

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2539130

### ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

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

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2013136095

Приоритет изобретения **31 июля 2013 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **26 ноября 2014 г.**

Срок действия патента истекает **31 июля 2033 г.**

Врио руководителя Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

Л.Л. Кирий





**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2013136095/28, 31.07.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
31.07.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 31.07.2013

(45) Опубликовано: 10.01.2015 Бюл. № 1

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: EP 058226 A2 09.03.1994. SU 1401406 A1 07.06.1988. US 6111416 A 29.08.2000. US 6670779 B1 30.12.2003

Адрес для переписки:

197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49,  
Университет ИТМО, ОИС и НТИ

(72) Автор(ы):

**Мешковский Игорь Касьянович (RU),  
Стригалева Владимир Евгеньевич (RU),  
Аксарин Станислав Михайлович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

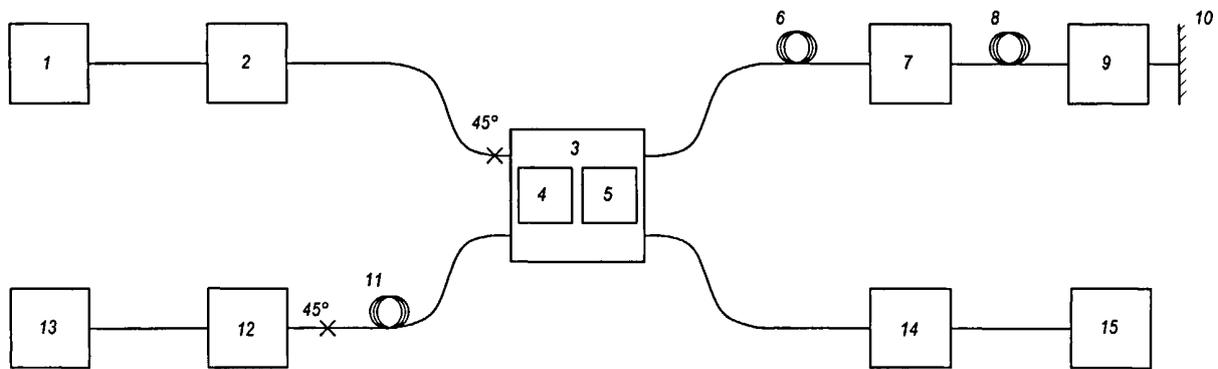
**федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Санкт-Петербургский  
национальный исследовательский  
университет информационных технологий,  
механики и оптики" (Университет ИТМО)  
(RU)**

**(54) ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к измерительным устройствам на основе волоконно-оптических фазовых поляриметрических датчиков. Оптимизация структуры датчика, обуславливающая возникновение разноименной модуляции показателя преломления при подаче на двухканальный модулятор разности фаз напряжения одной полярности, приводит к возможности использования для модуляции фазы любой частоты управляющего сигнала и к отсутствию необходимости создания линии задержки. Повторное прохождение отраженного

от зеркала света через интегрально-оптический чувствительный элемент и второе подводящее оптическое волокно с двойным лучепреломлением, а также поворот плоскости поляризации света в фарадеевском вращателе на 90 градусов и использование второго фотодетектора обеспечивают удвоение амплитуды модуляции, снижение оптических шумов источника. Техническим результатом является повышение точности измерения напряженности электрического поля и понижение частоты модуляции сигнала. 3 ил.



Фиг. 1

RU 2539130 C1

RU 2539130 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*G01R 31/00* (2006.01)  
*G01R 29/12* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2013136095/28, 31.07.2013

(24) Effective date for property rights:  
31.07.2013

Priority:

(22) Date of filing: 31.07.2013

(45) Date of publication: 10.01.2015 Bull. № 1

Mail address:

197101, Sankt-Peterburg, Kronverkskij pr., 49,  
Universitet ITMO, OIS i NTI

(72) Inventor(s):

**Meshkovskij Igor' Kas'janovich (RU),  
Strigalev Vladimir Evgen'evich (RU),  
Aksarin Stanislav Mihajlovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe  
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij natsional'nyj  
issledovatel'skij universitet informacionnykh  
tekhnologij, mekhaniki i optiki" (Universitet  
ITMO) (RU)**

(54) **FIBRE-OPTIC DEVICE FOR MEASUREMENT OF ELECTRIC FIELD INTENSITY**

(57) Abstract:

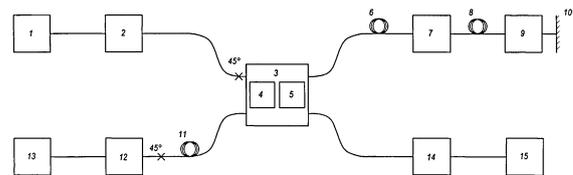
FIELD: measurement equipment.

