



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
*G01R 33/14 (2020.08)*

(21)(22) Заявка: 2020113968, 03.04.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
03.04.2020

Дата регистрации:  
24.11.2020

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 03.04.2020

(45) Опубликовано: 24.11.2020 Бюл. № 33

Адрес для переписки:

660036, г. Красноярск, ул. Академгородок, 50,  
стр. 38, ИФ СО РАН, отдел патентной и  
изобретательской работы

(72) Автор(ы):

Беляев Борис Афанасьевич (RU),  
Клешнина Софья Андреевна (RU),  
Боев Никита Михайлович (RU),  
Изотов Андрей Викторович (RU),  
Горчаковский Александр Антонович (RU),  
Шабанов Дмитрий Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
научное учреждение "Федеральный  
исследовательский центр "Красноярский  
научный центр Сибирского отделения  
Российской академии наук" (ФИЦ КНЦ СО  
РАН, КНЦ СО РАН) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: SU 386357 A1, 14.06.1973. SU 386355  
A1, 14.06.1973. SU 1320782 A1, 30.06.1987. RU  
183446 U1, 24.09.2018. US 4816761 A1, 28.03.1989.

(54) Петлескоп для исследования тонких магнитных пленок

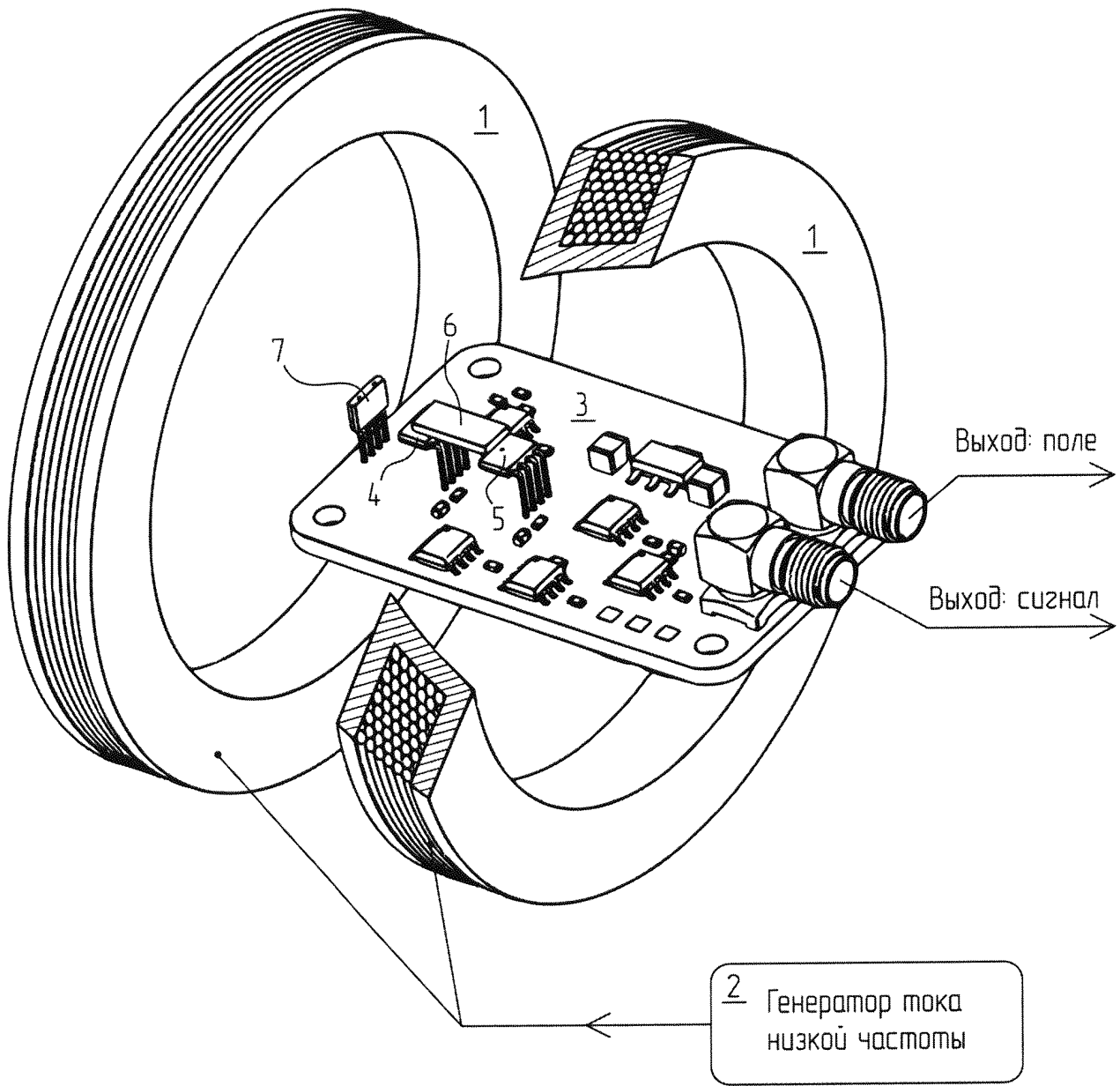
(57) Реферат:

