



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
H01J 49/04 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2016102353, 27.06.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.06.2014

Дата регистрации:
30.11.2018

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
27.06.2013 US 61/840,050

(43) Дата публикации заявки: 28.07.2017 Бюл. № 22

(45) Опубликовано: 30.11.2018 Бюл. № 34

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: 27.01.2016

(86) Заявка РСТ:
US 2014/044520 (27.06.2014)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2014/210428 (31.12.2014)

Адрес для переписки:
129090, Москва, ул. Б.Спасская, 25, строение 3,
ООО "Юридическая фирма Городиский и
Партнеры"

(72) Автор(ы):

**БАУМСЕЛЛЕК Саид (US),
ИВАШИН Дмитрий (US)**

(73) Патентообладатель(и):

**ИМПЛАНТ САЙЕНСИЗ КОРПОРАЙШН
(US)**

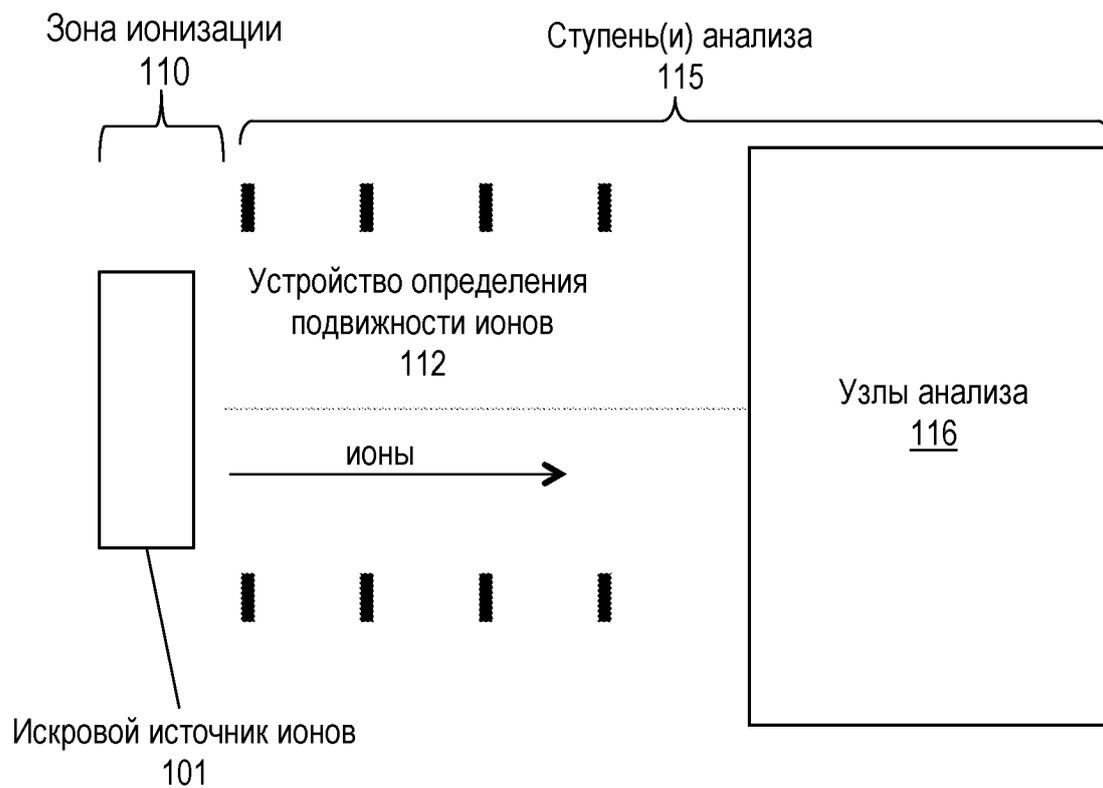
(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: US 6969851 B1, 29.11.2005. US 20070272852 A1, 29.11.2007. RU 2281146 C2, 10.08.2006. RU 2282267 C1, 20.08.2006.

(54) ДВУХПОЛЯРНЫЙ ИСКРОВОЙ ИСТОЧНИК ИОНОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области химического анализа и, в частности, к спектрометрии подвижности ионов. Устройство анализа ионов содержит источник ионов, включающий в себя искровой источник ионов и контроллер, который управляет частотой переключения изменений напряжения электродов источника ионов. При этом контроллер представляет собой цепь быстрого переключения высокого напряжения с компьютерным управлением, которая во время

анализа способна выдавать стабильные напряжения и быстро переключать полярность электродов в любое время после завершения спектра. Технический результат – обеспечение методов анализа ионов с использованием источника ионизации, которые обеспечивали бы гибкость, необходимую для оптимизации характеристик обнаружения для широкого диапазона веществ с различными физическими и химическими свойствами. 3 н. и 23 з.п. ф-лы, 6 ил.



ФИГ.1

RU 2673792 C2

RU 2673792 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
H01J 49/04 (2006.01)

(21)(22) Application: **2016102353, 27.06.2014**

(24) Effective date for property rights:
27.06.2014

Registration date:
30.11.2018

Priority:

(30) Convention priority:
27.06.2013 US 61/840,050

(43) Application published: **28.07.2017** Bull. № 22

(45) Date of publication: **30.11.2018** Bull. № 34

(85) Commencement of national phase: **27.01.2016**

(86) PCT application:
US 2014/044520 (27.06.2014)

(87) PCT publication:
WO 2014/210428 (31.12.2014)

Mail address:
**129090, Moskva, ul. B.Spaskaya, 25, stroenie 3,
OOO "Yuridicheskaya firma Gorodisskij i
Partnery"**

(72) Inventor(s):

**BAUMSELLEK Said (US),
IVASHIN Dmitrij (US)**

(73) Proprietor(s):

IMPLANT SAJENSIZ KORPOREJSHN (US)

(54) **DUAL POLARITY SPARK ION SOURCE**

(57) Abstract:

FIELD: chemistry.

SUBSTANCE: invention relates to chemical analysis and, in particular, to the spectrometry of ion mobility. Ion analysis device comprises an ion source, which includes a spark ion source and a controller which controls the switching frequency of voltage variations in the ion source electrodes. Controller is a computer-controlled high-voltage switching circuit, which, during analysis, is capable of producing stable voltages and

