

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2377498

ОПТИКО-МЕХАНИЧЕСКОЕ УГЛОМЕРНОЕ УСТРОЙСТВО ПОВОРОТНОГО ТИПА С ОПТИЧЕСКИМ УКАЗАТЕЛЕМ НА ОСНОВЕ МНОГОЗНАЧНОЙ МЕРЫ И ФОТОЭЛЕКТРОННЫМ РЕГИСТРАТОРОМ

Патентообладатель(ли): *Открытое акционерное общество "Концерн "Центральный научно-исследовательский институт "Электроприбор" (RU), Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики" (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2007142475

Приоритет изобретения 08 ноября 2007 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 27 декабря 2009 г.

Срок действия патента истекает 08 ноября 2027 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам



Б.П. Симонов



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(19) **RU** (11) **2 377 498** (13) **C2**

(51) МПК
G01B 11/26 (2006.01)
G01B 21/22 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2007142475/28, 08.11.2007

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
08.11.2007

(43) Дата публикации заявки: 20.05.2009

(45) Опубликовано: 27.12.2009 Бюл. № 36

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 23350736 C2, 05.06.2006. SU 1388713 A1, 20.01.1986. SU 1401382 A1, 07.06.1988. RU 2023238 C1, 15.11.1994. SU 1509586 A1, 13.05.1987.

Адрес для переписки:

197046, Санкт-Петербург, ул.Малая
Посадская, 30, Заместителю ген.директора по
экономике и финансам ОАО "Концерн
"ЦНИИ "Электроприбор" А.Б.Попову

(72) Автор(ы):

Грановский Валерий Анатольевич (RU),
Кудрявцев Михаил Дмитриевич (RU),
Рыскин Александр Иосифович (RU),
Щеулин Александр Сергеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Открытое акционерное общество "Концерн
"Центральный научно-исследовательский
институт "Электроприбор" (RU),
Государственное образовательное
учреждение высшего профессионального
образования "Санкт-Петербургский
государственный университет
информационных технологий, механики и
оптики" (RU)

(54) ОПТИКО-МЕХАНИЧЕСКОЕ УГЛОМЕРНОЕ УСТРОЙСТВО ПОВОРОТНОГО ТИПА С ОПТИЧЕСКИМ УКАЗАТЕЛЕМ НА ОСНОВЕ МНОГОЗНАЧНОЙ МЕРЫ И ФОТОЭЛЕКТРОННЫМ РЕГИСТРАТОРОМ

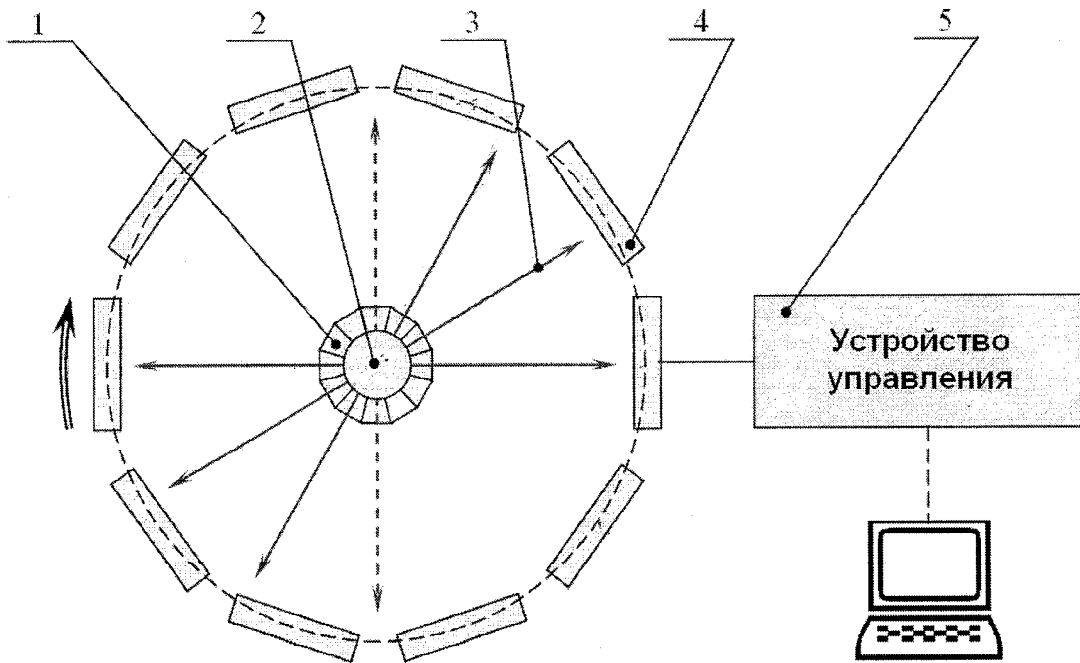
(57) Реферат:

Устройство может быть использовано в метрологии, в частности, для измерений плоского угла. Устройство состоит, по крайней мере, из носителя круговой шкалы и указателя, один из которых неподвижен, а второму передается поворот объекта, задающий измеряемый угол. В качестве указателя служит многозначная мера из образующих плоский веер или несколько вееров двух или более лучей, возникающих одновременно или поочередно, хранящая эталонные углы между отдельными лучами. Лучи формируются от

источника внешнего оптического излучения отражающими гранями призмы или пирамиды, расположенной на оси, которой соосен фотоприемник панорамного типа. Фотоприемник расположен на внутренней цилиндрической поверхности и служит в качестве носителя круговой шкалы. Технический результат - улучшение метрологических и массогабаритных характеристик и технологичности устройства с одновременным повышением его надежности. 3 з.п. ф-лы, 2 ил., 2 табл.

