

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2708933

### Способ измерения интенсивности ультразвукового поля в жидкости

Патентообладатель: *федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский университет ИТМО" (Университет ИТМО) (RU)*

Авторы: *Бобцов Алексей Алексеевич (RU), Бойков Владимир Иванович (RU), Бушуев Александр Борисович (RU), Григорьев Валерий Владимирович (RU), Литвинов Юрий Володарович (RU)*

Заявка № 2019101394

Приоритет изобретения 17 января 2019 г.

Дата государственной регистрации в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 12 декабря 2019 г.

Срок действия исключительного права на изобретение истекает 17 января 2039 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
G01H 3/00 (2019.08)

(21)(22) Заявка: 2019101394, 17.01.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
17.01.2019

Дата регистрации:  
12.12.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 17.01.2019

(45) Опубликовано: 12.12.2019 Бюл. № 35

Адрес для переписки:

197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр.,  
49, Университет ИТМО, ОИС и НТИ

(72) Автор(ы):

Бобцов Алексей Алексеевич (RU),  
Бойков Владимир Иванович (RU),  
Бушуев Александр Борисович (RU),  
Григорьев Валерий Владимирович (RU),  
Литвинов Юрий Володарович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Национальный  
исследовательский университет ИТМО"  
(Университет ИТМО) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: SU 1196696 A1, 07.12.1985. SU  
1709206 A1, 30.01.1992. SU 176728 A1, 17.11.1965.  
SU 720822 A1, 05.03.1980. US 5433102 A,  
18.07.1995. US 2011139173 A1, 16.06.2011.

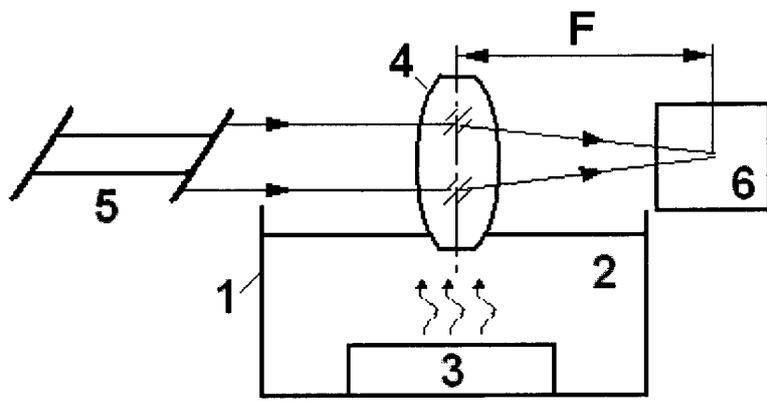
(54) Способ измерения интенсивности ультразвукового поля в жидкости

(57) Реферат:

Использование: для определения интенсивности ультразвукового поля в жидкости. Сущность изобретения заключается в том, что в ванну с исследуемой жидкостью торцом к излучателю ультразвуковых колебаний, установленному в ванне, частично погружают оптически прозрачную измерительную камеру, выполненную из монодисперсного пористого стекла с размерами пор, по крайней мере, на порядок меньше длины волны оптического излучения, которое пропускают через измерительную камеру. Под действием

ультразвукового капиллярного эффекта жидкость проникает в поры измерительной камеры и изменяет ее показатель преломления. По изменению показателя преломления за определенное время находят скорость его изменения и по тарировочной кривой рассчитывают интенсивность ультразвука. Технический результат: повышение точности измерения интенсивности ультразвукового поля в жидкости при атмосферном давлении. 1 з.п. ф-лы, 1 ил.

