

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **041092**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.09.13

(51) Int. Cl. **H05H 1/16** (2006.01)

(21) Номер заявки
201992425

(22) Дата подачи заявки
2015.10.12

(54) **СПОСОБ СЛИЯНИЯ И СЖАТИЯ КОМПАКТНЫХ ТОРОИДОВ**

(31) **62/063,382; 62/064,346**

(56) **US-A1-20110293056**

(32) **2014.10.13; 2014.10.15**

US-A-4397810

(33) **US**

US-B2-9596745

(43) **2020.02.28**

US-A-4274919

(62) **201790840; 2015.10.12**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ТАЭ ТЕКНОЛОДЖИЗ, ИНК. (US)

(72) Изобретатель:
**Биндербауэр Михль, Быстрицкий
Виталий, Тадзима Тосики (US)**

(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)

(57) Предложен способ слияния и сжатия компактных тороидов плазмы внутри системы, содержащей центральную камеру, диаметрально противоположные секции формирования, множество активных магнитных катушек, расположенных вокруг и аксиально вдоль секций формирования, одну или более секций ускорения, множество секций сжатия, выполненных с конически сужающимся конвертером и расположенных между секциями формирования и соседними секциями ускорения и расположенных между центральной камерой и соседними секциями ускорения, и множество активных магнитных катушек, расположенных вокруг и аксиально вдоль секции ускорения, при этом этапы содержат формирование и ускорение компактных тороидов в ступенчатой симметричной последовательности внутри секций формирования и секций ускорения к средней плоскости центральной камеры, пассивное адиабатическое сжатие компактных тороидов внутри секций сжатия и магнитное сжатие слившегося компактного тороида внутри центральной камеры.

B1

041092

041092

B1

Область изобретения

Описанные варианты осуществления в основном относятся к импульсным плазменным системам и, более конкретно, к системам и способам, которые облегчают слияние и сжатие компактных тороидов с превосходной устойчивостью, а также со значительно уменьшенными потерями и повышенной эффективностью.

Предпосылки изобретения

Поле с обращенной магнитной конфигурацией (FRC) принадлежит к классу топологий магнитного удержания плазмы, известных как компактные тороиды. Она характеризуется преимущественно полоидальными магнитными полями и обладает нулевыми или малыми самогенерируемыми тороидальными полями (см. M. Tuszewski, Nucl. Fusion 28, 2033 (1988)). Преимущества такой конфигурации заключаются в ее простой геометрии для построения и поддержания, присущем неограниченном диверторе, облегчающем извлечение энергии и удаление золы, а также в очень высоком среднем (или внешнем) β (β представляет собой отношение среднего давления плазмы к среднему давлению магнитного поля внутри FRC), то есть высокой плотности мощности. β -критерий является также очень хорошей мерой магнитной эффективности. Высокая средняя величина β , например, близкая к 1, представляет эффективное использование выделяемой магнитной энергии и, следовательно, является существенной для обеспечения наиболее экономичной работы системы. Кроме того, высокая средняя β по существу обуславливает использование нейтронного топлива, такого как D-He³ и p-B¹¹.

В традиционном способе формирования FRC используется технология обращения поля в θ -пинче, дающая горячие высокоплотные плазмы (см. A. L. Hoffman and J. T. Slough, Nucl. Fusion 33, 27 (1993)). Разновидностью этого является способ переноса-захвата, в котором плазма, созданная в "источнике" тета-пинча, практически сразу эжектируется из области формирования в камеру удержания. Затем переносимый плазмод захватывается между двумя прочными зеркалами по концам камеры удержания (см., например, H. Nimura, S. Okada, S. Sugimoto, and S. Goto, Phys. Plasmas 2, 191 (1995)). При его нахождении в камере удержания могут применяться различные методы нагрева и возбуждения тока, например инжекция пучка (нейтрального или нейтрализованного), вращающиеся магнитные поля, РЧ или омический нагрев и т.д. Это разделение функций источника и удержания обеспечивает ключевые конструктивные преимущества для потенциальных будущих термоядерных реакторов. Оказалось, что FRC являются чрезвычайно надежными, податливыми к динамическому формированию, переносу и событиям сильного захвата. Более того, они продемонстрировали тенденцию обуславливать предпочтительное состояние плазмы (см., например, H. Y. Guo, A. L. Hoffman, K. E. Miller, and L. C. Steinhauer, Phys. Rev. Lett. 92, 245001 (2004)). Значительный прогресс был достигнут в последнее десятилетие в разработке других способов формирования FRC: посредством слияния сфермаков с противоположно направленными спиральностями (см., например, Y. Ono, M. Inomoto, Y. Ueda, T. Matsuyama, и T. Okazaki, Nucl. Fusion 39, 2001 (1999)) и посредством тока возбуждения с вращающимися магнитными полями (RMF) (см., например, I. R. Jones, Phys. Plasmas 6, 1950 (1999)), что также обеспечивает дополнительную устойчивость.

FRC состоят из тороида замкнутых силовых линий внутри сепаратрисы и кольцевого краевого слоя открытых силовых линий сразу за пределами сепаратрисы. Краевой слой сливается в струи за пределами длины FRC, образуя естественный дивертор. Топология FRC совпадает с топологией FRM-плазмы (плазма обращенной магнитной конфигурации удерживаемая зеркалом - Field-Reversed-Mirror plasma). Тем не менее, существенное отличие состоит в том, что FRC-плазма может иметь величину внутренней β примерно 10. Присущее низкое внутреннее магнитное поле обеспечивает определенную локальную кинетическую плотность частиц, то есть частиц с большими ларморовскими радиусами, сравнимыми с малым радиусом FRC. Именно эти сильные кинетические эффекты, по-видимому, по меньшей мере, частично способствуют общей устойчивости прошлых и настоящих FRC, таких как те, которые создавались в недавних экспериментах по столкновению-слиянию.

Технология столкновения-слияния, предложенная много лет назад (см., например, D. R. Wells, Phys. Fluids 9, 1010 (1966)), позднее была значительно развита: два отдельных тета-пинча на противоположных концах камеры удержания одновременно генерируют два плазмоида (например, два компактных тороида) и ускоряют эти плазмоиды навстречу друг другу при высокой скорости; после сталкиваются в центре камеры удержания и сливаются с образованием соединенного FRC. При разработке и успешном осуществлении одного из крупнейших на сегодняшний день FRC-экспериментов обычный способ столкновения-слияния показал, что он дает устойчивые долгоживущие высокотемпературные FRC с высокой плотностью потока (см., например, статью M. Binderbauer, H.Y. Guo, M. Tuszewski et al., Phys. Rev. Lett. 105, 045003 (2010), которая включена в настоящее описание по ссылке). В схожем эксперименте та же самая группа исследователей объединила технологию столкновения-слияния с одновременным аксиальным ускорением и радиальным сжатием для получения в центральной камере сжатия нестационарной высокоплотной плазмы (см. документ V. Bystritskii, M. Anderson, M. Binderbauer et al., Paper P1-1, IEEE PPS 2013, San Francisco, CA. (здесь и далее "доклад Быстрицкого", включенный в настоящее описание по ссылке). Этот последний эксперимент, о котором сообщалось в докладе Быстрицкого, перед финальным слиянием при столкновении использует множество ступеней ускорения и сжатия и является предшест-

венником концепции системы, составляющей предмет изобретения по данной патентной заявке.

