



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA

(11) 108178

(13) C2

(51) МПК

H01J 25/02 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: а 2014 02823

(22) Дата подання заявки: 20.03.2014

(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 25.03.2015

(41) Публікація відомостей про заяву: 11.08.2014, Бюл.№ 15

(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.03.2015, Бюл.№ 6

(72) Винахідник(и):

Єрьомка Віктор Данилович (UA)

(73) Власник(и):

Єрьомка Віктор Данилович,
вул. Маршала Бажанова, 3, кв. 16, м.
Харків, 61002 (UA)

(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:

UA 72435 U, 27.08.2012

UA a201300329, 10.07.2013

SU 334605, 10.05.1972

SU 835260 A, 30.09.1983

US 4829527, 09.05.1989

US 2003132887 A1, 17.07.2003

(54) ОРБІКТРОН ЄРЬОМКИ

(57) Реферат:

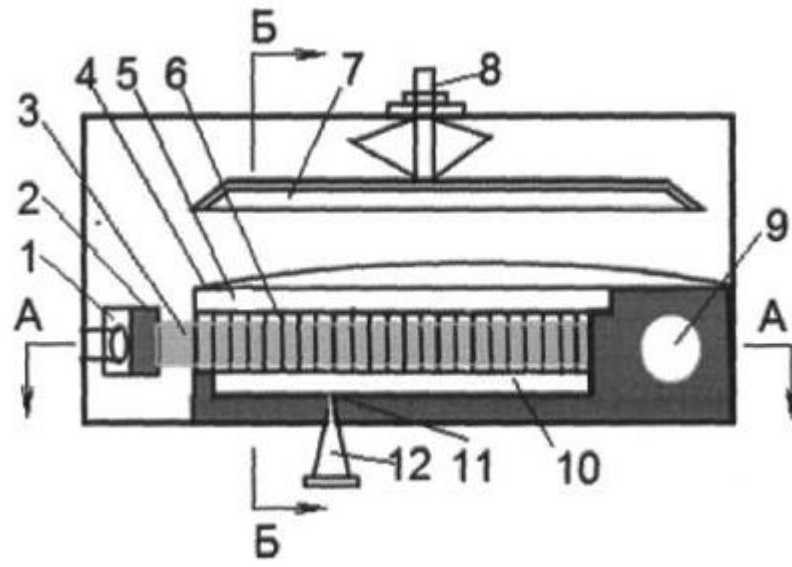
Орбіктрон застосовують в конструкціях вакуумних генераторів електромагнітних коливань терагерцового інтервалу частот. В центральній частині нерухомого дзеркала орбіктрона виконано прямокутну резонансну канавку із осьовою довжиною L , шириною $a = n\lambda/2$ (де $n = 3, 5, 7, \dots$, λ - довжина робочої хвилі у вільному просторі) та глибиною $b + h$, при цьому

$$b = m\lambda_{\text{вб}1}/4; m = 1, 3, 5, \dots; \lambda_{\text{вб}1} = \frac{\lambda}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{2a}\right)^2}}; h = s\lambda_{\text{вб}2}/2, s = 1, 2, 3, \dots; \lambda_{\text{вб}2} = \frac{\lambda}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{2c}\right)^2}}, \text{ в якій}$$

встановлено здвоєну гребінку довжиною $\approx \frac{3}{4}L$, шириною h , при цьому протилежні електронно-

оптичній системі кінці двох періодичних структур електрично об'єднані так, що робочі поверхні гребінок створюють гострий кут $30' < \alpha_{\text{отт}} < 2^\circ$ і суміщені із колектором електронів. Відстань від робочої поверхні нерухомого дзеркала до першої бокової сторони здвоєної гребінки, та відстань від другої бокової сторони здвоєної гребінки до днища резонансної канавки становить величину b , щілина зв'язку із хвильовим пристроєм для передавання височастотної енергії із відкритого резонатора у навантаження виконана в днищі прямокутної резонансної канавки нерухомого дзеркала. За допомогою запропонованого пристрою досягається збільшення товщини стрічки електронного потоку, підвищення за рахунок клинотронного ефекту ефективності перетворення кінетичної енергії потоку електронів у височастотну енергію вихідного сигналу, завдяки підвищенню коефіцієнта використання товстого стрічкового електронного потоку, збільшення потужності вихідного сигналу генератора та ККД при підвищенні його робочої частоти в терагерцовому інтервалі частот.

UA 108178 C2



Винахід належить до електроніки надвисоких частот (НВЧ), а саме до електровакуумних приладів з відкритим резонатором - генераторів електромагнітного випромінювання, і може знайти широке застосування в радіоелектронних системах як джерело когерентних електромагнітних коливань терагерцового інтервалу частот.

Відомий ряд електровакуумних генераторів електромагнітного випромінювання НВЧ із відкритим резонатором таких, наприклад, як оротрон, генератор дифракційного випромінювання (ГДВ), ледатрон, орбіктрон.

