



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

H03B 19/00 (2021.08); H01L 43/12 (2021.08); G11B 5/31 (2021.08); G01R 33/20 (2021.08)

(21)(22) Заявка: 2021108284, 29.03.2021

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
29.03.2021Дата регистрации:
29.10.2021

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 29.03.2021

(45) Опубликовано: 29.10.2021 Бюл. № 31

Адрес для переписки:

660036, Красноярский край, г. Красноярск, ул.
Академгородок, 50, КНЦ СО РАН, Отдел
патентной и изобретательской работы

(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 тонкой магнитной пленке

(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 изобретения является повышение коэффициента преобразования устройства при сохранении радиационной стойкости. Умножитель частоты на тонкой магнитной пленке содержит заземленный с одного края нерегулярный четвертьволновый

резонатор. Размеры проводников резонатора подобраны таким образом, что резонансная частота его второй моды колебаний ровно в два раза превышает резонансную частоту первой моды колебаний, а резонансная частота третьей моды не кратна резонансной частоте первой моды колебаний. Тонкая магнитная пленка помещается между полосковыми проводниками резонатора и заземленным основанием вблизи короткозамкнутой части резонатора. 4 ил.

RU 2 758 540 C1

RU 2 758 540 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

H03B 19/00 (2021.08); H01L 43/12 (2021.08); G11B 5/31 (2021.08); G01R 33/20 (2021.08)(21)(22) Application: **2021108284, 29.03.2021**(24) Effective date for property rights:
29.03.2021Registration date:
29.10.2021

Priority:

(22) Date of filing: **29.03.2021**(45) Date of publication: **29.10.2021** Bull. № 31

Mail address:

**660036, Krasnoyarskij kraj, g. Krasnoyarsk, ul.
Akademgorodok, 50, KNTS SO RAN, Otdel
patentnoj i izobretatelskoj raboty**

(72) Inventor(s):

**Beliaev Boris Afanasevich (RU),
Leksikov Aleksandr Aleksandrovich (RU),
Leksikov Andrei Aleksandrovich (RU),
Govorun Ilia 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) **FREQUENCY MULTIPLIER ON A THIN MAGNETIC FILM**

(57) Abstract:

FIELD: ultra-high frequencies equipment.

SUBSTANCE: invention relates to the ultra-high frequencies equipment of and is intended for multiplying the frequency of microwave signals in communication, radar, radio navigation, various measuring and special radio equipment systems. The frequency multiplier on a thin magnetic film contains an irregular quarter-wave resonator grounded from one edge. The dimensions of the resonator conductors are selected in such a way that the resonant frequency of

its second mode of oscillation is exactly twice the resonant frequency of the first mode of oscillation, and the resonant frequency of the third mode is not a multiple of the resonant frequency of the first mode of oscillation. A thin magnetic film is placed between the strip conductors of the resonator and the grounded base near the short-circuited part of the resonator.

EFFECT: increase in the conversion coefficient of the device while maintaining radiation resistance.

1 cl, 4 dwg

C 1
0 4 5 4 0
2 7 5 8 5 4 0
R U

R U
2 7 5 8 5 4 0
C 1

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 [патент РФ №2108656, опубл. 10.04.1998, Бюл. №10], содержащий каскадно соединенные входной и выходной микрополосковые фильтры и варакторные диоды, включенные параллельно им. Выходной резонатор входного фильтра является одновременно входным резонатором выходного фильтра, одна или обе половины его полоскового проводника замкнуты на землю через варакторные диоды. Первая резонансная частота выходного резонатора входного фильтра равна частоте входного сигнала, вторая резонансная частота равна частоте выходного сигнала. Первая резонансная частота входного резонатора входного фильтра равна частоте входного сигнала, третья резонансная частота выше частоты выходного сигнала, а входная мощность поступает в него в точке узла напряжения на частоте второго резонанса. Вторая резонансная частота выходного резонатора выходного фильтра равна частоте выходного сигнала, а выходной сигнал снимается с резонатора в точке узла напряжения на частоте входного сигнала. Первая резонансная частота выходного резонатора выходного фильтра равна частоте выходной мощности.