R U 2 7 0 8 9 3 3 C 1



R U 2 7 0 8 9 3 3 C 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*G01H 3/00 (2019.08)*

(21)(22) Application: **2019101394, 17.01.2019**

(24) Effective date for property rights:  
**17.01.2019**

Registration date:  
**12.12.2019**

Priority:

(22) Date of filing: **17.01.2019**

(45) Date of publication: **12.12.2019 Bull. № 35**

Mail address:

**197101, Sankt-Peterburg, Kronverkskij pr., 49,  
Universitet ITMO, OIS i NTI**

(72) Inventor(s):

**Bobtsov Aleksej Alekseevich (RU),  
Bojkov Vladimir Ivanovich (RU),  
Bushuev Aleksandr Borisovich (RU),  
Grigorev Valerij Vladimirovich (RU),  
Litvinov Yuriy Volodarovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniya "Natsionalnyj issledovatel'skij  
universitet ITMO" (Universitet ITMO) (RU)**

(54) **METHOD OF MEASURING INTENSITY OF AN ULTRASONIC FIELD IN A LIQUID**

(57) Abstract:

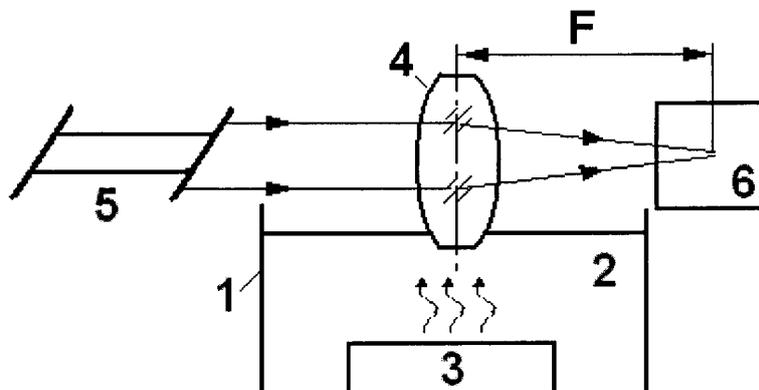
FIELD: measurement technology.

SUBSTANCE: use: to determine intensity of ultrasonic field in liquid. Summary of invention consists in the fact that into the bath with the analyzed liquid by the end face to the emitter of ultrasonic oscillations installed in the bath, partially immersed optically transparent measuring chamber, made of monodisperse porous glass with pore size, at least by an order less than wavelength of optical radiation, which is passed

through measuring chamber. Under action of ultrasonic capillary effect liquid penetrates into pores of measuring chamber and changes its refraction index. Change in the refraction index over a certain period of time enables determining the rate of change thereof and calculating the intensity of the ultrasound using a calibration curve.

EFFECT: high accuracy of measuring intensity of an ultrasonic field in a liquid at atmospheric pressure.

1 cl, 1 dwg



Изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано для определения интенсивности ультразвукового поля.

Известен способ измерения интенсивности ультразвукового поля в жидкости путем определения кавитационной энергии в ультразвуковой ванне [патент RU №2502966, МПК G01H 3/00, дата приоритета 22.08.2008, дата публикации 27.12.2013], оборудованной низкочастотным источником ультразвука, включающий следующие этапы: заполнение измерительной камеры заданным объемом измерительной жидкости, расположение измерительной камеры в заполненной жидкостью ультразвуковой ванне, приведение в работу источника ультразвука ультразвуковой ванны, определение появляющегося увеличения объема измерительной жидкости в измерительной камере и оценка кавитационной энергии по величине увеличения объема измерительной жидкости в измерительной камере. Недостатком аналога является низкая точность измерений интенсивности ультразвуковых колебаний из-за потерь энергии в стенках измерительной камеры, поскольку измеряемая в ванне жидкость и измерительная жидкость в камере разделены перегородкой.

Известен способ измерения интенсивности ультразвукового поля, описанный в индикаторе ультразвука [патент RU №2312312, МПК G01H 9/00, дата приоритета 19.04.2005, дата публикации 27.10.2006, в котором измерительную камеру с оптически прозрачной крышкой, и содержащую электрооптическую жидкость, освещают лучом света, падающим под углом к прозрачной крышке, действуют измеряемым ультразвуком на другую крышку измерительной камеры, представляющую собой пьезокристалл, пьезоэлектричеством изменяют коэффициент преломления электрооптической жидкости для падающего луча, по изменению цвета отраженного луча определяют интенсивность ультразвуковых колебаний. Недостатком аналога является низкая точность измерений интенсивности ультразвуковых колебаний, поскольку по изменению цвета отраженного луча трудно определить изменение интенсивности. Практически в аналоге определяется только наличие или отсутствие ультразвуковых колебаний, без его численных характеристик.

