РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** (11) **2 832 430**(13) **C1**

(51) МПК
H04R 15/00 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
H04R 15/00 (2024.08)

(21)(22) Заявка: **2024114853, 30.05.2024**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
30.05.2024

Дата регистрации:
24.12.2024

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: **30.05.2024**

(45) Опубликовано: **24.12.2024** Бюл. № **36**

Адрес для переписки:
196128, Санкт-Петербург, ул.Варшавская, 23, к. 2, кв. 527, Косьева Елена Александровна

(72) Автор(ы):
Соломенчук Павел Валентинович (RU),
Сясько Владимир Александрович (RU),
Ивкин Антон Евгеньевич (RU),
Ступин Сергей Сергеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Общество с ограниченной ответственностью "КОНСТАНТА" (ООО "КОНСТАНТА") (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **US 2013069639 A1, 21.03.2013. US 10181371 B1, 15.01.2019. US 2016238564 A1, 18.08.2016. Lili Pan, Yali Xie, Huali Yang, Mengchao Li, Xilai Bao, Jie Shang and Run-Wei Li, Flexible Magnetic Sensors, Sensors, 2023, pp. 1-27. SU 1716322 A1, 28.02.1992.**

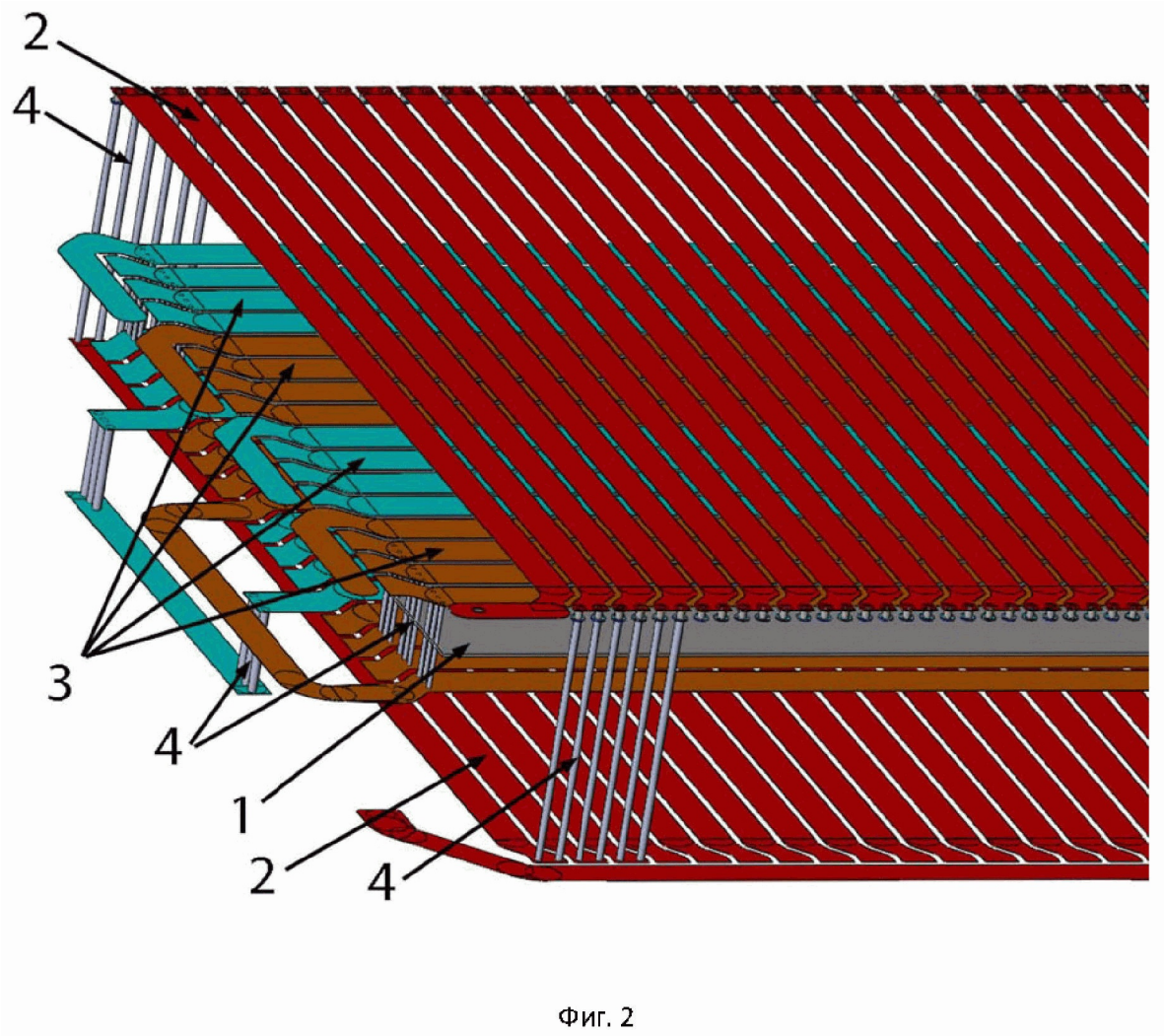
(54) СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МАГНИТОСТРИКЦИОННОГО АКУСТИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

