

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 353 899** (13) **C1**(51) МПК  
**G01B 11/26** (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: не действует (последнее изменение статуса: 02.07.2021)  
Пошлина: Возможность восстановления: нет.(21)(22) Заявка: **2007140621/28**, 01.11.2007(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
01.11.2007(45) Опубликовано: **27.04.2009** Бюл. № 12(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 2138014 C1, 20.09.1999. RU  
95119345 A, 20.10.1997. SU 630528 A,  
30.10.1978. JP 57187607 A, 18.11.1982. US  
3861807 A, 21.01.1975. DE 1772171 A,  
09.03.1972.Адрес для переписки:  
305040, г.Курск, ул. 50 лет Октября, 94,  
КурскГТУ, ОИС

(72) Автор(ы):

Аль-Ядуми Абдульхамид Абдулкарем Али  
(RU),  
Дегтярев Сергей Викторович (RU)

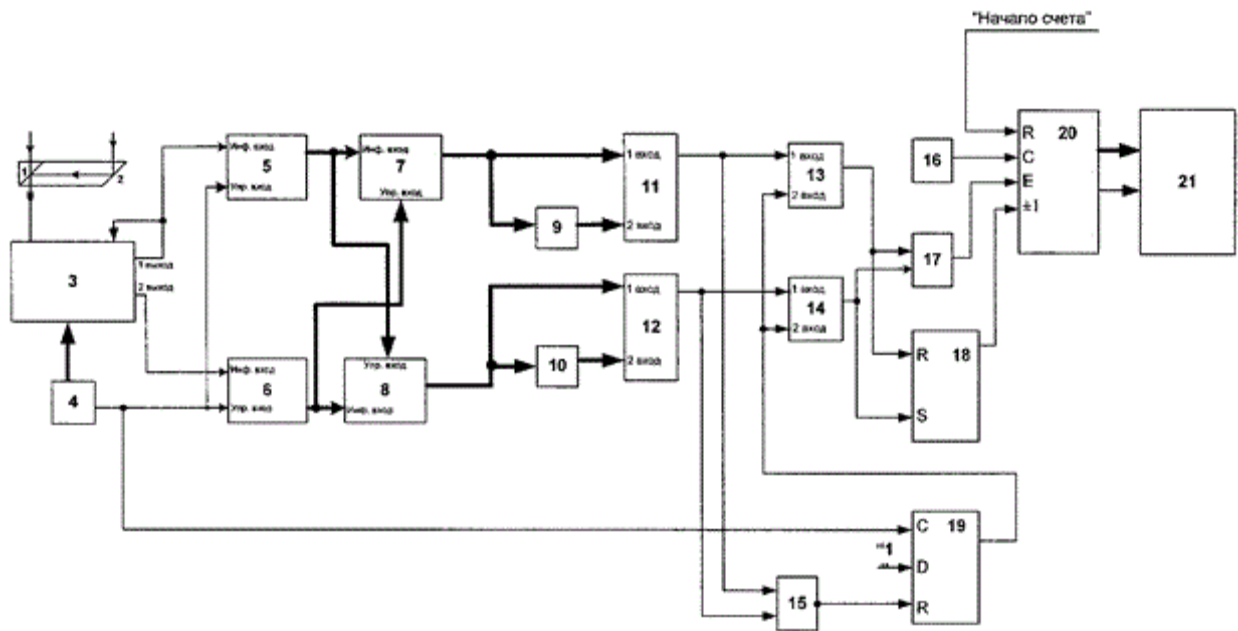
(73) Патентообладатель(и):

Государственное образовательное  
учреждение высшего профессионального  
образования "Курский государственный  
технический университет" (RU)(54) **УСТРОЙСТВО ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ИЗМЕРЕНИЯ МАЛЫХ УГЛОВЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ**

(57) Реферат:

**Устройство для** автоматизированного **измерения** малых **угловых перемещений** содержит лазер, предназначенный **для** скрепления с объектом, зеркальный блок, выполненный в виде полупрозрачного зеркала, расположенного по ходу излучения от лазера и расположенного по ходу отраженного от полупрозрачного зеркала излучения глухого зеркала, на расстоянии, зависящем от требуемой точности **измерений**, оптически связанный с зеркальным блоком фоточувствительный прибор, выполненный в виде линейного фоточувствительного прибора с зарядовой связью (ЛФПЗС), блок индикации, синхрогенератор, два цифровых компаратора, генератор, счетчик, два триггера, элемент ИЛИ, два элемента И, элемент ИЛИ-НЕ, два аналого-цифровых преобразователя, два цифровых фильтра, два элемента задержки. В плоскости анализа возникает интерференционная картина, проецируемая на фоточувствительную область ЛФПЗС, вызывая появление видеосигналов на выходах ЛФПЗС, однозначно соответствующих проецируемой интерференционной картине. Видеосигналы преобразуются в последовательный цифровой код. Вычисление измеряемой величины производится аппаратно, результат **измерения** выводится на индикацию. Технический результат - повышение помехоустойчивости **устройства**. 2

ИЛ.



Фиг. 1

Изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано **для** высокоточных **измерений** малых **угловых перемещений** в специальных геодезических работах, в точных геофизических **измерениях** и при производстве крупногабаритных изделий в качестве контрольно-измерительной аппаратуры.

Известно **устройство для измерения перемещений**, подвижная часть которого, содержащая жестко связанные осветитель, объектив, линейный фоточувствительный прибор с зарядовой связью (ЛФПЗС), перемещается вдоль зубчатой рейки, причем прорези рейки проецируются на фоточувствительную область ЛФПЗС (Скрибанов Е.В., Гришин М.П., Братенков А.А. **Устройство для измерения** линейных **перемещений** // Измерительная техника. - 1983. - №11. - С.13-15).

Недостатком этого **устройства** является невысокая точность **измерения**.

Наиболее близким к предлагаемому **устройству** является **устройство** (RU 2138014, 01.01.99, G01B 11/26), содержащее лазер, предназначенный **для** скрепления с объектом, зеркальный блок, выполненный в виде полупрозрачного зеркала, расположенного по ходу излучения от лазера и расположенного по ходу отраженного от полупрозрачного зеркала излучения глухого зеркала, на расстоянии, зависящем от требуемой точности **измерений**, оптически связанный с зеркальным блоком фоточувствительный прибор, выполненный в виде линейного фоточувствительного прибора с зарядовой связью (ЛФПЗС), блок индикации, синхрогенератор, первый усилитель, второй усилитель, первый компаратор, второй компаратор, генератор, счетчик, первый триггер, второй триггер, элемент ИЛИ, первый элемент И, второй элемент И, третий элемент И, четвертый элемент И, элемент ИЛИ-НЕ. Излучение от лазерного источника образует волновой фронт, из которого в плоскости приема полупрозрачное зеркало выделяет опорный участок волнового фронта. Глухое зеркало, развернутое на угол  $\varphi_0$  относительно полупрозрачного зеркала, направляет на это зеркало второй участок волнового фронта, который после отражения от полупрозрачного зеркала встречается с прошедшим сквозь него под углом сходимости, равным  $\varphi_0$ . В плоскости анализа возникает интерференционная картина, проецируемая на фоточувствительную область ЛФПЗС. На первом выходе ЛФПЗС будет получен аналоговый сигнал, соответствующий проецируемой на фоточувствительную область ЛФПЗС картине, на втором выходе ЛФПЗС также будет получен аналоговый сигнал, но задержанный на время вывода одной строки. Сигналы с выходов ЛФПЗС усиливаются первым и вторым усилителями и поступают на

информационные входы первого и второго компараторов, на второй вход которых подается пороговое напряжение. На выходе компараторов получим последовательные цифровые сигналы, однозначно соответствующие проецируемой на ЛФПЗС интерференционной картине, причем сигнал с выхода второго компаратора будет задержан относительно сигнала с выхода первого компаратора на время вывода одной строки. При неподвижном состоянии объекта сигналы на выходе компараторов будут полностью идентичны, причем каждый импульс, полученный на выходе компараторов, имеет одну только ему соответствующую координату на линии сканирования относительно начальной координаты линии сканирования ЛФПЗС и постоянную длительность, соответствующую половине ширины интерференционной полосы. Таким образом, определение смещения объекта осуществляется определением длительности интервала между приходом импульсов с выхода первого и второго компараторов.

