



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **104795** (13) **C2**
(51) МПК (2014.01)
H01J 25/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: а 2012 10416	(72) Винахідник(и): Єрьомка Віктор Данилович (UA), Єрьомка Данило Вікторович (UA), Кулагін Олег Павлович (UA)
(22) Дата подання заявки: 03.09.2012	
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 11.03.2014	
(41) Публікація відомостей про заявку: 10.10.2013, Бюл.№ 19	(73) Власник(и): ІНСТИТУТ РАДІОФІЗИКИ ТА ЕЛЕКТРОНІКИ ІМ. О.Я. УСИКОВА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ, вул. Ак. Проскури, 12, м. Харків, 61085 (UA)
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 11.03.2014, Бюл.№ 5	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 20319 U; 15.01.2007; UA 77247 C2; 15.11.2006; RU 2004119419 A; 10.11.2005; RU 2228560 C1; 10.05.2004; RU 2125319 C1; 20.01.1999; US 2009/0066252 A1; 12.03.2009; US 5635797 A; 03.06.1997; EP 0263491 A2; 13.04.1988;

(54) МАГНЕТРОН ІЗ ТОРЦЕВОЮ ГАРМАТОЮ

(57) Реферат:

Винахід може бути застосовано в магнетронах міліметрового та субміліметрового діапазонів хвиль із малим часом готовності та великим терміном безвідмовної роботи. Магнетрон із торцевою гарматою містить робочу поверхню емітера додаткового термоелектронного катода торцевої гармати, що виконана у вигляді бокової поверхні зрізаного конуса, повернутого більшою основою до анодного блока, при цьому кут між віссю гармати та твірною конуса лежить в інтервалі 60° - $63,5^\circ$, а середній діаметр кільцевої смужки емітера додаткового термоелектронного катода визначається співвідношенням між середнім діаметром кільцевої смужки емітера катода, величиною відношення енергії обертового руху електронів до повної енергії електронного потоку; потенціалом анодного блока, індукцією магнітного поля у зоні основного холодного катода та індукцією магнітного поля у зоні додаткового катода торцевої гармати. Між анодним блоком і додатковим термоелектронним катодом розташований анод торцевої гармати у вигляді коаксіальних металевих стрижнів та тіла обертання. Анодний блок виконано у вигляді магнетронного хвилеводу. Технічний результат: збільшення інтенсивності потоку синхронних електронів, підвищення ККД та потужності вихідного сигналу магнетрона при скороченні довжини його робочої хвилі.

UA 104795 C2

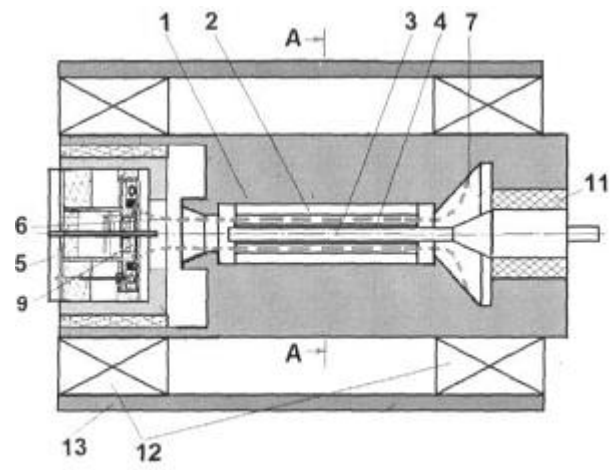


Fig. 1

Винахід належить до електроніки НВЧ та КВЧ і може знайти широке використання в джерелах електромагнітних коливань М-типу, а саме в магнетронах міліметрового та субміліметрового діапазонів із малим терміном готовності та великим терміном безвідмовної роботи.

