



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 5380

(13) U

(51) 7 H03B7/14

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

(54) ГЕНЕРАТОР НВЧ

1

2

(21) 20040403119

(22) 27.04.2004

(24) 15.03.2005

(46) 15.03.2005, Бюл. № 3, 2005 р.

(72) Архипов Олександр Васильович, Білоус Олег  
Ігорович, Кузьмичов Ігор Костянтинович(73) ІНСТИТУТ РАДІОФІЗИКИ ТА ЕЛЕКТРОНІКИ  
ІМ. О. Я. УСИКОВА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ  
НАУК УКРАЇНИ(57) 1. Генератор НВЧ, що містить два дзеркала,  
на одному з яких розташований елемент зв'язки  
для виводу НВЧ потужності, а в центрі другого  
виконаний коаксіальний хвилевід, між централь-  
ним провідником якого і поршнем установлений  
напівпровідниковий діод, який відрізняється тим,  
що коаксіальний хвилевід виконаний надрозмір-  
ним.2. Генератор НВЧ за п.1, який відрізняється тим,  
що внутрішній і зовнішній діаметри коаксіального  
хвилеводу відповідно дорівнюють
$$d = (0,926 + 0,656)w_0, D = (3,6 + 5,8)d$$
, де  $w_0$  - раді-  
ус плями поля коливання  $TEM_{00q}$  ( $q$  - число пів-  
хвиль вздовж осі резонатора), а довжина центра-  
льного провідника такого хвилеводу дорівнює  
 $(2n+1)\lambda/4$ , де  $\lambda$  - робоча довжина хвилі,  
 $n = 0, 1, \dots$ 3. Генератор НВЧ за п.2, який відрізняється тим,  
що між центральним провідником коаксіального  
хвилеводу і поршнем встановлено декілька напів-  
провідникових діодів.

Корисна модель відноситься до електроніки  
НВЧ, а саме, до твердотільних генераторів міліме-  
трового і субміліметрового діапазонів довжин  
хвиль і може бути використаний в радіотехнічних  
системах, у яких необхідні високостабільні мало-  
габаритні джерела коливань малої і середньої  
потужності.

До цього часу відомий і досліджений цілий ряд  
конструкцій твердотільних генераторів на основі  
відкритих резонаторів і показана перспективність  
пристроїв такого типу в міліметровому і субміліме-  
тровому діапазонах [Фисун А.И., Белоус О.И. Ква-  
зиоптические твердотельные источники излуче-  
ния: принцип построения, тенденции развития и  
перспективы приложения // Зарубежная радиоэле-  
ктроника. Успехи современной радиоэлектроники.  
1999. №4, с.41-64]. Генератори з квазіоптичними  
резонансними системами містять: активні елемен-  
ти (діоди Ганна, ЛПД і ін.); пристрої узгодження  
активних елементів з коливальною системою і  
саму резонансну систему - відкритий резонатор. З  
технологічних міркувань у генераторах такого типу  
найчастіше в якості відкритої електродинамічної  
системи використовується напівсферичний відкри-  
тий резонатор [Коцержинский Б.А., Мачусский  
Е.А., Першин Н.А., Тараненко В.П. Твердотельные

генераторы с квазиоптическими резонансными  
системами // Изв. вузов. Радиоэлектроника. 1987.  
Т.30, №10, с.14].

Підвищення потужності і якості спектральних  
характеристик вихідного сигналу - це далеко не  
повний перелік задач, який необхідно вирішувати  
при розробці твердотільних джерел коливань. У  
той же час правильний вибір відкритої електроди-  
намічної системи, що має розріджений спектр ко-  
ливань і містить пристрій узгодження активного  
елемента з резонатором і при цьому має високу  
власну добротність ( $10^4$ - $10^5$ ), є запорукою успішно-  
го вирішення всіх перерахованих вище задач. То-  
му в даний час найбільше поширення одержали  
конструкції генераторів, у яких активний елемент  
винесений з об'єму резонатора, що саме і є одним  
зі шляхів підвищення добротності коливальної  
системи.

