

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

G01F 1/684 (2023.08); G01F 1/692 (2023.08)

(21)(22) Заявка: 2023113799, 26.05.2023

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
26.05.2023Дата регистрации:
06.02.2024

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 26.05.2023

(45) Опубликовано: 06.02.2024 Бюл. № 4

Адрес для переписки:

105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5, стр. 1,
МГТУ им. Н.Э. Баумана, ЦИС для Амелиной
К.Е.

(72) Автор(ы):

Родионов Илья Анатольевич (RU),
Рыжиков Илья Анатольевич (RU),
Ечеистов Владимир Владимирович (RU),
Зверев Александр Вячеславович (RU),
Рыжков Виталий Витальевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Московский государственный
технический университет имени Н.Э.
Баумана (национальный исследовательский
университет)" (МГТУ им. Н.Э. Баумана) (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 10400759 B2, 03.09.2019. EP
3071936 B1, 15.07.2020. US 10288464 B2,
14.05.2019. JP 2017219434 A, 14.12.2017. JP
8054268 A, 27.02.1996. JP 2020148677 A,
17.09.2020. JP 2005515081 A, 26.05.2005.

(54) Микрофлюидный тепловой сенсор потока жидкости

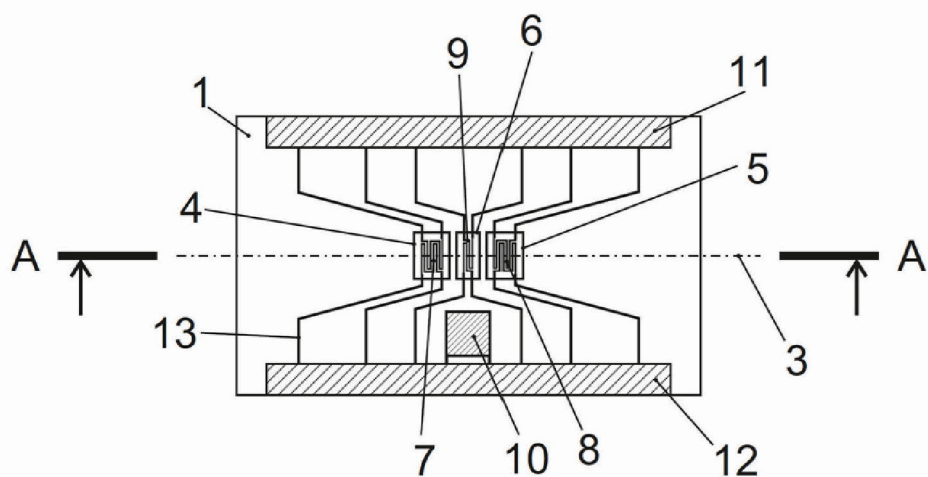
(57) Реферат:

Изобретение относится к области микрофлюидных устройств и методов их изготовления и может быть использовано для контроля потоков жидкостей и газов в микрофлюидной системе. Сущность изобретения заключается в том, что в тепловом микрофлюидном сенсоре потока жидкости, включающем основание, на первой стороне которого вдоль оси расположены первая измерительная область, вторая измерительная область и третья измерительная область, находящаяся между ними, при этом в первой измерительной области сформирован, по меньшей мере, один первый температурный сенсор, во второй измерительной области сформирован, по меньшей мере, один второй температурный сенсор, в третьей измерительной области сформирован, по меньшей мере, один

нагреватель, причем на первой стороне основания расположены также, по меньшей мере, один референсный температурный сенсор, а также сформирован первый массив контактных площадок и второй массив контактных площадок, соединенные с помощью проводящих дорожек с первым температурным сенсором, вторым температурным сенсором, референсным температурным сенсором и нагревателем, позволяя подключить первый температурный сенсор, второй температурный сенсор, референсный температурный сенсор и нагреватель индивидуально во внешнюю электрическую цепь, основание имеет одинаковую толщину по всей площади, вторая сторона основания является поверхностью теплообмена между потоком жидкости и первым температурным сенсором, вторым

температурным сенсором, референсным температурным сенсором и нагревателем, выполненными из проводящего материала, а со второй стороны к основанию устройства герметично присоединена пластина с каналом, расположенным вдоль оси, имеющая сквозные отверстия, соединенные с каналом. Технический

результат - изготовление сенсора потока с интегрированным микрофлюидным каналом в едином производственном цикле, обеспечивающего работу с коррозионно-активными жидкостями, снижение сложности изготовления устройства. 1 з.п. ф-лы, 5 ил.