RU 2 377 498 C2

RU 2 377 498 C2



Фиг. 1

RU 2377498 C2

RU 2377498 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.
G01B 11/26 (2006.01)
G01B 21/22 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: **2007142475/28, 08.11.2007**

(24) Effective date for property rights:
08.11.2007

(43) Application published: **20.05.2009**

(45) Date of publication: **27.12.2009 Bull. 36**

Mail address:
**197046, Sankt-Peterburg, ul.Malaja Posadskaja,
30, Zamestitelju gen.direktora po ehkonomike i
finansam OAO "Kontsern "TsNII "Ehlektropribor"
A.B.Popovu**

(72) Inventor(s):
**Granovskij Valerij Anatol'evich (RU),
Kudrjavitsev Mikhail Dmitrievich (RU),
Ryskin Aleksandr Iosifovich (RU),
Shcheulin Aleksandr Sergeevich (RU)**

(73) Proprietor(s):
**Otkrytoe aktsionernoe obshchestvo "Kontsern
"Tsentral'nyj nauchno-issledovatel'skij institut
"Ehlektropribor" (RU),
Gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie
vysshego professional'nogo obrazovanija "Sankt-
Peterburgskij gosudarstvennyj universitet
informatsionnykh tekhnologij, mekhaniki i
optiki" (RU)**

**(54) OPTICAL-MECHANICAL ANGLE GAUGE OF ROTARY TYPE WITH OPTICAL INDICATOR ON
BASE OF MULTI-VALUE MEASURE AND WITH PHOTO-ELECTRON RECORDER**

(57) Abstract:

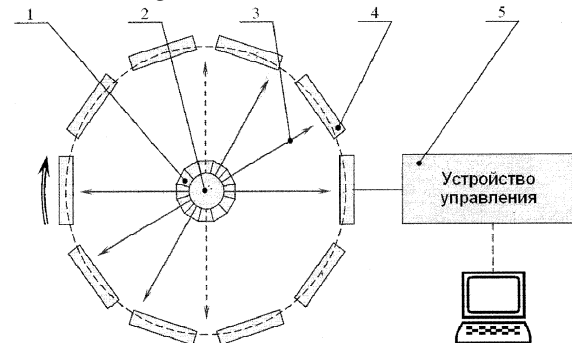
FIELD: measuring technology.

SUBSTANCE: facility can be used in metrology, particularly for measurement of plane angle. The gauge consists of at least carrier of dial scale and a pointer, one of the two is immovable, while turn of an object specifying the measured angle is conveyed to another one. The multi-value gauge of two or more rays forming a flat semicircle or several semicircles serves as the pointer; also rays appear simultaneously or alternately; notably, the gauge maintains reference angles between separate rays. An external optical source radiates rays with reflecting facets of a prism or pyramid located on axis coaxial to a photo-receiver of panoramic type. The photo-receiver is

located on internal cylinder surface and functions as a carrier of the dial scale.

EFFECT: improved metrological and weight-dimension characteristics as well as workability of facility at simultaneous increased reliability.

4 cl, 2 dwg, 2 tbl



Фиг. 1

RU 2 3 7 7 4 9 8 C 2

RU 2 3 7 7 4 9 8 C 2

Изобретение относится к метрологии, в частности к устройствам поворотного типа для задания (воспроизведения) и измерений плоского угла.

Известны углозадающие и угломерные устройства, представляющие собой точные позиционные делители полного угла и реализованные в виде оптических (многогранная кварцевая призма), механических (зубчатый столик Мура), оптико-механических (оптическая делительная головка - ОДГ), электромеханических (многополюсный вращающийся трансформатор - ВТ) и других конструкций. Требуемый угол задается путем позиционирования одной из физических меток, нанесенных тем или иным способом на подвижную (вращающуюся) направляющую в виде окружности или ее части (дуги), являющуюся носителем круговой шкалы устройства, относительно имеющегося неподвижного указателя. Термин «шкала» здесь и далее понимается в соответствии с рекомендацией по метрологии МИ 2365-96 «Государственная система обеспечения единства измерений. Шкалы измерений. Основные положения. Термины и определения». Для перечисленных выше известных устройств носителями их круговых шкал являются: собственно призма с набором интегральных оптических нормалей к ее боковым граням, верхний (подвижный) зубчатый венец столика Мура, лимб ОДГ и ротор ВТ с набором полюсов соответственно. Конструктивно носитель круговой шкалы может либо иметь строго фиксированную ось вращения (ОДГ, ВТ), либо не иметь таковой (столик Мура); в случае призмы возможны оба варианта ее использования (как на специальной оправке с осью, так и без оси путем установки призмы непосредственно на основание). Как правило, фиксированная ось вращения носителя круговой шкалы устройства, при ее наличии, реализуется в виде шпинделя, конструкция которого в необходимых случаях предусматривает также возможность закрепления внешнего поворачиваемого объекта (на торцевой планшайбе, в посадочном конусе и т.п.).

