



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 403 903 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
31.03.2004 Patentblatt 2004/14

(51) Int Cl.7: **H01J 41/18**

(21) Anmeldenummer: **03015579.0**

(22) Anmeldetag: **11.07.2003**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK

(72) Erfinder: **Koops, Hans Wilfried Peter Dr.**
64372 Ober-Ramstadt (DE)

(74) Vertreter: **Borchert, Uwe Rudolf, Dipl.-Ing. et al**
Patentanwalt
Puschmann & Borchert
Patentanwälte
European Patent Attorneys
Postfach 10 12 31
80086 München (DE)

(30) Priorität: **05.09.2002 DE 10241549**

(71) Anmelder: **NaWoTec GmbH**
64380 Rossdorf (DE)

(54) **Orbitron-Pumpe**

(57) Die Erfindung betrifft eine Orbitron-Pumpe 10 zur Erzeugung von Vakuum in einem zu evakuierenden Raum-Pumpenraum 24 -, mit einer Elektronenquelle 18, mit Mitteln zum Erzeugen eines Feldes, das die Elektronen der Elektronenquelle 18 im Pumpenraum 24 auf eine Kreisbahn zwingt. Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass die Elektronenquelle als Feldelektronenquelle 18 ausgebildet ist, die einen kalten Feldelek-

tronen-Emitter 22 und eine Beschleuniger-Elektrode 20 umfasst, welche die aus dem Feldelektronen-Emitter 22 austretenden Elektronen in Richtung auf das Feld beschleunigt, und dass der Abstand zwischen dem Feldelektronen-Emitter 22 und der Beschleuniger-Elektrode 20 kleiner als die mittlere freie Weglänge der Atome des zu evakuierenden Gases - Restgas - in dem Pumpenraum 24 ist.

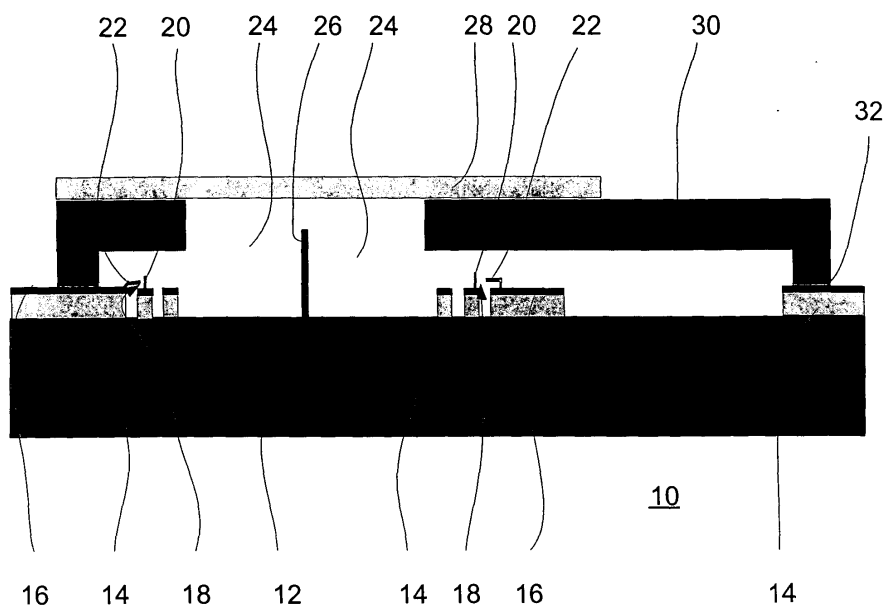


Fig. 1

EP 1 403 903 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Orbitron-Pumpe gemäß der im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegebenen Art.

[0002] Es sind unterschiedliche Pumpen zur Erzeugung von Vakuum, insbesondere von Hochvakuum und von Ultrahochvakuum, bekannt. Unter Hochvakuum versteht man ein Vakuum bis 10^{-6} Torr. Bei 10^{-7} bis 10^{-12} Torr spricht man dagegen von einem Ultrahochvakuum. Beispielsweise wird Ultrahochvakuum mit einer Kryopumpe, einer Ionenzerstäuberpumpe oder einer Ionen-Getter-Pumpe erzeugt.

[0003] In der genannten Ionenzerstäuberpumpe wird in einem magnetischen und elektrischen Feld das in dem zu evakuierenden Raum befindliche Gas - Restgas - durch Höhenstrahlung gezündet, d. h. es erfolgt durch die Höhenstrahlung eine Initialzündung, die eine selbsttätig ablaufende Gasentladung bewirkt. Bei der Initialzündung werden Ionen aus dem Restgas durch Teilchenstoß aus den Atomen des Restgases erzeugt. Nach der Initialzündung bilden sich durch die Gasentladung im Restgas Elektronen, die durch das von einer Anode und einer Kathode gebildete elektrische Feld beschleunigt werden. Diese Elektronen treffen dann auf weitere Atome des Restgases, erzeugen wiederum durch Elektronenstoß Ionen, die in Richtung auf die Kathode zu beschleunigt werden. Die Kathode weist an ihrer Oberfläche ein zu zerstäubendes Gettermaterial auf. Durch den Einschlag der Ionen auf der Kathode wird das Gettermaterial zerstäubt, setzt sich auf der inneren Oberfläche des Pumpenraumes der Pumpe ab und bildet dort eine aktive Getterschicht, die Restgas absorbiert. Auf diese Weise wird der zu evakuierende Raum von dem Restgas fortlaufend evakuiert. Der Strahlweg der das Restgas ionisierenden Elektronen, die beim Ionisationsprozess durch Gasentladung erzeugt werden, wird in einem starken Magnetfeld durch die Lorenzkraft verlängert, in dem diese auf Kreisbahnen gezwungen werden.

