

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2641657

ВЛАГОМЕР И СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ

Патентообладатель: *Общество с ограниченной ответственностью
"Конструкторское бюро "Физэлектронприбор" (RU)*

Автор: *Сизиков Олег Креонидович (RU)*

Заявка № 2017111722


Приоритет изобретения 06 апреля 2017 г.

Дата государственной регистрации в
Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 19 января 2018 г.

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает 06 апреля 2037 г.

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

 Г.П. Ивлиев





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G01N 22/04 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2017111722, 06.04.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
06.04.2017

Дата регистрации:
19.01.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 06.04.2017

(45) Опубликовано: 19.01.2018 Бюл. № 2

Адрес для переписки:
443096, г. Самара, ул. Клиническая, 30, кв. 105,
Сизикову Олегу Креонидовичу

(72) Автор(ы):

Сизиков Олег Креонидович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Общество с ограниченной ответственностью
"Конструкторское бюро
"Физэлектронприбор" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2585255 C2, 27.05.2016. RU
2571301 C2, 20.12.2015. EP 2921848 A1,
23.09.2015. RU 2572087 C2, 27.12.2015. WO
9940409 A2, 12.08.1999. WO 9321516 A1,
28.10.1993. SU 1285362 A1, 23.01.1987.

(54) ВЛАГОМЕР И СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ

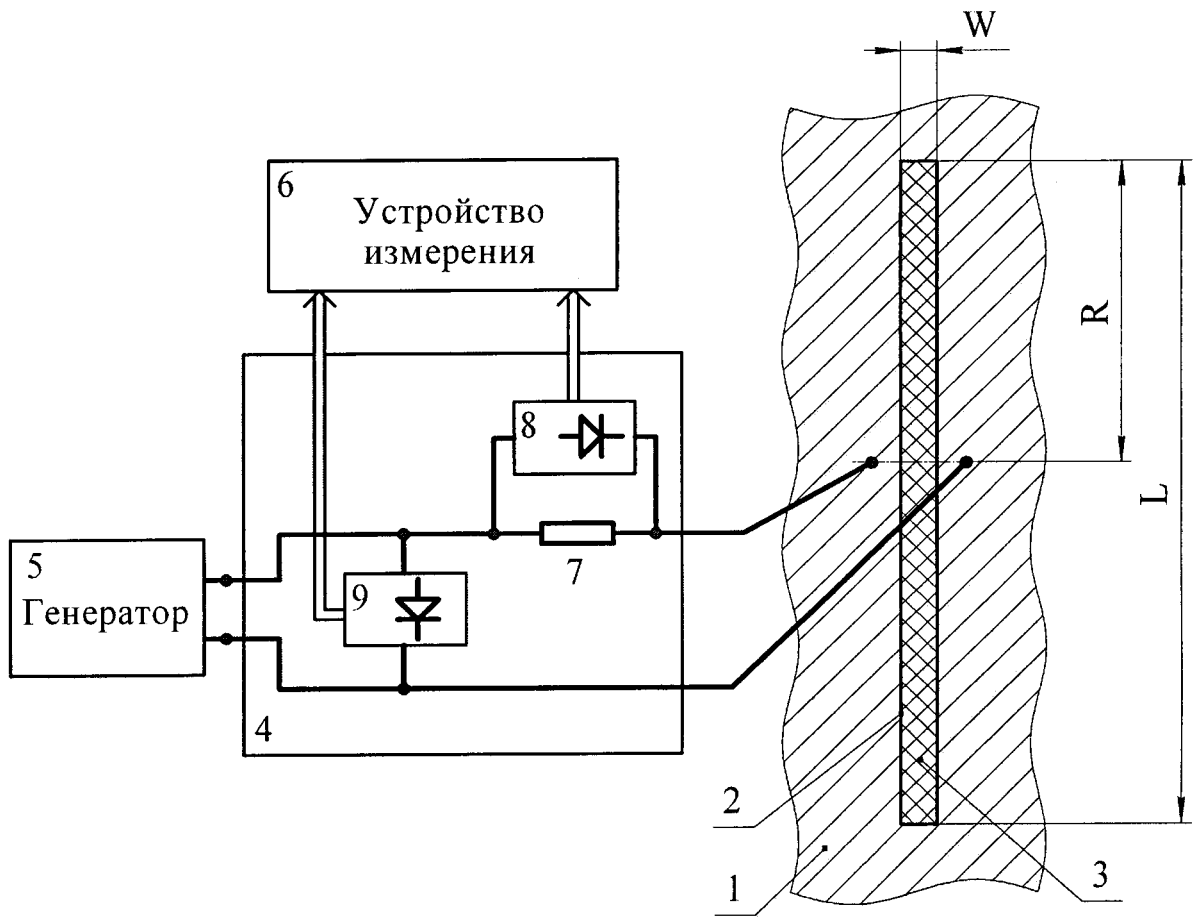
(57) Реферат:

Изобретение относится к электротехнике, а именно к устройству измерения влажности, и может быть использовано для измерения влажности различных материалов в промышленных условиях. Основное назначение - контроль содержания воды в бетонной смеси непосредственно в бетоносмесителе. Влагомер содержит металлическое основание, которое соприкасается с контролируемым материалом одной внешней своей стороной, на основании сформирован первичный преобразователь, выполненный в виде щелевого излучателя, с

внутренней стороны основания установлена измерительная ячейка, которая подключена к боковым кромкам щели в средней ее части по длине. Влажность определяют по частоте резонанса, при котором входной ток щелевого излучателя достигает минимума. Повышение точности измерения влажности контролируемого материала при увеличении глубины измерений является техническим результатом изобретения. Конструкция влагомера обладает повышенной механической прочностью. 2 н. и 8 з.п. ф-лы, 6 ил.

RU 2 641 657 C1

RU 2 641 657 C1



Фиг.1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
G01N 22/04 (2006.01)

(21)(22) Application: **2017111722, 06.04.2017**

(24) Effective date for property rights:
06.04.2017

Registration date:
19.01.2018

Priority:

(22) Date of filing: **06.04.2017**

(45) Date of publication: **19.01.2018** Bull. № 2

Mail address:

**443096, g. Samara, ul. Klinicheskaya, 30, kv. 105,
Sizikovu Olegu Kreonidovichu**

(72) Inventor(s):

Sizikov Oleg Kreonidovich (RU)

(73) Proprietor(s):

**Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennostyu
"Konstruktorskoe byuro "Fizelektronpribor"
(RU)**

(54) **MOISTURE METER AND METHOD FOR MEASURING MOISTURE**

(57) Abstract:

FIELD: measuring equipment.