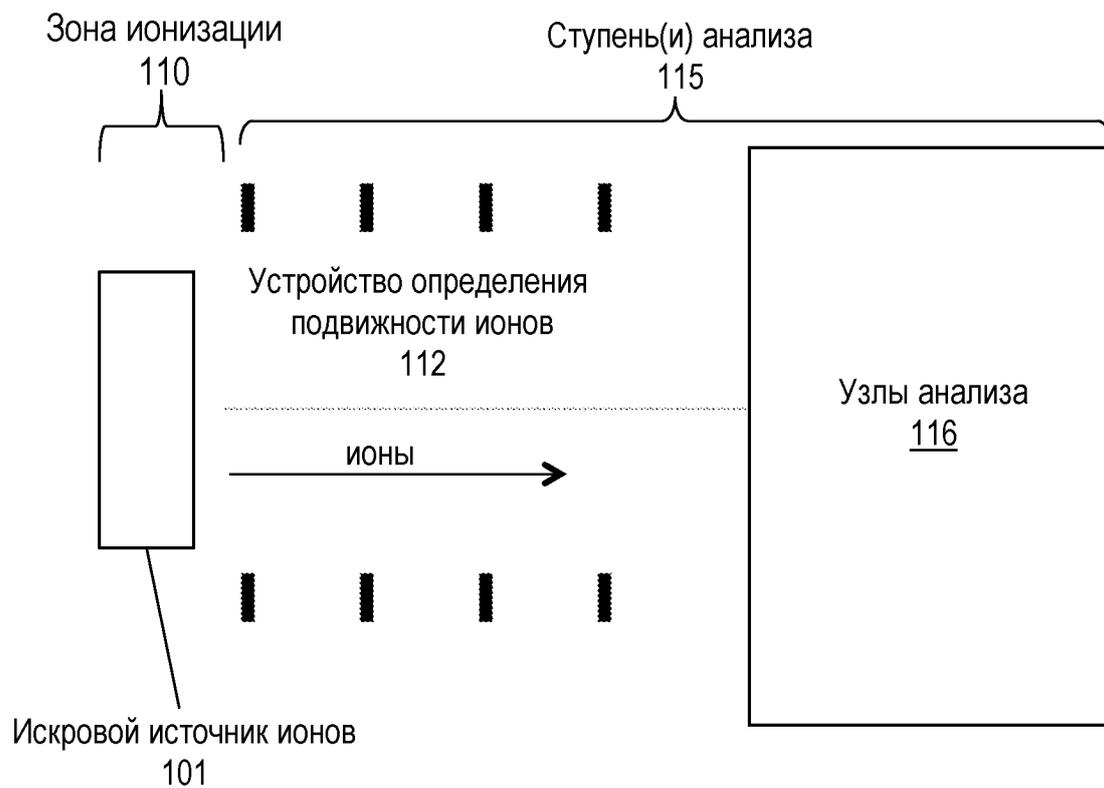
quickly switching the polarity of the electrodes at any time after the spectrum has finished.

EFFECT: providing ion analysis methods using an ionisation source that would provide the flexibility needed to optimise detection performance for a wide range of substances with different physical and chemical properties.

26 cl, 6 dwg

C 2
2 6 7 3 7 9 2
R U

R U
2 6 7 3 7 9 2
C 2



ФИГ.1

RU 2673792 C2

RU 2673792 C2

РОДСТВЕННЫЕ ЗАЯВКИ

Данная патентная заявка испрашивает приоритет предварительной патентной заявки США № 61/840050, поданной 27 июня 2013 г., озаглавленной "DualPolarity IonMobility Spectrometer UsingSpark Ionization" ("Двухполярный спектрометр подвижности ионов, использующий искровую ионизацию"), которая включена сюда посредством ссылки.

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

Настоящее изобретение относится к области химического анализа и, в частности, к спектрометрии подвижности ионов.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

В полевых применениях приборы для химического анализа могут контактировать с различными сложными смесями независимо от внутреннего или наружного окружения. Такие смеси могут вызывать загрязнение прибора и путаницу, обусловленные присутствием молекулярных мешающих компонентов, приносящих признаки, которые либо идентичны признакам представляющих интерес химических соединений, либо неразрешимы аналитическим прибором вследствие его ограниченного разрешения. Мешающий компонент может также проявлять свое присутствие путем воздействия на предел обнаружения представляющего интерес химического соединения. Для уменьшения "химического шума" и получения достаточного разделения для выполнения детерминированного обнаружения и идентификации может быть использован подход многоступенчатого анализа. Этот многоступенчатый анализ может включать в себя либо единый метод разделения, такой как *л*-инструментальная масс-спектрометрия (МСⁿ) или же комбинацию различных методов разделения.

Спектрометрия подвижности ионов (IMS) для продвижения ионов через газовую дрейфовую камеру и разделения этих ионов в соответствии со скоростью их дрейфа использует относительно слабые электрические поля. В IMS скорость дрейфа ионов пропорциональна напряженности поля и, таким образом, подвижность (*K*) иона не зависит от приложенного поля. В IMS и анализируемые, и фоновые молекулы, как правило, являются ионизированными с использованием радиоактивных альфа- или бета-излучателей, и при этом ионы вводят в дрейфовую трубу при постоянном слабом электрическом поле (300 В/см или менее), где они разделяются на основе скорости их дрейфа и, следовательно, их подвижности. Подвижность управляется ионными столкновениями с молекулами дрейфового газа, протекающего в противоположном направлении. Ионно-молекулярное сечение столкновений зависит от размера, формы, заряда и массы иона по отношению к массе молекулы дрейфового газа. Полученную в результате хроматограмму сравнивают с библиотекой известных образцов хроматограмм для идентификации собранного вещества. Поскольку сечение столкновения зависит более чем от одной характеристики иона, пиковая идентификация не является однозначной. IMS-системы измеряют вторичное и менее специфическое свойство целевых молекул - время, необходимое для дрейфа ионизированной молекулы под воздействием электрического поля через трубу, заполненную вязким газом, а идентичность молекулы определяется из интенсивности в зависимости от временного спектра.

Другие методы разделения на основе подвижности включают спектрометрию подвижности ионов в сильном поле асимметричной формы волны (FAIMS), известную также как дифференциальная спектрометрия подвижности (DMS). FAIMS или DMS-спектрометрия представляет собой метод определения, который может работать при атмосферном давлении, чтобы отделять и обнаруживать ионы. По сравнению с обычной подвижностью ионов, FAIMS/DMS-устройства работают при гораздо более сильных

полях (~10000 В/см), когда подвижность ионов становится зависимой от приложенного поля. FAIMS/DMS-устройства могут работать в сочетании с дрейфовой трубой IMS-устройств в спектрометрах, имеющих несколько ступеней. Для конкретных описаний особенностей и примеров использования приборов для обнаружения ионов и химического анализа, включающих особенности дрейфовой трубы IMS-устройств, используемых в сочетании с одним или более FAIMS/DMS-устройствами, среди других компонентов, сделана ссылка на патент США № 8173959 В1 на имя Бумселека (Boumsellek) и др., озаглавленный "Real-Time Trace Detection by High Field and Low Field Ion Mobility and Mass Spectrometry" ("Определение траектории в режиме реального времени посредством спектрометрии подвижности ионов в сильном поле и в слабом поле и масс-спектрометрии"), публикацию заявки США № 2012/0273669 А1 на имя Ивашина (Ivashin) и др., озаглавленной "Chemical Analysis Using Hyphenated Low and High Field Ion Mobility" ("Химический анализ с помощью комбинированной подвижности ионов в слабых и сильных полях"), и публикацию заявки США № 2012/0326020 А1 на имя Ивашина (Ivashin) и др., озаглавленной "Ion Mobility Spectrometer Device with Embedded FAIMS" ("Спектрометрическое устройство подвижности ионов со встроенным FAIMS-спектрометром"), которые включены сюда посредством ссылки.

Известные ионизирующие устройства, работающие при атмосферном давлении, такие как устройства, используемые в IMS- и DMS-спектрометрах, могут использовать радиоактивный ионизирующий источник для образования ионов, которые используются в сочетании с химическим анализом и процессами обнаружения. В то же время другие известные устройства могут использовать методы нерадиоактивной ионизации, которые включают в себя ионизацию, индуцированную коронными разрядами и/или ультрафиолетовым (УФ) светом, а также лазером. В связи с указанными выше методами сделана ссылка, например, на патент США № 8440981 на имя Бромберга (Blomberg) и др., озаглавленный "Compact Pyroelectric Sealed Electron Beam" ("Компактный пироэлектрический герметичный электронный пучок"), патент США № 6429426 на имя Деринга (Döring), озаглавленный "Ionization Chamber with Electron Source" ("Ионизационная камера с источником электронов"), и патент США № 5969349 на имя Будовича (Budovich) и др., озаглавленный "Ion Mobility Spectrometer" ("Спектрометр подвижности ионов"), все из которых включены сюда посредством ссылки.

