



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **90258** (13) **U**
(51) МПК (2014.01)
H04K 3/00
H05H 5/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

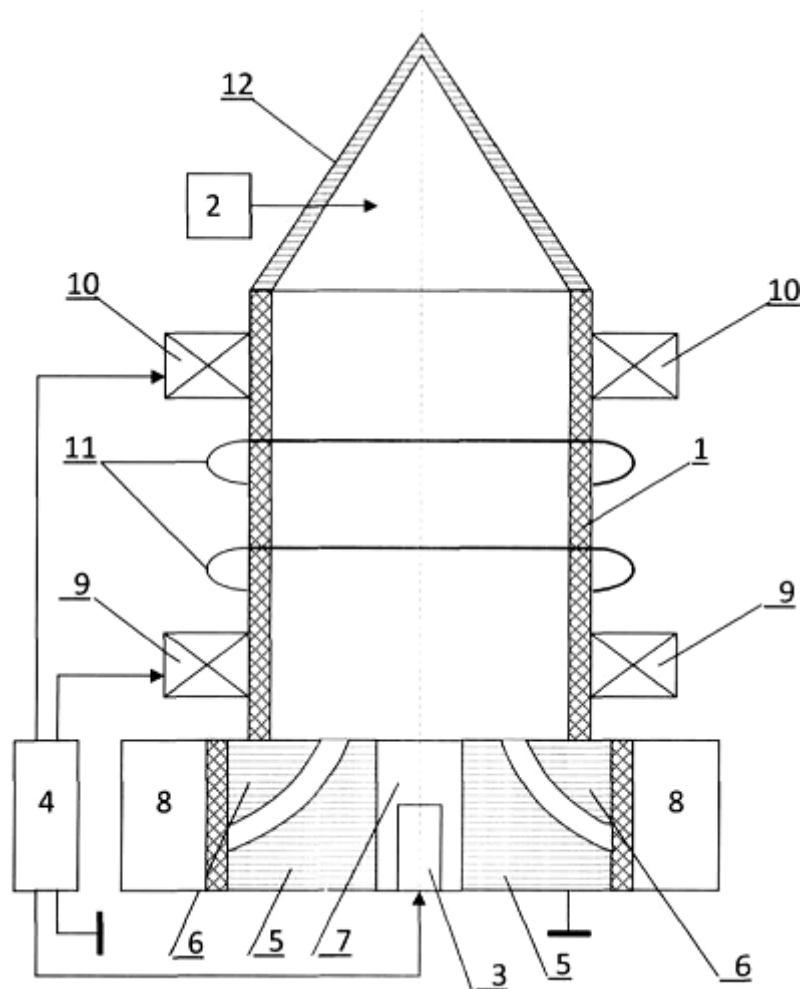
(21) Номер заявки: u 2013 07859	(72) Винахідник(и): Коняхін Григорій Фатеевич (UA), Верещагін Валентин Леонідович (UA), Яценко Роман Андрійович (UA)
(22) Дата подання заявки: 20.06.2013	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 26.05.2014	(73) Власник(и): УКРАЇНСЬКА ІНЖЕНЕРНО-ПЕДАГОГІЧНА АКАДЕМІЯ, вул. Університетська, 16, м. Харків, 61003 (UA)
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 26.05.2014, Бюл.№ 10	

(54) ФОРМУВАЧ ПОТУЖНОГО ІМПУЛЬСНОГО ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

(57) Реферат:

Формувач потужного імпульсного електромагнітного випромінювання, що містить джерело електронного пучка, вихід якого з'єднаний через пролітну циліндричну камеру з колектором, соленоїд, виконаний у вигляді двох котушок індуктивності, усередині яких розміщена пролітна циліндрична камера, систему інжекції робочого газу, пов'язану із внутрішньою порожниною пролітної циліндричної камери, джерело енергоживлення, виходи якого з'єднані, відповідно, із входом джерела електронного пучка й відповідними виводами соленоїда, вихідну фідерну лінію, пов'язану із пролітною циліндричною камерою. В нього введена система криогенного охолодження, а джерело електронного пучка виконане у вигляді електронної гармати з коаксіально розташованими анодом і порожнистим катодом, усередині якого уздовж його поздовжньої геометричної осі розміщене джерело електронів.

UA 90258 U



Корисна модель належить до радіотехніки й може бути використана для створення перешкод різним радіотехнічним системам.

