



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
G02B 6/362 (2006.01); C03B 37/01217 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2016147749, 03.11.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
03.11.2015

Дата регистрации:  
24.01.2019

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
07.01.2015 CN 201510005831.2

(45) Опубликовано: 24.01.2019 Бюл. № 3

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на  
национальной фазе: 07.08.2017

(86) Заявка РСТ:  
CN 2015/093683 (03.11.2015)

(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2016/110153 (14.07.2016)

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

(72) Автор(ы):

ЛО Вэньюн (CN),  
ЛЮ Чжицзянь (CN),  
КЭ Или (CN),  
МО Ци (CN),  
ХУ Фумин (CN),  
ЛЭЙ Цюнь (CN),  
КАН Чживэнь (CN),  
ДАНЬ Жун (CN),  
ЧЖАО Лэй (CN)

(73) Патентообладатель(и):

ФАЙБЕРХОУМ  
ТЕЛЕКОММЬЮНИКЕЙШН  
ТЕКНОЛОДЖИЗ КО., ЛТД (CN)

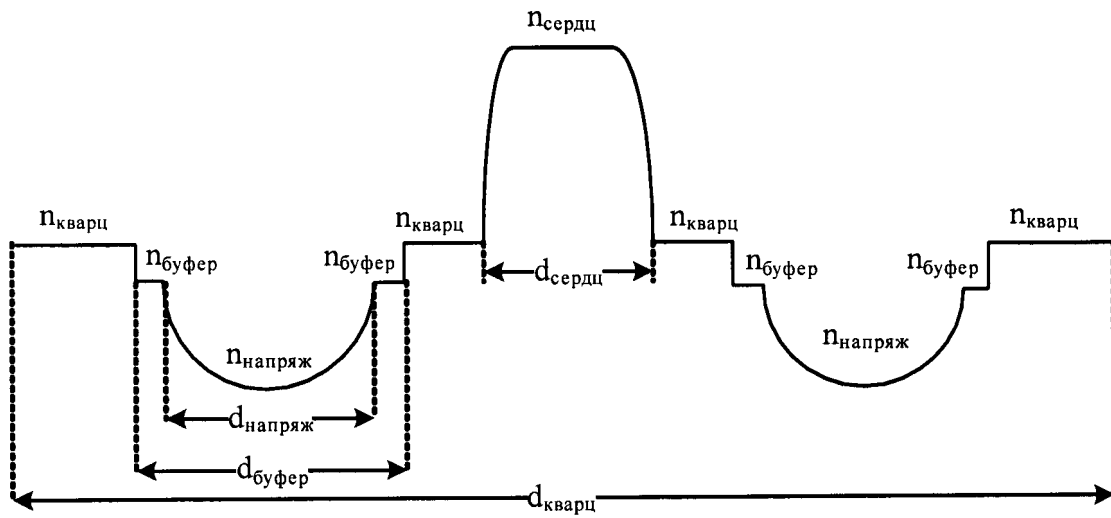
(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: US 7110647 B2, 19.09.2006. EP  
1657588 B1, 04.03.2015. US 7200309 B2,  
03.04.2007. EP 1245993 A2, 02.10.2002. WO  
2008066782 A2, 05.06.2008.

(54) СОХРАНЯЮЩЕЕ СОСТОЯНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИИ ОПТИЧЕСКОЕ ВОЛОКНО МАЛОГО  
ДИАМЕТРА

(57) Реферат:

Изобретение относится к области оптических волокон. Сохраняющее состояние поляризации оптическое волокно малого диаметра включает кварцевое оптическое волокно, вокруг внешней оболочки которого расположен слой внутреннего покрытия и слой внешнего покрытия, а во внутренней оболочке кварцевого оптического волокна находится сердцевина и кварцевая оболочка, между которыми находятся зоны напряжения; между слоями внутреннего и внешнего покрытия находится слой буферного покрытия. По периферии каждой зоны напряжения находится коаксиально

расположенный защитный буферный слой. Когда рабочая длина волны оптического волокна с сохранением поляризации малого диаметра составляет 1310 нм, затухание снижается до менее 0,5 дБ/км, а переходное затухание достигает -35 дБ/км; при рабочей длине волны, равной 1550 нм, затухание снижается до менее 0,4 дБ/км, а переходное затухание достигает -30 дБ/км. Технический результат - устойчивость к затуханию и стабильность работы в течение долгого времени, повышение точности. 7 з.п. ф-лы, 5 ил.



Фиг. 3

RU 2678205 C1

RU 2678205 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

*G02B 6/362* (2006.01); *C03B 37/01217* (2006.01)(21)(22) Application: **2016147749, 03.11.2015**(24) Effective date for property rights:  
**03.11.2015**Registration date:  
**24.01.2019**

Priority:

(30) Convention priority:  
**07.01.2015 CN 201510005831.2**(45) Date of publication: **24.01.2019** Bull. № 3(85) Commencement of national phase: **07.08.2017**(86) PCT application:  
**CN 2015/093683 (03.11.2015)**(87) PCT publication:  
**WO 2016/110153 (14.07.2016)**Mail address:  
**190000, Sankt-Peterburg, BOX-1125,  
"PATENTIKA"**

(72) Inventor(s):

**LO Venyun (CN),  
LYU Chzhitszyan (CN),  
KE Ili (CN),  
MO Tsi (CN),  
KHU Fumin (CN),  
LEJ Tsyun (CN),  
KAN Chzhiven (CN),  
DAN Zhun (CN),  
CHZHAO Lej (CN)**

(73) Proprietor(s):

**FAJBERKHOUM TELEKOMMYUNIKEJSHN  
TEKNOLODZHIZ KO., LTD (CN)**(54) **PRESERVING CONDITION OF POLARIZATION OF OPTICAL SMALL DIAMETER FIBER**

(57) Abstract:

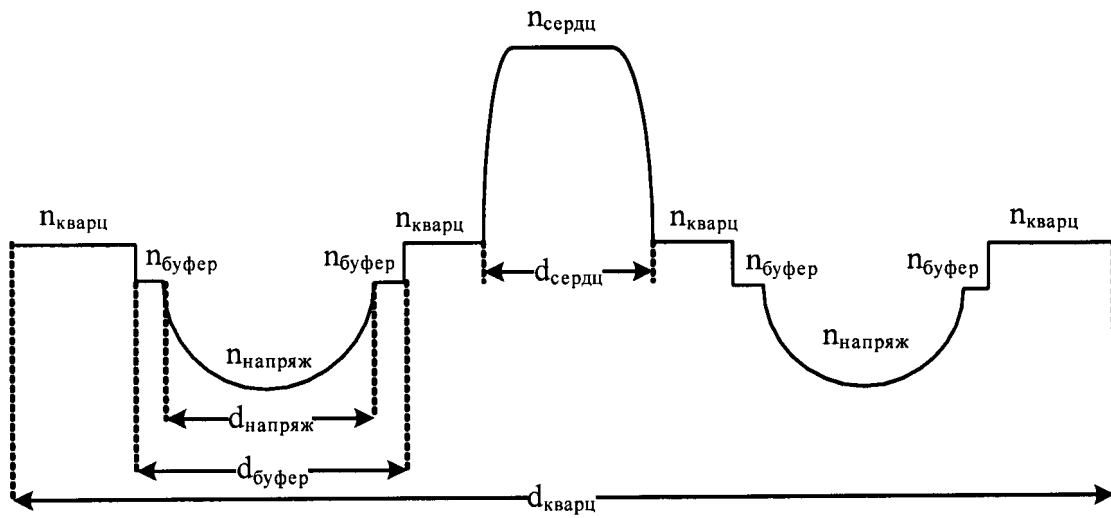
FIELD: optical fibers.

