



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
H01J 49/30 (2021.02)

(21)(22) Заявка: 2020124239, 14.07.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
14.07.2020

Дата регистрации:  
15.06.2021

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 14.07.2020

(45) Опубликовано: 15.06.2021 Бюл. № 17

Адрес для переписки:  
390005, г. Рязань, ул. Гагарина, 59/1, патентный  
отдел

(72) Автор(ы):

Мамонтов Евгений Васильевич (RU),  
Дятлов Роман Николаевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Рязанский государственный  
радиотехнический университет имени В.Ф.  
Уткина" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2683018 C1, 26.03.2019. RU  
2634614 C1, 07.11.2017. RU 2327245 C2,  
20.06.2008. WO 2006075189 A2, 20.07.2006. WO  
2015007165 A1, 22.01.2015. JP 2020021602 A,  
06.02.2020.

(54) Устройство масс-анализа ионов с квадрупольными полями с возбуждением колебаний на границе устойчивости

(57) Реферат:

Изобретение относится к области масс-спектрометрии и может быть использовано для совершенствования аналитических, эксплуатационных и коммерческих характеристик приборов микроанализа вещества, использующих движение ионов в квадрупольных высокочастотных электрических полях. Технический результат - повышение разрешающей способности и чувствительности квадрупольных масс-анализаторов. Устройство содержит ионно-оптическую систему из

планарных электродов с дискретно-линейными распределениями на них суперпозиций квадрупольных ВЧ и квазистатических и однородных статических потенциалов. В процессе развертки масс изменением постоянной составляющей квадрупольного поля под действием однородного статического поля происходит возбуждение на границе устойчивости однополярных колебаний ионов. При этом ионы поочередно, в порядке убывания их массы выводятся из анализатора на регистрацию. 1 ил.

RU  
2 749 549  
C1

RU  
2 749 549  
C1

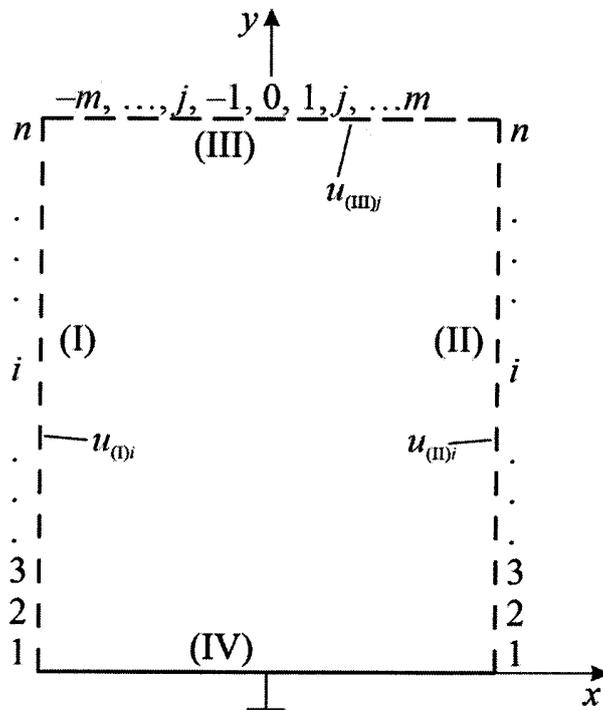


Схема ионно-оптической системы масс-анализатора с возбуждением колебаний ионов в квадрупольных полях на границе устойчивости: (I), (II), (III) – планарные дискретные электроды, (IV) – планарный заземлённый электрод

Фиг. 1

RU 2749549 C1

RU 2749549 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*H01J 49/30 (2021.02)*

(21)(22) Application: **2020124239, 14.07.2020**

(24) Effective date for property rights:  
**14.07.2020**

Registration date:  
**15.06.2021**

Priority:

(22) Date of filing: **14.07.2020**

(45) Date of publication: **15.06.2021** Bull. № 17

Mail address:  
**390005, g. Ryazan, ul. Gagarina, 59/1, patentnyj  
otdel**

(72) Inventor(s):

**Mamontov Evgenij Vasilevich (RU),  
Dyatlov Roman Nikolaevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniya "Ryazanskiy gosudarstvennyj  
radiotekhnicheskij universitet imeni V.F.  
Utkina" (RU)**