Відомий генератор НВЧ на віртуальному катоді - віркатор [1]. Прилади віркаторного типу містять наступні основні конструктивні елементи: потужне джерело електронів, виконане у вигляді металевого диска (конструкція приладу дозволяє використовувати різну геометрію катода), анод, виконаний у вигляді або сітки, або фольги, прозорої для електронного потоку, електродинамічну систему, виконану у вигляді хвилеводу, а також вивід енергії, виконаний у вигляді рупора. Колектором у цьому випадку служать стінки хвилеводу, на які осідає відпрацьований електронний пучок. Дані прилади ставляться до потужної релятивістської НВЧ електроніки, у яких формують імпульсний релятивістський електронний пучок і інжектують його зі струмом вище граничного вакуумного в еквіпотенціальну порожнину хвилеводу. У порожнині утворюється нестационарний віртуальний катод, коливання якого є джерелом потужного НВЧ випромінювання.

Недоліком такого приладу є те, що в ньому принципово необхідне використання потужнострумів релятивістських електронних пучків, тому що стартові струми подібних приладів досить великі. Величина стартового струму визначається граничним вакуумним струмом. Крім того, даний прилад характеризується вузькою смугою генерації і відсутністю можливості керування шириною смуги вихідного випромінювання.

Відомий пристрій для генерації потужних радіоімпульсів, що містить електронну гармату, електродинамічну структуру, колектор, фідерну лінію й соленоїд [2]. Порушення інтенсивних радіоімпульсів у цьому пристрої досягається за рахунок використання потужних (релятивістських) електронних пучків, формованих електронними пушками (прискорювачами заряджених часток - ПЗЧ) типу "вакуумний діод".

Недоліком відомого пристрою є обмеження граничної потужності випромінювання дією просторового заряду пучка. Цей недолік усунутий в іншому відомому пристрої, що використовує плазмове заповнення [3]. Плазмове заповнення динамічної структури дозволяє підвищити й електронний ККД пристрою [4].

Найбільш близьким по технічній суті до пристрою, що заявляється, є прототип, описаний в [5]. Він містить джерело електронного пучка, вихід якого з'єднаний через пролітну циліндричну металеву камеру з колектором, соленоїд, виконаний у вигляді двох котушок індуктивності, усередині яких розміщена пролітна циліндрична металева камера, систему інжекції робочого газу, пов'язану із внутрішньою порожниною пролітної циліндричної металевої камери, джерело енергоживлення, виходи якого з'єднані, відповідно, із входом джерела електронного пучка й відповідними виводами соленоїда, вихідну фідерну лінію, пов'язану із пролітною циліндричною металевою камерою.

У відомому пристрої генерація електромагнітного випромінювання виникає за рахунок взаємодії електронного пучка, отриманого від джерела електронного пучка, з полями пролітної циліндричної металевої камери, заповненою плазмою. Утворення плазми здійснюється електронним пучком, що поширюється через газове середовище, утворену в пролітній циліндричній металевій камері системою інжекції робочого газу. Наявність плазми не тільки компенсує кулоновські сили в електронному пучку, але й формує необхідний розподіл полів і дисперсійну характеристику структури. Для цього повинні виконуватися умови: $\omega_p = \omega_n > \omega$, де ω_p , ω_n - відповідно, ленгмюровська й циклотронна частоти електронного компонента плазми, ω - робоча частота пристрою.

Недоліками відомого пристрою є: обмежена величина потужності, що генерується, й вузька смуга частот випромінювання.

Ці недоліки обумовлені наявністю пролітної циліндричної металевої камери, що має кінцеву теплову стійкість [6] і обмежену смугу робочої частоти, обумовлену дисперсійною характеристикою [7].

В основу корисної моделі поставлено задачу вдосконалити формувач потужного імпульсного електромагнітного випромінювання шляхом криогенного охолодження коаксіальних електродів електронної гармати, що дозволяє підвищити потужність і розширити смугу частот електромагнітного випромінювання.

