



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 38451

(13) A

(51) 7 H01J37/06

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ГАЗОРОЗРЯДНА ЕЛЕКТРОННА ГАРМАТА

(21) 2000073979

(22) 05.07.2000

(24) 15.05.2001

(33) UA

(46) 15.05.2001, Бюл. № 4, 2001 р.

(72) Мельник Віталій Гнатович, Тугай Борис Андрійович, Тагіль Анатолій Гаврилович, Мельник Ігор Віталійович, Смітюх Григорій Євдокимович, Чайка Микола Васильович, Іванов Анатолій Михайлович, Дереча Олександр Якович

(73) Товариство з обмеженою відповідальністю Міжнародна компанія "Antares"

(57) Газорозрядна електронна гармата, що містить розміщені в герметичному корпусі на високовольтному ізоляторі холодний увігнутий катод з розвиненою емісійною поверхнею та співвісно з ним порожнинний анод з отвором в його дні, а також приєднаний співвісно до анода циліндричний канал з розміщеними на ньому магнітними фокусувальни-

ми лінзами, яка **відрізняється** тим, що розміри холодного катода та апертури порожнистого анода обрані із співвідношення $D_a \leq D_k \leq R_{\text{сф.к.}}$, де D_a - діаметр анодної апертури, D_k - діаметр катода, $R_{\text{сф.к.}}$ - радіус кривизни робочої поверхні катода.

2. Газорозрядна електронна гармата за п. 1, яка **відрізняється** тим, що порожнинний анод виконаний в верхній його частині конусним, а в нижній - циліндричним з увігнутим дном, причому оптимальна відстань від поверхні катода до отвору в дні анода, дорівнює радіусу кривизни катода, а подовжній розмір конусної частини анода не перевищує 0,5 радіуса кривизни катода.

3. Газорозрядна електронна гармата за п. 1, яка **відрізняється** тим, що між анодом і фокусувальною лінзою розташований магнітний екран з отвором у центрі, діаметр якого збігається з діаметром отвору в дні анода.

Винахід відноситься до електронної техніки, а більш конкретно - до газорозрядних електронних гармат технологічного призначення, і може бути використаний для електронно-променевої плавки, випаровування та інших термічних процесів, що використовуються у вакуумі з застосуванням потужних електронних пучків.

Відомі газорозрядні електронні гармати, робота яких базується на використанні електричного розряду між холодними електродами в газі низького тиску (високовольтного тліючого розряду), (М.А.Завьялов, Ю.Е.Крейндель, А.А.Новиков, Л.П.Шантурин. Плазменные процессы в технологических электронных пушках. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - С. 97-145). Електродні системи таких гармат складаються з холодного металевго катода з розвиненою емісійною поверхнею та порожнистого циліндричного або конусного анода. Пучок променів електронів емітується в результаті бомбардування поверхні холодного катода прискореними іонами, що надходять з плазми, локалізованої в порожнині аноду. В області катодного падіння потенціалу електрони прискорюються і в залежності від конфігурації поля, яка визначається формою увігнутого катода порожнинного анода, а також положенням та формою анодної плазми, формуються в пучок з відповідним кутом сходження.

Із-за відносно невеликої густини струму емісії холодного катода (біля $0,1 \text{ А/см}^2$) отримання потужного пучка можливе лише в електродній системі великого поперекового розміру. Електронний пучок в такій системі має великий кут сходження (короткофокусний пучок), що утруднює його транспортування на значну відстань (в зону термообробки виробів).

З урахуванням цього відомі газорозрядні гармати забезпечують отримання електронних пучків потужністю лише одиниці - десятки кіловат. Недоліком таких гармат також є зміна геометричних параметрів електронного пучка (фокусної відстані та поперекового розміру) при регулюванні потужності зміною тиску в гарматі, що супроводжується переміщенням межі анодної плазми вздовж осі електродної системи та зміною її форми.

Відомі також електронно-променеві печі для термічних процесів, в яких використовуються електродні системи високовольтного тліючого розряду з холодним катодом і конусним анодом (Пат. США 3.412.196, Cl 13-31, 19.11.68; Пат. Великобританії № 1.355343. M01J 37/00, 5.06.74). В таких пристроях зона термічної дії пучка знаходиться в розрядному проміжку, що дає можливість застосовувати катоди з великою емісійною поверхнею, проте вплив процесів в зоні термічної дії пучка на па-

(13) A

(11) 38451

(19) UA

раметри розрядного проміжку порушує стабільність роботи пристроїв і не дозволяє використовувати їх для високотемпературних процесів обробки матеріалів та виробів.