Фиг. 1

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC

G01F 1/684 (2023.08); G01F 1/692 (2023.08)

(21)(22) Application: 2023113799, 26.05.2023

(24) Effective date for property rights:
26.05.2023Registration date:
06.02.2024

Priority:

(22) Date of filing: 26.05.2023

(45) Date of publication: 06.02.2024 Bull. № 4

Mail address:

105005, Moskva, ul. 2-ya Baumanskaya, 5, str. 1,
MGТУ im. N.E. Baumana, TSIS dlya Amelinoj
K.E.

(72) Inventor(s):

Rodionov Ilya Anatolevich (RU),
Ryzhikov Ilya Anatolevich (RU),
Echeistov Vladimir Vladimirovich (RU),
Zverev Aleksandr Viacheslavovich (RU),
Ryzhkov Vitalii Vitalevich (RU)

(73) Proprietor(s):

Federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniia «Moskovskii gosudarstvennyi
tekhnicheskii universitet imeni N.E. Baumana
(natsionalnyi issledovatel'skii universitet)»
(MGТУ im. N.E. Baumana) (RU)

(54) MICROFLUIDIC THERMAL FLUID FLOW SENSOR

(57) Abstract:

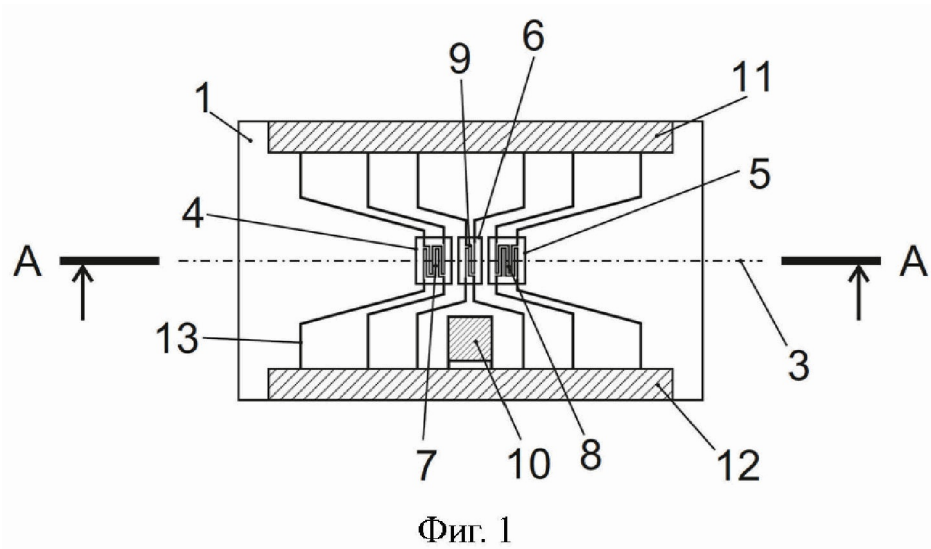
FIELD: microfluidic devices.

SUBSTANCE: thermal microfluidic fluid flow sensor, including a base, on the first side of which the first measuring area, the second measuring area and the third measuring area located between them are located along the axis, while in the first measuring area at least at least one first temperature sensor, in the second measuring area, at least one second temperature sensor is formed, in the third measuring area, at least one heater is formed, wherein at least one reference temperature sensor is also located on the first side of the base, and the first array of contact pads and the second array of contact pads are formed, connected via conductive paths to the first temperature sensor, the second temperature sensor, the reference temperature sensor and the heater, allowing the first temperature sensor, the second

temperature sensor, the reference temperature sensor and the heater to be connected individually into an external electrical circuit, the base has the same thickness over the entire area, the second side of the base is the heat exchange surface between the fluid flow and the first temperature sensor, the second temperature sensor, the reference temperature sensor and a heater made of conductive material, and on the second side, a plate with a channel located along the axis and having through holes connected to the channel is hermetically connected to the base of the device.

EFFECT: production of a flow sensor with an integrated microfluidic channel in a single production cycle, ensuring operation with corrosive liquids, reduced complexity of manufacturing the device.