В отличие от вариантов осуществления, описанных в настоящем документе, предшествующая система, описанная в докладе Быстрицкого, характеризовалась одновременным сжатием и ускорением компактных тороидов в пределах одной и той же ступени посредством использования быстрых активных магнитных катушек. Пять таких ступеней были развернуты по каждую сторону от центральной камеры сжатия до магнитного сжатия слившихся компактных тороидов. Несмотря на то, что предшествующий эксперимент показал приличные результаты, он имел следующие недостатки:

(1) одновременное сжатие и ускорение привело к неэффективному использованию энергии драйвера, задействованной для магнитного сжатия, вследствие временного рассогласования;

(2) температура и плотность плазмы при ее расширении во время перехода между секциями уменьшалась;

(3) резкие переходы между соседними секциями приводили к большим потерям из-за контакта плазма-стенка и из-за генерации ударных волн.

Помимо фундаментальной проблемы устойчивости в концепциях импульсного синтеза в режиме средней плотности придется решать задачи, связанные с адекватными масштабами времени переноса, эффективными драйверами, возможностями по частоте следования и соответствующими финальными целевыми условиями. Несмотря на то, что предшествующая система успешно достигала устойчивых одиночных разрядов при благоприятных целевых условиях, совокупные потери в промежутке между параметрами формирования и финальными целевыми условиями (в настоящее время примерно 90% энергии, потока и частиц), а также эффективность взаимодействия между драйвером и плазмой (в настоящее время примерно 10-15% энергии) должны быть существенно улучшены.

Поэтому в свете вышеизложенного желательно обеспечить улучшенные системы и способы для концепций импульсного термоядерного синтеза, которые способствовали бы значительному сокращению потерь на перемещение и сжатие и повышению эффективности драйвера.

Сущность изобретения

Приведенные здесь варианты осуществления относятся к системам и способам, которые облегчают слияние и сжатие компактных тороидов с превосходной устойчивостью, а также значительное сокращение потерь на перемещение и сжатие и увеличение эффективности взаимодействия между драйверами и плазмой. Такие системы и способы прокладывают дорогу к целому ряду приложений, включая компактные источники нейтронов (для производства изотопов медицинского назначения, утилизации ядерных отходов, материаловедения, нейтронной радиографии и томографии), компактные источники фотонов (для химического производства и переработки), разделение изотопов и системы обогащения, а также активные зоны реакторов для термоядерного синтеза для будущего поколения источников энергии и термоядерных энергетических установок.

Описанные здесь системы и способы основаны на применении последовательного аксиально-симметричного ускорения и ступеней адиабатического сжатия для нагрева и ускорения двух компактных тороидов друг к другу и, в конечном счете, для столкновения и быстрого магнитного сжатия этих компактных тороидов внутри центральной камеры сжатия.

В некоторых вариантах осуществления система для слияния и сжатия компактных тороидов содержит ступенчатую симметричную последовательность формирования компактных тороидов, аксиальное ускорение быстрыми активными магнитными катушками, пассивное адиабатическое сжатие посредством конически сужающегося консервера потока, и, в конечном итоге, слияние компактных тороидов и финальное быстрое магнитное сжатие в центральной камере сжатия. Промежуточные этапы достаточного аксиального ускорения, за которым следует адиабатическое сжатие, могут многократно повторяться для достижения адекватных целевых условий перед слиянием и финальным сжатием. Таким образом, реактор может быть реализован посредством добавления к системе дополнительных секций.

Ступеням или секциям формирования и ускорения, а также центральной камере сжатия предпочтительно придана цилиндрическая форма со стенками, сформированными из непроводящего или изолирующего материала, такого как, например, керамика. Ступеням или секциям сжатия предпочтительно придана форма усеченного конуса со стенками, сформированными из проводящего материала, такого как, например, металл.

Помимо поля подмагничивания (направляющее магнитное поле постоянного тока), созданного медленными катушками, секции формирования, секции ускорения и камера сжатия включают в себя модульные системы импульсного питания, которые возбуждают быстрые активные магнитные катушки. Эти системы импульсного питания позволяют, чтобы компактные тороиды были образованы непосредственно на месте, внутри секций формирования и ускорены и инжектированы (=статическому формированию) в первые секции сжатия, ускорены в секциях ускорения и инжектированы в следующие секции сжатия и так далее, а затем были сжаты магнитным способом в камере сжатия. Системы медленных или магнитных катушек постоянного тока, расположенных повсюду и вдоль оси системы, обеспечивают аксиальное направляющее магнитное поле для центрирования компактного тороида должным образом во время его перемещения через секцию к средней плоскости центральной камеры сжатия.

Альтернативно, модульные системы импульсного питания секций формирования также могут воз-

буждать быстрые активные магнитные катушки, так что компактные тороиды образуются и ускоряются одновременно (=динамическому формированию).

Описанные здесь системы и способы используют FRC в плазмах с самыми высокими бета, среди известных в магнитном удержании, обеспечивая тем самым стартовую конфигурацию. Далее пассивное и активное сжатие достраивает эту высокоэффективную магнитную топологию. Процесс использования аксиального ускорения посредством использования быстрых активных магнитных секций, за которым следует адиабатическое сжатие в простых конических секциях сохранения потока, обеспечивает наиболее эффективный перенос энергии при наименее сложной схеме импульсного питания. Кроме того, эти основные строительные блоки можно последовательно повторять, извлекая дополнительное преимущество из заведомо благоприятного продольного масштабирования, то есть $A\alpha R^4$.

В другом варианте осуществления система выполнена с возможностью использования сферомаков вместо начальных плазм FRC.

В другом варианте осуществления система включает в себя ступенчатую асимметричную последовательность с одной стороны центральной камеры сжатия, содержащей формирование компактных тороидов, аксиальное ускорение быстрыми активными магнитными катушками, пассивное адиабатическое сжатие посредством консервера с коническим ограничением потока и, в конечном итоге, слияние компактных тороидов и финальное быстрое магнитное сжатие в центральной камере сжатия. Такая асимметричная система могла бы включать в себя зеркало или отражательный конус, который расположен прилегающим к другой стороне центральной камеры сжатия.

В еще одном варианте осуществления система включает в себя тонкую цилиндрическую оболочку или лайнер, состоящий из проводящего материала, такого как, например, металл, для быстрого сжатия лайнера внутри центральной камеры сжатия.

Другие системы, способы, отличительные признаки и преимущества приведенных в качестве примеров вариантов осуществления будут или станут очевидными для специалистов в области техники при изучении нижеследующих чертежей и подробного описания.

Краткое описание чертежей

Сопроводительные чертежи, которые включены в виде части настоящего описания, иллюстрируют предпочтительный в настоящее время вариант осуществления и вместе с вышеприведенным общим описанием и подробным описанием предпочтительного варианта осуществления, представленным ниже, служат для объяснения принципов настоящего изобретения и обучения им.

Фиг. 1 показывает основную схему расположения системы формирования, ускорения, адиабатического сжатия, слияния и, наконец, магнитного сжатия компактных тороидов;

фиг. 2 показывает схему компонентов системы импульсного питания для секций формирования и ускорения;

фиг. 3 показывает изометрический вид отдельного агрегата импульсного питания секций формирования и ускорения;

фиг. 4 показывает изометрический вид узла трубы формирования и ускорения;

фиг. 5 показывает основную схему расположения альтернативного варианта осуществления асимметричной системы формирования, ускорения, адиабатического сжатия, слияния и, наконец, магнитного сжатия компактных тороидов;

фиг. 6 показывает детальный вид системы, показанной на фиг. 1, модифицированной таким образом, что включает в себя оболочку или лайнер, расположенный внутри центральной камеры сжатия для быстрого сжатия лайнера внутри центральной камеры сжатия.