Відомий магнетрон, конструкція якого містить у собі розташовані в однорідному магнітному полі анодний блок із круглим отвором, по периметру якого виконано періодичну структуру резонаторів, встановлений коаксіально усередині нього основний холодний катод із вторинно-електронним емітером на його робочій поверхні, додатковий катод у складі діодної електронної гармати, яка розташована на одному із торців анодного блока, при цьому робоча поверхня додаткового катода діодної гармати вкрита термоелектронним емітером і має форму кругового циліндра, а анод гармати має робочу поверхню у вигляді кругового зрізаного конуса, яка охоплює робочу поверхню додаткового катода (Уилбур, Питерс. Магнетрон, настраиваемый напряжением // Электронные сверхвысокочастотные приборы со скрещенными полями. Том 2. Пер. с англ. под ред. М.М. Федорова. М.: Изд. ИЛ.-1961. - С.44-84).

Недолік відомого магнетрона із торцевою гарматою полягає в наступному. Діодна електронна гармата із додатковим катодом, вкритим термоелектронним емітером, яка розташована на одному із торців анодного блока магнетрона, формує трубчастий потік первинних електронів із значним розкидом заряджених часток по енергіях. Це обумовлено відмінністю геометричних фігур робочої поверхні анода (бокова робоча поверхня кругового зрізаного конуса) та робочої поверхні термоелектронного емітера додаткового катода (бокова поверхня кругового циліндра) торцевої електронної гармати. Значний розкид первинних електронів по енергіях призводить до значного розкиду по енергіях вторинних електронів робочого току та до зменшення числа синхронних електронів, які віддають енергію високочастотному полю. Вказані процеси не сприяють збільшенню ККД та потужності вихідного сигналу магнетрона при скороченні довжини робочої хвилі.

Відомий також магнетрон, який містить у собі розташовані в однорідному магнітному полі анодний блок із круглим отвором, по периметру якого виконано періодичну структуру резонаторів, встановлений коаксіально усередині нього основний холодний катод із вторинно-електронним емітером на робочій поверхні та розташовану на одному із торців анодного блока діодну електронну гармату із додатковим термоелектронним катодом, при цьому робочі поверхні електродів торцевої гармати -додаткового катода вкритого емітером та аноду - мають вигляд поверхонь зрізаних конусів із різними кутами при вершині [Д.Е. Самсонов. Основы расчета и конструирования магнетронов. М.: Советское радио. 1974, с. 130-133].

Недолік такого магнетрона із торцевою гарматою полягає у значному розкиді кутових швидкостей заряджених часток у трубчастому потоці первинних електронів, який формує торцева діодна електронна гармата, що обумовлює значний розкид заряджених часток по енергіях. Дійсно, відмінність геометричних форм фігур, які утворюють робочі поверхні електродів торцевої діодної гармати - її анода та додаткового катода спричиняє зростання напруженості електричного поля між електродами вздовж осі діодної гармати, яке є причиною значного розкиду по енергіях часток трубчастого потоку первинних електронів по всій товщі електронної трубки. В просторі взаємодії магнетрона це обумовлює розкид по енергіях робочого струму вторинних електронів та неефективний обмін енергією між зарядженими частками і електромагнітним полем в зоні анодної резонаторної структури. Вказані процеси не сприяють збільшенню ККД та потужності вихідного сигналу такого магнетрона-аналога при скороченні довжини робочої хвилі.

Найбільш близьким по технічній суті та сукупності ознак до даного технічного рішення аналогом (прототипом) є магнетрон із торцевою гарматою, який містить у собі анодний блок із отвором, по периметру якого виконана періодична структура лопаткових резонаторів, основний холодний катод із вторинно-електронним емітером, розташований на осі отвору анодного блока, торцеву електронну гармату, яка має додатковий катод із термоелектронним емітером та анод, робочі поверхні яких виконані у вигляді бокових поверхонь зрізаних конусів, магнітну систему (Кандидатская диссертация В.Д. Науменко "Особенности работы магнетронов миллиметрового диапазона с вторично-эмиссионными катодами" РИ НАН Украины, 1985. - С.111-112. Авт. св. СССР № 479429, М. Кл. H01J25/50. Магнетрон с торцевой пушкой 1975 г.).