2 cl, 5 dwg



Изобретение относится к области микрофлюидных устройств и методов их изготовления и может быть использовано для контроля потоков в микрофлюидной системе.

Известен сенсор потока со встроенным защитным проточным каналом, представляющий собой пластину из стекла или другого схожего диэлектрика, на которой сформированы терморезистивные тонкоплёночные элементы, улавливающие изменения скорости потока в канале, плотно прилегающем к пластине со стороны терморезистивных элементов [Ricks L. F. Robust MEMS flow die with integrated protective flow channel: пат. 7513149 США. – 2009].

Недостаток этого устройства заключается во внутриканальном расположении терморезистивных тонкоплёночных элементов, что подвергает их воздействию измеряемой среды и делает невозможной работу с коррозионно-активными жидкостями.

Известен мембранный сенсор потока, представляющий собой пластину из кремния, либо другого схожего материала, на котором с лицевой стороны сформированы термоэлектрические элементы (ТЭ), а в обратной выполнено углубление в области ТЭ, так, что ТЭ оказались на мембране, а также включающий в себя близко прилегающую к ТЭ с лицевой стороны пластины трубку, в которой измеряют поток жидкости; на пластине методами КМОП изготовлена схема обработки сигнала [Mayer F. et al. Flow sensor: пат. 6813944 США. – 2001].

Недостаток этого устройства заключается в необходимости изготовления мембраны, что усложняет производство.

Известен тепловой микрофлюидный сенсор потока жидкости, включающий основание, на первой стороне которого вдоль оси расположены первая измерительная область, вторая измерительная область и третья измерительная область, находящаяся между ними, при этом в первой измерительной области сформирован, по меньшей мере, один первый температурный сенсор, во второй измерительной области сформирован, по меньшей мере, один второй температурный сенсор, в третьей измерительной области сформирован, по меньшей мере, один нагреватель, причем на первой стороне основания расположены также, по меньшей мере, один референсный температурный сенсор, а также сформирован первый массив контактных площадок и второй массив контактных площадок, соединенные с помощью проводящих дорожек с первым температурным сенсором, вторым температурным сенсором, референсным температурным сенсором и нагревателем, позволяя подключить первый температурный сенсор, второй температурный сенсор, референсный температурный сенсор и нагреватель индивидуально во внешнюю электрическую цепь [Shih J. et al. Flow sensors with modular microfluidic channels and methods of manufacture: пат. 10400759 США. – 2019].

Недостаток этого устройства заключается в использовании полимерных материалов для формирования канала устройства, что снижает химическую устойчивость устройства, а также необходимости обеспечения герметичности соединения пластины с каналом, что снижает технологичность и надёжность устройства.

Это устройство выбрано в качестве прототипа предложенного решения.

Технический результат изобретения заключается в изготовлении сенсора потока с интегрированным микрофлюидным каналом в едином производственном цикле, обеспечивающего работу с коррозионно-активными жидкостями, и снижение сложности изготовления устройства.

Сущность изобретения заключается в том, что в тепловом микрофлюидном сенсоре потока жидкости, включающем основание, на первой стороне которого вдоль оси расположены первая измерительная область, вторая измерительная область и третья

измерительная область, находящаяся между ними, при этом в первой измерительной области сформирован, по меньшей мере, один первый температурный сенсор, во второй измерительной области сформирован, по меньшей мере, один второй температурный сенсор, в третьей измерительной области сформирован, по меньшей мере, один
 5 нагреватель, причем на первой стороне основания расположены также, по меньшей мере, один референсный температурный сенсор, а также сформирован первый массив контактных площадок и второй массив контактных площадок, соединенные с помощью проводящих дорожек с первым температурным сенсором, вторым температурным сенсором, референсным температурным сенсором и нагревателем, позволяя подключить
 10 первый температурный сенсор, второй температурный сенсором, референсный температурный сенсор и нагреватель индивидуально во внешнюю электрическую цепь, основание имеет одинаковую толщину по всей площади, вторая сторона основания является поверхностью теплообмена между потоком жидкости и первым температурным сенсором, вторым температурным сенсором, референсным температурным сенсором
 15 и нагревателем, выполненными из проводящего материала. Со второй стороны к основанию герметично присоединена пластина с каналом, расположенным вдоль оси, имеющая сквозные отверстия, соединенные с каналом.

