

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2602422

АКУСТООПТИЧЕСКИЙ ВОЛОКОННЫЙ КАБЕЛЬ И СПОСОБ ЕГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Патентообладатель(ли): *федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики" (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2015136607

Приоритет изобретения **27 августа 2015 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **21 октября 2016 г.**

Срок действия патента истекает **27 августа 2035 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

 Г.П. Ивлиев





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2015136607/28, 27.08.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.08.2015

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 27.08.2015

(45) Опубликовано: 20.11.2016 Бюл. № 32

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2511076 C1, 10.04.2014. RU 2475774 C1, 20.02.2013. US 2012227504 A1, 13.09.2012. M. J. F. Digonnet и др. "Acoustic fiber sensor arrays", Second European Workshop on Optical Fibre Sensors, Proceedings of SPIE, т.5502, 2009 г., стр.39-50.

Адрес для переписки:

197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49,
Университет ИТМО, ОИСиНТИ

(72) Автор(ы):

Мешковский Игорь Касьянович (RU),
Куликов Андрей Владимирович (RU),
Соколов Игорь Александрович (RU),
Инденбаум Дмитрий Михайлович (RU),
Лавров Владимир Сергеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

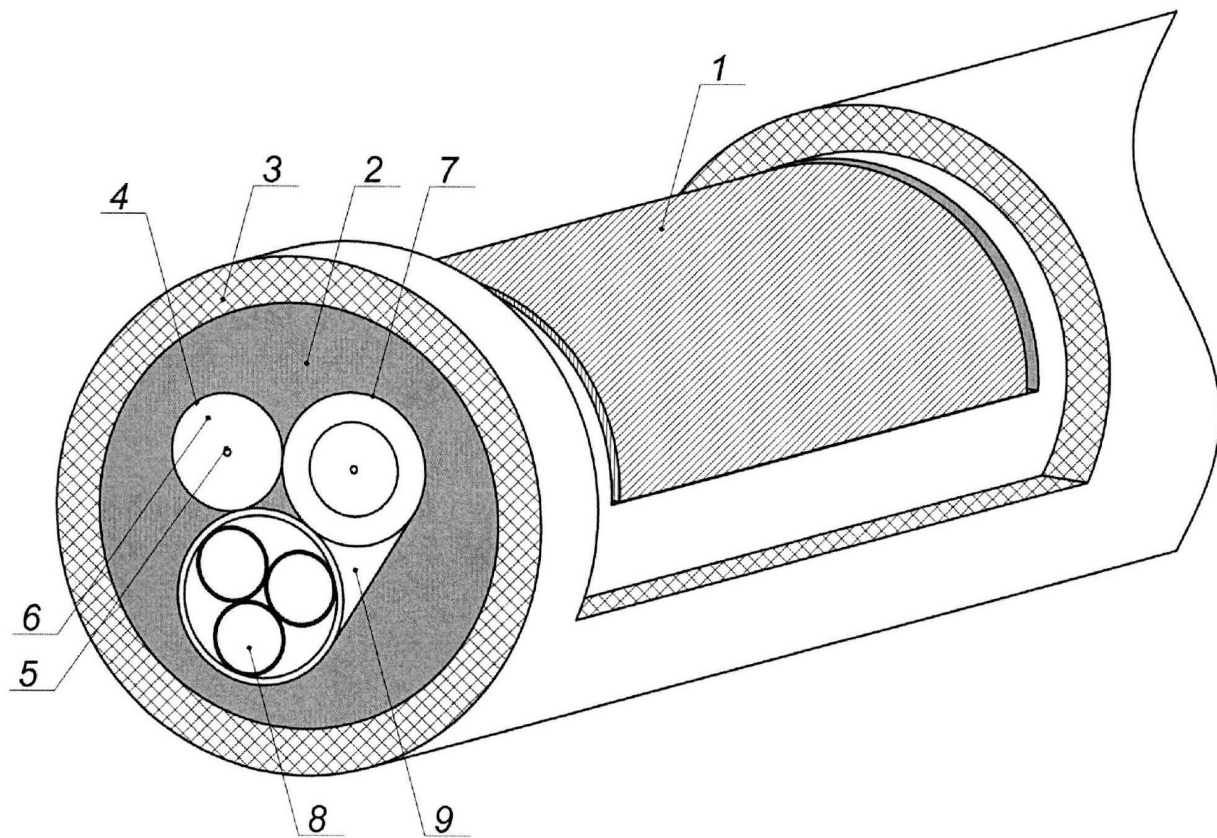
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский
национальный исследовательский
университет информационных технологий,
механики и оптики" (RU)

(54) АКУСТООПТИЧЕСКИЙ ВОЛОКОННЫЙ КАБЕЛЬ И СПОСОБ ЕГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ

(57) Реферат:

