



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 51629

(13) C2

(51) 6 H01J37/06

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) ГАЗОРАЗРЯДНА ЕЛЕКТРОННА ГАРМАТА

1

2

(21) 97031270

(22) 20 03 1997

(24) 16 12 2002

(46) 16 12 2002, Бюл. № 12, 2002 р

(72) Новіков Анатолій Олександрович, Шубін
Олександр Васильович, Панібрацький Ва-
лерій Олексійович(73) Новіков Анатолій Олександрович, Шубін
Олександр Васильович, Панібрацький Ва-
лерій Олексійович(57) Газоразрядная электронная пушка, содержа-
щая анод, гальванически соединенный с техноло-
гической камерой, обрабатываемым материалом
и землей, и по крайней мере два изолированных
друг от друга катода, включенных встречно через
управляющую цепочку в цепь высоковольтного
источника питания и изолированных от "земли",
отличающаяся тем, что оси катодов расположе-
ны под углом, между анодом и обрабатываемым
материалом введен изолированный от "земли"

эмиттерный электрод с выходными отверстиями,
соосными катодам, между ним и технологической
камерой введены электрод дополнительной иони-
зации газа или пара и технологический электрод,
при этом угол между осями катодов и выходные
отверстия в эмиттерном электроде выбраны из
условий $180^\circ \geq \alpha \geq 0^\circ$, $1 \leq d/D \leq (eU_{оп}/kT_e)^{3/4}$, где α - угол
между осями катодов,
 $d \cong (\epsilon_0/n_i)^{1/2} (ekT_e)^{1/4} U_{оп}^{3/4}$ - диаметр отверстия, рав-
ный ширине пристеночного слоя пространственно-
го, заряда,

ϵ_0 , ϵ - диэлектрическая проницаемость вакуума и
заряд электрона,

$n_i \cong n_e$ - концентрация ионов и электронов в плазме,

kT_e - средняя тепловая энергия электронов в
плазме,

$U_{оп}$ - падение потенциала в пристеночном слое,

$D = (\epsilon_0 kT_e / n_e e)^{2/3}$ - дебаевский радиус экранирова-
ния в плазме

Изобретение относится к газоразрядным элект-
ронным приборам и устройствам для ввода объ-
ектов или материалов, подлежащих воздействию
разряда или электронного потока, например, с
целью их исследования или обработки, а более
конкретно - к конструкции газоразрядных элект-
ронных пушек, применяемых в основном для вы-
сокотемпературной обработки материалов и по-
лучении защитных и декоративных покрытий,
например, путем термического испарения, терми-
ческой модификации поверхности или осаждения
пленок из пучковой плазмы

Известны газоразрядные электронные пушки,
работающие на основе высоковольтного тлеюще-
го разряда и осуществляющие термическую и
плазмохимическую обработку материалов (Плаз-
менные процессы в технологических электронных
пушках, Завьялов М.А. и др. - М. ЭАИ, 1989, с
102). Известны также электронные пушки (Пат.
США № 4778975, МКИ4 В 23 К 15/00, оп. 1988,
Изобретения стран мира, 1989, вып. 30, № 7,

стр. 48), питающиеся от источника переменного
тока и содержащие изолированные катоды. В
схеме с трехфазным высоковольтным трансфор-
матором возможно одновременное питание шести
электронных пушек, что повышает эффективность
использования блока питания по сравнению с
электронными пушками на постоянном ускоряю-
щем напряжении. Их недостатком остается неус-
тойчивость работы при обратной полярности на-
пряжения, прикладываемого между катодом и
анодом пушки. Это связано с тем, что в электрон-
ных пушках с термокатадами при питании их пе-
ременным ускоряющим напряжением используется
их односторонняя проводимость (вентильный
эффект). Однако в технологических пушках нали-
чие плазмы в технологической камере, лучевом и
анодной полости резко снижает электрическую
прочность при обратной полярности напряжения
на пушке, что является основной причиной ее не-
устойчивой работы.

Известна также газоразрядная электронная

(13) C2

(11) 51629

(19) UA

пушка (А с СССР № 0631010, МКИ² Н 01 J 37/06, 3 15 07 76), содержащая анод и по крайней мере два изолированных друг от друга катода. С целью повышения устойчивости и эффективности работы на переменном токе катоды включены встречно в цепь высоковольтного питания и изолированы от земли. Эта газоразрядная электронная пушка выбрана прототипом.

Недостатком известных газоразрядных электронных пушек, в том числе и прототипа, является узкий диапазон регулирования параметров анодной плазмы и электронного пучка, неустойчивость их работы, что определяет невозможность их более широкого технологического использования.

В основу изобретения поставлена задача расширения функциональных возможностей и повышение устойчивости работы газоразрядной электронной пушки.

