



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

G01N 21/55 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2017146804, 28.12.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
28.12.2017

Дата регистрации:
04.09.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 28.12.2017

(45) Опубликовано: 04.09.2018 Бюл. № 25

Адрес для переписки:

105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5, стр. 1,
МГТУ им. Н.Э. Баумана, ЦЗИС, для
Савостиковой Е.С. (МФ МГТУ)

(72) Автор(ы):

Кузнецова Вера Ивановна (RU),
Поярков Николай Геннадьевич (RU),
Бартенева Виктория Борисовна (RU),
Усынин Сергей Алефтинович (RU),
Белоусов Владимир Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

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

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2515339 C2, 10.05.2014. RU
78946 U1, 10.12.2008. RU 78947 U1, 10.12.2008.
RU 125728 U1, 10.03.2013. WO 2009125728 A1,
15.10.2009.

(54) ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ ДАТЧИК

(57) Реферат:

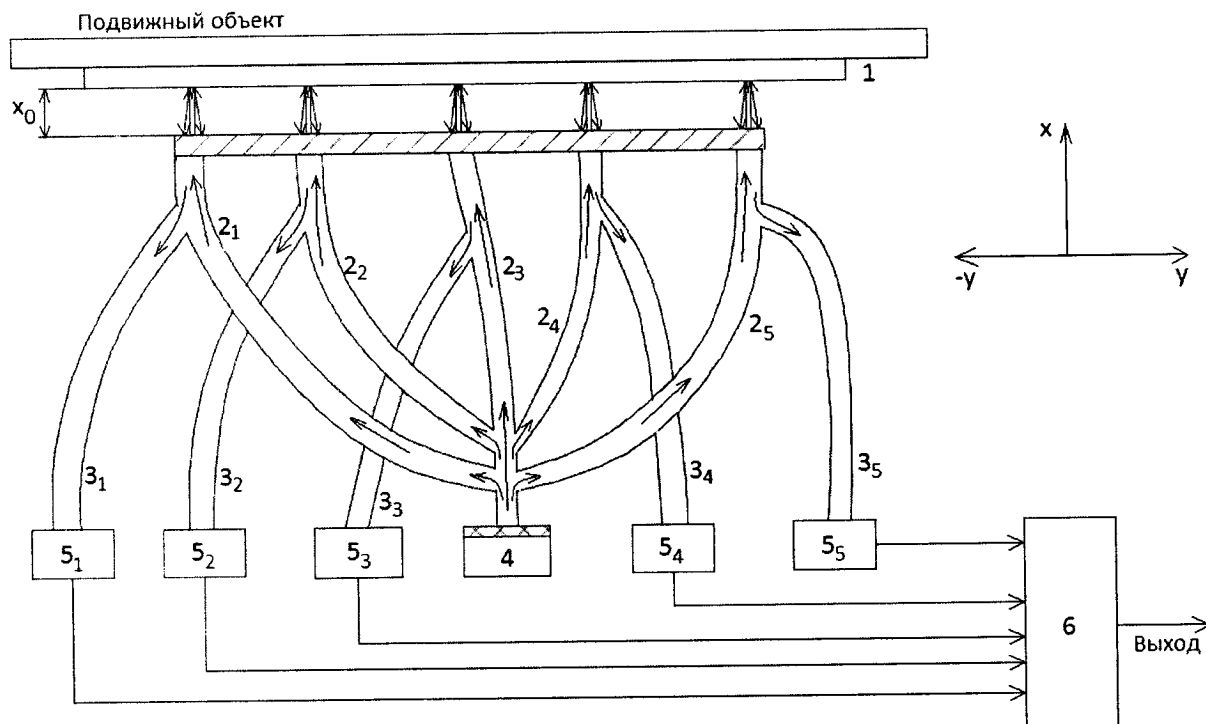
Полезная модель относится к контрольно-измерительной технике и может быть использована в волоконно-оптических измерительных системах для бесконтактных измерений различных физических величин, например давления, температуры, линейных перемещений и др. двухосного волоконно-оптического датчика линейных перемещений с использованием отражающего элемента, выполненного в виде взаимно ортогональных двух прямоугольных пластин из отражающего свет материала и жгутоподводящих волоконно-оптических световодов, разделенных на пять каналов 2₁, 2₂, 2₃, 2₄, 2₅. При этом один из каналов - центральный 2₃ является опорным, а четыре других 2₁, 2₂, 2₄, 2₅ - измерительными. Каждый из каналов снабжен жгутом отводящих волоконно-оптических световодов 3₁, 3₂, 3₃, 3₄,

3₅, входные торцы которых сопряжены с выходными торцами подводящих волоконно-оптических световодов 2₁, 2₂, 2₃, 2₄, 2₅. Входные торцы подводящих волоконно-оптических световодов подведены к источнику оптического излучения. Выходные торцы отводящих волоконно-оптических световодов подключены ко входам фотоприемников 5₁, 5₂, 5₃, 5₄, 5₅ соответственно.

