



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2011143096/07, 26.10.2011

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
26.10.2011

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 26.10.2011

(43) Дата публикации заявки: 10.05.2013 Бюл. № 13

(45) Опубликовано: 10.09.2013 Бюл. № 25

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2356120 C2, 20.05.2009. RU 5065565 A, 10.04.1996. SU 1781744 A1, 15.12.1992. SU 513396 A, 15.02.1982. SU 1170516 A, 30.05.1985. SU 189931 A, 16.12.1966. SU 636690 A, 05.12.1978. GB 918171 A, 13.12.1963.

Адрес для переписки:

410012, г.Саратов, ул. Московская, 155, СГУ,
ЦПУ, Н.В. Романовой

(72) Автор(ы):

**Тихонов Владимир Васильевич (RU),
Никитов Сергей Аполлонович (RU),
Литвиненко Артем Николаевич (RU)**

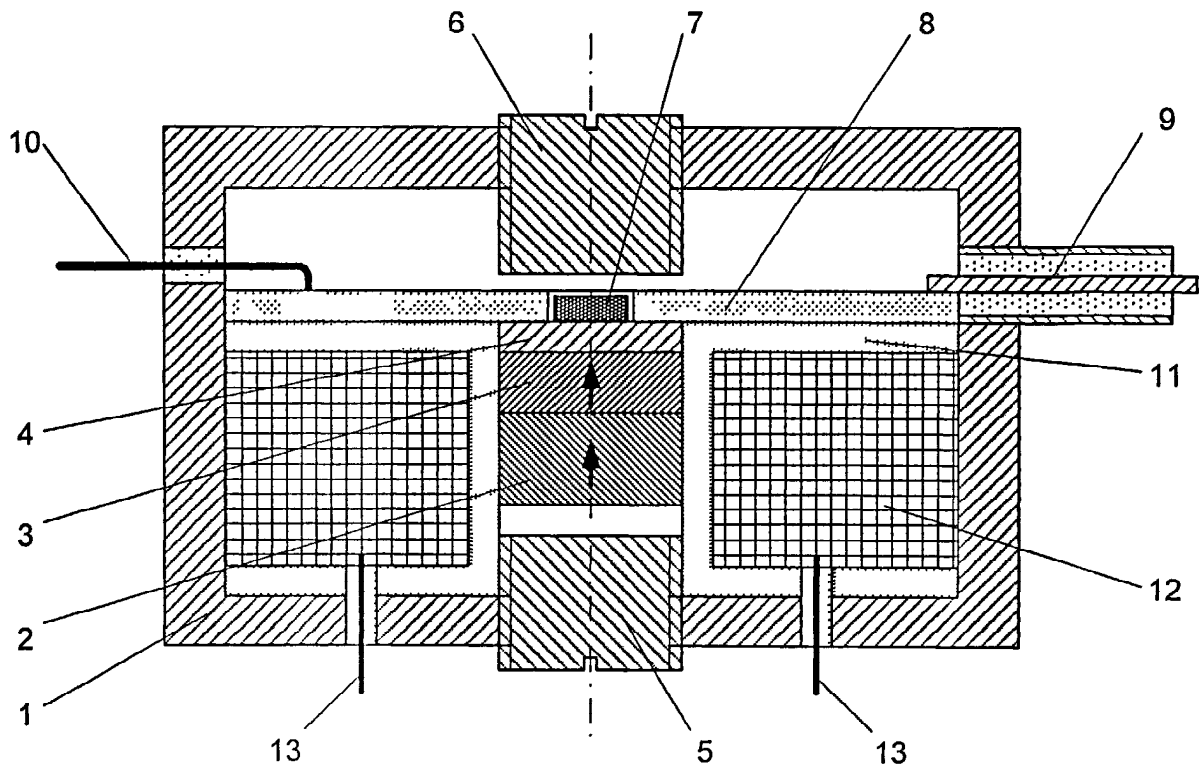
(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Саратовский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского" (RU)****(54) МИНИАТЮРНОЕ УСТРОЙСТВО НАМАГНИЧИВАНИЯ И ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИИ
ФЕРРИТОВЫХ СВЧ РЕЗОНАТОРОВ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к радиотехнике и может быть использовано в интегральных СВЧ схемах, элементом которых является пленочный ферритовый резонатор. Технический результат состоит в повышении динамической устойчивости частоты резонатора при резких изменениях температуры окружающей среды и уменьшении габаритов функционального СВЧ устройства. Динамическая устойчивость частоты повышается за счет конструктивных особенностей магнитной системы, включающей теплоизолирующие элементы, демпфирующие тепловые удары окружающей среды. При этом стабильность частоты резонатора обеспечивается подбором толщин двух разнородных магнитов, которые включаются в магнитную цепь

последовательно, образуя теплоизолирующий зазор с регулировочным винтом, установленным в отверстии магнитного экрана. Регулировочный винт используется только для настройки резонатора на заданную частоту термостабилизации. Дальнейшая перестройка частоты осуществляется электрической катушкой управления, установленной в боковом зазоре постоянных магнитов. Температурная стабильность частоты резонатора сохраняется во всем диапазоне электрической перестройки. Конструкция устройства допускает возможность размещения в рабочем зазоре ферритового резонатора вместе с подложкой микрополосковой интегральной микросхемы электрического устройства. Магнитный экран дополнительно выполняет функции корпуса электрического устройства. 2 з.п. ф-лы, 5 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: 2011143096/07, 26.10.2011