Известен также способ измерения интенсивности ультразвукового поля в жидкости [авторское свидетельство СССР №1196696, МПК G01H 3/00, дата приоритета 11.07.83, дата публикации 0.12.85], выбранный за прототип и заключающийся в том, что устанавливают капилляр в исследуемой среде, возбуждают ультразвуковые колебания и увеличивают давление в капилляре, возбуждают кавитацию под торцом капилляра и измеряют максимальную скорость поднятия жидкости от интенсивности ультразвукового поля при увеличении давления в капилляре, по которой с учетом тарировочной зависимости максимальной скорости поднятия жидкости по капилляру от интенсивности ультразвукового поля определяют искомый параметр. Недостатком прототипа является низкая точность измерений, обусловленная необходимостью создания компрессором определенной величины давления в капилляре перед измерениями и поддержание давления постоянным в процессе измерения. Отсутствие компрессора, а, следовательно, и определенного давления, приводит к тому, что при больших интенсивностях ультразвука при атмосферном давлении жидкость переполняет капилляр, выплескивается через верхний торец, и измерения становятся невозможными. В этом случае для увеличения диапазона измерений необходимо увеличивать длину капилляра, что приводит к громоздкости устройства измерения. Кроме того, при кавитации столб жидкости в капилляре может быть разделен пузырьками воздуха. Их количество и размеры являются случайной величиной, и высота подъема жидкости в капилляре при одной и той же интенсивности ультразвуковых колебаний, будет иметь

случайную погрешность. Дифференцирование высоты подъема для определения скорости, в том числе, максимальной, тем более приводит к большой случайной погрешности измерений.

5 Технический результат заявленного решения заключается в повышении точности измерения интенсивности ультразвукового поля в жидкости при атмосферном давлении.

Сущность способа измерения интенсивности ультразвукового поля в жидкости заключается в том, что устанавливают капиллярную измерительную камеру в исследуемой среде, возбуждают ультразвуковые колебания, возбуждают кавитации под торцом капиллярной измерительной камеры, измеряют скорости движения жидкости в капиллярной измерительной камере и определяют искомый параметр по тарировочной зависимости скорости движения жидкости в капиллярной измерительной камере от интенсивности ультразвукового поля, при этом скорость движения жидкости в прозрачной капиллярно-пористой измерительной камере с размером пор, по крайней мере, на порядок меньше длины волны излучения, которое пропускают через прозрачно-пористую измерительную камеру, определяют по скорости изменения показателя преломления измерительной камеры для пропускаемого излучения. Тот же технический результат достигается тем, что скорость изменения показателя преломления определяют по скорости изменения фокусного расстояния измерительной камеры.

Сущность изобретения заключается в том, что измеряют не скорость подъема жидкости в капилляре, а скорость заполнения жидкостью множества пор в капиллярно-пористом материале прозрачного оптического элемента, образующего измерительную камеру. Можно сказать, что единственный капилляр прототипа заменяют хаотическим множеством капилляров, общая протяженность которых существенно превышает протяженность одного капилляра прототипа. Объем измерительной камеры при 25 похожих линейных размерах получается существенно больше, следовательно, можно измерять более интенсивные ультразвуковые колебания, которые накачивают больше жидкости в измерительную камеру, причем при атмосферном давлении, в отличие от прототипа. При множестве капилляров-пор случайная погрешность от возможных пузырьков воздуха в порах усредняется интегрированием. Действительно, 30 информационная характеристика - скорость заполнения объема пор жидкостью является двойным интегралом по пространству от скорости подъема жидкости в капилляре. Поэтому случайная составляющая погрешности при измерении одной и той же интенсивности становится меньше.

Сущность изобретения поясняется фигурой, на которой представлена конструкция 35 устройства, реализующего заявленный способ измерения.

На фигуре введены следующие обозначения:

1 - ванна, 2 - исследуемая среда, 3 - излучатель ультразвуковых колебаний, 4 - измерительная камера в форме капиллярно-пористой линзы, 5 - источник оптического излучения, 6 - фотоприемник.