[0004] Mit einer Ionenzerstäuberpumpe können Pumpleistungen von mehreren 100 l/sec in vielen Litern großen, zu evakuierenden Räumen erreicht werden. Nachteilig bei der Ionenzerstäuberpumpe ist jedoch die Abhängigkeit vom Gasdruck, da die bei der Gasentladung erzeugte Elektronenzahl und die von den Elektronen erzeugte Ionenzahl direkt voneinander abhängen. Ein Steuern des Evakuierungsprozesses, im Sinne von einem Verlangsamen oder einem Beschleunigen, ist mit der Ionenzerstäuberpumpe nicht möglich.

[0005] Weiterhin sind Orbitron-Pumpen bekannt, siehe beispielsweise H. Hely, H. W. P. Koops, "Entwicklung einer kleinen differentiell gepumpten Feldemissions-Elektronenquelle", Optik 49 (1977) No. 1, 127-132. Im Gegensatz zu den Ionenzerstäuberpumpen, die aufgrund ihrer nach der Initialzündung selbsttätig ablaufenden Gasentladung elektrodynamisch reagieren, arbeiten die Orbitron-Pumpen auf einem elektrostatischen

Prinzip, bei dem durch fortlaufenden Elektronenbeschuss aus einer Elektronenquelle die Ionen aus den Atomen und Molekülen des Restgases erzeugt werden.

[0006] Bei diesen Orbitron-Pumpen dient ein thermischer Elektronen-Emitter als Feldelektronenquelle, der das Restgas mit einem Elektronenstrahl von einigen 100 eV Energie und einigen μ A Stromstärke fortlaufend beschießt. Hierfür werden die Elektronen von einem Feldelektronen-Emitter in Strahlrichtung über eine Strecke beschleunigt, die größer ist als die mittlere freie Weglänge des Atoms des zu evakuierenden Gases. Anschließend wird der Flugweg der Elektronen weiter verlängert, jedoch nicht durch ein magnetisches Feld, wie bei der Ionenzerstäuberpumpe, sondern durch ein elektrisches Feld. Bei diesem elektrischen Feld werden die Elektronen in einem Zentral-Potentialfeld auf eine Kreisbahn, also einem Orbit, um die Anode gezwungen. Hierbei umkreisen die Elektronen die Anode mehrfach. Die Elektronen treffen auf die Atome und Moleküle des Restgases - Elektronenstoß - und erzeugen Ionen. Die durch diesen Elektronenstoß im Orbit aus dem Restgas erzeugten Ionen werden auf die Kathode der Orbitron-Pumpe beschleunigt. Die Oberfläche der Kathode besteht dabei ebenfalls aus Titan oder Gettermaterial, was bei Einschlag der Ionen zerstäubt und auf der inneren Fläche der Orbitron-Pumpe eine aktive Getterschicht bildet. Diese absorbiert dann wieder das Restgas. Zudem werden auch Ionen in die Kathode mit eingebettet.

[0007] Derartige Orbitron-Pumpen haben ein besonders hohes Saugvermögen. Dieses beruht auf dem für die Primärionisierung aus einer Feldelektronenquelle, wie dem genannten thermischen Elektronen-Emitter, eingeschossenen hohen Elektronenstrahlstrom, mit welchem die Ionisation des Restgases hochgehalten werden kann. Dadurch ist der Prozess auch nicht vom Gasdruck abhängig, da dieser in Abhängigkeit des Elektronenstrahlstroms von der Feldelektronenquelle gesteuert werden kann.

[0008] Beide Pumpen, sowohl die Ionenzerstäuberpumpe als auch die Orbitron-Pumpe, sind schwerbauende, sogenannte makroskopische Aufbauten, die verhältnismäßig teuer sind. Für miniaturisierte Systeme sind solche Pumpen nicht einsetzbar, da sie aufgrund ihrer groß bauenden Ausbildung auch große Vakuumdurchtrittsöffnungen für eine Verbindung zu großen Nutzvakuumräumen hin erfordern. Diese Pumpen müssen auch immer durch eine über ein Ventil absperrbare Vorpumpe in den Hochvakuum-Bereich von 10^{-6} Torr vorevakuiert werden, bevor der eigentliche Pumpvorgang für die Schaffung des Hochvakuums begonnen werden kann, weil sonst die Glühdrähte, aus denen die Elektronen emittiert werden, mit dem Restgas reagieren und verbrennen. Die Gasmengen, die in großen Systemen gepumpt werden müssen, liegen im Bereich 10^{-5} - 10^{-6} Torr l/sec als Gasanfall, wodurch mit einem Saugvermögen von 1000 l/sec das Ultrahochvakuum von 10^{-9} Torr erreicht werden kann.

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine

Orbitron-Pumpe zu schaffen, die wenig Platz benötigt und vor allem zur Schaffung von einfachem Vakuum bis zu Ultrahochvakuum in einem kleinen Volumen ausgelegt ist.

[0010] Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 in Verbindung mit den Oberbegriffsmerkmalen gelöst.

[0011] Die Unteransprüche bilden vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung.

[0012] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass es nicht zwingend notwendig ist, die Beschleunigungsstrecke für die einzuschießenden Elektronen der Feldelektronenquelle größer als die mittlere freie Weglänge der Atome und der Moleküle des Restgases auszuführen, sondern dass es genügt, wenn die Beschleunigungsstrecke auch kleiner ausgebildet ist, da nach der Beschleunigungsstrecke das Elektron sowieso auf einem Orbit geführt wird, um dort die mittlere freie Weglänge zu erreichen, indem es ein Atom oder Molekül des Restgases für die Ionisation trifft. Hierdurch kann die Orbitron-Pumpe erheblich kleiner ausgebildet werden. Zudem ist der Feldelektronen-Emitter kalt ausgeführt, wodurch sich neue Anwendungsmöglichkeiten ergeben, insbesondere die Möglichkeit der Miniaturisierung. Beispielsweise kann ein Ultrahochvakuum in einem kleinen Volumen auf kleiner Fläche auf einfache Weise hergestellt werden.