SUBSTANCE: invention relates to the field of optical fibers. Small-diameter optical fiber preserving the state of polarization includes a quartz optical fiber, around the outer shell of which there is an inner coating layer and an outer coating layer, and in the inner envelope of a quartz optical fiber there is a core and a quartz envelope, between which there are stress zones; between the layers of the inner and outer coating is a layer of buffer coating. On the periphery of each voltage zone there is a coaxial protective buffer layer. When

the working wavelength of the optical fiber with preservation of small-diameter polarization is 1310 nm, the attenuation decreases to less than 0.5 dB/km, and the crosstalk reaches -35 dB/km; at the working wavelength, equal to 1550 nm, the attenuation is reduced to less than 0.4 dB/km, and the crosstalk attenuation reaches -30 dB/km.

EFFECT: technical result – resistance to fading and stability of operation for a long time, improving accuracy.

8 cl, 5 dwg



Фиг. 3

RU 2678205 C1

RU 2678205 C1

## Область техники

Настоящее изобретение относится к области специальных оптических волокон, в частности относится к сохраняющему состояние поляризации оптическому волокну малого диаметра.

## 5 Уровень техники

PMF (Polarization Maintaining Optical Fiber - сохраняющее состояние поляризации оптическое волокно) - это вид особого оптического волокна, которое при осуществлении одномодовой передачи света также сохраняет состояние линейной поляризации. Так как волокна PMF обладает свойством двойного лучепреломления при деформации, они 10 способны во время передачи линейно поляризованного света прекрасно сохранять состояние поляризации. Способность волокон PMF сохранять линейную поляризацию представляет практическую ценность во многих, связанных с поляризацией, областях (например, многомерные последовательные мультиплексные каналы связи, технологии волоконно-оптических гироскопов, технологии трансформации электрического тока, 15 волоконно-оптические гидрофоны и поляризационные датчики).

При использовании волокон PMF в волоконно-оптических гироскопах они наматываются в кольцо (контур). Контур из оптоволокна - это ключевая часть волоконно-оптического гироскопа, свойства контура непосредственно определяют работу волоконно-оптического гироскопа, а длина оптических волокон контура 20 определяет точность гироскопа, собственные свойства оптического волокна играют ключевую роль в адаптивности контура к среде, тем самым определяя способность волоконно-оптического гироскопа адаптироваться к среде. Среда и процесс эксплуатации волоконно-оптических гироскопов, изготовленных с использованием PMF, отличается от применения обычных оптических волокон, и особое внимание в 25 волоконно-оптических гироскопах, изготовленных с использованием PMF, уделяется механическому напряжению и оптической поляризации оптического волокна, а также показателю адаптивности к окружающей среде (главным образом включает перекрестные помехи при комнатной температуре, перекрестные помехи при любой температуре, потери при комнатной температуре, изменение дополнительных потерь при любой температуре, диаметр модового поля, длина такта, фильтр растяжения, 30 диаметр оболочки, диаметр покрытия и пр.).

Основными типами PMF волокон являются геометрические сохраняющие поляризацию оптические волокна двойного лучепреломления и сохраняющие поляризацию оптические волокна двойного лучепреломления при деформации. 35 Геометрические сохраняющие поляризацию оптические волокна двойного лучепреломления главным образом представляют собой PMF волокна с овальной сердцевинкой; при использовании геометрических сохраняющих поляризацию оптических волокон двойного лучепреломления, благодаря геометрической асимметрии сердцевинки, осуществляется эффект двойного преломления, позволяющий управлять состоянием линейной поляризации света. Сохраняющие поляризацию оптические 40 волокна двойного лучепреломления при деформации главным образом включают сохраняющие поляризацию оптические волокна типа "бабочка", с овальной оболочкой и типа "панда". При использовании сохраняющих поляризацию оптических волокон двойного лучепреломления через зону напряжения в оболочке оптического волокна, образованную материалом, коэффициент расширения которого значительно отличается от материала оболочки, посредством напряжения происходит сжатие модового поля передаваемого сердцевинкой волокна света и достигается эффект двойного 45 лучепреломления, позволяющий сохранить линейную поляризацию света.

После успешного выпуска сохраняющих поляризацию оптических волокон типа "панда" в результате ориентирования на спрос в технологии волоконно-оптических гироскопов значения диаметра оболочки / диаметра покрытия оптических волокон этого типа менялись следующим образом: 200/400 мкм, 125/245 мкм, 80/165 мкм. Когда диаметр оболочки оптических волокон типа "панда" составил 80 мкм, диаметр покрытия смогли уменьшить приблизительно до 165 мкм; по сравнению со стандартными оптическими волокнами 125/245 мкм диаметр покрытия (165 мкм) оптических волокон типа "панда" стандарта 80/165 мкм был уменьшен более чем на 30%, а объем - более чем на 50%.

Другими словами, сохраняющие поляризацию оптические волокна типа "панда" стандарта 80/165 мкм используются для колец волоконно-оптических гироскопов достаточно малого размера, что обеспечивает ряд преимуществ, наиболее значительным из которых является улучшение температурных характеристик колец из оптоволокна. Однако с развитием технологий волоконно-оптических гироскопов, а также в соответствии с требованиями развития применения технологий трансформации электрического тока умных электросетей от колец из оптоволокна требуются еще более лучшие температурные характеристики и еще меньший размер.

В ответ на новые потребности необходимо разработать сохраняющие поляризацию оптические волокна меньшего размера. Традиционный способ уменьшения размера оптических волокон состоит в простом снижении диаметра оптического волокна. Однако ввиду того, что диаметр оптического волокна уменьшается и слой покрытия становится тоньше, это приводит к проблеме снижения способности оптических волокон подавлять внешние помехи, поэтому традиционный способ уменьшения размера оптических волокон трудно применим для волоконно-оптических гироскопов, к точности которых предъявляются высокие требования.

Таким образом, создание таких сохраняющих поляризацию оптических волокон, которые бы обладали хорошей свариваемостью и со стандартными оптическими волокнами, и с сохраняющими поляризацию оптическими волокнами, обладали меньшим объемом и диаметром, а также отличными геометрическими и оптическими характеристиками, является актуальной проблемой технологий улучшения волоконно-оптических гироскопов, трансформаторов и других прикладных технологий.