Сигналы с фотоприемников подключены к соответствующим входам электронного блока обработки сигналов, выход которого является выходом двухосного волоконно-оптического датчика линейных перемещений. Пятиканальное устройство однозначно определяет поведение функции преобразования двухосного датчика линейных перемещений и обеспечивает ее надежное прогнозирование. Отражающий

элемент размещен в зоне измерений на заданном расстоянии X_0 от выходных торцов подводящих волоконно-оптических световодов и входных

торцов отводящих волоконно-оптических световодов, где достигается минимум энергетических потерь. Технический результат – повышение точности измерений. 5 ил.



Фиг. 1

Волоконно-оптический датчик №2 линейных перемещений

Предложенное техническое решение относится к контрольно-измерительной технике и может быть использовано в волоконно-оптических измерительных системах для бесконтактных измерений различных физических величин, например, давления,

5 температуры, линейных перемещений и др.

Наиболее близким техническим решением является волоконно-оптический датчик перемещений, содержащий источник оптического излучения, выход которого подключен ко входу подводящего волоконно-оптического световода, первый и второй отводящие волоконно-оптические световоды, выходы которых подключены ко входам

10 соответственно первого и второго фотоприемников, отражающий элемент, прикрепленный к перемещающемуся объекту, на который направлены входы первого и второго волоконных световодов оптической связи, оптический разветвитель, электронный блок обработки сигналов, причем отражающий элемент выполнен в виде двух примыкающих друг к другу прямоугольных полос, каждая из которых разделена

15 на отражающую и неотражающую области (см. патент РФ №2489679 от 2012 г.)

К недостаткам аналога следует отнести следующие:

- ограниченные функциональные возможности датчика, обусловленные тем, что построенное на данном принципе устройство измеряет линейные перемещения только по одной оси;
- 20 - низкая точность измерений, обусловленная возможными изменениями взаимного расстояния между отражающим элементом, жестко связанным с подвижным объектом, и торцами волоконных световодов оптической связи.

Цель настоящего технического решения - расширение функциональных возможностей датчика, а именно построение двухосного волоконно-оптического датчика линейных

25 перемещений и повышение точности измерений.

Решение поставленной задачи обеспечивается тем, что в волоконно-оптическом датчике линейных перемещений, содержащем источник оптического излучения, выход которого подключен ко входу подводящего волоконно-оптического световода, отводящие волоконно-оптические световоды, выходы которых подключены ко входам

30 соответствующих фотоприемников, отражающий элемент, прикрепленный к перемещающемуся объекту,

электронный блок обработки сигналов, ко входу которого подведены выходы фотоприемников, к выходу источника излучения входными торцами подведен жгут подводящих волоконно-оптических световодов, разделенных на пять каналов, один

35 из которых - центральный является опорным, а четыре других измерительными, при этом отводящие волоконно-оптические световоды, сопряженные в каждом канале с подводящими волоконно-оптическими световодами, выходными торцами подключены ко входам соответствующих фотоприемников, а выходные торцы подводящих волоконно-оптических световодов и входные торцы отводящих волоконно-оптических

40 световодов в каждом канале, обращенные к отражающему элементу, выполненному в виде взаимно ортогональных двух прямоугольных пластин из отражающего свет материала, находятся в соотношении 3:4 и отстоят от отражающего элемента на заданном расстоянии X_0 , при котором обеспечивается максимальная освещенность входных торцов отводящих волоконно-оптических световодов и максимальный ток

45 фотоприемника.

На фиг. 1 приведена принципиальная схема двухосного волоконно-оптического датчика линейных перемещений.

