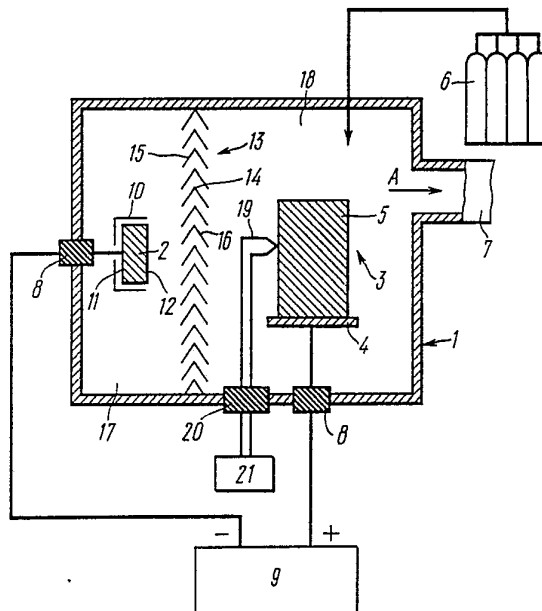


МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА, ОПУБЛИКОВАННАЯ В СООТВЕТСТВИИ
С ДОГОВОРом О ПАТЕНТНОЙ КООПЕРАЦИИ (РСТ)

(51) Международная классификация изобретения ⁵ : C23C 14/32	A1	(11) Номер международной публикации: WO 92/19785 (43) Дата международной публикации: 12 ноября 1992 (12.11.92)									
(21) Номер международной заявки: PCT/RU92/00088 (22) Дата международной подачи: 23 апреля 1992 (23.04.92) (30) Данные о приоритете: <table border="0"> <tr> <td>4938768</td> <td>29 апреля 1991 (29.04.91)</td> <td>SU</td> </tr> <tr> <td>5002413</td> <td>11 сентября 1991 (11.09.91)</td> <td>SU</td> </tr> <tr> <td>5002528</td> <td>11 сентября 1991 (11.09.91)</td> <td>SU</td> </tr> </table> (71) Заявитель (для всех указанных государств, кроме US): НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «НОВАТЕХ» [RU/RU]; Москва 103055, Тихвинский пер., д. 11, а/я 116 (RU) [NAUCHNO-PROIZVODSTVENNOE PREDPRIYATIE «NOVA-TEKH», Moscow (RU)]. (72) Изобретатели; и (75) Изобретатели / Заявители (только для US): САБЛЕВ Леонид Павлович [UA/UA]; Харьков 310108, ул. П.Морозова, д. 3, кв. 3 (UA) [SABLEV, Leonid Pavlovich, Kharkov (UA)]. АНДРЕЕВ Анатолий Афанасьевич [UA/UA]; Харьков 310058, ул. Данилевского, д. 31, кв. 47 (UA) [ANDREEV, Anatoly		4938768	29 апреля 1991 (29.04.91)	SU	5002413	11 сентября 1991 (11.09.91)	SU	5002528	11 сентября 1991 (11.09.91)	SU	Afanasievich, Kharkov (UA)]. ГРИГОРЬЕВ Сергей Николаевич [RU/RU]; Москва 103055, Вадковский пер., д. 18а, кв. 209 (RU) [GRIGORIEV, Sergei Nikolaevich, Moscow (RU)]. МЕТЕЛЬ Александр Сергеевич [RU/RU]; Истра 143500, Московская обл., ул. Ленина, д. 1, кв. 180 (RU) [METEL, Alexandr Sergeevich, Istra (RU)]. (74) Агент: ВСЕСОЮЗНЫЙ ЦЕНТР ПАТЕНТНЫХ УСЛУГ «ПАТИС»; Москва 117279, ул. Миклухо-Маклая, д. 55а (RU) [ALL-UNION CENTRE OF PATENT SERVICES «PATIS», Moscow (RU)]. (81) Указанные государства: АТ (европейский патент), BE (европейский патент), CH (европейский патент), CS, DE (европейский патент), DK (европейский патент), ES (европейский патент), FR (европейский патент), GB (европейский патент), GR (европейский патент), HU, IT (европейский патент), JP, KR, LU (европейский патент), MC (европейский патент), NL (европейский патент), PL, SE (европейский патент), US. Опубликована С отчетом о международном поиске.
4938768	29 апреля 1991 (29.04.91)	SU									
5002413	11 сентября 1991 (11.09.91)	SU									
5002528	11 сентября 1991 (11.09.91)	SU									

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR TREATMENT OF ARTICLES IN GAS-DISCHARGE PLASMA

(54) Название изобретения: СПОСОБ ОБРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ В ПЛАЗМЕ ГАЗОВОГО РАЗРЯДА И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ



(57) Abstract

A method for treatment of articles in gas-discharge plasma consists in that between an anode (3) and an integrally cold cathode (2) a two stage vacuum-arc discharge is generated with mutually separated metal-gas and gas stage of the plasma. The gas stage of the plasma is obtained by means of ionization of the working gas with ions separated from the metal-gas stage of the plasma. Then, the treated article (5) is heated up to the working temperature and conditioned within that temperature interval. For that purpose the device is provided with a means (13) which is located in the zone of the cathode (2), is impenetrable for the metal ions generated by the cathode (2) and intended for separation of the electrons from the metal-gas stage of the plasma. In a particular case the means (13) consists of a set of V-shaped plates (14).

Способ обработки изделий в плазме газового разряда заключается в том, что между анодом (3) и интегрально-холодным катодом (2) возбуждают двухступенчатый вакуумно-дуговой разряд с разделенными между собой металло-газовой ступенью плазмы и газовой ступенью плазмы. Газовую ступень плазмы создают ионизацией рабочего газа электронами, сепарируемыми из металло-газовой ступени плазмы. Затем нагревают обрабатываемое изделие (5) до рабочей температуры и выдерживают это изделие (5) в заданном температурном интервале. Для чего в устройстве предусмотрено размещенное в зоне катода (2) и непроницаемое для ионов металла, генерируемых катодом (2), средство (13) для сепарации электронов из металло-газовой ступени плазмы. В частном случае, средство (13) выполнено в виде набора V-образных пластин (14).

ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИИ

Коды, используемые для обозначения стран-членов РСТ на титульных листах брошюр, в которых публикуются международные заявки в соответствии с РСТ.

AT	Австрия	ES	Испания	MG	Мадагаскар
AU	Австралия	FI	Финляндия	ML	Мали
BB	Барбадос	FR	Франция	MN	Монголия
BE	Бельгия	GA	Габон	MR	Мавритания
BF	Буркина Фасо	GB	Великобритания	MW	Малави
BG	Болгария	GN	Гвинея	NL	Нидерланды
BJ	Бенин	GR	Греция	NO	Норвегия
BR	Бразилия	HU	Венгрия	PL	Польша
CA	Канада	IT	Италия	RO	Румыния
CF	Центральноафриканская Республика	IE	Ирландия	RU	Российская Федерация
CG	Конго	JP	Япония	SD	Судан
CH	Швейцария	KR	Корейская Народно-Демократическая Республика	SE	Швеция
CI	Кот д'Ивуар	KR	Корейская Республика	SN	Сенегал
CM	Камерун	LI	Лихтенштейн	SU	Советский Союз
CS	Чехословакия	LK	Шри Ланка	TD	Чад
DE	Германия	LU	Люксембург	TG	Того
DK	Дания	MC	Монако	US	Соединенные Штаты Америки

СПОСОБ ОБРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ В ПЛАЗМЕ ГАЗОВОГО РАЗРЯДА И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

Область техники

Настоящее изобретение относится к способам упрочнения инструмента и деталей машин и к устройствам для их осуществления, а более точно – к способам обработки изделий в плазме газового разряда и к устройствам для их осуществления.

Предшествующий уровень техники

Известен способ обработки изделий в плазме газового разряда, создаваемого в рабочем объеме между анодом и катодом при пониженном давлении реакционного газа, включающий нагрев изделия до рабочей температуры и выдержку в заданном температурном интервале (Ю.М.Лахтин и другие, "Химико-термическая обработка материалов", 1985, Металлургия (Москва), с.177-181).

В указанном способе плазму газового разряда создают с помощью тлеющего разряда при парциальном давлении реакционного газа 10-1000 Па. В качестве реакционного газа наиболее широко применяется азот, поэтому метод называют ионным азотированием. При проведении процесса ионного азотирования между изделием-катодом и анодом возбуждают аномальный тлеющий разряд при межэлектродном напряжении 400-1000 В. В тлеющем разряде практически все падение потенциала сосредоточено у катода в области катодного падения потенциала. Ионы реакционного газа (азота) ускоряются в области катодного падения потенциала и бомбардируют поверхность изделия, прогревая ее и в то же время диффундируя вглубь, образуя упрочненный поверхностный слой.

При проведении ионно-химической обработки в результате бомбардировки поверхности обрабатываемого изделия высокоэнергетическими ионами реакционного газа происходит, так называемое, катодное распыление поверхности обрабатываемого изделия и в итоге нарушение исходного класса чистоты поверхности.

Поскольку процесс проводится при относительно высоком

- 2 -

напряжении на изделии (400-1000 В), то возможен переход
тлеющего разряда в дуговой (особенно в начальных стадиях
проведения процесса). Катодные пятна дугового разряда
вызывают эрозию поверхности обрабатываемого изделия, но
5 еще в большей мере, чем катодное распыление. Уменьшения
дугообразования добиваются постепенностью проведения про-
цесса (снижением тока и напряжения разряда). Однако эта
мера приводит к уменьшению производительности.

Известно устройство для обработки изделий в плазме
10 газового разряда, реализующее вышеуказанный способ, содер-
жащее источник постоянного тока, электрически связанный с
катодом и анодом (Ю.М.Лахтин и другие, "Химико-термическая
обработка металлов", 1985, Металлургия (Москва), с.177-181).

В указанном устройстве анодом служит камера, в которую
15 помещено обрабатываемое изделие, а катодом является обраба-
тываемое изделие.

Источник постоянного тока позволяет плавно регулировать
напряжение до 1000 В.

Рабочая камера соединена с насосом для создания в ней
20 вакуума и с источником реакционного газа, создающего в
камере давление 10-1000 Па.

При подаче напряжения на электроды-катода и анод в
камере возбуждается тлеющий разряд, в результате чего
катод-изделие подвергается бомбардировке ионами реакцион-
ного газа. При этом происходит прогрев изделия и насыщение
25 его поверхности ионами реакционного газа, что приводит к
упрочнению поверхностного слоя. Ионная бомбардировка приводит
к растравливанию ~~или~~ поверхностного слоя и ухудшению
исходного класса чистоты поверхности изделия.

30 Известен способ обработки изделий в плазме газового
разряда, создаваемого между анодом и катодом при пониженном
давлении реакционного газа, включающий нагрев изделия до
рабочей температуры и выдержку этого изделия в заданном
температурном интервале (FI ,А, 63783).

35 По указанному способу плазму газового разряда создают
с помощью тлеющего разряда.

- 3 -

Способ включает нагрев изделия-катода, помещенного в рабочую камеру-анод в среду реакционного газа (азота в смеси с водородом), до температуры $400-580^{\circ}\text{C}$ и последую-
5 щую выдержку при этой температуре. Для интенсификации процесса нагрева и повышения микротвердости диффузионного слоя химико-термическую обработку осуществляют при давлении $10^{-1} - 10$ Па, при этом тлеющий разряд интенсифицирует ускоренными до 200 эВ электронами.

10 Поскольку указанный способ осуществляется в плазме тлеющего разряда и обрабатываемое изделие является катодом, то его поверхность, подвергаясь ионной бомбардировке, растравливается, что приводит к ухудшению исходного класса чистоты поверхности.

15 Известно устройство для обработки изделий в плазме газового разряда, осуществляющее вышеуказанный способ и содержащее источник постоянного тока, электрически связанный с катодом и анодом, помещенными в среду реакционного газа при пониженном давлении (FI, A, 68783).

20 В указанном устройстве анодом служит рабочая камера, в которую помещен катод - обрабатываемое изделие. Рабочая камера соединена с насосом для создания в ней вакуума и с источником реакционного газа, создающего в камере давление $10-1000$ Па. Между катодом и анодом создается тлеющий раз-
25 ряд. Интенсификация тлеющего разряда (повышение тока разряда) осуществляется с помощью накаливаемой спирали. Для накала спирали служит индивидуальный источник питания. Ускорение электронов для ионизации газа производится еще от одного источника постоянного тока, отрицательный полюс
30 которого соединен со спиралью, а положительный полюс - с вакуумной камерой.

Накаливаемая спираль не обеспечивает достаточную для обработки больших масс изделий эмиссию электронов, поэтому время обработки, в частности, время нагрева изделий,
35 затягивается, что приводит к снижению производительности обработки изделий.

- 4 -

Известен способ обработки изделий в плазме газового разряда, включающий создание между анодом и интегрально-холодным катодом вакуумно-дугового разряда, вакуумно-плазменную обработку путем нагрева обрабатываемого изделия до рабочей температуры и выдержку этого изделия в заданном температурном режиме в среде рабочего газа (US ,A 4734178).

По указанному способу плазму газового разряда создают с помощью более мощного (по отношению к тлеющему разряду) вакуумно-дугового разряда с интегрально-холодным катодом. Особенностью данного способа является то, что нагрев изделий осуществляется бомбардировкой ионами металла. При обработке большой массы металлических изделий время прогрева велико и за это время происходит растравливание поверхности изделия, что приводит к ухудшению исходного класса чистоты поверхности обрабатываемого изделия.

Кроме того, из-за низкой производительности операции нагрева допускаются относительно малые загрузки изделий по массе ввиду несоответствия времени оптимальной дозы облучения и времени прогрева при обработке больших масс изделий, что влечет за собой сужение технологических возможностей способа в целом.

Известно устройство для обработки изделий в плазме газового разряда, осуществляющее вышеуказанный способ и содержащее источник постоянного тока, электрически связанный с интегрально-холодным катодом и анодом, которые размещены в вакуумной камере в среде рабочего газа при пониженном давлении (US ,A, 4734178).

В указанном устройстве нагрев изделий осуществляют ионами металла, генерируемыми катодом, что ведет к растравливанию поверхности изделия, что, в свою очередь, приводит к ухудшению исходного класса чистоты поверхности обрабатываемого изделия.

Кроме того, в названном устройстве невозможно осуществлять комплексную обработку изделий и эффективную обработку изделий из диэлектриков, что в значительной мере ограничивает его технологические возможности.

- 5 -

Раскрытие изобретения

В основу настоящего изобретения была положена задача разработки способа обработки изделий в плазме газового разряда, в котором возбуждали бы такой вакуумно-дуговой разряд, что позволило бы сохранить чистоту поверхности обрабатываемого изделия и расширить технологические возможности, и создание устройства обработки изделий в плазме газового разряда, которое осуществляло бы вышеуказанный способ и в котором было бы предусмотрено такое средство, что позволило бы при одновременном сохранении чистоты поверхности обработки изделий расширить его технологические возможности.

Это достигается тем, что в способе обработки изделий в плазме газового разряда, включающем создание между анодом и интегрально-холодным катодом вакуумно-дугового разряда, вакуумно-плазменную обработку путем основного нагрева обрабатываемого изделия до рабочей температуры и выдержку этого изделия в заданном температурном режиме в среде рабочего газа, согласно изобретению, между анодом и интегрально-холодным катодом возбуждают двухступенчатый вакуумно-дуговой разряд с разделенными между собой металло-газовой ступенью плазмы и газовой ступенью плазмы- газовым разрядом, при этом последнюю ступень создают ионизацией рабочего газа электронами, сепарируемыми из металло-газовой ступени плазмы вакуумно-дугового разряда.

Плазму вакуумно-дугового разряда можно создать при пониженном давлении рабочего газа в интервале 10^{-2} - 10 Па.

Желательно, чтобы вакуумно-плазменную обработку обрабатываемого изделия путем его основного нагрева до рабочей температуры и выдержку в заданном температурном режиме осуществляли в газовой ступени плазмы вакуумно-дугового разряда.

Целесообразно, чтобы во время основного нагрева обрабатываемого изделия последнее дополнительно обрабатывали направленным пучком ускоренных частиц.

Вполне разумно, чтобы в качестве рабочего газа использовали азот.

- 6 -

Разумно, чтобы основной нагрев обрабатываемого изделия до рабочей температуры осуществляли путем подачи на изделие положительного потенциала.

Основной нагрев обрабатываемого изделия до рабочей температуры можно также осуществлять путем подачи на изделие отрицательного потенциала.

Основной нагрев обрабатываемого изделия до рабочей температуры можно также осуществлять и при плавающем потенциале на изделии, инициируемом плазмой газовой ступени вакуумно-дугового разряда.

В качестве направленного пучка ускоренных частиц желательно использовать направленный пучок нейтральных частиц.

Целесообразно, чтобы выдержку обрабатываемого изделия в заданном температурном режиме осуществляли путем подачи на изделие положительного потенциала.

Разумно, чтобы подачу положительного потенциала на обрабатываемое изделие осуществляли дискретно.

Вполне разумно, чтобы выдержку обрабатываемого изделия в заданном температурном режиме осуществляли путем подачи на изделие отрицательного потенциала.

Выгодно, чтобы выдержку обрабатываемого изделия в заданном температурном режиме осуществляли при плавающем потенциале на изделии, инициируемом плазмой газовой ступени вакуумно-дугового разряда.

При возникновении дуговых пробоев на обрабатываемом изделии разумно с изделия снимать отрицательный потенциал при одновременном отключении питания газовой ступени плазмы вакуумно-дугового разряда.

Целесообразно, чтобы после выдержки обрабатываемого изделия в заданном температурном режиме в газовой ступени плазмы вакуумно-дугового разряда на поверхность обрабатываемого изделия наносили покрытие.

Целесообразно, также одновременно с нанесением покрытия на поверхность обрабатываемого изделия создавать в зоне газовой ступени плазмы вакуумно-дугового разряда маг-

- 7 -

нитное поле, силовые линии которого были бы расположены в плоскостях, перпендикулярных направлению тока вакуумно-дугового разряда.

5 Это достигается также тем, что в устройстве для обработки изделий в плазме газового разряда, осуществляющем вышеуказанный способ и содержащем источник постоянного тока, электрически связанный с интегрально-холодным катодом и основным анодом, которые размещены в вакуумной камере в среде рабочего газа при пониженном давлении, согласно изобретению, предусмотрено размещенное в зоне интегрально-холодного катода и непроницаемое для ионов металла, генерируемых интегрально-холодным катодом, средство для сепарации электронов из металло-газовой ступени плазмы вакуумно-дугового разряда.

10 В качестве основного анода можно использовать обрабатываемое изделие.

Целесообразно, чтобы в устройстве были предусмотрены дополнительный анод, установленный относительно интегрально-холодного катода и средства для сепарации электронов с возможностью расположения обрабатываемого изделия между катодом, средством для сепарации электронов и дополнительным анодом, и двухпозиционный переключатель, соединенный с обоими анодами и источником постоянного тока.

25 Желательно, чтобы средство для сепарации электронов было выполнено в виде набора V-образных пластин, обращенных одной своей боковой поверхностью в сторону интегрально-холодного катода, а другой боковой поверхностью в сторону основного анода.

V-образные пластины средства для сепарации электронов могут быть установлены с возможностью возвратно-поступательного перемещения относительно стенок вакуумной камеры.

