

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014126499/28, 30.06.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
30.06.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 30.06.2014

(45) Опубликовано: 27.09.2015 Бюл. № 27

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2079141 С1, 10.05.1997. SU 1760456
A1, 07.09.1992. US 7480055 B2, 20.01.2009. US
8203702 B2, 19.06.2012

Адрес для переписки:

105005, Москва, 2-я Бауманская ул., 5, МГТУ им
Н.Э. Баумана, ЦЗИС, для Портнова Д.И., (каф.
ФН-4)

(72) Автор(ы):

Гладышев Владимир Олегович (RU),
Портнов Дмитрий Игоревич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Московский государственный технический
университет имени Н.Э. Баумана" (МГТУ
им. Н.Э. Баумана) (RU)

(54) ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ УГЛОВОЙ СКОРОСТИ И УСКОРЕНИЯ

(57) Реферат:

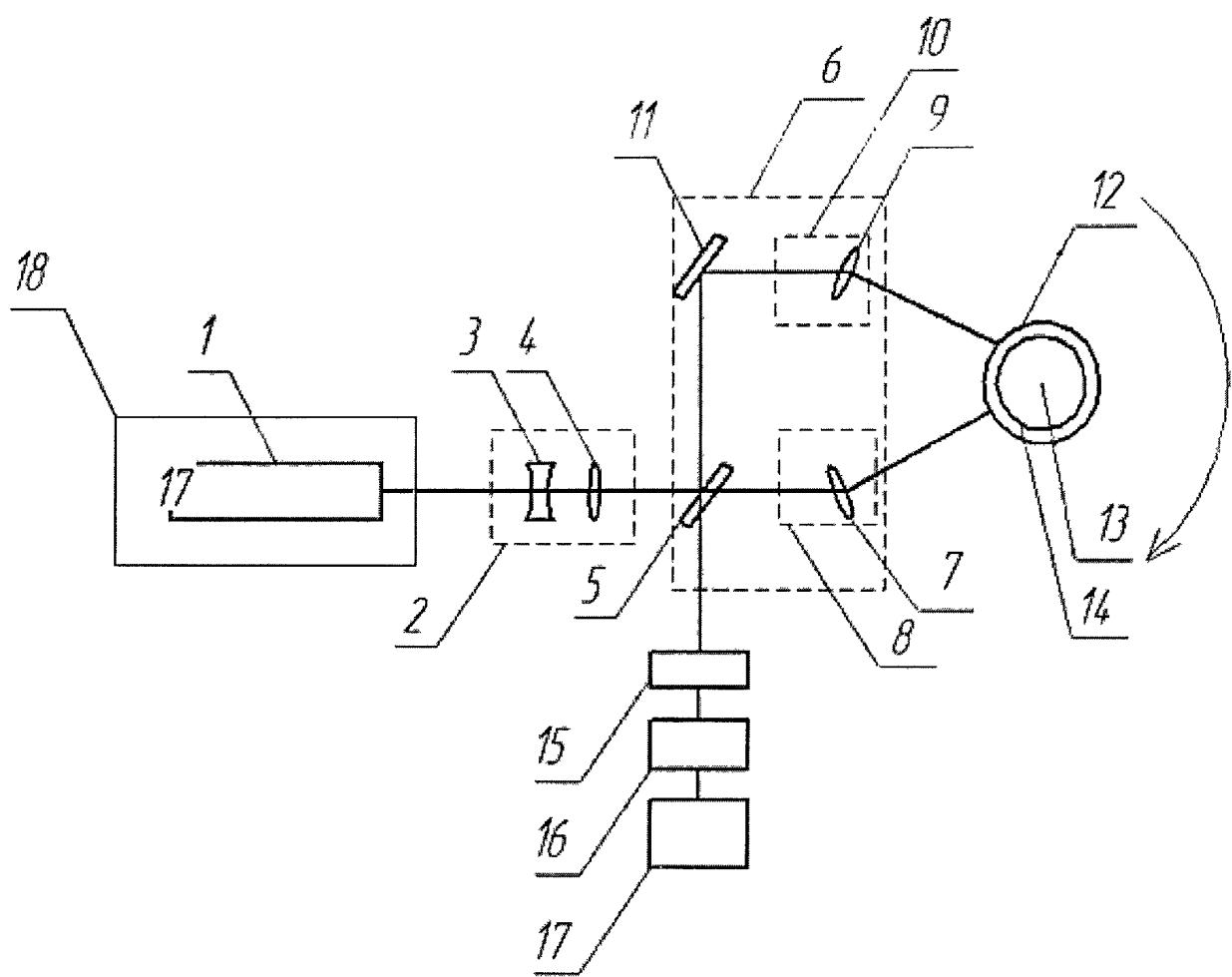
Изобретение относится к области оптических средств измерения угловой скорости и ускорения вращающихся объектов. Интерференционный измеритель угловой скорости и ускорения включает в себя источник излучения, кольцевой интерферометр, светоприемное устройство. При этом источник излучения помещен в устройство регулирования температуры. Кольцевой интерферометр выполнен из оптических зеркал и светоделительных пластин, а также оптического отражателя, устанавливаемого на исследуемом вращающемся объекте и имеющего форму цилиндра, изготовленного из однородного оптического материала с нанесенным на его поверхность зеркальным покрытием. На входе