Изобретение относится к измерительной технике и предназначено для регистрации петель гистерезиса тонких ферромагнитных образцов. Устройство содержит систему формирования перемещающего поля, осциллограф для наблюдения петли гистерезиса и регистрации ее параметров, новым является то, что в качестве чувствительного элемента используются два датчика Холла, расположенные под исследуемым образцом тонкой магнитной пленки таким образом, что их оси максимальной чувствительности ориентированы

перпендикулярно направлению перемещающего поля и перпендикулярно плоскости тонкой магнитной пленки, причем сигнал одного из датчиков Холла инвертируется и суммируется с сигналом второго датчика Холла, а третий, дополнительный датчик Холла, используется для измерения величины перемещающего поля. Техническим результатом заявленного решения является упрощение конструкции петлескопа для тонких магнитных пленок. 2 ил.

RU 2 737 030 C1

RU 2 737 030 C1



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*G01R 33/14 (2020.08)*

(21)(22) Application: **2020113968, 03.04.2020**

(24) Effective date for property rights:  
**03.04.2020**

Registration date:  
**24.11.2020**

Priority:

(22) Date of filing: **03.04.2020**

(45) Date of publication: **24.11.2020 Bull. № 33**

Mail address:

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

(72) Inventor(s):

**Belyaev Boris Afanasevich (RU),  
Kleshnina Sofya Andreevna (RU),  
Boev Nikita Mikhajlovich (RU),  
Izotov Andrej Viktorovich (RU),  
Gorchakovskij Aleksandr Antonovich (RU),  
Shabanov Dmitrij Aleksandrovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe  
nauchnoe uchrezhdenie "Federalnyj  
issledovatel'skij tsentr "Krasnoyarskij nauchnyj  
tsentr Sibirskogo otdeleniya Rossijskoj akademii  
nauk" (FITS KNTS SO RAN, KNTS SO RAN)  
(RU)**

(54) **HYSTERESIS LOOP METER FOR STUDY OF THIN MAGNETIC FILMS**

(57) Abstract:

FIELD: measuring equipment.

SUBSTANCE: invention relates to measurement equipment and is intended for detection of hysteresis loops of thin ferromagnetic samples. Device comprises a reverse magnetization field generating system, an oscillograph for observing a hysteresis loop and recording its parameters, novel is that two Hall sensors are used as a sensitive element, located under the analyzed sample of the thin magnetic film so that their maximum sensitivity axes are oriented perpendicular