Недостатком данного **устройства** является низкая помехоустойчивость.

Технической задачей изобретения является повышение помехоустойчивости **устройства**.

Техническая задача решается тем, что в **устройство**, содержащее лазер, предназначенный **для** скрепления с объектом, зеркальный блок, выполненный в виде полупрозрачного зеркала, расположенного по ходу излучения от лазера и расположенного по ходу отраженного от полупрозрачного зеркала излучения глухого зеркала, на расстоянии, зависящем от требуемой точности **измерений**, оптически связанный с зеркальным блоком фоточувствительный прибор, выполненный в виде линейного фоточувствительного прибора с зарядовой связью (ЛФПЗС), блок индикации, синхрогенератор, генератор, счетчик, первый триггер, второй триггер, элемент ИЛИ, первый элемент И, второй элемент И, элемент ИЛИ-НЕ, причем входы ЛФПЗС соединены с управляющими выходами синхрогенератора, первый выход ЛФПЗС соединен со вторым информационным входом ЛФПЗС, вход сброса счетчика выполнен с возможностью подачи на него внешнего сигнала "Начало счета", информационные выходы счетчика соединены с информационными входами блока индикации, а выход старшего разряда счетчика - с установочным входом блока индикации; выход первого триггера соединен со входом "Направление счета" счетчика, выход генератора соединен со счетным входом счетчика, выход элемента ИЛИ-НЕ соединен с входом сброса второго триггера, счетный вход которого соединен с другим выходом синхрогенератора, выход первого элемента И соединен со входом сброса первого триггера и первым входом элемента ИЛИ, выход второго элемента И соединен со входом установки первого триггера и вторым входом элемента ИЛИ, выход которого соединен со входом разрешения счетчика, выход второго триггера соединен со вторыми входами первого и второго элементов И, на информационный вход второго триггера подано напряжение логической единицы, дополнительно введены первый цифровой компаратор (ЦК), второй ЦК, первый аналого-цифровой преобразователь (АЦП), второй АЦП, первый согласованный цифровой фильтр (СЦФ), второй СЦФ, первый элемент задержки, второй элемент задержки, причем первый выход ЛФПЗС соединен с информационным входом первого АЦП, второй выход ЛФПЗС соединен с информационным входом второго АЦП, другой выход синхрогенератора соединен с управляющими входами первого и второго АЦП, выход первого АЦП соединен с информационным входом первого СЦФ и управляющим входом второго СЦФ, выход второго АЦП соединен с информационным входом второго СЦФ и управляющим входом первого СЦФ, выход первого СЦФ соединен с первым информационным входом первого ЦК и входом первого элемента задержки, выход которого соединен со вторым информационным входом первого ЦК, выход второго СЦФ соединен с первым информационным входом второго ЦК и входом второго элемента задержки, выход которого соединен со вторым информационным входом второго ЦК, выход первого ЦК соединен с первым входом первого элемента И

и первым входом элемента ИЛИ-НЕ, выход второго ЦК соединен с первым входом второго элемента И и вторым входом элемента ИЛИ-НЕ.

Сущность изобретения поясняется чертежами, где на фиг.1 изображена схема **устройства для** автоматизированного **измерения** малых **угловых перемещений**; на фиг.2 изображены диаграммы, поясняющие работу **устройства для** автоматизированного **измерения угловых** величин.