Відомий генератор електромагнітного випромінювання НВЧ-оротрон, конструкція якого містить коливальний контур - відкритий резонатор (ВР), створений двома дзеркалами - рухомим та нерухомим. На рухомому дзеркалі, як правило, із сферичною робочою поверхнею, виконано щілину зв'язку із хвилевідним пристроєм для передавання електромагнітної високочастотної енергії із міждзеркального об'єму ВР у навантаження та встановлено механізм перебудови резонансної частоти коливального контуру, а на всій плоскій робочій поверхні нерухомого дзеркала, уздовж напрямку руху стрічкового електронного потоку, виконано періодичну структуру (ПС) - відбивальну дифракційну ґратку типу "гребінка", при цьому стрічковий електронний потік рухається на незначній відстані паралельно над робочою поверхнею ПС, електронно-оптичну систему (ЕОС) із емітером електронів, колектор електронів та магнітну фокусуючу систему (МФС) [А.с. СССР № 1955557 - Электронный прибор для генерации и усиления колебаний миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов волн. /Ф.С. Русин, Г.Д. Богомолов. 1966 г.]. Позитивними характеристиками оротрона є висока стабільність частоти та низький рівень амплітудних та частотних шумів в короткохвильових діапазонах.

Першим суттєвим недоліком оротрона є невеликий коефіцієнт корисної дії (ККД) та потужність вихідного сигналу в терагерцовому інтервалі частот, що обумовлено невисоким коефіцієнтом використання стрічкового електронного потоку і, як наслідок, невисокою ефективністю взаємодії його заряджених часток, які рухаються над робочою поверхнею ПС типу "гребінка", із високочастотним полем, яке є неоднорідним по інтенсивності як вздовж ПС (косинусоподібне або Гаусове розподілення), так і по товщині стрічки (при віддаленні від поверхні ПС амплітуда інтенсивності хвилі електромагнітного поля зменшується за експоненціальною залежністю). Другий суттєвий недолік оротрона полягає в тому, що його конструкція забезпечує умови для збудження автоколивального процесу як в режимі оротрона, так і в режимі конкуруючого автоколивального процесу лампи зворотної хвилі (ЛЗХ).

Відомий генератор електромагнітного випромінювання НВЧ, аналогічний оротрону, а саме, генератор дифракційного випромінювання (ГДВ), конструкція якого містить коливальний контур - ВР, створений двома дзеркалами - рухомим та нерухомим. На рухомому дзеркалі, як правило, із сферичною робочою поверхнею, виконано щілину зв'язку із хвилевідним пристроєм для передавання електромагнітної високочастотної енергії із міждзеркального об'єму ВР у навантаження та встановлено механізм перебудови резонансної частоти коливального контуру, а на нерухомому дзеркалі, переважно із плоскою або циліндричною робочою поверхнею, в центральній його частині, уздовж напрямку руху стрічкового електронного потоку виконано періодичну структуру - відбивальну дифракційну ґратку типу "гребінка", при цьому стрічковий електронний потік рухається на незначній відстані над робочою поверхнею ПС, ЕОС із емітером електронів, колектором та МФС, (А.с. СССР № 334605, М. кл. H01J 23/16 Генератор дифракционного излучения /И.М. Балаклицкий, В.Г. Курин, Б.К. Скрынник, О.А. Третьяков, В.П. Шестопалов. 1972 г.). Позитивними характеристиками ГДВ є висока стабільність частоти та низький рівень амплітудних та частотних шумів в короткохвильових діапазонах, а також невисокі дифракційні втрати.

Недоліком ГДВ є невеликий ККД та потужність вихідного сигналу в терагерцовому інтервалі частот, що як і в оротроні та ледатроні обумовлено невисоким коефіцієнтом використання стрічкового електронного потоку та невисокою ефективністю взаємодії його заряджених часток, які рухаються над робочою поверхнею дифракційної ПС типу "гребінка", із високочастотним полем, яке є неоднорідним по інтенсивності як вздовж "гребінки" (косинусоподібне або Гаусове розподілення інтенсивності високочастотного електромагнітного поля вздовж простору взаємодії), так і по товщині (при віддаленні від поверхні ПС амплітуда інтенсивності хвилі електромагнітного поля зменшується за експоненціальною залежністю) та ширині стрічки електронного потоку (бокові сторони "гребінки" коротко замкнуті, при цьому амплітуда інтенсивності сповільненої хвилі електромагнітного поля максимальна над віссю ПС та зменшується до нуля на коротко замкнутих бокових сторонах). Тому значна частина електронів стрічкового потоку не бере участь у ефективному енергообміні із високочастотним електромагнітним полем.