Целесообразно, чтобы средство для сепарации электронов было выполнено в виде жалюзи.

35 Средство для сепарации электронов может быть выполнено в виде лепестковой диафрагмы, лепестки которой в зоне взаимного перекрытия расположены с зазором вдоль продольной оси вакуумной камеры.

- 8 -

Разумно, чтобы средство для сепарации электронов было выполнено в виде Г-образного патрубка, один из торцов которого был бы направлен в сторону основного анода, а в непосредственной близости от другого торца был установлен
5 интегрально-холодный катод.

Вполне разумно, чтобы средством для сепарации электронов служила непосредственно стенка вакуумной камеры, расположенная в зоне интегрально-холодного катода, при этом катод был установлен так, что его рабочая поверхность
10 была обращена в сторону этой стенки.

Средство для сепарации электронов может быть выполнено в виде диска, установленного с зазором относительно стенок вакуумной камеры.

Желательно, чтобы интегрально-холодный катод был установлен с возможностью углового перемещения его рабочей поверхности на 180° относительно стенки вакуумной камеры, служащей средством для сепарации электронов.
15

Целесообразно, чтобы дополнительный анод был выполнен в виде полого цилиндра, торец которого был : направлен в сторону интегрально-холодного катода и в полости которого было расположено обрабатываемое изделие, и были предусмотрены охватывающий дополнительный анод соленоид и диск с центральным отверстием, установленный соосно с дополнительным анодом между средством для сепарации электронов и торцом дополнительного анода в непосредственной близости от
20 этого средства и этого анода.
25

Разумно, чтобы в устройстве была предусмотрена распыляемая мишень, имеющая центральное отверстие, соединенная с отрицательным полюсом индивидуального источника постоянного тока и размещенная между средством для сепарации электронов и дополнительным анодом.
30

Распыляемая мишень может быть расположена соосно с дополнительным анодом.

Желательно, чтобы распыляемая мишень была выполнена в виде диска, имеющего центральное отверстие.
35

Целесообразно, чтобы дополнительный анод был выполнен в виде кольца, при этом площадь поперечного сечения полости

- 9 -

кольца дополнительного анода была равна или больше площади поперечного сечения полости центрального отверстия распыляемой мишени.

Распыляемая мишень может быть также выполнена в виде 5 полого цилиндра, полость которого является центральным отверстием распыляемой мишени.

Желательно, чтобы распыляемая мишень была выполнена в виде набора изолированных одна от другой дугообразных пластин, установленных по окружности, образуя, таким обра- 10 зом, центральное отверстие распыляемой мишени.

Такое выполнение патентуемого способа и устройства, согласно изобретению, для осуществления этого способа позволяет производить обработку изделий без нарушения исходного класса чистоты поверхности, что позволяет, в свою оче- 15 редь, делать процесс нагрева и выдержку в заданном температурном режиме конечной технологической операцией перед нанесением покрытия без применения последующих шлифовальных и полировальных обработок, а также производить нанесение покрытия на изделия в непрерывном технологическом 20 цикле в одной вакуумной камере, что значительно расширяет технологические возможности.

Кроме того, устройство, согласно изобретению, для осуществления патентуемого способа позволяет повысить производительность способа обработки, в результате обеспечения 25 возможности нагрева одновременно большой массы изделий, в том числе, и длинномерных, а также обеспечивает эффективную обработку изделий из диэлектриков.

Краткое описание чертежей

Далее изобретение поясняется описанием конкретных приме- 30 ров его выполнения и прилагаемыми чертежами, на которых:

фиг.1 изображает общую схему патентуемого устройства для обработки изделий в плазме газового разряда, осуществляющего способ обработки в плазме газового разряда, согласно изобретению (рабочая камера изображена в продольном разрезе);

35 фиг.2- общую схему другого варианта выполнения устройства по фиг.1;

- 10 -

- фиг.3- общую схему другого варианта выполнения устройства по фиг.1 и 2;
- фиг.4- общую схему другого варианта выполнения устройства по фиг.3;
- 5 фиг.5- общую схему одного из вариантов выполнения устройства по фиг.1;
- фиг.6- общую схему выполнения еще одного варианта выполнения устройства по фиг.1;
- 10 фиг.7- общую схему другого варианта выполнения устройства по фиг.6;
- фиг.8- общую схему одного из вариантов выполнения устройства по фиг.1 и 4;
- фиг.9- общую схему другого варианта выполнения устройства, согласно изобретению по фиг.8;
- 15 фиг.10- общую схему одного из вариантов выполнения устройства по фиг.9;
- фиг.11- общую схему еще одного варианта выполнения устройства по фиг.10;
- фиг.12- разрез по направлению линии XII-XII на фиг.11;
- 20 фиг.13- общую схему одного из вариантов выполнения устройства, согласно изобретению, по фиг.1 и 4;
- фиг.14- график зависимости микротвердости азотированного слоя обрабатываемого изделия от глубины слоя для инструментальной быстрорежущей стали, полученной устройством по фиг.2.
- 25

Лучшие варианты осуществления изобретения

- Способ обработки изделий в плазме газового разряда, согласно изобретению, заключается в том, что создают между анодом и интегрально-холодным катодом двухступенчатый вакуумно-дуговой разряд, проводят вакуумно-плазменную обработку обрабатываемого изделия путем его нагрева до рабочей температуры и выдержку его в заданном температурном режиме в среде рабочего газа. Возбуждаемый между анодом и интегрально-холодным катодом двухступенчатый вакуумно-дуговой разряд имеет разделенные между собой металло-газовую ступень плазмы и газовую ступень плазмы (газовый
- 30
- 35

- II -

разряд). Последнюю ступень создают ионизацией рабочего газа электронами, сепарируемыми из металло-газовой ступени плазмы вакуумно-дугового разряда.

Если между интегрально-холодным катодом и анодом воз-
5 будить вакуумно-дуговой разряд в присутствии рабочего газа, то междуэлектродное пространство заполняется металло-газовой плазмой, в которой присутствуют ионы металла, генерируемые катодным пятном вакуумной дуги, а также газовые ионы, образуемые в межэлектродном пространстве в результате
10 процессов перезарядки металлических ионов. Если в разрядном промежутке произвести сепарацию электронного потока от потока ионов, то под воздействием электрического поля анода сепарированные из металло-газовой ступени плазмы электроны ускоряются и ионизируют рабочий газ, заключенный в простран-
15 стве, примыкающем к аноду.

Это пространство заполнено только плазмой рабочего газа и в ней не присутствуют ионы металла. В то же время сохраняются достоинства вакуумно-дугового разряда, а именно, большой разрядный электронный ток.

20 Величина электронного тока, который может быть получен в вакуумно-дуговом разряде с нижнего предела ограничена минимальным током стабильного горения дуги (в зависимости от материала катода и способа удержания катодных пятен на катоде ток может быть равным от 20 до 200 А). Верхний
25 предел разрядного тока определяется теплофизическими свойствами охлаждаемого катода. Рабочая поверхность этого катода в процессе работы не должна прогреваться до температуры, при которой возрастает эрозия. Эта температура зависит от температуры плавления материала катода.

30 Высокие значения разрядного электронного тока вакуумно-дугового разряда приводят к возрастанию степени ионизации плазмы рабочего газа, а, следовательно, к повышению ее химической активности.

Кроме того, большие значения тока вакуумно-дугового
35 разряда увеличивают нагревательную способность разряда, что существенно при вакуумно-плазменной обработке крупногабаритных изделий с большой массой.

- 12 -

Плазму газового разряда создают при пониженном давлении рабочего газа, обеспечивающем стабильное существование вакуумно-дугового разряда, преимущественно, в интервале 10^{-2} - 10 Па.

5 Указанный диапазон давлений характеризует наиболее оптимальную область стабильного существования вакуумно-дугового разряда. Ниже и выше этого диапазона напряжение на электродах разряда существенно возрастает, а стабильность разряда из-за появляющихся пульсаций тока резко ухудшается (разряд может произвольно прекращаться и не существует длительное время).

10

Вакуумно-плазменную обработку, включающую операции нагрева изделия до рабочей температуры и его выдержку в заданном температурном интервале, осуществляют в газовой ступени плазмы вакуумно-дугового разряда, преимущественно, в среде азота, используемого в качестве рабочего газа.

15

Вакуумно-плазменная обработка в газовой ступени плазмы вакуумно-дугового разряда может производиться при одновременной дополнительной обработке изделия направленным пучком ускоренных частиц, в частности, направленным пучком нейтральных частиц - газовых молекул, например, аргона. Поскольку при обработке изделия пучком ускоренных частиц на изделие не подается потенциал от внешнего источника, то возможна эффективная обработка диэлектрических изделий, а также металлических изделий без образования на последних следов катодных пятен, что исключает брак изделий в результате существенного ухудшения исходного класса чистоты обрабатываемой поверхности изделия.

20

25

В случае, когда необходимо сохранить исходный класс чистоты поверхности обрабатываемого изделия, и при вакуумно-плазменной обработке изделий с тонкопленочным покрытием, когда недопустимо травление поверхности из-за возможности полного или частичного разрушения пленочного покрытия, в одном из вариантов выполнения способа, согласно изобретению, нагрев обрабатываемого изделия до рабочей температуры и выдержку этого изделия в заданном температурном интервале в плазме газового разряда осуществляют путем подачи положитель-

30

35

- 13 -

ного потенциала на обрабатываемое изделие.

При подаче положительного потенциала во время нагрева обрабатываемого изделия и выдержки этого изделия в заданном температурном интервале в плазме газового разряда обрабатываемое изделие подвергается электронной бомбардировке. Масса электрона мала, а поэтому общеизвестно, что при электронной бомбардировке распыление поверхности изделия не происходит, следовательно, сохраняется исходный класс чистоты поверхности. Величина положительного потенциала, подаваемого на катод и анод, составляет несколько десятков вольт (обычно ниже 100 В). При этом мощность, выделяемая на аноде, может достигать 60% от общей, прикладываемой к разряду мощности. При положительном потенциале на изделии невозможно образование катодных пятен, вызывающих эрозию поверхности обрабатываемого изделия.

Поддержание температуры во время выдержки обрабатываемого изделия в заданном температурном интервале осуществляется снижением тока разряда до необходимого уровня. Если при снижении тока разряда до значения минимального тока стабильного существования вакуумно-дугового разряда (как правило, несколько десятков ампер) удерживать температуру на необходимом уровне не удастся (это происходит при вакуумно-плазменной обработке изделий относительно небольшой массы), то использовать этот вариант выполнения способа не представляется возможным.

В случае, когда необходимо сохранить исходный класс чистоты поверхности обрабатываемых изделий относительно небольшой массы, в одном из вариантов выполнения способа, согласно изобретению, нагрев обрабатываемого изделия до рабочей температуры осуществляют путем подачи положительного потенциала на обрабатываемое изделие, а выдержку этого изделия в заданном температурном интервале в плазме газового разряда осуществляют при плавающем потенциале на обрабатываемом изделии.

Плавающий потенциал принимает всякое изделие, помещенное в плазму и на которое от внешнего источника питания не

- 14 -

подается напряжение. Изделие из-за большой подвижности электронов (по сравнению с ионами) самосогласованно заряжается отрицательно до такого потенциала, чтобы обеспечить равенство количества падающих на него ионов и электронов. При охлаждении изделия вследствие снятия с него напряжения оно может вновь подогреваться при положительном потенциале или при дискретной подаче на изделие положительного потенциала.

Величина отрицательного плавающего потенциала недостаточна, чтобы вызванная им ионная бомбардировка привела к распылению материала. (Плавающий потенциал в плазме ниже порога распыления материала).

Если при нагреве большой массы изделий сохранение исходного класса чистоты обрабатываемой поверхности не играет существенной роли и необходимо повысить адгезионные свойства поверхности изделий, то нагрев обрабатываемого изделия до рабочей температуры осуществляют путем подачи положительного потенциала на обрабатываемое изделие, а выдержку этого изделия в заданном температурном интервале путем подачи отрицательного потенциала на обрабатываемое изделие. При осуществлении выдержки в заданном температурном интервале при отрицательном потенциале образующаяся в результате ионной бомбардировки шероховатость поверхности и активация зародышевых центров способствует улучшению адгезионных свойств обрабатываемой поверхности изделия.

В случае, когда вакуумно-плазменной обработке подвергаются изделия со сквозными отверстиями, например, втулки или трубы, в способе, согласно изобретению, нагрев обрабатываемого изделия до рабочей температуры в плазме газового разряда и выдержку этого изделия в заданном температурном интервале осуществляют путем подачи отрицательного потенциала на обрабатываемое изделие. При этом разряд пропускают сквозь отверстия в обрабатываемом изделии. Подавая отрицательный потенциал на изделие, извлекают из плазмы газового разряда, проходящего сквозь отверстие, ионы газа, ускоряют их, бомбардируя стенки и разогревая их.

- 15 -

При подаче на изделие в процессе обработки отрицательного потенциала возможны дуговые пробои, характеризующиеся скачком тока и падением напряжения. При таком пробое изделие становится катодом вакуумно-дугового разряда с
5 появлением на его поверхности катодных пятен, в которых концентрируется вся энергия вакуумно-дугового разряда, выделяемая на катоде. Катодные пятна вызывают эрозию поверхности изделия, нарушая ее исходный класс чистоты. Для предотвращения этого явления в момент появления дуго-
10 вого пробоя с изделия снимают отрицательный потенциал при одновременном отключении питания газовой ступени плазмы вакуумно-дугового разряда. Общепринятого в таких случаях снятия отрицательного потенциала с изделия для устранения дуговых пробоев в условиях двухступенчатого вакуумно-дугово-
15 го разряда недостаточно.

Объясняется это тем, что при возникновении дугового пробоя на изделии и отключении источника питания, на изделии, помещенном в газовую плазму, возможно существование униполярной вакуумной дуги. Для существования последней не
20 требуется подвода электронов от внешних источников. Подвод электронов для существования разряда осуществляется непосредственно из газовой плазмы вследствие большей подвижности электронного компонента плазмы по отношению к ионному. Отвод электронов от изделия производится вследствие эмиссии
25 электронов от катодного пятна дуги в положительно заряженную относительно изделия плазму газового разряда.

Следует подчеркнуть, что подача отрицательного потенциала на обрабатываемое изделие в плазме рабочего газа, образуемой по патентуемому способу, не идентична подаче отрицательного потенциала на обрабатываемое изделие в тлеющем
30 разряде, поскольку в патентуемом способе изделие не является катодом разряда и для разогрева изделия используются ионы более мощного вакуумно-дугового разряда.

Подача положительного потенциала на изделия со сквозными отверстиями не решает проблему получения равномерного
35 упрочненного слоя в стенках отверстия, поскольку разряд не проходит сквозь отверстия, а горит у ближайшего к катоду

- 16 -

торца обрабатываемого изделия.

Таким образом, при вакуумно-плазменной обработке изделий со сквозными отверстиями по патентуемому способу разогрев изделий газовыми ионами с помощью отрицательного потенциала практически не имеет альтернативы.

Выдержка изделий в заданном температурном интервале производится регулированием величины разрядного тока.

В другом варианте выполнения способа, согласно изобретению, в случае, когда вакуумно-плазменной обработке подвергаются изделия со сквозными отверстиями, например втулки или трубы, в способе, согласно изобретению, нагрев обрабатываемого изделия в заданном температурном интервале в плазме газового разряда осуществляют путем подачи отрицательного потенциала на обрабатываемое изделие, а выдержку этого изделия в заданном температурном интервале при плавающем потенциале на обрабатываемом изделии.

Проведение процесса выдержки обрабатываемого изделия при плавающем потенциале целесообразно производить, когда необходимо обеспечить высокую скорость вакуумно-плазменной, в частности, химико-термической обработки в слоях толщиной до 20 мкм, в этом случае ток вакуумно-дугового разряда сохраняется на максимальном уровне (как и при нагреве), а, следовательно, активность плазмы рабочего газа - максимальная.

В одном из вариантов выполнения способа, согласно изобретению, нагрев обрабатываемого изделия до рабочей температуры и выдержку этого изделия в заданном температурном интервале в плазме газового разряда осуществляют при плавающем потенциале на обрабатываемом изделии.

При плавающем потенциале нагрев изделия происходит за счет энергии частиц плазмы. Ускорения частиц за счет подачи потенциала на изделие от внешнего источника питания не происходит. Энергия, передаваемая плазме, зависит от давления рабочего газа (чем выше давление, тем больше энергия, передаваемая плазме газа).

- 17 -

Нагрев обрабатываемого изделия до рабочей температуры и выдержку этого изделия в заданном температурном интервале в плазме газового разряда при плавающем потенциале на обрабатываемом изделии целесообразно проводить при вакуумно-плазменной обработке мелкогабаритных изделий (например, сверл диаметром до 3 мм).

В этом случае параметры разряда (давление рабочего газа и ток) очень четко определяют температуру изделия, а поэтому при обработке таких изделий необходимо точно соблюдать вышеуказанные параметры и не следить за температурой мелкогабаритных изделий, что обычно при проведении промышленного технологического процесса вызывает затруднения.

При обработке мелкогабаритных изделий, в частности, инструмента с острыми режущими кромками не происходит перегрева режущих кромок из-за повышенной концентрации заряженных частиц, обусловленной повышенными значениями напряженности электрического поля вблизи указанных кромок при подаче на изделие положительного или отрицательного потенциала.

В общем случае, помимо вышеописанных вариантов осуществления нагрева и выдержки, в патентуемом способе нагрев может осуществляться при подаче положительного потенциала на обрабатываемое изделие, а выдержка - при дискретной подаче на изделие положительного потенциала, нагрев при подаче положительного потенциала на обрабатываемое изделие, а выдержка - при подаче плавающего потенциала на изделие; нагрев при подаче отрицательного потенциала на обрабатываемое изделие, а выдержка - при дискретной подаче положительного потенциала на изделие; нагрев при подаче отрицательного потенциала на обрабатываемое изделие, а выдержка - при подаче положительного потенциала на изделие; нагрев при плавающем потенциале на обрабатываемом изделии, а выдержка - при дискретной подаче положительного потенциала на изделие; нагрев при

- 18 -

плавающим потенциале на обрабатываемом изделии, а выдержка при подаче отрицательного потенциала на изделие.

5 Все вышеописанные варианты выполнения способа, согласно изобретению, предусматривают после проведения процесса нагрева и выдержки в заданном температурном режиме осуществление операции нанесения покрытия на поверхность изделия в газовой ступени вакуумно-дугового разряда.

10 В одном из вариантов выполнения способа одновременно с нанесением покрытия на поверхность обрабатываемого изделия создают в газовой ступени плазмы вакуумно-дугового разряда магнитное поле, силовые линии которого расположены в плоскостях, перпендикулярных направлению электронного тока вакуумно-дугового разряда.

15 Создаваемое, согласно этому варианту способа, магнитное поле отклоняет электронный поток, проводящий ток в промежутке анод-катод, в заданном направлении. В результате этого увеличивается плотность ионного тока, а, следовательно, увеличивается и активность плазмы и соответственно производительность способа, согласно изобретению в целом.

20 Ниже будут подробно описаны варианты выполнения устройства для обработки изделий в плазме газового разряда, осуществляющего способ, согласно изобретению.

