



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G01R 33/60 (2019.02); G01N 24/10 (2019.02)

(21)(22) Заявка: 2018131081, 28.08.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
28.08.2018

Дата регистрации:
19.06.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 28.08.2018

(45) Опубликовано: 19.06.2019 Бюл. № 17

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

(72) Автор(ы):

Беляев Борис Афанасьевич (RU),
Боев Никита Михайлович (RU),
Изотов Андрей Викторович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение "Федеральный
исследовательский центр "Красноярский
научный центр Сибирского отделения
Российской академии наук" (RU)

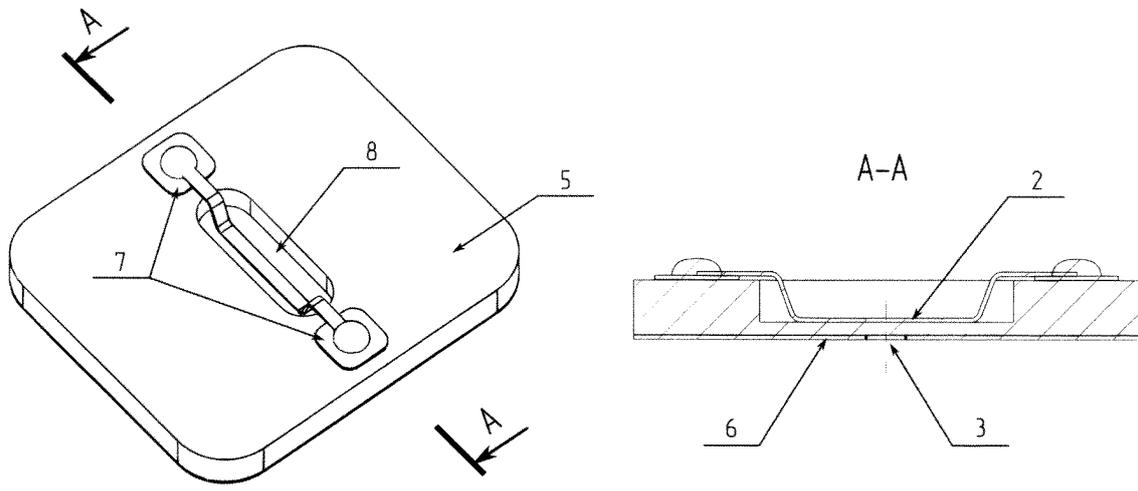
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2634075 C1, 23.10.2017. RU
114159 U1, 10.03.2012. BY 4444 C1, 30.06.2002.
US 20170242091 A1, 24.08.2017. US 3701959
A1, 31.10.1972.

(54) ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ СКАНИРУЮЩЕГО СПЕКТРОМЕТРА ФЕРРОМАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА

(57) Реферат:

Использование: для измерения спектров поглощения тонкопленочных магнитных образцов. Сущность изобретения заключается в том, что устройство содержит корпус, внутри которого на верхней стороне печатной платы размещены СВЧ-генератор и амплитудный детектор, а нижняя сторона служит экраном с измерительным отверстием, над которым

находится отрезок полосковой линии, являющийся индуктивностью резонатора СВЧ-генератора. Технический результат: обеспечение возможности повышения чувствительности более чем на порядок, упрощения конструкции, а также повышения технологичности изготовления и настройки. 3 з.п. ф-лы, 5 ил.



Фиг. 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
G01R 33/60 (2006.01)
G01N 24/10 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
G01R 33/60 (2019.02); G01N 24/10 (2019.02)

(21)(22) Application: **2018131081, 28.08.2018**

(24) Effective date for property rights:
28.08.2018

Registration date:
19.06.2019

Priority:

(22) Date of filing: **28.08.2018**

(45) Date of publication: **19.06.2019** Bull. № 17

Mail address:

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

(72) Inventor(s):

**Belyaev Boris Afanasevich (RU),
Boev Nikita Mikhajlovich (RU),
Izotov Andrej Viktorovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

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

(54) **SENSITIVE ELEMENT OF SCANNING FERROMAGNETIC RESONANCE SPECTROMETER**

(57) Abstract:

FIELD: measuring equipment.

