



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012100944/28, 11.01.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
11.01.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 11.01.2012

(43) Дата публикации заявки: 20.07.2013 Бюл. № 20

(45) Опубликовано: 10.05.2014 Бюл. № 13

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: SU 1599650 A1, 15.10.1990, . RU 2036418 C1, 27.05.1995, . SU 1767327 A1, 07.10.1992. RU 2279112 C2, 27.06.2006. JP 2011017552 A, 27.01.2011

Адрес для переписки:

456770, Челябинская обл., г. Снежинск, ул.
Васильева, 13, а/я 245, ФГУП "РФЯЦ-ВНИИТФ
им. академ. Е.И. Забабахина", Отдел
интеллектуальной собственности, Г.В. Бакалову

(72) Автор(ы):

Панкратов Денис Геннадьевич (RU),
Попцов Александр Германович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное унитарное
предприятие "РОССИЙСКИЙ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР -
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ТЕХНИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ ИМЕНИ
АКАДЕМИКА Е.И. ЗАБАБАХИНА" (RU)

(54) СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

(57) Реферат:

Способ заключается в формировании подаваемого на поверхность исследуемого объекта потока светового излучения, регистрации в фиксированной точке отраженного света и преобразовании его в электрический сигнал, величину которого используют для определения расстояния от поверхности исследуемого объекта

по формуле: $\Delta x = x_0 - \sqrt{\frac{x_0^2 U_0}{U}}$, где x_0 -

начальное расстояние от светоотражающей поверхности исследуемого объекта до фотоприемника; U_0 - амплитуда выходного сигнала с фотоприемника, соответствующая x_0 ; U - амплитуда выходного сигнала с фотоприемника, соответствующая Δx . Технический результат - возможность определения перемещения в любой момент времени за счет измерения уровня выходного сигнала с фотоприемника. 2 ил.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
G01B 11/00 (2006.01)
G01B 11/14 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: 2012100944/28, 11.01.2012

(24) Effective date for property rights:
11.01.2012

Priority:

(22) Date of filing: 11.01.2012

(43) Application published: 20.07.2013 Bull. № 20

(45) Date of publication: 10.05.2014 Bull. № 13

Mail address:

456770, Cheljabinskaja obl., g. Snezhinsk, ul.
Vasil'eva, 13, a/ja 245, FGUP "RFJaTs-VNIITF im.
akadem. E.I. Zababakhina", Otdel intellektual'noj
sobstvennosti, G.V. Bakalovu

(72) Inventor(s):

Pankratov Denis Gennad'evich (RU),
Poptsov Aleksandr Germanovich (RU)

(73) Proprietor(s):

Federal'noe gosudarstvennoe unitarnoe
predpriyatje "ROSSIJSKIJ FEDERAL'NYJ
JaDERNYJ TsENTR - VSEROSSIJSKIJ
NAUChNO-ISSLEDOVATEL'SKIJ INSTITUT
TEKhNICHESKOJ FIZIKI IMENI
AKADEMIKA E.I. ZABABAKhINA" (RU)

(54) METHOD TO MEASURE LINEAR MOVEMENTS

(57) Abstract:

FIELD: measurement equipment.

SUBSTANCE: method consists in generation of a light radiation flow supplied to the surface of the investigated object, registration of reflected light in the fixed point and its conversion into an electric signal, the value of which is used to determine distance from the surface of the investigated object in accordance with the follow-

ing formula: $\Delta x = x_0 - \sqrt{\frac{x_0^2 U_0}{U}}$, where x_0 - initial

distance from the light-reflecting surface of the investigated object to a photodetector; U_0 - amplitude of an output signal from a photodetector corresponding to x_0 ; U - amplitude of an output signal from a photodetector corresponding to Δx .

EFFECT: possibility to determine movement at any moment of time due to measurement of level of an output signal from a photodetector.

2 dwg

Изобретение относится к измерительной технике и предназначено для измерения линейных перемещений.

Известен способ измерения линейных перемещений («Волоконно-оптические измерительные преобразователи скорости и давления», М., Энергоатомиздат, 1987 г., стр.15), заключающийся в том, что направляют излучение на объект, измеряют отраженный поток излучения и по величине этого потока судят о перемещении.

Недостатком данного способа является относительно низкая точность измерений и недостаточный диапазон измеряемых перемещений.