Обнаружение "на месте" следов запрещенных веществ, в частности, взрывчатых веществ и наркотических средств, является сложной задачей, в первую очередь, из-за широкого диапазона летучести и электрохимических свойств этих соединений. В то время как общеизвестные взрывчатые вещества состоят из нитросоединений, обнаруживаемых в «негативном режиме», так как при условии давления окружающей среды они образуют стабильные отрицательные ионы, известно, что некоторые проявляющие большую летучесть самодельные взрывчатые устройства и взрывчатые вещества домашнего изготовления иногда в присутствии химических модификаторов имеют высокое сродство к протонам в виде ионов-аддуктов.

Соответственно, было бы желательно предложить методы анализа ионов с использованием источника ионизации, которые обеспечивали бы гибкость, необходимую для оптимизации характеристик обнаружения для широкого диапазона веществ с различными физическими и химическими свойствами.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

В соответствии с описанной здесь системой, устройство анализа ионов включает в себя источник ионов, при этом источник ионов включает в себя искровой источник ионов. Контроллер управляет частотой переключения изменений напряжения электродов

источника ионов для того, чтобы выталкивать образованные искровым разрядом положительные и отрицательные ионы из источника ионов. Может быть обеспечено устройство определения подвижности ионов, в которое инжектируются ионы из источника ионов. Устройство определения подвижности ионов может включать в себя спектрометр подвижности ионов (IMS), дрейфовую ячейку и/или дифференциальный спектрометр подвижности (DMS). Может быть обеспечен вакуумный блок сопряжения, через который ионы из источника ионов инжектируются в узел анализа. Контроллер может включать в себя цепь переключения высокого напряжения. Источник ионов может иметь электродную конфигурацию "острие к острию" или электродную конфигурацию "острие к плоскости". Контроллер может управлять частотой переключения источника ионов в соответствии с анализом в режиме реального времени или не в режиме реального времени и/или контроллер может управлять частотой переключения источника ионов в соответствии с предполагаемым коэффициентом заполнения (рабочим циклом). Частотой переключения можно управлять для обеспечения импульсного или непрерывного потока ионов из источника ионов.

Дополнительно, в соответствии с описанной здесь системой, способ управления процессом ионизации включает в себя определение режима работы для анализа ионов. Может быть определена частота переключения изменений напряжения электродов источника ионов, включающего в себя искровой источник ионов. Изменениями напряжения электродов источника ионов во время искровой ионизации можно управлять в соответствии с определенной частотой переключения с использованием контроллера для того, чтобы выталкивать образованные искровым разрядом положительные и отрицательные ионы из источника ионов. Способ может дополнительно включать в себя инжектирование ионов, образованных источником ионов, в устройство определения подвижности ионов. Устройство определения подвижности ионов может включать в себя спектрометр подвижности ионов (IMS), дрейфовую ячейку и/или дифференциальный спектрометр подвижности (DMS). Способ может дополнительно включать в себя инжектирование ионов, образованных источником ионов, через вакуумный блок сопряжения в узел анализа. Контроллер может включать в себя цепь переключения высокого напряжения. Источник ионов может иметь электродную конфигурацию "острие к острию" или электродную конфигурацию "острие к плоскости". Контроллер может управлять частотой переключения источника ионов в соответствии с анализом в режиме реального времени или не в режиме реального времени и/или контроллер может управлять частотой переключения источника ионов в соответствии с предполагаемым коэффициентом заполнения. Частотой переключения можно управлять для обеспечения импульсного или непрерывного потока ионов из источника ионов.

Дополнительно, в соответствии с описанной здесь системой, невременный машиночитаемый носитель хранит программное обеспечение для управления процессом ионизации. Это программное обеспечение может включать в себя исполняемый код, который определяет режим работы для спектрометрии подвижности ионов. Обеспечен исполняемый код, который определяет частоту переключения изменений напряжения электродов источника ионов, включающего в себя искровой источник ионов. Обеспечен исполняемый код, который управляет частотой переключения источника ионов с использованием контроллера для того, чтобы выталкивать образованные искровым разрядом положительные и отрицательные ионы из этого источника ионов. Может быть обеспечен исполняемый код, который управляет инъекцией ионов, образованных источником ионов, в устройство определения подвижности ионов. Может быть обеспечен исполняемый код, который управляет выборочной фильтрацией ионов после

инжекции ионов в устройство определения подвижности ионов. Может быть обеспечен исполняемый код, который управляет инъекцией ионов, образованных искровой ионизацией, через вакуумный блок сопряжения в узел анализа. Может быть обеспечен исполняемый код, который управляет анализом ионов, полученных из вакуумного блока сопряжения узла анализа. Частотой переключения можно управлять с помощью цепи переключения высокого напряжения. Частотой переключения источника ионов управляют в соответствии с анализом в режиме реального времени или не в режиме реального времени и/или в соответствии с предполагаемым коэффициентом заполнения. Частотой переключения можно управлять для обеспечения импульсного или непрерывного потока ионов из источника ионов.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Варианты выполнения описанной здесь системы объяснены со ссылкой на несколько фигур чертежей, которые можно кратко описать следующим образом.

Фиг. 1 представляет собой схематическое изображение, показывающее двухполярное устройство анализа ионов в режиме реального времени, имеющее искровой источник ионов переменной частоты и устройство определения подвижности ионов, а также узлы анализа в соответствии с вариантом выполнения описанной здесь системы.

Фиг. 2 представляет собой схематическое изображение, показывающее вариант выполнения искрового источника ионов и устройства определения подвижности ионов в соответствии с вариантом выполнения описанной здесь системы.

Фиг. 3 представляет собой схематическое изображение, показывающее вариант выполнения искрового источника ионов и устройства определения подвижности ионов в соответствии с другим вариантом выполнения описанной здесь системы.

Фиг. 4 представляет собой схематическое изображение, показывающее вариант выполнения устройства анализа ионов, включающего фильтрацию ионов, в соответствии с описанной здесь системой.

Фиг. 5 представляет собой схематическое изображение, показывающее вариант выполнения устройства анализа ионов, включающего вакуумный блок сопряжения, в соответствии с описанной здесь системой.

Фиг. 6 представляет собой блок-схему, показывающую процесс анализа с помощью спектрометрии подвижности ионов с использованием двухполярной искровой ионизации в соответствии с описанным здесь вариантом выполнения системы.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТОВ ВЫПОЛНЕНИЯ

В соответствии с описанной здесь системой обеспечены устройства и методы анализа ионов, включая разделение по подвижности ионов и масс-спектрометрию, использующие двухполярный искровой источник ионов и имеющие необходимую гибкость для оптимизации характеристики обнаружения по широкому диапазону запрещенных веществ с различными физическими и химическими свойствами. В различных вариантах выполнения описанная здесь система может быть направлена на аспекты летучести и электрохимические аспекты при выполнении обнаружения в режиме реального времени соединений, обнаруживаемых как при положительной, так и при отрицательной полярностях, и/или при направлении основного внимания на получение спектров определенных целевых соединений при данной полярности в зависимости от их высокой летучести, а потому короткого времени жизни.

Фиг. 1 представляет собой схематический вид, показывающий двухполярное устройство 100 анализа ионов в режиме реального времени, имеющее нерадиоактивный искровой источник 101 ионов переменной частоты, устройство 112 определения подвижности ионов, такое как единая дрейфовая область или ячейка, а также узлы 116

анализа в соответствии с вариантом выполнения описанной здесь системы.