Неподвижный указатель устройства, как правило, конструктивно входит в его состав. В случае столика Мура - это его нижний (неподвижный) зубчатый венец, в случае ОДГ - это ее отсчетный микроскоп, в случае ВТ - это его статор с ответными полюсами. В ряде случаев используют конструктивно независимый указатель, такой как неподвижный автоколлиматор, перпендикулярно визирной оси которого поочередно позиционируют грани призмы путем ее поворота.

Измерение угла в известных устройствах происходит путем прямого счета указанных физических меток, являющихся отметками круговой шкалы в широком смысле. Таким образом, в известных устройствах углы между парами отметок круговой шкалы хранятся ее носителем, воспроизводятся с помощью углового позиционирования (вращения) носителя относительно имеющегося неподвижного указателя, а измеряются непосредственно путем прямого счета оцифрованных отметок шкалы. Предполагается также, что до измерений должны быть аттестованы значения всех (или определенной части) угловых интервалов между различными парами отметок круговой шкалы, например, путем ее калибровки с использованием дополнительного устройства с известной (эталонной) круговой шкалой.

Наиболее близким по технической сущности и принятым за прототип устройством является оптическая делительная головка типа ОДГ, изготавливаемая по ТУ 3-3.199-80 в различных модификациях (ОДГ-60, ОДГ-30, ОДГ-20, ОДГ-10, ОДГ-5, ОДГ-2). Устройство ОДГ обеспечивает воспроизведение углов с действительными значениями, близкими к кратным $(360/n)^\circ$, где n - число оцифрованных отметок лимба, и погрешностью, обусловленной двумя основными факторами: 1) неточностью нанесения отметок на лимб относительно их номинальных значений

(неравномерностью); 2) неточностью системы углового позиционирования лимба относительно неподвижного указателя (которая включает дополнительную нониусную шкалу, делящую основные угловые интервалы шкалы лимба на заданное число m номинально равных частей). Существенными признаками прототипа являются: наличие подвижного (допускающего вращение вокруг фиксированной оси) носителя круговой шкалы, реализованного в виде лимба; наличие неподвижного указателя шкалы, реализованного в виде отсчетного микроскопа с дополнительной нониусной шкалой и содержащего систему углового позиционирования лимба.

Недостатками известного устройства являются:

- ограниченная точность;
- ограниченная дискретность формируемой круговой шкалы плоского угла;
- ограниченные снизу массогабаритные характеристики;
- низкая технологичность;
- необходимость использовать в процессе эксплуатации дорогостоящие средства поверки/калибровки (кварцевые призмы и автоколлиматоры), которые требуют специальных условий при их применении, включая высокие требования к квалификации персонала.

Вследствие недостатков ОДГ ими могут быть оснащены лишь учреждения, имеющие возможность (самостоятельно или путем обращения в соответствующие аккредитованные организации) осуществления контроля угломерных приборов в стационарных условиях, с обязательным использованием для их периодической поверки/калибровки эталонных кварцевых призм и автоколлиматоров. Вместе с тем, существует ряд областей использования этих приборов, для которых чрезвычайно важными были бы мобильность и возможность оперативного, проводимого на месте эксплуатации, контроля их точности и стабильности. В качестве примера можно привести судовождение, геодезические работы, проводимые в удаленных районах, прецизионное машиностроение и приборостроение, робототехника (манипуляторы), функционирование космической, подводной и подземной (скважинной) аппаратуры.

Задача, которая решается предлагаемым изобретением, заключается в улучшении метрологических (точность, возможность внутренней калибровки) и массогабаритных характеристик и технологичности устройства с одновременным повышением его надежности, а также дискретности формируемой круговой шкалы.

Задача решается путем использования в составе предлагаемого устройства многоотсчетного (многолучевого) оптического указателя-меры специального вида (выполняющего функцию многозначной меры, понимаемой в соответствии с рекомендацией по межгосударственной стандартизации РМГ 29-99, раздел 6.10) и фотоэлектронной круговой шкалы в виде фотоприемника панорамного типа. Указатель снабжен функцией хранения нескольких эталонных углов заданного размера и формируется в виде плоского веера лучей с помощью одного или более референтных лазеров. В зависимости от конструкции устройства, лучи в веере возникают либо одновременно, либо поочередно и служат для регистрации измеряемого угла поворота круговой фотоэлектронной шкалы относительно указателя. При этом вариант устройства с поочередным формированием лучей-откликов использует вспомогательное вращательное движение радиально направленного на устройство, формирующее указатель, референтного лазера (лазеров).

