



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G01L 1/00 (2018.08)

(21) (22) Заявка: 2015129653, 20.07.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
20.07.2015

Дата регистрации:
18.04.2019

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
22.09.2014 US 14/493,187

(43) Дата публикации заявки: 26.01.2017 Бюл. № 3

(45) Опубликовано: 18.04.2019 Бюл. № 11

Адрес для переписки:
190000, Санкт-Петербург, ВОХ 1125,
"ПАТЕНТИКА"

(72) Автор(ы):

ХАНТ Джеффри Х. (US),
БЕЛК Джон Х. (US)

(73) Патентообладатель(и):
Зе Боинг Компани (US)

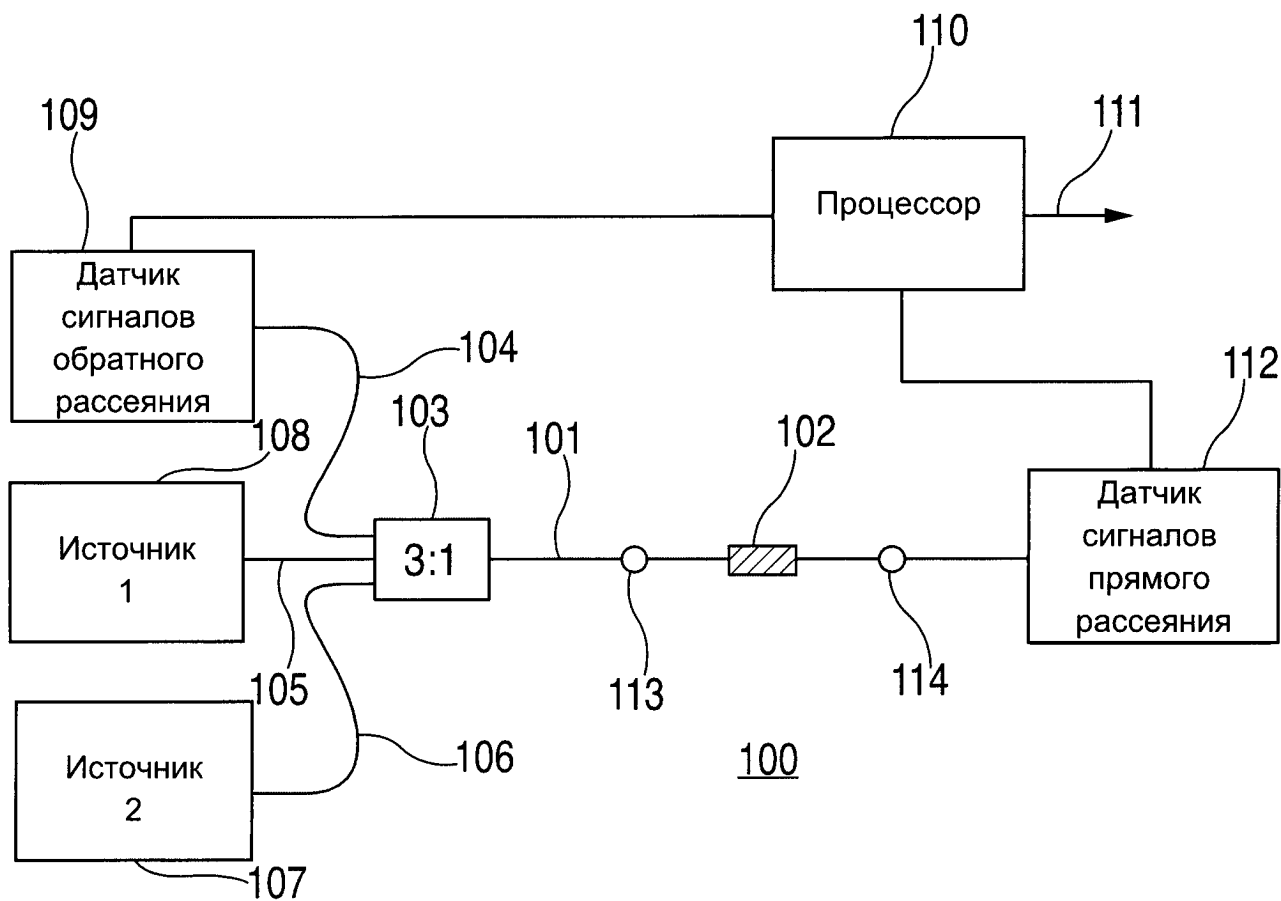
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2009143168 A, 27.05.2011. US
2008/180681 A1, 31.07.2008. RU 2596064 C2,
27.08.2016. US 2011/228255 A1, 22.09.2011.