(57) Реферат:

Использование: для изготовления магнитострикционного акустического преобразователя. Сущность изобретения заключается в том, что изготавливают магнитострикционную пластину, размещают на упомянутой пластине обмотки возбуждения и намагничивания, при этом обмотки возбуждения и намагничивания формируют печатными проводниками по меньшей мере одной гибкой печатной платы, при этом магнитострикционную пластину размещают с возможностью прилегания и крепления к поверхности упомянутой по меньшей мере одной гибкой печатной платы, причем печатные проводники расположены на разных слоях по меньшей мере двухслойной гибкой печатной платы, при этом печатные проводники на разных слоях соединяются друг с другом с помощью металлизированных отверстий, а печатные проводники на разных печатных платах соединяются с помощью пайки расположенных напротив друг друга контактных площадок, расположенных на разных печатных платах, при этом печатные проводники упомянутых обмоток возбуждения и намагничивания, размещенные на разных электропроводящих слоях гибкой печатной платы, соединяют между собой с образованием замкнутого контура обмоток возбуждения и намагничивания вокруг магнитострикционной пластины. Технический результат: повышение эффективности изготовления магнитострикционного акустического преобразователя для неразрушающего контроля. 3 ил.

RU 2832430 C1

RU 2832430 C1



Фиг. 2

RU 2832430 C1

RU 2832430 C1

RUSSIAN FEDERATION

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 832 430**(13) **C1**

(51) Int. Cl.
H04R 15/00 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC
H04R 15/00 (2024.08)

(21)(22) Application: **2024114853, 30.05.2024**

(24) Effective date for property rights:
30.05.2024

Registration date:
24.12.2024

Priority:
(22) Date of filing: **30.05.2024**

(45) Date of publication: **24.12.2024** Bull. № **36**

Mail address:
196128, Sankt-Peterburg, ul.Varshavskaya, 23, k. 2, kv. 527, Koseva Elena Aleksandrovna

(72) Inventor(s):
Solomenchuk Pavel Valentinovich (RU),
Siasko Vladimir Aleksandrovich (RU),
Ivkin Anton Evgenevich (RU),
Stupin Sergei Sergeevich (RU)

(73) Proprietor(s):
Obshchestvo s ogranichennoi otvetstvennostiu «KONSTANTA» (OOO «KONSTANTA») (RU)

RU 2832430 C1

(54) METHOD OF MAKING MAGNETOSTRICTIVE ACOUSTIC TRANSDUCER FOR NONDESTRUCTIVE TESTING

(57) Abstract:

