



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **109484** (13) **C2**  
(51) МПК  
**H01J 25/61** (2006.01)

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(21) Номер заявки: <b>а 2013 14368</b>	(72) Винахідник(и): <b>Єрьомка Віктор Данилович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>09.12.2013</b>	(73) Власник(и): <b>Єрьомка Віктор Данилович,</b> вул. Маршала Бажанова, 3, кв. 16, м. Харків, 61002 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: <b>25.08.2015</b>	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: SU 341113, 23.06.1972 Под ред. А.Я. Усикова АН України. Ин-т радиофизики и электроники. Клино́трон. – Киев: Наук. думка, 1992. – С. 96-99, 122- 123, 158-160. US 6987360 B1, 17.01.2006 CA 1180809 A1, 08.01.1985 JP 06-005216, 14.01.1994 RU 2017260 C1, 30.07.1994 GB 1362832 A, 07.08.1974 CN 101364517 A, 11.02.2009  Под ред. Н.Д. Девяткова. Лампы обратной волны миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов волн. - М.: Радио и связь. 1985. – С. 19-29, 38-41
(41) Публікація відомостей про заяву: <b>10.06.2015, Бюл.№ 11</b>	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>25.08.2015, Бюл.№ 16</b>	

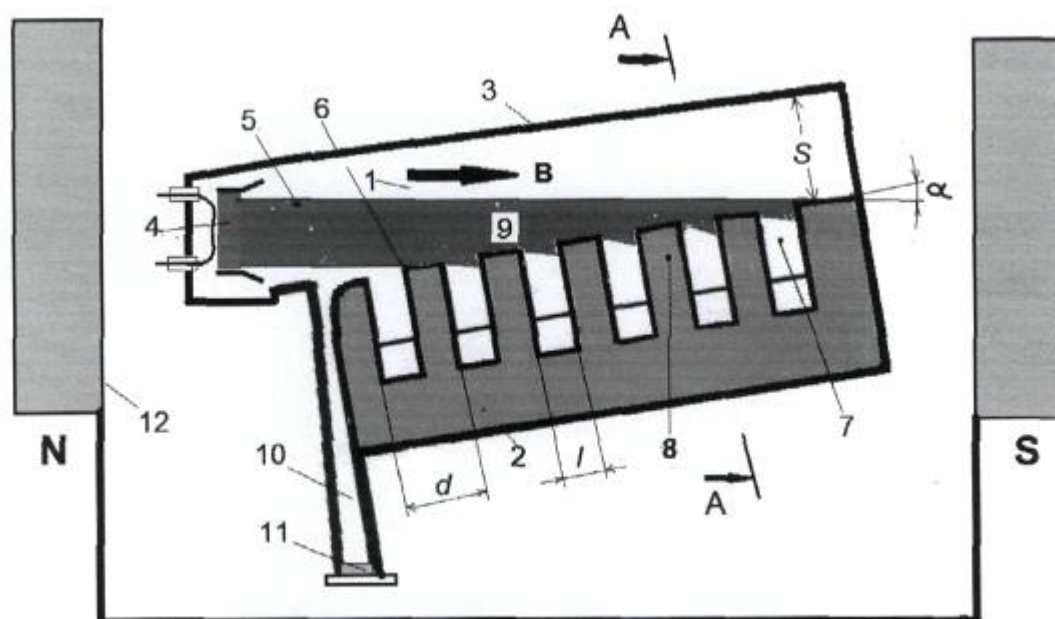
## (54) КЛИНОТРОН ЄРЬОМКИ

### (57) Реферат:

Клино́трон належить до вакуумних генераторів електромагнітних коливань терагерцового інтервалу частот. Клино́трон містить вакуумно-щільний корпус, електронно-оптичну систему, періодичну сповільню вальну структуру - гребінку, глибина щілинних резонаторів гребінки виконана повільно змінною від  $h_1$  до  $h_2$ , площа широкої стінки хвильоводу, яка протилежна робочій поверхні гребінки, виконана паралельною їй, відстань від бокової сторони гребінки із глибиною щілинних резонаторів  $h_1$  до суміжної із нею вузької стінки хвильоводу становить  $\Delta_1 \leq h_1$ , а від бокової сторони гребінки із глибиною щілинних резонаторів  $h_2$  до суміжної із нею вузької стінки хвильоводу становить  $h_1 < \Delta_2 \leq h_2$ , при цьому дно канавок шириною відповідно  $\Delta_1$  та  $\Delta_2$  виконано паралельним робочій поверхні гребінки.