(54) НЕЛИНЕЙНАЯ ОПТИЧЕСКАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ
МЕХАНИЧЕСКОГО НАПРЯЖЕНИЯ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

(57) Реферат:

Группа изобретений относится к измерительной технике. Система для измерения механического напряжения содержит оптическое волокно, центральная часть которого закреплена между двумя фиксированными местами. Первый источник света выдает световой сигнал, имеющий первую частоту, а второй источник света выдает второй световой сигнал, имеющий другую вторую частоту. Оба источника света соединены с первым концом оптического волокна. Датчик сигналов обратного рассеяния также соединен с первым концом оптического волокна с возможностью приема отраженного светового сигнала от указанного оптического волокна и с возможностью выдачи выходного сигнала, основанного на указанном принятом отраженном световом сигнале. Датчик сигналов прямого рассеяния соединен со вторым концом

оптического волокна с возможностью приема прямого светового сигнала от указанного оптического волокна и с возможностью выдачи сигнала, основанного на указанном принятом прямом световом сигнале. Процессор выполнен с возможностью приема сигналов от датчика сигналов обратного рассеяния и от датчика сигналов прямого рассеяния и с возможностью формирования выходного сигнала, который пропорционален механическому напряжению между двумя фиксированными местами и основан на указанных принятых сигналах. Технический результат заключается в создании измерительной системы на основе оптических волокон для измерения механического напряжения, обеспечивающей сигнал в режиме реального времени. 3 н. и 17 з.п. ф-лы, 3 ил.



ФИГ. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY
(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(19) **RU** (11)**2 685 430**⁽¹³⁾ **C2**

(51) Int. Cl.
G01L 1/00 (2006.01)

(52) CPC
G01L 1/00 (2018.08)

(21) (22) Application: **2015129653, 20.07.2015**

(24) Effective date for property rights:
20.07.2015

Registration date:
18.04.2019

Priority:

(30) Convention priority:
22.09.2014 US 14/493,187

(43) Application published: **26.01.2017 Bull. № 3**(45) Date of publication: **18.04.2019 Bull. № 11**

Mail address:

**190000, Sankt-Peterburg, BOX 1125,
"PATENTIKA"**

(72) Inventor(s):

**KHANT Dzheffri KH. (US),
BELK Dzhon KH. (US)**

(73) Proprietor(s):

Ze Boing Kompani (US)

(54) **REAL-TIME NON-LINEAR OPTICAL STRAIN GAUGE SYSTEM**

(57) Abstract:

FIELD: measurement.

SUBSTANCE: group of inventions relates to measurement equipment. System for measuring strain comprises an optical fibre, the central part of which is secured between two fixed points. First light source outputs light at a first frequency and a second light source outputs light at a second different frequency. Both light sources are coupled to a first end of the optical fibre. Back scatter detector is also coupled to the first end to receive a reflected light signal from the optical fibre and outputs a signal based on the received reflected light signal. Forward scatter detector is

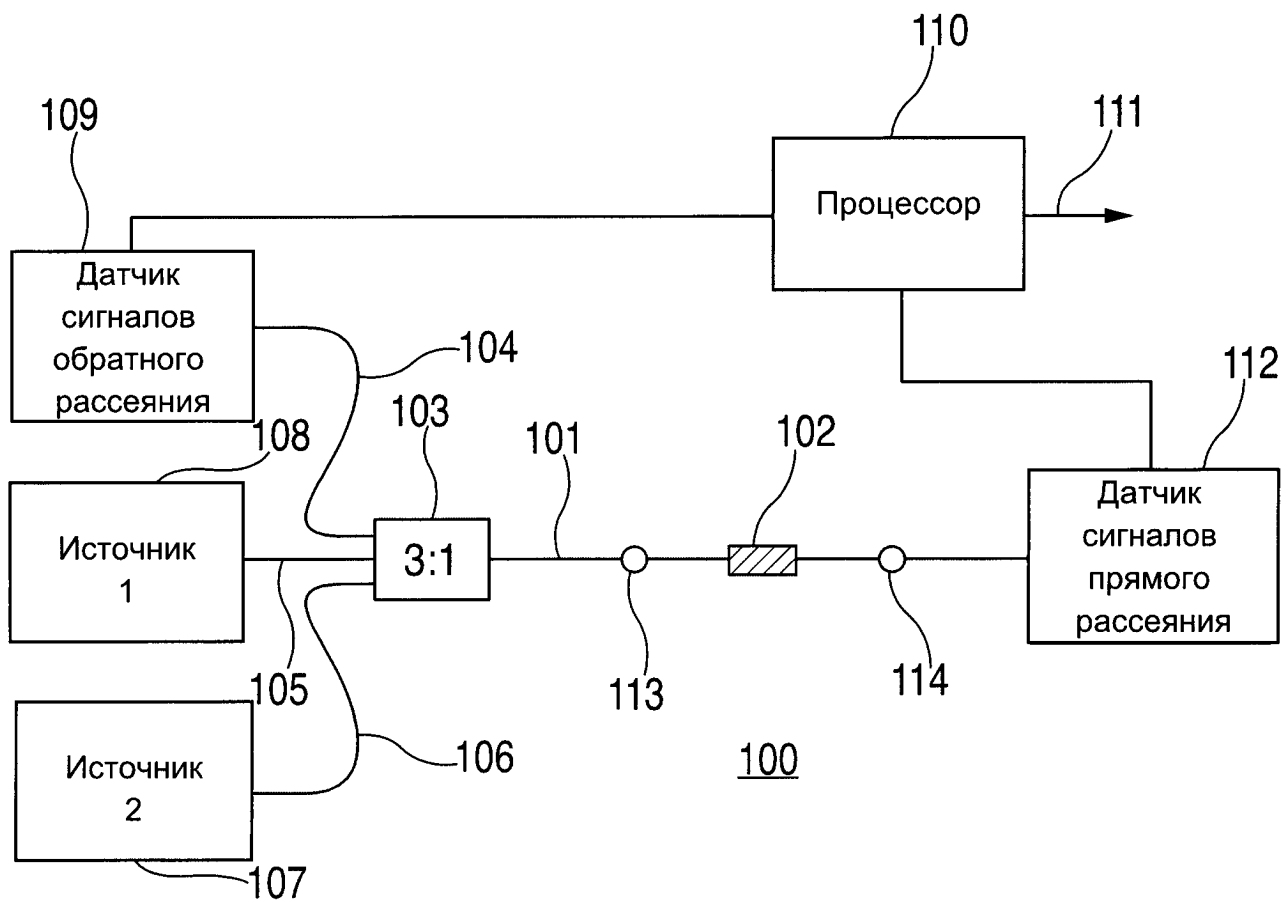
coupled to a second end of the optical fibre to receive a forward light signal from the optical fibre and outputs a signal based on said received forward light signal. Processor is configured to receive signals from the back scatter detector and the forward scatter detector and to generate an output signal proportional to the strain between the two fixed points based on the received signals.