Одновременно образующиеся при искровом разряде искрового источника 101 ионов положительные и отрицательные ионы могут последовательно инжектироваться в устройство 112 определения подвижности ионов для разделения на основе их подвижности. Искровой разряд может быть образован при атмосферном давлении или около него между несколькими, например, между двумя электродами посредством создания сильно неоднородных полей и с использованием цепи быстрого переключения высокого напряжения. Как дополнительно обсуждено здесь в другом месте, среди различных возможных вариантов выполнения искрового источника 101 ионов есть конфигурации электродного зазора типа "острие к плоскости" и "острие к острию".

Устройство 100 показано содержащим зону 110 ионизации, которая может включать в себя искровой источник 101 ионов и/или одну или более областей проб с предназначенными для анализа пробами, как дополнительно обсуждено здесь в другом месте. Ионы из зоны 110 ионизации инжектируют в одно или более устройств 112 определения подвижности ионов, такие как дрейфовая ячейка и/или другое IMS- или DMS-устройство определения подвижности ионов. В различных вариантах выполнения ионы могут происходить из предназначенной для анализа пробы и/или могут быть химически активными ионами, которые отделены от анализируемой пробы и которые будут использованы для реагирования с молекулами пробы для анализа. Анализ ионов может быть выполнен на ступени 115 анализа, имеющей один или более из множества узлов 116 анализа и включающей в себя фильтрующие узлы, как дополнительно обсуждено здесь в другом месте. В различных вариантах выполнения узлы 112 определения подвижности ионов и узлы 116 анализа ступени 115 анализа могут включать в себя IMS-устройства и/или дрейфовые ячейки, комбинации IMS-DMS-устройств, IMS-устройство со встроенным DMS-устройством, масс-спектрометры с вакуумным блоком сопряжения, любое одно или комбинацию устройств определения подвижности ионов с последующим масс-спектрометром и/или любую другую подходящую комбинацию.

Фиг. 2 представляет собой схематическое изображение, показывающее вариант выполнения искрового источника 210 ионов и устройства 220 определения подвижности ионов в устройстве анализа 200 ионов в соответствии с одним из вариантов выполнения описанной здесь системы. Искровой источник 210 ионов схематически показан имеющим электроды 211, 212 в электродной конфигурации "острие к острию". Учитывая короткую продолжительность искрового разряда (мкс-ый диапазон), полярностью электрода(ов) 211, 212, из которого инициируется искра, можно управлять с помощью контроллера 215 для влияния на процессы пробоя, напряженность электрического поля, напряжения пробоя, а также на образование озона и закиси азота. Раскрытый искровой источник 210 ионов способен работать в широком диапазоне частот. На низких частотах источник может инжектировать посылки ионов в дрейфовую ячейку после завершения каждого спектра выбранного временного диапазона. На высоких частотах источник 201 может инжектировать непрерывный поток ионов для направления, отделения от нейтральных частиц или для последующего анализа на комбинированной ступени, такой как масс-спектрометрическая, DMS- и/или других спектрометрических платформ, как дополнительно обсуждено здесь в другом месте. Хотя показано устройство 220 определения подвижности ионов, описанная здесь система может быть использована для инъекции ионов из искрового источника 210 ионов в любое устройство, пригодное для анализа ионов.

В одном варианте выполнения контроллер 215 может включать в себя цепь быстрого переключения высокого напряжения (например, 2500 В) с компьютерным управлением,

которая во время анализа может давать стабильные напряжения и быстро переключать полярность в любое время после завершения спектра выбранного временного диапазона. Переключение полярности можно выполнять при переменной частоте, которая может быть выбрана в зависимости от предполагаемого коэффициента заполнения.

5 Например, в одном варианте выполнения для режима работы, соответствующего 50%-му коэффициенту заполнения, изменение вытягивающего напряжения (например, от приблизительно +2500 В до -2500 В) относительно коллектора устройство анализа ионов выталкивает положительные и отрицательные ионы, соответственно, в устройство 220 определения подвижности ионов, и оба спектра подвижности ионов снимаются в 10 режиме реального времени. В этом режиме работы частота переключения напряжения электродов может быть определена временным диапазоном спектра подвижности и скоростью цепи переключения высокого напряжения контроллера 215. Например, для 55-ти мс спектра подвижности ионов и 20-ти мс времени переключения полярности частота составляет около 13,33 Гц.

15 В другом варианте выполнения заданный 50%-ый коэффициент заполнения не в режиме реального времени может быть осуществлен путем получения нескольких спектров при одной полярности до переключения на другую полярность для получения такого же числа спектров. Этот режим минимизирует шум детектора, вызванный возмущениями, связанными с обусловленными емкостной связью чрезмерными 20 переключениями.

Другие режимы коэффициента заполнения при работе, включая работу с не 50%-ми коэффициентами заполнения, могут включать в себя работу внутри цикла выборки в положительном или отрицательном режиме в течение достаточно длительного периода времени для получения нескольких спектров при одной полярности до переключения 25 полярности с целью получения спектров при другой полярности. Временная диаграмма такого режима может быть оптимизирована для записи спектров исчезающе малых летучих соединений на ранней стадии цикла выборки.

Фиг. 3 представляет собой схематическое изображение, показывающее вариант выполнения искрового источника 310 ионов и устройства 320 определения подвижности 30 ионов в устройстве 300 анализа ионов в соответствии с другим вариантом выполнения описанной здесь системы. Искровой источник 310 ионов схематически показан имеющим электроды 311, 312 в электродной конфигурации "острие к плоскости". В связи с описанной здесь системой могут быть использованы другие конфигурации искрового источника 310 ионов. Хотя показано устройство 320 определения подвижности ионов, 35 описанная здесь система может быть использована для инъекции ионов из искрового источника 310 ионов в любое устройство, пригодное для анализа ионов.

В различных вариантах выполнения описанная здесь система может быть использована в связи с "тандемными" приборами, а именно, при использовании источника искровой ионизации и двух методов разделения, таких как методы 40 подвижности в слабом и сильном поле. Следует отметить, что в различных вариантах выполнения тандемные приборы могут быть ортогональными один к другому, в частности, в которых направления потоков ионов в устройствах определения подвижности в слабом поле (IMS-устройств) и в сильном поле (DMS-устройств) ортогональны, и/или же DMS-устройство может быть встроено в дрейфовую ячейку 45 IMS-устройства, и в которых направления потоков ионов могут быть коаксиальны вдоль IMS- и DMS-устройств. Ячейка DMS-устройства может включать в себя две параллельные сетки (например, плоские и/или неплоские сетки) приблизительно одинакового диаметра, что и кольца IMS-устройства, и может быть расположена в

любом месте вдоль дрейфовой трубы и смещена напряжением в соответствии с ее расположением в схеме делителя напряжения, чтобы создать такое же поле IMS-устройства. Пространство между сетками составляет аналитический зазор, в котором ионы подвергаются, в дополнение к полю дрейфа, воздействию асимметричного рассеивающего поля DMS-устройства. Колебательное движение, осуществляемое во время высоких и низких напряжений асимметричной формы волны, разделяет ионы в соответствии с различием в их подвижности.