интерферометра расположен телескопический расширитель. Последовательно со светоприемным устройством установлены аналого-цифровой преобразователь и вычислительное устройство с возможностью определения величины двукратного накопления разности фаз лучами, прошедшими через оптический отражатель в прямом и обратном направлениях по отношению к направлению вращения, для последующего определения угловой скорости и ускорения соответственно по скорости и изменению скорости перемещения интерференционных полос. Технический результат - расширение рабочих диапазонов температуры и изменения давления. 1 ил.

RU 2564381 С1

RU 2564381 С1

R U 2 5 6 4 3 8 1 C 1



Фиг.1

R U 2 5 6 4 3 8 1 C 1

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: 2014126499/28, 30.06.2014

(24) Effective date for property rights:
30.06.2014

Priority:

(22) Date of filing: 30.06.2014

(45) Date of publication: 27.09.2015 Bull. № 27

Mail address:

105005, Moskva, 2-ja Baumanskaja ul., 5, MGTU
im N.Eh. Baumana, TsZIS, dlja Portnova D.I., (kaf.
FN-4)

(72) Inventor(s):

Gladyshev Vladimir Olegovich (RU),
Portnov Dmitrij Igorevich (RU)

(73) Proprietor(s):

federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovanija "Moskovskij
gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet imeni
N.Eh. Baumana" (MGTU im. N.Eh. Baumana)
(RU)

(54) INTERFERENTIAL METER OF ANGULAR SPEED AND ACCELERATION

(57) Abstract:

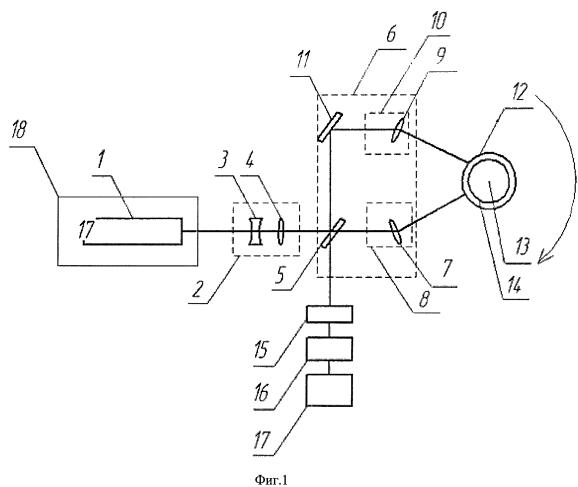
FIELD: measurement equipment.

SUBSTANCE: interferential meter of angular speed and acceleration includes a source of radiation, a circular interferometer, a light detecting device. At the same time the source of radiation is placed into a temperature control device. The circular interferometer is made of optical mirrors and light-dividing plates, and also an optical reflector installed on the investigated rotary object and having a cylinder shape made of homogeneous optical material with mirror coating applied onto its surface. At the inlet of the interferometer there is a sliding expander. In series with the light detecting device there is an analogue-digital converter and a computing device with the possibility to detect value of double accumulation of phase difference by beams having passed via the optical reflector in forward and backward directions in respect to direction of rotation, for further determination of angular speed and acceleration, accordingly, by speed

and variation of speed of interferential strips movement.