[0013] Nach der Erfindung umfasst die Feldelektronenquelle einen kalten Feldelektronen-Emitter und eine Beschleuniger-Elektrode, welche die aus dem Feldelektronen-Emitter austretenden Elektronen in Richtung auf das Feld beschleunigt, und der Abstand zwischen dem Feldelektronen-Emitter und der Beschleuniger-Elektrode ist dabei kleiner als die mittlere freie Weglänge der Atome und Moleküle des Restgases in dem Pumpenraum.

[0014] Hierbei umfassen insbesondere die Mittel zum Erzeugen eines Feldes im Pumpenraum eine Anode und eine Kathode, die ein elektrisches Feld erzeugen, sodass die Kreisbahn der Elektronen um die Anode herum verläuft. Zusätzlich wird die Anode im Raum zwischen Elektronenquelle und Anode mit einem negativen Potentialring umgeben, der zur Erzeugung einer die Elektronen im Orbit einschließenden Potentialverteilung dient.

[0015] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung weist der Pumpenraum ein Volumen von kleiner als 10 mm³ auf.

[0016] Damit die Elektronen die Anode in einem zylindersymmetrischen Zentral-Potentialfeld zwischen Anode und Kathode umkreisen, liegt an der Anode eine positive Spannung von bis zu 2000 Volt an.

[0017] Um das zylindersymmetrische Zentral-Potentialfeld zwischen der positiv geladenen Anode und der negativ geladenen Kathode der Pumpe noch weiter zu verstärken und zu gewährleisten, dass die Ionen diese negativ geladene Kathode auch erreichen, liegt an der Kathode eine negative Spannung von 0 Volt bis -3000

Volt, insbesondere - 200 Volt bis -2000 Volt, an. Hierbei verlassen die Elektronen den Feldelektronen-Emitter mit -30 Volt und dringen bei 0 Volt in das Zentral-Potentialfeld ein.

[0018] Vor allem kann der Feldelektronen-Emitter die Elektronen in Form eines Elektronenstrahls in eine Ebene senkrecht zur Anode emittieren.

[0019] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung bilden ein oder zwei Extraktoren die Beschleuniger-Elektrode, die ein Extraktorpotential aufbauen, das zur Ausrichtung des Elektronenstrahls in den Orbit in einer Ebene senkrecht zur Anode dient.

[0020] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist ein Isolator vorgesehen, der zwischen der gegenüber der Anode und dem Feldelektronen-Emitter isolierten Kathode und einem Anodenträger angeordnet ist.

[0021] Der Feldelektronen-Emitter und die Beschleuniger-Elektrode sind in miniaturisierter Ausführung mit korpuskularstrahlinduzierter Deposition, und die Anode und die Kathode in miniaturisierter Ausführung mit mikromechanischer Bautechnik hergestellt.

[0022] Der den Feldelektronen-Emitter und die Beschleuniger-Elektrode tragende Isolatorbaustein und der Anodenträger mit Anode und Kathode sind insbesondere durch anodische Bond- oder Klebetechnik zueinander fixiert und vakuumdicht miteinander verbunden.

[0023] Um zu erreichen, dass mehrere Elektronenstrahlen die Ionisation und eine Symmetrisierung des Anodenpotentials für die Kreisbahn bewirken, sind mehrere Feldelektronenquellen vorgesehen und um die Anode herum angeordnet.

[0024] Vorzugsweise umfasst die Feldelektronenquelle eine Ionenspiegel-Elektroden-Anordnung mit einer Mittel- und einer Endelektrode, die durch hier angelegtes Potential an der Mittelelektrode zwischen Beschleunigerelektrode und der Endelektrode verhindert, dass aus dem Pumpenraum kommende Ionen den kalten Feldelektronen-Emitter erreichen und diesen zerstäuben.

[0025] Damit durch Einschlag von Ionen auf die Kathode von deren Oberfläche zerstäubtes Titan- oder Gettermaterial nicht in die Feldelektronenquelle gelangen kann, ist diese in in den Isolator eingebrachten Hohlräumen angeordnet.

[0026] Um die Pumpwirkung auch in einem benachbarten Nutzvakuumraum zu gewährleisten, ist eine Öffnung im Pumpenraum vorgesehen.

[0027] Vorzugsweise ist die Kathode aus Titan ausgebildet.

[0028] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist die Kathode zumindest bereichsweise als Gitter ausgeführt, sodass das Gitterpotential begrenzend die Bewegung der Elektronen auf der Kreisbahn ermöglicht, aber die Durchlässigkeit des Gitters und die Öffnungen im Gitter das Durchtreten der im angrenzenden Nutzvakuumraum befindlichen Atome des Restgases in den Pumpenraum ermöglicht, wodurch ein großer Saug-

querschnitt zu einem über der Kathode befindlichen Nutzvakuumraum ermöglicht wird.

[0029] Zudem oder alternativ hierzu kann die Anode bereichsweise als Gitter ausgeführt sein, sodass das Gitterpotential begrenzend die Bewegung der Elektronen auf der Kreisbahn ermöglicht, aber die Durchlässigkeit des Gitters und die Öffnungen im Gitter das Durchtreten der im angrenzenden Nutzvakuumraum befindlichen Atome des Restgases in den Pumpenraum ermöglicht, wodurch ein großer Saugquerschnitt zu einem unter der Anode befindlichen Nutzvakuumraum ermöglicht wird.

[0030] Um eine Redundanz für die Emission von Elektronen zu gewährleisten, sind vorzugsweise mehrere Feldelektronen-Emitter zu einem Bündel zusammengefasst. Hierbei ist ein Ohmscher Vorwiderstand vorgesehen, der die Emission von Elektronen aus dem Bündel der Feldelektronen-Emitter regelt und stabilisiert, indem dieser im Fall eines Ausfalls eines Feldelektronen-Emitters an den anderen Feldelektronen-Emittern eine höhere Betriebsspannung zum Ausgleich für den ausgefallenen Feldelektronen-Emitter zur Verfügung stellt.

