



УКРАЇНА

(19) **UA**

(11) **110069**

(13) **C2**

(51) МПК

G21B 1/05 (2006.01)

G21B 1/17 (2006.01)

H05H 13/02 (2006.01)

H01J 27/18 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: **а 2014 02900**

(22) Дата подання заявки: **21.03.2014**

(24) Дата, з якої є чинними
права на винахід: **10.11.2015**

(41) Публікація відомостей
про заявку: **11.08.2014, Бюл.№ 15**

(46) Публікація відомостей
про видачу патенту: **10.11.2015, Бюл.№ 21**

(72) Винахідник(и):

**Татарин Василь Ярославович (UA),
Назар Андрій Павлович (UA),
Протальчук Тетяна Олександрівна (UA)**

(73) Власник(и):

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
"ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА",
вул. Ст. Бандери, 12, м. Львів, 79013 (UA)**

(56) Перелік документів, взятих до уваги
експертизою:

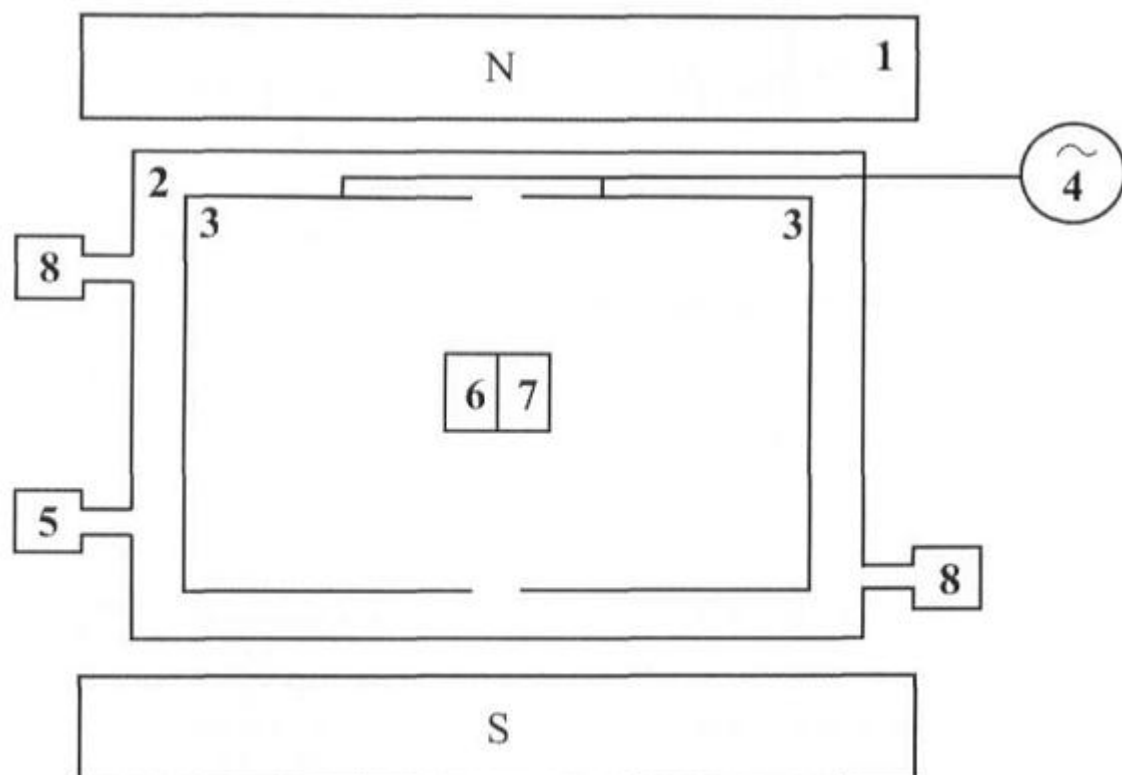
Seidel M., Cyclotrons for high intensity beams,
CERN Accelerator School CAS 2011: High
Power Hadron Machines, Bilbao, 24 May - 2
June 2011, CERN-2013-001, pp. 17-32
UA 46257 A, 15.05.2002,
SU 303010, 26.07.1971,
US 2492324 A, 27.12.1949,
US 2014/0062344 A1, 06.03.2014,
US 2615129 A, 21.10.1951,
US 2007/0171015 A1, 26.07.2007,
В.И. Высоцкий, Р.Н. Кузьмин. Реакция
управляемого синтеза в кристаллических
мишенях. Письма ЖТФ, 7, (1981). - С. 981-
985
Амаса С. Бишоп. Проект Шервуд.
Программа США по управляемому
термоядерному синтезу. Атомиздат. - М.:
1960. - С. 108-110

