



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
C03C 23/00 (2024.08); H01J 37/32 (2024.08)

(21)(22) Заявка: 2024110785, 19.04.2024

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
19.04.2024

Дата регистрации:  
24.12.2024

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 19.04.2024

(45) Опубликовано: 24.12.2024 Бюл. № 36

Адрес для переписки:  
142432, Московская обл, г.Черноголовка, ул.  
Академика Осипьяна, 2, ИФТТ РАН,  
Колесников Николай Николаевич

(72) Автор(ы):  
Борисенко Дмитрий Николаевич (RU),  
Колесников Николай Николаевич (RU),  
Фурсова Татьяна Николаевна (RU)

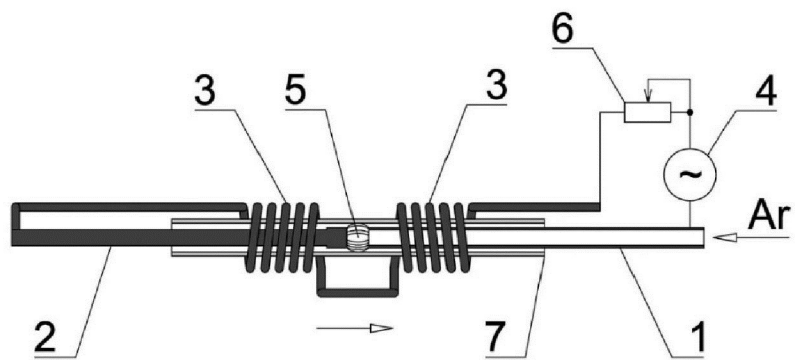
(73) Патентообладатель(и):  
Федеральное государственное бюджетное  
учреждение науки Институт физики  
твердого тела имени Ю.А. Осипьяна  
Российской академии наук (ИФТТ РАН)  
(RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2451114 C2, 20.05.2012. RU  
2178219 C1, 10.01.2002. RU 2462534 C2,  
27.09.2012. RU 2797472 C1, 06.06.2023. RU  
2170161 C2, 10.07.2001. EP 0997926 A2,  
03.05.2000.

(54) Устройство для плазмохимической обработки внутренней полости однопараметрических поверхностей второго порядка

(57) Реферат:

Изобретение относится к области электроэрозионной обработки и может быть использовано в производстве изделий из кварцевого стекла. Устройство для плазмохимической обработки внутренней полости однопараметрической поверхности второго порядка изделий из кварцевого стекла включает в себя электроды, выполненные цилиндрическими, длиной, равной или больше длины полости обрабатываемой однопараметрической поверхности второго порядка. Коаксиально электродам вблизи зоны дугового разряда расположены два соленоида, включенные последовательно в высокочастотную электрическую цепь синфазно друг другу. При этом одном из электродов выполнен канал для подачи плазмообразующего газа аргона в зону дугового разряда. Техническим результатом является разработка устройства для плазмохимического травления внутренней полости однопараметрических поверхностей второго порядка. 3 ил.



Фиг. 1

RU 2832425 C1

RU 2832425 C1

FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(52) CPC  
*C03C 23/00* (2024.08); *H01J 37/32* (2024.08)(21)(22) Application: **2024110785, 19.04.2024**(24) Effective date for property rights:  
**19.04.2024**Registration date:  
**24.12.2024**

Priority:

(22) Date of filing: **19.04.2024**(45) Date of publication: **24.12.2024** Bull. № 36

Mail address:

**142432, Moskovskaya obl., g.Chernogolovka, ul.  
Akademika Osipyana, 2, IFTT RAN, Kolesnikov  
Nikolaj Nikolaevich**

(72) Inventor(s):

**Borisenko Dmitrii Nikolaevich (RU),  
Kolesnikov Nikolai Nikolaevich (RU),  
Fursova Tatiana Nikolaevna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe biudzhetnoe  
uchrezhdenie nauki Institut fiziki tverdogo tela  
imeni Iu.A. Osipiana Rossiiskoi akademii nauk  
(IFTT RAN) (RU)**(54) **DEVICE FOR PLASMA-CHEMICAL TREATMENT OF INNER CAVITY OF ONE-PARAMETER SURFACES OF THE SECOND ORDER**