EFFECT: technical result consists in creating an optical fibre-based measuring system for measuring strain, providing a signal in real time.

20 cl, 3 dwg

RU 2 685 430 C 2

RU 2 685 430 C 2



ФИГ. 1

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ, КТОРОЙ ОТНОСИТСЯ ИЗОБРЕТЕНИЕ

Настоящее изобретение относится к измерительной системе на основе оптических волокон для измерения механического напряжения, а еще точнее к измерительной системе на основе оптических волокон для измерения механического напряжения с помощью сигнала нелинейного источника.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

В обычных измерительных системах на основе оптических волокон для измерения механического напряжения исходный сигнал направлен в оптическое волокно, а отраженный сигнал образуется вследствие механического напряжения, возникающего в оптическом волокне, или вследствие изменения поляризации, вызванного изменением механических свойств при нагружении оптического волокна. В таких обычных системах соотношение сигнал-шум отраженного сигнала меньше оптимального значения, поскольку этот отраженный сигнал имеет значительно меньшую амплитуду, чем сигнал от линейного источника. В таких системах решетки Брэгга могут быть записаны в оптическое волокно для создания отраженного сигнала большего уровня, однако соотношение сигнал-шум отраженного сигнала остается ниже необходимого значения. Кроме того, в обычных измерительных системах на основе оптических волокон для измерения механического напряжения обычно меняют длину волны сигнала источника в заданном диапазоне, и измеряют отраженный сигнал для определения его максимального уровня, при котором сигнал измерения механического напряжения соответствует длине волны сигнала источника. Система такого типа при каждом измерении создает задержку, соответствующую времени, затрачиваемому на распространение сигнала источника в диапазоне рабочих длин волн.

Таким образом, существует необходимость в создании измерительной системы на основе оптических волокон для измерения механического напряжения, отраженный сигнал которой имеет более высокое соотношение сигнал-шум. Кроме того, существует необходимость в создании измерительной системы на основе оптических волокон для измерения механического напряжения, обеспечивающей сигнал измерения в режиме реального времени.

РАСКРЫТИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

В одном аспекте изобретения предложена система для измерения механического напряжения между двумя фиксированными местами. Оптическое волокно имеет первый и второй концы, а также центральную часть, закрепленную между двумя фиксированными местами. Первый источник света выдает световой сигнал, имеющий первую частоту, и соединен с первым концом оптического волокна. Второй источник света выдает световой сигнал, имеющий вторую частоту, отличную от первой частоты, и также соединен с первым концом оптического волокна. Датчик сигналов обратного рассеяния соединен с первым концом оптического волокна с возможностью приема отраженного светового сигнала от оптического волокна и с возможностью выдачи сигнала, основанного на указанном принятом отраженном световом сигнале. Датчик сигналов прямого рассеяния соединен со вторым концом оптического волокна с возможностью приема прямого светового сигнала от оптического волокна и с возможностью выдачи сигнала, основанного на указанном принятом прямом световом сигнале. Процессор присоединен с возможностью приема сигналов от датчика сигналов обратного рассеяния и от датчика сигналов прямого рассеяния. Процессор формирует выходной сигнал, пропорциональный механическому напряжению между двумя местами на конструкции, на основании сигналов от датчика сигналов обратного рассеяния и от датчика сигналов прямого рассеяния.