За допомогою запропонованого клино́трона досягається зменшення глибини перепадів потужності у смузі електричної перебудови частоти та збільшення потужності вихідного сигналу при скороченні довжини робочої хвилі.

UA 109484 C2



Фиг. 1

Винахід належить до електроніки надвисоких частот (НВЧ) та гіпервисоких частот (ГВЧ), а саме до улаштування ламп зворотної хвилі - клинотронів і може знайти широке застосування в терагерцовій радіофізиці та електроніці, як джерело електромагнітного випромінювання радіометричних систем терагерцового інтервалу частот, терагерцової радіоспектроскопії, терагерцової діагностики плазми, передавачів електронних систем радіонавігації, радіолокації, зв'язку.

Відомі джерела електромагнітних коливань НВЧ та ГВЧ - лампи зворотної хвилі О-типу (ЛЗХО) - карсинотрони з поздовжнім магнітним полем, що містять у собі вакуумно-щільний корпус, електронно-оптичну систему (ЕОС), для формування стрічкового електронного потоку, періодичну уповільнювальну структуру (ПУС) у вигляді, наприклад, "зустрічних штирів" або "гребінки" у хвилеводі, які створюють із ним простір взаємодії електронів та електромагнітних хвиль, вихідний пристрій у вигляді хвилеводу для виведення високочастотної енергії із простору взаємодії у навантаження. В ЛЗХО-карсинотронах стрічковий електронний потік рухається паралельно робочій поверхні ПУС (Лампы обратной волны миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов волн / Е. М. Гершензон, М.Б. Голант, А.А. Негирев, В.С. Савельев. Под ред. Н.Д. Девяткова. - М.: Радио и связь. 1985. - 136с.).

Позитивною рисою ЛЗХО-карсинотронів є їх спроможність генерувати електромагнітні коливання в терагерцовому інтервалі частот (0,1-1,4) ТГц із потужністю вихідного сигналу від десятків мВт до одиниць мВт, яка достатня для практичних застосувань. Конструкції ЛЗХО-карсинотронів ТГц діапазону забезпечують електричну перебудову частоти автоколивань в широкому інтервалі при невеликій потужності вихідного сигналу. Електрична перебудова частоти автоколивань в ЛЗХО-карсинотронах досягається, як правило, шляхом змінювання електричної напруги, яку прикладають між катодом та анодом - періодичною уповільнювальною структурою.

Першим суттєвим недоліком ЛЗХО-карсинотронів є невисокий рівень потужності вихідного сигналу у терагерцовому діапазоні. Невисокий рівень потужності вихідного сигналу обумовлено невисоким коефіцієнтом використання стрічкового електронного потоку. В ЛЗХО-карсинотронах має місце розподілена взаємодія уповільненої хвилі першої негативної просторової гармоніки електромагнітного поля, що поширюється в ПУС, та стрічкового електронного потоку, який протікає поблизу над робочою поверхнею гребінки, паралельно їй. У процесі взаємодії електронів із електромагнітним полем здійснюється передача йому певної величини кінетичної енергії заряджених часток. Відомо, що інтенсивність електромагнітної хвилі першої негативної просторової гармоніки, яка поширюється уздовж ПУС, при віддаленні від її робочої поверхні експоненціально зменшується. В зв'язку із цим розподілена взаємодія електронів у ЛЗХО-карсинотронах здійснюється із неоднорідним по товщині стрічкового електронного потоку високочастотним полем. Наявність пульсацій і збіднілого за кількістю заряджених часток шару в сформованому стрічковому електронному потоці, а також слабкий імпеданс зв'язку поля хвилі просторового заряду і хвилі першої негативної просторової гармоніки електромагнітного поля ПУС типу "гребінка" або "зустрічні штирі" сприяє істотному зменшенню вихідної потужності ЛЗХО-карсинотронів у терагерцовому інтервалі частот при скороченні довжини робочої хвилі. Це обумовлено тим, що при протіканні стрічкового електронного потоку паралельно робочій поверхні ПУС із інтенсивним електромагнітним полем ефективно взаємодіє тільки шар заряджених часток стрічки, що суміжний із робочою поверхнею ПУС. Решта шарів заряджених часток взаємодіє із електромагнітним полем, інтенсивність якого експоненціально спадає при віддаленні від робочої поверхні ПУС.

