскурограммы. Далее утверждается, что изображения получаются такие же, как и в случае взрыва более длинной одиночной проволочки или проволочныхборок. Хотелось бы видеть более подробное сравнение и, возможно, показать изображения для более длинных проволочек, а не проводить сравнение лишь на основании ссылок на другие работы.
3. Текст содержит различные орфографические и стилистические ошибки. Отмеченные недостатки, впрочем, не влияют на общую высокую оценку представленной работы.

Таким образом, диссертация Тиликина Ивана Николаевича **«Исследование динамики гибридных X-пинчей»** является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной задачи - исследование свойств гибридного X-пинча как яркого малоразмерного источника рентгеновского излучения. Результаты проведенных исследований имеют как фундаментальное значение, в области физики импульсной плотной плазмы, так и практическое значение, позволяя создавать рентгеновские источники для различных приложений.

Из всего вышесказанного следует, что обсуждаемая работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Тиликин Иван Николаевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 – физика плазмы.

Диссертационная работа И.Н.Тиликина была заслушана и обсуждена на семинаре отдела источников излучения (ОИИ) НИЦ «Курчатовский институт» (протокол №563 от 16.09.2016 г).

Отзыв подготовил начальник ОИИ
НИЦ «Курчатовский институт»,
доктор физ-мат наук

Юрий Григорьевич Калинин

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» (НИЦ «Курчатовский институт»), 123182 Россия, г. Москва, пл. Академика Курчатова, д.1, тел. (499) 196-95-39, nrcki@nrcki.ru

Председатель семинара, начальник ОИИ
НИЦ «Курчатовский институт»,
доктор физ-мат наук

Юрий Григорьевич Калинин

Секретарь семинара, начальник лаборатории
Источников излучений ОИИ
НИЦ «Курчатовский институт»
кандидат физ-мат наук

Евгений Давидович Казаков

Подписи заверяю.

Главный ученый секретарь
НИЦ «Курчатовский институт»,
кандидат физ-мат наук



Сергей Юрьевич Стремоухов

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»
123182 Россия, г. Москва, пл. Академика Курчатова, д.1, тел. (499) 196-95-39

Список основных публикаций по теме диссертации работников структурного подразделения, в котором был подготовлен отзыв:

1. Г.И. Долгачев, Ю.Г. Калинин, Д.Д. Масленников и др. Заполнение зазора ППТ во внешнем магнитном поле плазмой электровзрываемой проволоочки. Приборы и техника эксперимента, **2013**, № 4, с. 66-73.

2. Г.И. Долгачев, Ю.Г. Калинин, Д.Д. Масленников и др. Схема модульного генератора мегаамперного тока на основе ППТ для экспериментов с Z-пинчами. Приборы и техника эксперимента, **2013**, № 4, с. 51-56.

3. В.В. Александров, Е.В. Грабовский, А.Н. Грицук, Е.Д. Казаков, Ю.Г. Калинин и др. Применение методов ВУФ-спектроскопии для измерения электронной температуры периферийной плазмы Z-пинча из малоплотного дейтерированного полиэтилена. Вопросы атомной науки и техники. Серия «Термоядерный синтез», **2013**, т. 36, вып. 3, с. 68-73.

4. С.С. Ананьев, С.А. Данько, Ю.Г. Калинин и др. Исследования импульсных плазменных потоков, создаваемых в нецилиндрических Z-пинчевых системах, электронно-оптическими методами. Вопросы атомной науки и техники. Серия «Термоядерный синтез», **2013**, т. 36, вып. 4, с. 102-110.

5. С.С. Ананьев, С.А. Данько, Ю.Г. Калинин. Определение параметров горячей компоненты плазмы при сжатии проволочных сборок по времяразрешенным рентгеновским спектрам [H]- и [He]-подобных ионов. Физика плазмы, **2014**, т. 40, № 2, с. 111-124.

6. V. Krauz, V. Myalton, V. Vinogradov, S. Dan'ko, Yu. Kalinin et al. Progress in plazma focus research at the Kurchatov Institute. Phys. Scr. **2014**, T161, 014036.

7. С.И. Ткаченко, Е.В. Грабовский, Г.М. Олейник, Ю.Г. Калинин. Эволюция параметров материала трубки при протекании субмикросекундных импульсов тока с линейной плотностью порядка 1 МА/см. Сборник трудов ФИ им. П.Н. Лебедева РАН. Москва, **2015**, с. 38-44.

8. С.А. Данько, К.Н. Митрофанов, В.И. Крауз, Ю.Г. Калинин и др. Исследование мягкого рентгеновского излучения при имплозии многопроволочныхборок в условиях плазмофокусного разряда на установке ПФ-3. Физика плазмы, **2015**, т. 41, № 11, с. 955-968.

9. Г.И. Долгачев, Е.Д. Казаков, Ю.Г. Калинин и др. Калориметрический дозиметр мощных импульсов жесткого рентгеновского излучения со свинцовым поглотителем. Приборы и техника эксперимента, **2016**, № 1, с. 108-112.

10. В.В. Александров, В.А. Брызгунов, Е.В. Грабовский, А.Н. Грицук, И.В. Волобуев, Е.Д. Казаков, Ю.Г. Калинин, В.Д. Королев и др. Измерение параметров конденсированного дейтерированного Z-пинча на установке «Ангара 5-1». Физика плазмы, **2016**, т. 42, № 4, с. 361-368.

Начальник ОИИ НИЦ «Курчатовский институт»,
доктор физ-мат наук

Главный ученый секретарь
НИЦ «Курчатовский институт»
кандидат физ-мат наук

Ю.Г. Калинин

С.Ю. Стремоухов