SUBSTANCE: invention can be used to measure absorption spectra of thin-film magnetic samples. Essence of the invention consists in that the device comprises a housing, inside of which on the upper side of the printed circuit board there arranged is a microwave generator and an amplitude detector, and the lower side serves as a screen with a measurement

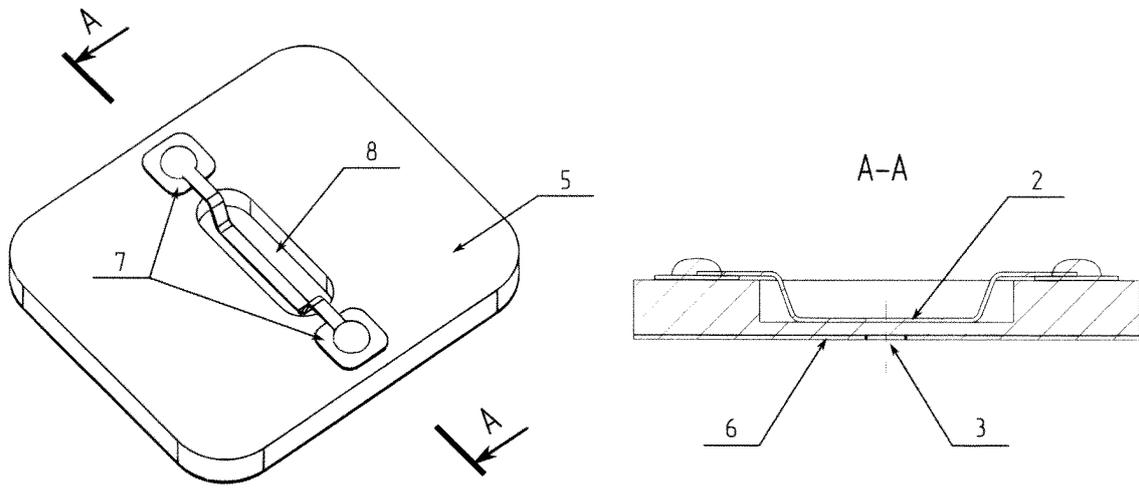
hole, above which there is a section of the strip line, which is the inductance of the microwave generator resonator.

EFFECT: providing the possibility of increasing sensitivity by more than an order, simplifying the design, as well as improving manufacturability and adjustment.

4 cl, 5 dwg

RU 2 691 996 C 1

RU 2 691 996 C 1



Фиг. 2

Изобретение относится к измерительной технике и предназначено для неразрушающего контроля качества и однородности магнитных пленок путем регистрации (записи) спектров ферромагнитного резонанса от локальных участков образцов.

5 Известно устройство [Frait Z., Kambersky V., Malek Z., Ondris M. Local variations of uniaxial anisotropy in thin films // Czechosl. Journ. Phys. 1960. Vol. 10. P. 616-617], для измерения параметров ферромагнитного резонанса от различных локальных участков образца тонкой ферромагнитной пленки. В устройстве в качестве чувствительного
10 элемента используется объемный резонатор на частоте ~ 10 ГГц с колебаниями типа H_{111} , который имеет в центре стенки измерительное отверстие диаметром приблизительно 0.1 мм. Образец тонкой магнитной пленки прикладывается к отверстию с внешней стороны полости резонатора и может вращаться в плоскости. По угловым зависимостям параметров ферромагнитного резонанса определяются основные
15 магнитные характеристики локального участка исследуемой пленки: эффективная намагниченность насыщения, параметр затухания, магнитная анизотропия и некоторые другие. Путем сканирования измерительного отверстия по образцу снимается распределение магнитных характеристик по площади пленки. Чувствительность устройства пропорциональна отношению Q_0/V [Абрагам А., Блини Б. Электронный парамагнитный резонанс переходных ионов. Том I: пер. с англ. М.: Мир, 1972. 651 с.],
20 где Q_0 - добротность резонатора; V - эффективный объем резонатора.

Известен также микроволновый магнитный микроскоп, работающий на частоте ~ 10 ГГц [Sooho R. F. A microwave magnetic microscope // Jour. Appl. Phys., Suppl. 1962. Vol. 33(3). P. 1276-1277], представляющий собой сканирующий спектрометр ферромагнитного
25 резонанса, позволяющий проводить измерение резонансных параметров на локальных участках магнитных пленок, по которым определяются магнитные характеристики этих участков. Исследуемый образец размещается с внешней стороны задней стенки резонатора, имеющей в центре небольшое отверстие, благодаря которому только малый локальный участок образца подвержен непосредственному действию микроволнового
30 поля резонатора. Спектр ферромагнитного резонанса снимается традиционно - путем изменения постоянного магнитного поля, приложенного к образцу ортогонально высокочастотному магнитному полю резонатора. Перемещая образец относительно отверстия в резонаторе, можно измерить распределение магнитных характеристик по площади пленки.

