



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 148 267** ⁽¹³⁾ **C1**
(51) МПК⁷ **G 01 V 1/00, G 01 R 1/00, G 01 K 1/00, G 01 H 17/00**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

(21), (22) Заявка: 99102210/28, 04.02.1999

(24) Дата начала действия патента: 04.02.1999

(46) Дата публикации: 27.04.2000

(56) Ссылки: RU 2066466 C1, 10.09.96. RU 2033627 C1, 20.04.95. EP 0684486 A2, 29.11.95. DE 3441515 A1, 28.11.85. US 5206701 A, 27.04.93.

(98) Адрес для переписки:
690600, Владивосток, ГСП, Пушкинская ул.,
д.10, ДВГТУ, патентный отдел

(71) Заявитель:

Дальневосточный государственный
технический университет

(72) Изобретатель: Кульчин Ю.Н.,

Ромашко Р.В., Витрик О.Б., Петров Ю.С.

(73) Патентообладатель:

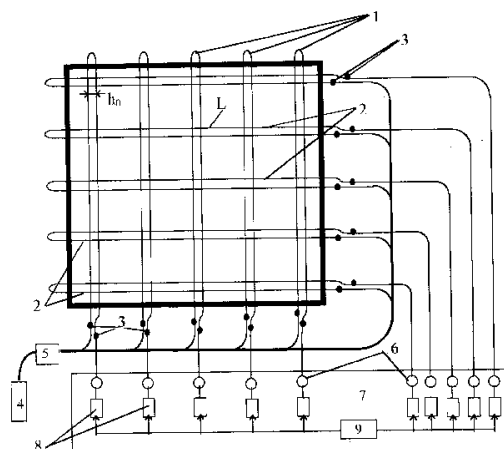
Дальневосточный государственный
технический университет

(54) СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

(57) Реферат:

Использование: для измерения параметров физических полей, предпочтительно динамических, по характеру сейсмических, электромагнитных, тепловых. Сущность изобретения: создают систему из по меньшей мере двух измерительных каналов, направленных параллельно. Ортогонально ей размещают такую же систему каналов. Измерительные каналы представляют собой волоконные световоды. В качестве зондирующих сигналов используют когерентное световое излучение. Одному типу каналов придают чувствительность к продольной составляющей вектора внешнего воздействия, другому типу - к поперечной. Данные различные типы волоконно-оптических световодов чередуются в пределах одной системы. Технический

результат изобретения заключается в повышении точности измерений и снижении затрат на их проведение. 1 ил.





(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 148 267** ⁽¹³⁾ **C1**
(51) Int. Cl.⁷ **G 01 V 1/00, G 01 R 1/00, G 01 K 1/00, G 01 H 17/00**

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 99102210/28, 04.02.1999

(24) Effective date for property rights: 04.02.1999

(46) Date of publication: 27.04.2000

(98) Mail address:
690600, Vladivostok, GSP, Pushkinskaja ul.,
d.10, DVGUTU, patentnyj otдел

(71) Applicant:
Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj
tekhnicheskij universitet

(72) Inventor: Kul'chin Ju.N.,
Romashko R.V., Vitrik O.B., Petrov Ju.S.

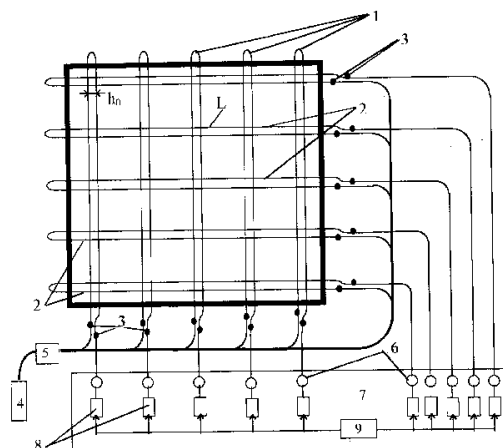
(73) Proprietor:
Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj
tekhnicheskij universitet

(54) **PROCESS OF MEASUREMENT OF PARAMETERS OF PHYSICAL FIELDS**

(57) Abstract:

FIELD: measurement technology.
SUBSTANCE: process is intended for measurement of parameters of physical fields, predominantly dynamic by character such as seismic, electromagnetic, thermal fields. System of at least two measurement channels directed in parallel is formed. Similar system of channels is arranged orthogonally to it. Measurement channels are fiber-optical light guides. Coherent light radiation is used in the capacity of probing signals. One type of channels is imparted with sensitivity to longitudinal component of vector of outside influence, the other type is sensitive to lateral component. Various types of fiber-optical light guides alternate within bounds of one system. EFFECT: increased accuracy of measurements

and decreased expenses on their conducting.
1 dwg



Изобретение относится к способам измерения параметров физических полей, предпочтительно динамических по характеру, например сейсмических, электрических магнитных, тепловых и т.п.