В другом примере осуществления изобретения первый источник света, второй источник света и датчик сигналов обратного рассеяния могут быть соединены с оптическим волокном через соединитель типа 3:1. Кроме того, датчик сигналов обратного рассеяния может содержать регулятор частоты, частота которого
 5 соответствует расчетной частоте отклика, основанной на первой и второй частотах и отличной от этих частот. При этом датчик сигналов прямого рассеяния может содержать регулятор частоты, частота которого соответствует расчетной частоте отклика, основанной на первой и второй частотах и отличной от этих частот. Центральная часть оптического волокна содержит решетки Брэгга, выполненные с возможностью
 10 отражения света на частоте, соответствующей расчетной частоте отклика, основанной на первой и второй частотах и отличной от этих частот. Кроме того, первый источник света может содержать регулятор яркости, имеющий первый заданный уровень яркости, регулятор поляризации, имеющий первую заданную поляризацию, и регулятор частоты, частота которого соответствует первой частоте. Второй источник света может содержать
 15 регулятор яркости, имеющий второй заданный уровень яркости, регулятор поляризации, имеющий вторую заданную поляризацию, и регулятор частоты, частота которого соответствует второй частоте. При этом первый заданный уровень яркости может совпадать со вторым заданным уровнем яркости. Кроме того, первая заданная поляризация может совпадать со второй заданной поляризацией.

В другом аспекте изобретения предложена система для измерения механического напряжения между двумя фиксированными местами. Оптическое волокно имеет первый и второй концы, а также центральную часть, закрепленную между двумя фиксированными местами. Первый источник света выдает световой сигнал, имеющий первую частоту, и соединен с первым концом оптического волокна. Второй источник
 25 света выдает световой сигнал, имеющий вторую частоту, отличную от первой частоты, и также соединен с первым концом оптического волокна. Датчик сигналов обратного рассеяния соединен с первым концом оптического волокна с возможностью приема отраженного светового сигнала от оптического волокна и с возможностью выдачи сигнала, основанного на указанном принятом отраженном световом сигнале. Процессор
 30 присоединен с возможностью приема сигналов от датчика сигналов обратного рассеяния. Процессор формирует выходной сигнал, пропорциональный механическому напряжению между двумя местами на конструкции, на основании сигнала от датчика сигналов обратного рассеяния.

Еще в одном аспекте изобретения предложена система для измерения механического напряжения между двумя фиксированными местами. Оптическое волокно имеет первый и второй концы, а также центральную часть, закрепленную между двумя фиксированными местами. Первый источник света выдает световой сигнал, имеющий первую частоту, и соединен с первым концом оптического волокна. Второй источник
 35 света выдает световой сигнал, имеющий вторую частоту, отличную от первой частоты, и также соединен с первым концом оптического волокна. Датчик сигналов прямого рассеяния соединен со вторым концом оптического волокна с возможностью приема прямого светового сигнала от оптического волокна и с возможностью выдачи сигнала, основанного на указанном принятом прямом световом сигнале. Процессор присоединен с возможностью приема сигналов от датчика сигналов прямого рассеяния. Процессор
 40 формирует выходной сигнал, пропорциональный механическому напряжению между двумя местами на конструкции, на основании сигнала от датчика сигналов прямого рассеяния.

Описанные выше свойства, функции и преимущества могут быть реализованы

независимо друг от друга в различных примерах осуществления изобретения или могут быть объединены в других примерах осуществления изобретения, подробная информация о которых будет приведена ниже со ссылкой на описание и чертежи.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

5 Для лучшего восприятия, подробное описание, которое приведено ниже исключительно в качестве примера и не служит ограничением настоящего изобретения, необходимо рассматривать в сочетании с прилагаемыми чертежами, где:

на фиг. 1 показана структурная схема нелинейной оптической измерительной системы для измерения механического напряжения в режиме реального времени согласно аспекту
10 настоящего изобретения,

на фиг. 2 показана структурная схема оптического источника света согласно аспекту настоящего изобретения, а

на фиг. 3 показана структурная схема датчика для измерения рассеяния согласно аспекту настоящего изобретения.

15 ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

В описании настоящего изобретения на всех чертежах, иллюстрирующих различные примеры осуществления настоящего изобретения, одинаковые элементы обозначены одинаковыми номерами.

Предложенная система обеспечивает подачу от источника на волоконно-оптический датчик сигнала, состоящего из совокупности двух различных сигналов с различными
20 длинами волн. При этом возникает отраженный (и вперед и назад) сигнал, который имеет другую третью предсказуемую длину волны. Отраженный сигнал будет зависеть от механического напряжения, возникающего в оптическом волокне, и служит его признаком, поскольку это механическое напряжение увеличивает локальную
25 нелинейность оптического волокна. Такая нелинейная система имеет гораздо большее соотношение сигнал-шум по сравнению с традиционными линейными системами, так как отраженный сигнал имеет длину волны, отличную от длин волн двух объединенных сигналов от источника. В линейной системе поляризация имеет линейную зависимость от напряженности электрического поля, обусловленной входным световым сигналом,
30 согласно приведенной ниже формуле (1):

$$P(\omega) = \chi * E(\omega) \quad (1)$$

В формуле (1) $P(\omega)$ - поляризация материала, $E(\omega)$ - напряженность электрического поля, а χ - характеристика материала оптического волокна. $P(\omega)$, $E(\omega)$ и χ являются
35 векторными величинами.

