



УКРАЇНА

(19) UA (11) 75710 (13) C2  
(51) МПК (2006)  
H05H 9/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) БАГАТОКАНАЛЬНИЙ ОНДУЛЯТОРНИЙ ІНДУКЦІЙНИЙ ПРИСКОРЮВАЧ

1

2

(21) 2004032341

(22) 30.03.2004

(24) 15.05.2006

(46) 15.05.2006, Бюл. № 5, 2006 р.

(72) Куліш Віктор Васильович, Лисенко Олександр Володимирович, Козаков Павло Юрійович

(73) Сумський державний університет

(56) UA 42392, 15.10.2001

SU 202365, 13.01.1971

RU 2152142, 27.06.2000

US 6433494, 13.08.2002

US 4870368, 26.09.1989

JP 5109499, 30.04.1993

(57) 1. Багатоканальний ондуляторний індукційний прискорювач заряджених частинок, що містить інжекторний блок, джерело живлення, блок вихідних пристроїв для пучків заряджених частинок, прискорювальний блок, виконаний у формі не менше двох з'єднаних одноканальних прискорюваль-

них лінійних індукційних блоків, кожен з виходів парціальних прискорювальних каналів яких, крім тих, що підключені до інжекторного блока, і тих, через які прискорені пучки виводять із прискорювача, з'єднані з входом іншого прискорювального каналу поворотними системами, який **відрізняється** тим, що поворотні системи виконані у формі двополюсних магнітів, у робочі об'єми яких введена система електродів, приєднаних до джерел електричного поля.

2. Багатоканальний ондуляторний індукційний прискорювач заряджених частинок за п. 1, який **відрізняється** тим, що джерело електричного поля виконане у формі магнітного індуктора.

3. Багатоканальний ондуляторний індукційний прискорювач заряджених частинок за п. 1, який **відрізняється** тим, що джерело електричного поля виконане у формі високовольтного джерела електричної напруги.

Винахід відноситься до прискорювальної техніки, зокрема, до індукційних прискорювачів, і може бути використаним як компактний прискорювач заряджених часток комерційного типу для формування одиночних релятивістських пучків заряджених часток та систем багатьох, у тому числі, паралельних пучків.

Відомий індукційний прискорювач, що здатний працювати як пристрій для формування одиночних електронних релятивістських пучків [Redinato L. "The advanced test accelerator (ATA), a 50-Mev, 10-kA Inductional Linac," IEEE Trans., NS-30, No 4, pp. 2970-2973, 1983]. Даний пристрій також називають одноканальним лінійним індукційним прискорювачем (ОЛІП). ОЛІП містить в собі інжекторний блок, прискорювальний блок, джерело живлення і вихідний пристрій. Особливістю його є те, що прискорювальний блок тут виконано у формі індуктора з одним прямолінійним робочим каналом для прискорення заряджених часток. Прискорення останніх тут здійснюється за рахунок дії повздовжнього вихрового електричного поля відносно низької частоти (десятки МГц), що генерується в робочому каналі прискорювального

блоку змінним у часі струмом у спеціальних обмотках. Прискорювальні блоки ОЛІП формують у вигляді прискорювальних секцій, з'єднаних між собою послідовно (тобто лінійно). Типові значення для середнього темпу прискорення для ОЛІП складають величини ~ 0,7 - 1,5 МеВ/м. Наприклад, у наведеній конкретній конструкції ОЛІП [Redinato L. "The advanced test accelerator (ATA), a 50-Mev, 10-kA Inductional Linac," IEEE Trans., NS-30, No 4, pp. 2970-2973, 1983], середній погонний темп прискорення складає ~ 0,7 МеВ/м. Іншою особливістю ОЛІП є те, що тут на всіх стадіях процесу прискорення прискорюють лише один електронний пучок.

Основними недоліками ОЛІП є його великі лінійні розміри та обмеженість функціональних можливостей.

Великі лінійні габарити (наприклад, 60-70м у випадку систем класу АТА) приводить до різкого ускладнення всієї інфраструктури, розміщення і обслуговування (спеціальні приміщення, системи радіаційного захисту і обслуговування і т.д.). Це має наслідком те, що використання ОЛІП як ключового конструкційного елемента для різного типу пристроїв комерційного призначення стає

(13) C2

(11) 75710

(19) UA

економічно недоцільним в силу непомірного зростання їх великої вартості.