(54) **DEVICE FOR MASS ANALYSIS OF IONS WITH QUADRUPOLE FIELDS WITH EXCITATION OF OSCILLATIONS AT STABILITY BOUNDARY**

(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: invention relates to the field of mass spectrometry and can be used to improve the analytical, operational and commercial characteristics of devices for microanalysis of matter, using the movement of ions in quadrupole high-frequency electric fields. The device contains an ion-optical system of planar electrodes with discrete-linear distributions on them of superpositions of RF quadrupole and quasi-static and homogeneous static potentials. In the process of sweeping the masses,

by a change in the constant component of the quadrupole field under the action of a uniform static field, excitation occurs at the stability boundary of unipolar oscillations of ions. In this case, the ions are taken from the analyzer for registration one by one, in decreasing order of their mass.

EFFECT: increasing the resolution and sensitivity of quadrupole mass analyzers.

1 cl, 1 dwg

C 1  
6  
4  
5  
4  
9  
2  
7  
R U

R U  
2  
7  
4  
9  
5  
4  
9  
C 1

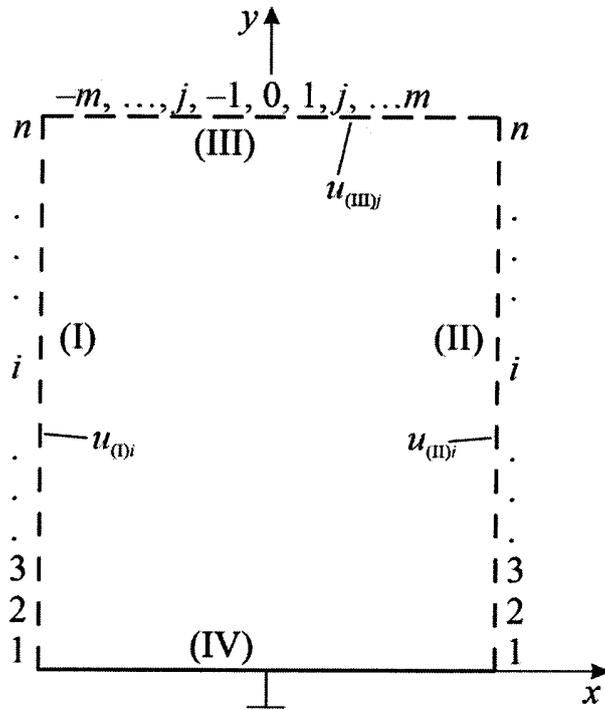


Схема ионно-оптической системы масс-анализатора с возбуждением колебаний ионов в квадрупольных полях на границе устойчивости: (I), (II), (III) – планарные дискретные электроды, (IV) – планарный заземлённый электрод

Фиг. 1

RU 2749549 C1

RU 2749549 C1

Изобретение относится к области масс-спектрометрии и может быть использовано для совершенствования аналитических, эксплуатационных и коммерческих характеристик приборов микроанализа вещества, использующих движение ионов в квадрупольных высокочастотных ВЧ электрических полях. Техническая задача изобретения состоит в усовершенствовании конструкции ионно-оптической системы (ИОС) квадрупольных масс-анализаторов с возбуждением колебаний ионов и повышении их разрешающей способности и чувствительности. Известными приборами этого типа являются линейные ионные ловушки или с квадрупольными анализаторами [1], или с планарными дискретными электродами [2, 3] с дипольным возбуждением колебаний ионов. Их аналитические возможности ограничены сложной структурой функции возбуждения и низкой скоростью ее нарастания в процессе возбуждения колебаний [4].

Предлагаемое устройство, реализуемое с помощью ИОС с планарными дискретными электродами в полупространстве  $y \geq 0$ , позволяет усовершенствовать аналитические, конструктивные и эксплуатационные параметры масс-спектрометров этого класса.

В известных квадрупольных масс-анализаторах с резонансным возбуждением колебаний ионов ИОС состоят из 4-х гиперболических [1] или из 2-х планарных дискретных [2] электродов. Они образуют суперпозиции квадрупольных ВЧ и однородных гармонических электрических полей в двухполярной рабочей области  $-y_a \leq y \leq y_a$  в плоскости  $XOY$ , где  $y_a$  - размер ИОС по оси возбуждения  $Y$ . Для возбуждения колебаний в этих случаях используется однородное гармоническое поле и ионы в процессе масс-анализа совершают в рабочей области анализатора двухполярные колебания [1, 2].