[0031] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist die Anode mit einem leitfähigen Überzug, wie Kohlenstoff, versehen, der eine besonders geringe Röntgenanregung der mit 200 eV auftreffenden Elektronen ermöglicht, sodass ein geringerer, durch Röntgenstrahlen ausgelöster Sekundärelektronenstrom von der Kathode der Pumpe zur Anode fließt.

[0032] Insbesondere dient der Strom zwischen Kathode und Anode als Maß für den durch den Elektronenbeschuss erzeugten Ionenstrom und damit für den Druck des Restgases.

[0033] Um das anfängliche Evakuieren des Restgases zu beschleunigen, weist einer der Nutzvakuumräume eine durch Verdampfen niedergeschlagene Getterschicht auf.

[0034] Weitere Merkmale und Vorteile ergeben sich aus der folgenden Beschreibung einer Ausführungsform der Erfindung im Zusammenhang mit der Zeichnung.

[0035] Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Ansicht eines Querschnitts durch eine miniaturisierte Orbitron-Pumpe nach der Erfindung.

[0036] In Fig. 1 ist eine Orbitron-Pumpe 10 in einer schematischen Querschnittsansicht dargestellt. Die Orbitron-Pumpe 10 ist mit einem Siliziumträger 12 versehen, auf den bereichsweise eine Isolatorschicht 14 aufgebracht ist. Die Isolatorschicht 14 trägt wiederum eine Metallschicht 16, die Leiterbahnen bildet, welche eine Feldelektronenquelle 18 mit einem Extraktor 20 und einem Feldelektronen-Emitter 22 kontaktieren und einen Potential-führenden Ring 36 um die Anode führen.

[0037] Anstelle eines Siliziumträgers 12 mit einer Auf-

lageisolatorschicht 14 kann auch ein massiver Isolator, z. B. Glas, eingesetzt werden.

[0038] In dem Siliziumträger 12 ist eine Anode 26 verankert. Um die Anode 26 herum ist ein Pumpenraum 24 vorgesehen, der einen Orbitbereich konzentrisch zur Anode 26 umfasst. Der Orbitbereich des Pumpenraums 24 weist weder eine Isolatorschicht 14 noch eine Metallschicht 16 auf. Zudem wird der Orbitbereich des Pumpenraums 24 in axialer Richtung der Anode 26 von der einen Seite durch den Siliziumträger 12 und von der gegenüberliegenden Seite von einer Titankathode 28 begrenzt. Die Titankathode 28 liegt auf einem weiteren Isolator 30, der seinerseits auf der Metallschicht 16 aufliegt.

[0039] Zur Symmetrisierung des Potentials sind vier Feldelektronenquellen 18 symmetrisch um die Anode 26 herum angeordnet. Die Elektronen werden tangential zum Zentral-Potentialfeld in eine Kreisbahn, also den Orbit, im Pumpenraum 24 um die Anode 26 eingeschossen. Die Anode 26 ist durch die Isolatoren 30 von der Titankathode 28 isoliert. Das Potential für die Kreisbahn der Elektronen wird durch die Anode 26, die Titankathode 28 und den Potentialring 36 gebildet. Die Titankathode 30 ist auch durch die Isolatoren 30 von dem Siliziumträger 12 getrennt und isoliert aufgebaut. Zwischen den einzelnen Flächen der Titankathode 28, der Isolatoren 30, der Metallschicht 16, der Isolatorschicht 14 sowie des Siliziumträgers 12 befinden sich jeweils anodische Bond- oder Klebeverbindungen 32, die ultrahochvakuumdicht sind. Bevorzugt könnte ein Ultrahochvakuumklebemittel, wie z. B. Torrseal, eingesetzt werden.

[0040] Die Feldelektronenquellen 18 sind jeweils in einem Hohlraum im Isolator 30 eingebracht, der die Titankathode 28 als flächige Decke trägt. Dabei sind die Feldelektronenquellen 18 geschützt in dem Isolator 30 angeordnet, sodass ihre empfindlichen Isolationsstrecken nicht von zerstäubten Atomen der Titankathode 28 leitfähig überbrückt werden können. Der Pumpenraum 24 ist gekapselt und als geschlossenes System ausgeführt. Zudem ist er durch eine Öffnung 38 mit einem angrenzenden Nutzvakuumraum 34 verbunden.

[0041] Der Aufbau der Feldelektronenquelle 18 mit Feldelektronen-Emitter 22 und Extraktor 20 wird in Depositionstechnik ausgeführt. Die Leiterbahnen und Isolatorausformung wird in Siliziumtechnik mit Elektronenstrahl- oder optischer Lithographie und einem "lift-off"-Prozess zur Herstellung der Leiterbahnen in der Metallschicht 16 auf einer Oxidschicht realisiert. In dieser Oxidschicht kann durch zusätzliche Tief-Ätzung der Isolationsweg zwischen den Leiterbahnen in der Metallschicht 16 verlängert werden.

[0042] Diese Ätzung kann bis auf den das Anodenpotential führenden Siliziumträger 12 geätzt sein, um so die Isolatorstrecken aus der Waagrechten in die Senkrechte zu verlängern, und durch eine durch Prozess-technik gegebenenfalls erhaltene Unterschneidung der Leiterbahnen der Metallschicht 16 den Isolationsweg zu vergrößern und den Belegungsschutz zu verbessern.

[0043] Die Feldelektronenquellen 18 sind entsprechend dem Stand der Technik zusammen mit dem Extraktor 20 mittels elektronenstrahlinduzierter Deposition aufgebaut, siehe hierzu auch: H. W. P. Koops, J. Kretz, M. Rudolph, M. Weber, G. Dahm, K. L. Lee, "Characterization and application of materials grown by electron beam induced deposition", Jpn. J. Appl. Phys Vol. 33 (1994) 7099-7107, Part. 1 No. 12B, December 1994.

