



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

*H03B 19/00 (2021.05); H01L 43/12 (2021.05); G11B 5/31 (2021.05); G01R 33/20 (2021.05)*

(21)(22) Заявка: 2021108061, 26.03.2021

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
26.03.2021Дата регистрации:  
06.10.2021

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 26.03.2021

(45) Опубликовано: 06.10.2021 Бюл. № 28

Адрес для переписки:

660036, г. Красноярск, Академгородок, 50,  
МАСТЕПАКО ЕЛЕНА ГЕННАДЬЕВНА

(72) Автор(ы):

Беляев Борис Афанасьевич (RU),  
Лексиков Александр Александрович (RU),  
Лексиков Андрей Александрович (RU),  
Говорун Илья Валериевич (RU),  
Афонин Алексей Олегович (RU),  
Угрюмов Андрей Витальевич (RU),  
Соловьев Платон Николаевич (RU),  
Боев Никита Михайлович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
научное учреждение "Федеральный  
исследовательский центр "Красноярский  
научный центр Сибирского отделения  
Российской академии наук" (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2734448 C1, 16.10.2020. RU  
2108656 C1, 10.04.1998. RU 2628993 C1,  
23.08.2017. RU 169928 U1, 06.04.2017. SU 1218439  
A1, 15.03.1986. SU 1840058 A1, 27.07.2006. US  
4386114 A1, 31.05.1983. US 5650670 A1,  
22.07.1997.

(54) Умножитель частоты на полосковом резонаторе с магнитной плёнкой

(57) Реферат:

Изобретение относится к технике сверхвысоких частот и предназначено для умножения частоты СВЧ сигналов в системах связи, радиолокации, радионавигации, различной измерительной и специальной радиоаппаратуре. Техническим результатом заявляемого изобретения является повышение коэффициента преобразования устройства и уменьшение размеров при сохранении радиационной стойкости. Умножитель частоты на полосковом резонаторе с магнитной пленкой содержит металлическое основание, служащее экраном, отрезки микрополосковых линий и тонкую магнитную пленку, нанесенную на подложку, причем полосковые проводники отрезков

микрополосковых и несимметричных полосковых линий образуют полуволновый нерегулярный резонатор в виде буквы «П», причем размеры всех его полосковых проводников подобраны таким образом, что резонансная частота второй моды колебаний резонатора ровно в два раза превышает резонансную частоту его первой моды колебаний  $f_1$ , а резонансная частота третьей моды колебаний не кратна частоте  $f_1$ , при этом тонкая магнитная пленка располагается между проводниками отрезков несимметричных воздушных полосковых линий и экраном резонатора, а выходной сигнал снимается в точке, где для входного сигнала располагается узел

напряжения. 4 ил.

R U 2 7 5 6 8 4 1 C 1

R U 2 7 5 6 8 4 1 C 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

*H03B 19/00 (2021.05); H01L 43/12 (2021.05); G11B 5/31 (2021.05); G01R 33/20 (2021.05)*

(21)(22) Application: **2021108061, 26.03.2021**

(24) Effective date for property rights:  
**26.03.2021**

Registration date:  
**06.10.2021**

Priority:

(22) Date of filing: **26.03.2021**

(45) Date of publication: **06.10.2021** Bull. № 28

Mail address:

**660036, g. Krasnoyarsk, Akademgorodok, 50,  
MASTEPAKO ELENA GENNADEVNA**

(72) Inventor(s):

**Beliaev Boris Afanasevich (RU),  
Leksikov Aleksandr Aleksandrovich (RU),  
Leksikov Andrei Aleksandrovich (RU),  
Govorun Iliia Valerievich (RU),  
Afonin Aleksei Olegovich (RU),  
Ugriumov Andrei Vitalevich (RU),  
Solovev Platon Nikolaevich (RU),  
Boev Nikita Mikhailovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe  
nauchnoe uchrezhdenie "Federalnyi  
issledovatel'skii tsentr "Krasnoiarskii nauchnyi  
tsentr Sibirskogo otdeleniia Rossiiskoi akademii  
nauk" (RU)**

(54) **MAGNETIC FILM STRIP RESONATOR FREQUENCY MULTIPLIER**

(57) Abstract:

FIELD: microwave technology.