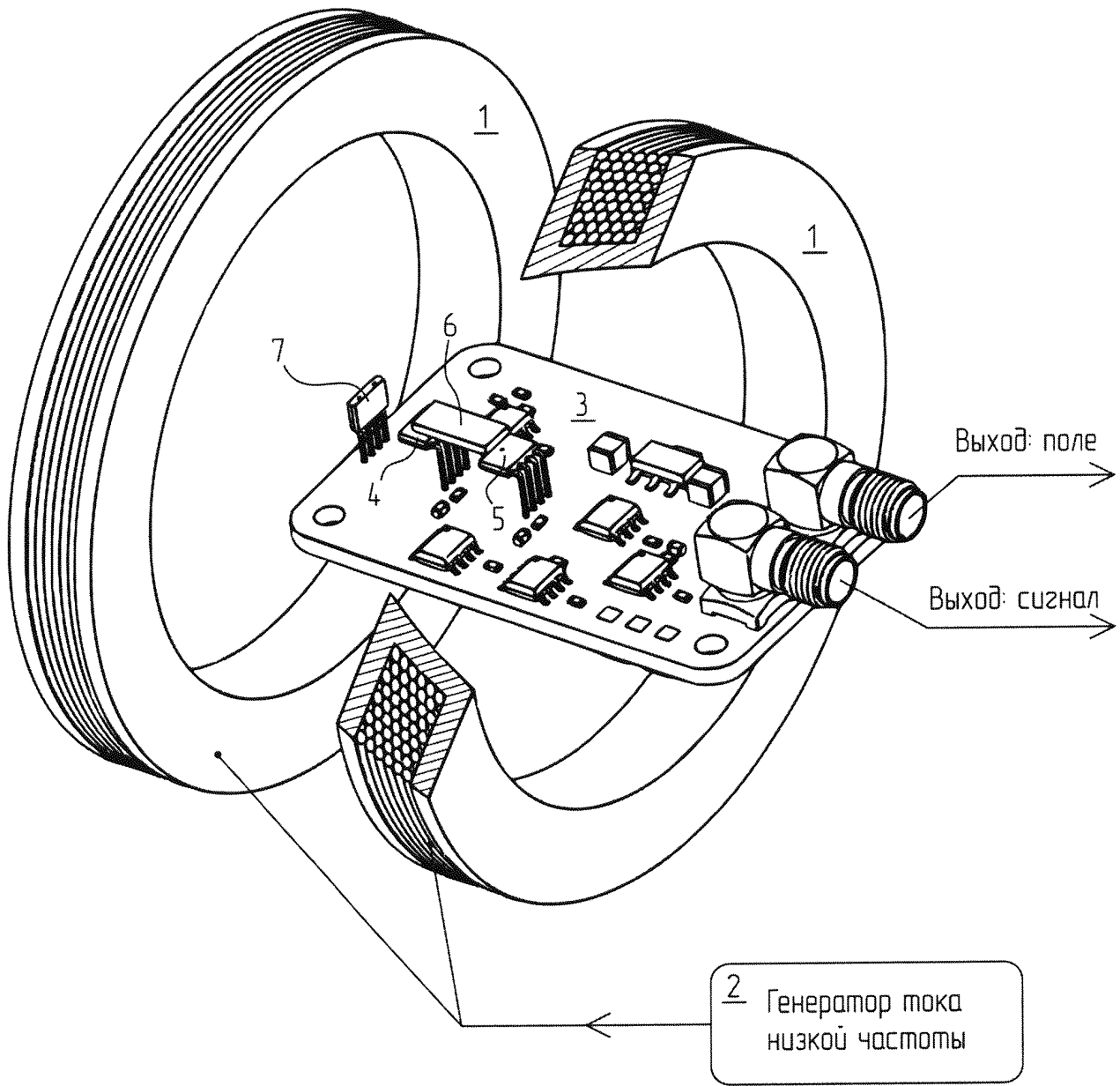
to the direction of the reverse magnetization field and perpendicular to the plane of the thin magnetic film, wherein signal of one of Hall sensors is inverted and summed with signal of second Hall sensor, and third, additional Hall sensor is used for measurement of reverse magnetization field value.

EFFECT: simplified hysteresis loop meter design for thin magnetic films.

1 cl, 2 dwg

RU 2 737 030 C1

RU 2 737 030 C1



Фиг. 1

Изобретение относится к измерительной технике и предназначено для регистрации петель гистерезиса тонких ферромагнитных образцов.

