

(12) МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА, ОПУБЛИКОВАННАЯ В
СООТВЕТСТВИИ С ДОГОВОРОМ О ПАТЕНТНОЙ КООПЕРАЦИИ (PCT)

(19) Всемирная Организация
Интеллектуальной Собственности
Международное бюро

(43) Дата международной публикации
04 мая 2023 (04.05.2023)



(10) Номер международной публикации
WO 2023/075629 A1

- (51) Международная патентная классификация:
C01B 21/24 (2006.01) *H01J 37/00* (2006.01)
C01B 21/28 (2006.01)
- (21) Номер международной заявки: PCT/RU2021/000465
- (22) Дата международной подачи:
27 октября 2021 (27.10.2021)
- (25) Язык подачи: Русский
- (26) Язык публикации: Русский
- (71) Заявитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ "РОССИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР - ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ" (FEDERALNOYE

GOSUDARSTVENNOYE UNITARNOYE
PREDPRIYATIYE "ROSSIYSKIY FEDERALNIY
YADERNIY TSENTR - VSEROSIYSKIY
NAUCHNO-ISSLEDOVATELSKIY INSTITUT
EKSPERIMENTALNOY FIZIKI") [RU/RU]; пр. Ми-
ра, д. 37, г. Саров, Нижегородская обл., 607190,
Nizhegorodskaya obl., g. Sarov (RU).

- (72) Изобретатели: БУРАНОВ, Сергей Николаевич (BURANOV, Sergey Nikolaevich); ул. Гоголя, д. 16, кв. 23, г. Саров, Нижегородская обл., 607186, Nizhegorodskaya obl., g. Sarov (RU). КАРЕЛИН, Владимир Иванович (KARELIN, Vladimir Ivanovich); ул. Павлика Морозова, д. 14, кв. 7, г. Саров, Нижегородская обл., 607182, Nizhegorodskaya obl., g. Sarov (RU). СЕЛЕМИР, Виктор Дмитриевич (SELEMIR, Victor Dmitrievich); ул. Горького, д. 36, г. Саров, Нижего-

(54) Title: DEVICE FOR PRODUCING NITRIC OXIDE

(54) Название изобретения: УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОКИСИ АЗОТА

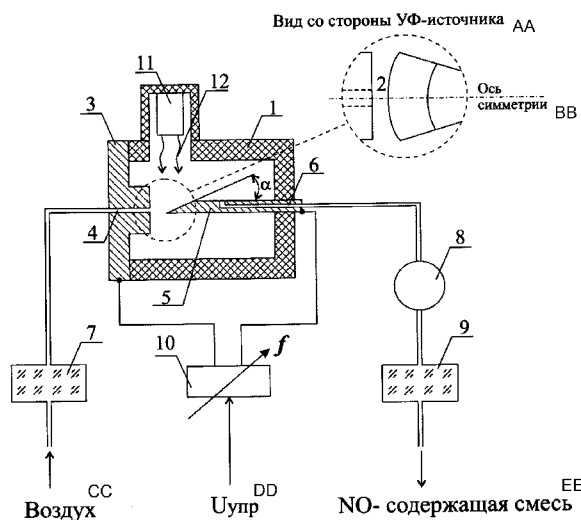


Fig.1

AA View from direction of UV source
BB Axis of symmetry
CC Air
DD Uvolt
EE NO-containing mixture

(57) Abstract: The invention relates to the production of nitric oxide from air using electrical discharge and can be used in medicine, biology and scientific research. For this purpose, high-voltage pulses are fed to electrodes, of which a first electrode (3) is configured in the form of a disc with an inlet channel (4). In addition, a second electrode (5) is configured in the form of a sector of a disc having a sharp, angled edge and an outlet channel (6), and the device is equipped with a source of ultraviolet light (11) for illuminating the sharp edge of the second electrode, wherein the spectral range of the ultraviolet light is selected in order that a photoelectric emission of $\lambda \leq 1240/A$ is produced, where A is the work function of the material of the electrodes (eV) and λ is the wavelength of the ultraviolet light (nm), and the size of the angle is selected in order that the first electrode is illuminated with UV light reflected from the angled edge of the second electrode, wherein the outlet of a gas filter (7) is connected to the inlet channel, and the outlet channel is connected to the inlet of a pump (8), the outlet of which is connected to the inlet of a purification unit (9). The technical result is an increase in the reliability of the device.

(57) Реферат: Изобретение относится к получению окиси азота из воздуха с помощью электрического разряда и может быть использовано в медицине, биологии, научных исследованиях. Для этого импульсы высокого напряжения подают на электроды, первый из которых (3) выполнен в виде диска с впускным каналом (4). Кроме этого второй электрод (5) выполнен в виде сектора диска со скошенной под углом острой кромкой и выпускным каналом (6), устройство снабжено



WO 2023/075629 A1

родская обл., 607183, Nizhegorodskaya obl., g. Sarov (RU). **ШИРШИН, Александр Сергеевич (SHIRSHIN, Alexander Sergeevich)**; ул. Жасминовая, д. 7, г. Саров, Нижегородская обл., 607181, Nizhegorodskaya obl., g. Sarov (RU).

- (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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:

— с отчётом о международном поиске (статья 21.3)

источником ультрафиолетового излучения (11) для подсветки острой кромки второго электрода, при этом спектральный диапазон ультрафиолетового излучения выбран из условия получения фотоэлектронной эмиссии $\lambda \leq 1240/A$, где A - работа выхода из материала электродов, эВ, λ - длина волны ультрафиолетового излучения, нм, а величина угла выбрана из условия подсветки первого электрода УФ-излучением, отраженным от скошенной кромки второго электрода, при этом выход газового фильтра (7) соединен с впускным каналом, выпускной канал соединен с входом насоса (8), выход которого соединен с входом блока очистки (9). Технический результат: повышение надежности устройства.

5 УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОКИСИ АЗОТА

Область техники, к которой относится изобретение

Изобретение относится к плазмохимии, в частности к получению окиси азота (NO) из атмосферного воздуха с помощью электрического разряда и может быть использовано в медицине (ингаляционная NO – терапия, кардиохирургия, а также терапия раневой, воспалительной, сосудистой и др. патологий), в научных исследованиях (экспериментальное моделирование физических процессов в верхних слоях атмосферы Земли), в биологии (воздействие NO на биологические объекты).

Предшествующий уровень техники

Процесс окисления азота в плазме электрического разряда, в частности дугового и искрового разряда, находит широкое применение в науке, медицине [Plasma Chem Process (2016) 36:737-766, IEEE Transactions of Plasma Science, Vol.28, No.1, February 2000] и промышленности. Преимуществами электроразрядных установок по сравнению с другими (например, химических, фотолитических) являются легко доступные запасы сырья (атмосферный азот и кислород), надежность оборудования и возможность размещения электроразрядной установки в непосредственной близости от места применения NO – содержащей смеси.

Немаловажное свойство установок на основе импульсного разряда – возможность широкодиапазонного точного регулирования содержания окиси азота в выходном потоке, что является особо необходимым фактором в медицинских применениях, требующих

возможность осуществления строго дозозависимой индивидуальной терапии [Nitric Oxide, 60 (2016) 16-23 и Nitric Oxide, 75 (2018) 70-76].

Известно устройство для формирования NO-содержащего газового потока авторов А.В. Пекшева, А.Б. Вагапова, С.В. Грачева и др. по описанию изобретения к патенту России [RU 2183474, А 61 М 11/00, опубл. 20.06.2002 г.]

Известное устройство включает разрядную камеру, два электрически изолированных друг от друга высоковольтных электрода, размещенных внутри разрядной камеры таким образом, что между упомянутыми электродами имеется межэлектродное пространство, впускной и выпускной каналы, воздушный насос.

В известном устройстве атмосферный воздух через впускной канал подается насосом в разрядную камеру. Одновременно с подачей воздуха на упомянутые электроды подают постоянное напряжение порядка 400 В и с помощью инициатора формируют стационарный дуговой разряд, обеспечивая устойчивую генерацию в межэлектродном пространстве воздушной плазмы с температурой порядка 3700°C, оптимальной для осуществления в ней синтеза окиси азота в соответствии с плазмохимической реакцией $N_2+O_2\leftrightarrow 2NO$.