Изобретения относятся к области акустических измерений и касаются акустооптического кабеля. Кабель включает в себя несколько секций волоконно-оптических акустооптических сенсоров. Сенсоры включают в себя оптико-электронный модуль, оптически соединенный с расположенным внутри полимерной основы чувствительным элементом, оптическую линию связи, модуль линии электропитания и модуль силовых элементов. Модули размещаются продольно во внутреннем

пространстве волоконно-оптического кабеля, в котором удалено временное заполнение. Чувствительные элементы представляют собой оптическое волокно с решетками Брэгга и выполнены из двулучепреломляющих оптических волокон. Чувствительные элементы покрыты защитной оболочкой с коэффициентом Пуассона более 0.35. Технический результат заключается в повышении чувствительности и уменьшении диаметра кабеля. 2 н. и 1 з.п. ф-лы, 3 ил.



Фиг. 1

RU 2602422 C1

RU 2602422 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 602 422** (13) **C1**

(51) Int. Cl.

G01H 9/00 (2006.01)

G01S 15/00 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: 2015136607/28, 27.08.2015

(24) Effective date for property rights:
27.08.2015

Priority:

(22) Date of filing: 27.08.2015

(45) Date of publication: 20.11.2016 Bull. № 32

Mail address:

197101, Sankt-Peterburg, Kronverkskij pr., 49,
Universitet ITMO, OISiNTI

(72) Inventor(s):

**Meshkovskij Igor Kasjanovich (RU),
Kulikov Andrej Vladimirovich (RU),
Sokolov Igor Aleksandrovich (RU),
Indenbaum Dmitrij Mikhajlovich (RU),
Lavrov Vladimir Sergeevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij natsionalnyj
issledovatel'skij universitet informacionnykh
tekhnologij, mekhaniki i optiki" (RU)**

(54) ACOUSTO-OPTICAL FIBRE CABLE AND METHOD OF MAKING SAME

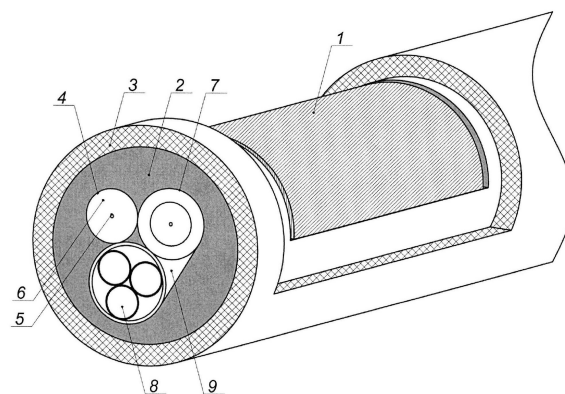
(57) Abstract:

FIELD: acoustics; measurement equipment.

SUBSTANCE: invention relates to acoustic measurements and concerns acousto-optical cable. Cable comprises multiple sections of fibre-optic acousto-optical sensors. Sensors include an optical-electronic module, optically connected with located inside polymer base a sensitive element, optical communication line, electric power supply line module and module of power elements. Modules are arranged longitudinally in inner space of fibre-optic cable, wherein temporary filling is removed. Sensitive elements are composed of optical fibre with Bragg lattices and are made of birefringent optical fibres. Sensitive elements are coated with protective cladding with Poisson coefficient greater than 0.35.

EFFECT: technical result consists in improvement of sensitivity and reduced diameter of cable.

3 cl, 3 dwg



Фиг. 1

Изобретения относятся к области техники, предназначенной для проведения квазираспределенных акустических измерений.

Известно устройство гидроакустической буксируемой антенны для геофизических работ, которая является акустическим кабелем, в котором снижен диаметр, увеличена
5 акустическая чувствительность и уменьшена зависимость от глубины погружения за счет того, что акустический кабель содержит внешнюю эластичную оболочку с размещенными внутри нее приемниками, состоящими из двух одинаковых чувствительных пьезоэлементов, выполненных из электрически поляризованной пьезоэлектрической пленки с нанесенными на ее поверхности и прочно сцепленными
10 с ней электродами, герметичные корпуса с вмонтированными в них электронными платами с дифференциальными усилителями и аналого-цифровыми преобразователями, цифровую линию связи и линию питания (патент РФ №2511076, МПК G01S 7/52, 16.10.2012 г.).

Недостатком известного устройства является использование в качестве приемников
15 акустического сигнала пьезоэлементов, что влечет нестойкость к ударным нагрузкам, проблематичность изготовления распределенного датчика и большой диаметр кабеля, а расположенный на периферии силовой элемент приводит к снижению чувствительности.