Следует отметить, что эти чертежи необязательно выполнены в масштабе и что в иллюстративных целях на всех фигурах одинаковые конструктивные элементы или функции, как правило, обозначены одними и теми же ссылочными позициями. Следует также отметить, что эти чертежи предназначены только лишь для облегчения описания представленных здесь различных вариантов осуществления. Эти чертежи не обязательно описывают каждый аспект раскрытых здесь идей, и они не ограничивают объем пунктов формулы изобретения.

Описание

Представленные здесь настоящие варианты осуществления относятся к системам и способам, которые облегчают слияние и сжатие компактных тороидов с превосходной устойчивостью, а также со значительным уменьшением потерь на перенос и сжатие и увеличением эффективности взаимодействия между драйверами и плазмой. Такие системы и способы прокладывают дорогу к целому ряду приложений, включая компактные источники нейтронов (для производства изотопов медицинского назначения, утилизации ядерных отходов, для материаловедения, нейтронной радиографии и томографии), компактные источники фотонов (для химического производства и переработки), разделение изотопов и системы обогащения, а также активные зоны реакторов термоядерного синтеза для систем будущих источников энергии и ядерных энергетических установок.

Описанные здесь системы и способы основаны на применении последовательного аксиально-симметричного ускорения и ступеней адиабатического сжатия для нагрева и ускорения двух компактных тороидов навстречу друг к другу и, в конечном итоге, столкновения и быстрого магнитного сжатия этих

компактных тороидов внутри центральной камеры сжатия. Фиг. 1 иллюстрирует основную схему расположения системы 10 для формирования, ускорения, адиабатического сжатия, слияния и, наконец, магнитного сжатия компактных тороидов.

Как это изображено, система включает в себя ступенчатую симметричную последовательность формирования компактных тороидов в секциях 12N и 12S формирования, аксиального ускорения через секции 12N, 12S, 16N и 16S посредством быстрых активных магнитных катушек 32N, 32S, 36N и 36S, пассивного адиабатического сжатия посредством конически сужающегося консервера потока в секциях 14N, 14S, 18N и 18S, и, в конечном итоге, слияния компактных тороидов и финального быстрого магнитного сжатия в центральной камере 20 сжатия быстрыми активными магнитными катушками 40. Как это изображено, промежуточные этапы достаточного аксиального ускорения, за которым следует адиабатическое сжатие, могут повторяться несколько раз для достижения адекватных целевых условий перед слиянием и финальным сжатием. Таким образом, реактор может быть реализован посредством добавления к изображенной системе дополнительных секций.

Как это изображено, ступеням формирования и ускорения или секциям 12N, 12S, 16N и 16N и центральной камере 20 сжатия предпочтительно придана цилиндрическая форма со стенками, образованными из непроводящего или изолирующего материала, такого, например, как керамика. Ступени сжатия или секции 14N, 14S, 18N и 18S предпочтительно имеют усеченную коническую форму со стенками, образованными из проводящего материала, такого, например, как металл.

Помимо поля подмагничивания (направляющее магнитное поле постоянного тока), созданного медленными катушками 30, секции 12N и 12S формирования, секции 16N и 16S ускорения и камера 20 сжатия включают в себя модульные системы импульсного питания, которые возбуждают быстрые активные магнитные катушки 32N, 32S, 36N, 36S и 40. Эти системы импульсного питания позволяют, чтобы компактные тороиды были образованы непосредственно на месте, внутри секций 12N и 12S формирования и ускорены и инжектированы (= статическому формированию) в первые секции 14N и 14S сжатия, ускорены в секциях 16N и 16S ускорения и инжектированы в следующие секции 18N и 18S сжатия, и так далее, и затем сжаты магнитным способом в камере сжатия 20. Системы 30 медленных магнитных катушек, расположенных повсюду и вдоль оси системы, обеспечивают аксиальное направляющее магнитное поле для центрирования компактных тороидов должным образом.

Альтернативно, модульные системы импульсного питания секций формирования также могут возбуждать быстрые активные магнитные катушки, так что компактные тороиды образуются и ускоряются одновременно (= динамическому формированию).

Описанные здесь системы и способы используют FRC в плазмах с самыми высокими бета среди известных в магнитном удержании, обеспечивая тем самым начальную конфигурацию. Далее пассивное и активное сжатие достраивает эту высокоэффективную магнитную топологию. Процесс использования аксиального ускорения посредством быстрых активных магнитных секций, за которым следует адиабатическое сжатие в простых конических секциях сохранения потока, обеспечивает наиболее эффективный перенос энергии с наименее сложной схемой импульсного питания. Кроме того, эти основные строительные блоки можно последовательно повторять, извлекая дополнительное преимущество из заведомо благоприятного продольного масштабирования, то есть $Ara R^4$.

На основании известных на сегодняшний день экспериментальных и теоретических исследований в предшествующем эксперименте, как описано в докладе Быстрицкого, при использовании стартовой плазмы FRC были достигнуты плотности примерно 10^{17} см^{-3} на 1 кэВ. В предложенных здесь вариантах осуществления по оценкам будут достигнуты плотности около 10^{18} см^{-3} на 1 кэВ, в то время как добавление дополнительных ступеней и соответствующие доработки центральной камеры и быстрых магнитных катушек могут дать конечные плотности около 10^{18} см^{-3} на 1 кэВ при полном соответствии критериям Лоусона.

В другом варианте осуществления система выполнена с возможностью развертывания сферомаков вместо стартовой плазмы FRC.

В другом варианте осуществления система включает в себя ступенчатую асимметричную последовательность с одной стороны центральной камеры сжатия, содержащую формирование компактных тороидов, аксиальное ускорение быстрыми активными магнитными катушками, пассивное адиабатическое сжатие посредством консервера с коническим ограничением потока и, в конечном итоге, слияние компактных тороидов и финальное быстрое магнитное сжатие в центральной камере сжатия. Такая асимметричная система обычно включала бы в себя зеркало или отражательный конус.

В еще одном варианте осуществления система включает в себя тонкую цилиндрическую оболочку или лайнер, состоящий из проводящего материала, такого как, например, металл, для быстрого сжатия лайнера внутри центральной камеры сжатия.

Сегодняшние концепции термоядерного синтеза сфокусированы либо на стационарном состоянии, либо на режимах с ультракороткими импульсами. Оба подхода требуют больших финансовых затрат: при стационарном магнитно-термоядерном синтезе высокие затраты обусловлены большими сверхпроводящими магнитами и технологиями дополнительного нагрева/тока возбуждения; инерционные режимы характеризуются высокой стоимостью драйвера из-за подачи огромной энергии в течение наносе-

кундных масштабов времени. Выдвинутые здесь варианты осуществления характеризуются компактными размерами и субмиллисекундными масштабами времени. Это приводит к режиму, который имеет пониженные требования к пиковой мощности и приемлемые промежуточные масштабы времени.