Поставленная задача достигается тем, что оси катодов располагают под углом, между анодом и обрабатываемым материалом введен изолированный от земли эмиттерный электрод с выходными отверстиями, соосными катодам, между ним и технологической камерой введены электрод дополнительной ионизации газа или пара и технологический электрод, при этом угол между осями катодов и выходные отверстия в эмиттерном электроде выбирают из условий $180^\circ \geq \alpha \geq 0^\circ$, $1 \leq d/D \leq (eU_{\text{ан}}/kT_e)^{3/4}$ (1), где α – угол между осями катодов, $d = (\epsilon_0/n_e)^{1/2} (ekT_e)^{1/4} U_{\text{ан}}^{3/4}$ – диаметр отверстия, равный ширине пристеночного слоя пространственного заряда, ϵ_0 , e – диэлектрическая проницаемость вакуума и заряд электрона, n_e – концентрация ионов и электронов в плазме, kT_e – средняя тепловая энергия электронов в плазме, $U_{\text{ан}}$ – падение потенциала в пристеночном слое, $D = (\epsilon_0 kT_e/n_e e^2)^{1/2}$ – дебаевский радиус экранировки в плазме.

Расположение осей катодов под углом α , изменяющегося в пределах 0° – 180° , позволяет расширить область применения и использовать электронный луч как для термической обработки и активации поверхностей или испарения материала, так и для ионизации паров и газа в технологической камере. Для плавного изменения угла α возможно использование шлицованного сочленения газоразрядной пушки с технологической камерой.

Введение эмиттерного электрода позволяет повысить стабильность работы газоразрядной пушки путем экранирования ее от плазмы технологической камерой. Диаметр отверстия в эмиттерном электроде выбирают в соответствии с параметрами этой плазмы и потенциалом, подаваемым на этот электрод. Диаметр изменяется в пределах, определяемых соотношением (1). При выполнении этого соотношения плазма из технологической камеры не проникает в разрядный объем пушки (Плазменные процессы в технологических электронных пушках, Завьялов М.А. и др. – М. ЗАИ, 1989/с. 45). Для обеспечения оптимальных условий прохождения пучка электронов катодом отверстие эмиттерного электрода можно расположить в плоскости кроссовера пучка.

Введение электрода дополнительной ионизации газа или пара, а также технологического

электрода в газоразрядную электронную пушку также расширяет ее функциональные возможности, так как путем изменения потенциалов этих электродов, можно управлять параметрами плазмы в технологической камере и параметрами электронного пучка газоразрядной пушки. При этом электрод дополнительной ионизации имеет низковольтный источник питания, а технологический электрод – высоковольтный. Источники питания могут быть как постоянного, так и переменного тока, изолированными от цепей тока других источников.

Таким образом расположение осей катода под углом, введение в газоразрядную пушку эмиттерного электрода, электрода дополнительной ионизации газа или пара, технологического электрода значительно расширяет функциональные возможности и повышает стабильность ее работы.

Схема предлагаемой газоразрядной электронной пушки приведена на фиг. Она содержит холодные катоды 1, оси которых расположены под углом α . Катоды 1 изолированы от анода 2 с помощью высоковольтных изоляторов 3. Анод 2 с отверстиями для прохождения пучков электронов и ионов соединен с заземленной технологической камерой 4, откачиваемой вакуумным насосом (на фиг. не показан). Между анодом 2 и обрабатываемым материалом или тиглем 5 введен эмиттерный электрод 6, с выходными отверстиями 7, которые выполнены соосно катодам 1 и отверстиям в аноде 2. Между эмиттерным электродом 6, изолированным с помощью изолятора 8 от анода 2, технологической камеры 4 и обрабатываемого материала 5, введен электрод дополнительной ионизации газа или пара 9, изолированный от технологической камеры 4 с помощью изолятора 10. В газоразрядную электронную пушку через изолятор 11 введен также технологический электрод 12 с обрабатываемой деталью 13. Через стенку анода 2 с помощью трубки 14 и электромагнитного нагнетателя 15 в газоразрядную электронную пушку подается рабочий газ.

Катоды 1 через управляющую цепочку 16 встречно подключены в цепь высоковольтного источника питания 17, которым является, например, высоковольтная обмотка трансформатора. Для электрического управления потенциалами и токами эмиттерного электрода 6, электрода дополнительной ионизации газа или пара 9, технологического электрода 12, электромагнитного нагнетателя 15 использованы электронные блоки управления 18, 19, 20, 21 соответственно. При работе газоразрядной пушки образуются электронные пучки 22 и анодная плазма 23.

Газоразрядная электронная пушка работает следующим образом. В технологической камере 4 и в полости анода 2 с помощью вакуумного насоса (на фиг. не показан) и электромагнитного нагнетателя 15 с электронным блоком управления 21 получают давление рабочего газа в пределах 1 – 10 Па. От высоковольтного источника питания 17 напряжение 5 – 20 кВ через управляющую цепочку 16 подают на изолированные с помощью изоляторов 3 холодные катоды 1, между которыми зажигается высоковольтный тлеющий разряд, образуется анодная плазма 23 и электронный пучок 22. При

использовании переменного высоковольтного напряжения пучок эмиттируется поочередно одним из катодов при отрицательном потенциале на нем и бомбардировке его поверхности положительными ионами анодной плазмы 23. Поочередно катоды 1 служат также коллекторами медленных электронов плазмы при положительном потенциале на них. Возможно использование высоковольтного источника питания постоянного тока. Энергия ускоренных электронов пучка 22 выделяется на обрабатываемом материале 5 и затрачивается на ионизацию рабочего газа и паров при образовании анодной плазмы 23. Управляющая цепочка 16 служит для раздельного управления амплитудой напряжения и тока каждой полуволны напряжения, прикладываемого к катодам 1 газоразрядной пушки, путем, например, регулирования балластных сопротивлений, включенных последовательно с диодами. Это позволяет подбирать необходимый электрический режим работы катодов 1.