Відомий генератор електромагнітного випромінювання НВЧ, аналогічний оротрону та ГДВ, а саме орбіктрон - генератор дифракційного випромінювання (назву орбіктрон створено шляхом скорочення англійського словосполучення open resonator - відкритий резонатор, binary comb - здвоєна гребінка, electron - електрон), який містить у собі коливальний контур у вигляді відкритого резонатора із нерухомим та рухомим дзеркалами, в центральній частині нерухомого дзеркала встановлено дифракційну періодичну структуру у вигляді двох ідентичних гребінок, робочі поверхні яких паралельні і дзеркально симетричні відносно осі відкритого резонатора і утворюють простір взаємодії стрічкового електронного потоку та електромагнітного поля, на рухомому дзеркалі із сферичною робочою поверхнею, виконано щілину зв'язку із хвилевідним пристроєм для передавання високочастотної енергії із міждзеркального простору відкритого резонатора у навантаження та механізм перебудови резонансної частоти коливального контуру, електронно-оптичну систему з емітером та колектором електронів, магнітну фокусуючу систему (МФС) (Авт. св. СССР № 669963, М. кл. H01J 25/00 Генератор дифракционного излучения /В.Д. Ерёмка, В. К. Корнеевков, Б.К. Скрынник, В.П. Шестопалов. 1976 г.).

Поряд з позитивними якостями, технічне рішення орбіктрон - прототип має суттєві недоліки. Перший недолік полягає в тому, що виконання на сферичній робочій поверхні рухомого дзеркала щілини зв'язку із навантаженням, встановлення на ньому хвилевідного пристрою для передавання електромагнітної високочастотної енергії із міждзеркального об'єму ВР у навантаження та механізму перебудови резонансної частоти ВР суттєво ускладнює конструкцію та експлуатацію такого генератора в радіоелектронних системах. Ускладнення обумовлено тим, що вісь симетрії хвилевідного пристрою та механізму перебудови частоти збігаються. При цьому вакуумнощільний сильфон механізму перебудови резонансної частоти на одному кінці герметично закріплений на корпусі генератора, а на другому кінці герметично закріплений на хвилеводі пристрою для передавання електромагнітної високочастотної енергії із міждзеркального простору ВР у навантаження. Ускладнення при експлуатації такого генератора в передавачах радіоелектронних систем полягає в тому, що в процесі роботи передавача на основі такого орбіктрона - ГДВ при виникненні потреба зміни частоти вихідного сигналу на величину більшу ніж робоча смуга коливального контуру необхідно перебудовувати резонансну частоту відкритого резонатора шляхом зміни відстані між дзеркалами за допомогою механізму перебудови частоти. При цьому його хвилевідний пристрій для виведення високочастотної енергії, який встановлений на рухомому дзеркалі, необхідно відокремлювати від хвилевідного тракту навантаження. Саме цей суттєвий недолік, притаманний оротрону, ледатрону ГДВ та орбіктрону-ГДВ є однією із причин, які унеможливили серійне виробництво таких джерел електромагнітних коливань та широке застосування згаданих генераторів у передавачах серійних радіолокаторів міліметрового діапазону довжин хвиль.

Другий недолік полягає в тому, що у орбіктроні - прототипі стрічковий електронний потік в каналі здвоєної гребінки взаємодіє із неоднорідною по інтенсивності вздовж простору взаємодії електричною складовою високочастотного поля. Це обумовлено косинусоподібним або Гаусовим розподіленням амплітуди високочастотного поля у відкритому резонаторі із двома дзеркалами, а саме інтенсивність високочастотного електромагнітного поля зростає в напрямку від емітера електронів до осі відкритого резонатора, а потім спадає до початкового значення біля колектора електронів. Результати математичного моделювання процесу електронно-хвильової взаємодії в орбіктроні - прототипі свідчать про те, що електронний ККД вздовж простору взаємодії зростає від емітерного кінця до осі ВР. Після осі ВР електронний ККД у кращому випадку остається на рівні максимально досягнутого, а у гіршому випадку поступово спадає після осі ВР, що свідчить про те, що при цьому електронний пучок поглинає накопичену у ВР високочастотну енергію.

Третій недолік полягає в тому, що при суттєвому зменшенні довжини робочої хвилі в терагерцевому інтервалі частот радіус сферичної поверхні першого дзеркала стає великим і робочі поверхні першого та другого дзеркал мають вигляд плоских паралельних поверхонь, аналогічних плоским робочим поверхням дзеркал ледатрона. При цьому суттєво збільшуються дифракційні втрати високочастотної енергії, яка накопичується у міждзеркальному об'ємі ВР.

