



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G01R 33/24 (2018.08)

(21)(22) Заявка: 2018116292, 28.04.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
28.04.2018

Дата регистрации:
14.03.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 28.04.2018

(45) Опубликовано: 14.03.2019 Бюл. № 8

Адрес для переписки:
660036, г. Красноярск, Академгородок, 50, стр.
38, ИФ СО РАН, отдел патентной и
изобретательской работы

(72) Автор(ы):

Бабицкий Александр Николаевич (RU),
Беляев Борис Афанасьевич (RU),
Боев Никита Михайлович (RU),
Изотов Андрей Викторович (RU),
Бурмитских Антон Владимирович (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 163174 U1, 10.07.2016. RU 43654
U1, 27.01.2005. US 6759845 B2, 06.07.2004. RU
2221314 C1, 10.01.2004.

(54) ДАТЧИК СЛАБЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

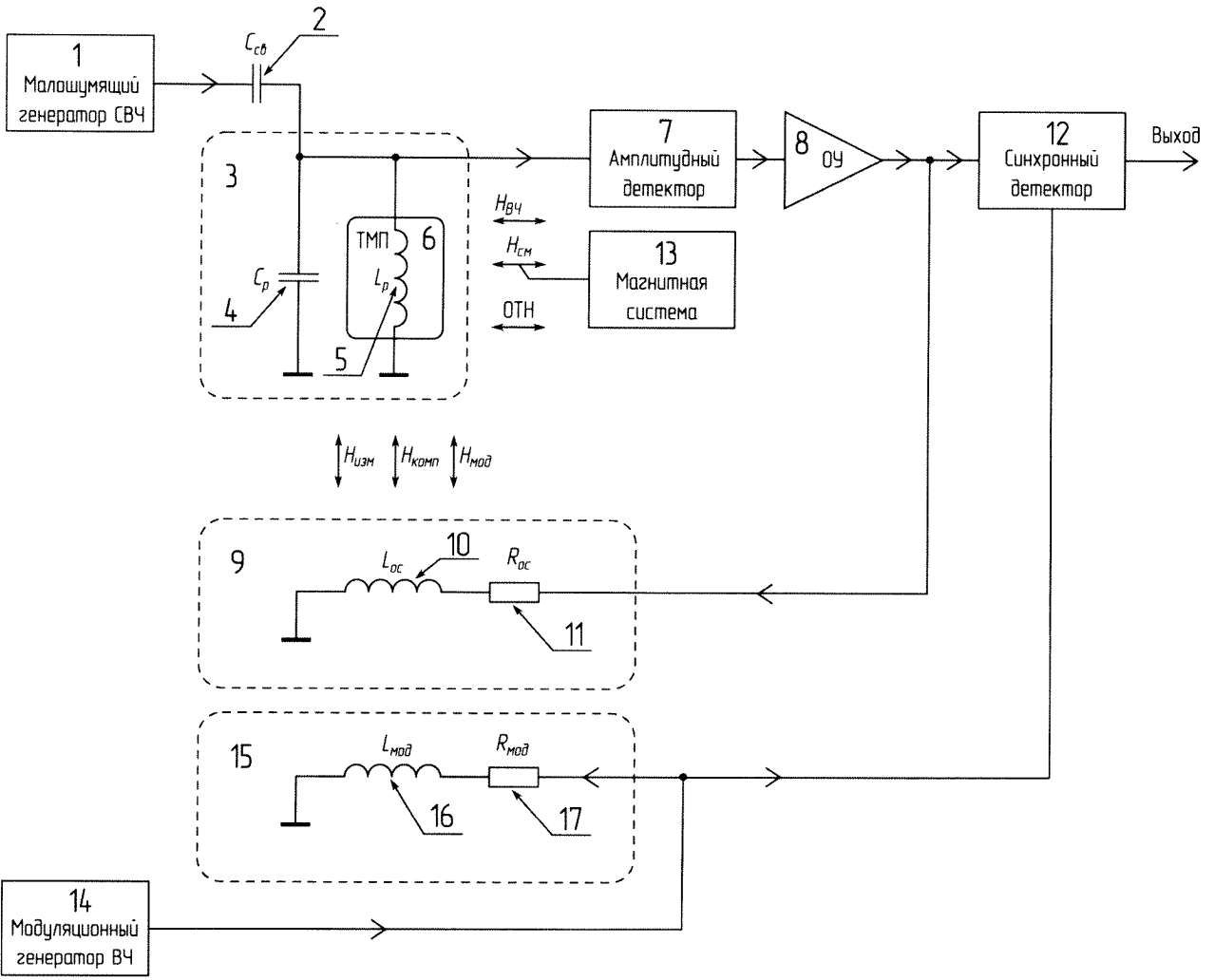
(57) Реферат:

Изобретение относится к измерительной технике, а именно предназначено для измерения слабых магнитных полей, и может использоваться, в первую очередь, в магнитометрии. Датчик слабых магнитных полей содержит СВЧ-генератор, чувствительный элемент на основе тонкой магнитной пленки, помещенной в микрополосковый резонатор, магнитную систему, амплитудный детектор, операционный усилитель, компенсационную

систему и схему синхронного детектирования. Направления высокочастотного магнитного поля и постоянного поля смещения совпадают с осью трудного намагничивания пленки, а направления измеряемого поля, компенсационного поля и модулирующего поля перпендикулярны оси трудного намагничивания пленки. Технический результат – снижение величины дрейфа нулевого значения выходного сигнала магнитометра. 1 ил.

RU 2 682 076 C1

RU 2 682 076 C1



RU 2682076 C1

RU 2682076 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
G01R 33/24 (2018.08)

(21)(22) Application: **2018116292, 28.04.2018**

(24) Effective date for property rights:
28.04.2018

Registration date:
14.03.2019

Priority:

(22) Date of filing: **28.04.2018**

(45) Date of publication: **14.03.2019** Bull. № 8

Mail address:

**660036, g. Krasnoyarsk, Akademgorodok, 50, str.
38, IF SO RAN, otdel patentnoj i izobretatelskoj
raboty**

(72) Inventor(s):

**Babitskij Aleksandr Nikolaevich (RU),
Belyaev Boris Afanasevich (RU),
Boev Nikita Mikhajlovich (RU),
Izotov Andrej Viktorovich (RU),
Burmitskikh Anton Vladimirovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethoe
nauchnoe uchrezhdenie "Federalnyj
issledovatel'skij tsentr "Krasnoyarskij nauchnyj
tsentr Sibirskogo otdeleniya Rossijskoj akademii
nauk" (RU)**

(54) **SENSOR OF WEAK MAGNETIC FIELDS**

(57) Abstract:

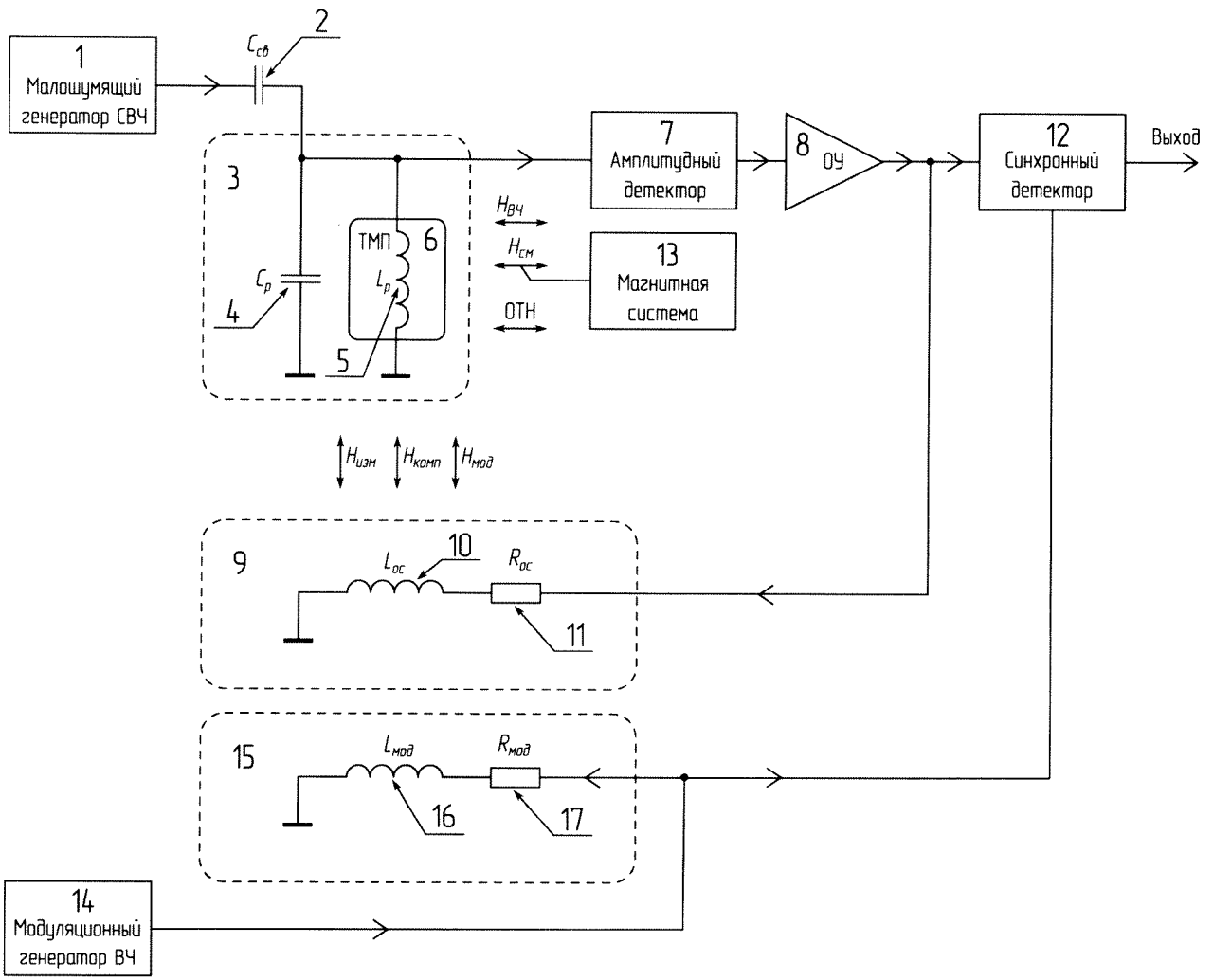
FIELD: measuring equipment.