Фиг. 4 представляет собой схематическое изображение, показывающее вариант выполнения устройства 400 анализа ионов, включающего фильтрацию ионов, в соответствии с описанной здесь системой. Устройство 400 анализа ионов может включать в себя искровой источник 401 ионов в зоне 410 ионизации. В одном варианте выполнения зона 410 ионизации может включать в себя зону отбора молекул 405 пробы, которые взаимодействуют с ионами искрового источника 401 ионов с образованием представляющих интерес ионов, которые инжектируются в ступень анализа, имеющую одно или более устройств анализа подвижности ионов, таких как дрейфовая ячейка 412. В связи с показанным вариантом выполнения узлы ступени анализа устройства 400 могут включать в себя высокочастотный фильтр 420, расположенный после зоны 410 ионизации. После прохождения через высокочастотный фильтр 420 представляющие интерес ионы могут затем проходить через апертурную решетку 440 к узлу 450 детектора/коллектора для анализа в соответствии с описанным здесь вариантом выполнения системы.

Как дополнительно обсуждено здесь в другом месте, высокочастотный фильтр 420 может быть использован в связи с искровой разрядной ионизацией в зоне 410 ионизации. Этот высокочастотный фильтр 420 может включать в себя ячейку, выполненную из двух параллельных сеток различных форм, включая цилиндрическую, сферическую и плоскую. В одном варианте выполнения фильтр может быть FAIMS-ячейкой. В этой ячейке, в аналитическом промежутке между параллельными сетками приложена комбинация дрейфового и высокочастотного асимметричного осевого полей. Высокочастотное поле чередуется между сильными и слабыми полями, принуждая ионы внутри ячейки к колебаниям. В зависимости от природы их подвижности в сильном поле, ионы либо ускоряются, либо замедляются. Приложением небольшого напряжения постоянного тока можно отфильтровывать определенные ионы на основе различий между их подвижностями в слабом и сильном поле. В проиллюстрированном варианте выполнения высокочастотный фильтр 420 показан после зоны 410 ионизации. При подаче определенных напряжений постоянного тока, управляемых контроллером 430 DMS-устройства, высокочастотный фильтр 420 может быть использован для управления подвижностью ионов. Следует отметить, что в различных вариантах выполнения контроллер 430 DMS-устройства может быть соединен с и/или интегрирован с контроллером 215, 315 искрового источника 215, 315 ионов, обсужденным здесь в другом месте. Этот метод может быть использован для образования предпочтительных ионов для последующего анализа на таких платформах, как спектрометр ионной подвижности и дифференциальный спектрометр подвижности. В различных вариантах выполнения представляющие интерес молекулы пробы ионизируются в зоне 410 ионизации для непосредственной фильтрации, отбора и анализа, тогда как в других вариантах выполнения могут быть образованы химически активные ионы, а позже для образования ионов, представляющих интерес для анализа, в зоне проб, используется процесс переноса заряда.

Следует заметить, что в других вариантах выполнения высокочастотный фильтр

420 может быть установлен до или после дрейфовой ячейки 412 и/или другого устройства определения подвижности ионов, которое обеспечивает разделение ионов после инъекции из источника 401 ионизации, как дополнительно обсуждено здесь в другом месте. В других вариантах выполнения высокочастотный фильтр 420 может быть установлен в любом месте вдоль длины дрейфовой ячейки 412. Особенно отметим также, что в связи с описанной здесь системой могут быть использованы и другие методы и конфигурации для анализа ионов.

Для более подробных описаний признаков и использований приборов, которые включают в себя одно или более FAIMS- или DMS-устройств и которые могут быть использованы в связи с методами обнаружения ионов и методами химического анализа, сделана ссылка на публикацию патентной заявки США № 2012/0273669 A1 на имя Ивашина (Ivashin) Ivashin) и др., озаглавленную "Chemical Analysis Using Hyphenated Hyphenated Low and High Field Ion Mobility" ("Химический анализ с помощью комбинированной подвижности ионов в слабых и сильных полях") и в публикации патентной заявки США № 2012/0326020 A1 на имя Ивашина (Ivashin) Ivashin) и др., озаглавленной "Ion Mobility Spectrometer Device with Embedded FAIMS" ("Спектрометрическое устройство определения подвижности ионов со встроенным FAIMS-спектрометром"), обе из которых включены сюда посредством ссылки. Кроме того, выполнена ссылка на патент США № 8173959 на имя С. Бумселлека (S. Boumsellek) др., озаглавленный "Real-Time Trace Detection by High Field and Low Field Ion Mobility and Mass Spectrometry" ("Определение траектории в режиме реального времени посредством спектрометрии подвижности ионов в сильном поле и в слабом поле и масс-спектрометрии"), которая включена сюда посредством ссылки.

Фиг. 5 представляет собой схематическое изображение, показывающее вариант выполнения устройства 500 анализа ионов в соответствии с описанной здесь системой, включающего вакуумный блок 512 сопряжения. Ионы, образованные в зоне 510 ионизации, включающей в себя искровое ионное устройство 501 и/или зону пробы для молекул 505 пробы, подобную описанной здесь ранее, могут быть инжектированы через вакуумный блок 512 сопряжения в один или более узлов 516 анализа ступени 515 анализа. В различных вариантах выполнения узлы 516 анализа могут включать в себя масс-спектрометр, устройство определения подвижности ионов и/или комбинацию из одного или более устройств определения подвижности ионов и масс-спектрометры.

Фиг. 6 представляет собой блок-схему 600, показывающую процесс анализа с помощью спектрометрии подвижности ионов с использованием двухполярной искровой ионизации в соответствии с описанным здесь вариантом выполнения системы. На этапе 602 определяют режим работы для спектрометра подвижности ионов, использующего искровую ионизацию в соответствии с описанной здесь системой. Определение режима работы может включать в себя определение работы в режиме реального времени или не в режиме реального времени, а также коэффициента заполнения (например, 50%-ый или не 50%-ый коэффициент заполнения). Режим может быть определен на основании факторов оптимизации для записи спектров для исчезающе малых летучих соединений во время цикла выборки. После этапа 602 на этапе 604 в зависимости от коэффициента заполнения, предназначенного и для того, чтобы выталкивать образованные искровым разрядом положительные и отрицательные ионы из источника ионов, может быть определена и может быть выбрана частота переключения напряжениями электродов искрового источника ионов. На низких частотах источник может инжектировать посылки ионов в дрейфовую ячейку после завершения каждого спектра выбранного временного диапазона. На высоких частотах источник может инжектировать

непрерывный поток ионов для направления, отделения от нейтральных частиц или для последующего анализа в комбинированных платформах. В одном варианте выполнения обеспечена цепь быстрого переключения высокого напряжения с компьютерным управлением, которая способна давать устойчивые напряжения во время анализа и
5 быстро переключать полярность в любое время после завершения спектра выбранного временного диапазона. Например, для 55-ти мс спектров подвижности ионов и 20-ти мс времени переключения полярности частота переключения напряжения электродов составляет около 13,33 Гц.

После этапа 604 на этапе 606 посредством искровой ионизации образуются ионы с
10 использованием управляемого двухполярного источника искровой ионизации, управляемого в соответствии с частотой переключения. Эти ионы могут быть химически активными ионами, которые затем взаимодействуют с молекулами пробы с образованием представляющих интерес ионов для анализа. После этапа 606 на этапе 608 ионы инжектируются в ступень анализа. В различных вариантах выполнения ступень
15 анализа может включать в себя дрейфовую ячейку спектрометра подвижности ионов, введенную в устройства определения подвижности ионов других типов, и/или ионы могут быть инжектированы в вакуумный блок сопряжения для анализа в масс-спектрометре. После этапа 608 на этапе 610 на ионах могут быть осуществлены методы
20 разделения ионов, включая использование методов фильтрации и комбинированные ступени с тандемными устройствами, такими как масс-спектрометр, DMS-устройство и/или другие спектрометрические платформы, как дополнительно описано здесь в другом месте. После этапа 610 на этапе 612 выполняется химический анализ для
25 обнаружения требуемого вещества из диапазона веществ с различными физическими и химическими свойствами. После этапа 612 процесс в пределах описанной итерации обработки завершается.