Известен способ изготовления акустического кабеля, изложенный в описании
20 гидроакустической антенны (патент РФ №2475774, МПК G01S 15/00, 06.10.2011 г.), заключающийся в изготовлении чувствительных элементов, кабелей питания и связи, корделей, скрутки их вокруг центрального силового элемента, встраивании гибких плат в центральную часть кабеля с осуществлением необходимых подсоединений чувствительных элементов и кабелей к элементарным блокам и наложении
25 влагозащитной оболочки, причем операцию подсоединения чувствительных элементов, кабелей питания и связи, корделей, а также дополнительных силовых элементов к соединителям, размещенных на гибких платах электронных блоков, производят в горизонтальной плоскости с последующей намоткой изготовленного комбинированного устройства на барабан, на комбинированное устройство методом экструзии под
30 давлением накладывают полимерную оболочку и получают плоский акустический кабель, который обмоткой по спирали накладывают на центральный силовой элемент и получают сердечник кабеля, а затем на сердечник кабеля экструзионным способом накладывают влагозащитную полимерную оболочку.

Недостатком этого способа является то, что силовой элемент сформирован из
35 отдельных фрагментов, присоединенных к гибким платам, что приведет к их растяжению под внешней растягивающей нагрузкой, также сложно получить однородную структуру при изготовлении и намотке плоского кабеля на центральный силовой элемент.

Известно устройство, выбранное в качестве прототипа к предлагаемому устройству (патент US 2012/0227504 A1, опублик. 13.09.2012, G01H 9/00, B29C 70/08), являющееся
40 волоконно-оптическим акустическим массивом датчиков, которые представляют собой акустооптический волоконный кабель, содержащий под защитной оболочкой волоконно-оптический акустооптический сенсор, состоящий из оптико-электронного модуля, оптически соединенного с чувствительным элементом, представляющим собой оптическое волокно не менее чем с двумя решетками Брэгга, намотанное по спирали
45 на первый полимерный слой и покрытое по всей длине вторым полимерным слоем, а также внутри вышеуказанной защитной оболочки находится оптическая линия связи, представляющая собой модуль оптических связных волокон, модуль изолированных электрических проводов, представляющих собой линии электрического питания и

модуль силовых элементов.

Недостатками известного решения являются неудобства при операциях постановки и выборки антенны вследствие большого диаметра антенны из-за намотанного по спирали оптического волокна и защитных корпусов, диаметр которых превышает диаметр сформированного кабеля, покрытие волокна полимерным материалом, незначительно увеличивающим акустическую чувствительность, модульная система изготовления, требующая дополнительных механических соединителей.

Задачи, решаемые заявляемыми решениями, состоят в увеличении чувствительности в области низких частот от 0,1 до 500 Гц с одновременным снижением внешнего диаметра кабеля, который постоянен на протяжении всей длины кабеля.

Поставленная задача решается следующим образом.

В устройстве акустооптического волоконного кабеля, включающего более одной секции, каждая из которых сформирована из волоконно-оптического акустооптического сенсора, состоящего из оптико-электронного модуля, оптически соединенного с расположенным внутри полимерной основы, покрытой защитной оболочкой, чувствительным элементом, представляющим собой двулучепреломляющее оптическое волокно не менее чем с двумя волоконными решетками Брэгга, покрытое по всей длине полимерным материалом, а также расположенные внутри указанной полимерной основы оптическую линию связи, представляющую собой модуль оптических связных волокон, модуль изолированных электрических проводов, представляющий собой линии электрического питания, и модуль силовых элементов, полимерная основа представляет собой волоконно-оптический кабель с предварительно удаленным временным заполнением, а во внутреннем пространстве кабеля продольно по его длине размещены вышеупомянутые секции, причем чувствительные элементы размещены в освободившихся после удаления временного заполнения пространствах, оптико-электронные модули каждой секции последовательно оптически соединены между собой с помощью связных волокон оптической линии связи и подключены к линии электрического питания модуля изолированных электрических проводов, чувствительные элементы в каждой секции представляют собой двулучепреломляющее оптическое волокно не менее чем с двумя волоконными решетками Брэгга, значение коэффициента Пуассона силиконового полимерного материала покрытия более 0.35, а расстояние между решетками Брэгга не более длины полуволны акустического колебания на верхней границе измеряемого частотного диапазона.

В способе изготовления акустооптического волоконного кабеля поставленная задача решается путем размещения вышеперечисленных компонентов во внутреннем пространстве продольно по длине полимерной основы, представляющей собой волоконно-оптический кабель, включающий временное заполнение, модуль оптических связных волокон, модуль изолированных электрических проводов, модуль силовых элементов, для этого кабель вскрывают продольно и последовательно вырезают отдельными секциями части полимерной оболочки кабеля, удаляют временное заполнение и укладывают в освободившиеся пространства чувствительные элементы, выдерживая расстояния, необходимые для их размещения, а вместо вырезанных секций полимерной оболочки кабеля укладывают корпуса с оптико-электронными модулями, которые оптически соединяют с чувствительными элементами, оптико-электронные модули каждой секции между собой соединяют путем сварки оптических волокон со связными волокнами, также присоединяют их к линии электрического питания модуля изолированных электрических проводов, а затем осуществляют покрытие антенны защитной оболочкой.