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЗДІЙСНЕННЯ РЕАКЦІЇ ЯДЕРНОГО СИНТЕЗУ

(57) Реферат:

Винахід належить до ядерної фізики і може бути використаний при створенні термоядерних реакторів з використанням пучка частинок, деякі з котрих взаємодіють з іншими частинками. Пристрій для здійснення реакції ядерного синтезу складається з магніту, між полюсами котрого розміщена вакуумна камера, всередині якої розміщена дуантна система, підключена до генератора змінної напруги, та вакуумного насоса, підключеного до цієї ж вакуумної камери, до якої підключене джерело іонів, а також введене додаткове джерело іонів в вакуумну камеру та резонансні контури, електрично зв'язані з вакуумною камерою. Технічним результатом винаходу є збільшення коефіцієнта підсилення по енергії при проведенні реакцій ядерного синтезу, завдяки зниженню втрат високошвидкісних реагуючих частинок внаслідок здійснення реакції ядерного синтезу при відносно низьких температурах і зниженню енергетичних затрат на іонізацію реагуючих атомів.

UA 110069 C2



Фиг.

Винахід належить до ядерної фізики і може бути використаний при створенні термоядерних реакторів з використанням пучка частинок, деякі з котрих взаємодіють з іншими частинками.

Відомий пристрій для здійснення реакції ядерного синтезу [Патент СССР № 1217269 А, кл. G 21 В 1/00 1987], який складається з вісесиметричної камери, розміщеній в котушці, підключеній до джерела струму. При наростанні струму в котушці через плазму в камері протікає струм, котрий розігріває цю плазму до значної температури.

При цьому здійснення реакції ядерного синтезу досягається розігрівом плазми з реагуючих частинок до значних температур за допомогою осьового струму, та утримання плазми від прямого контакту зі стінками камери за допомогою зовнішнього, відносно до плазми, магнітного поля.

Проте, в цьому пристрої здійснення реакції ядерного синтезу важко досягти великих значень коефіцієнта підсилення по енергії тому, що при збільшенні густини плазми зростають втрати на її теплове випромінювання пропорційно до четвертого ступеня її температури [Итоги науки й техники. Серия "Радиотехника" т. 25. ч. I ст. 8-9], а збільшення температури плазми, при її низькій густині вимагає довгочасового утримання такої плазми в об'ємі реакції, що знову ж таки призводить до збільшення втрат на теплове випромінювання і втраті самих реагуючих частинок, які при певних умовах все ж таки протікають через утримуюче магнітне поле.

Отже недоліком цього відомого рішення здійснення реакції ядерного синтезу є низький коефіцієнт підсилення по енергії, зумовлений неможливістю тривалого утримання високотемпературної плазми в магнітному полі без втрат.

Відомий також пристрій для здійснення реакції ядерного синтезу [Амаса С. Бишоп. Проект Шервуд. Программа США по управляемому термоядерному синтезу. Атомиздат. М.: 1960. - С. 108-110], який полягає у відкачці об'єму реакції, в якому створене магнітне поле і осесиметричне електричне поле, перпендикулярне магнітному полю з інжекцією в цей об'єм іонізованого дейтерію. Така конфігурація електричного і магнітного полів примушує плазму обертатися навколо осі симетрії полів як ціле, що сприяє збільшенню часу утримання плазми в об'ємі реакції. Проте, в результаті дослідів [Амаса С. Бишоп. Проект Шервуд. Программа США по управляемому термоядерному синтезу. Атомиздат. Москва 1960. ст. 108-110] було встановлено, що для успішного утримання плазми необхідно, щоб енергія обертання частинок плазми була велика в порівнянні з їхньою тепловою енергією, а сама реакція синтезу досягається все ж завдяки саме тепловим швидкостям дейтерію.