Различные обсужденные здесь варианты выполнения могут быть объединены друг с другом в соответствующих комбинациях в связи с описанной здесь системой. Кроме того, в некоторых случаях там, где это уместно, порядок этапов в технологических
30 схемах, блок-схемах и/или описанном поточном процессе может быть изменен. Дополнительно, различные аспекты описанной здесь системы могут быть реализованы с использованием программного обеспечения, аппаратных средств, комбинации
35 программного обеспечения и аппаратных средств и/или других компьютерно-реализованных модулей или устройств, имеющих описанные признаки и выполняющих описанные функции. Система может дополнительно включать в себя дисплей и/или
40 другие компьютерные компоненты для обеспечения подходящего интерфейса с пользователем и/или с другими компьютерами.

Программные реализации аспектов описанной здесь системы могут включать в себя исполняемый код, который хранится на машиночитаемом носителе и исполняется одним или более процессорами. Этот машиночитаемый носитель может содержать
40 энергозависимую память и/или энергонезависимую память и может включать в себя, например, компьютерный жесткий диск, ПЗУ, ОЗУ, флэш-память, портативные компьютерные носители данных, такие как CD-ROM, DVD-ROM, карту памяти SD, флэш-накопитель или другой накопитель, например, с интерфейсом в виде универсальной
45 последовательной шины (USB) и/или любой другой подходящий материальный или невременный машиночитаемый носитель, или компьютерную память, в которых может храниться и исполняться процессором исполняемый код. Описанная здесь система может быть использована совместно с какой-либо соответствующей рабочей системой.

Специалистам в данной области техники при рассмотрении описания или

практической реализации раскрытого здесь изобретения будут очевидны другие варианты осуществления изобретения. Предполагается, что данное описание и примеры рассматриваются только в качестве иллюстративных, с истинным объемом и сущностью данного изобретения, указанными ниже следующей формулой изобретения.

5

(57) Формула изобретения

1. Устройство анализа ионов, содержащее:

источник ионов, включающий в себя искровой источник ионов; и

контроллер, который управляет частотой переключения изменений напряжения

10 электродов источника ионов для того, чтобы выталкивать образованные искровым разрядом положительные и отрицательные ионы из источника ионов, при этом контроллер представляет собой цепь быстрого переключения высокого напряжения с компьютерным управлением, которая во время анализа способна выдавать стабильные напряжения и быстро переключать полярность электродов в любое время после

15

завершения спектра.

2. Устройство по п. 1, дополнительно содержащее:

устройство определения подвижности ионов, в которое инжектируются ионы из источника ионов.

3. Устройство по п. 2, в котором устройство определения подвижности ионов

20

включает в себя по меньшей мере одно из: спектрометра подвижности ионов (IMS), дрейфовой ячейки или дифференциального спектрометра подвижности (DMS).

4. Устройство по п. 1, дополнительно содержащее:

вакуумный блок сопряжения, в котором принимаются ионы из источника ионов; и узел анализа, который получает ионы из вакуумного блока сопряжения.

25

5. Устройство по п. 1, в котором контроллер включает в себя цепь переключения высокого напряжения.

6. Устройство по п. 1, в котором источник ионов имеет электродную конфигурацию "острие к острию" или электродную конфигурацию "острие к плоскости".

7. Устройство по п. 1, в котором контроллер управляет частотой переключения источника ионов в соответствии с анализом в режиме реального времени или не в

30

режиме реального времени.

8. Устройство по п. 1, в котором контроллер управляет частотой переключения источника ионов в соответствии с предполагаемым коэффициентом заполнения.

9. Устройство по п. 1, в котором контроллер управляет частотой переключения для обеспечения импульсного или непрерывного потока ионов из источника ионов.

35

10. Способ управления процессом ионизации, включающий в себя:

определение режима работы для анализа ионов;

определение частоты переключения изменений напряжения электродов источника ионов, включающего в себя искровой источник ионов; и

40

управление изменениями напряжения электродов источника ионов во время искровой ионизации в соответствии с определенной частотой переключения с использованием контроллера для того, чтобы выталкивать образованные искровым разрядом положительные и отрицательные ионы из источника ионов, при этом контроллер представляет собой цепь быстрого переключения высокого напряжения с компьютерным

45

управлением, которая во время анализа способна выдавать стабильные напряжения и быстро переключать полярность электродов в любое время после завершения спектра.

11. Способ по п. 10, дополнительно включающий в себя:

инжектирование ионов, образованных источником ионов, в устройство определения

подвижности ионов.

12. Способ по п. 11, в котором устройство определения подвижности ионов включает в себя по меньшей мере одно из: спектрометра подвижности ионов (IMS), дрейфовой ячейки или дифференциального спектрометра подвижности (DMS).

5 13. Способ по п. 10, дополнительно включающий в себя:
использование вакуумного блока сопряжения для инжектирования ионов, образованных источником ионов, в узел анализа.

14. Способ по п. 10, в котором контроллер включает в себя цепь переключения высокого напряжения.

10 15. Способ по п. 10, в котором источник ионов имеет электродную конфигурацию "острие к острию" или электродную конфигурацию "острие к плоскости".

16. Способ по п. 10, в котором контроллер управляет частотой переключения источника ионов в соответствии с анализом в режиме реального времени или не в режиме реального времени.

15 17. Способ по п. 10, в котором контроллер управляет частотой переключения источника ионов в соответствии с предполагаемым коэффициентом заполнения.

18. Способ по п. 10, в котором частотой переключения управляют для обеспечения импульсного или непрерывного потока ионов из источника ионов.

19. Невременный машиночитаемый носитель, хранящий программное обеспечение
20 для управления процессом ионизации, содержащее:

исполняемый код, который определяет режим работы для анализа ионов;

исполняемый код, который определяет частоту переключения изменений напряжения электродов источника ионов, включающего в себя искровой источник ионов; и

исполняемый код, который управляет изменениями напряжения электродов источника
25 ионов во время искровой ионизации в соответствии с определенной частотой переключения с использованием контроллера для того, чтобы выталкивать образованные искровым разрядом положительные и отрицательные ионы из источника ионов, при этом контроллер представляет собой цепь быстрого переключения высокого
30 напряжения с компьютерным управлением, которая во время анализа способна выдавать стабильные напряжения и быстро переключать полярность электродов в любое время после завершения спектра.

20. Невременный машиночитаемый носитель по п. 19, в котором программное обеспечение дополнительно содержит:

исполняемый код, который управляет инжекцией ионов, образованных источником
35 ионов, в устройство определения подвижности ионов.

21. Невременный машиночитаемый носитель по п. 20, в котором программное обеспечение дополнительно содержит:

исполняемый код, который управляет выборочной фильтрацией ионов после инжекции в устройство определения подвижности ионов.

40 22. Невременный машиночитаемый носитель по п. 19, дополнительно содержащий:
исполняемый код, который управляет инжекцией ионов, образованных источником ионов, в узел анализа через вакуумный блок сопряжения.

23. Невременный машиночитаемый носитель по п. 19, в котором частотой переключения управляют с помощью цепи переключения высокого напряжения.

45 24. Невременный машиночитаемый носитель по п. 19, в котором частотой переключения источника ионов управляют в соответствии с анализом в режиме реального времени или не в режиме реального времени.

25. Невременный машиночитаемый носитель по п. 19, в котором частотой

переключения источника ионов управляют в соответствии с предполагаемым коэффициентом заполнения.