В отличие от этого, в нелинейной системе зависимость поляризации от напряженности электрического поля, обусловленная входным световым сигналом, включает в себя нелинейности более высокого порядка (см. формулу (2)):

$$P^2(\omega_1 + \omega_2) = \chi^2 * E_1(\omega_1) * E_2(\omega_2) \quad (2)$$

40 В этом случае, $E_1(\omega_1)$ и $E_2(\omega_2)$ - напряженности электрического поля, обусловленные двумя входными световыми сигналами, $P_2(\omega_1 + \omega_2)$ - поляризация второго порядка, а χ^2 - характеристика оптического волокна и представляет собой не вектор, а матрицу, обусловленную нелинейностями второго порядка. Существует множество других
45 нелинейных зависимостей, которые могут быть использованы, включая, например, нелинейности третьего порядка, обусловленные входными сигналами, имеющими соотношение типа $2\omega_1 - \omega_2$.

Нелинейная оптическая измерительная система 100 для измерения механического напряжения в режиме реального времени (фиг. 1) содержит оптическое волокно 101,

обеспечивающее возможность выявления любого механического напряжения, возникающего вдоль оптического волокна 101 в центральной его части 102, закрепленной в конструкции между двумя выбранными фиксированными местами 113, 114. Например, каждый конец оптического волокна 101 может быть закреплен на объекте, предназначенном для длительной эксплуатации, таком как самолет, мост, ветродвигатель, и т.д., а система 100 согласно настоящему изобретению может использоваться для выявления любого механического напряжения, возникающего в оптическом волокне 101 при любом изменении расстояния между двумя фиксированными местами 113, 114. Для повышения уровня сигнала при частоте отклика (и соотношения сигнал-шум) внутри центральной части 102 оптического волокна 101 могут быть записаны решетки Брэгга (но не обязательно).

Система 101 содержит первый оптический источник света 108 и второй оптический источник света 107 (описание каждого источника будет приведено ниже). Первый оптический источник света 108 предпочтительно соединен с первым концом оптического волокна 105, а второй оптический источник света 107 предпочтительно соединен с первым концом отдельного оптического волокна 106. Вторые концы оптических волокон 106, 105 предпочтительно подсоединены к соединителю 103 типа 3:1, который, в свою очередь, соединен с первым концом оптического волокна 101. Датчик 109 сигналов обратного рассеяния также соединен с соединителем 104 типа 3:1 через отдельное оптическое волокно 104, обеспечивая прием светового сигнала, отраженного от оптического волокна 101. Специалистам в данной области известно, что существует множество альтернативных способов соединения первого оптического источника света 108, второго оптического источника света 107 и датчика 109 сигналов обратного рассеяния с первым концом оптического волокна 101, причем все эти альтернативные способы подпадают под действие настоящего изобретения. И, наконец, датчик 112 сигналов прямого рассеяния предпочтительно соединен со вторым (удаленным) концом оптического волокна 101, что обеспечивает прием прямого светового сигнала от оптического волокна 101. В предпочтительном примере осуществления настоящего изобретения выходной сигнал, характеризующий механическое напряжение (который будет рассмотрен ниже), основан на выходных сигналах от датчика 109 сигналов обратного рассеяния и от датчика 112 сигналов прямого рассеяния. В одном альтернативном примере осуществления изобретения датчик 112 сигналов прямого рассеяния отсутствует, а выходной сигнал, характеризующий механическое напряжение, зависит только от выходного сигнала от датчика 109 сигналов обратного рассеяния. В другом альтернативном примере осуществления изобретения отсутствует датчик 109 сигналов обратного рассеяния, а выходной сигнал, характеризующий механическое напряжение, зависит только от выходного сигнала от датчика 112 сигналов прямого рассеяния. Процессор 110 соединен с датчиком 109 сигналов обратного рассеяния и с датчиком 112 сигналов прямого рассеяния и принимает сигналы от обоих этих датчиков. Процессор 110 формирует выходной сигнал 111 на основании сигналов от датчика 109 сигналов обратного рассеяния и от датчика 112 сигналов прямого рассеяния.

Каждый оптический источник света 108, 107 выполнен с возможностью создания светового сигнала при фиксированной длине волны, фиксированном уровне яркости и фиксированной поляризации (фиг. 2). Например, каждый соответствующий светоизлучающий элемент 201, 202 может выдавать световой сигнал с разными длинами волн ω_1 , ω_2 . Светоизлучающими элементами 201, 202 могут служить любые традиционные источники света, используемые с оптоволоконными системами, например светодиод или лазерный диод. Каждый светоизлучающий элемент 201, 201

предпочтительно снабжен соответствующими регуляторами 203, 204 яркости, регуляторами 205, 206 поляризации и регуляторами 207, 208 частоты для того, чтобы соответствующие выходные сигналы 209, 210 имели определенные и заданные уровень яркости, поляризацию и частоту (длину волны). В некоторых случаях, первый оптический источник света 108 и второй оптический источник света 107 отличаются только частотой. Регуляторы яркости могут включать в себя широкополосные фильтры, позволяющие уменьшить уровень яркости, либо могут, в частности, относиться к частотным узкополосным фильтрам определенного рода, выполненным с возможностью уменьшения уровней яркости, где датчики работают в линейном режиме. Управление поляризацией обычно осуществляют с помощью набора поляризационно-чувствительных оптических носителей, например, тонкопленочных поляризаторов или более совершенных схем типа поляризаторов Глана-Томпсона или поляризационных призм Глана с воздушным промежутком. Кроме того, для поляризационной избирательности можно использовать оптические приборы, основанные на законе Брюстера. В простых случаях регуляторы частоты могут быть выполнены в виде частотно-зависимых цветных светофильтров или диэлектрических светофильтров, а в более сложных случаях могут быть выполнены в виде спектрофотометра, обычно состоящего из дифракционной решетки, работающей при соответствующей частоте или полосе частот.

