

Винахід належить до електронної техніки, а конкретно стосується газорозрядних електронних гармат технологічного призначення, і може бути використаний для електронно-променевих технологічних процесів, що виконуються у вакуумі з використанням електронних пучків.

Відома газорозрядна електронна гармата, робота якої базується на використанні електричного розряду між холодними електродами в газі низького тиску (високовольтного тліючого розряду) (Патент України № 45505, МПК H01J 37/06, опублікований 15.04.2002, бюлетень № 4).

Електродна система такої гармати складається з холодного катода з розвиненою емісійною поверхнею та порожнистого анода. Електронний пучок в гарматах такого типу емітується з поверхні холодного катода в результаті бомбардування її прискореними іонами, що надходять із плазми, локалізованої в порожнині анода. В області катодного падіння потенціалу між катодом і плазмою електрони прискорюються і, в залежності від конфігурації електродів, формуються в пучок конусної форми який за допомогою магнітних фокусувальних лінз виводиться із розрядного проміжку в зону термічної обробки виробів. Через відносно невелику щільність струму емісії холодного катода (біля $0,1 \text{ A/cm}^2$) отримання достатньо потужного пучка можливе лише в електродній системі великого поперечного розміру. Електронний пучок в такій електродній системі має великий кут сходження (короткофокусний пучок), що утруднює його транспортування в зону термічної обробки виробів.

Недоліком є те, що в вище зазначеній газорозрядній електронній гарматі для транспортування електронного пучка з великим кутом сходження застосована одна магнітна фокусувальна лінза з симетричним розподілом поля вздовж її осі. Це не дозволяє зменшити поперечний розмір пучка і, відповідно, розмір каналу, через який пучок проводиться в технологічну камеру, що знижує стабільність роботи гармати і зменшує енергетичну ефективність гармати.

Найбільш близькою по технічній суті до запропонованого винаходу є газорозрядна гармата з холодним катодом (Патент України № 38451, МПК H01J 37/06, опублікований 15.01.2004, бюлетень № 1). Електродна система такої гармати складається з холодного катода увігнутої форми та порожнистого анода з отвором в його дні. Виведення електронного пучка із розрядного проміжку гармати в технологічну зону здійснюється через циліндричний канал обмеженого діаметру за допомогою двох магнітних фокусувальних лінз. Перша лінза призначена для зменшення діаметру пучка, що дозволяє виведення пучка через канал з обмеженим діаметром та забезпечує необхідний розподіл тиску між розрядним проміжком гармати та технологічним об'ємом зони обробки виробів. Друга лінза використовується для фокусування електронного пучка на поверхні виробів, що обробляються.

Недоліком є те, що перша фокусувальна лінза виконана з полюсними отворами і, відповідно, симетричним розподілом магнітного поля уздовж оптичної осі, що не дозволяє сфокусувати електронний пучок до мінімального його перетину і обмежує мінімально можливий поперечний розмір каналу. Це утруднює проведення електронного пучка без суттєвих енергетичних втрат та знижує необхідний розподіл по вакууму розрядного проміжку гармати та технологічної зони обробки виробів.

В основу винаходу поставлена задача вдосконалення газорозрядної електронної гармати, в якій шляхом покращення умов проведення короткофокусного електронного пучка із розрядного проміжку в технологічний об'єм через канал з обмеженим поперечним розміром досягається підвищення енергетичної ефективності та стабільності роботи газорозрядної гармати.

Поставлена задача вирішується таким чином, що в газорозрядній електронній гарматі, яка містить розташовані уздовж її осі холодний катод з увігнутою емісійною поверхнею, порожнистий анод з отвором в його дні, а також циліндричний канал для виведення електронного пучка з гармати з розташованими на ньому двома магнітними фокусувальними лінзами, новим є те, що перша магнітна фокусувальна лінза, яка розташована біля анода, виконана з різними діаметрами полюсних отворів, причому полюсний наконечник з меншим діаметром отвору розташований з боку анода, на відстані від нього, яка дорівнює діаметру цього отвору, а друга лінза, яка розташована біля нижнього торця циліндричного каналу, виконана з полюсними отворами, діаметр яких співпадає з шириною полюсного зазору лінзи, при цьому відстань між лінзами перевищує діаметр полюсного отвору другої лінзи.

Для отримання гостро сфокусованого електронного пучка друга фокусувальна лінза виконана з різними діаметрами полюсних отворів, причому полюсний наконечник з меншим діаметром отвору розташований з боку торця циліндричного каналу.