26. Невременный машиночитаемый носитель по п. 19, в котором частотой переключения управляют для обеспечения импульсного или непрерывного потока ионов из источника ионов.

10

15

20

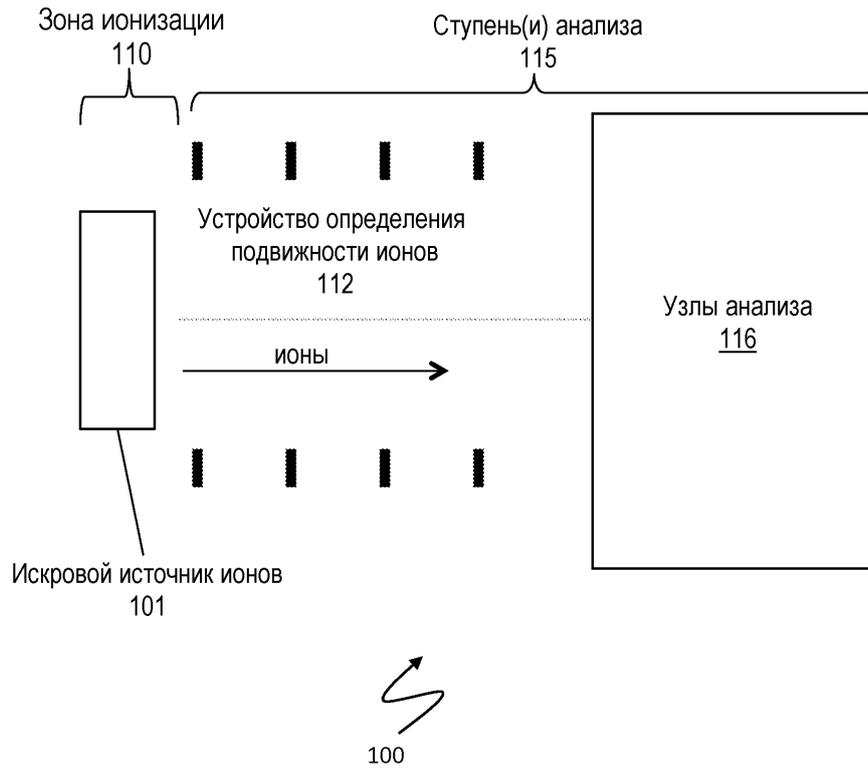
25

30

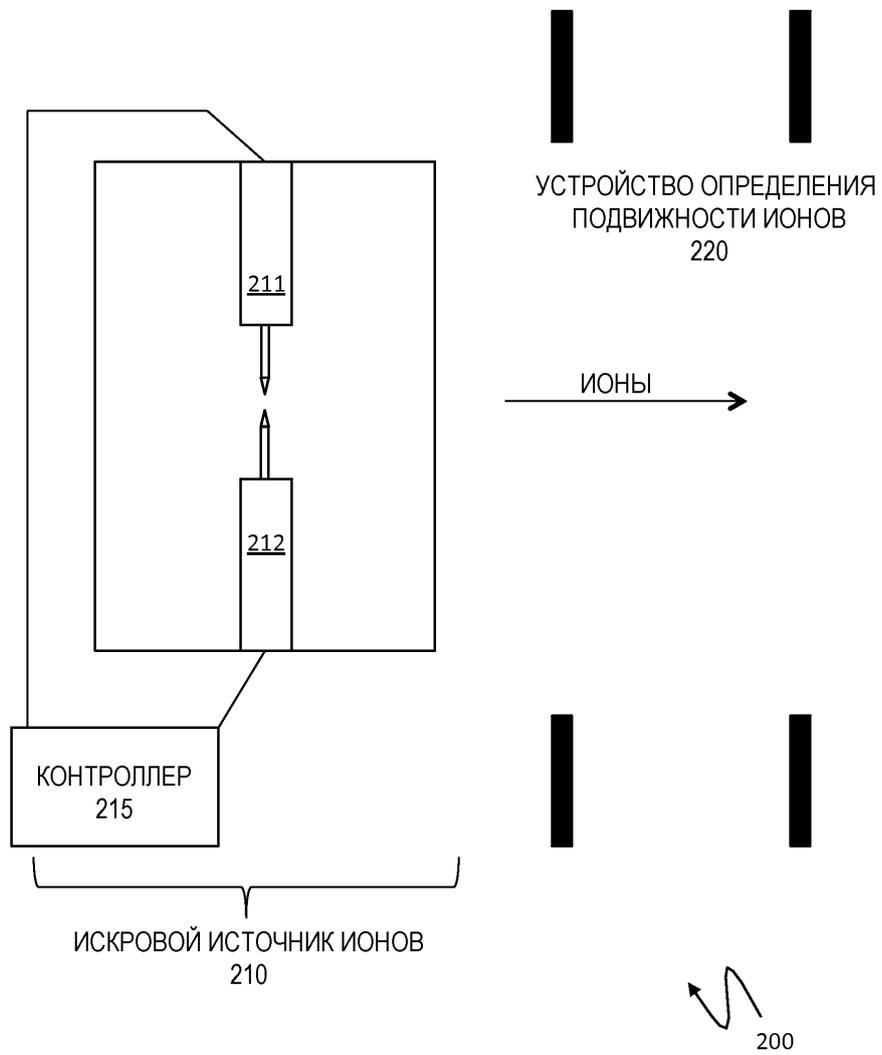
