

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **039437**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

- | | |
|---|---|
| <p>(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.01.27</p> <p>(21) Номер заявки
201892750</p> <p>(22) Дата подачи заявки
2017.06.21</p> | <p>(51) Int. Cl. G01N 15/02 (2006.01)
G01N 15/10 (2006.01)
G01N 21/05 (2006.01)
G01N 21/85 (2006.01)
G03H 1/00 (2006.01)</p> |
|---|---|

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОСЕВОЙ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ МИКРОСКОПИИ

- | | |
|---|--|
| <p>(31) 16175692.9</p> <p>(32) 2016.06.22</p> <p>(33) EP</p> <p>(43) 2019.06.28</p> <p>(86) PCT/FI2017/050464</p> <p>(87) WO 2017/220861 2017.12.28</p> <p>(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
УПОНОР ОЮЙ (FI)</p> <p>(72) Изобретатель:
Хямяляйнен Эса, Кести Торо (FI)</p> <p>(74) Представитель:
Поликарпов А.В., Соколова М.В.,
Путинцев А.И., Черкас Д.А., Игнатьев
А.В. (RU)</p> | <p>(56) JERICHO, S.K. et al. In-line digital holographic microscopy for terrestrial and exobiological research. In: Planetary and Space Science 2010, Vol. 58, pp. 701-705, abstract; chapters 1-6; figs. 1, 2A, 2B, 4, 5
US-A1-2013222547
US-A1-2015204773
ZHENG, G. et al. The ePetri dish, an on-chip cell imaging platform based on subpixel perspective sweeping microscopy (SPSM). In: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS) 2011, Vol. 108, No. 41, pp. 16889-16894, entire document
LEE, S.A. et al. Imaging and Identification of Waterborne Parasites Using a Chip-Scale Microscope. In: PLOS ONE 2014, Vol. 9, No. 2, e89712, entire document
US-A1-2005248761</p> |
|---|--|

- (57) Измерительное устройство (101) содержит осветительное устройство (110), выполненное с возможностью испускания когерентного света (111); кювету (120), определяющую внутренний объем (121) для приема жидкости (130), возможно содержащей инородные микроскопические объекты (140), при этом кювета выполнена с возможностью приема когерентного света и выпуска его после прохождения через кювету через противоположные входное и выходное отверстия (150, 153), при этом входное отверстие (150) закрыто входным окном (151), в результате чего микроскопические объекты, возможно присутствующие в жидкости, рассеивают часть света, при этом рассеянный и нерассеянный свет интерферирует с формированием интерференционных полос; датчик (160) изображения, выполненный с возможностью захвата кадра (170) голографического цифрового изображения путем приема света, прошедшего через кювету; и выходное окно (152), закрывающее выходное отверстие (153) кюветы. Датчик (160) изображения установлен в непосредственном контакте с кюветой (120).

039437
B1

039437
B1

Область техники

Настоящее изобретение в целом относится к анализу жидкостей, таких как вода, посредством осевой голографической микроскопии. В частности, настоящее изобретение относится к устройству для измерения или отображения для такого анализа.

Предпосылки создания изобретения

Качество воды представляет собой важный параметр для различных приложений, где производится, подается или используется чистая вода. Качество воды может быть также важным для безопасности и здоровья людей, как конечных пользователей муниципальной воды, а также для различных производственных процессов, где используется вода, к качеству которой предъявляются особые требования.

Традиционно тщательный анализ качества воды представляет собой долгий лабораторный процесс, в котором пробу воды исследуют с помощью сложных аналитических инструментов. Однако для многих приложений, таких как контроль качества воды на станциях водоочистки, в муниципальных сетях водоснабжения, или при внутренней подаче воды в некоторых типах систем водоснабжения критичных жилых помещений, таких как больницы, домов престарелых или детских садов, а так же в некоторых производственных процессах необходим намного более быстрый анализ.

В последнее время в качестве одной из возможных технологий для быстрого контроля качества воды были предложены осевая голография или голографическая микроскопия. Например, в статье Mudanyali O., Oztoprak C., Tseng D., Erlinger A., Ozcan A. Detection of waterborne parasites using field-portable and cost-effective lensfree microscopy. Lab on a chip. 2010; 10(18):2419-2423 раскрыт компактный осевой голографический микроскоп для обнаружения патогенных водных паразитов. Электронная версия находится по адресу www.rsc.org.