Существует вариант, в котором к пластине с каналом присоединен микрофлюидный чип, в котором выполнены коммутационные отверстия, совпадающие со сквозными
 20 отверстиями в пластине с каналами, а также капилляры, по которым жидкость или газ подводятся к коммутационным отверстиям.

На фиг. 1 изображена схема микрофлюидного теплового сенсора потока.

На фиг. 2 изображено сечение А-А микрофлюидного теплового сенсора потока.

На фиг. 3 изображен вид В по фиг. 2.

На фиг. 4 изображена схема микрофлюидного теплового сенсора потока,
 25 присоединенного к микрофлюидному чипу.

На фиг. 5 изображено сечение В-В микрофлюидного теплового сенсора потока, присоединенного к микрофлюидному чипу.

Тепловой микрофлюидный сенсор потока жидкости включает основание 1 (фиг. 1),
 30 на первой стороне 2 которого вдоль оси 3 расположены первая измерительная область 4, вторая измерительная область 5 и третья измерительная область 6, находящаяся между ними на поверхности основания 1. В качестве первой измерительной области 4, второй измерительной области 5 и третьей измерительной области 6, можно использовать поверхность основания 1, совпадающую с первой стороной 2. Размеры
 35 первой измерительной области 4, второй измерительной области 5 и третьей измерительной области 6 могут быть в диапазоне от 100x100 мкм до 1x1 мм. В первой измерительной области 4 сформирован, по меньшей мере, один первый температурный сенсор 7, а во второй измерительной области 5 сформирован, по меньшей мере, один второй температурный сенсор 8. Оптимальное количество первых температурных
 40 сенсоров 7 может быть в диапазоне от одного до шести. Оптимальное количество вторых температурных сенсоров 8 может быть в диапазоне от одного до шести. Размеры первого температурного сенсора 7 и второго температурного сенсора 8 могут быть в диапазоне от 100x100 мкм до 1x1 мм. В третьей измерительной области 6 сформирован, по меньшей мере, один нагреватель 9. Оптимальное количество нагревателей 9 может
 45 быть в диапазоне 0-2. Размеры нагревателей 9 могут быть в диапазоне от 100x100 мкм до 1x1 мм. На первой стороне 2 основания 1 расположен также, по меньшей мере, один референсный температурный сенсор 10. Оптимальное количество референсных температурных сенсоров 10 может быть в диапазоне 1-4. Размеры референсных

температурных сенсоров 10 могут быть в диапазоне от 100x100 мкм до 3x3 мм. В качестве первого температурного сенсора 7 и второго температурного сенсора 8, а также нагревателя 9 и референсного температурного сенсора 10 можно использовать тонкоплёночные терморезисторы из материалов с отрицательным или положительным температурным коэффициентом электрического сопротивления. На первой стороне 2 основания 1 также сформирован первый массив контактных площадок 11 и второй массив контактных площадок 12, соединенных с помощью проводящих дорожек 13 с первым температурным сенсором 7, вторым температурным сенсором 8, референсным температурным сенсором 10 и нагревателем 9. Первый массив контактных площадок 11 и второй массив контактных площадок 12 могут быть выполнены в виде прямоугольных участков открытого проводника и позволяют подключить первый температурный сенсор 7, второй температурный сенсор 8, референсный температурный сенсор 10 и нагреватель 9 индивидуально во внешнюю электрическую цепь. При этом основание 1 имеет одинаковую толщину по всей площади и может быть в диапазоне 20-200 мкм. Вторая сторона 14 основания 1 является поверхностью теплообмена между потоком жидкости и первым температурным сенсором 7, вторым температурным сенсором 8, референсным температурным сенсором 10 и нагревателем 9. Причем первый температурный сенсор 7, второй температурный сенсор 8, референсный температурный сенсор 10 и нагреватель 9 выполнены из проводящего материала, например, платины или никеля. Со второй стороны 14 (фиг. 2, фиг. 3) к основанию 1 герметично присоединена пластина 15 с каналом 16, расположенным вдоль оси 3, имеющая сквозные отверстия 17, соединенные с каналом 16. В качестве пластины 15 можно использовать кремниевую подложку и ее толщина может быть в диапазоне 100-2000 мкм. Диаметр отверстий 17 может быть в диапазоне 100-2000 мкм.

Существует вариант, в котором к пластине 15 с каналом 16 (фиг. 4, фиг. 5) при помощи компаунда 19 присоединен микрофлюидный чип 18, в котором выполнены коммутационные отверстия 20, совпадающие со сквозными отверстиями 17 в пластине 15, соединенные с капиллярами 21.