При одновременной подаче на оптическое волокно 101 двух отдельных и разных световых сигналов 209, 210 (фиг. 3), отраженный (вперед и назад) сигнал, обусловленный механическим напряжением, возникающим в оптическом волокне 101, генерируется при частоте (длине волны), отличной от частот двух подаваемых световых сигналов 209, 210. Специалистам в данной области хорошо известно, что при подаче на оптическое волокно 101 двух раздельно-управляемых сигналов $E_1(\omega_1)$, $E_2(\omega_2)$, характеристика материала оптического волокна приводит к нелинейности второго порядка, вызывая возникновение ответного сигнала другой частоты (длины волны). Так как характеристики ответного сигнала могут быть рассчитаны на основе приложенных сигналов, каждый регулятор яркости 301, 302, каждая схема выборки поляризации 303, 304 и схема выборки частоты (длины волны) 305, 306 могут быть выбраны из условия соответствия расчетной частоте отклика. В результате, сигналы, поступающие на соответствующие датчики 307, 308, пропорциональны характеристике материала оптического волокна и меняются на основании любого процесса, происходящего в оптическом волокне 101. Механические напряжения, создаваемые в оптическом волокне 101, приводят к возникновению механических смещений на микроскопическом уровне. Эти механические смещения в некоторых случаях приводят к возникновению дефектов, то есть, микроскопических разрывов волокон. В менее серьезных случаях они могут просто приводить к микроскопическому упорядочиванию или разупорядочиванию материала оптического волокна. Такие микроскопические изменения способствуют изменениям гиперполяризуемости на локальном уровне и впоследствии проявляются в виде макроскопических изменений нелинейных чувствительностей второго или третьего порядка оптического волокна. Так как соответствующие сигналы реагируют на изменения этих нелинейных чувствительностей, то микроскопические изменения механических напряжений приводят к изменению измеряемых нелинейных сигналов второго и третьего порядка.

Сигнал от нелинейного источника обеспечивает создание предложенной системой выходного сигнала, имеющего значительно более высокое соотношение сигнал-шум по сравнению с традиционными системами, получающими сигнал от линейного

источника. Кроме того, использование в предложенной системе сигнала от нелинейного источника позволяет упростить схемы детектирования, поскольку отраженный сигнал будет иметь заданную длину волны, и получить более чувствительный (эффективным образом в режиме реального времени) сигнал измерения.

5 Хотя описание настоящего изобретения составлено со ссылкой на предпочтительные примеры осуществления изобретения, специалистами в данной области могут быть внесены изменения без выхода за пределы сущности и объема изобретения. Предполагается, что объем прилагаемой формулы изобретения включает в себя рассмотренные в настоящем описании примеры осуществления изобретения,
10 приведенные выше варианты, а также все эквиваленты (патенты-аналоги).

(57) Формула изобретения

1. Система для измерения механического напряжения между двумя фиксированными местами, содержащая:

15 оптическое волокно, которое имеет первый и второй концы, а также центральную часть, закрепленную между указанными двумя фиксированными местами,

первый источник света, который выдает световой сигнал, имеющий первую частоту, и который соединен с первым концом оптического волокна,

20 второй источник света, который выдает световой сигнал, имеющий вторую частоту, отличную от первой частоты, и который соединен с первым концом оптического волокна,

датчик сигналов обратного рассеяния, соединенный с первым концом оптического волокна с возможностью приема отраженного светового сигнала от оптического волокна и с возможностью выдачи выходного сигнала, основанного на указанном
25 отраженном световом сигнале,

датчик сигналов прямого рассеяния, соединенный со вторым концом оптического волокна с возможностью приема прямого светового сигнала от оптического волокна и с возможностью выдачи выходного сигнала, основанного на указанном прямом
30 световом сигнале, и

процессор, присоединенный с возможностью приема сигналов от датчика сигналов обратного рассеяния и от датчика сигналов прямого рассеяния и с возможностью формирования выходного сигнала, пропорционального механическому напряжению между указанными двумя фиксированными местами, на основании указанных сигналов от датчика сигналов обратного рассеяния и от датчика сигналов прямого рассеяния.

35 2. Система по п. 1, в которой первый источник света, второй источник света и датчик сигналов обратного рассеяния соединены с оптическим волокном через соединитель типа 3:1.

3. Система по п. 1, в которой датчик сигналов обратного рассеяния содержит регулятор частоты, частота которого соответствует расчетной частоте отклика, основанной на первой и второй частотах и отличной от этих частот.
40

4. Система по п. 1, в которой датчик сигналов прямого рассеяния содержит регулятор частоты, частота которого соответствует расчетной частоте отклика, основанной на первой и второй частотах и отличной от этих частот.