Найбільш близьким до даного винаходу за технічною суттю та сукупністю ознак аналогом (прототипом) є орбіктрон, який містить у собі електронно-оптичну систему для формування стрічкового електронного потоку, коливальний контур - відкритий резонатор з двома дзеркалами рухомим із робочою поверхнею у вигляді сфери або внутрішньої поверхні корита, на якому встановлено механізм перебудови резонансної частоти коливального контуру, та нерухомим із робочою поверхнею у вигляді поверхні кругового циліндра або площини, в центральній частині якого виконано прямокутну резонансну канавку із осьовою довжиною L , шириною $a = n\lambda/2$ (де $n = 3, 5, 7, \dots$ λ - довжина робочої хвилі у вільному просторі) та глибиною

$b+h$, при цьому $b = m\lambda_{\text{вб}1}/4$; $m = 1,3,5,\dots$; $\lambda_{\text{вб}1} = \lambda/\sqrt{1-(\lambda/2a)^2}$; $h = s\lambda_{\text{вб}2}/2$, $s = 1,2,3,\dots$;

$\lambda_{\text{вб}2} = \lambda/\sqrt{1-(\lambda/2c)^2}$, в якій встановлено дифракційну уповільнювальну періодичну структуру у вигляді двох ґраток типу "гребінка", розташованих дзеркально симетрично відносно осі ВР в паралельних їй площинах (здвоєна гребінка), щілину зв'язку із хвильовим пристроєм для передавання високочастотної енергії із відкритого резонатора у навантаження, яка виконана у паралельній осі відкритого резонатора стінці резонансної канавки, колектор електронів, МФС (Патент України на корисну модель, М. кл. Н 01J 25/00. Орбіктрон - генератор дифракційного випромінювання /В.Д. Єрьомка, В.С. Мірошніченко, М.Ю. Демченко. Бюл. № 16, 2012). Конструкція орбіктрона - прототипу забезпечує підвищення ефективності електронно-хвильової взаємодії у ВР та генерування електромагнітних коливань підвищеної потужності із підвищеним ККД у короткохвильових діапазонах, зокрема в терагерцовому інтервалі частот.

Суттєвий недолік орбіктрона-прототипу полягає в тому, що при суттєвому зменшенні довжини робочої хвилі в терагерцовому інтервалі частот ширина каналу здвоєної гребінки, по якому протікає стрічковий електронний потік, зменшується пропорційно довжині робочої хвилі. Таким же чином зменшується товщина стрічки електронного потоку, а також величина робочого струму. Відомо, що при скороченні довжини робочої хвилі генератора, зростає величина пускового струму процесу збудження автоколивань. Зростання величини пускового струму обумовлене зростанням високочастотних омичних втрат за рахунок скінефекту в металі. Із зменшенням величини робочого струму, яка перевищує величину пускового струму, зменшується величина потужності вихідного сигналу при скороченні довжини робочої хвилі. Збільшення робочого струму в такому разі можливе тільки при збільшенні щільності струму емісії термоелектронного емітера катода електронно-оптичної системи. В короткохвильовій частині терагерцевого інтервалу частот щільність струму термоелектронної емісії повинна суттєво зростати. Проте емісійна спроможність найефективніших сучасних емісійних матеріалів має межу. В короткохвильовій частині терагерцевого інтервалу частот ефективна емісійна спроможність багатьох сучасних емісійних матеріалів добігає технологічної межі. Суттєвий вплив на зменшення ефективності електронно-хвильової взаємодії в каналах такої ширини має також розшарування тонкого стрічкового електронного потоку. Математичне моделювання електронно-хвильової взаємодії тонкого стрічкового електронного потоку проведене для конструкції орбіктрона триміліметрового діапазону. При робочій частоті 0,1 ТГц товщина стрічки електронного потоку становить біля 0,08 мм, а величина робочого струму не перевищує 0,1 А при робочій напрузі біля 3 кВ. Крім цього, незначне провисання високочастотного поля в каналі простору взаємодії (відношення інтенсивності високочастотного поля на осі каналу та стрічкового електронного потоку до інтенсивності поля на робочих поверхнях здвоєної гребінки) проявляється у істотній відмінності характеру взаємодії із електричною складовою E_z високочастотного поля різних шарів стрічкового електронного потоку. Свій вплив на розшарування має електрична складова E_x поля. Як свідчать результати математичного моделювання, хід траєкторій електронів різних шарів стрічкового потоку під дією E_x -складової поля відхиляється від прямолінійної навіть при збільшенні фокусуючого магнітного поля (Фіг. 4). При цьому величина ККД зовнішнього шару (17) менше, ніж внутрішнього шару (1) (Фіг. 5). Це свідчить про зменшення коефіцієнта ефективного використання енергії зовнішніх шарів електронів стрічкового потоку.

В основу винаходу поставлено задачу - удосконалити орбіктрон шляхом збільшення товщини стрічки електронного потоку та коефіцієнта його використання, що забезпечить підвищення потужності електронного потоку та ефективності перетворення кінетичної енергії його заряджених частинок у високочастотну енергію вихідного сигналу, збільшення потужності вихідного сигналу, збільшення ККД при підвищенні робочої частоти в терагерцовому інтервалі частот.