[0044] Die Isolationsstrecke zwischen Feldelektronen-Emitter 22 und Titankathode 28 ist durch photoätzbares Glas in miniaturisierter Form hergestellt. Alle Bauteile sind miteinander durch oxydische Bondtechnik anodisch verbunden oder aber durch eine Ultra-Hochvakuum-taugliche Vakuumklebetechnik miteinander vakuumdicht verbunden. Mit Vorteil kann auch eine thermoplastische Klebung mit lithographisch strukturierten Thermoplasten eingesetzt werden.

[0045] Bei der Orbitron-Pumpe 10 nach der Erfindung handelt es sich somit um einen mikromechanischen Aufbau mit den Isolatoren 14, 30, der Metallschicht 16 und deponierten Strukturen, die als Feldelektronenquelle 18 dienen. Derartige Feldelektronenquellen 18 werden auch Feldemissions-Strahlerzeuger genannt. Die Orbitron-Pumpe 10 ist eine elektrostatische Pumpe, mit welcher durch Elektronenbeschuss Ionen erzeugt werden, indem die Elektronen auf eine Kreisbahn um die Anode 26 geschossen werden und die Ionen durch Ionisierung durch E-lektroneneinfang aus dem neutralen Restgas erzeugt werden.

[0046] Diese Ionen werden durch die spezielle Wahl des Potentials von Anode 26, Feldelektronenquelle 18 und Titankathode 28 auf diese Titankathode 28 hin beschleunigt und zerstäuben die Oberflächenschicht der Titankathode 28 aus Titan- oder Gettermaterial. Zudem werden durch den von den Elektronen initiierten Ionenbeschuss zum einen die Gasatome als Ionen in das Titan eingebettet und zum zweiten die Oberfläche der Titankathode 28 durch Kathodenzerstäubung abgetragen. Mit diesen zerstäubten Atomen wird die innere Oberfläche der Orbitron-Pumpe 10 mit einer aktiven atomaren Getterschicht belegt, welche mit dem Restgas chemisch reagiert und dieses bindet. Beide Effekte erzeugen eine Verringerung des Drucks in dem zu evakuierenden Raum, nämlich dem Pumpenraum 24.

[0047] Diese Orbitron-Pumpe 10 ist geeignet, mit anderen Bauteilen zusammen zu einem System integriert in großflächiger Technik angewandt zu werden, z. B. in der Silizium-Mikromechanik oder der planaren Halbleitertechnik, um dort mit dem Pumpenraum 24 verbundenen Nutzvakuumraum zu Ultrahochvakuum zu evakuieren.

[0048] Durch die Miniaturisierung des Volumens der Orbitron-Pumpe 10 mit Ultrahochvakuum wird der Gasanfall durch Gasabgabe von der Oberfläche, durch Permeation durch die Wand und durch Gasabgabe aus dem Dichtungsmaterial verringert. Mit einem geringeren Saugvermögen kann somit das Ultrahochvakuum erreicht werden.

[0049] Durch die Miniaturisierung mit mikromechanischer und halbleitertechnologischer planarer Technologie, sowie durch die korpuskularstrahlinduzierte Deposition mit Hilfe von Ionen oder Elektronen wird es möglich, diese elektrostatische Orbitron-Pumpe 10 herzustellen, und diese auf einem Chip als Bauelement zu integrieren. In diese Orbitron-Pumpe 10 wird an Stelle eines aus dem Stand der Technik bekannten heißen thermischen Elektronen-Emitters eine kalte Feldelektronenquelle 18 eingesetzt, durch die ein hoher Primärelektronen-Strom die Ionenerzeugungsrate hoch halten kann. Als Feldelektronenquellen 18 kommen für miniaturisierte Systeme keine thermischen, sondern nur kalte Feldelektronenquellen in Frage, da miniaturisierte thermische Quellen die miniaturisierten Bauteile schnell aufheizen. Dies führt zum Ausgasen der Materialien und verhindert daher ihren Einsatz. Zusätzlich sind thermische Elektronenquellen schwierig miniaturisiert herzustellen und zu betreiben.

[0050] Miniaturisierte kalte Feldelektronenquellen sind Stand der Technik und z. B. aus der DE 44 16 597.8 oder der DE 199 23 614 bekannt.

[0051] Aus diesem Stand der Technik sind Feldelektronen-Emitter bekannt, die mit einer Extraktorordnung zusammenwirken, um die Elektronen zu beschleunigen. Der Abstand zwischen dem Feldelektronen-Emitter 22 und dem Extraktor 20 ist die Beschleunigungsstrecke für die Elektronen. Die Beschleunigungsstrecke ist dort gleich oder kleiner als die mittlere freie Weglänge der Atome und Moleküle des zu evakuierenden Gases bei Normaldruck, also 760 Torr.

[0052] Die aus dem Stand der Technik bekannte miniaturisierte aufgebaute Feldelektronen-Emitter-Extraktor-Anordnung weist einen integrierten Ionenspiegel auf und kann in integrierte Schaltungen hinein auf vorgefertigten isolierten Leiterbahnen auf wenigen µm an Länge und Breite aufgebaut werden.

[0053] Nach der Erfindung wird eine derartig miniaturisierte Feldelektronenquelle 18 in der miniaturisierten Orbitron-Pumpe 10 verwendet. Da durch elektrostatische Potentialführung erreicht wird, dass die Elektronen in dem Orbit um die Anode 26 herum fliegen, wird der Weg des Elektronenstrahls im Restgas stark verlängert und auf diese Weise schließlich die Ionisierung des Restgases erreicht.