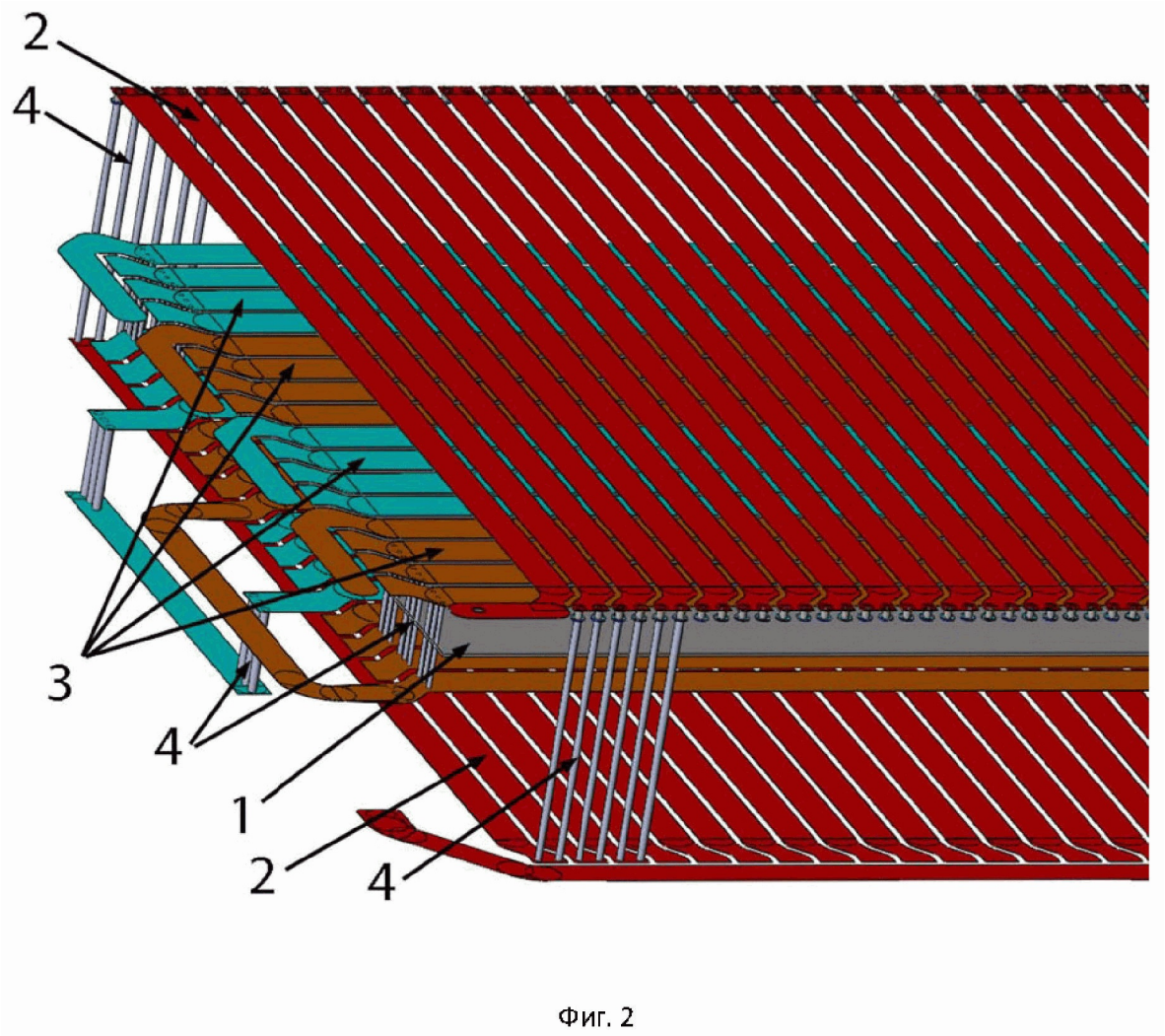
FIELD: acoustic electromechanical transducers.

SUBSTANCE: invention can be used for production of magnetostrictive acoustic transducer. Essence of the invention consists in the fact that a magnetostrictive plate is made, excitation and magnetisation windings are placed on said plate, wherein the excitation and magnetisation windings are formed by the printed conductors of the at least one flexible printed circuit board, wherein the magnetostrictive plate is arranged to abut and attach to the surface of said at least one flexible printed circuit board, wherein printed conductors are located on different layers of at least two-layer flexible printed circuit board, wherein printed conductors on different layers are connected to each other by means of plated holes, and printed conductors on different printed circuit boards are connected by soldering opposite each other contact pads located on different printed circuit boards, wherein printed conductors of said excitation and magnetisation windings arranged on different electroconductive layers of flexible printed-circuit board are interconnected to form a closed circuit of excitation and magnetisation windings around magnetostrictive plate.

EFFECT: high efficiency of making a magnetostrictive acoustic transducer for non-destructive testing.

1 cl, 3 dwg

RU 2832430 C1



Фиг. 2

RU 2832430 C1

Настоящее изобретение относится к области неразрушающего контроля, а именно, к способам изготовления магнитострикционных акустических преобразователей, используемых для выявления внутренних дефектов протяженных объектов, в частности, трубопроводов, в режиме постоянного мониторинга [G01N 29/04].

