

(12) МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА, ОПУБЛИКОВАННАЯ В СООТВЕТСТВИИ С
ДОГОВОРом О ПАТЕНТНОЙ КООПЕРАЦИИ (РСТ)

(19) Всемирная Организация
Интеллектуальной Собственности
Международное бюро



(10) Номер международной публикации
WO 2017/003274 A2

(43) Дата международной публикации
05 января 2017 (05.01.2017)

WIPO | PCT

- (51) Международная патентная классификация:
H01J 49/40 (2006.01)
- (21) Номер международной заявки: PCT/KZ2016/000014
- (22) Дата международной подачи:
24 июня 2016 (24.06.2016)
- (25) Язык подачи: Русский
- (26) Язык публикации: Русский
- (30) Данные о приоритете:
2015/0807.1 26 июня 2015 (26.06.2015) KZ
- (72) Изобретатель; и
(71) Заявитель : САПАРГАЛИЕВ, Алдан Асанович
(SAPARGALIYEV, Aldan Asanovich) [KZ/KZ]; ул.
Акжазык, 78, микрорайон УЛЖАН-1, Алматы, 050058,
Almaty (KZ).
- (72) Изобретатель: МИТЬ, Александр Григорьевич
(MIT, Alexandr Grigoryevich); ул. Ибрагимова, 10-31,
Медеуский район, Алматы, 050032, Almaty (KZ).
- (81) Указанные государства (если не указано иначе, для
каждого вида национальной охраны): AE, AG, AL, AM,

AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG,
MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM,
PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Указанные государства (если не указано иначе, для
каждого вида региональной охраны): ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), евразийский (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), европейский патент (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Опубликована:

— без отчёта о международном поиске и с повторной
публикацией по получении отчёта (правило 48.2(g))

(54) Title: MASS SPECTROMETER, INCLUDING 3D TIME-OF-FLIGHT MASS SPECTROMETER

(54) Название изобретения : МАСС-СПЕКТРОМЕТР, В ТОМ ЧИСЛЕ 3D ВРЕМЯПРОЛЕТНЫЙ МАСС-СПЕКТРОМЕТР

(57) Abstract: The invention relates to electronic analytical technology for determining the composition and the structure of substances, in particular in the field of analyzers comprising at least one mass spectrometer (MS), and can be used in medicine, in biology, in the gas and oil industry, in metallurgy, power engineering, geochemistry, hydrology and ecology. A time-of-flight mass spectrometer (TOF MS) is proposed having at least one feature selected from the group consisting of the following: (a) a loop form; (b) a link conduit; (c) with a compensatory source; (d) with an attached discharge system. The technical result consists in an increase in the resolution of the TOF MS.

(57) Реферат: Изобретение относится к электронной аналитической технике по определению состава и структуры веществ, в частности к области анализаторов, включающих в себя, по меньшей мере, один масс-спектрометр (MS - mass spectrometer), и может быть использовано в медицине, в биологии, в газовой и нефтяной промышленности, в металлургии, энергетике, геохимии, гидрологии, экологии. Предложен TOF MS выполненный, по меньшей мере, с одной особенностью, выбранной из группы, включающей следующее: (a) петлевой вид; (b) трактно-канальный; (c) с компенсаторным источником; (d) с присоединенной откачной системой. Технический результат - увеличение разрешающей способности TOF MS.

WO 2017/003274 A2

**Масс-спектрометр, в том числе 3D времяпролетный
масс-спектрометр**

Изобретение может быть использовано, например, в медицине, в биологии, в газовой и нефтяной промышленности, в металлургии, энергетике, геохимии, гидрологии, экологии, пищевой промышленности, для контроля допинговых и наркотических средств.

В общем виде масс-спектрометры и безмагнитные многоотражающего вида времяпролетные (MR-TOF MS) известны (US 8,598,516 B2, WO2014126449 A1).

MR-TOF MS в общем виде содержит:

(i) MS-блоки: ионно-источниковый блок; группу ионопроводящих блоков, включенных в стыковочно-блочное звено, а также анализаторно-диспергирующий

блок, при этом блоки включают ИВ-каналы с пограничными поверхностями и с канальной ИО подсистемой, в котором:

- ИВ-канал, соответствующий его блоку, является частью MS-канала, который объединяет ионопроводящие ИВ-каналы ионопроводящих блоков совместно с ионно-источниковым ИВ-каналом ионно-источникового блока;

- канальная ИО подсистема, соответствующая ее ИВ-каналу, является частью ИО системы MS-канала, которая объединяет ИО системы ионопроводящих ИВ-каналов совместно с ИО системой ионно-источникового ИВ-канала;

- ионопроводящие ИВ-каналы включают, по меньшей мере, две пограничные поверхности, которые заданы выбранными из группы, состоящей из видов поверхности, заданной условно, поверхности, совпадающей с пограничным электродом канальной ИО подсистемы, любой из которых выполнен, по меньшей мере, с одним пропускным окном (для прохождения канального ионного потока), в соответствии с выбором пограничной поверхности;

- ИО подсистема, по меньшей мере, одного ионопроводящего ИВ-канала выполнена выбранной из ряда, состоящего из линейной, криволинейной, криволинейной с поперечной пространственной дисперсией по массе, и отражательной ИО подсистем;

(ii) детекторную систему;

(iii) контроллерно-компьютерную систему.

Его ионно-источниковый блок выполнен, по меньшей мере, с двумя пропускными окнами, и MS выполнен с обеспечением возможности проведения одновременной масс-спектрометрии, по меньшей мере, двух трактов ионного потока, в том числе ионных трактов с многосвязанными поверхностями сечения, ионный поток в которые подается ионно-источниковым блоком;

Его отражательная ИО подсистема выполнена трехмерной ($3D$ -отражатель), и включает, по меньшей мере, два ИО средства отражения, совокупность усредненных лицевых векторов которых не лежат на одной прямой линии и выполнены, по меньшей мере, в одном типе, выбранном из группы, состоящей из дугообразно отражающего ϖ -типа и петлеобразно отражающего ρ -типа двухотражательного узла, и углообразно отражающего ИО элемента отражения ν -типа, и $3D$ -отражатель используется для времяпролетного диспергирования по массе ионов, поперечной пространственной фокусировки, времяпролетной фокусировки по энергии ионов в ионном пакете;

Его по меньшей мере, один ИО элемент выбран из группы, состоящей из следующего: удлиненных и локальных поперечноразрывно-конических ИО элементов отражающего вида, включая однозонные, двухзонные: вертикально-двухзонные, горизонтально-двухзонные, и смешанно-двухзонные его типы; локальных поперечноразрывно-конических ИО элементов преломляющего вида; ИО элементов отражения с трехмерной областью отражения, включая поперечноразрывно-конические ИО элементы отражения; удлиненных ИО элементов преломляющего вида, включая поперечноразрывно-конические.

Каждый ИВ-канал, служит для формирования и управления движением канального ионного потока и включает канальную ИО подсистему с одним или более ИО узлами, каждый из которых содержит два или более электродов, также одну или более пограничные поверхности, которые являются поверхностями выхода или поверхностями входа и выхода для канального ионного потока.

Ионно-источниковый тип ИВ-канала (ИВ-канал ионно-источникового блока или ионно-источниковый ИВ-канал) включает поверхность выхода, преимущественно, совпадающий с пограничным электродом ионно-источникового ИВ-канала. Ионопроводящий тип ИВ-канала (ИВ-канал ионопроводящего блока или

ионопроводящий IB-канал) содержит пограничные поверхности и каналную IO подсистему (IO узлы), выполненной в виде одной или более подсистем управления, либо выполненной в многоотражающем виде.

Варианты образования стыковочного блочного звена в MS весьма разнообразны и зависят от круга конкретных вида задач, для решения которого разработан MS. В зависимости количественного состава блоков стыковочного блочного звена MS может быть квалифицированы в виды уровней блочности MS: расширенно-многоблочный, многоблочный, среднеблочный и малоблочный MS.

По меньшей мере, один его ионопроводящий MS-блок включает, по меньшей мере, один IB-канал, выбранный из группы, состоящей из каналльно-однотрактных и каналльно-многоотрактных его видов.