Суттєвим недоліком магнетрона - прототипу із торцевою гарматою є наступний. У проміжку між анодом торцевої електронної гармати та анодним блоком магнетрона відсутня можливість змінювати енергію первинних електронів з метою підвищення інтенсивності процесу розмноження електронів на робочій поверхні вторинно-електронного емітера основного холодного катода і таким чином збільшувати чисельність синхронних електронів, які віддають

свою енергію високочастотному полю, збільшуючи ККД та потужності вихідного сигналу при скороченні довжини робочої хвилі магнетрона.

В основу винаходу поставлено задачу - удосконалити магнетрон із торцевою гарматою шляхом збільшення обертової енергії первинних електронів, підвищення ефективності процесу вторинно-електронного розмноження заряджених часток, що забезпечить збільшення інтенсивності потоку синхронних електронів, підвищення ККД та потужності вихідного сигналу магнетрона при скороченні довжини його робочої хвилі.

Поставлена задача вирішується тим, що у магнетроні із торцевою гарматою, який містить у собі анодний блок із отвором, по периметру якого виконана періодична структура лопаткових резонаторів, основний холодний катод із вторинно-електронним емітером, розташований на осі отвору анодного блока, торцеву електронну гармату, яка має додатковий катод із термоелектронним емітером та анод, робочі поверхні яких виконані у вигляді бокових поверхонь зрізаних конусів, магнітну систему, згідно із винаходом що робоча поверхня емітера додаткового термоелектронного катода торцевої гармати виконана у вигляді бокової поверхні зрізаного конуса повернутого більшою основою до анодного блока, при цьому кут між віссю гармати та твірною конуса лежить в інтервалі 60° - $63,5^{\circ}$, а середній діаметр кільцевої смужки емітера додаткового термоелектронного катода визначається співвідношенням

$$D_k^2 = -4.55 \cdot 10^{-11} \frac{V_a \cdot k}{B_0 \cdot B_k}, \text{ де}$$

D_k - середній діаметр кільцевої смужки емітера катода, в метрах;

$k = (0,5 - 0,83)$ - величина відношення енергії обертового руху електронів до повної енергії електронного потоку;

V_a - потенціал анодного блока в Вольтах;

B_0 - індукція магнітного поля у зоні основного холодного катода в Теслах;

B_k - індукція магнітного поля у зоні додаткового катода торцевої гармати в Теслах;

між анодним блоком і додатковим термоелектронним катодом розташований анод торцевої гармати у вигляді коаксіальних металевих стрижня та тіла обертання, а анодний блок виконано у вигляді магнетронного хвилеводу довжиною $\lambda_0 \leq L \leq \frac{n}{4} \lambda_0$, де

λ_0 - середня довжина хвилі вихідного сигналу,

$n=6,8,10,12,\dots$

Причинно-наслідковий зв'язок між сукупністю ознак винаходу, що заявляються, та технічним результатом, що досягається полягає в наступному.

Виконання поверхні термоелектронного емітера додаткового катода у вигляді бокової поверхні зрізаного конуса, повернутого більшою основою до анодного блока магнетрона, дає можливість збільшити середній діаметр кільцевої смужки термоелектронного емітера додаткового катода торцевої гармати порівняно із середнім діаметром кільцевої робочої поверхні термоелектронного емітера додаткового катода торцевої гармати магнетрона - прототипу, а також діаметром основного холодного катода і таким чином збільшити струм первинних електронів, інтенсивність вторинно-електронного розмноження та робочий струм магнетрона, при цьому кут між віссю електронної торцевої гармати та твірною зрізаного конуса становить 60° - $63,5^{\circ}$, а середній діаметр кільцевої смужки термоелектронного емітера додаткового катода визначається співвідношенням $D_k^2 = -4.55 \cdot 10^{-11} \frac{V_a \cdot k}{B_0 \cdot B_k}$.