Сущность заявляемых изобретений поясняется следующим.

В качестве основы акустооптического волоконного кабеля лежит волоконно-оптический кабель с модулем изолированных электрических проводов, модулем оптических связанных волокон, модулем силовых элементов и временным заполнением, который в процессе установки и укладки в него оптико-электронных блоков и чувствительных элементов не разрывается, силовой элемент и линия электропитания остаются неразрывны, а из полимерной основы вырезается сегмент, что обеспечивает отсутствие дополнительных механических соединителей и стойкость кабеля к продольным растягивающим нагрузкам. Чувствительные элементы и малогабаритные оптико-электронные модули располагаются внутри кабельной полимерной основы продольно и не выходят за ее границы, т.е. максимальный размер ограничен диаметром волоконно-оптического кабеля, взятого за основу, что обеспечивает снижение диаметра акустооптического волоконного кабеля и его постоянство на всей длине кабеля.

Двулучепреломляющее волокно не менее чем с двумя решетками Брэгга, записанными на расстоянии, не более длины полуволны акустического колебания на верхней границе измеряемого частотного диапазона, покрытое силиконовым полимерным материалом с коэффициентом Пуассона более 0,35, позволяет увеличить акустическую чувствительность в области низких частот от 0,1 до 500 Гц благодаря увеличению аксиальной нагрузки на чувствительное волокно при воздействии акустического поля.

Сущность изобретений поясняется чертежами, где на фиг. 1 представлен акустооптический волоконный кабель. На фиг. 2 показана функциональная блок-схема оптико-электронного модуля. На фиг. 3 изображена функциональная блок-схема соединения оптико-электронных модулей с чувствительным элементом, между собой и с блоком обработки сигналов, размещаемого на борту.

Акустооптический волоконный кабель (фиг. 1), состоит из оптико-электронного модуля 1, оптически соединенного с расположенным внутри полимерной основы 2, покрытой защитной оболочкой 3, чувствительным элементом 4, представляющим собой оптическое волокно не менее чем с двумя решетками Брэгга 5, покрытое по всей длине силиконовым полимерным материалом 6, а также расположенные внутри указанной полимерной основы 2 оптическую линию связи 7, оптически соединяющую оптико-электронные модули 1, модуль изолированных электрических проводов 8, подводящий электропитание к оптико-электронным модулям 1, и модуль силовых элементов 9.

Оптико-электронный модуль 1 (фиг. 2) состоит из оптико-электронной платы 10, соединенной с компенсационным волоконно-оптическим интерферометром Майкельсона 11. Оптико-электронная плата 10 состоит из программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС) 12, запрограммированные входы и выходы которой соединены с источником оптического излучения с драйвером накачки и контроллером термостабилизации 13, с блоком приема-передачи информации 14, через который осуществляется связь с другими оптико-электронными блоками по оптической линии связи 7, с аналого-цифровым преобразователем 15, с подключенным к нему фотоприемным устройством 16, с блоком управления модулятором 17. В компенсационный волоконно-оптический интерферометр Майкельсона 11 оптический сигнал заводится от источника оптического излучения с драйвером накачки и контроллером термостабилизации 13 в первый порт волоконно-оптического циркулятора с сохранением поляризации 18, для этого его первый порт оптически соединен с выходом источника оптического излучения, второй порт которого служит для подсоединения к чувствительному элементу 4, а третий порт оптически соединен с входным портом волоконно-оптического разветвителя с сохранением поляризации 19, два

противоположных порта которого подсоединены к двум плечам волоконно-оптического компенсационного интерферометра Майкельсона 11: к двулучепреломляющему волокну 20, на торце которого сформировано зеркало, и к интегрально-оптическому модулятору 21, на торце которого сформировано зеркало, к выходному порту волоконно-оптического разветвителя с сохранением поляризации 19 подсоединяется оптический вход фотоприемного устройства 16, к интегрально-оптическому модулятору 21 подсоединена плата термодатчика 22, соединяющаяся с блоком управления модулятором 17.