На фиг. 2 приведена принципиальная (опорная) схема отражающего элемента,

выполненного в виде взаимно ортогональных двух прямоугольных пластин из материала, отражающего свет, расположенного на неотражающей поверхности подвижного объекта, с указанием световых «пятен», формируемых подводными волоконно-оптическими световодами. На фиг. 3 представлена функция преобразования датчика, а именно зависимость фототока от расстояния X между отражающим элементом и входными торцами отводящих волоконно-оптических световодов $J_{\phi} = f(X)$

На фиг. 4 показана схема взаимного расположения выходных торцов подводных волоконно-оптических световодов и входных торцов отводящих волоконно-оптических световодов в зоне измерений в каждом канале, определяющая конструкцию и метрологические характеристики датчика.

На фиг. 5а,б схематично показана динамика измерительного процесса (алгоритм обработки сигнала с фотоприемников) при перемещении подвижного объекта по двум взаимно ортогональным осям: $\pm Y$, $\pm Z$.

На фиг. 5а приведены функции преобразования четырех измерительных каналов (фототоков) и центрального опорного канала, снятые с пяти фотоприемников при перемещении объекта по осям $\pm Y$, ортогональным $\pm Z$.

На фиг. 5б аналогично приведены функции преобразования (фототоки), снятые при перемещении объекта по осям $\pm Z$, ортогональным $\pm Y$.

Устройство состоит из отражающего элемента 1, подводных волоконно-оптических световодов (ПВОС) 2₁, 2₂, 2₃, 2₄, 2₅, отводящих волоконно-оптических световодов (ОВОС) 3₁, 3₂, 3₃, 3₄, 3₅, источника оптического излучения 4, фотоприемников 5₁, 5₂, 5₃, 5₄, 5₅, электронного блока обработки сигналов 6.

Канал, образованный ПВОС 2₃ и ОВОС 3₃ - центральный, является опорным каналом.

Четыре других канала, образованные ПВОС 2₁, 2₂, 2₄, 2₅ и ОВОС 3₁, 3₂, 3₄, 3₅ - измерительные каналы. Отражающий элемент 1 оптически связан с ПВОС 2₁, 2₂, 2₃, 2₄, 2₅ таким образом, что проекции световых «пятен» измерительных каналов, формируемые ПВОС 2₁, 2₂, 2₄, 2₅, при отсутствии перемещений подвижного объекта на отражающий элемент 1 не попадают, а «пятно» опорного канала, формируемое ПВОС 2₃ совмещено с центром отражающего элемента 1. Входные торцы ПВОС 2₁, 2₂, 2₃, 2₄, 2₅ соединены с источником излучения 4.

Выходные торцы ОВОС 3₁, 3₂, 3₃, 3₄, 3₅ подключены ко входам фотоприемников 5₁, 5₂, 5₃, 5₄, 5₅. Выходы фотоприемников 5₁, 5₂, 5₃, 5₄, 5₅ подключены ко входам электронного блока обработки сигналов 6. Выход электронного блока обработки сигналов 6 является выходом двухосного волоконно-оптического датчика линейных перемещений.

Большое практическое значение имеет обоснованный выбор начального расстояния X_0 между отражающим элементом 1 и выходными торцами ПВОС 2₁, 2₂, 2₃, 2₄, 2₅ и входными торцами ОВОС 3₁, 3₂, 3₃, 3₄, 3₅ в зоне измерений.

Оно определяется следующим образом.

Определено, что в волоконно-оптических датчиках линейных перемещений рассматриваемого типа, содержащих ПВОС и ОВОС, если торцы ПВОС контактируют с отражающим элементом, $X=0$, то световой поток, отраженный от отражающего элемента, не попадает на торцы ОВОС, фототок равен нулю, $J_{\phi}=0$.

При увеличении расстояния $X>0$ поток излучения, заключенный в конусе апертуры

ПВОС попадает на большую площадь отражающего элемента и, по сути, эта площадка становится «источником» вторичного светового потока, который отражается на торцы ОВОС

С увеличением $X > 0$ увеличивается площадь отраженного "пятна", наблюдается резкий рост принимаемого светового потока.

При некотором расстоянии $X = X_0$ мощность принимаемого светового потока и ток фотоприемника достигают максимума. Причем вблизи X_0 выходной сигнал с фотоприемника практически не зависит от изменения X_0 (см. фиг. 3).

Численное значение X_0 определяется на основе математической модели распределения передаваемой мощности излучения в зависимости от X и внешнего радиуса «пятна» освещенной зоны торцов ОВОС $3_1, 3_2, 3_3, 3_4, 3_5$.