Известен способ измерения параметров физических полей, включающий использование систем передачи информации с асинхронным циклическим опросом, позволяющим при сравнительно простой конструкции обеспечить достаточно высокую информационную гибкость системы (см. обзор "Системы передачи измерительной информации, " М., ВНИИПИ, 1984, 60 с.).

Известен способ измерения параметров физических полей, включающий формирование дискретной измерительной сети из элементов чувствительных к измеряемому параметру и фиксацию измеряемых параметров в пределах апертуры измерительной сети (см. Горная энциклопедия, т.4, М., Советская энциклопедия, 1989, с. 510, рис.1).

Недостаток этих технических решений в сложности организации большого числа независимых и помехозащищенных каналов передачи информации между дискретной системой элементов, чувствительных к измеряемому параметру, и устройствами обработки информации (высокая материалоемкость измерительной сети и трудоемкость ее монтажа).

Известен также способ измерения параметров физических полей, включающий формирование по меньшей мере двух систем параллельных друг другу измерительных каналов, которые размещают ортогонально друг к другу так, чтобы каждый измерительный канал одной системы пересекал измерительные каналы другой системы, при этом в качестве измерительных каналов используют волоконные световоды, а в качестве зондирующих сигналов используют когерентное световое излучение с фиксацией изменения параметров светового излучения, которое одновременно пропускают по всем измерительным каналам (см. пат. РФ N 2066466, кл. G 01 V 1/00, 1996 г.).

Недостаток этого решения - невозможность полного восстановления любого векторного поля, обладающего как потенциальной, так и вихревой компонентами.

Задача, на решение которой направлено заявленное изобретение, выражается в обеспечении возможности полного восстановления любого векторного поля, обладающего как потенциальной, так и вихревой компонентами.

Технический результат, получаемый при решении поставленной задачи выражается в том, что получаемая информация позволяет восстановить такие параметры, как распределение ротора (rot) векторного поля и распределение дивергенции (div) векторного поля. Распределение ротора векторного поля однозначно задает его вихревую составляющую, в то время как распределение дивергенции - потенциальную. В результате такая измерительная сеть позволяет полностью восстановить любое векторное поле, обладающее как потенциальной, так и вихревой компонентами.

Для решения поставленной задачи способ измерения параметров физических полей, включающий формирование по меньшей

мере двух систем, параллельных друг другу измерительных каналов, которые размещают ортогонально друг к другу, так, чтобы каждый измерительный канал одной системы пересекал измерительные каналы другой системы, при этом в качестве измерительных каналов используют волоконные световоды, а в качестве зондирующих сигналов используют когерентное световое излучение с фиксацией изменения параметров светового излучения, которое одновременно пропускают по всем измерительным каналам, отличается тем, что измерительные каналы формируют в виде узких петель, причем при формировании каждой из систем измерительных каналов используют два типа волоконно-оптических световодов, одному из которых придают чувствительность к продольной составляющей вектора внешнего воздействия по отношению к оси световода, а другому придают чувствительность к поперечной составляющей вектора этого воздействия, при этом каждый измерительный канал формируют из световода только одного типа, с чередованием одного вида измерительных каналов за другим, в пределах одной системы.

Сопоставительный анализ признаков заявленного решения и признаков известных аналогов и прототипа показывает, что заявленный способ соответствует критерию "новизна".

Приведенные в отличительной части формулы изобретения признаки решают следующие функциональные задачи.

Признак "измерительные каналы формируют в виде узких петель" позволяет упростить математический аппарат, используемый при реализации способа.

Признаки "при формировании каждой из систем измерительных каналов используют два типа волоконно-оптических световодов, одному из которых придают чувствительность к продольной составляющей вектора внешнего воздействия, по отношению к оси световода, а другому придают чувствительность к поперечной составляющей вектора этого воздействия" обеспечивают возможность формирования измерительной сети из идентичных по форме и различных по типу чувствительности датчиков, одни из которых обеспечивают возможность получения информации, позволяющей восстановить такой параметр, как распределение ротора (rot) векторного поля, а другие - распределение дивергенции (div) векторного поля. Распределение ротора векторного поля однозначно задает его вихревую составляющую, в то время как распределение дивергенции - потенциальную.

Признак "каждый измерительный канал формируют из световода только одного типа" обеспечивает осуществимость способа.

Признак, предусматривающий чередование одного вида измерительных каналов за другим, в пределах одной системы, обеспечивает надежность восстановления любого векторного поля за счет обеспечения возможности определения в каждой точке поля его вихревой и потенциальной составляющей.