SUBSTANCE: moisture meter comprises a metal base, which contacts with a controlled material with one outer side, a primary transducer, made in the form of a slit radiator, is formed on the base, a measuring cell, which is connected to the lateral edges of the slit in its middle part along the length, is installed on the inner side of the base. Moisture is determined by the

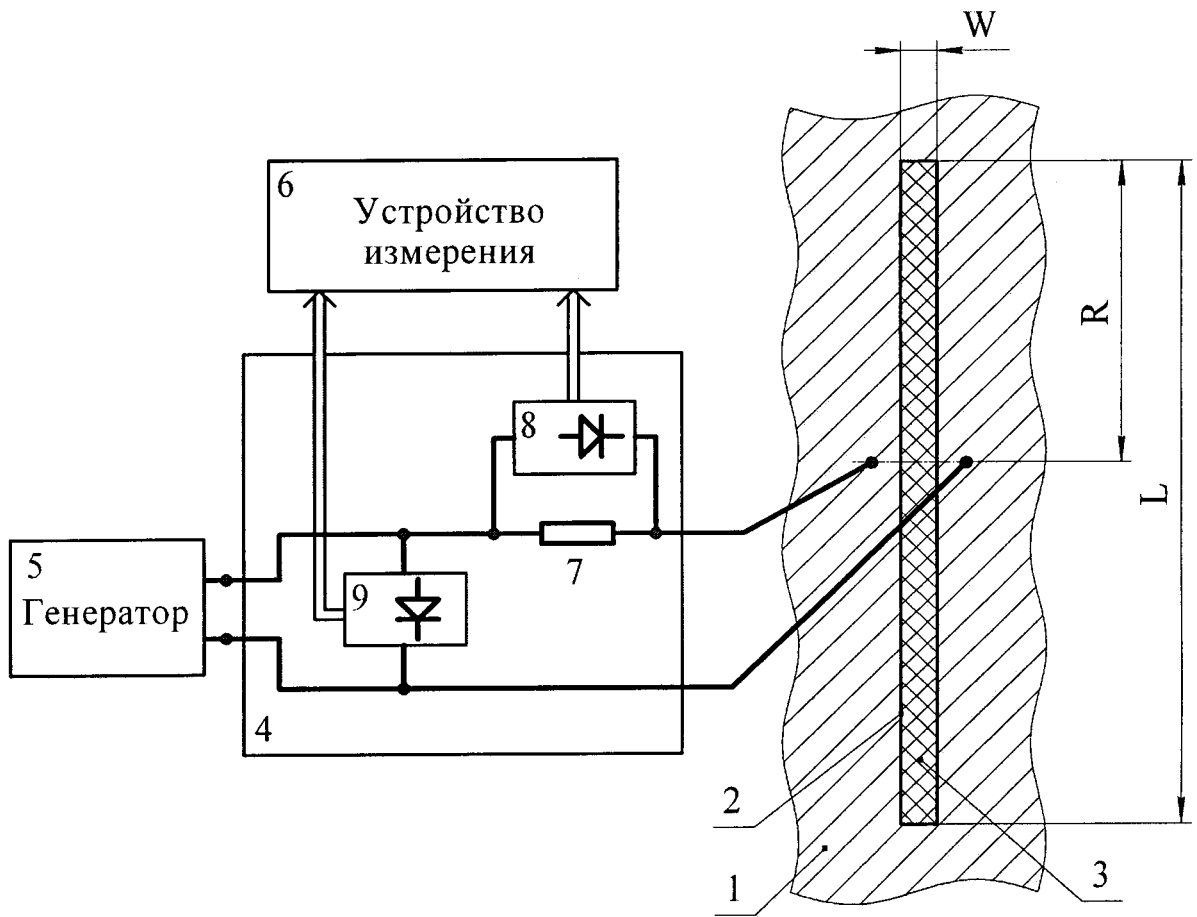
resonance frequency, at which the input current of the slit radiator reaches a minimum.

EFFECT: increased accuracy of measuring the moisture of the controlled material with increased measuring depth, the design of the moisture meter has increased mechanical strength.

10 cl, 6 dwg

RU 2 641 657 C1

RU 2 641 657 C1



Фиг.1

Техническое решение относится к измерительной технике и может быть использовано для измерения влажности различных материалов в промышленных условиях. Основное назначение - контроль содержания воды в бетонной смеси непосредственно в бетоносмесителе. Техническое решение реализует диэлькометрический способ измерения влажности и может быть также применено для контроля и других физических параметров, влияющих на диэлектрическую проницаемость, например для измерения плотности материала, состава смеси веществ.

Известен влагомер (патент на полезную модель RU 150395 U1, опубл. 20.02.2015; Urkunde über die Eintragung des Gebrauchsmusters DE 202015104869 U1, опубл. 26.01.2017), содержащий металлическое основание, которое соприкасается с контролируемым материалом одной внешней своей стороной, первичный преобразователь, образованный на металлическом основании, измерительную ячейку, которая установлена с внутренней стороны основания и подключена к первичному преобразователю, генератор гармонического зондирующего сигнала, электронное устройство измерения.

У данного влагомера первичный преобразователь представляет собой измерительный конденсатор, который образован первым и вторым электродами, выполненными из металла, стойкого к истиранию, причем первый электрод размещен в отверстии, выполненном во втором электроде, и закреплен на диэлектрической пластине.

Недостатком данного влагомера является малая глубина зондирования и, соответственно, низкая точность измерения при неоднородном распределении влаги в объеме контролируемого материала. Создаваемые отдельными участками измерительного конденсатора электромагнитные поля имеют противоположную ориентацию и на удалении от конденсатора взаимно компенсируются. В результате электромагнитное поле данного влагомера проникает в контролируемый материал только вблизи поверхности первичного преобразователя.

Известен влагомер (патент на полезную модель RU 128333 U1, опубл. 20.05.2013; патент на изобретение RU 2571301 C2, опубл. 20.12.2015; патент на изобретение RU 2572087 C2, опубл. 27.12.2015; заявка EP 2921848 A1, опубл. 23.09.2015; заявка EP 2955509 A1, опубл. 16.12.2015), содержащий металлическое основание, которое соприкасается с контролируемым материалом одной внешней своей стороной, первичный преобразователь, представляющий собой отрезок длинной линии передачи, причем основание является элементом первичного преобразователя, измерительную ячейку, которая установлена с внутренней стороны основания и подключена к первичному преобразователю, генератор гармонического зондирующего сигнала, электронное устройство измерения, причем измерительная ячейка включена в цепь зондирующего сигнала между генератором и первичным преобразователем, а выход измерительной ячейки подключен к устройству измерения.

В данном влагомере первичный преобразователь образован основанием и сигнальным проводником, расположенным над основанием и отделенным от него зазором, при этом первый конец сигнального проводника служит входом первичного преобразователя, а второй конец сигнального проводника соединен с основанием так, что в месте соединения между ними образован электрический контакт. Измерительная ячейка содержит резистор и амплитудный детектор. Резистор включен последовательно в цепь зондирующего сигнала между генератором и входом первичного преобразователя. Амплитудный детектор подключен параллельно к входу первичного преобразователя и обеспечивает измерение напряжения на входе первичного преобразователя, выход амплитудного детектора является выходом измерительной ячейки и подключен к устройству измерения.