Из уровня техники известны СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ИЗ ФЕРРОМАГНИТНОЙ ПЛАСТИНЫ [US7573261B1, опубл. 11.08.2009]. В известном устройстве постоянное магнитное поле создается в магнитострикционной пластине путем приложения напряжения к обмотке намагничивания, намотанной вокруг короткой оси магнитострикционной пластины. Во вторую обмотку, намотанную вокруг продольной оси магнитострикционной пластины, подается импульс переменного тока. Этот импульс переменного тока генерирует в магнитострикционной пластине импульс переменного магнитного поля, причем импульс переменного магнитного поля параллелен короткой оси и перпендикулярен длинной оси пластины. Приложение импульса переменного магнитного поля к постоянному магнитному полю создает акустическую волну внутри магнитострикционной пластины. Акустическая волна распространяется вдоль короткой оси магнитострикционной пластины и перпендикулярно постоянному магнитному полю. Акустическая волна передается от магнитострикционной пластины в объект контроля, и при наличии дефектов в объекте контроля будет отражаться от дефектов, а отраженные акустические волны будут приниматься магнитострикционной пластиной, преобразовываться обмоткой возбуждения в электрический сигнал и обрабатываться для определения размера и местоположения дефектов.

Для изготовления известного устройства на магнитострикционную пластину необходимо смонтировать обмотки посредством наматывания проводов вручную либо машинной намоткой. Недостатками наматывания обмотки вручную являются низкая повторяемость, низкая точность, трудоемкость, высокая цена единицы продукции; недостатками машинной намотки - сложное специализированное оборудование, высокая цена подготовки производства, невысокая точность. В любом случае, при намотке провода на магнитострикционную пластину образуются значительные зазоры между проводом и пластиной (из-за изоляции провода, изоляции пластины, укладки проводов), что снижает эффективность преобразования энергии магнитного поля в акустические волны. Для возбуждения такого акустического преобразователя требуется мощный источник возбуждения и относительно толстые провода обмоток. Кроме этого, обмотки известного устройства не защищены от случайного повреждения.

Решение технических проблем прилегания проводов магнитострикционного преобразователя к объекту контроля и обеспечения защиты намоток от повреждений предложено в документе US20140253110A1 [опубл. 11.09.2014], раскрывающем МАГНИТОСТРИКЦИОННЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ С ГОФРИРОВАННОЙ МАГНИТОСТРИКЦИОННОЙ ПЛАСТИНОЙ, содержащий магнитострикционную пластину с множеством параллельных гофр по всей ширине. Первая обмотка из проводов намотана вокруг пластины по ее ширине и по всей ее длине, так что части провода с нижней поверхности пластины расположены внутри гофр, а части проводов, обернутые по верхней поверхности пластины, находятся между гофрами. Преобразователь также имеет вторую обмотку, обернутую вокруг длины пластины либо непосредственно вокруг трубопровода.

Также, решение технической проблемы прилегания проводов магнитострикционного преобразователя к объекту контроля предложено в документе US8941287B2 [опубл.

27.01.2015], раскрывающем СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДОЛГОСРОЧНОГО МОНИТОРИНГА ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УПРАВЛЯЕМЫХ ВОЛН, причем известное устройство содержит электромеханическое устройство с измерительной поверхностью, генерирующее управляемые волны; связующее вещество, расположенное на измерительной поверхности и выполненное с возможностью взаимодействия с поверхностью объекта мониторинга, при этом указанное связующее вещество смягчается при повышении температуры и затвердевает с охлаждением, чтобы обеспечить связь между указанным электромеханическим устройством и указанным объектом мониторинга; нагревательный элемент для нагрева и смягчения указанного связующего вещества; зажим для удержания указанной измерительной поверхности относительно объекта мониторинга и нагревательного элемента относительно связующего вещества.

Вместе с тем, изготовление упомянутых выше известных устройств также характеризуется образованием зазоров между проводом и пластиной при намотке провода на магнитострикционную пластину, что снижает эффективность преобразования энергии магнитного поля в акустические волны.

Решение упомянутой выше технической проблемы образования зазоров может быть обеспечено посредством использования при изготовлении магнитострикционных преобразователей вместо проводов проводников печатных плат.

Из уровня техники известна СИСТЕМА МАГНИТОСТРИКЦИОННОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО УПРАВЛЯЕМОГО ВОЛНОВОГО СКАНЕРА СРЕДНЕГО ДИАПАЗОНА [US10119942B2, опубл. 18.08.2016], включающая в себя магнитострикционный сканерный зонд, магнитострикционную пластину, по крайней мере один магнит и процессор. Магнитострикционный зонд сканера включает в себя корпус зонда для поддержки по крайней мере одной гибкой обмотки преобразователя и кодировщика положения. Магнитострикционная пластина сконфигурирована для соединения со структурой, и по крайней мере один магнит выполнен с возможностью генерации постоянной намагниченности в магнитострикционной пластине. Процессор настроен так, чтобы вызвать переменный ток, который будет генерироваться по крайней мере в одной гибкой обмотки преобразователя, чтобы вызвать переменную намагниченность в указанной магнитострикционной пластине перпендикулярно указанной постоянной намагниченности для генерации энергии управляемой волны сдвига в указанной структуре, и обрабатывать отраженную энергию управляемой волны, полученную по крайней мере одной гибкой обмоткой преобразователя, когда зонд перемещается относительно указанной структуры для создания по крайней мере одного двумерного изображения области указанной структуры.