(24) Effective date for property rights:
26.10.2011

Priority:

(22) Date of filing: 26.10.2011

(43) Application published: 10.05.2013 Bull. 13

(45) Date of publication: 10.09.2013 Bull. 25

Mail address:

410012, g.Saratov, ul. Moskovskaja, 155, SGU,
TsPU, N.V. Romanovoj

(72) Inventor(s):

**Tikhonov Vladimir Vasil'evich (RU),
Nikitov Sergej Apollonovich (RU),
Litvinenko Artem Nikolaevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovaniya "Saratovskij
gosudarstvennyj universitet imeni N.G.
Chernyshevskogo" (RU)**

**(54) MINIATURE DEVICE FOR MAGNETISATION AND THERMAL STABILISATION OF FERRITE
MICROWAVE RESONATORS**

(57) Abstract:

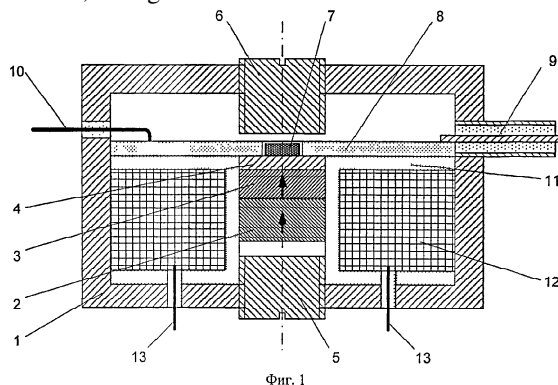
FIELD: radio engineering, communication.

SUBSTANCE: dynamic frequency stability increases owing to design features of a magnetic system which includes heat-insulating elements which damp environmental thermal shocks. Frequency stability of the resonator is ensured by selecting thickness of two different magnets which are connected in a magnetic circuit in series to form a heat-insulating gap with an adjustment screw mounted in a hole in a magnetic shield. The adjustment screw is used only for tuning the resonator to a given thermal stabilisation frequency. Further frequency tuning is carried out using an electric control coil mounted in the lateral gap of permanent magnets. Temperature stability of the resonator frequency is maintained in the entire range of electrical adjustment. The design of the device enables accommodation in the working gap of a ferrite resonator together with the wafer of the

microstrip integrated circuit of the electric device. The magnetic shield further operates as the housing of the electric device.

EFFECT: high dynamic stability of the resonator frequency during sharp changes in ambient temperature and miniaturisation of the functional microwave device.

3 cl, 5 dwg



Фиг. 1

RU 2 4 9 2 5 3 9 C 2

RU 2 4 9 2 5 3 9 C 2

Изобретение относится к радиотехнике и может быть использовано в интегральных СВЧ устройствах, содержащих пленочные ферритовые резонаторы.

Известно устройство намагничивания, состоящее из двух параллельных стальных пластин и двух одинаковых постоянных магнитов прямоугольной формы, расположенных между двумя стальными пластинами и присоединенных одноименными полюсами к одной пластине и противоположными полюсами к другой пластине. Напряженность поля в рабочем зазоре, образованном пластинами в промежутке между магнитами регулируется при помощи стальных шунтов расположенных на внешней боковой поверхности постоянных магнитов (Авторское свидетельство СССР №951208, МПК G01R 33/05).

Однако это устройство не имеет защиты от внешних магнитных полей и сильно шунтируется окружающими стальными предметами.

Известна также экранированная магнитная система с механической и электрической регулировкой поля, состоящая из цилиндрического стального экрана, внутри которого расположен стальной диск и пара кольцевых магнитов, присоединенных одноименными полюсами к стальной пластине, а противоположными полюсами к внутренним плоским поверхностям стального экрана. Между боковыми поверхностями стального диска и экраном выполнен зазор, который заполняется витками катушки электрического управления. Механическая регулировка поля в рабочем зазоре образованном плоскими поверхностями стального диска и экрана осуществляется регулировочным винтом, установленным симметрично на противоположной поверхности экрана (Авторское свидетельство СССР №1781744, МПК H01K 33/05).

Однако это устройство не обеспечивает температурной стабильности частоты ферритового резонатора, установленного в рабочем зазоре магнитной системы.