В известном влагомере реализован способ измерения влажности (патент на изобретение RU 2571301 C2, опубл. 20.12.2015), при котором измеряют резонансную частоту гармонического зондирующего сигнала во входной цепи первичного преобразователя, выполненного в виде отрезка длинной линии передачи, зондирующий сигнал формируют генератором, который перестраивают в диапазоне частот, причем с выхода генератора зондирующий сигнал подают на вход первичного преобразователя через измерительную ячейку, содержащую резистор и амплитудный детектор, производят измерение напряжения зондирующего сигнала во входной цепи первичного преобразователя с помощью указанного амплитудного детектора, при перестройке генератора определяют резонансную частоту по достижении минимума напряжения, измеренного с помощью амплитудного детектора или по достижении минимума отношения указанного напряжения к напряжению, измеренному с помощью второго детектора амплитуды, подключенного параллельно к входу измерительной ячейки, по значению резонансной частоты определяют влажность материала.

Необходимо отметить, что в известном способе при перестройке генератора находят резонансную частоту, характеризующуюся тем, что входное сопротивление первичного преобразователя на этой частоте достигает минимума. Резонансную частоту определяют по минимуму напряжения, измеренного на входе первичного преобразователя. Указанное напряжение измеряют с помощью амплитудного детектора, который подключен параллельно к входу первичного преобразователя.

Известный влагомер содержит выступающий над поверхностью основания элемент - сигнальный проводник, поэтому такой влагомер не может быть применен в ряде практических задач, в частности, для контроля материала в бетоносмесителе, по внутренней поверхности которого перемещаются лопатки.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому влагомеру является влагомер (патент на изобретение RU 2585255 C2, опубл. 27.05.2016; см. вариант, описанный в п. 22 и п. 23 формулы изобретения), содержащий металлическое основание, которое соприкасается с контролируемым материалом одной внешней своей стороной, первичный преобразователь, представляющий собой отрезок длинной линии передачи, выполненный как элемент металлического основания, измерительную ячейку, которая установлена с внутренней стороны основания и подключена к первичному преобразователю, генератор гармонического зондирующего сигнала, электронное устройство измерения, причем измерительная ячейка включена в цепь зондирующего сигнала между генератором и первичным преобразователем, а выход измерительной ячейки подключен к устройству измерения.

В известном влагомере, выбранном в качестве прототипа, первичный преобразователь выполнен в виде отрезка копланарной линии передачи. Центральный проводник этого отрезка с одного конца соединен с экранным проводником - основанием, а с другого конца подключен к генератору через измерительную ячейку. Измерительная ячейка содержит резистор и амплитудный детектор. Резистор включен последовательно в цепь зондирующего сигнала между генератором и входом первичного преобразователя. Амплитудный детектор подключен параллельно к входу первичного преобразователя и обеспечивает измерение напряжения на входе первичного преобразователя. Выход амплитудного детектора является выходом измерительной ячейки и подключен к устройству измерения. Устройство измерения обеспечивает определение влажности по значению резонансной частоты, на которой достигается минимальное входное сопротивление первичного преобразователя.

В данном влагомере реализован способ измерения влажности (патент на изобретение

RU 2571301 C2, опубл. 20.12.2015), подробно описанный выше при рассмотрении второго аналога.

Недостатком данного влагомера является малая глубина зондирования и, соответственно, низкая точность измерения при неоднородном распределении влаги в контролируемом материале. Создаваемые отдельными участками копланарной линии электромагнитные поля имеют противоположную ориентацию и на удалении от преобразователя взаимно компенсируются. Отметим, что именно по этой причине копланарная линия не применяется в качестве излучателя (антенны) электромагнитного сигнала. В результате электромагнитное поле данного влагомера проникает в контролируемый материал только вблизи поверхности первичного преобразователя. На результат измерения материала прежде всего будет влиять диэлектрическая проницаемость слоя, что оказался ближе к поверхности первичного преобразователя. Это приводит к ошибкам измерения влажности. Указанная проблема особенно заметно проявляется при измерении в бетоносмесителях.

В данном влагомере центральный проводник копланарной линии соединен с металлическим основанием только с одного своего конца. Второй конец центрального проводника закреплен диэлектрическими элементами конструкции. Стойкость влагомера к ударам, приходящимся по второму концу центрального проводника, снижена. Другим недостатком данного влагомера является сложность его конструкции.

Целью предлагаемого технического решения является повышение точности измерения влажности контролируемого материала, увеличение глубины зондирования, упрощение конструкции влагомера. Целью также является повышение механической прочности влагомера, стойкости его к ударам, что особенно важно при использовании влагомера в бетоносмесителях.

Поставленная цель достигается тем, что во влагомере, содержащем металлическое основание, которое соприкасается с контролируемым материалом одной внешней своей стороной, первичный преобразователь, представляющий собой отрезок длинной линии передачи, выполненный как элемент металлического основания, измерительную ячейку, которая установлена с внутренней стороны основания и подключена к первичному преобразователю, генератор гармонического зондирующего сигнала, электронное устройство измерения, причем измерительная ячейка включена в цепь зондирующего сигнала между генератором и первичным преобразователем, а выход измерительной ячейки подключен к устройству измерения, согласно предлагаемому техническому решению первичный преобразователь выполнен в виде отрезка щелевой линии передачи и образует щелевой излучатель, причем ширина щели много меньше ее длины, а концы щели расположены вблизи противоположных краев основания, щель загерметизирована диэлектриком, измерительная ячейка подключена к боковым кромкам щели в средней ее части.

Диэлектрик, обеспечивающий герметизацию щели, может быть выполнен в виде диэлектрической пластины, установленной на основании с внутренней его стороны, или может представлять собой слой компаунда (электроизоляционного материала), заполняющего щель.

Точка подключения измерительной ячейки к щелевому излучателю может располагаться вдоль щели на участке от 0,2 до 0,8 длины щели.

Поставленная цель достигается также тем, что влагомер содержит корпус, который имеет форму цилиндра, металлическое основание является торцевой стенкой этого цилиндра и имеет круглую форму, щелевой излучатель выполнен в форме буквы S.

Поставленная цель достигается также тем, что влагомер содержит корпус, который

имеет форму сжатого с боков цилиндра, металлическое основание является торцевой стенкой этого цилиндра, щелевой излучатель выполнен в форме отрезка прямой линии, металлическое основание имеет продолговатую форму, вытянутую вдоль указанного отрезка прямой линии.

5 Поставленная цель достигается также тем, что щелевой излучатель выполнен в форме зигзагообразной линии.