SUBSTANCE: invention relates to microwave technology and is intended to multiply the frequency of microwave signals in communication systems, radar, radio navigation, various measuring and special radio equipment. The frequency multiplier on a strip resonator with a magnetic film contains a metal base serving as a screen, segments of microstrip lines and a thin magnetic film deposited on a substrate, and the strip conductors of the segments of microstrip and asymmetric strip lines form a half-wave irregular resonator in the form of the letter "P", wherein the dimensions of all its strip conductors are selected in such a way that the resonant frequency of the second

oscillation mode of the resonator is exactly twice the resonance frequency of its first oscillation mode  $f_1$ , and the resonance frequency of the third oscillation mode is not a multiple of the frequency  $f_1$ , while a thin magnetic film is located between the conductors of the segments single-ended overhead stripline lines and a resonator shield, and the output signal is picked up at the point where the voltage node is located for the input signal

EFFECT: increasing the conversion factor of the device and reducing the size while maintaining radiation resistance.

1 cl, 4 dwg

RU 2 756 841 C1

RU 2 756 841 C1

Изобретение относится к технике сверхвысоких частот и предназначено для умножения частоты СВЧ сигналов в системах связи, радиолокации, радионавигации, различной измерительной и специальной радиоаппаратуре.

Известен умножитель частоты гармонических колебаний [патент на полезную модель РФ №169928, опубл. 06.04.2017, бюл. №10], содержащий первый и второй биполярные транзисторы n-p-n-типа, катушку индуктивности, первый и второй конденсаторы, первый, второй и третий резисторы. Первый вывод первого резистора соединен с положительной шиной источника питания, второй вывод первого резистора, первый вывод второго резистора и второй вывод первого конденсатора соединены с базой первого транзистора, а первый вывод первого конденсатора служит узлом для подключения источника входного сигнала. Вторым выводом второго резистора соединен с общей шиной. Первый вывод третьего резистора, первый вывод катушки индуктивности и эмиттеры первого и второго транзисторов соединены между собой. Вторым выводом третьего резистора соединен с общей шиной. Коллекторы первого и второго транзисторов соединены с положительной шиной источника питания. Вторым выводом катушки индуктивности и первый вывод второго конденсатора соединены между собой, а узел их соединения является выходом устройства. Вторым выводом второго конденсатора соединен с общей шиной. База второго транзистора соединена с источником опорного напряжения.

Недостатком конструкции известного устройства является низкая радиационная стойкость, так как в качестве нелинейных элементов в нем используются полупроводниковые транзисторы.

Наиболее близким аналогом по совокупности существенных признаков является умножитель частоты [патент РФ № 2734448, опубл. 16.10.2020, бюл. №29], содержащий каскадно-соединенные входной и выходной микрополосковые фильтры, в которых выходной резонатор входного фильтра одновременно является входным резонатором выходного фильтра, его первая резонансная частота равна частоте входного сигнала, вторая резонансная частота выходного резонатора входного фильтра равна частоте выходного сигнала устройства, при этом резонансная частота выходного резонатора выходного фильтра также равна частоте выходного сигнала. В качестве нелинейного элемента в устройстве используется магнитная пленка, помещенная на полосковый проводник выходного резонатора входного фильтра. Устройство обладает повышенной радиационной стойкостью, так как в качестве нелинейного элемента в нем используется тонкая магнитная пленка.

Существенными недостатками конструкции прототипа являются большие габариты и низкий коэффициент преобразования (при частоте входного сигнала 1 ГГц и входной мощности 10 Вт коэффициент преобразования составляет всего 0.01%).

Техническим результатом заявляемого изобретения является повышение коэффициента преобразования устройства и уменьшение размеров при сохранении радиационной стойкости.