5. Система по п. 1, в которой центральная часть оптического волокна содержит решетки Брэгга, выполненные с возможностью отражения света на частоте, соответствующей расчетной частоте отклика, основанной на первой и второй частотах
45 и отличной от этих частот.

6. Система по п. 1, в которой первый источник света содержит регулятор яркости,

имеющий заданный уровень яркости, регулятор поляризации, имеющий заданную поляризацию, и регулятор частоты, частота которого соответствует первой частоте.

7. Система по п. 1, в которой второй источник света содержит регулятор яркости, имеющий заданный уровень яркости, регулятор поляризации, имеющий заданную поляризацию, и регулятор частоты, частота которого соответствует второй частоте.

8. Система для измерения механического напряжения между двумя фиксированными местами, содержащая:

оптическое волокно, которое имеет первый и второй концы, а также центральную часть, закрепленную между указанными двумя фиксированными местами,

первый источник света, который выдает световой сигнал, имеющий первую частоту, и который соединен с первым концом оптического волокна,

второй источник света, который выдает световой сигнал, имеющий вторую частоту, отличную от первой частоты, и который соединен с первым концом оптического волокна,

датчик сигналов обратного рассеяния, соединенный с первым концом оптического волокна с возможностью приема отраженного светового сигнала от оптического волокна и с возможностью выдачи выходного сигнала, основанного на указанном отраженном световом сигнале, и

процессор, присоединенный с возможностью приема сигнала от датчика сигналов обратного рассеяния и с возможностью формирования выходного сигнала, пропорционального механическому напряжению между указанными двумя фиксированными местами, на основании указанного сигнала от датчика сигналов обратного рассеяния.

9. Система по п. 8, в которой первый источник света, второй источник света и датчик сигналов обратного рассеяния соединены с оптическим волокном через соединитель типа 3:1.

10. Система по п. 8, в которой датчик сигналов обратного рассеяния содержит регулятор частоты, частота которого соответствует расчетной частоте отклика, основанной на первой и второй частотах и отличной от этих частот.

11. Система по п. 8, в которой центральная часть оптического волокна содержит решетки Брэгга, выполненные с возможностью отражения света на частоте, соответствующей расчетной частоте отклика, основанной на первой и второй частотах и отличной от этих частот.

12. Система по п. 8, в которой первый источник света содержит регулятор яркости, имеющий заданный уровень яркости, регулятор поляризации, имеющий заданную поляризацию, и регулятор частоты, частота которого соответствует первой частоте.

13. Система по п. 8, в которой второй источник света содержит регулятор яркости, имеющий заданный уровень яркости, регулятор поляризации, имеющий заданную поляризацию, и регулятор частоты, частота которого соответствует второй частоте.

14. Система по п. 8, в которой первый источник света содержит регулятор яркости, имеющий первый заданный уровень яркости, регулятор поляризации, имеющий первую заданную поляризацию, и регулятор частоты, частота которого соответствует первой частоте, а второй источник света содержит регулятор яркости, имеющий второй заданный уровень яркости, регулятор поляризации, имеющий вторую заданную поляризацию, и регулятор частоты, частота которого соответствует второй частоте, при этом первый заданный уровень яркости совпадает со вторым заданным уровнем яркости, а первая заданная поляризация совпадает со второй заданной поляризацией.

15. Система для измерения механического напряжения между двумя фиксированными

местами, содержащая:

оптическое волокно, которое имеет первый и второй концы, а также центральную часть, закрепленную между указанными двумя фиксированными местами,

5 первый источник света, который выдает световой сигнал, имеющий первую частоту, и который соединен с первым концом оптического волокна,

второй источник света, который выдает световой сигнал, имеющий вторую частоту, отличную от первой частоты, и который соединен с первым концом оптического волокна,

10 датчик сигналов прямого рассеяния, соединенный со вторым концом оптического волокна с возможностью приема прямого светового сигнала от оптического волокна и с возможностью выдачи выходного сигнала, основанного на указанном прямом световом сигнале, и

процессор, который выполнен с возможностью приема указанного сигнала от датчика сигналов прямого рассеяния и с возможностью формирования выходного сигнала, который пропорционален механическому напряжению между указанными двумя фиксированными местами, на основании указанного сигнала от датчика сигналов прямого рассеяния.