SUBSTANCE: invention relates to a measurement technique, namely, it is intended to measure weak magnetic fields, and can be used primarily in magnetometry. Sensor of weak magnetic fields contains a microwave generator, a sensitive element based on a thin magnetic film placed in a microstrip resonator, a magnetic system, amplitude detector, operational amplifier, compensation system and synchronous detection circuit. Directions of the high-frequency

magnetic field and the constant displacement field coincide with the axis of the difficult magnetization of the film, and the directions of the measured field, the compensation field and the modulating field are perpendicular to the axis of the difficult magnetization of the film.

EFFECT: technical result – reducing the magnitude of the zero drift of the output signal of the magnetometer.

1 cl, 1 dwg



Изобретение относится к измерительной технике, а более конкретно -предназначено для измерения слабых магнитных полей и может использоваться в первую очередь в магнитометрии.

Известен датчик слабых высокочастотных магнитных полей [Патент РФ №2536083, МПК G01R 33/05, G01R 33/24, опубл. 20.12.2014], содержащий диэлектрическую подложку, на верхней стороне которой нанесены полосковые проводники двух микрополосковых резонаторов, а на нижней стороне осаждена магнитная пленка, покрытая металлическим слоем, выполняющим роль экрана. Проводники резонаторов расположены под оптимальным углом друг к другу, обеспечивающим максимальный коэффициент преобразования датчика. Мощность СВЧ-генератора подается на оба резонатора одновременно, а выходной сигнал датчика формируется двумя сигналами, снимаемыми одновременно с этих двух резонаторов, при этом сигналы резонаторов суммируются, а шумы генератора компенсируются. Такая конструкция датчика имеет малые габариты, низкий уровень собственных шумов и широкую полосу частот.

Недостатком такой конструкции является дрейф нулевого значения, т.е. самопроизвольное отклонение постоянной составляющей напряжения на выходе магнитометра, что не позволяет производить измерения на частотах ниже 10^{-2} Гц.