EFFECT: expansion of working ranges of temperature and pressure variation.

1 dwg

C 1
C 8 1
C 3 8 1
C 4 3 8 1
C 5 6 4 3 8 1

R U

R U
2 5 6 4 3 8 1

Область техники

Изобретение относится к области оптических средств измерения угловой скорости и ускорения вращающихся объектов.

Уровень техники

5 Известен высокостабильный датчик угловой скорости, состоящий из лазерного диода, светоделителя, фазового модулятора, цифрового датчика, микроконтроллера, цифроаналогового преобразователя и малошумящего усилителя (Патент РФ №2286581, МПК: G01P 3/36, G01C 19/64, G01C 19/72, опубл. 18.11.2003).

10 Недостаток его состоит в том, что реализация подобного устройства сложна и требует установки системы температурной коррекции.

Наиболее близким техническим решением является устройство, реализующее способ обработки информации волоконно-оптического кольцевого гироскопа, построенного на основе эффекта Саньяка, состоящее из источника питания, кольцевого интерферометра, светоприемного устройства (Патент РФ №2160886, МПК: G01C 19/15, 00, G01B 9/00, опубл. 02.11.1999).

Недостаток его состоит в том, что реализация подобного схемно-технического решения обеспечивает низкую точность измерений при изменении температуры за пределами диапазона $\pm 60^{\circ}\text{C}$ и обладает высокой чувствительностью к давлению.

Раскрытие изобретения

20 Технический результат заключается в расширении рабочих диапазонов температуры и изменения давления интерференционного измерителя угловой скорости и ускорения вращающихся объектов.

Технический результат достигается тем, что интерференционный измеритель угловой скорости и ускорения включает в себя источник излучения, кольцевой интерферометр, 25 светоприемное устройство. При этом источник излучения помещен в устройство регулирования температуры. Кольцевой интерферометр выполнен из оптических зеркал и светоделительных пластин, а также оптического отражателя, устанавливаемого на исследуемом вращающемся объекте и имеющего форму цилиндра, изготовленного из однородного оптического материала с нанесенным на его поверхность зеркальным 30 покрытием. На входе интерферометра расположен телескопический расширитель. Последовательно со светоприемным устройством установлены аналого-цифровой преобразователь и вычислительное устройство с возможностью определения величины двукратного накопления разности фаз лучами, прошедшими через оптический 35 отражатель в прямом и обратном направлениях по отношению к направлению вращения, для последующего определения угловой скорости и ускорения соответственно по скорости и изменению скорости перемещения интерференционных полос.

Перечень фигур

На фиг.1 изображена принципиальная схема интерференционного измерителя.

Осуществление изобретения

40 Устройство состоит из источника когерентного излучения 1, оптически соединенного с телескопическим расширителем 2, содержащим рассеивающую линзу 3, обращенную к источнику когерентного излучения 1, и собирающую линзу 4 оптического отражателя 14, двухканальной системы ввода-вывода излучения 6, содержащей плоское зеркало 11, полупрозрачное зеркало 5, оптически связанное с объективом ввода-вывода

45 излучения 9 второго канала 10, объектив ввода-вывода излучения 7 первого канала 8, оптического отражателя 14, состоящего из диска с нанесенным на его цилиндрическую поверхность зеркальным покрытием 12, и однородного оптически прозрачного материала 13, светоприемного устройства 15, аналого-цифрового преобразователя 16,

вычислительного устройства 17 и устройства регулирования температуры 18.

Предлагаемое устройство работает следующим образом.