Указанный технический результат достигается тем, что в умножителе частоты на полосковом резонаторе с магнитной пленкой, содержащем металлическое основание, служащее экраном, отрезки микрополосковых линий и тонкую магнитную пленку, нанесенную на подложку, новым является то, что полосковые проводники отрезков микрополосковых и несимметричных полосковых линий образуют полуволновый нерегулярный резонатор в виде буквы «П», причем размеры всех его полосковых проводников подобраны таким образом, что резонансная частота второй моды колебаний резонатора ровно в два раза превышает резонансную частоту его первой

моды колебаний  $f_1$ , а резонансная частота третьей моды колебаний не кратна частоте  $f_1$ , при этом тонкая магнитная пленка располагается между проводниками отрезков несимметричных воздушных полосковых линий и экраном резонатора, а выходной сигнал снимается в точке, где для входного сигнала располагается узел напряжения.

Сопоставительный анализ с прототипом показывает, что заявляемое устройство отличается тем, что содержит всего один П-образный полуволновый резонатор.

Вторым существенным отличием заявляемого умножителя частоты является то, что размеры полосковых проводников полуволнового резонатора подобраны таким образом, что его резонансная частота второй моды колебаний ровно в два раза выше резонансной частоты первой моды колебаний  $f_1$ , а резонансная частота третьей моды колебаний не кратна  $f_1$ .

Третьим существенным отличием является то, что тонкая магнитная пленка помещается между проводниками отрезков несимметричных воздушных полосковых линий и экраном резонатора.

Четвертым существенным отличием является то, что выходной сигнал с резонатора снимается в точке, где для входного сигнала располагается узел напряжения.

Признаки, отличающие заявляемое техническое решение от прототипа, не выявлены в других технических решениях при изучении данной и смежной областей техники и, следовательно, обеспечивают заявляемому решению соответствие критерию «изобретательский уровень».

Таким образом, перечисленные выше отличительные от прототипа признаки позволяют сделать вывод о соответствии заявляемого технического решения критерию «новизна».

Изобретение поясняется чертежами: на фиг. 1 показана конструкция заявляемого умножителя частоты на полосковом резонаторе с магнитной пленкой; на фиг. 2 показано направление оси легкого намагничивания (ОЛН) анизотропной магнитной пленки, а также ориентации высокочастотного магнитного поля  $H_{СВЧ}$  и постоянного магнитного поля  $H_0$ ; на фиг. 3 приведена амплитудно-частотная характеристика умножителя частоты; на фиг. 4 приведена его передаточная характеристика.

Заявляемый умножитель частоты на полосковом резонаторе с магнитной пленкой содержит (фиг. 1) металлическое основание (1), на котором размещены две диэлектрические подложки (2). На верхней стороне диэлектрических подложек (2) нанесены полосковые проводники (3) и (4). Между диэлектрическими подложками (2) размещены полосковые проводники (5) и (6) отрезков несимметричных воздушных полосковых линий. Под ними располагается подложка (7), на которой осаждена магнитная пленка (МП), обладающая одноосной магнитной анизотропией. Таким образом, полосковые проводники (3), (4), (5) и (6) образуют П-образный полуволновый резонатор. К середине длиной части проводника (6), где находится пучность высокочастотного напряжения на резонансной частоте второй моды колебаний резонатора и узел высокочастотного напряжения для первой моды, подключен полосковый проводник отрезка микрополосковой линии (4). Его размеры подобраны таким образом, чтобы частота второй моды П-образного нерегулярного резонатора была равна удвоенной частоте его первой моды. Источник сигнала с частотой  $f_1$  подключается через емкость связи (8) к одному из полосковых проводников отрезков микрополосковых линий (3). Выходной сигнал на частоте  $2f_1$  снимается через емкость связи (9), подключенную к полосковому проводнику (4). На фиг. 2 показана подложка

(7) с магнитной пленкой, обладающей одноосной магнитной анизотропией в плоскости, наведенной постоянным магнитным полем, приложенным во время вакуумного осаждения пленки. Направление оси легкого намагничивания МП перпендикулярно направлению высокочастотного магнитного поля  $H_{СВЧ}$ . Постоянное подмагничивающее поле  $H_0$  ориентировано под углом  $\phi$  к направлению поля  $H_{СВЧ}$ .