Найбільш близьким за технічною суттю до запропонованого винаходу є газорозрядна електронна гармата з холодним катодом (А. с. СССР № 222572 H01J 3/4, опубл. 15.06.84), яка містить холодний катод з увігнутою емісійною поверхнею і циліндричний анод з конусним дном, що з'єднане з циліндричним каналом для виведення електронного променя.

Неузгодженість геометричних параметрів електродної системи гармати з емісійними характеристиками холодного катода обмежує максимальну потужність електронного пучка, тому як при максимальному струмі розряду потік іонів на катод поширюється за межі емісійної зони. Крім того, регулювання струму розряду зміною тиску супроводжується зміною фокусної відстані пучка, що затрудняє його транспортування магнітними лінзами.

В основу винаходу покладено задачу розроблення газорозрядної електронної гармати великої потужності, в якій оптимізація електродної системи та пристроїв транспортування електронного пучка забезпечили б стабільність енергетичних та геометричних параметрів потужного електронного пучка.

Поставлена задача вирішується тим, що в газорозрядній електронній гарматі, що містить розміщений в герметичному корпусі на високовольтному ізоляторі холодний увігнутий катод з розвинутою емісійною поверхнею у вигляді частини сфери та співвісно з ним порожнистий анод з отвором в його дні, а також приєднаний співвісно до аноду циліндричний канал з розміщеними на ньому магнітними фокусувальними лінзами, яка відрізняється тим, що розміри холодного катода та апертури порожнистого анода вибираються з співвідношення $D_a \leq D_k \leq R_{\text{сф.к.}}$, де D_a - діаметр анодної апертури, D_k - діаметр катода, $R_{\text{сф.к.}}$ - радіус кривизни робочої поверхні катода. При цьому порожнистий анод виконаний в верхній його частині конусним, а в нижній циліндричним з увігнутим дном, причому оптимальна відстань від поверхні катода до отвору в дні анода дорівнює радіусу кривизни катода, а подовжній розмір конусної частини анода не перевищує 0,5 радіуса кривизни катода. Крім того, між анодом і фокусувальною лінзою розташований магнітний екран з отвором в центрі, діаметр якого співпадає з діаметром отвору в дні анода.

В такій електронній гарматі при тиску робочого газу (водень, кисень) одиниці - десятки Па та прискорюваній напрузі десятки кВ збуджується високовольтний тліючий розряд з локалізованою в порожнині анода плазмою, яка має з боку катода чітку межу. Електрони пучка емітуються з поверхні холодного катода в результаті бомбардування його поверхні іонами, що надходять з плазми і прискорюються в полі катодної області (між межею плазми і катодом). Полем катодної області електрони формуються в конусний пучок з фокусувальною відстанню, близькою до радіуса кривизни катода $f \approx R_{\text{сф.к.}}$. За межами аноду електронний пучок, що розходиться під тим же кутом, за допомогою магнітних фокусних лінз фокусується і транспортується

через циліндричний канал обмеженого діаметру в технологічну камеру (зону термічної обробки).

