



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 44000

(13) A

(51) B H01J37/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІДВИДАЄТЬСЯ ПІД
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ
ВЛАСНИКА
ПАТЕНТУ

(54) СПОСІБ КЕРУВАННЯ ГАЗОРОЗРЯДНОЮ ЕЛЕКТРОННОЮ ГАРМАТОЮ

1

2

(21) 2001010071

(22) 03 01 2001

(24) 15 01 2002

(46) 15 01 2002, Бюл. № 1, 2002 р

(72) Новіков Анатолій Олександрович, Котик Олександр Валерійович

(73) ВІННИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(57) 1 Спосіб керування газорозрядною електронною гарматою шляхом зміни струму розряду та електричного поля в області розповсюдження електронного променя, який відрізняється тим, що в області розповсюдження електронного променя газорозрядної електронної гармати виділяють та змінюють змінну складову струму розряду та електричного поля

2 Спосіб по п. 1, який відрізняється тим, що змінюють амплітуду змінної складової струму та поля в межах $0,1 \leq A / A_0 \leq 5$, де A_0 - усереднена амплітуда змінної складової струму та поля при вимкненому копі керування, A - поточне значення усередненої амплітуди змінної складової струму та поля з увімкненою системою керування

редненої амплітуди змінної складової струму та поля з увімкненою системою керування

3 Спосіб по п. 1, який відрізняється тим, що змінюють частоту або смугу частот змінної складової струму та поля в межах $0,1 \leq f/f_0 \leq 5$, де f_0 - усереднена частота змінної складової струму та поля при вимкненому копі системи керування, f - поточне значення частоти змінної складової струму та поля з увімкненим копі системи керування

4 Спосіб по п. 1, який відрізняється тим, що змінюють фазу змінної складової струму та поля в межах $-1 \leq \varphi / \varphi_0 \leq 1$, де φ_0 - усереднена фаза змінної складової струму та поля при вимкненому копі системи керування, φ - поточне значення усередненої фази змінної складової струму та поля з увімкненою системою керування

Винахід відноситься до електронної техніки, а більш конкретно – до способів керування електронними гарматами на основі високовольтного тліючого розряду

Відомий спосіб газодинамічного керування вихідними параметрами газорозрядних електронних гармат (Плазменные процессы в технологических электронных пушках М А Завьялов, Ю Е Крейнфельд, А А Новиков, 1989, М Энергоатомиздат, С 102) шляхом зміни тиску газу в газорозрядній гарматі

Відомий також спосіб управління вихідними параметрами джерела електронів високовольтного тліючого розряду за допомогою зміни параметрів додаткового розряду в копі керуючих електродів від'ємної та позитивної полярності (Электрическое управление параметрами газоразрядного источника электронов с гфианодной плазмой Г Я Лубинец, Н И Мельник, А А Новиков, Электронная обработка материалов, 1977, № 1, С 78)

Недоліками даних способів є порівняно малі

енергетична ефективність та нестійкість роботи гармати в процесі керування

Найбільш близьким до заявленого способу за технічною сутністю є спосіб керування газорозрядною гарматою (А с СССР № 356977, Н 01 В 7/00, Н 01 J 37/00, Я Я Удрис, В А Чернов, 15 11 82, БВ № 42) Керування струмом променя газорозрядної гармати ведуть шляхом зміни різниці потенціалів (електричного поля) як за величиною, так і за полярністю за межами області прискорення електронного променя між катодом і анодом

Недоліком цього відомого способу є мала енергетична ефективність та нестійкість роботи в процесі керування Це пов'язано з тим, що керування здійснюють по постійному струму (напрузі) і лише в частині простору розповсюдження електронного пучка між анодом та колектором При цьому не враховуються динамічні властивості газорозрядної електронної гармати та всього електронного пучка, який розповсюджується в плазмі від катоду до колектора Це зменшує ефе-