Известен также способ измерения линейных перемещений, реализуемый устройством, описанным в а.с. №1767327, МПК G01B 21/00, опубл. 07.10.1992 г. под названием «Оптический датчик перемещений», выбранный в качестве прототипа и включающий формирование подаваемого на поверхность исследуемого объекта потока светового излучения, регистрацию в фиксированной точке отраженного света, преобразование его в электрический сигнал, величину которого используют для определения расстояния от поверхности исследуемого объекта.

К недостаткам данного технического решения относится малый диапазон измеряемых перемещений, решения предназначены для измерения перемещений вблизи контролируемой поверхности, где амплитуда выходного сигнала с фотоприемника пропорциональна расстоянию до поверхности исследуемого объекта.

Целью изобретения является расширение диапазона измерений линейных перемещений.

Это достигается тем, что в способе измерения линейных перемещений, заключающемся в формировании подаваемого на поверхность исследуемого объекта потока светового излучения, регистрации в фиксированной точке отраженного света, преобразовании его в электрический сигнал, величину которого используют для определения перемещения контролируемой поверхности Δx , согласно изобретению это перемещение определяют по формуле:

$$\Delta x = x_0 - \sqrt{\frac{x_0^2 U_0}{U}}, \quad (1)$$

где x_0 - начальное расстояние от поверхности исследуемого объекта до фотоприемника;

U_0 - амплитуда выходного сигнала с фотоприемника, соответствующая x_0 ;

U - амплитуда выходного сигнала с фотоприемника, соответствующая Δx .

Технический результат заключается в том, что удалось определить перемещение контролируемой поверхности в любой момент времени по выведенной формуле, для этого необходимо лишь измерить уровень выходного сигнала U с ФЭУ при помощи осциллографа, подав импульс с генератора на светодиод.

Наличие в заявляемом изобретении признаков, отличающих его от прототипа, позволяет считать его соответствующим условию «новизна».

Новые признаки (определение линейного перемещения, осуществляемое по формуле:

$$\Delta x = x_0 - \sqrt{\frac{x_0^2 U_0}{U}},$$

где x_0 - начальное расстояние от поверхности исследуемого объекта до фотоприемника;

U_0 - амплитуда выходного сигнала с фотоприемника, соответствующая x_0 ;

U - амплитуда выходного сигнала с фотоприемника, соответствующая Δx) не

выявлены в технических решениях аналогичного назначения. На этом основании можно сделать вывод о соответствии заявляемого изобретения условию «изобретательский уровень».

На фиг.1 представлена блок-схема устройства, с помощью которого реализуется данный способ;

На фиг.2 представлена общая зависимость напряжения с фотодетектора от расстояния до поверхности исследуемого объекта.

Предлагаемый способ измерения линейных перемещений осуществляется с помощью устройства, состоящего из источника излучения по импульсной схеме, включающей генератор импульсов 1 и импульсный светодиод 2, осветительный световод 3 и приемный световод 4, связанные с импульсным светодиодом 2 и фотоприемником 7, предназначенным для работы в импульсном режиме и имеющим широкий диапазон линейности световой характеристики в импульсе, поверхности исследуемого объекта 5, интерференционного светофильтра 6, фотоприемника 7 и регистрирующего устройства 8 (например, осциллограф).

Способ осуществляется с помощью описанного устройства следующим образом.

Прямоугольный электрический импульс с генератора импульсов 1 подается на импульсный светодиод 2. Излучение от светодиода 2 по осветительному световоду 3 подается для освещения поверхности исследуемого объекта 5. Отраженный от исследуемой поверхности 5 сигнал по приемному световоду 4 поступает на фотоприемник 7, электрический сигнал с которого регистрируется осциллографом 8. Форма зарегистрированного осциллографом 8 импульса также прямоугольная. Для уменьшения паразитирующего внешнего сигнала, поступающего на фотоприемник 7, в линию световода 4 может устанавливаться интерференционный светофильтр 6, максимум пропускания которого совпадает с длиной волны максимума излучения светодиода

Предполагается, что в процессе проведения измерений коэффициент отражения поверхности исследуемого объекта 5 не меняется. Общая зависимость напряжения с фотоприемника от расстояния до поверхности исследуемого объекта 5 имеет вид, показанный на фиг.2, здесь: OA - участок зависимости, на котором уровень сигнала пропорционален расстоянию до поверхности исследуемого объекта 5 - на данном участке работают рассмотренные аналоги; AB - участок зависимости с переходной характеристикой; BC - участок зависимости, на котором уровень сигнала обратно пропорционален квадрату расстояния до поверхности исследуемого объекта 5 - на данном участке работает описанное устройство для реализации способа.