Известно WO2015057042 A2, которое относится к вакуумно-комплексной системе устройств (VCSD), включающая, требующее вакуума основное устройство (объекты и процессы, требующие вакуумную среду), вакуумосоздающую систему, к которой также относятся анализаторы MS. Согласно изобретению вакуумный кожух выполнен в системном виде и он создает системную вакуумную камеру, которая включает: отделение основного устройства в котором расположено основное устройство, например анализаторы MS; по меньшей мере, одно отделение присоединенной откачной системы, в котором расположена присоединенная откачная система (CES) вакуумосоздающей системы.

CES создается в вакуумной камере основного устройств с учетом конструктивных и функциональных характеристик основного устройства, и образуют они вместе системную VCSD.

Для первоначального быстрого достижения высокого вакуума в системной камере используется, совместно с CES, система внешних насосов, которая, в

дальнейшем отделяется от системной VCSD через соединительный фланец, и вакуумное условие в системной VCSD поддерживает CES.

Такая концепция создания VCSD имеет существенные преимущества: легко создать и поддержать в системной VCSD сверхвысокий вакуум; системная VCSD менее громоздкая, и менее массивная по сравнению с VCSD, постоянно использующей систему внешних насосов.

В WO2015057042 A2 также предложен новый вид магнита с повышенной коэрцитивной магнитной силой и плотностью магнитной энергией, который позволяет создать малогабаритные присоединенные откачные системы в виде ионных насосов.

В US 8,598,516 B2, в частности предложены Р-многоотражатели с широкой формой плоского вида выбранный из членов ряда, включающего, второго порядка криволинейный род и n -гранный/секторный род. Любой такой Р-многоотражатель имеет одну общую среднюю плоскость. При этом Р-многоотражатели использованы в качестве IO- подсистемы анализаторно-диспергирующего IV-канала.

Любой Р-многоотражатель с широкой формой плоского вида имеет одну общую среднюю плоскость. Основным недостатком таких Р-многоотражателей с широкой формой плоского вида прототипа является то, что нижний предел угла полного отражения любого отраженного ионного потока ограничен, чтобы прямой и обратный потоки не сильно взаимодействовали между собой. Такое ограничение также накладывает ограничение на количество отражения (на путь прохождения) ионного потока при одном цикле прохождения ионного потока в Р-многоотражателе, что приводит к ограничению времяпролетной дисперсии и разрешения MR-TOF MS целом.

Основной задачей настоящего изобретения являются предложение MS с малым габаритом с целью увеличения величины отношения разрешения к габаритам – показателя величины разрешение/габариты различных MS. При этом варианты способа масс-спектрометрии и устройства для их осуществлений охватывают все уровни блочности и уровни разрешения MS.

Изобретение дополнительно обеспечивает повышение чувствительности, точности и скорости измерения состава и структуры веществ, при одновременном уменьшении геометрических габаритов и массы анализаторов. Еще одной задачей дополнительно решенной в предлагаемом изобретении является расширение арсенала масс-спектрометрии.

Основные отличия предлагаемого MS от известных MS заключается в том что, он выполнен включающим, по меньшей мере, одну особенность, выбранную из группы, включающей следующее:

(a) его отражательная ИО подсистема, для управления ионным потоком выполнена безмагнитным электрическим круго-петлеобразным P-многоотражателем;

(b) ее вакуумный кожух выполнен в системном виде, и он создает системную вакуумную камеру, которая включает: отделение анализатора MS в котором расположен анализатор MS и одно или более отделение присоединенной откачной системы, в каждом из которых расположена присоединенная откачная подсистема (CESS) вакуумосоздающей системы, при этом в области смежной с его источником ионов и/или с отражающего ИО элемента расположен один или более отделений присоединенной откачной системы.

Другие отличия предлагаемого MS от известных MS заключаются в том что:

- его отражательная ИО подсистема выбрана из членов ряда, включающего, второго порядка криволинейный род и n -гранный/секторный род;
- его отражательная ИО подсистема выполнена, так что: отношение ширины (продольного размера) L_Q , Р-многоотражателя к его толщине (поперечному размеру) L_{MRh} , в проекции на его плоскость основания, ограничено в пределах $1,5 \leq \frac{L_Q}{L_{MRh}} \leq 100$; между Р-узлами отражения, в области середины его длины, образованно дрейфовое пространство (пространство без поля);
- составляющие его второго порядка криволинейного рода отражательной ИО подсистемы выполнены второго порядка криволинейном виде, составляющие его n -гранного/секторного рода отражательной ИО подсистемы выбраны из ряда включающего: удлиненного ИО отражательного элемента в виде сектора круга; локального ИО отражательного элемента в виде сектора круга; локального плоского (декартово-двумерного) ИО отражательного элемента;
- его отражательная ИО подсистема включает, по меньшей мере, два электрода, предназначенный для управления потоком заряженных частиц, обладающий конструкционно-геометрическими и электропотенциально-функциональными характеристиками выполнен выбранным из группы, состоящей из следующего: удлиненных и локальных поперечноразрывно-конических ИО элементов отражающего вида, включая однозонные, двузонные: вертикально-двухзонные, горизонтально-двухзонные, и смешанно-двухзонные его типы; локальных поперечноразрывно-конических ИО элементов преломляющего вида; ИО элементов отражения с трехмерной областью отражения, включая поперечноразрывно-конические ИО элементы отражения; удлиненных ИО элементов преломляющего вида, включая поперечноразрывно-конические;

- его отражательная ИО подсистема выполнена в виде 3D-отражателя и без промежуточных, отклоняющих и фокусирующих элементов при петлеобразном отражении;
- его любой отражательный узел (второго порядка криволинейный род и n -гранный/секторный род) выполнен выбранным из группы, включающей типы, как: без заглушки; с заглушкой, расположенной поперечно к главной оси ИО элемента со стороны отражения ионов;
- его заглушка выполнена выбранной из группы, включающей типы, как: плоская; по меньшей мере, одной из двух взаимно перпендикулярных направлениях выполнена с кривизной;
- его любой из отражательных узлов выбран из группы, состоящей из следующих его видов: заглушка выполнена отдельно от смежного с ним электрода; заглушка выполнена неразрывно со смежным с ним электродом;
- в его отражательной ИО подсистеме в области отражения ионов, по меньшей мере, один из напряженности поля и кривизны эквипотенциальных поверхностей поля при удалении от центра отражательной ИО подсистемы увеличивается;
- его отражательная ИО подсистема выполнена с обеспечением возможности компенсации как времяпролетных так и хроматических поперечных пространственных aberrации;
- его отражательная ИО подсистема, для управления ионным потоком выполнена безмагнитным электрическим круго-петлеобразным Р-многоотражателем и в его отражательной ИО подсистеме величина проекции \mathcal{G}_x^+ полного угла отражения \mathcal{G}^+ на λ -плоскость ограничена в пределах $0 < \mathcal{G}_x^+ < \pi$;

- в его отражательной ИО подсистеме величина проекции \mathcal{G}_x^+ полного угла отражения \mathcal{G}^+ на $\hat{\lambda}$ -плоскость удовлетворяет условию $n\mathcal{G}_x^+ = \pi$, где n целое число;
- по меньшей мере, один его ионопроводящий MS-блок включает, по меньшей мере, один ИВ-канал, выбранный из группы, состоящей из канално-однотрактных и канално-многотрактных его видов;
- по меньшей мере, один его MS-канал выполнен с обеспечением возможности использования его, по меньшей мере, в одном из следующих режимов масс-спектрометрии: одноступенчатый вид, MS/MS -вид, $MS\langle n \rangle$ -вид, комбинации жидкостных хроматографов с масс-спектрометром LC/MS , и последовательного осуществления шагов перевода ионного потока по варианту, выбранному из группы режимов использования:
 - по первому варианту расширенно-многоблочного режима использования в случае расширенно-многоблочности выполнения MS;
 - по второму варианту расширенно-многоблочного режима использования в случае расширенной многоблочности выполнения MS;
 - по варианту многоблочного режима использования, минуя ИВ-канал дополнительного накопления ионов в случае расширенной многоблочности выполнения MS, включая случай отсутствия ИВ-канала дополнительного накопления ионов в составе MS;
 - по варианту среднего уровня блочности режима использования без отбора ионов, минуя ИВ-канал дополнительного накопления ионов и ИВ-канала отбора ионов в случае расширенной многоблочности выполнения MS, включая случай отсутствия ИВ-канала дополнительного накопления ионов и ИВ-канала отбора ионов в составе MS;

- по варианту среднего уровня блочности режима использования без измельчения ионов, минуя ИВ-канал дополнительного накопления ионов и ИВ-канала ячейки измельчения в случае расширенной многоблочности выполнения MS, включая случай отсутствия ИВ-канала дополнительного накопления ионов и ИВ-канала ячейки измельчения в составе MS;
- по малоблочному варианту режима использования, минуя ИВ-канал дополнительного накопления ионов, ИВ-канала отбора ионов и ИВ-канала ячейки измельчения в случае расширенной многоблочности выполнения MS, включая случай отсутствия ИВ-канала дополнительного накопления ионов, ИВ-канала отбора ионов и ИВ-канала ячейки измельчения в составе MS.