Известен метод осциллографирования петель гистерезиса тонких магнитных пленок (петлескоп) [Суку, Р. Магнитные тонкие пленки. - М.: Мир, 1967, стр. 205]. Петлескоп 5 представляет собой прибор, с помощью которого на экране осциллографа можно наблюдать зависимость магнитного момента образца от приложенного к нему магнитного поля. Прибор состоит из генератора сигналов звуковых частот, подключенного через усилитель мощности и измерительное сопротивление к намагничивающей паре катушек Гельмгольца. Снимаемый с измерительного 10 сопротивления сигнал подается на вход горизонтальной развертки осциллографа. Внутри катушек Гельмгольца симметрично располагают измерительную и компенсирующую катушки, причем непосредственно вблизи измерительной катушки размещают исследуемый образец. В измерительной катушке наводится напряжение даже в отсутствие пленки, поэтому для его компенсации измерительную катушку 15 включают встречно с компенсационной катушкой, которая находится вдали от исследуемого образца. Для облегчения компенсации напряжения помехи предусматривается возможность регулировки положения и ориентации компенсирующей и измерительной катушек. Дополнительная пара колец Гельмгольца располагается горизонтально и предназначена для компенсации магнитного поля Земли. Сигнал от 20 встречно включенных компенсирующей катушки и измерительной катушки подается на интегратор, выход которого соединен со входом вертикальной развертки осциллографа. Исследуемый образец размещают вблизи измерительной катушки. Петлю гистерезиса наблюдают на экране осциллографа. Горизонтальную шкалу осциллографа калибруют в единицах поля, а вертикальную шкалу калибруют по «эталонному» образцу 25 с известным значением магнитного момента. Магнитные характеристики исследуемого тонкопленочного образца, такие как намагниченность насыщения, остаточная намагниченность, коэрцитивная сила и поле магнитной анизотропии, определяют из параметров петли гистерезиса.

Наиболее близким аналогом по совокупности существенных признаков является 30 устройство для измерения магнитных свойств тонких ферромагнитных образцов [Авт. св-во СССР, №386357, МПК G01R 33/14, опубл. 14.06.1973, бюл. №26 (прототип)]. Устройство содержит источник переменного магнитного поля, измерительную обмотку, рядом с которой располагают исследуемый образец, и подключенную через усилитель и интегратор к каналу вертикального отклонения осциллографа. Канал горизонтального 35 отклонения осциллографа подключен к источнику переменного магнитного поля. В процессе работы устройства переменное магнитное поле источника переманичивает исследуемый образец, в результате чего в измерительной обмотке наводится э.д.с., являющаяся сигналом переманичивания, поступающий последовательно на усилитель, а затем на интегратор. Проинтегрированный сигнал, пропорциональный магнитному 40 потоку исследуемого образца, поступает на канал вертикального отклонения осциллографа. В результате на экране осциллографа наблюдают процесс переманичивания - петлю гистерезиса, по параметрам которой определяют магнитные характеристики тонкопленочного образца.

Общим недостатком известной конструкции петлескопа и устройства-прототипа 45 является их сложность, заключающаяся в необходимости изготовления многовитковых малогабаритных катушек чувствительного элемента; в сложности реализации интегрирующего устройства; в необходимости создания специального источника переманичивающего поля.

Техническим результатом заявленного решения является упрощение конструкции петлескопа для тонких магнитных пленок.

Заявляемый технический результат достигается тем, что в петлескопе для исследования тонких магнитных пленок, содержащем систему формирования перемагничивающего поля, осциллограф для наблюдения петли гистерезиса и регистрации ее параметров, новым является то, что в качестве чувствительного элемента используются два датчика Холла, расположенные под исследуемым образцом тонкой магнитной пленки таким образом, что их оси максимальной чувствительности ориентированы перпендикулярно направлению перемагничивающего поля и перпендикулярно плоскости тонкой магнитной пленки, причем сигнал одного из датчиков Холла инвертируется и суммируется с сигналом второго датчика Холла, а третий, дополнительный датчик Холла, используется для измерения величины перемагничивающего поля.

Сопоставительный анализ с прототипом показывает, что заявляемое устройство отличается использованием датчиков Холла в качестве чувствительных элементов вместо многовитковых катушек. Существенным отличием заявляемой конструкции в этом случае является отсутствие интегратора напряжения. Другим существенным отличием является измерение величины перемагничивающего поля дополнительным, встроенным третьим датчиком Холла, что позволяет использовать в петлескопе любые внешние источники переменного магнитного поля.