В голографическом микроскопическом устройстве одним из наиболее важных узлов является устройство для измерения или отображения, используемое для освещения целевого объема жидкости когерентным светом и получения цифровых кадров изображения путем приема света, прошедшего через целевую жидкость. Данные изображения кадров цифрового изображения содержат голографические картины, сформированные в результате интерференции света, рассеянного микроскопическими объектами, с нерассеянным светом.

Поскольку голографические картины формируют базис для обнаружения и/или определения микроскопической картины, на надежность обнаружения и/или определения может очень сильно влиять работа устройства измерения или отображения. В частности, в случае простого устройства без специальной оптики и/или с конфигурацией без взятия проб, обеспечивающей непрерывный поток анализируемой жидкости, важно, чтобы во всех ситуациях устройство измерения или отображения давало бы достоверные данные изображения. На достоверность данных изображения не должны, например, влиять, вариации давления в трубе, частью которой является устройство для анализа потока.

Аналогично контролю качества воды, существуют также различные другие приложения, в которых инородные микроскопические объекты в жидкости могут быть обнаружены и/или проанализированы посредством осевой голографической микроскопии.

Сущность изобретения

Далее в упрощенной форме представлен обзор концепций, которые ниже описаны в подробном описании. Эта часть описания не имеет целью изложить главные признаки или существенные особенности заявляемого предмета изобретения и не имеет целью ограничить объем настоящего изобретения.

Раскрыто измерительное устройство для осевой голографической микроскопии, которое может использоваться для обнаружения инородных микроскопических объектов, присутствующих в жидкости. Такое обнаружение может быть использовано, например, для контроля качества воды в системах и сетях водоснабжения, водораспределения или водопользования, при этом указанные микроскопические объекты могут быть, например, частицами примесей и/или микробами. Альтернативно, жидкость может быть некоторой другой жидкостью или газом.

Термин "осевая голографическая микроскопия" относится к процессам анализа и измерения, в которых получают один или большее количество кадров цифрового изображения пробного объема, освещенного когерентным светом, при этом кадр (кадры) цифрового изображения содержат голографические картины, полученные от инородных микроскопических объектов, присутствующих в этом пробном объеме. Однако "осевая голографическая микроскопия" охватывает также процессы анализа и измерения, в которых не производят полной реконструкции пробного объема путем вычисления или генерации на основе кадра (кадров) цифрового изображения, содержащих голографические картины, а производят определение содержимого пробного объема на основе полученного кадра (кадров) цифрового изображения.

Устройство может содержать осветительное устройство, выполненное с возможностью испускания когерентного света; кювету, определяющую внутренний объем для приема жидкости, возможно содержащей инородные микроскопические объекты, при этом кювета выполнена с возможностью приема когерентного света и выпуска его после прохождения через кювету через противоположные входное и выходное отверстия, соответственно, при этом входное отверстие закрыто входным окном, в результате чего микроскопические объекты, возможно присутствующие в жидкости, рассеивают часть света, при этом рассеянный и нерассеянный свет интерферирует с формированием интерференционных полос поза-

ди микроскопических объектов; датчик изображения, содержащий светочувствительную ячейку, при этом датчик изображения выполнен с возможностью захвата кадра голографического цифрового изображения путем приема света, прошедшего через кювету; и выходное окно, закрывающее выходное отверстие кюветы.

Предпочтительно, чтобы датчик изображения был установлен в устройстве в непосредственном контакте с кюветой.

Многие из сопутствующих признаков станут понятнее из последующего подробного описания со ссылками на сопровождающие чертежи.

Краткое описание чертежей

Настоящее изобретение будет более понятно из последующего подробного описания со ссылками на сопровождающие чертежи, где

на фиг. 1-3 схематично показано измерительное устройство для обнаружения инородных микроскопических объектов, присутствующих в жидкости; и

на фиг. 4 показана блок-схема устройства для обнаружения инородных микроскопических объектов, присутствующих в жидкости.

Подробное описание

На фиг. 1 показано измерительное устройство (101), которое может использоваться для осевой голографической микроскопии.

"Осевая голографическая микроскопия" относится к способам исследования и устройствам, с помощью которых инородный микроскопический объект, присутствующий в жидкости, освещаемой когерентным светом, может быть обнаружен и/или определен на основе голографической картины, сформированной в результате интерференции части света, рассеянной такими объектами, с нерассеянной частью света.