Отже недоліком цього пристрою для здійснення реакції ядерного синтезу є низький коефіцієнт підсилення по енергії, зумовлений неможливістю довготривалого утримання високотемпературної плазми в магнітному полі без втрат.

Найближчим по технічній суті і результату до запропонованого є пристрій для здійснення реакцій ядерного синтезу [Комар Е.Г. Основы ускорительной техники. М., Атомиздат, 1975, с. 164-192], який складається з магніту, між полюсами котрого розміщена вакуумна камера, всередині якої розміщена система для прискорення іонів (дуантна система), яка підключена до генератора змінної напруги, та вакуумного насоса, підключеного до цієї ж вакуумної камери, до якої підключене джерело іонів. Блок виводу іонів, розміщений в вакуумній камері зв'язаний з мішенню.

В цьому пристрої іони з джерела іонів потрапляють в змінне електричне поле дуантної системи. Частота змінної напруги генератора змінної напруги вибирається рівна, або кратна циклотронній частоті іонів в даному магнітному полі магніту, що забезпечує прискорення іонів до значних швидкостей. Неприскорені іони, а також атоми, що втратили заряд внаслідок зіткнення з елементами циклотрона виводяться з вакуумної камери за допомогою вакуумного насоса. А прискорені іони виводяться з вакуумної камери за допомогою блока виводу іонів і реагують з атомами мішені. При використанні цього пристрою для проведення ядерних реакцій досягаються високі швидкості зустрічі прискорених заряджених частинок з атомами - мішенями, що дозволяє шляхом відповідного вибору швидкості інжектованих частинок проводити реакції ядерного синтезу.

Якщо врахувати, що коефіцієнт підсилення по енергії ядерної реакції типу:



складає приблизно 170, то без врахування втрат іонів в даному пристрої проведення термоядерних реакцій можна було б досягти коефіцієнта підсилення по енергії, що значно перевищує 1.

Проте недоліком цього відомого пристрою є використання як ядер - мішеней нейтральних атомів, що значно підвищує енергетичні затрати на проведення реакцій синтезу, оскільки відношення ефективного перерізу $\delta_{\text{вн}}$, - 10^{-27} м^2 внутрішніх електронів до ефективного перерізу зовнішніх електронів δ_3 - 10^{-20} м^2 складає приблизно 10^{-7} [В.И. Высоцкий, Р.Н. Кузьмин. Реакция

управляемого синтеза в кристаллических мишенях. Письма ЖТФ, 7, 981 (1981)]. Якщо оцінити енергію однократної іонізації атома як 10^8 eV, то використання нейтральних атомів - мішеней приводить до зростання втрат на іонізацію приблизно на 10^8 eV на один акт ядерного синтезу. Незважаючи на явно завищену оцінку таких втрат, оскільки далеко не кожне зіткнення

прискореної зарядженої частинки з нейтральним атомом призводить до іонізації останнього, все ж таки видно, що згадані втрати є значними.

Отже, цей пристрій для здійснення реакцій ядерного синтезу має низький коефіцієнт підсилення по енергії, зумовлений великими втратами високошвидкісних реагуючих частинок при їхньому термічному нагріванні.

Ще одним недоліком пристрою для здійснення реакції ядерного синтезу з використанням пучків прискорених частинок з порівняно низькою температурою є значні енергетичні втрати таких пучків на іонізацію атомів, з ядрами котрих проводяться реакції ядерного синтезу.

В основу рішення поставлено задачу створити пристрій для здійснення реакції ядерного синтезу, щоб збільшити його коефіцієнт підсилення по енергії.

Ця задача вирішується тим, що в пристрій для здійснення реакції ядерного синтезу, який складається з магніту, між полюсами котрого розміщена вакуумна камера, всередині якої розміщена дуантна система, підключена до генератора змінної напруги, та вакуумного насоса, підключеного до цієї ж вакуумної камери, до якої підключене джерело іонів, згідно з винаходом, введено додаткове джерело іонів в вакуумну камеру та резонансні контури, електрично зв'язані з вакуумною камерою.