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 изображена конструкция петлескопа для исследования тонких магнитных пленок. На фиг. 2 показан печатный узел устройства с чувствительными элементами и образцом тонкой магнитной пленки.

Петлескоп для исследования тонких магнитных пленок содержит (фиг. 1) кольца Гельмгольца (1), подключенные к выходу генератора (2) тока низкой частоты. Внутри колец Гельмгольца (1) располагается печатная плата (3) с установленными на ней радиокомпонентами и чувствительными элементами: первым датчиком Холла (4) и вторым датчиком Холла (5), размещенными под исследуемым образцом тонкой магнитной пленки (6). Также на печатной плате (3) установлен дополнительный датчик Холла (7), используемый для измерения величины намагничивающего поля, создаваемого кольцами Гельмгольца (1). Выход этого датчика Холла (7) подключен (фиг 2) ко входу операционного усилителя (8), на основе которого реализован фильтр нижних частот с единичным коэффициентом усиления в полосе пропускания. Выход операционного усилителя (8) подключен к выходному разъему (9), подключаемому к каналу горизонтальной развертки внешнего запоминающего осциллографа или регистратора. Выход первого датчика Холла (4) подключен к операционному усилителю (10), реализующему функцию повторителя сигнала, выход которого в свою очередь подключен ко входу операционного усилителя (11), выполняющего роль инвертора напряжения. Выход операционного усилителя (11) подключен к первому входу операционного усилителя (12), на основе которого реализован сумматор сигналов с фильтром нижних частот. Выход второго датчика Холла (5) подключен ко входу операционного усилителя (13), выполняющего роль повторителя сигнала, выход

которого в свою очередь подключен ко второму входу сумматора - операционного усилителя (12). Выход суммирующего операционного усилителя (12) подключен к выходному разъему (14), который подключают к каналу вертикальной развертки внешнего запоминающего осциллографа или регистратора.

5 На дополнительном виде А (фиг. 2) показаны оси чувствительности датчиков Холла. Датчик Холла (7), предназначенный для измерения величины намагничивающего поля, расположен таким образом, чтобы ось его максимальной чувствительности находилась в горизонтальной плоскости - параллельно с осью колец Гельмгольца (1). Датчики Холла (4) и (5) размещены таким образом, чтобы оси их максимальной чувствительности  
10 находились в вертикальной плоскости и, одновременно, максимально близко к краям исследуемого образца тонкой магнитной пленки.

Устройство работает следующим образом. Сигнал от генератора тока низкой частоты (2) (фиг. 1) поступает на кольца Гельмгольца (1), создающие переменное магнитное поле. Внутри колец Гельмгольца (1) размещена печатная плата (3) с радиокомпонентами,  
15 в том числе с датчиками Холла (4), (5) и (7). Направление переменного магнитного поля, создаваемого кольцами Гельмгольца (1) (фиг. 2), совпадает с направлением максимальной чувствительности вертикально расположенного датчика Холла (7), выходной сигнал с которого поступает на операционный усилитель (8), выполняющий функции фильтра нижних частот, а затем на выходной разъем (9). Таким образом,  
20 сигнал на выходном разъеме (9) прямо пропорционален величине перемагничиваемого исследуемого образца (6) магнитного поля. С разъема (9) сигнал поступает на вход горизонтальной развертки запоминающего осциллографа или регистратора. Датчики Холла (4) и (5) расположены таким образом, что оси их максимальной чувствительности ориентированы перпендикулярно направлению магнитного поля развертки,  
25 создаваемого кольцами Гельмгольца (1). Таким образом, при отсутствии исследуемого образца (6) сигналы на выходах датчиков Холла (4) и (5) не наблюдаются. Исследуемый образец (6) тонкой магнитной пленки размещают симметрично сверху над горизонтально расположенными датчиками Холла (4) и (5). При перемагничивании исследуемого образца (6) появляется вертикальная составляющая вектора магнитной индукции,  
30 регистрируемая датчиками Холла (4) и (5). При симметричном расположении однородного исследуемого образца (6) тонкой магнитной пленки над датчиками Холла (4) и (5) на их выходах появляются сигналы, равные по модулю и противоположные по знаку. Выходной сигнал датчика (4) Холла поступает последовательно на операционные усилители (10), (11) и (12), выполняющие роль повторителя напряжения,  
35 фильтра нижних частот и сумматора соответственно. Выходной сигнал с датчика Холла (5) поступает последовательно на операционные усилители (13) и (12), выполняющие роль повторителя напряжения и сумматора, соответственно. Таким образом, на входах сумматора - операционного усилителя (12) подаются противофазные полезные сигналы, которые складываются по модулю и подаются на выходной разъем (14). С разъема  
40 (14) сигнал поступает на вход вертикальной развертки запоминающего осциллографа или регистратора. На экране осциллографа наблюдают петлю гистерезиса, по которой определяют основные магнитные характеристики исследуемого образца (6).