Настоящее изобретение может быть осуществлено во многих вариантах, и только некоторые привилегированные варианты конструкции будут описаны посредством примеров, представляемых в сопровождающих чертежах.

Отражательная ИО подсистема, для управления ионным потоком выполнена безмагнитным круго-петлеобразным Р-многоотражателем.

На фигурах в схематическом виде показаны основные характерные черты отражательная ИО подсистемы, выполненный в виде круго-петлеобразного 3D Р-многоотражателя:

- на фиг. с 1 по 5 в проекции на λ - плоскость показаны общий принцип хода усредненной траектории ионного пакета;
- на фиг. с 6 по 8 показаны некоторые примеры подбора составляющих круго-петлеобразного 3D Р-многоотражателя для обеспечения принципа хода усредненной траектории ионного пакета;
- на фиг. 9 и 10 на примере круглого типа круго-петлеобразного 3D Р-многоотражателя, представленной в вертикальном разрезе по его диаметру в

проекции на \hat{h} -плоскость показана конструкционные особенности конусообразной эффектиной средней плоскостью круго-петлеобразного $3D$ P-многоотражателя.

- на фиг. 11 и 16 представлены некоторые примеры выполнения IO отражательных элементов;

- на фигурах 17 и 18 представлены секторы IO отражательных элементов, каждый из которых состоит из двух подсекторов;

- на фиг. 19 в проекции на xz -плоскость приведен пример того, что в зависимости от выполнения форм электродов технология выполнения конструкции круго-петлеобразного P-многоотражателя может быть разным. В частности, как показано на фиг. 19 вертикально выполненные симметричные электроды ($V31B$ и $V32B$) нижнего и верхнего IO отражательных элементов могут быть соединены;

- на фигурах 20 - 23 представлены некоторые примеры выполнения анализаторов MS с присоединенной откачной системой.

На фиг. 1, 2 и 3 в проекции на $\hat{\lambda}$ -плоскость показаны, при величине проекции полного угла отражения \mathcal{G}_x^+ равной $\mathcal{G}_x^+ = \frac{\pi}{4}$, общий принцип хода усредненной траектории ионного пакета, соответственно для полцикла кругового отражения, полного цикла кругового отражения и без одного отражения полного цикла кругового отражения. На этих фигурах введены обозначения: круглые толстые линии эффективная поверхность отражения; тонкие линии с единичным и векторами \vec{k}_{y0} и \vec{k}_{ye} , соответственно направления входа и выхода – усредненная траектория ионного потока; точки эффективная поверхность отражения; $1.j$ и $2.m$, где $j = 1, 2, \dots$, $m = 1, 2, \dots$, показываю точки отражения усредненная траектория ионного

потока, соответственно с верхней (при 1.*j*) и с нижней (при 2.*m*) эффективных поверхностей отражения.

На фиг. 4 в проекции на \hat{h} - плоскость показана принцип хода усредненной траектории ионного пакета, полцикла кругового отражения, соответствующей фиг. 1 на $\hat{\lambda}$ - плоскости.

В принципе величине проекции полного угла отражения \mathcal{G}_x^+ может быть любой в пределах $0 < \mathcal{G}_x^+ < \pi$. На практике удобно принять величину \mathcal{G}_x^+ удовлетворяющей условию $n\mathcal{G}_x^+ = \pi$, где n целое число. При этом \mathcal{G}_x^+ может принят любой из значений, например, $\frac{\pi}{4}$, $\frac{\pi}{8}$, $\frac{\pi}{12}$, $\frac{\pi}{20}$, $\frac{\pi}{24}$, $\frac{\pi}{36}$.

Количество вершин отражения усредненной траектории ионного пакета, определяется выражениями, соответственно для полцикла кругового отражения

$$P_{S/2} = \frac{\pi}{\mathcal{G}_x^+} - 1, \text{ полного цикла кругового отражения } P_{S1} = \frac{2\pi}{\mathcal{G}_x^+} - 1 \text{ и без одног}$$

$$\text{отражения полного цикла кругового отражения } P_{S2} = \frac{2\pi}{\mathcal{G}_x^+} - 2.$$

Отраженные усредненные траектории ионного пакета, при полном угле отражения \mathcal{G}_x^+ от эффективной круглой поверхности отражения с радиусом R , в проекции на $\hat{\lambda}$ - плоскость образуют внутреннюю окружность с радиусом равный $r = 2R \sin 2\mathcal{G}_x^+ \sin \mathcal{G}_x^+$, к которой усредненные траектории ионного пакета проходят по касательной с ее внешней стороны.

На фиг. 5 в проекции на $\hat{\lambda}$ - плоскость показана круго-двухпетлеобразного $3D$ Р-многоотражатель и полцикла кругового отражения в нем траектории ионного пакета при $\mathcal{G}_x^+ = \frac{\pi}{8}$. Эта фигура аналогична показанной ранее фиг. 1, но при разных величинах проекции полного угла отражения \mathcal{G}_x^+ . В круго-двухпетлеобразном $3D$

Р-многоотражателе при $\mathcal{G}_x^+ = \frac{\pi}{8}$, также как при любом другом значении \mathcal{G}_x^+ может быть реализованы полный цикла кругового отражения или без одног отражения полный цикл кругового отражения.

На фиг. 6 и 7 в проекции на $\hat{\lambda}$ - плоскость показаны примеры подбора составляющих n -граннего/секторного круго-двухпетлеобразного $3D$ Р-многоотражателя при $\mathcal{G}_x^+ = \frac{\pi}{4}$, как показано на фиг. 1. На фиг. фиг. 6 отражения ионов осуществляется с помощью трех линейных ($E_L1.1$, $E_L2.1$, $E_L2.2$) отражателей. На фиг. фиг. 7 отражения ионов осуществляется с помощью трех секторно-круговых отражателей ($E_C1.1$, $E_C2.1$, $E_C2.2$). При этом $E_L1.1$ и $E_C1.1$ являются верхними отражателями, а $E_L2.1$, $E_L2.2$, $E_C2.1$, $E_C2.2$ являются нижними отражателями.

При необходимости значительного количества отражения в круго-двухпетлеобразном $3D$ Р-многоотражателе целесообразно выполнить его в второго порядка криволинейном роде. На фиг. 8 и 9 показан такого рода круго-двухпетлеобразный $3D$ Р-многоотражатель – круглого типа круго-двухпетлеобразный $3D$ Р-многоотражатель: на фиг. 8 показан в проекции на $\hat{\lambda}$ - плоскость (при этом видно только верхний узла отражения E_C1) с четырьмя электродами 391хп, 391х, 392х и 393х; расстояние d между обкладками электрода; на фиг. 9 показан в проекции на \hat{h} -плоскость, в разрезе по плоскости содержащей координатную ось x .

Круглого типа круго-двухпетлеобразный $3D$ Р-многоотражатель, как показан на на фиг. 9, состоит из двух одинаковых частей: верхнего круглого типа узла отражения E_C1 и нижнего круглого типа узла отражения E_C2 . При этом

координатная yz плоскость является плоскостью симметрии, а ось x является осью вращательной симметрии круглого типа круго-двухпетлеобразного $3D$ Р-многоотражателя.

Любой из круглого типа узлов отражения E_C1 и E_C2 , как показано на фиг. 10, имеет конусовидную среднюю поверхность $B_0B_1B_2$ с вершиной в точке B_0 . При этом любой лицевой вектор \vec{n}_j , где $j=1,2,\dots$, направлен по радиусу к ее вершине и лежит на пересечении конусовидной средней поверхности $B_0B_1B_2$ и плоскости содержащей координатную ось x .