При цьому для зниження енергетичних витрат джерела іонів емітують позитивно заряджені іони.

При цьому для зниження енергетичних витрат на втрати іонів джерело іонів емітує іони хімічного елемента водню, а додаткове джерело іонів емітує іони хімічного елемента літію.

При цьому для зниження радіоактивного забруднення середовища, джерело іонів емітує ізотоп водню дейтерій, а додаткове джерело іонів емітує ізотоп літію з масовим числом 6.

При цьому для зниження втрат прискорених іонів частота генератора змінної напруги кратна непарному числу циклотронних частот заряджених частинок в магнітному полі B , що задовольняє умові

$$B = \frac{m_1 m_2 \Delta V}{\sqrt{e(m_2 - m_1)} R}, (2)$$

де m_1 - маса ядер легких емітованих частинок,

m_2 - маса ядер важчих емітованих частинок,

ΔV - швидкість зустрічі ядер частинок з різним питомим електричним зарядом, достатня і необхідна для проведення реакції ядерного синтезу легких ядер,

e - абсолютне значення заряду електрона,

R - віддаль від осі симетрії магнітного поля, на якому воно має середнє по азимутальному куту значення B , котре є також екстремальним значенням цього поля.

При цьому для зниження втрат прискорених іонів, магнітне поле магніту є вісесиметричним постійним магнітним полем з максимальним значенням на своїй осі симетрії, мінімальним середнім значенням вздовж периметра на радіусі R і знакозмінною похідною значення цього поля вздовж цього ж периметра.

При цьому для зниження втрат прискорених іонів, резонатори настроєні на частоти синхротронних коливань іонів, що емітуються джерелами іонів.

При цьому для спрощення конструкції пристрою джерела об'єднані в один конструктивний блок.

Суттєвою відмінністю запропонованого технічного рішення від раніше відомих є інжекція в вісесиметричне магнітне поле позитивно заряджених частинок з різними питомими зарядами, на які діють змінним електромагнітним полем, частота якого в комбінації з структурою магнітного поля, забезпечує стаціонарний рух частинок по колових орбітах навколо осі симетрії магнітного поля зі швидкостями, різниця яких, для частинок з різними питомими зарядами, відповідає швидкості, достатній для здійснення реакції ядерного синтезу.

При цьому запропонована структура магнітного поля разом з резонаторами забезпечує значне подавлення так званих синхротронних коливань прискорених частинок, що в комбінації з дією змінного електромагнітного поля, електрична складова якого лежить в площині, перпендикулярній до осі симетрії магнітного поля, призводить до зниження ефективної температури прискорених частинок.

Все це впливає на збільшення коефіцієнта підсилення по енергії пристрою для здійснення реакції ядерного синтезу.

На кресленні зображений пристрій для здійснення реакції ядерного синтезу.

Пристрій для здійснення ядерного синтезу містить магніт 1, між полюсами якого розміщена вакуумна камера 2, всередині якої розміщена система для прискорення іонів 3, котра підключена до генератора змінної напруги 4, та вакуумного насоса 5 і джерела іонів 6, а також додаткове джерело іонів 7 і резонансні контури 8, які електрично зв'язані з вакуумною камерою 2.

Запропонований пристрій для здійснення реакцій ядерного синтезу працює наступним чином.