Наиболее близким аналогом по совокупности существенных признаков является малогабаритный высокочастотный магнитометр [Патент РФ №163174, G01R 33/05, опубл. 10.07.2016, (прототип)], содержащий многослойную печатную плату, на которой размещена диэлектрическая подложка с нанесенными на поверхности подложки полосковыми линиями двух микрополосковых резонаторов. На нижней стороне подложки, обращенной к земляному полигону печатной платы, осаждена тонкая магнитная пленка. Накачка резонаторов осуществляется экранированным СВЧ-генератором. Выходной сигнал магнитометра формируется двумя амплитудными детекторами и дифференциальным усилителем с компенсационной схемой измерения. Постоянное поле смещения в магнитной пленке создается системой из постоянных магнитов. Особенностью конструкции магнитометра является использование компенсационной катушки низкочастотных магнитных полей, выполненной в виде печатной индуктивности на нескольких слоях многослойной печатной платы. Такая особенность позволяет компенсировать низкочастотную составляющую магнитного поля и не экранировать высокочастотную составляющую магнитного поля.

Недостатком конструкции прототипа является дрейф нулевого значения на выходе магнитометра, что не позволяет измерять значения величины постоянной составляющей магнитного поля.

Техническим результатом заявленного технического решения является снижение величины дрейфа нулевого значения выходного сигнала магнитометра.

Заявляемый технический результат достигается тем, что в датчике слабых магнитных полей, содержащем диэлектрическую подложку, на верхней стороне которой нанесен проводник микрополоскового резонатора, а на нижней стороне осаждена тонкая магнитная пленка, покрытая металлическим слоем, магнитную систему, создающую постоянное поле смещения, СВЧ-генератор накачки микрополоскового резонатора, амплитудный детектор, операционный усилитель, компенсационную систему, новым является то, что высокочастотное магнитное поле и постоянное поле смещения направлены строго вдоль оси трудного намагничивания пленки, компенсационное поле и измеряемое поле направлены перпендикулярно оси трудного намагничивания пленки и дополнительно используется схема синхронного детектирования сигнала, содержащая синхронный детектор, генератор модулирующего поля и модуляционную

катушку, поле которой направлено перпендикулярно оси трудного намагничивания пленки.

Сопоставительный анализ с прототипом показывает, что заявляемое устройство отличается наличием схемы синхронного детектирования сигнала, включающей синхронный детектор, генератор модулирующего поля и модуляционную катушку и конфигурацией магнитных полей: постоянное поле смещения и СВЧ-поле накачки направлены строго вдоль оси трудного намагничивания тонкой магнитной пленки (ТМП); измеряемое поле, поле компенсационной системы и модуляционное поле направлены строго перпендикулярно оси трудного намагничивания.

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».

Данное изобретение поясняется чертежом, где изображена функциональная схема датчика слабых магнитных полей.

Датчик слабых магнитных полей содержит: малошумящий СВЧ-генератор (1), выход которого через емкость связи $C_{СВ}$ (2) подключен к резонатору (3), образованному емкостью C_P (4) и индуктивностью полоска L_P (5). Тонкая магнитная пленка (ТМП) (6) размещается непосредственно под полоском L_P (5). Вход амплитудного детектора (7) соединен с резонатором (3), а выход - с операционным усилителем (8). Выход операционного усилителя (8) подключен к компенсационной системе (9), образованной катушкой обратной связи L_{OC} (10) и последовательно включенным сопротивлением обратной связи R_{OC} (11), а также ко входу синхронного детектора (12). Магнитная система (13), состоящая из постоянных магнитов, размещается таким образом, чтобы сформировать постоянное поле смещения $H_{СМ}$ строго вдоль оси трудного намагничивания (ОТН) пленки [Саланский, Н. Физические свойства и применение магнитных пленок / Н. М. Саланский, М. Ш. Ерухимов. - Новосибирск: Наука, - 1975. - 202 с.]. Выход модуляционного генератора (14) ВЧ подключен к модуляционной системе (15), состоящей из модуляционной катушки $L_{МОД}$ (16) и последовательно включенного сопротивления $R_{МОД}$ (17), а также ко входу синхронного детектора (12). ТМП (6) размещена в резонаторе (3) таким образом, что ОТН направлена строго вдоль направления магнитного поля $H_{ВЧ}$, формируемого полоском L_P (5). Катушка обратной связи L_{OC} (10) и модуляционная катушка $L_{МОД}$ (16) размещены таким образом, что формируемые ими поля $H_{КОМП}$ и $H_{МОД}$ направлены строго перпендикулярно ОТН. Постоянная времени цепи обратной связи выбирается таким образом, чтобы эффективно компенсировать низкочастотное измеряемое поле $H_{ИЗМ}$ и не компенсировать высокочастотное модуляционное поле $H_{МОД}$. Направление максимальной чувствительности датчика к измеряемому полю $H_{ИЗМ}$ ортогонально ОТН пленки. Выходной сигнал синхронного детектора (12) является выходным сигналом датчика слабых магнитных полей.