Для підвищення потужності гармати необхідно збільшувати площу емісійної поверхні катода, тобто поперековий розмір електродної системи (діаметри катода та аноду в площині апертури, які визначають розмір емісійної зони). При цьому діаметр анодної апертури не повинен бути більшим діаметра катода. У протилежному разі потік іонів, які бомбардують катод, буде поширюватися за межі емісійної поверхні катода, що порушує стабільність роботи гармати. При незмінній фокусній відстані пучка збільшення поперекового розміру електродної системи призводить до збільшення кута сходження пучка і відповідного його розходження за межами аноду. Транспортування такого пучка за допомогою магнітних лінз через канал з обмеженим поперековим розміром, що необхідно для розв'язання по вакууму гармати і технологічної камери установки, стає неможливим, коли поперековий розмір пучка при розходженні на відповідній відстані від фокуса (кроссовера) перевищує розмір цієї відстані, тому як магнітна лінза з обмеженим діаметром апертури для перехоплення пучка в місці малого його діаметра не може бути встановлена близько від його фокусу. З урахуванням того, що мінімальна відстань від фокусу пучка, на якій може бути встановлена магнітна лінза, дорівнює діаметру її апертури, поперековий розмір електронного пучка в місці розташування лінзи не повинен перевищувати відстані від фокусу пучка до лінзи. Такі умови забезпечуються при співвідношенні діаметрів катода, анодної апертури та радіусу кривизни робочої поверхні катода $D_a \leq D_k \leq R_{\text{сф.к.}}$. При цьому максимальний кут сходження пучка, при якому можливе транспортування його за допомогою магнітних лінз через канал з обмеженим діаметром, становить близько $\Theta \approx 26-27^\circ$. Це дозволяє при радіусі кривизни катода в межах 100-200 мм в реальних конструкціях гармати мати розмір емісійної поверхні, яка забезпечує отримання струму в десятки ампер.

В зв'язку з великим поперековим розміром електродної системи гармати розфокусувальна дія анодної апертури компенсується квазінейтральною плазмою. На відстані від катода до 0,5 радіусу його кривизни форма межі плазми подібна поверхні катода і це забезпечує формування електронного пучка з фокусною відстанню, що співпадає з радіусом кривизни катода. При цьому оптична система має форму частини сфери і анод на відстані до 0,5 радіусу кривизни катода ($H \approx 0,5R_{\text{сф.к.}}$) виконаний конусним. Кут нахилу твірної конусної частини анода співпадає з максимальним кутом сходження електронного пучка і, відповідно, не перевищує $26-27^\circ$.

При зменшенні струму розряду, коли плазма віддаляється від катода на відстань більше 0,5 радіусу його кривизни, конфігурація її межі залежить від форми анода, що значно впливає на фокусування електронного пучка. Так, в конусному аноді фокусна відстань скорочується по відношенню до радіусу кривизни катода, а в циліндричному аноді, навпаки, подовжується. В запропонованій гарматі нижня частина аноду має форму циліндра з увігнутим (напівсферичним) дном. При подовжньому пе-

реміщенні плазми в такому аноді не порушується подібність поля біля її межі і, відповідно, не змінюється фокусна відстань електронного пучка. Загальний подовжній розмір аноду обрано так, що отвір в його дні знаходиться в фокальній площині пучка, внаслідок чого забезпечується його проходження через отвір обмеженого діаметру без значних енергетичних витрат.

При наявності магнітного екрана між дном анода і лінзою, який перешкоджає проникненню поля лінзи за фокальну площину пучка, магнітна лінза розташована ближче до отвору в аноді, що дозволяє зменшити поперековий розмір пучка в зоні його транспортування і, відповідно, зменшити діаметр каналу, через який пучок транспортується.

На фіг. 1 представлена схема електродної системи запропонованої газорозрядної електронної гармати, а на фіг. 2 - схематичний розріз конструкції гармати. Газорозрядна гармата містить закріплений на високовольтному ізоляторі і охолоджуваній водою катод 2 із сферичною емісійною поверхнею. За допомогою циліндричного корпусу катод встановлений співвісно на порожнистому аноді 3. Анод в верхній частині має конусну, а в нижній - циліндричну форму з увігнутим дном (для спрощення технології виготовлення аноду його дно може мати форму конусів, які утворюють поверхню за формою близьку до напівсфери). Приосьова частина дна анода виконана у вигляді охолоджуваного водою фланця 4 з отвором для проходження електронного пучка. Між фланцем і конусною частиною дна анода розташована кільцева щілина для напуску робочого газу, який надходить через штуцер в стінці корпусу. Співвісно електродній си-

стемі на фланці закріплений циліндричний канал 5, на якому розташовані магнітні лінзи 6 та відхиляюча система 7. Між дном анода і фокусувальною лінзою розташований екран 8, виготовлений із феромагнітної сталі. Мінімальний діаметр отвору в екрані співпадає з діаметром отвору в аноді. За допомогою фланця на торці циліндричного каналу гармата встановлюється на технологічній камері вакуумної установки.