Наиболее близким к предлагаемому изобретению является устройство намагничивания и термостабилизации ферритового резонатора, снабженное парой разнородных кольцевых магнитов с различающимися температурными коэффициентами размагничивания, удовлетворяющими условию

$$\alpha_{M1} < \frac{4\pi M_0}{\mu_0 H_0} \alpha_F < \alpha_{M2}, \quad (1)$$

где α_F - температурный коэффициент размагничивания феррита;
 α_{M1} - температурный коэффициент размагничивания первого магнита;
 α_{M2} - температурный коэффициент размагничивания второго магнита;
 $4\pi M_0$ - намагниченность насыщения феррита;
 H_0 - требуемая напряженность магнитного поля в рабочем зазоре;
 μ_0 - магнитная постоянная,

а отношение площадей полюсов кольцевых магнитов S_{M0} и S_{M1} удовлетворяет условию:

$$\frac{S_{M0}}{S_{M1}} = \frac{B_{M1}}{B_{M0}} \cdot \frac{4\pi M_0 \alpha_F - \alpha_{M0} \mu_0 H_0}{\mu_0 H_0 \alpha_{M1} - 4\pi M_0 \alpha_F} \quad (2)$$

где B_{M0} и B_{M1} - остаточные индукции постоянных магнитов. Устройство намагничивания содержит замкнутый цилиндрический стальной экран, стальной диск, установленный осесимметрично внутри экрана, два разнородных магнита, стальной регулировочный винт, катушку электрического управления, выполненную с возможностью подключения к источнику питания, установленную в боковом зазоре стального диска и экрана, ферритовый резонатор, выполненный с возможностью

подключения к внешнему СВЧ тракту, расположенный осесимметрично между стальным диском и плоской поверхностью стального экрана (см. патент на изобретение RU №2356120, C2, МПК H01F 13/00).

Недостатком такого устройства является термодинамическая неустойчивость частоты ферритового резонатора, возникающая из-за неравномерного прогрева (охлаждения) постоянных магнитов и резонатора при резких изменениях температуры окружающей среды.

Технический результат изобретения заключается в повышении термодинамической устойчивости частоты ферритового резонатора, а также уменьшении габаритов интегрального устройства, элементом которого является ферритовый резонатор.

Указанный технический результат достигается тем, что миниатюрное устройство намагничивания и термостабилизации частоты ферритового СВЧ резонатора, содержащее: замкнутый цилиндрический стальной экран, стальной диск, установленный осесимметрично внутри экрана; два разнородных магнита, стальной регулировочный винт, катушку электрического управления, выполненную с возможностью подключения к источнику питания, установленную в боковом зазоре стального диска и экрана; ферритовый резонатор, выполненный с возможностью подключения к внешнему СВЧ тракту, расположенный осесимметрично между стальным диском и плоской поверхностью стального экрана, согласно решению стальной регулировочный винт установлен в резьбовом отверстии, выполненном осесимметрично в плоской поверхности стального экрана напротив ферритового резонатора, устройство содержит второй стальной регулировочный винт, установленный в осесимметричном резьбовом отверстии на противоположной поверхности стального экрана; устройство содержит микрополосковую интегральную микросхему, подключенную к ферритовому резонатору, выполненную с возможностью подключения к источнику электропитания, первый и второй постоянные магниты выполнены в виде дисков с осевой намагниченностью; магниты соединены разноименными полюсами и присоединены одним из внешних полюсов к обратной стороне стального диска; противоположный внешний полюс образует зазор с первым регулировочным винтом; катушка электрического управления снабжена каркасом из теплоизолирующего материала. Диаметры первого и второго постоянных магнитов, стального диска, первого и второго регулировочного винта выполняются равными друг другу, а отношение толщин постоянных магнитов I_{M1} , I_{M2} выбираются из условия

$$\frac{I_{M1}}{I_{M2}} = \frac{B_{r2}}{B_{r1}} \cdot \frac{4\pi\gamma M_0 (\alpha_F / \alpha_{M2} - 1) - f_{st}}{f_{st} - 4\pi\gamma M_0 (\alpha_F / \alpha_{M1} - 1)} \quad (3)$$

где α_F - температурный коэффициент размагничивания феррита; M_0 намагниченность насыщения феррита; α_{M1} , α_{M2} - температурные коэффициенты размагничивания первого и второго постоянных магнитов; B_{r1} , B_{r2} - остаточные индукции первого и второго постоянных магнитов; γ - гиромагнитное отношение; f_{st} - заданная частота температурной стабилизации. Микрополосковая интегральная микросхема выполнена на дисковой диэлектрической подложке, диаметр которой выполнен равным внутреннему диаметру стального экрана; в центре подложки выполнено отверстие, внутри которого установлен ферритовый резонатор.

Конструкция устройства представлена на фиг.1. Миниатюрное устройство намагничивания и термостабилизации частоты ферритового СВЧ резонатора, содержит замкнутый цилиндрический стальной экран 1. Внутри экрана

осесимметрично установлены два разнородных постоянных магнита 2 и 3 и стальной диск 4. Магниты выполнены в виде дисков с диаметрами, равными диаметру стального диска, и имеют осевую намагниченность; магниты соединены разноименными полюсами и присоединены одним из внешних полюсов к одной 5 плоской стороне стального диска. Устройство содержит два стальных регулировочных винта 5 и 6, установленных в осесимметричных резьбовых отверстиях, выполненных на противоположных плоских поверхностях стального экрана. В зазоре между регулировочным винтом 6 и плоской стороной стального 10 диска 4, обращенной от магнитов, расположен ферритовый СВЧ резонатор 7, установленный на диэлектрической подложке микрополосковой интегральной микросхемы 8, выполненной с возможностью подключения к внешнему СВЧ тракту посредством коаксиального СВЧ вывода 9 и к источнику электропитания посредством выводов 10. В боковом зазоре между стальным диском и внутренней 15 поверхностью экрана расположена катушка электрического управления 12, снабженная диэлектрическим каркасом 11 и выполненная с возможностью подключения к источнику питания посредством выводов 13.