Виконання магнітної системи, яка формує неоднорідне на осі магнетрона магнітне поле, яке змінюється від значення B_k в зоні термоелектронного емітера додаткового катода торцевої гармати до значення B_0 в зоні основного холодного катода, в перехідній зоні між гарматою та анодним блоком магнітне поле приймає проміжну величину B_{k0} , забезпечує можливість формувати трубчастий електронний потік із компресією, який обертається навколо осі магнетрона із енергією обертального руху, яка складає 50-83 % повної енергії потоку первинних електронів. Такий потік первинних електронів забезпечить ефективний процес вторинно-електронного розмноження та ефективний процес взаємодії електронів та електричної компоненти електромагнітного поля у просторі взаємодії між робочою поверхнею анодного блока та робочою поверхнею вторинно-електронного емітера основного холодного катода.

Виконання елементів анода торцевої електронної гармати у вигляді аксіально-симетричного кільцевого електрода та кондуктивного циліндричного стрижня, розташованого на осі гармати,

забезпечує керування узгодженням трубчастого електронного потоку з магнітним полем, інтенсивність якого змінюється уздовж напрямку руху електронів, а також величиною енергії обертowego руху та товщиною стінки трубки обертowego електронного потоку.

Виконання анодного блока у вигляді магнетронного хвилеводу довжиною $\lambda_0 \leq L \leq \frac{n}{4} \lambda_0$, де

5 λ_0 - середня довжина хвилі вихідного сигналу, $n=6,8,10,12,\dots$ дозволяє забезпечити ефективне перетворення кінетичної енергії синхронних електронів трубчастого електронного потоку, який обертається навколо основного катода в енергію високочастотного поля і, таким чином, підвищити ККД та потужність вихідного сигналу магнетрона в короткохвильових діапазонах.

10 Суть винаходу пояснюється кресленнями. На фіг. 1 схематично зображено поздовжній переріз конструкції магнетрона з торцевою гарматою, який показує взаємне розташування його вузлів (хвильовідний вивід високочастотної енергії на рисунку не показано); на фіг. 2 - перетин по А-А на фіг.1; на фіг. 3 схематично зображено поздовжній переріз торцевої гармати; на фіг. 4. показано результати комп'ютерного моделювання (1) та зондових вимірювань (2) розподілення магнітного поля в реальній магнітній системі.

15 Магнетрон із торцевою гарматою (фіг. 1) містить у собі анодний блок 1 із отвором, по периметру якого виконана періодична структура 2 лопаткових резонаторів, основний холодний катод 3 із вторинно-електронним емітером 4, розташований на осі анодного блока 1, торцеву гармату 5 (фіг. 3) у вигляді електронно-оптичної системи для формування трубчастого електронного потоку 6, колектор 7 електронів. Колектор 7 електронів, який є частиною корпусу
20 магнетрона, служить для розсіювання потужності потоку електронів, що відпрацювали. Торцева гармата 5 містить додатковий катод 8 із термоелектронним емітером 9 у вигляді кільцевої смужки шириною d_e , анод 10 у вигляді коаксialьних металевих стрижня та тіла обертання, розташований між анодним блоком 1 і додатковим термоелектронним катодом 8. Елементи анода 10, у вигляді тіла обертання та тіла круглого стрижня, розташованого на осі торцевої
25 гармати 5, утворюють кільцеву діафрагму, яка формує таке розподілення статичного електричного поля, яке забезпечує компресію трубчастого електронного потоку 6. Анод 10 торцевої гармати суміщає у собі також функцію магнітного екрана додаткового катода 8. Основний холодний катод 3, додатковий катод 8 із кільцевим термоелектронним емітером 9, анод 10 торцевої гармати 5 та анодний блок 1 ізолювані один від одного за допомогою
30 керамічних шайб 11. Магнітна система для створення магнітного поля із розподіленням його інтенсивності (фіг. 4) у проміжку між кільцевим термоелектронним емітером 9 додаткового катода 8 торцевої гармати 5 та колектором 7 електронів містить у собі основні магніти 12, підстроювальні магніти (на фігурі не показані), магнітопровід 13. Періодична структура лопаткових резонаторів 2 анодного блока 1 разом із хвилеводом для виведення
35 високочастотної енергії в навантаження (на рисунку не показаного) створює електродинамічну систему 14. Один із лопаткових резонаторів електродинамічної системи 14 має щільну зв'язку із хвилеводом для виведення високочастотної енергії у навантаження.