Численное значение X_0 определяется на основе математической модели распределения передаваемой мощности излучения в зависимости от X и внешнего радиуса «пятна» освещенной зоны торцов ОВОС $3_1, 3_2, 3_3, 3_4, 3_5$.

На основе выше изложенного значение X_0 , соответствующее данному условию, в предлагаемом датчике линейных перемещений принимается за начало отсчета, то есть отражающий элемент 1 устанавливается относительно выходных торцов ПВОС $2_1, 2_2, 2_3, 2_4, 2_5$ и входных торцов ОВОС $3_1, 3_2, 3_3, 3_4, 3_5$, лежащих в зоне измерений в одной плоскости, на заданном расстоянии X_0 .

Это условие делает поведение функций преобразования датчика линейных перемещений прогнозируемым и позволяет однозначно определять ее текущее значение. Точность измерений перемещения подвижного объекта возрастает.

Рассмотрение различных возможных вариантов размещения выходных торцов ПВОС и входных торцов ОВОС (1:6, 4:3, 3:4 и др.) показало, что предлагаемое расположение торцов световодов в каждом канале, а именно 3:4, обеспечивает максимальную освещенность входных торцов ОВОС и максимальный ток фотоприемников. При данном соотношении торцов каждый из излучающих световодов вносит максимальный вклад в оптическую мощность светового потока на входе фотоприемника (см. фиг. 4).

Кроме того, минимизируются потери при сопряжении источника излучения 4 и входных торцов ПВОС $2_1, 2_2, 2_3, 2_4, 2_5$, облегчается настройка по уровню выходного сигнала при угловом рассогласовании диаграммы направленности источника излучения 4 с входными торцами ПВОС

$2_1, 2_2, 2_3, 2_4, 2_5$.

Устройство работает следующим образом.

Сформированный коллимационным устройством пучок света от источника излучения 4 попадает на отражающий элемент 1, жестко связанный с подвижным объектом и расположенный на заданном расстоянии X_0 от выходных торцов ПВОС $2_1, 2_2, 2_3, 2_4, 2_5$ и входных торцов ОВОС $3_1, 3_2, 3_3, 3_4, 3_5$ в зоне измерений.

При отсутствии измеряемых линейных перемещений, ($Y=0$), падающий на подвижный объект световой поток, формируемый ПВОС $2_1, 2_2, 2_3, 2_4, 2_5$ отражается только от центральной зоны отражающего элемента 1 и попадает на входные торцы ОВОС 3_3 .

Световые «пятна» ПВОС $2_1, 2_2, 2_4, 2_5$ не отражаются, фототоки с фотоприемников $5_1, 5_2, 5_4, 5_5$ обнуляются.

При перемещении подвижного объекта по оси $+Y$ отражающая поверхность 1 входит

в зону измерений: она освещается выходными торцами ПВОС 2₄, 2₅. Отражающий элемент 1 становится вторичным источником излучения, падающим на входные торцы ОВОС 3₄, 3₅.

При этом, чем больше $Y > 0$, тем больше площадь поверхности отражающего элемента 1, освещенная выходными торцами ПВОС 2₄, 2₅, тем больше оптическая мощность светового потока, падающая на входные торцы ОВОС 3₄, 3₅. С увеличением мощности отраженного светового потока фототоки с фотоприемников 5₄, 5₅ возрастают от нуля до максимальных значений

$$J_{\phi 5_4} = J_{\max 4}$$

$$J_{\phi 5_5} = J_{\max 5}$$

и далее по мере дальнейших перемещений подвижного объекта площади освещенной поверхности отражающего элемента 1 вновь убывают и фототоки с фотоприемников 5₄, 5₅ убывают от $J_{\max 4}$ и $J_{\max 5}$ до нуля. При этом во всем диапазоне перемещений подвижного объекта по оси +Y фототоки с фотоприемников 5₁, 5₂ постоянно равны нулю, так как подвижный объект свет не отражает

$$J_{\phi 5_1} = 0$$

$$J_{\phi 5_2} = 0$$

При перемещении подвижного объекта по оси -Y происходит обратный процесс: фототоки с фотоприемников 5₄, 5₅ равны нулю

$$J_{\phi 5_4} = 0$$

$$J_{\phi 5_5} = 0$$

фототоки. $J_{\phi 5_1}$, $J_{\phi 5_2}$ с фотоприемников 5₁, 5₂ возрастают от нуля до своих максимальных значений

$$J_{\phi 5_1} = J_{\max 1},$$

$$J_{\phi 5_2} = J_{\max 2}$$

и далее убывают до нуля.