Тобто, в ЛЗХО-карсинотронах стрічковий електронний потік взаємодіє із неоднорідним за інтенсивністю по товщині електронної стрічки високочастотним полем. У зв'язку із цим при скороченні довжини робочої хвилі вимоги стосовно суттєвого зменшення товщини стрічки електронного потоку та збільшення щільності його струму зростають. Ці вимоги ведуть ЛЗХО-карсинотрон терагерцового інтервалу частот до технологічної межі його реалізації.

Другий суттєвий недолік ЛЗХО-карсинотронів полягає в наявності перепаду потужності вихідного сигналу в полосі електричної перебудови частоти.

Відомі лампи зворотної хвилі клинотрони. Клинотроном названі лампи зворотної хвилі О-типу (ЛЗХО) зі стрічковим електронним потоком, який похило під гострим кутом падає на поверхню періодичної уповільнювальної структури - гребінки. Авторське свідоцтво СРСР на його винахід отримав Г.Я. Левін у 1956 році (А.с. СССР №341113 // Открытия, изобретения, 1972, №25, -С.201). Клинотрон Левіна, як правило, містить у собі вакуумно-щільний корпус, електронно-оптичну систему, для формування стрічкового електронного потоку, плоску періодичну сповільнювальну структуру - гребінку у вигляді розташованої на першій широкій стінці прямокутного хвилеводу поперемінної послідовності прямокутних щілинних резонаторів

та прямокутних ламелів, робоча поверхня якої встановлена під гострим кутом до осі параксіального стрічкового електронного потоку, вихідний хвилевідний пристрій для виведення високочастотної енергії із простору взаємодії у навантаження розташований біля електронно-оптичної системи (Левин Г.Я., Бородкин А.И., Кириченко А.Я. и др. Клиноотрон. / Под ред. А.Я. Усикова. АН Украины. Ин-т радиофизики и электроники. - Киев: Наук. думка, 1992. - 200 с.)

Позитивною рисою клиноотронів Левіна є їх спроможність забезпечувати значну потужність вихідного сигналу в міліметровому та субміліметровому діапазонах довжин хвиль, яка є на порядки більшою, ніж потужність вихідного сигналу ЛЗХО-карсинотронів. Це обумовлено високим коефіцієнтом використання стрічкового електронного потоку. Генерування підвищеної потужності коливальних обумовлено тим, що стрічковий електронний потік у клиноотроні падає на робочу поверхню періодичної уповільнювальної структури - гребінки під гострим кутом  $\alpha$ , що забезпечують ефективну взаємодію із інтенсивним високочастотним полем біля робочої поверхні гребінки усіх шарів заряджених часток електронної стрічки (Левин Г.Я., Бородкин А.И., Кириченко А.Я. и др. Клиноотрон. / Под ред. А.Я. Усикова. АН Украины. Ин-т радиофизики и электроники. - Киев: Наук. думка, 1992. - 200 с.)

Конструкція клиноотрона забезпечує електричну перебудову частоти вихідного сигналу генератора шляхом зміни величини робочої напруги. Інтервал електричної перебудови частоти клиноотрона становить 10-20 %.

Суттєвий недолік клиноотронів Левіна полягає в тому, що його конструкція забезпечує значну нерівномірність амплітудно-частотної характеристики. Для неї характерна суттєва зміна величини потужності вихідного сигналу в інтервалі електричної перебудови частоти. Якщо традиційні ЛЗХО-карсинотрони забезпечують генерування електромагнітних коливальних в широкому інтервалі частот, то клиноотрони із вихідним сигналом середньої або великої потужності генерують в окремих зонах, розділених зонами, де процес генерування відсутній. Результати експериментальних досліджень свідчать про те, що клиноотрони із середньою потужністю вихідного сигналу функціонують при величинах робочої напруги 2,5-3 кВ, електрична перебудова частоти в кожній із зон генерації становить кілька процентів, а в потужних клиноотронах із робочою напругою до 5 кВ, простір взаємодії електронів та електромагнітних хвиль яких є резонансним контуром, електрична перебудова робочої частоти в межах зони генерації зменшується до десятків часток процента, а ширина зон без процесу генерації між суміжними зонами генерації зростає (Лысенко Е.Е., Пишко О.Ф., Чумак В.Г., Чурилова С.А. Тенденции развития клиноотронов миллиметрового диапазона длин волн // Радиофизика и электроника. Т. 13, спец. выпуск, 2008. - С.315-320). Ця обставина значною мірою звужує можливості використання клиноотрона, як генератора електромагнітних коливальних короткохвильових діапазонів, та зменшує кількість галузей застосування цього приладу. Для усунення вказаних недоліків генераторних клиноотронів використовують механічну перебудову резонансної частоти коливального контуру генератора.