Недостатком аналога является невозможность использования известной системы для постоянного мониторинга протяженного объекта, в частности, трубы, по всей его длине по причине конструктивных особенностей известной системы, содержащей подвижные элементы, перемещаемые вдоль магнитострикционной пластины в режиме периодического сканирования, благодаря чему в магнитострикционной пластине всегда есть два ограничивающих сектор контроля полюса намагничивания, за счет чего в известной системе обеспечивается возможность подмагничивания магнитострикционной пластины приставным постоянным магнитом.

Наиболее близким по технической сущности является ГИБКИЙ ПЛАСТИНЧАТЫЙ МАГНИТОСТРИКЦИОННЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КОНСТРУКЦИЙ ПОСРЕДСТВОМ УПРАВЛЯЕМЫХ ВОЛН [US7913562B2, 29.03.2011], предназначенный для использования на плоских и/или изогнутых конструкционных поверхностях для объемного контроля конструкции посредством

управляемых волн. Известный преобразователь включает в себя гибкую пластину из магнитострикционного материала, которая приклеивается к основанию плоской гибкой обмотки проводника. Обмотка проводника содержит сердечник, который состоит из тонкой гибкой металлической пластины, слоя эластомерного материала и тонкой цепи из постоянных магнитов. Гибкий сердечник окружен плоским гибким кабелем (FFC), который загибается и окружает петлей слои сердечника. Открытые проводники на оконечных участках кабеля сдвинуты друг от друга на расстояние шага между проводниками и соединяются таким образом, что параллельные проводники в кабеле образуют плоскую гибкую непрерывную обмотку.

Основной технической проблемой прототипа является низкая эффективность изготовления известного преобразователя за счет необходимости загибания плоского гибкого кабеля, осуществляемой вручную, что обуславливает низкую точность и повторяемость, а также высокую трудоемкость изготовления. Кроме того, для создания требуемой магнитодвижущей силы в известном преобразователе необходимо использование плоского гибкого кабеля (FFC) с большой площадью сечения проводников, которые не производятся, либо использование большого числа кабелей (FFC), что нетехнологично.

Задачей изобретения является устранение недостатков прототипа.

Технический результат изобретения – повышение эффективности изготовления магнитострикционного акустического преобразователя для неразрушающего контроля.

Указанный технический результат достигается за счет того, что способ изготовления магнитострикционного акустического преобразователя для неразрушающего контроля, характеризующийся изготовлением магнитострикционной пластины, размещением на упомянутой пластине обмоток возбуждения и намагничивания, отличающийся тем, что обмотки возбуждения и намагничивания формируют печатными проводниками по меньшей мере одной гибкой печатной платы, при этом магнитострикционную пластину размещают с возможностью прилегания и крепления к поверхности упомянутой по меньшей мере одной гибкой печатной платы.

Краткое описание чертежей

На фигуре 1 показан общий вид магнитострикционного акустического преобразователя для неразрушающего контроля в соответствии с настоящим изобретением.

На фигуре 2 показан общий вид структуры магнитострикционного акустического преобразователя для неразрушающего контроля.

На фигуре 3 более подробно показана структура магнитострикционного акустического преобразователя для неразрушающего контроля.

На фигурах 1-3 обозначено: 1 – магнитострикционная пластина, 2 – обмотка намагничивания, 3 – обмотки возбуждения, 4 – металлизированные отверстия, для упрощения рисунков показаны не все металлизированные отверстия, расстояние между слоями обмоток и между обмотками и магнитострикторомпоказано утрировано увеличенным.

Осуществление изобретения.

В неограничивающем варианте реализации изобретения способ изготовления магнитострикционного акустического преобразователя для неразрушающего контроля содержит следующие этапы.

Предварительно изготавливают магнитострикционную пластину 1.

Магнитострикционную пластину 1 изготавливают из ферромагнитного сплава с высоким коэффициентом магнитострикции, выполняют толщиной преимущественно

0,2 мм.

Изготавливают по меньшей мере одну гибкую печатную плату, выполненную из диэлектрических слоев и по меньшей мере двух электропроводящих слоев, на которых металлизация выполнена в виде рисунка проводников и контактных площадок с металлизированными отверстиями, соединяющими разные электропроводяще слои.