Общеизвестно, что если на одном из участков волокон в контура наблюдаются изменяющиеся по времени температурные отклонения, и когда два пучка света в разное время в противоположных направлениях проходят через это оптическое волокно, в результате температурных отклонений они могут подвергнуться различным фазовым сдвигам, а эти фазовые сдвиги являются невзаимными фазовыми сдвигами, вызванными температурой среды (то есть происходит эффект Шупэ). Последствием эффекта Шупэ являются погрешности в измерениях гироскопов, которые называются погрешностями Шупэ.

Коэффициент колебания температуры на каждом отрезке оптического волокна обычно вызывается температурным градиентом на внутренней и внешней стороне контура, обусловленным температурой среды, характеризуя чувствительность скорости температуры погрешности Шупэ чувствительностью температурного градиента. Вызванные изменениями температуры среды отклонения волоконно-оптического гироскопа (погрешности Шупэ) трудно отличить от сдвигов Саньяка, вызванных вращением, поэтому необходимо принять меры по сдерживанию температурных дрейфов волоконно-оптических гироскопов.

В настоящее время способами сдерживания температурных дрейфов волоконно-

оптических гироскопов обычно являются: симметричная обмотка оптоволоконного контура (4 или 8 электродов и т.п.), что создает обратную последовательность слоев двух смежных пар симметричных оптических волокон для компенсации радиального градиента температурного поля. Данный способ позволяет чрезвычайно эффективно подавить эффект Шупэ на волоконно-оптических гироскопах, однако он ограничивается технологическим оборудованием, и в состоянии обмотки контура по-прежнему существуют недостатки, а во время применения данного способа на высокоточных волоконно-оптических гироскопах нельзя не принимать во внимание остаточный температурный дрейф.

Малый диаметр сохраняющего поляризацию оптического волокна позволяет сдерживать температурный дрейф волоконно-оптического гироскопа, под сохраняющими поляризацию оптическими волокнами малого диаметра понимают волокна с диаметром оболочки не более 80 мкм и диаметром покрытия от 90 до 140 мкм. По сравнению с оптическим волокном стандарта 80/165 мкм (диаметр оболочки / диаметр покрытия) сохраняющее поляризацию оптическое волокно малого диаметра обладает лучшим сопротивлением изгибу; с помощью оптических волокон той же длины можно намотать контур меньшего диаметра, что снизит в конструкции гироскопа количество слоев оптических волокон, уменьшит разницу в температуре внутренней и внешней стороны контура, позволит эффективно сдерживать погрешность Шупэ в волоконно-оптическом гироскопе и повышать его общие температурные свойства. В то же время при использовании сохраняющего поляризацию оптического волокна малого диаметра для волоконно-оптического гироскопа определенного размера позволяет наматывать контур большей длины, значительно повышая предельную точность гироскопа определенного размера и удовлетворяя потребности миниатюризации волоконно-оптических гироскопов высокой точности.

Таким образом, по мере непрерывного уменьшения геометрических размеров оптических волокон по-прежнему большой проблемой в процессе разработки и изготовления оптических волокон остается то, как при снижении диаметра оболочки и диаметра покрытия обеспечить отличные характеристики сохраняющего поляризацию оптического волокна.

Раскрытие сущности изобретения Для преодоления недостатков существующих технологий целью настоящего изобретения является предоставление сохраняющего состояние поляризации оптического волокна малого диаметра, не только обладающего отличными характеристиками устойчивости к затуханию и переходному затуханию, но и прекрасной стабильностью работы в течение долгого времени, что позволяет обеспечивать лучшие оптоволоконные контуры для производства высокоточных волоконно-оптических гироскопов, закладывая базу для их развития в направлении миниатюризации и повышения точности.

Для достижения описанной выше цели настоящее изобретение обеспечивает: сохраняющее поляризацию оптическое волокно малого диаметра, включающее кварцевое оптическое волокно, находящиеся вокруг внешней оболочки кварцевого оптического волокна слой внутреннего покрытия и слой внешнего покрытия, во внутренней оболочке - сердцевина и кварцевая оболочка, кварцевая оболочка располагается вокруг сердцевины оптического волокна; между сердцевиной оптического волокна и кварцевой оболочкой находятся 2 зоны напряжения, 2 зоны напряжения расположены симметрично относительно центра сердцевины; между вышеупомянутым слоем внутреннего покрытия и слоем внешнего покрытия находится слой буферного покрытия, а по периферии каждой зоны напряжения находится защитный буферный

слой, коаксиально расположенный по отношению к зонам напряжения.

Коэффициент преломления вышеупомянутой сердцевины оптического волокна обозначается  $n_{\text{сердц}}$ , коэффициент преломления вышеупомянутого буферного слоя обозначается  $n_{\text{буфер}}$ , коэффициент преломления вышеупомянутой кварцевой оболочки обозначается  $n_{\text{кварц}}$ ; коэффициент преломления вышеупомянутых зон напряжения обозначается  $n_{\text{напряж}}$ , коэффициент преломления периферии зон напряжения обозначается  $n_{\text{периф напряж}}$ , а коэффициент преломления центра зон напряжения обозначается  $n_{\text{центр напряж}}$ .

Относительная разница  $\Delta n_{\text{сердц}}$  коэффициентов преломления  $n_{\text{сердц}}$  и  $n_{\text{кварц}}$  составляет 0,5-1,3%, относительная разница  $\Delta n_{\text{буфер}}$  коэффициентов преломления  $n_{\text{буфер}}$  и  $n_{\text{кварц}}$  составляет -0,1...-0,4%; относительная разница  $\Delta n_{\text{периф напряж}}$  коэффициентов преломления  $n_{\text{периф напряж}}$  и  $n_{\text{кварц}}$  составляет -0,1...-0,4%, а относительная разница  $\Delta n_{\text{центр напряж}}$  коэффициентов преломления  $n_{\text{центр напряж}}$  и  $n_{\text{кварц}}$  составляет -1.2...-0.8%).

При рабочей длине волны вышеупомянутого сохраняющего поляризацию оптического волокна малого диаметра равной 1310 нм, затухание снижается до менее 0,5 дБ/км, переходное затухание достигает -35 дБ/км; при рабочей длине волны равной 1550 нм, затухание снижается до менее 0,4 дБ/км, а переходное затухание достигает -30 дБ/км.

На основе описанного выше технического решения диаметр вышеупомянутой сердцевины оптического волокна обозначается  $d_{\text{сердц}}$ , диаметр вышеупомянутого буферного слоя обозначается  $d_{\text{буфер}}$ , диаметр вышеупомянутого кварцевого волокна обозначается  $d_{\text{кварц}}$ , диаметр вышеупомянутых зон напряжения обозначается  $d_{\text{напряж}}$ ; отношение  $d_{\text{сердц}}$  к  $d_{\text{кварц}}$  составляет 0,05-0,08, отношение  $d_{\text{буфер}}$  к  $d_{\text{напряж}}$  составляет 1,0-1,2, отношение  $d_{\text{напряж}}$  к  $d_{\text{кварц}}$  составляет 0,2-0,4.