Найбільш близьким до даного винаходу за технічною суттю та сукупністю ознак аналогом (прототипом) є лампа зворотної хвилі О-типу - клиноотрон, який містить у собі вакуумно-щільний корпус, електронно-оптичну систему, для формування стрічкового електронного потоку, плоску періодичну уповільнювальну структуру - гребінку у вигляді поперемінної послідовності прямокутних щілинних резонаторів та прямокутних ламелей, яка розташована на широкій стінці хвилеводу - паралелограма із поперечним перерізом  $axb$ , де  $a$  - розмір широкої стінки,  $b$  - розмір вузької стінки, глибина щілинних резонаторів гребінки виконана повільно змінною від  $h_1$  до  $h_2$ , де  $h = c/4f_1$ ,  $h_2 = c/4f_2$ ,  $f_1 > f_2$ ,  $f_1$  та  $f_2$  - кінцеві точки інтервалу зміни робочої частоти,  $c$  - швидкість світла у вакуумі, площа широкої стінки хвилеводу, яка протилежна робочій поверхні гребінки, виконана паралельною площинам дна щілинних резонаторів періодичної структури, при цьому робоча поверхня гребінки встановлена під гострим кутом  $\alpha$  до осі параксіального стрічкового електронного потоку, відстань від відповідної бокової сторони гребінки до суміжної із нею вузької стінки хвилеводу дорівнює  $\Delta$ , вихідний хвилевідний пристрій для виведення високочастотної енергії із простору взаємодії у навантаження розташований біля електронно-оптичної системи (Позитивне рішення від 12.06.2013 р. про видачу патенту на корисну модель Клиноотрон МКИ H01J 25/00 (2013.01) за заявкою №и201300328 винахідника В.Д. Єрьомки).

Недолік конструкції клиноотрона-прототипу полягає у тому, що вона не забезпечує можливість електричної перебудови частоти вихідного сигналу без суттєвого зменшення перепаду потужності.

В основу винаходу поставлено задачу - удосконалити клиноотрон шляхом зміни геометрії простору взаємодії стрічкового електронного потоку і електромагнітного поля, що забезпечить суттєве зменшення перепаду потужності у смузі електричної перебудови частоти та збільшення

потужності вихідного сигналу при скороченні довжини робочої хвилі.

Поставлена задача вирішується тим, що у клинотроні, який містить у собі вакуумно-щільний корпус, електронно-оптичну систему, для формування стрічкового електронного потоку, плоску періодичну сповільнювальну структуру - гребінку у вигляді поперемінної послідовності  
 5 прямокутних щілинних резонаторів та прямокутних ламелів, яка розташована на широкій стінці хвильоводу - паралелограма із поперечним перерізом  $axb$ , де  $a$  - розмір широкої стінки,  $b$  - розмір вузької стінки, глибина щілинних резонаторів гребінки виконана повільно змінною від  $h_1$  до  $h_2$ , де  $h = c/4f_1$ ,  $h_2 = c/4f_2$ ,  $f_1 > f_2$ ,  $f_1$  та  $f_2$  - кінцеві точки інтервалу зміни робочої частоти,  $c$  - швидкість світла у вакуумі, площа широкої стінки хвильоводу, яка протилежна  
 10 робочій поверхні гребінки, виконана паралельною площинам дна щілинних резонаторів періодичної структури, при цьому робоча поверхня гребінки встановлена під гострим кутом  $\alpha$  до осі параксiального стрічкового електронного потоку, відстань від відповідної бокової сторони гребінки до суміжної із нею вузької стінки хвильоводу дорівнює  $\Delta$ , вихідний хвильовідний пристрій для виведення високочастотної енергії із простору взаємодії у навантаження, розташований  
 15 біля електронно-оптичної системи, згідно із винаходом, широка стінка хвильоводу, яка протилежна робочій поверхні гребінки, виконана паралельною їй, відстань від бокової сторони гребінки із глибиною щілинних резонаторів  $h_1$  до суміжної із нею вузької стінки хвильоводу становить  $\Delta_1 \leq h_1$ , а від бокової сторони гребінки із глибиною щілинних резонаторів  $h_2$  до суміжної із нею вузької стінки хвильоводу становить  $h_1 < \Delta_2 \leq h_2$ , при цьому дно канавок шириною  $\Delta_1$  та  $\Delta_2$   
 20 виконано паралельним робочій поверхні гребінки.