Из межэлектродного пространства NO-содержащий воздушно-плазменный поток с температурой порядка 3200°C поступает в выпускной канал, включающий камеру закалки, промежуточный и окончательный тракты охлаждения. В камере закалки происходит быстрое остывание (10^7-10^8 град/сек) газа до температуры порядка 1000°C, что обеспечивает фиксацию (закалку) окиси азота. Далее из камеры закалки газовый поток проходит через тракты промежуточного и окончательного охлаждения, в которых температура падает до 150°C и 30°C, соответственно. С выхода выпускного канала охлажденный NO-содержащий газ поступает к потребителю.

Недостатком известного устройства является высокая рабочая температура газа. Это связано с тем, что в условиях дугового разряда параметры воздушной плазмы очень близки к равновесным ($T_{эл}/T_{газ} \approx 1$), где $T_{эл}$ – средняя температура электронов, $T_{газ}$ – средняя температура газа. Для подавления других продуктов электросинтеза (закиси и двуокиси азота, озона) и обеспечения эффективной наработки NO основная доля энергии должна расходоваться на разогрев плазмы в целом до температуры 3400–3700°C. При этом высокие тепловые нагрузки на элементы конструкции разрядной камеры и выпускного канала снижают надежность устройства.

Кроме того, отвод тепла от упомянутых электродов и элементов выпускного канала осуществляется с помощью объединенной системы охлаждения, включающей множество встроенных каналов с высокотемпературными уплотнениями, что также снижает надежность.

Известно «Устройство для плазмохимического получения окиси азота» авторов R. Castor, T. Hammer по описанию к патенту США [US 6955790 B2, В 01 J 19/08, опубл. 18.10.2005 г.] В известном устройстве синтез окиси азота осуществляется в плазме барьерного разряда (БР).

Известное устройство включает разрядную камеру, два электрически изолированных друг от друга коаксиальных высоковольтных электрода, размещенных внутри разрядной камеры таким образом, что между упомянутыми электродами имеется межэлектродное пространство, впускной канал и по меньшей мере один выпускной канал, газовый фильтр, воздушный насос, блок очистки.

В известном устройстве исходный газ, очищенный от механических примесей в газовом фильтре посредством насоса подается через теплообменник, термостатированный нагреватель и впускной канал в межэлектродное пространство разрядной камеры. При этом на

упомянутые электроды подают высоковольтное переменное или импульсное знакопеременное напряжение с частотой выше 1 кГц и амплитудой, достаточной для электрического пробоя газового межэлектродного пространства. Наличие слоя диэлектрика (барьера) на
5 внешнем электроде со стороны межэлектродного пространства обеспечивает пробой упомянутого пространства в виде последовательности групп короткоживущих (не более 100 наносекунд) микрозарядов, называемой барьерным разрядом [см. Самойлович В.Г., Гибалов В.И., Козлов К.В. Физическая химия барьерного разряда. М.: Изд-во МГУ. 1989. 176 с.]. В БР средняя энергия электронов составляет
10 порядка 3,5 эВ ($T_{эл}/T_{газ} > 1$) происходит эффективное образование O-атомов в результате диссоциации O₂ электронным ударом. Сам же газ остается относительно холодным (порядка 100°C) и основным продуктом электросинтеза является озон (O₃). Чтобы подавить процесс
15 образования O₃ и сместить баланс реакций в сторону активной наработки NO, подаваемый в разрядную камеру газ предварительно нагревают до 800°C. Из межэлектродного пространства NO-содержащий газовый поток со значительным количеством примеси NO₂ (двуокись азота) поступает через выпускные каналы в блок очистки. Далее
20 очищенный от NO₂ газовый поток проходит через теплообменник и холодильник для промежуточного и окончательного охлаждения. Охлажденная до комнатной температуры NO-содержащая газовая смесь попадает в газоанализатор и направляется потребителю.

Недостатком известного устройства является то, что один из
25 высоковольтных электродов выполнен с диэлектрическим покрытием. Пробой газового промежутка при наличии диэлектрического барьера происходит в виде совокупности микрозарядов с характерным диаметром ~0,3 мм и плотностью тока в канале ~100 А/см². При этом вдоль поверхности диэлектрика наблюдается резко неоднородное

распределение токов. Эта неоднородность вызывает локальный перегрев, сильный градиент температур и механические напряжения, что ведет к снижению прочности диэлектрического барьера и, как следствие, уменьшает надежность.

5 Другой недостаток известного устройства связан с тем, что при низких температурах большую роль играет реакция окисления $\text{NO} + \text{O}_3 \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2$, вследствие чего, из-за значительного количества озона, концентрация NO в БР не может достигать заметной величины. И только при температуре газа порядка 800°C концентрация O_3 падает
10 настолько, что создаются благоприятные условия для реакции $\text{N} + \text{O}_2 \rightarrow \text{NO} + \text{O}$, обеспечивающую требуемую концентрацию NO. В результате известное устройство дополнительно содержит нагреватель исходной смеси, теплообменник и холодильник, уменьшающий температуру NO-содержащего газа до комнатной, что является
15 недостатком, так как они усложняют конструкцию и снижают надежность устройства.

С технологической точки зрения для получения окиси азота привлекательны искровые разряды при давлении газа порядка атмосферного. По сравнению с БР в искровых разрядах, из-за более
20 низкой средней энергии электронов (1–2 эВ), вполне эффективен механизм синтеза NO через колебательно-возбужденные состояния молекул азота N_2^* , протекающий при низких температурах исходного газа ($100\text{--}200^\circ\text{C}$). В частности, в разряде, возбуждаемым высоковольтными импульсами длительностью $T_{\text{имп}} = 1 - 10$ мкс, можно
25 добиться, чтобы средняя энергия электронов находилась в максимуме сечения колебательного возбуждения молекул азота N_2 , а удельный энергозатрат превышал пороговое значение $W = 1 \text{ Вт/см}^3$. В этих условиях преобладают элементарные реакции с участием атомов кислорода и колебательно-возбужденных молекул азота $\text{O} + \text{N}_2^* \rightarrow \text{NO} + \text{N}$,

поскольку основная энергия быстро заселяемых колебательных уровней N_2 направляется на реакцию синтеза окиси азота, а не на разогрев газа. В результате увеличивается максимально достижимая концентрация NO [см. под ред. Смирнова Б.М. Химия плазмы: Сб. статей. Вып. 5. М.: Атомиздат. 1978. С. 328].

Известен генератор окиси азота из воздуха автора W.M. Zarol по описанию к патенту США [US 5396882, А 61 М 11/00, опубл. 14.03.1995 г.]. Известное устройство содержит разрядную камеру, включающую два стержневых высоковольтных электрода, размещенных 10 противоположно с образованием межэлектродного пространства, впускной и выпускной канал, газовый фильтр, воздушный насос, блок очистки, причем вход упомянутого насоса соединен с газовым фильтром, выход упомянутого насоса соединен с впускным каналом разрядной камеры, а вход упомянутого блока очистки соединен с 15 выпускным каналом разрядной камеры.

В известном устройстве очищенный в фильтре исходный газ (воздух) подается насосом через впускной канал в разрядную камеру, включающую межэлектродное пространство. Под действием переменного напряжения промышленной частоты (50–60 Гц) между 20 высоковольтными электродами образуется искровой разряд, в плазме которого синтезируются окись азота и некоторое количество других газов (озон, двуокись азота и др.). Для удаления нежелательных примесей газовая смесь выводится через выпускной канал в блок очистки. Очищенная NO-содержащая газовая смесь подается к 25 потребителю.

В известном устройстве разряд возникает периодически (дважды за период промышленной частоты), причем его появление связано с достижением на упомянутых электродах напряжения пробоя

межэлектродного пространства, а погасание соответствует моменту, когда напряжение становится меньше напряжения горения разряда.

Из-за низкой частоты (50–60 Гц) питающей электросети пороговый удельный энерговклад ($W/v > 1$ Дж/см³, где W – энерговклад в импульсе, v – объемная скорость газового потока) в известном устройстве можно обеспечить, если каждый отдельный цуг обладает большим количеством энергии. Это является недостатком, так как приводит к чрезмерному тепловыделению вблизи поверхности электродов и сильной эрозии, что снижает надежность.