[0054] Auch in der miniaturisierten Orbitron-Pumpe 10 fliegen die nicht ionisierten Atome des Restgases von Wand zu Wand, und werden von den auf dem Orbit kreisenden Elektronen getroffen. So ionisierte Gasatome werden dann durch das Potential der Titankathode 28 beschleunigt und in diese eingebettet bzw. implantiert. Dabei ist die Titankathode 28 nicht mit dem Feldelektronen-Emitter 22 zu verwechseln. Die Titankathode 28 ist in der Orbitron-Pumpe 10 so angeordnet, dass sie überwiegend von diesen Ionen getroffen wird. So werden die aus dem Restgas erzeugten Ionen in die Oberfläche der Titankathode 28 deponiert und zerstäuben zusätzlich diese Oberfläche der Titankathode 28.

[0055] Durch geeignete Wahl der Spannung an der Anode 26 zur Erzeugung der Kreisbahn der Elektronen und des Einschusses der Elektronen in das Feld zwischen der Anode 26 und der Titankathode 28 gelingt es, diese Ionisierungswahrscheinlichkeit stark zu erhöhen und den Pumpenraum 24 der Orbitron-Pumpe 10 bis zum Ultrahochvakuum leer zu pumpen.

[0056] Ein weiterer Vorteil der Orbitron-Pumpe 10 nach der Erfindung ist, dass eine Vorpumpe zur Vorevakuierung des zu evakuierenden Raumes der Pumpe entfällt. Dies ist möglich, da der Feldelektronen-Emitter 22, der durch korpuskularstrahlinduzierte Deposition hergestellt wird, bereits ab Normaldruck, also ab 760 Torr, arbeitet und Elektronen emittiert. Das ist möglich, weil durch die miniaturisierte Aufbauweise der Abstand Feldelektronen-Emitter 22 zu dem Extraktor 20 nur 0,3 µm groß ist, was ungefähr der Größenordnung der mittleren freien Weglänge der Atome des Restgases bei Normaldruck entspricht. Daher kann mit der miniaturisierten Orbitron-Pumpe 10 nach der Erfindung auch ein gekapselter Ultrahochvakuumraum ohne zusätzliche Vorpumpe direkt evakuiert werden und auch den zu evakuierenden Raum, also den Pumpenraum 24, und einen möglicherweise angrenzenden Nutzvakuumraum 34 bis hin zum Ultrahochvakuum vollständig evakuieren.

[0057] Diese Betriebsweise ist mit thermischen Kathoden für Feldelektronenquellen nicht möglich, da diese durch den Luftsauerstoff oxidieren und abbrennen. Man spart durch die Betriebsweise und Konstruktion nach der Erfindung auch die Vorpumpe, dazwischenliegende Rohrleitungen und ein Absperrventil, mit welchem der Ultrahochvakuumraum vom Vorpumpenraum dicht abgetrennt werden muss, um das Ultrahochvakuum in der Ionenzerstäuberpumpe oder Orbitron-Pumpe gemäß dem Stand der Technik zu erreichen.

[0058] Durch Verbindung des Pumpenraumes 24 der Orbitron-Pumpe 10 mit dem Nutzvakuumraum 34 mit einem hohen Leitwert ist es möglich, für diesen Nutzvakuumraum 34 das erforderliche Vakuum, nämlich Ultrahochvakuum, für die darin befindlichen Experimente die Ultrahochvakuum erfordern, zu ermöglichen.

[0059] Dieser Nutzvakuumraum 34 kann durch eine seitliche Öffnung in dem Isolator 30, durch eine gitterförmig ausgebildete Titankathode 28 oder durch eine gitterförmig ausgebildete Anode 26 oder einen gitterförmig ausgebildeten Anodenträger an den Pumpenraum 24 mit hohem Leitwert angeschlossen sein.

[0060] Die Elektronen werden von dem Feldelektronen-Emitter 22 mit Potential 0 Volt emittiert, indem sie durch eine Beschleunigungsspannung am Extraktor 20 aus der Spitze des Feldelektronen-Emitters 22 durch Feldemission freigesetzt werden. Die Beschleunigungsspannung hat einen positiven Wert zwischen 2 Volt und 70 Volt und beschleunigt die Elektronen in den Orbit um die drahtförmige positive Anode 26. Diese Anode 26 liegt auf positivem Potential mit einem Wert zwischen 70 Volt und 2000 Volt. Die Anode 26 ist isoliert

gehalten gegenüber der flächig ausgebildeten Titankathode 28, die auf negativem Potential liegt. Das Potential der Titankathode 28 hat einen Wert zwischen 0 Volt und -3000 Volt.

[0061] Der Strom aus Elektronen, der aus dem Feldelektronen-Emitter 22 für die Ionisation im Pumpenraum 24 benötigt wird, wird durch eine aktive Stabilisierung des Elektronenstrahls durch eine vorgegebene Einstellung oder externe Maßnahmen eingestellt. Zudem kann der Strom aus Elektronen durch eine aktive Steuerung der Größe des Elektronenstromes für die verschiedenen zu pumpenden Vakuumbereiche entweder durch vorgegebene Einstellung oder externe Maßnahmen eingerichtet werden. Auf diese Weise kann die erforderliche Leistung der Orbitron-Pumpe 10 gewählt und eingestellt werden.

Bezugszeichenliste

[0062]

10	Orbitron-Pumpe
12	Siliziumträger
14	Isolatorschicht
16	Metallschicht
18	Feldelektronenquelle
20	Extraktor
22	Feldelektronen-Emitter
24	Pumpenraum
26	Anode
28	Titankathode
30	Isolator
32	Klebeverbindung
34	Nutzvakuumraum
36	Potentialring für die elektrostatische Fläche
38	Vakuumverbindung zum Nutzvakuumraum