Недостатком конструкции известного устройства является низкая радиационная стойкость, так как в качестве нелинейного элемента в нем используется варакторный диод.

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.

Существенным недостатком конструкции-прототипа является 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 при сохранении радиационной стойкости.

Заявляемый технический результат достигается тем, что в умножителе частоты на тонкой магнитной пленке, содержащем экран, диэлектрическую подложку, отрезки микрополосковых линий и тонкую магнитную пленку, используемую в качестве нелинейного элемента, новым является то, что в нем в нем отрезки микрополосковых линий на диэлектрической подложке вместе с отрезком несимметричной воздушной полосковой линии образуют нерегулярный четвертьволновый резонатор, размеры полосковых проводников которого подобраны таким образом, что резонансная частота его второй моды колебания ровно в два раза выше резонансной частоты первой моды колебаний f_1 , а резонансная частота третьей моды колебаний не кратна частоте f_1 , при этом тонкая магнитная пленка помещается между полосковым проводником и экраном в отрезке несимметричной воздушной полосковой линии, один конец которой соединен

с экраном.

Сопоставительный анализ с прототипом показывает, что заявляемое устройство отличается наличием нерегулярного четвертьволнового резонатора, в котором один конец отрезка несимметричной воздушной полосковой линии, содержащий тонкую магнитную пленку, соединен с экраном.

Существенным отличием является то, что размеры полосковых проводников четвертьволнового резонатора подобраны таким образом, что резонансная частота его второй моды колебания ровно в два раза выше резонансной частоты первой моды колебаний, а резонансная частота третьей моды колебаний не кратна резонансной частоте первой моды колебаний.

Другим существенным отличием является то, что тонкая магнитная пленка помещается между полосковым проводником и экраном в отрезке несимметричной воздушной полосковой линии, один конец которой соединен с экраном.

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

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

Сущность изобретения поясняется чертежами: на фиг. 1 показана конструкция заявляемого умножителя частоты на тонкой магнитной пленке; на фиг. 2 показана ориентация оси легкого намагничивания (ОЛН) тонкой магнитной пленки, а также направления высокочастотного $H_{СВЧ}$ и постоянного подмагничивающего H_0 магнитных полей в устройстве; на фиг. 3 приведена амплитудно-частотная характеристика умножителя частоты, на фиг. 4 приведена его передаточная характеристика.

Заявляемый умножитель частоты на тонкой магнитной пленке содержит (фиг. 1) металлическое основание (1), на котором помещена диэлектрическая подложка (2). На подложке (2) нанесены соединенные последовательно отрезки микрополосковых линий (3), (4) и (5). Отрезок микрополосковой линии (5) соединен с проводником (6) отрезка несимметричной воздушной полосковой линии. Вторым концом полоскового проводника (6) соединен с основанием (1). Таким образом, полосковые проводники (3), (4), (5) и (6) образуют четвертьволновый резонатор, в точке соединения проводника (6) с основанием располагается пучность СВЧ магнитного поля, как для первой моды колебания резонатора, так и для второй. Под проводником (6) размещается тонкая магнитная пленка (ТМП), например, из пермаллоя, нанесенная на подложку (7). Длины и ширины проводников (3), (4), (5) и (6) подобраны так, чтобы отношение резонансной частоты второй моды колебаний резонатора к резонансной частоте первой моды f_1 равнялось 2, а резонансная частота третьей моды была не кратна частоте f_1 . К полосковому проводнику (3) через емкость связи (8) подключается источник сигнала, а сигнал с удвоенной частотой снимается с полоскового проводника (5) через емкость связи (9). На фиг. 2 показана подложка (7) с тонкой магнитной пленкой и ориентация оси легкого намагничивания (ОЛН) тонкой магнитной пленки, а также направления высокочастотного $H_{СВЧ}$ и постоянного подмагничивающего H_0 магнитных полей в устройстве. Ориентация ОЛН тонкой магнитной пленки совпадает с направлением высокочастотного магнитного поля $H_{СВЧ}$, создаваемого СВЧ током в полосковой линии (6, фиг. 1). Внешним источником создается постоянное подмагничивающее поле H_0 (фиг. 2) под углом ϕ к ОЛН.

