



УКРАЇНА

(19) UA (11) 89209 (13) C2  
(51) МПК (2009)  
G01R 33/02  
G01R 33/06

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ СТРУКТУРИ МАГНІТНОГО ПОЛЯ ФОКУСУЮЧОЇ СИСТЕМИ ІОННОЇ ОПТИКИ  
І ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЗДІЙСНЕННЯ ЦЬОГО СПОСОБУ

1

(21) а200707626

(22) 06.07.2007

(24) 11.01.2010

(46) 11.01.2010, Бюл.№ 1, 2010 р.

(72) ПОНОМАРЬОВ ОЛЕКСАНДР ГЕОРГІЙОВИЧ,  
КОЛІНЬКО СЕРГІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ, РЕБРОВ  
ВОЛОДИМИР АНАТОЛІЙОВИЧ, САЙКО МИКОЛА  
ОЛЕКСАНДРОВИЧ

(73) ІНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЇ ФІЗИКИ НАН УКРАЇНИ

(56) G. Datzman, G. Dollinger, G. Hinderer, H.J. Korner A superconducting multipole lens for focusing high energy ions, Nucl. Instr. and Meth. in Physics Res., B 158 (1999), 74-80

UA 52637 C2; 15.01.2003

SU 960679; 23.09.1982

SU 458790; 30.01.1975

SU 1684761 A1; 15.10.1991

SU 1709259 A1; 30.01.1992

Fan T.C., Lin F.Y. Huang M.H., Chang C.H., Hwang C.S. Magnetic field measurement on superconducting multipole wiggler with narrow duct, Proceedings of the 2003 Particle Accelerator Conference

2

Marti J.Z., Campmany J. Magnetic field multipole measurement with Hall probe, Proceedings of EPAC 2006, Edinburgh, Scotland

(57) 1. Спосіб визначення структури магнітного поля фокусууючої системи іонної оптики, що включає сканування магнітного поля шляхом визначення магнітної індукції у робочому зазорі фокусууючої системи вздовж її осі з наступним обчислюванням мультипольних компонент, який **відрізняється** тим, що при скануванні визначають тільки радіальну складову вектора магнітної індукції у дискретних точках, далі по цих точках обчислюють положення фізичної осі фокусууючої системи, а мультипольні компоненти визначають відносно цієї осі.

2. Пристрій для визначення структури магнітного поля фокусууючої системи іонної оптики, який включає жорстку раму, встановлену з можливістю поздовжнього переміщення з розміщенням на ній вимірювальним перетворювачем, закріпленням на жорсткій штанзі з можливістю обертання сумісно з нею навколо її осі, який **відрізняється** тим, що вимірювальний перетворювач виконаний у вигляді датчика Холла і додатково він має механізм позиціювання з кроковим двигуном.

Винахід відноситься до області аналітичного приладобудування і призначено для діагностування фокусууючої системи іонної оптики.

Відомий спосіб визначення структури магнітного поля фокусууючої системи, реалізований в пристрою для визначення мультипольних компонент фокусууючої системи, який є найбільш близьким до запропонованого і тому обрано нами як прототип [стаття G. Datzmann, G. Dollinger, G. Hinderer, H.J. Korner, A superconducting multipole lens for focusing high energy ions, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, B 158 (1999), 74-78]. При цьому способі виконують сканування магнітного поля фокусууючої системи шляхом визначення магнітної індукції вздовж геометричної осі фокусууючої системи. Після цього обчислюють величини мультипольних компонент.

Відомий пристрій [стаття G. Datzmann, G. Dollinger, G. Hinderer, H.J. Korner, A superconducting multipole lens for focusing high energy ions, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, B 158 (1999), 74-78], який обрано нами за прототип, містить вимірювальний перетворювач, виконаний у вигляді індукційної котушки, закріпленої на довгій немагнітній трубі і встановлений з можливістю обертання навколо своєї осі, які встановлені на лінійному транспорті з можливістю поздовжнього переміщення. Пристрій має двигун із регульованою швидкістю обертання. Отримані показники про магнітну індукцію вздовж осі фокусууючої системи, використовують для визначення мультипольних компонент.

Слід зазначити, що відомий спосіб і конструкція пристрою дозволяють визначити мультипольні компоненти магнітного поля фокусууючої системи.

(13) C2

(11) 89209

(19) UA

Однак, недоліком цього способу і пристрою є недостатньо висока точність визначення мультипольних компонент через суттєві погрішності зняття інформації при скануванні магнітного поля фокусуючої системи, а також неможливість визначення просторового положення фізичної осі, що призводить до значних помилок при обчислюванні мультипольних компонент.

В основу винаходу поставлене завдання створення ефективного способу і пристрою визначення структури магнітного поля фокусуючої системи іонної оптики в якому, шляхом визначення фізичної осі фокусуючої системи, забезпечується можливість одержання інформації про структуру магнітного поля у всьому об'ємі робочого зазору фокусуючої системи, що дозволяє обчислити мультипольні компоненти більш точно.