40 Устройство содержит ванну 1 с исследуемой средой 2, излучатель ультразвуковых колебаний 3, расположенный в ванне 1 под торцом измерительной камеры 4, частично погруженной в исследуемую среду 2, и выполненной в форме оптического элемента, например, фокусирующей линзы 4, из оптически прозрачного капиллярно-пористого материала с размерами пор, по крайней мере, на порядок меньше длины волны излучения источника оптического излучения 5, на оптической оси которого последовательно установлены измерительная камера 4 и фотоприемник 6.

Перед началом измерений интенсивности ультразвукового поля определяют фокусное расстояние сухой линзы 4. Для этого включают источник оптического излучения 5,

например, лазер и пропускают излучение через линзу 4 на фотоприемник 6, определяя ее фокусное расстояние F. Затем торец линзы 4 погружают в исследуемую среду 2 и включают излучатель ультразвуковых колебаний 3, расположенный под торцом линзы 4. Одновременно включают таймер для измерения времени процесса.

Из-за ультразвукового капиллярного эффекта и абсорбции жидкость исследуемой среды 2 заполняет поры линзы 4, изменяя ее показатель преломления. Чем больше пор заполнено жидкостью, тем больше показатель преломления, и тем меньше фокусное расстояние F линзы 4. Поскольку размеры пор линзы 4, по крайней мере, на порядок меньше длины волны источника оптического излучения 5, то явления интерференции и дифракции на порах линзы практически не сказываются, т.е. линза 4 для оптического излучения представляет однородное оптическое тело с изменяемым показателем преломления.

Линза 4 выполнена из монодисперсного пористого стекла с размером пор (максимум распределения размеров) 40 нм, что в 10-17,5 раза меньше длины волны излучения рабочего диапазона (оптический диапазон видимого спектра 400-700 нм). Пористое стекло получают по известной технологии путем выщелачивания натрий-бор-силикатной основы с образованием пористой матрицы, содержащей до 95-98 вес.% SiO<sub>2</sub>. Суммарный объем пор в таком стекле составляет примерно 25-30%. При заполнении пор только воздухом эквивалентный показатель преломления системы стекло-воздух  $n=1,35$ , при заполнении пор водой эквивалентный показатель преломления  $n=1,37$ . Фокусное расстояние F однолинзового объектива определяется по формуле

$$F = \frac{R1 \cdot R2}{(n - 1) \cdot (R1 + R2)}$$

где R1, R2 - радиусы кривизны поверхностей линзы, n - показатель преломления материала линзы

Для R1=R2=400 мм фокусное расстояние для воздушного заполнения составит 285,7 мм, для водяного заполнения 270,2 мм. Таким образом, фокусное расстояние для полного заполнения пор водой меняется на  $\Delta F=15,5$  мм.

После полного заполнения пор линзы 4, выключают излучатель 3 ультразвукового излучения и засекают таймером время T заполнения линзы 4 жидкостью. При делении величины  $\Delta F$  на T получают скорость изменения фокусного расстояния и по тарировочной зависимости между скоростью изменения фокусного расстояния и интенсивностью ультразвуковых колебаний определяют искомый параметр.

После завершения измерений линзу 4 вынимают из ванны 1 и осушают ультразвуковыми колебаниями и горячим воздухом.

Таким образом, заявляемое техническое решение позволяет повысить точность измерения интенсивности ультразвукового поля в жидкости при атмосферном давлении.

(57) Формула изобретения

1. Способ измерения интенсивности ультразвукового поля в жидкости, заключающийся в установке капиллярной измерительной камеры в исследуемой среде, возбуждении ультразвуковых колебаний, возбуждении кавитации под торцом капиллярной измерительной камеры, измерении скорости движения жидкости в капиллярной измерительной камере и определении искомого параметра по тарировочной зависимости скорости движения жидкости в капиллярной измерительной камере от интенсивности ультразвукового поля, отличающийся тем, что скорость движения жидкости в прозрачной капиллярно-пористой измерительной камере с размером пор,

по крайней мере, на порядок меньше длины волны излучения, которое пропускают через прозрачно-пористую измерительную камеру, определяют по скорости изменения показателя преломления измерительной камеры для пропускаемого излучения.

5 2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что скорость изменения показателя преломления определяют по скорости изменения фокусного расстояния измерительной камеры.

10

15

20

25

30

35

40

45