Хранимые указателем-мерой опорные углы между отдельными лучами-откликами должны обладать стабильностью, достаточной для обеспечения требуемого уровня

точности предлагаемого устройства. При этом лучи в веере могут быть расположены в плоскости с равномерным или неравномерным угловым шагом. По сути, они являются аналогами нормалей к боковым граням кварцевой призмы, однако формируемая веером лучей дополнительная опорная шкала непосредственно для измерений не используется (как в случае призмы), а служит для целей внутренней калибровки (самокалибровки) основной фотоэлектронной шкалы устройства.

Круговая фотоэлектронная шкала предлагаемого устройства имеет фиксированную ось вращения, реализованную в виде шпинделя. Носителем шкалы является фотоприемник, расположенный на внутренней цилиндрической поверхности и состоящий из одного кольцевого или нескольких секторных элементов (например, ПЗС-линеек, ПЗС-матриц, однокристалльных КМОП датчиков изображения и т.п.). В случае составного фотоприемника система считывания (регистрации) предлагаемого устройства предусматривает наличие процедуры аппаратной или программной «сшивки» соседних секторных элементов, основанной на совместном использовании двух и более лучей-откликов (в веере указателя). Для регистрации и визуального отображения реализованного угла поворота шпинделя служит электронный блок, опрашивающий элементы-фотоприемники и при необходимости обеспечивающий двустороннюю связь с внешним компьютером. Функцию обработки первичных сигналов элементов-фотоприемников и другие сервисные функции выполняет либо указанный электронный блок, либо внешний компьютер.

Имеется три существенных отличия предлагаемого устройства от прототипа:

1) в предлагаемом устройстве исходным носителем углов является не лимб, а многоотсчетный (многолучевой) указатель-мера специального вида;

2) предлагаемое устройство вместо пассивного считывающего микроскопа снабжено активной системой считывания, которая на основе хранимых указателем-мерой опорных углов формирует (непосредственно перед каждым измерением) текущую реализацию круговой фотоэлектронной шкалы, в то время как функция долговременного хранения сформированных угловых отметок шкалы передана указателю предлагаемого устройства;

3) наличие указателя-меры в предлагаемом устройстве позволяет отказаться от периодического использования внешних средств поверки/калибровки (кварцевых призм и автоколлиматоров).

Предлагаемое устройство также принципиально отличается от ряда других известных устройств, в которых измерение угла происходит путем его преобразования в электрический сигнал. Как известно, точность преобразования обусловлена конструктивными характеристиками элементов преобразователя (источников света, отражателей, фотоприемников, усилителей и т.п.). Эта точность должна быть определена (и подтверждаться) путем калибровки с помощью внешнего средства измерений (эталоны), которое, по сути, представляет собой меру (или набор мер). Как известно, любое измерение есть сравнение измеряемой величины с единицей, которую воспроизводит мера, то есть сравнение с мерой. Фактически, измерение путем преобразования есть сравнение преобразуемой величины с совокупностью реальных характеристик преобразователя в момент измерения, в то время как номинально оно должно быть сравнением с той мерой, которая использовалась для его калибровки. Указанное несоответствие является источником принципиально неустранимой составляющей погрешности измерений. К этому следует добавить, что калибровка является особой метрологической процедурой, требующей изъятия калибруемого устройства из сферы практических измерений.

Предлагаемое устройство, в отличие от указанных в предыдущем абзаце известных устройств, содержит встроенную меру, так что измерение с его помощью представляет собой непосредственное сравнение с мерой. Более того, наличие меры в составе устройства позволяет, во-первых, в процессе ее калибровки одновременно
5 калибровать фотоэлектронный регистратор как носитель угловой шкалы, во-вторых, контролировать указанную шкалу непосредственно до и после измерения (при необходимости). Методика указанных калибровочных процедур известна (см., например, М.Г.Богуславский и др. «Государственный первичный эталон единицы
10 угла - радиана». Измерительная техника, 1972, №7, с.9-10).

Предлагаемое устройство также существенно отличается от еще одного известного устройства (авт. свид. SU 1388713 A1, 20.01.86). База каждого из интерферометров этого известного устройства определяется конструктивной базой между вершинами
15 угловых отражателей (трипельпризм) и углом поворота последних относительно текущей отсчетной грани правильной многогранной призмы, что приводит к существенному непостоянству погрешности измерения в интервале между смежными гранями призмы. Кроме того, указанная погрешность существенно зависит как от неконтролируемых изменений баз интерферометров (которые могут произойти уже
20 после выполнения калибровки устройства, в том числе, из-за колебаний температуры и вибраций), так и от того, какая из граней призмы принята за начальную, а разность между наибольшим и наименьшим из действительных значений углов между смежными гранями призмы (номиналы которых равны) задает нижнюю границу
25 указанной погрешности. Что же касается достижимой точности предлагаемого устройства, то она определяется в первую очередь радиальным боем элементов используемой поворотной системы, как наиболее значимым из переменных геометрических параметров. Однако благодаря наличию в предлагаемом устройстве многоотсчетного указателя-меры с парами противоположно направленных лучей (см.
30 ниже) влияние указанного фактора практически исключено. Таким образом, достижимая точность предлагаемого устройства определяется стабильностью хранимых указателем-мерой опорных углов между отдельными лучами-откликами.