В предлагаемом устройстве резонансное возбуждение колебаний ионов в квадрупольных ВЧ полях происходит под действием суперпозиции квазистатических квадрупольных и статических однородных полей, при этом колебания по оси возбуждения  $Y$  оказываются однополярными  $y(t) > 0$  [5]. Поэтому рабочая область анализатора по оси  $Y$  также может быть монополярной.

Предлагаемое устройство масс-анализа ионов, содержащее ионно-оптическую систему для образования в плоскости  $XOY$  суперпозиции квадрупольных и однородных электрических полей и возбуждения в них резонансных колебаний отличается тем, что его ИОС с размерами  $2x_a$ ,  $y_a$  и  $2z_a$  по осям  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  монополярная, расположена в полупространстве  $y \geq 0$  и состоит из 2-х в плоскостях  $x = \pm x_a$ , с размерами  $y_a \gg x_a$ ,  $2z_a \gg x_a$  по осям  $Y$ ,  $Z$ , дискретных с шагом  $\Delta y_a \ll y_a$  по оси  $Y$  электродов (I) и (II) с дискретно-линейным по оси  $Y$  распределениями ВЧ, квазистатических и статических потенциалов  $u_{(I)i} = \Delta U_y(t)i + \Delta V_y \cos \omega t + \Delta U_{B_i}$ ,  $u_{(II)i} = -\Delta U_y(t)i - \Delta V_y \cos \omega t + \Delta U_{B_i}$ , где  $i = 1, 2, 3, \dots, n$  - номер дискретных элементов электродов,  $n = y_a / \Delta y$ ,  $\Delta U_y(t) = U(t)/n$ ,  $U(t) = Ut/T$  - квазистатический (медленно изменяющийся при развертке масс) потенциал,  $T$  - длительность развертки масс,  $\Delta U_B = U_B/n$ ,  $U_B$  - потенциал однородного возбуждающего поля, одного в плоскости  $y = 0$ , с размерами  $2x_a$ ,  $2z_a$  по осям  $X$ ,  $Y$ , заземленного электрода (IV), и одного в плоскости  $y = y_a$  с размерами  $2x_a$ ,  $2z_a$  по осям  $X$  и  $Z$ , дискретного с шагом  $\Delta x \ll x_a$  по оси  $X$  электрода (III) с суперпозицией дискретно-линейных распределений высокочастотного и квазистатического потенциалов и статического возбуждающего потенциала  $u_{(III)j} = \Delta U_x(t)j + \Delta V_x \cos \omega t + \Delta U_B$ , где  $j = -m, \dots, -2, -1, 0, 1, 2, \dots, m$  - номер дискретного элемента электрода,  $m = x_a / \Delta x$ ,  $\Delta U_x(t) = U(t)/m$ ,  $\Delta V_x = V/m$ . Для вывода ионов из анализатора на регистрацию электрод (III) выполняется полупрозрачным.

Схема ИОС предлагаемого устройства приведена на Фиг. 1. Ионно-оптическая система в плоскости  $XOY$  замкнутая, поэтому точность распределения суперпозиции электрических полей в ней зависит только от шага дискретности электродов I, II, III. При оптимизации режимов резонансного возбуждения ионов размеры рабочей области анализатора  $x_a$  и  $y_a$ , и их соотношения, могут выбираться в широких пределах.

Питание анализатора осуществляется ВЧ напряжением с постоянными параметрами  $V$  и  $\omega$ , что обеспечивает их высокую точность установки и стабильность. Монополярная схема ИОС возбуждает колебания ионов в одном направлении оси  $Y$ , что в 2 раза увеличивает чувствительность анализатора.

Таким образом предлагаемое решение позволяет усовершенствовать конструкцию ИОС масс-анализаторов с резонансным возбуждением ионов, осуществлять оптимизацию ее параметров, повысить аналитические и эксплуатационные характеристики масс-спектрометров такого типа, а также повысить эффективность систем их ВЧ питания и развертки.