Другим недостатком, снижающим надежность, является исполнение электродной системы в виде осесимметричной стержневой конструкции с поперечной продувкой, поскольку в этом случае имеет место привязка искровых каналов к острым кромкам электродов, локальный перегрев и эрозия.

Следующий недостаток известного устройства – высокая нестабильность питания разряда. Это происходит вследствие того, что на межэлектродное пространство подается медленно нарастающее напряжение, и момент электрического пробоя имеет большой временной разброс. Так, что значительно меняющееся от импульса к импульсу величина напряжения пробоя межэлектродного пространства влечет колебания электрических параметров цуга (средний ток, энергия и т. д.). В частности, при слишком низких значениях напряжения пробоя величина удельного энерговлада может быть ниже пороговой величины 1 Дж/см³, что кратковременно нарушает указанный выше механизм синтеза окиси азота. При этом неизрасходованные атомы кислорода участвуют, в основном, в конкурирующей реакции синтеза озона. Деструкция этого нежелательного газа требует дополнительного оборудования, что снижает надежность.

Известен генератор окиси азота из воздуха автора Шу Сяо по описанию к патенту Китая [CN 201010523 (Y), C 01 B 21/24, опубл. 23.01.2008 г.] Известное устройство содержит разрядную камеру, включающую по меньшей мере два высоковольтных электрода, размещенных противоположно с образованием межэлектродного пространства, впускной и выпускной канал, газовый фильтр, воздушный насос и дополнительно генератор импульсов напряжения, подключенный к высоковольтным электродам.

В известном устройстве очищенный в фильтре воздух подается насосом через впускной канал в разрядную камеру, включающую межэлектродное пространство. Под действием высокочастотного переменного напряжения генератора резонансного типа между высоковольтными электродами образуется непрерывный электрический разряд, в плазме которого синтезируются окись азота. Выходящая из выпускного канала NO-содержащая газовая смесь подается в медицинскую, технологическую или биологическую систему.

В известном устройстве проблему эрозии высоковольтных электродов пытались решить за счет возможности регулирования частоты и величины протекающих через разряд переменного тока, обеспечивающих, с одной стороны, необходимое количество молекул окиси азота и, с другой стороны, приемлемый уровень эрозии.

Недостаток такого подхода заключается в том, что существует узкий диапазон указанных выше параметров, которые позволяют формировать разряд с необходимым энергозатратом и непрерывно его поддерживать. Причем в случае низких расходов газа малые концентрации NO в известном устройстве получали за счет отвода из газового тракта большей части произведенного оксида азота с помощью дополнительного устройства, связанного с безопасным удалением NO-содержащего потока и его утилизации, что снижает надежность.

Известен генератор окиси азота из воздуха автора F.J. Montgomery и др. по описанию к патенту США [US 9573110 B2, C 01 B 21/24, опубл. 21.02.2017 г.] Известное устройство содержит разрядную камеру, включающую по меньшей мере два стержневых высоковольтных электрода, размещенных противоположно с образованием межэлектродного пространства, впускной и выпускной канал, газовый фильтр, воздушный насос и генератор импульсов напряжения, подключенный к высоковольтным электродам.

В известном устройстве генератор импульсов напряжения работает в широтно-импульсном режиме (PWM) с кратковременным повышением напряжения на высоковольтных электродах в начале каждого импульса. Пиковые значение напряжения и тока достаточны для электрического пробоя воздушного межэлектродного пространства и возбуждения искрового разряда, в плазме которого стартуют физико-химические реакции образования окиси азота. Необходимое количество окиси азота устанавливается за счет возможности регулирования продолжительности импульса при сравнительно низких значениях напряжения и тока, что снижает износ высоковольтных электродов. Для обеспечения указанного алгоритма получения окиси азота, в известном устройстве используются две схемы питания, включаемые последовательно электронными ключами. При этом, из-за переходных процессов в высоковольтной цепи суммирования ключи подвержены разрушительному воздействию кратковременных перенапряжений. Этот фактор является недостатком, снижающим надежность.

В известном устройстве в зависимости от требуемой величины концентрации окиси азота длительность электрического разряда изменяют в широких пределах 0,1 – 10 мс. Однако, в условиях большой длительности разряда, даже при малых разрядных токах (менее 0,1 А), значительно поднимается температура газа в области соприкосновения

плазмы с поверхности электродов, что снижает надежность вследствие их тепловой эрозии.

Наиболее близким по техническому решению к заявляемому изобретению является устройство для получения окиси азота из воздуха авторов С.Н. Буранов, В.И. Карелин, В.Д. Селемир, А.С. Ширшин по описанию к патенту России [RU 2553290 С1, С 01 В 21/24, С 01 В 21/32 опубл. 10.06.2015 г.], в котором раскрыт альтернативный подход к предотвращению износа высоковольтных электродов из-за высокоэнергетических дуговых (искровых) разрядов.

Известное устройство для получения окиси азота, включает цилиндрическую разрядную камеру, газовый фильтр, насос, блок очистки, высоковольтный генератор импульсов напряжения с регулируемой частотой следования импульсов, камера содержит два электрически изолированных друг от друга высоковольтных электрода с межэлектродным пространством между ними, впускной и выпускной каналы, первый высоковольтный электрод выполнен в виде диска с центральным отверстием для впускного канала, установлен поперечно оси разрядной камеры, второй высоковольтный электрод установлен вдоль оси разрядной камеры, а высоковольтный генератор импульсов подключен к высоковольтным электродам.

Авторами для электросинтеза окиси азота использовались периодические импульсы микросекундной длительности с регулируемой частотой следования f , которые возбуждали искровой разряд в воздушном потоке между дисковым электродом и полукольцевым проволочным электродом, при этом воздух вводился в разрядную камеру вдоль ее центральной оси через отверстие в дисковом электроде.

Основанием такого выбора явилось то, что в вышеуказанных условиях возможны устойчивые комбинации параметров импульсно-

периодического разряда (напряжение, ток, диаметр канала разряда) и скорости газового потока через центральное отверстие в электроде, обеспечивающие в широком диапазоне f условие $W/v > 1$ Дж/см³, определяющее эффективное образования NO в реакции $O + N_2^* \rightarrow NO + N$ с участием колебательно-возбужденных молекул азота N_2^* . При этом, скорость реакции синтеза озона, конкурирующей с ней была значительно меньше, так что наличие O_3 в выходном потоке фактически не наблюдалось, что повысило надежность (озон как сильный окислитель во многих применениях – нежелательная примесь). Кроме того, с одной стороны, удалось не допустить сжатия (контракции) канала разряда и, с другой стороны, обеспечили активное перемещение его ярко светящейся части по поверхности электродов, что уменьшило тепловую эрозию последних и повысило надежность.

В известном устройстве, из-за малой длительности импульсов питания, было очень важно обеспечить стабильное время запаздывания пробоя t_d в пределах времени нарастания импульса напряжения на электродах (~ 3 мкс). В свою очередь, t_d состоит из суммы статистического времени t_c , необходимого для образования в должной области промежутка хотя бы одного начального (стартового) электрона и времени t_f , в течение которого этот электрон способен осуществить пробой. Поскольку при атмосферном давлении ($p \sim 760$ торр) и межэлектродном промежутке ($d \sim 0,3$ см) первое слагаемое существенно больше второго, то основное внимание уделялось уменьшению времени t_c . Эта проблема решалась использованием промежутка с резко неоднородной геометрией электрического поля вблизи проволочного электрода с малым радиусом кривизны ($\sim 0,25$ мм). Здесь, из-за высокой напряженности поля опережающим образом протекают ионизационные процессы, увеличивающие начальный эмиссионный ток электронов, выходящих из диэлектрических пленок, которые изначально

присутствуют на поверхности проволочки, что уменьшило статистическое время запаздывания t_c до приемлемого значения.

Однако, под действием плазмы разряда часть пленок может испаряться, что влечет за собой увеличение интервала времени t_d . В случае превышения последним длительности импульсов питания неминуемо произойдет сбой в формировании запланированного разряда и, соответственно, процесса электросинтеза окиси азота. Это обстоятельство является недостатком, снижающим надежность устройства.

Недостатком является также конструкция одного из электродов, выполненного из нержавеющей проволоки диаметром 0,5 мм. Данный электрод не может эффективно охлаждаться посредством теплопередачи в области крепления в силу его малого сечения. Поэтому при повышении мощности разряда возникает перегрев его центральной области, что снижает надежность.