Выражение "инородный" означает, что эти микроскопические объекты не являются самой жидкостью. Они могут состоять, например, из материала труб или контейнеров, в которых исследуемая жидкость транспортировалась или хранилась. Частицы материалов из таких систем могут попадать в жидкость, например, в результате повреждения трубы или выхода из строя оборудования. Альтернативно, инородные микроскопические объекты могут происходить от инородных тел или загрязняющих веществ, попавших в такие трубы или контейнеры. Например, в случае систем водоснабжения такое инородное тело, поставляющее микробов в жидкость, может быть мертвым животным.

В случае систем и сетей водоснабжения, водораспределения или водопользования микробами, которые обычно не должны присутствовать в воде, могут быть, например, различные бактерии, такие как бактерии, принадлежащие к группам колиподобных бактерий или легионелл, простейшие, такие как кишечная лямблия, или различные типы водорослей.

С другой стороны, с точки зрения физических свойств, "инородные микроскопические объекты", как правило, имеют показатель преломления, отличающийся от показателя преломления жидкости. Это позволяет обнаружить такие объекты посредством оптического обнаружения. В измерительном устройстве на фиг. 1 это используется таким образом, что обнаружение микроскопических объектов основано на рассеянии света микроскопическими объектами благодаря разнице между показателями преломления микроскопических объектов и жидкости.

С точки зрения размеров к "микроскопическим объектам" относятся объекты, характерные размеры которых, такие как максимальный диаметр, длина или ширина, находятся в диапазоне от 0,1; 0,5 или 1,0 до 50 или 100 мкм. Объекты с так малыми характерными размерами не видимы человеческому глазу и поэтому не могут быть обнаружены визуально. С другой стороны, голограммы, сформированные объектами таких размеров, обнаруживаются датчиком изображения, имеющим разумные небольшие размеры. Кроме того, при таких микроскопических размерах объекты рассеивают свет, главным образом, вперед, таким образом обеспечивая эффективное обнаружение методом осевой голографии.

Измерительное устройство содержит осветительное устройство 110, которое при работе испускает когерентный свет 111. Свет может излучаться, например, в виде коротких импульсов.

Кроме того, измерительное устройство содержит кювету 120, определяющую внутренний объем 121 для приема жидкости 130, которая может содержать инородные микроскопические объекты 140.

Термин "кювета" относится к конструкции любого типа, подходящей для создания внутреннего объема для приема жидкости, которая будет измерена и/или проанализирована измерительной системой, связанной с кюветой. Кювета может содержать одну или большее количество стенок, определяющих ее внутренний объем. Определение внутреннего объема означает, что эта одна или большее количество стенок ограничивает или окружает поперечное сечение внутреннего объема по всему его периметру. Другими словами, эта одна или большее количество стенок и/или некая другая подходящая конструкция кюветы полностью окружает весь внутренний объем по меньшей мере в одном поперечном его сечении, таким образом предотвращая возможность выхода измеряемой жидкости из внутреннего объема в направлениях, лежащих в плоскости этого поперечного сечения.

Кювета может быть пробоотборного типа; в этом случае в таком внутреннем объеме может содержаться дискретный объем для пробы. Альтернативно, кювета может быть проточной, позволяя измерять

и анализировать жидкости в процессе их непрерывного протекания через кювету во время измерений. В некоторых вариантах выполнения настоящего изобретения кювета может служить поочередно как пробоотборная кювета или как проточная кювета.

В кювете имеется входное отверстие 150, закрытое входным окном 151 и расположенное относительно осветительного устройства так, что при работе кювета принимает когерентный свет, испускаемый осветительным устройством, через входное окно.

Кроме того, в кювете имеется выходное отверстие 153, закрытое выходным окном 152, установленным в стенке кюветы напротив входного окна; через выходное отверстие свет, попавший в кювету, после его прохождения через кювету выходит из кюветы.

Термин "установлен" относится к прикреплению или фиксации, съемно или неразъемно, компонента, элемента или модуля к другой конструкции. Установка может быть сделана, например, клеем или любым другим подходящим адгезивом.

При освещении жидкости в кювете когерентным светом возможные микроскопические объекты, присутствующие в жидкости, рассеивают часть света вперед, и рассеянные и нерассеянные части света интерферируют с формированием позади микроскопических объектов интерференционных полос.