25 Устройство для обработки изделий в плазме газового разряда, согласно изобретению, осуществляющее патентуемый способ, содержит рабочую камеру I (фиг. I), в которой размещены интегрально-холодный катод 2, анод 3 и держатель 4 для обрабатываемого изделия 5.

30 Камера I соединена с источником 6 рабочего газа и имеет патрубок 7, соединенный с насосом (на чертеже не показан, так как не является предметом нашего изобретения) для откачки воздуха из рабочего объема камеры I по направлению стрелки А и создания в ней вакуума.

35 Катод 2 и анод 3 через изоляторы 8, смонтированные в стенки камеры I, соединены с источником 9 постоянного тока.

Катод 2 имеет экран I0, образующий на катоде 2 нерабочую II и рабочую I2 поверхности катода 2.

- 19 -

В качестве анода 3 использовано обрабатываемое изделие 5.

5 В камере I в зоне интегрально-холодного катода 2 размещено непроницаемое для ионов металла, генерируемых интегрально-холодным катодом 2, средство I3 для сепарации электронов из металло-газовой ступени плазмы вакуумно-дугового разряда.

10 В этом варианте выполнения устройства, согласно изобретению, средство I3 выполнено в виде набора V-образных пластин I4, обращенных одной своей боковой поверхностью I5 в сторону катода 2, а другой боковой поверхностью I6 в сторону изделия 5.

15 Средство I3 разделяет объем камеры I на две части I7 и I8. Часть I8 является рабочим объемом камеры I, а часть I7 является вспомогательной и служит для эмиссии электронов в часть I8.

20 На обрабатываемом изделии 5 закреплена термопара I9, которая выведена наружу вакуумной камеры I через изолятор 20, смонтированный в одну из стенок камеры I, и электрически соединена с регистрирующим температуру изделия 5 прибором 2I.

25 Этот вариант выполнения устройства, согласно изобретению, целесообразно использовать для патентуемого способа обработки крупногабаритных изделий, обладающих большой массой, у которых теплоотвод при рабочей температуре превосходит значение мощности, выделяемой на аноде 3, при минимальном токе стабильного горения дуги на катоде 2, когда нагрев изделия 5 и его выдержку в заданном температурном интервале осуществляют при подаче положительного потенциала на изделие 5- анод 3.

30 Вариант выполнения устройства, согласно изобретению, реализующего патентуемый способ, представленный на фиг. 2, выполнен аналогично устройству по фиг. I.

35 Отличие заключается в том, что в устройстве по фиг. 2 предусмотрены анод 22, установленный относительно интегрально-холодного катода 2 и средства I3 для сепарации

- 20 -

электронов с возможностью расположения обрабатываемого изделия 5 между катодом 2, средством 13 и анодом 22, двухпозиционный переключатель 23, соединенный с источником 9 постоянного тока и с анодом 3 и 22, и блок 24 управления двухпозиционным переключателем 23, вход которого электрически связан с термопарой 19, а выход кинематически связан с двухпозиционным переключателем 23. Анод 22 электрически отделен от камеры I изолятором 8, смонтированным в одну из стенок камеры I.

10 В описываемом варианте выполнения устройства, реализующего способ, согласно изобретению, средство 13 для сепарации электронов выполнено в виде лепестковой диафрагмы, лепестки 25 которой в зоне взаимного перекрытия расположены с зазором а вдоль продольной оси вакуумной
15 камеры I и перемещаются при помощи кривошипа 26 с ручкой 27, скрепленного с одним из лепестков 25 и выведенного через одну из стенок камеры I посредством вакуумного уплотнения 28 за пределы части I7 объема камеры I.

Этот вариант выполнения патентуемого устройства реализует способ, согласно изобретению, когда нагрев и
20 выдержку обрабатываемого изделия 5 осуществляют при положительном потенциале; когда нагрев осуществляют при положительном потенциале, а выдержку - при плавающем потенциале; когда нагрев и выдержку осуществляют при
25 плавающем потенциале.

Кроме того, этот вариант патентуемого устройства реализует способ, предусматривающий после выдержки обрабатываемого изделия 5 в заданном температурном режиме в газовой ступени плазмы вакуумно- дугового разряда, на-
30 несение на поверхность обрабатываемого изделия 5 покрытия из соединения материала интегрально-холодного катода 2 с рабочим газом, например, азотом.

Вариант выполнения устройства, согласно изобретению, представленный на фиг. 3, выполнен аналогично устройству по фиг. 1 и 2.

35 Отличие заключается в том, что V-образные пластины 14 (фиг. 3) средства 13 установлены с возможностью возвратно-

- 2I -

поступательного перемещения относительно стенок камеры I по направлению стрелок B и C. для этого камера I имеет патрубок 29, в котором размещен шток 30 с ручкой 31, выведенный наружу патрубка 29 через вакуумное уплотнение 32, 5 вмонтированное в стенку патрубка 29. Шток 30 с одного своего конца скреплен с пластинами I4.

Этот вариант выполнения устройства наиболее целесообразно использовать для повышения износостойкости изделий, прошедших вакуумно-плазменную, в частности химико-термическую обработку, путем последующего нанесения износостойкого покрытия из соединения металла, из которого 10 изготовлен интегрально-холодный катод 2, с рабочим газом-азотом. В части технологии осуществления обработки данный вариант выполнения устройства идентичен предыдущему варианту по фиг. 2.

Вариант выполнения устройства по фиг.4 для реализации 15 способа, согласно изобретению, выполнен аналогично устройству по фиг.3.

Отличие заключается в том, что средство I3 (фиг. 4) 20 для сепарации электронов выполнено в виде жалюзи, пластины 33 которой соединены со штоком 34 с ручкой 35, выведенным через вакуумное уплотнение 36, вмонтированное в одну из стенок камеры I, наружу I7 рабочего объема камеры I.

Кроме того, устройство содержит еще один источник 37 25 постоянного тока, соединенный своим отрицательным полюсом через переключатель 38 с держателем 4 изделия 5, а своим положительным полюсом с камерой I.

Этот вариант выполнения устройства реализует способ, 30 согласно изобретению, когда нагрев изделия 5 осуществляют при подаче положительного потенциала на изделие 5, а его выдержку - при подаче отрицательного потенциала на изделие 5; когда нагрев изделия 5 и его выдержку осуществляют при плавающем потенциале; когда нагрев изделия 5 осуществляют 35 при отрицательном потенциале, а выдержку - при дискретной подаче на изделие 5 положительного потенциала; когда на-

- 22 -

грев и выдержку осуществляют при отрицательном потенциале на изделии 5; когда нагрев осуществляют при отрицательном потенциале; а выдержку - при положительном потенциале на изделии 5; когда нагрев осуществляют при отрицательном потенциале, а выдержку - при плавающем потенциале изделий 5; когда нагрев осуществляют при плавающем потенциале, а выдержку - при положительном потенциале на изделии 5; когда нагрев осуществляют при плавающем потенциале, а выдержку - при отрицательном потенциале на изделии 5.

10 Кроме того, этот вариант выполнения устройства реализует способ, когда для повышения износостойкости изделий, прошедших вакуумно-плазменную, в частности химико-термическую обработку, осуществляют последующее нанесение износостойкого покрытия материалом катода 2 или из соединения материала катода 2 с рабочим газом-азотом.

15 Вариант выполнения устройства по фиг.5 для реализации способа, согласно изобретению, выполнен аналогично фиг.1.

20 Отличие заключается в том, что средство 13 (фиг.5) для сепарации электронов выполнено в виде Г-образного патрубка 39, один из торцов 40 которого соединен с камерой I и направлен в сторону анода 3, а в непосредственной близости от торца 41 установлен катод 2, рабочая поверхность 12 которого размещена вне зоны прямой оптической видимости с внутренними стенками 42 камеры I.

25 В устройстве, изображенном на фиг.5, реализуется патентуемый способ, в котором нагрев обрабатываемого изделия 5 и его выдержка производится путем подачи положительного потенциала на изделие 5.

30 Однако очевидно, что вариант устройства со средством 13 в виде Г-образного патрубка 39 может быть применен в устройстве, изображенном на фиг.2,3 и 4 для осуществления вакуумно-плазменной обработки по технологии, присущей ранее описанным устройствам по фиг.2,3 и 4.

35 Еще один вариант устройства для реализации патентуемого способа представлен на фиг.6.

- 23 -

Вариант выполнения устройства по фиг.6 для реализации способа, согласно изобретению, выполнен аналогично фиг.1.

5 Отличие заключается в том, что средством I3 (фиг.6) для сепарации электронов служит непосредственно стенка 43 вакуумной камеры I, расположенная в зоне интегрально-холодного катода 2, при этом катод 2 установлен так, что его рабочая поверхность I2 обращена в сторону этой стенки 43.

10 В устройстве, изображенном на фиг.6, реализован патентуемый способ, в котором нагрев обрабатываемого изделия 5 и его выдержку осуществляют при подаче положительного потенциала на изделия 5.

15 Однако этот вариант расположения интегрально-холодного катода 2 так, что его рабочая поверхность I2 обращена в сторону, противоположную аноду 3, и использования в качестве средства I3 соответствующей стенки камеры I может быть применен в устройстве, изображенном на фиг.2,3 и 4.

20 Вариант выполнения устройства по фиг.7 выполнен аналогично устройству по фиг.6.

25 Отличие заключается в том, что интегрально-холодный катод 2 (фиг.7) установлен с возможностью углового перемещения его рабочей поверхности I2 на 180° относительно стенки 43, что пунктирной линией показано на фиг.7.

В устройстве, изображенном на фиг.7, реализуется патентуемый способ, в котором нагрев обрабатываемого изделия 5 и его выдержка производится путем подачи положительного потенциала на изделие 5.

30 Вариант выполнения устройства, согласно изобретению, представленный на фиг.8, выполнен аналогично устройству по фиг.1 и 4.

35 Отличие заключается в том, что анод 22 (фиг. 8) выполнен в виде полого цилиндра 44, торец 45 которого направлен в сторону катода 2 и в полости 46 которого расположено обрабатываемое изделие 47 в виде стержней установленных на держателе 48. Цилиндр 44 охвачен

- 24 -

5 соленоидом 49, расположенным снаружи камеры I. В камере I установлен соосно с цилиндром 44 между V-образными пластинами 14 средства 13 и торцом 45 этого цилиндра 44 в непосредственной близости от них диск 50 с центральным отверстием 51.

10 Это устройство может быть использовано для интенсификации процесса вакуумно-плазменной обработки, а также при проведении патентуемого способа, когда нагрев обрабатываемого изделия 47 до рабочей температуры и выдержку этого изделия 47 в заданном температурном интервале в плазме газового разряда осуществляют при плавающем потенциале на обрабатываемом изделии; а также, когда нагрев обрабатываемого изделия 47 до рабочей температуры осуществляют при положительном потенциале, а выдержку 15 этого изделия 47 в заданном температурном режиме - при плавающем потенциале. В обоих указанных случаях при выдержке целесообразно поддерживать заданную температуру изделия 47 путем дискретной подачи на него положительного потенциала.

20 Устройство по фиг.9 выполнено аналогично устройству по фиг.8.

Отличие заключается в том, что в нем предусмотрена распыляемая мишень 52 (фиг.9) с центральным отверстием 53, установленная соосно с диском 49 и цилиндром 44 25 между пластинами 14 средства 13 и торцом 45 цилиндра 44.

Распыляемая мишень 52 в описываемом варианте выполнения устройства выполнена в виде диска 54, имеющего центральное отверстие 53.

30 Распыляемая мишень 52 соединена с отрицательным полюсом индивидуального источника 55 постоянного тока через изолятор 56, смонтированный в стенку камеры I. Распыляемая мишень 52 имеет поверхность 57 распыления.

Этот вариант устройства разумно использовать для интенсификации процесса вакуумно-плазменной обработки, 35 а также при проведении патентуемого способа когда нагрев обрабатываемого изделия 47 до рабочей температуры и вы-

- 25 -

5 держку этого изделия 47 в заданном температурном интервале в плазме газового разряда осуществляют при плавающем потенциале на обрабатываемом изделии 47, а также, когда нагрев обрабатываемого изделия 47 до рабочей температуры осуществляют при положительном потенциале, а
10 выдержку этого изделия 47 в заданном температурном режиме - при плавающем потенциале. В обоих указанных случаях при выдержке целесообразно поддерживать заданную температуру изделия 47 путем дискретной подачи на него положительного потенциала.

10 Кроме того, это устройство может быть использовано для повышения износостойкости изделий, прошедших вакуумно-плазменную, в частности химико-термическую обработку, путем последующего нанесения износостойкого покрытия
15 из соединения металла из которого изготовлена распыляемая мишень 52, с рабочим газом-азотом или иным рабочим газом.

Устройство по фиг.10 выполнено аналогично устройству по фиг.9.

20 Отличие заключается в том, что распыляемая мишень 52 (фиг. 10) выполнена в виде полого цилиндра 58, анод 22 выполнен в виде кольца 59, а средство 13 для сепарации электронов выполнено в виде диска 60, установленного с зазором в относительно стенок 61 вакуумной камеры I.
25 Площадь поперечного сечения полости 62 кольца 59 равна площади поперечного сечения полости 63 цилиндра 58.

30 держатель 48 для обрабатываемого изделия 47 расположен в полости 63. диск 60 установлен относительно торца 64 цилиндра 58 с зазором с. Полость 63 цилиндра 58 является центральным отверстием 53 мишени 52, имеющей поверхность 57 распыления.

Этот вариант устройства целесообразно использовать для интенсификации процесса нанесения износостойкого покрытия из материала распыляемой мишени 52 на изделие 47, прошедшее вакуумно-плазменную, в частности
35 химико-термическую обработку.

- 26 -

В части технологии осуществления вакуумно-плазменной обработки, включающей нагрев и выдержку, данный вариант выполнения устройства аналогичен предыдущему.

5 Устройство, согласно изобретению, реализующее патентуемый способ и представленное на фиг.11 и 12; выполнено аналогично устройству по фиг.10.

10 Отличие заключается в том, что распыляемая мишень 52 (фиг.11 и 12) выполнена в виде набора изолированных посредством изоляторов 65 одна от другой дугообразных пластин 66, установленных по окружности, как показано на фиг.12, образуя, таким образом, центральное отверстие 53 распыляемой мишени 52, имеющей поверхность 57 распыления.

15 В описываемом варианте выполнения устройства площадь поперечного сечения полости 62 (фиг.11) кольца 59 больше площади поперечного сечения центрального отверстия 53 распыляемой мишени 52.

20 Этот вариант устройства желательно использовать для получения высококачественных упрочняющих покрытий, поскольку при таком конструктивном выполнении мишени 52 резко снижается вероятность возникновения дуговых разрядов на ее поверхности, следовательно, исключается появление капельной фазы в наносимом на изделие 47 покрытии.

25 Устройство, представленное на фиг.13, выполнено аналогично устройству по фиг.1 и 4.

30 Отличие заключается в том, что в устройстве, согласно изобретению, по фиг.13 предусмотрен источник 67 ускоренных частиц, соединенный с вакуумной камерой I. Источник 67 содержит газоразрядную камеру 68, в которой расположены холодный полый катод 69 и анод 70. Источник 67 содержит также средство 71 питания разряда, возбуждаемого в газоразрядной камере 68, соединенное с катодом 69, анодом 70 и со средством 72 ускоряющего напряжения, соединенным отрицательным полюсом с вакуум-
35 ной камерой I, и эмиссионную сетку 73, соединенную с отрицательным полюсом средства 74 питания, соединенного

- 27 -

со средством 72.

Этот вариант выполнения устройства целесообразно использовать при осуществлении нагрева изделия 5 и его выдержки при плавающем потенциале для повышения эффективности процесса вакуумно-плазменной обработки изделий, преимущественно, из диэлектрических материалов.

Принцип работы патентуемого устройства для обработки изделий в плазме газового разряда, осуществляющего способ, согласно изобретению, заключается в следующем.

Воздух из вакуумной камеры I (фиг. I) посредством насоса (на чертеже не показан) через патрубок 7 откачивается до давления примерно на порядок меньше, чем рабочее давление. После обезгаживания камеры I в нее производится напуск рабочего газа. Рассмотрим в качестве примера выполнение патентуемого способа обработки процесс азотирования, как наиболее часто применяемый в промышленных условиях и осуществляемый при использовании в качестве рабочего газа-азота. Напуск рабочего газа производят с помощью источника 6. Давление азота устанавливают в интервале 10^{-2} - 10 Па.

На анод 3 и интегрально-холодный катод 2 подают напряжение от источника 9 постоянного тока. С помощью системы поджига вакуумно-дугового разряда (на чертеже не показана, поскольку общеизвестна и не является предметом изобретения) на катоде 2 инициируется катодное пятно.

Катодное пятно перемещается по рабочей поверхности II катода 2. По нерабочей поверхности II катода 2 катодное пятно перемещаться не имеет возможности, поскольку вся нерабочая поверхность II катода 2 прикрыта изолированным от катода 2 экраном 10, прерывающим связи катода 2 с анодом 3 через столб плазмы.

Столб плазмы, генерируемый катодным пятном, состоит из ионов металла (продуктов эрозии материала катода 2), ионизируемых в прикатодной области вакуумно-дугового разряда и распространяющихся от катода 2 с высокой скоростью по прямолинейным траекториям, и электронов. Помимо ионов металла в столбе плазмы присутствуют ионы рабочего газа,

- 28 -

5 образующиеся в результате процесса перезарядки при столкновении металла с нейтральными молекулами рабочего газа. Поскольку ионы металла распространяются по прямо-
линейным траекториям, а между катодом 2 и анодом 3 разме-
щено средство 13, то ионы металла задерживаются на
10 V-образных пластинах 14, конденсируясь на них. Под воздействием электрического поля анода 3, проходящего сквозь зазоры между V-образными пластинами 14 средства 13, электроны металло-газовой плазмы из части 17 объема
камеры I с с металло-газовой плазмой устремляются
в часть 18 и ионизируют находящийся в не. рабочий газ,
образуя газовую плазму, сквозь которую проходит ток
вакуумно-дугового разряда.

15 Таким образом, средство 13 является границей двух разнородных в физическом отношении областей: области металло-газовой плазмы, заполняющей часть 17 камеры I, и области чисто газовой плазмы, заполняющей часть 18 ка-
меры I.

20 Основной особенностью вакуумно-дугового разряда является то, что электронные токи разряда ограничивают-
ся только тепло- физическими свойствами интегрально-
-холодного катода 2. Несложно обеспечить силу тока
вакуумно-дугового разряда в несколько сотен и даже тысяч
ампер. При таких высоких значениях тока газовая плазма в
25 части 18 объема камеры I имеет высокую степень иониза-
ции (десятки процентов), а поэтому обладает высокой активностью.