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

Виконання широкої стінки хвильоводу, яка протилежна робочій поверхні гребінки, паралельною їй, відстані від бокової сторони гребінки із глибиною щілинних резонаторів  $h_1$  до суміжної із нею вузької стінки хвильоводу величиною  $\Delta_1 \leq h_1$  відстані від бокової сторони гребінки  
 25 із глибиною щілинних резонаторів  $h_2$  до суміжної із нею вузької стінки хвильоводу величиною  $h_1 < \Delta_2 \leq h_2$ , а також днищ канавок, які мають ширину, відповідно,  $\Delta_1$  та  $\Delta_2$ , паралельними робочій поверхні гребінки, обумовлює оптимізацію дисперсійної характеристики електродинамічної системи. Електрична перебудова частоти вихідного сигналу клинотрона у смузі  $\Delta f = f_1 - f_2$  шляхом  
 30 зміни робочої напруги при оптимізованій дисперсійній характеристиці електродинамічної системи відбувається із суттєвим зменшенням перепаду амплітуди вихідного сигналу. На фіг. 3 представлено порівняння амплітудно-частотної характеристики клинотрона Левіна (А), амплітудно-частотної характеристики клинотрона-прототипу (Б), амплітудно-частотної характеристики клинотрона Єрьомки (В), описаного в заявці на корисну модель, при перебудові частоти їх вихідного сигналу в інтервалі частот 0,142-0,162 ТГц.  
 35

Суть винаходу пояснюється ілюстраціями.

На фіг. 1 схематично зображено поздовжній переріз запропонованого клинотрона;

на фіг. 2 - переріз по А-А на фіг.1;

на фіг. 3 – зображені амплітудно-частотні характеристики, які забезпечують конструкції  
 40 клинотрона Левіна (А), клинотрона-прототипу (Б) та клинотрона Єрьомки (В), описаного в заявці на корисну модель.

Клинотрон із поздовжнім магнітним полем для генерування електромагнітного випромінювання в терагерцовому інтервалі частот містить у собі вакуумно-щільний корпус, у вигляді хвильоводу 1 із першою 2 та другою 3 широкими стінками, електронно-оптичну систему  
 45 (ЕОС) 4, що формує стрічковий електронний потік 5, плоску періодичну уповільнювальну структуру - гребінку 6, у вигляді розташованої на першій широкій стінці 2 хвильоводу поперемінної послідовності щілинних резонаторів 7, глибина порожнини яких повільно змінюється від  $h_1$  до  $h_2$ , де  $h = c/4f_1$ ,  $h_2 = c/4f_2$ ,  $f_1 > f_2$ ,  $f_1$  та  $f_2$  - кінцеві точки інтервалу зміни робочої частоти,  $c$  - швидкість світла у вакуумі, та прямокутних ламелів 8, при цьому робоча  
 50 поверхня гребінки встановлена під гострим кутом  $\alpha$  до осі параксiального стрічкового електронного потоку 5. Гребінка 6 створює разом із хвильоводом 1 простір взаємодії 9 стрічкового електронного потоку 5 та електромагнітних хвиль. Широка стінка 1 хвильоводу, яка протилежна робочій поверхні гребінки 6, виконана паралельною їй та площинам дна канавок  $\Delta_1$  та  $\Delta_2$ . Клинотрон має вихідний хвильовідний пристрій 10 із вакуумнощільним вікном 11 для  
 55 виведення високочастотної енергії у навантаження, магнітну фокусуючу систему 12, що формує поздовжнє магнітне поле.