Когда речь идет об испускании света и освещении, термин "когерентный свет" относится по меньшей мере к части излучаемого света и свету, которым освещается пробный объем, при этом этот свет достаточно когерентен в пространстве и времени, чтобы указанная интерференция была возможной. Таким образом, испускание когерентного света и освещение когерентным светом не исключают возможности испускания также и некогерентного света, и освещения пробного объема также и некогерентным светом. Таким образом, свет, излучаемый осветительным устройством, и свет, которым освещается пробный объем, может включать и когерентный, и некогерентный свет. В этом смысле термин "когерентный свет" означает "по меньшей мере частично когерентный свет".

Термин "позади" означает местоположение интерференционных полос относительно направления падения света, т.е. когерентного света, которым освещают жидкость. Другими словами, если смотреть со стороны источника света, генерирующего когерентный свет, интерференционные полосы формируются, главным образом, позади микроскопических объектов, т.е. с той стороны от микроскопических объектов, которая противоположна стороне, с которой когерентный свет падает на микроскопические объекты.

Осветительное устройство может содержать любой подходящий источник света, такой как лазерный диод, способный создавать когерентный свет. Свет может иметь длину (длины) волны, например, в диапазоне 350-500 нм, и не ограничен по амплитуде. Осветительное устройство может дополнительно содержать любые подходящие оптические элементы для направления когерентного света в кювету с целью освещения находящейся в ней жидкости.

Кроме того, измерительное устройство 101 на фиг. 1 содержит датчик 160 изображения, содержащий светочувствительную ячейку 161 и прозрачное защитное окно 162, через которое свет может войти в датчик изображения, установленный перед светочувствительной ячейкой. Светочувствительная ячейка заключена в кожух 163, в части которого выполнено защитное окно.

Осветительное устройство и датчик изображения расположены с противоположных сторон кюветы, формируя прямой путь распространения света от осветительного устройства в датчик изображения через кювету. Датчик изображения установлен и сконфигурирован так, чтобы захватить кадр голографического цифрового изображения 170 путем приема света, прошедшего через кювету и вышедшего из нее через выходное окно 152.

В других вариантах выполнения настоящего изобретения могут быть реализованы не прямые оптические конфигурации, в которых свет проходит к датчику изображения, например, через одно или большее количество зеркал.

Термин "датчик изображения" относится к компоненту или элементу обнаружения света, способному захватывать кадры цифрового изображения. Датчик изображения может, например, содержать в качестве активного элемента обнаружения света светочувствительную ячейку на основе CMOS (комплементарный металлооксидный полупроводник) или CCD (устройство с зарядовой связью) или светочувствительную ячейку любого другого подходящего типа.

Датчик изображения может быть, например, датчиком обнаружения черно-белого изображения, датчиком обнаружения оттенков серого или одноцветным датчиком. Подходящий размер активной области и разрешение светочувствительной ячейки зависят от всей конфигурации измерительного устройства. В некоторых вариантах выполнения настоящего изобретения этот размер может составлять, например, 5×5 мм². В некоторых вариантах выполнения настоящего изобретения активная область светочувствительной ячейки может содержать, например, 5 миллионов пикселей.

Термин "кадр цифрового изображения", или сокращенно "кадр", относится к содержимому данных, полученному в результате освещения пикселей или некоторого другого светочувствительного элемента (элементов) светочувствительной ячейки датчика изображения. Таким образом, в общем случае кадр содержит данные изображения, позволяющие сформировать визуализуемое цифровое изображение на основе этих данных изображения. Данные изображения кадра цифрового изображения могут содержать, например, информацию об энергии света, принятого пикселями датчика изображения.

После захвата кадра 170 цифрового голографического изображения интерференционные полосы, сформированные рассеянным и нерассеянным светом позади микроскопических объектов, возможно находящихся в жидкости, образуют голографические картины 171 с пространственно меняющейся интенсивностью, сформированные интерференционными полосами на светочувствительной ячейке датчика изображения. Эти голографические картины впоследствии содержатся в данных изображения захваченного кадра цифрового голографического изображения.

На основе таких голографических картин можно обнаружить присутствие в жидкости инородных микроскопических объектов. Кроме того, можно определить некоторые их параметры, такие как размер и форму.