Магнетрон із торцевою гарматою працює у такий спосіб. При подачі на електроди приладу відповідних електричних напруг термоелектронний емітер 9 додаткового катода 8 торцевої
40 гармати 5 емітує із кільцевої робочої поверхні трубчастий електронний потік 6, що формується за допомогою анода 10 торцевої гармати (узгоджувача електрода) та анодного блока 1 магнетрона (керуючого електрода), які забезпечують узгоджене встрілювання трубчастого електронного потоку 6 у зростаюче магнітне поле, обертання його навколо осі та поперечну компресію в просторі між кільцевим термоелектронним емітером 8 та анодним блоком 1
45 (керуючим електродом). Електронний потік 6 у просторі між додатковим катодом 8 торцевої гармати 5 і анодним блоком (керуючим електродом) 1 здобуває обертаний рух із циклотронною частотою щодо осі торцевої гармати 5, рухаючись у магнітному полі, яке змінює свою величину B_k від від'ємного значення на термоелектронному емітері 9 до додаткового зростаючого значення B_{k0} в зоні анодного блока 1. Обертаний рух по круговій орбіті навколо осі анодного
50 блока 1 із циклотронною частотою забезпечується при протилежних напрямках вектора індукції магнітного поля на додатковому катоді 8 торцевої гармати 5 і в зоні основного холодного катода 3 уздовж простору взаємодії періодичної структури 2 лопаткових резонаторів.

Швидкість електронів в обертовому русі трубчастого електронного потоку 6 із циклотронною частотою дорівнює швидкості синхронних електронів. Електрони, що віддали енергію
55 електромагнітному полю біля періодичної структури 2 лопаткових резонаторів рухаються по зменшеній траєкторії і падають на вторинно-електронний емітер 4 основного холодного катода 3 із енергією, яка достатня для підтримання процесу вторинно-електронного розмноження.

Струм вторинно-електронної емісії разом із струмом первинних електронів складає робочий струм магнетрона.

Вибір режиму роботи на вищих гармоніках циклотронної частоти забезпечує можливість скорочення робочої частоти магнетрона без суттєвого збільшення робочого магнітного поля та робочої напруги. Конструкція магнетрона забезпечує керування енергією первинних електронів у проміжку між додатковим катодом 8 торцевої гармати 5 та основним холодним катодом 3, а також величиною потужності вихідного сигналу генератора електромагнітних коливань та його ККД. Удосконалення магнетрона із торцевою гарматою досягнуто шляхом збільшення обертової енергії первинних електронів, підвищення ефективності процесу вторинно-електронного розмноження заряджених часток, що забезпечує збільшення інтенсивності потоку синхронних електронів, підвищення ККД та потужність вихідного сигналу магнетрона при скороченні довжини його робочої хвилі.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Магнетрон із торцевою гарматою, який містить у собі анодний блок із отвором, по периметру якого виконана періодична структура лопаткових резонаторів, основний холодний катод із вторинно-електронним емітером, розташований на осі отвору анодного блока, торцеву електронну гармату, яка має додатковий катод із термоелектронним емітером та анод, робочі поверхні яких виконані у вигляді бокових поверхонь зрізаних конусів, магнітну систему, який **відрізняється** тим, що робоча поверхня емітера додаткового термоелектронного катода торцевої гармати виконана у вигляді бокової поверхні зрізаного конуса, повернутого більшою основою до анодного блока, при цьому кут між віссю гармати та твірною конуса лежить в інтервалі 60° - $63,5^\circ$, а середній діаметр кільцевої смужки емітера додаткового термоелектронного катода визначається співвідношенням

$$D_k^2 = -4.55 \cdot 10^{-11} \frac{V_a \cdot k}{B_0 \cdot B_k}, \text{ де}$$

D_k - середній діаметр кільцевої смужки емітера катода, в метрах;