Следующий недостаток является следствием установки воздушного насоса перед входом разрядной камеры. Случайное передавливание (уменьшение поперечного сечения) газового тракта вызывает увеличение давления в разрядной камере, переход горения разряда в режим сжатого (контрагированного) канала при практически неизменной величине тока, что повышает термическую эрозию электродов и снижает надежность.

Раскрытие изобретения

При создании заявляемого изобретения решалась задача создания устройства для получения под действием импульсно-периодического разряда в потоке газа контролируемого точного количества окиси азота (концентрация NO).

Техническим результатом при решении данной задачи явилось повышение надежности устройства.

Указанный технический результат достигается тем, что по сравнению с известным устройством для получения окиси азота, включающим цилиндрическую разрядную камеру, газовый фильтр, насос, блок очистки, высоковольтный генератор импульсов напряжения с регулируемой частотой следования импульсов, камера содержит два электрически изолированных друг от друга высоковольтных электрода с межэлектродным пространством между ними, впускной и выпускной каналы, первый высоковольтный электрод выполнен в виде диска с центральным отверстием для впускного канала, установлен поперечно оси разрядной камеры, второй высоковольтный электрод установлен вдоль оси разрядной камеры, а высоковольтный генератор импульсов подключен к высоковольтным электродам, новым является то, что второй высоковольтный электрод выполнен в виде сектора диска со скошенной под углом α острой кромкой и с боковым отверстием для выпускного канала, устройство снабжено источником ультрафиолетового излучения для подсветки острой кромки второго электрода, при этом спектральный диапазон ультрафиолетового излучения выбран из условия получения фотоэлектронной эмиссии $\lambda \leq 1240/A$, где A – работа выхода из материала электродов, эВ, λ – длина волны ультрафиолетового излучения, нм, а величина угла α выбрана из условия подсветки первого электрода УФ-излучением, отраженным от скошенной кромки второго электрода, причем выход газового фильтра соединен с впускным каналом, выпускной канал соединен с входом насоса, выход которого соединен с входом блока очистки.

Также источник ультрафиолетового излучения выполнен на основе ультрафиолетового светодиода.

Также источник ультрафиолетового излучения выполнен на основе газоразрядной кварцевой лампы.

Также источник ультрафиолетового излучения позволяет формировать коллимированный пучок.

Также источник ультрафиолетового излучения позволяет формировать сходящийся пучок, фокус которого находится на
5 пересечении оси разрядной камеры с краем острой кромки.

В заявляемом устройстве используется источник ультрафиолетового излучения для прямой подсветки второго электрода и подсветки первого электрода светом, отраженным от скошенной под соответствующим углом поверхности второго электрода. При этом
10 фотоны обладают энергией выше работы выхода (A) из материала электродов (условие $\lambda \leq 1240/A$), что вызывает однофотонный фотоэффект. По сравнению с эмиссионным механизмом поставки электронов из пленок в приэлектродные области, фотоэффект производит электроны более стабильно и в большем количестве.
15 Фотоэлектроны накапливаются около электродов заблаговременно с малым временем t_c , еще в начале фронта высоковольтного импульса. Здесь к моменту максимальной скорости нарастания напряжения значительный фотоэлектронный ток, усиленный электронными лавинами, образует перекрывающий промежуток плазменный канал с
20 высокой проводимостью. Время формирования высоко проводящего канала (пробоя) t_f при атмосферном давлении составляет не более 0,1 мксек [Месяц Г.А., Успехи физических наук, октябрь 2006, Том 176, №10, стр. 1069 – 1091]. Поэтому время запаздывания пробоя t_d не превышает длительность фронта в любом из высоковольтных
25 импульсов в серии, начиная с первого, что влечет за собой стабилизацию величины среднего тока, вложенную за время импульса энергию (P) и удельный энерговклад $W/v=P \cdot f/v$. В результате под действием серии импульсов напряжения в широком диапазоне f обеспечивается условие $W/v > 1 \text{ Дж/см}^3$, определяющее эффективное

образования NO в реакции $O+N_2^* \rightarrow NO+N$ с участием колебательно-возбужденных молекул азота N_2^* , что повышает надежность.

В микросекундных разрядах атмосферного давления ($p \sim 760$ торр) при коротких промежутках ($d \sim 0,3$ см) реализуется известный таунсендовский механизм формирования достаточно широкого плазменного канала с умеренным энерговыделением в области примыкания последнего к поверхности электродов. Воздушный насос установлен после выхода разрядной камеры в результате чего обеспечивает прохождение газовой смеси через межэлектродный промежуток при давлении не выше атмосферного, причем в широком диапазоне изменений сопротивления газового тракта на выходе устройства. При указанном давлении, в импульсно-периодическом разряде микросекундной длительности не успевают развиться неустойчивости, приводящие к существенному сужению (контракции) плазменного канала, увеличению удельного энерговыделения и тепловой эрозии электродов, что повышает надежность.

Конструкция второго электрода, выполненного в виде сектора диска с встроенным выпускным каналом, позволяет его интенсивно охлаждать посредством теплопередачи в области крепления в силу его большего сечения и потоком газа, пропускаемым через выпускной канал. Поэтому при повышении мощности разряда имеет место эффективный отвод тепла от его центральной области, что увеличивает надежность.

УФ-излучение вводится со стороны боковой стенки разрядной камеры и обеспечивает размещение источника света на достаточном большом расстоянии от высоковольтных электродов, что защищает источник от электрического пробоя и повышает надежность.

Кроме того, источник ультрафиолетового излучения может быть выполнен на основе импульсной газоразрядной лампы, дающей

вспышки излучения очень высокой яркости при миллисекундных длительностях. Это увеличивает величину эмиссионного тока фотоэлектронов в области около электродов и обеспечивает пробой межэлектродного промежутка на фронте импульсов напряжения
5 микросекундных длительностей, что повышает надежность.

Кроме того, источник ультрафиолетового излучения может быть выполнен на основе ультрафиолетового светодиода, имеющим низкое значение напряжения питания (≤ 8 В), большой срок службы (~ 20 тыс. часов), практически мгновенную готовность к работе, что повышает
10 надежность.

Кроме того, источник ультрафиолетового излучения может быть выполнен с формированием коллимированного пучка, диаметр которого согласован с размерами межэлектродного промежутка. Теперь длина промежутка не является критическим параметром, определяющим
15 эффективность пробоя, что повышает надежность.

Кроме того, источник ультрафиолетового излучения может быть выполнен с фокусированием пучка в область пересечения оси разрядной камеры с краем острой кромки второго электрода. Увеличение электрического заряда фотоэлектронов в области с максимальной
20 напряженностью электрического поля уменьшает временной разброс задержки времени пробоя, что повышает надежность.

Краткое описание чертежей

На фиг.1 представлена структурная схема заявляемого устройства для получения окиси азота, где:

25 1 – разрядная камера, 2 – межэлектродное пространство, 3 – первый высоковольтный электрод, 4 – впускной канал, 5 – второй высоковольтный электрод, 6 – выпускной канал, 7 – газовый фильтр, 8 – воздушный насос, 9 – блок очистки, 10 – высоковольтный генератор

импульсов напряжения, 11 – источник ультрафиолетового (УФ) излучения, 12 – пучок.

На фиг.2 представлена структурная схема заявляемого устройства для получения окиси азота в примере наилучшего осуществления, где:

5 1 – разрядная камера, 2 – межэлектродное пространство, 3 – первый высоковольтный электрод, 4 – впускной канал, 5 – второй высоковольтный электрод, 6 – выпускной канал, 7 – газовый фильтр, 8 – насос, 9 – блок очистки, 10 – высоковольтный генератор импульсов напряжения, 11 – источник ультрафиолетового (УФ)
10 излучения (ультрафиолетовый диод), 12 – пучок, 13 – дыхательный (терапевтический) контур, 14 – блок мониторинга NO и NO₂, 15 – нейтрализатор.

Заявляемое устройство содержит последовательно соединенные газовый фильтр 7, разрядную камеру 1, насос 8, блок очистки 9,
15 высоковольтный генератор 10 импульсов напряжения с регулируемой частотой следования f . При этом разрядная камера 1 содержит два электрически изолированных друг от друга высоковольтных электрода 3, 5 с межэлектродным пространством 2 между ними, впускной 4 и выпускной 6 каналы, первый высоковольтный электрод 3
20 выполнен в виде диска с центральным отверстием для впускного 4 канала, установлен перпендикулярно оси разрядной камеры, второй высоковольтный электрод 5 установлен вдоль оси разрядной камеры, а высоковольтный генератор импульсов 10 подключен к высоковольтным электродам 3,5.