Кювета измерительного устройства на фиг. 1 относится к проточному типу, в котором во время анализа непрерывный поток анализируемой жидкости можно пропускать через кювету вдоль ее продольного направления. В других вариантах выполнения настоящего изобретения может использоваться кювета других типов, которые основаны на любом подходящем типе пробоотборной ячейки или контейнера, способного принимать анализируемую жидкость. Например, кювета может иметь пробоотборный тип, где в кювете можно хранить дискретный объем анализируемой жидкости. Такая кювета может содержать одно или большее количество входных/выходных отверстий для заполнения и освобождения кюветы анализируемой жидкостью.

Как сказано выше со ссылкой на пример, изображенный на фиг. 1, проточный тип кюветы относится к конфигурации кюветы, позволяющей пропускать непрерывный поток жидкости через кювету и выполнять измерение параметров жидкости, текущей через кювету.

В измерительном устройстве на фиг. 1 осветительное устройство направляет свет в поперечном направлении относительно направления потока жидкости через проточную кювету. Таким образом, поток направлен правильно относительно направления освещения.

Кювета и измерительное устройство в целом могут иметь любые подходящие размеры с учетом возможного практического приложения. Например, в измерительном устройстве на фиг. 1 толщина внутреннего объема в направлении освещения может быть, например, в диапазоне от 0,5 до 1 мм. Ширина кюветы может быть выбрана, например, на основе размера светочувствительной ячейки датчика изображения, которая может находиться, например, на расстоянии приблизительно 1-3 мм от внутреннего объема кюветы. Например, кювета может иметь ширину в одном или более направлений 4-8 мм. Один пиксель светочувствительной ячейки может иметь ширину, например, в диапазоне 1,5-5 мкм. Например, ширина прямоугольного пикселя может составлять приблизительно 2 мкм. Положение источника света осветительного устройства может меняться, например, в зависимости от источника света и размера его светоизлучающей поверхности. Например, если в качестве светоизлучающего элемента источника света применяется лазерный диод, его можно поместить в нескольких десятках миллиметров, например приблизительно в 40 мм, от внутреннего объема кюветы.

В измерительной установке 101 на фиг. 1 защитное окно 162 датчика изображения и, таким образом, датчик изображения находится в непосредственном контакте с выходным окном 152, которое в свою очередь установлено на кювете и составляет ее неотъемлемую часть. Таким образом, датчик изображения установлен в непосредственном контакте с кюветой.

Указанный непосредственный контакт может быть сформирован путем установки датчика изображения на кювете посредством кожуха 163, охватывающего светочувствительную ячейку. Альтернативно или дополнительно, защитное окно может быть установлено на выходном окне посредством клея, такого как оптически прозрачный клей, который может быть нанесен между защитным окном и выходным окном. Такой клей может быть выбран так, чтобы он, по существу, не влиял на распространение света через сэндвич, состоящий из выходного окна и защитного окна.

То, что датчик изображения находится в непосредственном контакте с кюветой, в общем случае означает, что между датчиком изображения и внутренним объемом, определяемым кюветой, нет никакого свободного пространства. Таким образом, в измерительном устройстве на фиг. 1 нет никакого пространства между выходным окном кюветы и защитным окном датчика изображения. Преимущество состоит в том, что к наружным поверхностям защитного окна и выходного окна не могут прилипнуть никакие загрязняющие вещества, какие могли бы помешать обнаружению голографических картин в захваченном изображении.

Во-вторых, когерентный свет, как показано в примере на фиг. 1, можно испускать или направлять в виде расходящегося конуса или луча. Альтернативно, его можно испускать и направлять в виде параллельного луча. В первом случае интерференционные полосы могут расширяться с увеличением расстояния от рассеивающих микроскопических объектов. Кроме того, независимо от того, излучают или направляют свет в виде расширяющегося или параллельного луча, интерференционные полосы расширяются из-за рассеяния света в различных направлениях в зависимости от типов микроскопических объектов и длины волны света. Следовательно, чем больше расстояние между микроскопическим объектом и датчиком изображения, тем больше расходящийся конус или луч, а также голографическая картина, сформированная датчиком изображения. Чтобы удержать необходимый размер светочувствительной ячейки разумно малым, может быть желательно установить светочувствительную ячейку датчика изо-

бражения как можно ближе к внутреннему объему кюветы. В общем случае этой цели удовлетворяет датчик изображения, находящийся в непосредственном контакте с кюветой, т.е. с защитным окном, находящимся в непосредственном контакте с выходным окном кюветы в измерительной установке на фиг. 1.