Процесс измерения перемещений подвижного объекта по осям $\pm Z$ аналогичен измерениям по осям $\pm Y$.

При перемещении подвижного объекта по оси +Z фототоки с фотоприемников 5₁, 5₅ равны нулю

$$J_{\phi 5_1} = 0,$$

$$J_{\phi 5_5} = 0,$$

а фототоки с фотоприемников 5₂, 5₄ возрастают от нуля до своих максимальных значений

$$J_{\phi 5_2} = J_{\max 2},$$

$$J_{\phi 5_4} = J_{\max 4}$$

и далее убывают до нуля.

Аналогично, при перемещении подвижного объекта по оси -Z фототоки с фотоприемников

5₂, 5₄ равны нулю

$$J_{\phi 5_2} = 0,$$

$$J_{\phi 5_4}=0,$$

а фототокис фотоприемников $5_1, 5_5$ возрастает от нуля до своих максимальных значений

$$J_{\phi 5_1}=J_{\max 1}$$

$$J_{\phi 5_5}=J_{\max 5}$$

и далее убывают до нуля.

Фототок с фотоприемника 5_3 при перемещении подвижного объекта по осям $\pm Y, \pm Z$ при постоянном X_0 не изменяется

$$J_{\phi 5_3}=J_{\max 3}=\text{const},$$

что позволяет контролировать и исключать возможные неинформативные перемещения подвижного объекта в зоне измерений по осям $\pm X$ и тем самым повысить точность измерений четырех измерительных каналов.

На фиг. 5а, б схематично представлена динамика изменения фототоков с фотоприемников $5_1, 5_2, 5_3, 5_4, 5_5$ при перемещении подвижного объекта по осям $\pm Y, \pm Z$.

для измерения перемещений по оси $-Y$ измеряются фототоки с фотоприемников $5_1, 5_2$ при нулевых значениях фототоков с фотоприемников $5_4, 5_5$:

$$I_{\phi 5_1}=f(-Y)$$

$$I_{\phi 5_2}=f(-Y)$$

$$I_{\phi 5_4}=0$$

$$I_{\phi 5_5}=0$$

Аналогично измеряются перемещения объекта по осям $\pm Z$.

При перемещении объекта по оси $+Z$ фототоки с фотоприемников $5_1, 5_5$ равны нулю, измеряются фототоки с фотоприемников $5_2, 5_4$:

$$I_{\phi 5_2}=f(+Z)$$

$$I_{\phi 5_4}=f(+Z)$$

$$I_{\phi 5_1}=0$$

$$I_{\phi 5_5}=0$$

При перемещении объекта по оси $-Z$ фототоки с фотоприемников $5_2, 5_4$ равны нулю, а информативными являются фототоки с фотоприемников $5_1, 5_5$:

$$I_{\phi 5_1}=f(-Z)$$

$$I_{\phi 5_5}=f(-Z)$$

$$I_{\phi 5_2}=0$$

$$I_{\phi 5_4}=0$$

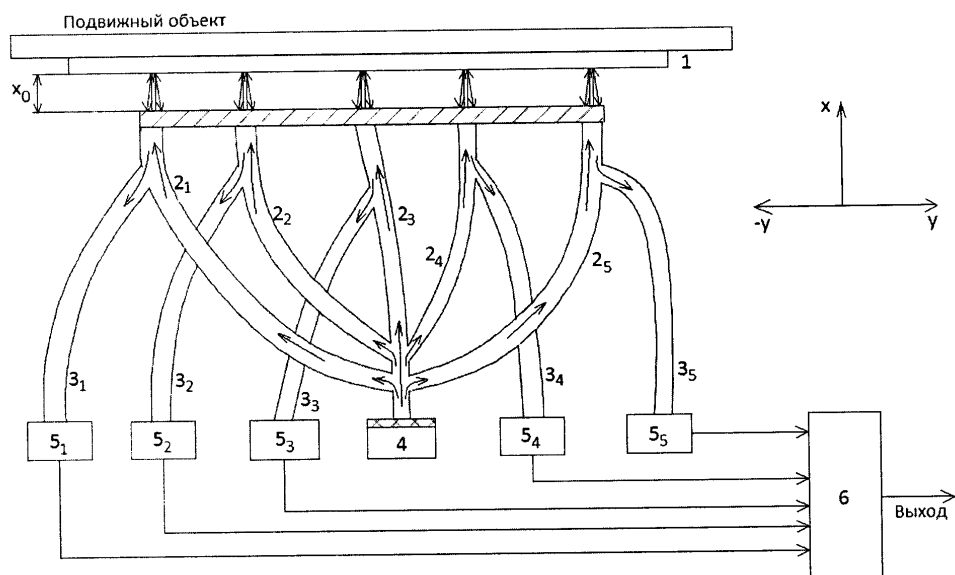
Итак, предлагаемая схема двухосного волоконно-оптического датчика линейных перемещений позволяет однозначно определять параметры перемещения подвижного объекта по двум взаимно ортогональным осям и обоснованно доказывать их