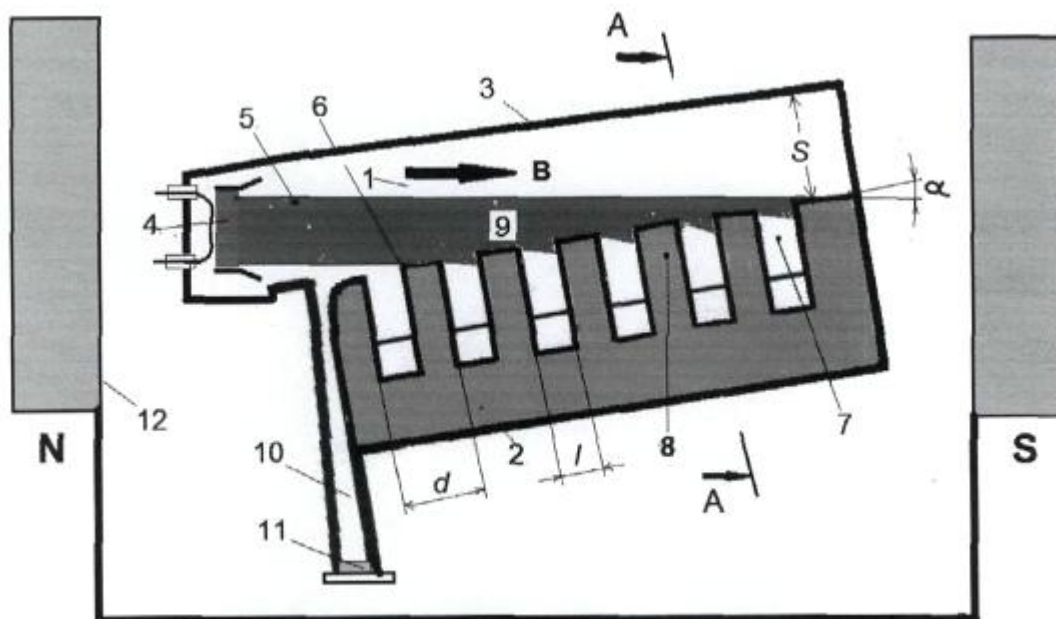
Клинотрон працює таким чином. При подачі на підігрівач термоелектронного катоду електронно-оптичної системи 4 відповідної напруги, а на періодичну сповільнювальну структуру - гребінку 6 високовольтною прискорювальною робочою напругою ЕОС 4 формує у поздовжньому  
 60 магнітному полі магнітної системи 12 стрічковий електронний потік 5, який падає на робочу

поверхню гребінки 6 під гострим кутом  $\alpha$ . Якщо величина струму стрічкового електронного потоку 5 перевищує величину стартового струму, то в просторі 9 взаємодії електронів та електромагнітного поля збуджується електромагнітне випромінювання. Амплітуда першої від'ємної просторової гармоніки сповільненої електромагнітної хвилі розповсюджується і зростає в напрямку від кінця гребінки до ЕОС. При умові  $V \approx V_\phi$ , коли величина швидкості  $V$  руху заряджених часток співпадає із величиною швидкості  $V_\phi$  хвилі (-1)-ї просторової гармоніки високочастотного електромагнітного поля ( $V \approx V_\phi$  - приблизний синхронізм швидкостей), відбувається ефективна передача частки кінетичної енергії заряджених часток стрічкового електронного потоку 5 електромагнітному полю. Певна частка електромагнітної енергії, яка накопичується у просторі взаємодії клинотрона, виводиться через вихідний хвилевідний пристрій 10 та герметичне вікно 11 у навантаження. У зв'язку із тим, що глибина щілинних резонаторів гребінки виконана повільно змінною (фіг. 2) від  $h_1$  до  $h_2$ , де  $h = c/4f$ ,  $h_2 = c/4f_2$ ,  $f_1 > f_2$ ,  $f_1$  та  $f_2$  - кінцеві точки інтервалу зміни робочої частоти,  $c$  - швидкість світла у вакуумі, при електричній перебудові частоти вихідного сигналу за рахунок зміни величини прискорювальної робочої напруги інтенсивність електромагнітних коливань на частотах в інтервалі  $\Delta f = f_1 - f_2$  перебудови робочої частоти змінюється не суттєво. Це обумовлено тим, що друга широка стінка 3 хвилеводу виконана паралельною робочій поверхні гребінки, відстань  $\Delta_1$  від бокової сторони гребінки із глибиною щілинних резонаторів  $h_1$  до суміжної із нею вузької стінки хвилеводу становить величину  $\Delta_1 = h_1$ , а відстань  $\Delta_2$  від бокової сторони гребінки із глибиною щілинних резонаторів  $h_2$  до суміжної із нею вузької стінки хвилеводу становить величину  $h_1 < \Delta_2 \leq h_2$ , при цьому дно канавок шириною  $\Delta_1$  та  $\Delta_2$  виконано паралельним робочій поверхні гребінки. Завдяки такому виконанню конструкції та розташуванню запропонованої уповільнювальної періодичної структури - гребінки у прямокутному хвилеводі формується адекватна дисперсійна характеристика електродинамічної системи та адекватний фазовий зсув робочої хвилі на період гребінки, внаслідок чого при перебудові частоти вихідного сигналу генератора за рахунок змінення робочої напруги, формується його амплітудно-частотна характеристика без суттєвих перепадів [фіг. 3, залежність (В)].