Литература

1. D.J. Douglas, N.V. Konenkov. Mass selectivity of dipolar resonant excitation in a linear quadrupole ion trap // Rapid Communications in Mass Spectrometry. 2014, V. 28, p. 430-438.
2. Е.В. Мамонтов. Способ масс-анализа с резонансным возбуждением ионов и устройство для его осуществления. Патент на изобретение RU 2634614, 11.02.2017. Заявка №2016149722 от 16.12.2016.
3. Е.В. Мамонтов. Способ образования двумерного линейного высокочастотного электрического поля и устройство для его осуществления. Патент РФ №2497226, 2012 г.
4. Мамонтов Е.В., Судаков М.Ю., Дятлов Р.Н. Свободные и вынужденные колебания заряженных частиц в инерционно-нестационарных быстроосциллирующих квадрупольных электрических полях. Радиотехника и электроника. 2020, том 65, №2, с. 197-202.
5. Е.В. Мамонтов. Способ масс-анализа ионов в квадрупольных полях с возбуждением колебаний на границы устойчивости. Заявка на патент, 2020 г.

#### (57) Формула изобретения

Устройство масс-анализа ионов, содержащее ионно-оптическую систему для образования в плоскости  $XOY$  суперпозиций квадрупольных и однородных электрических полей и возбуждения в них резонансных колебаний, отличается тем, что его монополярная ионно-оптическая система с размерами  $2x_a$ ,  $y_a$  и  $z_a$  по осям  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  расположена в полупространстве  $y \geq 0$  и состоит из двух в плоскостях  $x = \pm x_a$ , с размерами  $y_a \gg x_a$ ,  $2z_a \gg x_a$  по осям  $Y$ ,  $Z$ , дискретных с шагом  $\Delta y_a \ll y_a$  по оси  $Y$ , электродов (I) и (II) с дискретно-линейными по оси  $Y$  распределениями высокочастотных, квазистатических и статических потенциалов  $u_{(I)i} = \Delta U_y(t)i + \Delta V_y \cos \omega t + \Delta U_B i$ ,  $u_{(II)i} = -\Delta U_y(t)i - \Delta V_y \cos \omega t + \Delta U_B i$ , где  $i = 1, 2, 3, \dots, n$  - номер дискретного элемента электрода,  $n = y_a / \Delta y$ ,  $\Delta U_y(t) = U(t)/n$ ,  $U(t) = Ut/T$  - квазистатический (медленно изменяющийся при развертке масс) потенциал,  $T$  - длительность развертки масс,  $\Delta U_B = U_B/n$ ,  $U_B$  - потенциал возбуждающего однородного поля, одного в плоскости  $y=0$ , с размерами  $2x_a$ ,  $2z_a$  по осям  $X$ ,  $Z$ , заземленного электрода (IV), и одного в плоскости  $y=y_a$ , с размерами  $2x_a$ ,  $2z_a$  по осям  $X$ ,  $Z$ , дискретного с шагом  $\Delta x \ll x_a$  по оси  $X$ , электрода (III) с суперпозицией дискретно-линейных распределений высокочастотного и квазистатического потенциалов

и статического возбуждающего потенциала  $u_{(III)j} = \Delta U_x(t)j + \Delta V_x j \cos \omega t + \Delta U_B$ , где  $j = -m, \dots, -2, -1, 0, 1, 2, \dots, m$  - номер дискретного элемента электрода,  $m = x_a / \Delta x$ ,  $\Delta U_x(t) = U(t)/m$ ,  $\Delta V_x = V/m$ , причем для вывода ионов из анализатора на регистрацию электрод (III) выполняется полупрозрачным.

10

15

20

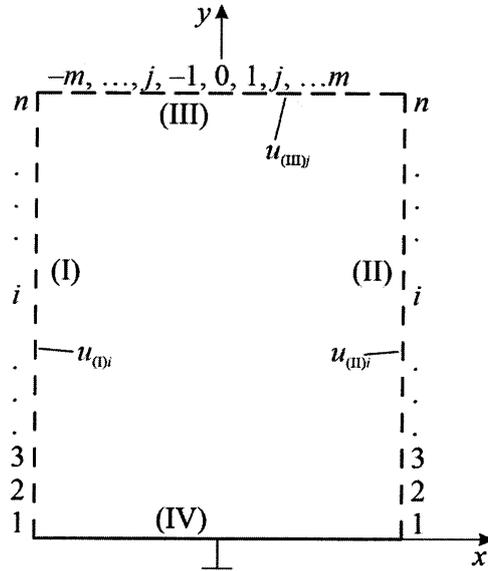
25

30

35

40

45



Фиг. 1 Схема ионно-оптической системы масс-анализатора с возбуждением колебаний ионов в квадрупольных полях на границе устойчивости: (I), (II), (III) – планарные дискретные электроды, (IV) – планарный заземлённый электрод