Відомий генератор електромагнітних коливань  
[Авторское свидетельство СССР №1568206, МКИ<sup>5</sup>  
H03B7/14, 1990], що містить відкритий резонатор,  
утворений сферичним дзеркалом із хвилеводом  
для виводу енергії і плоским дзеркалом, на повер-  
хні якого виконані прямокутні канавки, паралельні  
одна одній. У кожен канавку введений брусок пря-  
мокутного перетину, що встановлений із зазором

(19) UA (11) 5380 (13) U

щодо її стінок, а його верхня грань розташована в площині дзеркала. При цьому нижня грань бруска і дно канавки утворюють ряд плоскопаралельних хвильоводів, у кожному з яких встановлений напівпровідниковий діод. За рахунок зміни ширини плоскопаралельних хвильоводів забезпечується узгодження з напівпровідниковими діодами. Додаткове узгодження можна одержати шляхом плавного переміщення напівпровідникових діодів усередині плоскопаралельних хвильоводів за рахунок зсуву основи. За допомогою такого генератора передбачається розширити робочий діапазон частот, підвищити рівень вихідної потужності і збільшити селекцію електромагнітних коливань. Поряд з відзначеними позитивними якостями дане технічне рішення не позбавлене істотних недоліків. Таке складне плоске дзеркало резонатора знижує його добротність, оскільки кожна канавка з брусом є джерелом додаткових омичних і дифракційних втрат у коливальній системі. Це, у свою чергу, приведе до погіршення основних вихідних характеристик генератора (рівень вихідної потужності, стабільність частоти). З іншого боку, в електродинамічній системі такого генератора будуть збуджуватися тільки коливання з великими поперечними індексами  $TEM_{m0q}$  ( $m \geq 5$ ,  $q$  - число напівхвиль, що вкладаються між дзеркалами відкритого резонатора). Це зв'язано з особливостями розташування плоскопаралельних хвильоводів з напівпровідниковими діодами на плоскому дзеркалі резонатора такого генератора. А оскільки коливання з великими поперечними індексами займають більший об'єм, то для зменшення дифракційних втрат необхідно збільшувати апертури дзеркал відкритого резонатора в такому генераторі. Тому такий генератор буде мати великі геометричні розміри без істотного виграшу в стабільності частоти і величині вихідної потужності, у порівнянні з генератором, у резонансній системі якого будуть збуджуватися коливання з малими поперечними індексами ( $m=0,1$ ). І, нарешті, ефективність збудження

$TEM_{m0q}$  у резонансній системі генератора за допомогою відкритих кінців плоскопаралельних хвильоводів буде невисока. Таке збудження аналогічне збудженню коливань у відкритому резонаторі за допомогою щільного елемента зв'язку. При цьому крім втрат потужності на випромінювання у вільний простір неузгоджене збудження відкритого резонатора приведе до збудження інших вищих типів коливань, що істотно обмежить діапазон перебудови такого генератора через взаємодію коливань.

Найбільш близьким по технічному рішенню аналогом (прототипом) є генератор електромагнітних коливань, утворений двома металевими дзеркалами, на одному з яких розташований елемент зв'язку для виводу НВЧ потужності, а в центрі іншого дзеркала виконаний коаксіальний хвильовід, між центральним провідником якого і поршнем установлений напівпровідниковий діод [(Коцержинский Б.А., Перший Н.А. Экспериментальное исследование ГЛПД с возбуждением открытого резонатора вибратором // Изв. вузов. Радиоэлектроника. 1985. Т.28, №10, с.83-85]. Для узгодження активного елемента з відкритим резонатором використовується петля зв'язку, що являє