У ряді практичних застосувань вимагається формування пучків заряджених часток з багатоконпонентною структурою. Наприклад, електронні пучки для двопотокових супергетеродинних лазерах на вільних електронах, комбіновані (електронно-іонні) пучки для деяких технологічних систем і т.д. Пряме використання ОЛІП у таких ситуаціях є неможливим, оскільки вони, як відзначалось, призначені для формування виключно моноенергетичних та одноконпонентних релятивістських пучків заряджених часток.

Відомий також індукційний прискорювач, здатний працювати як пристрій для формування релятивістських пучків заряджених часток, який названо багатоканальним лінійним індукційним прискорювачем (БЛІП) [див., декл. патент України на винахід №42392А, 2001]. БЛІП містить в собі інжекторний блок, прискорювальний блок, джерело живлення та блок вихідних пристроїв для пучків заряджених часток. Тут прискорювальний блок виконано у формі не менше як двох електродинамічне зв'язаних парціальних прискорювальних блоків ОЛІП (тобто одноканальних блоків), а інжекторний блок виконано у формі не менше двох інжекторів заряджених часток, кожен з яких підключено до окремого одноканального блоку. До виходів одноканальних блоків підключено вихідні пристрої для пучків заряджених часток. Особливістю конструкції вихідних пристроїв є те, що їх тут виконано згідно конструкції, яка забезпечує виведення прискорених пучків заряджених часток із прискорювальних каналів. Вихідні пристрої також можуть бути виконаними у формі систем зведення прискорених пучків. У тому числі, одночасно можна виводити як пучки з часток одного сорту (електронів з різними енергіями чи додатно або від'ємно заряджених іонів), так пучки різних сортів.

Дана конструкція дозволила подолати значну частину недоліків, притаманних ОЛІП. Головним є те, БЛІП характеризуються здатністю до різкого збільшення сумарної сили струму пучків заряджених часток. Крім того, БЛІП характеризуються багатим ширшим полем функціональних можливостей. У тому числі, вони здатні формувати, наприклад, дво- і багатопотокові електронні пучки, комбіновані електрон-іонні та іон-іонні пучки (тобто пучки, що складаються з іонів різних сортів, наприклад, від'ємно і додатно заряджених).

Як і у випадку ОЛІП, основним недоліком БЛІП є його надмірні повздовжні габарити, що особливо проявляється при роботі пучків з енергіями більших за (5-10)MeV.

Відомий також індукційний прискорювач, здатний працювати як пристрій для формування релятивістських пучків заряджених часток, який названо ондуляторним індукційним прискорювачем, або ЕН-прискорювачем [V.V.Kulish, P.B.Kosel, A.C.Melnyk, N.Kolcio. Induction Undulative EN-accelerator. Patent No.: US 6,433,494 B1, Date of Patent: Aug. 13, 2002]. Він містить в собі інжекторний блок, прискорювальний блок, джерело живлення та блок вихідних пристроїв для пучків заряджених часток. Прискорювальний блок ЕН-

прискорювача виконано у формі не менше як двох електродинамічне зв'язаних прискорювальних блоків ОЛІП (одноканальних блоків), кожен з виходів парціальних прискорювальних каналів яких (крім тих, які підключено до інжекторів і тих, через які прискорені пучки виводяться із системи) з'єднано з входом іншого прискорювального каналу поворотними системами. Причому, їх з'єднано таким чином, що пучок заряджених часток проходить парціальні прискорювальні по ондуляторній траєкторії. До виходів одноканальних блоків підключено вихідні пристрої для пучків заряджених часток. Особливістю відомої конструкції є те, що поворотні системи виконано на основі двополюсних постійних магнітів чи електромагнітів. Достоїнством даного технічного вирішення являється компактність ЕН-прискорювачів і, як наслідок, їх суттєво менша вартість (у порівнянні з двома іншими аналогами). Наприклад, у випадку, якщо ЕН-прискорювач побудовано на базі одноканальних прискорювальних блоків ОЛІП типу АТА, то у випадку конструкції з, скажімо, шістьма поворотами, загальну довжину системи зменшують, наприклад, з 60м до 10м.