На основе описанного выше технического решения диаметр вышеупомянутого слоя внутреннего покрытия обозначается  $d_{\text{внутр}}$ , диаметр вышеупомянутого слоя буферного покрытия обозначается  $d_{\text{буфер покр}}$ , диаметр вышеупомянутого слоя внешнего покрытия обозначается  $d_{\text{внеш}}$ ; отношение между  $d_{\text{внутр}}$  и  $d_{\text{внеш}}$  составляет 0,65-0,85, отношение между  $d_{\text{буфер покр}}$  и  $d_{\text{внеш}}$  составляет 0,75-0,9.

На основе описанного выше технического решения диаметр  $d_{\text{кварц}}$  вышеупомянутого кварцевого оптического волокна составляет 50 мкм или 80 мкм, а вышеупомянутый  $d_{\text{внеш}}$  составляет 90-140 мкм.

На основе описанного выше технического решения модуль Юнга вышеупомянутого слоя внутреннего покрытия составляет 0,05-20 МПа, модуль Юнга вышеупомянутого слоя внешнего покрытия составляет 0,5-1,5 ГПа, модуль Юнга вышеупомянутого слоя буферного покрытия составляет 0,1-600 МПа, при этом значение модуля Юнга слоя буферного покрытия должно быть между значениями модуля Юнга слоя внутреннего покрытия и слоя внешнего покрытия.

На основе описанного выше технического решения при производстве вышеупомянутого слоя внутреннего покрытия, слоя буферного покрытия и слоя внешнего покрытия вышеупомянутый слой внутреннего покрытия производится нанесением покрытия через одинарную головку, и после его отверждения УФ-излучением через двойную головку одновременно наносится слой буферного покрытия



и слой внешнего покрытия, после чего слой буферного покрытия и слой внешнего покрытия одновременно подвергаются отверждению УФ-излучением.

На основе описанного выше технического решения разница вышеупомянутого относительного коэффициента преломления рассчитывается по следующей формуле:  

$$\Delta = (n_{\text{прелом}} - n_{\text{кварц}}) / (n_{\text{прелом}} + n_{\text{кварц}}) \cdot 100\%$$
, где  $\Delta$  является разницей относительного коэффициента преломления. При расчете разницы относительного коэффициента преломления сердцевины и кварцевой оболочки в приведенной выше формуле  $n_{\text{прелом}}$  является  $n_{\text{сердц}}$ ; при расчете разницы относительного коэффициента преломления буферного слоя и кварцевой оболочки в приведенной выше формуле  $n_{\text{прелом}}$  является  $n_{\text{буфер}}$ ; при расчете разницы относительного коэффициента преломления периферии зоны напряжения и кварцевой оболочки в приведенной выше формуле  $n_{\text{прелом}}$  является  $n_{\text{периф напряж}}$ ; при расчете разницы относительного коэффициента преломления центра зоны напряжения и кварцевой оболочки в приведенной выше формуле  $n_{\text{прелом}}$  является  $n_{\text{центр напряж}}$ .

На основе описанного выше технического решения вышеупомянутая сердцевина производится методом легирования германием, вышеупомянутый буферный слой производится методом поверхностного легирования бором, а вышеупомянутые зоны напряжения производятся методом глубокого легирования бором.

По сравнению с существующим уровнем техники настоящее изобретение имеет следующие преимущества:

(1) В настоящем изобретении разработана новая конструкция волновода, сохраняющего поляризацию оптического волокна, по периферии зон напряжения находится буферный слой, зоны напряжения имеют конструкцию волновода с плавным параболическим профилем, сердцевина - планарный волновод параболического профиля. Таким образом, настоящее изобретение позволяет в условиях уменьшения диаметра оболочки оптического волокна решить проблему увеличения затухания, вызванного увеличением пропорциональной части, которую занимают зоны напряжения в области кварцевой оболочки.

Кроме того, в настоящем изобретении между стандартным слоем внутреннего покрытия и слоем внешнего покрытия предусмотрен очень тонкий слой буферного покрытия, что позволяет эффективно решить проблему трудности обеспечения достаточного контроля переходного затухания, вызванного утончением покрытия.

Обобщая вышесказанное, настоящее изобретение посредством двойной буферной конструкции, включающей буферный слой и слой буферного покрытия, обеспечивает основу для дальнейшего уменьшения диаметра сохраняющего поляризацию оптического волокна. Сохраняющее состояние поляризации оптическое волокно с двойной буферной конструкцией согласно настоящему изобретению обладает не только прекрасной способностью стабилизации затухания и переходного затухания, но и способностью стабилизации долгосрочной работы, а также способно обеспечить лучшие оптоволоконные контуры для разработок высокоточных волоконно-оптических гироскопов, закладывая базу для их развития в направлении миниатюризации и повышения точности.

(2) В настоящем изобретении хорошо реализованы слой внутреннего покрытия, слой буферного покрытия и слой внешнего покрытия (образующие составной слой покрытия по принципу бутерброда), в нем разработана совершенно новая технология покрытия "сухое - по мокрому - по мокрому", при которой внутреннее покрытие наносится через

одинарную головку, а буферное и внешнее покрытия наносятся одновременно с помощью двойной головки. Поэтому в условиях конструкции с трехслойным покрытием по-прежнему можно достичь хороших результатов отверждения оптического волокна с помощью технологии затвердевания двух слоев покрытия. Это обеспечивает  
 5 осуществимое техническое решение для разработки сохраняющих поляризацию оптических волокон, обладающих хорошими свойствами устойчивости к затуханию и переходному затуханию.

Краткое описание чертежей

10 Фигура 1 представляет собой схематическое изображение торцевой части кварцевой оболочки сохраняющего поляризацию оптического волокна малого диаметра по примеру осуществления настоящего изобретения.

Фигура 2 представляет собой схематическое изображение торцевой части слоя покрытия сохраняющего поляризацию оптического волокна малого диаметра по примеру осуществления настоящего изобретения.

15 Фигура 3 представляет собой схематическое изображение волновода с зонами напряжения сохраняющего поляризацию оптического волокна малого диаметра по примеру осуществления настоящего изобретения.

Фигура 4 представляет собой график кривой стабильности затухания оптического волокна в условиях долговременного старения сохраняющего поляризацию оптического  
 20 волокна малого диаметра по примеру осуществления настоящего изобретения.

Фигура 5 представляет собой график кривой стабильности переходного затухания оптического волокна в условиях долговременного старения сохраняющего поляризацию оптического волокна малого диаметра по примеру осуществления настоящего изобретения.

25 На фигурах: 1 - сердцевина, 2 - кварцевая оболочка, 3 - буферный слой, 4 - зоны напряжения, 5 - кварцевое оптическое волокно, 6 - слой внутреннего покрытия, 7 - слой буферного покрытия, 8 - слой внешнего покрытия.

Осуществление изобретения Далее следует более подробное описание настоящего изобретения, сопровождающееся изображениями и вариантами осуществления.