Умножитель частоты на тонкой магнитной пленке работает следующим образом. Входная мощность сигнала с частотой f_1 поступает через емкость связи (8) на вход четвертьволнового резонатора (фиг. 1), образованного полосковыми проводниками (3), (4), (5) и (6). В четвертьволновом резонаторе возбуждаются электромагнитные колебания на его резонансной частоте f_1 , под действием которых происходят вынужденные колебания магнитного момента в ферромагнитной пленке, в спектре которых имеются частоты гармоник кратные частоте f_1 . Колебания магнитного момента в пленке создают переменный магнитный поток на всех гармониках, генерирующий электрические СВЧ колебания в полосковом проводнике резонатора. Однако наиболее эффективно генерируется сигнал в полосковом резонаторе от второй гармоники колебаний магнитного момента, так как ее частота $2f_1$ совпадает с резонансной частотой второй моды колебаний четвертьволнового резонатора. Выходная мощность сгенерированного сигнала, имеющего частоту $2f_1$, снимается через емкость связи (9).

Для иллюстрации работоспособности заявляемого устройства был изготовлен действующий макет умножителя частоты на тонкой магнитной пленке (фиг. 1). Использовалась диэлектрическая подложка (2) с относительной диэлектрической проницаемостью $\epsilon=3.55$, толщиной 0.5 мм и размерами 16 мм × 25.6 мм. Отрезки микрополосковых линий (3), (4) и (5) имеют размеры 2.45 мм × 4.1 мм, 15.3 мм × 0.2 мм и 8.75 мм × 4.65 мм соответственно. Проводник (6) выполнен шириной 1 мм и длиной 5.9 мм. Устройство рассчитано на удвоение частоты входного сигнала $f_1=1$ ГГц. Тонкая однослойная магнитная пленка пермаллоя состава $Ni_{80}Fe_{20}$, толщиной 100 нм, полученная методом вакуумного осаждения на стеклянную подложку толщиной 0.5 мм, располагалась между проводником (6) и металлическим основанием (1). Одноосная магнитная анизотропия в плоскости ТМП наводилась планарным постоянным магнитным полем, приложенным во время осаждения пленки, при этом величина наведенного поля анизотропии $H_k=3.3$ Э. Постоянное однородное подмагничивающее поле $H_0=7.2$ Э подавалось под углом $\phi=35^\circ$ к оси легкого намагничивания ТМП. В качестве емкостей связи (8) и (9) использованы конденсаторы поверхностного монтажа номинальной емкостью 0.5 пФ для обеспечения необходимой степени связи четвертьволнового резонатора с внешними линиями передачи. Общие размеры устройства составили 16 мм × 31.5 мм. Для подавления высших гармоник СВЧ генератора при проведении испытаний он подключался к входу устройства через узкополосный полосовой фильтр с центральной частотой 1 ГГц, а выход устройства подключался к анализатору спектра. 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 передаточная характеристика умножителя, показывающая зависимость выходной мощности сигнала на частоте второй гармоники 2 ГГц от мощности входного сигнала на частоте 1 ГГц. При входной мощности 2150 мВт выходная мощность составила 17.6 мВт, что соответствует коэффициенту преобразования устройства равному 0.8% (коэффициент преобразования конструкции прототипа в 80 раз меньше - 0.01%).

(57) Формула изобретения

Умножитель частоты на тонкой магнитной пленке, содержащий экран, диэлектрическую подложку, отрезки микрополосковых линий и тонкую магнитную

пленку, используемую в качестве нелинейного элемента, отличающийся тем, что в нем отрезки микрополосковых линий на диэлектрической подложке вместе с отрезком несимметричной воздушной полосковой линии образуют нерегулярный четвертьволновый резонатор, размеры полосковых проводников которого подобраны таким образом, что резонансная частота его второй моды колебания ровно в два раза выше резонансной частоты первой моды колебаний f_1 , а резонансная частота третьей моды колебаний не кратна частоте f_1 , при этом тонкая магнитная пленка помещается между полосковым проводником и экраном в отрезке несимметричной воздушной полосковой линии, один конец которой соединен с экраном.