Як і БЛІП, ЕН-прискорювачі здатні прискорювати одночасно кілька пучків заряджених часток, включно з пучками, що складаються із заряджених часток різних сортів (електронів з різними енергіями, іонів однакових та різних знаків і т.д.).

Недоліками відомого технічного вирішення є великі втрати струму пучка в процесі прискорення. Це, головним чином, обумовлено недосконалістю конструкції поворотних систем, які, як вже говорилось, тут виконані на основі двополюсних магнітів. Цей недолік ЕН-прискорювачів проявляється у формі значних втрат струму пучка в процесі прискорення. Останнє, головним чином, обумовлено ефектом дисперсії пучка в магнітному полі поворотної системи. Суть ефекту полягає у наступному. Реальні електронні пучки, які формують з допомогою інжекторів, завжди мають певний розкид за енергіями часток. Як наслідок, радіуси поворотів різних електронів в робочому проміжку поворотних магнітів також мають розкид за величиною. Це означає, що характерний розмір пучка на виході кожного повороту виявляється більшим за його розмір на вході в поворот. Як наслідок з кожним поворотом збільшується частка тих заряджених часток, які в процесі прискорення "не вписуються" в геометрію прискорювального каналу, осідаючи на його стінках. Використання фокусуєчих магнітних лінз на входах і виходах каналів у даному випадку кардинально не вирішує проблеми, хоч і дозволяє її дещо зм'якшити. Справа у тому, що при цьому з'являються додаткові осциляції пучка у поперечній площині прискорювального каналу, в результаті чого значна частина електронів (хоч і менша) остаточно все ж таки осідає на стінках.

Даний пристрій є найбільш близьким до запропонованого винаходу по технічній суті та результату, що досягається, і прийнято за прототип.

Завданням винаходу є створення індукційного прискорювача комерційного типу, який характеризується малими втратами часток пучка в

процесі прискорення та підвищеними значеннями ККД.

Поставлене завдання вирішується тим, що у багатоканальному ондуляторному індукційному прискорювачі (БОІП), що містить в собі інжекторний блок, прискорювальний блок, джерело живлення та блок вихідних пристроїв для пучків заряджених часток, прискорювальний блок виконано у формі не менше як двох електродинамічне зв'язаних одноканальних лінійних прискорювальних індукційних блоків, кожен з виходів парціальних прискорювальних каналів прискорювального блоку, окрім тих, що підключено до інжекторного блоку і тих, через які прискорені пучки виводять із прискорювача, з'єднано з входом іншого прискорювального каналу поворотними системами, згідно винаходу, поворотні системи виконані у формі двополюсних магнітів, у робочі об'єми яких введено системи електродів, приєднаних до джерел електричного поля. Окрім того, джерело електричного поля може бути виконано у формі індуктора або у формі високовольтного джерела напруги.

Виконання індукційного прискорювача заряджених часток у сукупності з усіма суттєвими ознаками дозволяє реалізувати ситуацію, коли пучок в робочому об'ємі поворотної системи, рухаючись у схрещених електричному і магнітному полях, зменшує свій розкид за енергіями і, як наслідок, зменшує свій поперечний розмір на вході у наступний робочий канал. Відповідно, суттєво зменшуються і втрати електронів на стінках парціальних прискорювальних каналів.

Рішення із схожими ознаками при патентному пошуку заявником не виявлені і також не виявлені відомості про впливи, передбачені суттєвими ознаками винаходу, що заявляється, на досягнення вказаного технічного результату. Це дозволяє зробити висновок, що технічне вирішення, що заявляється, відповідає критеріям патентоспроможності "новизна" та "винахідницький рівень".

Суть винаходу пояснюється кресленнями, де на Фіг.1 наведена структурна електрична схема багатоканального ондуляторного індукційного прискорювача (БОІП), на Фіг.2 - конструкція ондуляторного індукційного прискорювача (однопучкова конструкційна версія), Фіг.3 - конструкція запропонованої поворотної системи, Фіг.4 - приклад взаємної компоновки поворотних систем та джерел електричного поля.