Экспериментальные исследования заявляемого петлескопа для исследования тонких магнитных пленок показали, что по сравнению с устройством аналогичного назначения  
45 (прототип) заявляемое устройство значительно проще в изготовлении, так как в нем отсутствуют многовитковые катушки чувствительного элемента, отсутствует блок интегрирования сигнала, а для создания перемагничивающего поля могут использоваться любые внешние источники переменного магнитного поля.

Петлескоп для исследования тонких магнитных пленок может использоваться в случаях, когда существует потребность измерения по петле гистерезиса таких физических параметров тонкопленочных образцов, как магнитный момент, намагниченность насыщения, остаточный магнитный момент, остаточная намагниченность, коэрцитивная сила, поле магнитной анизотропии.

(57) Формула изобретения

Петлескоп для исследования тонких магнитных пленок, содержащий систему формирования перемагничивающего поля, осциллограф для наблюдения петли гистерезиса и регистрации ее параметров, отличающийся тем, что в качестве чувствительного элемента используются два датчика Холла, расположенные под исследуемым образцом тонкой магнитной пленки таким образом, что их оси максимальной чувствительности ориентированы перпендикулярно направлению перемагничивающего поля и перпендикулярно плоскости тонкой магнитной пленки, причем сигнал одного из датчиков Холла инвертируется и суммируется с сигналом второго датчика Холла, а третий, дополнительный датчик Холла, используется для измерения величины перемагничивающего поля.