На фиг. 11 в проекции на xz -плоскость приведен однозонный продольно-конический ИО элемент отражения V03RB углового наклонного перехода, содержащий: заглушку (вертикально-ограничительного электрода) V031Bn, которая выполнена с кривизной, по меньшей мере, в одном направлении, и расположена поперечно к главной оси ИО элемента, первый электрод отражения V31B, второй электрод отражения V32B, третий электрод отражения V33B, четвертый электрод отражения V34B. При этом: электроды расположены горизонтально-каскадно; электроды V31B и V32B расположены под углом величиной $\hat{\lambda}_{2\lambda} - \hat{\lambda}_{1\lambda}$ по отношению друг к другу; электроды V32B и V33B расположены под углом величиной отличной от нуля по отношению друг к другу; имеются две диафрагмы, соответственно с двумя отверстиями ширинами $h_{\Phi1}$ и $h_{\Phi2}$ для входа в ИО элемент отражения и выхода из ИО элемента отражения ионного потока.

На фиг. 12 в проекции на xz -плоскость приведен аналогичный элемент показанному на фиг. 11 и отличающийся только тем, что первый электрод отражения V31B, второй электрод отражения V32B выполнены вертикально.

На фиг. 13 в проекции на xz -плоскость приведен элемент показанный на фиг. 12.

На фигурах с 14 по 16 представлены примеры выполнения IO узлов без вертикально-ограничительных электродов и с электродами расположенными горизонтально-каскадном виде. На фиг. 15 в проекции на yz -плоскость представлен IO узел 310у, содержащий: составляющие электродов 311у, 312у, 313у трансаксиального типа. При этом зазоры между электродами выполнены в виде сегментов двух концентричных тонких колец, с внутренними радиусами R_1 и R_2 . На фиг. 15 показано, что радиусы кривизны двух смежных щелей R_1 и R_2 концентричны и $R_1 < R_2$. В общем, случает, может быть выполнено условие $R_1 = R_2$ или $R_1 > R_2$.

На фигурах 17 и 18 представлены секторы IO отражательных элементов, каждый из которых состоит из двух подсекторов. Сектор $2R.140L_y$ состоит из подсекторов $140L_y1$ и $140L_y2$. Сектор $2R.140R_y$ состоит из подсекторов $140R_y1$ и $140R_y2$.

На фиг. 19 в проекции на xz -плоскость приведен пример того, что в зависимости от выполнения форм электродов технология выполнения конструкции круго-двухпетлеобразного Р-многоотражателя может быть разным. В частности, как показано на фиг. 19 вертикально выполненные симметричные электроды ($V31B$ и $V32B$) нижнего и верхнего IO отражательных элементов могут быть соединены.

На фигурах 20 и 21 представлены круго-двухпетлеобразный Р-многоотражатель A_1 с четырьмя отделениями P_{11} , P_{12} , P_{13} и P_{14} присоединенной откачной системы.

На фигурах 22 и 23 представлены двухпетлеобразный отражательный Р-многоотражатель A_2 с четырьмя отделениями P_{21} , P_{22} , P_{23} и P_{24} присоединенной откачной системы.

На основе круго-петлеобразного Р-многоотражателя можно создать малогабаритный высокоразрешающий MS. Например, для круглого круго-петлеобразного Р-многоотражателя при величине проекции полного угла отражения ϑ_x^+ равной $\vartheta_x^+ = \frac{\pi}{36}$ и эффективной круглой поверхности отражения с радиусом $R \approx 0,5$ длина пробега ионного пакета, при полном цикле кругового отражения, достигает 35 метров.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Времяпролетный масс-спектрометр (TOF MS), содержащий:

- (i) ионно-источниковую систему, включающую один или более детектор;
- (ii) отражательную анализаторно-диспергирующую систему (RADS), включающую один или более ИВ-каналы, каждый из которых выполнен с обеспечением возможности, по меньшей мере, один раз отражения;
- (iv) контроллерно-компьютерную систему,

отличающийся тем, что он выполнен включающим, по меньшей мере, одну особенность, выбранную из группы, включающей следующее:

(a) петлевой вид, и в его RADS каждый ИВ-канал выполнен с обеспечением возможности выбранный из ряда (2,3)D kL вида отражения, где: (2,3)D=2-мерный Dimensional, 3-мерный Dimensional; kL=1L, 2L, (2x2)L; при этом 1L – однопроекционно однопетлевой, 2L – однопроекционно 2-х петлевой, 2x2L – многопроекционно 2*2-х петлевой;

(b) трактно-канальным, и его RADS выполнена с обеспечением возможности работы отдельно для каждого из ИВ-каналов ИВ-канала в статическом или динамическом изменяемом виде в одном из режимов выбранный из ряда jP (j-Path), где j=1, 2, 3, ..., в текст описания: при этом 1- Path – однотоктный, j-Path, при j>1 – многотоктный (два или более тракты);

(c) с компенсаторным источником, который выполнен с обеспечением возможности компенсации длины хода ионов от различных точек эффективной поверхности выхода источника до эффективной поверхности отражения отражателя.

(d) с присоединенной откачной системой, которая включает один или более насос, выполненные совмещенно с отражательным анализаторно-диспергирующим ИВ-каналом в одной вакуумной камере и с обеспечением возможности создания высокого вакуума в области отражения ионов.

2. MS по п. 1, *отличающийся* тем, что, его отражающего вида IB-канал выполнен без промежуточных, отклоняющих и фокусирующих IOE (ионно-оптический элемент) или в зоне перекрестка траектории включает симметричного двухрукавного или двоякосимметричного четырехрукавного вида фокусирующего IOE.

3. +3. MS по п. 2, *отличающийся* тем, что, его отражательная IO подсистема выполнена, так что: отношение ширины (продольного размера) L_Q , P-многоотражателя к его толщине (поперечному размеру) L_{MRh} , в проекции на его плоскость основания, ограничено в пределах $1,5 \leq \frac{L_Q}{L_{MRh}} \leq 100$; между P-узлами отражения, в области середины его длины, образованно дрейфовое пространство (пространство без поля).

5. MS по п. 3, *отличающийся* тем, что, в нем IB-канал (2,3)D kL вида отражения включает CO элементов отражательного вида в количестве не менее k, каждый из которых выбран из членов ряда, включающего: удлиненных ступенчатых поперечноразрывно-конических IOE отражающего вида; удлиненных и локальных поперечноразрывно-конических IOE отражающего вида, включая однозонные, двухзонные: вертикально-двухзонные, горизонтально-двухзонные, и смешанно-двухзонные его типы;

6. MS по п. 3, *отличающийся* тем, что, в нем IB-канал (2,3)D kL вида отражения выполнен с обеспечением возможности \hbar -развертки (развертка в проекции на продольно высотную плоскость) циклический ступенчатом виде или гармоническом виде.

7. MS по п. 1, *отличающийся* тем, что, в нем IB-канал 3D (2x*2)L вида отражения включает 2-х одинаковых CO элементов отражательного вида, любой из которых выбран из членов ряда, включающего: второго порядка криволинейный конический

род, включая его n -криво/секторный конический род; n -гранный конический род, включая его n -гранный/секторный конический род.

8. MS по любому из п.п. 1-7, *отличающийся* тем, что, его отражательная IO подсистема, для управления ионным потоком выполнена безмагнитным электрическим круго-двухпетлеобразным Р-многоотражателем и в его отражательной IO подсистеме величина проекции \mathcal{G}_x^+ полного угла отражения \mathcal{G}^+ на $\hat{\lambda}$ -плоскость ограничена в пределах $0 < \mathcal{G}_x^+ < \pi$.

9. MS по п. 12, *отличающийся* тем, что, в его отражательной IO подсистеме величина проекции \mathcal{G}_x^+ полного угла отражения \mathcal{G}^+ на $\hat{\lambda}$ -плоскость удовлетворяет условию $n\mathcal{G}_x^+ = \pi$, где n целое число.

10. Система по п. 3, *отличающаяся* тем, что ее CES выполнена в виде выбранной из группы, состоящей из следующих видов ее пересечения с основным устройством: jDP- пересечения, где $j=1,2,3,4$.