Багатоканальний ондуляторний індукційний прискорювач (БОІП - див. Фіг.1) містить інжекторний блок 1, блок 2 джерел електричного поля поворотних та вхідних систем, блок 3 поворотних та вхідних систем, багатоканальний прискорювальний блок 4, систему 5 живлення, блок 6 поворотних та вихідних систем, блок 7 джерел електричного поля поворотних та вихідних систем. Інжекторний блок 1 підключено до фронтальної частини блоку 3 поворотних та вхідних систем, які, у свою чергу, підключено до багатоканального прискорювального блоку 4. Блок 2 джерел електричного поля поворотних та вхідних систем підключено до блоку 3 поворотних та вхідних систем. Відповідно, блок 6 поворотних та вихідних

систем підключено до протилежної (тильної) частини багатоканального прискорювального блоку 4, блок 7 джерел електричного поля поворотних і вихідних систем підключено до блоку 6 поворотних та вихідних систем. Система 5 живлення підключена до блоків 1 - 4 та 6, 7, відповідно.

Приклад конструкційної версії БОІП, за схемою наведеною на Фіг.1, подано на Фіг.2. Тут 8 - одноканальні лінійні прискорювальні блоки, 9 - інжектор електронів, 10 - джерела електричного поля, 11 - електронний пучок, 12 - фокусуєчі елементи, 13 - поворотні системи, 14 - системи електродів для створення електричного поля в робочих об'ємах поворотних систем 13, 15 - вихідна система. Інжектор електронів 9 підключено до входу першого з одноканальних лінійних прискорювальних блоків 8. Вихід даного блоку з'єднано з входом наступного однією з поворотних систем 13. В свою чергу, вихід другого одноканального лінійного прискорювального блоку 8 з'єднано аналогічною поворотною системою 13 з наступною і т.д. До виходу останнього з одноканальних лінійних прискорювальних блоків 8 підключено вихідну систему 15. У проміжках між поворотними системами 13 розміщено джерела 10 електричного поля, які, в свою чергу, підключено до електродів 14. Електроди 14 розміщено в робочих об'ємах поворотних систем 13. Неприскорений електронний пучок 11 направлено на вхід першого з одноканальних лінійних прискорювальних блоків 8.

Приклад конструкційної версії поворотної системи 13, в робочій області якої розміщено систему 19 електродів, наведено на Фіг.3. Тут 16 - поворотний двополюсний магніт, 17 - вхідний електронний пучок, 18-вихідна система поворотного двополюсного магніту 16, 19 - система електродів, 20 - вихідний пучок, 21 - вихідна система поворотного двополюсного магніту 16. Систему 19 електродів розміщено таким чином, що створююване нею електричне поле у робочому об'ємі магніту виявляється гальмуючим для електронного пучка в процесі повороту. Вхідний електронний пучок 17 введено в поворотну систему 13 через вхідну систему 18, яку виконано у формі магнітної лінзи. Вихідний пучок 20 виведено з поворотної системи 13 через вихідну систему 21, яку також виконано у формі магнітної лінзи.

Приклад конструкції джерела 10 електричного поля, виконаного у формі магнітного індуктора, показано на Фіг.4. Тут: 22 - осердя індуктора, 23 - котушка індуктора, 24 - електричний екран (вторинний електричний контур). Котушка 23 індуктора (один або кілька витків) охоплює осердя 22 індуктора. Блок "осердя + котушка", в свою чергу, розміщено у проміжках між парами поворотних систем 13 і охоплено електричним екраном 24, який виконано таким чином, що він одночасно функціонально виконує роль вторинної обмотки трансформатора. Цю вторинну обмотку електричне підключено до систем 19 електродів кожної із сусідніх поворотних систем 13.

Предбачені також і інші конструкційні версії джерела електричного поля, у тому числі, наприклад, у формі стандартного імпульсного джерела

високої напруги, який підключено до системи електродів 19.

Робота передбачуваного винаходу пояснюється на Фіг.5 - Фіг.8. У тому числі, на Фіг.5 та Фіг.6, проілюстровано принцип дії запропонованих блоку 3 поворотних та вхідних систем і блоку 6 поворотних та вихідних систем (приклад конструкції яких наведено на фіг.4) у гіпотетичному випадку, коли системи 19 електродів та електричні екрани 24 знято. Тут на Фіг.5 показано фронтальну, а на Фіг.6 - горизонтальну проекцію однієї і тієї ж схеми циркуляції магнітних потоків та електричних силових ліній, де 25 - магнітні потоки в осердях 22, 26 та 27 - силові лінії вихрового електричного поля, що створюються у робочому об'ємі поворотної системи осердями 22, які розміщені справа і зліва від неї, відповідно.

