

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 22050

(13) С1

(46) 2018.08.30

(51) МПК

H 01J 25/34 (2006.01)

(54)

ЛАМПА БЕГУЩЕЙ ВОЛНЫ

(21) Номер заявки: а 20160112

(22) 2016.03.31

(43) 2017.12.30

(71) Заявитель: Учреждение образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники (ВУ)

(72) Авторы: Кураев Александр Александрович; Матвеевко Владимир Владимирович; Рак Алексей Олегович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники (ВУ)

(56) АКСЕНЧИК А. В. Доклады БГУИР. - 2013. - № 5. - С. 48-53.

ВУ 15524 С1, 2012.

RU 67774 U1, 2007.

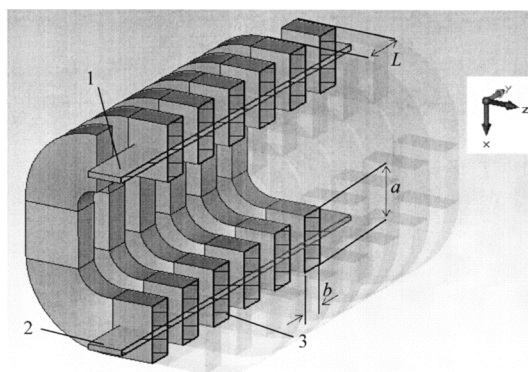
RU 2334300 С1, 2008.

RU 127247 U1, 2013.

US 4682076 А, 1987.

(57)

Лампа бегущей волны с электронно-оптической системой для формирования двух ленточных электронных потоков, электродинамической системой, фокусирующей магнитной системой, коллектором электронов и выводом излучения, причем электродинамическая система содержит изогнутый в виде цилиндрической спирали прямоугольный волновод с основной модой H_{10} и заданной рабочей длиной волны $\lambda_{в}$, а электронно-оптическая система выполнена с возможностью формирования двух электронных потоков с шириной, значительно превосходящей $\lambda_{в}$ и равной $n\lambda_{в}/2$, где n - целое число, и пропускания их соответственно через верхние и нижние секции указанной спирали.



Фиг. 1

Изобретение относится к радиотехнике и электронике крайне высоких частот и может быть использовано в радарх с высоким разрешением, быстродействующих системах телекоммуникаций, радиоастрономии и дистанционном зондировании Земли, в системах

активного радиовидения, медицинских системах радиометрической диагностики, экологических системах обнаружения химических и биологических реагентов.

Известен наиболее близкий аналог [1] - многолучевая лампа обратной волны, содержащая электронно-оптическую систему, включающую n электронных пушек для формирования n идентичных электронных лучей, электродинамическую систему с волнообразно изогнутым волноводом и трубками дрейфа, фокусирующую магнитную систему, коллектор электронов, вывод излучения.

Задача изобретения - значительно улучшить выходные характеристики ламп бегущей волны О-типа, существенно повысив ток электронной оптики.

Поставленная задача достигается тем, что новая конструкция лампы бегущей волны с двумя широкими ленточными электронными потоками в качестве электродинамической структуры использует спирально изогнутый прямоугольный волновод на основной моде H_{10} . И в отличие от существующих конструкций ламп бегущей волны О-типа на волнообразно изогнутом волноводе [1-5] предложенная лампа бегущей волны имеет два преимущества: 1) ленточный электронный поток может иметь ширину $l \gg \lambda_b$ (λ_b - длина волны в волноводе), в то время как в лампе бегущей волны О-типа на волнообразно изогнутом волноводе $\lambda_b \ll l$ из-за встречного направления распространения волны в смежных секциях волновода; благодаря этому открывается возможность существенно повысить ток электронной оптики и, соответственно, значительно улучшить выходные характеристики лампы бегущей волны О-типа; 2) при $l = m \cdot \lambda_b / 2$ (m - целое число) электронные лучи возбуждают только прямую волну, обратная волна отсутствует, что предотвращает самовозбуждение лампы бегущей волны, в отличие от лампы бегущей волны О-типа на волнообразно изогнутых волноводах, где узкий электронный поток одинаково возбуждает и прямую, и обратную волны. Перечень фигур.