Поставлена задача вирішується тим, що:

1. У формувач потужного імпульсного електромагнітного випромінювання, що містить джерело електронного пучка, вихід якого з'єднаний через пролітну циліндричну камеру з колектором, соленоїд, виконаний у вигляді двох котушок індуктивності, усередині яких розміщена пролітна циліндрична камера, систему інжекції робочого газу, пов'язану із внутрішньою порожниною пролітної циліндричної камери, джерело енергоживлення, виходи якого з'єднані, відповідно, із входом джерела електронного пучка й відповідними виводами

соленоїда, вихідну фідерну лінію, пов'язану із пролітною циліндричною камерою, введена система кріогенного охолодження, а джерело електронного пучка виконане у вигляді електронної гармати з коаксіально розташованими анодом і порожнистим катодом, усередині якого уздовж його поздовжньої геометричної осі розміщене джерело електронів, при цьому система кріогенного охолодження пов'язана з анодом і катодом електронної гармати, виконаними із криволінійними робочими поверхнями, обернено пропорційними радіусу кривизни в напрямку від входу до виходу електронної гармати, пролітна циліндрична камера виконана з діелектрика, перша котушка індуктивності розміщена поблизу виходу джерела електронного пучка й з'єднана зустрічно із другою котушкою індуктивності, розміщеною поблизу колектора, при цьому вихідна фідерна лінія розташована між котушками індуктивності.

2. У пристрої за п. 1 відстань між виходом джерела електронного пучка й першою котушкою індуктивності не більше висоти першої котушки індуктивності, а відстань між першою й другою котушками індуктивності рівно $(0,7 \dots 1,5)R$, де R - радіус котушок індуктивності, причому висота котушок індуктивностей набагато менше їх радіусів.

Таким чином, введення системи кріогенного охолодження, джерела електронного пучка у вигляді електронної гармати з коаксіально розташованими анодом і порожнистим катодом, усередині якого уздовж його поздовжньої геометричної осі розміщене джерело електронів, при цьому система кріогенного охолодження пов'язана з анодом і катодом електронної гармати, виконаними із криволінійними робочими поверхнями, обернено пропорційними радіусу кривизни в напрямку від входу до виходу електронної гармати, пролітна циліндрична камера виконана з діелектрика, перша котушка індуктивності розміщена поблизу виходу джерела електронного пучка й з'єднана зустрічно із другою котушкою індуктивності, розміщеною поблизу колектора, при цьому вихідна фідерна лінія розташована між котушками індуктивності, а відстань між виходом джерела електронного пучка й першою котушкою індуктивності не більше висоти першої котушки індуктивності, а відстань між першою й другою котушками індуктивності рівно $(0,7 \dots 1,5)R$, де R - радіус котушок індуктивності, причому висота котушок індуктивностей набагато менше їх радіусів.

Сутність корисної моделі пояснюється кресленням, на якому представлена структурна схема пропонованого пристрою. Пристрій містить діелектричну циліндричну пролітну камеру 1, що сполучається із системою інжекції робочого газу 2, джерело електронів 3, з'єднане із джерелом енергоживлення 4, порожнистий катод 5 і анод 6 електронної гармати 7. Порожнистий катод 5 і анод 6 поміщені в кріогенну систему охолодження 8. Діелектрична циліндрична пролітна камера 1 розміщена усередині соленоїдів 9 і 10, з'єднаних із джерелом енергоживлення 4. Між соленоїдами 9 і 10 розташована фідерна лінія 11, а відпрацьовані електрони попадають на колектор 12, з'єднаний з електронною гарматою 7 за допомогою діелектричної циліндричної пролітної камери 1.

Пристрій працює в такий спосіб. Спочатку діелектрична циліндрична пролітна камера 1 заповнюється робочим газом від системи інжекції робочого газу 2. Після цього включається джерело електронів 3, який інjektує електронний потік у пролітну камеру 1, створюючи в ній плазму. Далі від системи енергоживлення 4 подається напруга на електроди 5 і 6 електронної гармати 7, які охолоджували системою кріогенного охолодження 8. Виникаючий при цьому потужний електронний потік вводиться в пролітну камеру 1, де й відбувається взаємодія електронного пучка із плазмою в неоднорідному магнітному полі, створеному соленоїдами 9 і 10, що підживлюються від системи енергоживлення 4. Виникає при цьому електромагнітне випромінювання приділяється із системи широкосмуговою фідерною лінією 11, а відпрацьовані електрони осідають на колекторі 12.

Охолодження електронної гармати до азотної температури дозволило збільшити струм емісії [8, 9]. Авторами експериментально встановлене, що первеанс гармати з охолодженими електродами збільшився на кілька порядків (при імпульсному режимі роботи). Очевидно, це пов'язане з утворенням моношару інертних газів на катоді і його впливом на емісійні характеристики катода.