Предлагаемое устройство также существенно отличается от другого известного устройства (авт. свид. SU 1401382 A1, 03.10.86). В этом известном устройстве угловая
35 шкала дискретна, и эта особенность принципиально ограничивает сферу его применения. В предлагаемом устройстве благодаря использованию панорамного фотоэлектронного регистратора обеспечивается возможность интерполяции в интервалах между соседними отметками шкалы, которые задаются опорными лучами
40 указателя-меры.

Входящий в состав предлагаемого устройства многоотсчетный указатель-мера может быть реализован посредством 2-х модификаций (типов).

Указатель-мера типа А имеет ортогональную геометрию и характеризуется тем, что луч референтного лазера расположен перпендикулярно плоскости веера, а
45 образующие веер лучи-отклики возникают одновременно.

Примером реализации указателя-меры с одновременно возникающими веерными лучами является мера на основе использования неподвижной правильной или
50 неправильной пирамиды с отражающими боковыми гранями, наклоненными под углом 45° к основанию. Если осветить вершину пирамиды широким пучком неподвижного референтного лазера, направленным вдоль ее высоты, то каждая боковая грань пирамиды сформирует свой луч-отклик в веере, плоскость которого будет параллельна основанию. Для формирования широкого референтного пучка

используют коллиматор, а обратную фокусировку каждого луча-отклика (перед регистрацией фотоприемником) при необходимости осуществляют телескопической системой. Основными факторами, определяющими уровень стабильности углов между лучами веера, являются (в порядке убывания значимости): 1) нежесткость крепления корпуса лазера относительно указателя; 2) угловая нестабильность луча лазера относительно его корпуса; 3) нежесткость крепления коллиматора и телескопической системы; 4) нестабильность углов пирамиды, обусловленных взаимным расположением ее боковых граней.

Указатель-мера типа Б имеет плоскую геометрию и характеризуется тем, что луч подвижного (вращающегося вокруг устройства, формирующего указатель) радиально направленного референтного лазера лежит в плоскости веера, а образующие веер лучи-отклики возникают поочередно (по мере вращения лазера).

Примером реализации указателя-меры с поочередно возникающими веерными лучами является мера на основе использования неподвижной правильной или неправильной призмы с отражающими боковыми гранями, освещаемая установленным на вращающемся вокруг призмы кольце референтным лазером, который направлен на призму параллельно ее основанию с некоторым боковым смещением от центра призмы. По мере вращения кольца с лазером вокруг призмы от ее боковых граней будут возникать лучи-отклики. Основными факторами, определяющими уровень стабильности углов между лучами веера, являются (в порядке убывания значимости): 1) неидеальность вращательного движения кольца с лазером относительно призмы (люфт оси вращения и ее сдвиг от центра призмы); 2) способ ограничения апертуры лучей-откликов, обусловленной их подвижностью (из-за вращения лазера); 3) нежесткость крепления корпуса лазера на кольце; 4) угловая нестабильность луча лазера относительно его корпуса; 5) нестабильность углов призмы, обусловленных взаимным расположением ее боковых граней.

Наряду с перечисленными выше факторами нестабильности углов между лучами веера в рассмотренных двух примерах реализации указателей учтены также остаточный радиальный бой и люфт вращательного движения шпинделя, приводящие к неидеальности вращения фотоэлектронной шкалы устройства относительно лучей указателя. Для устранения этих факторов каждая грань пирамиды (соответственно призмы), используемой для формирования указателя, имеет парную ей, расположенную через 180° , причем указатель типа Б формируется с помощью двух встречно направленных лазеров, либо двух лучей, получаемых от одного лазера с помощью удваивающей оптической системы. Для такой конструкции лучи-отклики в веере возникают парами противоположно направленных лучей, что позволяет использовать полусумму отсчетов, формируемых по сигналам от двух диаметрально расположенных элементов-фотоприемников (число которых выбрано четным), для устранения влияния на результат измерения остаточного радиального боя вращающихся частей устройства.

Для обеспечения «гладкой сшивки» соседних в кольцевом блоке элементов-фотоприемников (в случае составного фотоприемника), когда некоторые из лучей веера попадают на «слепую» границу между элементами, указатель-мера формирует не менее двух пар лучей-откликов. Использование большего числа пар лучей-откликов обеспечивает избыточность измерительной процедуры, что позволяет также выполнять с необходимой дискретностью и точностью внутреннюю калибровку (самокалибровку) устройства в процессе его эксплуатации с целью формирования (непосредственно перед каждым измерением) текущей реализации

круговой фотоэлектронной шкалы. При этом соответствие требованиям к размеру шага самокалибровки достигается выбором определенного неравномерного взаимного углового расположения лучей-откликов, формируемых указателем.