Умножитель работает следующим образом. Сигнал с частотой  $f_1$  поступает через емкость связи (8) на полосковый проводник (3) и возбуждает в П-образном резонаторе, образованном полосковыми проводниками (3), (4), (5) и (6) электромагнитные колебания на частоте  $f_1$ , которые в свою очередь возбуждают в тонкой магнитной пленке, осажденной на подложке (7), вынужденные колебания магнитного момента, в спектре этих колебаний содержатся гармоники с частотами, кратными частоте  $f_1$ . Колебания магнитного момента создают переменный магнитный поток на частотах гармоник, который индуцирует СВЧ колебания в резонаторе на этих частотах. Наиболее интенсивно возбуждаются колебания на частоте  $2f_1$ , так как эта частота является резонансной для второй моды колебаний нерегулярного резонатора. В результате в резонаторе индуцируются электромагнитные колебания только на частотах  $f_1$  и  $2f_1$ . Выходной сигнал устройства снимается точно по центру резонатора, где находится пучность СВЧ напряжения для второй моды и узел СВЧ напряжения для первой моды, поэтому входная мощность на частоте  $f_1$  не поступает на выход умножителя частоты.

Для иллюстрации работоспособности заявляемого устройства был изготовлен макет умножителя частоты (фиг. 1). На металлическом основании (1) были размещены диэлектрические подложки (2) с относительной диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 80$  и толщиной 0.5 мм, размеры подложек - 11.8 мм  $\times$  3.8 мм. Размеры полосковых проводников (3) - 2.8 мм  $\times$  1.8 мм, ширина проводников (5) и (6) равна 1.0 мм, при этом расстояние между проводниками (5) равно 4 мм. Проводник (4), имеющий размеры 2.15 мм  $\times$  2.15 мм, соединен с серединой длинной части проводника (6). Однослойная магнитная пленка пермаллоя состава  $Ni_{80}Fe_{20}$  и толщиной 100 нм на стеклянной подложке (7) толщиной 0.5 мм располагается между проводниками (5), (6) и металлическим основанием (1). В качестве емкостей связи (8) и (9) используются конденсаторы емкостью по 0.5 пФ, что необходимо для обеспечения требуемой величины связи нерегулярного П-образного резонатора с внешними СВЧ линиями. Общие размеры устройства составили 11 мм  $\times$  12.6 мм (площадь конструкции прототипа в 1.9 раз больше - 11 мм  $\times$  24 мм). Подмагничивающее поле  $H_0 = 11.4$  было направлено (фиг. 2) под углом  $\phi = 25$ . На фиг. 3 приведена амплитудно-частотная характеристика умножителя. Видно, что резонансная частота второй моды колебаний умножителя ровно в два раза выше резонансной частоты первой моды колебаний  $f_1$ , а резонансная частота третьей моды колебаний не кратна  $f_1$ . На фиг. 4 приведена зависимость мощности выходного сигнала на частоте второй гармоники от мощности входного сигнала с частотой 1 ГГц. Выходная мощность на частоте 2 ГГц составила 3.98 мВт при входной мощности на частоте 1 ГГц, равной 2150 мВт, коэффициент преобразования умножителя частоты составил 0.18% (коэффициент преобразования конструкции прототипа в 18 раз меньше - 0.01%).

#### (57) Формула изобретения

Умножитель частоты на полосковом резонаторе с магнитной пленкой, содержащий металлическое основание, служащее экраном, отрезки микрополосковых линий и

тонкую магнитную пленку, нанесенную на подложку, отличающийся тем, что  
полосковые проводники отрезков микрополосковых и несимметричных полосковых  
линий образуют полуволновый нерегулярный резонатор в виде буквы «П», причем  
5 частота второй моды колебаний резонатора ровно в два раза превышает резонансную  
частоту его первой моды колебаний  $f_1$ , а резонансная частота третьей моды колебаний  
не кратна частоте  $f_1$ , при этом тонкая магнитная пленка располагается между  
проводниками отрезков несимметричных воздушных полосковых линий и экраном  
10 резонатора, а выходной сигнал снимается в точке, где для входного сигнала  
располагается узел напряжения.