Поставленная цель достигается также тем, что измерительная ячейка содержит резистор и амплитудный детектор, резистор включен последовательно в цепь зондирующего сигнала между генератором и щелевым излучателем, указанный
10 амплитудный детектор подключен параллельно к резистору, а выход амплитудного детектора является выходом измерительной ячейки и подключен к устройству измерения.

Поставленная цель достигается также тем, что в состав измерительной ячейки введен второй детектор амплитуды, вход которого подключен параллельно к входу измерительной ячейки, выход второго детектора амплитуды подключен к устройству
15 измерения. Второй детектор амплитуды обеспечивает измерение напряжения зондирующего сигнала, подаваемого на измерительную ячейку с генератора.

Поставленная цель достигается также тем, что соединение измерительной ячейки с генератором выполнено через развязывающий высокочастотный трансформатор.

Поставленная цель достигается также тем, что корпус влагомера со стороны,
20 противоположной основанию, закрыт крышкой из диэлектрика или закрыт металлической крышкой, которая выполнена изолированной от металлического корпуса влагомера.

Поставленная цель достигается также тем, что основание выполнено из металла, стойкого к истиранию, ширина щели выбрана такой, чтобы в нее не проходили крупные
25 фракции контролируемого материала.

Применительно к способу, реализованному в предложенном влагомере, поставленная цель достигается тем, что в способе измерения влажности материала, при котором измеряют резонансную частоту гармонического зондирующего сигнала во входной цепи первичного преобразователя, выполненного в виде отрезка длинной линии
30 передачи, зондирующий сигнал формируют генератором, который перестраивают в диапазоне частот, причем с выхода генератора зондирующий сигнал подают на вход первичного преобразователя через измерительную ячейку, содержащую резистор и амплитудный детектор, производят измерение напряжения зондирующего сигнала во входной цепи первичного преобразователя с помощью указанного амплитудного
35 детектора, при перестройке генератора определяют резонансную частоту по достижении минимума напряжения, измеренного с помощью указанного амплитудного детектора, или по достижении минимума отношения указанного напряжения к напряжению, измеренному с помощью второго детектора амплитуды, подключенного параллельно к входу измерительной ячейки, по значению резонансной частоты определяют влажность
40 материала, согласно предлагаемому техническому решению используют первичный преобразователь, выполненный в виде отрезка щелевой линии передачи и образующий щелевой излучатель, при перестройке генератора находят резонансную частоту, характеризующуюся тем, что входное сопротивление первичного преобразователя на этой частоте достигает максимума, резонансную частоту определяют по минимуму
45 входного тока первичного преобразователя, указанный входной ток определяют путем измерения напряжения на резисторе с помощью амплитудного детектора, который подключен к резистору параллельно, при этом резистор включен последовательно с входом щелевого излучателя.

Поставленная цель достигается также тем, что генератор перестраивают в диапазоне частот дискретными шагами, на каждом шаге перестройки вычисляют отношение напряжения с выхода амплитудного детектора к напряжению с выхода второго детектора амплитуды, по полученной частотной зависимости определяют резонансную частоту, соответствующую минимуму входного тока первичного преобразователя.

Сущность предлагаемого технического решения поясняется на фиг. 1-6.

На фиг. 1 и 2 приведена схема влагомера, причем на фиг. 1 показан влагомер, у которого генератор непосредственно соединен с измерительной ячейкой, а на фиг. 2 приведена схема, в которой соединение генератора с элементами измерительной ячейки произведено через трансформатор.

На фиг. 3 показана конструкция влагомера, у которого основание имеет круглую форму, а щелевая линия выполнена в форме буквы S.

На фиг. 4 показан влагомер, у которого корпус имеет форму сжатого с боков цилиндра, а щелевой излучатель выполнен в форме отрезка прямой линии.

На фиг. 5 и 6 показан влагомер, щелевой излучатель которого выполнен в форме зигзагообразной линии.

Предложенный влагомер содержит металлическое основание 1, которое соприкасается с контролируемым материалом одной внешней своей стороной и является одной из стенок корпуса влагомера. В металлическом основании 1 выполнена щель 2, представляющая собой первичный преобразователь в виде отрезка щелевой линии передачи. Указанный первичный преобразователь образует щелевой излучатель (щелевую антенну). Ширина W щели 2 много меньше ее длины L , концы щели 2 расположены вблизи противоположных краев основания 1. Щелевая линия передачи является одним из возможных вариантов так называемой длинной линии передачи.

Отрезок щелевой линии передачи, как и отрезок любой длинной линии передачи, имеет резонансную характеристику при определенном соотношении длины этого отрезка и длины распространяющейся в линии передачи электромагнитной волны. Щель 2 закрыта диэлектриком 3, который предотвращает попадание внутрь влагомера контролируемого материала. Диэлектрик 3 может быть выполнен, например, в виде пластины,

установленной на основании 1 с внутренней его стороны, или может представлять собой слой компаунда, заполняющего щель 2. С внутренней стороны основания 1 внутри корпуса влагомера установлена измерительная ячейка 4. Ячейка 4 может быть выполнена в виде платы с расположенными на ней резисторами, полупроводниковыми диодами, конденсаторами и другими радиоэлектронными элементами. Двумя выводами

ячейка 4 подключена непосредственно к боковым краям щели 2, причем точки подключения расположены в средней части щели 2 вдоль ее длины. Расстояние R от места подключения до концов щели 2 удовлетворяет соотношению: $R = (0,2 \dots 0,8)L$, где L - длина щели 2. Измерительная ячейка 4 включена в цепь зондирующего сигнала между генератором 5 гармонического сигнала и щелевым излучателем (антенной) 2, а

выход измерительной ячейки 4 подключен к электронному устройству измерения 6. Измерительная ячейка 4 содержит резистор 7 и амплитудный детектор 8. Резистор 7 включен последовательно в цепь зондирующего сигнала между генератором 5 и щелевым излучателем 2. Детектор 8 своим входом подключен параллельно к резистору 7, а выход детектора 8 является выходом измерительной ячейки 4 и подключен к устройству измерения 6.

В состав измерительной ячейки 4 может быть введен второй детектор амплитуды 9, который своим входом подключен параллельно к входу измерительной ячейки 4 и обеспечивает измерение входного напряжения зондирующего сигнала, подаваемого

на ячейку 4 с генератора 5. Выход второго детектора амплитуды 9 подключен к устройству измерения 6. Как показано на фиг. 1 и 2, сигнал с генератора 5 может быть подан на радиоэлектронные элементы ячейки 4 как непосредственно, так и через развязывающий высокочастотный трансформатор 10.