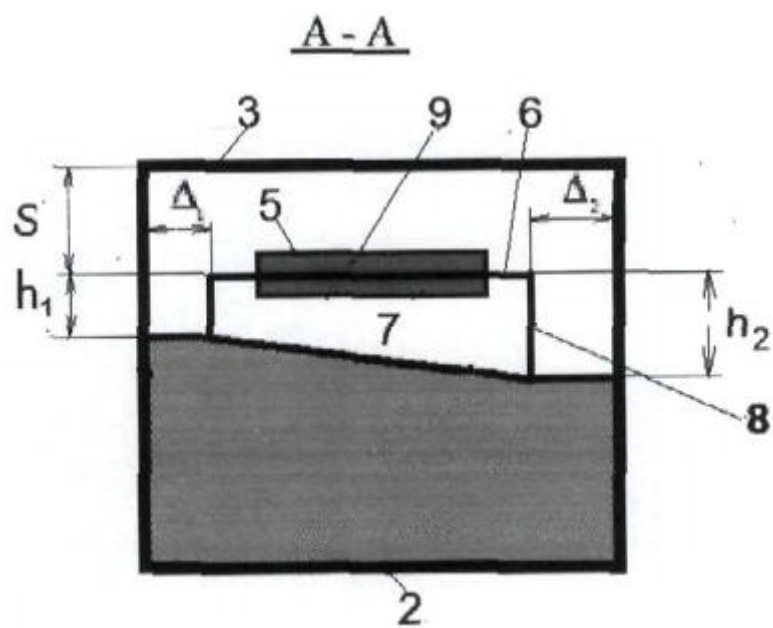
Створений у відповідності до формули винаходу клинотрон забезпечує суттєве зменшення глибини перепадів амплітудно-частотної характеристики генератора [фіг. 3, залежність (В)] у смузі електричної (шляхом змінювання величини робочої напруги) перебудови частоти його вихідного сигналу при скороченні довжини робочої хвилі і, таким чином, збільшення потужності електромагнітного випромінювання.