11. Система по п. 4, *отличающаяся* тем, что ее системный кожух выполнен с системой внутренних перегородок (экранов), выполненной, с обеспечением возможности, экранирования основного устройства от магнитного поля и распыленного металлического мусора образуемых CES, и включает, по меньшей мере, одно газоотводное (для откачки газа) окно, выбранное из группы, состоящей из следующих видов: с односвязным сечением, с двухсвязным сечением, при этом каждый из них выбран из группы, состоящей из следующих его видов: с постоянным размером газоотводных окон и, по меньшей мере, одно из газоотводных окон ее системного кожуха выполнено с обеспечением возможности управляемого изменения его сечения (с диафрагмой), в частности до нуля (закрытия), режим изменения которого предусматривает оптимальное сочетание поддержания требуемого уровня вакуума в отделении основного устройства, а также требуемого уровня защиты

основного устройства от магнитного поля CES и выделяемого при работе CES мусора.

11. Система по п. 5, *отличающаяся* тем, что ее CES выполнена в виде выбранной из группы, состоящей из следующих видов ее пересечения с газоотводным окном: kTU - пересечения, где $k=1,2,3,4$.

12. Система устройств по п. 6, *отличающаяся* тем, что ее вакуумосоздающая система включает электроды катодной и анодной систем, формы и расположения которых относительно друг к другу выполнены с обеспечением возможности образования потока электронов между анодным и катодным электродами, и они выполнены выбранными из группы, состоящей из следующих видов: параллельно расположены пластинчатый катодный электрод и, по меньшей мере, один пластинчатый анодный электрод; пластинчатые анодные и катодные электроды расположены параллельно между собой и периодически чередуются; с разными внутренними и внешними радиусами две группы плоских кольцеобразных электродов, образующие анодную и катодную группы, расположены соосно, периодически чередующимися и параллельно; группа цилиндрических анодных электродов и, по меньшей мере, расположенный с одной из двух ее сторон перпендикулярно к осям их, пластинчатый катодный электрод; по меньшей мере, один цилиндрический анодный электрод и, внутри его и соосно с ним расположен цилиндрический катодный электрод.

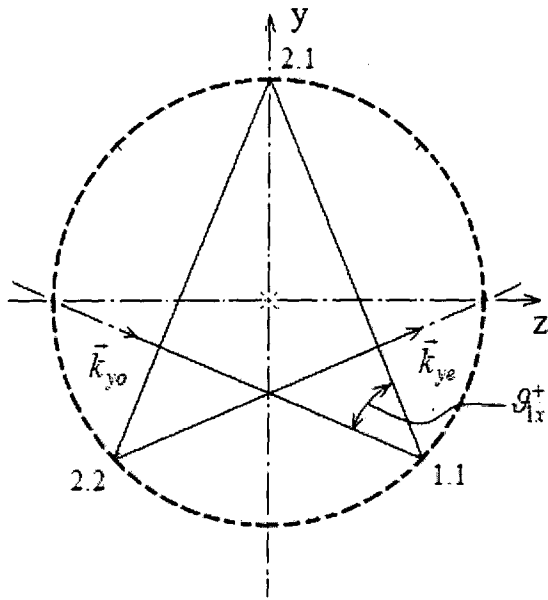
13. Система по любому из п.п. 7 и 8, *отличающаяся* тем, что ее вакуумосоздающая система дополнительно включает внешнюю насосную систему, которая содержит, по меньшей мере, один внешний насос, выполненный отдельно от присоединенной вакуумосоздающей подсистемы и выбранный из группы включающей: насос предварительного разрежения и насос быстрой предварительной откачки.

14. Система по любому из п.п. 7-9, *отличающаяся* тем, что, ее вакуумосоздающая система включает, по меньшей мере, один ионный откачный узел, выполненный в

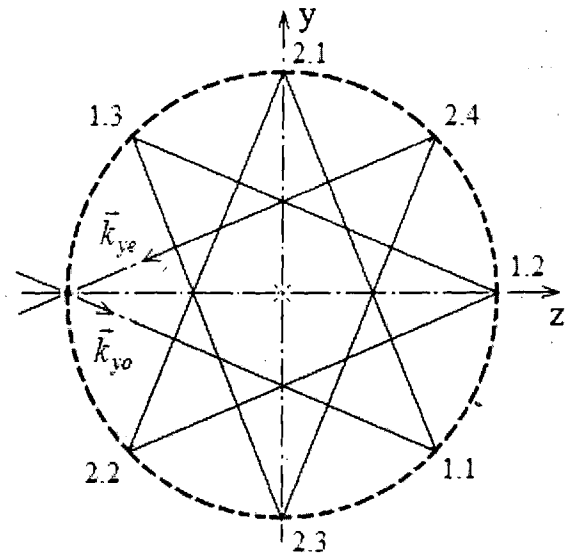
виде выбранного из группы, состоящей из следующего: имплантационный (палладиевый и каталитический), адсорбционный, сорбционный, магниторазрядный.

15. Система по любому из п.п. 9 и 10, отличающаяся тем, что ее системный вакуумный кожух выполнен с обеспечением возможности отделения его через стыковочный фланец от внешней насосной системы, при этом CES выполнена с обеспечением возможности поддержания необходимого уровня вакуума в отделении основного устройства системного кожуха без внешней насосной системы.

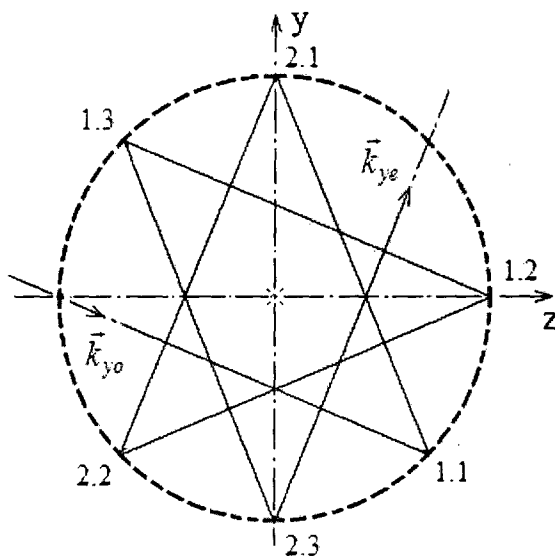
Масс-спектрометр, в том числе 3D времяпролетный масс-спектрометр