Изготовление по меньшей мере одной гибкой печатной платы осуществляется любым предпочтительным способом, известным из уровня техники, и в общем случае содержит этапы, на которых создают заготовку платы, создают рисунок для пропускания тока, осуществляют металлизацию отверстий, осуществляют прессование пластин, наносят покрытия, обрабатывают механическим способом.

При изготовлении по меньшей мере одной гибкой печатной платы обмотки 2 намагничивания и 3 возбуждения формируют рисунком печатных проводников данной платы.

Далее совмещают вместе магнитострикционную пластину 1 и по меньшей мере одну гибкую печатную плату. Крепление магнитострикционной пластины 1 к поверхности упомянутой по меньшей мере одной гибкой печатной платы может осуществляться посредством клея, адгезива либо прижима.

В случае если для формирования обмоток 2 и 3 необходимо использование по меньшей мере двух печатных плат, размещенных по разные стороны от магнитострикционной пластины 1 или по одну сторону магнитострикционной пластины 1 и необходимо соединение проводников, расположенных на разных гибких печатных платах в общую электрическую цепь на платах, в соответствующих местах, расположенных друг напротив друга, располагаются контактные площадки. Упомянутые контактные площадки соединяются вместе с помощью пайки, тем самым образуя единую электрическую цепь. Соединение проводников, расположенных на разных слоях по меньшей мере двухслойной печатной платы в единую цепь осуществляется с помощью металлизированных отверстий 4 с образованием единой электрической цепи.

В одном из вариантов реализации заявленного способа изготавливают две идентичные по структуре гибкие печатные платы, каждая из которых содержит по меньшей мере два электропроводящих слоя. Проводники, расположенные на разных слоях печатной платы, соединяются друг с другом через металлизированные отверстия 4. К одной из упомянутых печатных плат приклеивается магнитострикционная пластина 1, поверх которой приклеивается вторая упомянутая печатная плата. Приклеивание упомянутых печатных плат производится с применением текучего клея или твердого адгезива, который осуществляет приклеивание или соединение посредством расплавления. При приклеивании печатных плат обеспечивается совмещение контактных площадок, расположенных напротив на разных печатных платах. Производится соединение упомянутых контактных площадок вместе с помощью пайки. Образованные проводниками печатных плат и соединениями электрические цепи формируют обмотки 2 возбуждения и 3 намагничивания магнитострикционного акустического преобразователя.

В другом варианте реализации заявленного способа изготавливают одну гибкую многослойную печатную плату, имеющую воздушный зазор, размеры которого по существу равны или превышают размеры магнитострикционной пластины 1. В данном варианте реализации изобретения упомянутую гибкую печатную плату выполняют из по меньшей мере четырех электропроводящих слоев, которые в области воздушного зазора разделяют на два участка, каждый из которых, в свою очередь, содержит по

меньшей мере два электропроводящих слоя. Размещают на электропроводящих слоях проводники обмоток 2 возбуждения и 3 намагничивания. Монтируют магнитострикционную пластину 1 в воздушном зазоре гибкой многослойной печатной платы с возможностью прилегания и крепления к внутренней поверхности воздушного зазора таким образом, чтобы внутренние слои двуслойных участков соприкасались с магнитострикционной пластиной 1 с обеих сторон.

Отрезки печатных проводников обмоток 2 возбуждения и 3 намагничивания, размещенные на разных электропроводящих слоях гибкой печатной платы, соединяют друг с другом с помощью металлизированных отверстий 4 с образованием замкнутого контура обмоток 2 возбуждения и 3 намагничивания вокруг магнитострикционной пластины 1.

Магнитострикционный акустический преобразователь для неразрушающего контроля, изготовленный в соответствии с заявленным способом, работает следующим образом.

Устанавливают магнитострикционный акустический преобразователь на объект неразрушающего контроля, в частности, на трубу, таким образом, чтобы магнитострикционная пластина 1 своей короткой стороной располагалась соосно с направлением желаемого распространения акустической волны, преимущественно вдоль оси трубы. Длина магнитострикционного акустического преобразователя, ограниченная технологическими возможностями по изготовлению гибкой печатной платы, составляет 270 мм, чего достаточно для его установки на трубу диаметром преимущественно 90 мм. При установке на трубу большего диаметра устанавливают несколько магнитострикционных акустических преобразователей равной длины, организуя сегментный магнитострикционный акустический преобразователь.