25 Кроме того, в заявляемом устройстве второй высоковольтный электрод 5 выполнен в виде сектора диска толщиной 3-5 мм с боковым отверстием для выпускного канала 6 и со скошенной под углом $\alpha \sim 45^\circ \pm 5^\circ$ острой кромкой, в направлении которой направлен пучок 12 ультрафиолетового излучения источника 11, установленным поперечно

оси разрядной камеры. Причем спектральный диапазон ультрафиолетового излучения выбирается из условия получения фотоэлектронной эмиссии $\lambda \leq 1240/A$, где A – работа выхода из материала электродов, эВ, λ – длина волны ультрафиолетового излучения, нм. Величина угла α выбрана из условия подсветки первого электрода УФ-излучением, отраженным от скошенной кромки второго электрода. При этом выход газового фильтра 7 соединен с впускным каналом 4, выпускной канал 6 соединен с входом насоса 8, выход которого соединен с входом блока очистки 9.

10 Дополнительно в заявляемом устройстве источник ультрафиолетового излучения 11 может быть выполнен на основе ультрафиолетового светодиода или газоразрядной кварцевой лампы. Причем источник ультрафиолетового излучения 11 может формировать коллимированный (параллельный) пучок или сходящийся пучок, фокус
15 которого находится на пересечении оси разрядной камеры с краем острой кромки.

Разрядная камера 1, выполненная из полиамида с внутренним диаметром 18 мм включает два электрически изолированных друг от друга высоковольтных электрода 3, 5, изготовленных из нержавеющей
20 стали 12Х18Н10Т. Первый из упомянутых электродов 3 выполнен в виде диска. Второй из упомянутых электродов 5 выполнен в виде сектора, вырезанного из диска толщиной 3 мм (угол при вершине – 30°).

В центре дискового электрода 3 имеется отверстие диаметром 1,5 мм для впускного канала 4. Ближе к основанию секторного
25 электрода 5 имеется боковое отверстие диаметром 1,5 мм для выпускного канала 6. Длина межэлектродного пространства 2 между электродами 3 и 5 составляет 3 мм. Кромка секторного электрода 5 скошена под углом $\alpha = 45^\circ$ и является острой с радиусом не более 0,1 мм. Напротив скошенной кромки в корпусе разрядной камеры 1

выполнено отверстие для ввода пучка 12 ультрафиолетового излучения источника 11. Угол ввода между оптической осью пучка 12 и осью симметрии разрядной камеры составляет 90° . Длина волны излучения источника удовлетворяет условию прямой (однофотонной) фотоэлектронной эмиссии из нержавеющей стали $\lambda \leq 288$ нм ($A = 4,31$ эВ, см. Фоменко В.С. Эмиссионные свойства материалов: Справочник. Издание 3. Киев.: Наукова думка. 1970. С. 20). Разрядная камера предназначена для электросинтеза окиси азота в потоке проходящего через пространство 2 воздуха под действием высоковольтных импульсов, подаваемых на упомянутые электроды 3 и 5 с контролем искрообразования ультрафиолетовым излучением.

Газовый фильтр 7 представляет собой магистральный фильтр или микрофильтр. Может быть выполнен также в виде их последовательной модульной сборки. Магистральный фильтр предназначен для удаления из воздуха твердых частиц размером свыше 5 мкм, а также водяного и масляного конденсата. Эффективность водоотделения 99%. Принцип действия основан на эффекте слияния мелких капель в более крупные в фильтрующем элементе. Образовавшиеся крупные капли стекают на дно резервуара со встроенным устройством автоматического отвода конденсата. Микрофильтр удаляет твердые частицы размером свыше 0,3 мкм. Содержание масла на его выходе не более 1 мг/м^3 .

В качестве воздушного насоса 8 применяется компрессор, в процессе работы, в том числе непрерывной, не вносящий масляных загрязнений в пневмомагистраль. Производительность компрессора до 1 л/мин при свободном течении газа. Детали компрессора, контактирующие с перекачиваемой средой выполнены из устойчивых к коррозии материалов: нержавеющая сталь, дюралюминий, компаунд PTFE. Компрессор предназначен для перекачки нейтральных и

слабоагрессивных газов в медицинской, лабораторной и аналитической аппаратуре.

В качестве блока очистки 9 использовалась натронная известь, включающая 96% гидроксида кальция и 4% гидроксида натрия (в
5 пересчете на сухое вещество). Блок очистки 9 предназначен для очистки выходящего из разрядной камеры 3 NO-содержащего потока от двуокиси азота.

Назначением генератора высоковольтных импульсов 10 является генерация импульсов питания разрядной камеры 1 с задаваемой
10 частотой следования f . Упомянутый высоковольтный генератор 10 вырабатывает импульсы чередующейся полярности с амплитудой до 12 кВ и длительностью до 4 мкс (на полувысоте импульса) с помощью резонансного инвертора тока, выполненного по известной мостовой
15 схеме на IGBT-транзисторах IRG4IBC20UD со встроенными обратными диодами (см. Ромаш Э.М., Драбович Ю.И., Юрченко Н.Н., Шевченко Н.Н. Высокочастотные транзисторные преобразователи. – М: Радио и связь. – 1988. – С. 228.).

Работает заявляемое устройство следующим образом.

Включают газовый насос 8. В газовом фильтре 7 производится
20 очистка от загрязнений атмосферного воздуха. Тонкость фильтрации, эффективность отделения масла и воды соответствуют требуемому классу в зависимости от назначения установки. Безмасляный насос 8 прокачивает воздух через разрядную камеру 1, включая межэлектродное пространство 2. При этом, из-за отрицательного перепада давления
25 между выходным 6 и входным 4 каналом газовое давление в разрядной камере 1 немного ниже атмосферного. Практически одновременно активируют высоковольтный генератор импульсов напряжения 10 и УФ-источник 11 с длиной волны $\lambda \leq 288$ нм (реально, УФ-источник – чуть раньше), облучающий прямым пучком второй электрод и отраженным

пучком – первый электрод. Интервал длительности УФ-излучения такой, что в него обязательно попадает несколько (3 – 5) импульсов напряжения, следующих даже с минимально возможной частотой из задаваемого диапазона регулирования f . На самом деле мощности излучения с энергией квантов более 4,31 эВ достаточно, чтобы уже в течение фронта первого же из серии импульсов создать в области электродов 3, 5 необходимое количество начальных (стартовых) фотоэлектронов, вызывающих пробой межэлектродного пространства 2. Преднамеренный выбор завышенной длительности излучения предотвращает возможность срыва электросинтеза в подаваемой серии импульсов напряжения, если все-таки в первом импульсе пробой не реализуется, что дополнительно повышает надежность.

Генератор высоковольтных импульсов 10 в процессе образования искровых разрядов осуществляет резонансную передачу энергии. По достижении на электродах 3, 5 пробойного напряжения и зажигания искрового разряда высоковольтный генератор производит вложение энергии в плазму разряда. В начальной стадии пробоя, из-за высокой напряженности электрического поля происходит диссоциация кислорода и перевод молекул азота в возбужденное состояние, дающие начало реакциям синтеза окиси азота. Однако разряд атмосферного давления, формируемый и протекающий при высоких напряженностях поля, неустойчив – он стремится перейти в другие типы разряда. В заявляемом устройстве, для предотвращения перехода искровых разрядов в низкоэффективный по синтезу NO, зато активно испаряющий электроды дуговой режим горения, на электроды подают импульсы микросекундной длительности. Причем – чередующейся полярности, чтобы избежать излишнего накопления зарядов одного знака у каждого из электродов, добиться более однородного тепловыделения по длине искрового разряда и снизить тепловую нагрузку на электроды, что

дополнительно повышает надежность. После спада величины напряжения ниже порога горения, неиспользованная в импульсе часть энергии, возвращается в высоковольтный генератор и используется в следующем цикле.