Устройство работает следующим образом. Последовательно включенные первый 2 20 и второй 3 дисковые магниты создают магнитный поток, который входит в стальной диск 4 и через воздушный зазор поступает во второй регулировочный винт бив стальной экран 1. Далее через первый регулировочный винт 5 и воздушный зазор замыкается на противоположном полюсе первого магнита 2. Механическая 25 регулировка поля в рабочем зазоре осуществляется путем ввинчивания/вывинчивания регулировочных винтов 5 и 6. Эта регулировка используется только для начальной настройки резонатора на заданную частоту температурной стабилизации. После завершения настройки положение винтов жестко фиксируется. В дальнейшем используется только электрическая регулировка поля, которая осуществляется за счет 30 изменения величины и направления тока в обмотке катушки электрического управления 12. Подвод электропитания катушки управления осуществляется посредством изолированных вводов 13, проходящих через отверстия в экране. Коаксиальный ввод 9 используется для подключения микрополосковой интегральной микросхемы 8 к внешнему СВЧ тракту. Изолированный ввод 10 используется для 35 подвода электропитания активных элементов микрополосковой интегральной микросхемы.

Суммарные габариты интегрального устройства, содержащего ферритовый резонатор, значительно уменьшаются за счет использования стального экрана 40 намагничивающего устройства резонатора в качестве корпуса микрополосковой интегральной микросхемы. Конструктивные особенности предлагаемого изобретения дополнительно уменьшают габариты намагничивающего устройства за счет уменьшения диаметров дисковых магнитов, стального диска и регулировочных 45 винтов до размеров сравнимых с размерами ферритового резонатора, а также за счет уменьшения толщин постоянных магнитов при уменьшении толщины рабочего зазора в случае расположения ферритового резонатора в отверстии подложки микрополосковой интегральной микросхемы.

Встроенная система термостабилизации не увеличивает габариты устройства 50 намагничивания ферритового резонатора. В данной конструкции она реализована на принципе компенсации температурного дрейфа частоты резонатора адекватным изменением поля в рабочем зазоре. В случае нормального намагничивания, как показано на фиг.1, условие температурной стабильности частоты резонатора

$f(T) \approx \gamma [H_0(T) - 4\pi M_0(T)]$ приводится к виду

$$\frac{\partial H_0(T)}{\partial T} - 4\pi \frac{\partial M_0(T)}{\partial T} = 0, \quad (4)$$

где $H_0(T)$ - напряженность поля в рабочем зазоре, $M_0(T)$ - намагниченность насыщения феррита, $\gamma = 2,83$ МГц/Э - гиромагнитное отношение. Напряженность поля $H_0(T)$ рассчитывается по правилам Кирхгофа для магнитной цепи, представленной на фиг.2, где $\Phi_{M1}(T) = B_{r1}(T)S_{M1}$ и $\Phi_{M2}(T) = B_{r2}(T)S_{M2}$ - магнитные потоки, создаваемые первым и вторым магнитами, $B_{r1}(T)$, $B_{r2}(T)$ - остаточные индукции постоянных магнитов, S_{M1} , S_{M2} - площади полюсов магнитов, $R_{M1} = l_{M1}/\mu_0 S_{M1}$, $R_{M2} = l_{M2}/\mu_0 S_{M2}$ - внутренние сопротивления магнитов, l_{M1} , l_{M2} - толщины магнитов, μ_0 - магнитная проницаемость вакуума, $E_M = Iw$ - магнитодвижущая сила катушки с током, I - сила тока, w - число витков катушки, $R_0 = l_0/\mu_0 S_0$, $R_1 = l_1/\mu_0 S_1$, $R_2 = l_2/\mu_0 S_2$ - магнитные сопротивления, соответственно, рабочего, регулировочного и бокового зазоров, l_0 , S_0 ; l_1 , S_1 ; l_2 , S_2 - соответственно, толщины и площади рабочего, регулировочного и бокового зазоров. С учетом требования $S_0 = S_1 = S_{M1} = S_{M2} = S$ напряженность поля в рабочем зазоре получается в виде

$$H_0(T) = \frac{B_{r1}(T)l_{M1} + B_{r2}(T)l_{M2} \pm Iw\mu_0 S}{\mu_0 \left\{ l_0 + l_1 + (l_{M1} + l_{M2}) \left[1 + \frac{(l_0 + l_1) S_2}{l_2 S} \right] \right\}}, \quad (5)$$

где знак (\pm) определяется направлением протекания тока в катушке управления. С учетом (5) условие термостабилизации (4) переписывается в виде

$$\frac{\alpha_{M1} B_{r1}(T)l_{M1} + \alpha_{M2} B_{r2}(T)l_{M2}}{B_{r1}(T)l_{M1} + B_{r2}(T)l_{M2}} = 4\pi \frac{\alpha_F M_0(T)}{H_0(T)}, \quad (6)$$