5 Влагомер содержит корпус 11, предпочтительная форма выполнения корпуса - в форме цилиндра. Основание 1 является торцевой стенкой этого цилиндра и может быть выполнено в виде крышки этого цилиндра. На фиг. 3 и 5 показан вариант исполнения влагомера, у которого основание 1 и цилиндрический корпус 2 имеют круглую форму. Для круглого основания 1 предложены предпочтительные формы выполнения щелевого
10 излучателя 2: в форме буквы S (фиг. 3) и в форме зигзагообразной линии (фиг. 5). На фиг. 4 и 6 показан влагомер, у которого корпус 11 имеет форму сжатого с боков цилиндра (размер А больше размера В), а металлическое основание 1 является торцевой стенкой этого цилиндра и выполнено в виде крышки. Показанный на фиг. 4 щелевой излучатель 2 выполнен в форме отрезка прямой линии на основании 1, имеющем
15 продолговатую форму, вытянутую вдоль указанного отрезка. На фиг. 6 показан влагомер, у которого щелевой излучатель 2 выполнен в форме зигзагообразной линии на основании 1 продолговатой формы.

Принцип измерения предлагаемого влагомера, как и влагомера, выбранного в качестве прототипа, основан на том, что отрезок длинной линии передачи имеет
20 резонансные характеристики на частотах, при которых длина L этого отрезка примерно равна половине длины волны. Так как длина волны зависит от диэлектрической проницаемости контролируемого материала, то это позволяет по частоте резонанса и температуре материала определять его влажность. Для измерения температуры материала в состав влагомера может входить датчик температуры.

25 Влагомер работает следующим образом.

Генератор 5 перестраивают в диапазоне рабочих частот. При перестройке производят измерение напряжения на резисторе 7 с помощью амплитудного детектора 8, который преобразует высокочастотный сигнал в низкочастотный. Снимаемое с выхода детектора 8 напряжение пропорционально входному току щелевого излучателя 2. Напряжение
30 детектора 8 подают на вход устройства измерения 6, в котором производится измерение величины напряжения. Минимум этого напряжения достигается в тот момент, когда входное сопротивление первичного преобразователя будет максимальным. Частота, при которой достигается минимум напряжения на резисторе 7, является резонансной частотой щелевого излучателя 2. По полученному значению резонансной частоты для
35 контролируемого материала и частоте резонанса, полученному на воздухе (в отсутствие контролируемого материала) определяют коэффициент замедления электромагнитной волны в материале. Далее, по переводным таблицам, составленным для набора температур и заложенным в память процессора устройства измерения 6, производят вычисление содержания влаги в контролируемом материале.

40 На измерения может влиять нестабильность амплитуды сигнала генератора 5 при его перестройке в диапазоне частот. Для исключения указанного влияния в измерительную ячейку 4 может быть введен второй детектор амплитуды 9, вход которого подключен параллельно к входу ячейки 4. В этом случае резонанс определяют по отношению напряжения с выхода детектора 8 к напряжению с выхода детектора 9.

45 Необходимо отметить, что процесс измерений может быть реализован в двух вариантах.

Первый вариант: генератор 5 перестраивают по частоте таким образом, чтобы отношение напряжения детектора 8 к напряжению детектора 9 было минимальным,

при достижении минимума устройство измерения 6 производит отсчет частоты резонанса.

Второй вариант: устройство измерения 6 выполняет измерения указанного отношения напряжений поочередно для дискретных частот рабочего диапазона влагомера, то есть снимают полную частотную характеристику входного сопротивления первичного преобразователя. Далее по полученной частотной зависимости определяют резонансную частоту, соответствующую минимуму входного тока первичного преобразователя. Второй вариант реализации процесса измерений потенциально точнее, так как позволяет уточнить значения резонансной частоты методом «вилки»: резонансная частота вычисляется как среднее от частот вокруг минимума, на которых значения входного тока щелевого излучателя 2 одинаковы.

Измерение частоты резонанса по минимуму входного тока является существенным отличием данного технического решения. Измерительная цепь, выполненная на основе резистора 7 и амплитудного детектора 8, при минимальном через нее токе оказывает малое воздействие на частоту резонанса, что повышает точность измерения.

Оптимальное место подключения измерительной ячейки 4 к щели 2 расположено в средней части по длине L щели 2. Выбором положения места подключения вдоль щели 2 можно менять входное сопротивление щелевого излучателя 2 при резонансе.

Рассмотрим особенности конструкции предлагаемого влагомера.

Преимущество первичного преобразователя, выполненного на основе щелевой линии, состоит в том, что силовые линии электромагнитного поля, создаваемого отдельными участками этой линии, имеют одинаковое направление относительно оси щели. В результате для щелевой линии отсутствует эффект взаимной компенсации поля на расстоянии, что характерно для копланарной линии и для измерительного конденсатора рассмотренных выше влагомеров (прототип и первый аналог). Из-за указанной особенности щелевые линии широко используются в качестве антенн. Применение щелевого излучателя во влагомере позволило существенно увеличить глубину зондирования контролируемого материала. Глубина зондирования предложенного влагомера пропорциональна длине волны зондирующего сигнала и примерно равна $1/4 - 1/2$ длины волны в материале. Для повышения глубины зондирования необходимо увеличивать длину волны и, соответственно, увеличивать длину L щели 2. На ограниченной по размерам поверхности основания 1 максимальная длина щели 2 обеспечивается тем, что концы щели расположены вблизи противоположных краев основания так, как показано на фиг. 3-6. Для повышения эффективности излучения щелевой антенны 2 необходимо, чтобы создаваемые отдельными участками этой линии электромагнитные поля не компенсировали взаимно друг друга. Этому требованию удовлетворяет щелевой излучатель 2, выполненный в форме отрезка прямой линии (см. фиг. 1, 2 и 4). При ограниченных размерах основания 1 указанное требование в наибольшей степени обеспечивается для щелевого излучателя 2 S-образной формы (см. фиг. 3), а также при выполнении щелевого излучателя 2 в виде зигзагообразной линии так, как показано на фиг. 5 и 6.

Имеется еще один важный фактор, обуславливающий необходимость повышения длины волны зондирующего сигнала и, следовательно, увеличения длины L щели 2. Длина волны должна на порядок и более превышать размеры гранул контролируемого материала, иначе зондирующий сигнал будет ослабляться и рассеиваться на неоднородностях, что приведет к большим ошибкам измерения. Например, при изготовлении бетона используется щебень с размерами фракций до 2-3 см, поэтому для контроля бетонной смеси необходимо применять зондирующий сигнал с длиной волны

в материале не менее 30 см. Для формирования такого зондирующего сигнала оптимальная длина L щели 2 должна составлять не менее 12-15 см. С учетом коэффициента укорочения длины волны в материале оптимальные рабочие частоты влагомера для бетонных смесей находятся в диапазоне с верхней границей до 600-700 МГц. Чем ниже частота зондирующего сигнала, тем больше глубина его проникновения в материал и тем выше точность измерения влажности материалов при неоднородном распределении влаги по объему материала.