(57) Abstract:

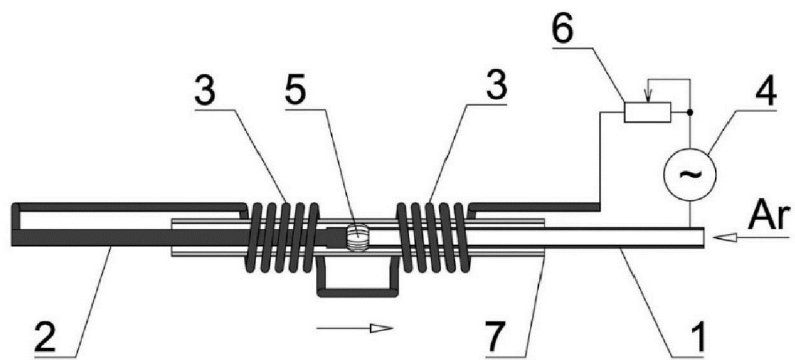
FIELD: performing operations.

SUBSTANCE: invention relates to spark erosion machining and can be used in production of articles from quartz glass. Device for plasma-chemical treatment of inner cavity of one-parameter surface of the second order of quartz glass articles includes cylindrical electrodes with length equal to or greater than the length of the cavity of the second-order one-parameter surface. Coaxially to electrodes near arc discharge zone there

are two solenoids connected in series in high-frequency electric circuit in phase with each other. One of the electrodes has a channel for supplying plasma-forming argon gas to the arc discharge zone.

EFFECT: development of device for plasma-chemical etching of inner cavity of one-parameter surfaces of the second order.

1 cl, 3 dwg



Фиг. 1

RU 28322425 C1

RU 28322425 C1

Изобретение относится к области электроэрозионной обработки и может быть использовано в производстве изделий из кварцевого стекла.

Наиболее известным технологическим приемом обработки кварцевого стекла является газопламенная обработка поверхности в условиях динамического вакуума, так как кварцевое стекло обладает способностью пропускать при высоких температурах газы, что объясняется диффузией этих газов через массу стекла [Глаголев С.П. Кварцевое стекло. Его свойства, производство и применение. // М.: Государственное химико-техническое издательство, 1934. – 214 с.]. После газопламенной обработки в кварцевом стекле всегда наблюдается присутствие значительного количества водородсодержащих примесей, в том числе, в виде гидроксильных групп [Постников В.С. Оптическое материаловедение: курс лекций. // Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2013. – 280 с.]. При получении высококачественных кристаллов и стекол (в ампулах и тиглях из кварцевого стекла) для оптических применений особые требования предъявляются к степени чистоты аппаратуры из кварцевого стекла. По этой причине в настоящее время в промышленности для получения особо чистых изделий из кварцевого стекла используют высокотемпературный отжиг в электровакуумных печах. Высокая стоимость такой обработки для крупногабаритных изделий (химических реакторов, трубопроводов) делает актуальной разработку новых устройств для плазмохимической обработки внутренней полости аппаратуры на открытом воздухе в условиях цехов или исследовательских лабораторий.

Из уровня техники известен плазмохимический реактор низкого давления, обеспечивающий плазму высокой плотности для осуществления процесса в виде травления и осаждения [Александров С.Е., Киреев В.Ю., Костюков Д.А. и др. // Патент РФ №2797472 от 06.06.2023, Бюл. №16] – аналог. Реактор содержит рабочую камеру и модуль формирования плазмы. В рабочей камере расположен подложкодержатель, соединенный с высокочастотным генератором и стабилизатором температуры. Внутри рабочей камеры на расстоянии 3-10 мм от ее боковых стенок установлено диэлектрическое кольцо, на внешней стороне которого сформирован проводящий металлический элемент, соединенный с источником постоянного напряжения. Металлический элемент диэлектрического кольца и подводящие провода электрически изолированы от плазмы и заземленных поверхностей рабочей камеры. Подача постоянного напряжения различного значения и знака на металлический элемент обеспечивает управление скоростью, равномерностью и селективностью процессов травления. Стоит отметить, что у аналога отсутствует описание системы откачки и газонапуска. Устройство не может быть использовано для плазмохимической обработки внутренней полости однопараметрических поверхностей второго порядка, например, труб, так как авторы заявляют, что его конструкция разработана только для обработки пластин, то есть поверхностей первого порядка.