30 Как показано на Фиг. 1 и Фиг. 2, сохраняющее поляризацию оптическое волокно малого диаметра по варианту осуществления настоящего изобретения включает кварцевое оптическое волокно 5, во внутренней оболочке которого имеется сердцевина 1 и кварцевая оболочка 2, при этом кварцевая оболочка 2 располагается вокруг сердцевины 1. Между сердцевиной 1 и кварцевой оболочкой находятся две зоны  
 35 напряжения 4, расположенные симметрично относительно центра сердцевины 1, а по периферии каждой зоны напряжения 4 находится один буферный слой 3, коаксиально расположенный по отношению к зоне напряжения 4. Вокруг внешней оболочки кварцевого оптического волокна 5 находится слой внутреннего покрытия 6 и слой внешнего покрытия 8, между которыми находится слой буферного покрытия 7.

40 Коэффициент преломления сердцевины 1 обозначается  $n_{\text{сердц}}$ , коэффициент преломления буферного слоя 3 обозначается  $n_{\text{буфер}}$ , коэффициент преломления кварцевой оболочки 2 обозначается  $n_{\text{кварц}}$ ; коэффициент преломления зон напряжения 4 обозначается  $n_{\text{напряж}}$ , коэффициент преломления периферии зон напряжения 4  
 45 обозначается  $n_{\text{периф напряж}}$ , а коэффициент преломления центра зон напряжения 4 обозначается  $n_{\text{центр напряж}}$ .

Разница относительного коэффициента преломления сохраняющего поляризацию оптического волокна малого диаметра по варианту осуществления настоящего

изобретения рассчитывается по следующей формуле:  $\Delta = (n_{\text{прелом}} - n_{\text{кварц}}) / (n_{\text{прелом}} + n_{\text{кварц}}) \cdot 100\%$ , где  $\Delta$  является разницей относительного коэффициента преломления. При расчете разницы относительного коэффициента преломления сердцевины 1 и кварцевой оболочки 2, в приведенной выше формуле  $n_{\text{прелом}}$  является  $n_{\text{сердц}}$ ; при расчете разницы относительного коэффициента преломления буферного слоя 3 и кварцевой оболочки 2 в приведенной выше формуле  $n_{\text{прелом}}$  является  $n_{\text{буфер}}$ ; при расчете разницы относительного коэффициента преломления периферии зоны напряжения 4 и кварцевой оболочки 2 в приведенной выше формуле  $n_{\text{прелом}}$  является  $n_{\text{периф напряж}}$ ; при расчете разницы относительного коэффициента преломления центра зоны напряжения 4 и кварцевой оболочки 2, в приведенной выше формуле  $n_{\text{прелом}}$  является  $n_{\text{центр напряж}}$ .

Как показано на Фиг. 3, волновод сердцевины 1 имеет ступенчатый профиль, сердцевина 1 производится методом легирования германием, а разница  $\Delta n_{\text{сердц}}$  относительного коэффициента преломления  $n_{\text{сердц}}$  и  $n_{\text{кварц}}$  составляет 0,5-1,3%. Буферный слой 3 производится методом поверхностного легирования бором, а разница  $\Delta n_{\text{буфер}}$  относительного коэффициента преломления  $n_{\text{буфер}}$  и  $n_{\text{кварц}}$  составляет -0,1...-0,4%. Зоны напряжения 4 производятся методом глубокого легирования бором, а разница  $\Delta n_{\text{периф напряж}}$  относительного коэффициента преломления  $n_{\text{периф напряж}}$  и  $n_{\text{кварц}}$  составляет -1,2...-0,8%.

Диаметр вышеупомянутой сердцевины 1 обозначается  $d_{\text{сердц}}$ , диаметр буферного слоя 3 обозначается  $d_{\text{буфер}}$ , диаметр кварцевого волокна 5 обозначается  $d_{\text{кварц}}$ , диаметр зон напряжения 4 обозначается  $d_{\text{напряж}}$ ; отношение  $d_{\text{сердц}}$  к  $d_{\text{кварц}}$  составляет 0,05-0,08, отношение  $d_{\text{буфер}}$  к  $d_{\text{напряж}}$  составляет 1,0-1,2, отношение  $d_{\text{напряж}}$  к  $d_{\text{кварц}}$  составляет 0,2-0,4.

Диаметр  $d_{\text{кварц}}$  кварцевого оптического волокна 5 по варианту осуществления настоящего изобретения составляет 50 мкм или 80 мкм, диаметр слоя внутреннего покрытия 6 обозначается  $d_{\text{внутр}}$ , диаметр слоя буферного покрытия 7 обозначается  $d_{\text{буфер покр}}$ , диаметр слоя внешнего покрытия 8  $d_{\text{внеш}}$  составляет 90-140 мкм. Отношение  $d_{\text{внутр}}$  к  $d_{\text{внеш}}$  составляет 0,65-0,85, отношение  $d_{\text{буфер покр}}$  к  $d_{\text{внеш}}$  составляет 0,75-0,9.

Модуль Юнга слоя буферного покрытия 7 находится между значениями модуля Юнга слоя внутреннего покрытия 6 и слоя внешнего покрытия 8; модуль Юнга слоя внутреннего покрытия 6 составляет 0,05-20 МПа, модуль Юнга слоя внешнего покрытия 8 составляет 0,5-1,5 ГПа, модуль Юнга слоя буферного покрытия 7 составляет 0,1-600 МПа.

При производстве слоя внутреннего покрытия 6, слоя буферного покрытия 7 и слоя внешнего покрытия 8 применяется технология отверждения под действие ультрафиолетового излучения, которая состоит в следующем: внутреннее покрытие 6 наносится через одинарную головку и проходит УФ-отверждение, после чего происходит одновременное нанесение слоя буферного покрытия 7 и слоя внешнего покрытия 8 через двойную головку, затем слой буферного покрытия 7 и слой внешнего покрытия 8 проходит УФ-отверждение, то есть осуществляется особое отверждение методом "сухое - по мокрому - по мокрому".

При рабочей длине волны сохраняющего поляризацию оптического волокна малого

диаметра по варианту осуществления настоящего изобретения равной 1310 нм, затухание снижается до менее 0,5 дБ/км, а переходное затухание достигает - 35 дБ/км; при рабочей длине волны равной 1550 нм, затухание снижается до менее 0,4 дБ/км, а переходное затухание достигает - 30 дБ/км.

5 Принцип работы сохраняющего поляризацию оптического волокна малого диаметра по варианту осуществления настоящего изобретения состоит в следующем:

При достаточно высоком значении  $\Delta n_{\text{сердц}}$  можно удерживать значение диаметра модового поля несколько ниже, а при достаточно мощной способности сопротивления изгибу сохраняющего поляризацию оптического волокна и достаточно низком значении  $\Delta n_{\text{сердц}}$  затухание сохраняющего поляризацию оптического волокна будет несколько лучше, в то же время увеличится диаметр модового поля и снизится способность сопротивления изгибу сохраняющего поляризацию оптического волокна.