На чертеже показана схема измерительной сети, обеспечивающей реализацию заявленного способа, где

1 и 2 - волоконно-оптические световоды,

(измерительные каналы), соответственно, 1 - чувствительные к продольной и 2 - поперечной составляющим вектора внешнего воздействия, 3 - оптический разъем, 4 - лазер, 5 - оптический разветвитель, 6 - фотодиоды, 7 - блок обработки данных, 8 - элементы памяти, 9 - тактовый генератор.

При реализации способа используют следующий комплект аппаратуры: волоконно-оптический световод, концы которого снабжены разъёмными оптическими соединителями 3. Конкретное исполнение измерительных каналов 1 и 2 определяется природой измеряемого физического поля. В качестве примера приводим описание конструкции измерительного канала, предназначенного для измерения электрического поля. Измерительные каналы обоих типов включают волоконно-оптический световод, по длине которого размещены чувствительные элементы, каждый из которых выполнен в виде нескольких витков световода, намотанных на пьезокерамический цилиндр, изменяющий свой радиус под действием электрического поля.

Чувствительность измерительного канала к той или иной составляющей вектора электрического поля определяется взаимной ориентацией оси пьезокерамического цилиндра (принадлежащего каждому датчику) и оси измерительного канала 1 или 2 (световода), т.е. линии параллельной длинной стороне петли. Так, при размещении оси цилиндра под углом 90° к оси измерительного канала, измерительный канал будет чувствителен к продольной составляющей вектора напряженности электрического поля по отношению к оси световода. При размещении оси цилиндра вдоль оси измерительного канала измерительный канал будет чувствителен к поперечной составляющей вектора напряженности электрического поля по отношению к оси световода. Кроме того, в комплект аппаратуры включены источник когерентного излучения 4, оптический разветвитель 5 и блок обработки данных 7.

В качестве световодов использованы стандартные волоконные световоды, конструктивно одинаковые и предпочтительно сплошные. Разъёмные оптические соединители конструктивно аналогичны и представляют из себя стандартные соединители, обычно применяемые для соединения оптического волокна типоразмера, соответствующего использованному в конструкции измерительного канала.

Узел подстройки рабочей точки выполнен в виде механизма, обеспечивающего контролируемое растяжение одного из участков световода, например в виде механической пары с одной степенью свободы, ползун и направляющая которой жестко связаны каждый с одной точкой на световоде. В качестве источника когерентного излучения использован лазер, предпочтительно полупроводниковый. В качестве волоконно-оптического разветвителя использовано стандартное устройство, обеспечивающее разделение сигнала лазера на число каналов, соответствующее числу измерительных каналов.

Устройство обработки данных содержит входные ячейки, каждая из которых включает

последовательно размещенные фотоэлектрический преобразователь, выход которого через соответствующий ему запоминающий элемент (управляемый тактовым генератором) связан с компьютером. Каждый фотоэлектрический преобразователь содержит два фотодиода, установленных на входе преобразователя, при этом выходы фотодиодов подключены на входе дифференциального усилителя, выход которого является выходом преобразователя. В качестве запоминающего элемента использованы стандартные радиоэлектронные устройства, например на основе микросхем 155 РУ. В качестве тактового генератора может быть использовано любое известное устройство, способное обеспечить синхронизацию по времени работы запоминающих элементов.

Устройство обработки данных подключено непосредственно к мини-ЭВМ, для чего выводы всех входных ячеек собраны в одну колодку, подключаемую непосредственно на входную колодку компьютера.

Способ осуществляется следующим образом.

Формируют измерительную сеть. Для этого в пределах исследуемого участка по двум ортогональным друг другу направлениям формируют две системы измерительных каналов, для чего укладывают распределенные волоконно-оптические датчики в форме узких петель параллельных друг другу, в пределах одной измерительной системы. По типу чувствительности используют датчики двух классов: 1 - волоконно-оптические датчики, чувствительные к продольной составляющей вектора внешнего воздействия по отношению к оси световода; 2 - волоконно-оптические датчики, чувствительные к поперечной составляющей вектора внешнего воздействия по отношению к оси световода. В итоге измерительная сеть состоит из идентичных по форме и различных по типу чувствительности датчиков, чередующихся в процессе формирования сети. Длину датчиков принимают больше линейного размера контролируемого участка по линии размещения датчика. Датчики второй системы размещают так, чтобы каждый датчик второй системы, "пересекал" все датчики первой системы, предпочтительно под прямым углом.

Выбор направления осей распределенных датчиков и число измерительных линий по направлениям осуществляется с учетом предполагаемого распределения в спектре пространственных частот исследуемой функции распределения параметров физического поля в пределах измерительного участка.