35 Недостатком описанных выше устройств является низкая чувствительность, обусловленная большим объемом измерительного резонатора и, соответственно, малым отношением Q_0/V . Очевидно, что чувствительность этих устройств уменьшается при снижении частоты полого резонатора за счет увеличения его объема. Например, при снижении частоты с 10 до 3 ГГц чувствительность падает больше, чем на порядок.
40 Однако особую важность представляют измерения в диапазоне частот 0.1-6 ГГц [Беляев Б.А., Лексиков А.А., Макиевский И.Я., Тюрнев В.В. Спектрометр ферромагнитного резонанса // ПТЭ. 1997. №3. С. 106-111].

Наиболее близким аналогом по совокупности существенных признаков является чувствительный элемент сканирующего спектрометра ферромагнитного резонанса
45 [Belyaev V.A., Izotov A.V., Leksikov A.A. Local spectrometer of ferromagnetic resonance and magnetic imaging in thin magnetic films // IEEE Sensors Journal. 2005. Vol. 5. №2. P. 260. (прототип)], представляющий собой корпус, внутри которого размещается микрополосковый резонатор с измерительным отверстием, вытравленным в

металлизации его экрана. Микрополосковый резонатор является задающим контуром транзисторного СВЧ-генератора. К выходу генератора подключается амплитудный детектор, с которого снимается сигнал, пропорциональный величине поглощения СВЧ-мощности участком пленки, расположенным под отверстием резонатора. Достоинством конструкции чувствительного элемента является возможность перекрытия диапазона частот от 0.1 до 6 ГГц. Данная конструкция выбрана прототипом заявленного изобретения.

Недостатками конструкции прототипа является низкая чувствительность, а также сложность изготовления и настройки.

Техническим результатом заявляемого изобретения является повышение чувствительности более чем на порядок, упрощение конструкции, а также повышение технологичности изготовления и настройки.

Конструкция чувствительного элемента спектрометра ферромагнитного резонанса позволяет перекрыть диапазон частот от 0.1 до 6 ГГц практически без изменения конструктивных параметров.

Заявляемый технический результат достигается тем, что в чувствительном элементе сканирующего спектрометра ферромагнитного резонанса, содержащем корпус, внутри которого размещены СВЧ-генератор и амплитудный детектор, новым является то, что содержит печатную плату, на верхней стороне которой размещены элементы СВЧ-генератора и амплитудного детектора, а нижняя сторона платы служит экраном с измерительным отверстием, сверху над которым размещен отрезок полосковой линии, являющийся индуктивностью резонатора СВЧ-генератора.

А также тем, что отрезок полосковой линии помещен в несквозной паз на верхней стороне печатной платы и припаян своими концами к контактам.

А также тем, что отрезок полосковой линии вытравлен на слое, находящемся над экраном с измерительным отверстием и на верхней стороне печатной платы расположены контакты для пайки проводников, соединенных с отрезком полосковой линии.

А также тем, что отрезок полосковой линии вытравлен на внутреннем слое, находящемся над экраном с измерительным отверстием, а на верхней стороне печатной платы размещены контакты, соединенные с отрезком полосковой линии несквозными переходными отверстиями.

Сопоставительный анализ с прототипом показывает, что заявляемое устройство отличается наличием печатной платы, на которой размещаются элементы СВЧ-генератора и амплитудного детектора, экран с измерительным отверстием и отрезок полосковой линии. Существенным отличием является размещение сверху над измерительным отверстием на небольшом расстоянии отрезка полосковой линии, являющегося индуктивностью резонатора.

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 чертежами. На фиг. 1 представлена электрическая принципиальная схема чувствительного элемента сканирующего спектрометра ферромагнитного резонанса. На фиг. 2 показана печатная плата с отрезком полосковой линии, размещенным в несквозном пазе. На фиг. 3 изображена многослойная печатная

плата с несквозным пазом и отрезком полосковой линии, вытравленным на одном из слоев. На фиг. 4 представлена многослойная печатная плата с отрезком полосковой линии на внутреннем слое и несквозными переходными отверстиями. На фиг. 5 показан чертеж устройства в целом и чертежи его отдельных частей.