Поставлена мета досягається тим, що в способі визначення структури магнітного поля фокусуючої системи іонної оптики, що включає сканування магнітного поля шляхом визначення магнітної індукції в робочому зазорі фокусуючої системи вздовж її осі з наступним обчислюванням мультипольних компонент, згідно винаходу, при скануванні визначають тільки радіальну складову вектора магнітної індукції в дискретних точках, далі по цих точках обчислюють положення фізичної осі фокусуючої системи, а мультипольні компоненти визначають відносно цієї осі.

Поставлена мета досягається тим, що в пристрої для визначення структури магнітного поля фокусуючої системи іонної оптики, який включає жорстку раму, установлену з можливістю позовжнього переміщення з розміщеним на ній вимірювальним перетворювачем, закріпленням на жорсткій штанзі з можливістю обертання сумісно з нею на-

вколо її осі, згідно винаходу, вимірювальний перетворювач виконаний у вигляді датчика Холла і додатково він має механізм позиціонування з кроковим двигуном.

Саме визначення при скануванні тільки радіальної складової вектору магнітної індукції у дискретних точках робочого зазору фокусуючої системи дозволяє, використавши обмежену кількість вимірів і визначивши розподіл магнітного потенціалу на поверхні, що обмежує деякий простір, визначити індукцію поля у будь-якій точці, що належить цьому простору.

Використання сукупності всіх істотних ознак дозволить визначити просторове положення фізичної осі й обчислювання мультипольних компонент виконати відносно неї, що суттєво вплине на точність їх визначення.

Приклад, що ілюструє використання винаходу.

Проведене в автоматичному режимі дослідження структури поля магнітної фокусуючої системи, виконаної у вигляді дублета магнітних квадрупольних лінз із такими основними технічними характеристиками: зовнішній діаметр ярма 235мм, радіус апертури 6,5мм, довжини лінз 65мм та 44мм, відстань між лінзами 46мм. Котушки мають по 80 витків у вигляді мідних плоских пластин із поперечним перерізом  $0,65 \times 10,0 \text{ мм}^2$ , максимальний градієнт поля в області лінійної залежності магнітної індукції від струму в котушках складає  $0,65 \text{ Тл/см}$ .

Результати зібрані в таблиці, де

$W_n$  - мультипольні компоненти,

$X_0, Y_0$  - координати фізичної осі,

$\alpha$  - кут повороту лінзи.

Таблиця 1

Довга лінза, струм: -1,3 А

$\alpha$ [град]	$X_0$ [ $\mu\text{м}$ ]	$Y_0$ [ $\mu\text{м}$ ]	$W_2, 1/\text{см}$	$W_3/W_2, 1/\text{см}$	$U_3/W_2, 1/\text{см}$	$W_4/W_2, 1/\text{см}^2$	$U_4/W_2, 1/\text{см}^2$
37.027	-52.9	186.1	-0.4869	1.309E-02	1.331E-02	2.512E-04	2.504E-03

Таблиця 2

Коротка лінза, струм:- 1,3 А

$\alpha$ [град]	$X_0$ [ $\mu\text{м}$ ]	$Y_0$ [ $\mu\text{м}$ ]	$W_2, 1/\text{см}$	$W_3/W_2, 1/\text{см}$	$U_3/W_2, 1/\text{см}$	$W_4/W_2, 1/\text{см}^2$	$U_4/W_2, 1/\text{см}^2$
36.171	-33.6	165.9	-0.5182	1.180E-02	1.288E-02	-4.431E-04	1.584E-03

Датчик Холла закріплюють на відстані  $r_c$  від осі штанги 2, отже, під час обертання штанги 2 активна область датчика 1 описує коло радіусом  $r_c$  (Фіг.1, 2). За допомогою механізму позовжнього переміщення датчик 1 пересувається вздовж осі обертання.

Таким чином, датчик Холла прицінюється по двом координатам ( $z, \Theta$ ) (поздовжньої і кутової) в циліндричній системі координат, як зображено на Фіг.2. При цьому всі точки, в яких проводиться ви-

мірювання, належать циліндричній поверхні G. Для зручності збирання та обробки даних, вимірювання проводиться у вузлах сітки ( $z_i, \theta_i$ ), де

G - поверхня, до якої належать точки вимірювальної індукції;

X, Y, Z - вісі координат;

$\Theta$  - кутова координата;

$r_c$  - відстань від датчика до центра обертання;

$z_i, \theta_i; z_{i+1}, \theta_{i+1}$  - координати точок, де вимірюється індукція.

На Фіг.1 схематично зображений пристрій для визначення структури магнітного поля фокусуєчої системи іонної оптики. На Фіг.2 зображена схема розміщення точок вимірювання магнітної індукції на циліндричній поверхні.