собой резонансний лінійний випромінювач, розташований над провідною поверхнею плоского дзеркала резонатора в його центрі. Випромінювач є продовженням центрального провідника коаксіального хвильоводу і його довжина кратна  $\lambda/2$ . Поверхня дзеркала і петля зв'язку використовуються для підведення струму, що дозволяє позбутися від складних і трудомістких робіт з виготовлення фільтрів у ланцюзі живлення. Але це вимагає застосування металоплівкового дзеркала, робоча поверхня якого відділена від основи за допомогою сплюдженої пластини. У той же час резонансний лінійний випромінювач ефективний на вищих гармоніках, що особливо цінно при розробці генераторів гармонік і помножувачів частоти на відкритому резонаторі. Поряд з відзначеними достоїнствами, дана конструкція генератора не позбавлена недоліків. Діаграма спрямованості такої петлі зв'язку ширше кутового розміру протилежного дзеркала відкритого резонатора в силу малості її геометричних розмірів (порядку  $\lambda/2$ ) і тому частина потужності, що генерується напівпровідниковим діодом, випромінюється в зовнішній простір. А та частина потужності, що перехоплюється другим дзеркалом резонатора, йде на збудження, як робочого коливання, так і вищих типів коливань, деякі з яких можуть взаємодіяти з робочим. Крім цього в резонансній системі такого генератора існують додаткові втрати, обумовлені розсіюванням потужності на лінійному випромінювачі. Усі ці фактори приводять до зниження вихідної потужності і коефіцієнта корисної дії генератора. При цьому наявність таких втрат потужності викликає зниження добротності резонансної системи, що позначається на стабільності коливань такого генератора.

В основу корисної моделі поставлена задача: у генераторі НВЧ шляхом більш ефективного збудження робочого коливання в резонансній системі забезпечити збільшення вихідної потужності і підвищення стабільності частоти генератора.

Поставлена задача вирішується таким чином: у генераторі НВЧ, що містить два дзеркала, на одному з яких розташований елемент зв'язку для виводу НВЧ потужності, у центрі другого дзеркала виконаний коаксіальний хвильовід, між центральним провідником якого і поршнем установлений напівпровідниковий діод. При виборі діаметрів внутрішнього і зовнішнього провідників коаксіального хвильоводу відповідно рівними  $d=(0,926-0,656)W_0$ ,  $D=(3,6-5,8)d$ , ефективність збудження робочого коливання в резонансній системі генератора НВЧ буде максимальною. Тут  $W_0$  - радіус плями поля нижчого коливання відкритого резонатора  $TEM_{00q}$  на тому дзеркалі резонатора, на якому виконаний цей хвильовід. При цьому довжина центрального провідника такого коаксіального хвильоводу, під яким установлюється напівпровідниковий діод, вибирається рівною  $(2n+1)\lambda/4$ , де  $\lambda$  - робоча довжина хвилі,  $n=0,1,\dots$ . Шляхом зміни величини зазору, у якому встановлений напівпровідниковий діод, здійснюється узгодження з резонатором, що дозволяє підвищити вихідну потужність генератора. З іншого боку, винос активного елемента з об'єму відкритого резонатора і вибір діаметрів внутрішнього і зовнішнього провідників коаксіального хвильоводу з умови одержання

максимальної ефективності збудження коливання  $TEM_{01q}$  [Миказлян А.Л., ТерМикаелян М.Л., Турков Ю.Г. Оптические генераторы на твердом теле. - М.: Сов. радио, 1967. - С.125.] за допомогою хвильоводної хвилі TEM, дозволяють підвищити власну добротність резонансної системи і, отже, стабільність коливань. У такому надрозмірному коаксіальному хвильоводі буде існувати тільки хвиля TEM, оскільки тільки ця хвиля буде збуджувати у відкритому резонаторі коливання  $TEM_{01q}$  з високою ефективністю, що, у свою чергу, з такою ж ефективністю буде підтримувати в коаксіальному хвильоводі тільки хвилю TEM. Крім цього, необхідно підкреслити, що оскільки діаметр внутрішнього провідника надрозмірного коаксіального хвильоводу (як і зовнішнього) цілком визначається  $wq$ , то його діаметр може складати  $(2-3)\lambda$ , що дозволяє розмістити замість одного діода в центрі не менше двох - чотирьох активних елементів по колу. Це, у свою чергу, приведе до збільшення вихідної потужності. Настроювання системи в режим генерації здійснюються за допомогою дзеркала відкритого резонатора, на якому розташований елемент зв'язку.