SUBSTANCE: optimisation of sensor structure, providing for occurrence of dissimilar modulation of a refraction index in supply of a difference of single-polarity voltages phases to a double-channel modulator, results in the possibility to use for modulation of the phase of any frequency of a control signal and in absence of the necessity to develop a delay line. Repeated passage of light reflected from the mirror through an integral-optical sensitive element and the second supplying optic fibre with double beam refraction, and also rotation of the light polarisation plane in a Faraday rotator by 90 degrees and usage of

the second photodetector provide for doubling of modulation amplitude, reduction of optical noise of the source.

EFFECT: increased accuracy of electric field intensity measurement and reduced frequency of signal modulation.

3 dwg



Фиг. 1

RU 2 539 130 C1

RU 2 539 130 C1

Изобретение относится к области волоконно-оптических измерительных устройств на основе волоконно-оптических фазовых поляриметрических датчиков интерферометрического типа и предназначено для измерения напряженности электрического поля, преобразуемого в интенсивность оптического сигнала.

5 Принцип работы устройства основан на эффекте Поккельса и заключается в определении оптической разницы фаз как результата интерференции между двумя ортогональными линейно поляризованными модами, возникающей под воздействием измеряемой напряженности электрического поля на чувствительный элемент.

Известны волоконно-оптические устройства для измерения напряженности электрического поля (патенты US №6952107 B2, 04.10.2005, G01R 31/308, US №6380725, 10 30.04.2002, G01R 31/00, US №62522388, 26.01.2001, G01R 31/00, US №6140810, 31.10.2000, G01R 15/24; G01R 29/12, US №5029273, 02.07.1991, G01R 31/00; G01R 27/02, US №4524322, 18.06.1985, G01R 31/02; G01R 31/00, EP №0682261, 15.11.1995, G01D 5/26; G01J 4/00; G01M 11/00; G01N 21/23; G01R 15/24, EP №0826970 A2, 04.03.1998, G02F 1/01, RU №2032181, от 15 27.03.1995, G01R 13/40), которые изготавливают по принципу датчиков проходящего типа, в которых чувствительный элемент располагают между источником света и детектором. Оптическое волокно с двулучепреломлением в таких устройствах используется в качестве линии для передачи света и в некоторых устройствах также в качестве чувствительного элемента.

20 Недостатком таких устройств является высокая степень зависимости изменения фазы оптического сигнала, распространяющегося по оптическому каналу, от внешних условий.

Лишенным этого недостатка и более перспективным для широкого практического использования за счет большей чувствительности к напряженности электрического поля является волоконно-оптическое устройство с чувствительным элементом 25 отражательного типа. В таком устройстве промодулированные по фазе ортогонально поляризованные моды проходят через чувствительный элемент в двух направлениях - сначала в прямом направлении, а затем в обратном направлении за счет отражения от зеркального торца, после чего интерферируют. А за счет наличия фарадеевского 30 вращателя плоскости поляризации, установленного до чувствительного элемента, происходит компенсация любых внешних воздействий, воздействующих на участок оптического тракта до фарадеевского вращателя. (Патенты US №8233754, 31.07.2012, G02B 6/00; G02B 6/02), US №7147388, 12.12.2006, G02B 6/255, US №6122415, 19.09.2000, G02B 6/00; G01R 31/00)

35 Известно волоконно-оптическое устройство для измерения напряженности электрического поля, в котором использован этот же интерференционный принцип измерения (K. Bohnert, S. Wildermuth, A. Frank, H. Brandle, Fiber-optic voltage sensor using fiber gyro technology. Procedia Engineering 5 (2010), 1091-1094), принятое в качестве прототипа.

40 Устройство-прототип состоит из деполяризованного низкокогерентного источника света, оптического волокна с двулучепреломлением в качестве среды для передачи оптического сигнала, Y-разветвителя, с одной стороны которого располагается источник и приемник оптического излучения. С другой стороны разветвителя друг за другом поляризатор, модулятор разности фаз (МРФ) между двумя ортогональными модами 45 канального волновода, выполненного на основе интегрально-оптического канального волновода на подложке из кристалла LiNbO<sub>3</sub>, волоконная линия задержки, фарадеевский вращатель, чувствительный элемент и компенсационное волокно с размещенным на торце зеркалом.