В-третьих, в случае проточной кюветы, как показано на фиг. 1, эта кювета может быть связана с внешним трубопроводом, из которого анализируемую жидкость направляют в кювету в виде непрерывного потока. В этом случае в таком трубопроводе возможны вариации давления. Защитное окно, находящееся в непосредственном контакте с выходным окном кюветы в измерительной установке на фиг. 1, способно усилить выходное окно, таким образом предотвращая его нежелательный изгиб в ответ на возможные вариации давления, в то время как такой изгиб мог бы изменить оптическую траекторию между кюветой и датчиком изображения.

Измерительное устройство 201 на фиг. 2 отличается от измерительного устройства на фиг. 1 тем, что в кювете не имеется никакого отдельного выходного окна. Вместо этого в стенке кюветы имеется выходное отверстие 253, в которое помещен датчик 260 изображения, а уже поверх него проходит кожух 263 датчика изображения, прикрепленный к кювете 220.

В измерительном устройстве на фиг. 2 защитное окно 262 датчика изображения формирует выходное окно, через которое свет, прошедший через кювету 220, может выйти из нее, или служит таким окном.

В измерительном устройстве 201 на фиг. 2 защитное окно 262 датчика изображения 260 находится в непосредственном контакте с кюветой и внутренним объемом 221 кюветы и жидкости 230, находящейся в ней.

Измерительное устройство 301 на фиг. 3 отличается от измерительного устройства на фиг. 1 тем, что датчик изображения 360 не содержит отдельное защитное окно. Вместо этого выходное окно 352 кюветы 320 формирует защитное окно, предохраняющее светочувствительную ячейку 361 и охватывающее кожух 363 датчика изображения, или служит таким окном. Таким образом, датчик изображения установлен в непосредственном контакте с кюветой.

В других вариантах выполнения настоящего изобретения, в которых датчик изображения без отдельного защитного окна установлен на кювете, в которой имеется выходное окно, датчик изображения может быть выполнен без какого-либо кожуха. Например, светочувствительная ячейка может быть установлена на основании и герметизирована уплотнительным материалом, в результате чего датчик изображения может быть прикреплен к выходному окну.

Любое из измерительных устройств, показанных на фиг. 1-3, может использоваться в полном устройстве обнаружения, содержащем, в дополнение к измерительному устройству, вычислительное устройство, выполненное с возможностью обнаружения присутствия микроскопических объектов на основе голографических картин, формируемых интерференционными полосами данных изображения в кадрах цифрового голографического изображения.

Указанное обнаружение может быть основано на восстановлении одного или большего количества двумерных изображений освещенного объема жидкости в соответствии с принципами и процессами, известными в области голографической микроскопии.

Альтернативно, такое обнаружение может быть выполнено на основе голографических картин, присутствующих в данных изображения захваченного кадра (кадров) цифрового голографического изображения. Устройство 400 на фиг. 4 представляет собой один из вариантов устройства этого типа.

Устройство 400 содержит измерительное устройство 401, которое может быть любым подходящим измерительным устройством, рассмотренным выше со ссылками на фиг. 1-3.

Измерительное устройство во время работы производит кадры 470 цифрового голографического изображения, которые могут содержать голографические картины 471, сформированные благодаря возможному присутствию инородных микроскопических объектов в анализируемой жидкости.

Кроме того, измерительное устройство содержит вычислительное устройство 460, связанное с измерительным устройством 401, для приема данных изображения в захваченных кадрах цифрового голографического изображения и обнаружения присутствия микроскопических объектов на основе голографических картин 471, сформированных интерференционными полосами данных изображения, содержащихся в кадрах 470 цифрового голографического изображения.

В примере на фиг. 4 вычислительное устройство может предварительно обрабатывать принятые данные изображения кадров цифрового голографического изображения посредством любой подходящей обработки данных, обеспечивающей обнаружение микроскопических объектов на основе голографических картин.

Кроме того, это вычислительное устройство создает фильтрованные данные 480 изображения, включая автоматическую фильтрацию, например, принятых и, возможно, предварительно обработанных данных изображения с помощью симметричного алгоритма обнаружения краев по меньшей мере в двух различных направлениях, при этом фильтрованные данные содержат для каждой голографической картины 471, содержащейся в принятых данных изображения, фильтрованную голографическую картину 481. Например, при указанной фильтрации может использоваться любое подходящее ядро свертки.