**Устройство для** автоматизированного **измерения** малых **угловых перемещений** содержит лазер (на фиг.1 не показан), предназначенный **для** скрепления с объектом, зеркальный блок, выполненный в виде полупрозрачного зеркала 1, расположенного по ходу излучения от лазера и расположенного по ходу отраженного от полупрозрачного зеркала 1 излучения глухого зеркала 2, на расстоянии, зависящем от требуемой точности **измерений**, оптически связанный с зеркальным блоком фоточувствительный прибор, выполненный в виде линейного фоточувствительного прибора с зарядовой связью 3, блок индикации 21, синхрогенератор 4, генератор 16, счетчик 20, первый триггер 18, второй триггер 19, элемент ИЛИ 17, первый элемент И 13, второй элемент И 14, элемент ИЛИ-НЕ 15, а также введенные первый аналого-цифровой преобразователь 5, второй аналого-цифровой преобразователь 6, первый согласованный цифровой фильтр 7, второй СЦФ 8, первый ЦК 11, второй ЦК 12, первый элемент задержки 9, второй элемент задержки 10, причем входы ЛФПЗС 3 соединены с управляющими выходами синхрогенератора 4, первый выход ЛФПЗС 3 соединен со вторым информационным входом ЛФПЗС 3, вход сброса R счетчика 20 выполнен с возможностью подачи на него внешнего сигнала "Начало счета", информационные выходы счетчика 20 соединены с информационными входами блока индикации 21, а выход старшего разряда счетчика 20 - с установочным входом блока индикации 20, выход первого триггера 18 соединен со входом  $\pm 1$  "Направление счета" счетчика 20, выход генератора 16 соединен со счетным входом С счетчика 20, выход первого ЦК 11 соединен с первым входом первого элемента И 13 и первым входом элемента ИЛИ-НЕ 15, выход второго ЦК 12 соединен с первым входом второго элемента И 14 и вторым входом элемента ИЛИ-НЕ 15, чей выход соединен с входом сброса R второго триггера 19, счетный вход С которого соединен с другим выходом синхрогенератора 4, выход первого элемента И 13 соединен с входом сброса R первого триггера 18 и первым входом элемента ИЛИ 17, выход второго элемента И 14 соединен с входом установки S первого триггера 18 и вторым входом элемента ИЛИ 17, выход которого соединен с входом разрешения счетчика, выход второго триггера 19 соединен со вторыми входами первого 13 и второго элементов И 14, на информационный вход "D" второго триггера 19 подано напряжение логической единицы, первый выход ЛФПЗС 3 соединен с информационным входом первого АЦП 5, второй выход ЛФПЗС 3 соединен с информационным входом второго АЦП 6, другой выход синхрогенератора 4 соединен с управляющими входами первого 5 и второго АЦП 6, выход первого АЦП 5 соединен с информационным входом первого СЦФ 7 и управляющим входом второго СЦФ 8, выход второго АЦП 6 соединен с информационным входом второго СЦФ 8 и управляющим входом первого СЦФ 7, выход первого СЦФ 7 соединен с первым информационным входом первого ЦК 11 и входом первого элемента задержки 9, выход которого соединен со вторым информационным входом первого ЦК 11, выход второго СЦФ 8 соединен с первым информационным входом второго ЦК 12 и входом второго элемента задержки 10, выход которого соединен со вторым информационным входом второго ЦК 12.

**Устройство** работает следующим образом. Излучение от лазерного источника образует волновой фронт, из которого в плоскости приема полупрозрачное зеркало 1 выделяет опорный участок волнового фронта. Глухое зеркало 2, развернутое на угол  $10^\circ$  относительно полупрозрачного зеркала 1, направляет на это зеркало второй участок волнового фронта, который после отражения от полупрозрачного зеркала 1 встречается с прошедшим сквозь него под углом сходимости, равным  $10^\circ$ . В плоскости анализа возникает интерференционная картина, проецируемая на

фоточувствительную область ЛФПЗС 3. ЛФПЗС 3 представляет собой комбинацию на одном кристалле области накопления с фотодиодной светочувствительной структурой и двух сдвиговых транспортных ПЗС-регистров, каждый из которых отделен от нее разрешающим затвором и имеет свое собственное входное и выходное **устройство**, что позволяет использовать один из двух сдвиговых транспортных ПЗС-регистров в качестве аналоговой линии задержки, а другой - по своему прямому назначению, т.е. **для** вывода зарядов, накопленных в области накопления с фотодиодной светочувствительной структурой. Следовательно, на первом выходе ЛФПЗС 3 будет получен аналоговый сигнал (фиг.2а), соответствующий проецируемой на фоточувствительную область ЛФПЗС 3 картине, на втором выходе ЛФПЗС 3 также будет получен аналоговый сигнал (фиг.2б), но задержанный на время вывода одной строки (фиг.2ж). Сигналы с выходов ЛФПЗС 3 поступают на информационные входы первого 5 и второго АЦП 6. На управляющие входы АЦП 5 и 6 поступает синхронный импульс (фиг.2з), длительность которого равна половине длительности времени накопления ЛФПЗС 3, поскольку с выходов АЦП 5 и 6 дискретные сигналы (фиг.2в, г) поступают на входы первого 7 и второго СЦФ 8, а длительность сигналов на выходах СЦФ 7 и 8 является удвоенной величиной длительности сигнала на входе. Таким образом, длительность сигналов на выходах СЦФ 7 и 8 будет соответствовать полному времени накопления ЛФПЗС 3.