Чувствительным элементом является оптическое волокно с двулучепреломлением, которое намотано на пьезоэлектрический цилиндр, диаметр которого изменяется под действием прикладываемого электрического поля и, как следствие, возникает

5 дополнительная разность фаз в чувствительном оптическом волокне.  
 Оптическая ось волоконного поляризатора развернута под углом 45 градусов к осям  
 10 двулучепреломления интегрального волновода для возбуждения двух ортогональных мод. В модуляторе разности фаз (МРФ) на фазы ортогональных мод воздействует модулирующее напряжение управляющего сигнала. За счет фарадеевского вращателя в обратном направлении происходит поворот плоскостей поляризации двух  
 15 ортогональных мод, распространяющихся по волокну, на 90 градусов для каждой моды. Оси двулучепреломления чувствительного элемента и компенсационного участка волокна развернуты друг относительно друга на 90 градусов.

Принцип работы прототипа заключается в следующем. От источника света по  
 20 волокну через разветвитель, затем волоконный поляризатор проходит линейно-поляризованная мода, которая затем на стыке с модулятором разности фаз (МРФ) раскладывается на две ортогональные моды, которые проходят через МРФ и вводятся в линию задержки. Две ортогональные моды, по мере распространения в среде с  
 25 двулучепреломлением (ДЛП) приобретают разницу фаз. Затем, после линии задержки свет проходит через фарадеевский вращатель и попадает на чувствительный элемент, в котором под действием напряженности электрического поля возникает  
 30 индуцированная разность фаз. После чувствительного элемента свет проходит через компенсационный участок волокна с размещенным на торце зеркалом и возвращается обратно, за счет чего достигается удвоение воздействия измеряемой физической  
 35 величины. А за счет взаимной ортогональной ориентации осей чувствительного элемента и компенсационного участка волокна происходит компенсация фазовой задержки в чувствительном элементе и других внешних воздействий (например, температуры, вибрации), приводящей к паразитной разности фаз. Далее, проходя через фарадеевский вращатель, плоскости поляризаций поворачиваются на 90 градусов. За счет этого происходит полная компенсация фазового набегу, возникшего в МРФ и линии задержки.

В обратном направлении свет проходит через МРФ, поляризатор и разветвитель, после чего интерференционный сигнал попадает на фотодетектор. В описанной выше

$$35 \Delta\varphi = 2 \cdot S \cdot k \cdot l \quad (1),$$

где  $S$  - параметр значения напряженности электрического поля,  $l$  - длина чувствительного элемента,  $k$  - коэффициент чувствительности изменения фазы от прикладываемой физической величины.

40 Основным недостатком устройства-прототипа является необходимость производить смену поляризации модуляции на высокой частоте  $f_m$ , рассчитываемой по формуле (2), за счет короткой длины оптического тракта, чтобы не происходило компенсации приложенного модуляционного воздействия на фазу оптического сигнала.

$$45 f_m = \frac{C}{2 \cdot L \cdot n} \quad (2),$$

где  $C$  - скорость света в вакууме,  $L$  - длина оптического тракта от МРФ до зеркала,  $n$  - показатель преломления света в волокне.

Этот недостаток приводит к необходимости использовать сложные электрические схемы и дорогостоящие электронные компоненты для модуляции оптического сигнала, а также к увеличению длины линии задержки оптического тракта из дорогостоящих оптических компонентов. Другим недостатком является влияние нестабильности уровня мощности источника света, что приводит к ошибке и дрейфу интерференционного сигнала.

Технической задачей, на решение которой направлено заявляемое изобретение, является повышение точности измерения напряженности электрического поля и понижение частоты модуляции сигнала

Поставленная задача решается следующим образом.