Заряджені частинки з різними питомими зарядами інжектуються в об'єм вакуумної камери 2, з якого постійно провадиться відкачка вакуумним насосом 3 [Дж. Ливингуд. Принципы работы циклических ускорителей. Изд-во И.Л., М. 1963]. Сам процес інжекції заряджених частинок в відкачаний об'єм, де створене вісесиметричне магнітне поле з екстремумом в своєму центрі, також є відомим в сучасній техніці процесом. Це можна забезпечити, наприклад, створенням розряду в середовищі відповідних газів у центрі об'єму [Дж. Ливингуд. Принципы работы циклических ускорителей. Изд-во И.Л., М. 1963]. Іонізовані частинки з цього газового розряду під дією змінного електромагнітного поля, електрична складова якого лежить в площині, перпендикулярній до осі симетрії магнітного поля, прискорюються і виходять з зони розряду. Надалі такі частинки рухаються в магнітному полі яке створене дуантною системою 3, яка підключена до генератора змінної напруги 4, по колових траєкторіях в площині, перпендикулярній осі симетрії магнітного поля, оскільки їхня швидкість перпендикулярна до силових ліній магнітного поля. При такому русі частина з цих частинок потрапляє в таку фазу змінного електромагнітного поля яке створюється дуантною системою 3 і резонансними контурами 8, що циклічно прискорюється за рахунок енергії, яку в нього відбирає. Такий процес міг би тривати настільки довго, що частинки досягають би релятивістських швидкостей, якби магнітне поле в цьому відкачаному об'ємі було би повністю рівномірним, а частота змінного електромагнітного поля була би рівна циклотронній частоті вибраних частинок в цьому полі. Проте, згідно запропонованого способу здійснення реакцій ядерного синтезу, змінне електромагнітне поле має частоту кратну непарному числу циклотронної частоти для обох типів частинок лише в магнітному полі, що задовольняє умові (2), причому це значення магнітного поля є екстремальним і знаходиться на віддалі R від осі симетрії поля. Внаслідок цього колова частота обертання заряджених частинок в такому магнітному полі може співпадати з частотою змінного електромагнітного поля лише на віддалі R від осі симетрії поля, і тільки такому радіусу R відповідає стаціонарна орбіта інжектованих заряджених частинок.

Дійсно, на всіх інших віддальх від осі симетрії магнітного поля в силу неспівпадіння колової частоти руху заряджених частинок з частотою змінного електромагнітного поля, ці частинки будуть періодично прискорюватись і сповільнюватись ним з частотою, рівною різницевій частоті їхньої колової частоти і частоти змінного електромагнітного поля. До речі, саме цей процес використовується для виведення інжектованих в центрі осі симетрії магнітного поля частинок на стаціонарну орбіту в запропонованому способі і для прискорення таких частинок до максимально можливих швидкостей в циклотронах [Дж. Ливингуд. Принципы работы циклических ускорителей. Изд-во И.Л., М. 1963]. І якраз формування магнітного поля в запропонованому способі з двома екстремумами, що дозволяє створити для заряджених частинок стаціонарну орбіту, є суттєвою відмінністю від відомих способів циклічного прискорення частинок, що дозволяє віднести до нових ознак, як саме існування іншого, крім на осі симетрії магнітного поля, екстремального його значення, так і використання змінного електромагнітного поля, електрична складова якого лежить в площині, перпендикулярній до осі симетрії магнітного поля, оскільки частота змінного електромагнітного поля пов'язана зі значенням магнітного поля в його додатковому екстремумі.

І справді, при запропонованій конфігурації магнітного і змінного електромагнітного полів, заряджені частинки в процесі свого прискорення чи сповільнення багаторазово перетинають область з екстремальним значенням магнітного поля на віддалі R від осі симетрії магнітного поля, що призводить до їхнього фокусування вздовж колової лінії цього екстремального значення магнітного поля, на відміну від відомих способів прискорення [Дж. Ливингуд. Принципы работы циклических ускорителей. Изд-во И.Л., М. 1963] заряджених частинок, де вони здійснюють синхротронні коливання від осі симетрії магнітного поля до його периферії. Отже, використання запропонованої комбінації магнітного і змінного електромагнітного поля забезпечує формування пучка заряджених частинок, тангенціальні швидкості яких залежать від їхнього питомого заряду, а радіальні швидкості рівні нулю, тобто, забезпечується охолодження