15

20

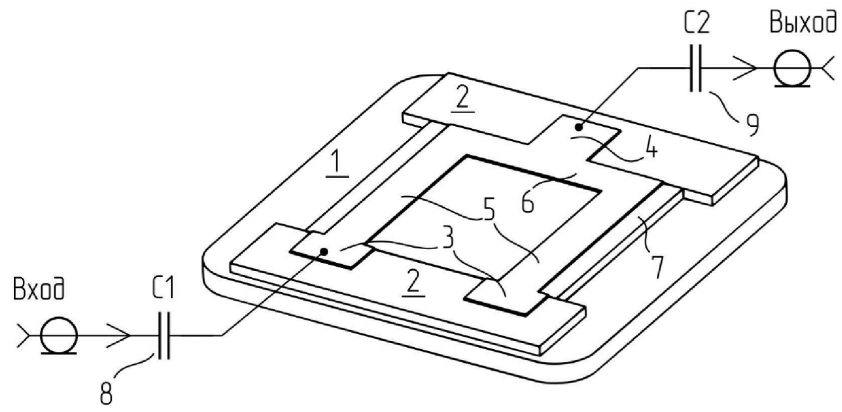
25

30

35

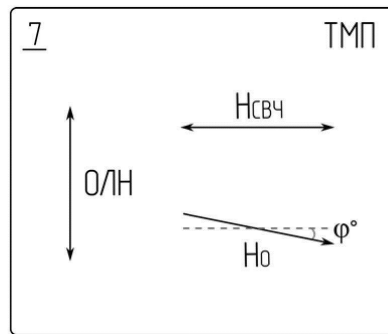
40

45



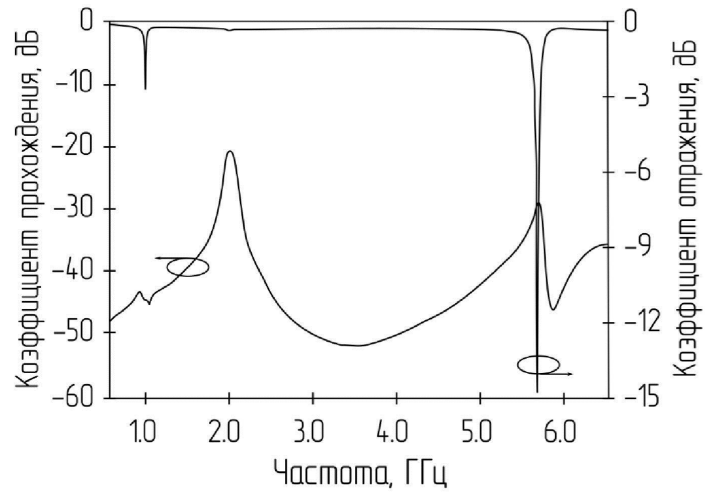
Фиг. 1





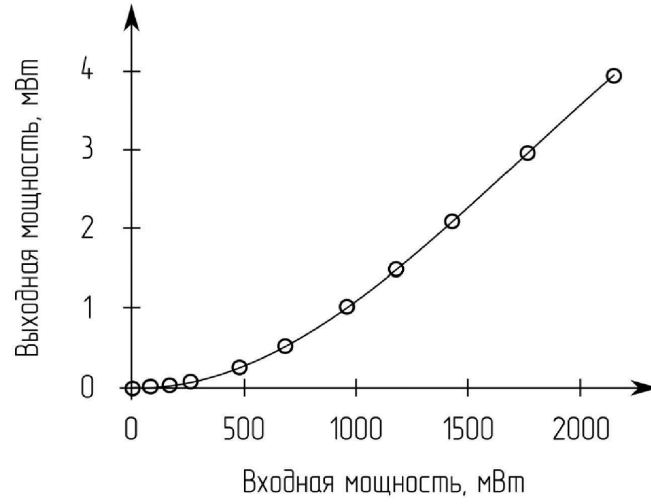
*Фиг. 2*

3/4



Фиг. 3

4/4



Фиг. 4