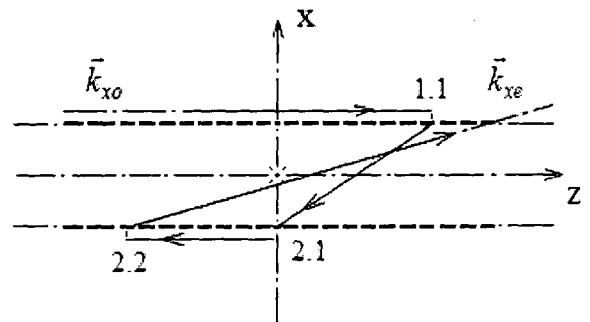
ФИГ. 1



ФИГ. 2

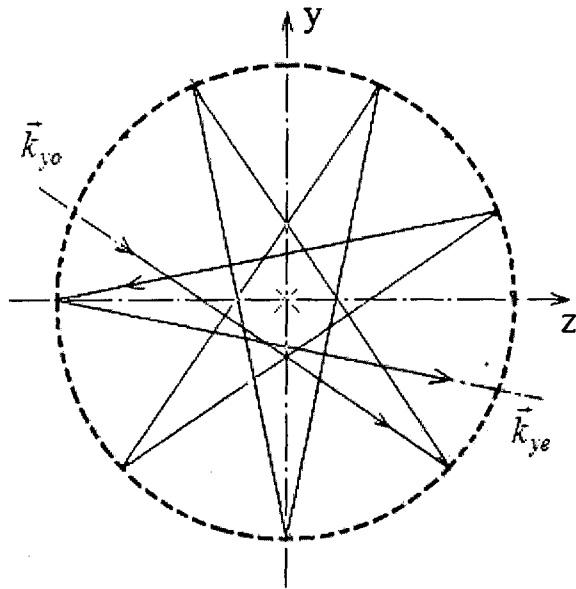


ФИГ. 3

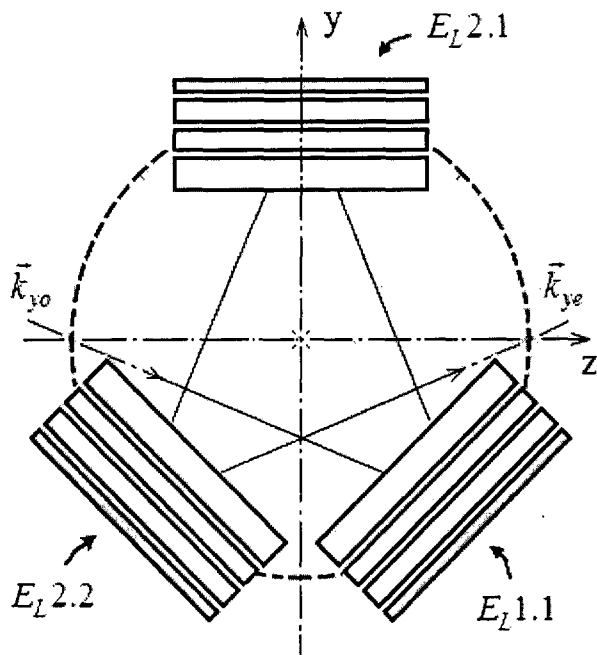


ФИГ. 4

Масс-спектрометр, в том числе 3D времяпролетный масс-спектрометр

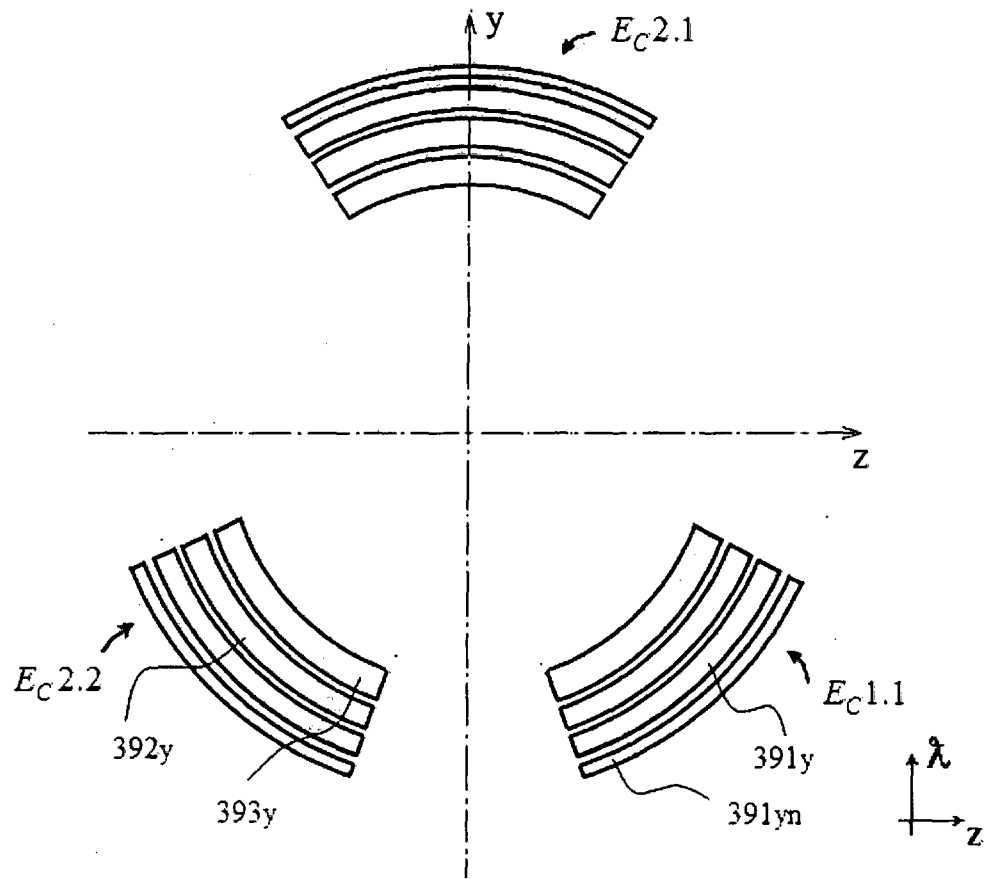


ФИГ. 5



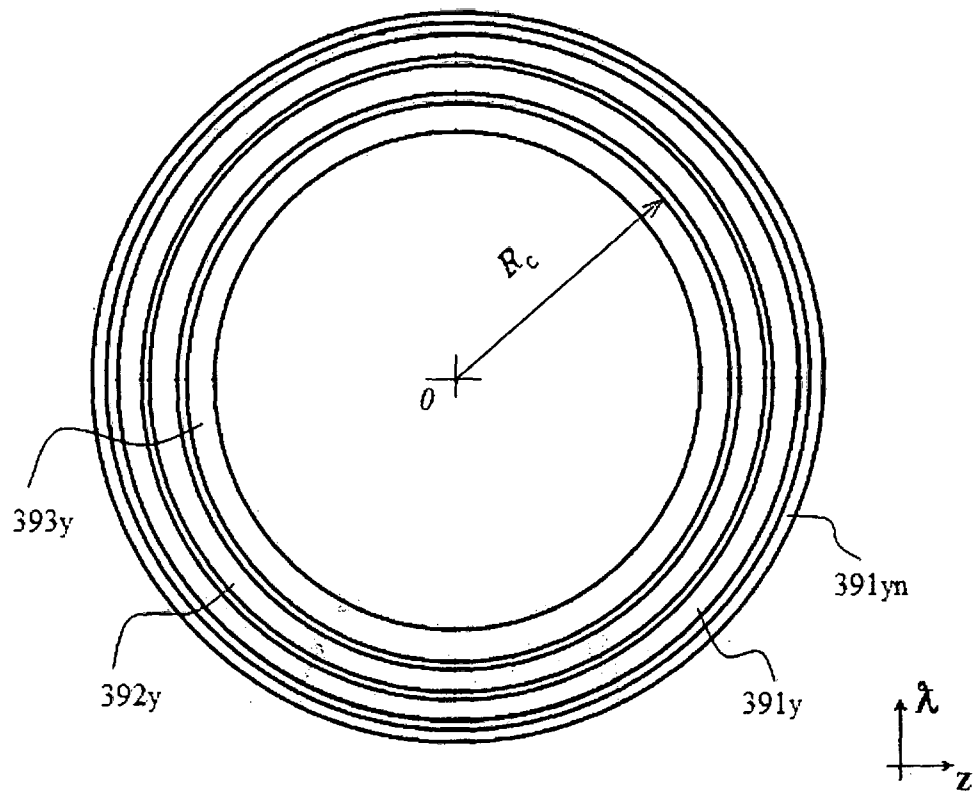
ФИГ. 6

Масс-спектрометр, в том числе 3D времяпролетный масс-спектрометр



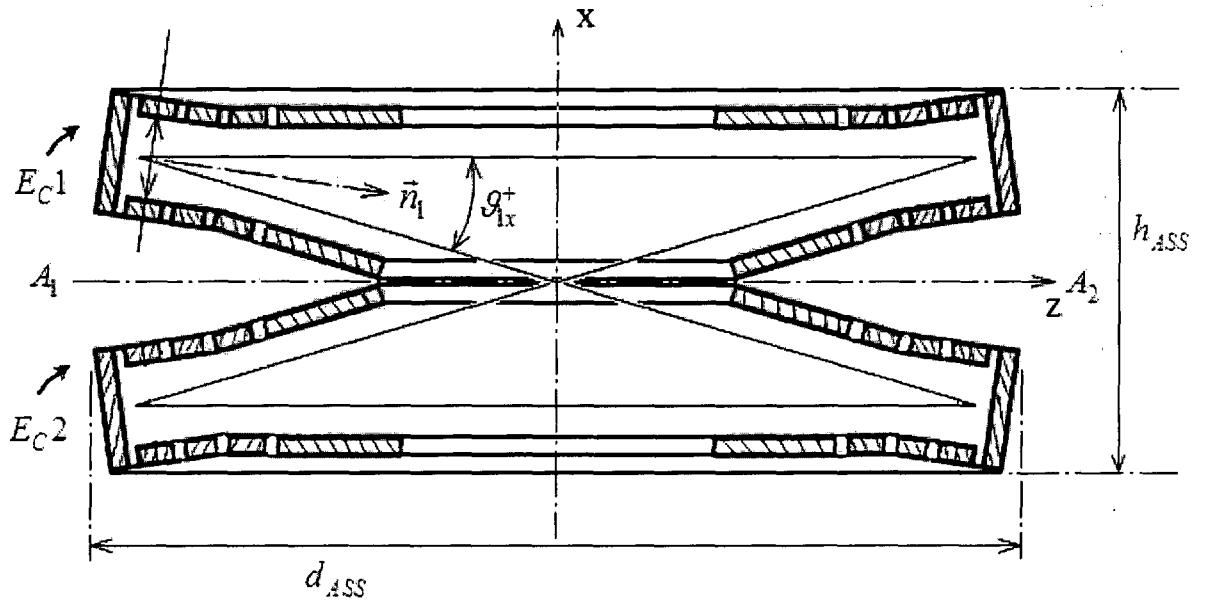