Геометрія робочої поверхні електродів електронної гармати збігається із законом зміни магнітного поля короткого соленоїда, $(H-1/R)$, що дає можливість одержати схрещені ортогональні поля E і H . Це забезпечує формування потужного електронного потоку в гарматі й одержання обертового потоку в пролітній камері. Виникає власне магнітне поле обертового електронного потоку приводить до витиснення основного поля з обсягу пролітної камери. Це веде до подальшого збільшення ступеня неоднорідності магнітного поля зустрічно включених соленоїдів, росту азимутальної швидкості електронів. Генерація електромагнітного випромінювання виникає за рахунок порушення в плазмі незвичайної хвилі із частотами, близькими до верхньогібридного резонансу $\omega = \sqrt{\omega p^2 + \omega H^2}$. Для цієї хвилі поперечний показник

переломлення $N > 0$ і у вільному просторі прагне до одиниці. Це забезпечує випромінювання в навколишній простір через діелектричну стінку пролітної камери з високою ефективністю (50...60 %) [9]. Наявність широкопasmового фідера у вигляді спіралі, розташованого за простором взаємодії пучка з активним середовищем і не зв'язаного безпосередньо з електронами пучка, забезпечує спрямований відвід енергії від генератора з високою ефективністю [11]. Відсутність резонансних сповільнюваних структур усуває вплив теплових обмежень на інтенсивність електронного пучка й обмеження на смугу генерованих частот за рахунок дисперсії структури.

Використання даного технічного рішення дозволить одержати потужність випромінювання порядку одиниць гігават при тривалості випромінювання до 10 мкс. Шляхом зміни щільності плазми, напруженості полів E і H можлива зміна спектра генерованого випромінювання в межах 1,5...2 октав, потужності випромінювання на два, три порядки при електронному ККД до 30 %. Найбільш доцільним діапазоном робочих частот є діапазон 1...30 см.

На відміну від інших технічних рішень, що служать для генерації НВЧ імпульсів і утримуючих формуючі лінії, помножувачі напруги й т.п., у запропонованому пристрої для живлення елементів генератора може бути використано одне джерело енергії - вибухомагнітний генератор з багатосекційним зніманням енергій [12].

Найбільш доцільними параметрами пристрою є: тиск газу в пролітній камері - 10^{-5} ... 10^{-4} мм рт. ст.; робочий газ - азот (для утворення моношару при охолодженні до азотної температури); напруженість магнітного поля соленоїдів - 6...10 кЕ; струм електронного джерела порядку 10 А при енергії порядку 20 кеВ і тривалості імпульсу порядку 1... 10 мкс; струм електронної гармати порядку 100 кА при прискорювальній напрузі порядку 200 кВ і тривалістю імпульсу від 10 не до 10 мкс.

Джерела інформації:

1. Патент США № 4345220, МПК: Н 03 В 9/01, Alyokhin B.V., Dubinov A.E., Selemir V.D. et al. Theoretical and experimental studies of virtual cathode microwavede vices //IEEE Trans. PlasmaSc, 1994, v.22, N 5, p. 945).

2. А.Н.Диденко и др. Мощные электронные пучки и их применение. - М., Атомиздат, 1977. - С. 152.

3. М.С. Рабинович, А.А. Рухадзе. Принципы релятивистской (СВЧ плазменной) электроники. 11 симпозиум по коллективным методам ускорения. - Дубна: ОИЯМ, 1977. - 197.

4. А.С. СССР №150129, Н 05 Н, 1979.

5. А.С. СССР №140137, МПК H04K 3/00, 1979 - прототип.

6. Kaufman.PIRE, 1959. - V. 47. - P. 381.

7. В.И. Гайдук, К.И. Палатов и др. Физические основы электроники СВЧ. - М., Сов. радио, 1971. - Гл. 8.

8. И.Н. Острецови. др. Материалы Всесоюзной конференции по плазменным ускорителям. - Минск, 1973. - С. 358-359.

9. Е.А. Корнилов и др. /Письма в ЖТФ, 1976. - Т. 2, № 19. - С. 886.

10. С.С. Моисеев. Сборник "Вопросы теории плазмы. - М., Атомиздат, 1973. - С. 146.