10

15

20

25

30

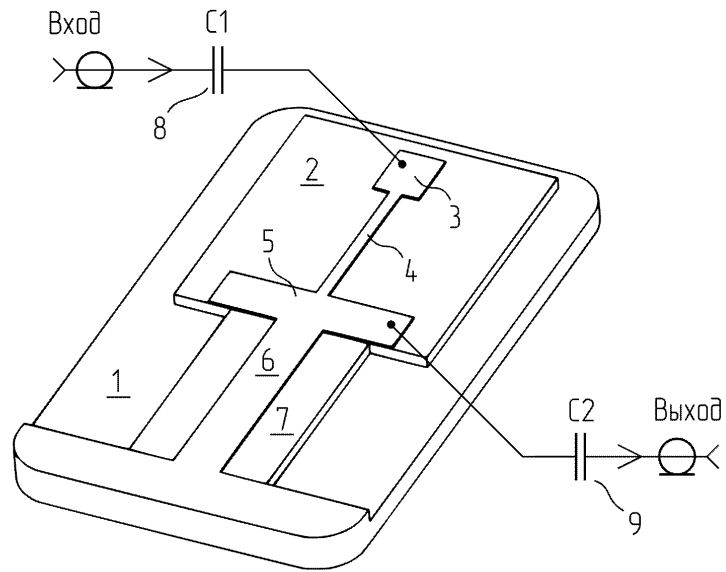
35

40

45

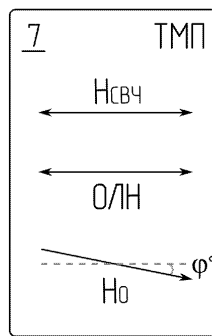
1

1/4



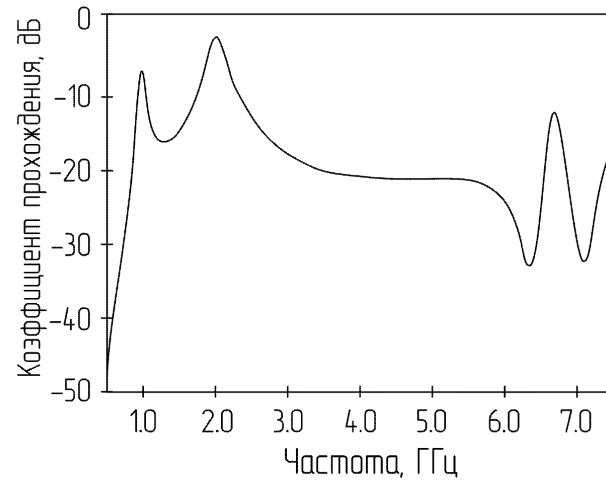
Фиг. 1

2

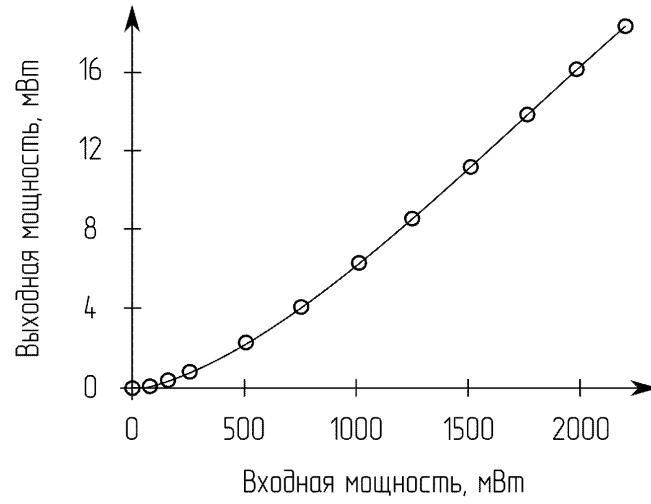


Фиг. 2

3/4



Фиг. 3



Фиг. 4