На Фиг. 3 представлена оптическая схема соединения оптико-электронных модулей 1₁, 1₂ ... 1_m с чувствительными элементами 4₁, 4₂ ... 4_m и блоком обработки сигналов 23, расположенным на борту. К входу/выходу, предназначенному для опроса чувствительного элемента каждого оптико-электронного модуля 1₁, 1₂ ... 1_m подсоединяется чувствительный элемент 4₁, 4₂ ... 4_m, а оптико-электронные модули 1₁, 1₂ ... 1_m последовательно оптически соединены между собой, а именно оптический выход блока обработки сигналов 23 подсоединен к оптическому входу оптико-электронного модуля 1₁, оптический выход которого соединен с оптическим входом оптико-электронного модуля 1₂, и так до оптико-электронного модуля 1_m, оптический выход которого подсоединен к оптическому входу блока обработки сигналов 23.

Устройство работает следующим образом.

Расположенный в оптико-электронном модуле 1 на оптико-электронной плате 10 источник оптического излучения с драйвером накачки и контроллером термостабилизации 13 испускает узкополосный линейно-поляризованный оптический импульс, который проходит через волоконно-оптический циркулятор с сохранением поляризации 18 и попадает в двулучепреломляющее волокно не менее чем с двумя решетками Брэгга 5, покрытое по всей длине силиконовым полимерным материалом 6, чувствительного элемента 4. Оптический импульс отражается от первой решетки Брэгга и проходит дальше по волокну, заключенному между двумя решетками Брэгга, где измеряемое акустическое поле создает на поверхности акустооптического волоконного кабеля акустическое давление, которое вследствие акустооптического эффекта изменяет показатель преломления чувствительного двулучепреломляющего оптического волокна 5 и вносит сдвиг фазы в распространяющийся оптический импульс. Анализируя сдвиг фазы, определяются параметры акустического поля. Расстояние между решетками Брэгга в чувствительном двулучепреломляющем оптическом волокне 5 равно длине полуволны акустического колебания на верхней границе измеряемого частотного диапазона, чтобы низкочастотные акустические колебания оказывали наибольшее воздействие на чувствительный элемент. Оптический импульс отражается от второй решетки Брэгга и оба оптических импульса, отраженные от первой и второй решеток Брэгга, попадают в компенсационный волоконно-оптический интерферометр Майкельсона 11, они проходят через волоконно-оптический циркулятор с сохранением поляризации 18 и, пройдя через волоконно-оптический разветвитель с сохранением поляризации 19, попадают в два плеча интерферометра: двулучепреломляющее волокно 20, на торце которого сформировано зеркало, и в интегрально-оптический модулятор 21, на торце которого сформировано зеркало, где длина двулучепреломляющего волокна 20 с зеркалом выбрана таким образом, чтобы устранить временную задержку между отраженными от первой и второй решеток Брэгга оптическими импульсами.

Интегрально-оптический модулятор 21 с зеркалом, управляемый платой термодатчика 22, модулирует сигнал для стабилизации рабочей точки интерференции. Фотоприемное

устройство 16 регистрирует интерференцию двух сведенных оптических импульсов. Схема обработки в виде программируемой логической интегральной схемы 12, принимающая сигналы от фотоприемного устройства 16 с аналого-цифрового преобразователя 15, формирует информационные пакеты об акустическом воздействии и с помощью блока приема-передачи информации 14 передает их по оптической линии связи 7 другим оптико-электронным модулям 1. Блок управления модулятором 17 производит управление модуляцией интегрально-оптического модулятора 21 через плату термодатчика 22. Электропитание оптико-электронных модулей 1 осуществляется с помощью модуля изолированных электрических проводов 8. Вышеописанный малогабаритный оптико-электронный модуль 1 и продольное расположение чувствительного элемента позволяют сделать акустооптический волоконный кабель малого диаметра.

Способ изготовления акустооптического волоконного кабеля включает размещение в полимерной основе 2, содержащей временное заполнение, модуль оптических связанных волокон 7, модуль изолированных электрических проводов 8, силовой элемент 9, оптико-электронных модулей 1 и чувствительных элементов 4, а также покрытие защитной оболочкой 3. Для этого полимерную основу 2 вскрывают продольно и последовательно вырезают отдельными секциями части этой полимерной оболочки 2, удаляют временное заполнение и укладывают в освободившееся пространство чувствительные элементы 4, а вместо вырезанных секций полимерной оболочки 2 укладывают корпуса с оптико-электронными модулями 1, которые оптически соединяют с чувствительными элементами 4, оптико-электронные модули 1 каждой секции между собой соединяют путем сварки оптических волокон со связными волокнами 7, а также присоединяют их к линии электрического питания модуля изолированных электрических проводов 8, а затем осуществляют покрытие антенны защитной оболочкой 3.

В качестве конкретного примера выполнения акустооптического волоконного кабеля и способа его изготовления предлагается следующее решение.