пучка прискорених частинок змінним електромагнітним полем, що не досягається в відомих раніше [Дж. Ливингуд. Принципы работы циклических ускорителей. Изд-во И.Л., М. 1963] комбінаціях магнітного та змінного електромагнітного полів. Рівність тангенціальних швидкостей заряджених частинок з однаковими питомими зарядами забезпечується тим, що на їхній
 5 стаціонарній орбіті з постійною швидкістю будуть рухатись лише такі частинки, фаза руху котрих співпадає з фазою нульової амплітуди електричної складової змінного електромагнітного поля. Частинки з іншою фазою прискоряться, або сповільняться і знов увійдуть на цю колову стаціонарну орбіту з іншою фазою. Такий процес буде тривати доти, доки їхня фаза не співпаде з фазою нульової амплітуди електричної складової змінного електромагнітного поля. Саме
 10 формування змінного електромагнітного поля в відкачаному об'ємі, де створене осесиметричне магнітне поле є також відомим в сучасній техніці процесом [Дж. Ливингуд. Принципы работы циклических ускорителей. - Изд-во, И.Л., М. 1963] і може бути здійснене шляхом установки в такій камері двох електродів, підключених до виходу генератора змінної напруги з потрібною частотою. Амплітуда цього змінного електромагнітного поля вибирається в залежності від
 15 значення радіальної похідної вісесиметричного магнітного поля так, щоб забезпечити виведення інжекттованих заряджених частинок на стаціонарну орбіту. На даному етапі такий розрахунок є відомим [Дж. Ливингуд. Принципы работы циклических ускорителей. Изд-во И.Л., М. 1963].

Вісесиметричне магнітне поле може бути сформоване шляхом використання електромагніта
 20 або навіть постійного магніту 1 з круглими полюсними наконечниками відповідної форми між якими розміщується вакуумна камера 2, з якої іде постійна відкачка газів вакуумним насосом 3, а в центрі, між електродами, що підключені до виходу високочастотного генератора 4, провадиться інжекція заряджених частинок з основного джерела іонів 6, а також з додаткового джерела іонів 7. Всі ці елементи, як і процеси, на даний час відомі і використовуються в різних
 25 комбінаціях. Потрібна ж конфігурація магнітного поля може бути досягнута відповідною формою полюсних наконечників магніту [Дж. Ливингуд. Принципы работы циклических ускорителей. Изд-во И.Л., М. 1963].

Отже, всі процеси, що використовуються в запропонованому способі здійснення реакцій ядерного синтезу, є на даний час відомими, що дозволяє зробити висновок про можливість його
 30 реалізації. Таким чином, в запропонованому способі заряджені частинки з різними питомими зарядами інжектуються у відкачаний об'єм, де створене вісесиметричне магнітне поле з екстремумами на осі симетрії і на віддалі R від неї. Під дією змінного електромагнітного поля ці частинки прискорюються в площині, перпендикулярній до осі симетрії магнітного поля, а, отже, обертаються в магнітному полі по орбітах, близьких до колових. При цьому частинки багатократно перетинають області з різним значенням магнітного поля, похідна якого по
 35 азимутальному куту є знакозмінна. Це приводить [Дж. Ливингуд. Принципы работы циклических ускорителей. Изд-во И.Л., М. 1963] до фокусування частинок в площині, перпендикулярній до осі симетрії магнітного поля. Внаслідок багатократних перетинів області з екстремальним значенням-іона віддалі R від осі симетрії магнітного поля, заряджені частинки фокусуються
 40 також і вздовж цієї лінії. Із співвідношення

$$m_1 V_1 = m_2 V_2 = \sqrt{eBR} \quad (3)$$

знаходимо, що на своїх стаціонарних орбітах інжекттовані частинки мають різницю швидкостей

$$V_1 - V_2 = \sqrt{eBR}(m_1 - m_2)/(m_1 m_2) = \Delta V, \quad (4)$$

якраз достатню для проведення реакцій ядерного синтезу між ними. Для оцінки коефіцієнта підсилення по енергії, що досягається в запропонованому способі здійснення реакції ядерного синтезу, оцінимо енергетичний баланс реакції типу (1). Для цієї реакції ефективний перетин δ_p близький до $5 \cdot 10^{-8}$ при енергії зіткнення $E_0 = 130 \text{ KeV}$. В такому разі, на радіусі R ядра дейтерію 6 будуть мати кінетичну енергію $E_D = 16/9 E_0 = 292.5 \text{ KeV} = 300 \text{ KeV}$, а
 50 однократно іонізовані атоми літію 7 будуть мати кінетичну енергію $E_L = E_0 / 4 = 32.5 \text{ KeV}$. Оскільки атоми літію іонізовані, тобто мають тільки внутрішні електрони, то можемо оцінити ефективний перетин їхньої електронної оболонки, як 10^{-27} m^2 . При здійсненні реакції ядерного синтезу запропонованим способом, ядра, що зазнали зіткнень при значних віддальх між ними, а саме таких, що перевищують ефективний перетин електронної оболонки іонізованого атому літію, можуть змінити енергію свого руху не більше, ніж на 10 eV, що є мізерно малою
 55 величиною в порівнянні з їхньою кінетичною енергією. В результаті сумарної дії на ці ядра запропонованої комбінації магнітного і змінного електромагнітного полів, ці ядра повернуться на