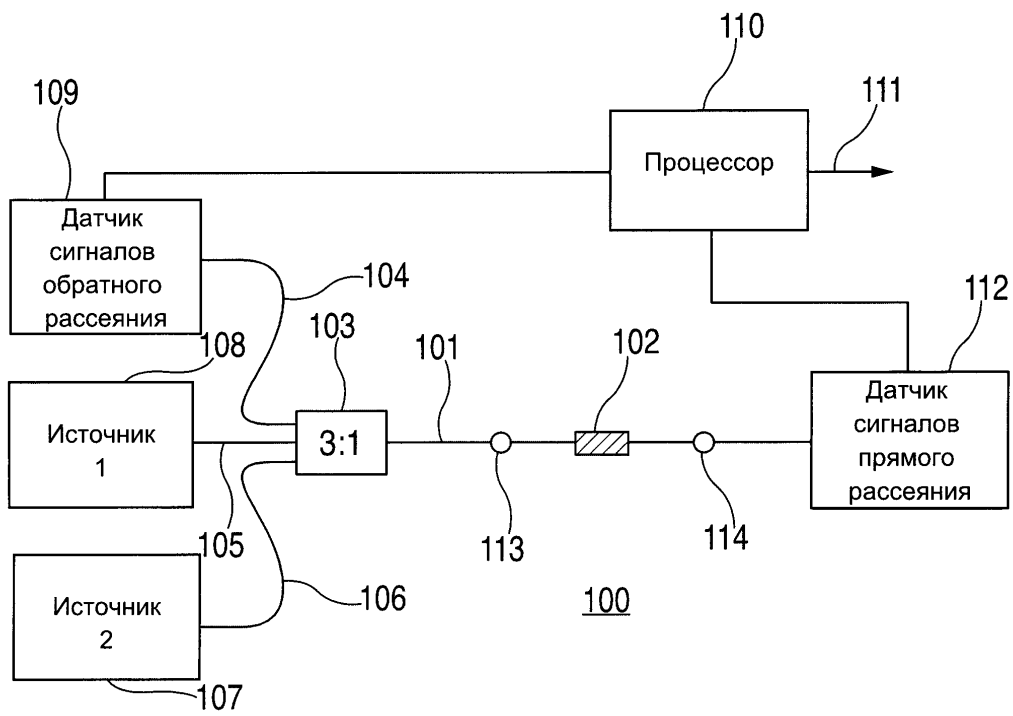
16. Система по п. 15, в которой датчик сигналов прямого рассеяния содержит регулятор частоты, частота которого соответствует расчетной частоте отклика, основанной на первой и второй частотах и отличной от этих частот.

17. Система по п. 15, в которой центральный участок оптического волокна содержит решетки Брэгга, выполненные с возможностью отражения света на частоте, соответствующей расчетной частоте отклика, основанной на первой и второй частотах и отличной от этих частот.

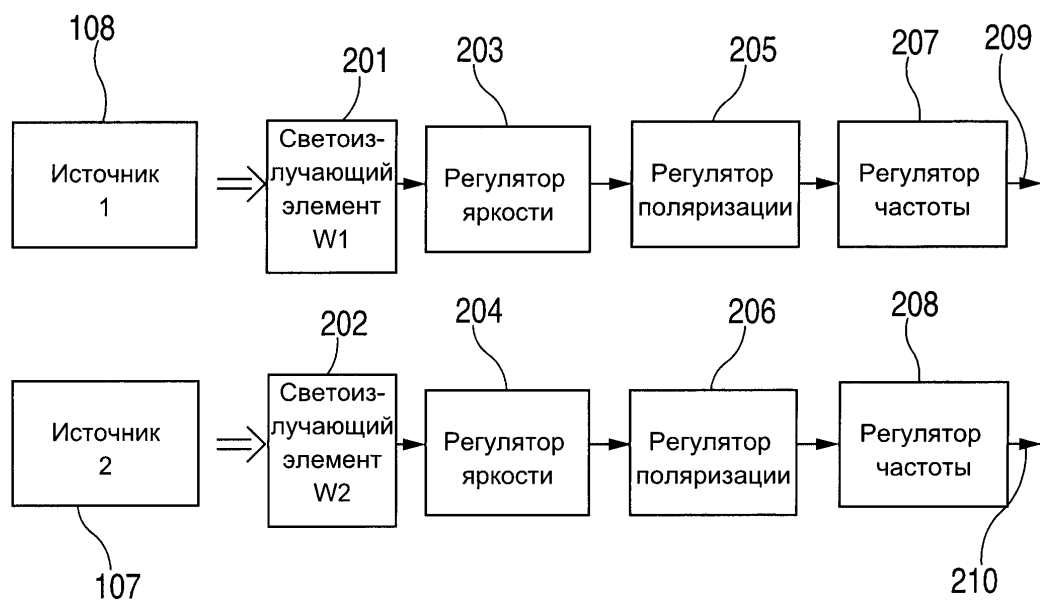
25 18. Система по п. 15, в которой первый источник света содержит регулятор уровня яркости, имеющий заданный уровень яркости, регулятор поляризации, имеющий заданную поляризацию, и регулятор частоты, частота которого соответствует первой частоте.

19. Система по п. 15, в которой второй источник света содержит регулятор уровня яркости, имеющий заданный уровень яркости, регулятор поляризации, имеющий заданную поляризацию, и регулятор частоты, частота которого соответствует второй частоте.

20. Система по п. 15, в которой первый источник света содержит регулятор яркости, имеющий первый заданный уровень яркости, регулятор поляризации, имеющий первую заданную поляризацию, и регулятор частоты, частота которого соответствует первой частоте, а второй источник света содержит регулятор яркости, имеющий второй заданный уровень яркости, регулятор поляризации, имеющий вторую заданную поляризацию, и регулятор частоты, частота которого соответствует второй частоте, при этом первый заданный уровень яркости совпадает со вторым заданным уровнем яркости, а первая заданная поляризация совпадает со второй заданной поляризацией.



ФИГ. 1



ФИГ. 2