Поставлена задача вирішується тим, що в орбікtronі, який містить у собі електронно-оптичну систему для формування стрічкового електронного потоку, коливальний контур - відкритий резонатор з двома дзеркалами рухомим із робочою поверхнею у вигляді сфери або внутрішньої поверхні корита, на якому встановлено механізм перебудови резонансної частоти коливального контуру, та нерухомим із робочою поверхнею у вигляді поверхні кругового циліндра або площини, в центральній частині якого виконано прямокутну резонансну канавку із

осьовою довжиною L , шириною $a = n\lambda/2$ (де $n = 3,5,7,\dots$ λ - довжина робочої хвилі у вільному просторі) та глибиною $b+h$ при цьому $b = m\lambda_{\text{вб}1}/4$, $m = 1,3,5,\dots$; $\lambda_{\text{вб}1} = \lambda/\sqrt{1-(\lambda/2a)^2}$; $h = s\lambda_{\text{вб}2}/2$, $s = 1,2,3,\dots$; $\lambda_{\text{вб}2} = \lambda/\sqrt{1-(\lambda/2c)^2}$, в якій встановлено дифракційну уповільнювальну

періодичну структуру у вигляді двох ґраток типу "гребінка", розташованих дзеркально симетрично відносно осі ВР в паралельних їй площинах (здвоєна гребінка), щілину зв'язку із хвилевідним пристроєм для передавання високочастотної енергії із відкритого резонатора у навантаження, яка виконана у паралельній осі відкритого резонатора стінці резонансної канавки, колектор електронів, МФС, згідно із винаходом, в прямокутній резонансній канавці

5 встановлено здвоєну гребінку довжиною $\approx \frac{3}{4}L$, шириною h , при цьому кінці двох періодичних

структур, які протилежні електронно-оптичній системі, об'єднані так, що робочі поверхні гребінок створюють гострий кут $30' < \alpha_{\text{опт}} < 2^\circ$, а колектор електронів суміщено із робочою поверхнею гребінок, відстань від робочої поверхні нерухомого дзеркала до першої бокової сторони здвоєної гребінки, та відстань від другої бокової сторони здвоєної гребінки до днища резонансної канавки становить величину b , щілина зв'язку із хвилевідним пристроєм для передавання високочастотної енергії із відкритого резонатора у навантаження виконана в днищі прямокутної резонансної канавки нерухомого дзеркала.

В одному варіанті конструкції орбіктрона УПС - здвоєна гребінка виконана регулярно для забезпечення можливості роботи на першій просторовій гармоніці робочого виду коливань, у другому варіанті - для забезпечення можливості роботи на другій просторовій гармоніці робочого виду коливань електромагнітного поля.

В одному варіанті конструкції орбіктрона рухоме дзеркало ВР виконане із коритоподібною робочою поверхнею.

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

Виконання в центральній частині другого дзеркала прямокутної резонансної канавки довжиною L , шириною a та глибиною $2b+h$, здвоєна гребінка виконана довжиною $\approx \frac{3}{4}L$,

25 шириною h , так, що при цьому кінці двох періодичних структур, які протилежні електронно-оптичній системі, об'єднані і їх робочі поверхні створюють гострий кут $30' < \alpha_{\text{опт}} < 2^\circ$, а колектор електронів суміщається із робочою поверхнею такої здвоєної гребінки, відстань від робочої поверхні нерухомого дзеркала до першої бокової сторони здвоєної гребінки, та відстань від другої бокової сторони здвоєної гребінки до днища резонансної канавки становить величину b , забезпечує, як показали результати експериментальних досліджень за допомогою зондів, зростання інтенсивності високочастотного електромагнітного поля в клиновидному каналі між здвоєними гребінками, де рухається стрічковий електронний потік, в декілька разів, порівняно із інтенсивністю високочастотного поля у просторі між дзеркалами відкритого резонатора. Це забезпечує суттєве збільшення величини потужності вихідного сигналу робочого струму орбіктрона, за рахунок збільшення товщини електронної стрічки, величини робочого струму, коефіцієнта використання товстого стрічкового електронного потоку за рахунок реалізації клинотронного ефекту, зростання ефективності взаємодії електронів і електромагнітних хвиль (завдяки клинотронному ефекту) та перетворення кінетичної енергії заряджених часток у високочастотну енергію електромагнітного поля і, як наслідок, збільшення потужності вихідного сигналу та ККД генератора.

40 Виконання в днищі прямокутної резонансної канавки нерухомого дзеркала щілини зв'язку із хвилевідним пристроєм для передавання високочастотної енергії із міждзеркального простору відкритого резонатора у навантаження забезпечує суттєве спрощення конструкції орбіктрона, а також його експлуатації як джерела електромагнітного випромінювання в радіоелектронних системах при перебудові резонансної частоти коливального контуру та частоти вихідного сигналу. При цьому конструкція вузла перебудови резонансної частоти коливального контуру - за рахунок зміни відстані між дзеркалами відкритого резонатора - також суттєво спрощується. Таким чином конструкція запропонованого орбіктрона забезпечує суттєве збільшення товщини стрічкового електронного потоку і таким чином величини робочого струму генератора при скороченні довжини його робочої хвилі в терагерцовому інтервалі частот, при цьому усувається суттєвий недолік, характерний для орбіктрона - прототипу.