В волоконно-оптическое устройство для измерения напряженности электрического поля, содержащее оптически соединенные деполяризованный низкокогерентный источник светового излучения, волоконный поляризатор, разветвитель, модулятор разности фаз (МРФ) выполнен интегрально-оптическим и расположен на подложке из кристалла ниобата лития  $\text{LiNbO}_3$ , фарадеевский вращатель, чувствительный элемент, компенсационное волокно, зеркало, фотодетектор, причем выход деполяризованного низкокогерентного источника светового излучения соединен с входом волоконного поляризатора, выход которого соединен с входом МРФ, причем в устройство введены оптически соединенные волоконный изолятор, второй фотодетектор, второй волоконный поляризатор, первое подводящее оптическое волокно с двулучепреломлением (ДЛП), второе подводящее оптическое волокно с двулучепреломлением (ДЛП), причем модулятор разности фаз (МРФ) выполнен двухканальным и состоит из двух одноканальных модуляторов разности фаз (МРФ), разветвитель выполнен в виде канального интегрально-оптического волновода Х-образной топологии с двумя входными и двумя выходными каналами, изготовленного по технологии диффузии титана и размещенного на вышеуказанной подложке из кристалла ниобата лития  $\text{LiNbO}_3$  и образует с указанным двухканальным модулятором разности фаз (МРФ) единую многофункциональную интегрально-оптическую схему (МИОС), причем электроды одноканальных МРФ расположены параллельно друг другу на двух входных каналах разветвителя и являются первым и вторым входным портом МИОС, причем центральные и наружные электроды одноканальных МРФ электрически соединены между собой соответственно, чувствительный элемент выполнен в виде канального интегрально-оптического волновода, изготовленного по технологии диффузии титана, и размещен на второй подложке из кристалла ниобата лития  $\text{LiNbO}_3$ , выход источника светового излучения соединен с входом первого волоконного поляризатора, выход которого соединен с канальным интегрально-оптическим волноводом первого входного порта МИОС, причем угол между оптическими осями выходного волокна первого волоконного поляризатора и канального интегрально-оптического волновода первого входного порта МИОС составляет 45 градусов, ко второму входному порту МИОС подключен вход компенсационного волокна, выход которого соединен с входом второго волоконного поляризатора, причем угол между оптическими осями волокон составляет 45 градусов, а выход второго волоконного поляризатора соединен с входом первого фотодетектора, первый выходной порт МИОС соединен с входом первого подводящего оптического волокна с ДЛП, второй выходной порт МИОС соединен с входом волоконного изолятора, а его выход соединен с входом второго фотодетектора, выход первого подводящего оптического волокна с ДЛП соединен с входом фарадеевского вращателя, выход которого соединен с входом второго подводящего оптического

волокна с ДЛП, выход которого соединен с входом чувствительного элемента, причем зеркало расположено на выходном торце чувствительного элемента, а длину компенсационного волокна рассчитывают по формуле (3)

$$L_c = 2 \frac{\Delta d \cdot \Lambda}{\lambda_c} \quad (3),$$

где  $\Delta d$  - разность оптического хода между ортогональными модами, приобретенная за счет распространения света во втором подводящем оптическом волокне с ДЛП и чувствительном элементе,  $\Lambda$  - длина биений оптических элементов,  $\lambda_c$  - центральная

длина волны деполаризованного низкокогерентного источника светового излучения.

Достигнутые с помощью изобретения преимущества состоят в том, что для модуляции фазы можно использовать любую частоту управляющего сигнала за счет того, что при подаче на двухканальный модулятор разности фаз напряжения одной полярности на двух соседних каналах разветвителя возникает разноименная модуляция показателя преломления, при этом отсутствует необходимость в создании линии задержки. Помимо этого, поскольку на фарадеевском вращателе происходит поворот поляризации на 90 градусов, то для света, прошедшего до зеркала и обратно, происходит удвоение амплитуды модуляции за один и тот же период модуляции, а использование второго фотодетектора позволяет снизить оптические шумы источника света, все это приводит к увеличению точности измеряемой физической величины.

Сущность заявляемого изобретения поясняется фиг.1. фиг.2, фиг.3, где на фиг.1 представлена схема устройства, на фиг.2 - схема чувствительного элемента с зеркалом, на фиг.3 - многофункциональная интегрально-оптическая схема (МИОС).