Излучение от источника когерентного излучения 1, находящегося в устройстве регулирования температуры 18, поддерживающего рабочий диапазон температур 5 источника, последовательно проходит через компоненты телескопического расширителя 2 - рассеивающую линзу 3 и собирающую линзу 4 - и поступает на полупрозрачное зеркало 5 двухканальной системы ввода-вывода излучения 6, которое делит излучение на два пучка, один из которых поступает на объектив ввода-вывода излучения 7 первого канала 8, затем поступает на оптический отражатель 14, где переотражается на 10 внутреннем отражающем покрытии цилиндрического зеркала 12, проходя перед каждым отражением однородный оптически прозрачный материал 13, и через объектив ввода-вывода излучения 9 второго канала 10, плоское зеркало 11, полупрозрачное зеркало 5 поступает на светоприемное устройство 15. Другой пучок отражается от плоского зеркала 11 и проходит через объектив ввода-вывода излучения 9 второго канала 10, 15 затем поступает в оптический отражатель 14, где переотражается от цилиндрического зеркала 12 и проходит через однородный оптически прозрачный материал 13, и после переотражений проходит через объектив ввода-вывода излучения 7 первого канала 8, отражается от полупрозрачного зеркала 5 и также поступает в светоприемное устройство 15.

20 Чувствительная площадка светоприемного устройства 15 является плоскостью локализации интерференционной картины первого и второго пучков света, а вычислительное устройство 17 позволяет определить величину двукратного накопления разности фаз лучами, прошедшими через оптический отражатель 14 в прямом и обратном направлениях по отношению к направлению вращения, для последующего 25 определения угловой скорости и ускорения соответственно по скорости и изменению скорости перемещения интерференционных полос.

При вращении оптического отражателя 14 против часовой стрелки луч, поступающий в оптический отражатель 14 через объектив ввода-вывода излучения 7 первого канала 8 при переотражениях в оптическом отражателе 14, проходит однородный оптически прозрачный материал 13 в направлении, совпадающем с направлением проекции вектора движения материала в каждой точке траектории распространения и накапливает значение отрицательной величины сдвига фаз, а луч, поступающий в оптический отражатель 14 через объектив ввода-вывода излучения 9 второго канала 10, накапливает значение положительной величины сдвига фаз, разность которых позволяет определять 35 величину угловой скорости оптического отражателя 14 в реальном масштабе времени.

При изменении скорости вращения оптического отражателя 14 соответственно изменяются разности хода, накапливаемые лучами, прошедшими через оптический отражатель 14 в прямом и обратном по отношению к направлению вращения направлении, что приводит к изменению интенсивности в плоскости локализации 40 интерференционной картины и позволяет измерять угловое ускорение вращающегося объекта. При изменении направления вращения оптического отражателя 14 меняются знаки фаз, накапливаемых обоими лучами.

Сигнал, падающий на светочувствительную площадку приемника излучения 15, преобразуется в аналогово-цифровом преобразователе 16, после чего поступает на 45 вход вычислительного устройства 17, где происходит нахождение необходимых кинематических характеристик движения: скорости или ускорения.

Введение телескопического расширителя 2, собирающая линза 4 которого обращена к полупрозрачному зеркалу 5, позволяет уменьшить расходимость оптического

излучения от источника когерентного излучения 1, обеспечивая совместно с объективами ввода-вывода излучения 7 и 9 необходимое сечение оптического пуска на всей траектории распространения и необходимое число переотражений в оптическом отражателе 14, увеличивая величину отклика интерференционного измерителя и его чувствительность.

Введение во второй канал 10 двухканальной системы ввода-вывода излучения плоского зеркала 11, оптически сопряженного с объективом ввода-вывода излучения 9 второго канала 10, который последовательно оптически соединен с оптическим отражателем 14, объективом ввода-вывода излучения 7 первого канала 8,

10 полупрозрачным зеркалом 5 и светоприемным устройством 15, позволяет использовать объективы ввода-вывода излучения 7 и 9 первого 8 и второго 10 каналов одновременно для ввода и вывода излучения в оптический отражатель 14 и получать двукратное увеличение разности фаз для лучей, проходящих оптический отражатель 14 в противоположных направлениях.