достоверность. При этом возможность размещения моделирующего устройства (зеркально отражающей поверхности) в зоне измерений, где достигается максимальная однородная освещенность торцевых граней ОВОС $3_1, 3_2, 3_3, 3_4, 3_5$, повышает точность измерений, а уменьшение энергетических потерь реализует возможность конструктивной унификации и стандартизации датчиков данного типа по их основным параметрам (чувствительности, точности, диапазону измерений и др.).

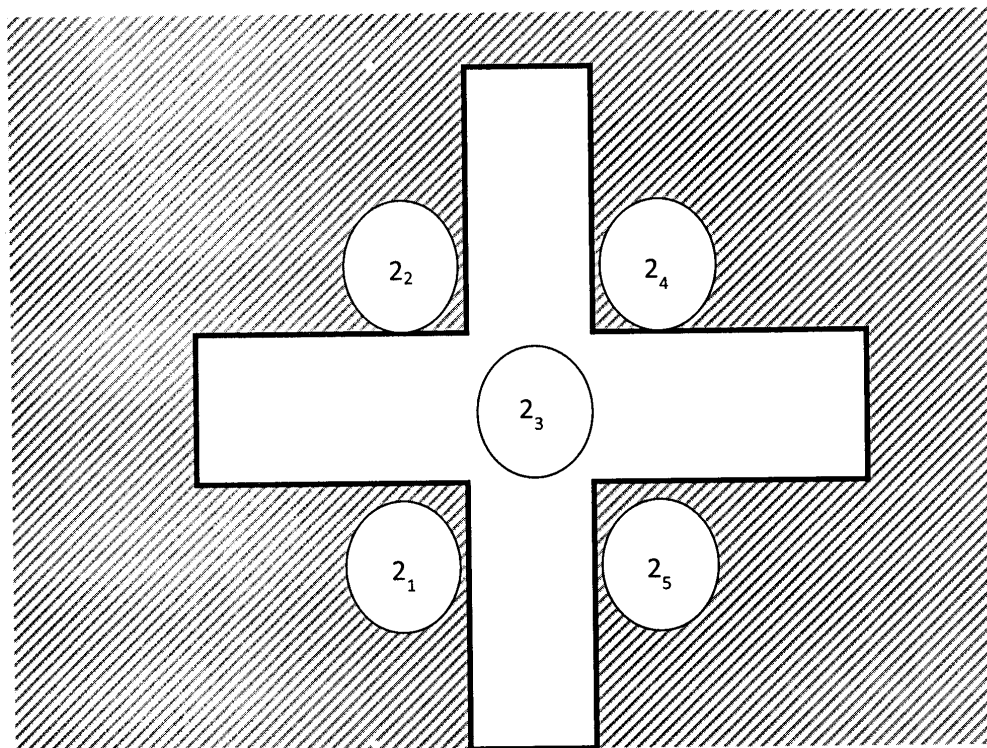
(57) Формула полезной модели

Волоконно-оптический датчик линейных перемещений, содержащий источник оптического излучения, выход которого подключен ко входу подводящего волоконно-оптического световода, отводящие волоконно-оптические световоды, выходы которых подключены ко входам соответствующих фотоприемников, отражающий элемент, прикрепленный к перемещающемуся объекту, электронный блок обработки сигналов, ко входу которого подведены выходы фотоприемников, отличающийся тем, что к выходу источника излучения входными торцами подведен жгут подводящих волоконно-оптических световодов, разделенных на пять каналов, один из которых - центральный - является опорным, а четыре других - измерительными, при этом отводящие волоконно-оптические световоды, сопряженные в каждом канале с подводящими волоконно-оптическими световодами, выходными торцами подключены ко входам соответствующих фотоприемников, а выходные торцы подводящих волоконно-оптических световодов и входные торцы отводящих волоконно-оптических световодов в каждом канале, обращенные к отражающему элементу, выполненному в виде взаимно ортогональных двух прямоугольных пластин из отражающего свет материала, находятся в соотношении 3:4 и отстоят от отражающего элемента на заданном расстоянии X_0 , при котором обеспечивается максимальная освещенность входных торцов отводящих волоконно-оптических световодов и максимальный ток фотоприемника.