Устройство (фиг.1) содержит оптически соединенные деполаризованный низкокогерентный источник светового излучения 1, первый волоконный поляризатор 2, многофункциональную интегрально-оптическую схему (МИОС) 3, состоящую из двухканального модулятора разности фаз (МРФ) 4 и разветвителя 5, первое подводящее оптическое волокно с двулучепреломлением (ДЛП) 6, фарадеевский вращатель 7, второе подводящее оптическое волокно с ДЛП 8, чувствительный элемент 9, зеркало 10, компенсационное волокно 11, второй волоконный поляризатор 12, первый фотодетектор 13, волоконный изолятор 14, второй фотодетектор 15. Выход источника светового излучения 1 соединен с входом первого волоконного поляризатора 2, выход которого соединен с первым входным портом МИОС, причем угол между оптическими осями выходного волокна первого волоконного поляризатора 2 и интегрально-оптического канального волновода первого входного порта МИОС составляет 45 градусов, первый выходной порт МИОС соединен с входом первого подводящего оптического волокна с двулучепреломлением (ДЛП) 6, выход которого соединен с входом фарадеевского вращателя 7, а его выход соединен с входом второго подводящего оптического волокна с двулучепреломлением (ДЛП) 8, выход которого соединен с входом чувствительного элемента 9, на торце чувствительного элемента расположено зеркало 10, второй входной порт МИОС соединен с входом компенсационного волокна 11, выход которого соединен с входом второго волоконного поляризатора 12, причем угол между оптическими осями волокон составляет 45 градусов, причем выход второго волоконного поляризатора соединен с входом первого фотодетектора 13, а второй выходной порт МИОС соединен с входом волоконного изолятора 14, выход которого соединен с входом второго фотодетектора 15.

На фиг.2 чувствительный элемент 9 выполнен в виде канального интегрально-оптического волновода 16, изготовленного по технологии диффузии титана и

размещенного на второй подложке 17 из электрооптического кристалла ниобата лития  $\text{LiNbO}_3$ , на торце волновода расположено зеркало 10.

Разветвитель 5 и двухканальный МРФ 4 образуют единую многофункциональную интегрально-оптическую схему (МИОС) 3.

5 На фиг.3 разветвитель 5 выполнен в виде канального интегрально-оптического волновода на подложке из электрооптического кристалла ниобата лития  $\text{LiNbO}_3$  и имеет X-образную топологию с двумя входными и двумя выходными каналами, двухканальный МРФ 4 выполнен интегрально-оптическим и состоит из двух  
10 одноканальных МРФ 4а и 4б, электроды которых расположены параллельно друг другу на двух входных каналах разветвителя одновременно являющимися первым и вторым входным портом МИОС, причем центральные и наружные электроды одноканальных МРФ электрически соединены между собой соответственно.

Работа устройства, представленного на фиг.1, заключается в следующем: свет от  
15 деполяризованного низкокогерентного источника излучения 1 проходит через первый волоконный поляризатор 2, который преобразует деполяризованный свет в линейно-поляризованный, и плоскость поляризации вводится под углом 45 градусов к осям двулучепреломления канального интегрально-оптического волновода входного порта МИОС 3. В МИОС возбуждаются две ортогональные моды, направляемые по  
20 «быстрой» и «медленной» оптической оси интегрально-оптического волновода. Далее «быстрая» и «медленная» мода проходит через первый одноканальный МРФ 4а, разветвитель 5, первое подводящее оптическое волокно с ДЛП 6 и попадает на фарадеевский вращатель 7, в котором плоскости поляризаций «быстрой» и «медленной» мод поворачиваются на 45 градусов и вводится второе подводящее оптическое волокно  
25 с ДЛП 8 в одноименные оптические оси. Затем свет поступает в размещенный на подложке 17 канальный интегрально-оптический волновод 16 чувствительного элемента 9 и попадает на зеркало 10, после чего отражается и вновь проходит через канальный интегрально-оптический волновод 16 чувствительного элемента 9, второе подводящее оптическое волокно с ДЛП 8 и возвращается к фарадеевскому вращателю 7, где  
30 плоскости поляризаций мод снова поворачиваются на 45 градусов.

В сумме поворотов на фарадеевском вращателе 7 плоскости поляризаций отраженных мод вводятся под углом 90 градусов к осям первого подводящего оптического волокна с ДЛП 6. Таким образом, свет из «быстрой» оси вводится в «медленную» и наоборот. За счет смены осей происходит компенсация разности фаз между ортогональными модами, приобретенной за счет распространения света в МИОС 3 и первом подводящем  
35 оптическом волокне с ДЛП 6. Далее свет проходит через разветвитель 5, второй одноканальный МРФ 4б и попадает на компенсационное волокно 11, где происходит компенсация разности фаз между ортогональными модами, приобретенной за счет распространения света в канальном интегрально-оптическом волноводе 16 и втором подводящем оптическом волокне с ДЛП 8. После этого две скомпенсированные по  
40 фазе ортогональные моды вводятся под 45 градусов к оптической оси второго волоконного поляризатора 12, в результате чего на поляризаторе возникает интерференционный сигнал. Далее интерференционный сигнал попадает на фотодетектор 13. Для снижения влияния оптических шумов источника света при измерении интерференционного сигнала на первом фотодетекторе 13 используется второй  
45 выходной порт МИОС 3, из которого излучение через волоконный изолятор 14 попадает на второй фотодетектор 15.