За основу акустооптического волоконного кабеля взят специальный волоконно-оптический кабель с модулем оптических волокон, модулем электрических проводов, силовым элементом и временным заполнением. Этот кабель представляет собой полимерную основу, выполненную из ПЭВП ПНД 271 - 274К, имеющую внешний диаметр 18 мм, внутри которой содержатся модуль оптических волокон, волокна в котором являются одномодовыми волоконными световодами SMF28, а сам модуль заполнен кремнийорганической жидкостью, модуль изолированных электрических проводов, который является стандартным трехжильным медным кабелем ПВС 3×0.75, силовой элемент, выполненный из восемнадцати арамидных нитей Kevlar®49 1420 д., временное заполнение, представляющее собой стандартный РИП-корд из арамидных нитей, после удаления которого в освободившееся пространство укладывается чувствительный элемент, состоящий из анизотропного одномодового волоконного световода с эллиптической напрягающей оболочкой с записанными в него пятью решетками Брэгга на длину волны 1546 нм с шириной спектра 0.5 нм, расстояние между решетками Брэгга 1.44 м, двулучепреломляющее волокно чувствительного элемента покрыто двухкомпонентным силиконовым полимером 6 RTV 655 с коэффициентом Пуассона ~0.5, диаметр покрытия равен 4 мм. Оптико-электронная плата включает программируемую логическую интегральную схему (ПЛИС) с количеством логических элементов 49000 и 3383 Кбит памяти, 16-битный аналого-цифровой преобразователь, блок приема-передачи информации выполнен из микросхемы драйвера лазера max3710, ограничивающего усилителя, модулирующего лазер на длину волны 1550 нм LDI-FP-

1550 и фотоприемного устройства PMI-155, фотоприемное устройство 16 состоит из фотоприемника PDI-40p, трансимпедансного усилителя ADA4817 и 2-х операционных усилителей ADA4927, 18-битного цифроаналогового преобразователя, источник оптического излучения с драйвером накачки и контроллером термостабилизации состоит из полупроводникового лазера с длиной волны 1550 нм, драйвера лазера MAX3869 и контроллера термостабилизации ADN8831. Волоконно-оптический компенсационный интерферометр Майкельсона состоит из волоконно-оптического циркулятора с сохранением поляризации с центральной длиной волны 1550 нм, прямыми потерями ≤ 1 дБ и обратными потерями ≥ 55 дБ, волоконно-оптический разветвитель с сохранением поляризации в конфигурации 2×2 с коэффициентом деления 50÷50, с центральной длиной волны 1550 нм, прямыми потерями ≤ 1 дБ, двулучепреломляющее волокно, являющееся компенсационным плечом интерферометра, выполнено из анизотропного одномодового волоконного световода с эллиптической напрягающей оболочкой длиной 1,478 м, на торце которого сформировано зеркало, интегрально оптический модулятор представляет собой кристалл ниобата лития с вытравленным волноводом и нанесенными электродами, на торце модулятора сформировано зеркало, оптические потери 3,3 дБ, полуволновое напряжение < 10 В, входной импеданс $R > 2$ МОм, $C = 20$ пФ, длина модулятора 25 мм. Оптико-электронные модули помещены в защитные корпуса из СТ 12Х18Н10Т. Акустооптический волоконный кабель покрыт защитной оболочкой из ПВХ О-65, $\Delta = 2$ мм.

Использование вышеперечисленных компонентов позволило изготовить и испытать макет акустооптического волоконного кабеля, обладающего высокой чувствительностью в области низких частот от 1 до 500 Гц и имеющего малый внешний диаметр. Макет основывается на двух оптико-электронных модулях, соединенных с пятью решетками Брэгга каждый, что дает восемь акустических датчиков. Макет позволяет добиться следующих значений акустической чувствительности в воде: на частоте 500 Гц - 0,002 рад/Па, на 300 Гц - 0,007 рад/Па, на 200 Гц - 0,012 рад/Па. Уровень шумов не превышает 600 мкрад $\sqrt{\text{Гц}}$. Длина изготовленного макета

акустооптического волоконного кабеля составляет 14 м, а диаметр 22 мм.

Таким образом, изготовленный акустооптический волоконный кабель обладает высокой чувствительностью в области низких частот от 0.1 Гц до 500 Гц и малым постоянным диаметром.