Во время работы магнитострикционного акустического преобразователя для неразрушающего контроля предполагается использование следующей циклограммы:

подача постоянного тока намагничивания на обмотку 2 намагничивания,

подача короткого сигнала возбуждения на обмотки 3 возбуждения,

прием сигналов обмотками 3 возбуждения, после окончания приема последнего ожидаемого сигнала производится выключение тока намагничивания в обмотке 2 намагничивания. За счет того, что обмотки 3 возбуждения и 2 намагничивания в виде печатных проводников располагаются на очень маленьком расстоянии от магнитострикционной пластины 1, характеризуемым толщиной изоляционного слоя печатной платы и клеевого слоя, для возбуждения акустической волны, сопоставимой по амплитуде с акустической волной, создаваемой магнитострикционными преобразователями с обмотками в виде проводов, намотанных вокруг магнитострикционной пластины, требуется меньшая магнитодвижущая сила. За счет этого, для создания упомянутой акустической волны возможно использование меньшего числа витков обмоток, что делает заявленный способ реализуемым. Также за счет этого преобразование акустической волны в электрический сигнал происходит более эффективно.

Таким образом, за счет исключения подвижных элементов конструкции заявленный способ позволяет обеспечить производство магнитострикционного акустического преобразователя для неразрушающего контроля протяженных объектов в режиме постоянного мониторинга без переустановок преобразователя и без проведения дополнительных технологических операций сканирования. За счет отказа от проводов при создании обмоток в пользу печатных проводников заявленный способ позволяет использовать существенно меньший ток в обмотках возбуждения и намагничивания

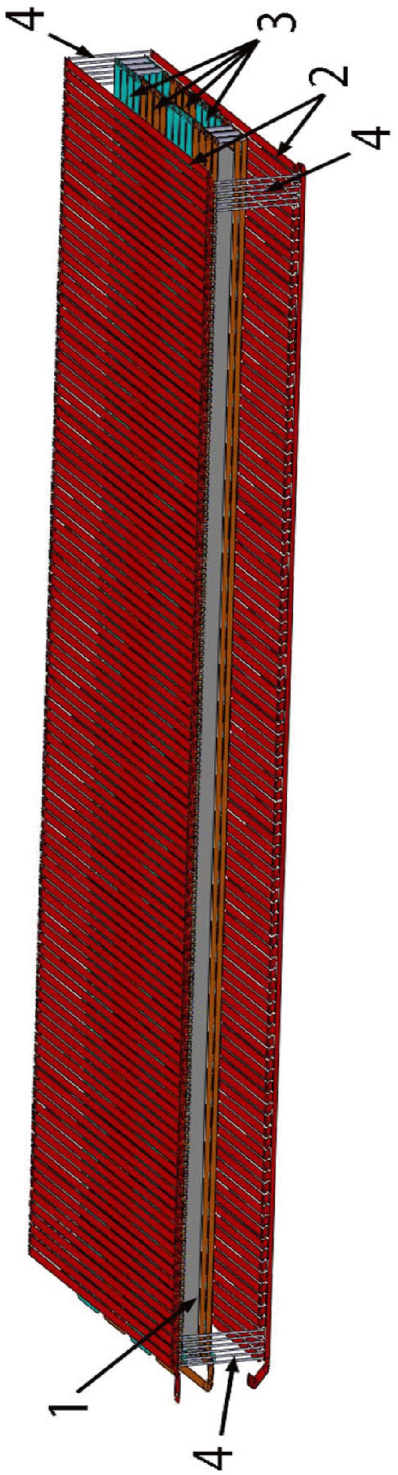
для создания акустической волны требуемого уровня. За счет использования гибких печатных плат заявленный способ позволяет изготавливать акустические преобразователи с высокой точностью и повторяемостью.

Технический результат изобретения – повышение эффективности изготовления магнитострикционного акустического преобразователя для неразрушающего контроля – достигается за счет того, что обмотки 2 возбуждения и 3 намагничивания формируют печатными проводниками по меньшей мере одной гибкой печатной платы, при этом магнитострикционную пластину 1 размещают с возможностью прилегания и крепления к поверхности упомянутой по меньшей мере одной гибкой печатной платы, при этом печатные проводники упомянутых обмоток соединяют между собой с помощью металлизированных отверстий 4 с образованием замкнутого контура обмоток возбуждения 2 и 3 намагничивания вокруг магнитострикционной пластины 1.