10 При согласованных значениях  $n_{\text{буфер}}$ ,  $n_{\text{сердц}}$  и  $n_{\text{центр}}$  напряж, когда значение  $n_{\text{сердц}}$  и  $n_{\text{центр}}$  напряж являются достаточно высокими, значение  $n_{\text{буфер}}$  может увеличиваться, в этом случае сохраняющему поляризацию оптическому волокну необходима лишь низкая буферная способность; при достаточно высоком или достаточно низком значении  $n_{\text{сердц}}$  и достаточно низком минимальном значении  $n_4$ , значение  $n_3$  может уменьшаться, в этом случае для сохраняющего поляризацию оптического волокна обеспечивается   
20 достаточно большая буферная способность.

Значения  $\Delta n_{\text{периф}}$  напряж и  $\Delta n_{\text{центр}}$  напряж могут удерживаться в пределах диапазона преломления, благодаря чему реализуется контроль свойств затухания и длины такта в условиях сохраняющего поляризацию оптического волокна с малым диаметром.

25 Предусмотренные настоящим изобретением отношения диаметров позволяют обеспечить контроль диаметра модового поля, предельной длины волны, а также перекрестных помех, длины такта и других характеристик сохраняющего поляризацию оптического волокна.

Ниже приводится конкретное описание сохраняющего поляризацию оптического волокна малого диаметра по настоящему изобретению посредством 2 вариантов   
30 осуществления.

Вариант осуществления 1: когда диаметр  $d_{\text{кварц}}$  кварцевого оптического волокна 5 составляет 80 мкм 4 типа сохраняющих поляризацию оптических волокон: оптическое волокно 1, оптическое волокно 2, оптическое волокно 3 и оптическое волокно 4, конкретные параметры которых приведены в Таблице 1.   
35

40

45

Таблица 1. Таблица параметров 4 видов сохраняющих поляризацию оптических волокон при значении  $d_{\text{кварц}}$ , равном 80 мкм

Название параметра	Оптическое волокно 1	Оптическое волокно 2	Оптическое волокно 3	Оптическое волокно 4
$d_{\text{сердц}}/d_{\text{кварц}}$	0,05	0,06	0,07	0,08
$\Delta n_{\text{сердц}}$	1,2%	0,8%	1,3%	0,50%
$d_{\text{буфер}}/d_{\text{напряж}}$	1,0	1,1	1,2	1,05
$\Delta n_{\text{буфер}}$	-0,3%	-0,85%	-0,4%	-0,1%
$d_{\text{напряж}}/d_{\text{кварц}}$	0,2	0,35	0,4	0,25
$\Delta n_{\text{центрн.напряж}}$	-0,9%	-1,05%	-1,2%	-0,8%
$\Delta n_{\text{периф.напряж}}$	-0,3%	-0,85%	-0,4%	-0,1%
$d_{\text{внеш}}(\text{мкм})$	120	135	140	125
$d_{\text{внутр}}/d_{\text{внеш}}$	0,65	0,85	0,75	0,7
$d_{\text{буфер покр}}/d_{\text{внеш}}$	0,75	0,8	0,9	0,85
Модуль Юнга слоя внутреннего покрытия 6 (МПа)	0,05	0,1	0,5	20
Модуль Юнга слоя буферного покрытия 7 (МПа)	250	0,1	10	600
Модуль Юнга слоя внешнего покрытия 8 (ГПа)	1,5	0,8	0,5	1,0
Рабочая длина волны	1310	1310	1550	1550
Затухание(дБ/км)	0,43	0,32	0,28	0,35
Переходное затухание(дБ/км)	-32	-35	-30	-27

Вариант осуществления 2: когда диаметр  $d_{\text{кварц}}$  кварцевого оптического волокна 5 составляет 50 мкм, 4 типа сохраняющих поляризацию оптических волокон: оптическое волокно 5, оптическое волокно 6, оптическое волокно 7 и оптическое волокно 8, конкретные параметры которых приведены в Таблице 2.

Таблица 2. Таблица параметров 4 видов сохраняющих поляризацию оптических волокон при значении  $d_{\text{кварц}}$ , равном 50 мкм

Название параметра	Оптическое волокно 5	Оптическое волокно 6	Оптическое волокно 7	Оптическое волокно 8
$d_{сердц}/d_{кварц}$	0,06	0,05	0,07	0,08
$\Delta n_{сердц}$	1,3%	0,5%	0,8%	1,2
$d_{буфер}/d_{напряж}$	1,1	1,0	1,05	1,2
$\Delta n_{буфер}$	-0,3%	-0,85%	-0,4%	-0,1%
$d_{напряж}/d_{кварц}$	0,25	0,4	0,35	0,2
$\Delta n_{центрнапряж}$	-0,8%	-1,05%	-1,2%	-0,9%
$\Delta n_{периф\ напряж}$	-0,1%	-0,85%	-0,4%	-0,3%
$d_{внеш}(МКМ)$	90	105	135	110
$d_{внутр}/d_{внеш}$	0,65	0,75	0,8	0,7
$d_{буфер\ покр}/d_{внеш}$	0,75	0,9	0,8	0,85
Модуль Юнга слоя внутреннего покрытия 6 (МПа)	20	0,5	0,2	0,05
Модуль Юнга слоя буферного покрытия 7 (МПа)	250	10	0,2	600
Модуль Юнга слоя внешнего покрытия 8 (ГПа)	1	0,8	0,5	1,5
Рабочая длина волны	1310	1310	1550	1550
Затухание(дБ/км)	0,46	0,42	0,36	0,39
Переходное затухание(дБ/км)	-39	-35	-30	-25

Оптические волокна, полученные согласно вариантам осуществления 1 и 2 настоящего изобретения, были подвержены испытанию долговременного старения при температуре 85 градусов и влажности 85%. Через приблизительно 1 месяц многократных испытаний множества образцов и в результате анализа большого объема данных был сделан вывод о рабочих характеристиках стабилизации затухания и перекрестных помех оптического волокна в условиях работы в течение 5 лет. Как показано на Фиг. 4, в условиях температуры 85 градусов и влажности 85% в течение 5 лет прирост коэффициента затухания не превышает 1,6% от собственного добавочного затухания. Для выпущенного заводом сохраняющего поляризацию оптического волокна с добавочной потерей менее 0,05 дБ прирост коэффициента затухания сохраняющего поляризацию оптического волокна в течение 5 лет составит примерно 0,0008 дБ. Как показано на Фиг. 5, после 5 лет в условиях температуры 85 градусов и влажности 85% по сравнению с показателями в аналогичных условиях внешнего напряжения до выпуска с завода двойное преломление оптических волокон снижается примерно на 2,6% и остается стабильным.

Настоящее изобретение не ограничивается приведенными выше вариантами осуществления, и если технический персонал данной технологической области может, не отрываясь от принципов настоящего изобретения, осуществить некоторые корректировки и усовершенствования, то эти корректировки и усовершенствования также считаются входящими в диапазон защиты настоящего изобретения. В раскрытии изобретения подробно не описываются хорошо известные квалифицированным техническим специалистам данной области существующие технологии.