В качестве конкретного выполнения устройства предлагается использовать деполяризованный низкокогерентный источник светового излучения в виде

суперлюминесцентного диода с центральной длиной волны 1550 нм и шириной спектра 30 нм, волоконный поляризатор, изготовленный на основе одномодового оптического волокна с двулучепреломлением типа PANDA, второй волоконный поляризатор, изготовленный на основе одномодового оптического волокна с двулучепреломлением

5 типа PANDA, разветвитель выполнен в виде канального интегрально-оптического волновода X-образной топологии с двумя входными и двумя выходными каналами, изготовленного по технологии диффузии титана и размещенного на подложке из кристалла ниобата лития  $\text{LiNbO}_3$ , и образует с двухканальным модулятором разности фаз (МРФ), состоящим из двух одноканальных модуляторов разности фаз, каждый из

10 которых выполнен в виде двух параллельных друг другу электродов, представляющих собой две расположенные параллельно друг другу полоски из золота и размещенные по обеим сторонам от интегрально-оптического канального волновода на некотором расстоянии от него, единую многофункциональную интегрально-оптическую схему (МИОС), причем электроды одноканальных МРФ расположены параллельно друг

15 другу на двух входных каналах разветвителя и являются первым и вторым входным портом МИОС, причем центральные и наружные электроды одноканальных МРФ электрически соединены между собой соответственно, фарадеевский вращатель, изготовленный на основе одномодового оптического волокна с двулучепреломлением

20 типа PANDA и магнитооптической ячейки Фарадея, фотодетектор в виде фотодиода на основе  $\text{InGaAs}$ , второй фотодетектор в виде фотодиода на основе  $\text{InGaAs}$ , чувствительный элемент, выполненный в виде канального интегрально-оптического волновода, выполненного по технологии диффузии титана на подложке из кристалла ниобата лития  $\text{LiNbO}_3$  и с напылением на торце кристалла зеркала, волоконный изолятор

25 на основе одномодового оптического волокна с двулучепреломлением типа PANDA, компенсационное волокно в виде отрезка оптического волокна типа PANDA, первое подводящее оптическое волокно с двулучепреломлением (ДЛП) в виде отрезка одномодового оптического волокна с двулучепреломлением типа PANDA, второе подводящее оптическое волокно с двулучепреломлением (ДЛП) в виде отрезка одномодового оптического волокна с двулучепреломлением типа PANDA.

30 Таким образом, рассмотренное показывает, что заявляемое изобретение осуществимо и обеспечивает достижение технического результата, заключающегося в том, что для модуляции фазы нет необходимости использовать высокую частоту управляющего сигнала и использовать линию задержки за счет того, что при подаче напряжения одной

35 полярности на двух соседних каналах разветвителя возникает разноименная модуляция показателя преломления для «быстрой» оси волновода. При этом компенсации фазы для прошедшего туда и обратно отраженного сигнала не возникает. Помимо этого, поскольку на фарадеевском вращателе происходит поворот поляризации на 90 градусов, то для света, прошедшего до зеркала и обратно, происходит удвоение амплитуды

40 модуляции, что позволяет использовать пониженные уровни напряжения для модуляции света.