Для роботи запропонованої гармати при безперервному її відкачуванні через штуцер в стінці корпусу подаються гази (водень, кисень), а на катод - прискорювальна напруга 25-30 кВ. В діапазоні тиску одиниці - десятки Па виникає високовольтний тліючий розряд, сила струму якого регулюється зміною тиску (величиною потоку газу, що поступає в гармату).

За допомогою фокусувальних лінз 6 електронний пучок виводиться в технологічну камеру і фокусується на поверхні об'єкту термічної обробки. При необхідності за допомогою системи відхилення 7 пучок сканується за відповідною програмою. При регулюванні потужності пучка зміною тиску його фокусування не порушується.

Запропонована газорозрядна електронна гармата призначена, в основному, для електронно-променевої плавки металів, де потрібна велика потужність електронного пучка. Потужність запропонованої гармати перевищує 500 кВт. При цьому гармата відрізняється високою стабільністю енергетичних та геометричних параметрів електронного пучка, відносно проста та надійна в експлуатації.

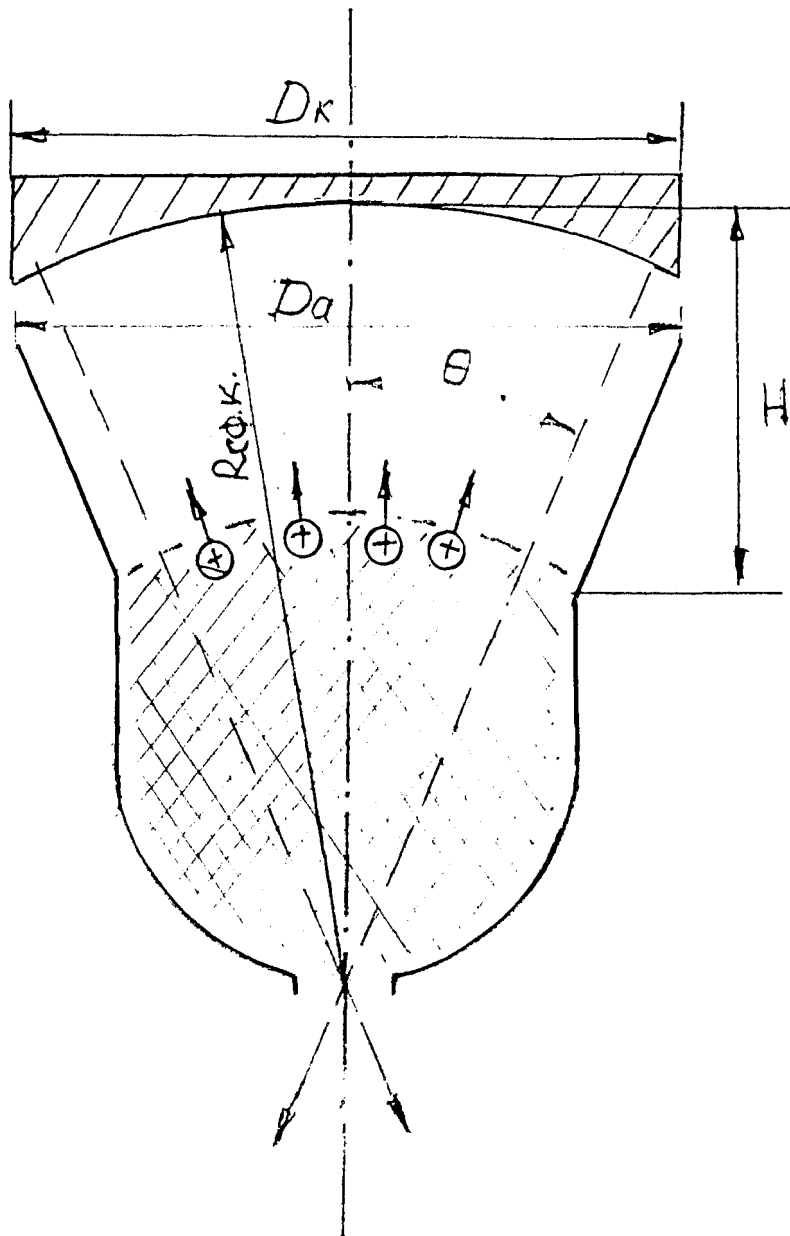


Fig. 1

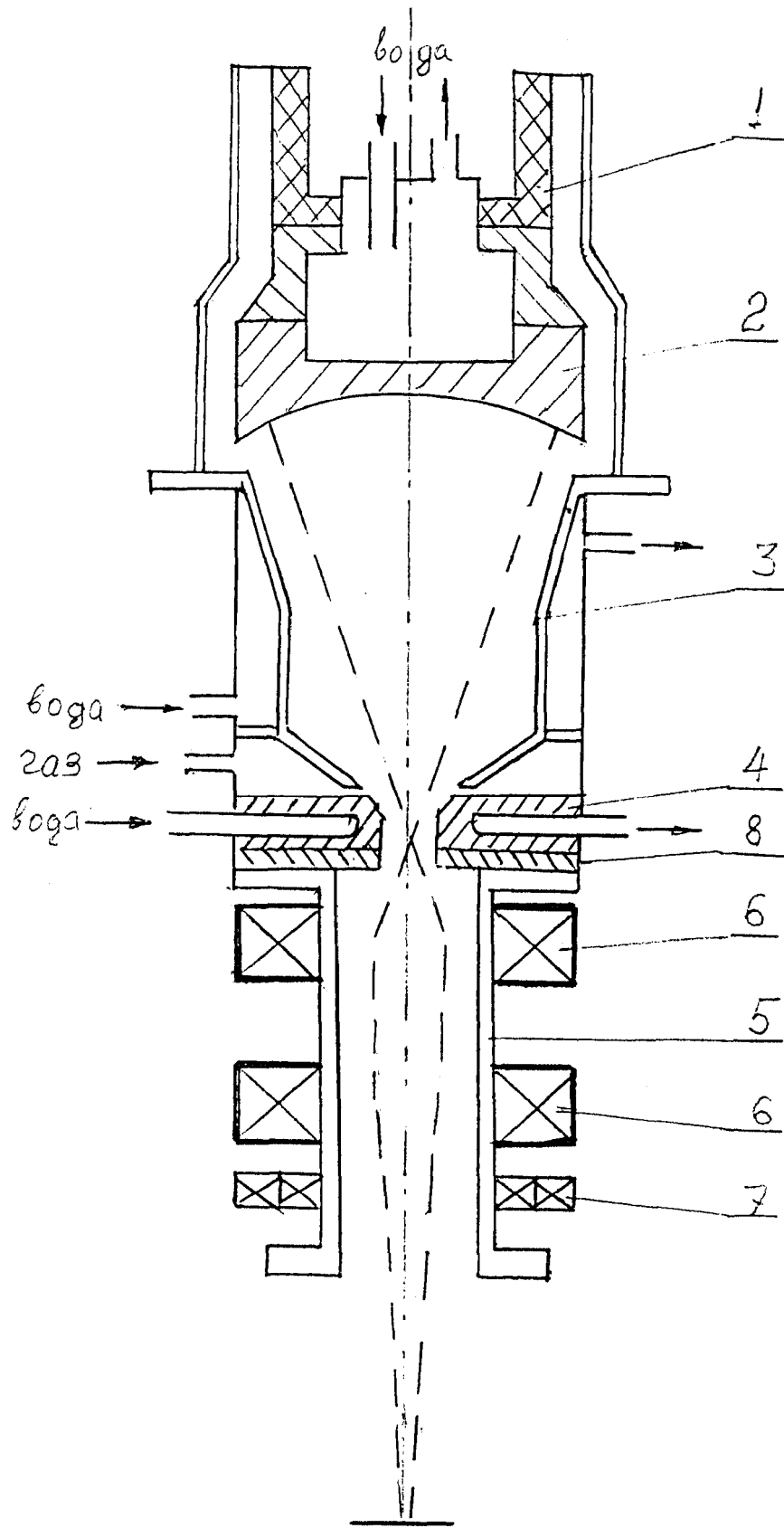


Fig. 2

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)
Україна, 01133, Київ-133, бульв. Лесі Українки, 26
(044) 295-81-42, 295-61-97

Підписано до друку _____ 2001 р. Формат 60х84 1/8.
Обсяг _____ обл.-вид. арк. Тираж 50 прим. Зам. _____

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.
(044) 268-25-22