Как известно специалистам в данной области техники, существует множество различных математических операций, которые можно использовать для фильтрации данных изображения с целью обнаружения краев. В общем случае принцип обнаружения краев призван узнать - с помощью фильтрации данных изображения посредством таких алгоритмов обнаружения краев, - где имеются относительно резкие изменения содержания изображения. Например, параметром, представляющим интерес для обнаружения "края", может быть интенсивность света, принятого датчиком изображения во время захвата кадра, т.е. яркость изображения, сформированного данными изображения.

В результате фильтрации данных изображения с помощью алгоритма обнаружения краев фильтрованные данные изображения в общем случае выявляют края, т.е. контуры различных объектов, присутствующих в данных исходного изображения. В случае фильтрации принятых данных 470 изображения с голографическими картинками 471 фильтрованные данные изображения содержат контуры исходных голографических картин в виде фильтрованных голографических картин 481.

На основе фильтрованных голографических картин дальнейший анализ данных изображения можно сосредоточить на фактических местоположениях таких голограмм в области изображения или ограничить этот анализ такими местоположениями. Это дает большую экономию вычислительной мощности, поскольку нет необходимости анализировать остальную часть данных изображения.

"Симметричность" алгоритма обнаружения краев означает такие алгоритмы обнаружения краев, использование которых для фильтрации, по существу, не меняет форму объектов.

Наконец, вычислительное устройство автоматически обнаруживает на основе фильтрованных голографических картин присутствие в пробном объеме жидкости микроскопических объектов 440, ассоциированных с фильтрованными голографическими картинками.

Таким образом, возможные фильтрованные голографические картины в фильтрованных данных изображения используются как показатель присутствия микроскопических рассеивающих объектов в жидкости, содержащейся в кювете.

Обнаружение присутствия микроскопических объектов относится к выяснению, имеются ли какие-либо микроскопические объекты в жидкости. В этом смысле обнаружение присутствия таких объектов может также включать определение и вывод, что в объеме жидкости, через который свет проходит к датчику изображения, не имеется таких объектов. С другой стороны, когда в фильтрованных данных изображения имеется множество фильтрованных голографических картин, указанное обнаружение может естественно включать, помимо определения присутствия микроскопических объектов вообще, также их количество в анализируемом объеме жидкости.

Результат операции обнаружения, т.е. информация о присутствии микроскопических объектов в анализируемом объеме жидкости, может быть зафиксирован в виде любых подходящих электрических данных или сигнальных форм, подходящих для хранения или последующей передачи.

Вычислительное устройство может содержать любое подходящее оборудование для обработки данных и связи, блок (блоки), элемент (элементы) и компонент (компоненты), обеспечивающие выполнение операций согласно способу, рассмотренному выше.

С другой стороны, вычислительное устройство, "выполненное с возможностью выполнения операций" в рамках конкретного способа, подразумевает, что это вычислительное устройство содержит средство или служит средством для выполнения этой операции.

Вычислительное устройство может содержать отдельные средства для различных операций. Альтернативно, любое из таких средств для выполнения различных операций, раскрытых выше, может быть скомбинировано так, чтобы одно средство выполняло более одной операции. Возможно даже, чтобы все операции выполнялись одним средством, например единственным модулем или блоком обработки данных.

Любые средства для выполнения любой из вышеуказанных операций могут содержать один или большее количество компьютеров или других компонентов, блоков или устройств для вычисления и обработки данных. В дополнение к фактическим средствам вычисления и/или обработки данных, средства проведения этих операций могут естественно также содержать любые подходящие средства связи с помощью сигналов и средства передачи данных, а также память или средства хранения информации, предназначенные для хранения генерируемых и/или принятых данных.

Средства для вычисления и/или для обработки данных, служащие в качестве средств для проведения одной или большего количества вышеуказанных операций, могут содержать, например, по меньшей мере одну память и по меньшей мере один процессор, связанный с указанной по меньшей мере одной памятью. Указанная по меньшей мере одна память может содержать считываемые компьютером инструкции с программным кодом, которые при выполнении их указанным по меньшей мере одним процессором заставляют устройство выполнять рассмотренную выше операцию (операции).

Дополнительно или альтернативно, комбинация из процессора, памяти и инструкций с программным кодом, выполняемых процессором, средство для выполнения одной или большего количества операций могут содержать некоторые компоненты, элементы или блоки аппаратной логики, такие как приведены выше в примерах, относящихся к аспектам способа.

Устройство 400 на фиг. 4 может быть выполнено как автономное устройство или датчик. Альтерна-

тивно, оно может быть частью большой системы управления или контроля.