Известно устройство для плазмохимического травления пластин большого размера [Смирнова Т.С., Петраков В.И., Сергеев С.А., Лебедев Э.А. // Патент РФ №168094 от 18.01.2017, Бюл. №2] – аналог. Устройство включает корпус камеры, две группы электродов, выполненных в виде концентрических колец, изолированный подложкодержатель и систему газонапуска, электроды выполнены в виде полых концентрических водоохлаждаемых колец, зазор между которыми составляет от 5 до 8 мм, одна группа электродов заземлена, причем центральный электрод находится под высокочастотным потенциалом и выполнен в виде стержня, а движение газового потока в каждом кольцевом канале осуществляют перпендикулярно поверхности обрабатываемой пластины и контролируют натекателями. Подложкодержатель

расположен вне зоны возбуждения плазмы таким образом, что зона обработки пространственно отделена от зоны генерации плазмы. Очевидно, что аналог не может быть использован для плазмохимической обработки внутренней полости

однопараметрических поверхностей второго порядка даже при самой глубокой модернизации устройства, так как в конструкцию устройства заложен существенный недостаток – зона обработки пространственно отделена от зоны генерации плазмы.

Известно устройство для локального плазмохимического травления подложек [Абрамов В.А., Аксенова Л.А., Климов А.В. // Патент РФ №2451114 от 10.01.2012 Бюл. №1] – прототип. Устройство содержит вакуумную камеру, электроды, системы откачки и напуска плазмообразующего газа. Верхний электрод установлен на подвижной плите и снабжен механизмом регулирования параллельности электродов относительно друг друга, выполненным в виде трех вертикальных стоек, закрепленных на основании камеры и снабженных шаровыми опорами. На каждой стойке выполнены подвижные упоры с механизмом регулирования зазора в виде прецизионного подъемника, на котором установлен нижний электрод, являющийся подложкодержателем. Необходимым условием локализации тлеющего разряда у выступающих участков поверхности высокочастотного электрода является то, что межэлектродное расстояние  $L$  должно быть больше длины свободного пробега электронов в плазме  $\lambda$  ( $L > \lambda$ ). При характерном межэлектродном расстоянии  $L = 100$  мкм, давлении плазмообразующего газа  $\sim 10^4$  Па и удельной мощности в высокочастотном тлеющем разряде  $\sim 10^4$  Вт/см<sup>3</sup> устройство обеспечивает равномерность и высокую скорость травления плоских подложек. Для крупногабаритных изделий, содержащих однопараметрические поверхности второго порядка (химических реакторов, трубопроводов), прототип не может быть использован по причине своих конструктивных особенностей и параметров технологического режима, а именно: для получения особо чистых изделий из кварцевого стекла требуется давление плазмообразующего газа  $\sim 10^5$  Па и удельная мощность в разряде  $\sim 10^5$  Вт/см<sup>3</sup>, а прецизионное поддержание равномерности зазора с микронной точностью при сканировании внутренних полостей поверхностей второго порядка вообще не представляется возможным.

Задачей настоящего изобретения является разработка устройства для плазмохимического травления внутренней полости однопараметрической поверхности второго порядка изделий из кварцевого стекла.

Технический результат достигается за счет того, что внутренняя полость однопараметрической поверхности второго порядка, например, трубы из кварцевого стекла подвергается обработке высокотемпературной плазмой дугового разряда в атмосфере инертного газа аргона. Разность химических потенциалов гидроксильных групп в кварцевом стекле и в атмосфере воздуха при высоких температурах дугового разряда приводит к удалению водородсодержащей примеси в окружающее пространство вдоль всей образующей цилиндра по мере продвижения трубы относительно дугового разряда по типу зонной плавки. Однородность и равномерность радиального воздействия плазмы достигается за счет влияния магнитного поля двух соленоидов, размещенных вблизи дугового разряда коаксиально электродам и включенных последовательно в высокочастотную электрическую цепь синфазно друг другу.