Число измерительных линий определяет ту часть пространственных частот, о которых будет получена информация, что обуславливает качество восстановления исследуемой функции распределения.

Выход лазера 4 через оптический разветвитель 5 и оптические разъемы 2 связывают с каждым распределенным датчиком 1. Вторые концы датчиков 1 через оптические разъемы 3 связывают с соответствующими входными ячейками устройства обработки данных 7, подключенного к компьютеру (на чертеже не показан).

Далее посредством узла подстройки рабочей точки выводят каждый датчик на линейный участок его рабочей характеристики (соответственно растягивая часть световода, зафиксированную внутри узла подстройки рабочей точки).

Перечисленная последовательность операций по подготовке измерительной сети будет повторена при необходимости измерений на новых участках. Вместе с тем, при необходимости измерений в искусственно сооружаемых конструкциях, измерительную сеть формируют как стационарную, закрепляя (например, приклеивают или заливают бетоном и т.п.) ее в соответствующей плоскости внутри объекта. Поэтому в этом случае в процессе измерений будет отсутствовать операция по разворачиванию распределенных датчиков измерительной сети.

Основные физические принципы, лежащие в основе предлагаемого метода: использование волоконно-оптических датчиков с различным типом чувствительности при условии чередования их в процессе формирования измерительной сети. При этом сигналы, снимаемые с датчиков 1 типа (см. выше) определяются выражением

$$I(r, \varphi) \approx C \cdot h_0 \int_{(x)} (k \cdot \text{rot} A) dx,$$

где r, φ - полярные координаты, задающие положение контура L ; h_0 - ширина петли; x - ось, параллельная длинной стороне петли; k - единичный вектор нормали к исследуемой области. Величина h_0 подбирается таким образом, что параметры поля существенно не изменяются на расстоянии h_0 в окрестности любой точки исследуемой области. В результате информация, полученная с данного набора датчиков позволяет восстановить такой параметр, как распределение ротора (rot) векторного поля.

Сигналы, снимаемые с датчиков 2 типа определяются выражением

$$I(r, \varphi) \approx C \cdot h_0 \int_{(x)} (\text{div} A) dx.$$

В результате информация, полученная с данного набора датчиков позволяет восстановить такой параметр, как распределение дивергенции (div) векторного поля.

Распределение ротора векторного поля однозначно задает его вихревую составляющую, в то время как распределение дивергенции - потенциальную. В результате такая измерительная сеть позволяет полностью восстановить любое векторное поле, обладающее как потенциальной, так и вихревой компонентами.

Способ рассматривается на примере выявления распределения напряженности

электрического поля объекта.

Измерительную сеть разворачивают вышеописанным образом и подключают ее к лазеру и устройству обработки данных. Включив лазер в работу, одновременно пропускают его излучение через все распределенные датчики сети. Вследствие изменения напряженности электрического поля в пределах измерительного участка будет изменяться радиус пьезокерамических цилиндров, и соответственно будет изменяться длина световодов из-за чего будет иметь место модуляция фазы излучения, направляемого по световодам, поэтому на выходах датчиков будет изменяться распределение интенсивности в интерференционной картине. Оптические сигналы с выходов датчиков поступают на фотоэлектрический преобразователь, где преобразуются в электрические, а затем фиксируются в запоминающих элементах устройства обработки данных, откуда они одновременно подаются в компьютер, обеспечивающий обработку сигналов с помощью томографических методов. На выходе из компьютера получают такие параметры, как распределение ротора (rot) векторного поля и распределение дивергенции (div) векторного поля. Таким образом предлагаемая измерительная сеть позволяет полностью восстановить любое векторное поле, обладающее как потенциальной, так и вихревой компонентами.

Формула изобретения:

Способ измерения параметров физических полей, включающий формирование по меньшей мере двух систем параллельных друг другу измерительных каналов, которые размещают ортогонально друг к другу так, чтобы каждый измерительный канал одной системы пересекал измерительные каналы другой системы, при этом в качестве измерительных каналов используют волоконные световоды, а в качестве зондирующих сигналов - когерентное световое излучение с фиксацией изменения параметров светового излучения, которое одновременно пропускают по всем измерительным каналам, отличающийся тем, что измерительные каналы формируют в виде узких петель, причем при формировании каждой из систем измерительных каналов используют два типа волоконно-оптических световодов, одному из которых придают чувствительность к продольной составляющей вектора внешнего воздействия по отношению к оси световода, а другому придают чувствительность к поперечной составляющей вектора этого воздействия, при этом каждый измерительный канал формируют из световода только одного типа, с чередованием одного типа измерительных каналов за другим в пределах одной системы.