Обратимся более подробно к чертежам, как это изображено на фиг. 1, система 10 для слияния и сжатия плазмы компактных тороидов включает в себя центральную камеру 20 сжатия и пару северной и южной диаметрально противоположных секций 12N и 12S формирования компактных тороидов. Эти первая и вторая секции 12N и 12S формирования включают в себя модульные системы 120 формирования и ускорения (подробно описаны далее со ссылками на фиг. 2-4) для генерации первого и второго компактных тороидов и аксиального ускорения и переноса этих компактных тороидов в направлении средней плоскости камеры 20 сжатия.

Как это изображено, система 10 дополнительно включает в себя первую пару северной и южной диаметрально противоположных секций 14N и 14S сжатия, присоединенных на первом конце к выходному концу северной и южной секций 12N и 12S формирования. Северная и южная секции 14N и 14S сжатия выполнены с возможностью адиабатического сжатия компактных тороидов, в то время как эти компактные тороиды пересекают северную и южные секции 14N и 14S сжатия по направлению к средней плоскости камеры 20 сжатия.

Как это изображено, система 10 дополнительно включает в себя пару северной и южной диаметрально противоположных секций 16N и 16S ускорения, присоединенных на первом конце ко второму концу северной и южной секций 14N и 14S сжатия. Северная и южная секции 16N и 16S ускорения включают в себя модульные ускорительные системы (подробно описаны далее со ссылками на фиг. 2-4) для аксиального ускорения и переноса компактных тороидов к средней плоскости камеры 20 сжатия.

Как это изображено далее, система 10 дополнительно включает в себя вторую пару северной и южной диаметрально противоположных секций 18N и 18S сжатия, присоединенных на первом конце ко второму концу северной и южной секций 16N и 16S ускорения, а на втором конце - к первому и второму диаметрально противоположным концам камеры сжатия, причем вторая пара северной и южной секций 18N и 18S сжатия выполнена с возможностью адиабатического сжатия компактных тороидов, в то время как эти компактные тороиды пересекают вторую пару северной и южной секций 18N и 18S сжатия по направлению к средней плоскости камеры 20 сжатия.

Камера сжатия включает в себя модульные системы сжатия, выполненные с возможностью магнитного сжатия компактных тороидов после их столкновения и слияния.

Как это изображено, северной и южной секциям 12N и 12S формирования, северной и южной секциям 16N и 16S ускорения и камере 20 сжатия придана цилиндрическая форма. Диаметр северной и южной секций 16N и 16S ускорения меньше диаметра северной и южной секций 12N и 12S формирования, в то время как диаметр камеры 20 сжатия меньше, чем диаметры северной и южной секций 16N и 16S ускорения.

Первой и второй паре северной и южной секций сжатия 14N, 14S, 18N и 18S придана усеченная коническая форма, при этом их диаметр на первом конце больше, чем на втором конце, делая возможным переход по общему диаметру системы 10 от секций 12N и 12S формирования к секциям 16N и 16S ускорения и к камере 20 сжатия. Как это изображено, северная и южная секции 12N и 12S формирования, первая пара северной и южной секций 14N и 14S сжатия, северная и южная секции 16N и 16S ускорения и вторая пара северной и южной секций 18N и 18S сжатия являются аксиально симметричными.

Как это изображено, первый и второй наборы из множества активных магнитных катушек 32N и 32S расположены вокруг и аксиально вдоль северной и южной секций 12N и 12S формирования, третий и четвертый наборы из множества активных магнитных катушек 36N и 36S расположены вокруг и аксиально вдоль северной и южной секций 16N и 16S ускорения, а пятый набор из множества активных магнитных катушек 40 расположен вокруг и аксиально вдоль камеры 20 сжатия.

Секции сжатия 14N, 14S, 18N и 18S предпочтительно выполнены из проводящего материала, такого как, например, металл, в то время как центральная камера 20 сжатия и секции формирования и ускорения 12N, 12S, 16N и 16S предпочтительно сформированы из непроводящего или изолирующего материала, такого как, например, керамика.

Как это изображено, множество магнитных катушек 30 постоянного тока расположено вокруг и аксиально вдоль центральной камеры 20 сжатия и секций 12N, 12S, 14N, 14S, 16N, 16S, 18N и 18S формирования, сжатия и ускорения, чтобы создавать смещающее или направляющее поле постоянного тока, находящееся внутри и простирающееся аксиально через центральную камеру сжатия и секции формирования, сжатия и ускорения.

Показанные на фиг. 2-4 триггерные системы 120 управления и переключения выполнены с предоставлением возможности ступенчатой симметричной последовательности формирования компактных тороидов посредством активных магнитных катушек 32N и 32S в северной и южной секциях 12N и 12S формирования, аксиального ускорения посредством активных магнитных катушек 36N и 36S в северной и южной секциях 16N и 16S ускорения и сжатия посредством активных магнитных катушек 40 в камере 20 сжатия. Триггерные системы 120 управления и переключения выполнены с возможностью синхронизации формирования компактных тороидов и ускорения в северной и южной секциях 12N и 12S форми-

рования, ускорения компактных тороидов в северной и южной секциях 16N и 16S ускорения и слияния и сжатия компактных тороидов в камере 20 сжатия.

Обратимся к фиг. 2-4, где представлена отдельная система 120 импульсного питания, соответствующая первому, второму, третьему, четвертому и пятому наборам из множества активных магнитов 32N, 32S, 36N, 36S и 40 секций 12N и 12S формирования, секций 16N и 16S ускорения и камеры 20 сжатия, и подающая питание отдельно на каждую из них. В секциях формирования система 120 импульсного питания работает на модифицированном тета-пинч-принципе для формирования компактных тороидов. Фиг. 2-4 иллюстрируют основные строительные блоки и конфигурацию системы 120 импульсного питания. Система 120 импульсного питания образована модульным агрегатом импульсного питания, состоящим из отдельных блоков (= модуль на салазках) 122, каждый из которых запитывает поднабор катушек 132 ленточной сборки 130 (= лента), которая намотана вокруг секционных труб 140. Каждый модуль 122 составлен из конденсаторов 121, катушек 123 индуктивности, быстрых переключателей 125 сильного тока и присоединенных триггера 124 и схемы сброса 126. Согласованная работа этих компонентов достигается посредством находящихся на современном уровне 124 триггера и системы 126 управления, что обеспечивает синхронизацию по времени между системами 120 импульсного питания каждой из секций 12N и 12S формирования, секций 16N и 16S ускорения и камеры 20 сжатия и минимизирует погрешность синхронизации переключения до десятков наносекунд. Преимуществом этой модульной конструкции является ее гибкая работа. В секциях 12N и 12S формирования компактные тороиды могут быть сформированы непосредственно на месте, а затем ускорены и инжектированы (= статическому формированию) или сформированы и ускорены одновременно (= динамическому формированию).

Во время работы пассивными катушками 30 создано направляющее магнитное поле постоянного тока, находящееся внутри и простирающееся аксиально через камеру 20 сжатия, секции 12N и 12S формирования, секции 16N и 16S ускорения и секции 14N, 14S, 18N и 18S сжатия. Затем компактные тороиды формируются и ускоряются в ступенчатой симметричной последовательности внутри секций 12N и 12S формирования и секций 16N и 16S ускорения к средней плоскости центральной камеры 20, пассивно адиабатически сжимаются внутри секций 14N, 14S, 18N и 18S сжатия и сливаются и сжимаются магнитным способом внутри центральной камеры 20. Эти этапы формирования, ускорения и сжатия компактных тороидов приводят к их столкновению и слиянию внутри центральной камеры 20.