Следует отметить, что настоящее изобретение не ограничено рассмотренными выше вариантами и примерами его выполнения. Напротив, варианты выполнения настоящего изобретения могут свободно меняться в рамках формулы изобретения.

Очевидно, что полезный эффект и преимущества, описанные выше, могут относиться к одному варианту или примеру выполнения настоящего изобретения или могут относиться к нескольким вариантам выполнения или примерам настоящего изобретения. Варианты выполнения и примеры настоящего изобретения не ограничены теми, которые решают любые из поставленных задач, или теми, которые обладают любым из полученных полезных эффектов и преимуществ. Подразумевается, что ссылка на элемент в единственном числе относится к одному или большему количеству таких элементов.

Термин "содержащий" в настоящем документе означает "включающий" признак (признаки) или действие (действия), указанные далее, и не исключают наличия одной или большего количества дополнительных функций или действий.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Измерительное устройство (101) для осевой голографической микроскопии, содержащее осветительное устройство (110), выполненное с возможностью испускания когерентного света (111);

кювету (120), определяющую внутренний объем (121) для приема жидкости (130), содержащей инородные микроскопические объекты (140), при этом кювета выполнена с возможностью приема когерентного света и выпуска его после прохождения через кювету через противоположные входное и выходное отверстия (150, 153) соответственно, при этом входное отверстие (150) закрыто входным окном (151), в результате чего микроскопические объекты, присутствующие в жидкости, рассеивают часть света, при этом рассеянный и нерассеянный свет интерферирует с формированием интерференционных полос позади микроскопических объектов;

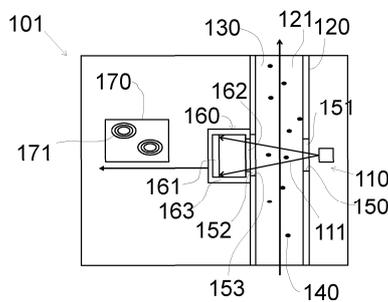
датчик (160) изображения, содержащий светочувствительную ячейку (161), при этом датчик изображения выполнен с возможностью захвата кадра (170) голографического цифрового изображения путем приема света, прошедшего через кювету; и

выходное окно (152), закрывающее выходное отверстие (153) кюветы;

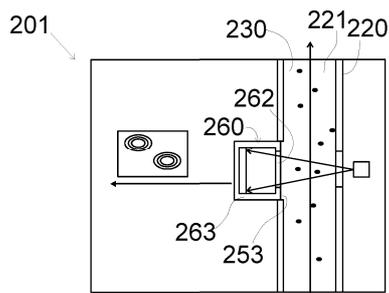
отличающееся тем, что датчик (160) изображения установлен в непосредственном контакте с кюветой (120), при этом выходное окно (152) прикреплено к кювете (120), а датчик изображения содержит защитное окно (162), помещенное перед светочувствительной ячейкой (161), при этом защитное окно (162) прикреплено к выходному окну;

при этом кювета (120) является кюветой проточного типа, выполненной с возможностью соединения с внешним трубопроводом для обеспечения протекания потока жидкости (130) из внешнего трубопровода через кювету непрерывно в течение измерения.

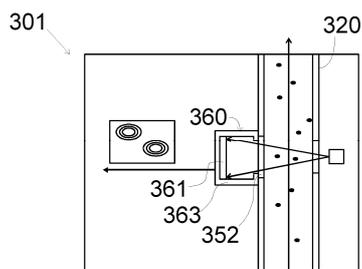
2. Устройство (400) для обнаружения присутствия микроскопических объектов в жидкости, содержащее измерительное устройство (401) по п.1 и вычислительное устройство (460), соединенное с измерительным устройством, для приема данных изображения в кадре (470) цифрового голографического изображения и обнаружения присутствия микроскопических объектов на основе голографических картин (471), сформированных интерференционными полосами на основе данных изображения кадра цифрового голографического изображения.



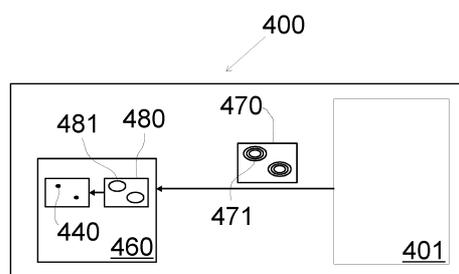
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