Микрофлюидный тепловой сенсор потока (МТСП) жидкости функционирует в калориметрическом режиме с постоянной температурой нагревателя 9 и компенсацией колебаний температуры окружающей среды. Принцип работы МТСП основан на том, что движущаяся среда в канале 16 вызывает асимметрию температурного поля вдоль оси 3 вблизи нагревателя 9. Асимметрия температурного поля измеряется при помощи первого температурного сенсора 7 и второго температурного сенсора 8. При известных теплофизических свойствах жидкости, скорость потока можно рассчитать из выходного сигнала МТСП с использованием калибровочной кривой.

Во время измерений управляющая электронная схема поддерживает постоянную разницу температур между нагревателем 9 и референсным температурным сенсором 10, тем самым компенсируя колебания температуры окружающей среды и устраняя риск перегрева при малых расходах. Сигнал референсного температурного сенсора 10 используется для компенсации флуктуаций температуры на чипе МТСП и позволяет стабильно и надежно измерять расход в реальных условиях эксплуатации, когда температура в помещении может значительно меняться. Сигнал с первого температурного сенсора 7 и второго температурного сенсора 8 измеряют с помощью моста Уитстона и является выходным сигналом МТСП.

Если к пластине 15 с каналом 16 присоединен микрофлюидный чип 18, то жидкость или газ из канала 21 сквозь сквозные отверстия 20 поступает в канал 16, где происходит измерение потока, а затем поступает обратно на микрофлюидный чип 18.

То, что в микрофлюидном тепловом сенсоре потока (МТСП) жидкости основание 1 имеет одинаковую толщину по всей площади, вторая сторона 14 основания 1 является поверхностью теплообмена между потоком жидкости и первым температурным сенсором 7, вторым температурным сенсором 8, референсным температурным сенсором 10 и нагревателем 9, выполненными из проводящего материала, существенно снижает сложность и стоимость изготовления устройства.

То, что со второй стороны 14 к основанию 1 герметично присоединена пластина 15 с каналом 16, расположенным вдоль оси 3, имеющая сквозные отверстия 17, соединенные с каналом 16, обеспечивает изоляцию температурных сенсоров от воздействия жидкости, что позволяет работать с коррозионно-активными жидкостями.

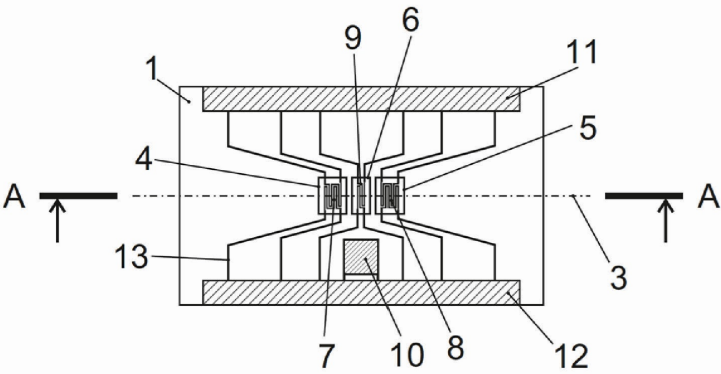
То, что к пластине 15 с каналом 16 присоединен микрофлюидный чип 18, в котором выполнены коммутационные отверстия 20, совпадающие со сквозными отверстиями 17 в пластине 15, соединенные с капиллярами 21, позволяет контролировать поток в канале микрофлюидного чипа 18.

(57) Формула изобретения

1. Тепловой микрофлюидный сенсор потока жидкости, включающий основание, на первой стороне которого вдоль оси расположены первая измерительная область, вторая измерительная область и третья измерительная область, находящаяся между ними, при этом в первой измерительной области сформирован, по меньшей мере, один первый температурный сенсор, во второй измерительной области сформирован, по меньшей мере, один второй температурный сенсор, в третьей измерительной области сформирован, по меньшей мере, один нагреватель, причем на первой стороне основания расположены также, по меньшей мере, один референсный температурный сенсор, а также сформирован первый массив контактных площадок и второй массив контактных площадок, соединенные с помощью проводящих дорожек с первым температурным сенсором, вторым температурным сенсором, референсным температурным сенсором и нагревателем, позволяя подключить первый температурный сенсор, второй температурный сенсор, референсный температурный сенсор и нагреватель индивидуально во внешнюю электрическую цепь, отличающийся тем, что основание имеет одинаковую толщину по всей площади, вторая сторона основания является поверхностью теплообмена между потоком жидкости и первым температурным сенсором, вторым температурным сенсором, референсным температурным сенсором и нагревателем, выполненными из проводящего материала, со второй стороны к основанию устройства герметично присоединена пластина с каналом, расположенным вдоль оси, имеющая сквозные отверстия, соединенные с каналом.