#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

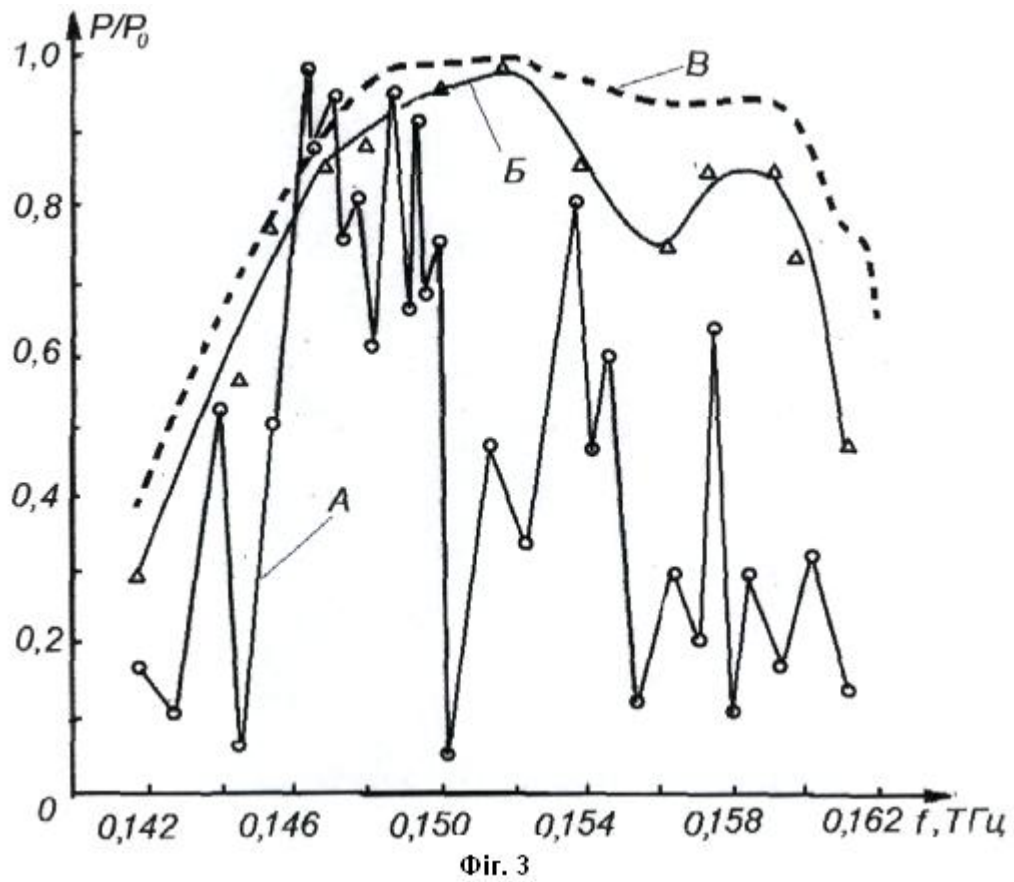
Клинотрон, який складається з вакуумно-щільного корпусу, електронно-оптичної системи для формування стрічкового електронного потоку, плоскої періодичної сповільнювальної структури - гребінки у вигляді розташованої на широкій стінці хвилеводу, яка має форму паралелограма із поперечним перерізом  $axb$ , де  $a$  - розмір сторони широкої стінки,  $b$  - розмір сторони вузької стінки, поперемінної послідовності прямокутних щілинних резонаторів та прямокутних ламелів, глибина щілинних резонаторів гребінки виконана повільно змінною від  $h_1$  до  $h_2$ , де  $h_1 = c/4f_1$ ,  $h_2 = c/4f_2$ ,  $f_1 > f_2$ ,  $f_1$  та  $f_2$  - кінцеві точки інтервалу зміни робочої частоти,  $c$  - швидкість світла у вакуумі, площа широкої стінки хвилеводу, яка протилежна робочій поверхні гребінки, виконана паралельною площині дна щілинних резонаторів періодичної структури гребінки, при цьому робоча поверхня гребінки встановлена під гострим кутом  $\alpha$  до осі параксiального стрічкового електронного потоку, вихідного хвилевідного пристрою для виведення високочастотної енергії із простору взаємодії у навантаження, розташованого біля електронно-оптичної системи, який відрізняється тим, що відстань від бокової сторони гребінки із глибиною щілинних резонаторів  $h_1$  до суміжної із нею вузької стінки хвилеводу становить  $\Delta_1 \leq h_1$ , а від бокової сторони гребінки із глибиною щілинних резонаторів  $h_2$  до суміжної із нею вузької стінки хвилеводу становить  $h_1 < \Delta_2 \leq h_2$ , при цьому днища канавок, які мають ширину відповідно  $\Delta_1$  та  $\Delta_2$ , виконані паралельними робочій поверхні гребінки.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фіг. 3  
 А - Амплітудно-частотна характеристика клинотрона Лєвша;  
 Б - Амплітудно-частотна характеристика  
 В - Амплітудно-частотна характеристика клинотрона Єрьомки.

Комп'ютерна верстка Д. Шеверун

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

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