Patentansprüche

1. Orbitron-Pumpe (10) zur Erzeugung von Vakuum in einem zu evakuierenden Raum - Pumpenraum (24) -, mit einer Elektronenquelle (18), mit Mitteln zum Erzeugen eines Feldes, das die Elektronen der Elektronenquelle (18) im Pumpenraum (24) auf eine Kreisbahn zwingt, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Elektronenquelle als Feldelektronenquelle (18) ausgebildet ist, die einen kalten Feldelektronen-Emitter (22) und eine Beschleuniger-Elektrode (20) umfasst, welche die aus dem Feldelektronen-Emitter (22) austretenden Elektronen in Richtung auf das Feld beschleunigt, und dass der Abstand zwischen dem Feldelektronen-Emitter (22) und der Beschleuniger-Elektrode (20) kleiner als die mittlere freie Weglänge der Atome des zu evakuierenden Gases - Restgas - in dem Pumpenraum (24) ist.
2. Orbitron-Pumpe nach Anspruch 1, **dadurch ge-**

- kennzeichnet, dass** die Mittel zum Erzeugen eines Feldes im Pumpenraum (24) eine Anode (26) und eine Kathode (28) umfassen, die ein elektrisches Feld erzeugen, sodass die Flugbahn der Elektronen um die Anode (26) herum verläuft. 5
3. Orbitron-Pumpe nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Pumpenraum (24) ein Volumen von kleiner als 10 mm³ aufweist. 10
4. Orbitron-Pumpe nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** an der Anode (26) eine positive Spannung von bis zu 2000 Volt anliegt, sodass die Elektronen die Anode (26) in einem zylindersymmetrischen Zentral-Potentialfeld zwischen Anode (26) und Kathode (28) umkreisen. 15
5. Orbitron-Pumpe nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** an der Kathode (28) eine negative Spannung von 0 Volt bis -3000 Volt, insbesondere -200 Volt bis -2000 Volt, anliegt, wodurch das zylindersymmetrische Zentral-Potentialfeld zwischen der positiv geladenen Anode (26) und der negativ geladenen Kathode (28) verstärkt wird und die Elektronen die negativ geladene Kathode (28) erreichen. 20 25
6. Orbitron-Pumpe nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Elektronen den Feldelektronen-Emitter (22) mit -30 Volt verlassen und bei 0 Volt in das Zentral-Potentialfeld eindringen, oder ähnliche Potentialdifferenzen zwischen Feldelektronen-Emitter (22) Beschleuniger-Elektrode (20) und Anode (26) verwendet werden, die aber auf einem anderen Grundpotential aufsetzen. 30 35
7. Orbitron-Pumpe nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Feldelektronen-Emitter (22) die Elektronen in Form eines Elektronenstrahls in einer Ebene senkrecht zur Anode (26) aufbaut. 40
8. Orbitron-Pumpe nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein Extraktor (20) die Beschleuniger-Elektrode bildet, der ein Extraktorpotential zur Symmetrisierung des Feldes in einer Ebene senkrecht zur Anode (26) aufbaut. 45
9. Orbitron-Pumpe nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Isolator (14, 30) vorgesehen ist, der zwischen der gegenüber der Anode (26) und dem Feldelektronen-Emitter (22) isolierten Kathode (28) und einem Anodenträger (12) angeordnet ist. 50 55
10. Orbitron-Pumpe nach einem der Ansprüche 2 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Feldelektronen-Emitter (22) und die Beschleuniger-Elektrode (20) und/oder die Anode (26) in miniaturisierter Ausführung mit korpuskularstrahlinduzierter Deposition, laserstrahlinduzierter Deposition oder mit mikromechanischer Bautechnik und die Kathode (28) in miniaturisierter Ausführung mit mikromechanischer Bautechnik hergestellt sind.
11. Orbitron-Pumpe nach einem der Ansprüche 2 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest die den Feldelektronen-Emitter (22) und die Beschleuniger-Elektrode (20) tragende Isolatorschicht und die Anode (26) und die Kathode (28) durch anodische Bond- oder Klebetechnik zueinander fixiert und vakuumdicht verbunden sind.
12. Orbitron-Pumpe nach einem der Ansprüche 2 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere Feldelektronenquellen (18) vorgesehen sind und um die Anode (26) herum angeordnet sind, sodass mehrere Elektronenstrahlen die Ionisation und eine Symmetrisierung des Anodenpotentials für die Kreisbahn bewirken.
13. Orbitron-Pumpe nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Feldelektronenquelle (18) eine Ionenspiegel-Elektroden-Anordnung mit einer Mittel- und einer Endelektrode umfasst, die durch ihr angelegtes Potential an der Mittelelektrode zwischen Beschleuniger-Elektrode (20) und der Endelektrode verhindert, dass aus dem Pumpenraum (24) kommende Ionen den kalten Feldelektronen-Emitter (22) erreichen und diesen zerstäuben.
14. Orbitron-Pumpe nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf dem Isolator (30) zwischen Feldelektronenquelle (18) und Anode (26) ein Potentialring (36) angebracht ist, der durch negative Aufladung auf -100 Volt das Potential um die Anode (26) so formt, dass die um die Anode (26) fliegenden Elektronen in einer als elektrostatische Fläche wirkende Potentialanordnung eingeschlossen sind und nur zur Anode (26) hin sich bewegen können.
15. Orbitron-Pumpe nach einem der Ansprüche 9 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Feldelektronenquelle (18) in in den Isolator (30) eingebrachten Hohlräumen angeordnet ist, sodass durch Einschlag von Ionen auf die Kathode (28) von deren Oberfläche zerstäubtes Titan- oder Gettermaterial nicht in die Feldelektronenquelle (18) gelangen kann.
16. Orbitron-Pumpe nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Öffnung im Pumpenraum (24) vorgesehen ist,

durch welche die Pumpwirkung zu einem Nutzvakuumraum (34) geführt wird.