Ширина W щели 2 в основании 1 выбрана такой, чтобы в нее не проходили крупные фракции контролируемого материала. Например, во влагомерах для бетоносмесителей, изготовленных по предлагаемому техническому решению, длина щели 2 составляет 150 мм, а ширина - 5 мм.

Корпус 11 влагомера со стороны, противоположной основанию 1, закрыт крышкой. Для исключения шунтирования щелевого излучателя 2 боковыми стенками и крышкой корпуса 11 необходимо, чтобы расстояние между указанной крышкой и основанием 1 превышало предельное значение, примерно равное четверти длины волны зондирующего сигнала в воздухе. Другой вариант устранения шунтирующего влияния состоит в том, что указанная крышка должна быть выполнена из диэлектрика. Крышка может быть выполнена и из металла, но в этом случае должна быть отделена от металлического корпуса влагомера изолирующей прокладкой.

Во влагомере генератор 5 и устройство измерения 6 могут быть размещены внутри корпуса 11, но могут быть выполнены в виде отдельного блока, который соединен кабелем с измерительной ячейкой 4. При выполнении генератора 5 и устройства 6 в виде отдельного блока возможно появление паразитной емкостной связи между частями влагомера, для ее исключения генератор 5 подключают к ячейке 4 через развязывающий трансформатор 10.

Особенностью предложенного влагомера является то, что контролируемый материал непосредственно соприкасается с первичным преобразователем. Благодаря этому увеличивается глубина проникновения электромагнитного зондирующего сигнала в материал. Для уменьшения истирания основания 1, непосредственно контактирующего с контролируемым материалом, оно выполнено из металла высокой твердости, например из коррозионно-стойкой стали 40X13 (AISI 420), прошедшей термическую обработку.

Благодаря тому, что основание 1 влагомера выполнено как единый элемент из прочной стали, а прорезанная в нем узкая щель 2 не влияет на прочность конструкции, предложенный влагомер значительно превосходит по стойкости к механическим воздействиям, ударам известные влагомеры.

Проведенные испытания изготовленных образцов влагомера подтвердили эффективность предлагаемого технического решения. По глубине зондирования предложенный влагомер превосходит известные влагомеры, выполненные на основе плоского первичного преобразователя.

(57) Формула изобретения

1. Влагомер, содержащий металлическое основание, которое соприкасается с контролируемым материалом одной внешней своей стороной, первичный преобразователь, представляющий собой отрезок длинной линии передачи, выполненный как элемент металлического основания, измерительную ячейку, которая установлена с внутренней стороны основания и подключена к первичному преобразователю, генератор гармонического зондирующего сигнала, электронное устройство измерения, причем измерительная ячейка включена в цепь зондирующего

сигнала между генератором и первичным преобразователем, а выход измерительной ячейки подключен к устройству измерения, отличающийся тем, что первичный преобразователь выполнен в виде отрезка щелевой линии передачи и образует щелевой излучатель, причем ширина щели много меньше ее длины, а концы щели расположены
5 вблизи противоположных краев основания, щель загерметизирована диэлектриком, измерительная ячейка подключена к боковым краям щели в средней ее части.

2. Влагомер по п. 1, отличающийся тем, что содержит корпус, который имеет форму цилиндра, металлическое основание является торцевой стенкой этого цилиндра и имеет круглую форму, щелевой излучатель выполнен в форме буквы S.

10 3. Влагомер по п. 1, отличающийся тем, что содержит корпус, который имеет форму сжатого с боков цилиндра, металлическое основание является торцевой стенкой этого цилиндра, щелевой излучатель выполнен в форме отрезка прямой линии, металлическое основание имеет продолговатую форму, вытянутую вдоль указанного отрезка прямой линии.

15 4. Влагомер по п. 1, отличающийся тем, что щелевой излучатель выполнен в форме зигзагообразной линии.

5. Влагомер по любому из пп. 1-4, отличающийся тем, что измерительная ячейка содержит резистор и амплитудный детектор, резистор включен последовательно в цепь зондирующего сигнала между генератором и щелевым излучателем, указанный
20 амплитудный детектор подключен параллельно к резистору, а выход амплитудного детектора является выходом измерительной ячейки и подключен к устройству измерения.

6. Влагомер по п. 5, отличающийся тем, что в состав измерительной ячейки введен второй детектор амплитуды, вход которого подключен параллельно к входу измерительной ячейки, выход второго детектора амплитуды подключен к устройству
25 измерения.

7. Влагомер по любому из пп. 1-4, 6, отличающийся тем, что соединение измерительной ячейки с генератором выполнено через развязывающий высокочастотный трансформатор.

8. Влагомер по п. 5, отличающийся тем, что соединение измерительной ячейки с
30 генератором выполнено через развязывающий высокочастотный трансформатор.

9. Способ измерения влажности материала, при котором измеряют резонансную частоту гармонического зондирующего сигнала во входной цепи первичного преобразователя, выполненного в виде отрезка длинной линии передачи, зондирующий сигнал формируют генератором, который перестраивают в диапазоне частот, причем
35 с выхода генератора зондирующий сигнал подают на вход первичного преобразователя через измерительную ячейку, содержащую резистор и амплитудный детектор, производят измерение напряжения зондирующего сигнала во входной цепи первичного преобразователя с помощью указанного амплитудного детектора, при перестройке генератора определяют резонансную частоту по достижении минимума напряжения,
40 измеренного с помощью указанного амплитудного детектора, или по достижении минимума отношения указанного напряжения к напряжению, измеренному с помощью второго детектора амплитуды, подключенного параллельно к входу измерительной ячейки, по значению резонансной частоты определяют влажность материала, отличающийся тем, что используют первичный преобразователь, выполненный в виде
45 отрезка щелевой линии передачи и образующий щелевой излучатель, при перестройке генератора находят резонансную частоту, характеризующуюся тем, что входное сопротивление первичного преобразователя на этой частоте достигает максимума, резонансную частоту определяют по минимуму входного тока первичного

преобразователя, указанный входной ток определяют путем измерения напряжения на резисторе с помощью амплитудного детектора, который подключен к резистору параллельно, при этом резистор включен последовательно с входом щелевого излучателя.

- 5 10. Способ по п. 9, отличающийся тем, что генератор перестраивают в диапазоне частот дискретными шагами, на каждом шаге перестройки вычисляют отношение напряжения с выхода амплитудного детектора к напряжению с выхода второго детектора амплитуды, по полученной частотной зависимости определяют резонансную частоту, соответствующую минимуму входного тока первичного преобразователя.