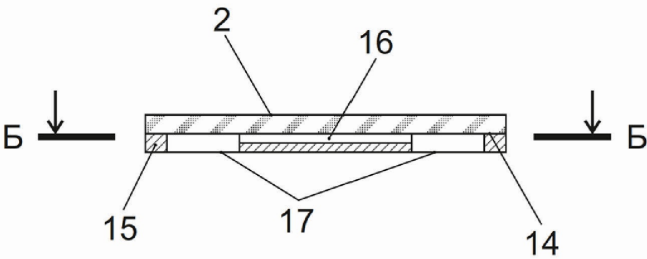
2. Устройство по пункту 1, отличающееся тем, что к пластине с каналом присоединен микрофлюидный чип, в котором выполнены коммутационные отверстия, совпадающие со сквозными отверстиями в пластине с каналами, а также капилляры, по которым жидкость или газ подводятся к коммутационным отверстиям.

1



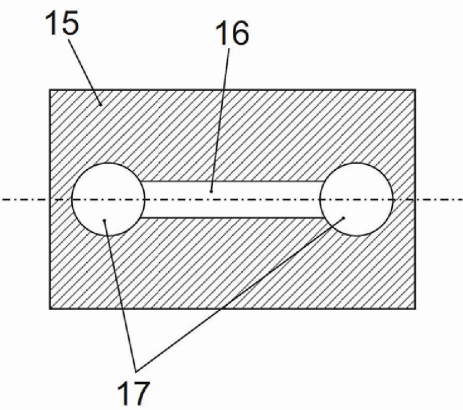
Фиг. 1

Сечение А-А



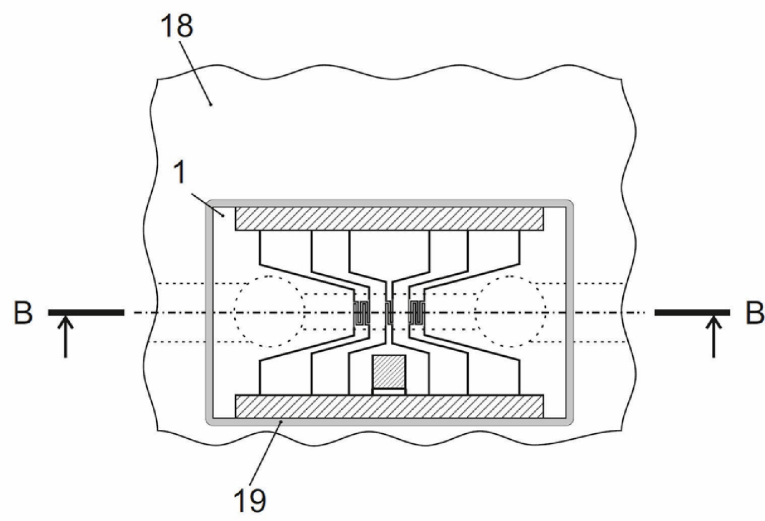
Фиг. 2

Сечение Б-Б



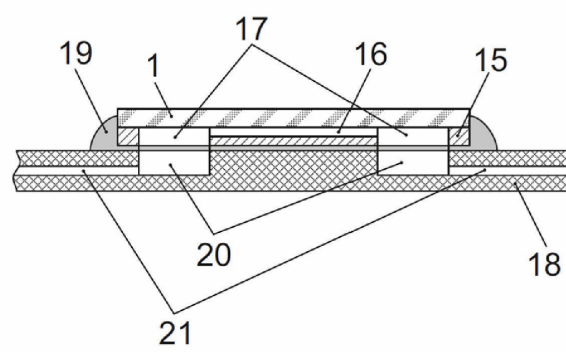
Фиг. 3

2



Фиг. 4

Сечение В-В



Фиг. 5