Сутність корисної моделі пояснюють ілюстрації:

на Фіг.1 показаний генератор НВЧ;

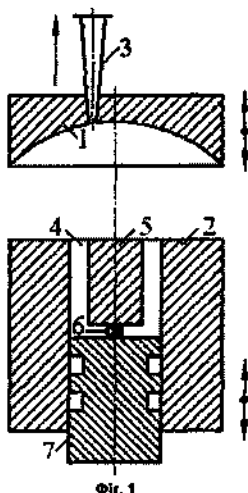
на Фіг.2 показані теоретичні залежності максимальної ефективності збудження  $\eta_{\max}$  коливання  $TEM_{01q}$  за допомогою хвилі TEM коаксіального хвильоводу (крива 1) і параметра  $k_{\text{opt}} = d/2w_0$  у залежності від величини  $\chi = D/d$ .

Генератор НВЧ, що заявляється, утворений двома металевими дзеркалами 1 і 2, на одному з яких розташований елемент зв'язку 3, призначений для виводу НВЧ потужності. У центрі дзеркала 2 виконаний надрозмірний коаксіальний хвильовід

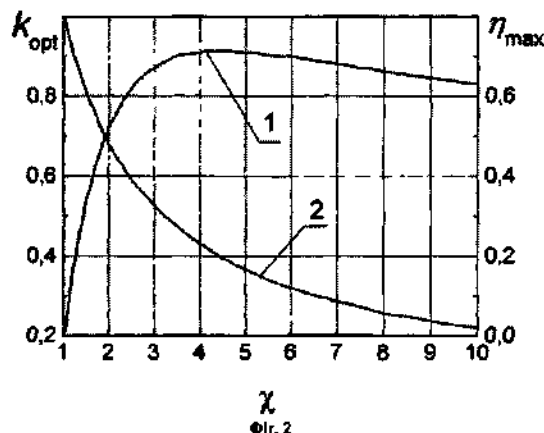
4, між центральним провідником 5 якого і поршнем 7 встановлений напівпровідниковий діод 6. Діаметри внутрішнього і зовнішнього провідників коаксіального хвильоводу вибираються з виразів  $d=(0,926-0,656)w_0$ ,  $D=(3,6-5,8)d$  за п.1, коли в резонансній системі генератора за допомогою хвилі TEM збуджується коливання  $TEM_{01q}$  з ефективністю не менше 70%.

Пропонований генератор працює таким чином: при подачі напруги живлення на напівпровідниковий діод 6 через центральний провідник 5 надрозмірної коаксіальної лінії і поршень 7 у хвильоводі 4 збуджується хвиля TEM, що, у свою чергу, збуджує у відкритому резонаторі коливання  $TEM_{01q}$  з ефективністю не гірше 70 %. За рахунок зміни величини зазору між центральним провідником коаксіального хвильоводу 5 і поршнем 7 здійснюється узгодження низькоомного напівпровідникового діода 6 з високоомним відкритим резонатором, утвореним дзеркалами 1 і 2. Через елемент зв'язку 3 НВЧ потужність виводиться з генератора.

Був виготовлений експериментальний зразок пропонованого генератора НВЧ. Відкритий резонатор утворений плоским і сферичним дзеркалами діаметром 80мм, радіус кривизни сферичного дзеркала дорівнює 120мм. У центрі плоского дзеркала виконаний надрозмірний коаксіальний хвильовід, діаметри внутрішнього і зовнішнього провідників якого відповідно дорівнюють 10мм і 44мм. Між внутрішнім провідником коаксіального хвильоводу, довжина якого дорівнює 14мм, і поршнем встановлений напівпровідниковий діод (ЛПД). Була отримана генерація на частоті  $f=36,58\text{ГГц}$ . При цьому рівень вихідної потужності складає 120мВт. Робочий тип коливання резонансної системи генератора  $TEM_{0117}$ .



Фіг. 1



Фіг. 2