1



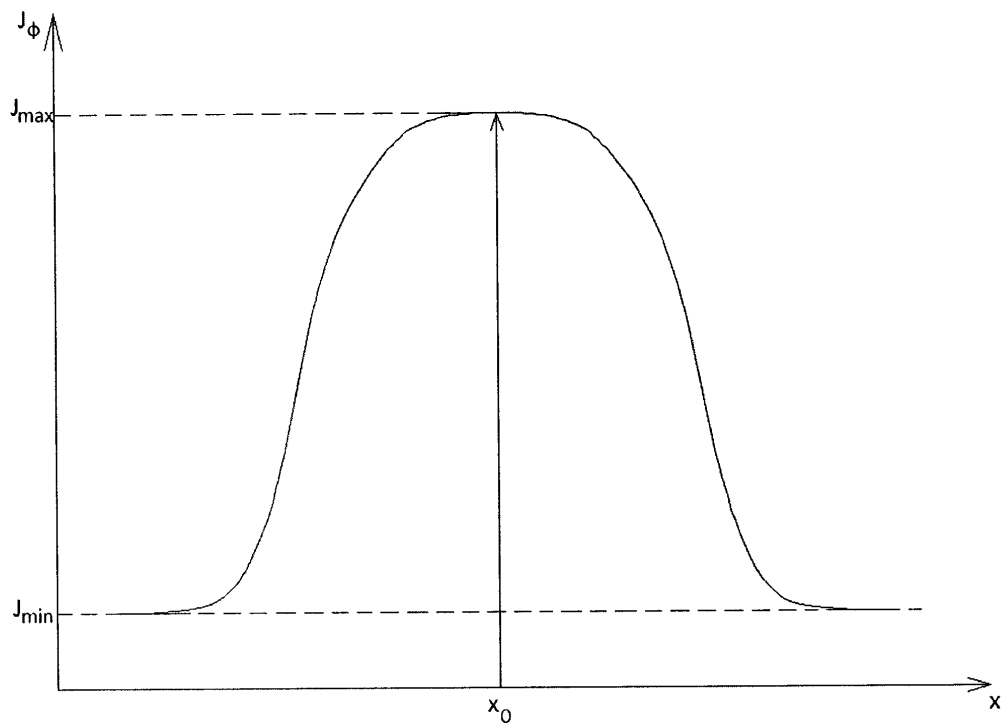
Фиг. 1



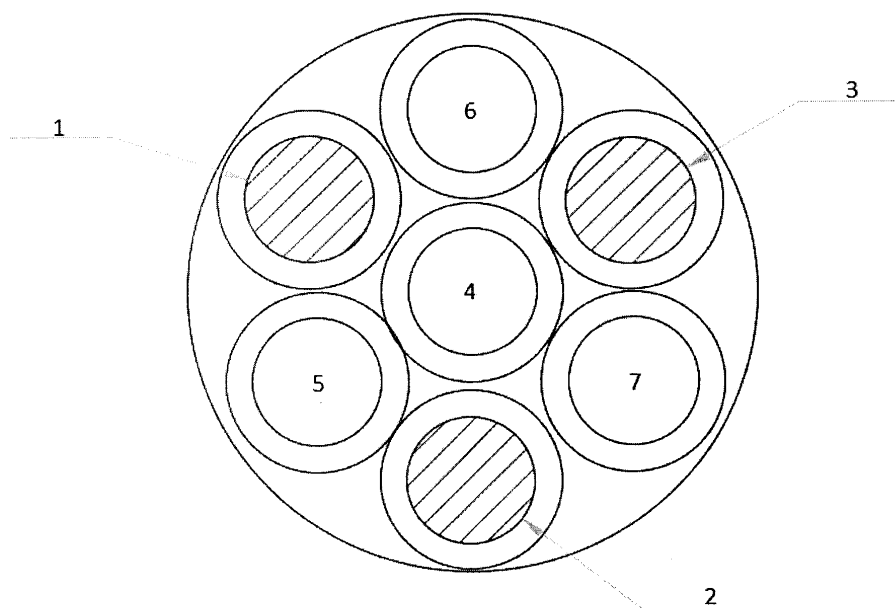