На Фіг.7 проілюстровано фізичну суть ефекту дисперсії релятивістських заряджених часток (електронів), що рухаються в магнітному полі поворотної системи 13 у випадку, коли джерело 10 електричного поля вимкнено. Тут 28 - три релятивістські електрони з швидкостями  $u$ ,  $\vec{v}_1 > \vec{v}_2 > \vec{v}_3$ , 29 - вектор індукції магнітного поля між полюсами магнітів поворотної системи 13, 30 - 32 - траєкторії електронів із швидкостями  $\vec{v}_1, \vec{v}_2, \vec{v}_3$ , відповідно.

На Фіг.8 проілюстровано фізичну суть явища пригнічення ефекту дисперсії електронів за рахунок впливу електричного поля, на базі якого працює передбачуваний винахід. Тут: 33 - траєкторії електронів із швидкостями  $\vec{v}_1, \vec{v}_2, \vec{v}_3$  на які, крім магнітного поля 29, впливає також і електричне поле між системою 19 електродів, 34 - точка реверса цього електричного поля  $x_0$ , 35 - напрямки дії електричної сили Лоренца  $\vec{F} = -e\vec{E}$  на електрони в області взаємодії, 36 - координата точки сходження  $x_1 = x_2 = x_3$  траєкторій електронів на виході системи,  $-e$  - заряд електрону,  $\vec{E}$  - напруженість вихрового електричного поля.

Робота передбачуваного винаходу полягає у наступному. Інжектори 9, що входять до складу блоку 1 формують пучки заряджених часток. Пучки далі подають на входи прискорювальних каналів одноканальних лінійних прискорювальних блоків 8, які входять до складу прискорювального блоку 4. Введення пучків здійснюють через вхідні пристрої блоку 3 поворотних та вхідних систем. Далі пучки прискорюють в прискорювальних каналах і подають на входи поворотних систем 13. Кожна з поворотних систем 13, у свою чергу, є підключеною до входів інших (паралельних першим) одноканальних лінійних прискорювальних блоків 8. Тут пучки знову прискорюють і направляють на входи поворотних систем 13 і т.д. Прискорені пучки знімають із виходів 15 системи 6. Подібним чином працюють як електронні прискорювачі, так і прискорювачі іонних пучків, а також комбіновані електрон-іонні прискорювачі.

Головною відмінністю передбачуваного винаходу є, як відзначалось, конструкція поворотних систем 13-А саме, їх виконано таким чином, що у робочій області поворотної системи 13 пучок за-

ряджених часток (електронів, наприклад) рухається у суперпозиції схрещених магнітного та електричного полів. При цьому, як вже говорилося, електричне поле створюють тут завдяки системі 19 електродів, до якої підключено джерело 10 електричного поля. Розглянемо варіант конструкції джерела 10 електричного поля, виконаного у формі індукторів, які розміщено у проміжках між поворотними системами (див. Фіг.4).

Котушка 23 індуктора із змінним у часі струмом, що міститься у кожному такому джерелі, створює в осерді 22 магнітний потік 25. Оскільки струм є змінним, то навколо кожного осердя 22 генерується вихрове електричне поле 26. В силу того, що напрямки магнітних потоків 25 у всіх осердях є однаковий, то напрямки вихрових електричних полів, що створюються в одній і тій же поворотній системі 13 сусідніми джерелами 10 електричного поля, є взаємно протилежними. Завдяки цьому, як електрони вхідного електронного пучка 17, що повертається, так і електрони вихідного електронного пучка 20, що також повертається, увесь час рухаються під дією гальмуючих електричних полів (спочатку 26, а потім 27). Для того, щоб вихрове електричне поле не виходило за межі джерела 10 електричного поля, у конструкції на Фіг.4 передбачено екран 24, який підключено до системи 19 електродів. Силові лінії вихрових електричних полів 26, 27 замикають екраном 24 скрізь, крім проміжків між системою 19 електродів.