ФИГ. 7

Масс-спектрометр, в том числе 3D времяпролетный масс-спектрометр

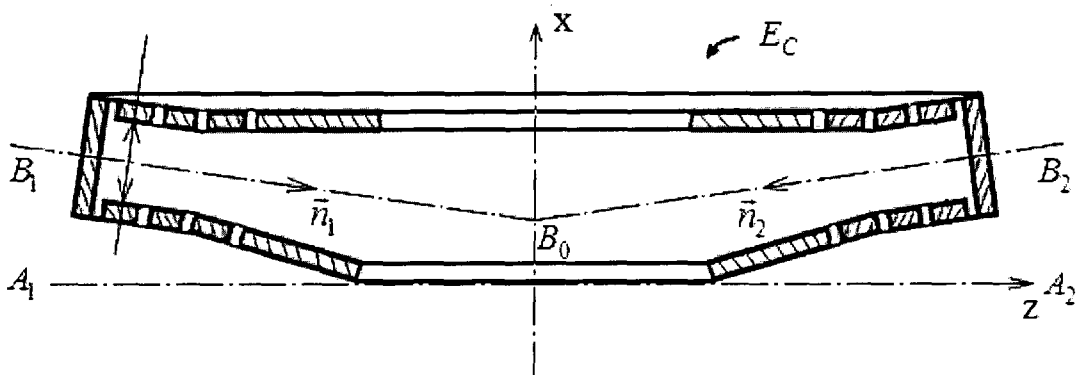


ФИГ. 8

Масс-спектрометр, в том числе 3D времяпролетный масс-спектрометр

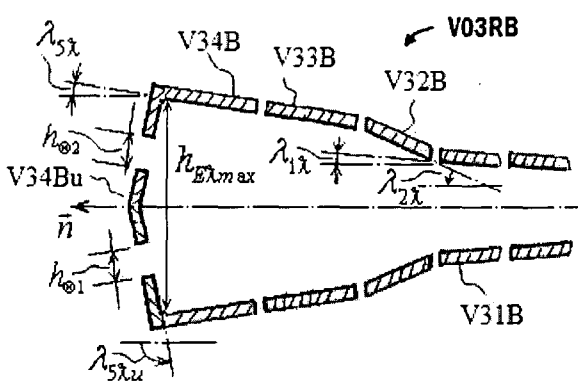


ФИГ. 9

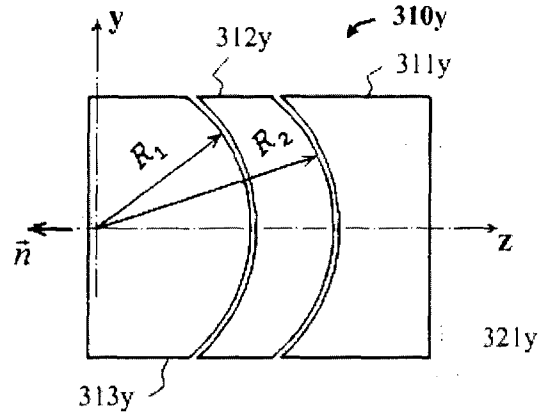


ФИГ. 10

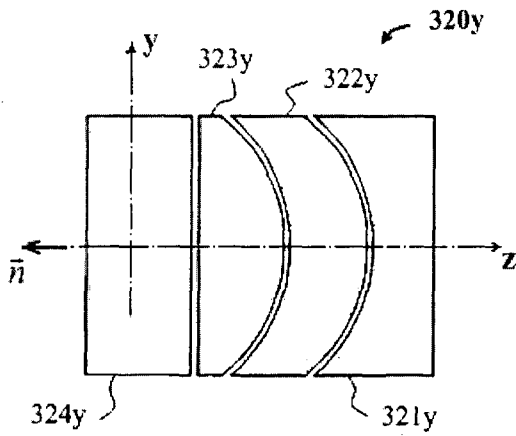
Масс-спектрометр, в том числе 3D времяпролетный масс-спектрометр