5 Чувствительный элемент сканирующего спектрометра ферромагнитного резонанса содержит (фиг.1) транзисторный СВЧ-генератор (1), индуктивным элементом резонатора которого служит отрезок полосковой линии (2), размещенный над измерительным отверстием (3) и на небольшом расстоянии от него. Диаметр измерительного отверстия определяет размер исследуемой локальной области образца магнитной пленки.

10 Амплитудный детектор (4) своим входом подключен к резонатору СВЧ-генератора (1), а выходной сигнал амплитудного детектора (4) является выходным сигналом устройства. Элементы СВЧ-генератора (1), амплитудного детектора (4) и отрезок полосковой линии (2) размещены (фиг. 2-4) на печатной плате (5). Возможны несколько вариантов изготовления печатной платы (5) и отрезка полосковой линии (2).

15 В первом варианте (фиг. 2) печатная плата (5) изготовлена с экраном (6) на нижней стороне и контактами (7) для пайки отрезка полосковой линии (2) на верхней стороне (для упрощения чертежей на фиг. 2-4 не показаны элементы СВЧ-генератора и амплитудного детектора). По центру экрана размещено измерительное отверстие (3). После изготовления печатной платы (5), на ее верхней стороне (5) сформирован
20 несквозной паз (8), в который помещен отрезок полосковой линии (2), припаянный своими концами к контактам (7).

Во втором варианте (фиг. 3) печатная плата (5) изготовлена с вытравленным отрезком полосковой линии (2) на слое, находящимся над экраном (6) с измерительным отверстием (3). На верхней стороне печатной платы расположены контакты (7) для пайки
25 проводников (9), соединенных с отрезком полосковой линии (2). Доступ к отрезку полосковой линии (2), размещенной на внутреннем слое печатной платы (5), осуществлен через несквозной паз (8).

В третьем варианте (фиг. 4) печатная плата (5) изготовлена с вытравленным отрезком полосковой линии (2) на внутреннем слое, находящемся над экраном (6) с измерительным
30 отверстием (3). На верхней стороне печатной платы (5) размещены контакты (7), соединенные с отрезком полосковой линии (2) несквозными переходными отверстиями (10).

Печатная плата (5) закреплена в экранированном корпусе (11) из немагнитного материала (фиг. 5), электрические соединения выполнены с использованием
35 немагнитного разъема (12), сборка частей осуществлена с применением немагнитного крепежа (13).

Устройство работает следующим образом. Транзисторный СВЧ-генератор (1) возбуждает колебания в резонаторе, индуктивная часть которого выполнена в виде отрезка полосковой линии (2), размещенного над измерительным отверстием (3) в
40 экране (6), образованном металлизацией на нижней поверхности печатной платы (5). Вблизи измерительного отверстия (3) локализуется высокочастотное магнитное поле. Пленочный образец из магнитного материала размещается снаружи резонатора исследуемым участком к измерительному отверстию (6). Высокочастотное магнитное поле воздействует на локальную область исследуемого образца. При развертке
45 постоянного магнитного поля, ортогонального направлению высокочастотного поля, происходит поглощение электромагнитной энергии образцом в условиях ферромагнитного резонанса, что приводит к изменению амплитуды колебаний генератора, фиксируемого амплитудным детектором (4). Выходной сигнал амплитудного

детектора (4), пропорциональный величине поглощения СВЧ-мощности образцом, через немагнитный разъем (12) поступает в блок обработки сигналов спектрометра ферромагнитного резонанса. За счет малого расстояния между измерительным отверстием и отрезком полосковой линии, а также за счет высокой добротности резонатора СВЧ-генератора удастся существенно повысить отношение Q_0/V и, следовательно, увеличить чувствительность устройства. Элементы СВЧ-генератора (1) и амплитудного детектора (4) размещены на печатной плате (5), закрепленной в немагнитном корпусе (11), выполняющем роль электромагнитного экрана.

Экспериментальные исследования заявленного чувствительного элемента сканирующего спектрометра ферромагнитного резонанса показали увеличение чувствительности более чем в 10 раз по сравнению с известным устройством (прототипом). Кроме того, заявленное устройство является более простым и технологичным в изготовлении и в настройке. Конструкция чувствительного элемента сканирующего спектрометра ферромагнитного резонанса позволяет перекрыть диапазон частот от 0.1 до 6 ГГц практически без изменения конструктивных параметров.