Компактные тороиды формируются и ускоряются мощными активными магнитными катушками 32N и 32S, простирающимися вокруг и аксиально вдоль секций 12N и 12S формирования, дополнительно ускоряются мощными активными магнитными катушками 35N и 35S, простирающимися вокруг и аксиально вдоль секций 16N и 16S ускорения, и сжимаются мощными активными магнитными катушками 40, простирающимися вокруг и аксиально вдоль камеры 20 сжатия. Этапы формирования, ускорения и сжатия компактных тороидов дополнительно содержат синхронное включение диаметрально противоположных пар активных магнитных катушек 32N, 32S и 36N, 36S, расположенных вокруг и вдоль секций 12N и 12S формирования и 16N и 16S ускорения, а также набора активных магнитных катушек 40, расположенных вокруг и вдоль камеры 20 сжатия.

Во время ускорения компактных тороидов к средней плоскости камеры 20 сжатия компактные тороиды сжимаются, в то время как эти компактные тороиды переносятся через конически сужающиеся консерверы потока секций 14N, 14S, 18N и 18S сжатия.

Обратимся к фиг. 5, где проиллюстрирован альтернативный вариант осуществления системы 100 для слияния и сжатия компактных тороидов. Как изображено, система 100 содержит ступенчатую асимметричную последовательность с одной стороны центральной камеры 20 сжатия. Система 100 включает в себя одну секцию 12S формирования компактного тороида, первую секцию 14S сжатия, подсоединенную на первом конце к выходному концу секции 12S формирования, секцию 16N ускорения, подсоединенную на первом конце ко второму концу секции 14S сжатия, вторую секцию 18S сжатия, подсоединенную на первом конце ко второму концу секции 16S ускорения, а на втором конце - к первому концу камеры 20 сжатия. Прилежащим к другому концу центральной камеры 20 сжатия расположено зеркало или отражательный конус.

Во время работы первый компактный тороид формируется и ускоряется в ступенчатой последовательности внутри секции 12S формирования, а затем ускоряется в одной или более секциях 16S ускорения в направлении средней плоскости центральной камеры 20, чтобы столкнуться и слиться со вторым компактным тороидом. Первый компактный тороид пассивно адиабатически сжимается внутри одной или более ступеней 14S и 18S сжатия, а затем сжимается магнитным путем в виде слитого компактного тороида со вторым компактным тороидом внутри центральной камеры 20.

Второй компактный тороид формируется и ускоряется в ступенчатой последовательности внутри секции 12S формирования и в одной или более ступеней 16S ускорения к средней плоскости центральной камеры 20, пассивно адиабатически сжимается внутри одной или более ступеней сжатия, а затем смещается назад в направлении средней плоскости центральной камеры 20, проходя через эту центральную камеру 20 с зеркалом или отражательным конусом 50, расположенным прилежащим к концу центральной камеры 20.

Обратимся к фиг. 6, где альтернативный вариант осуществления системы 200 для слияния и сжатия

компактных тороидов плазмы проиллюстрирован на частичном подробном виде, который показывает камеру 20 сжатия с диаметрально противоположными секциями 18N и 18S сжатия, соединенными с противоположными сторонами камеры 20. Система 200 дополнительно включает в себя цилиндрическую оболочку или лайнер 60, находящийся внутри центральной камеры 20 сжатия для быстрого сжатия лайнера.

Хотя изобретение допускает различные изменения и альтернативные формы, его конкретные примеры были показаны на чертежах и подробно описаны в настоящем документе. Однако следует понимать, что изобретение не должно быть ограничено какими-то раскрытыми конкретными формами или способами, наоборот, изобретение предполагает охват всех модификаций, эквивалентов и альтернатив, находящихся в рамках сущности и объема приложенных пунктов формулы изобретения.

В вышеприведенном описании в пояснительных целях для обеспечения полного понимания настоящего изобретения использованы некоторые специальные элементы. Однако для специалиста в данной области техники будет очевидно, что для практического осуществления идей настоящего описания эти специальные элементы не требуются.

Различные признаки показательных примеров и зависимых пунктов формулы изобретения могут быть объединены способами, которые здесь специально или явным образом не описаны, с целью обеспечения дополнительных полезных вариантов осуществления настоящих идей. Заметим также, что все диапазоны величин или параметры групп объектов представляют собой каждую возможную промежуточную величину или промежуточный объект с целью первоначального описания, а также с целью ограничения заявленного предмета изобретения.

В настоящем документе были раскрыты системы и способы для объединения и слияния компактных тороидов плазмы. Понятно, что описанные здесь варианты осуществления приведены с целью разъяснения и не должны рассматриваться как ограничивающие предмет изобретения. Для специалиста в области техники будут очевидны различные модификации, применения, замены, комбинации, усовершенствования, способы изготовления, не выходящие за рамки объема или сущности настоящего изобретения. Например, читатель должен понимать, что описанная здесь конкретная последовательность и сочетание действий процесса являются лишь иллюстративными, если не указано иное, а изобретение может быть реализовано с использованием иных или дополнительных операций, или другой комбинации или последовательности операций процесса. В качестве другого примера, каждый признак одного варианта осуществления может быть скомбинирован и подобран с другими признаками, показанными в других вариантах осуществления. Аналогичным образом, при необходимости сюда могут быть включены признаки или процессы, известные обычным специалистам в данной области. Кроме того, очевидно, что при необходимости признаки могут как добавляться, так и исключаться. Соответственно изобретение не должно быть ограничено ничем иным, как только приложенными пунктами формулы изобретения и их эквивалентами.

Варианты осуществления изобретения могут быть, в частности, следующими:

1. Система для слияния и сжатия компактных тороидов плазмы, содержащая камеру сжатия, первую и вторую диаметрально противоположные секции формирования компактного тороида, содержащие модульные системы формирования и ускорения для генерации первого и второго компактных тороидов плазмы и аксиального ускорения компактных тороидов и переноса компактных тороидов к средней плоскости камеры сжатия,

первую и вторую диаметрально противоположные секции сжатия, подсоединенные на первом конце к выходному концу первой и второй секций формирования, причем первая и вторая секции сжатия выполнены с возможностью адиабатического сжатия компактных тороидов, в то время как компактные тороиды пересекают первую и вторую секции сжатия к средней плоскости камеры сжатия,

первую и вторую диаметрально противоположные секции ускорения, подсоединенные на первом конце ко второму концу первой и второй секций сжатия, при этом первая и вторая секции ускорения содержат модульные системы ускорения для аксиального ускорения компактных тороидов и переноса компактных тороидов к средней плоскости камеры сжатия, и

третью и четвертую диаметрально противоположные секции сжатия, подсоединенные на первом конце ко второму концу первой и второй секций ускорения, а на втором конце - к первому и второму диаметрально противоположным концам камеры сжатия, причем третья и четвертая секции сжатия выполнены с возможностью адиабатического сжатия компактных тороидов, в то время как компактные тороиды пересекают третью и четвертую секции сжатия к средней плоскости камеры сжатия.

2. Система по п.1, причем камера сжатия выполнена с возможностью магнитного сжатия компактных тороидов после их столкновения и слияния.

3. Система по п.1, причем камера сжатия содержит модульную систему ускорения для магнитного сжатия компактных тороидов после их столкновения и слияния.