Если рассматривать поверхность исследуемого объекта как вторичный излучатель, то в этом случае справедливо следующее соотношение:

$$\Phi = \tau \times \frac{L \times A_{\text{и-ка}} \times A_{\text{вх}}}{x^2}, \quad (2)$$

где Φ - поток, падающий на фотоприемник;

τ - коэффициент пропускания приемного волокна;

L - яркость источника излучения - поверхности исследуемого объекта;

$A_{\text{и-ка}}$ - площадь источника излучения;

$A_{\text{вх}}$ - площадь приемного световода;

x - расстояние от поверхности до приемного световода.

Яркость вторичного источника

$$L = E \times k, \quad (3)$$

где E - освещенность зондируемого участка;

k - коэффициент, учитывающий закон излучения для поверхности [1/ср]. Так для источника, излучающего по закону Ламберта, $k=1/\pi$.

Освещенность заданного участка

$$E = \Phi_{\text{изл}} / A, \quad (4)$$

где $\Phi_{\text{изл}}$ - поток излучения на выходе осветительного световода - величина, зависящая в первом приближении только от мощности первичного излучателя и коэффициента пропускания осветительного световода;

A - площадь освещаемой поверхности исследуемого объекта, в данном случае эта площадь равна площади вторичного источника излучения $A=A_{\text{и-ка}}$.

Подстановка полученных данных в формулу (2) дает следующее выражение

$$\Phi = \tau_{\text{ос}} \times k \times \frac{\Phi_{\text{изл}} \times A_{\text{вх}}}{x^2}. \quad (5)$$

Из формулы (5) следует, что при постоянной мощности первичного излучателя $\Phi_{\text{изл}}$, неизменных параметрах оптической системы τ и $A_{\text{вх}}$, а также при постоянных оптических характеристиках поверхности исследуемого объекта (коэффициент отражения ρ и коэффициент, учитывающий закон излучения k) поток, падающий на фотоприемник, зависит только от квадрата расстояния от излучателя до приемника.

В свою очередь, амплитуда выходного электрического сигнала с фотоприемника также обратно пропорциональна x^2 (в области линейности световой характеристики фотоприемника), т.к. является реакцией фотоприемника на данный поток и зависит только от чувствительности приемника

$$U = \Phi \times S, \quad (6)$$

где Φ - поток, падающий на фотоприемник; S - чувствительность фотоприемника.

В случае линейного перемещения поверхности исследуемого объекта 5 в направлении, параллельном оптической оси системы, расстояние от поверхности исследуемого объекта 5 до торцов световодов 3 и 4 в каждый момент времени будет рассчитываться по формуле:

$$x = \sqrt{\frac{x_0^2}{\Delta U}}, \quad (7),$$

где x_0 - начальное расстояние от поверхности исследуемого объекта 5 до торцов световодов 3 и 4; $\Delta U=U/U_0$ - отношение амплитуд выходных сигналов с фотоприемника 7, соответствующих искомому и начальному моменту времени t_0 .

Пройденное поверхностью исследуемого объекта 5 расстояние

$$\Delta x = x_0 - x = x_0 - \sqrt{\frac{x_0^2 U_0}{U}}. \quad (8)$$

До проведения измерений при помощи измерительных средств (например, линейки, штангенциркуля, плиток) определяется начальное расстояние x_0 от поверхности исследуемого объекта 5 до торцов приемного и осветительного световодов 3, 4. При помощи осциллографа 8 определяется уровень выходного сигнала U_0 с ФЭУ 7, соответствующего данному расстоянию x_0 .

При проведении измерений в любой момент времени перемещение поверхности исследуемого объекта 5 может быть определено по формуле (1), необходимо лишь измерить уровень выходного сигнала U с ФЭУ 7 при помощи осциллографа 8, подав

импульс с генератора 1 на светодиод 2.

Были проведены лабораторные исследования, показавшие работоспособность способа измерения линейных перемещений.

Состав лабораторной установки, представленной на фиг.1:

- 5 - генератор импульсов Tabor Electronics 8551, параметры импульса: $U=3$ В, $\tau=50$ мкс;
- светодиод синий $\lambda_{\max}=450$ нм, $\Phi_{\lambda\max}=40$ мВт;
- световоды кварц-полимерные, \varnothing жилы=0,65 мм, $N_a=0,3$;
- ФЭУ СНФТ-3, линейность импульсной характеристики 1,5 А ($R_H=75$ Ом);
- 10 - осциллограф Tektronix TDS 2024.