35

40

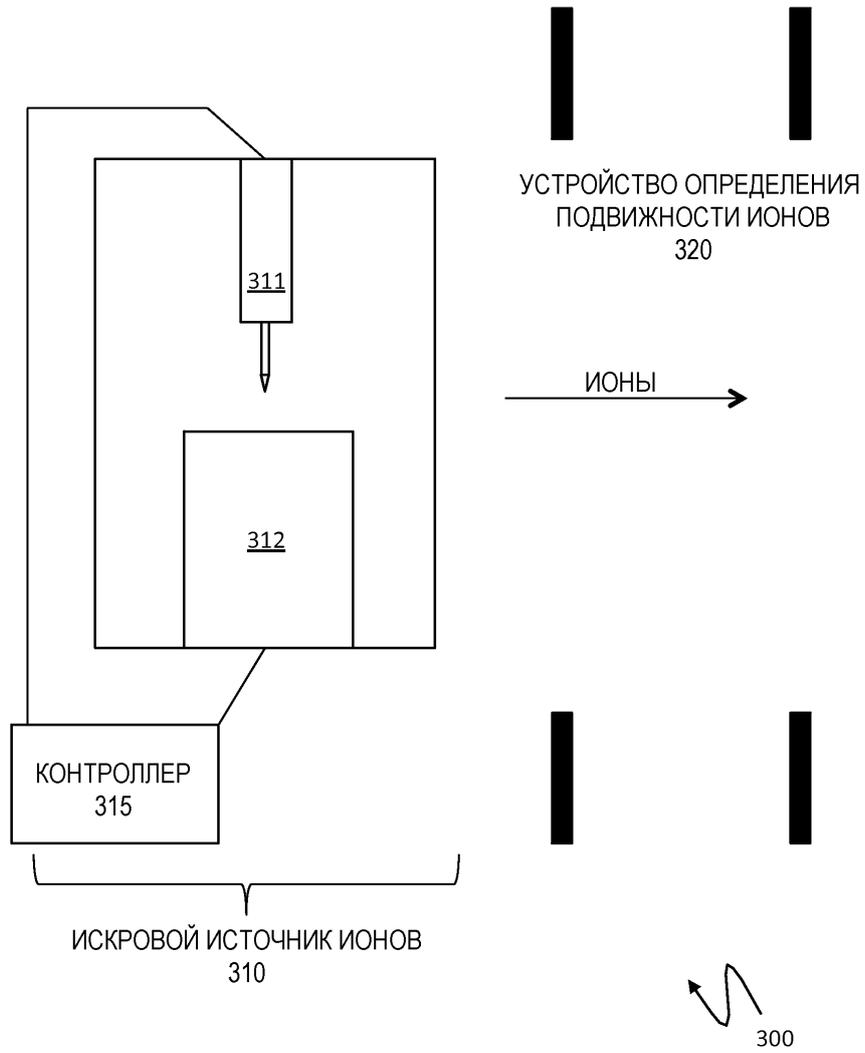
45



ФИГ.1

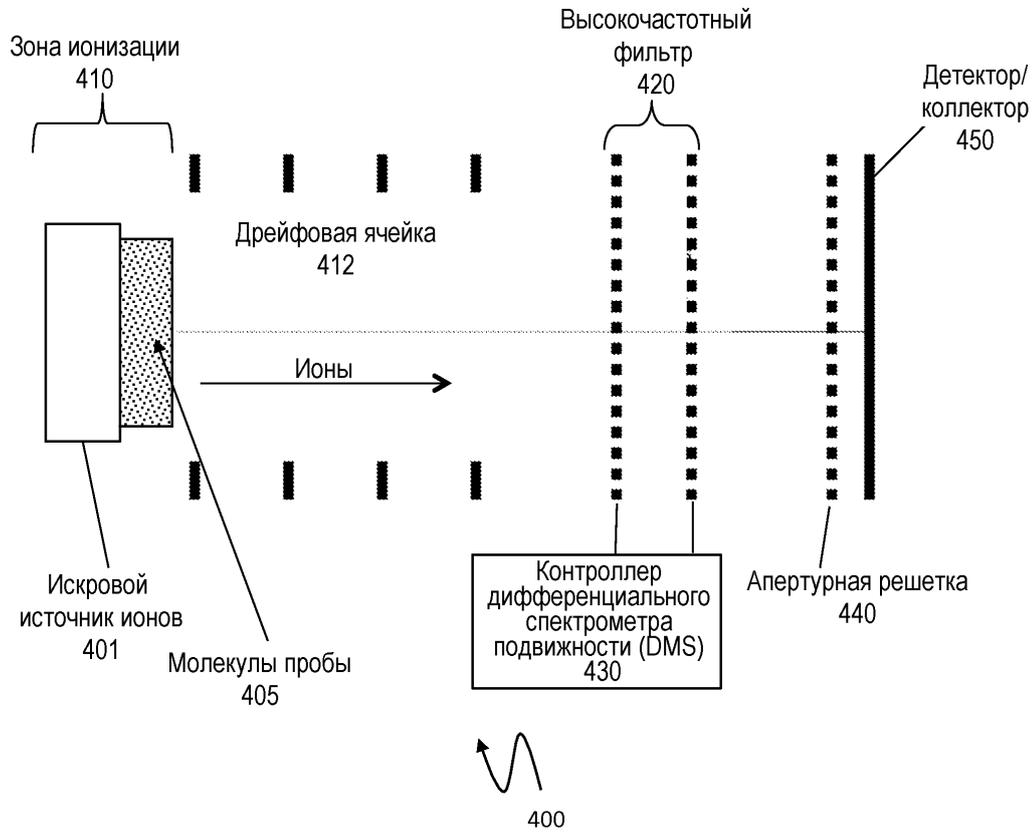


ФИГ.2



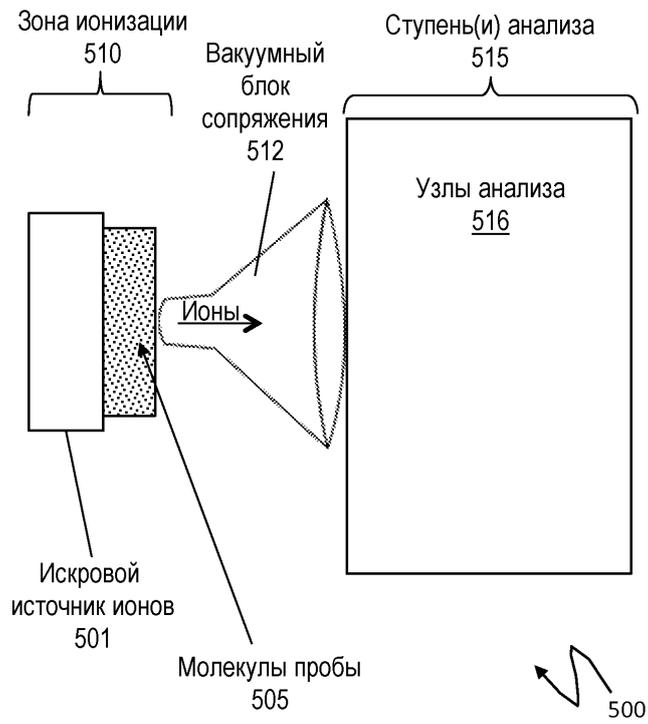
ФИГ.3

4/6



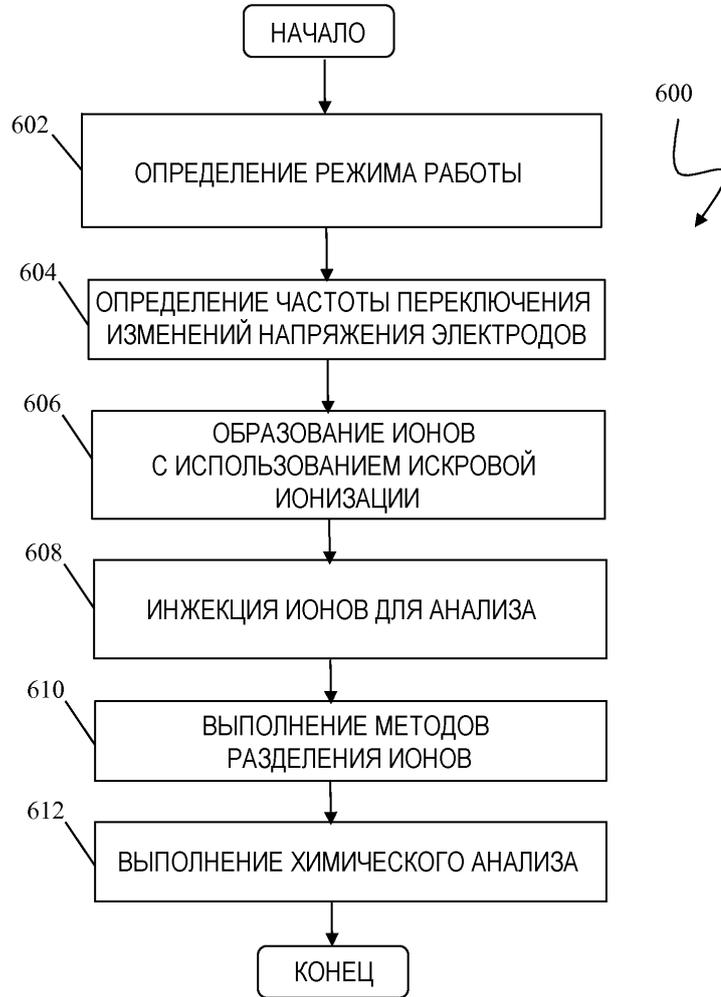
ФИГ.4

5/6



ФИГ.5

6/6



ФИГ.6