где $H_{0M}(T)$ - напряженность поля в рабочем зазоре при отсутствии тока в катушке управления, $\alpha_{M1} = \frac{1}{B_{r1}(T)} \frac{\partial B_{r1}(T)}{\partial T}$, $\alpha_{M2} = \frac{1}{B_{r2}(T)} \frac{\partial B_{r2}(T)}{\partial T}$ - температурные

коэффициенты остаточной индукции первого и второго магнитов,

$\alpha_F = \frac{1}{B_{r1}(T)} \frac{\partial M_0(T)}{\partial T}$ - температурный коэффициент намагниченности феррита. Из

условия (6) нетрудно получить соотношение толщин постоянных магнитов

$$\frac{l_{M1}}{l_{M2}} = \frac{B_{r2}}{B_{r1}} \cdot \frac{4\pi\gamma M_0(\alpha_F/\alpha_{M2} - 1) - f_{\text{д}}}{f_{\text{д}} - 4\pi\gamma M_0(\alpha_F/\alpha_{M1} - 1)}, \quad (7)$$

при котором частота резонатора f_{st} стабилизируется во всем диапазоне рабочих температур, в пределах которого температурное размагничивание феррита и постоянных магнитов имеет линейный и обратимый характер, а частота стабилизации удовлетворяет условию

$$f_{st1} \leq f_{\text{д}} \leq f_{st2}, \quad (8)$$

где $f_{st1} = 4\pi\gamma M_0(\alpha_F/\alpha_{M1} - 1)$, $f_{st2} = 4\pi\gamma M_0(\alpha_F/\alpha_{M2} - 1)$ - граничные частоты диапазона стабилизации, соответствующие нулевой толщине одного из магнитов. Существенно, что ток, протекающий в катушке управления, не входит в выражение (6). Это означает, что температурная стабилизация частоты резонатора сохраняется во всем диапазоне электрической перестройки. Однако это не исключает сдвигов частоты, при возникновении градиентов температур постоянных магнитов и резонатора.

В данном изобретении причины возникновения температурных градиентов

устраняются конструктивными особенностями устройства. Диэлектрическая подложка микрополосковой схемы, каркас катушки электрического управления 11 и воздушные зазоры образованные первым 5 и вторым 6 регулировочным винтом дополнительно выполняют функции теплоизоляторов демпфирующих тепловые удары окружающей среды. Теплоизоляция обуславливает более медленный и, соответственно, более равномерный прогрев (охлаждение) постоянных магнитов и резонатора, исключая возможность возникновения градиентов температур.

Следует отметить, что расчеты частот температурной стабилизации f_{st} по правилам Кирхгофа для магнитных цепей дают лишь приближенный результат, поскольку в них не учитываются поля рассеяния, а магниты рассматриваются в приближении прямоугольности петли гистерезиса. В реальном устройстве частота стабилизации может отличаться от расчетной, но это не мешает реализации изобретения.

Ниже приведен пример реализации изобретения. Для наглядности рассматривалась математическая модель реального устройства, как на фиг.2, с последовательно включенными неодим-железо-боровым (Nd-Fe-B) и самарий-кобальтовым (Sm-Co) магнитами, предназначенного для намагничивания и термостабилизации пленочного ЖИГ резонатора в диапазоне температур (-40, +60)°C. Моделирование топологии поля осуществлялось методом конечных элементов, реализованным в пакете программ Ansoft Maxwell SV. Исходными данными расчета являлись заданные толщины: Nd-Fe-B магнита $l_{M1}=2$ мм; Sm-Co магнита $l_{M2}=1$ мм; стального диска $d_0=0,5$ мм, рабочего зазора $l_0=1$ мм и регулировочного зазора $l_1=0; 0,5; 1; 1,5; 2$ мм.

Радиусы Nd-Fe-B и Sm-Co магнитов, стального диска и регулировочных винтов выбирались равными $r_0=2,5$ мм. Внутренний радиус стального экрана составлял $r_1=7$ мм, а внешний радиус - $r_2=8$ мм. Толщина торцевых стенок магнитного экрана составляла $d_1=1,5$ мм. При этом габариты устройства составляли $\varnothing 16 \times 10$ мм. Для расчетов использовались справочные данные: для ЖИГ - $\alpha_F=0.23\%/^{\circ}\text{C}$, $4\pi M_0=1.75$ КГс; для Nd-Fe-B - $\alpha_{M1}=0.12\%/^{\circ}\text{C}$, $B_{r1}=11.2$ КГс; для Sm-Co - $\alpha_{M2}=0.05\%/^{\circ}\text{C}$, $B_{r2}=7.5$ КГс.