Размещение осей катодов под углом α и возможность его изменения позволяет менять характер обработки материала или деталей от чисто термической ($\alpha \approx 0^\circ$), до чисто плазменной ($\alpha \approx 180^\circ$).

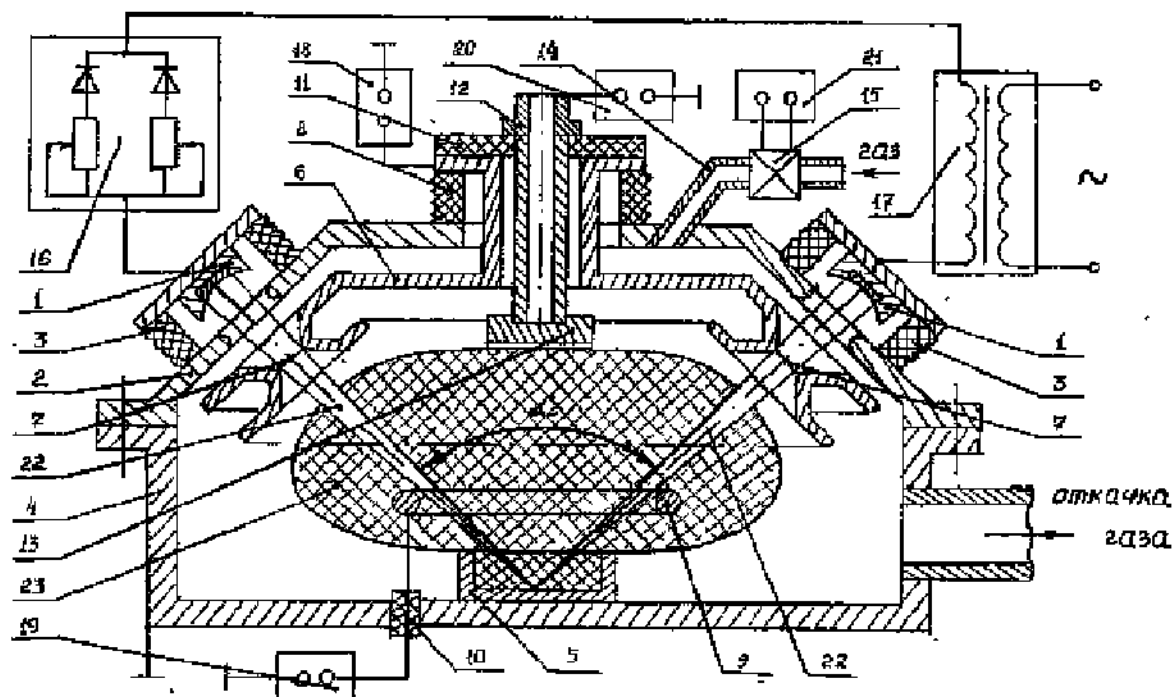
Эмиттерный электрод 6, изолированный от анода с помощью изолятора 8, имеет отверстия 7, которые служат эмиттером электронов или ионов из анодной плазмы 23, бомбардирующих поверхность катодов при положительной или отрицательной полярности на них. Размеры отверстий 7

выбирают из условия (1), что позволяет локализовать поверхность анодной плазмы 23 в районе отверстия 7, без проникновения ее в область отверстия анода 2 и катода 1. Потенциал, подаваемый на эмиттерный электрод 6 от электронного блока управления 18, позволяет электрически выполнить условие (1) путем управления параметрами анодной плазмы 23 и положения ее поверхности относительно эмиттерного электрода 6.

Электрод дополнительной ионизации газа или пара 9, изолированный от технологической камеры 4 с помощью изолятора 10, и электронный блок управления 19 также позволяют управлять параметрами анодной плазмы 23 путем включения дополнительного разряда (тлеющего, высокочастотного, дугового) между заземленной плазмой и электродом 9.

Технологический электрод 12 с закрепленной на нем деталью 13 изолирован с помощью изолятора 11, что позволяет управлять его потенциалом смещения от электронного блока управления 20 в режиме обработки поверхности детали 13 путем изменения потоков ионов или электронов из камеры 4 на деталь 13.

Предлагаемую газоразрядную электронную пушку наиболее целесообразно использовать для электронно-лучевой и плазмохимической модификации поверхностей конструкционных материалов, испарения веществ и получения пленочных покрытий.



Фиг.

ДП «Український інститут промислової власності» (Укрпатент)
вул. Сим'ї Хохлових, 15, м. Київ, 04119, Україна
(044) 456 – 20 – 90

ТОВ «Міжнародний науковий комітет»
вул. Артема, 77, м. Київ, 04050, Україна
(044) 216 – 32 – 71