#### Формула изобретения

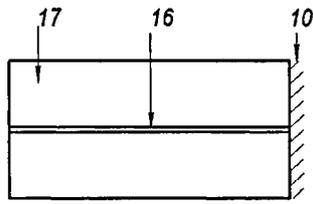
Волоконно-оптическое устройство для измерения напряженности электрического поля, содержащее оптически соединенные деполяризованный низкокогерентный

45 источник светового излучения, волоконный поляризатор, разветвитель, модулятор разности фаз, выполненный в виде интегрально-оптического канального волновода, размещенного на подложке из кристалла ниобата лития  $\text{LiNbO}_3$ , фарадеевский вращатель, чувствительный элемент, компенсационное волокно, зеркало, фотодетектор,

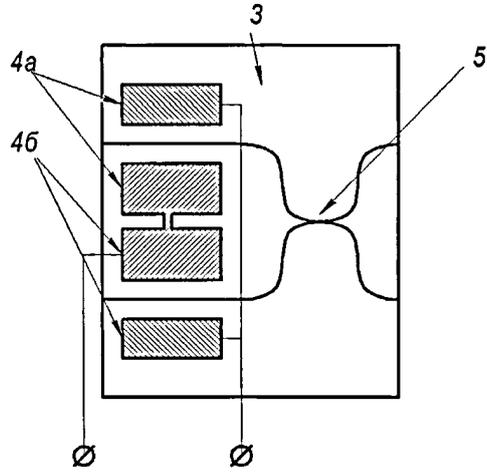
причем выход деполяризованного низкокогерентного источника светового излучения  
 соединен с входом волоконного поляризатора, выход которого соединен с входом  
 модулятора разности фаз, отличающееся тем, что в устройство введены оптически  
 соединенные волоконный изолятор, второй фотодетектор, второй волоконный  
 5 поляризатор, первое подводящее оптическое волокно с двулучепреломлением, второе  
 подводящее оптическое волокно с двулучепреломлением, причем модулятор разности  
 фаз выполнен двухканальным и состоит из двух одноканальных модуляторов разности  
 фаз, разветвитель выполнен в виде канального интегрально-оптического волновода  
 10 X-образной топологии с двумя входными и двумя выходными каналами, изготовленного  
 по технологии диффузии титана и размещенного на вышеуказанной подложке из  
 кристалла ниобата лития  $\text{LiNbO}_3$  и образует с двухканальным модулятором разности  
 фаз единую многофункциональную интегрально-оптическую схему, причем электроды  
 одноканальных модуляторов разности фаз расположены параллельно друг другу на  
 15 двух входных каналах разветвителя и являются первым и вторым входным портом  
 многофункциональной интегрально-оптической схемы, причем центральные и наружные  
 электроды одноканальных модуляторов разности фаз электрически соединены между  
 собой соответственно, чувствительный элемент выполнен в виде канального  
 интегрально-оптического волновода, изготовленного по технологии диффузии титана  
 и размещенного на второй подложке из кристалла ниобата лития  $\text{LiNbO}_3$ , выход  
 20 источника светового излучения соединен с входом первого волоконного поляризатора,  
 выход которого соединен с канальным интегрально-оптическим волноводом первого  
 входного порта многофункциональной интегрально-оптической схемы, причем угол  
 между оптическими осями выходного волокна первого волоконного поляризатора и  
 25 канального интегрально-оптического волновода первого входного порта  
 многофункциональной интегрально-оптической схемы составляет 45 градусов, ко  
 второму входному порту многофункциональной интегрально-оптической схемы  
 подключен вход компенсационного волокна, выход которого соединен с входом второго  
 волоконного поляризатора, причем угол между оптическими осями волокон составляет  
 30 45 градусов, а выход второго волоконного поляризатора соединен с входом первого  
 фотодетектора, первый выходной порт многофункциональной интегрально-оптической  
 схемы соединен с входом первого подводящего оптического волокна с  
 двулучепреломлением, второй выходной порт многофункциональной интегрально-  
 оптической схемы соединен с входом волоконного изолятора, а его выход соединен с  
 35 входом второго фотодетектора, выход первого подводящего оптического волокна с  
 двулучепреломлением соединен с входом фарадеевского вращателя, выход которого  
 соединен с входом второго подводящего оптического волокна с двулучепреломлением,  
 выход которого соединен с входом чувствительного элемента, причем зеркало  
 расположено на выходном торце чувствительного элемента, а длина компенсационного  
 40 волокна рассчитывается по формуле:

$$L_c = 2 \frac{\Delta d \cdot \Lambda}{\lambda_c},$$

где  $\Delta d$  - разность оптического хода между ортогональными модами, приобретенная  
 за счет распространения света во втором подводящем оптическом волокне с  
 45 двулучепреломлением и чувствительном элементе,  $\Lambda$  - длина биений оптических  
 элементов,  $\lambda_c$  - центральная длина волны деполяризованного низкокогерентного  
 источника светового излучения.



Фиг. 2



Фиг. 3