(57) Формула изобретения

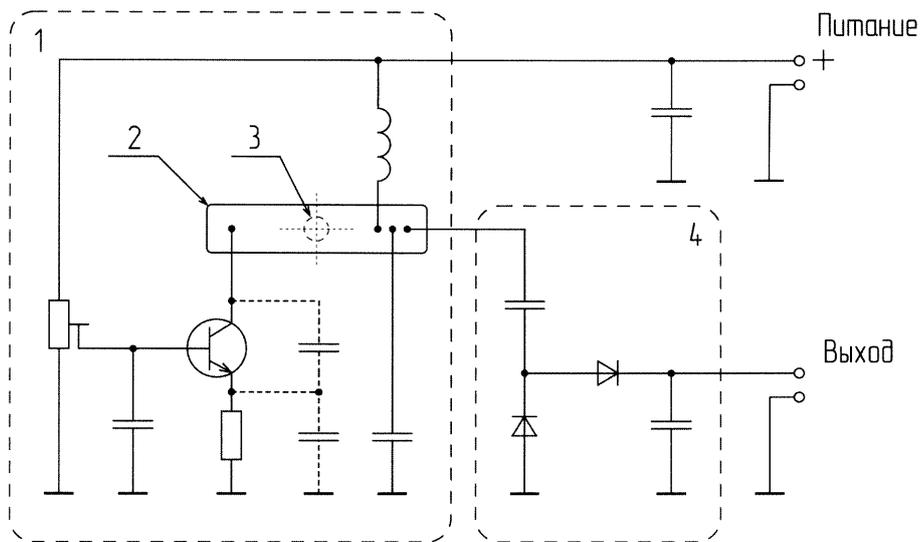
1. Чувствительный элемент сканирующего спектрометра ферромагнитного резонанса, содержащий корпус, внутри которого размещены СВЧ-генератор и амплитудный детектор, отличающийся тем, что содержит печатную плату, на верхней стороне которой размещены элементы СВЧ-генератора и амплитудного детектора, а нижняя сторона платы служит экраном с измерительным отверстием, сверху над которым размещен отрезок полосковой линии, являющийся индуктивностью резонатора СВЧ-генератора.

2. Чувствительный элемент по п. 1, отличающийся тем, что отрезок полосковой линии помещен в несквозной паз на верхней стороне печатной платы и припаян своими концами к контактам.

3. Чувствительный элемент по п. 1, отличающийся тем, что отрезок полосковой линии вытравлен на слое, находящемся над экраном с измерительным отверстием, и на верхней стороне печатной платы расположены контакты для пайки проводников, соединенных с отрезком полосковой линии.

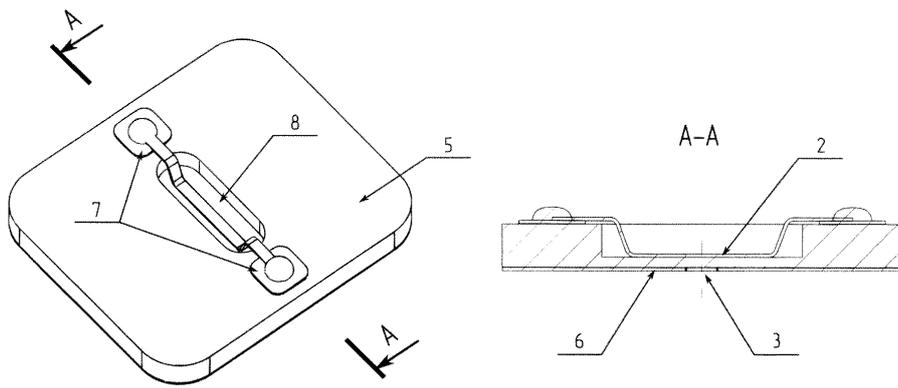
4. Чувствительный элемент по п. 1, отличающийся тем, что отрезок полосковой линии вытравлен на внутреннем слое, находящемся над экраном с измерительным отверстием, а на верхней стороне печатной платы размещены контакты, соединенные с отрезком полосковой линии несквозными переходными отверстиями.