Устройство работает следующим образом. Сигнал малошумящего СВЧ-генератора (1) через разделительную емкость $C_{СВ}$ (2) поступает на резонатор (3), образованный емкостью C_P (4) и индуктивностью полоска L_P (5), формирующего высокочастотное

поле $H_{ВЧ}$ в пленке (6). Частота генератора (1) равна резонансной частоте резонатора (3) и для пермаллоевых пленок нестрикционного состава выбирается в диапазоне 600-800 МГц. Амплитудный детектор (7) измеряет величину амплитудного напряжения на резонаторе. Выходной сигнал амплитудного детектора (7) поступает на операционный усилитель (8), выходной сигнал которого подается на компенсационную систему (9), образованную катушкой обратной связи L_{OC} (10) и сопротивлением обратной связи R_{OC} (11), а также на вход синхронного детектора (12). Поле $H_{КОМП}$, создаваемое катушкой обратной связи L_{OC} (10), совпадает по величине с измеряемым полем $H_{ИЗМ}$ и противоположно ему по направлению, в результате чего в области пленки происходит компенсация измеряемого поля $H_{ИЗМ}$. Магнитная система (13) формирует постоянное поле смещения $H_{СМ}$, направленное строго вдоль ОТН. Сигнал модуляционного генератора (14) высокой частоты поступает на модуляционную систему (15), состоящую из модуляционной катушки $L_{МОД}$ (16) и сопротивления $R_{МОД}$ (17). Модуляционная катушка $L_{МОД}$ (16) формирует модулирующее магнитное поле $H_{МОД}$, направленное перпендикулярно ОТН. Амплитуда модулирующего поля $H_{МОД}$ выше максимальной напряженности измеряемого поля $H_{ИЗМ}$, частота модулирующего поля выше максимальной частоты $H_{ИЗМ}$. На вход синхронного детектора (12) поступают сигналы с выхода операционного усилителя (8) и модуляционного генератора (14) высокой частоты. С выхода синхронного детектора (12) сигнал передается потребителю. Так как поле смещения $H_{СМ}$ направлено строго вдоль ОТН, устройство работает в режиме удвоения частоты и на выходе синхронного детектора при отсутствии поля $H_{ИЗМ}$ сигнал отсутствует (в спектре сигнала нет составляющей с частотой $H_{МОД}$). При появлении поля $H_{ИЗМ}$ происходит смещение рабочей точки датчика и изменение составляющих спектра выходного сигнала - появляется составляющая с частотой $H_{МОД}$, которая детектируется синхронным детектором. В результате чего на выходе устройства появляется сигнал, пропорциональный величине измеряемого поля $H_{ИЗМ}$.

Основным достоинством введения схем модуляции и синхронного детектирования является ослабление эффекта дрейфа нулевого значения (дрейф нуля) на выходе датчика, который выражается в самопроизвольном отклонении выходного напряжения при отсутствии измеряемого сигнала. Экспериментальные исследования заявляемого датчика слабых магнитных полей показали, что по сравнению с устройством аналогичного назначения (прототип) заявляемое устройство обеспечивает меньший дрейф нулевого значения на выходе датчика. Датчик слабых магнитных полей может быть использован в случаях, когда необходимо проводить измерения величины магнитного поля в области частот от постоянной составляющей и до единиц мегагерц.

(57) Формула изобретения

Датчик слабых магнитных полей, содержащий диэлектрическую подложку, на верхней стороне которой нанесен проводник микрополоскового резонатора, а на нижней стороне осаждена тонкая магнитная пленка, покрытая металлическим слоем, магнитную систему, создающую постоянное поле смещения, СВЧ-генератор накачки микрополоскового резонатора, амплитудный детектор, операционный усилитель, компенсационную систему, отличающийся тем, что высокочастотное магнитное поле и постоянное поле смещения направлены строго вдоль оси трудного намагничивания пленки, компенсационное поле и измеряемое поле направлены перпендикулярно оси

трудного намагничивания пленки и дополнительно используется схема синхронного детектирования сигнала, содержащая синхронный детектор, генератор модулирующего поля и модуляционную катушку, поле которой направлено перпендикулярно оси трудного намагничивания пленки.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

1/1

Датчик слабых магнитных полей