С выхода первого АЦП 5 поступает сигнал (фиг.2в) на информационный вход первого СЦФ 7, число отсчетов которого равно  $N$  (фиксировано и зависит от частоты дискретизации АЦП). Сдвигаются отсчеты сигнала внутри первого СЦФ 7 через линейку задержек, число которых  $N/2-1$  (не показаны на фиг.1). Тот же сигнал (фиг.2в) поступает на управляющий вход второго СЦФ 8 **для** установки его импульсной характеристики. На информационный вход второго СЦФ 8 поступает с выхода второго АЦП 6 сигнал (фиг.2г), число отсчетов которого равно  $N$ . Сдвигаются отсчеты сигнала внутри второго СЦФ 8 через линейку задержек, число которых  $N/2-1$ . Тот же сигнал (фиг.2г) поступает на управляющий вход первого СЦФ 7 **для** установки его импульсной характеристики.

Центральный максимум, т.е. максимальный пик сигнала на выходе согласованного фильтра, не совпадает с центром сигнала по времени (центр - передний фронт сигнала (фиг.2з)), так как отклоняется от центра в случае наличия разности фаз между сигналом на его входе и его импульсной характеристикой. Величина отклонения максимального пика будет равна величине разности фаз. **Для** повышения помехоустойчивости в **устройстве** использованы согласованные цифровые фильтры, т.к. согласованная фильтрация является оптимальным методом обнаружения сигнала известной формы в случайном шуме. Другими словами пик выходного сигнала будет более высоким по отношению к шуму при использовании согласованной фильтрации, чем на выходе любой другой линейной системы (Steve Smith. The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing // San Diego, California, 1999, chapter 7).

На выходах первого 7 и второго СЦФ 8 получим два сигнала (фиг.2д, е), зеркально-отраженные относительно переднего фронта сигнала (фиг.2з). Сигналы (фиг.2д, е) на выходах первого 7 и второго СЦФ 8 являются автокорреляционной функцией сигналов (фиг.2в,г), поступающих на их входы. При наличии сдвига по фазе (то есть при **угловом перемещении** объекта) центральный максимум сигнала на выходе первого СЦФ 7 будет отклоняться от центра вправо, и центральный максимум сигнала на выходе второго СЦФ 8 будет отклоняться от центра влево, или наоборот. Сигнал (фиг.2д) с выхода первого СЦФ 7 поступает на первый информационный вход первого ЦК 11, на второй вход которого подается тот же сигнал, но с опозданием на один отсчет, **для** чего применяется первый элемент задержки 9. Сигнал (фиг.2е) с выхода второго СЦФ 8 поступает на первый информационный вход второго ЦК 12, на второй вход которого подается тот же сигнал, но с опозданием на один отсчет, **для** чего применяется второй элемент задержки 10. На выходе первого 11 и второго 12 ЦК



получим импульсные цифровые сигналы (фиг.2и, к), причем получим "1" - при возрастании функции автокорреляции (фиг.2д, е), "0" - при ее убывании.

С выхода синхрогенератора 4 на счетный вход второго триггера 19 поступает импульс (фиг.2з), переключающий по фронту второй триггер 19, с выхода которого логическая единица (фиг.2л) поступает на вторые входы первого 13 и второго 14 элементов И, разрешая тем самым дальнейшее функционирование **устройства**. При появлении логической единицы на выходе любого из ЦК на первый вход первого 13 или второго 14 элементов И поступит логическая единица, а логическая единица с выхода любого элемента И поступит на вход "разрешение счета" счетчика 20 через элемент ИЛИ 17, разрешая тем самым подсчет импульсов с выхода тактового генератора 16 (фиг.2р). В зависимости от того, с какого ЦК поступает логическая единица, первый триггер 18 установит направление счета (фиг.2о), управляя входом "±1" счетчика 20. При появлении логических нулей на двух входах элемента ИЛИ-НЕ 15 переключается второй триггер 19 и появится на его выходе логический нуль, который останавливает счетчик 20.