5 Частота повторения f импульсов определяет концентрацию NO в газовом потоке. Верхняя граница диапазона $f_{\text{макс}}$ составляет примерно 10 кГц и определяется характеристическим временем реакции $T=10^{-4}$ сек образования молекул NO за счет наработанных колебательно-возбужденных молекул азота: $f_{\text{макс}} < 1/T$. При превышении $f_{\text{макс}}$ частотное
10 регулирование становится малоэффективным из-за сильной нелинейности. Нижняя граница диапазона $f_{\text{мин}}$ определяется параметром удельного энергозатрата $W/v = P_{\text{макс}} \cdot f_{\text{мин}} / v > 1 \text{ Дж/см}^3$, требуемым для осуществления реакции электросинтеза NO в искровом разряде $O + N_2^* \rightarrow NO + N$ с участием колебательно-возбужденных молекул азота
15 N_2^* . Скорость этой реакции выше скорости конкурирующей с ней реакции синтеза озона $O_2 + O + M \rightarrow O_3 + M$, где M – любая молекула или атом. Основная часть вложенной в разряд энергии тратится на синтез NO. Поэтому поддержание удельного энергозатрата выше упомянутой границы обеспечивает практическое отсутствие озона на выходе
20 разрядной камеры, что дополнительно повышает надежность.

Таким образом, под действием импульсного напряжения в межэлектродном пространстве 2, образованном дисковым электродом 3 и секторным электродом 5 формируют искровые разряды, в плазме которых происходит синтез окиси азота и некоторого количества других
25 окислов азота (например, диоксида азота). Исходный газ поступает в разрядную камеру 3 через впускной канал 4 в центре дискового электрода 3. NO-содержащая смесь через выпускной канал 6 в секторном электроде 5 выводят насосом 8 в блок очистки 9. Далее

очищенный от ненужного диоксида азота (NO_2) NO – содержащий газовый поток направляют на выход.

Лучший вариант осуществления

В настоящее время за рубежом и в России окись азота для
5 ингаляций получают химическим синтезом на стационарных станциях. Малый срок хранения NO , сложная логистика и высокая стоимость ограничивают доступность NO -терапии. Заявляемое устройство может внести существенный вклад в решение клинических и технических задач
10 повышения эффективности лечения и обеспечения надежности NO -производящей аппаратуры. Это будет понятно из следующего описания и приложенного к нему рисунка (Фиг.2).

В предлагаемом варианте исполнения выход блока очистки 9
подключен к одному из входов дыхательного (терапевтического)
контура 13, к другому входу которого подключен выход аппарата ИВЛ
15 (или любого другого источника основной дыхательной смеси), один из выходов дыхательного контура 13 соединен с пациентом, другой выход дыхательного контура 13 соединен с входом блока мониторинга 14 NO и NO_2 , выход которого подключен к входу нейтрализатора 15, при этом источник ультрафиолетового излучения выполнен на основе
20 ультрафиолетового диода 11 с длиной волны излучения равной $\lambda = 280$ нм и коллимированным пучком 12 излучения диаметром порядка 8 мм, захватывающим всю длину промежутка 2 и ширину скошенной кромки второго электрода.

Дыхательный контур 13 служит для получения и передачи потока
25 лечебной NO -смеси, удовлетворяющим минутный объем дыхания пациента. Подключения к блоку очистки 9 и блоку мониторинга 14 производятся с помощью разъемных соединений типа Луер-Лок.

Блок мониторинга 14 предназначен для измерения массовых концентраций окиси азота, двуокиси азота, скорости газового потока и

сигнализирует о появлении двуокиси и окиси азота с концентрацией выше допустимой величины. Калибровка измерительных датчиков – автоматическая. Результаты измерений выводятся на буквенно-цифровой дисплей. На передней панели блока размещена клавиатура для
5 управления мониторингом, получения дополнительной информации и задания порогов срабатывания аварийной сигнализации.

Нейтрализатор 15 предназначен для очистки газовой пробы от NO и NO₂ после проведения мониторинга. Нейтрализатор представляет собой двухкомпонентный адсорбционно-каталитический деструктор.
10 Для адсорбции NO₂ используется блок очистки на основе гидроксида кальция. Для нейтрализации NO применяется каталитический способ разложения. Концентрация NO и NO₂ в газовой смеси на выходе из нейтрализатора не превышает ПДК по ГОСТ 12.1.005. ПДК NO₂=2 мг/м³ (1,05 ppm). ПДК NO=5 мг/м³ (4,01 ppm).

15 По представленной на фиг.2 схеме, работа осуществляется следующим образом. Включают блок мониторинга 14 и аппарат ИВЛ, при вдохе создающий основной поток через дыхательный контур 13. Скорость основного потока задают в зависимости от минутного объема дыхания. Далее NO-содержащий воздух подают в дыхательный контур.
20 В контуре окись азота смешивается с основным дыхательным потоком, который подается от аппарата ИВЛ. Перед пациентом (маской пациента) из дыхательного контура забирают пробу для анализа, который осуществляется электрохимическими датчиками NO и NO₂ в блоке мониторинга 14. Влияние подачи NO-содержащего воздуха на исходный
25 поток дыхательной смеси сведено к минимуму за счет согласования объемной скорости потока, подаваемого в дыхательный контур, и потока, забираемого на анализ. После мониторинга газовая смесь проходит очистку от нитрозных газов в нейтрализаторе 15.

Следует отметить, что при проведении терапии мониторинг концентрации NO и NO₂ в дыхательном контуре осуществляется в непрерывном режиме. Для предотвращения опасности перекрестного заражения на линии подачи NO и линии мониторинга NO и NO₂ 5 установлены вирусно-бактериальные гидрофобные фильтры (на фиг.2 не показаны).

В представленном на фиг.2 варианте исполнения были получены следующие основные технические характеристики.

Концентрацию окиси азота в дыхательном контуре регулировали 10 от 1 до 100 ppm при изменении частоты следования импульсов генератора высоковольтных импульсов от 50 до 5000 Гц и скорости основного дыхательного потока от 1,5 до 20 л/мин. При этом объемный расход NO-содержащего воздуха, подаваемого в дыхательный контур равнялся около 0,5 л/мин. Шаг во всем диапазоне регулирования 15 концентрации NO составил 1 ppm. В выходном потоке дыхательного тракта отсутствовал озон (с точностью 0,01 ppm). При испытании заявляемого устройства в режиме максимальной производительности в течение 900 часов (из них 10 дней непрерывной работы) значения вышеуказанных параметров концентрации NO не вышли за пределы 20 ± 20%, глубина плазменной эрозии дискового электрода не превысила 0,05 мм, а секторного электрода – 0,15 мм, что позволило создать возможность для надежной доставки NO-содержащей смеси пациенту, даже при длительной терапии.

Практическое (промышленное) применение

25 Медицинский аппарат с заявляемым устройством для получения окиси азота прошел технические испытания и клинические испытания у 55-ти взрослых пациентов.

Результаты продемонстрировали клиническую эффективность терапии и высокую надежность примененного аппарата,

генерирующего окись азота из окружающего воздуха, в том числе в сравнении с традиционной терапией, использующей аппаратуру с подачей NO-содержащего газа из 150-ти атмосферного баллона.

Формула изобретения

1. Устройство для получения окиси азота, включающее цилиндрическую разрядную камеру, газовый фильтр, насос, блок очистки, высоковольтный генератор с регулируемой частотой следования импульсов, камера содержит два электрически изолированных друг от друга высоковольтных электрода с межэлектродным пространством между ними, впускной и выпускной каналы, первый высоковольтный электрод выполнен в виде диска с центральным отверстием для впускного канала, установлен поперечно оси разрядной камеры, второй высоковольтный электрод установлен вдоль оси разрядной камеры, а высоковольтный генератор подключен к высоковольтным электродам, **отличающееся тем, что** второй высоковольтный электрод выполнен в виде сектора диска со скошенной под углом α острой кромкой и с боковым отверстием для выпускного канала, устройство снабжено источником ультрафиолетового излучения для подсветки острой кромки второго электрода, при этом спектральный диапазон ультрафиолетового излучения выбран из условия получения фотоэлектронной эмиссии $\lambda \leq 1240/A$, где A – работа выхода из материала электродов, эВ, λ – длина волны ультрафиолетового излучения, нм, а величина угла α выбрана из условия подсветки первого электрода УФ-излучением, отраженным от скошенной кромки второго электрода, причем выход газового фильтра соединен с впускным каналом, выпускной канал соединен с входом насоса, выход которого соединен с входом блока очистки.