(13) A

(11) 44000

(19) UA

ктивність іонізаційних процесів та стійкість керування параметрами гармати

В основу винаходу поставлено задачу створення способу керування газорозрядною гарматою, в якому за рахунок виділення та зміни параметрів змінної складової електричного поля та струму в газорозрядній електронній гарматі здійснюється підвищення ефективності іонізації газу та стійкість роботи гармати в процесі керування

Поставлена задача досягається тим, що в області розповсюдження електронного променя газорозрядної електронної гармати виділяють та змінюють змінну складову струму розряду та електричного поля. При ньому амплітуду змінної складової струму та поля змінюють в межах $0,1 \leq A/A_0 \leq 5$, частоту або смугу частот змінної складової струму та поля змінюють в межах $0,1 \leq f/f_0 \leq 5$, фазу змінної складової струму та

поля змінюють в межах $-1 \leq \varphi/\varphi_0 \leq 1$, де A_0 ,

φ_0 – відповідно усереднена амплітуда, змінної складової струму та поля при відключеному колі системи керування, A , φ , f_0 – відповідно поточне значення усередненої амплітуди, усередненої фази, усередненої частоти змінної складової струму та поля з включеною системою керування

Зміна параметрів змінної складової поля або струму дозволяє керувати іонізаційними процесами в газорозрядній гарматі, тому що вони залежать від таких взаємопов'язаних параметрів як амплітуда, частота та фаза електромагнітних коливань, що розвиваються в гарматі. Використання змінної складової поля або струму, таким чином, дозволяє підвищити ефективність керування, а також стабілізувати роботу гармати

На фіг 1 зображені газорозрядна електронна гармата 1, яка з'єднана з технологічною камерою 2 та утворюють газорозрядну електронно-променеву установку. До неї підключені високовольтне джерело живлення 3, система захисту джерела живлення 4, пристрій зв'язку 5, резонатор 6, трансформатор опорів 7, пристрій зв'язку з навантаженням 8, навантаження 9

На фіг 2 представлений варіант способу керування змінною складовою поля та струму в газорозрядній електронній гарматі за допомогою конденсатора зв'язку QB та змінного опору навантаження R_n . Елементи $L_{оп}$, $C_{оп}$ утворюють фільтр захисту джерела живлення газорозрядної гармати

На фіг 3 представлена схема способу керування з перебудовою частоти за допомогою варіатора, що має ємність C_v , опір R_v

На фіг 4 представлена схема способу керування навантаженням у вигляді перестраюваного контуру R, C, L

На фіг 5 представлена схема способу керування зі стабілізацією частоти змінного струму за допомогою індуктивно зв'язаного перестраюваного контуру, де T3 – трансформатор зв'язку

На фіг 6 представлена схема способу керування зі стабілізацією частоти коливань струму за допомогою послідовного контуру LC та резис-

тора R_6

На фіг 7 представлена схема способу керування шляхом використання перестроюваного фільтра 10

Як відомо, через нестійкість горіння високовольтного тліючого розряду в електронній гарматі та технологічній камері виникають електромагнітні коливання, які мають широкий спектр частот. В газорозрядних електронних гарматах розвиваються ВЧ-коливання в діапазоні $5 \div 40$ МГц, потужність яких складає $\sim 1\%$ від потужності електронного пучка і вона суттєво впливає на розповсюдження балансу потужності та заряджених частинок в електронній гарматі, тобто, і врешті решт, на її вихідні параметри. В гарматі до $1 \div 5\%$ її потужності перетворюється в потужність електромагнітних коливань. Ці коливання на $50 \div 80\%$ забезпечують баланс заряджених частинок в анодній плазмі, тому буде ефективним керування вихідними параметрами гармати шляхом дії на параметри змінної складової струму та електричного поля. Енергетична ефективність та стабільність гармати підвищується шляхом використання резонансних частот та керування амплітудно-частотними характеристиками ВЧ-коливань в гарматі. Відомо, що на оптимальній частоті (30 МГц) необхідне електричне поле пробою газу може зменшуватись в $2 \div 3$ рази. Динамічні характеристики газорозрядних гармат мають від'ємний опір. Дослідження ролі коливань в газорозрядній гарматі показують суттєвий вплив на вихідні параметри гармати. Тому в даному способі керування здійснюється шляхом виділення цих ВЧ-коливань в окреме коло та дією на них за допомогою радіотехнічних засобів