Внешний сигнал "Начало счета" предназначен **для** сброса счетчика 20 в нулевое состояние и начала нового цикла **измерения**.

Разрядность М счетчика 20 выбирается исходя из требуемых пределов **измерения**, так чтобы **для** предельных измеряемых значений  $L_{\max}$  выполнялось неравенство

$$L_{\max} < 2^M - 1.$$

Старший разряд счетчика 20 используется в качестве знакового, а блок индикации 21 выполняется с возможностью по сигналу на старшем разряде счетчика 20 определения знака результата **измерения** и преобразования результата **измерения**, получаемого со счетчика 20 в обратном коде в индицируемое число в прямом коде со знаком (в случае появления на выходе счетчика 20 результата **измерения** в прямом коде преобразование не производится).

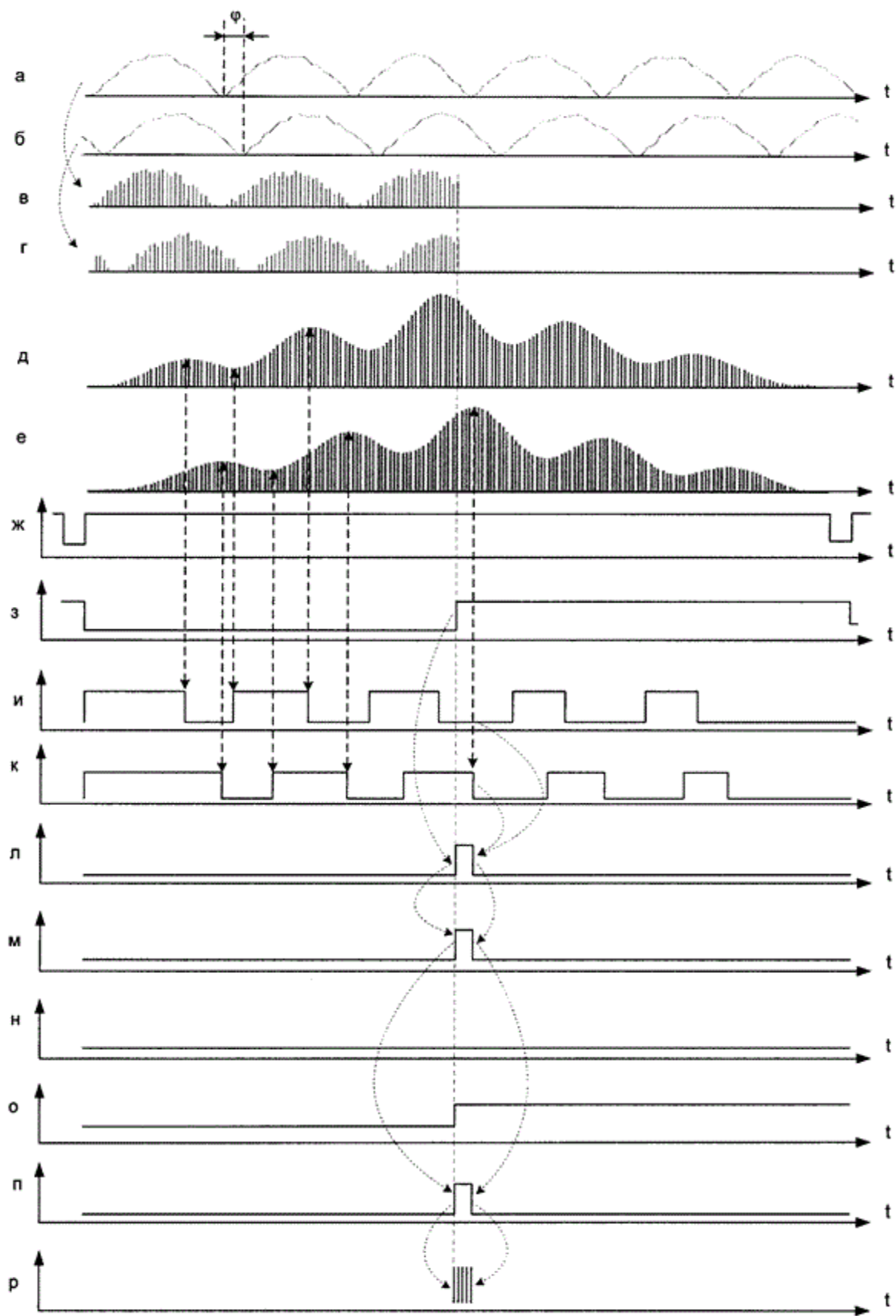
Частота следования импульсов с выхода генератора 16 выбирается такой, чтобы при смещении интерференционной картины на счетный вход счетчика 20 поступало число импульсов, соответствующее **угловому** смещению объекта в единицах **измерения угловых** величин.