Фиг. 2

10

2

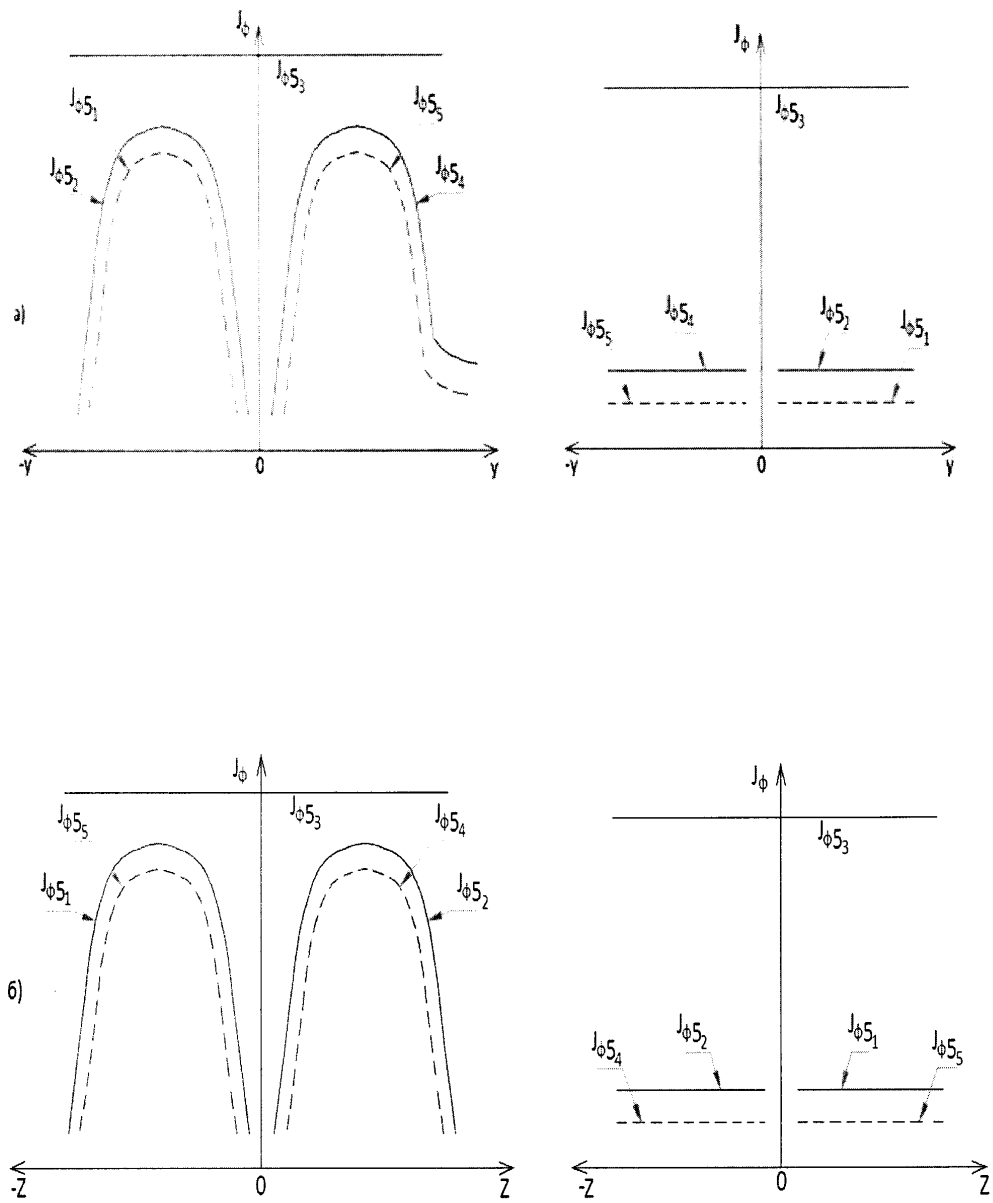


Фиг. 3



Фиг. 4

11



Фиг. 5 а,б.