30 При электронной бомбардировке поверхности анода 3- изделия 5 последнее прогревается. Контроль температуры производится с помощью термопары 19, закрепленной на из-
делии 5. После достижения рабочей температуры изделия 5 ток разряда снижается до значения, при котором мощность,
выделяемая на аноде 3, станет равной теплоотводу от
изделия 5 (через излучение и теплопередачу), и при этом
35 токе осуществляется выдержка изделия 5 в заданном тем-
пературном интервале, в течение которой поверхностный
слой изделия 5 насыщается рабочим газом, то есть осу-

- 29 -

5 ществляется процесс вакуумно-плазменной, в частности химико-термической обработки. Ограничением к снижению тока вакуумно-дугового разряда является минимальный ток стабильного существования разряда, ниже которого
10 разряд существует нестабильно. Для катода 2, выполненного из различных металлов, этот ток составляет десятки ампер. Поэтому устройство, у которого анодом 3 является изделие 5 (такое устройство конструктивно наиболее простое), можно применять при вакуумно-плазменной обработке относительно массивных изделий, у которых значительный теплоотвод при рабочих температурах. Проведение вакуумно-плазменной обработки при положительном потенциале имеет то преимущество, что электронная бомбардировка поверхности изделия 5 не приводит к распылению поверхности, а
15 поэтому изделие 5 при вакуумно-плазменной обработке сохраняет исходный класс чистоты поверхности. Это особенно существенно, когда проводится вакуумно-плазменная, в частности, химико-термическая обработка изделий, на поверхность которых нанесено тонкопленочное покрытие,
20 которое при ионной бомбардировке (отрицательном потенциале на изделии) может быть частично или даже полностью разрушено.

В устройстве, изображенном на фиг.2 и осуществляющем способ, согласно изобретению, в котором выдержка изделия 5 в заданном температурном интервале осуществляется как при положительном, так и плавающем потенциале, отсутствуют ограничения на проведение процесса обработки изделий определенной массы.

Работает устройство следующим образом.

30 Нагрев изделия 5 производится при подаче положительного потенциала на изделие 5 от источника 9 постоянного тока. При этом переключатель 23 находится в положении I, когда температура изделия 5 достигнет заданной, блок 24 управления переключает переключатель 23 в положение II, при этом анодом разряда становится анод 22, а изделие 5
35 находится при плавающем потенциале. Поскольку при переходе разряда с анода 3 на анод 22 ток вакуумно-дугового

- 30 -

разряда сохраняет свое первоначальное значение, то активность плазмы газового разряда остается на одном и том же уровне. Это выгодно отличает эту конструкцию устройства от конструкции устройства на фиг.1, в котором регулирование температуры изделия 5 осуществляется за счет снижения тока разряда, а, следовательно, снижения скорости проведения процесса вакуумно-плазменной обработки.

Устройство, изображенное на фиг.2, можно использовать также, как и устройство по фиг.1, но для этого переключатель 23 должен находиться в положении I.

График, изображенный на фиг.14, иллюстрирует эффективность процесса вакуумно-плазменной обработки, проводимого в устройстве, изображенном на фиг.2.

Проведено азотирование изделия 5 из быстрорежущей инструментальной стали следующего состава, масс. %:

W -6,1; C-0,8; Mo-5,1; Cr -4,0; Va -1,8, Fe-остальное.

Нагрев изделия 5 проводился при положительном потенциале, выдержка в заданном температурном интервале при комбинации положительного и плавающего потенциала, С помощью переключения переключателя 23 из положения I в положение II и наоборот поддерживаясь температура изделия 5 на заданном уровне. Параметры процесса вакуумно-плазменной, в данном случае химико-термической обработки следующие: парциальное давление азота- 8×10^{-2} Па, ток вакуумно-дугового разряда - 120 А, напряжение между анодами 3 и 22 и катодом 2-60 В, время выдержки при температуре 400°C -35 мин, при температуре 500°C-35 мин.

График на фиг.14 показывает зависимость микротвердости H_{μ} азотированного слоя, в мПа (ось ординат) от глубины h слоя, в микронах (ось абсцисс) для двух температур - 400°C (кривая d) и 500°C (кривая e)

Устройство по фиг.2 целесообразно использовать при вакуумно-плазменной обработке мелкогабаритных изделий, когда нагрев и выдержку осуществляют при плавающем потенциале на изделии 5. В этом случае переключатель 23

- 31 -

находится в положении II, а параметры вакуумно-дугового разряда (ток, напряжение) подбираются такими, чтобы температура на изделии 5 не превосходила температуру, заданную технологическим процессом.

5 При таком способе нагрева и выдержки в заданном температурном интервале можно температуру с достаточной для практики степенью точности **поддерживать**, выдерживая параметры вакуумно-дугового разряда постоянными на необходимом уровне, поэтому отпадает необходимость в
10 применении средств контроля температуры.

В устройстве по фиг.3 катод 2 выполнен из материала, образующего при химическом соединении с рабочим газом износостойкое металлосодержащее соединение, например, катод 2 может быть изготовлен из титана, который вступая
15 в реакцию с азотом, образует прочное, износостойкое соединение - нитрид титана.

После проведения процесса вакуумно-плазменной обработки изделия 5 по любому из описанных выше вариантов выполнения способа средство 13, выполненное в виде
20 набора V-образных пластин 14, закрепленных на штоке 30, ручкой 31 поднимается в патрубок 29. В результате обеспечивается беспрепятственный пролет ионов металла, генерируемых катодом 2, к поверхности обрабатываемого изделия 5. В присутствии рабочего газа - азота на поверхности обрабатываемого изделия 5, прошедшего процесс
25 вакуумно-плазменной, в частности химико-термической обработки, формируется тонкопленочный слой износостойкого соединения из нитрида титана.

При комплексной обработке резцов из инструментальной быстрорежущей стали следующего состава, масс. %:
30 W -6,1; C-0,8; Mo-5,1; Cr -4,0; Va -1,8; Fe -остальное, включающей азотирование с образованием азотированного слоя толщиной 15-25 мкм и с последующим нанесением износостойкого покрытия из нитрида титана толщиной 4 мкм,
35 износостойкость резцов увеличивается на 150-300% по сравнению с износостойкостью резцов, прошедших только химико-технологическую обработку.

- 32 -

В устройстве по фиг.4 источник 37 постоянного тока позволяет выдержку изделий в заданном температурном интервале проводить при отрицательном потенциале. Для этого после проведения процесса нагрева изделия 5 при положительном потенциале переключатель 23 из положения I переводится в положение II, то есть разряд переводится с анода 3 на анод 22, а держатель 4 подсоеди-
5 няется переключателем 38 к источнику 37. При этом на изделие 5 подается высоковольтный отрицательный потенциал, под воздействием которого ионы газовой плазмы ускор-
10 яются к поверхности изделия 5, производя, при этом, ее вакуумно-плазменную, в частности, химико-термическую обработку.

Приведенные ниже примеры иллюстрируют достоинства патентуемого способа, осуществляемого устройством по
15 фиг.4.

Проведено азотирование поверхности изделия 5- инстру- мента с пленочным покрытием. Такое азотирование осу- ществляется сквозь покрытие, поскольку в этом случае
20 наблюдается наилучшая адгезия слоя нитрида титана к ос- нове инструмента, изготовленного из быстрорежущей инстру- ментальной стали.

Была подвергнута азотированию партия изделий 5- режущих пластин из быстрорежущей инструментальной стали, содержащей; масс. % : W -3,1; C-0,8; Mo-5,1; Cr -4,0;
25 Va -1,8; Fe -остальное.

на пластины в устройстве, изображенном на фиг.4, предварительно было нанесено покрытие из нитрида титана толщиной 4 мкм. Покрытие наносилось при открытых створ-
30 ках жалюзи средства 13 для обеспечения свободного пере- мещения ионов металла интегрально-холодного катода 2 к поверхности обрабатываемого изделия 5. Затем створки средства 13 закрывались и одна партия пластин в коли- честве 20 штук подвергалась химико-термической обработ-
35 ке с нагревом при положительном потенциале и выдержкой в заданном температурном интервале при комбинации поло- жительного и плавающего потенциала со следующими пара-

- 33 -

метрами обработки: парциальное давление -8×10^{-2} Па, ток вакуумно-дугового разряда - 120 А, напряжение между анодами 3 и 22 и катодом 2-60 В, температура пластин - 500°C , время азотирования - 40 мин, а вторая партия

5 пластин также в количестве 20 штук подвергалась химико-термической обработке с нагревом при положительном потенциале и выдержкой в заданном температурном интервале при отрицательном потенциале на обрабатываемых пластинах со следующими параметрами обработки: парциальное

10 давление азота - 8×10^{-2} Па, ток вакуумно-дугового разряда - 60 А, напряжение между катодом 2 и анодом 22-60 В, температура пластин - 500°C , отрицательное напряжение на пластинах, получаемое с помощью источника 37-800 В, время азотирования - 40 мин.

15 При визуальном осмотре двух партий пластин обнаружено, что на кромке пластин второй партии шириной до 2 мм покрытие из нитрида титана отсутствует (из-за концентрации ионного потока на режущих кромках произошло катодное распыление слоя нитрида титана).

20 Испытаны пластины при точении стали, содержащем масс. %: С-0,36; Si -0,2; Mn -0,5; Cr -1,1, Fe -остальное, со следующими режимами обработки:

- скорость резания - 60 м/мин,
- подача - 0,63 мм/об,
- 25 - глубина резания - 1 мм.

Средняя износостойкость партии пластин, обработанных по режиму - комбинация положительного и плавающего потенциалов увеличилась по сравнению с исходной в 6,7 раз, а износостойкость пластин, обработанных по режиму - отрицательный потенциал, в 2,3 раза.

30

Приведенный пример наглядно иллюстрирует тот факт, что проведение химико-термической обработки изделий с тонкопленочным покрытием по традиционной методике с подачей отрицательного потенциала на изделие - нерационально.

35

В устройстве, изображенном на фиг.4, проведено упрочнение изделий 5- сверл диаметром 1,8 мм при плавающем

- 34 -

потенциале. На держателе 4 устанавливалась партия сверл в количестве 50 штук. Сверла азотировались при следующих параметрах обработки: парциальное давление азота - $6,5 \times 10^{-1}$ Па, ток разряда - 120 А, температура - 500°C , время нагрева сверл до температуры 480°C при плавающем потенциале 12 мин, время выдержки при температуре 480°C - 12 мин.

Испытание сверл производилось при сверлении отверстий в стали, содержащей, масс. %: С - 0,36; Si - 0,2; Mn - 0,5; Cr - 1,1; Fe - остальное, со следующим режимом сверления:

- 10 - число оборотов - 8430 об/мин,
- подача - 0,043 мм/об,
- глубина сверления - 4 мм.

Среднее увеличение износостойкости сверл составило 180%.

- 15 В устройстве, изображенном на фиг.5, при возбуждении вакуумно-дугового разряда между катодом 2 и анодом 3 ионы металла, распространяющиеся с рабочей поверхности 12 катода 2 по прямолинейным траекториям, в часть 18 объема камеры 1 не попадают.

- 20 В устройстве по фиг.6 ионный поток металло-газовой плазмы не выходит за пределы телесного угла в 180° с вершиной в центре катода 2, а поэтому металл не попадает на изделие 5.

- 25 В устройстве по фиг.7 вакуумно-плазменная обработка изделий проводится в положении катода 2, изображенном на фиг.7 пунктирной линией. При таком расположении катода 2 в объеме камеры 1, ограниченном телесным углом в 180° с вершиной в центре катода 2, можно также достаточно эффективно осуществлять процесс нанесения упрочняющих покрытий материалом катода.

- 30 В устройстве, изображенном на фиг.8, благодаря диску 50 с центральным отверстием 51 и полуму цилиндру 44 (анод 22), торец 45 которого направлен в сторону интегрально-холодного катода 2, электрическое поле внутри полости 46 полого цилиндра 44 направлено нормально оси цилиндра 44. Соленоид 43, охватывающий анод 22, создает аксиально-симметричное магнитное поле.

- 35 -

Таким образом, внутри полости 46 полого цилиндра 44 электрическое и магнитное поля направлены под углом 90° одно к другому.

Известно, что в газовой плазме, находящейся в скрещен-
5 ных радиальном электрическом и аксиальном магнитном полях, появляется азимутальный электронный ток Холла. Благодаря появлению электронного тока Холла увеличивается пробег
электрона и его время жизни, поэтому возрастает ионизиру-
ющая способность электронов и, как следствие, повышается
10 степень ионизации газовой плазмы. Повышение степени иони-
зации плазмы приводит к двум важным обстоятельствам:

- возрастает активность газовой плазмы, что приводит к интенсификации процесса вакуумно-плазменной обработки;

- возрастает доля электрической энергии, передаваемой
15 от вакуумно-дугового разряда газовой плазме, а это, в свою очередь, увеличивает нагревательную способность га-
зовой плазмы, используемой, в случае, когда нагрев и
выдержку обрабатываемого изделия в заданном температурном
интервале проводят при плавающем потенциале на обрабатывае-
20 мом изделии.

В устройстве по фиг.8 проведено два варианта азотирова-
ния изделия 47 из инструментальной быстрорежущей стали,
содержащей, масс. %: W -6,1; C-0,8; Mo- 5,1; Cr -4,0;
Va- 1,8; Fe -остальное.

В первом варианте азотированию подвергалось изделие 47
25 без включения соленоида 49, то есть процесс азотирования
ничем не отличался от процесса азотирования в устройстве
по фиг.1-7. Параметры процесса азотирования: парциальное
давление азота - $1,38 \times 10^{-1}$ Па, ток вакуумно-дугового разря-
30 да- 60А, ток в соленоиде 49 подбирался такой величины, что-
бы напряжение между катодом 2 и анодом 22 составляло 80 В,
время получения азотированного слоя толщиной 15 мкм соста-
вило 12 мин.

Таким образом, наличие скрещенных электрического и
35 магнитного полей в плазме газового разряда в устройстве по
фиг.8 интенсифицирует процесс вакуумно-плазменной обработ-
ки.

- 36 -

Устройство по фиг.9 обладает всеми преимуществами устройства по фиг.8 и, кроме того, имеет расширенные технологические возможности- возможность нанесения после проведения процесса вакуумно-плазменной, в частности химико-термической, обработки износостойкого покрытия. Для этого 5 распыляемая мишень 52 (диск 54) изготовлена из материала покрытия. При подаче на распыляемую мишень 52 высоковольтного отрицательного потенциала ее поверхность 57 распыления, обращенная к плазме газового разряда, подвергается ионной бомбардировке и вследствие этого распыляется. Распыленный 10 материал осаждается на изделии 47, образуя износостойкое покрытие. При нанесении покрытия в качестве рабочего газа используется смесь газов, состоящая из аргона и азота.

Таким образом, в устройстве по фиг.9 возможно проведение 15 комплексного процесса упрочнения, состоящего из химико-термической обработки и последующего нанесения упрочняющего покрытия, что в значительной мере повышает износостойкость изделия 47.

Устройство по фиг.10 позволяет выполнять и интенсифицировать процесс нанесения покрытия на изделие 47, прошедшее 20 вакуумно-плазменную, в частности, химико-термическую, обработку, и повысить равномерность нанесения покрытия по толщине.

В данном варианте выполнения устройства положительный столб плазмы вакуумно-дугового разряда проходит вдоль 25 внутренней поверхности цилиндра 58. При этом площадь сечения разряда на всем пути вдоль цилиндра 58 примерно постоянна, что обеспечивает постоянство плотности ионного тока на цилиндре 58 по всей его длине и, как следствие, обеспечивается однородность покрытия по длине протяженного 30 изделия 47, установленного внутри полости 63 цилиндра 58.

При работе этого варианта выполнения патентуемого устройства получены следующие параметры: давление аргона внутри 35 камеры 1- 5×10^{-1} Па, ток разряда - 100 А, напряжение между анодом 22 и катодом 2- 45 В, напряжение на мишени 52- 1000 В, ток в цепи мишени 52 - 14 А.

Скорость нанесения титанового покрытия на изделие 47, установленное на расстоянии 50 мм от мишени 52:

- 37 -

3.2 мкм/ч - изделие 47 установлено в нижней части мишени 52 по направлению электронного тока плазмы;

3.7 мкм/ч - изделие 47 установлено в центральной части мишени 52;

5 3.0 мкм/ч - изделие 47 установлено в верхней части мишени 52 по направлению электронного тока плазмы.

Таким образом, максимальная неоднородность покрытия вдоль оси изделия 47 составляет 19%.

Устройство по фиг.11 и 12 позволяет выполнять и
10 интенсифицировать процесс нанесения покрытия на изделия 47 прошедшие вакуумно-плазменную, в частности, химико-термическую, обработку и повысить качество наносимого покрытия по толщине за счет гарантированного исключения возникновения
15 капельной фазы при распылении мишени 52. Это обеспечивается конструктивным выполнением мишени 52, изображенным на фиг.12. Выполнение мишени 52 в виде изолированных одна от другой дугообразных пластин 66 снижает вероятность возникновения
20 дуговых разрядов на ее поверхности и, как следствие, исключается возможность появления капель металла при распылении мишени 52.

В остальном работа устройства по фиг.11 и 12 идентична работе устройства по фиг.10.

Устройство по фиг.13 позволяет выполнять и интенсифицировать процесс нанесения покрытий на изделия, прошедшие
25 вакуумно-плазменную, в частности химико-термическую обработку, и повысить адгезию наносимых покрытий.

Пучок ускоренных частиц источника 67 направляется на поверхность обрабатываемого изделия 5 и осуществляет его очистку, активацию и нагрев. Обладая высокой однородностью
30 плотности потока ускоренных частиц по его сечению пучок равномерно очищает и дополнительно нагревает поверхность изделия 5, что повышает качество наносимых далее покрытий.

Кроме того, обеспечивается очистка и нагрев диэлектрических изделий пучком быстрых нейтральных молекул, получаемых в результате перезарядки ионов, и/или пучком положительных ионов, заряд которых на поверхности диэлектрика
35

- 38 -

нейтрализуется электронами из плазмы вакуумно-дугового разряда.

Большой диапазон различных вариантов выполнения патентуемого способа способа обработки изделий в плазме газового разряда, реализуемого устройством, согласно изобретению, позволяет в больших промышленных объемах проводить интенсивную вакуумно-плазменную обработку изделий с последующим нанесением упрочняющих покрытий в диапазоне низких давлений 10^{-2} - 10 Па.

В патентуемом устройстве, реализующем способ, согласно изобретению, эффективно нагреваются обрабатываемые изделия и поддерживается их температура в заданном температурном интервале при подаче на изделия положительного потенциала или при плавающем потенциале. Известно, что электронная бомбардировка поверхности изделия не нарушает исходного класса чистоты поверхности, поэтому вакуумно-плазменная обработка при положительном потенциале не требует проведения последующих технологических операций: шлифовки и полировки.

Возможность проведения интенсивного процесса вакуумно-плазменной обработки при плавающем потенциале без подачи напряжения на изделия позволяет осуществлять процесс без контроля температуры на изделиях, что особенно существенно при обработке мелкогабаритных изделий, таких как, например, сверла диаметром до 3 мм, когда такой процесс измерения температуры затруднен, и что, самое главное, избежать отжига острых кромок, возникающего из-за увеличения концентрации количества заряженных частиц, бомбардирующих поверхность кромок при приложении напряжения к изделиям. Проведение процесса вакуумно-плазменной обработки при положительном потенциале позволяет исключить возможность возникновения дуговых разрядов на изделиях (зарождения на изделиях катодных пятен, что, в свою очередь, позволяет вести процесс вакуумно-плазменной обработки в оптимальном темпе, не зависящем от возможности зарождения на изделиях катодных пятен, вызывающих

- 39 -

эрозию поверхности изделий. Благодаря этому время проведения процесса вакуумно-плазменной обработки сокращается, поскольку отпадает необходимость в постепенном проведении процесса нагрева обрабатываемых изделий из-за образования на них катодных пятен вакуумно-дугового разряда.