Застосування в гарматі несиметричної магнітної лінзи з меншим полюсним отвором з боку виходу електронного пучка із розрядного проміжку через отвір в дні анода забезпечує зменшення поперечного розміру електронного пучка після його кросовера. Так як хід індукції по осі лінзи та її електронно-оптичні властивості визначаються діаметром полюсного отвору та шириною немагнітного зазору, то розподіл поля з боку полюсного наконечника з малим отвором мінімальний, а оптична сила лінзи більша, ніж з боку наконечника з більшим полюсним отвором. Це дозволяє розмістити полюсний наконечник з меншим отвором поблизу фокуса (отвору в дні аноду), що забезпечує зміну траєкторій електронів безпосередньо біля фокуса і електронний пучок на виході із лінзи має мінімальний поперечний розмір. Мінімальна відстань до фокуса пучка, на якій може бути розташований полюсний наконечник, співпадає з діаметром полюсного отвору, так як на цей відстані поле лінзи з магнітним

панциром зменшується до незначної величини. Ширину немагнітного зазору лінзи доцільно вибирати невеликою, $\left(\frac{D_1 + D_2}{2S}\right) < 1$, так як при цьому також зменшується розподіл поля лінзи уздовж осі.

Електронний пучок з меншим поперечним розміром можливо проводити без суттєвих втрат його потужності через канал меншого діаметру, що забезпечує відносно великий перепад тиску в розрядній камері гармати і технологічній камері.

Для фокусування електронного пучка на поверхні виробів, що знаходяться на великій відстані від гармати (плавка, випаровування), застосована симетрична фокусувальна лінза з полюсними отворами, діаметр яких співпадає з діаметром більшого отвору першої фокусувальної лінзи, розташованої біля анода. Ширина полюсного зазору лінзи співпадає з діаметром полюсних отворів ($D/S \approx 1$), що забезпечує оптимальні електронно-оптичні властивості лінзи. Для забезпечення циліндричної форми електронного пучка на ділянці між лінзами відстань між ними перевищує діаметр їх полюсних отворів. Для отримання електронного пучка з високою питомою потужністю доцільно використовувати в гарматі другу несиметричну лінзу з меншим полюсним отвором на виході пучка. Так як оптична сила лінзи з боку меншого отвору більша, то сфокусований електронний пучок матиме мінімальний розмір.

Суть технічного рішення пояснюється схематичним зображенням розрізу гармати, наведеним на кресленні.

Така гармата містить закріплений на високовольтному ізоляторі 1, розташований в циліндричному корпусі 2 холодний катод 3, який має увігнуту форму емісійної поверхні. За допомогою циліндричного корпусу катод встановлений співвісно на порожнистому аноді 4 з отвором в його дні для проходження електронного пучка. Співвісно аноду приєднаний циліндричний канал 5 для проведення електронного пучка із розрядного проміжку і відкачування робочого газу в процесі роботи гармати. На циліндричному каналі розташовані фокусувальні лінзи 6 та 7, причому фокусувальна лінза 6 призначена для формування електронного променя, близького до циліндричної форми, а фокусувальну лінзу 7 застосовують для отримання електронного пучка з більш високою питомою потужністю.

Для роботи запропонованої газорозрядної електронної гармати на катод подається прискорювальна напруга в десятки кіловольт, а в розрядному проміжку шляхом контрольованої подачі робочого газу (водню, кисню та інших газів) і безпосереднього відкачування через циліндричний канал гармати створюється відповідний тиск в діапазоні одиниць Па. При цьому виникає високовольтний газовий розряд з конусним електронним пучком, який за допомогою магнітних фокусувальних лінз виводиться в технологічну камеру і фокусується на поверхні виробів, що термічно обробляються.

Для реалізації технічного рішення згідно з даним винаходом, перша магнітна фокусувальна лінза 6, яка розташована біля анода, виконана з різними діаметрами полюсних отворів, причому полюсний наконечник з меншим діаметром отвору D_1 розташований з боку анода, на відстані від нього, яка дорівнює діаметру цього отвору, а друга лінза 7, яка розташована біля нижнього торця циліндричного каналу, виконана з полюсними отворами, діаметр яких D_2 співпадає з шириною полюсного зазору лінзи S , при цьому відстань між лінзами перевищує діаметр полюсного отвору другої лінзи D_2 .

За рахунок конструктивного застосування несиметричної фокусувальної магнітної лінзи та циліндричного каналу з обмеженим поперечним розміром для проведення короткофокусного електронного пучка із розрядного проміжку в технологічну камеру запропонована гармата відрізняється від існуючих більш високою енергетичною ефективністю та стабільністю роботи.

Запропонований винахід може знайти широке використання в електронно-променевих технологічних процесах, що виконуються у вакуумі з використанням електронних пучків, зокрема в газорозрядних електронних гарматах технологічного призначення.