4. Система по пп.1-3, причем первой и второй секциям формирования, первой и второй секциям ускорения и камере сжатия придана цилиндрическая форма, причем диаметры первой и второй секций ускорения меньше, чем диаметр первой и второй секций формирования, а диаметр камеры сжатия меньше, чем диаметр первой и второй секций ускорения.

5. Система по пп.1-4, причем первой, второй, третьей и четвертой секциям сжатия придана усеченная коническая форма, причем диаметр первой, второй, третьей и четвертой секции сжатия больше на первом конце, чем на втором конце.

6. Система по пп.1-5, причем первая и вторая секции формирования, первая и вторая секции сжатия, первая и вторая секции ускорения и третья и четвертая секции сжатия являются аксиально симметричными.

7. Система по пп.1-6, причем множество активных магнитных катушек расположено вокруг и аксиально вдоль первой и второй секций формирования, первой и второй секций ускорения и камеры сжатия.

8. Система по пп.1-7, дополнительно содержащая триггерные системы управления и переключения, выполненные с обеспечением возможности ступенчатой симметричной последовательности формирования компактных тороидов в первой и во второй секциях формирования и аксиального ускорения посредством активных магнитных катушек в первой и во второй секциях ускорения.

9. Система по пп.1-8, причем триггерные системы управления и переключения выполнены с возможностью синхронизации формирования и ускорения компактных тороидов в первой и во второй секциях формирования и синхронизации ускорения компактных тороидов в первой и во второй секциях ускорения.

10. Система по п.9, причем триггерные системы управления и переключения дополнительно выполнены с возможностью синхронизации магнитного сжатия с формированием и ускорением компактных тороидов в первой и во второй секциях формирования и ускорением компактных тороидов в первой и во второй секциях ускорения.

11. Система по пп.1-10, дополнительно содержащая множество магнитных катушек постоянного тока, расположенных вокруг и аксиально вдоль центральной камеры сжатия и секций формирования, сжатия и ускорения для создания смещающего или направляющего поля постоянного тока, находящегося внутри и аксиально простирающегося через центральную камеру сжатия и секции формирования, сжатия и ускорения.

12. Система по пп.1-11, дополнительно содержащая цилиндрическую оболочку или лайнер, расположенный внутри центральной камеры сжатия для быстрого сжатия лайнера.

13. Система для слияния и сжатия компактных тороидов плазмы, содержащая камеру сжатия, секцию формирования компактного тороида, содержащую модульные секции формирования и ускорения для генерации компактного тороида и аксиального ускорения компактного тороида и переноса этого компактного тороида к средней плоскости камеры сжатия,

первую секцию сжатия, подсоединенную на первом конце к выходному концу секций формирования, причем первая секция сжатия выполнена с возможностью адиабатического сжатия компактного тороида, в то время как компактный тороид пересекает первую секцию сжатия к средней плоскости камеры сжатия,

секцию ускорения, подсоединенную на первом конце ко второму концу первой секции сжатия, при этом секция ускорения содержит модульные системы ускорения для аксиального ускорения компактного тороида и переноса этого компактного тороида к средней плоскости камеры сжатия,

вторую секцию сжатия, подсоединенную на первом конце ко второму концу секции ускорения, а на втором конце - к первому концу камеры сжатия, причем вторая секция сжатия выполнена с возможностью адиабатического сжатия компактного тороида, в то время как компактный тороид пересекает вторую секцию сжатия к средней плоскости камеры сжатия.

14. Система по п.13, причем камера сжатия выполнена с возможностью магнитного сжатия компактного тороида.

15. Система по пп.13-14, причем секции формирования, секции ускорения и камере сжатия придана цилиндрическая форма, причем диаметр секции ускорения меньше диаметра секции формирования, а диаметр камеры сжатия меньше диаметра секции ускорения.

16. Система по пп.13-15, причем первой и второй секциям сжатия придана усеченная коническая форма, причем диаметры первой и второй секций сжатия больше на первом конце, чем на втором конце.

17. Система по пп.13-16, причем секция формирования, первая и вторая секции сжатия, секция ускорения и камера сжатия выставлены аксиально.

18. Система по пп.13-17, причем множество активных магнитных катушек расположено вокруг и аксиально вдоль секции формирования, секции ускорения и камеры сжатия.

19. Система по пп.13-18, дополнительно содержащая триггерные системы управления и переключения, выполненные с обеспечением возможности ступенчатой последовательности формирования и аксиального ускорения компактного тороида активными магнитными катушками.

20. Система по п.19, причем триггерные системы управления и переключения дополнительно выполнены с обеспечением возможности магнитного сжатия компактного тороида посредством активных магнитных катушек в ступенчатой последовательности, следующей за ступенчатой последовательностью формирования и аксиального ускорения компактного тороида активными магнитными катушками.

21. Система по п.19, причем триггерные системы управления и переключения выполнены с возможностью синхронизации формирования и ускорения компактного тороида в секции формирования и

синхронизации ускорения компактного тороида в секции ускорения с позиционированием компактного тороида в средней плоскости камеры сжатия.

22. Система по п.20, причем триггерные системы управления и переключения дополнительно выполнены с возможностью синхронизации сжатия компактного тороида и второго компактного тороида с формированием и ускорением компактного тороида в секции формирования, ускорением компактного тороида в секции ускорения и позиционированием компактного тороида в средней плоскости камеры сжатия.

23. Система по пп.13-22, дополнительно содержащая множество магнитных катушек постоянного тока, расположенных вокруг и аксиально вдоль центральной камеры сжатия и секций формирования, сжатия и ускорения, для создания смещающего или направляющего поля постоянного тока, находящегося внутри и простирающегося аксиально через центральную камеру сжатия и секции формирования, сжатия и ускорения.

24. Система по пп.13-23, дополнительно содержащая цилиндрическую оболочку или лайнер, расположенный внутри центральной камеры сжатия для быстрого сжатия лайнера.

25. Система по пп.13-24, дополнительно содержащая одно из зеркала и отражательного конуса, подсоединенного ко второму концу центральной камеры сжатия.

26. Система для слияния и сжатия компактных тороидов плазмы, содержащая центральную камеру, пару диаметрально противоположных секций формирования; одну или более диаметрально противоположных пар секций ускорения и одну или более диаметрально противоположных пар секций сжатия, расположенных между секциями формирования и секциями ускорения, соседними с секциями формирования, и расположенных между центральной камерой и секциями ускорения, соседними с центральной камерой,

при этом система выполнена с обеспечением возможности ступенчатой симметричной последовательности формирования компактных тороидов, аксиального ускорения посредством активных магнитных катушек вокруг секций формирования и ускорения, пассивного адиабатического сжатия компактных тороидов внутри конически сужающегося консервера потока секций сжатия и магнитного сжатия внутри центральной камеры.

27. Система по п.26, причем камера сжатия выполнена с возможностью магнитного сжатия компактных тороидов после их столкновения и слияния.

28. Система по п.26 и 27, причем секциям формирования, секциям ускорения и центральной камере придана цилиндрическая форма, причем диаметры секций ускорения меньше, чем диаметры секций формирования и меньше, чем предшествующая секция ускорения в направлении от секции формирования к центральной камере, а диаметр камеры сжатия меньше, чем диаметры секций ускорения.

29. Система по пп.26-28, причем секциям сжатия придана усеченная коническая форма, причем диаметр секции сжатия больше на первом конце, чем на втором конце, при этом второй конец каждой секции сжатия является ближе к центральной камере, чем первый конец.