Головний недолік прототипу, як відзначалось, обумовлений дією ефекту дисперсії заряджених часток при русі у магнітному полі поворотної системи. Суть даного ефекту полягає у наступному. Як відомо, радіус повороту частки  $R_c$  під дією магнітного поля суттєво залежить від її швидкості, або, що те ж саме, від її енергії:

$$R_c = \frac{mcv\gamma}{eB} \quad (1)$$

де  $m$  - маса частки,  $c$  - швидкість світла у вакуумі,  $v$  - швидкість частки,  $\gamma = 1/\sqrt{1-v^2/c^2}$  - релятивістський фактор,  $e$  - заряд частки,  $B$  - індукція магнітного поля. Також відомо, що всі реальні пучки завжди характеризуються ненульовим початковим розкидом часток за швидкостями. Розглянемо, для прикладу, три частки з початковими швидкостями  $v_1, v_2$ , та  $v^3$  ( $v_{1,3} = v_2 \pm \Delta v$ ,  $v_2 \equiv v$  - див.фіг.8) і знайдемо, якою буде різниця радіусів їх поворотів  $\Delta R_c = R_{c1} - R_{c3}$  (розрахунок проводився при  $|\Delta v|/v \ll 1$ , а також вважалось, що  $v^2 \sim c^2$  тобто  $\gamma \gg 1$ ):

$$\Delta R_c \cong \frac{2mc\gamma^3 \Delta v}{eB} \quad (2)$$

Таким чином, як витікає з формули (2) частки з більшою швидкістю повертаються з більшим радіусом і навпаки. А це автоматично означає, що частки, які вийшли з однієї і тої ж точки входу в поворотну систему, приходять в різні точки її виходу. При чому, оскільки  $\Delta R_c \sim \gamma^3$ , то цей ефект

проявляється тим сильніше, чим більшою є енергія часток  $\varepsilon = mc^2\gamma$ .

Запропонований прискорювач, як відзначалось, відрізняється від прототипу конструкцією поворотної системи 13. А саме, поворотну систему виконано таким чином, що тут частка в процесі повороту рухається у схрещених магнітному і електричному полях (див. Фіг.8).

Розглянемо спочатку рух частки на першій половині повороту, тобто, на повороті на кут  $90^\circ$ . У процесі повороту частка одночасно здійснює рух по координатах  $x$  та  $y$ . Причому, при русі по координаті  $y$  на неї крім магнітної сили Лоренца, діє також і електрична сила Лоренца. У випадку, коли прискорюється електронний пучок вона може бути представлена у формі

$$F = -eE \quad (3)$$

Ця сила здійснює роботу над електроном

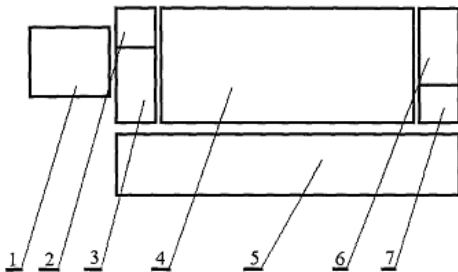
$$A = F\Delta y \quad (4)$$

яка залежить, як бачимо з формули 4, від шляху  $\Delta y$  пройденому нею вздовж координати  $y$ . Як показано на Фіг.8, шлях  $y_1$  пройдений по осі  $y$  часткою з найбільшою початковою швидкістю  $v_1$  є найбільшим. Це означає, що сила (3) виконує над такими частками найбільшу роботу і навпаки. У випадку, коли сила (3) є гальмуючою, це означає, що частки з найбільшою початковою швидкістю загальмуються найбільше, а частки з найменшою

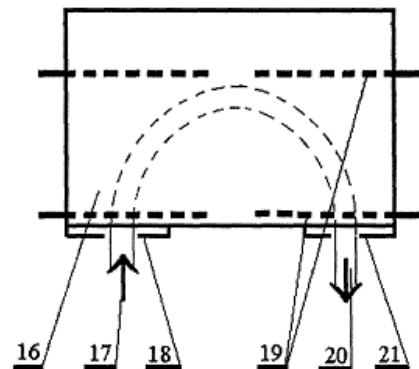
початковою швидкістю - відповідно, найменше. На другій половині повороту напрямок руху частки по осі  $y$  змінюється на протилежний (див. фіг 8). Але при цьому змінюється також і напрямок електричного поля. Тобто, тут також має місце процес гальмування часток пучка таким чином, що гальмування відбувається тим сильніше, чим більшою є початкова енергія часток. Це веде до того, що в процесі повороту швидкості усіх часток пучка поступово зближуються, тобто, відбувається своєрідний процес його "квазіохолодження". Як наслідок реалізації даного ефекту пригнічення дисперсії, різниця між координатами  $x_1, x_2, x_3$ , прильоту часток з різними енергіями на вихід системи тут, на відміну від прототипу (див. Фіг.7), є багато меншою. В принципі, за рахунок відповідної настройки електричного поля можна досягти того, що всі частки, які вийшли з однієї і тої точки входу в поворот і на виході повороту також прийдуть в одну і ту ж точку (див. Фіг.8).