(57) Формула изобретения

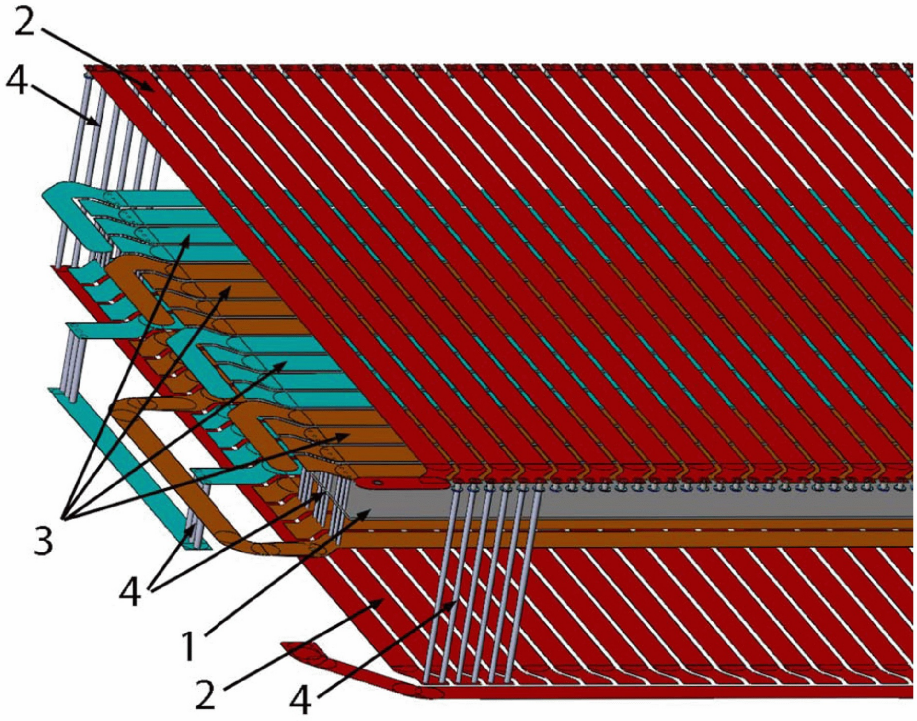
Способ изготовления магнитострикционного акустического преобразователя для неразрушающего контроля, характеризующийся изготовлением магнитострикционной пластины, размещением на упомянутой пластине обмоток возбуждения и намагничивания, отличающийся тем, что обмотки возбуждения и намагничивания формируют печатными проводниками по меньшей мере одной гибкой печатной платы, при этом магнитострикционную пластину размещают с возможностью прилегания и крепления к поверхности упомянутой по меньшей мере одной гибкой печатной платы, причем печатные проводники расположены на разных слоях по меньшей мере двухслойной гибкой печатной платы, при этом печатные проводники на разных слоях соединяются друг с другом с помощью металлизированных отверстий, а печатные проводники на разных печатных платах соединяются с помощью пайки расположенных напротив друг друга контактных площадок, расположенных на разных печатных платах, при этом печатные проводники упомянутых обмоток возбуждения и намагничивания, размещенные на разных электропроводящих слоях гибкой печатной платы, соединяют между собой с образованием замкнутого контура обмоток возбуждения и намагничивания вокруг магнитострикционной пластины.

1

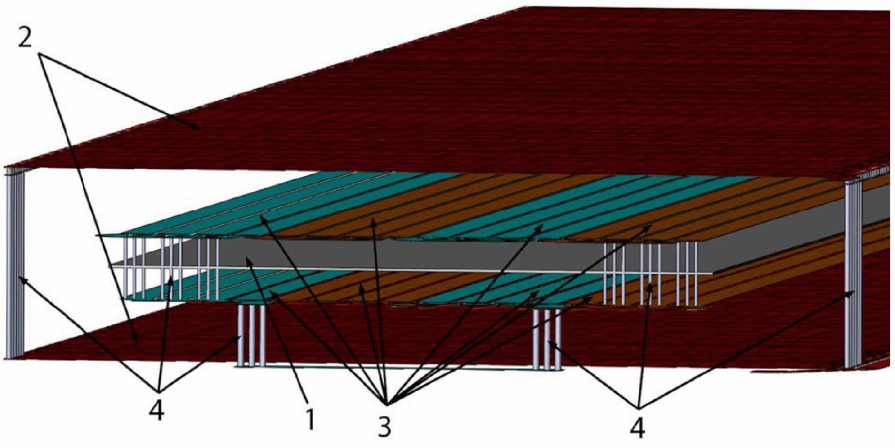


Фиг. 1

2



Фиг. 2



Фиг. 3