30. Система по пп.26-29, причем секции формирования, одна или более пар секций сжатия и одна или более пар секций ускорения являются аксиально симметричными.

31. Система по пп.26-30, причем множество активных магнитных катушек расположено вокруг и аксиально вдоль секций формирования, секций ускорения и центральной камеры.

32. Система по пп.26-31, дополнительно содержащая триггерные системы управления и переключения, выполненные с обеспечением возможности ступенчатой симметричной последовательности формирования компактных тороидов в секциях формирования и аксиального ускорения в секциях ускорения.

33. Система по п.32, причем триггерные системы управления и переключения дополнительно выполнены с обеспечением возможности магнитного сжатия компактных тороидов активными магнитными катушками в ступенчатой последовательности, следующей за ступенчатой последовательностью формирования компактных тороидов, и аксиального ускорения активными магнитными катушками.

34. Система по п.32, причем триггерные системы управления и переключения выполнены с возможностью синхронизации формирования и ускорения компактных тороидов в паре секции формирования и синхронизации ускорения компактных тороидов в одной или более пар секций ускорения.

35. Система по п.33, причем триггерные системы управления и переключения дополнительно выполнены с возможностью синхронизации сжатия компактных тороидов с формированием и ускорением компактных тороидов в секции формирования и с ускорением компактных тороидов в секции ускорения.

36. Система по пп.26-35, причем секции сжатия расположены между центральной камерой и соседними секциями ускорения.

37. Система по пп.26-36, дополнительно содержащая множество магнитных катушек постоянного тока, расположенных вокруг и аксиально вдоль центральной камеры сжатия и секций формирования, сжатия и ускорения для создания смещающего или направляющего поля постоянного тока, находящегося внутри и простирающегося аксиально через центральную камеру сжатия и секции формирования, сжатия и ускорения.

38. Система по пп.26-37, дополнительно содержащая цилиндрическую оболочку или лайнер, распо-

ложенный внутри центральной камеры сжатия, для быстрого сжатия лайнера.

39. Способ слияния и сжатия компактных тороидов плазмы внутри системы, содержащей центральную камеру, диаметрально противоположные секции формирования, одну или более ступеней ускорения и множество ступеней сжатия, расположенных между секциями формирования и соседними ступенями ускорения и центральной камерой и соседними ступенями ускорения, при этом этапы включают в себя:

формирование и ускорение компактных тороидов в ступенчатой симметричной последовательности внутри секций формирования и ступеней ускорения к средней плоскости центральной камеры,

пассивное адиабатическое сжатие компактных тороидов внутри секций сжатия, и магнитное сжатие слившегося компактного тороида внутри центральной камеры.

40. Способ по п.39, причем этапы формирования, ускорения и сжатия компактных тороидов приводят к столкновению и слиянию компактных тороидов внутри центральной камеры.

41. Способ по п.39 и 40, причем этапы формирования и ускорения компактных тороидов включают в себя запитку активных магнитных катушек, расположенных вокруг и аксиально вдоль секций формирования и ступеней ускорения.

42. Способ по пп.39-41, причем этап сжатия компактных тороидов включает в себя перенос компактных тороидов через конически сужающиеся консерверы потока ступеней сжатия.

43. Способ по пп.39-42, причем этап формирования и ускорения компактных тороидов дополнительно включает в себя синхронное включение диаметрально противоположных пар активных магнитных катушек, расположенных вокруг и вдоль секций формирования и ускорения.

44. Способ по п.43, причем этап магнитного сжатия слившегося компактного тороида включает в себя синхронное включение активных магнитных катушек, расположенных вокруг и вдоль камеры сжатия, с включением активных магнитных катушек, расположенных вокруг и вдоль секций формирования и ускорения.

45. Способ по пп.39-44, причем секции сжатия расположены между центральной камерой и соседними ступенями ускорения.

46. Способ по пп.39-45, дополнительно включающий в себя этап генерации направляющего поля постоянного тока, находящегося внутри и простирающегося аксиально через камеру сжатия, секции формирования, ступени ускорения и ступени сжатия.

47. Способ слияния и сжатия компактных тороидов плазмы внутри системы, содержащей центральную камеру, секцию формирования, одну или более ступеней ускорения и одну или более ступеней сжатия, расположенных между секцией формирования и соседней ступенью ускорения и соседними ступенями ускорения, при этом этапы включают в себя

формирование и ускорение первого компактного тороида в ступенчатой последовательности внутри секции формирования и одной или более ступеней ускорения к средней плоскости центральной камеры для столкновения и слияния со вторым компактным тороидом,

пассивное адиабатическое сжатие компактного тороида внутри одной или более секций сжатия и магнитное сжатие слившегося компактного тороида из первого и второго компактных тороидов внутри центральной камеры.

48. Способ по п.47, причем этапы формирования, ускорения и сжатия первого компактного тороида приводят к столкновению и слиянию первого компактного тороида со вторым компактным тороидом внутри центральной камеры.

49. Способ по п.47 и 48, причем этапы формирования и ускорения первого компактного тороида включают в себя запитку активных магнитных катушек вокруг и аксиально вдоль секции формирования и одной или более ступеней ускорения.

50. Способ по пп.47-49, причем этап сжатия первого компактного тороида включает в себя перенос компактного тороида через конически сужающийся консервер потока одной или более секций сжатия.

51. Способ по пп.47-50, причем этап формирования и ускорения первого компактного тороида дополнительно включает в себя синхронное включение активных магнитных катушек, расположенных вокруг и вдоль секций формирования и ускорения с позиционированием второго компактного тороида внутри центральной камеры.

52. Способ по пп.47-51, причем одна или более ступеней сжатия расположена между центральной камерой и соседней ступенью ускорения.

53. Способ по пп.47-52, дополнительно включающий в себя этап генерации направляющего поля постоянного тока, находящегося внутри и простирающегося аксиально через камеру сжатия, секции формирования, ступени ускорения и ступени сжатия.

54. Способ по пп.47-53, дополнительно включающий в себя этапы формирования и ускорения второго компактного тороида в ступенчатой последовательности внутри секции формирования и одной или более ступеней ускорения к средней плоскости центральной камеры,

пассивное адиабатическое сжатие второго компактного тороида внутри одной или более ступеней сжатия и

смещение второго компактного тороида назад к средней плоскости центральной камеры, в то время

как он проходит через центральную камеру с зеркалом, которое расположено прилегающим к концу центральной камеры.

55. Способ по пп.47-54, дополнительно включающий в себя

этапы формирования и ускорения второго компактного тороида в ступенчатой последовательности внутри секции формирования и одной или более ступеней ускорения к средней плоскости центральной камеры,

пассивное адиабатическое сжатие второго компактного тороида внутри одной или более ступеней сжатия, и

смещение второго компактного тороида назад к средней плоскости центральной камеры, в то время как он проходит через центральную камеру с отражательным конусом, который расположен прилегающим к концу центральной камеры.

56. Система по пп.1-38, причем компактные тороиды представляют собой одно из стартовой плазмы поля с обращенной магнитной конфигурацией (FRC) и сферомака.

57. Система по пп.1-38, причем секции сжатия образованы из проводящего материала, а центральная камера сжатия и секции формирования и ускорения образованы из непроводящего материала.

58. Способ по пп.39-55, причем компактные тороиды представляют собой одно из стартовой плазмы FRC и сферомака.