20

25

30

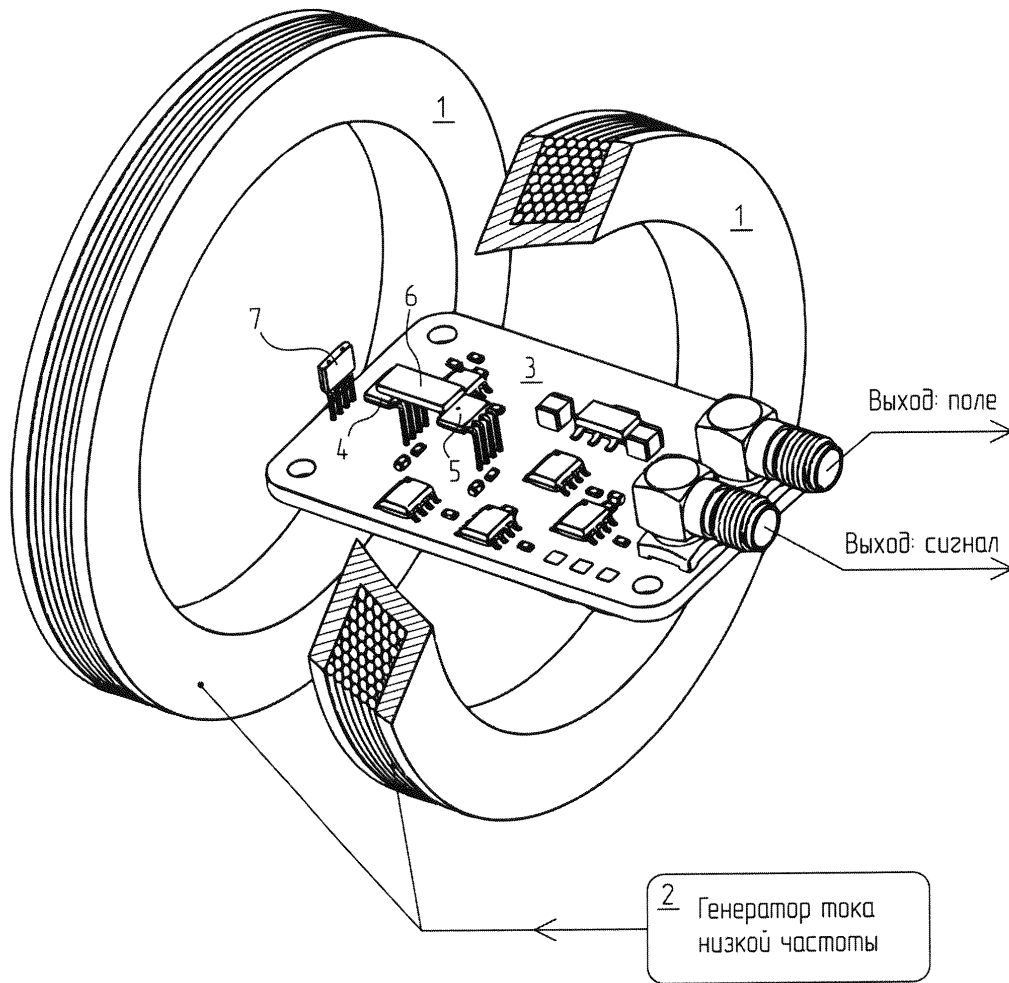
35

40

45

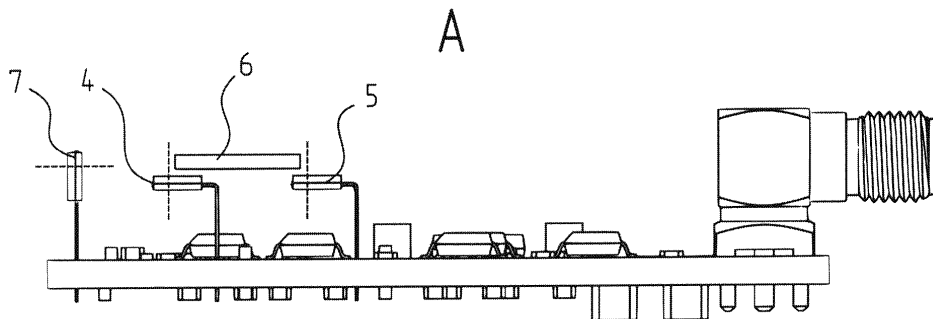
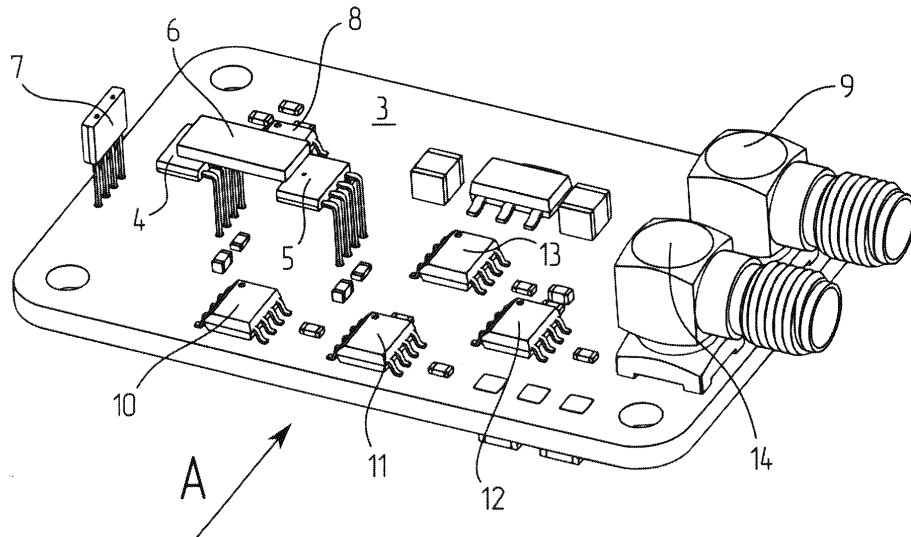


1



Фиг. 1

2



Фиг. 2