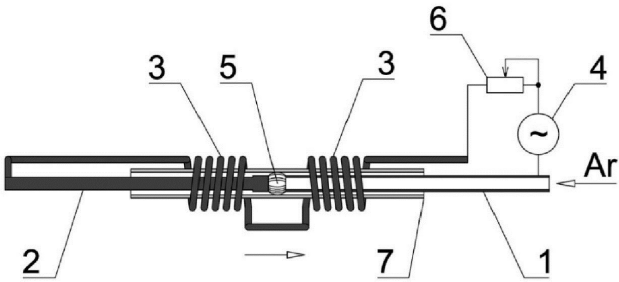
Устройство, схема которого представлена на фиг.1, работает следующим образом: цилиндрические электроды 1 и 2 размещают во внутренней полости кварцевой трубы 7 с зазором между ними; два соленоида 3 располагают снаружи трубы вблизи зоны дугового разряда 5 и подключают последовательно в высокочастотную электрическую

цепь синфазно друг другу; высокочастотный генератор 4 через реостат 6 питает электрическую цепь дугового разряда необходимой мощностью; плазмообразующий газ аргон подается в зону дугового разряда через канал в электроде 1; продвижение трубы относительно дугового разряда вдоль всей образующей цилиндра приводит к плазмохимическому травлению внутренней полости кварцевой трубы с непрерывным удалением гидроксильных групп по типу зонной плавки. На фиг. 2 показано изображение устройства готового к работе. В результате плазмохимического травления в ближней и средней ИК-областях спектра наблюдается заметное снижение концентрации гидроксильных групп в кварцевом стекле (фиг. 3, кривая 1 – спектр пропускания до обработки, кривая 2 – после обработки).

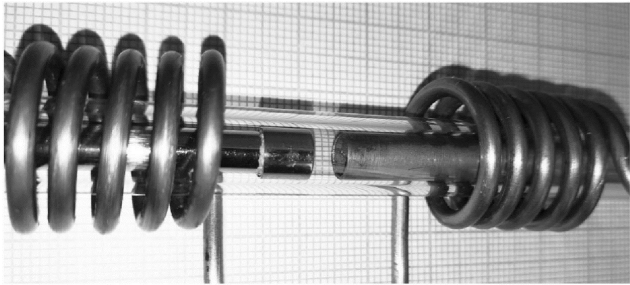
Устройство пригодно для плазмохимической обработки внутренней полости однопараметрических поверхностей второго порядка и может быть использовано в промышленности для получения особо чистых изделий из кварцевого стекла.

#### (57) Формула изобретения

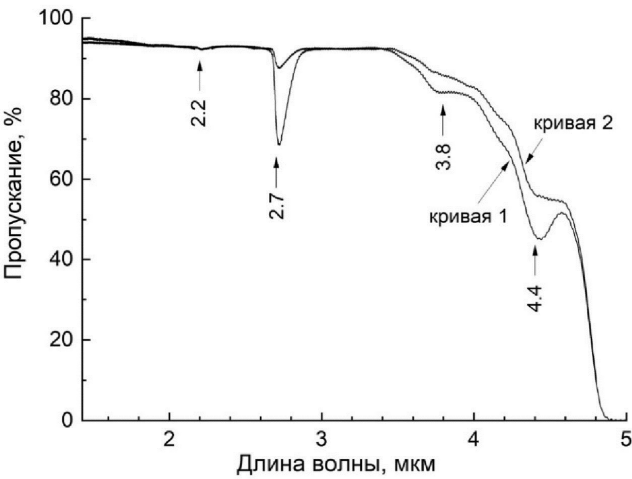
Устройство для плазмохимической обработки внутренней полости однопараметрической поверхности второго порядка изделий из кварцевого стекла, включающее в себя электроды, отличающееся тем, что электроды выполнены цилиндрическими длиной, равной или больше длины полости обрабатываемой однопараметрической поверхности второго порядка, коаксиально электродам вблизи зоны дугового разряда расположены два соленоида, включенные последовательно в высокочастотную электрическую цепь синфазно друг другу, а в одном из электродов выполнен канал для подачи плазмообразующего газа аргона в зону дугового разряда.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3