50 Виконання рухомого дзеркала ВР із коритоподібною робочою поверхнею забезпечує суттєве зменшення дифракційних втрат при підвищенні робочої частоти орбіктрона у терагерцовому інтервалі частот.

55 Виконання періодичної структури - здвоєної гребінки із збільшеним у два рази періодом для роботи на другій просторовій гармоніці забезпечує її технологічну реалізацію та достатню теплостійкість при підвищенні робочої частоти генератора у терагерцовому інтервалі частот.

Суть винаходу пояснюють креслення. На фіг. 1 схематично зображено повздовжній переріз орбіктрона, який показує розташування його основних вузлів - електронно-оптичної системи (ЕОС) із емітером електронів, коливального контуру - відкритого резонатора із регулярною УПС - здвоєною гребінкою із каналом для стрічкового потоку - простором взаємодії електронів та електромагнітних хвиль. На фіг. 2 - переріз по А-А на фіг. 1. На фіг. 3 - переріз по Б-Б на фіг. 1. На фіг. 4 - результати математичного моделювання електронно-хвильової взаємодії в орбіктроні - із регулярною УПС - здвоєною гребінкою, а саме наслідок розшарування тонкого стрічкового електронного потоку у вузькому каналі простору взаємодії, створеному паралельними робочими поверхнями періодичних структур, а також поведінка електронного ККД $\eta_e(T)$ (тут $T=z/L$) в кожному із 17 вибраних шарів стрічкового електронного потоку в клиновидному просторі взаємодії запропонованого орбіктрона.

Конструкція орбіктрона (фіг. 1) містить ЕОС 1 із термоелектронним емітером 2 електронів, яка формує товстий стрічковий електронний потік 3, коливальний контур - ВР із двома дзеркалами - нерухомим дзеркалом 4, яке має плоску або циліндричну робочу поверхню, в центральній частині якої виконано прямокутну резонансну канавку 5, в якій встановлено уповільнювальну періодичну структуру 6 - здвоєну гребінку довжиною $\approx \frac{3}{4}L$, шириною h , при

цьому кінці двох періодичних структур, які протилежні електронно-оптичній системі, об'єднані так, що робочі поверхні гребінок створюють гострий кут $30' < \alpha_{\text{отп}} < 2^\circ$, рухомим дзеркалом 7 із сферичною або коритоподібною робочою поверхнею, механізм перебудови частоти 8, рідинну систему 9 охолодження колектора у нерухомому дзеркалі 4 ВР, резонансну порожнину 10 під здвоєною гребінкою 6, щілину зв'язку 11 відкритого резонатора із навантаженням, виконану у днищі прямокутної резонансної канавки 5, хвилевідний вивід 12 високочастотної енергії у навантаження.

Запропонований орбіктрон працює у такий спосіб. ЕОС 1 і магнітна фокусуюча система (на кресленнях не показана) формує емітований термоелектронним емітером 2 товстий стрічковий електронний потік 3, який рухається в просторі взаємодії електронів з електромагнітними хвилями - клиновидному каналі між ідентичними ґратками здвоєної гребінки 6, падаючи на її робочу поверхню під гострим кутом $\alpha/2$, і взаємодіє із електричною складовою високочастотного електромагнітного поля, інтенсивність якого зростає від емітерного кінця УПС 6 до осі відкритого резонатора. При взаємодії із гальмівною електричною складовою високочастотного поля усі шари електронів товстого стрічкового потоку 3 віддають електромагнітному полю свою кінетичну енергію. Електрони товстого стрічкового електронного потоку збуджують дифракційне електромагнітне випромінювання, яке накопичується у порожнинах між дзеркалами 4 і 7 відкритого резонатора. Коли частота дифракційного випромінювання збігається із резонансною частотою коливального контуру в орбіктроні встановлюється генераторний автоколивальний процес. Енергія високочастотного електромагнітного поля накопичена у порожнині відкритого резонатора між дзеркалами 4 та 7 через щілину зв'язку 11 частково виводиться за допомогою хвилевідного виводу 12 високочастотної енергії у навантаження. Механізм 8 забезпечує можливість перебудови резонансної частоти коливального контуру - відкритого резонатора за рахунок зміни відстані між дзеркалами 4 та 7. Прямокутна резонансна канавка 5 виконує роль четвертьхвильового трансформатора і забезпечує збільшення в декілька разів інтенсивності високочастотного поля в клиновидному каналі простору взаємодії здвоєної гребінки 6, де рухається товстий стрічковий електронний потік 3, у порівнянні із інтенсивністю поля на осі ВР у просторі між дзеркалами 4 та 7. Таке підвищення інтенсивності високочастотного поля в просторі взаємодії електронів та електромагнітних хвиль та клинотронний ефект сприяють суттєвому підвищенню ефективності електронно-хвильової взаємодії. Електронні згустки зазнають глибокого гальмування електричною складовою інтенсивного високочастотного електромагнітного поля при наближенні до клиновидної робочої поверхні здвоєної гребінки 7. Поблизу осі ВР інтенсивність електромагнітного поля максимальна (максимум гаусового розподілення).