Целесообразное число пар лучей-откликов составляет от 5 до 15, в зависимости от углового размера элементов-фотоприемников в кольцевом блоке (в случае составного фотоприемника) и требуемого уровня точности предлагаемого устройства.

Таким образом, предлагаемое устройство содержит три основных компонента: 1) неподвижный многоотсчетный (многолучевой) указатель-меру с парно расположенными и противоположно направленными (в паре) лучами-откликами, в сочетании с подвижным или неподвижным относительно указателя-меры маломощным референтным лазером (с источником питания и возможной удваивающей оптической системой); 2) закрепляемый на подвижной части шпинделя фотоприемник панорамного (кольцевого) типа; 3) управляющий и регистрирующий электронный блок (с источником питания). Альтернативным является вариант предлагаемого устройства с подвижным (вместе со шпинделем) указателем-мерой (в сочетании с референтным лазером) и неподвижным кольцевым фотоприемником при аналогичной функциональности всех составных частей устройства, который ниже с целью однозначности описания не рассматривается. Ось шпинделя при описании устройства считается ориентированной вертикально.

Предлагаемое устройство может быть выполнено в двух модификациях, соответствующих введенным выше типам А и Б указателя-меры. В обеих модификациях указатель неподвижен относительно оси шпинделя, а системой, регистрирующей лучи-отклики, является вращающийся вместе со шпинделем (закрепленный на нем) блок из одного или нескольких фотоприемников в виде соосного шпинделю кольца (цилиндра), либо его части. Управляющий электронный блок, опрашивающий элементы-фотоприемники и формирующий отсчет по шкале, выполняет также ряд сервисных функций.

В модификации А предлагаемого устройства для одновременного формирования лучей-откликов используют неподвижный лазер, ориентированный вдоль оси вращения шпинделя и направленный на указатель. Лучи-отклики образуют неподвижный плоский веер, перпендикулярный оси вращения шпинделя, и формируются парами противоположно направленных лучей.

В модификации Б предлагаемого устройства для поочередного формирования пар лучей-откликов используют вращающееся соосно шпинделю и независимо от него кольцо с закрепленными на нем и направленными на устройство, формирующее указатель, двумя сдвинутыми вдоль кольца на 180° и встречно направленными лазерами (либо одним лазером с удваивающей оптической системой). Кольцо с лазерами либо вращается с постоянной угловой скоростью (которая должна регулироваться в зависимости от требуемого быстродействия предлагаемого угломерного устройства), либо совершает один или несколько оборотов по команде считывающей системы после остановки шпинделя по завершении его поворота в требуемое (согласно плану измерительной процедуры) угловое положение.

В обеих модификациях лучи-отклики возникают парами противоположно направленных лучей. Эта особенность устройства позволяет практически устранить влияние остаточного радиального боя его вращающихся частей (как шпинделя, так и поворотного кольца с лазерами в модификации Б) путем взятия полусуммы отсчетов, которые формируются по сигналам от двух диаметрально расположенных фотоприемников и соответствуют каждой паре одновременно возникающих

противоположно направленных лучей-откликов.

Поскольку массогабаритные характеристики предлагаемого устройства в значительной степени задаются параметрами устройства, формирующего указатель-меру, его малые размеры (по сравнению с лимбом прототипа) позволяют
5 создать малогабаритное угломерное устройство, которое может использоваться непосредственно в местах эксплуатации углозадающей аппаратуры или даже встраиваться в эту аппаратуру. Дополнительным преимуществом использования указателя-меры является простота формирования неравномерного ряда углов, что
10 позволяет увеличить дискретность самокалибровки предлагаемого устройства, которая ограничена, в принципе, только наименьшим модулем сравнения всех пар углов ряда.

Исходя из изложенного выше заявленная совокупность признаков позволяет получить угломерное устройство поворотного типа на основе многоотсчетного
15 (многолучевого) указателя-меры, отличающееся пониженными массогабаритными характеристиками и повышенной дискретностью, точностью, технологичностью, а также возможностью самокалибровки в процессе его эксплуатации без использования каких-либо дополнительных приспособлений, по результатам которой возможна, в
20 том числе, проверка работоспособности устройства (целостности его конструкции) после виброударных и иных внешних воздействий.

Сущность изобретения поясняется представленными чертежами, где приведена обобщенная структура устройства и введены следующие обозначения:

фиг.1 - принципиальная схема расположения составных частей устройства в модификации А, вид сверху: 1 - неподвижный указатель-мера в модификации А (с
25 использованием многогранной пирамиды); 2 - неподвижный референтный лазер; 3 - одновременно возникающие лучи-отклики; 4 - закрепленный на шпинделе (вращающийся вместе с ним) кольцевой блок фотоприемников; 5 - управляющий
30 электронный блок;

фиг.2 - принципиальная схема расположения составных частей устройства в модификации Б, вид сверху: 6 - неподвижный указатель-мера в модификации Б (с
использованием многогранной призмы); 7 - подвижное кольцо с закрепленными на нем двумя встречно направленными референтными лазерами (2-й лазер может быть
35 заменен оптической системой, раздваивающей референтный луч 1-го лазера); 8 - поочередно возникающие (по мере вращения кольца с лазерами) пары лучей-откликов; 9 - закрепленный на шпинделе (вращающийся вместе с ним) кольцевой блок фотоприемников; 10 - экран-маска (используется при необходимости
40 ограничения апертуры подвижных лучей-откликов); 11 - управляющий электронный блок.