## (57) Формула изобретения

1. Сохраняющее состояние поляризации оптическое волокно малого диаметра, включающее кварцевое оптическое волокно (5), находящиеся вокруг внешней оболочки кварцевого оптического волокна (5) слой внутреннего покрытия (6) и слой внешнего покрытия (8), при этом во внутренней оболочке кварцевого оптического волокна (5) находится сердцевина (1) и кварцевая оболочка (2), расположенная вокруг сердцевины (1), причем между сердцевиной (1) и кварцевой оболочкой (2) находятся две зоны напряжения (4), расположенные симметрично относительно центра сердцевины (1), характеризующееся тем, что между вышеупомянутым слоем внутреннего покрытия (6) и слоем внешнего покрытия (8) находится слой буферного покрытия (7), а по периферии каждой зоны напряжения (4) находится защитный буферный слой (3), коаксиально расположенный по отношению к зонам напряжения (4),

причем коэффициент преломления вышеупомянутой сердцевины (1) оптического волокна обозначается  $n_{\text{сердц}}$ , коэффициент преломления вышеупомянутого буферного слоя (3) обозначается  $n_{\text{буфер}}$ , коэффициент преломления вышеупомянутой кварцевой оболочки (2) обозначается  $n_{\text{кварц}}$ ; коэффициент преломления вышеупомянутых зон напряжения (4) обозначается  $n_{\text{напряж}}$ , коэффициент преломления периферии зон напряжения (4) обозначается  $n_{\text{периф напряж}}$ , а коэффициент преломления центра зон напряжения (4) обозначается  $n_{\text{центр напряж}}$ ,

при этом относительная разница  $\Delta n_{\text{сердц}}$  коэффициентов преломления  $n_{\text{сердц}}$  и  $n_{\text{кварц}}$  составляет 0,5-1,3%, относительная разница  $\Delta n_{\text{буфер}}$  коэффициентов преломления  $n_{\text{буфер}}$  и  $n_{\text{кварц}}$  составляет -0,1...-0,4%; относительная разница  $\Delta n_{\text{периф напряж}}$  коэффициентов преломления  $n_{\text{периф напряж}}$  и  $n_{\text{кварц}}$  составляет -0,1...-0,4%, а относительная разница  $\Delta n_{\text{центр напряж}}$  коэффициентов преломления  $n_{\text{центр напряж}}$  и  $n_{\text{кварц}}$  составляет -1,2...-0,8%,

причем при рабочей длине волны вышеупомянутого сохраняющего поляризацию оптического волокна малого диаметра, равной 1310 нм, затухание снижается до менее 0,5 дБ/км, а переходное затухание достигает -35 дБ/км, а при рабочей длине волны, равной 1550 нм, затухание снижается до менее 0,4 дБ/км, а переходное затухание достигает -30 дБ/км.

2. Сохраняющее состояние поляризации оптическое волокно малого диаметра по п. 1, в котором диаметр вышеупомянутой сердцевины (1) обозначается  $d_{\text{сердц}}$ ; диаметр вышеупомянутого буферного слоя (3) обозначается  $d_{\text{буфер}}$ , диаметр вышеупомянутого кварцевого волокна (5) обозначается  $d_{\text{кварц}}$ , диаметр вышеупомянутых зон напряжения (4) обозначается  $d_{\text{напряж}}$ ; отношение  $d_{\text{сердц}}$  к  $d_{\text{кварц}}$  составляет 0,05-0,08, отношение  $d_{\text{буфер}}$  к  $d_{\text{напряж}}$  составляет 1,0-1,2, отношение  $d_{\text{напряж}}$  к  $d_{\text{кварц}}$  составляет 0,2-0,4.

3. Сохраняющее состояние поляризации оптическое волокно малого диаметра по п. 1, в котором диаметр вышеупомянутого слоя внутреннего покрытия (6) обозначается  $d_{\text{внутр}}$ , диаметр вышеупомянутого слоя буферного покрытия (7) обозначается  $d_{\text{буфер покр}}$ , диаметр вышеупомянутого слоя внешнего покрытия (8) обозначается  $d_{\text{внеш}}$ ; отношение между  $d_{\text{внутр}}$  и  $d_{\text{внеш}}$  составляет 0,65-0,85, а отношение между  $d_{\text{буфер покр}}$  и  $d_{\text{внеш}}$  составляет 0,75-0,9.

4. Сохраняющее состояние поляризации оптическое волокно малого диаметра по п. 3, в котором диаметр  $d_{\text{кварц}}$  вышеупомянутого кварцевого оптического волокна (5)

составляет 50 мкм или 80 мкм, а вышеупомянутый  $d_{\text{внеш}}$  составляет 90-140 мкм.

5 5. Сохраняющее состояние поляризации оптическое волокно малого диаметра по п. 3, в котором модуль Юнга вышеупомянутого слоя внутреннего покрытия (6) составляет 0,05-20 МПа, модуль Юнга вышеупомянутого слоя внешнего покрытия (8) составляет 0,5-1,5 ГПа, модуль Юнга вышеупомянутого слоя буферного покрытия (7) составляет 0,1-600 МПа, при этом значение модуля Юнга слоя буферного покрытия (7) должно быть между значениями модуля Юнга слоя внутреннего покрытия (6) и слоя внешнего покрытия (8).

10 6. Сохраняющее состояние поляризации оптическое волокно малого диаметра по любому из пп. 1-5, в котором при производстве слоя внутреннего покрытия (6), слоя буферного покрытия (7) и слоя внешнего покрытия (8) вышеупомянутый слой внутреннего покрытия (6) производится нанесением покрытия через одинарную головку, а после его отверждения УФ-излучением через двойную головку одновременно наносятся слой буферного покрытия (7) и слой внешнего покрытия (8), после чего слой 15 буферного покрытия (7) и слой внешнего покрытия (8) одновременно подвергаются отверждению УФ-излучением.

7. Сохраняющее состояние поляризации оптическое волокно малого диаметра по любому из пп. 1-5, в котором разница вышеупомянутого относительного коэффициента преломления рассчитывается по следующей формуле:  $\Delta = (n_{\text{прелом}} - n_{\text{кварц}}) / (n_{\text{прелом}} + n_{\text{кварц}}) \cdot 100\%$ , где  $\Delta$  является разницей относительного коэффициента преломления, причем при расчете разницы относительного коэффициента преломления сердцевины (1) и кварцевой оболочки (2) в приведенной выше формуле  $n_{\text{прелом}}$  является  $n_{\text{сердц}}$ , при расчете разницы относительного коэффициента преломления буферного 25 слоя (3) и кварцевой оболочки (2) в приведенной выше формуле  $n_{\text{прелом}}$  является  $n_{\text{буфер}}$ , при расчете разницы относительного коэффициента преломления периферии зоны напряжения (4) и кварцевой оболочки (2) в приведенной выше формуле  $n_{\text{прелом}}$  является  $n_{\text{периф напряж}}$ , а при расчете разницы относительного коэффициента преломления центра 30 зоны напряжения (4) и кварцевой оболочки (2) в приведенной выше формуле  $n_{\text{прелом}}$  является  $n_{\text{центр напряж}}$ .