Фиг. 1 - общий вид заявляемого устройства в разрезе.

Фиг. 2 - вид сверху заявляемого устройства.

На фиг 1, 2 ленточные электронные пучки (1, 2), проходящие через неизлучающие щели (3) в стенках спирально изогнутого прямоугольного волновода в максимуме электрической напряженности волны E_y . Направление векторов расчетной прямоугольной системы координат относительно стенок волновода в области взаимодействия и размеры волновода указаны на фиг. 1, 2. Рабочая мода волновода - H_{10} . Направление распространения волны во всех верхних секциях электродинамической структуры в областях взаимодействия пучка 1 - слева направо с фазовой скоростью $v_\phi = \frac{c}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{2a}\right)^2}}$ (c - скорость света

в пустоте; λ - длина волны в свободном пространстве; a, b - высота и ширина волновода). Направление распространения волны во всех нижних секциях волновода в областях взаимодействия пучка 2 - справа налево с той же фазовой скоростью v_ϕ . Ширина ленточного

пучка 1 и пучка 2 $l_{1,2} = m \lambda_b / 2$, $\lambda_b = \frac{\lambda}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{2a}\right)^2}}$, m - целое число, L - расстояние между

центрами смежных секций волновода.

1. Модуляция по скорости электронов в зазорах секций волновода. Как в первом, так и во втором ленточном пучке модуляция скорости электронов развивается вдоль ширины пучка 1 с фазовой скоростью v_ϕ , равной фазовой скорости распространения волны H_{10} в волноводе при коэффициенте взаимодействия $M = \sin(\theta_0/2)/(\theta_0/2)$, где $\theta_0 = \omega b/v_0$, v_0 - скорость электронов, ω - рабочая частота. Если волновод ребристый, то b следует заменить на d - зазор между ребрами.

2. Возбуждение электромагнитных волн в секциях волновода. Механизм каскадного группирования электронов в областях дрейфа между секциями подробно описан и рассчитан в [2], поэтому мы сразу примем (в одномерном приближении), что к зазору n-й секции волновода подходит сгруппированный поток с плотностью тока на первой гармонике ω :

$$\dot{\delta}_y^n = \dot{\delta}_m^n e^{j(\omega t - hz)}, \quad (1)$$

где $h = \omega/v_\Phi$, z - координата вдоль ширины зазора l .

Форма (1) отвечает фазовой скорости v_Φ распределения по z модуляции пучка в предыдущих зазорах. Предполагается также, что длина витка волновода равна целому числу λ_b , а скорость электронов v_0 отвечает условию синхронизма:

$$L\omega/v_0 = 2\pi n, \quad n = 1, 2, 3 \dots$$

Воспользуемся теперь уравнениями возбуждения регулярного волновода поперечным электронным током [6];

$$\dot{\vec{E}} = \dot{C}_s \dot{\vec{E}}_s + \dot{C}_{-s} \dot{\vec{E}}_{-s}, \quad \dot{\vec{H}} = \dot{C}_s \dot{\vec{H}}_s + \dot{C}_{-s} \dot{\vec{H}}_{-s}, \quad (2)$$

$$\frac{d\dot{C}_s}{dz} = \frac{1}{N_s} \int_0^b \dot{\delta}_y^n E_{-sy} dy, \quad (3)$$

$$\frac{d\dot{C}_{-s}}{dz} = -\frac{1}{N_s} \int_0^b \dot{\delta}_y^n E_{sy} dy, \quad (4)$$

$$\dot{E}_{-sy} = \dot{E}_y e^{+jhz}, \quad \dot{E}_{sy} = \dot{E}_y e^{-jhz} \quad h = 2\pi/\lambda_b,$$

$$N_s = \int_0^a \int_0^b \left\{ \dot{\vec{E}}_s, \dot{\vec{H}}_{-s} \right\} - \left[\dot{\vec{E}}_{-s}, \dot{\vec{H}}_s \right] \bar{z}_0 dx dy.$$