Наявність коливань в колі суттєво впливає на його статичні характеристики, що пов'язано з залежністю ефективності іонізації газу від частоти та інтенсивності високочастотних коливань. Ефективність іонізації змінним струмом та полем визначається тиском газу, частотою зіткнень електронів з молекулами газу, амплітудою та частотою прикладеного електричного поля, розмірами розрядного проміжку. Для розрядів низького тиску газу є резонансна частота на якій ефективність іонізації найбільша

Таким чином, при включенні газорозрядної електронної гармати та проведенні технологічної операції в її колі виникають коливання струму та електричного поля, яке кількісно можна оцінити через усереднену амплітуду коливань (A_0) усереднену частоту коливань (f_0) усереднену фазу ко-

ливань (φ_0)

Спосіб керування газорозрядною електронною гарматою, що пропонується, полягає в наступному (фіг 1). В газорозрядній електронній гарматі 1 та технологічній камері 2 за допомогою вакуумних насосів стримують тиск газу в діапазоні $10^{-1} \div 10$ Па. Від високовольтного джерела живлення постійного струму 3 через фільтр його захисту 4 до газорозрядної гармати 1 підводять різницю потенціалів $5 \div 30$ кВ. В гарматі 1 запалюється високовольтний тліючий розряд, струм якого протікає від позитивного полюса джерела жив-

лення 3 до його від'ємного полюса через технологічну камеру 2 та газорозрядну гармату 1. Робочий струм регулюють зміною тиску газу в гарматі. При цьому газорозрядна електронна гармата 1 генерує електронний промінь, який утворюється на катоді в наслідок бомбардування його позитивними іонами плазми, що утворюються при іонізації газу електронами в самій гарматі 1 та технологічній камері 2. Промінь виводиться в технологічну камеру 2 та використовується для обробки матеріалів.

Для керування вихідними параметрами газорозрядної електронної гармати шляхом виділення і зміни параметрів змінної складової електричного поля та струму її включають по схемі діодного генератора, який утворюється з джерела живлення 3, системи захисту джерела живлення 4, пристрою зв'язку 5, резонатора 6, трансформатора опору 7, пристрою зв'язку з навантаженням 8 навантаженням 9.

На навантаженні 9 виділяється змінна складова струму в колі газорозрядної електронної гармати. Навантаження 9 може бути омичним, емкисним, індуктивним, комплексним.

Зміна параметрів змінної складової A_0 , f_0 , φ електричного поля та струму викликають зміну параметрів елементів керування. При цьому наявність цих елементів дозволяє керувати режимом роботи генератора, від якого залежать вихідні параметри та стійкість роботи газорозрядної гармати. Оптимальний діапазон зміни параметрів змінної складової визначається умовами

$0,1 \leq A/A_0 \leq 5$, $0,1 \leq f/f_0 \leq 5$, $-1 \leq \varphi / \varphi_0 \leq 1$. Нижня границя обмежена зменшенням чутливості керування, а верхня – граничним значенням добротності та перестроюваності газорозрядної гармати.

Вплив електромагнітних коливань на параметри газорозрядної електронної гармати буде проявлятися внаслідок того, що змінюючи, наприклад, параметри резонатора, ми змінюємо амплітуду змінної складової струму гармати, частоту коливань, їх фазу. А це впливає на іонізаційні процеси та еквівалентний динамічний опір газорозрядної гармати. Змінюючи, наприклад, опір навантаження можна компенсувати від'ємний динамічний опір системи та зрівнати коливання на визначеній частоті, а змінюючи частоту за допомогою резонатора можна отримати резонансний ВЧ-разряд.

Таким чином, якщо є додаткове коло генератора на газорозрядній електронній гарматі, можна ефективно керувати параметрами газорозрядного джерела електронів.