При плавающем потенциале на обрабатываемых изделиях возможно образование униполярных дуг на их поверхности. Однако вероятность их появления значительно меньше, чем при подаче высоковольтного отрицательного потенциала.

10 Износостойкость режущего инструмента, обработанного по патентуемому способу, существенно возрастает, например, для резцов при точении труднообрабатываемых сталей на 200-600%, сверл - до 1000%, червячных фрез - до 300%.

15 Устройство, реализующее патентуемый способ, обладает высокой надежностью, поскольку интегрально-холодный катод в нем нагрет до температуры, не превышающей 300-400°C.

Кроме того, в устройстве, реализующем патентуемый способ, получают газовую плазму с более высокой степенью ионизации, а, следовательно, более химически активную, что позволяет сократить время получения упрочненных поверхностных слоев.

В устройстве, реализующем патентуемый способ, возможно помимо проведения процессов нагрева, очистки и химико-термической обработки проводить процессы нанесения тонкопленочных покрытий, поскольку интегрально-холодный катод вакуумно-дугового разряда, предназначенный для эмиссии электронов, возбуждающих плазму газового разряда, может одновременно служить в качестве источника испаряемого металла, из которого состоит тонкопленочное покрытие. Эти процессы осуществляются в одном и том же интервале давлений рабочего газа. При этом в результате комплексной обработки, например, режущего инструмента его износостойкость повышается на 150-300 %.

35 Промышленная применимость

Устройство для обработки изделий в плазме газового

- 40 -

- разряда, осуществляющее способ обработки изделий в плазме газового разряда, может быть использовано в машиностроении при упрочнении деталей машин для повышения их износостойкости, инструментальной промышленности при
- 5 упрочнении инструмента: резцов, фрез, сверл, протяжек, штампов, и химическом машиностроении при изготовлении оборудования, работающего в коррозионных средах.

- 41 -

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ обработки изделий в плазме газового разряда, включающий создание между анодом (3) и интегрально-холодным катодом (2) вакуумно-дугового разряда, вакуумно-плазменную обработку путем основного нагрева обрабатываемого изделия (5) до рабочей температуры и выдержку этого изделия (5) в заданном температурном режиме в среде рабочего газа, отличающийся тем, что между анодом (3) и интегрально-холодным катодом (2) возбуждают двухступенчатый вакуумно-дуговой разряд с разделенными между собой металло-газовой ступенью плазмы и газовой ступенью плазмы - газовым разрядом, при этом последнюю ступень создают ионизацией рабочего газа электронами, сепарированными из металло-газовой ступени плазмы вакуумно-дугового разряда.
2. Способ по п.1, отличающийся тем, что плазму вакуумно-дугового разряда создают при пониженном давлении рабочего газа в интервале 10^{-2} - 10 Па.
3. Способ по п.1 или п.2, отличающийся тем, что вакуумно-плазменную обработку обрабатываемого изделия (5) путем его основного нагрева до рабочей температуры и выдержку в заданном температурном режиме осуществляют в газовой ступени плазмы вакуумно-дугового разряда.
4. Способ по п.3, отличающийся тем, что во время основного нагрева обрабатываемого изделия (5) последнее дополнительно обрабатывают направленным пучком ускоренных частиц.
5. Способ по п.1 или п.2 или п.4, отличающийся тем, что в качестве рабочего газа используют азот.
6. Способ по п.3, отличающийся тем, что в качестве газа используют азот.
7. Способ по п.1 или п.2, или п.4, отличающийся тем, что основной нагрев обрабатываемого изделия (5) до рабочей температуры осуществляют путем

- 42 -

подачи на изделие 5. положительного потенциала.

8. Способ по п.3, отличающийся тем, что основной нагрев обрабатываемого изделия (5) до рабочей температуры осуществляют путем подачи на изделие (5) положительного потенциала.

9. Способ по п.5, отличающийся тем, что основной нагрев обрабатываемого изделия (5) до рабочей температуры осуществляют путем подачи на изделие (5) положительного потенциала.

10. Способ по п.1 или п.2, или п.4, отличающийся тем, что основной нагрев обрабатываемого изделия (5) до рабочей температуры осуществляют путем подачи на изделие (5) отрицательного потенциала.

11. Способ по п.3, отличающийся тем, что основной нагрев обрабатываемого изделия (5) до рабочей температуры осуществляют путем подачи на изделие (5) отрицательного потенциала.

12. Способ по п.5, отличающийся тем, что основной нагрев обрабатываемого изделия (5) до рабочей температуры осуществляют путем подачи на изделие (5) отрицательного потенциала.

13. Способ по п.1 или п.2 или п.4, отличающийся тем, что основной нагрев обрабатываемого изделия (5) до рабочей температуры осуществляют при плавающем потенциале на изделии (5), инициируемом плазмой газовой ступени вакуумно-дугового разряда.

14. Способ по п.3, отличающийся тем, что основной нагрев обрабатываемого изделия (5) до рабочей температуры осуществляют при плавающем потенциале на изделии (5), инициируемом плазмой газовой ступени вакуумно-дугового разряда.

15. Способ по п.5, отличающийся тем, что основной нагрев обрабатываемого изделия (5) до рабочей температуры осуществляют при плавающем потенциале на изделии (5), инициируемом плазмой газовой ступени вакуумно-дугового разряда.

- 43 -

16. Способ по п.4 или п.6, или п.8 или п.9 или п.II или п.I2 или п.I4 или п.I5, отличающийся тем, что в качестве направленного пучка ускоренных частиц используют направленный пучок нейтральных частиц.

5 17. Способ по п.5, отличающийся тем, что в качестве направленного пучка ускоренных частиц используют направленный пучок нейтральных частиц.

10 18. Способ по п.7, отличающийся тем, что в качестве направленного пучка ускоренных частиц используют направленный пучок нейтральных частиц.

19. Способ по п.I0, отличающийся тем, что в качестве направленного пучка ускоренных частиц используют направленный пучок нейтральных частиц.

15 20. Способ по п.I3, отличающийся тем, что в качестве направленного пучка ускоренных частиц используют направленный пучок нейтральных частиц.

20 21. Способ по п.I или п.2 или п.4 или п.6 или п.8 или п.9 или п.II или п.I2 или п.I4 или п.I5 или п.I7 или п.I8 или п.I9 или п.20, отличающийся тем, что выдержку обрабатываемого изделия (5) осуществляют путем подачи на изделие (5) положительного потенциала.

22. Способ по п.3, отличающийся тем, что выдержку обрабатываемого изделия (5) осуществляют путем подачи на изделие (5) положительного потенциала.

25 23. Способ по п.5, отличающийся тем, что выдержку обрабатываемого изделия (5) осуществляют путем подачи на изделие (5) положительного потенциала.

30 24. Способ по п.7, отличающийся тем, что выдержку обрабатываемого изделия (5) осуществляют путем подачи на изделие (5) положительного потенциала.

25. Способ по п.I0, отличающийся тем, что выдержку обрабатываемого изделия (5) осуществляют путем подачи на изделие (5) положительного потенциала.

35 26. Способ по п.I3, отличающийся тем, что выдержку обрабатываемого изделия (5) осуществляют путем подачи на изделие (5) положительного потенциала.

- 44 -

27. Способ по п.16, отличающийся тем, что выдержку обрабатываемого изделия (5) осуществляют путем подачи на изделие (5) положительного потенциала.

28. Способ по п.21, отличающийся тем, что подачу положительного потенциала на обрабатываемое изделие (5) осуществляют дискретно.

29. Способ по п.22 или п.23 или п.24 или п.25 или п.26 или п.27, отличающийся тем, что подачу положительного потенциала на обрабатываемое изделие (5) осуществляют дискретно.

30. Способ по п.1 или п.2 или п.4 или п.6 или п.8 или п.9 или п.11 или п.12 или п.14 или п.15 или п.17 или п.18 или п.19 или п.20, отличающийся тем, что выдержку обрабатываемого изделия (5) в заданном температурном режиме осуществляют путем подачи на изделие (5) отрицательного потенциала.

31. Способ по п.3, отличающийся тем, что выдержку обрабатываемого изделия (5) в заданном температурном режиме осуществляют путем подачи на изделие (5) отрицательного потенциала.

32. Способ по п.5, отличающийся тем, что выдержку обрабатываемого изделия (5) в заданном температурном режиме осуществляют путем подачи на изделие (5) отрицательного потенциала.

33. Способ по п.7, отличающийся тем, что выдержку обрабатываемого изделия (5) в заданном температурном режиме осуществляют путем подачи на изделие (5) отрицательного потенциала.

34. Способ по п.10, отличающийся тем, что выдержку обрабатываемого изделия (5) в заданном температурном режиме осуществляют путем подачи на изделие (5) отрицательного потенциала.

35. Способ по п.13, отличающийся тем, что выдержку обрабатываемого изделия (5) в заданном температурном режиме осуществляют путем подачи на изделие (5) отрицательного потенциала.

- 45 -

36. Способ по п.16, отличающийся тем, что выдержку обрабатываемого изделия (5) в заданном температурном режиме осуществляют путем подачи на изделие (5) отрицательного потенциала.

5 37. Способ по п.1 или п.2 или п.3 или п.6 или п.8 или п.9 или п.11 или п.12 или п.14 или п.15 или п.17 или п.18 или п.19 или п.20, отличающийся тем, что выдержку обрабатываемого изделия (5) в заданном температурном режиме осуществляют при плавающем потенциале на изделии (5), инициируемом плазмой газовой ступени вакуумно-дугового разряда.

10

38. Способ по п.3, отличающийся тем, что выдержку обрабатываемого изделия (5) в заданном температурном режиме осуществляют при плавающем потенциале на изделии (5), инициируемом плазмой газовой ступени вакуумно-дугового разряда.

15

39. Способ по п.5, отличающийся тем, что выдержку обрабатываемого изделия (5) в заданном температурном режиме осуществляют при плавающем потенциале на изделии (5), инициируемом плазмой газовой ступенью вакуумно-дугового разряда.

20

40. Способ по п.7, отличающийся тем, что выдержку обрабатываемого изделия (5) в заданном температурном режиме осуществляют при плавающем потенциале на изделии (5), инициируемом плазмой газовой ступени вакуумно-дугового разряда.

25

41. Способ по п.10, отличающийся тем, что выдержку обрабатываемого изделия (5) в заданном температурном режиме осуществляют при плавающем потенциале на изделии (5), инициируемом плазмой газовой ступени вакуумно-дугового разряда.

30

42. Способ по п.13, отличающийся тем, что выдержку обрабатываемого изделия (5) в заданном температурном режиме осуществляют при плавающем потенциале на изделии (5), инициируемом плазмой газовой ступени вакуумно-дугового разряда.

35

- 46 -

43. Способ по п.16, отличающийся тем, что выдержку обрабатываемого изделия (5) в заданном температурном режиме осуществляют при плавающем потенциале на изделии (5), инициируемом плазмой газовой ступени вакуумно-дугового разряда.

44. Способ по п.30, отличающийся тем, что при возникновении дуговых пробоев на обрабатываемом изделии (5) с изделия (5) снимают отрицательный потенциал при одновременном отключении питания газовой ступени плазмы вакуумно-дугового разряда.

45. Способ по п.31 или п.32 или п.33 или п.34 или п.35 или п.36 или п.38 или п.39 или п.40 или п.41 или п.42 или п.43, отличающийся тем, что при возникновении дуговых пробоев на обрабатываемом изделии (5) с изделия (5) снимают отрицательный потенциал при одновременном отключении питания газовой ступени плазмы вакуумно-дугового разряда.

46. Способ по п.37, отличающийся тем, что при возникновении дуговых пробоев на обрабатываемом изделии (5) с изделия (5) снимают отрицательный потенциал при одновременном отключении питания газовой ступени плазмы вакуумно-дугового разряда.

47. Способ по п.1 или п.2 или п.4 или п. 28, отличающийся тем, что после выдержки обрабатываемого изделия (5) в заданном температурном режиме в газовой ступени плазмы вакуумно-дугового разряда на поверхность обрабатываемого изделия (5) наносят покрытие.

48. Способ по п.3, отличающийся тем, что после выдержки обрабатываемого изделия (5) в заданном температурном режиме в газовой ступени плазмы вакуумно-дугового разряда на поверхность обрабатываемого изделия (5) наносят покрытие.

49. Способ по п.5, отличающийся тем, что после выдержки обрабатываемого изделия (5) в заданном температурном режиме в газовой ступени плазмы вакуумно-дугового разряда на поверхность обрабатываемого изделия (5) наносят покрытие.

- 47 -

50. Способ по п.7, отличающийся тем, что после выдержки обрабатываемого изделия (5) в заданном температурном режиме в газовой ступени плазмы вакуумно-дугового разряда на поверхность обрабатываемого изделия (5) наносят покрытие.

51. Способ по п.10, отличающийся тем, что после выдержки обрабатываемого изделия (5) в заданном температурном режиме в газовой ступени плазмы вакуумно-дугового разряда на поверхность обрабатываемого изделия (5) наносят покрытие.

52. Способ по п.13, отличающийся тем, что после выдержки обрабатываемого изделия (5) в заданном температурном режиме в газовой ступени плазмы вакуумно-дугового разряда на поверхность обрабатываемого изделия (5) наносят покрытие.

53. Способ по п.16, отличающийся тем, что после выдержки обрабатываемого изделия (5) в заданном температурном режиме в газовой ступени плазмы вакуумно-дугового разряда на поверхность обрабатываемого изделия (5) наносят покрытие.

54. Способ по п.21, отличающийся тем, что после выдержки обрабатываемого изделия (5) в заданном температурном режиме в газовой ступени плазмы вакуумно-дугового разряда на поверхность обрабатываемого изделия (5) наносят покрытие.

55. Способ по п.29, отличающийся тем, что после выдержки обрабатываемого изделия (5) в заданном температурном режиме в газовой ступени плазмы вакуумно-дугового разряда на поверхность обрабатываемого изделия (5) наносят покрытие.

56. Способ по п.3, отличающийся тем, что после выдержки обрабатываемого изделия в заданном температурном режиме в газовой ступени плазмы вакуумно-дугового разряда на поверхность обрабатываемого изделия (5) наносят покрытие.

57. Способ по п.37, отличающийся тем, что после выдержки обрабатываемого изделия (5) в заданном

- 48 -

температурном режиме в газовой ступени плазмы вакуумно-
дугового разряда на поверхность обрабатываемого изделия (5)
наносит покрытие.

58. Способ по п.45, отличающийся тем, что
5 после выдержки обрабатываемого изделия (5) в заданном
температурном режиме в газовой ступени плазмы вакуумно-
дугового разряда на поверхность обрабатываемого изделия (5)
наносит покрытие.

59. Способ по п.47, отличающийся тем, что
10 одновременно с нанесением покрытия на поверхность обра-
батываемого изделия (5) в зоне газовой ступени плазмы
вакуумно-дугового разряда создают магнитное поле, силовые
линии которого расположены в плоскостях, перпендикулярных
направлению тока вакуумно-дугового разряда.

15 60. Способ по п.48 или п.49 или п.50 или п.51 или п.52
или п.53 или п.54 или п.55 или п.56 или п.57 или п.58,
отличающийся тем, что одновременно с нанесением
покрытия на поверхность обрабатываемого изделия (5) в зоне
газовой ступени плазмы вакуумно-дугового разряда создают
20 магнитное поле, силовые линии которого расположены в
плоскостях, перпендикулярных направлению тока вакуумно-
дугового разряда.

61. Устройство для обработки изделий в плазме газовой
го разряда, содержащее источник (9) постоянного тока,
35 электрически связанный с интегрально-холодным катодом (2)
и основным анодом (3), которые размещены в вакуумной камере (1)
в среде рабочего газа при пониженном давлении, отлича-
ющийся тем, что в нем предусмотрено размещенное
в зоне интегрально-холодного катода (2) и непроницаемое
30 для ионов металла, генерируемых интегрально-холодным
катодом (2), средство (13) для сепарации электронов из
металло-газовой ступени плазмы вакуумно-дугового разряда.

62. Устройство по п.61, отличающееся тем,
что в качестве основного анода (3) использовано обрабаты-
35 ваемое изделие (5).

63. Устройство по п.61 или п.62, отличающееся -
ся тем, что в нем предусмотрены дополнительный анод (22),

- 49 -

установленный относительно интегрально-холодного катода (2) и средства (13) для сепарации электронов с возможностью расположения обрабатываемого изделия (5) между катодом (2), средством (13) для сепарации электронов и дополнительным анодом (22), и двухпозиционный переключатель (23), соединенный с обоими анодами (3,22) и источником (9) постоянного тока.

64. Устройство по п.61 или п.62, отличающееся тем, что средство (13) для сепарации электронов выполнено в виде набора V-образных пластин (14), обращенных одной своей боковой поверхностью (15) в сторону интегрально-холодного катода (2), другой боковой поверхностью (16) в сторону основного анода (3).

65. Устройство по п.63, отличающееся тем, что средство (13) для сепарации электронов выполнено в виде набора V-образных пластин (14), обращенных одной своей боковой поверхностью (15) в сторону интегрально-холодного катода (2), а другой своей боковой поверхностью (16) в сторону основного анода (3).

66. Устройство по п.64, отличающееся тем, что V-образные пластины (14) средства (13) для сепарации электронов установлены с возможностью возвратно-поступательного перемещения относительно стенок вакуумной камеры (1).

67. Устройство по п.65, отличающееся тем, что V-образные пластины (14) средства (13) для сепарации электронов установлены с возможностью возвратно-поступательного перемещения относительно стенок вакуумной камеры (1).

68. Устройство по п.61 или п.62, отличающееся тем, что средство (13) для сепарации электронов выполнено в виде жалюзи.

69. Устройство по п.63, отличающееся тем, что средство (13) для сепарации электронов выполнено в виде жалюзи.

70. Устройство по п.61 или п.62, отличающееся тем, что средство (13) для сепарации электронов выполнено в виде лепестковой диафрагмы, лепестки (25)

- 50 -

которой в зоне взаимного перекрытия расположены с зазором (а) вдоль продольной оси вакуумной камеры (I).

71. Устройство по п.63, отличающееся тем, что средство (13) для сепарации электронов выполнено в виде лепестковой диафрагмы, лепестки (25) которой в зоне взаимного перекрытия расположены с зазором (а) вдоль продольной оси вакуумной камеры (I).

72. Устройство по п.61 или п.62, отличающееся тем, что средство (13) для сепарации электронов выполнено в виде Г-образного патрубка (39), один из торцов (40) которого направлен в сторону основного анода (3), а в непосредственной близости от другого торца (41) установлен интегрально-холодный катод (2).

73. Устройство по п.63, отличающееся тем, что средство (13) для сепарации электронов выполнено в виде Г-образного патрубка (39), один из торцов (40) которого направлен в сторону основного анода (3), а в непосредственной близости от другого торца (41) установлен интегрально-холодный катод (2).

74. Устройство по п.61 или п.62, отличающийся тем, что средством (13) для сепарации электронов служит непосредственно стенка (43) вакуумной камеры (I), расположенная в зоне интегрально-холодного катода (2), при этом катод (2) установлен так, что его рабочая поверхность (12) обращена в сторону этой стенки (43).

75. Устройство по п.63, отличающееся тем, что средством (13) для сепарации электронов служит непосредственно стенка (43) вакуумной камеры (I), расположенная в зоне интегрально-холодного катода (2), при этом катод (2) установлен так, что его рабочая поверхность (12) обращена в сторону этой стенки (43).