Ниже приведены результаты численных расчетов. На графике фиг.3 представлена радиальная зависимость напряженности поля в рабочем зазоре $H_0(r)$, рассчитанная в плоскости расположения пленочного резонатора при толщине регулировочного зазора $l_1=0,5$ мм. Пунктиром на графике отмечен радиус полюсных наконечников $r_0=2,5$ мм. Видно, что в радиусе расположения пленки ЖИГ $r_F \sim 1,5$ мм поле однородно, что необходимо для эффективного возбуждения ЖИГ резонатора, а его напряженность составляет $H_0=3754$ Э, что соответствует возбуждению резонатора на частоте $f(T_0)=5674$ МГц. На фиг.3 видно, что силовые линии поля не выходят за пределы стального корпуса, что свидетельствует о хорошей экранировке магнитной системы.

На фиг.4 представлен расчет температурной зависимости частот возбуждения ЖИГ резонатора $f(T)$, при двух толщинах регулировочного зазора $l_1=0$ и $l_1=0,5$ мм. Видно, что зависимость $f(T)$ имеет строго линейный характер, причем частота возбуждения резонатора и наклон температурной характеристики частоты $\Delta f/\Delta T$ существенно зависят от положения регулировочного винта. Расчет значений $\Delta f/\Delta T$ для ряда толщин регулировочного зазора $l_1=0; 0,5; 1; 1,5; 2$ мм представлен на фиг.5. Здесь на оси абсцисс отмечены частоты возбуждения ЖИГ резонатора при комнатной температуре $T_0=20^{\circ}\text{C}$.

Частота стабилизации f_{st} , соответствующая условию $\Delta f/\Delta T=0$, расположена в интервале частот 5673,98...6621,95 МГц, на котором функция $\Delta f/\Delta T$ меняет знак (на фиг.5 частота f_{st} отмечена стрелкой). Используя правило подобия прямоугольных

треугольников, рассчитывается требуемая толщина регулировочного зазора $l_1=0,38$ мм и частота стабилизации ЖИГ резонатора $f_{st}=5892,46$ МГц. Требуемый зазор устанавливается вращением первого регулировочного винта.

5 На практике параметром настройки системы термостабилизации является частота ЖИГ резонатора, измеряемая в заданном диапазоне температур. При этом процедура определения частоты стабилизации f_{st} и настройки резонатора на эту частоту в точности повторяет действия, описанные выше. По окончании настройки положение 10 обоих регулировочных винтов жестко фиксируют. В дальнейшем перестройку резонансной частоты осуществляют электрической регулировкой.

Формула изобретения

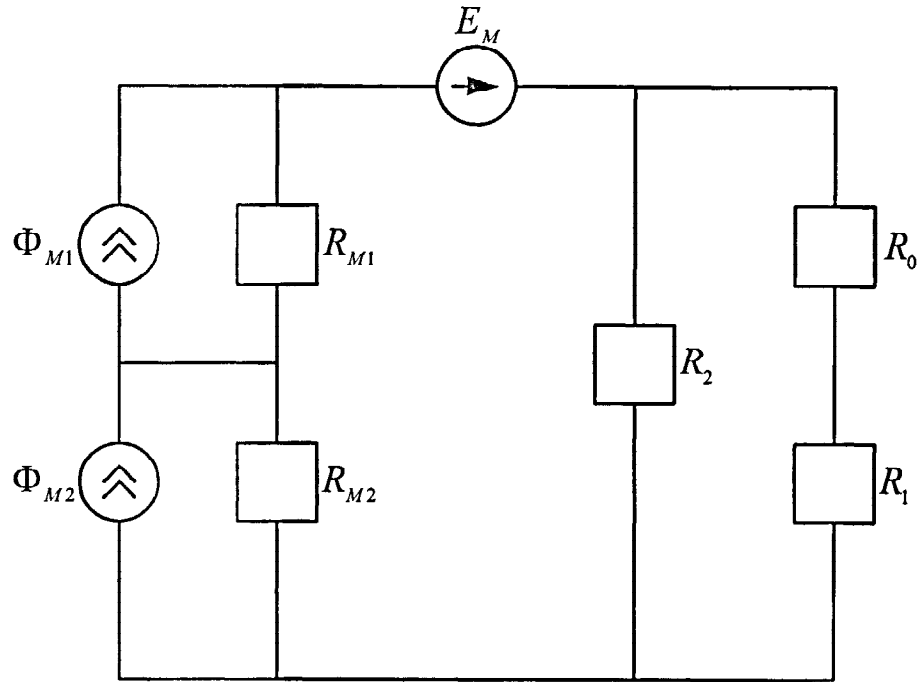
1. Миниатюрное устройство намагничивания и термостабилизации частоты ферритового СВЧ резонатора, содержащее замкнутый цилиндрический стальной экран, стальной диск, установленный осесимметрично внутри экрана; два 15 разнородных магнита, стальной регулировочный винт, катушку электрического управления, выполненную с возможностью подключения к источнику питания, установленную в боковом зазоре стального диска и экрана, ферритовый резонатор, 20 выполненный с возможностью подключения к внешнему СВЧ тракту, расположенный осесимметрично между стальным диском и плоской поверхностью стального экрана, отличающееся тем, что стальной регулировочный винт установлен в резьбовом отверстии, выполненном осесимметрично в плоской поверхности стального экрана напротив ферритового резонатора, устройство содержит второй стальной 25 регулировочный винт, установленный в осесимметричном резьбовом отверстии на противоположной поверхности стального экрана, устройство содержит микрополосковую интегральную микросхему, подключенную к ферритовому резонатору, выполненную с возможностью подключения к источнику 30 электропитания, первый и второй постоянные магниты выполнены в виде дисков с осевой намагниченностью, магниты соединены разноименными полюсами и присоединены одним из внешних полюсов к обратной стороне стального диска, противоположный внешний полюс образует зазор с первым регулировочным винтом, катушка электрического управления снабжена каркасом из теплоизолирующего 35 материала.