стаціонарну орбіту. Отже, в даній частині, запропонований спосіб забезпечує значне підвищення ефективності здійснення реакцій ядерного синтезу завдяки значному зниженню енергетичних затрат на іонізацію реагуючих атомів внаслідок таких своїх суттєвих ознак, як інжекція заряджених частинок з іншим питомим електричним зарядом. Це якраз і дозволяє знизити втрати на іонізацію частинок до однократної іонізації реагуючих частинок. Ядра ж дейтерію, які влучають в область внутрішньої електронної оболонки атомів літію можуть повторно іонізувати останній і, захопивши вибитий електрон, втратити електричний заряд, тобто стати нейтральними атомами. Повторно іонізовані атоми літію очевидно змінять свій питомий заряд, що призведе до того, що, як нейтральні атоми дейтерію, так і повторно іонізовані атоми літію вибудуть з подальшого процесу реакції ядерного синтезу, віддавши свою кінетичну енергію стінкам відкачаного об'єму. Таким чином, при кожному акті такої іонізації в теплову форму перетворюється 330 KeV енергії, затраченої на прискорення реагуючих частинок. І, хоча не кожне з таких зіткнень призведе до цього процесу, ми оцінимо ці втрати в сумарному енергетичному балансі саме так, що кожне зіткнення реагуючих частинок в перерізі $\delta_{\text{вн}}$ призводить до втрати для подальшого процесу двох прискорених частинок. Цим приблизно оцінюються втрати прискорених частинок при зіткненні з залишковими атомами в об'ємі, що відкачується. Отже, ймовірність здійснення реакції ядерного синтезу на пару прискорених частинок в запропонованому способі становить $\delta_{\text{р}} / \delta_{\text{вн}}$.

Тоді, на кожному прискорену пару частинок енергетичний вихід тепла Q становить

$$Q = (\delta_{\text{р}} / \delta_{\text{вн}}) \cdot 22.4 \text{ MeV} + 330 \text{ KeV} = 11.5 \text{ MeV} \quad (5)$$

Затрати ж на проведення цієї реакції складаються з затрат на формування магнітного поля, які можна прийняти нулю, використовуючи постійний магніт 1, затрат на прискорення частинок і затрат на відкачування об'єму реакції. Останні затрати не важко розрахувати на одну інжектвану частинку у вигляді

$$E_{\text{н}} = kT \ln(n_2 / n_1), \quad (6)$$

де k - постійна Больцмана,

T - температура в об'ємі реакції, яку приймемо рівною 1300 K,

n_2 - кількість атомів в одиниці об'єму при атмосферному тиску,

n_1 - кількість атомів в одиниці відкачаного об'єму, наприклад 10^{16} м^{-3} .

Тоді затрати на відкачку пари інжектованих частинок складуть 5 eV. Якщо навіть врахувати досить низький кд відкачуючих насосів 5 та інжектуючого пристрою 6, 7, все одно видно, що ці втрати є мізерні і можуть в енергетичному балансі реакції не враховуватись.

Отже, коефіцієнт підсилення K по енергії при здійсненні реакції ядерного синтезу за запропонованим способом складе

$$K = Q / 330 \text{ KeV} \approx 30, \quad (7)$$

що значно перевищує таке значення при проведенні цієї реакції відомими способами.

Оцінимо тепер можливу потужність реактора з використанням запропонованого пристрою призначеного для проведення реакції ядерного синтезу. На даному етапі не є технічною проблемою [Дж. Ливингуд. Принципи работы циклических ускорителей. Изд-во И.Л., М. 1963] отримання в циклотронних прискорювачах пучків прискорених іонів зі струмом 1mA при енергіях до 100 MeV. Очевидно, що із зниженням енергії прискорених частинок їхній струм буде рости принаймні лінійно. Тобто можна отримати струм пучка прискорених частинок при їхній максимальній енергії 300 KeV близько до 330 mA затрачуючи потужність біля 100 KWt. Тоді вихідна теплова потужність реактора з коефіцієнтом підсилення по енергії 30 складе 3 MWt, тобто вже є доцільним використання таких реакторів в енергетиці.