76. Устройство по п.63, отличающееся тем, что средство (13) для сепарации электронов выполнено в виде диска (60), установленного с зазором (б) относительно стенок (61) вакуумной камеры (I).

77. Устройство по п.74, отличающееся тем, что интегрально-холодный катод (2) установлен с воз-

- 51 -

возможностью углового перемещения его рабочей поверхности (12) на 180° относительно стенки (43) вакуумной камеры (1), служащей средством (13) для сепарации электронов.

5 78. Устройство по п.75, отличающееся тем, что интегрально-холодный катод (2) установлен с возможностью углового перемещения его рабочей поверхности (12) на 180° относительно стенки (43) вакуумной камеры (1), служащей средством (13) для сепарации электронов.

10 79. Устройство по п.63, отличающееся тем, что в нем дополнительный анод (22) выполнен в виде полого цилиндра (44), торец (45) которого направлен в сторону интегрально-холодного катода (2) и в полости (46) которого
15 расположено обрабатываемое изделие (47), и предусмотрены охватывающий дополнительный анод (22), соленоид (49) и диск (50) с центральным отверстием (51), установленный соосно с дополнительным анодом (22) между средством (13) для сепарации электронов и торцом (45) дополнительного
20 анода (22) в непосредственной близости от этого средства (13) и этого анода (22).

80. Устройство по п.63, отличающееся тем, что в нем предусмотрена распыляемая мишень (52), имеющая центральное отверстие (53), соединенная с отрицательным
25 полюсом индивидуального источника (55) постоянного тока и размещенная между средством (13) для сепарации электронов и дополнительным анодом (22).

81. Устройство по п.79, отличающееся тем, что в нем предусмотрена распыляемая мишень (52), имеющая центральное отверстие (53), соединенная с отрицательным
30 полюсом индивидуального источника (55) постоянного тока и размещенная между средством (13) для сепарации электронов и дополнительным анодом (22).

82. Устройство по п.80, отличающееся тем, что распыляемая мишень (52) расположена соосно с дополнительным анодом (22).

- 52 -

83. Устройство по п.82, отличающееся тем, что распыляемая мишень (52) выполнена в виде диска (54), имеющего центральное отверстие (53).

5 84. Устройство по п.82, отличающееся тем, что в нем дополнительный анод (22) выполнен в виде кольца (59), при этом площадь поперечного сечения полости (62) кольца (59) дополнительного анода (22) равна площади поперечного сечения полости центрального отверстия (53) распыляемой мишени (52).

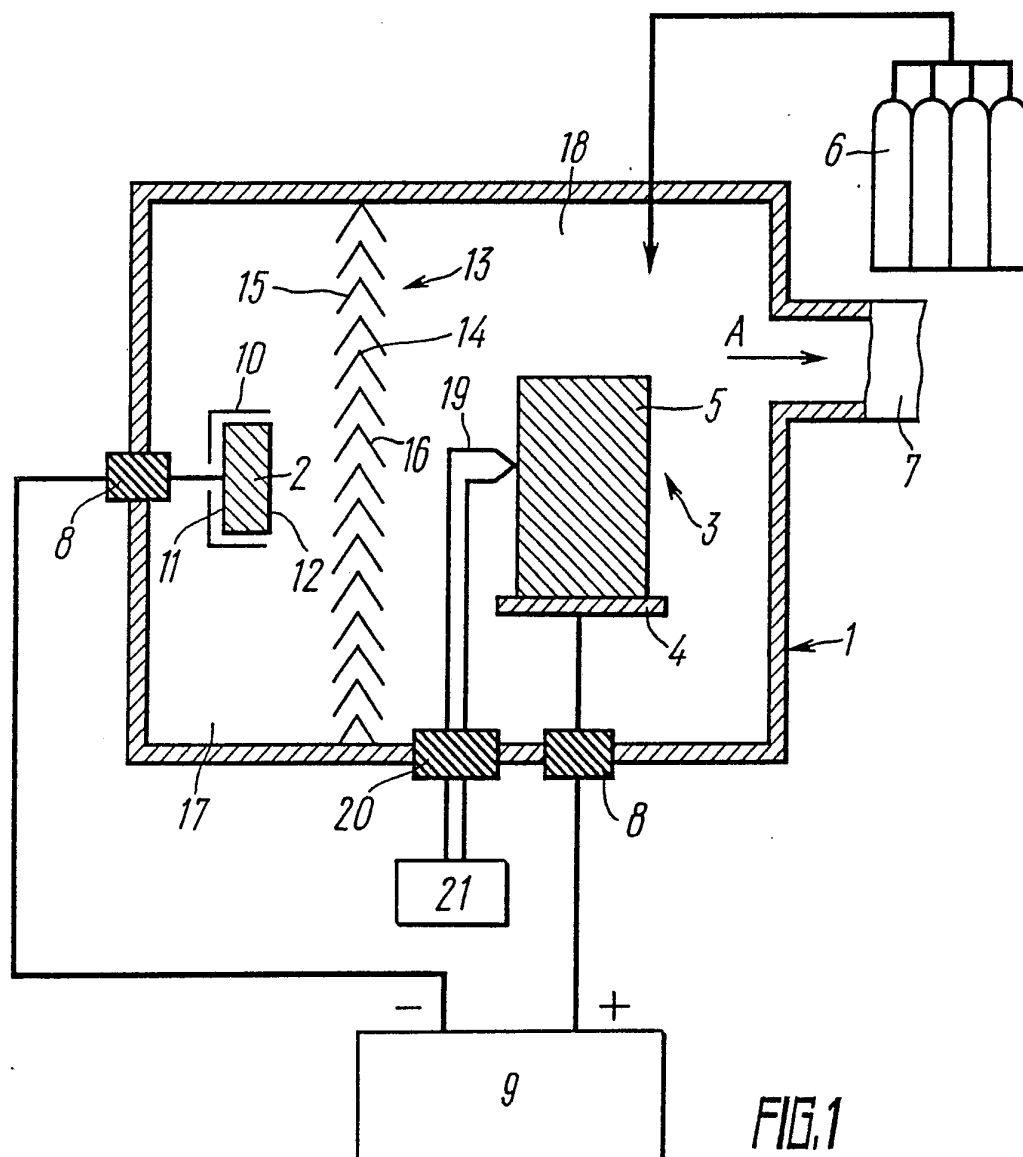
10 85. Устройство по п.82, отличающееся тем, что в нем дополнительный анод (22) выполнен в виде кольца (59), при этом площадь поперечного сечения полости (62) кольца (59) дополнительного анода (22) больше площади поперечного сечения полости центрального отверстия (53) распыляемой мишени (52).

15 86. Устройство по п.84, отличающееся тем, что распыляемая мишень (52) выполнена в виде полого цилиндра (58), полость (63) которого является центральным отверстием (53) распыляемой мишени (52).

20 87. Устройство по п.84, отличающееся тем, что распыляемая мишень (52) выполнена в виде набора изолированных одна от другой дугообразных пластин (66), установленных по окружности, образуя, таким образом, центральное отверстие (53) распыляемой мишени (52).

25 88. Устройство по п.85, отличающееся тем, что распыляемая мишень (52) выполнена в виде полого цилиндра (58), полость (63) которого является центральным отверстием (53) распыляемой мишени (52).

30 89. Устройство по п.85, отличающееся тем, что распыляемая мишень (52) выполнена в виде набора изолированных одна от другой дугообразных пластин (66), установленных по окружности, образуя, таким образом, центральное отверстие (53) распыляемой мишени (52).

$$\frac{1}{14}$$


2/14

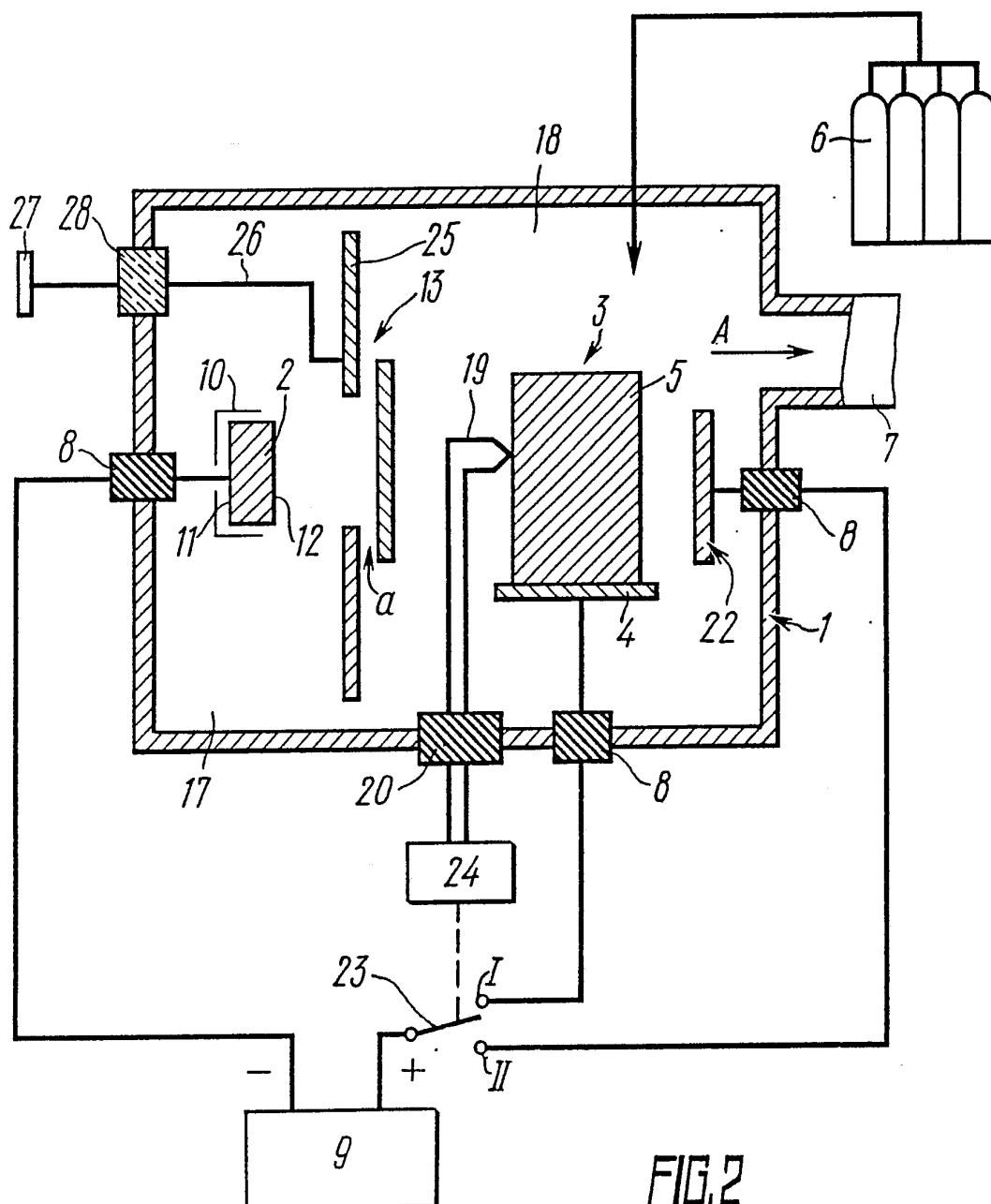
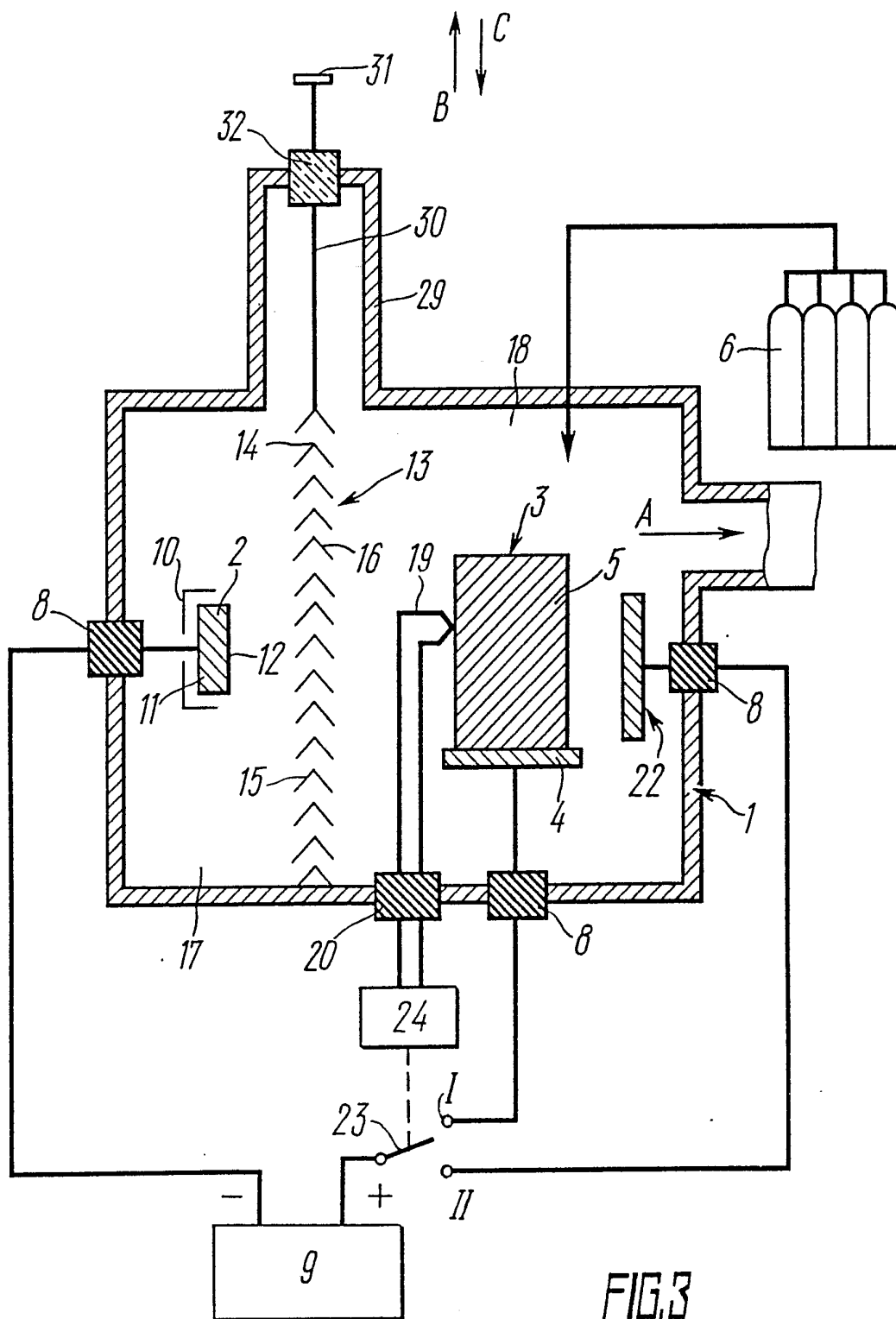


FIG. 2

$\frac{3}{14}$ 

4 / 14

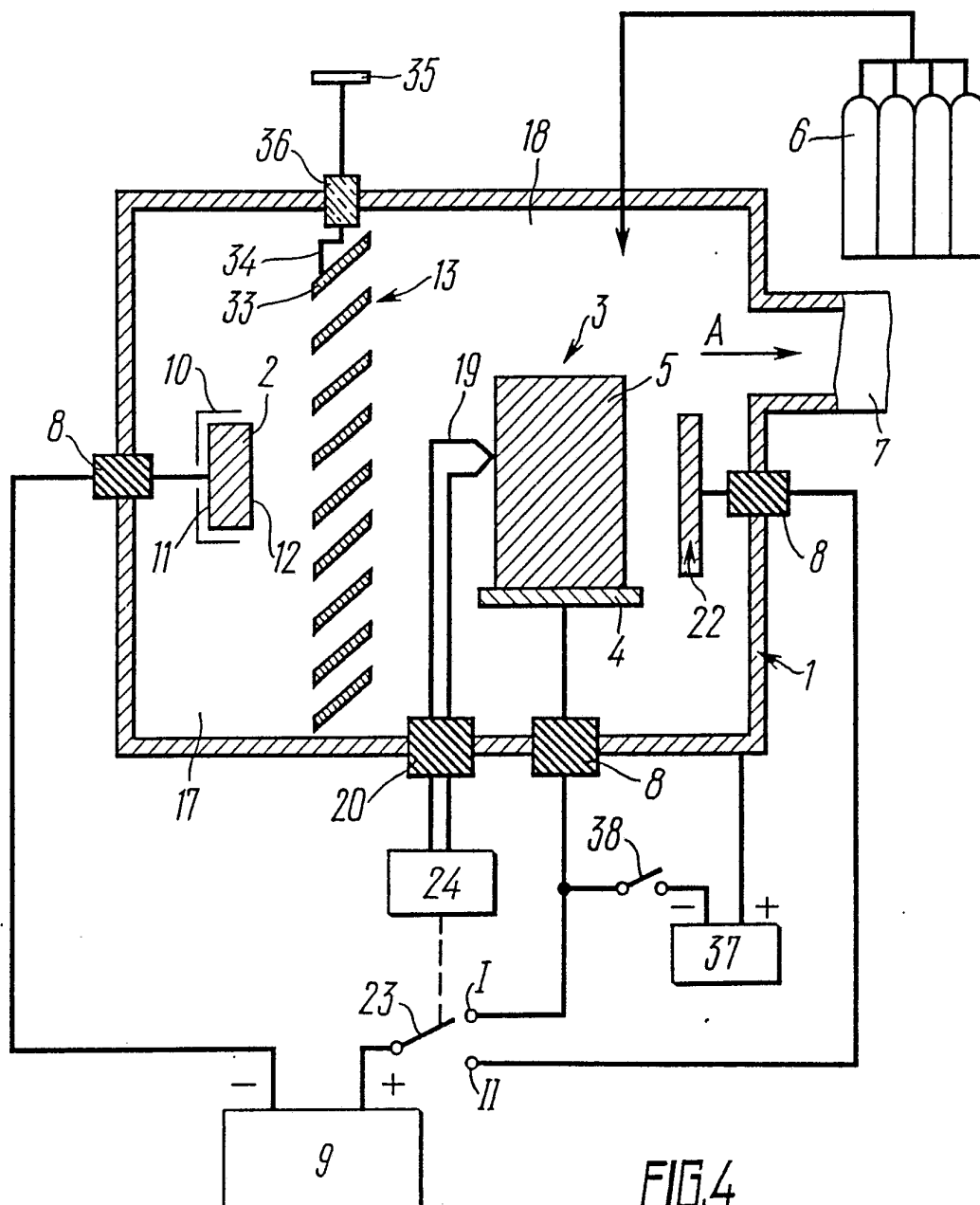
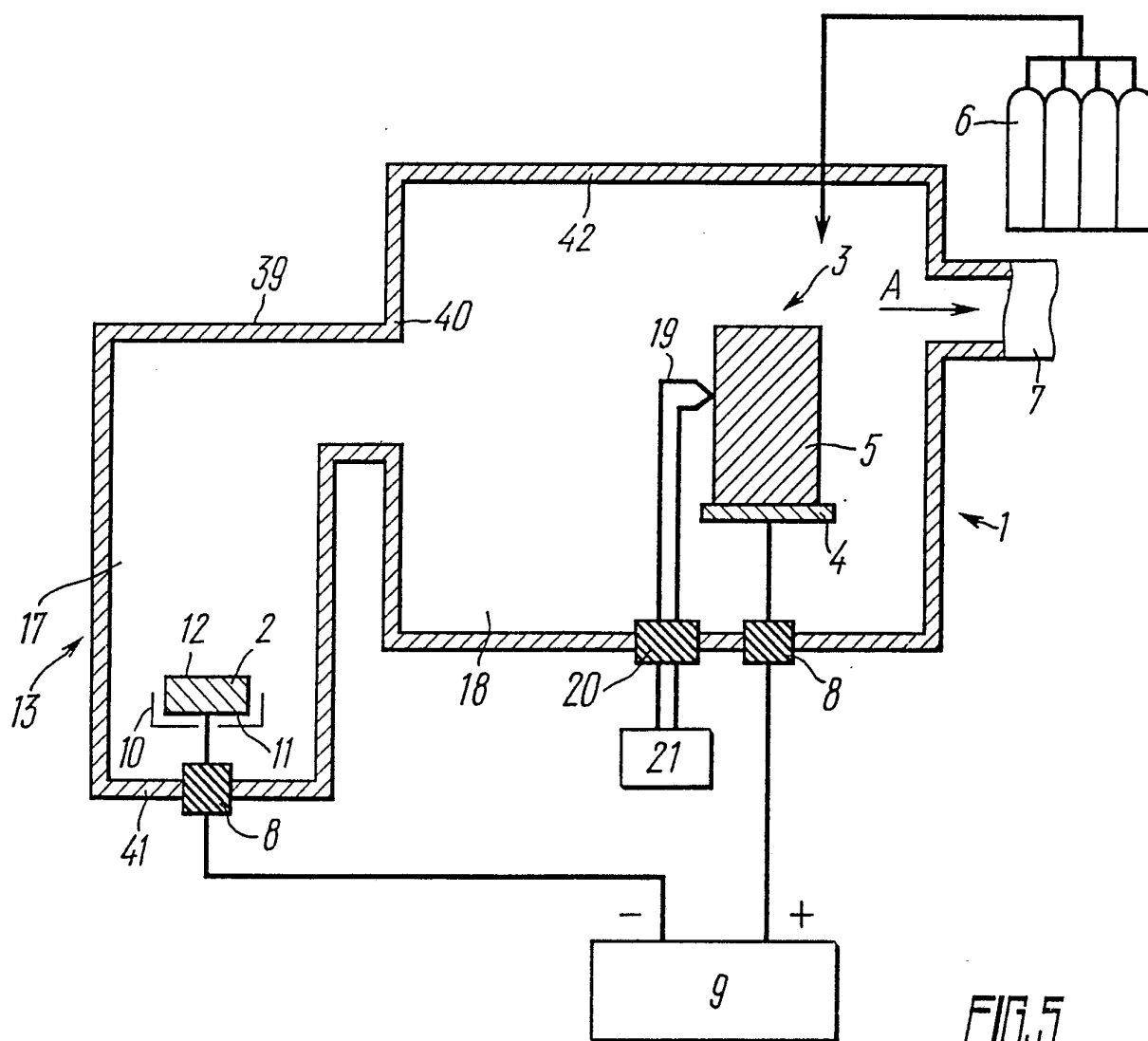