Чувствительный элемент сканирующего спектрометра ферромагнитного резонанса



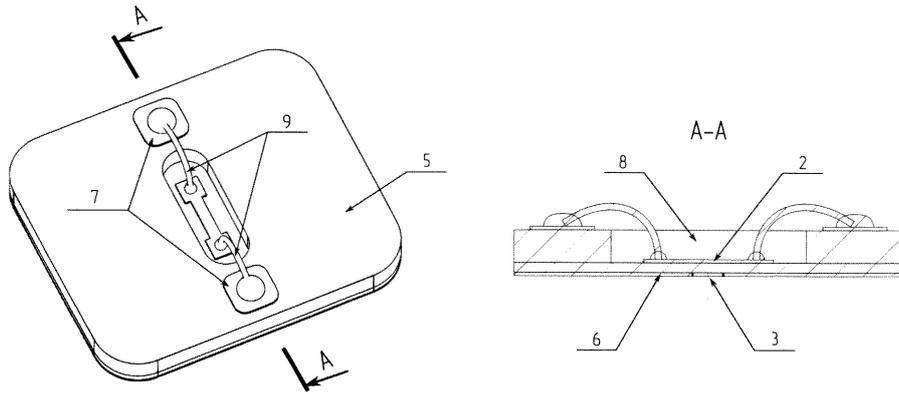
Фиг. 1

Чувствительный элемент сканирующего
спектрометра ферромагнитного резонанса



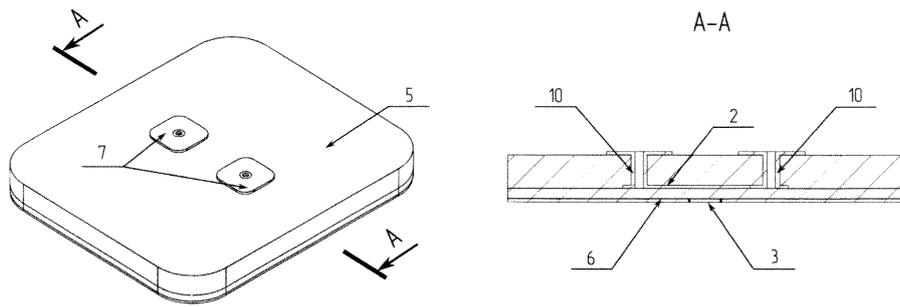
Фиг. 2

Чувствительный элемент сканирующего
спектрометра ферромагнитного резонанса



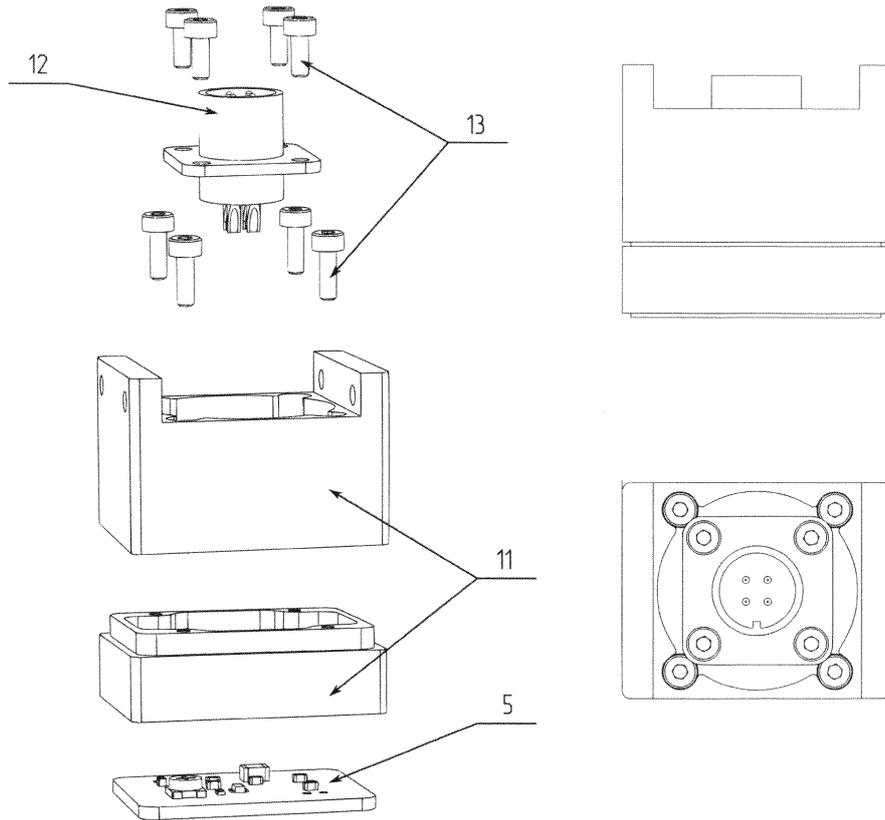
Фиг. 3

Чувствительный элемент сканирующего
спектрометра ферромагнитного резонанса



Фиг. 4

Чувствительный элемент сканирующего
спектрометра ферромагнитного резонанса



Фиг. 5