Конкретна реалізація цього способу вельми різноманітна. При цьому в конкретних випадках можуть використовуватися для керування газорозрядною гарматою лише окремі елементи кола генератора (резонатори, погоджувальні пристрої, елементи зворотнього зв'язку, вивантаження, фільтри і т.п.). Елементи можуть бути як зосередженими параметрами так і з розподіленими.

Генератор з газорозрядною гарматою може працювати в режимі автогенерації, в режимі підсилення та синхронізації автоколивань зовнішнім

сигналом, в режимі стабілізації та керування частотою, в режимі імпульсної модуляції і т.п.

Перестроювання частоти змінної складової струму генератора на гарматі може бути механічним, електричним та магнітним. Стабілізація частоти здійснюється високочастотними резонаторами зовнішніми високостабільними джерелами коливань та іншими засобами.

Спосіб керування газорозрядною гарматою, що пропонується представлений на схемах генераторів з газорозрядною електронною гарматою (фіг 2-7), де для захисту джерела живлення 3 від змінного струму використаний найпростіший Г-подібний фільтр $L_{\text{дп}}, C_{\text{дп}}$. Але він може викликати паразитні коливання основної частоти діодного генератора на газорозрядній гарматі. Тому фільтр часто ускладнюють.

За допомогою конденсатора зв'язку $C_{\text{СВ}}$ змінна складова струму припадає на навантаження $R_{\text{н}}$, де можна керувати амплітудою, частотою та фазою. На фіг 2, 3 представлені схеми керування широкосмуговими сигналами без перестроювання частоти (фіг 2) та з перестроюванням її за допомогою варактора $C_{\text{В}}$, $R_{\text{В}}$ (фіг 3). На фіг 4, 5, 6 представлені схеми керування вузькосмугові з перестроюванням частоти коливань струму. На фіг 7 проходить керування за допомогою фільтра 10 смугою пропускання окремих частот. Величина індуктивності навантаження суттєво впливає на струм та напругу горіння високовольтного тліючого розряду при постійному тиску газу, тобто на вихідні параметри електронного пучка гармати.

Таким чином, для керування амплітудою змінного струму та електричного поля використовують різноманітні навантаження, перш за все резистивні. При цьому враховують, що генератор на гарматі віддає навантаженню максимальну потужність при рівності внутрішнього опору генератора та опору навантаження.

Для перестроювання частоти, її стабілізації використовують змінні електричні ємності наприклад, варактори, зв'язані контури, різноманітні електричні фільтри. Фільтр забезпечує подавлення одних частотних складових складеного сигналу та добру передачу інших. Він характеризується затуханням, що вноситься в тракт. Смуга частот з малим затуханням – смуга пропускання, з великим – смуга перешкод.

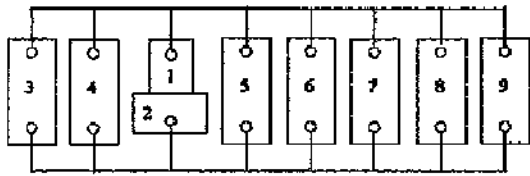
Для керування фазою коливань використовують ті ж перебудовувані елементи. Однак, слід відмітити, що через шумовий характер змінної складової струму, фазове керування менш ефективне, ніж керування амплітудою та частотою.

Як вже було показано, зміна амплітуди та частоти змінної складової струму суттєво впливає на іонізаційні процеси в газорозрядній електронній гарматі. Аналіз її показує високу ефективність керування вихідними параметрами гармати шляхом зміни змінної складової струму розряду електронної гармати.