В модификации А (фиг.1) референтный лазер 2 ориентирован соосно шпинделю и направлен вниз, создавая одновременно все лучи-отклики неподвижного
указателя-меры 1 типа А, образующие горизонтальный плоский радиальный веер 3.
45 Конструкция указателя-меры предусматривает формирование лучей-откликов парами противоположно направленных лучей. Регистрацию углового положения шпинделя относительно неподвижных лучей-откликов осуществляют с помощью закрепленного на шпинделе (вращающегося вместе с ним) кольцевого блока фотоприемников 4, в
50 качестве которых можно выбрать ПЗС-матрицы. Обработку первичных сигналов элементов-фотоприемников с целью формирования отсчета (угла поворота) по шкале устройства, а также ряд сервисных функций выполняет либо электронный блок 5, либо по его командам внешний компьютер, на который установлено

соответствующее программное обеспечение.

В модификации Б (фиг.2) закрепленные на поворотном кольце и встречно направленные два референтных лазера 7 формируют неподвижный указатель-меру 6, имеющую тип Б. Регистрацию углового положения шпинделя относительно поочередно возникающих (по мере вращения кольца с лазерами) пар лучей-откликов 8 осуществляют с помощью закрепленного на шпинделе (вращающегося вместе с ним) кольцевого блока фотоприемников 9, в качестве которых можно выбрать ПЗС-матрицы. При необходимости ограничить апертуру подвижных лучей-откликов используют цилиндрический экран-маску 10, имеющий в определенных местах щелевые окна по одному на каждый луч-отклик. Назначение электронного блока 11 аналогично модификации А.

Примером конкретной реализации предлагаемого устройства в качестве угломерного устройства статических углов поворота в диапазоне 0-360° служит поворотное устройство (ПУ), имеющее нормированный, возникающий за счет остаточных люфтов в подшипниках шпинделя ПУ, радиальный бой (люфт) вертикальной оси вращения и оснащенный четырьмя элементами:

- правильной 12-гранной призмой по ГОСТ 2875, формирующей шесть пар противоположно направленных лучей многоотсчетного указателя-меры;
- двумя маломощными референтными лазерами (с кольцеобразной системой их вращения вокруг указателя и источником питания);
- фотоприемником панорамного типа на основе кольцевого блока ПЗС-матриц;
- управляющим и регистрирующим электронным блоком (с источником питания).

Предполагается, что торец вала ПУ имеет вид планшайбы, угол поворота которой требуется контролировать, и доступен для монтажа. Призму и два референтных лазера (с системой их вращения вокруг указателя) устанавливают непосредственно на планшайбу. Панорамный фотоприемник закрепляют по высоте на уровне призмы неподвижно относительно корпуса ПУ, что упрощает реализацию его связи с управляющим и регистрирующим электронным блоком.

В качестве референтного лазера выбран газовый лазер типа ЛГН (ОАО НИИ ГРП «Плазма», г.Рязань, www.plasmalabs.ru) с параметрами согласно таблице 1.

Нижняя граница погрешности измерения углов предлагаемым устройством определяется уровнем люфтов в подшипниках его шпинделя, угол поворота которого требуется контролировать. Для специально изготавливаемого предлагаемого устройства измерения углов высокой (~0,1") и сверхвысокой (~0,01") точности, как показали предварительные расчеты, целесообразно использовать шпиндель с осью вращения в газостатических опорах или другой с аналогичными характеристиками (люфтами).

В качестве элементов-фотоприемников взяты ПЗС-матрицы типа SONY ICX 415 AL с параметрами согласно таблице 2. Возможное количество ПЗС-матриц в кольцевом блоке равно 20-400 (ориентировочно). Если условно принять, что горизонтальный размер одной ПЗС-матрицы (из блока) равен 5 мм, то они будут расположены на окружности \varnothing 50-650 мм (с угловым шагом 1-20°).

Возможной альтернативой ПЗС-матрице является однокристалльный КМОП датчик изображения.