FIG. 4

5/14



6/14

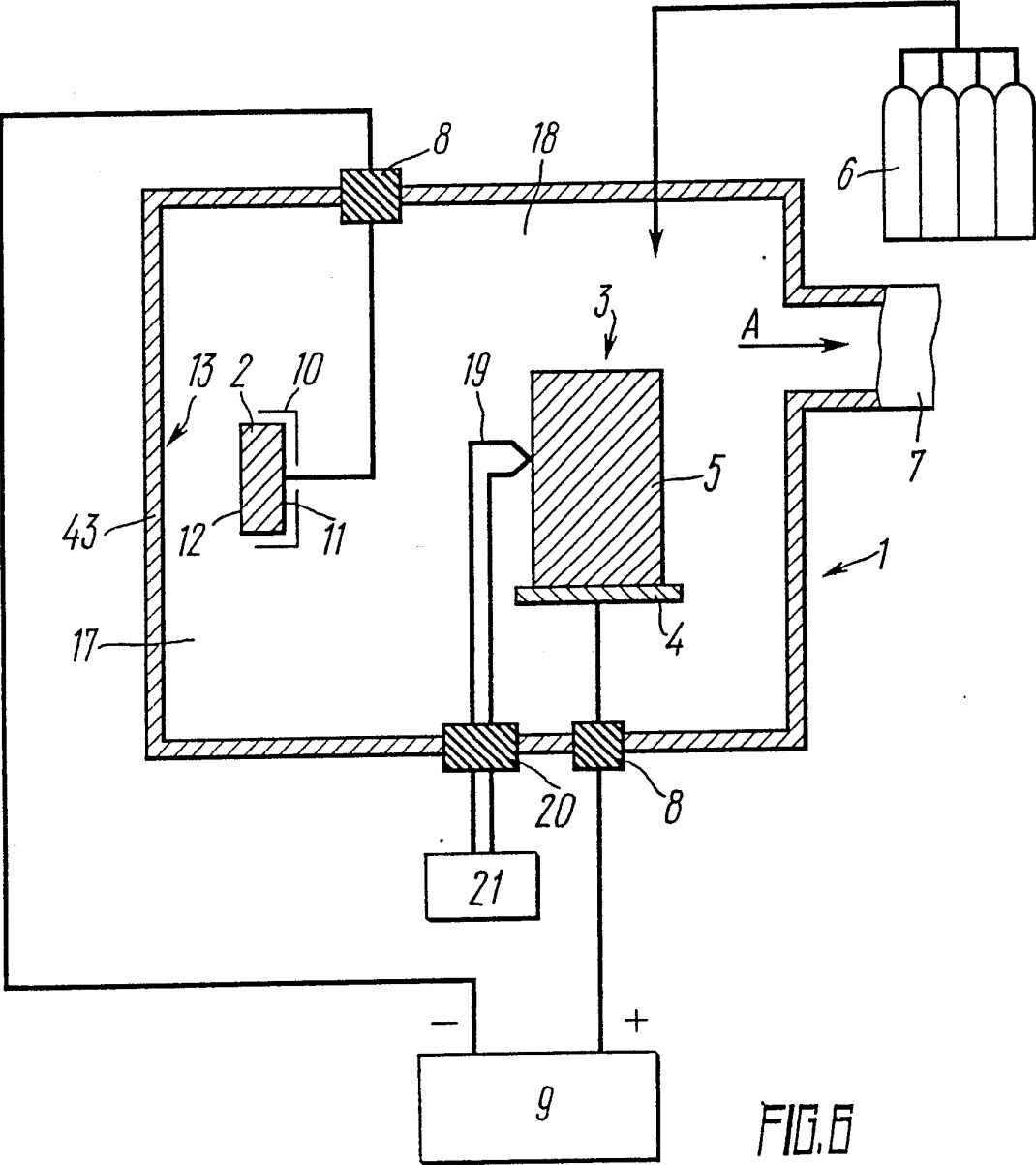
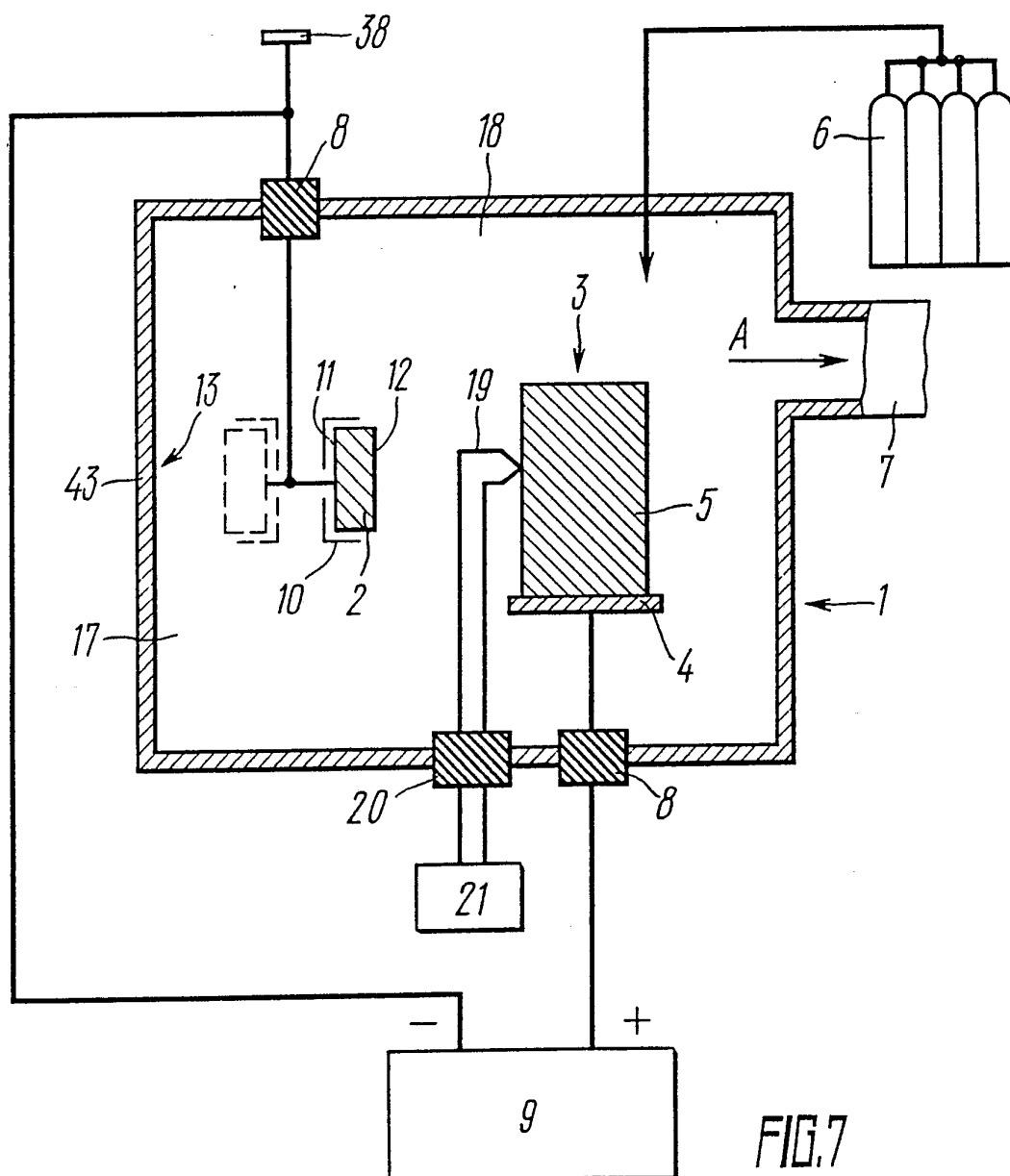