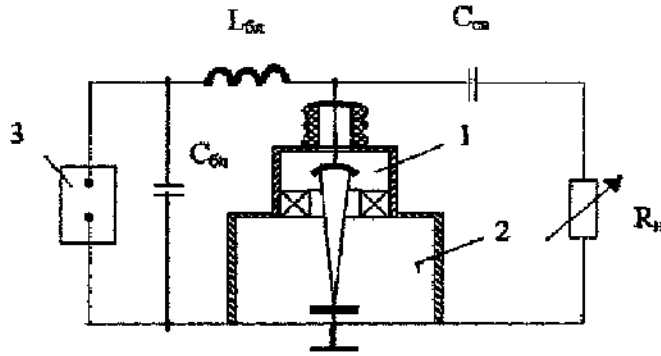
Даний спосіб може бути реалізовано широким набором електронних засобів, наприклад, окрім описаних вище, шляхом використання сигналів від зовнішніх джерел синхронізуючих або

модулюючих змінну складову струму гармати, зміною режиму живлення її постійним струмом та

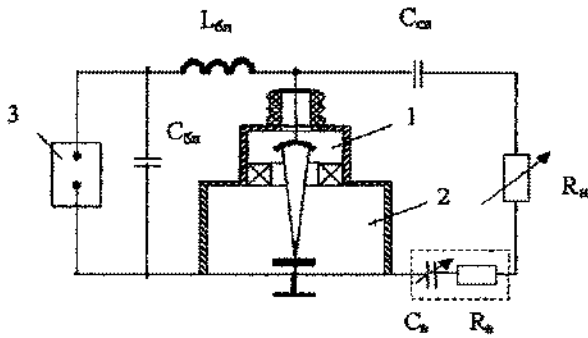
ін Схемна та конструктивна реалізація способу також дуже різноманітні



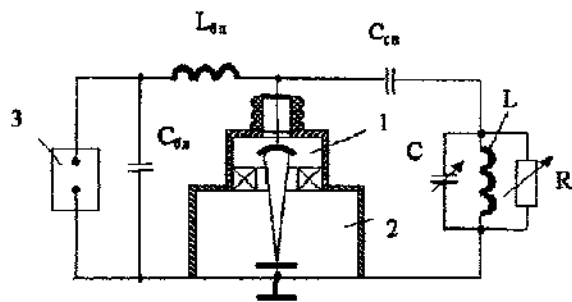
Фиг. 1



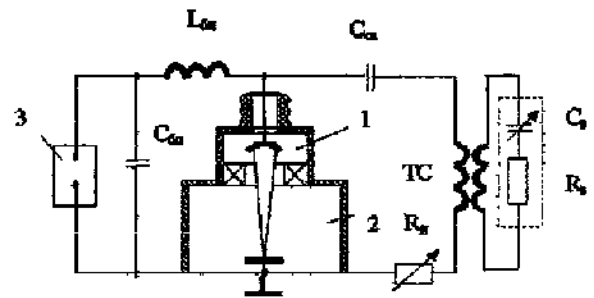
Фиг. 2



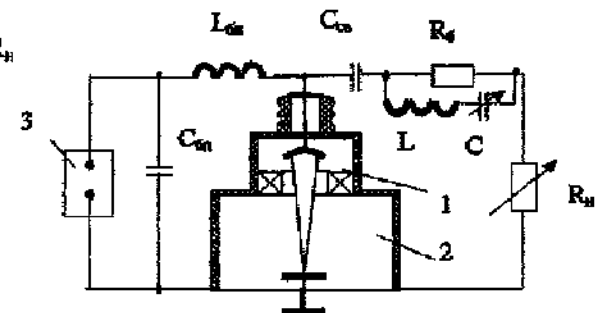
Фиг. 3



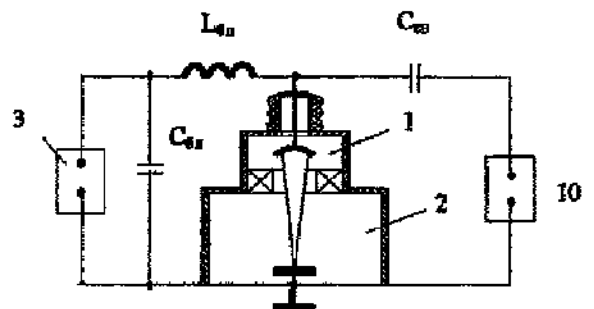
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7