Пристрій містить вимірювальний перетворювач 1, виконаний у вигляді датчика Холла, закріплений на кінці жорсткої штанги 2, встановленої з можливістю обертання навколо своєї осі у підшипниковому вузлі 3. Другий кінець штанги 2 зв'язаний із кроковим двигуном 4. Штанга 2 і двигун 4 встановлені на жорстку раму 5, яка розміщена на направляючих 6 з можливістю позовжнього переміщення по ним. Поздовжнє пересування датчика 1 здійснюється за допомогою крокового двигуна 7 в середині робочого зазору фокусуєчої системи 8.

Пристрій працює в такий спосіб.

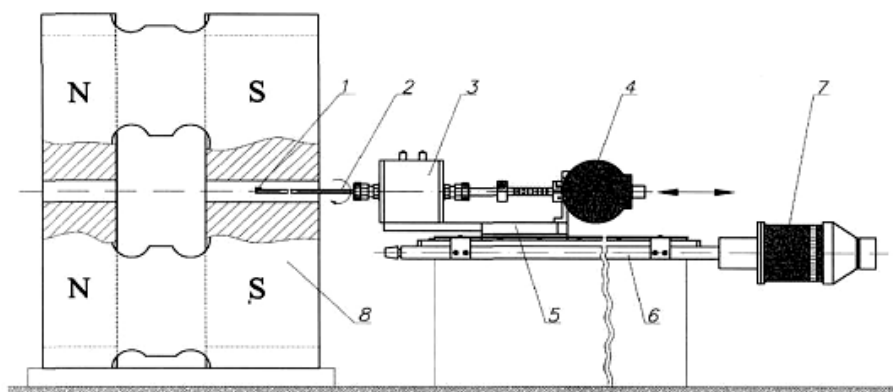
Досліджувана фокусуєча система 8 та установка взаємно розміщуються таким чином, щоб штанга 2 з датчиком Холла 1 могли вільно обертатись і пересуватись всередині робочого зазору по всій довжині фокусуєчої системи.

Оператор задає крок сканування по кутовій  $\Theta$  та лінійній  $Z$  координатам (Фіг.2), інтервал сканування по довжині та початок координат ( $z_0$ ,  $\theta_0$ ). Таким чином, задається набір точок ( $z_i$ ,  $\theta_i$ ), в яких будуть проведені виміри радіальної складової ін-

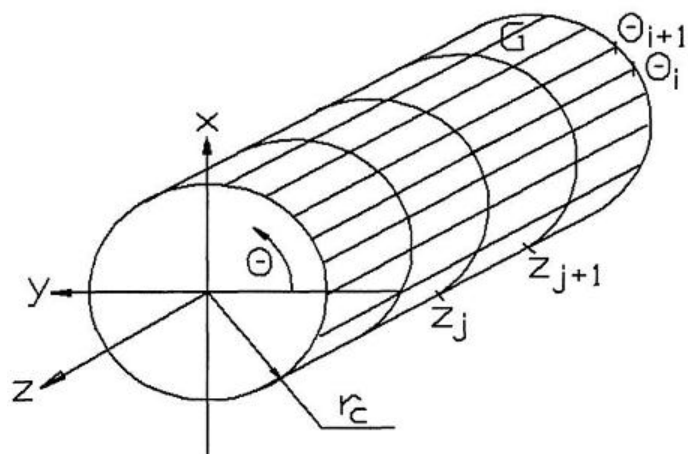
дукції  $B_{ij}$ . За допомогою двигуна 7 датчик 1 встановлюється у положення  $z_0$ . За допомогою двигуна 4 датчик 1 встановлюється у положення  $\theta_0$ . Проводиться вимірювання індукції в цій точці  $B_{0,0}$  і результат передається до ЕОМ. Далі при незмінній координаті  $Z$  за допомогою двигуна 4 датчик повертається у позицію  $\theta_1$  і проводиться вимір  $B_{0,1}$ . Далі так само датчик 1 повертається у позицію  $\theta_{j+1}$  і проводиться вимір  $B_{0,j+1}$ . Після проведення  $j$  вимірів за допомогою двигуна 7 датчик 1 пересувається у позицію  $z_1$  і повторюється повний цикл сканування по  $\Theta$ . Так само проводиться сканування для всіх  $z_i$  та формується масив  $B_{ij}$ . Одержаний таким чином масив інформації є вхідними даними для обчислювання положення фізичної осі та мультипольних компонент магнітної фокусуєчої системи.

Використання запропонованого способу і пристрою дозволить:

- підвищити точність визначення мультипольних компонент;
- визначити просторове положення фізичної осі фокусуєчої системи;
- знизити трудомісткість визначення компонент за рахунок малого числа вимірювань;
- знизити енерговитрати за рахунок малого числа вимірювань.



Фіг. 1



Фиг. 2