Таким чином використання запропонованого пристрою для здійснення реакції ядерного синтезу дозволяє досягти поставленої задачі - збільшення коефіцієнта підсилення по енергії при проведенні реакцій ядерного синтезу, завдяки зниженню втрат високошвидкісних реагуючих частинок внаслідок здійснення реакції ядерного синтезу при відносно низьких температурах і зниженню енергетичних затрат на іонізацію реагуючих атомів.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Пристрій для здійснення реакції ядерного синтезу, який складається з магніту, між полюсами котрого розміщена вакуумна камера, всередині якої розміщена система для прискорення іонів, котра підключена до генератора змінної напруги, та вакуумного насоса і джерела іонів, які

підключені до вакуумної камери, який **відрізняється** тим, що містить додаткове джерело іонів, яке підключене до вакуумної камери, та резонансні контури, електрично зв'язані з вакуумною камерою.

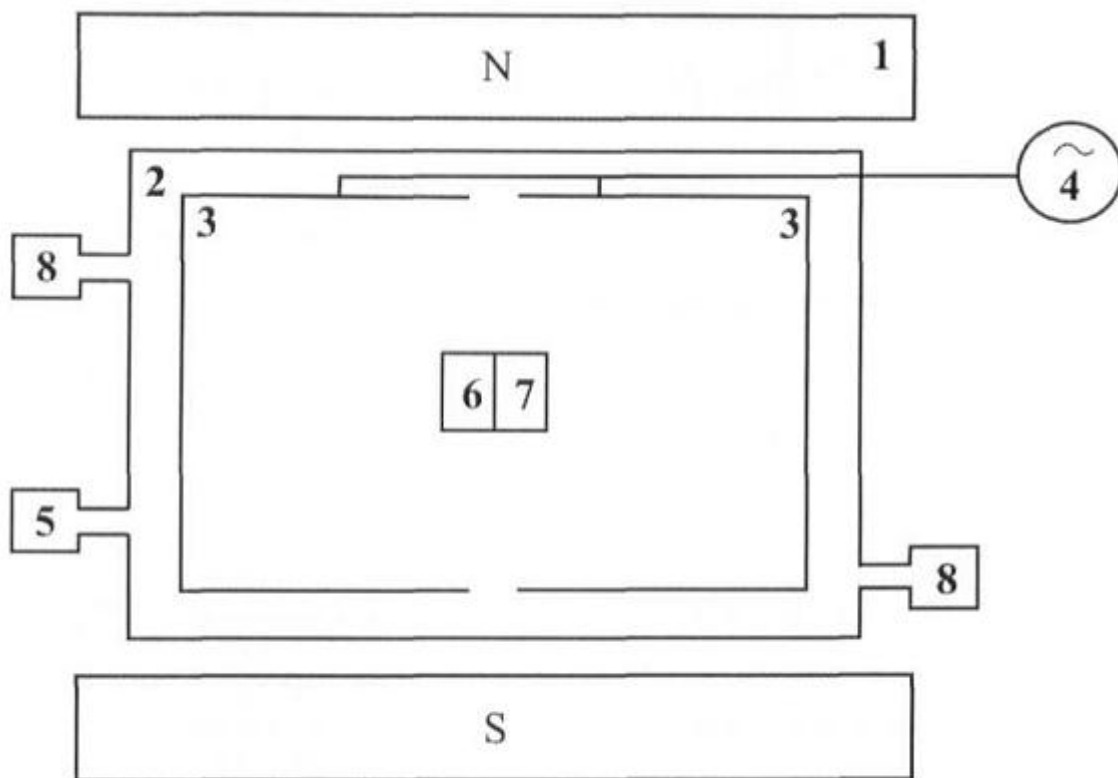


Fig.

Комп'ютерна верстка Г. Паяльніков

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601