15 Выполнение оптического отражателя 14 в виде диска 12 из однородного оптически прозрачного материала 13, выполненного в виде цилиндра, ось которого совпадает с осью диска 12, позволяет осуществить многократные переотражения в оптическом отражателе 14, непрерывные измерения скорости вращения и ускорения при движении только одного оптического отражателя 14, проведение измерений при больших

20 скоростях вращения, расширение условий эксплуатации установки относительно наиболее близкого технического решения, ввиду слабой чувствительности отражателя, выполненного из однородного оптического материала, к изменениям температуры и деформациям: например, температура плавления стекла может превышать 1000 градусов по Цельсию, таким образом, рабочий диапазон температур расширяется до интервала

25 от минимально возможной температуры окружающей среды до температуры, близкой к температуре плавления материала. В отличие от оптического волокна, которое чувствительно к деформациям, составляющим 0,85 мкм/м, более массивный цилиндрический оптический элемент будет значительно менее чувствителен к давлению. Уменьшение чувствительности прибора, использующего оптическое волокно, по

30 сравнению с предлагаемым устройством, можно оценить выражением:

$$n = \frac{l}{2R},$$

где l - длина оптоволоконного кабеля, а R - радиус оптического диска.

Точность прибора рассчитана на основе отношений, приведенных в статьях [1-4]:

$$\Delta_{\Sigma} = \left(1 + \alpha \sqrt{R^2 - r^2}\right) \beta r \sqrt{R^2 - r^2},$$

$$\alpha = \frac{2}{Nd} \frac{n_2 - 1}{n_2}, \quad \beta = \frac{8\pi(n_2^2 - 1)\nu}{\lambda c},$$

где Δ - сдвиг интерференционной картины, R - радиус диска, r - расстояние от центра диска до плоскости распространения луча в диске, n_2 - показатель преломления материала диска, ν - частота вращения диска, c - скорость света, λ - длина волны лазерного излучения.

45 Полученное значение сопоставимо с показателями точности волоконно-оптических гироскопов и составляет порядка 0.0028 об/с для оптического отражателя, выполненного из стекла марки ТФ3, облучаемого длиной волны, равной $\lambda=0,632991$ мкм для $N=100$ проходов сквозь однородный оптический материал. Параметры рассчитанного элемента:

R=21,5 мм, r=20,5 мм, d=0,02 м.

Полученные результаты позволяют считать прибор промышленно применимым в расширенных диапазонах температур и давлений.

Источники информации

- 5 1. Гладышев В.О., Гладышева Т.М., Дашко М., Трофимов Н., Шарандин Е.А. Первые результаты измерения зависимости пространственного увлечения света во вращающейся среде от скорости вращения // Письма в ЖТФ, 2007. Т.33, №21, с.17-24.
- 10 2. Gladyshev V., Gladysheva T., Zubarev V. Propagation of electromagnetic waves in complex motion media // Journal of Engineering Mathematics. 2006. V.55. №1-4, p.239-254.
- 15 3. Гладышев В.О., Тиунов П.С., Леонтьев А.Д, Гладышева Т.М., Шарандин Е.А. Исследование анизотропии пространства скоростей электромагнитного излучения в движущейся среде // Журнал технической физики, 2012, том 82, вып.11, с.54-63.
4. Гладышев В.О., Гладышева Т.М., Зубарев В.Е., Лельков М.В., Подгузов Г.В. Формирование устойчивых электромагнитных образований в ограниченных пространственных структурах, обладающих аксиальной симметрией // Вестник МГТУ им. Н.Э.Баумана. Сер. «Естественные науки». 2005. №2, с.3-17.

Формула изобретения

Интерференционный измеритель угловой скорости и ускорения, включающий в себя источник излучения, кольцевой интерферометр, светоприемное устройство, отличающийся тем, что источник излучения помещен в устройство регулирования температуры, кольцевой интерферометр выполнен из оптических зеркал и светоделительных пластин, а также оптического отражателя, устанавливаемого на исследуемом вращающемся объекте и имеющего форму цилиндра, изготовленного из однородного оптического материала с нанесенным на его поверхность зеркальным покрытием, на входе интерферометра расположен телескопический расширител, последовательно со светоприемным устройством установлены аналого-цифровой преобразователь и вычислительное устройство с возможностью определения величины двукратного накопления разности фаз лучами, прошедшими через оптический отражатель в прямом и обратном направлениях по отношению к направлению вращения, для последующего определения угловой скорости и ускорения соответственно по скорости и изменению скорости перемещения интерференционных полос.

35

40

45