59. Способ по пп.39-55, причем секции сжатия образованы из проводящего материала, а центральная камера сжатия и секции формирования и ускорения образованы из непроводящего материала.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ слияния и сжатия компактных тороидов плазмы внутри системы для слияния и сжатия компактных тороидов плазмы, содержащей центральную камеру (20), множество активных магнитных катушек (40), расположенных вокруг и аксиально вдоль центральной камеры для магнитного сжатия компактных тороидов, диаметрально противоположные секции (12N, 12S) формирования, множество активных магнитных катушек (32N, 32S), расположенных вокруг и аксиально вдоль секций формирования для формирования и ускорения компактных тороидов в ступенчатой симметричной последовательности, одну или более секций (16N, 16S) ускорения, множество секций (14N, 14S) сжатия, выполненных с конически сужающимся конвертером для адиабатического сжатия компактных тороидов и расположенных между секциями формирования и соседними секциями ускорения и расположенных между центральной камерой и соседними секциями ускорения, и множество активных магнитных катушек (36N и 36S), расположенных вокруг и аксиально вдоль секции (16N, 16S) ускорения для ускорения компактных тороидов в ступенчатой симметричной последовательности, при этом этапы содержат

формирование и ускорение компактных тороидов в ступенчатой симметричной последовательности внутри секций формирования и секций ускорения к средней плоскости центральной камеры,

пассивное адиабатическое сжатие компактных тороидов внутри секций сжатия, и магнитное сжатие слившегося компактного тороида внутри центральной камеры.

2. Способ по п.1, дополнительно содержащий этапы столкновения и слияния компактных тороидов внутри центральной камеры.

3. Способ по любому из пп.1 и 2, причем этап формирования и ускорения компактных тороидов содержит запитку упомянутого множества активных магнитных катушек, расположенных вокруг и аксиально вдоль секций формирования и секций ускорения.

4. Способ по любому из пп.1 и 2, причем этап формирования и ускорения компактных тороидов дополнительно содержит синхронное включение диаметрально противоположных пар активных магнитных катушек, расположенных вокруг и вдоль секций формирования и секций ускорения.

5. Способ по п.3, причем этап формирования и ускорения компактных тороидов дополнительно содержит синхронное включение диаметрально противоположных пар активных магнитных катушек, расположенных вокруг и вдоль секций формирования и секций ускорения.

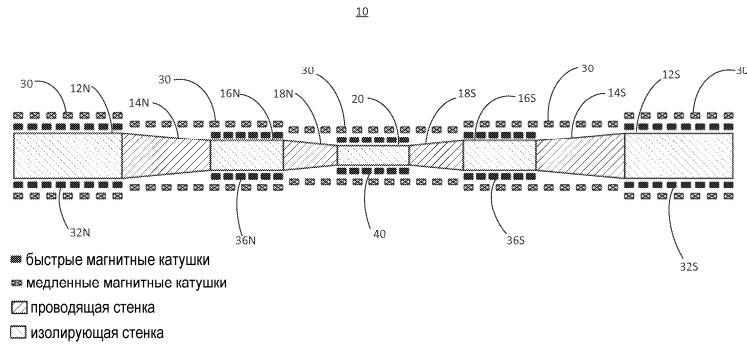
6. Способ по п.4, причем этап магнитного сжатия слившегося компактного тороида содержит синхронное включение активных магнитных катушек, расположенных вокруг и вдоль центральной камеры, с включением активных магнитных катушек, расположенных вокруг и вдоль секций формирования и секций ускорения.

7. Способ по п.5, причем этап магнитного сжатия слившегося компактного тороида содержит синхронное включение активных магнитных катушек, расположенных вокруг и вдоль центральной камеры, с включением активных магнитных катушек, расположенных вокруг и вдоль секций формирования и секций ускорения.

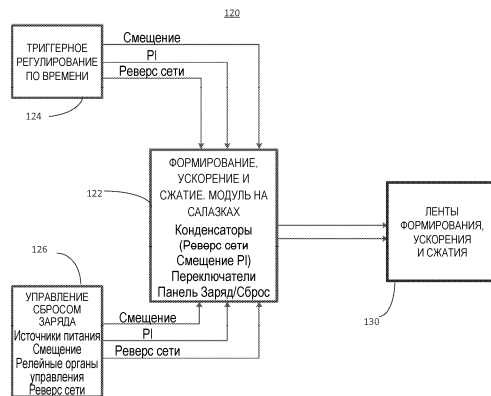
8. Способ по любому из пп.1-7, дополнительно содержащий этап генерации направляющего поля постоянного тока внутри и простирающимся аксиально через центральную камеру, секции формирования, секции ускорения и секции сжатия.

9. Способ по любому из пп.1-8, причем компактные тороиды представляют собой одно из стартовых плазм поля с обращенной магнитной конфигурацией (FRC) и сферомака.

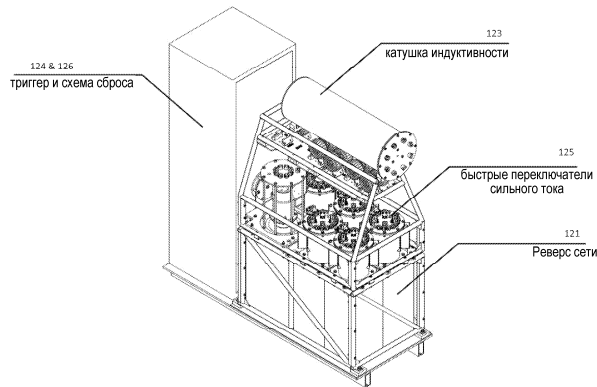
10. Способ по любому из пп.1-9, причем секции сжатия образованы из проводящего материала, а центральная камера и секции формирования и секции ускорения образованы из непроводящего материала.



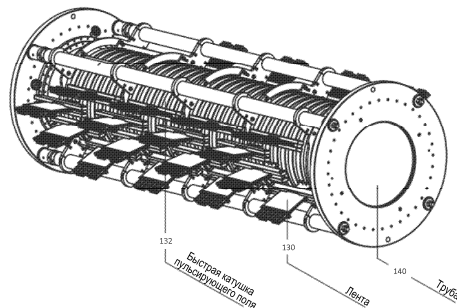
Фиг. 1



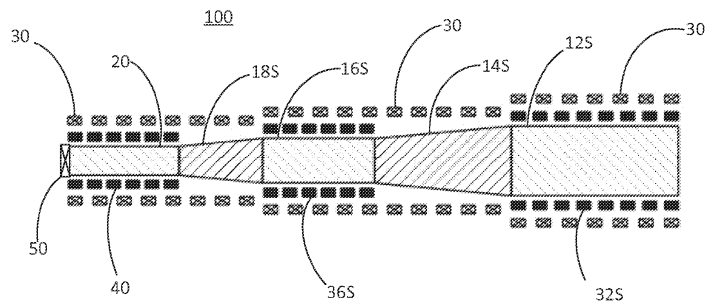
Фиг. 2



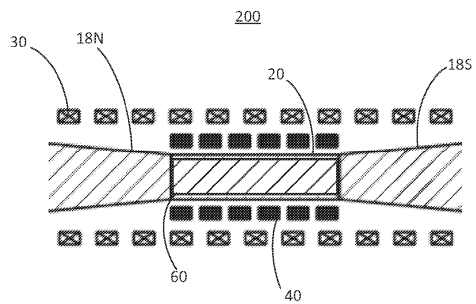
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6