11. Н.М.Тетерич. Генератори шума. - М, Госэнергоиздат, 1961. - С. 121,

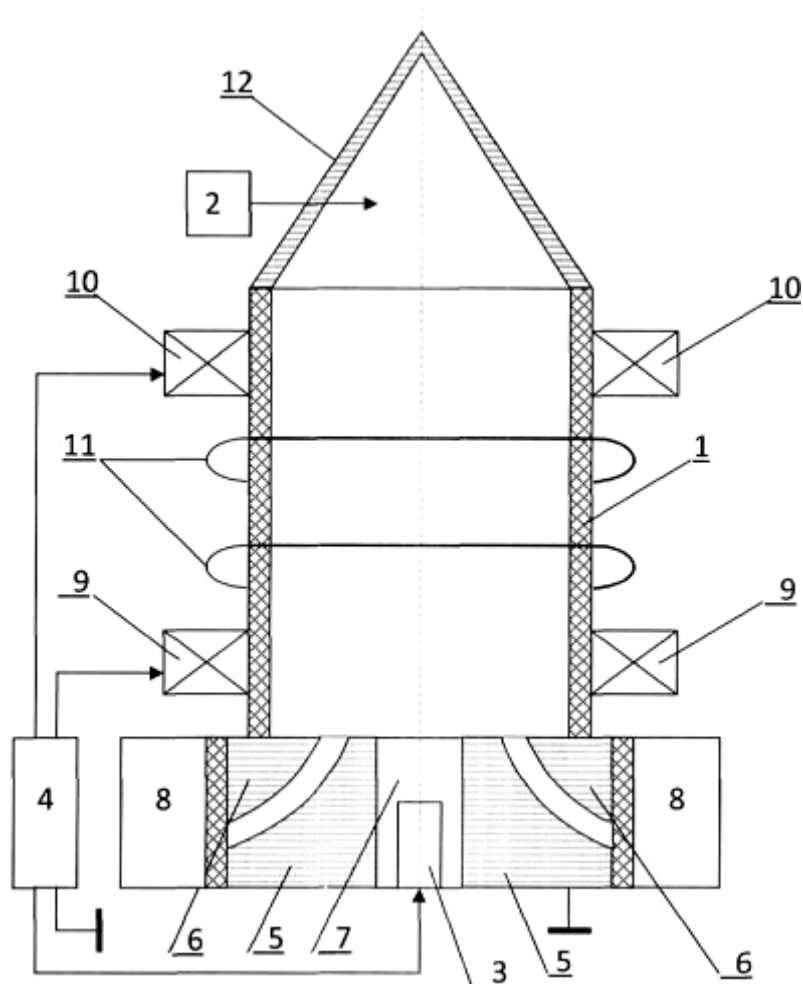
12. А.С. СССР №170353, Н 05 Н, 1981.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Формувач потужного імпульсного електромагнітного випромінювання, що містить джерело електронного пучка, вихід якого з'єднаний через пролітну циліндричну камеру з колектором, соленоїд, виконаний у вигляді двох котушок індуктивності, усередині яких розміщена пролітна циліндрична камера, систему інжекції робочого газу, пов'язану із внутрішньою порожниною пролітної циліндричної камери, джерело енергоживлення, виходи якого з'єднані, відповідно, із входом джерела електронного пучка й відповідними виводами соленоїда, вихідну фідерну лінію, пов'язану із пролітною циліндричною камерою, який **відрізняється** тим, що в нього введена система кріогенного охолодження, а джерело електронного пучка виконане у вигляді електронної гармати з коаксіально розташованими анодом і порожнистим катодом, усередині якого уздовж його поздовжньої геометричної осі розміщене джерело електронів, при цьому система кріогенного охолодження пов'язана з анодом і катодом електронної гармати, виконаними із криволінійними робочими поверхнями, обернено пропорційними радіусу кривизни в напрямку від входу до виходу електронної гармати, пролітна циліндрична камера виконана з діелектрика, перша котушка індуктивності розміщена поблизу виходу джерела електронного

пучка й з'єднана зустрічно із другою котушкою індуктивності, розміщеної поблизу колектора, при цьому вихідна фідерна лінія розташована між котушками індуктивності.

2. Пристрій за п. 1, який **відрізняється** тим, що відстань між виходом джерела електронного пучка й першою котушкою індуктивності не більше висоти першої котушки індуктивності, а відстань між першою й другою котушками індуктивності рівно $(0,7 \dots 1,5)R$, де R - радіус котушок індуктивності, причому висота котушок індуктивностей набагато менше їх радіусів.



Комп'ютерна верстка М. Мацело

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601