Таким образом, предложенное решение позволяет увеличить помехоустойчивость за счет использования согласованных цифровых фильтров.

#### Формула изобретения

**Устройство для** автоматизированного **измерения** малых **угловых перемещений**, содержащее лазер, предназначенный **для** скрепления с объектом, зеркальный блок, выполненный в виде полупрозрачного зеркала, расположенного по ходу излучения от лазера и расположенного по ходу отраженного от полупрозрачного зеркала излучения глухого зеркала, на расстоянии, зависящем от требуемой точности **измерений**, оптически связанный с зеркальным блоком фоточувствительный прибор, выполненный в виде линейного фоточувствительного прибора с зарядовой связью (ЛФПЗС), блок индикации, синхрогенератор, генератор, счетчик, первый триггер, второй триггер, элемент ИЛИ, первый элемент И, второй элемент И, элемент ИЛИ-НЕ, причем входы ЛФПЗС соединены с управляющими выходами синхрогенератора, первый выход ЛФПЗС соединен со вторым информационным входом ЛФПЗС, вход сброса счетчика выполнен с возможностью подачи на него внешнего сигнала "Начало счета", информационные выходы счетчика соединены с информационными входами блока индикации, а выход старшего разряда счетчика - с установочным входом блока индикации; выход первого триггера соединен со входом "Направление счета" счетчика, выход генератора соединен со счетным входом счетчика, выход элемента ИЛИ-НЕ соединен с входом сброса второго триггера, счетный вход которого соединен с другим выходом синхрогенератора, выход первого элемента И соединен со входом сброса первого триггера и первым входом элемента ИЛИ, выход второго элемента И

соединен со входом установки первого триггера и вторым входом элемента ИЛИ, выход которого соединен со входом разрешения счетчика, выход второго триггера соединен со вторыми входами первого и второго элементов И, на информационный вход второго триггера подано напряжение логической единицы, отличающееся тем, что **устройство** снабжено первым аналого-цифровым преобразователем (АЦП), вторым АЦП, первым согласованным цифровым фильтром (СЦФ), вторым СЦФ, первым цифровым компаратором (ЦК), вторым ЦК, первым элементом задержки, вторым элементом задержки, причем первый выход ЛФПЗС соединен с информационным входом первого АЦП, второй выход ЛФПЗС соединен с информационным входом второго АЦП, другой выход синхрогенератора соединен с управляющими входами первого и второго АЦП, выход первого АЦП соединен с информационным входом первого СЦФ и управляющим входом второго СЦФ, выход второго АЦП соединен с информационным входом второго СЦФ и управляющим входом первого СЦФ, выход первого СЦФ соединен с первым информационным входом первого компаратора и входом первого элемента задержки, выход которого соединен с вторым информационным входом первого компаратора, выход второго СЦФ соединен с первым информационным входом второго компаратора и входом второго элемента задержки, выход которого соединен с вторым информационным входом второго компаратора, выход первого компаратора соединен с первым входом первого элемента И и первым входом элемента ИЛИ-НЕ, выход второго компаратора соединен с первым входом второго элемента И и вторым входом элемента ИЛИ-НЕ.



Фиг. 2

ИЗВЕЩЕНИЯ



**ММ4А Досрочное прекращение действия патента из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе**

Дата прекращения действия патента: **02.11.2009**

Дата публикации: [10.12.2011](#)