Виконання орбіктрона у відповідності до формули винаходу, забезпечує можливість суттєво збільшити товщину стрічки електронного потоку, величину робочого струму генератора, підвищити ефективність електронно-хвильової взаємодії та процесу генерування електромагнітного випромінювання у терагерцовому інтервалі частот 0,1-1,0 ТГц. Важливим технічним результатом є також підвищення потужності вихідного сигналу та електронного ККД орбіктрона на основі клинотронного ефекту, про що свідчать результати математичного моделювання за допомогою сучасних персональних комп'ютерів (фіг. 5).

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Орбітрон, який містить у собі електронно-оптичну систему для формування стрічкового електронного потоку, коливальний контур, що виконаний у вигляді відкритого резонатора (ВР) з двома дзеркалами, одно з яких рухоме із робочою поверхнею у вигляді сфери, або внутрішньої поверхні корита, на якому встановлений механізм перебудови резонансної частоти коливального контуру, а інше - нерухоме із робочою поверхнею у вигляді поверхні кругового циліндра або площини, в центральній частині якого виконано прямокутну резонансну канавку із осью довжиною L , шириною $a = n\lambda/2$, де $n = 3, 5, 7, \dots$; λ - довжина робочої хвилі у вільному

просторі та глибиною $b+h$, при цьому $b = m\lambda_{\text{вб1}}/4$, $m = 1, 3, 5, \dots$; $\lambda_{\text{вб1}} = \lambda / \sqrt{1 - (\lambda/2a)^2}$,

$h = s\lambda_{\text{в}2}/2$, $s = 1, 2, 3, \dots$; $\lambda_{\text{в}2} = \lambda / \sqrt{1 - (\lambda/2c)^2}$, в якій встановлено дифракційну уповільнювальну періодичну структуру у вигляді двох ґраток типу "здвоєна гребінка", розташованих дзеркально симетрично відносно осі ВР в паралельних їй площинах, щілину зв'язку із хвильвідним пристроєм для передавання височастотної енергії із відкритого резонатора у навантаження, яка виконана у стінці резонансної канавки, паралельній осі відкритого резонатора, колектор електронів, магнітну фокусуєчу систему, який **відрізняється** тим, що ґратки виконані довжиною $\approx \frac{3}{4}L$, шириною h , при цьому протилежні електронно-оптичній системі кінці двох ґраток

електрично об'єднані так, що робочі поверхні їх створюють гострий кут $30^\circ < \alpha_{\text{отт}} < 2^\circ$ і суміщені із колектором електронів, відстань від робочої поверхні нерухомого дзеркала до бокової сторони першої ґратки та відстань від бокової сторони другої ґратки до дна резонансної канавки становить величину b , щілина зв'язку із хвилевідним пристроєм для передавання високочастотної енергії із відкритого резонатора у навантаження виконана в днищі прямокутної резонансної канавки нерухомого дзеркала.

2. Орбіктрон за п. 1, який **відрізняється** тим, що дифракційна уповільнювальна періодична структура - здвоєна гребінка, виконана регулярно для роботи на просторових гармоніках $p = 1, 2, 3, \dots$; коливань електромагнітного поля.

3. Орбітрон за п. 1, який **відрізняється** тим, що дифракційна уповільнювальна періодична структура - здвоєна гребінка, виконана нерегулярною від осі відкритого резонатора до її колекторного кінця.