10

15

20

25

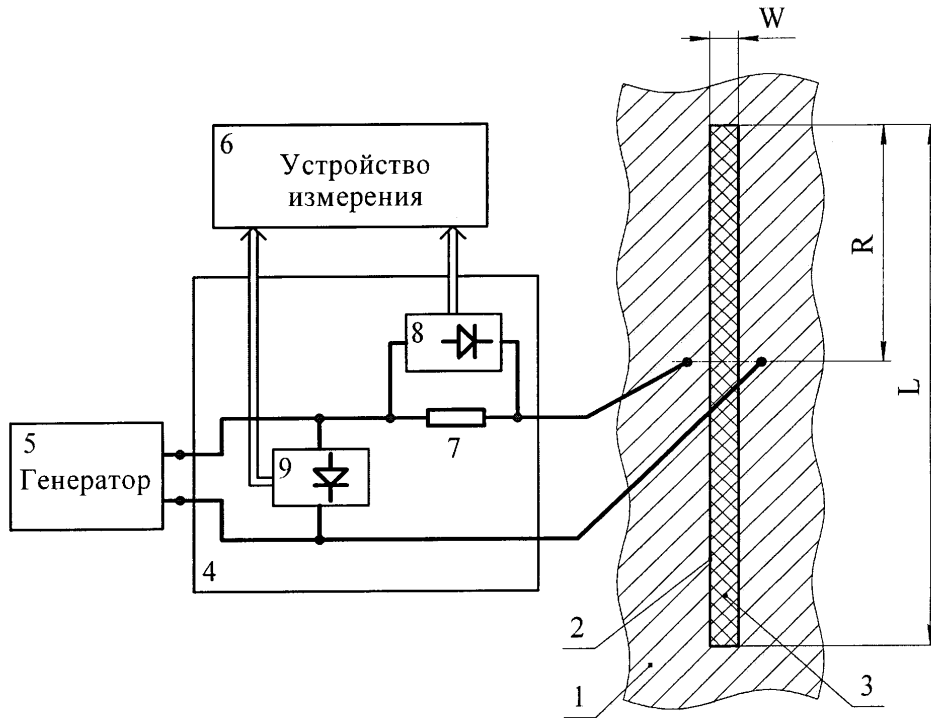
30

35

40

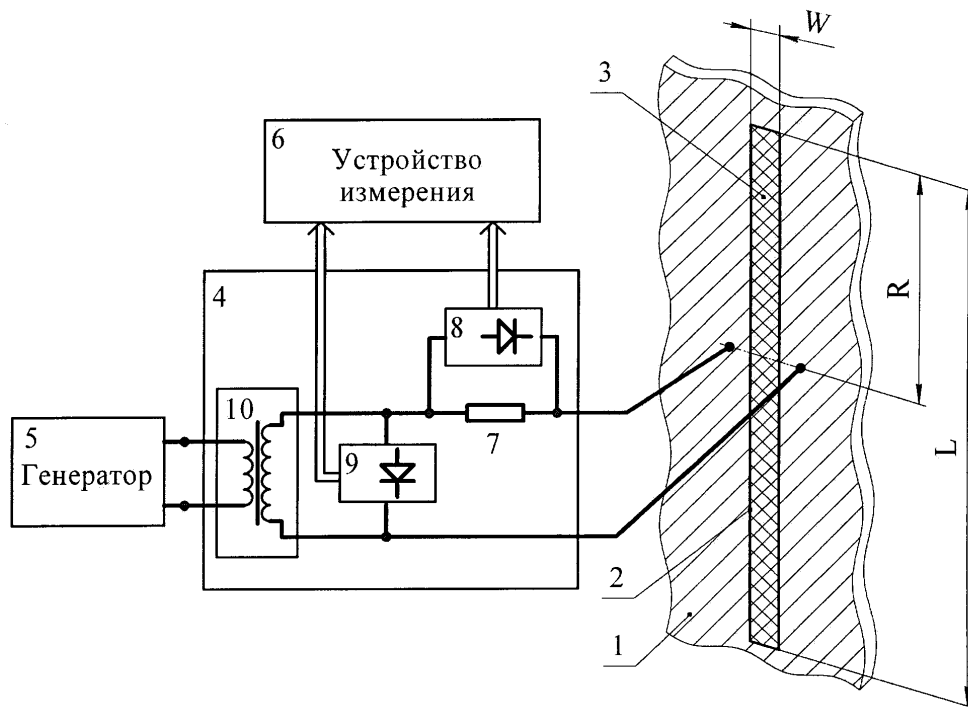
45

1

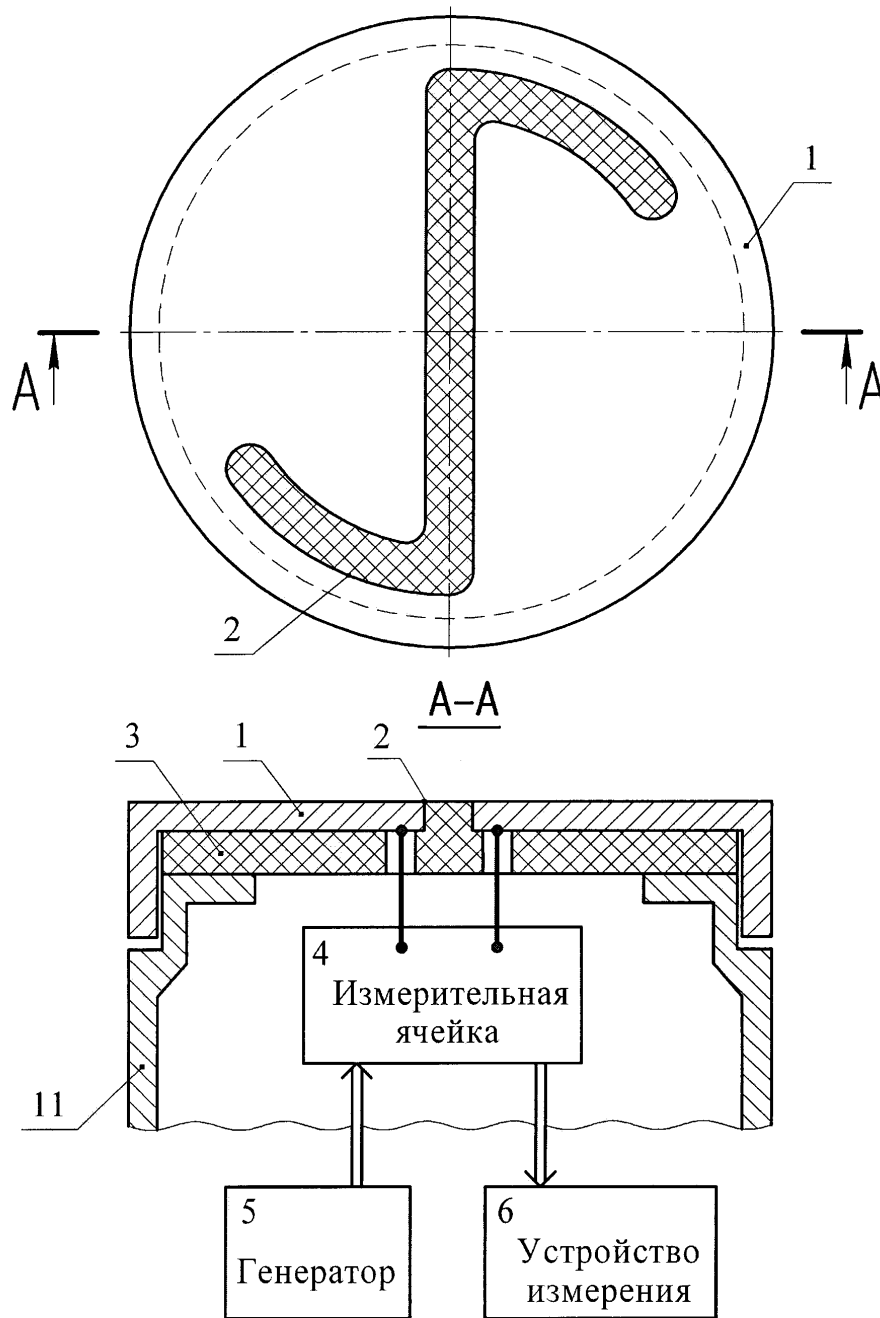


Фиг.1