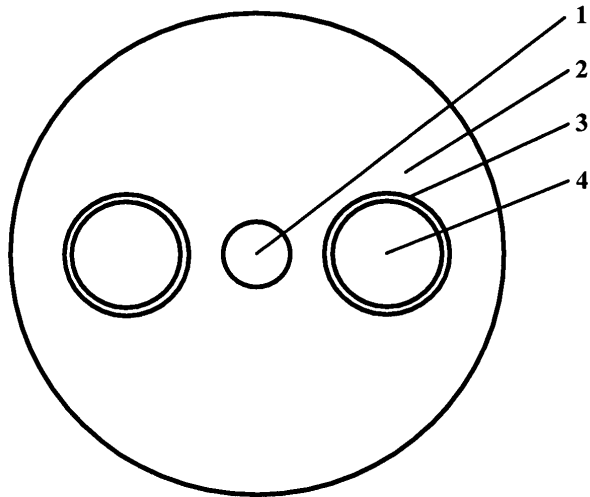
8. Сохраняющее состояние поляризации оптическое волокно малого диаметра по любому из пп. 1-5, в котором вышеупомянутая сердцевина (1) производится методом легирования германием, вышеупомянутый буферный слой (3) производится методом 35 поверхностного легирования бором, а вышеупомянутые зоны напряжения (4) производятся методом глубокого легирования бором.

40

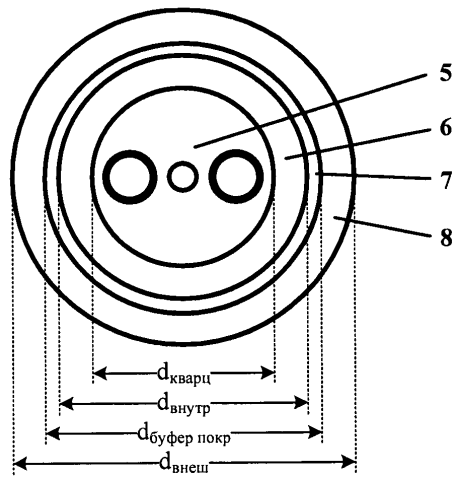
45



1

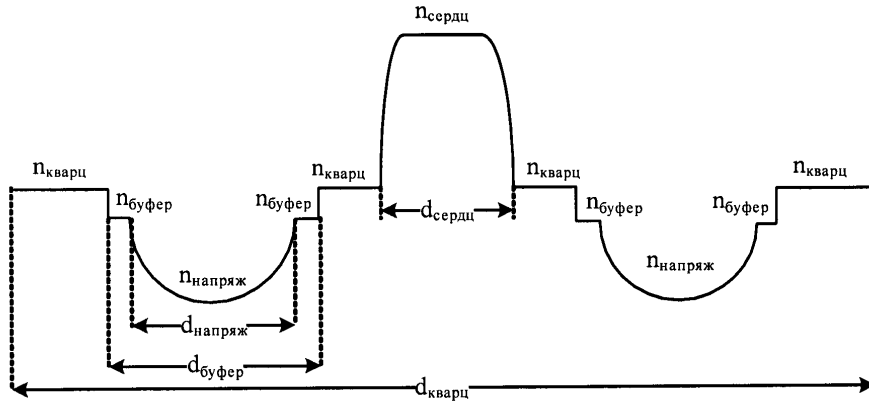


Фигура 1

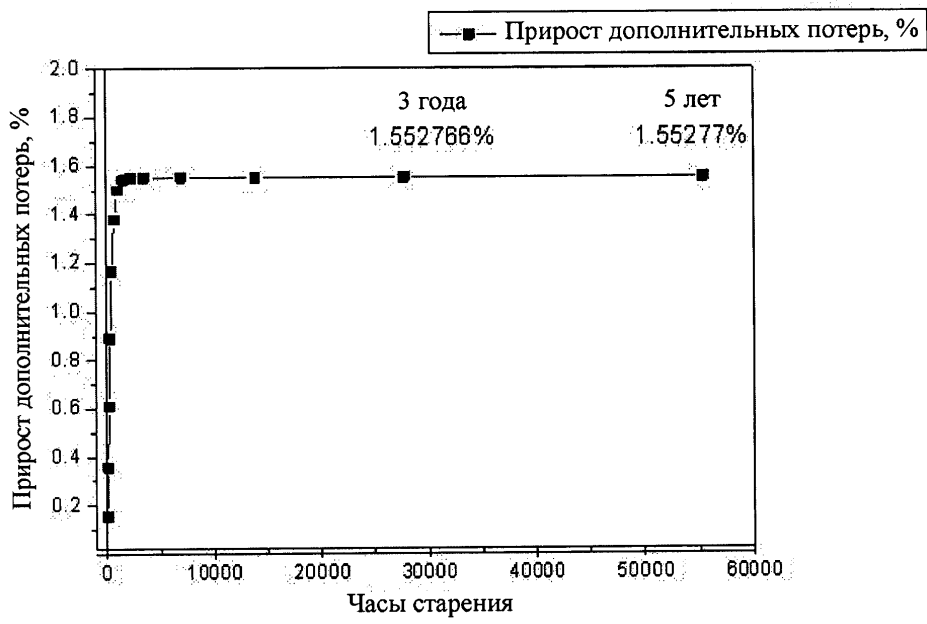


Фигура 2

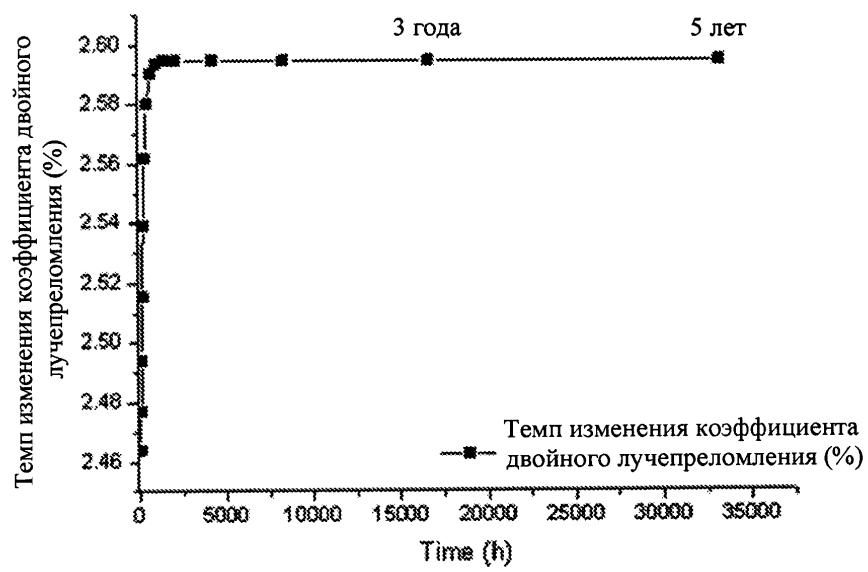
2



Фигура 3



Фигура 4



Фигура 5