Для устранения влияния подвижности лучей-откликов (фиксации радиальных направлений) их апертуру ограничивают неподвижным цилиндрическим экраном-маской с расположенными напротив граней призмы щелевыми окнами. Экран-маску располагают снаружи вращающегося кольца с двумя лазерами перед

кольцевым фотоприемником.

| Спецификация газового лазера типа ЛГН-226А | | Таблица 1 |
|---|-------------------------|-----------|
| Параметр | Значение | |
| Мощность излучения, мВт, не менее | 1,5 | |
| Спектральный состав | TEM ₀₀ | |
| Поляризация, не менее | 100:1 | |
| Диаметр пучка, мм, не более | 0,6 | |
| Расходимость излучения, мрад, не более | 1,5 | |
| Потребляемая мощность, Вт, не более | 15 | |
| Габариты излучателя, мм, не более | ∅ 30×196 | |
| Габариты источника питания, мм, не более | 150×60×170 (110×35×85*) | |
| Масса, кг, не более (излучатель/источник питания) | 0,23/1,2 (0,4*) | |

| Спецификация ПЗС-матрицы типа SONY ICX 415 AL | | Таблица 2 |
|---|--|-----------|
| Параметр | Значение | |
| CCD architecture | 1/2" Sony interline progressive scan CCD | |
| Shutter | Electronic global shutter | |
| CCD pixel resolution | 782 (H) × 582 (V) (image area) | |
| Sensitive area | 6.47 mm × 4.83 mm | |
| Pixel size | 8.3 μm × 8.3 μm | |
| Spectral response | refer to 400-1000 nm spectral response curve | |

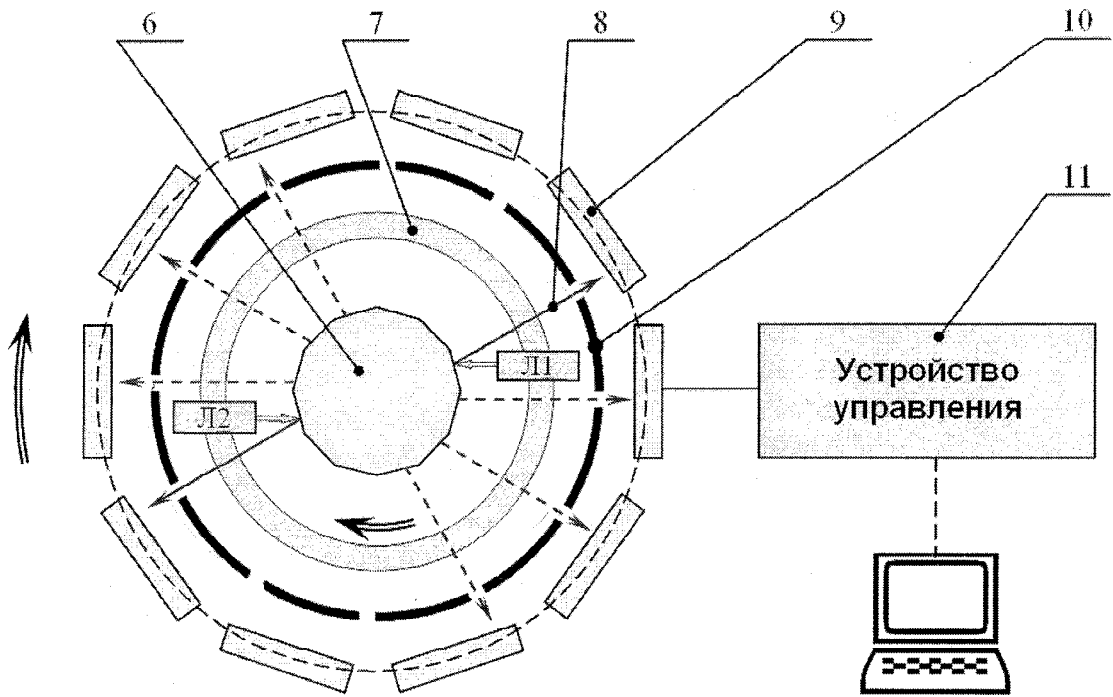
Формула изобретения

1. Оптико-механическое угломерное устройство поворотного типа, состоящее, по крайней мере, из двух элементов - носителя круговой шкалы и указателя, один из которых неподвижен, а второму передается поворот объекта, задающий измеряемый угол, отличающееся тем, что в качестве указателя служит многозначная мера из образующих плоский веер или несколько вееров двух или более лучей, возникающих одновременно или поочередно, хранящая эталонные углы между отдельными лучами, формируемыми от источника внешнего оптического излучения отражающими гранями призмы или пирамиды, расположенной на оси, которой соосен расположенный на внутренней цилиндрической поверхности фотоприемник панорамного типа, служащий в качестве носителя круговой шкалы.

2. Оптико-механическое угломерное устройство по п.1, отличающееся тем, что два и более вееров лучей идентичны между собой по углам между смежными лучами в каждом веере и сдвинуты друг относительно друга на определенные углы вдоль носителя круговой шкалы.

3. Оптико-механическое угломерное устройство по п.1, отличающееся тем, что в качестве фотоприемника панорамного типа используют блок ПЗС-матриц в виде кольца, или его части, или частей.

4. Оптико-механическое угломерное устройство по п.1, отличающееся тем, что в качестве фотоприемника панорамного типа используют блок однокристалльных КМОП датчиков изображения в виде кольца, или его части, или частей.



Фиг. 2