25 2. Устройство по п.1, **отличающееся тем, что** источник ультрафиолетового излучения выполнен на основе ультрафиолетового светодиода.

3. Устройство по п.1, отличающееся тем, что источник ультрафиолетового излучения выполнен на основе газоразрядной кварцевой лампы.

4. Устройство по п.1, отличающееся тем, что источник ультрафиолетового излучения позволяет формировать коллимированный пучок.

5. Устройство по п.1, отличающееся тем, что источник ультрафиолетового излучения позволяет формировать сходящийся пучок, фокус которого находится на пересечении оси разрядной камеры с краем острой кромки.

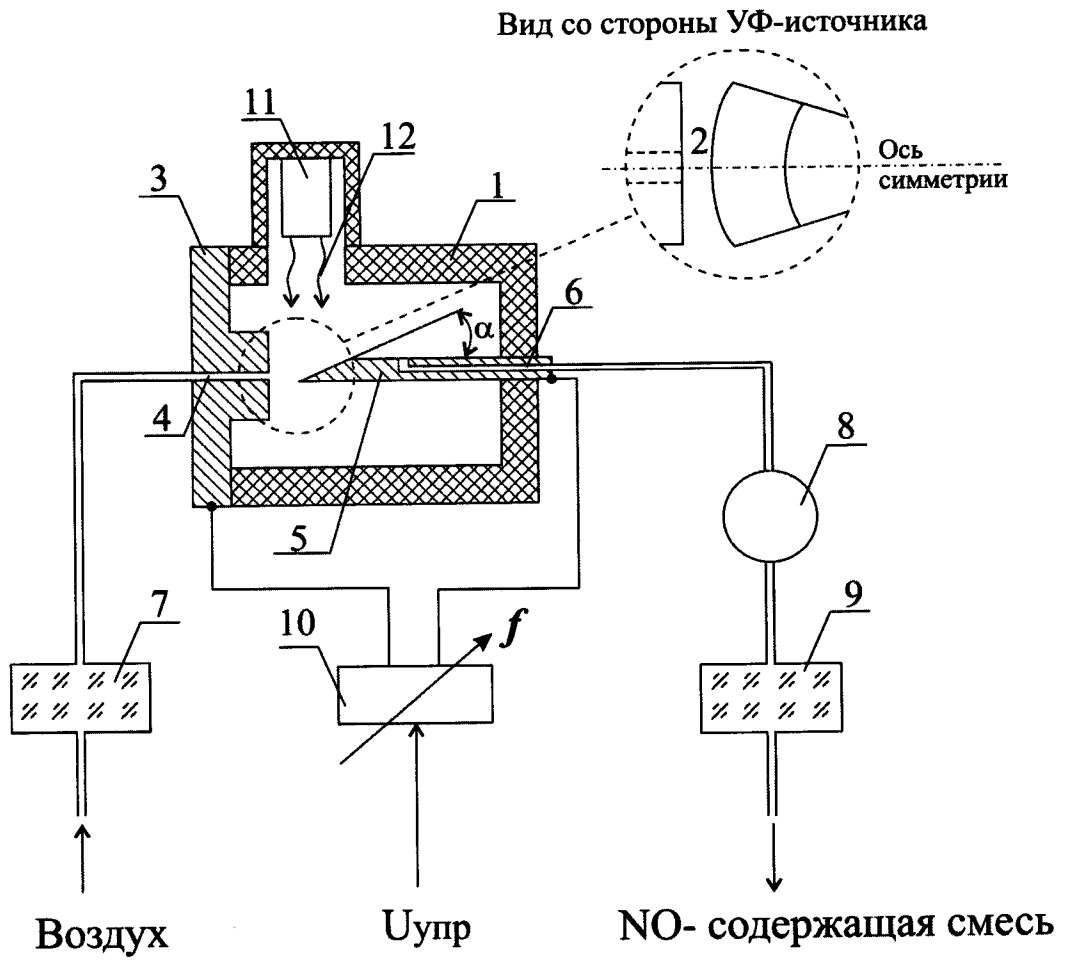


Fig.1

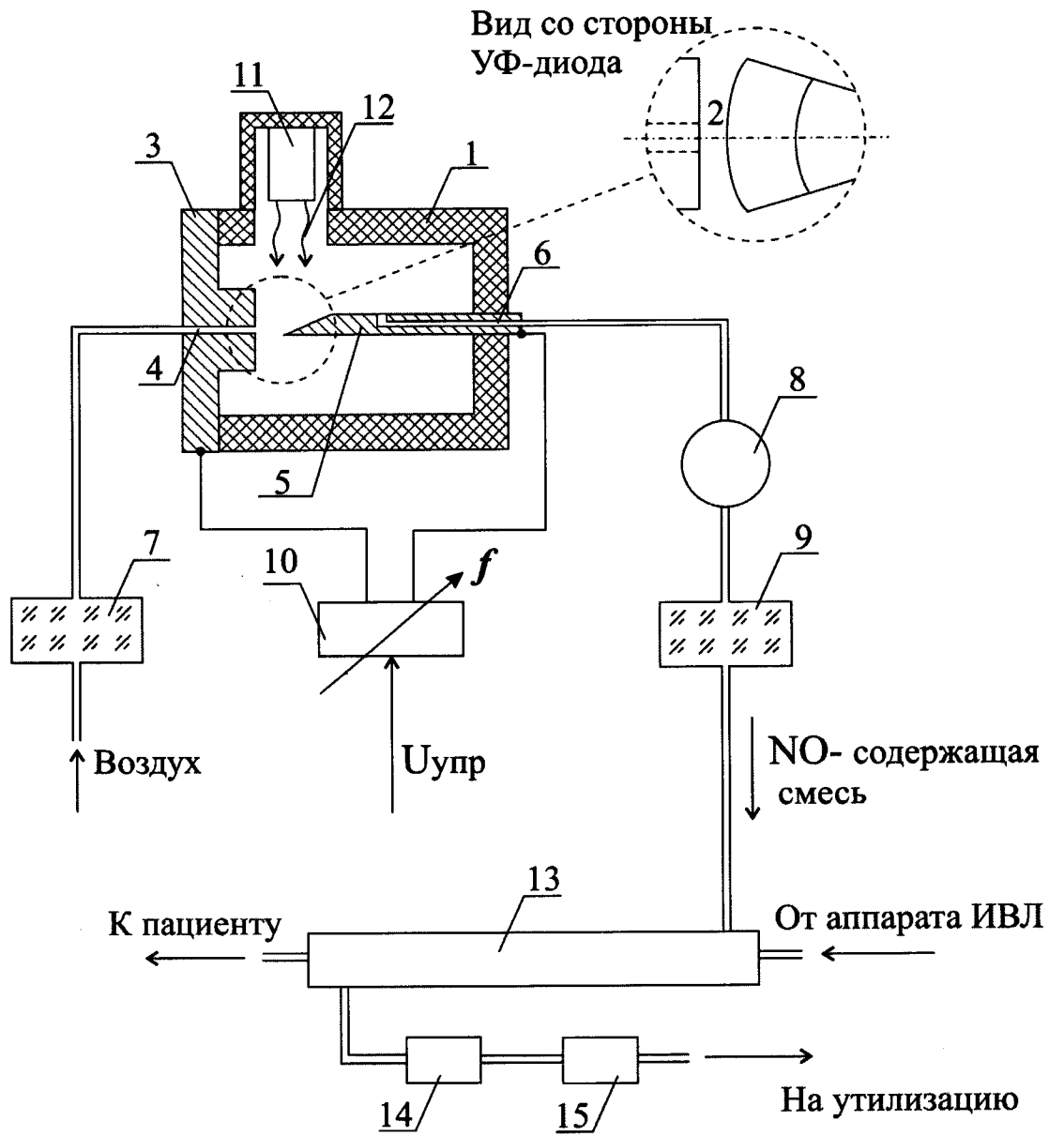


Fig.2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/RU 2021/000465

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER C01B 21/24 (2006.01) C01B 21/28 (2006.01) H01J 37/00 (2006.01) According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) A61M 15/02; A61M 16/00; A61M 16/10; H01J 37/00, C01B 21/24; C01B 21/28; A61L 9/20; A61L 9/015 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) PatSearch (RUPTO internal), Espacenet, DWPI, PAJ, USPTO, CIPO, PubMed, MEDLINE, PMZH		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
D, A	RU2553290 C1 (FGUP "RFYATS-VNIIIEF" (RU)) 10.06.2015, the claims, figure 1	1-5
A	US 2021/0077975 A1 (ORIGIN INC (US)) 18.03.2021	1-5
A	RU 2642798 C1 (FGUP "RFYATS-VNIIIEF" (RU)) 26.01.2018	1-5
A	RU 2719992 C1 (SYORDPOUL,INK.(US)) 23.04.2020	1-5
A	US 2021/0178106 A1 (NOTA LABORATORIES LLC (US)) 17.06.2021	1-5
A	US 5396882 A (GEN HOSPITAL CORP (US)) 14.03.1995	1-5
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 23 June 2022 (23.06.2022)		Date of mailing of the international search report 01 August 2022 (01.08.2022)
Name and mailing address of the ISA/RU Facsimile No.		Authorized officer Telephone No.

ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Номер международной заявки

PCT/RU 2021/000465

<p>A. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ</p> <p><i>C01B 21/24</i> (2006.01) <i>C01B 21/28</i> (2006.01) <i>H01J 37/00</i> (2006.01)</p> <p>Согласно Международной патентной классификации МПК</p>																							
<p>B. ОБЛАСТЬ ПОИСКА</p> <p>Проверенный минимум документации (система классификации с индексами классификации)</p> <p>A61M 15/02; A61M 16/00; A61M 16/10; H01J 37/00, C01B 21/24; C01B 21/28; A61L 9/20; A61L 9/015</p> <p>Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в поисковые подборки</p> <p>Электронная база данных, использованная при поиске (название базы и, если, возможно, используемые поисковые термины)</p> <p>PatSearch (RUPTO internal), Espacenet, DWPI, PAJ, USPTO, CIPO, PubMed, MEDLINE, РМЖ</p>																							
<p>C. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Категория*</th> <th>Цитируемые документы с указанием, где это возможно, релевантных частей</th> <th>Относится к пункту №</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D, A</td> <td>RU2553290 C1 (ФГУП "РФЯЦ-ВНИИЭФ" (RU)) 10.06.2015, формула, фигура 1</td> <td>1-5</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2021/0077975 A1 (ORIGIN INC (US)) 18.03.2021</td> <td>1-5</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>RU 2642798 C1 (ФГУП "РФЯЦ-ВНИИЭФ" (RU)) 26.01.2018</td> <td>1-5</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>RU 2719992 C1 (СЕРДПОУЛ,ИНК.(US)) 23.04.2020</td> <td>1-5</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2021/0178106 A1 (NOTA LABORATORIES LLC (US)) 17.06.2021</td> <td>1-5</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 5396882 A (GEN HOSPITAL CORP (US)) 14.03.1995</td> <td>1-5</td> </tr> </tbody> </table>			Категория*	Цитируемые документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №	D, A	RU2553290 C1 (ФГУП "РФЯЦ-ВНИИЭФ" (RU)) 10.06.2015, формула, фигура 1	1-5	A	US 2021/0077975 A1 (ORIGIN INC (US)) 18.03.2021	1-5	A	RU 2642798 C1 (ФГУП "РФЯЦ-ВНИИЭФ" (RU)) 26.01.2018	1-5	A	RU 2719992 C1 (СЕРДПОУЛ,ИНК.(US)) 23.04.2020	1-5	A	US 2021/0178106 A1 (NOTA LABORATORIES LLC (US)) 17.06.2021	1-5	A	US 5396882 A (GEN HOSPITAL CORP (US)) 14.03.1995	1-5
Категория*	Цитируемые документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №																					
D, A	RU2553290 C1 (ФГУП "РФЯЦ-ВНИИЭФ" (RU)) 10.06.2015, формула, фигура 1	1-5																					
A	US 2021/0077975 A1 (ORIGIN INC (US)) 18.03.2021	1-5																					
A	RU 2642798 C1 (ФГУП "РФЯЦ-ВНИИЭФ" (RU)) 26.01.2018	1-5																					
A	RU 2719992 C1 (СЕРДПОУЛ,ИНК.(US)) 23.04.2020	1-5																					
A	US 2021/0178106 A1 (NOTA LABORATORIES LLC (US)) 17.06.2021	1-5																					
A	US 5396882 A (GEN HOSPITAL CORP (US)) 14.03.1995	1-5																					
<p><input type="checkbox"/> последующие документы указаны в продолжении графы C. <input type="checkbox"/> данные о патентах-аналогах указаны в приложении</p>																							
<table border="0"> <tr> <td>* Особые категории ссылочных документов:</td> <td>“Т” более поздний документ, опубликованный после даты международной подачи или приоритета, но приведенный для понимания принципа или теории, на которых основывается изобретение</td> </tr> <tr> <td>“А” документ, определяющий общий уровень техники и не считающийся особо релевантным</td> <td>“Х” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает новизной или изобретательским уровнем, в сравнении с документом, взятым в отдельности</td> </tr> <tr> <td>“D” документ, цитируемый заявителем в международной заявке</td> <td>“Y” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает изобретательским уровнем, когда документ взят в сочетании с одним или несколькими документами той же категории, такая комбинация документов очевидна для специалиста</td> </tr> <tr> <td>“E” более ранняя заявка или патент, но опубликованная на дату международной подачи или после нее</td> <td>“&” документ, являющийся патентом-аналогом</td> </tr> <tr> <td>“L” документ, подвергающий сомнению притязание(я) на приоритет, или который приводится с целью установления даты публикации другого ссылочного документа, а также в других целях (как указано)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“O” документ, относящийся к устному раскрытию, использованию, экспонированию и т.д.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“P” документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета</td> <td></td> </tr> </table>			* Особые категории ссылочных документов:	“Т” более поздний документ, опубликованный после даты международной подачи или приоритета, но приведенный для понимания принципа или теории, на которых основывается изобретение	“А” документ, определяющий общий уровень техники и не считающийся особо релевантным	“Х” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает новизной или изобретательским уровнем, в сравнении с документом, взятым в отдельности	“D” документ, цитируемый заявителем в международной заявке	“Y” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает изобретательским уровнем, когда документ взят в сочетании с одним или несколькими документами той же категории, такая комбинация документов очевидна для специалиста	“E” более ранняя заявка или патент, но опубликованная на дату международной подачи или после нее	“&” документ, являющийся патентом-аналогом	“L” документ, подвергающий сомнению притязание(я) на приоритет, или который приводится с целью установления даты публикации другого ссылочного документа, а также в других целях (как указано)		“O” документ, относящийся к устному раскрытию, использованию, экспонированию и т.д.		“P” документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета								
* Особые категории ссылочных документов:	“Т” более поздний документ, опубликованный после даты международной подачи или приоритета, но приведенный для понимания принципа или теории, на которых основывается изобретение																						
“А” документ, определяющий общий уровень техники и не считающийся особо релевантным	“Х” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает новизной или изобретательским уровнем, в сравнении с документом, взятым в отдельности																						
“D” документ, цитируемый заявителем в международной заявке	“Y” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает изобретательским уровнем, когда документ взят в сочетании с одним или несколькими документами той же категории, такая комбинация документов очевидна для специалиста																						
“E” более ранняя заявка или патент, но опубликованная на дату международной подачи или после нее	“&” документ, являющийся патентом-аналогом																						
“L” документ, подвергающий сомнению притязание(я) на приоритет, или который приводится с целью установления даты публикации другого ссылочного документа, а также в других целях (как указано)																							
“O” документ, относящийся к устному раскрытию, использованию, экспонированию и т.д.																							
“P” документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета																							
Дата действительного завершения международного поиска	Дата отправки настоящего отчета о международном поиске																						
23 июня 2022 (23.06.2022)	01 августа 2022 (01.08.2022)																						
Наименование и адрес ISA/RU: Федеральный институт промышленной собственности, Бережковская наб., д. 30, корп. 1, Москва, Г-59, ГСП-3, 125993, Российская Федерация тел. +7(499)240-60-15, факс +7(495)531-63-18	Уполномоченное лицо: Амелин А. Телефон № (499) 240-25-91																						