Установка была собрана на стенде, имеющем независимую отсчетную шкалу в миллиметрах и позволяющем контролировать расстояние от поверхности исследуемого объекта 5 до торцов световодов 3 и 4.

15 Торцы осветительного и приемного световодов 3 и 4 были размещены на расстоянии от поверхности исследуемого объекта 5, равном 30 мм. В процессе исследований расстояние между световодами 3 и 4 и поверхностью исследуемого объекта 5 последовательно уменьшалось. При помощи шкалы измерялось расстояние от поверхности исследуемого объекта 5 до световодов 3 и 4. Соответствующий этому расстоянию уровень выходного напряжения с ФЭУ измерялся осциллографом 8.

20 Перемещение поверхности исследуемого объекта 5 Δx определялось двумя способами:

- при помощи шкалы, расположенной на стенде $\Delta x_{\text{стенд}}$;
- по формуле (1) $\Delta x_{\text{расчет}}$.

Рассчитывалась погрешность измерений Δ по формуле

$$25 \quad \Delta = \left| \frac{\Delta x_{\text{стенд}} - \Delta x_{\text{расчет}}}{\Delta x_{\text{стенд}}} \right| \times 100\%.$$

В области работы устройства (участок ВС на фиг.2) отличия в измерении перемещений абсолютным методом (при помощи шкалы) от предложенного расчетного способа (по формуле (1)) не превышали 3%.

30 Заявляемый способ позволил добиться расширения диапазона измеряемых перемещений благодаря новому алгоритму расчетов и использованию импульсной системы измерений.

Для заявленного изобретения в том виде, как оно охарактеризовано в формуле изобретения, подтверждена возможность осуществления способа измерения линейных перемещений и способность обеспечения достижения усматриваемого заявителем технического результата. Следовательно, заявленное изобретение соответствует условию «промышленная применимость».

Формула изобретения

40 Способ измерения линейных перемещений, заключающийся в формировании подаваемого на поверхность исследуемого объекта потока светового излучения, регистрации в фиксированной точке отраженного света, преобразовании его в электрический сигнал, величину которого используют для определения расстояния от поверхности исследуемого объекта, отличающийся тем, что это расстояние определяют по формуле:

$$45 \quad \Delta x = x_0 - \sqrt{\frac{x_0^2 U}{U_0}},$$

где x_0 - начальное расстояние от светоотражающей поверхности исследуемого

объекта до фотоприемника;

U_0 - амплитуда выходного сигнала с фотоприемника, соответствующая x_0 ;

U - амплитуда выходного сигнала с фотоприемника, соответствующая Δx .

5

10

15

20

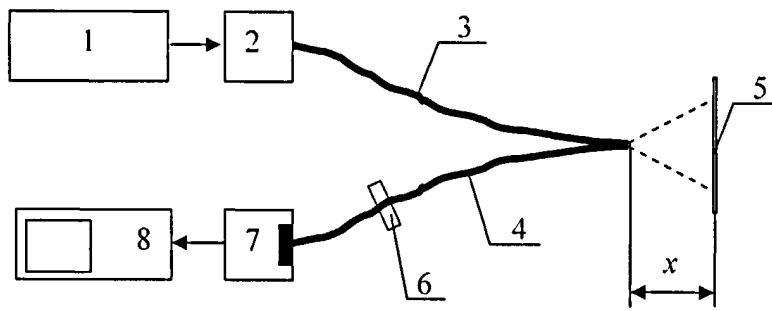
25

30

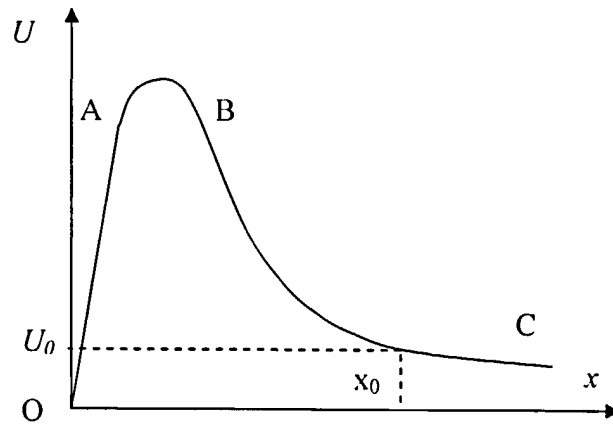
35

40

45



Фиг. 1



Фиг. 2