17. Orbitron-Pumpe nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kathode (28) aus Titan oder einem anderen Gettermaterial ausgebildet ist. 5
18. Orbitron-Pumpe nach Anspruch 16 und 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kathode (28) zumindest bereichsweise als Gitter ausgeführt ist, sodass das Gitter potentialbegrenzend die Bewegung der Elektronen auf der Kreisbahn ermöglicht, aber die Durchlässigkeit des Gitters und die Öffnungen im Gitter das Durchtreten der im angrenzenden Nutzvakuumraum (34) befindlichen Atome des Restgases in den Pumpenraum (24) ermöglicht, wodurch ein großer Saugquerschnitt zu einem über der Kathode (28) befindlichen Nutzvakuumraum (34) ermöglicht wird. 10 15 20
19. Orbitron-Pumpe nach einem der Ansprüche 16 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anode (26) und der Potentialring ((36) mit durchbrochenem Isolatorträger (14) zumindest bereichsweise als Gitter ausgeführt ist, sodass das Gitter potentialbegrenzend die Bewegung der Elektronen auf der Kreisbahn ermöglicht, aber die Durchlässigkeit des Gitters und die Öffnungen im Gitter das Durchtreten der im angrenzenden Nutzvakuumraum (34) befindlichen Atome des Restgases in den Pumpenraum (24) ermöglicht, wodurch ein großer Saugquerschnitt zu einem unter der Anode (26) befindlichen Nutzvakuumraum (34) ermöglicht wird. 25 30 35
20. Orbitron-Pumpe nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere Feldelektronen-Emitter (22) zu einem Bündel zusammengefasst sind, um eine Redundanz für die Emission von Elektronen zu gewährleisten. 40
21. Orbitron-Pumpe nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Ohmscher Vorwiderstand vorgesehen ist, der die Emission von Elektronen aus dem Bündel der Feldelektronen-Emitter (22) regelt und stabilisiert, indem dieser im Fall eines Ausfalls eines Feldelektronen-Emitters (22) an den anderen Feldelektronen-Emittern (22) eine höhere Betriebsspannung zum Ausgleich für den ausgefallenen Feldelektronen-Emitter (22) ausgefallenen Feldelektronen-Emitter (22) zur Verfügung stellt. 45 50
22. Orbitron-Pumpe nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anode (26) mit einem leitfähigen Überzug, wie Kohlenstoff, versehen ist, der eine besonders geringe Röntgenanregung der mit 200 eV auftreffenden Elektronen ermöglicht, sodass ein geringer, durch Röntgenstrahlen ausgelö-

ster Sekundärelektronenstrom von der Kathode (28) fließt.

23. Orbitron-Pumpe nach einem der Ansprüche 17 bis 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Strom zwischen Kathode (28) und Anode (26) als Maß für den durch den Elektronenbeschuss erzeugten Ionenstrom und damit für den Druck des Restgases dient.
24. Orbitron-Pumpe nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem weiteren Nutzvakuumraum (ähnlich 34) durch Verdampfen eines Gettermaterials eine Getterschicht niedergeschlagen wird, die das Evakuieren des gesamten Vakuumraumes unterstützt. der Nutzvakuumraum (34) eine durch Verdampfen niedergeschlagene Getterschicht aufweist, die das anfängliche Evakuieren des Restgases beschleunigt.

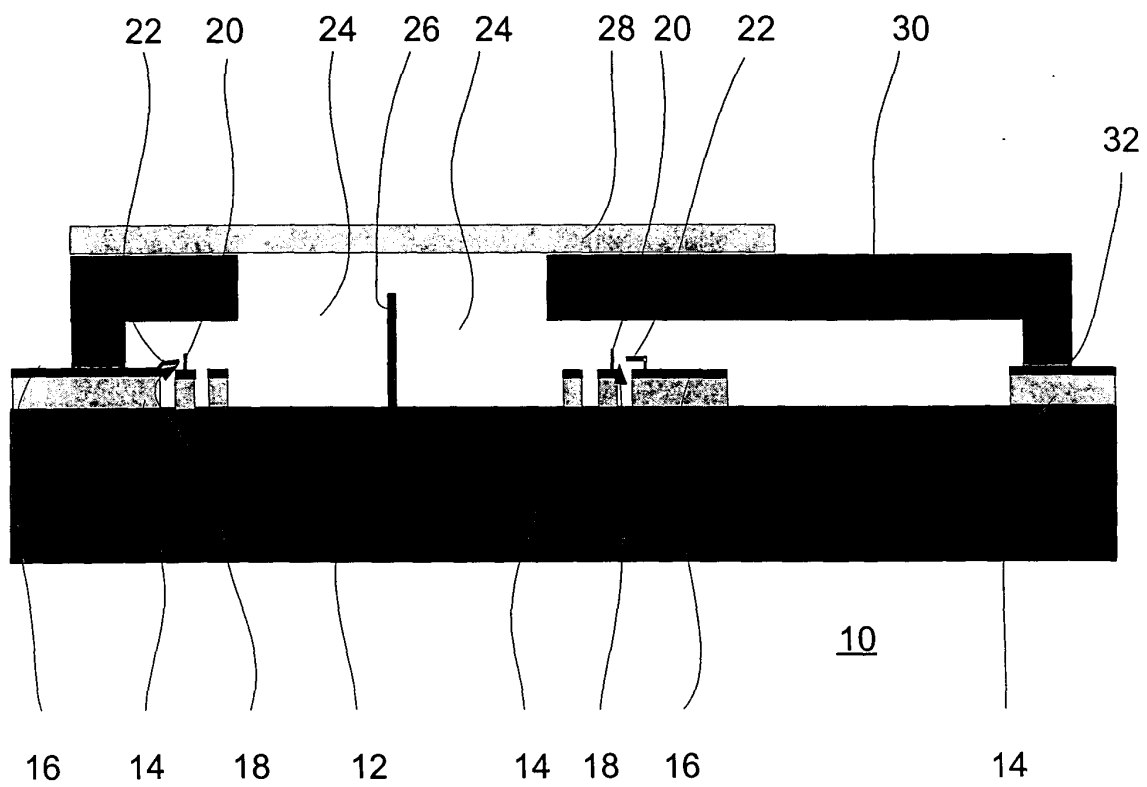


Fig. 1