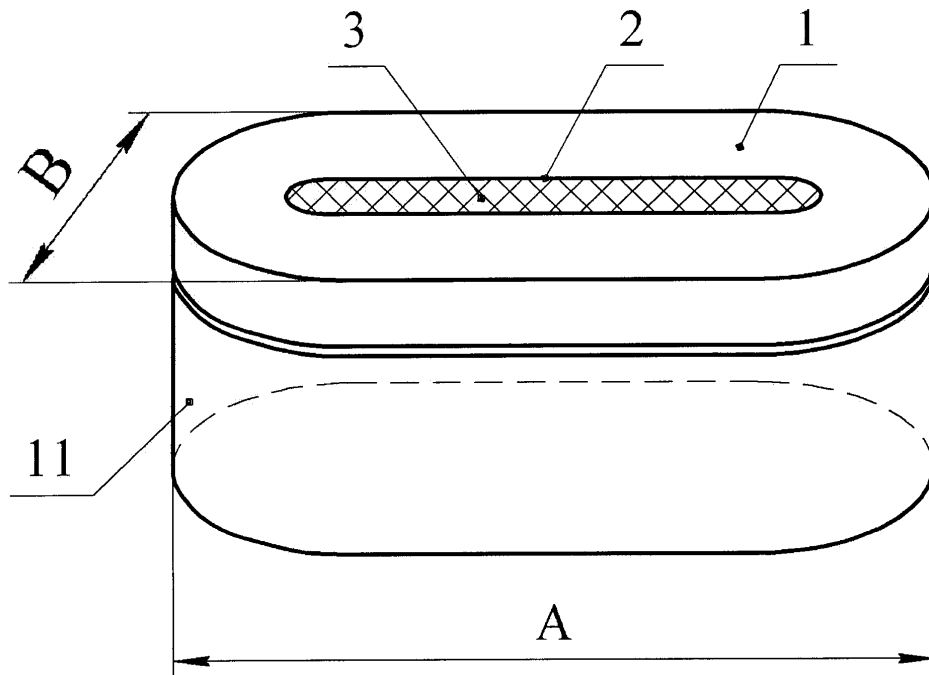
2



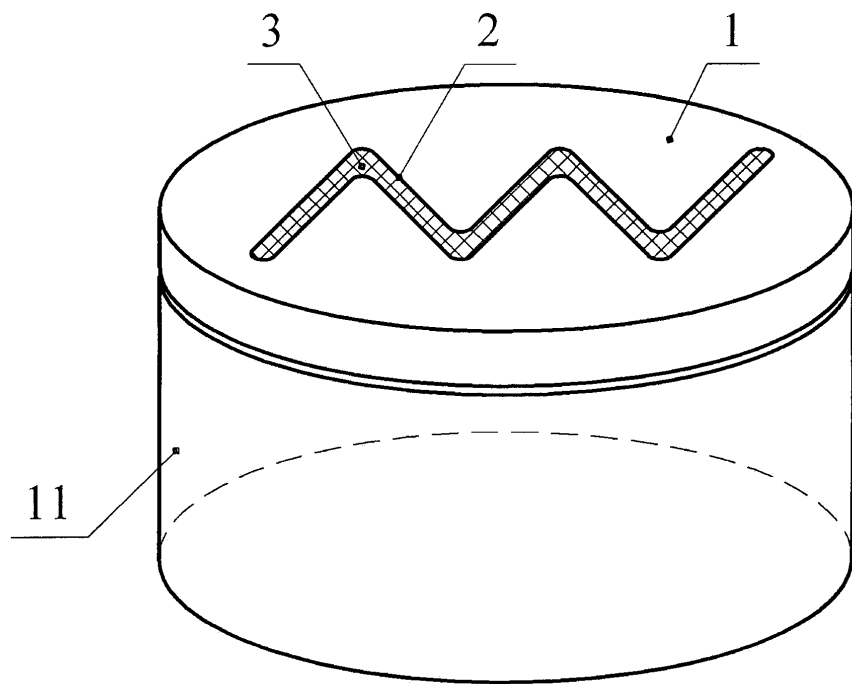
Фиг.2



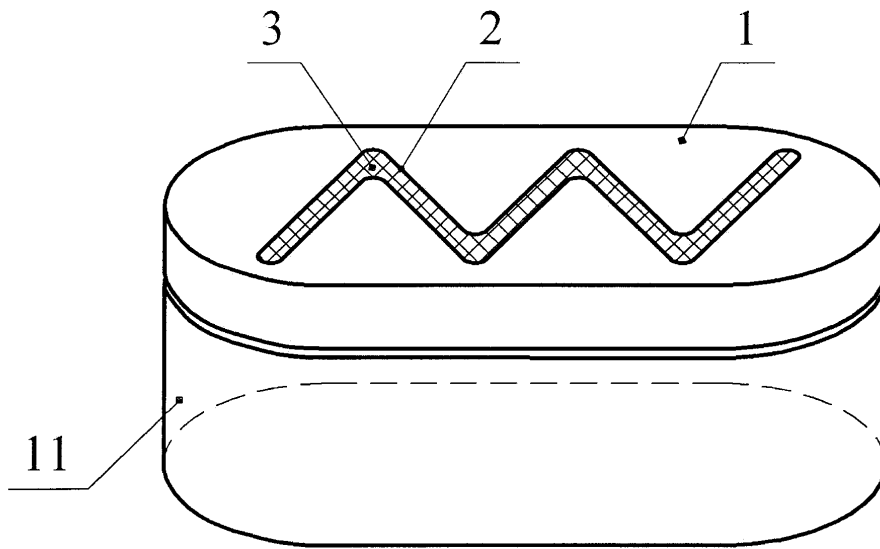
Фиг.3



Фиг.4



Фиг.5



Фиг.6