$k = (0,5 - 0,83)$ - величина відношення енергії обертового руху електронів до повної енергії електронного потоку;

V_a - потенціал анодного блока, в Вольтах;

B_0 - індукція магнітного поля у зоні основного холодного катода, в Теслах;

B_k - індукція магнітного поля у зоні додаткового катода торцевої гармати, в Теслах; між анодним блоком і додатковим термоелектронним катодом розташований анод торцевої гармати у вигляді коаксіальних металевих стрижня та тіла обертання, а анодний блок виконано у вигляді

магнетронного хвилеводу довжиною $\lambda_0 \leq L \leq \frac{n}{4} \lambda_0$, де λ_0 - середня довжина хвилі вихідного сигналу $n = 6, 8, 10, 12, \dots$

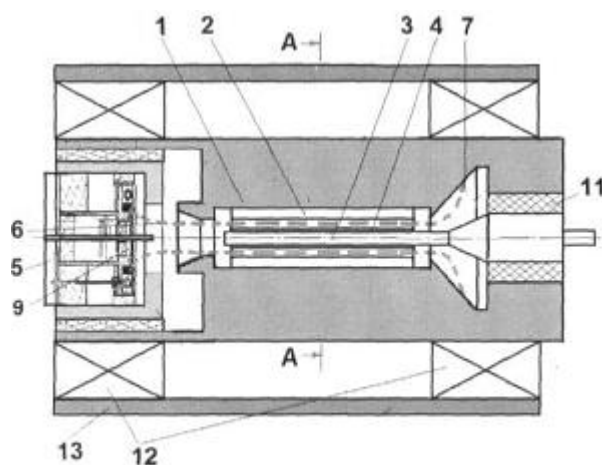


Fig. 1

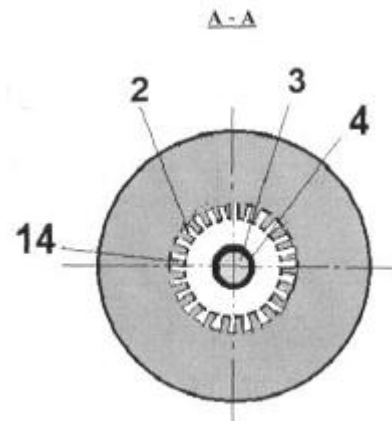


Fig. 2

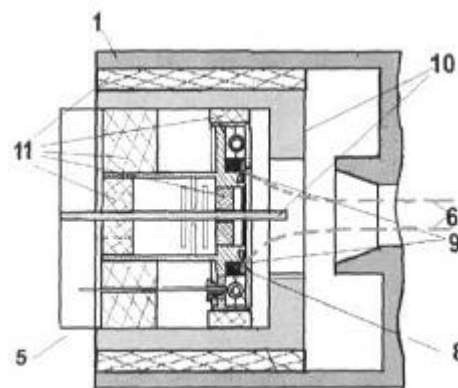


Fig. 3

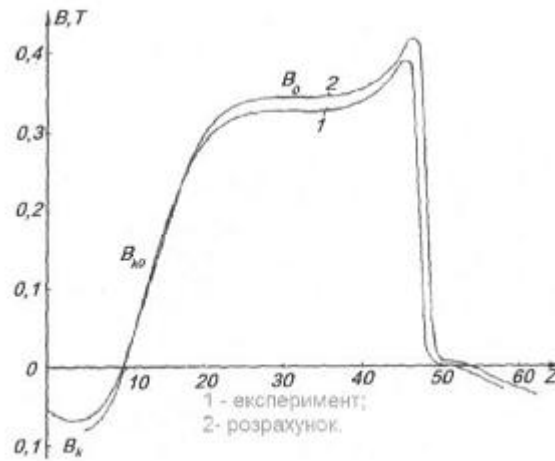


Fig. 4

Комп'ютерна верстка В. 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