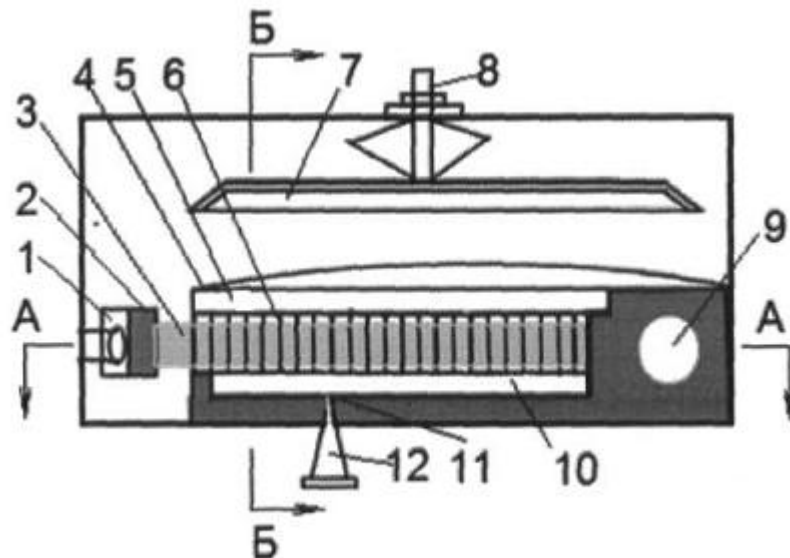


Fig. 1

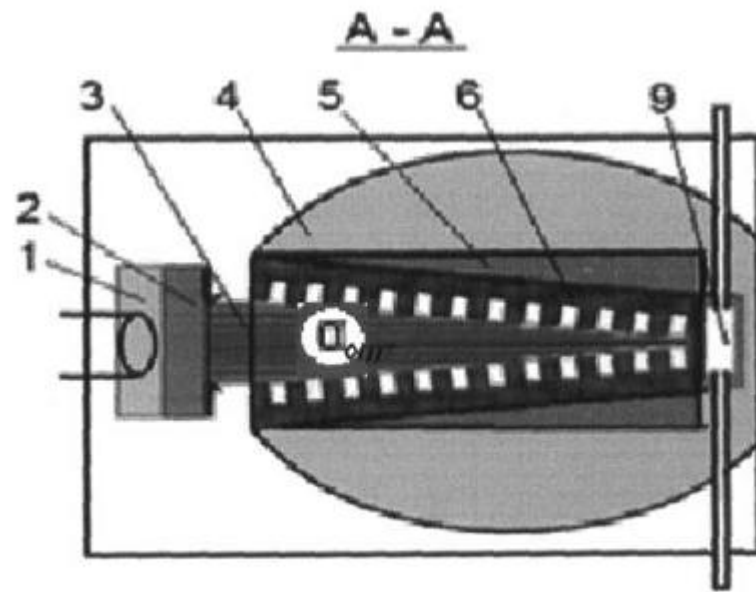


Fig. 2

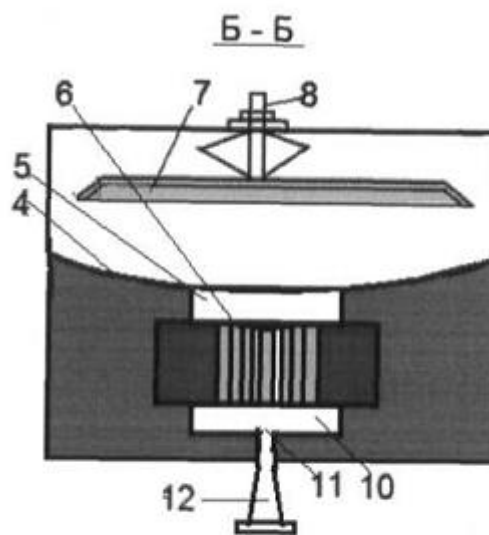


Fig. 3

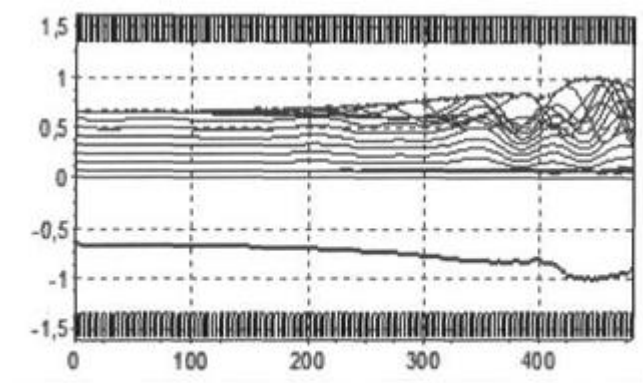


Fig. 4

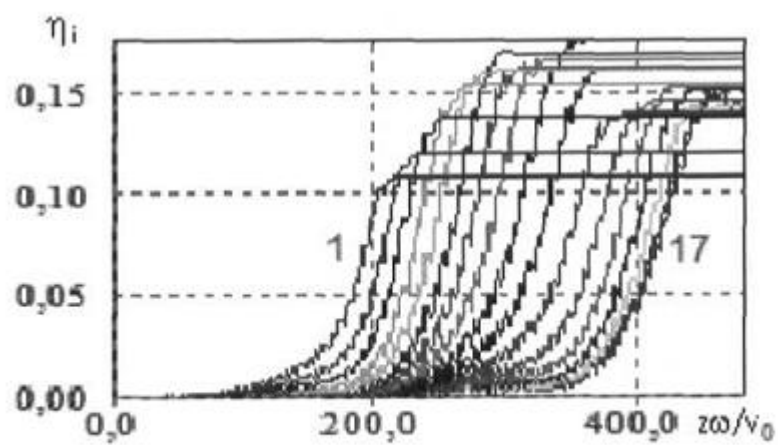


Fig. 5

Комп'ютерна верстка А. Крулевський

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