Подставляя (1) в (3) и (4), имеем ($E_y = \text{const}$):

$$\frac{d\dot{C}_s}{dz} = b \frac{\delta_m e^{j\omega t}}{N_s} M E_y. \quad (5)$$

$$\frac{d\dot{C}_{-s}}{dz} = -b \frac{\delta_m e^{j\omega t}}{N_s} M E_y e^{-j2hz}. \quad (6)$$

Пусть ширина пучка по z равна l . Тогда приращение \dot{C}_s и \dot{C}_{-s} в n-м зазоре составляет

$$\Delta \dot{C}_s^n = lb \frac{\delta_m e^{j\omega t}}{N_s} M E_y. \quad (7)$$

$$\Delta \dot{C}_{-s}^n = -jb \frac{\delta_m e^{j\omega t}}{2hN_s} M E_y (e^{-j2hl} - 1). \quad (8)$$

Из (8) следует, что при $2hl = 2\pi m$ $\Delta \dot{C}_{-s}^n = 0$. Таким образом, при $l = \pi m/h = m\lambda_b/2$ обратная волна не будет возбуждаться потоком, промодулированным прямой волной.

Таким образом, в заявленном устройстве подтверждены два существенных преимущества лампы бегущей волны на спирально изогнутом прямоугольном волноводе по сравнению с лампой обратной волны на волнообразно изогнутом волноводе [1]: возможность использования широких ленточных электронных пучков со значительно большей величиной тока, чем в игольчатых пучках; повышенная устойчивость лампы бегущей волны к самовозбуждению, т.к. при ширине ленточного пучка $l = m\lambda_b/2$ имеет место одностороннее возбуждение только прямой волны, а обратная волна не возбуждается.

Источники информации:

1. Аксенчик А.В. Доклады БГУИР. - 2013. - № 5. - С. 48-53.

BY 22050 C1 2018.08.30

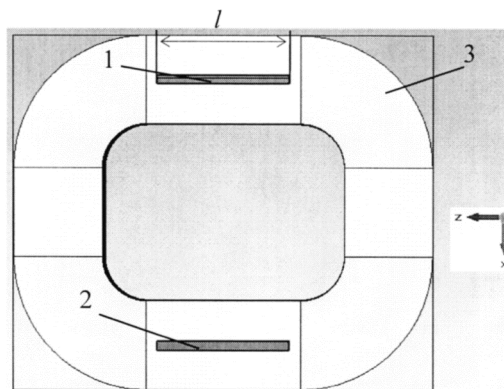
2. Aksenychuk A.V., Kurayev A.A., Kirinovich I.F. Millimeter and Submillimeter O-type Amplifiers and Oscillators. The Theory and optimization. Germany: Palmarium Academic Publishing, 2014. - 154 p.

3. Tucek John C. et al. 220 GHz Power Amplifier Development at Norton Grumman // 12-th IEEE International Vacuum Electronics Conference (IVEC). - Monterey, USA, 2012. - P. 553-554.

4. Kory G. et al. Overview of W-Band Travelling Wave Tube Programs. - IVEC-2006, 2006. - P. 447-448.

5. Huarong Gong et al. High Power Ka-band Folded Waveguide Travelling-Wave Tube. - IVEC-2010, 2010. - P. 499-500.

6. Kurayev A.A., Popkova T.L., Sinitsyn A.K. Electrodynamics and Electromagnetics Wave Propagation. - Moscow: INFRA-M, 2013. - 424 p.



Фиг. 2