Винахід дозволяє використання його як компактного прискорювача комерційного типу для прискорення заряджених часток, в тому числі, для формування одиночних та багатьох релятивістських пучків заряджених часток.

Таким чином, заявлений багатоканальний ондуляторний прискорювач відповідає критерію патентоспроможності "Промислова придатність".



Фіг. 1



Фіг. 3

75710

12

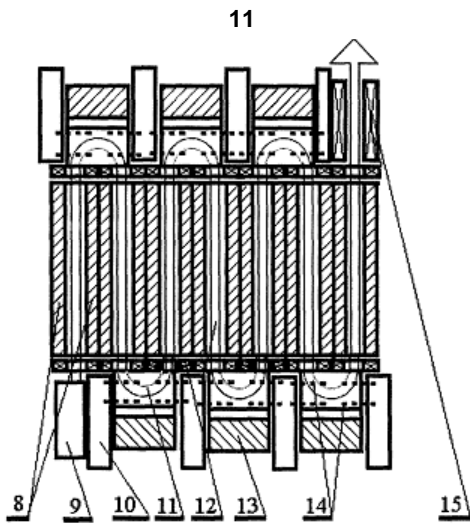


Fig. 2

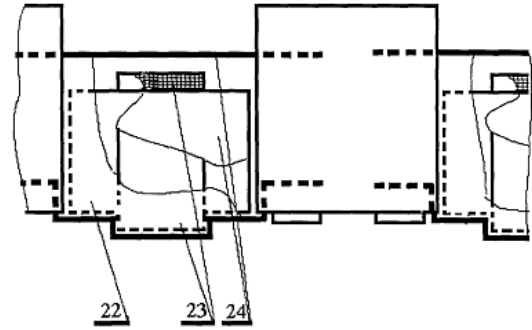
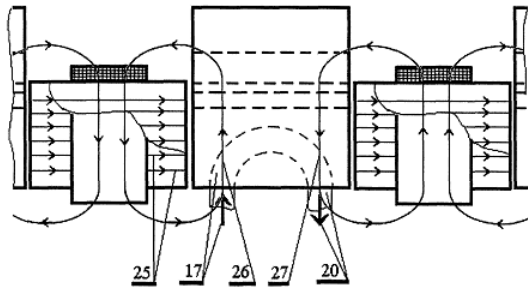
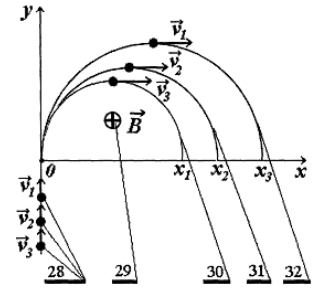


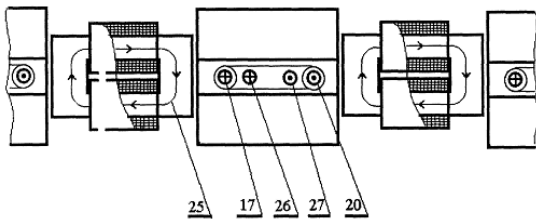
Fig. 4



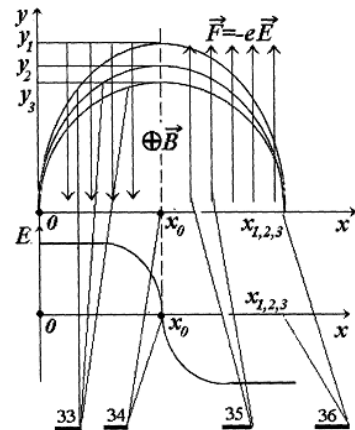
Фіг. 5



Фіг. 7



Фіг. 6



Фіг. 8