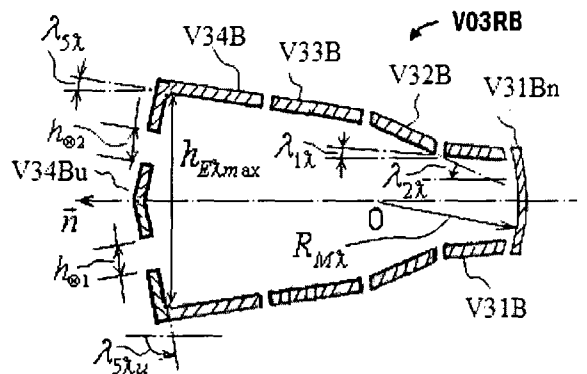
ФИГ. 11



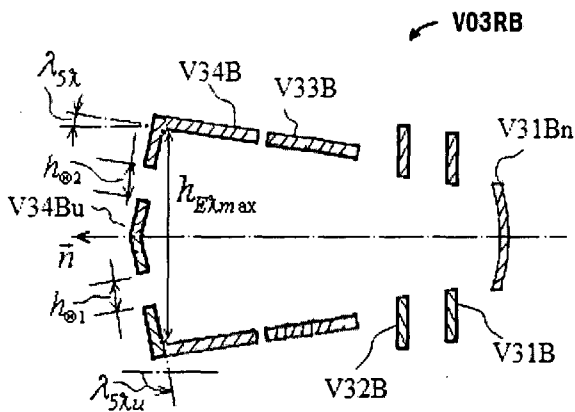
ФИГ. 12



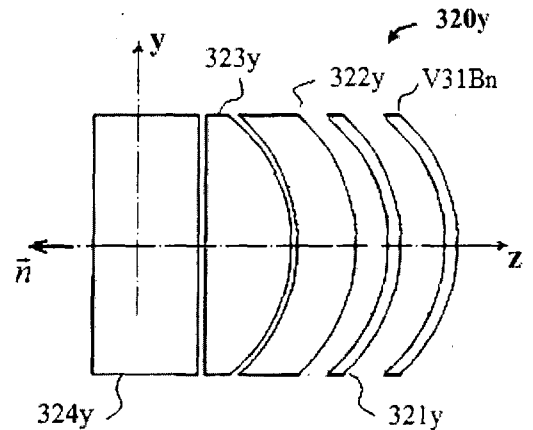
ФИГ. 13



ФИГ. 14

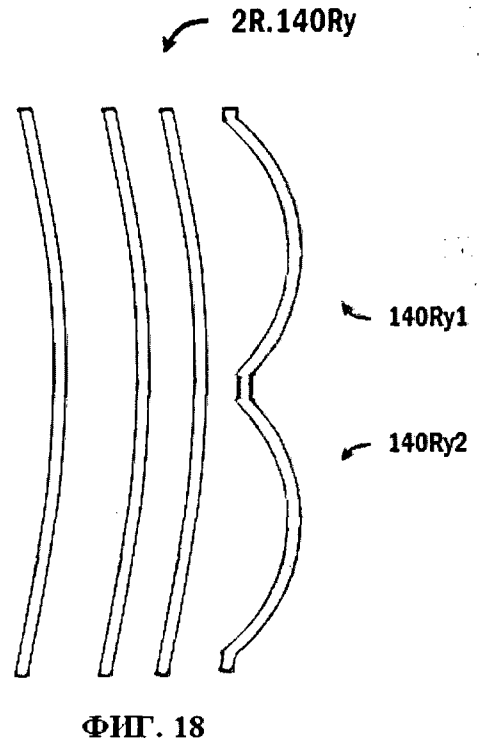
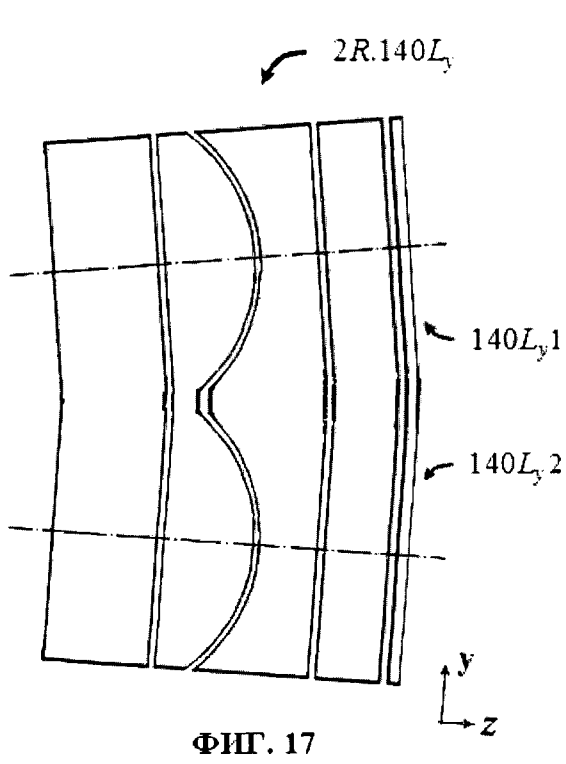


ФИГ. 15

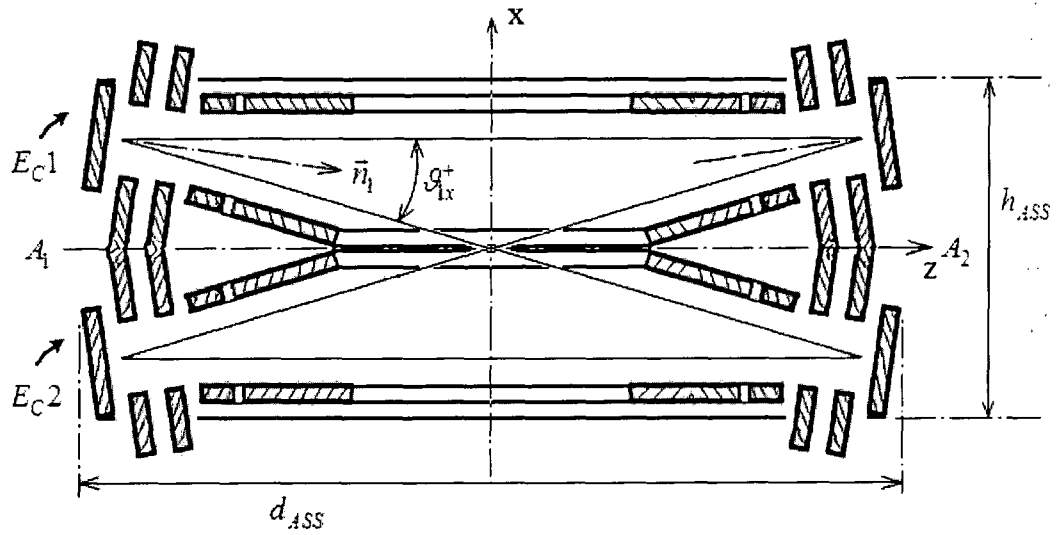


ФИГ. 16

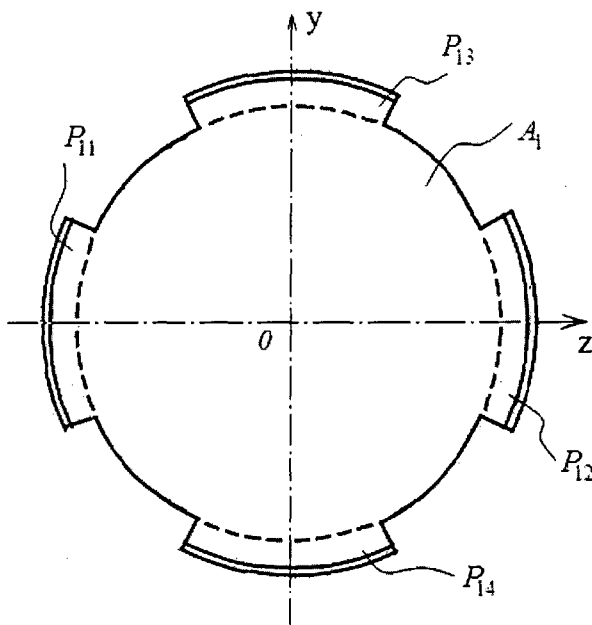
Масс-спектрометр, в том числе 3D времяпролетный масс-спектрометр



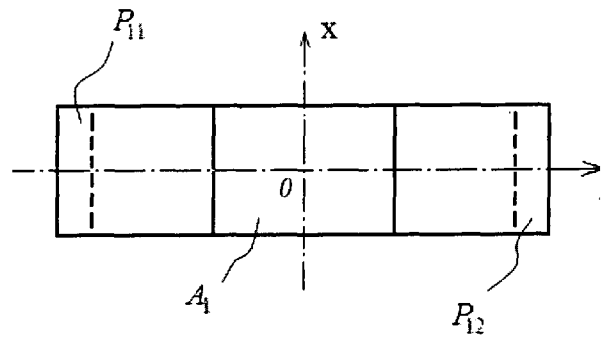
Масс-спектрометр, в том числе 3D времяпролетный масс-спектрометр



ФИГ. 19

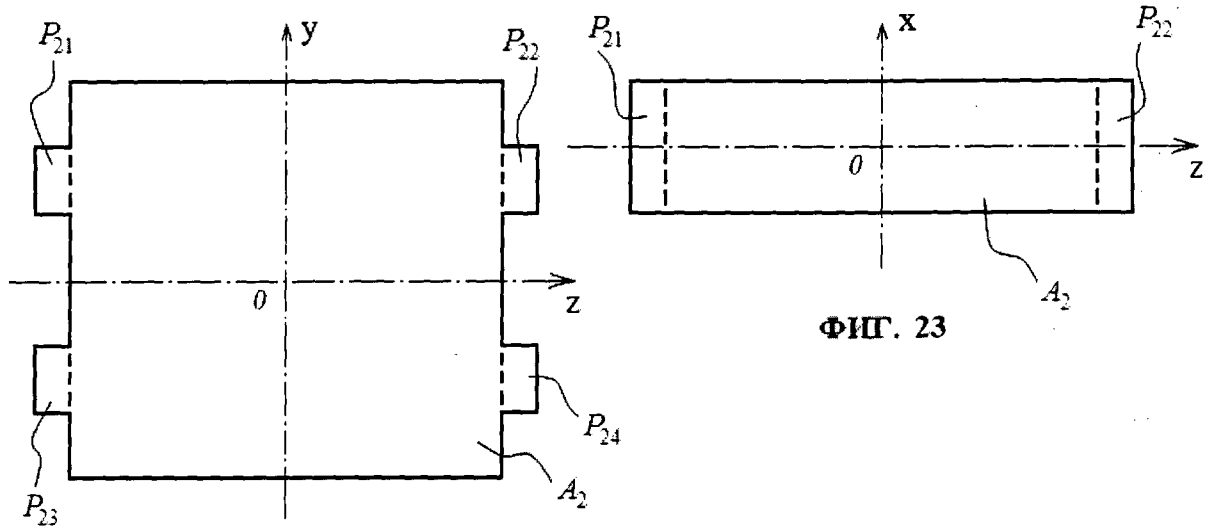


ФИГ. 20



ФИГ. 21

Масс-спектрометр, в том числе 3D времяпролетный масс-спектрометр



ФИГ. 22

ФИГ. 23