Формула изобретения

1. Акустооптический волоконный кабель, включающий более одной секции, каждая из которых сформирована из волоконно-оптического акустооптического сенсора, состоящего из оптико-электронного модуля, оптически соединенного с расположенным внутри полимерной основы, покрытой защитной оболочкой, чувствительным элементом, представляющим собой оптическое волокно не менее чем с двумя решетками Брэгга, покрытое по всей длине полимерным материалом, а также расположенные внутри указанной полимерной основы оптическую линию связи, представляющую собой модуль оптических связных волокон, модуль изолированных электрических проводов, представляющий собой линии электрического питания, и модуль силовых элементов, отличающийся тем, что полимерная основа с расположенными внутри нее вышеперечисленными элементами представляет собой волоконно-оптический кабель с предварительно удаленным временным заполнением, а во внутреннем пространстве кабеля продольно по длине размещены вышеупомянутые секции, причем чувствительные элементы размещены в освободившихся после удаления временного заполнения

пространствах, оптико-электронные модули каждой секции последовательно оптически соединены между собой с помощью связанных волокон оптической линии связи и подключены к линии электрического питания модуля изолированных электрических проводов, чувствительные элементы в каждой секции представляют собой

5 двулучепреломляющее оптическое волокно, значение коэффициента Пуассона силиконового полимерного материала покрытия более 0.35, а расстояние между решетками Брэгга не более длины полуволны акустического колебания на верхней границе измеряемого частотного диапазона.

2. Акустооптический волоконный кабель по п. 1, отличающийся тем, что оптико-электронный модуль включает оптически и электрически соединенные между собой

10 оптико-электронную плату и компенсационный волоконно-оптический интерферометр Майкельсона, оптико-электронная плата содержит расположенные на ней программируемую логическую интегральную схему, к которой подключены источник оптического излучения с драйвером накачки и контроллером термостабилизации, блок

15 приема-передачи информации, аналого-цифровой преобразователь, вход которого соединен с выходом фотоприемного устройства, и блок управления модулятором, компенсационный волоконно-оптический интерферометр Майкельсона включает волоконно-оптический циркулятор с сохранением поляризации, первый порт которого оптически соединен с выходом источника оптического излучения, второй порт служит

20 для подсоединения чувствительного элемента, а третий порт оптически соединен с входным портом волоконно-оптического разветвителя с сохранением поляризации, два противоположных порта которого подсоединены к двум плечам компенсационного волоконно-оптического интерферометра Майкельсона: к двулучепреломляющему волокну с сохранением поляризации, на торце которого сформировано зеркало, и

25 интегрально-оптическому модулятору, на торце которого сформировано зеркало, с подключенной к нему платой термодатчика, к которой подключен блок управления модулятором, а выходной порт волоконно-оптического разветвителя с сохранением поляризации оптически соединен с входом фотоприемного устройства.

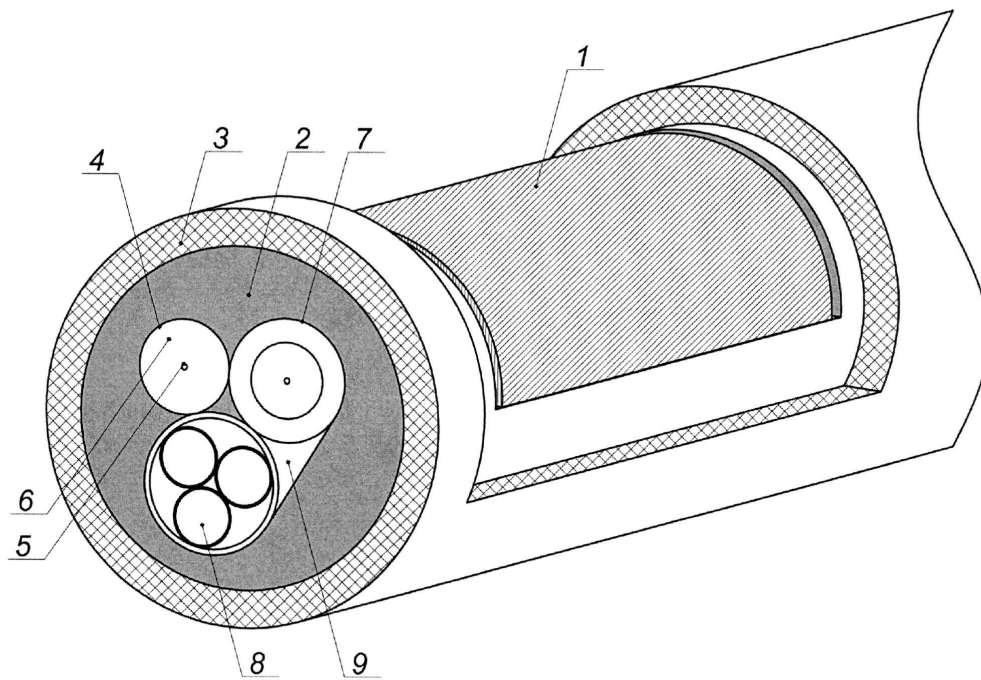
3. Способ изготовления акустооптического волоконного кабеля, заключающийся в

30 размещении компонентов по п. 1 во внутреннем пространстве, продольно по длине, полимерной основы, которая представляет собой волоконно-оптический кабель, включающий временное заполнение, модуль оптических связанных волокон, модуль изолированных электрических проводов, модуль силовых элементов, для этого кабель вскрывают продольно и последовательно вырезают отдельными секциями части