2. Устройство по п.1, отличающееся тем, что диаметры первого и второго постоянных магнитов, стального диска, первого и второго регулировочного винта выполнены равными друг другу, а отношение толщин постоянных магнитов l_{M1}, l_{M2} 40 выбраны из условия

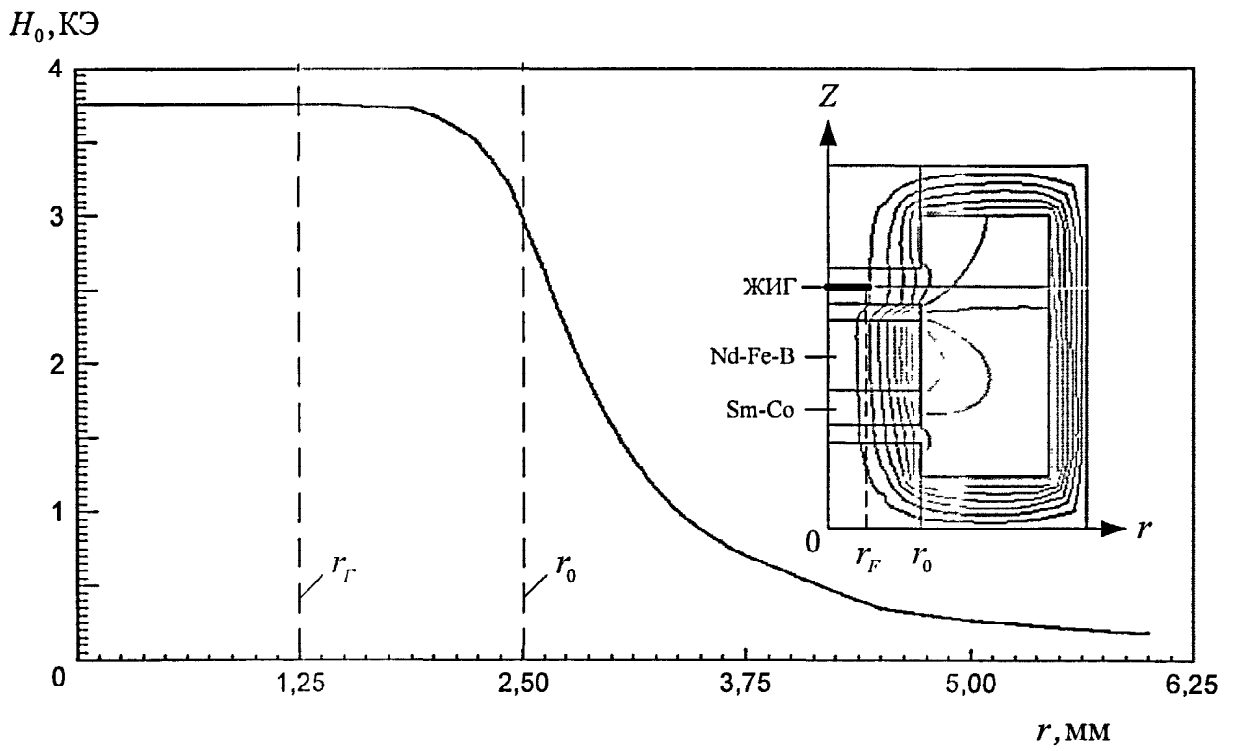
$$\frac{l_{M1}}{l_{M2}} = \frac{B_{r2}}{B_{r1}} \cdot \frac{4\pi\gamma M_0 (\alpha_F / \alpha_{M2} - 1) - f_{st}}{f_{st} - 4\pi\gamma M_0 (\alpha_F / \alpha_{M1} - 1)},$$

где α_F - температурный коэффициент размагничивания феррита; M_0 - 45 намагниченность насыщения феррита; α_{M1}, α_{M2} - температурные коэффициенты размагничивания первого и второго постоянных магнитов; B_{r1}, B_{r2} - остаточные индукции первого и второго постоянных магнитов; γ - гироманнитное отношение; f_{st} - заданная частота температурной стабилизации.