FIG. 6

$$\frac{7}{14}$$


8/14

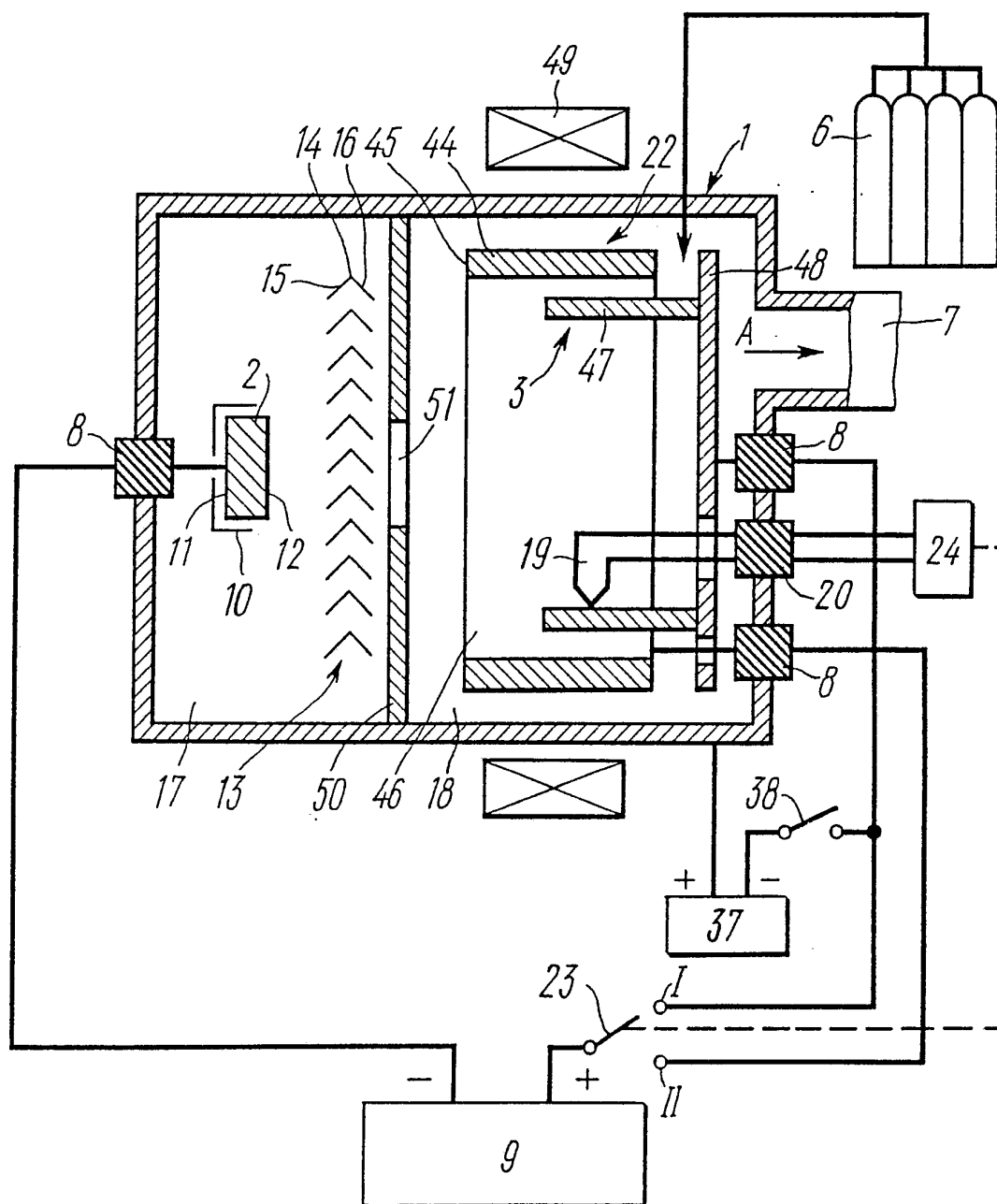


FIG. 8

9/14

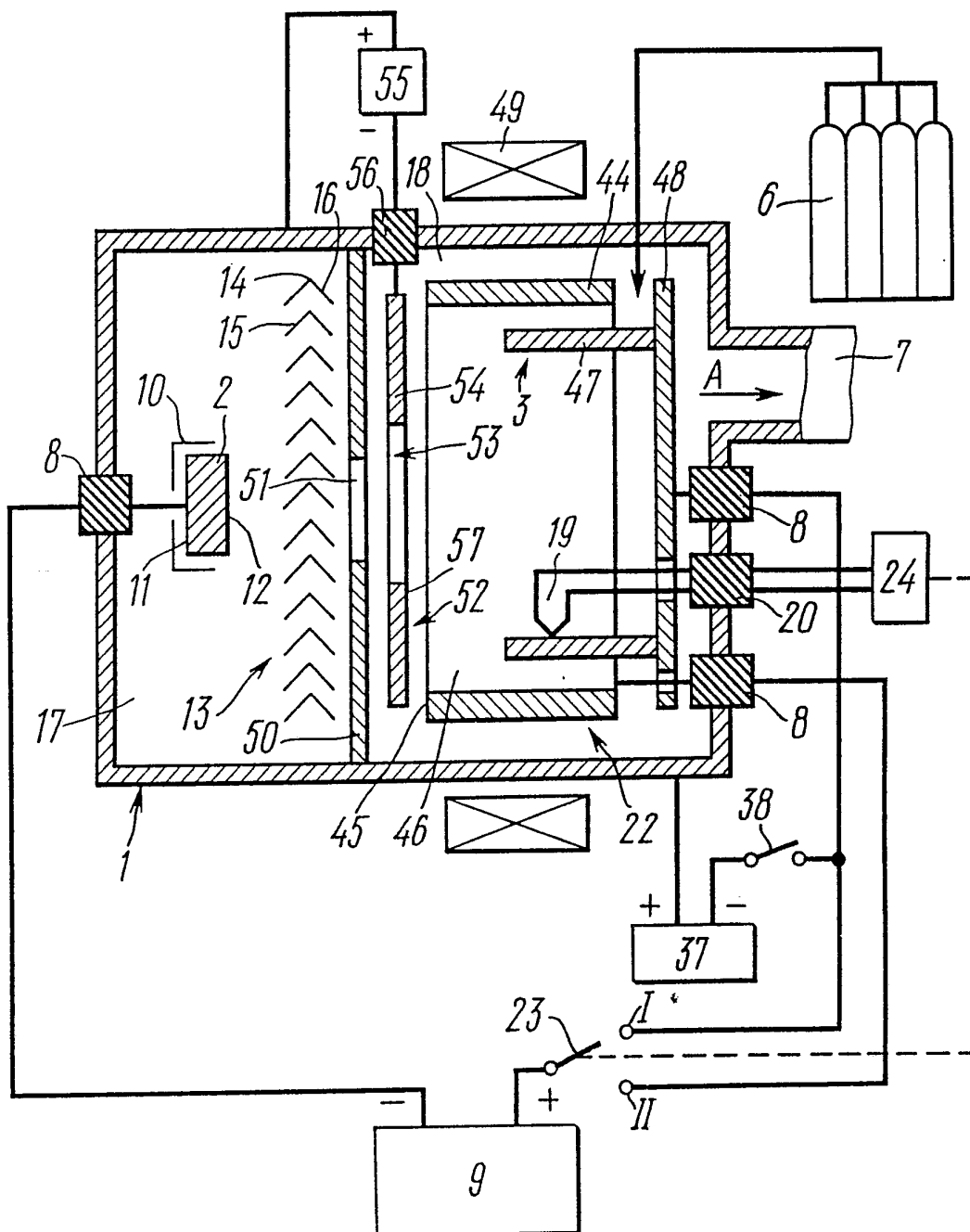


FIG. 9

10/
14

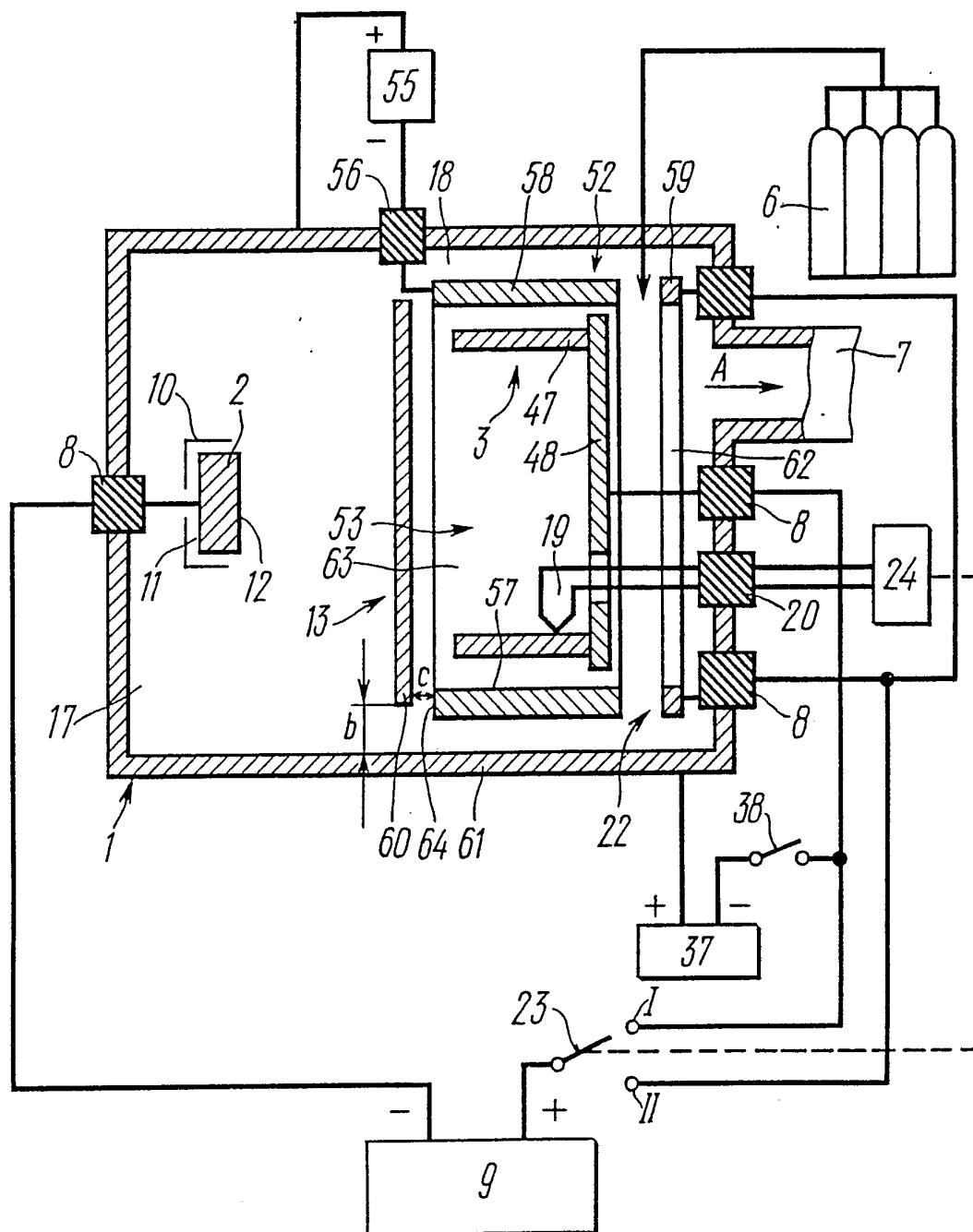


FIG.10

11/14

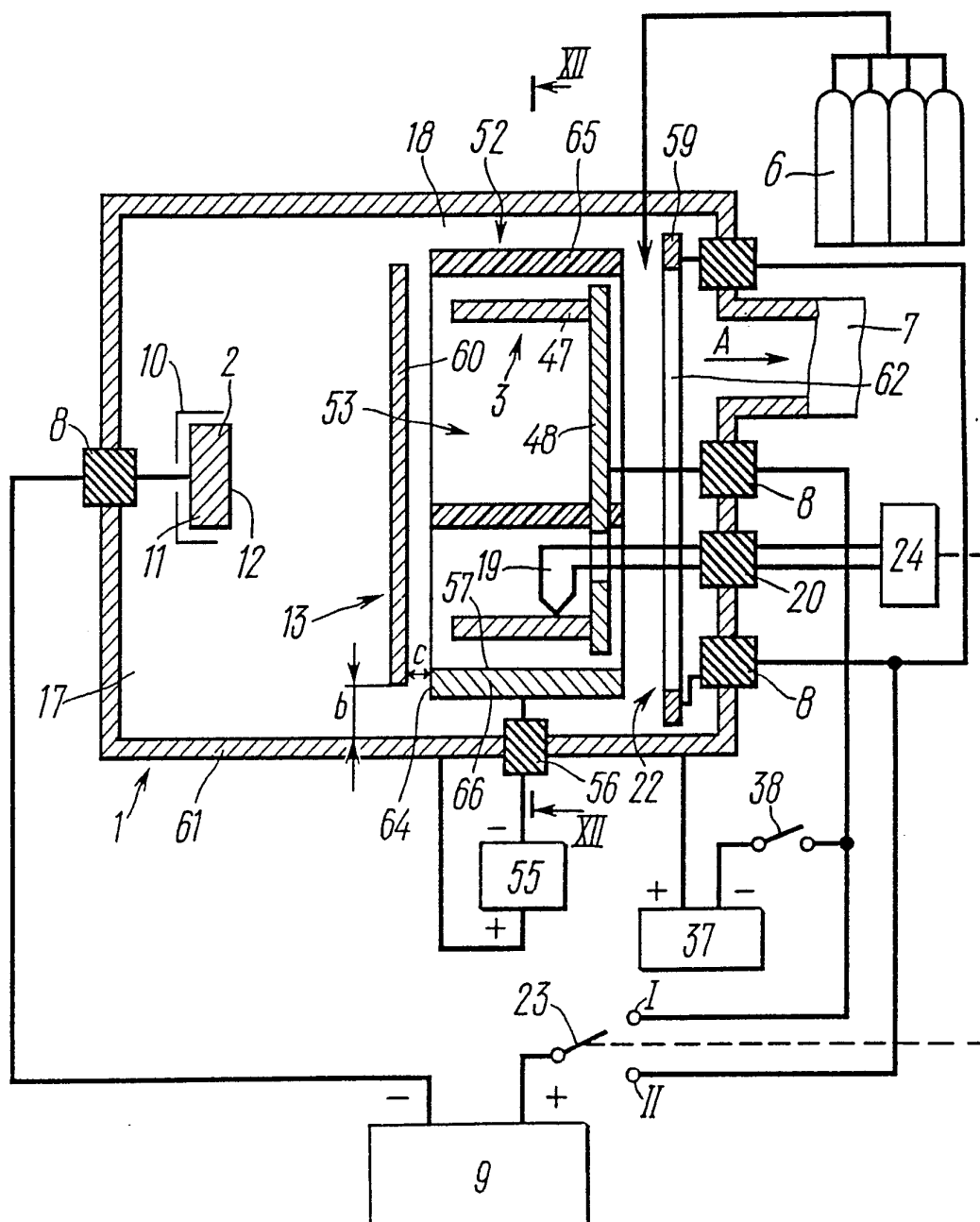


FIG.11

12/14

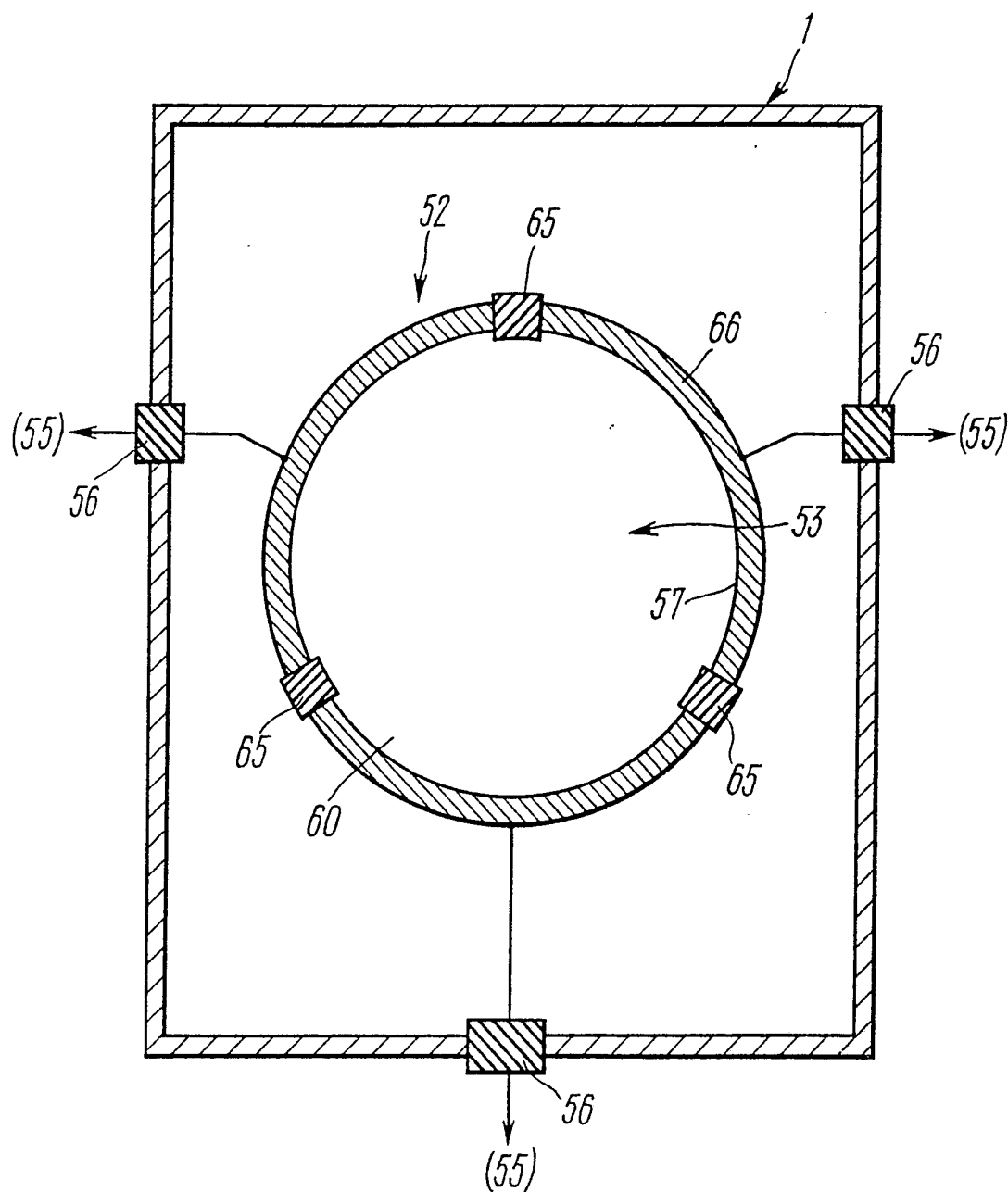


FIG. 12

13/14

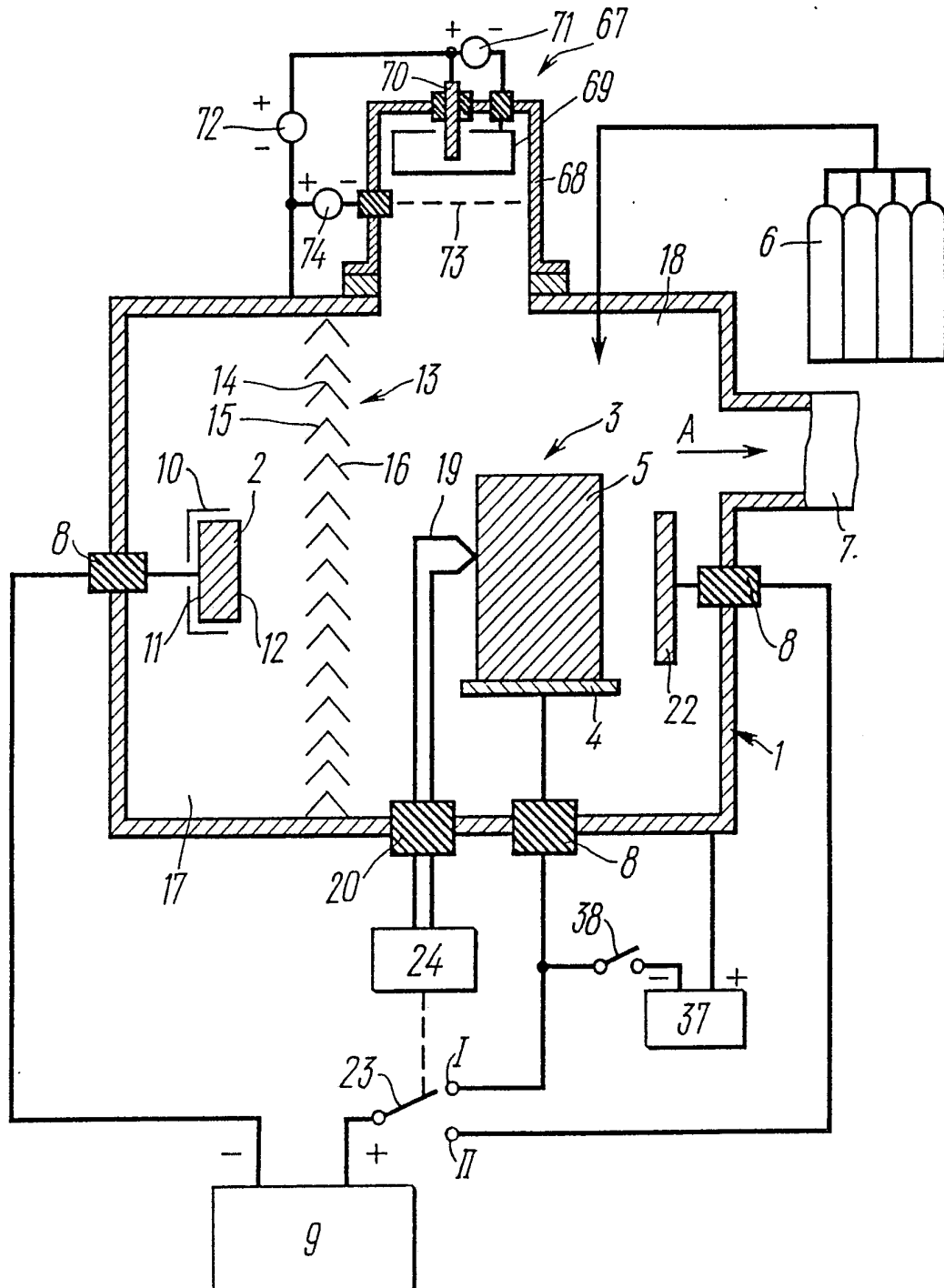


FIG. 13

14/14

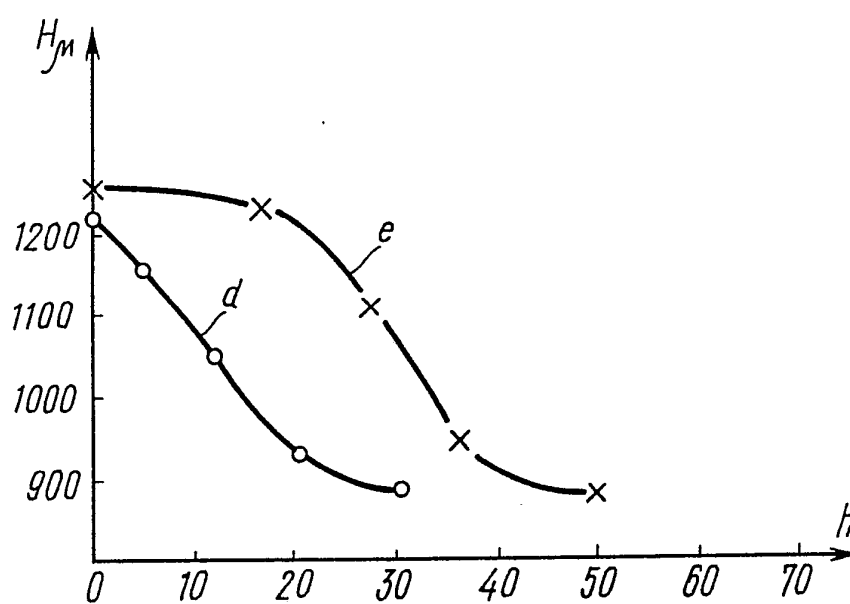


FIG.14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/RU 92/00088

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.⁵ C23C 14/32

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)

Int.Cl.⁵ C23C 14/00, 14/32, 14/40

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)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US,A, 4691662 (MICHIGAN STATE UNIVERSITY), 08 September 1987 (08.09.87), abstract ---	1-89
A	WO,A1, 87/02072 (UNION CARBIDE CORPORATION), 09 April 1987 (09.04.87), abstract ---	61-89
A	EP,A1, 0225680 (ANDAL CORP.) 16 June 1987 (16.06.87), ---	1

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ 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 document 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

28 July 1992 (28.07.92)

Date of mailing of the international search report

04 September 1992 (04.09.92)

Name and mailing address of the ISA/

ISA/RU

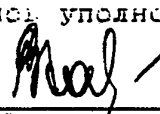
Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Международная заявка No.
PCT/RU 92/00088

A. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ C23C 14/32 Согласно Международной патентной классификации (МКИ-5)		
B. ОБЛАСТИ ПОИСКА Проверенный минимум документации (Система классификации и индекс): МКИ-5 C23C 14/00, 14/32, 14/40		
Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в поисковые подорожки:		
Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если возможно, поисковые термины):		
C. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ		
Категория 1)	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту No.
A	US, A, 4691662 (MICHIGAN STATE UNIVERSITY), 8 сентября 1987 (08.09.87), реферат	1-89
A	WO, A1, 87/02072 (UNION CARBIDE CORPORATION), 9 апреля 1987 (09.04.87), реферат	61-89
A	EP, A1, 0225680 (ANDAL CORP.), 16 июня 1987 (16.06.87),	1
☐ последующие документы указаны в продолжении графы C ☐ данные о патентах-аналогах указаны в приложении		
* Особые категории ссылочных документов:		
"A" документ, определяющий общий уровень техники и не считающийся особо релевантным	"T" более поздний документ, опубликованный после даты международной подачи или даты приоритета и не порочащий заявку, но приведенный для понимания принципа или теории, на которых основывается изобретение.	
"E" более ранний документ, но опубликованный на дату международной подачи или после нее.	"X" документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска: заявленное изобретение не обладает новизной изобретательским уровнем в сравнении с документом, взятым в consideration	
"I" документ, подвергавший сомнению притязание(я) на приоритет, или который приводится с целью установления даты публикации другого ссылочного документа, а также в других целях (как указано).	"Y" документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска и порочащий изобретательский уровень заявленного изобретения в очевидном для лица, обладающего познаниями в данной области техники, сочетании с одним или несколькими документами той же категории	
"O" документ, относящийся к усному раскрытию, использованию, экспонированию и т.д.		
"F" документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета.		
"C" документ, являющийся патентом-аналогом		
Дата действительного завершения международного поиска 1 июля 1992 (20.07.92)	Дата отправки настоящего отчета о международном поиске 4 сентября 1992 (04.09.92)	
Наименование, адрес международного поискового органа: Научно-исследовательский институт государственной патентной экспертизы, Россия, 121000, Москва, Варшавская наб., 50-7, тел. 1985/2410-30, факс 1985/2410-30, телеапп. 214111, 1985/2410-30	Подпись уполномоченного лица:  И. Каранов	