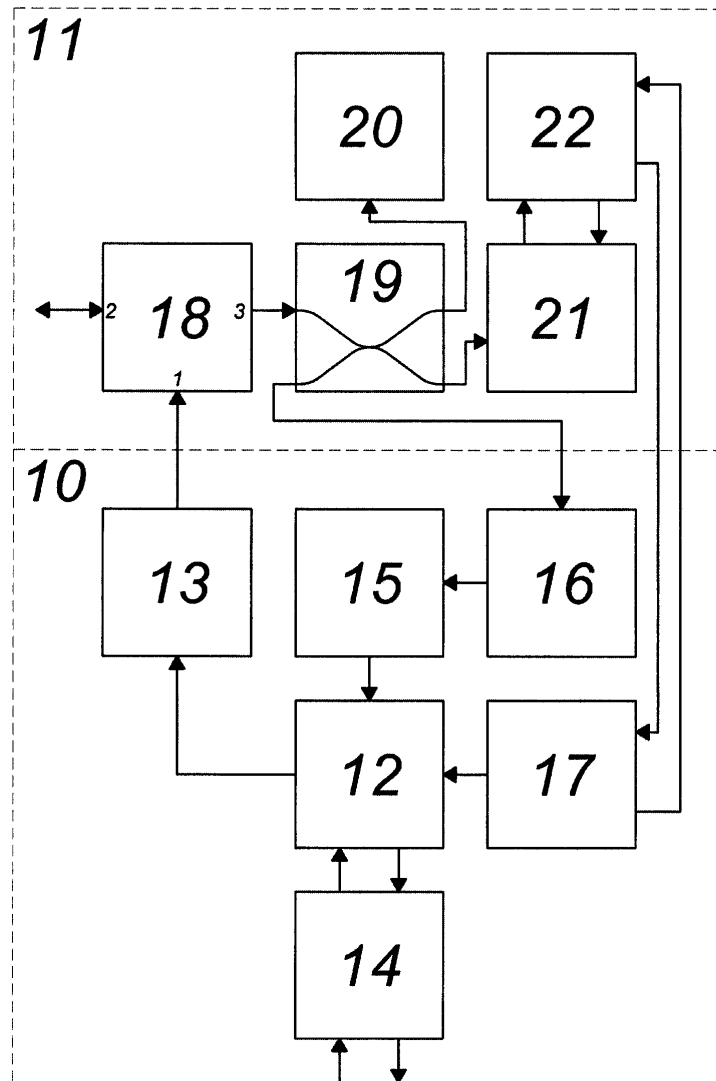
35 полимерной оболочки кабеля, выдерживая расстояние, необходимое для размещения чувствительного элемента, удаляют временное заполнение и укладывают в освободившиеся пространства чувствительные элементы, а вместо вырезанных секций полимерной оболочки кабеля укладывают корпуса с оптико-электронными модулями, которые оптически соединяют с чувствительными элементами, оптико-электронные

40 модули каждой секции между собой соединяют путем сварки оптических волокон со связными волокнами, а также присоединяют их к линии электрического питания модуля изолированных электрических проводов, а затем осуществляют покрытие кабеля защитной оболочкой.

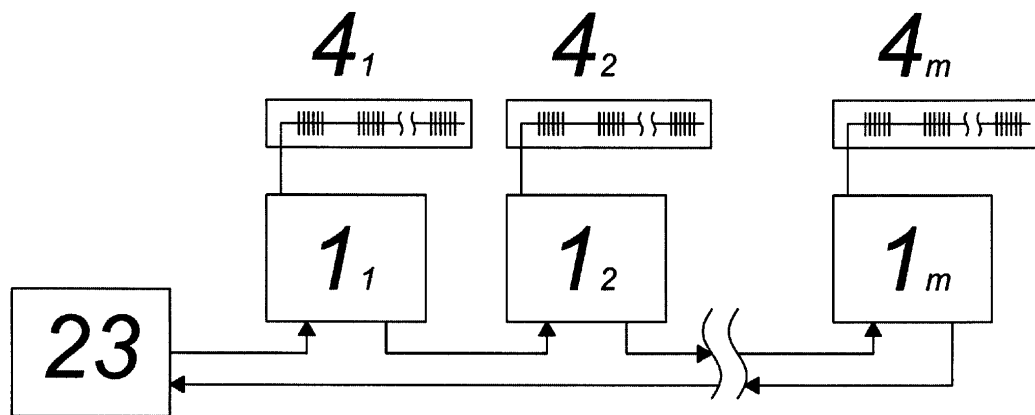
Акустооптический волоконный кабель и способ его изготовления



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3