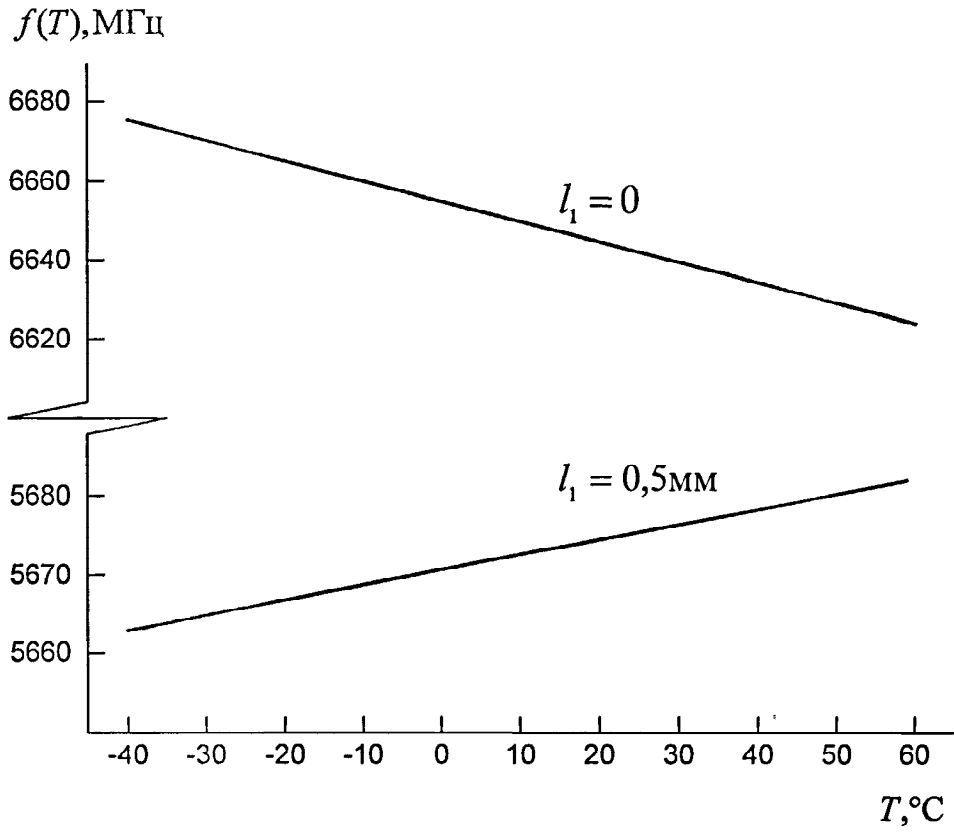
3. Устройство по п.1, отличающееся тем, что электрическая схема выполнена на дисковой диэлектрической подложке, диаметр которой выполнен равным 50 внутреннему диаметру стального экрана; в центре подложки выполнено отверстие, внутри которого установлен ферритовый резонатор.



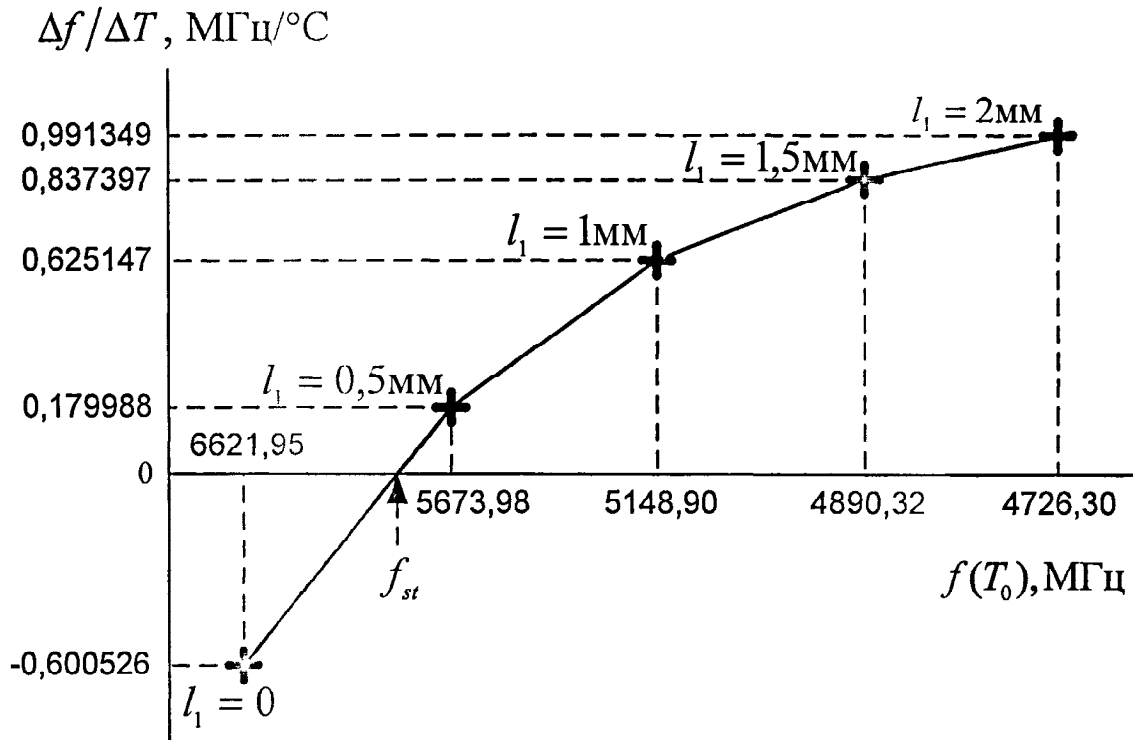
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5